

Федеральное агентство по образованию

ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)

ТУСУР – 45 лет

НАУЧНАЯ СЕССИЯ ТУСУР-2007

**Материалы докладов
Всероссийской научно-технической конференции
студентов, аспирантов и молодых ученых
«Научная сессия ТУСУР-2007»
3–7 мая 2007 г.**

В пяти частях

Часть 5

В-Спектр
Томск 2007

УДК 621.37/.39+681.518 (063)
ББК 32.84я431+32.988я431

Научная сессия ТУСУР-2007: Материалы докладов Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. **Тематический выпуск «Системная интеграция и безопасность»:** Томск, 3–7 мая 2007 г. – Томск: Изд-во «В-Спектр», 2007. Ч. 5. – 336 с.

Материалы докладов Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых посвящены различным аспектам разработки, исследования и практического применения радиотехнических, телевизионных и телекоммуникационных систем и устройств, сетей электро- и радиосвязи, вопросам проектирования и технологии радиоэлектронных средств, аудиовизуальной техники, бытовой радиоэлектронной аппаратуры, а также автоматизированным системам управления и проектирования. Рассматриваются проблемы электроники СВЧ- и акустооптоэлектроники, физической, плазменной, квантовой, промышленной электроники, радиотехники, информационно-измерительных приборов и устройств, распределенных информационных технологий, автоматизации технологических процессов, в частности, в системах управления и проектирования, информационной безопасности и защиты информации. Представлены материалы по математическому моделированию в технике, экономике и менеджменте, по антикризисному управлению, автоматизации управления в технике и образовании. Широкому кругу читателей будет доступна информация о социальной работе в современном обществе, о философии и специальной методологии, экологии, о мониторинге окружающей среды и безопасности жизнедеятельности, инновационных, студенческих идеях и проектах.

***Конференция проводится при поддержке
ЦС РНТОРЭС им. А.С. Попова
Посвящается 45-летию ТУСУР***

ISBN 5-91191-034-9978

ISBN 5-91191-035-7978 (Ч. 5)

© Том. гос. ун-т систем управления
и радиоэлектроники, 2007

**Всероссийская научно-техническая конференция
студентов и молодых ученых
«Научная сессия ТУСУР-2007»
3–7 мая 2007 г.**

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ

Кобзев А.В. – председатель, ректор ТУСУР, д.т.н., профессор

Ремпе Н.Г. – сопредседатель, проректор по НР ТУСУР, д.т.н., профессор

Шурыгин Ю.А. – первый проректор ТУСУР, заслуженный деятель науки РФ, д.т.н., профессор

Ехлаков Ю.П. – проректор по информатизации ТУСУР, д.т.н., профессор

Уваров А.Ф. – проректор по экономике ТУСУР, к.э.н.

Малютин Н.Д. – заместитель проректора по НР ТУСУР, д.т.н., профессор

Казьмин Г.П. – нач. отдела по инновационной деятельности Администрации г. Томска, к.т.н.

Малюк А.А. – декан фак-та информационной безопасности МИФИ, к.т.н., г. Москва

Беляев Б.А. – зав. лабораторией «Электродинамики» ин-та физики СО РАН, д.т.н., г. Красноярск

Разинкин В.П., к.т.н., доцент каф. ТОР НГТУ, г. Новосибирск

Лукин В.П., директор отд. распространения волн, почетный член Американского оптического общества, д.ф.-м.н., профессор, Ин-т оптики атмосферы СО РАН, г. Томск

Кориков А.М. – зав. каф. АСУ, ТУСУР, заслуженный деятель науки РФ, д.т.н., профессор

Московченко А.Д. – зав. каф. философии ТУСУР, д.ф.н., профессор

Шарыгин Г.С. – зав. каф. РТС ТУСУР, д.т.н., профессор
Пустынский И.Н. – зав. каф. ТУ ТУСУР, заслуженный деятель науки и техники РФ, д.т.н., профессор
Шелупанов А.А. – зав. каф. КИБЭВС ТУСУР, д.т.н., профессор
Пуговкин А.В. – зав. каф. ТОР ТУСУР, д.т.н., профессор
Осипов Ю.М. – зав. отделением каф. ЮНЕСКО при ТУСУР, академик Международной академии информатизации, д.т.н., д.э.н., профессор
Грик Н.А. – зав. каф. ИСР ТУСУР, д.ист.н., профессор

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

Ремпе Н.Г. – председатель, проректор по НР ТУСУР, д.т.н., профессор
Ярымова И.А. – зам. председателя, заведующий ОППО ТУСУР, к.б.н.
Акулиничев Ю.П. – председатель совета по НИРС РТФ, д.т.н., профессор каф. РТС ТУСУР
Еханин С.Г. – председатель совета по НИРС РКФ, д.ф.-м.н., профессор каф. КУДР ТУСУР
Коцубинский В.П. – председатель совета по НИРС ФВС, зам. зав. каф. КСУП ТУСУР, к.т.н., доцент
Мицель А.А. – председатель совета по НИРС ФСУ, д.т.н., профессор каф. АСУ ТУСУР
Орликов Л.Н. – председатель совета по НИРС ФЭТ, д.т.н., профессор каф. ЭП ТУСУР
Казакевич Л.И. – председатель совета по НИРС ГФ, к.ист.н., доцент каф. ИСР ТУСУР
Куташова Е.А. – секретарь оргкомитета, инженер ОППО ТУСУР, к.х.н.

ЭКСПЕРТНЫЙ КОМИТЕТ

Ремпе Н.Г. – председатель, проректор по НР ТУСУР, д.т.н., профессор
Малютин Н.Д. – заместитель проректора по НР ТУСУР, д.т.н., профессор
Уваров А.Ф. – проректор по экономике ТУСУР, к.э.н.

Казьмин Г.П. – нач. отдела по инновационной деятельности Администрации г. Томска, к.т.н.

Авдзейко В.И. – зам. руководителя НИЧ ТУСУР, к.т.н.

Представители фонда Бортника (по согласованию), г. Москва

Конференция **«Научная сессия ТУСУР-2007»** вошла в число аккредитованных мероприятий по Программе «Участник молодёжного научно-инновационного конкурса» (УМНИК) Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (МП НТС) при поддержке Роснауки и Рособразования (Фонд Бортника)

(<http://www.fasie.ru/index.php?rid=125>).

Экспертным комитетом конференции при работе секции «УМНИК» будут отобраны молодые (до 28 лет включительно) ее участники – победители в номинации «За научные результаты, обладающие существенной новизной и среднесрочной (до 5–7 лет) перспективой их эффективной коммерциализации» с последующим финансированием проектов НИОКР.

ПОРЯДОК РАБОТЫ, ВРЕМЯ И МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ

Работа конференции будет организована в форме пленарных, секционных и стендовых докладов.

Конференция проводится

с 3 по 7 мая 2007 г.

**в Томском государственном университете
систем управления и радиоэлектроники**

Регистрация участников будет проводиться

**перед пленарным заседанием в главном корпусе ТУСУР
(пр. Ленина, 40) в актовом зале 3 мая с 9:00 до 10:00.**

СЕКЦИИ КОНФЕРЕНЦИИ

Секция 1. РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН – *председатель Шарыгин Герман Сергеевич, зав. каф. РТС, д.т.н., профессор; зам. председателя Тисленко Владимир Ильич, к.т.н., доцент каф. РТС*

Секция 2. ЗАЩИЩЕННЫЕ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ – *председатель Голиков Александр Михайлович, к.т.н., доцент каф. РТС*

Секция 3. АУДИОВИЗУАЛЬНАЯ ТЕХНИКА, БЫТОВАЯ РАДИОЭЛЕКТРОННАЯ АППАРАТУРА И СЕРВИС – *председатель Пустынский Иван Николаевич, зав. каф. ТУ, д.т.н., профессор; зам. председателя Костевич Анатолий Геннадьевич, к.т.н., доцент каф. ТУ*

Секция 4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ. ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ РАДИООБОРУДОВАНИЯ – *председатель Масалов Евгений Викторович, д.т.н., профессор каф. КИПР, зам. председателя Михеев Евгений Николаевич, м.н.с.*

Подсекция 4.1. ПРОЕКТИРОВАНИЕ БИОМЕДИЦИНСКОЙ АППАРАТУРЫ – *председатель Еханин Сергей Георгиевич, д.ф.-м.н., профессор каф. КУДР, зам. председателя Молошников Василий Анатольевич*

Подсекция 4.2. КОНСТРУИРОВАНИЕ И ПРОИЗВОДСТВО РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ – *председатель Михеев Евгений Николаевич, м.н.с.*

Секция 5. ИНТЕГРИРОВАННЫЕ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ – *председатель Катаев Михаил Юрьевич, д.т.н., профессор каф. АСУ, зам. председателя Бойченко Иван Валентинович, к.т.н., доцент каф. АСУ*

Секция 6. КВАНТОВАЯ, ОПТИЧЕСКАЯ И НАНОЭЛЕКТРОНИКА – *председатель Шарангович Сергей Николаевич, зав. каф. СВЧМКР, к.ф.-м.н., доцент; зам. председателя Буримов Николай Иванович, к.т.н., доцент каф. ЭП*

Секция 7. ФИЗИЧЕСКАЯ И ПЛАЗМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА – *председатель Троян Павел Ефимович, зав. каф. ФЭ, д.т.н., профессор*

Секция 8. РАСПРЕДЕЛЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ – *председатель Ехлаков Юрий Поликарпович, проректор по информатизации ТУСУР, зав. каф. АОИ, д.т.н., профессор; зам. председателя Сенченко Павел Васильевич, к.т.н., доцент каф. АОИ*

Секция 9. АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ – *председатель Раводин Олег Михайлович, д.т.н., профессор каф. КИБЭВС; зам. председателя Давыдова Елена Михайловна, к.т.н., ст. преподаватель каф. КИБЭВС*

Секция 10. АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ – *председатель Шурыгин Юрий Алексеевич, первый проректор ТУСУР, зав. каф. КСУП, д.т.н., профессор; зам. председателя Коцубинский Владислав Петрович, зам. зав. каф. КСУП, к.т.н., доцент*

Подсекция 10.1 ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ – *председатель Черкашин Михаил Владимирович, к.т.н., ст. преподаватель каф. КСУП*

Подсекция 10.2 АДАПТАЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ИМИТАЦИИ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ – *председатель Коцубинский Владислав Петрович, зам. зав. каф. КСУП, к.т.н., доцент*

Подсекция 10.3 ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ПОДДЕРЖКИ СЛОЖНОГО ПРОЦЕССА – *председатель Хабибуллина Надежда Юрьевна, к.т.н., ст. преподаватель каф. КСУП*

Подсекция 10.4 МЕТОДЫ СТЕРЕОСКОПИЧЕСКОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ – *председатель Дорофеев Сергей Юрьевич, студент каф. КСУП*

Подсекция 10.5 МЕТОДЫ ЛИДАРНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ АТМОСФЕРЫ – *председатель Ковишев А.А., аспирант ИОА СО РАН*

Секция 11. МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ. ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ – *председатель Шелупанов Александр Александрович, зав. каф. КИБЭВС, д.т.н., профессор; зам. председателя Мецераков Роман Валерьевич, к.т.н., доцент каф. КИБЭВС*

Секция 12. ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И УСТРОЙСТВА – *председатель Светлаков Анатолий Антонович, зав. каф. ИИТ, д.т.н., профессор; зам. председателя Шидловский Виктор Stanisлавович, к.т.н., доцент каф. ИИТ*

Секция 13. РАДИОТЕХНИКА – *председатель Титов Анатолий Александрович, д.т.н., профессор каф. РЗИ; зам. председателя Семенов Эдуард Валерьевич, к.т.н., доцент каф. РЗИ;*

Секция 14. ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА – *председатель Михальченко Геннадий Яковлевич, д.т.н., профессор каф. ПрЭ; зам. председателя Семенов Валерий Дмитриевич, зам. зав. каф. ПрЭ по НР, к.т.н., доцент каф. ПрЭ*

Подсекция 14.1 СИЛОВАЯ И ИНФОРМАЦИОННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА В СИСТЕМАХ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ И АВТОМАТИЗАЦИИ – *председатель Михальченко Геннадий Яковлевич, д.т.н., профессор каф. ПрЭ; зам. председателя Семенов Валерий Дмитриевич, зам. зав. каф. ПрЭ по НР, к.т.н., доцент каф. ПрЭ*

Подсекция 14.2 ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ В УСТРОЙСТВАХ ПРОМЫШЛЕННОЙ И СИЛОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ – *председатель Селяев Александр Николаевич, д.т.н., профессор каф. ПрЭ; зам. председателя Шевелев Михаил Юрьевич, к.т.н., доцент каф. ПрЭ*

Секция 15. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ТЕХНИКЕ, ЭКОНОМИКЕ И МЕНЕДЖМЕНТЕ – *председатель Мицель Артур Александрович, д.т.н., профессор каф. АСУ; зам. председателя – Зариковская Наталья Вячеславовна, к.ф.-м.н., доцент каф. ФЭ*

Подсекция 15.1 МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЕСТЕСТВЕННЫХ И ТЕХНИЧЕСКИХ НАУКАХ – *председатель Зариковская Наталья Вячеславовна, к.ф.-м.н., доцент каф. ФЭ*

Подсекция 15.2 МОДЕЛИРОВАНИЕ, ИМИТАЦИЯ И ОПТИМИЗАЦИЯ В ЭКОНОМИКЕ – *председатель Мицель Артур Александрович, д.т.н., профессор каф. АСУ; зам. председателя – Ефремова Елена Александровна, аспирант каф. АСУ*

- Подсекция 15.3 ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА** – *председатель **Сергеев Виктор Леонидович**, д.т.н., профессор каф. АСУ*
- Секция 16. ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ** – *председатель **Осинов Юрий Мирзоевич**, зав. отделением каф. ЮНЕСКО при ТУСУР, д.э.н., д.т.н., профессор; зам. председателя – **Василевская Наталья Борисовна**, к.э.н., доцент каф. экономики*
- Секция 17. АНТИКРИЗИСНОЕ УПРАВЛЕНИЕ** – *председатель **Семиглазов Анатолий Михайлович**, д.т.н., профессор каф. ТУ; зам. председателя – **Бут Олеся Анатольевна**, ассистент каф. ТУ*
- Секция 18. ЭКОЛОГИЯ И МОНИТОРИНГ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ** – *председатель **Карташев Александр Георгиевич**, д.б.н., профессор каф. РЭТЭМ*
- Секция 19. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ** – *председатель **Хорев Иван Ефимович**, д.т.н., профессор каф. РЭТЭМ; зам. председателя – **Полякова Светлана Анатольевна**, к.б.н., доцент каф. РЭТЭМ*
- Секция 20. АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОЦИАЛЬНОЙ РАБОТЫ В СОВРЕМЕННОМ ОБЩЕСТВЕ** – *Грик Николай Антонович, зав. каф. ИСР, д.ист.н., профессор; зам. председателя – **Казакевич Лариса Ивановна**, к.ист.н., доцент каф. ИСР*
- Секция 21. ФИЛОСОФИЯ И СПЕЦИАЛЬНАЯ МЕТОДОЛОГИЯ** – *председатель **Московченко Александр Дмитриевич**, зав. каф. философии, д.ф.н., профессор; зам. председателя – **Раитина Маргарита Юрьевна**, к.ф.н., доцент каф. философии*
- Секция 22. ИННОВАЦИОННЫЕ ПРОЕКТЫ, СТУДЕНЧЕСКИЕ ИДЕИ И ПРОЕКТЫ** – *председатель **Уваров Александр Фавстович**, проректор по экономике ТУСУР, к.э.н.; зам. председателя – **Чекчеева Наталья Валерьевна**, зам. директора Студенческого Бизнес-инкубатора (СБИ)*
- Секция 23. АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ В ТЕХНИКЕ И ОБРАЗОВАНИИ** – *председатель **Дмитриев Вячеслав Михайлович**, зав. каф. ТОЭ, д.т.н., профессор; зам. председателя **Андреев Михаил Иванович**, к.т.н., доцент ВКИЭМ*

Секция 24. ПРОЕКТНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ШКОЛЬНИКОВ В СФЕРЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ – *председатель Дмитриев Игорь Вячеславович*, директор ОЦ «Школьный университет», к.т.н.; зам. председателя – *Шамина Ольга Борисовна*, начальник учебно-методического отдела ОЦ «Школьный университет», к.т.н., доцент

Секция 25. СИСТЕМЫ И СЕТИ ЭЛЕКТРО- И РАДИОСВЯЗИ – *председатель Пуговкин Алексей Викторович*, зав. каф. ТОР, д.т.н., профессор, к.т.н.; зам. председателя – *Демидов Анатолий Яковлевич*, к.т.н., доцент каф. ТОР

*Материалы научных докладов,
предоставленные на конференцию, опубликованы в сборнике
«НАУЧНАЯ СЕССИЯ ТУСУР-2007»
в пяти частях*

- 1 часть – доклады 1 – 8 секций;
- 2 часть – доклады 9, 11 секций;
- 3 часть – доклады 10 секции;
- 4 часть – доклады 12 – 16 секций;
- 5 часть – доклады 17 – 25 секций.

Адрес оргкомитета:
634050, Россия, г. Томск,
пр. Ленина 40, ГОУ ВПО «ТУСУР»,
Научное управление (НУ), к. 205
Тел.: 8-(3822) 51-47-57
E-mail: eak@main.tusur.ru

СЕКЦИЯ 1

РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН

Председатель – **Шарыгин Г.С.**, зав. каф. РТС, д.т.н., профессор;
зам. председателя – **Тисленко В.И.**, к.т.н., доцент каф. РТС

ОТРАЖЕНИЕ И ПРЕЛОМЛЕНИЕ ПЛОСКИХ ВОЛН НА ГРАНИЦАХ СЛУЧАЙНЫХ ДИСКРЕТНЫХ СРЕД

Е.Б. Атутов, н.с.; Ю.Л. Ломухин, д.ф. – м.н., проф.

БНЦ СО РАН, г. Улан-Удэ, т. (301-2) 43-46-64, evgeniy_atutov@mail.ru

Лесные массивы являются пространственно ограниченными, поэтому рассмотрим электромагнитные волны вблизи таких границ: «лес – воздух».

Пусть плоская (ТЕМ) волна с амплитудой электрического поля A и временной зависимостью $e^{i\omega t}$ распространяется в направлении единичного вектора $\vec{s}^{(nad)}$ и падает на границу раздела: случайная дискретная среда – воздух. Соответственно $\vec{s}^{(omp)}$ и $\vec{s}^{(np)}$ – единичные векторы в направлении распространения отраженной и прошедшей волн (рис. 1).

Деревья моделируются телами с двумя областями: внутренним цилиндром радиусом a_1 с комплексной диэлектрической проницаемостью $\varepsilon_1 = \varepsilon'_1 - i\varepsilon''$ и оболочки с $\varepsilon_2 = \varepsilon'_2 - i\varepsilon''_2$ радиусом

a_2 .

Среду (II) будем характеризовать

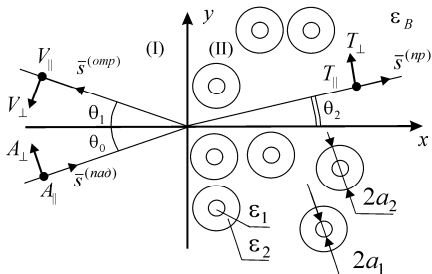


Рис. 1. Постановка задачи

$$\varepsilon_{эф.сл} = \frac{\pi}{4} (p_{np} / p)^2 (((a_1 / a_2)^2 (\varepsilon_1 - \varepsilon_2) + \varepsilon_2) - \varepsilon_B) + \varepsilon_B,$$

где $p = \frac{k_0}{2\sqrt{\sigma}}$, $p_{np} = \frac{k_0}{2\sqrt{1/4a_2^2}}$, $k_0 = \omega/c$, σ – плотность среды.

Решение волнового уравнения в среде (I) записывается как сумма падающего и отраженного поля.

$$\bar{E}^{(I)} = \bar{A}e^{-i(\bar{k}_0^{(I)})\bar{r}} + \bar{V}e^{-i(\bar{k}_1^{(II)})\bar{r}}, \quad (1)$$

где $\bar{k}_0^{(I)} = k_0\bar{S}^{(nad)}$, $\bar{k}_1^{(II)} = k_0\bar{S}^{(omp)}$, $\bar{V}$ – амплитуда отраженной волны.

Поле прошедшей волны, согласно [1], запишем в виде:

$$\bar{E}^{(II)} = \bar{T}e^{i(\bar{k}_0^{(II)})\bar{r}}(1 + (e^{i(\bar{k}_1^{(II)} - \bar{k}_0^{(II)})\bar{r}} - 1)\beta), \quad (2)$$

здесь, $\bar{k}_0^{(II)} = k_0\bar{S}^{(np)}$, $\bar{k}_1^{(II)} = k_0\sqrt{\varepsilon_{эф.кл}}\bar{S}^{(np)}$, $\bar{T}$ – амплитуда прошедшей волны, $\beta = e^{i(p-p_{np})} \sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{1}{i}\right)^n J_n(p) / \sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{1}{i}\right)^n J_n(p_{np})$, $J_n(\bullet)$ – функция

Бесселя 1-го рода и n -го порядка.

Граничные условия требуют, чтобы на границе тангенциальные составляющие векторов $\bar{E}$ и $\bar{H}$ были непрерывны. Следовательно, должны выполняться соотношения:

$$\bar{E}^{(I)} = \bar{E}^{(II)}, \quad \bar{H}^{(I)} = \bar{H}^{(II)}; \quad \text{при } x=0. \quad (3)$$

Подставляя в (3) значение всех компонент (1) и (2), получим

$$\left\{ \begin{aligned} T_{\perp} &= \frac{2\cos\theta_0}{\cos\theta_0((1-\beta) + \sqrt{\varepsilon_{эф.кл}^{\perp}}\beta) + \cos\theta_2} A_{\perp}, \\ V_{\perp} &= \frac{\cos\theta_0((1-\beta) + \sqrt{\varepsilon_{эф.кл}^{\perp}}\beta) - \cos\theta_2}{\cos\theta_0((1-\beta) + \sqrt{\varepsilon_{эф.кл}^{\perp}}\beta) + \cos\theta_2} A_{\perp}; \end{aligned} \right. \quad (4)$$

$$\left\{ \begin{aligned} T_{\parallel} &= \frac{2\cos\theta_0}{\cos\theta_2((1-\beta) + \sqrt{\varepsilon_{эф.кл}^{\parallel}}\beta) + \cos\theta_0} A_{\parallel}, \\ V_{\parallel} &= \frac{\cos\theta_0 - \cos\theta_2((1-\beta) + \sqrt{\varepsilon_{эф.кл}^{\parallel}}\beta)}{\cos\theta_0 + \cos\theta_2((1-\beta) + \sqrt{\varepsilon_{эф.кл}^{\parallel}}\beta)} A_{\parallel}. \end{aligned} \right. \quad (5)$$

Соотношения (4) и (5) являются обобщением известных формул Френеля. Формулы (4) могут быть использованы для расчета полей первой и второй области в случае, когда вектор $\bar{E}$ перпендикулярен осям цилиндров (горизонтальная поляризация). Выражения (5) позволяют

исследовать поля вблизи границы, когда вектор $\vec{E}$ параллелен осям цилиндров (вертикальная поляризация).

На рис. 2 и 3 приведены результаты расчета коэффициентов отражения для двух поляризаций в зависимости от плотности среды и угла падения: для длины волны $\lambda = 2,72$ м, радиусов стволов $a_1 = 0,09$ м, радиус кроны деревьев $a_2 = 1,52$ м. Когда вектор $\vec{E}$ падающей волны перпендикулярен осям деревьев, считалось что $\epsilon_1 = 20 - i_4$; для случая, когда вектор $\vec{E}$ параллелен, — $\epsilon_1 = 40 - i_{11}$.

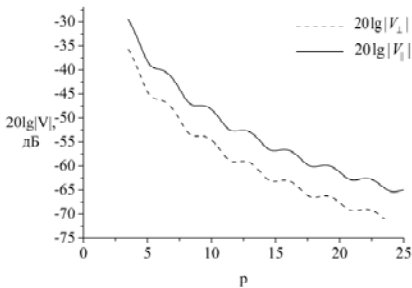


Рис. 2. Зависимости коэффициентов отражения от плотности при $\theta_0 = 0$

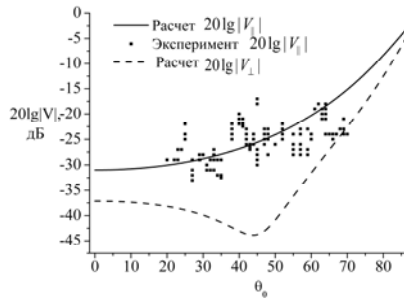


Рис. 3. Угловые зависимости коэффициентов отражения при $\rho = 3,8$

Из рис. 2 видно, что значение коэффициента отражения убывает с уменьшением плотности среды. Заметим, что отражательные способности среды в случае первой поляризации меньше, чем для поляризации когда вектор $\vec{E}$ падающей волны параллелен осям деревьев

Из рис. 3 видна хорошая сходимость расчетной зависимости и экспериментальных точек, заимствованных из [2] для вертикальной поляризации. В случае горизонтальной поляризации в угловой зависимости коэффициента отражения при $\theta_0 \approx 45^\circ$ наблюдается минимум.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант Э №05-02-97205.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ломухин Ю.Л., Атутов Е.Б. Квазипериодическая зависимость поля точечного источника от плотности случайной дискретной среды // Письма в ЖТФ. 2007. Т. 33. в. 3. С. 15.
2. Плетнев В.И., Занабадаров М.Д., Хомяк Е.М. Рассеивающие свойства лесной растительности в УКВ диапазоне // Сб. тез.в Межведомственного совещания по распространению ультракоротких радиоволн и электромагнитной совместимости. БИЕН БФ АН СССР. Улан-Удэ, 1983. 169 с.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА НОРМАЛЬНЫХ И ИНВЕРСНЫХ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИХ СРЕД В ПОЛЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ВОЛНЫ

Е.И. Барыкина, аспирант

УлГТУ, г. Ульяновск, т. (842-2) 43-02-35, elenabarykina@rambler.ru

Электрические и магнитные свойства среды обычно рассматриваются по отношению к постоянному внешнему полю. Если электропроводящая среда находится в переменном электромагнитном поле, ее свойства могут существенно зависеть от характеристик самой среды (например, концентрация свободных носителей), частоты внешнего поля, а также от состояния электронной подсистемы данной среды (нормальное и инверсное). Под инверсной понимается такая система частиц, когда в состояниях с большей энергией находится большее количество частиц, чем в состояниях с меньшей энергией [1].

В работе получено выражение для относительной диэлектрической проницаемости электропроводящей среды в поле электромагнитной волны:

$$\varepsilon = 1 + \frac{\omega_r / \omega}{-\omega\tau + i}, \quad (1)$$

где ω – частота внешнего поля, $\omega_r = \sigma / \varepsilon_0$ – частота релаксации проводимости, σ – удельная электропроводность среды. Параметр ω_r / ω положительный в случае нормального электронного газа и отрицательный для инверсного электронного газа, когда $\sigma < 0$ [1].

В случае низких частот (столкновительный режим): $\omega \ll 1/\tau$, $\omega \ll \omega_r$. Тогда выражение (1) принимает вид

$$\varepsilon = -i \frac{\omega_r}{\omega}, \quad (2)$$

т.е. диэлектрическая проницаемость становится чисто мнимой величиной. Здесь возможны следующие варианты:

а) электронный газ находится в нормальном состоянии, тогда $\omega_r > 0$, и электроны отдают свою энергию ионам при столкновениях с ними;

б) электронный газ находится в инверсном состоянии, тогда $\omega_r < 0$, и электроны отбирают энергию у ионов при столкновениях с ними.

Для высоких частот (бесстолкновительный режим): $\omega \gg 1/\tau$, выражение (1) приводятся к действительной величине

$$\varepsilon = 1 - \left(\frac{\omega_p}{\omega} \right)^2, \quad (3)$$

где $\omega_p = (\omega_r / \tau)^{1/2} = (Ne^2 / \varepsilon_0 m)^{1/2}$ – плазменная частота колебаний электронов. При этом возможны следующие варианты:

а) электронный газ в нормальном состоянии, тогда,
– если $0 < \varepsilon < 1$, электрическое поле в среде сильнее, чем в вакууме ($E > E_0$), такую среду, по аналогии с диамагнетиком, можно назвать *диаэлектриком*.

– если $\varepsilon = 0$, то среду можно назвать *сверхдиаэлектриком*, так как $E \rightarrow \infty$;

– если $-1 < \varepsilon < 0$, то $\mathbf{E} \uparrow \downarrow \mathbf{E}_0$, но $|\mathbf{E}| > E_0$, назовем такую среду *антидиаэлектриком*;

– если $\varepsilon = -1$, то $\mathbf{E} \uparrow \downarrow \mathbf{E}_0$, но $|\mathbf{E}| = E_0$, такую среду логично назвать *электрическим антивакуумом*; – если $\varepsilon < -1$, то $\mathbf{E} \uparrow \downarrow \mathbf{E}_0$, но $|\mathbf{E}| < E_0$. Такая среда является *антидиаэлектриком*;

б) электронный газ находится в инверсном состоянии, тогда из (3) видно, что $\varepsilon > 1$, и мы имеем дело с *диэлектриком*.

Также получено выражение для магнитной проницаемости электропроводящей среды в поле электромагнитной волны:

$$\mu = 1 + \frac{\omega_r \tau}{1 - \omega^2 \tau^2 - i(2\omega\tau)}. \quad (4)$$

Для низких частот выражение (4) сводится к виду

$$\mu = 1 + \left(\frac{\omega_r}{\omega_p} \right)^2 \quad (5)$$

с возможными вариантами:

а) электронный газ находится в нормальном состоянии, тогда из (5) видно, что $\mu > 1$, и мы имеем дело с *парамагнетиком*;

б) электронный газ находится в инверсном состоянии, и из (5) видно, что $\mu < 1$, в частности,

– если $0 < \mu < 1$, то напряженность магнитного поля в среде больше, чем в вакууме ($H > H_0$), и это обычный *диамагнетик*;

– если $\mu = 0$, то среду можно назвать *сверхдиамагнетиком*, так как $H \rightarrow \infty$;

– если $-1 < \mu < 0$, то $\mathbf{H} \uparrow \downarrow \mathbf{H}_0$, но $|\mathbf{H}| > H_0$, такую среду можно назвать *антидиамагнетиком*;

– если $\mu = -1$, то $\mathbf{H} \uparrow \downarrow \mathbf{H}_0$, но $|\mathbf{H}| = H_0$, назовем такую среду *магнитным антивакуумом*;

– если $\mu < -1$, то $\mathbf{H} \uparrow \downarrow \mathbf{H}_0$, но $|\mathbf{H}| < H_0$, такую среду можно назвать *антипарамагнетиком*.

В случае высоких частот, выражение (4) приводится к виду

$$\mu = 1 - \left(\frac{\omega_p}{\omega} \right)^2, \quad (6)$$

совпадающему с выражением (4) для ε в том же приближении. Из (6) следует, что

а) если электронный газ находится в нормальном состоянии, то $\mu < 1$, и возможны все случаи, описанные выше в п. 1, б);

б) если электронный газ находится в инверсном состоянии, то $\mu > 1$, и среда является *парамагнетиком*, как в п. 1, а.

Результаты работы позволяют понять особенности распространения электромагнитных волн в электропроводящих средах, в частности, эффект отрицательной рефракции, когда ε и μ становятся одновременно отрицательными. Кроме того, предложенная здесь теория позволяет высказать рекомендации по требуемым параметрам для искусственно создаваемых сред с отрицательным показателем преломления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бражне Р.А. Обобщенная математическая модель инверсной среды и ее практические приложения // Прикладная математика и механика: Сб. науч. тр. вып. 7. Ульяновск, 2006. С. 61–70.

2. Веселаго В.Г. Электродинамика веществ с одновременно отрицательными значениями ε и μ // УФН. 1967. Т. 92. № 3. С. 517–526.

ОЦЕНКА УГЛА ПРИХОДА И ГРУППОВОГО ВРЕМЕНИ ЗАПАЗДЫВАНИЯ РАДИОВОЛН ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ ПАРАБОЛИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ

И.Н. Ваулин, А.В. Новиков, аспиранты каф. РТС

ТУСУР, г. Томск, т. 8-913-105-75-44, e-mail: ANovikov@ms.tusur.ru

1. Постановка задачи. Задачей многих радиолокационных систем является измерение направления α на источник излучения и расстояния до него d . Для этого оцениваются угол прихода (УП) радиоволн и групповое время запаздывания (ГВЗ) принимаемого радиосигнала. При распространении радиоволн в неоднородной атмосфере над неровной зем-

ной поверхностью значения этих параметров становятся случайными. Поэтому в настоящее время интенсивно развиваются различные методы прогнозирования ожидаемых характеристик радиоволн при их распространении в реальных условиях.

Наиболее перспективными представляются методы, основанные на разных способах численного решения двумерного параболического волнового уравнения (ПУ) в декартовой системе координат (x, z) [1],

$$\frac{\partial U}{\partial x}(x, z) = \frac{i}{2k} \cdot \frac{\partial^2 U}{\partial z^2}(x, z) + \frac{ik}{2} \cdot (n(x, z)^2 - 1) \cdot U(x, z), \quad (1)$$

где $k = 2\pi/\lambda$ – волновое число в вакууме [рад/м]; i – мнимая единица; $n(x, z)$ – показатель преломления;

$$U(x, z) = e^{-ikx} \cdot E_y(x, z), \quad (2)$$

где $E_y(x, z)$ – поперечная составляющая электрического поля.

При этом предполагается, что волны распространяются преимущественно в направлении оси Ox .

Вместо уравнения (1) проводится решение какого-то его дискретного аналога, при этом возникают дополнительные ошибки, характер которых зависит от метода решения. Оценка предельной точности конечно-разностной схемы Кранка-Никольсон [1] при вычислении амплитуды поля была сделана в [3]. В данной работе приводятся предварительные результаты исследования ошибок при вычислении УП и ГВЗ.

2. Решение задачи. Чтобы исключить влияние неоднородностей среды и подстилающей поверхности, исследуем решение однородного ПУ в свободном пространстве ($n(x, z) = 1$). Полагаем, что элементарный источник, характеризующийся равномерной диаграммой направленности в секторе углов $\beta_{\max} \leq \beta \leq \beta_{\max}$, расположен в начале координат. Для реализации схемы Кранка-Никольсон, на плоскости xOz строят прямоугольную сетку с ячейками $\Delta x, \Delta z$ и отсчеты $v_{j,k} = U(j \cdot \Delta x, k \cdot \Delta z)$ функции $U(x, z)$ на j -м шаге находят по отсчетам той же функции на $j-1$ -м шаге в результате решения системы линейных уравнений:

$$(1-2g) \cdot v_{j,k} + g(v_{j,k-1} + v_{j,k+1}) = (1-2g^*) v_{j+1,k} + g^* (v_{j+1,k-1} + v_{j+1,k+1}). \quad (3)$$

Исследованы три варианта реализации схемы Кранка-Никольсон [3]:

а) Δz равен максимальному, который определяется из теоремы отсчетов: $\Delta z_{\max} = \lambda / (2 \cdot \beta_{\max})$, $g = i \cdot \Delta x \cdot \lambda / (8\pi \cdot \Delta z^2)$;

б) Дополнительно в коэффициент g добавлена реальная часть $g_{re} = 1/12$;

в) $g_{re} = 1/12$, но Δz уменьшен в два раза.

3. Результаты расчетов. Возьмем для расчетов прямоугольную область в плоскости (x, z) размерами 10 км по дальности и 1 км по высоте. Длину волны выберем равной 10 см, а число отсчетов по вертикали 2048 (для алгоритма БПФ), с максимальным шагом по высоте 1 м. При этом из теоремы отсчетов следует, что максимальный угол распространения будет составлять около $\beta_{\max} = \lambda / (2 \cdot \Delta z) = 0,05 \text{ рад} \approx 2,8^\circ$. То есть точечный источник, расположенный в центре координат, будет светить в секторе углов $\pm 2,8^\circ$ (для выбранной дальности 10 км радиус пятна будет около 500 м).

Прежде всего, необходимо отметить, что уравнение (1) при отсутствии границ решается точно методом непрерывного преобразования Фурье правой и левой частей. Это решение имеет вид [1]:

$$U_p(x, p) = U_p(x = x_0, p) \cdot \exp\left(-i \cdot \pi \cdot p^2 \cdot (x - x_0) / \lambda\right), \quad (4)$$

где $U_p(x = x_0, p) = \int_{-\infty}^{\infty} e(x_0) \cdot \exp(-2\pi \cdot p \cdot z) dz$ – угловой спектр источника поля $e(x_0)$.

Для точечного источника, расположенного в точке (x_0, z_0) , окончательное решение ПУ (1) имеет вид:

$$G(x, x_0; z, z_0) = \frac{1}{\sqrt{\lambda \cdot (x - x_0)}} \exp\left(\frac{i \cdot \pi \cdot (z - z_0)^2}{\lambda \cdot (x - x_0)}\right), \quad (5)$$

где (x, z) – координаты точки наблюдения.

Для сравнения мы выбрали три варианта реализации схемы Кранка–Никольсон (см. п. 2). Коэффициент передачи для этой схемы:

$$K_d(p) = \frac{1 - 2g + 2g \cdot \cos(2\pi \cdot p \cdot \Delta z)}{1 + 2g - 2g \cdot \cos(2\pi \cdot p \cdot \Delta z)}, \quad (6)$$

Коэффициент передачи, полученный методом непрерывного преобразования Фурье, был взят за эталон:

$$K_f(p, x, x_0) = \exp\left(-i \cdot \pi \cdot p^2 \cdot (x - x_0) / \lambda\right). \quad (7)$$

Заметим, что по модулю оба коэффициента передачи (6) и (7) равны по единице.

На рис. 1 приведены оценки УП для разных коэффициентов передачи (прямая линия – теоретическая зависимость). Среднеквадратические ошибки (СКО) оценок УП сведен в табл. 1. СКО рассчитывалось для двух случаев: в первом УП оценивался по двум соседним точкам, а во втором – отсчеты брались через один, т.е. это эквивалентно увеличению базы пеленгатора в два раза.

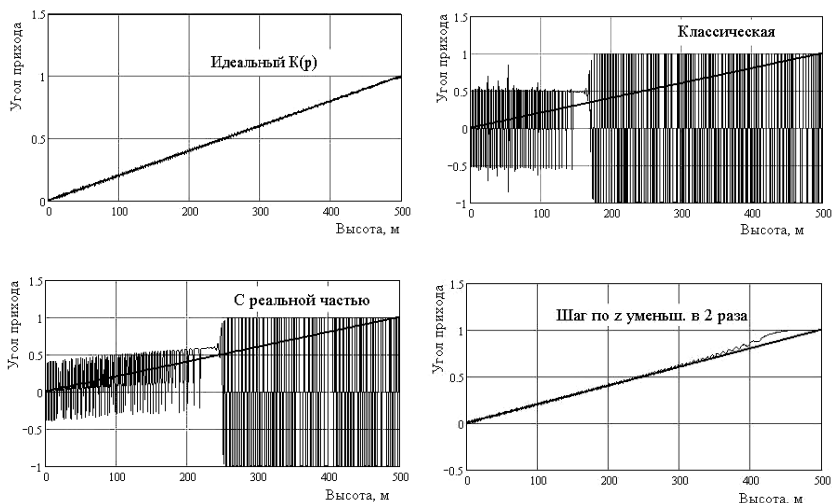


Рис. 1. Оценки УП для разных схем (угол прихода нормирован на $\beta_{\max} \approx 2,8^\circ$)

Таблица 1

СКО оценок угла прихода для разных схем (в % от $\beta_{\max} \approx 2,8^\circ$)

Коэффициент передачи	$K_f(p)$	a	b	c
База $dz = 1$ м	1	105	95	3,5
База $2dz = 2$ м	0,4	31	33	0,5

Из табл. 1 видно, что схема a непригодна для оценок УП радиоволн. Введение реальной части мало что дает. Наконец, уменьшение шага дискретизации по высоте в 2 раза приводит к уменьшению СКО до 3,5%, что сравнимо с ошибкой дискретизации. Отсюда следует практический вывод: для получения корректных оценок УП необходимо использовать схему шагом дискретизации по высоте, по крайней мере в 2 раза меньшим по сравнению с максимальным. Отметим, что увеличение базы в 2 раза уменьшает во столько же раз область однозначности определения УП.

Приведем теперь на рис. 2 результаты расчета оценок ГВЗ. Теоретическая зависимость ГВЗ – парабола.

Среднеквадратические ошибки оценок ГВЗ сведены в табл. 2.

Из табл. 2 также следует, что схема a и схема b непригодны для оценок ГВЗ, так как, например, ошибке 15 нс соответствует ошибка по дальности 3 м, что в некоторых случаях недопустимо.

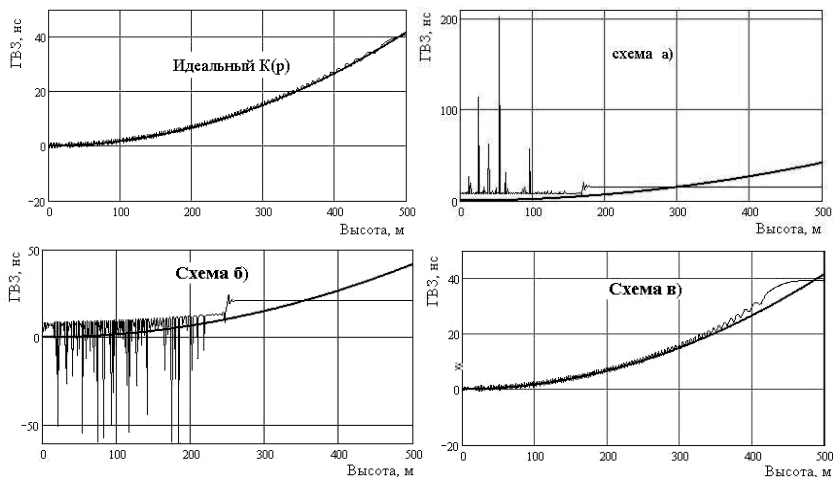


Рис. 2. Высотные зависимости оценок ГВЗ для разных схем

Т а б л и ц а 2

СКО оценок ГВЗ для разных схем

Коэффициент передачи	$K_f(p)$	a	b	c
СКО ГВЗ, нс	0,7	15	12	2

3. Выводы. Для получения оценок УП радиоволн и ГВЗ радиосигнала, необходимо решать ПУ либо методом преобразования Фурье, либо используя разностный метод (схему Кранка–Николсон) с шагом дискретизации по высоте, по крайней мере в 2 раза меньшим по сравнению с максимальным, который определяется шириной углового спектра источника.

ЛИТЕРАТУРА

1. Mireille Levy. Parabolic equation methods for electromagnetic wave propagation. The Institution of Electrical Engineers, London, United Kingdom, 2000. 336 с.
2. Рытов С.М., Кравцов Ю.А., Татарский В.И. Введение в статистическую радиофизику. Ч. 2. Случайные поля. М.: Наука, 1978. 464 с.
3. Акулиничев Ю.П., Ровкин М.Е., Ваулин И.Н. Предельная точность схемы Кранка–Никольсона при численном решении параболического волнового уравнения // Сборник докладов XXI Всероссийской научной конференции. Распространение радиоволн: Йошкар-Ола, 25–27 мая 2005 г. В 2 т. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2005. Т.2. С. 272–276.
4. Вакман Д.Е. Асимптотические методы в линейной радиотехнике, М.: Сов. радио, 1962, 240 с.

АНАЛИЗ РУПОРНОЙ АНТЕННЫ ДЛЯ РАДИОМЕТРА НА 1,4 ГГц

В.Н. Путилов, аспирант

ТУСУР, г. Томск, каф. РЭТЭМ, rubikz@mail.ru

В данной работе представлен отчет о предварительном расчете рупорной антенны. Данная рупорная антенна входит в состав радиометра в качестве приемного модуля. И должна работать на частоте 1,4 ГГц. Основное требование, которое предъявлялось к антенне, это узкая диаграмма направленности.

Напомним, что радиометром является специализированная микроволновая аппаратура предназначенная для дистанционного зондирования поверхности земли. Поскольку проектируемый радиометр будет работать в сантиметровом диапазоне длин волн, то вполне очевиден выбор рупорной антенны в качестве приемного блока. Волноводно-рупорные антенны обладают следующими достоинствами: они просты по конструкции и изготовлению; также являются широкополосными устройствами; и обладают высоким КПД.

Основной задачей расчета было получение узкой диаграммы направленности (порядка $10\text{--}20^\circ$) в основном лепестке для получения более высокой разрешающей способности радиометра. Проектирование рупорных антенн с более узкой диаграммой направленности считается не целесообразным, поскольку приводит к сильному увеличению геометрических размеров антенны. При расчете использовалась общепринятая методика [1], дающая приемлемый результат. Диаграммы направленности в соответствующих плоскостях приведены на рис. 2 и 3.

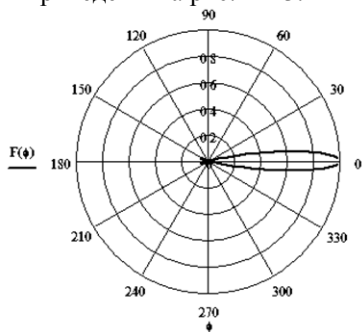
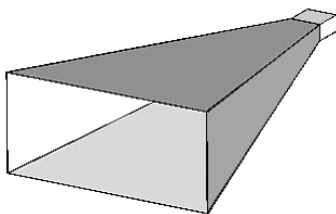
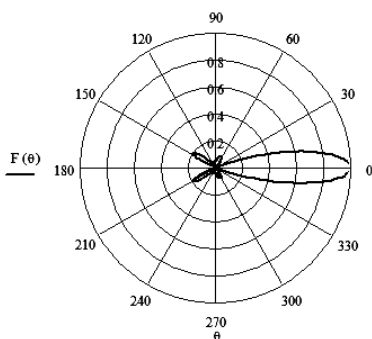


Рис. 1. Общий вид рупорной антенны Рис. 2. Диаграмма направленности в плоскости H

Сечение основного волновод 180×90 мм выбрано из стандартного ряда по ГОСТ 20900-75. Раскрыв антенного рупора составил 1200×600 мм.



В заключение можно отметить, что расчетные характеристики удовлетворяют поставленной задаче. Геометрические размеры антенны получились в пределах допустимых значений. В дальнейшем планируется расчет возбуждающего устройства, которое обеспечит переход на микрополосковую линию.

Рис. 3. Диаграмма направленности в плоскости E

ЛИТЕРАТУРА

1. *Антенны и устройства СВЧ. Расчет и проектирование антенных решеток и их излучающих элементов. Учеб. пособие. для вузов / Под ред. Д.И. Воскресенского. М.: Сов. радио, 1972. 320 с.*

НАПРАВЛЕННЫЙ МИКРОФОН: КОНЦЕПЦИЯ К РАЗРАБОТКЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЮ

А.Н. Кудрявцев, инженер-исследователь;

Д.С. Раков, м.н.с, аспирант ИМКЭС СО РАН

*Институт мониторинга климатических и экологических систем
СО РАН, Томск, e-mail: rakov@imces.ru*

В докладе рассматривается концепция проектирования направленного микрофона, дано описание разработанного экспериментального образца. Приводятся его характеристики, а также результаты натурных испытаний.

Под направленным микрофоном подразумевают устройства, состоящие из высокочувствительного микрофона и приемной акустической системы, обладающей достаточно высокой угловой направленностью, за счет которой удастся выделить полезный сигнал, приходящий с определенного направления, при наличии распределенных в пространстве акустических помех. Более подробная классификация типов направленных микрофонов представлена в [1, 2, 5].

Направленные микрофоны представленные на сегодняшний день на рынке имеют следующие типичные недостатки: довольно широкую диаграмму направленности и высокий уровень боковых лепестков, что существенно ухудшает дальность действия микрофонов и характеристики слышимости и разборчивости речи при приеме полезного речевого сигнала.

Для устранения этих недостатков предлагается комплекс мер, способных улучшить характеристики направленного микрофона. К ним относятся: использование звукозащитной бленды для сужения диаграммы направленности микрофона, а также для уменьшения уровня боковых лепестков; проведение коррекции АЧХ усилительного тракта направленного микрофона, обусловленное влиянием канала распространения звуковых волн (как самой атмосферы, так подстилающей поверхности). Коррекция АЧХ необходима для улучшения слышимости и разборчивости речи в принимаемом сигнале.

На основе этого выдвигаются следующие требования для проектирования направленного микрофона:

- ширина диаграммы направленности должна быть менее 25° ;
- уровень боковых лепестков в секторе $30\text{--}60^\circ$ не более $15\text{--}20$ дБ;
- дальность действия более 150 метров при благоприятных атмосферных условиях для распространения звука;
- возможность коррекции АЧХ при приеме слабого сигнала.

На основе проведенных исследований был спроектирован экспериментальный образец направленного микрофона параболического типа.

В качестве антенной системы была использована двухзеркальная параболическая антенна с зеркалом типа АДЭ, с установленным в фокусе рупором специальной формы [3].

Характеристики антенной системы микрофона:

- | | |
|----------------------------|---------|
| • диаметр зеркала | 630 мм; |
| • фокусное расстояние | 106 мм; |
| • диаметр плоского участка | 100 мм; |
| • глубина зеркала | 147 мм; |

Уровень боковых лепестков – в секторе от 30 до 60° не более -11 дБ;

На рис. 1 представлен внешний вид направленного микрофона.

Характеристики электронной части микрофона:

- | | |
|---|--------------------|
| • Напряжение питания U_n | 9 В; |
| • Полоса частот | 300 Гц...3500 кГц; |
| • Чувствительность | 48 мВ/Па; |
| • Максимальный коэффициент усиления K_y | 100 дБ; |

Испытания направленного микрофона проводились на полигоне института. По приему сигнала, обеспечивающего удовлетворительную разборчивость речи, определялась максимальная дальность действия микрофона. Разборчивость речи проверялась с помощью таблиц, представленных в ГОСТ 16600-72 [4].

Направленный микрофон показал максимальную дальность слышимости и разборчивости речи на расстоянии до 180 м при благоприятных атмосферных условиях и минимуме постороннего шума. Несмотря на то, что была обеспечена большая дальность действия данного экспериментального образца, у него выявлены характерные недостатки:



Рис. 1. Направленный микрофон

- ухудшение слышимости и разборчивости речи при увеличении уровня шума с боковых направлений;
- невозможность регулирования АЧХ усилителя при приеме слабого сигнала.

Дальнейшее проектирование направленного микрофона необходимо по требованиям представленным выше. Для этого проводятся исследования по проектированию малых звукозащитных бленд и приземного ослабления звука в различных условиях распространения. Предлагается проект по программе «УМНИК».

ЛИТЕРАТУРА

1. *Раков Д.С.* Направленные микрофоны // Научная сессия ТУСУР. 2004. Материалы конференции. Томск, 2004. С. 30–32.
2. *Абалмазов Э.И.* Микрофоны с узкой диаграммой направленности. Направленные микрофоны: мифы и реальность // Специальная техника. 1996. №4.
3. *Красненко Н.П., Мананко Е.Е.* Зеркально-параболические акустические антенны для зондирования атмосферы // Методы и устройства передачи и обработки информации: Межвуз. сб. науч. тр. Под ред. В.В. Ромашева, В.В. Булкина. Вып. 5. СПб.: Гидрометеиздат, 2004. с. 83–98.
4. *Передача речи по трактам радиотелефонной связи. Требования к разборчивости речи и методы артикуляционных измерений* // Государственный стандарт СССР (ГОСТ) 16600-72, М., 1972. 90 с.
5. *Красненко Н.П., Кудрявцев А.Н., Раков Д.С.* Направленный микрофон для дальней звуковой связи в атмосфере // Сб. тр. 18 сессии Российского акустического общества. Т. 2. М.: ГЕОС, 2006. С. 166–169

ВЫСОКОТОЧНАЯ РАДИОТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ В ГОРОДЕ

А.А. Савин, аспирант, м.н.с.; В.И. Тисленко, к.т.н., доцент, вед.н.с.;

В.М. Ильющенко, зав. лаб.

НИИ РТС ТУСУР, г. Томск, т. 413-892, saasavin@mail.ru

Введение. В повседневной жизни человека возникают ситуации, когда необходимо определить местоположение пропавших в результате утери или кражи объектов. Ими могут быть пропавшие животные, потерянные ключи, угнанные автомобили и пр. При наличии установленных на данных объектах миниатюрных активных ответчиков кодированных радиотехнических сигналов, имеется возможность определять их координаты. Главное преимущество рассматриваемой системы от имеющихся аналогов состоит в дешевизне оказываемых услуг, так как основные затраты потребитель будет нести только в случае необходимости применения поиска. Система определения координат или поиска однопозиционная. При ее размещении высоко над Землей, например на борту дистанционно пилотируемого летательного аппарата (ЛА), существенно улучшаются условия распространения сигнала в городской застройке. Ограничения на массу полезной нагрузки не позволяют разместить на борту ЛА высокоточный пеленгатор.

В работе рассмотрен алгоритм, позволяющий по результатам только дальномерных наблюдений с борта одного подвижного ЛА оперативно вычислять координаты объектов в городе.

Постановка задачи. Геометрия задачи определения координат источника излучения (ИИ) показана на рис. 1. Центр системы координат расположен в некоторой точке в пределах города. Предполагается разместить в данном месте базовую GPS-станцию. В дифференциальном режиме ошибками определения собственных координат GPS-приемника, расположенного на борту ЛА, можно пренебречь. Услуги данной станции после ее введения могут быть востребованы и другими службами.

Текущее положение ЛА в момент времени t определено заданием вектора $\mathbf{r}_{ла} = [x_{ла} \ y_{ла} \ z_{ла}]^T$, положение ИИ определяет вектор $\mathbf{r}_{ии} = [x_{ии} \ y_{ии} \ z_{ии}]^T$. Таким образом, вектора $\mathbf{r}_{ла}$ и $\mathbf{r}_{ии}$ определяют в момент времени t текущее расстояние $R = \|\mathbf{r}_{ии} - \mathbf{r}_{ла}\|$ между ЛА и ИИ в выбранной системе координат.

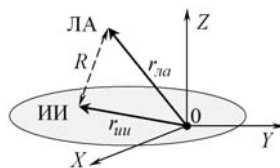


Рис. 1. Система координат

Доминирующий вклад в погрешность измерения расстояния вносят канал распространения радиоволн, возникающие в условиях города отражения от близкорасположенных построек, собственный шум передатчика и приемника. Ясно, что при достаточно большой высоте ЛА уровень отраженных сигналов будет ниже уровня прямого сигнала. Однако для более точной оценки времени прихода сигнала (дальности) следует использовать методологию, описанную в [1, 2].

Ставится задача по результатам дальномерных измерений сформировать оценки всех трех координат вектора $\mathbf{r}_{\text{ии}}$.

Алгоритм определения координат. Синтез алгоритма выполним на основе марковской теории нелинейной фильтрации [3]. Введем трехмерный вектор переменных состояния

$$\mathbf{x}^T = [x_1 \quad x_2 \quad x_3] = [x_{\text{ии}} \quad y_{\text{ии}} \quad z_{\text{ии}}], \quad (1)$$

координаты являются неизвестными случайными величинами. Для неподвижного на интервале измерения ИИ в дискретном времени для вектора $\mathbf{x}$ справедлива система разностных уравнений

$$\mathbf{x}(k) = \mathbf{x}(k-1), \quad k=1, 2, \dots \quad (2)$$

Случайные начальные условия для (2) определены заданием априорной плотности распределения вероятностей (ПРВ) $W[\mathbf{x}(0)]$. В качестве источника информации о состоянии используются измерения дальности, объединенные в вектор наблюдения

$$\mathbf{z}(k) = \|\mathbf{x}(k) - \mathbf{r}_{\text{ла}}(k)\| + \mathbf{n}(k), \quad (3)$$

где $\mathbf{n}(k)$ – одномерный вектор ошибок измерений.

Применяя формулу Байеса с учетом марковских свойств состояний (2) и наблюдений (3), можно записать уравнения, позволяющие рекурсивно обновлять апостериорную ПРВ по мере поступления наблюдений [4]. Для квадратичной функции потерь оптимальная байесовская оценка $\hat{\mathbf{x}}(k)$ текущего состояния $\mathbf{x}(k)$ реализуется в виде оператора апостериорного среднего.

Условия моделирования и результаты расчетов. Исследование ошибок определения координат выполнено методом статистических испытаний при усреднении по ансамблю из 100 независимых реализаций гауссовых ошибок в канале наблюдений и различных начальных условий для (2). ИИ расположен в пределах города. При движении ЛА по границам города, радиусом 5 км, со скоростью 100 км/ч ошибки измерений полагали статистически независимыми во времени с нулевым средним и СКО 10 м. Интервал поступления данных 1 с.

На рис. 2 приведены результаты исследований. Число точек расчета ПРВ 30000. В отличие от первой итерации, при повторной обработке запомненных измерений размер априорной зоны расчета ПРВ уменьшен при помощи разработанной процедуры перевыбора [5].

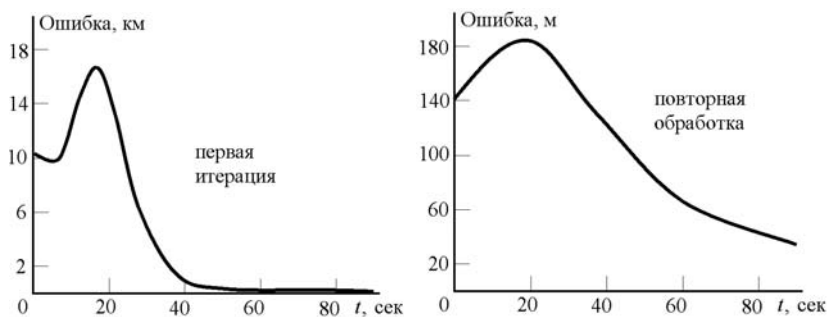


Рис. 2. Максимальная ошибка определения места ИИ

Вывод. Применение синтезированного оптимального алгоритма фильтрации и перевыбора, а также маневрирования ЛА позволяет определять координаты объекта с точностью, соизмеримой с точностью датчика расстояния за время около 1 минуты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тисленко В.И., Савин А.А. Синтез квазиоптимального фильтра для оценки временного положения импульсного сигнала известной формы при многолучевом распространении радиоволн // Известия высших учебных заведений России. Радиоэлектроника. 2006. № 6. С. 56–62.
2. Савин А.А., Тисленко В.И. Сравнительный анализ алгоритмов определения времени прихода импульсного сигнала при многолучевом распространении радиоволн // Известия высших учебных заведений России. Радиоэлектроника, 2006. № 6. С. 62–66.
3. Сейдж Э., Мелс Дж. Теория оценивания и ее применение в связи и управлении // Под ред. Б.Р. Левина. М.: Связь, 1976. 496 с.
4. Doucet A. On Sequential Simulation-Based Methods for Bayesian Filtering. Technical report CUED / F-INFENG / TR 310, Department of Engineering, Cambridge University, 1998.
5. Jeroen D. Hol. Resampling in particle filters / Division of Automatic Control, Department of Electrical Engineering. Lin. univ. 2004.

ПРИМЕНЕНИЕ РЕГУЛИЗИРУЮЩЕГО АЛГОРИТМА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОДНОМЕРНОГО ПРОФИЛЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ПО ЧАСТОТНОЙ ЗАВИСИМОСТИ КОЭФФИЦИЕНТА ОТРАЖЕНИЯ

*Б.И. Авдоченко, к.т.н., доц., А.С. Задорин, д.ф.-м.н., проф.,
В.А. Замотринский, к.ф.-м.н., доц., А.А. Ильиных, студент 5-го курса,
Р.С. Круглов, к.т.н., м.н.с., Р.В. Литвинов, к.ф.-м.н., доц.,
А.А. Шибельзут, аспирант*

ТУСУР, г. Томск, т. 41-33-65, litvinovrv@rzi.tusur.ru

В настоящее время интенсивно развиваются радиоволновые методы исследования верхнего слоя грунта и подстилающей поверхности [1]. В данном сообщении представлены результаты решения обратной задачи восстановления профиля относительной диэлектрической проницаемости ε по частотной зависимости коэффициента отражения $R(\omega)$ в диапазоне $\omega = 0,4 \div 2$ ГГц.

Отражающая среда считалась слоистой с кусочно-постоянной зависимостью ε от глубины земляного покрова z . В расчетах мы использовали выражение для коэффициента отражения $R(\omega)$ плоской световой волны, приведенное в работе [2]. В качестве тестовой зависимости $\varepsilon(z)$ использовалось распределение, полученное измерением диэлектрической проницаемости реального слоя грунта с шагом по глубине 1 см, представленное на рис. 1 квадратами. Здесь же сплошной кривой показано интерполированное распределение кубическими сплайнами. Результаты измерений $\varepsilon(z)$ показали, что ее мнимая часть пренебрежимо мала.

На рис. 2 сплошными кривыми показана рассчитанная зависимость $R_{ther}(\omega)$. Для моделирования реальной экспериментальной ситуации, когда результат измерения $R_{ex}(\omega)$ отличается от $R_{ther}(\omega)$ вследствие слу-

чайных и систематических ошибок, на зависимость $R_{ther}(\omega)$ при помощи генератора псевдослучайных чисел накладывался шум. Зависимость $R_{ex}(\omega)$ показана на рис. 2 точками.

Таким образом, формировалась обратная задача, в соответствии с которой необходимо было определить $\varepsilon(z)$ по данным отражения

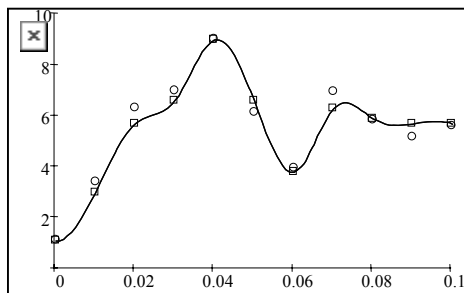


Рис. 1. Профиль диэлектрической проницаемости

$R_{ex}(\omega)$. Как известно, подобные задачи являются некорректными [3, 4]. Устойчивое решение этих задач может быть получено при помощи одного из регулирующих алгоритмов [3, 5]. Мы использовали минимизацию функционала А.Н. Тихонова

$$T^\alpha(\varepsilon) = \sum_s \left| R[\omega_s, \varepsilon(z)] - R_{ex}(\omega_s) \right|^2 + \alpha \Omega[\varepsilon(z)], \quad (1)$$

где ω_s – сетка частот от $0,4 \div 2$ ГГц с шагом 12,5 МГц, α – параметр регуляризации. Стабилизирующий функционал $\Omega[\varepsilon(z)]$ имел вид

$$\Omega[\varepsilon(z)] = \sum_{j=1}^{11} p_j \left| R(\varepsilon_{j-1}, \varepsilon_j) - R(\varepsilon_{0j-j}, \varepsilon_{0j}) \right|^2 + r_j \varepsilon_j^2, \quad (2)$$

где $R(\varepsilon_{j-1}, \varepsilon_j)$ – хорошо известные формулы Френеля для коэффициента отражения [2] от границы раздела однородных сред; числа $p_j \sim 10^{-3}$ и $r_j \sim 10$ – специально подобранные весовые коэффициенты; ε_{0j} – начальные приближения для проницаемостей слоев, которые генерировались случайным образом.

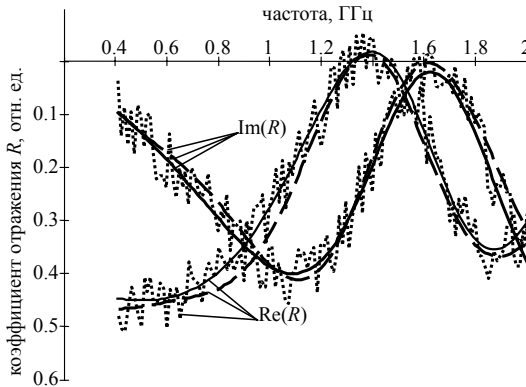


Рис. 2. Частотная зависимость коэффициента отражения

В рассматриваемом случае параметр регуляризации α подбирался по минимуму невязки $\sum_s \left| R[\omega_s, \varepsilon(z)] - R_{ex}(\omega_s) \right|^2$ и был равен $\alpha_{opt}=0,1$.

При отвечающем этому значению α_{opt} , восстановлено кусочно-постоянное распределение $\varepsilon(z)$, которое показано на рис. 1 кружочками. Здесь же штриховой кривой показано распределение, интерполирован-

ное кубическими сплайнами. Рассчитанный для восстановленного распределения $\varepsilon(z)$ коэффициент $R(\omega)$ показан на рис. 2 пунктирной кривой. Как видно из рис. 1, восстановленный профиль хорошо согласуется с исходным.

Таким образом, использование регулирующих алгоритмов при обработке данных подповерхностной радиолокации позволяет эффективно определять пространственное распределение диэлектрической проницаемости верхнего слоя и подстилающей поверхности почвогрунта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Резников А.Е., Копейкин В.В., Морозов П.А., Щекотов А.Ю. Разработка аппаратуры, методов обработки данных для электромагнитного подповерхностного зондирования и опыт их применения // УФН. 2000. Т. 170. № 5. С. 565–568.
2. Борн М., Вольф Э. Основы оптики. М.: Наука, 1970. 855 с.
3. Тихонов А.Н., Арсенин В.Я. Методы решения некорректных задач. М.: Наука, 1979. 285 с.
4. Тихонов А.Н., Гончарский А.В. Некорректные задачи естествознания. М.: Изд-во москов. ун-та, 1987. 303 с.
5. Морозов В.А. Регулярные методы решения некорректных задач. М.: Наука, 1987. 239 с.

БОРТОВОЕ УСТРОЙСТВО РЕГИСТРАЦИИ РАБОЧИХ ПАРМЕТРОВ АВТОМОБИЛЯ

М.С. Самулеев, студент, К.В. Голев студент;

В.И. Тисленко, к.т.н., доц., вед. н.с;

ТУСУР, г. Томск

Введение. Высокие технологии облегчают повседневную жизнь, с каждым годом все больше расширяя человеческие возможности. Однако за прогресс неминуемо приходится платить: падают самолеты, разбиваются автомобили, гибнут люди. Оставшиеся в живых начинают искать ответы на извечные вопросы: кто виноват. Разобраться в причинах авиакатастроф и получить необходимые доказательства чьей-либо вины или халатности специалистам помогают установленные на борту аварийные самописцы, фиксирующие показания приборов. Однако, по статистике, гораздо больше человеческих жизней уносят автомобильные аварии, а не крушения самолетов. Поэтому становится актуальным оснащение автомобилей недорогими аналогами авиационных «черных ящиков». Правда, название «черный ящик» весьма условно, так как в авиации подобное устройство (бортовой самописец, или точнее – бортовое устройство регистрации рабочих параметров) призвано, в первую очередь, регистрировать рабочие параметры систем летательного

аппарата (параметры двигателя, электропроводки, топливной аппаратуры и т.п.). Наш автомобильный «черный ящик» не только будет фиксировать основные параметры движения автомобиля, но и выступать в роли видеосвидетеля.

Постановка задачи. Необходимо создать устройство, которое фиксировало бы все необходимые параметры движения автомобиля и обладало бы относительной дешевизной и высокой надежностью. Это устройство должно обеспечивать сохранение данных о движении конкретного транспортного средства с целью использования их в критической ситуации.

Состав «черного ящика»:

1. Блок управления, сбора и обработки данных (АЦП, счетно-решающее устройство, микроконтроллеры).
2. Энергонезависимая память.
3. Система датчиков и камер.

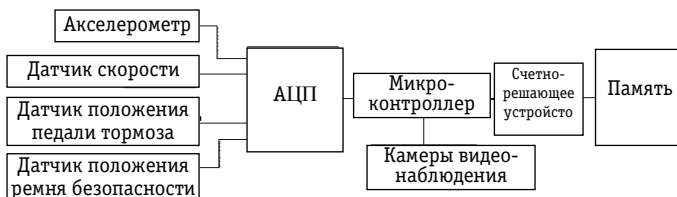
Устройство будет вести запись данных, поступающих из датчиков, каждые 30 сек. движения. При возникновении аварийной ситуации «черный ящик» автоматически должен отключиться и сохранить все запомненные параметры. Устройство должно иметь компактный корпус, выдерживающий серьезные воздействия. Питание должно осуществляться непосредственно от аккумулятора автомобиля.

Датчики могут фиксировать:

- скорость,
- положение педали газа/тормоза,
- положение ремня безопасности,
- время в пути,
- обороты двигателя,
- температура охлаждающей жидкости,
- окружающая обстановка (камера).

Наиболее оптимальное и простое устройство должно включать в себя: датчик скорости, датчик положения педали тормоза, акселерометр, датчик положения ремня безопасности; а также пару камер в лобовой и задней частях автомобиля.

Структурная схема «черного ящика» приведена на рисунке.



Структурная схема устройства

Как вы понимаете, все используемые датчики работают с аналоговыми сигналами, поэтому необходимо АЦП. Взяв пределы скорости от 0 до 199 км/ч, пределы ускорения от -15 до 15 g, можно сделать вывод о характеристиках АЦП. Микроконтроллер необходим для обработки данных, поступающих из АЦП. При движении автомобиля микроЭВМ в соответствии с записанной в ней на заводе-изготовителе программой обрабатывает информацию, содержащуюся в сигналах, поступающих с датчиков. Результаты обработки поступают через счетно-решающее устройство в энергонезависимую память. Все узлы процессора питаются от стабилизированного блока питания, подключенного к бортовой сети автомобиля. Исходя из этого, можно рассчитать примерный объем необходимой памяти нашего устройства. Чтобы мы могли записать 30-секундный видеоролик с частотой 10 кад/с и разрешением 640×480 , для двух недорогих камер необходимо около 30 МБ. Для записи данных с установленных датчиков требуется примерно 13 КБ. Итак, памяти объемом 32 МБ будет вполне достаточно для регистрации рабочих параметров автомобиля.

Стоимость устройства. После выбора основных компонентов этого устройства перейдем к определению его примерной себестоимости:

- память 32 МБ – 200 руб.;
- датчики – порядка 300 руб.;
- веб-камеры около 1500 руб.;
- иные расходы 500 руб.

Итого – примерная себестоимость нашего устройства – около 2500 руб. или около 90\$.

Заключение. В процессе проделанной работы были изучены теоретические предпосылки создания бортового устройства регистрации параметров автомобиля. Остается полученные знания реализовать на практике и собрать надежный и нужный прибор.

ЛИТЕРАТУРА.

1. <http://www.dj.ru/>.
2. <http://catelecom.ru/>
3. <http://www.check-engine.ru/>
4. <http://news.com.com/>
5. <http://www.zetms.ru/>
6. <http://www.automag.ru/>
7. <http://aries-avia.ru/>

СЕКЦИЯ 2

ЗАЩИЩЕННЫЕ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

Председатель – Голиков А.М., к.т.н., доцент каф. РТС

АНАЛИЗ АЛГОРИТМА ПОТОЧНОГО ШИФРОВАНИЯ RC4

О.В. Блохин, студент 5 курса

ТУСУР, г. Томск, Ttayk@rambler.ru

Алгоритм поточного шифрования RC4 разработан в 1987 г. Р. Рай-вестом для компании RSA Data Security. RC4 используется в десятках коммерческих продуктов, включая Lotus Notes, Apple Computer's AOCE, Oracle Secure SQL, а также является частью спецификации стандарта сотовой связи CDPD.

Идея создания алгоритма RC4 базируется на конструкции, описанной Р.А. Фишер и Ф. Ятс в 1938 г. для выработки случайной перестановки: $s = \langle s[0] \dots s[m-1] \rangle$ из S_m , где $s: j \rightarrow s[j]$, $j = \overline{0, m-1}$.

Анализом RC4 занимались следующие криптографы: J. Golic, A. Shamir, L. Knudsen, W. Meier, B. Preneel, V. Rijmen, S. Fluhrer, D. McGrew, S. Verdoolaege, I. Mantin.

Исследования велись в следующих направлениях:

- описание слабостей алгоритма выработки начального состояния ρ и разработка методов нахождения ключа алгоритма RC4;
- разработка методов восстановления начального состояния алгоритма RC4;
- исследование статистических свойств гаммы RC4, в частности, разработка статистических критериев, позволяющих различить гамму RC4 от случайной равновероятной последовательности.

Задачей построения алгоритмов генерации подстановок равномерно распределенных на S_m занимаются давно, и ей посвящено много работ, в обзоре N.J.A. Sloan (Encryption by random rotations, Eurocrypt'83) и книге Д.Э. Кнута (Искусство программирования), приведены некоторые из них.

Эта задача часто эквивалентна задаче порождения симметрической группы S_m различными системами образующих. Наиболее полный обзор приведен в работе М.М. Глухова, А.Ю. Зубова (О длинах симметрических и знакопеременных групп подстановок в различных системах образующих (обзор) // Математические вопросы кибернетики/ 1999).

Классическими примерами систем образующих транспозиций являются:

- а) все транспозиции;
- б) все транспозиции вида $(1, j), j \in \{2, \overline{m}\}$;
- с) все транспозиции вида $(j, j+1), j \in \{1, \overline{m-1}\}$.

Исследование алгоритма генерации ρ начальной подстановки RC4 сводится к рассмотрению мультимножества $\mathfrak{G}_m = \{(m-1, j_m) \dots (1, j_2) (0, j_1) \mid (j_m, \dots, j_1) \in Z_m^m\}$, элементами которого являются подстановки, представимые в виде произведения транспозиций $(m-1, j_m) \dots (1, j_2) (0, j_1)$, где $j_1, \dots, j_{m-1} \in Z_m$. Отметим, что одна и та же подстановка входит в мультимножество $\mathfrak{G}_m$ столько раз, сколькими способами она может быть представлена в виде $(m-1, j_m) \dots (1, j_2) (0, j_1)$.

Одним из подходов, который используется при решении вопроса о порождении S_m произвольным множеством транспозиций, является теоретико-графовый подход. Известно (см. например, Сачков В.Н. Введение в комбинаторные методы дискретной математики), что множество транспозиций A является базисом группы S_m тогда и только тогда, когда граф Γ_A является деревом.

Теоретико-графовый подход использовался при исследовании алгоритма АСП (АСП – аналог алгоритма генерации начальной подстановки RC4 в предположении, что элементы $k_0, \dots, k_{m-1}$ ключа алгоритма RC4 выбираются независимо? случайно и равномерно из Z_m).

Что касается статистических свойств алгоритма RC4, то в работе S. Fluhrer, D. McGrew Statistical Analysis of the alleged RC4 keystream generator, представленной на конференции FSE-2000 сотрудниками «Cisco Systems, Inc», анализировалось распределение биграмм в гамме при предположении, что начальная подстановка s_0 выбирается случайно и равномерно из S_m . Первоначально их распределение просчитывалось на компьютере для значения параметра $m = 8$. На основе наблюдаемого распределения, было высказано предположение о вероятностях появления некоторых биграмм в гамме, которое приведено в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Распределение биграмм, полученное S. Fluhrer, D. McGrew

Биграммы	Значение индекса i	Вероятность
(0, 0)	$i = 1$	$2^{-2n} \cdot (1 + 2^{-n-1})$
(0, 0)	$i \neq 1, 2^n - 1$	$2^{-2n} \cdot (1 + 2^{-n})$
(0, 1)	$i \neq 0, 1$	$2^{-2n} \cdot (1 + 2^{-n})$
$(i + 1, 2^n - 1)$	$i \neq 2^n - 2$	$2^{-2n} \cdot (1 + 2^{-n})$
$(2^n - 1, i + 1)$	$i \neq 1, 2^n - 2$	$2^{-2n} \cdot (1 + 2^{-n})$
$(2^n - 1, i + 2)$	$i \neq 0, 2^n - 1, 2^n - 2, 2^n - 3$	$2^{-2n} \cdot (1 + 2^{-n})$
$(2^n - 1, 0)$	$i = 2^n - 2$	$2^{-2n} \cdot (1 + 2^{-n})$
$(2^n - 1, 1)$	$i = 2^n - 1$	$2^{-2n} \cdot (1 + 2^{-n})$
$(2^n - 1, 2)$	$i = 0, 1$	$2^{-2n} \cdot (1 + 2^{-n})$
$(2^{n-1} + 1, 2^{n-1} + 1)$	$i = 2$	$2^{-2n} \cdot (1 + 2^{-n})$
$(2^n - 1, 2^n - 1)$	$i \neq 2^n - 2$	$2^{-2n} \cdot (1 - 2^{-n})$
$(0, i + 1)$	$i \neq 0, 2^n - 2$	$2^{-2n} \cdot (1 - 2^{-n})$

Назовем событие положительным, если вероятность его наступления больше $1/m^2$ и отрицательным в противоположном случае. Далее под событием будем подразумевать появление биграммы в гамме.

Т а б л и ц а 2

Сравнение вероятности появления биграмм в гамме RC4 и случайной равновероятной последовательности

	Положительные события	Отрицательные события
RC4/256	0,00007630	0,00003022
Случайная равновероятная последовательность	0,00007600	0,000030342

ЛИТЕРАТУРА

1. Щербаков А.Ю., Подуфалов Н.Д. Методы программирования криптографических алгоритмов. Особенности программной реализации. М.: МИФИ, 2000. 201 с.
2. Robbins D.P., Bolker E.D. The bias of three pseudo-random shuffles // Aequationes Mathematicae. 1981. 22.
3. Fluhrer S., McGrew D. Statistical Analysis of the alleged RC4 keystream generator. FSE, 2000.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ В ЗАЩИЩЕННЫХ СИСТЕМАХ СВЯЗИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВЫХ СИГНАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОРОВ

*С.А. Большанин – студент 5 курса, С.В. Анисимов,
М.А. Горбунов – студенты 4 курса,
С.С. Алимов, А.Р. Биктимиров – студенты 3 курса,
Е.А. Большанина, Д.С. Хохол – студенты 2 курса
ТУСУР, г. Томск, gol@rts.tusur.ru*

В докладе рассматриваются методы цифровой обработки сигналов с использованием цифровых сигнальных процессоров (DSP) и вопросы применения цифровых сигнальных процессоров в защищенных системах связи.

В настоящее время определилось три направления развития микропроцессоров:

- универсальные микропроцессоры;
- микроконтроллеры;
- сигнальные микропроцессоры.

Универсальные микропроцессоры используются для построения вычислительных машин. В них используются самые передовые решения по повышению быстродействия, не обращая особого внимания на габариты, стоимость и потребляемую энергию. В технике связи компьютеры используются для управления системами связи или устройствами связи, обладающими большими габаритами и высокой стоимостью.

Микроконтроллеры используются для управления малогабаритными и дешевыми устройствами связи, такими как радиостанции или сотовые аппараты. Раньше эти микросхемы называли по их внутреннему устройству однокристалльными микроЭВМ. В микроконтроллерах, в отличие от универсальных микропроцессоров, максимальное внимание уделяется именно габаритам, стоимости и потребляемой энергии.

Сигнальные процессоры решают задачи, которые традиционно решала аналоговая схемотехника. Это такие задачи, как фильтрация и поиск сигналов, вычисление спектров, преобразование сигналов из одного вида в другой, устранение отражений и выделение полезного сигнала на фоне помех. К сигнальным процессорам предъявляются специфические требования. От них требуются максимальное быстродействие, малые габариты, легкая стыковка с аналого-цифровыми и цифро-аналоговыми преобразователями, большая разрядность обрабатываемых данных и небольшой набор математических операций, обязательно включающий операцию умножения-накопления и аппаратную организацию циклов.

Именно операция умножения-накопления выделяет цифровые сигнальные процессоры из общей массы микропроцессоров. Поэтому неотъемлемой частью всех цифровых сигнальных процессоров являются комбинированные устройства, включающие в себя умножитель и накапливающий сумматор MAC (Multiply Accumulate), выполняющие операции за один такт.

В отличие от других типов приложений, связанных с обработкой данных, DSP обычно работают с очень длинными выборками сигналов. Для обеспечения высокой производительности исполнительные устройства DSP функционируют параллельно. Например, одновременно с MAC операции могут выполняться на арифметико-логическом устройстве (АЛУ) и регистрах циклического сдвига.

Цифровые фильтры отличаются высоким качеством формирования частотной характеристики, стабильностью параметров, простотой изменения параметров амплитудно-частотной характеристики и возможностью адаптации параметров фильтра. Наиболее полно эти преимущества используются в таких областях, как подавление различного рода шумов и помех, распознавание речи, и в особенности для подавления эха в устройствах передачи данных.

Различают два основных типа фильтров: фильтры с конечной импульсной характеристикой (КИХ) и фильтры с бесконечной импульсной характеристикой (БИХ). Изменяя вес коэффициентов и число звеньев КИХ-фильтра, можно реализовать практически любую частотную характеристику. КИХ-фильтры могут иметь такие свойства, которые невозможно достичь методами аналоговой фильтрации (в частности, совершенную линейную фазовую характеристику). Но высокоэффективные КИХ-фильтры строятся с большим числом операций умножения с накоплением и поэтому требуют использования быстрых и эффективных процессоров DSP.

Как известно, формула, реализующая цифровой фильтр с бесконечной импульсной характеристикой (БИХ), выглядит следующим образом: $\sum \mathbf{x} \mathbf{h}$, где $\mathbf{x}$ – вектор входных данных; $\mathbf{h}$ – вектор коэффициентов фильтра.

Таким образом, вся работа устройства сводится к умножению и накапливающему суммированию. Надо сказать, что операции умножения и суммирования вовсе не уникальны для алгоритмов цифровой обработки сигналов. Они используются не только в формулах для БИХ-, но и для КИХ-фильтров (с конечной импульсной характеристикой), а также для преобразований Фурье (в том числе и для быстрого преобразования Фурье).

Одной из наиболее часто востребованных задач цифровой обработки сигналов является спектральный анализ на основе дискретного преобразования Фурье (ДПФ), который находит самое широкое применение в анализаторах спектра, устройствах обработки речи, изображениях, сжатия информации и системах распознавания.

Для расчета спектра сигнала по конечной выборке из N отсчетов используется алгоритм дискретного преобразования Фурье (ДПФ), который преобразует N комплексных отсчетов сигнала во временной области в N комплексных отсчетов спектра в частотной области.

Быстрое преобразование Фурье (БПФ) является на самом деле одним из алгоритмов вычисления ДПФ за счет сокращения количества операций умножения и сложения. Вычисления при использовании БПФ сильно упрощаются за счет использования свойств симметрии и периодичности коэффициентов, представляющих собой базовые гармонические функции. При вычислении ДПФ требуется N^2 операций умножения комплексных чисел, при использовании БПФ количество операций сокращается до $(N/2)\log_2(N)$. Таким образом, эффективность БПФ по сравнению с ДПФ становится весьма существенной, когда количество точек увеличивается до нескольких тысяч.

Для вычисления БПФ используют несколько различных подходов. Алгоритм по основанию 2 (Radix 2) разделяет полное вычисление ДПФ на комбинацию двухточечных ДПФ. Каждое двухточечное ДПФ использует базовую операцию умножения с накоплением (так называемую «бабочку»). При этом число точек в БПФ должно быть степенью числа 2, если количество точек является степенью числа 4, то можно использовать алгоритм по основанию 4 (Radix 4).

Скорость работы алгоритма БПФ по основанию 4 при условии максимального использования дополнительных возможностей процессоров Analog Devices может быть более чем в два раза выше скорости работы алгоритма Radix 2. Это возможно, поскольку сигнальные процессоры компании Analog Devices содержат накапливающий сумматор MAC и дополнительные внутренние функции, такие как, например, наличие двух генераторов адреса с возможностью бит-реверсивной адресации и других аппаратных возможностей, широко используемых для оптимизации вычислений.

Использование цифровых сигнальных процессоров не ограничивается их применением в разного рода спектрографах. Данный вид процессоров также широко используется для целей защиты систем связи.

Защита систем связи – это прежде всего шифрование данных, основанное на различных алгоритмах шифрования (DH, RSA, DES, Skipjack, ГОСТ 28147-89). Перед шифрованием информацию следует подверг-

нуть статистическому кодированию (сжатию, архивации), что также может быть реализовано с привлечением цифровых сигнальных процессоров. При этом уменьшится объем информации и ее избыточность, повысится энтропия (среднее количество информации, приходящееся на один символ). Так как в сжатом тексте будут отсутствовать повторяющиеся буквы и слова, дешифрование (криптоанализ) затруднится.

Реализация вычислительных процедур алгоритмов шифрования сводится к трем основным операциям: умножению, сложению, вычитанию. Производительность обычных процессоров недостаточна при выполнении подобных операций, так, например, обычный процессор при выполнении целочисленного умножения требует от 13 до 42 тактов, при выполнении плавающего умножения до 25 тактов. С этой задачей отлично справляются цифровые сигнальные процессоры, так как основу этих процессоров составляет аппаратный арифметический блок, позволяющий выполнять основные арифметические операции за один или два такта процессора.

Работа шифропроцессора на основе DSP протекает в дискретном времени, т.е. тактами. В каждом такте процессор осуществляет следующие действия: считывает с АЦП (или с входной шины) текущее цифровое значение сигнала, запоминает его и запускает на исполнение процедуру вычисления значения выходного сигнала (которая определяется алгоритмом шифрования). Когда требуемое значение получено, процессор отправляет его на ЦАП (или в выходную шину), после чего считывает следующее значение входного сигнала.

Использование цифровых сигнальных процессоров фирмы Analog Devices позволяет реализовать алгоритм шифрования ГОСТ 28147-89 при скорости шифрования до 210 КБ/с.

ЛИТЕРАТУРА

1. Назаров М.В., Прохоров Ю.Н. Методы цифровой обработки и передачи сигналов. М.: Радио и связь, 1985. 176 с.
2. Винокуров А. Алгоритм шифрования ГОСТ 28147-89. М.: Лань, 2004. 226 с.
3. Машеров Е. Введение в цифровую обработку сигналов. М.: Вильямс, 2000.
4. Vijay K. Modiseti, Douglas B. Williams. Chapman&Hall. Digital Signal Processing Handbook, 1999.
5. Д. Кинг, Г. Гирлинг, К. Воурин, Н. Левин, Д. Моррис, У. Кестер. Аппаратура цифровых сигнальных процессоров.
6. Народный учебник по цифровым сигнальным процессорам.

СТАНДАРТЫ КОДИРОВАНИЯ В ПЕЙДЖИНГОВЫХ СЕТЯХ

Д.Ю. Чан-фа, студент 5 курса

ТУСУР, г. Томск, chan-fa_d.y@mail.ru

Персональный вызов (пейджинг) – услуга электросвязи, обеспечивающая беспроводную одностороннюю передачу информации в пределах обслуживаемой зоны. По назначению СПРВ можно разделить на частные (ведомственные) и общего пользования.

В настоящее время различными фирмами США, Великобритании, Японии и других стран разработаны многочисленные типы национальных и частных СПРВ. Ключевым фактором в развитии СПРВ явилась стандартизация радиоинтерфейса.

Многоцелевой пейджинговый стандарт RDS. Многоцелевой стандарт RDS (Radio Data System), предназначен для передачи пейджинговых сообщений по каналам радиовещания ЧМ в диапазоне УКВ. В 1983 г. стандарт RDS был принят членами Европейского радиовещательного союза (EBU) в качестве единого многоцелевого стандарта. Отличительной особенностью данного стандарта является использование его при передаче в сетях радиовещания и телевидения (радиовывозов на поднесущей вещательного диапазона).

Пейджинговый стандарт GSC. Компанией Motorola в 1983 г. был разработан стандарт на основе последовательного кода Голя – GSC (Golay Sequential Code). Код GSC может использоваться в сетях персонального радиовывоза для передачи как исключительно сигналов вызова, так и вызова совместно с речевым сообщением в аналоговом или буквенно-цифровом виде. В зависимости от поставленной задачи формируются различные виды пакетов. В передаваемом пакете содержатся избыточные биты (паритетности), что позволяет при приеме осуществлять исправление двух ошибок в кодовом слове. Скорость передачи пакета составляет 600 бит/с.

Высокоскоростной пейджинговый стандарт FLEX. Высокоскоростной пейджинговый стандарт FLEX (Flexible Wide-area Protocol) разработан в 1993 г. специалистами компании Motorola с целью повышения пропускной способности радиоканалов. Благодаря рациональному распределению информационных пакетов во времени передача сообщений осуществляется на трех скоростях: 1600, 3200, 6400 бит/с, что позволяет увеличить количество абонентов в одной системе до 3,5 млрд. Максимальная скорость передачи сообщений в стандарте FLEX составляет 6400 бит/с, что в пять раз больше, чем в протоколе POCSAG. В последние годы на основе стандарта FLEX создается семейство высокоскоростных протоколов ReFLEX и InFLEXion, которые расширяют

возможности систем персонального радиовызова. Протокол ReFLEX предназначен для организации двухсторонней цифровой передачи сообщений, т.е. передачи с подтверждением приема. В протоколе ReFLEX передача сигналов подтверждения того, что сообщение принято, осуществляется пейджером на частоте 901–902 МГц (эти частоты лежат в полосе частот используемого в России стандарта GSM). В этом протоколе предусмотрена высокоскоростная передача сообщений (от 12800 до 25600 бит/с). Протокол inFLEXion предусматривает еще большую скорость передачи сообщений (112 Кбит/с), что позволит более чем в 10 раз увеличить пропускную способность системы и соответственно число абонентов. Кодирование сообщений в протоколах производится при помощи четырехуровневой фазовой манипуляции (FSK). Сообщения формируются в пакеты фиксированной длины и передаются в режиме реального времени. Однако высокоскоростные протоколы ReFLEX и inFLEXion в настоящее время находятся на этапе испытаний.

Общеввропейский пейджинговый стандарт ERMES. В 1992 г. Европейским институтом стандартизации в области телекоммуникаций был утвержден общеевропейский стандарт ETS 300-133, иначе ERMES (European Radio Message System). В 1994 г. Международный союз электросвязи рекомендовал использовать стандарт ERMES в качестве международного стандарта в пейджинговой радиосвязи различных стран мира. В соответствии с концепцией развития сетей подвижной радиосвязи в России он рекомендован в качестве единого на всей территории страны. Основное достоинство стандарта ERMES состоит в том, что он полностью совместим с европейским стандартом GSM сотовой радиосвязи. Важным достоинством стандарта ERMES является также высокая степень адаптированности к существующим и перспективным разработкам сотовых сетей Европейского сообщества.

Этот стандарт поддерживает буквенно-цифровой пейджинг с использованием символов кириллицы, а также режим прозрачной передачи данных. Системы персонального радиовызова на основе высокоскоростного протокола ERMES предоставляют пользователям возможность передавать:

- цифровые сообщения (20 – 1600 знаков);
- буквенно-цифровые сообщения (400 – 900 символов);
- набор произвольных данных объемом (до 64 Кбит).

В цифровых сетях персонального радиовызова ERMES передача сообщений осуществляется пакетами со скоростью 3 или 6,4 Кбит/с. Для этих целей Европейским сообществом выбран единый частотный диапазон 169,425–169,800 МГц, который позволяет организовать 16 радиоканалов с разносом несущих частот 25 кГц.

Международный пейджинговый стандарт POCSAG. Наиболее известным широко применяемым в мире является стандарт кодирования сигналов для пейджеров POCSAG (Post Office Code Standartisation Advisory Group).

Данный стандарт был разработан Почтовым ведомством Великобритании и сразу получил большое признание. В 1982 г. он был утвержден Международным консультативным комитетом по радиосвязи (МККР) и Международным союзом электросвязи как международный стандарт, получивший официальное название в документах МККР – протокол RPCN I (Radio Paging Code N 1).

В начале своего создания (1978 г.) стандарт предназначался для передачи тональных сообщений со скоростью 512 бит/с, но уже через год он был адаптирован для передачи цифровых и буквенно-цифровых сообщений. Для кодирования передаваемых сообщений применяется частотная манипуляция.

Большая популярность стандарта POCSAG объясняется преимуществами разработанного протокола, который имеет большую скорость передачи информации и эффективный алгоритм исправления ошибок. Впоследствии с целью увеличения количества передаваемых сообщений протокол был адаптирован для скоростей 1200 бит/с, а в начале 90-х годов – для скоростей 2400 бит/с.

Для повышения скорости передаваемых сообщений и увеличения числа пользователей был разработан более совершенный вариант данного стандарта – Super POCSAG (сокращенно S-POCSAG), которым в последнее время пользуется большинство пейджинговых компаний.

ЛИТЕРАТУРА

1. <http://kunegin.narod.ru/>
2. <http://www.aboutphone.info/>

СИНХРОННЫЕ И САМОСИНХРОНИЗИРУЮЩИЕСЯ ПОТОЧНЫЕ КРИПТОСИСТЕМЫ

***Е.В. Игоничкина, аспирант,
ТУСУР, каф. РТС, iev109@mail.ru***

Различают два основных способа шифрования [1]: блочные и поточные шифры. При блочном шифровании открытый текст сначала разбивается на равные по длине блоки, затем применяется зависящая от ключа функция шифрования для преобразования блока открытого текста длиной n бит в блок шифр-текста такой же длины. При поточном шифровании каждый знак сообщения шифруется отдельно.

Для описания поточных шифров хорошо подходит теория автоматов и в частности теория автоматов с конечным числом состояний [2, 3]. Конечным автоматом называют три множества I , O , S и два отображения $\delta: I \times S \rightarrow S$, $\lambda: I \times S \rightarrow O$ и обозначают $A = (I, O, S, \delta, \lambda)$. При этом множество I называют входным алфавитом автомата, O – выходным алфавитом автомата, S – множеством состояний, δ – функцией переходов, λ – функцией выходов. Шифрующий автомат можно задать следующим образом: $A = (X \times K, Y, S, F, f)$, где X означает алфавит открытого текста, Y – алфавит шифр-текста, S – пространство состояний (внутренних состояний) поточного шифра, K – пространство ключей. Пусть x_i , y_i и s_i означают соответственно цифру открытого текста, цифру шифр-текста и внутреннее состояние в момент времени i .

В общем виде поточный шифр может быть описан уравнениями

$$s_{i+1} = F(k, s_i, x_i), y_i = f(k, s_i, x_i),$$

где F – это функция следующего состояния, а f – функция выхода. Обычно $y_i = x_i + F(k_i, s_i)$, это условие, необходимое и достаточное для того, чтобы поточный дешифратор функционировал без задержки. Последовательность $\{z_i = f(k, s_i): i \geq 1\}$ именуется шифрующей гаммой. Для обеспечения стойкого шифрования гамма должна быть настолько случайной, насколько это возможно.

Поточные шифры принято делить на синхронные и самосинхронизирующиеся.

В синхронном поточном шифре шифрующая последовательность генерируется независимо от потока открытого текста и потока шифр-текста. Функционирование генератора гаммы управляется двумя правилами: $s_{i+1} = F(k, s_i)$, $z_i = f(k, s_i)$.

Начальное состояние s_0 может быть функцией от ключа k и, возможно, от некоторой рандомизирующей переменной. Цель генератора гаммы – развернуть короткий случайный ключ k в длинную псевдослучайную последовательность $z^l = z_1, z_2, \dots, z^l$.

Синхронные поточные шифры в свою очередь классифицируются в соответствии с режимом, в котором они функционируют:

- на режим счетчика;
- на режим обратной связи по выходу (внутренней обратной связи).

В режиме счетчика функция следующего состояния не зависит от бит ключа, но гарантированно проходит через все пространство состояний (или его большую часть): $s_{i+1} = F(s_i)$, $z_i = f(k, s_i)$.

Примеры для такой функции F – обычные счетчики и LFSR с максимальной длиной периода. Криптографическая стойкость с необходимостью базируется на выходной функции f .

В режиме обратной связи по выходу выходная функция f не зависит от ключа: $s_{i+1} = F(k, s_i)$, $z_i = f(s_i)$.

Очень часто f просто состоит из 1-битового предиката текущего состояния (например, самый младший бит или бит четности). Иногда рассматривают вариант такого режима, при котором ключ k задает только начальное состояние: $s_0 = k$, $s_{i+1} = F(s_i)$, $z_i = f(s_i)$.

Синхронный поточный шифр имеет свойство не распространять ошибки. Расшифрование искаженной цифры шифр-текста влияет только на соответствующую цифру открытого текста. Хотя такое свойство может показаться желательным, у него есть и другие стороны. Во-первых, в этом случае ограничивается возможность обнаружения ошибки при расшифровании, но что еще более важно, противник имеет возможность произвести управляемые изменения в части шифр-текста, совершенно точно зная, какие это вызовет изменения в соответствующем открытом тексте.

С практической точки зрения еще более важным является то, что зашифровывающее и расшифровывающее устройства должны работать строго согласованно, поскольку расшифрование не может быть успешным до тех пор, пока шифрующие последовательности для шифрования и расшифрования не засинхронизированы. Если какая-то цифра добавилась или потерялась в процессе передачи, получатель обнаружит лишь бессмысленные данные с того места, где сбилась синхронизация. Обычно синхронизация достигается вставкой в передаваемое сообщение специальных «маркеров»; в результате этого бит шифр-текста, пропущенный в процессе передачи, приводит к неправильному расшифрованию лишь до тех пор, пока не будет принят один из маркеров. Другое решение – реинициализация состояний как шифратора, так и дешифратора при некотором предварительно согласованном условии.

Примеры синхронных поточных шифров [2, 4]: A5, RC4.

Самосинхронизирующиеся или асинхронные поточные шифры, в отличие от синхронных, имеют способность продолжать правильное расшифрование в том случае, когда шифрпоследовательность, генерируемая принимающим шифратором (дешифратором), выпадает из синхронизации с гаммой шифратора передающего. Для таких поточных шифров функция, определяющая следующее состояние криптосистемы, берет в качестве входа что-то из шифр-текста, сгенерированного до этого.

Наиболее распространенный режим самосинхронизирующихся поточных шифров – это режим обратной связи от шифр-текста:

$$s_{i+1} = F(y_{i-1}, y_{i-2}, \dots, y_{i-N}), z_i = f(k, s_i).$$

Состояние такого поточного шифра задается предыдущими N символами шифр-текста. Криптографическая стойкость сосредоточена в

выходной функции. Вход (символы шифртекста) и выход (гамма) функции f известны криптоаналитику при атаке с известным открытым текстом. Самосинхронизирующийся поточный дешифратор обладает свойством, как свидетельствует его название, автоматически синхронизировать себя без знания тактовой частоты работы шифратора. После приема N правильных последовательных цифр из канала состояние дешифратора становится идентичным состоянию шифратора, т.е. синхронизация установлена. Самосинхронизирующийся поточный шифр имеет свойство ограниченного распространения ошибок. Искаженная в канале цифра остается во внутреннем состоянии поточного дешифратора для N последовательных цифр открытого текста (пока продвигается через его внутреннее состояние). После приема N последовательных неискаженных цифр из канала поточный дешифратор опять способен расшифровывать правильно.

Примеры самосинхронизирующихся поточных шифров [2, 4]: WAKE, Sapphire II, DES в CFB-режиме.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шнайер Б. Прикладная криптография. Протоколы, алгоритмы, исходные тексты на языке Си. М.: ТРИУМФ, 2002. 816 с.
2. Поточные шифры. Результаты зарубежной открытой криптологии // <http://www.ssl.stu.neva.ru/psw/crypto.html>
3. Пудовкина М.А. Обзор поточных шифров и методов их анализа // Вопросы защиты информации. Научно-практический журнал. 2002. №3.
4. Асосков А.В., Иванов М.А., Мирский А.А., Рузин А.В., Сланин А.В., Тютовин А.Н. Поточные шифры. М.: КУДИЦ-ОБРАЗ, 2003. 336 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ЗАЩИТЫ БЕСПРОВОДНЫХ ЛОКАЛЬНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ

*С.А. Мартовицкий, студент 5 курса
ТУСУР, г. Томск, setyon_m@mail.ru*

Актуальность данной темы трудно переоценить, так как в наши дни БС приобретают все большую популярность, в связи с ростом числа мобильных устройств, таких как ноутбуки и карманные компьютеры. К тому же БС позволяют предоставить подключение пользователей там, где существует сложность прокладки кабеля или требуется полная мобильность пользователей.

Стандарт 802.11. Стандарт IEEE 802.11, разработка которого была завершена в 1997 г., является базовым стандартом и определяет протоколы, необходимые для организации беспроводных локальных сетей.

Основные из них – протокол управления доступом к среде МАС (Medium Access Control – нижний подуровень канального уровня) и протокол РНУ передачи сигналов в физической среде.

На сегодняшний день существует множество модификаций стандарта IEEE 802.11. Стандарт 802.11b представляет собой первое расширение стандарта 802,11, в соответствии с ним БС работают на частоте 2,4 ГГц.

Преимуществом стандарта IEEE 802.11b выступил IEEE 802.11 b+, различия между которыми заключаются в удвоенной максимальной скорости обмена данными (22 Мбит/с у 802.11b+ против 11 Мбит/с у 802.11b) и большем количестве типов модуляции у IEEE 802.11 b+.

Кроме того, параллельно с IEEE 802.11b существует IEEE 802.11a – более новый (с точки зрения продвижения на мировом рынке), но менее популярный стандарт. Основное отличие от 802.11b – более высокая (свыше 5 ГГц) рабочая частота и гораздо большая пиковая скорость обмена данными – 54 Мбит/с.

Наиболее важный аспект заключается в том, что беспроводные сети стандартов IEEE 802.11a и 802.11b(b+) невидимы друг для друга и вполне могут сосуществовать параллельно. Другими словами, эти два стандарта беспроводных сетей не являются совместимыми.

На сегодняшний день существует еще одно решение, которое во многих случаях может стать панацеей от всех бед – стандарт IEEE 802.11g. Здесь сочетаются скорость 802.11a (54 Мбит/с) и совместимость с сетями 802.11b(b+). Конечно же, максимальная скорость в 54 Мбит/с достигается только при работе с подобными устройствами – 802.11a.

Практическим правилом передачи данных в беспроводных локальных сетях является обратно пропорциональная зависимость между скоростью передачи данных и радиусом действия: чем больше скорость, тем меньше радиус.

Структура беспроводных сетей. Стандарт 802.11 определяет два типа оборудования – клиент, который обычно представляет собой компьютер, укомплектованный беспроводной сетевой интерфейсной картой, и точка доступа, которая выполняет роль моста между беспроводной и проводной сетями. Точка доступа обычно содержит в себе приемопередатчик, интерфейс проводной сети, а также программное обеспечение, занимающееся обработкой данных.

Стандарт IEEE 802.11 определяет два режима работы сети – режим «Ad-hoc» (или каждый с каждым) и клиент/сервер (или режим инфраструктуры). В режиме клиент/сервер беспроводная сеть состоит из как минимум одной точки доступа, подключенной к проводной сети и некоторого набора беспроводных оконечных станций.

Оборудование. Несмотря на то, что беспроводные сети стали использоваться не так давно, ассортимент товара, представленный на рынке для их реализации огромен:

- беспроводные точки доступа;
- маршрутизаторы;
- всевозможные адапторы;
- высокоскоростные беспроводные Интернет-камеры;
- принт-серверы;
- всенаправленные антенны для внутреннего и внешнего использования;
- мультимедиа плееры.

Компаний, которые занимаются беспроводным оборудованием, тоже великое множество. Стоит отметить следующие: D-Link, Symbol Technologies, Hewlett-Packard, Link Sys, Gigabyte Technology и др.

Угрозы:

- прослушивание (Sniffing или war driving);
- подделка аппаратного адреса (MAC spoofing);
- взлом криптозащиты;
- посредник (Man-In-The-Middle);
- отказ в обслуживании;
- сетевой взлом клиентов беспроводной сети.

Меры безопасности:

- маскировка сети;
- шифрование передаваемых данных;
- контроль доступа.

Достоинства и недостатки беспроводных сетей:

К недостаткам беспроводных сетей можно отнести:

- большая (по сравнению с оборудованием проводных сетей) стоимость;
 - необходимость регистрации радиооборудования;
 - сложность обеспечения безопасности.
- В свою очередь к достоинствам БС относятся:
- скорость и простота развертывания, и настройка беспроводной сети;
 - сохранение инвестиций в локальную сеть при смене офиса;
 - гибкость: быстрая реструктуризация, изменение конфигурации и размеров сети;
 - мобильность пользователей в зоне охвата сети;
 - беспроводная сеть работает там, где не работает кабельная.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рошан П., Лиэри Д. Основы построения беспроводных локальных сетей стандарта 802.11: Пер. с англ. М.: Издат. дом «Вильямс», 2004. 304 с.
2. Феер К. Беспроводная цифровая связь. Методы модуляции и расширения спектра: Пер. с англ. / Под ред. В.И. Журавлева. М.: Радио и связь, 2000. 520 с.
3. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. СПб.: Питер, 2000. 672 с.

СИСТЕМА ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ПО БЕСПРОВОДНОМУ КАНАЛУ МЕЖДУ ГЕОРАДАРОМ И ПК

С.И. Васильев, С.П. Лукьянов, к.т.н., с.н.с.

г. Томск, СКБ «Радар-Лидер», КБ «Радар», ТУСУР, stas-vas2004@mail.ru.

С каждым годом георадарные технологии находят все большее практическое применение. Дальнейшее повышение эффективности георадарных технологий связано с совершенствованием как технических, так и программно-методических средств. Георадар как измерительная система представлен приемо-передающим трактом с микропроцессорным блоком и вычислительным устройством. В качестве вычислительного устройства в большинстве случаев используется персональный компьютер (ПК) типа «notebook», посредством которого осуществляется управление приемо-передающим трактом, сбор, обработка и представление данных. Для передачи данных обычно используется кабельный проводной либо оптический канал связи, что не всегда оказывается удобным. Для повышения эффективности георадарных технологий необходимо шире внедрять систему передачи данных по беспроводному каналу между георадаром и ПК.

Технология работ при сборе данных заключается в сканировании георадаром по намеченным профилям. Сканирование может осуществляться оператором или транспортным средством, на котором закреплен георадар. Использование проводного канала при низких температурах приводит к увеличению его жесткости, а наличие на исследуемом объекте препятствий (арматура, кирпичи, стройматериалы и т.д.) может привести к его повреждению. Также при эксплуатации георадара с проводным каналом передачи данных необходимо не менее двух специалистов для обслуживания, что приводит к существенному снижению оперативности проводимых работ.

Вышеперечисленные проблемы вызвали необходимость создания системы беспроводной передачи данных между георадаром и ПК. Для обеспечения беспроводного канала связи в соответствии с техническим заданием и анализом методов работы георадара, были сформулированы следующие основные требования к радиоканалу передачи данных:

1. Скорость передачи данных не менее 2 Мбит/с.
2. Передача данных на расстоянии не менее 50 м.
3. Метод доступа OFDM.
4. Частотный диапазон передачи данных от 1 до 5 ГГц.

Массогабаритные параметры и энергопотребление при переходе на беспроводную связь изменятся не значительно.

При решении сформулированной задачи может быть два подхода: в первом случае, может быть проведена разработка собственного приемопередающего устройства, во-втором – выбраны промышленно выпускаемые устройства, из которых может быть построен канал передачи данных. Использование уже готовых приемо-передающих устройств позволит существенно удешевить и ускорить создание беспроводной системы передачи данных.

На данный момент существует достаточно много стандартов передачи данных отличающихся быстродействием, методом модуляции, диапазоном частот и количеством каналов передачи данных. С учетом особенностей функционирования георадара обоснованно был выбран стандарт передачи данных, путем анализа основных параметров, затем в соответствии с выбранным стандартом был обоснован выбор приемопередающего устройства путем построения таблицы с балловой системой оценки. Выбор приемо-передающего устройства позволил разработать структурную, функциональную и принципиальную схемы канала передачи данных. Для реализации алгоритма функционирования георадара была разработана программа управления георадаром, сбором данных и вывода данных на экран ПК.

Анализ существующих стандартов и устройств показал, что возможно создание надежной системы передачи данных, отвечающей полностью всем сформулированным требованиям в техническом задании.

Проанализировав алгоритм, функциональные блоки и специфику работы георадара, был сделан вывод, что реализация системы передачи данных по беспроводному каналу возможна. Для осуществления данной задачи наиболее подходит система с устройством беспроводной связи фирмы ASUS WL-100g. Данное устройство имеет следующие основные характеристики:

- 1) стандарт связи 802.11g, а так же 802.11b;
- 2) скорость передачи данных в стандарте 802.11g: 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54 Mbps и в стандарте 802.11b: 1, 2, 5.5, 11 Mbps;
- 3) обеспечивается передача данных на расстоянии 50 м в помещении и 310 м на открытом пространстве;
- 4) частотный диапазон передачи данных 2,4 ГГц.

С помощью ASUS WL-100g возможно реализовать гибкую и надежную систему беспроводной передачи данных.

СЕКЦИЯ 3

АУДИОВИЗУАЛЬНАЯ ТЕХНИКА, БЫТОВАЯ РАДИОЭЛЕКТРОННАЯ АППАРАТУРА И СЕРВИС

*Председатель – Пустынский И.Н., зав. каф. ТУ, д.т.н., профессор;
зам. председателя – Костевич А.Г., к.т.н., доцент каф. ТУ*

ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ ВИДЕОКАМЕРЫ

С. Д. Баишев, студент 5 курса РТФ
ТУСУР, г. Томск, т. 8-909-540-25-97

В докладе приведены история развития видеотехники и форматы записи, а также представлены современные профессиональные видеокамеры высокой четкости.

История развития видеотехники. В начале телевизионного вещания все передачи шли сразу в прямом эфире, что создавало определенные неудобства, такие как невозможность экономического планирования телевещания, неэффективность использования времени. Кроме того, осложнялась работа технического персонала и журналистов, не имеющих возможности делать короткие, но информационно насыщенные репортажи. Именно поэтому были разработаны способы консервации программ и началось развитие видеотехники...

В качестве носителя преимущественно применялась магнитная лента, использование которой стало возможным после технической реализации следующих принципов магнитной видеозаписи:

- применение частотной модуляции видеосигнала для повышения помехоустойчивости;
- применение блока вращающихся головок для уменьшения скорости записи и экономии места на магнитном носителе.

Таким образом, в 60–70-х годах появилось несколько аналоговых форматов для консервации телевизионных программ. А в 80-х получила распространение бытовая видеотехника. Основным форматом, использующимся в домашних видеомагнитофонах, был всем известный VHS.

Именно в то время стали появляться первые видеокамеры или камкордеры. Особенностью их являлось совместное присутствие в одном корпусе телекамеры и рекордера.

Характеристики цифровой видеокамеры. Объектив – это чуть ли не самая важная часть камеры, так как его качество во многом определяет качество будущей видеозаписи. Важная характеристика объектива – фокусное расстояние. Фокусное расстояние определяет масштаб съемки. Объективы могут быть как с постоянным, так и с переменным фокусным расстоянием (с трансфокатором), изменяемым при помощи сервопривода с разной скоростью или вручную. Количество света, проникающего в объектив, можно дозировать с помощью регулировки диафрагмы. Объектив крепится к камерной головке, в состав которой и входит матрица ПЗС, представляющая собой массив фотодиодов с соотношением сторон 4:3. При попадании на этот массив светового потока происходит его пространственная дискретизация и преобразование в электрические напряжения, которые поступают в вертикальные сдвиговые регистры (представляющие собой конденсаторы), а затем направляются на горизонтальный сдвиговой регистр и на выход матрицы. Время накопления и считывания заряда определяется временем интеграции.

ПЗС классифицируют по типу переноса: ПЗС строчного переноса (IT CCD) и ПЗС строчно-кадрового переноса (FIT CCD). ПЗС строчного переноса из-за наличия утечки света или тока «смазывает» изображение, но этот недостаток устраняется за счет внедрения микролинз, собирающих свет перед каждым фотодиодом. Это позволило применить данные матрицы в видеокамерах, а так как они дешевле, чем ПЗС строчно-кадрового переноса, то цена цифровых камкордеров стала меньше.

В цифровой видеокамере могут присутствовать как одна, так и три матрицы ПЗС. В случае наличия трех матриц световой поток после объектива разделяется призмой на три составляющие (красную, зеленую и синюю), каждая из которых направляется на свою матрицу. В камерах с одной матрицей за каждую световую составляющую отвечает один из трех светочувствительных элементов, расположенных рядом в пределах одного пикселя. Полученный после ПЗС аналоговый сигнал проходит аналоговую обработку (снижает шумы и искажения) и предусиление. Потом сигнал поступает на аналогово-цифровой преобразователь (АЦП), разрядность которого в современных камерах составляет от 10 до 12 бит, благодаря сжатию динамического диапазона сигнала. Оцифрованный сигнал обрабатывается цифровым сигнальным процессором (DSP), в задачу которого входит осуществление гамма-коррекции характеристики «свет-сигнал» для компенсации искаженной цветопередачи, цифровая коррекция апертуры, цветовая коррекция, функция сжатия в области белого, а также другие служебные функции.

После цифрового сигнального процессора формируется с помощью цифрового конвертера цифровой поток и аналоговые сигналы по стандартам PAL и NTSC.

Один из распространенных на сегодняшний день бытовых цифровых форматов, miniDV, является частным случаем стандарта DV. В последние два года камкордеры, работающие с этим форматом, вошли в ценовую категорию, доступную для любителей домашнего видео. Рассмотрим особенности формата miniDV. Цифровой сигнал записывается на кассеты размером 66×48×12 мм с шириной ленты всего 6,35 мм с используемой компрессией с коэффициентом 5:1. Эта компрессия позволяет записывать сигнал отличного качества с разрешением около 500 линий по горизонтали. Магнитная лента используется высококачественная, позволяющая долгое время хранить сделанную запись. Возможна двухканальная запись звука с разрядностью 16 бит и частотой дискретизации 48 кГц или запись четырех каналов с разрядностью 12 бит и частотой дискретизации 32 кГц. Так как сигнал цифровой, при перезаписи потерь не происходит.

Для связи с другими камкордерами или персональным компьютером могут использоваться следующие интерфейсы: USB, обеспечивающий передачу DV-сигнала, а также последовательный двунаправленный интерфейс Fire-Wire IEEE-1394, позволяющий передавать цифровой поток до 400 Мбит/с [1].

Рассмотрены профессиональные видеокамеры:

1. Видеокамера высокой четкости Sony XDCAM HD PDW-F350.
2. Видеокамера Sony DSR 400P.
3. Видеокамера Canon XL H1.
4. Видеокамера Panasonic AG-DVX100BE.
5. Видеокамера Sony HVR-V1U.
6. Видеокамера Sony Handycam® HDR-FX1.
7. Видеокамера Shimadzu HyperVision HPV-1.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аудиовизуальная техника. Цифровые видеокамеры // <http://late.fatal.ru/index.php?c=2&st=0>
2. Аналоговое и цифровое видео. Мир ПК 3'97 стр.172-184.
3. Аудиовизуальная техника. Профессиональные форматы видеозаписи // <http://late.fatal.ru/index.php?c=2&st=3>
4. Профессиональные видеокамеры Sony линейки XDCAM. Краткий обзор // <http://news.extra.by/view/computers/115583>
5. Sony начинает выпуск профессиональной видеокамеры DSR 400P // <http://video.opta.com.ua/newtext.asp?id=305&mm=0>
6. Canon расширяет линейку профессиональных видеокамер // <http://www.pcweek.ru/?ID=499261&4Print=1>

7. Профессиональные видеокамеры. Краткий обзор // <http://www.kupizdes.ru/index.php?cid=94>
8. Новая профессиональная видеокамера с внешним жестким диском // <http://my-photo.com.ua/news/84>
9. Новости электроники // http://www.5-uglov.ru/news_view.php?id_news=90
10. Новая профессиональная видеокамера Shimadzu // http://www.cifrovik.ru/publish/open_article/3575

МЕТОДЫ УСТРАНЕНИЯ ШУМА НА СТАТИЧЕСКИХ И ДИНАМИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ

Т. Балбот, аспирант каф. ТУ

ТУСУР, г. Томск, т. 8-903-951-44-76, btv@ms.tusur.ru

Проблема удаления или устранения шума является фундаментальной и широко изучаемой, несмотря на это на сегодняшний день нельзя сказать, что задача восстановления изображений, искаженных различными видами шумов является решенной. Под шумом мы будем понимать случайные нежелательные флуктуации сигнала, обусловленные природой его источника или устройств детектирования и формирования сигнала. Наличие шума в изображении приводит к ухудшению его визуального качества, что ухудшает восприятие данного изображения человеческим глазом, а также делает работу многих алгоритмов обработки изображений неэффективной.

Из существующих методов устранения шума на изображениях можно выделить две основных идеи: удаление шумовой составляющей каждого пикселя за счет усреднения значений его соседей; обнуление высокочастотных коэффициентов, полученных после нескольких разложений с использованием ДВП и не превышающих некоторого порога.

Усреднение значений пикселей позволяет уменьшить шумовую составляющую, так как натуральные последовательности содержат пространственную и временную избыточность. Обработка последовательности производится попиксельно, используя значения соседних пикселей в пространстве и во времени. Пространственные фильтры используют значения пикселей текущего кадра, тогда как временные фильтры только пиксели соседних кадров последовательности. Пространственно-временные фильтры используют значения пикселей текущего, а также соседних кадров.

Общая формула усредняющего фильтра имеет следующий вид:

$$v(i_0) = \sum_{i \in S} w(i, i_0) u(i) / \sum_{i \in S} w(i, i_0), \quad (1)$$

где i_0 – индекс текущего пикселя с координатами $\{x_0, y_0, t_0\}$; $v(i_0)$ – значение пикселя с индексом i_0 после усреднения; $u(i)$ – наблюдаемое зашумленное значение пикселя с индексом i ; $w(i, i_0)$ – вес пикселя с индексом i относительно обрабатываемого пикселя с индексом i_0 ; S – множество пикселей, вовлеченных в фильтрацию (обычно для пространственной или временной обработки задается в виде прямоугольного окна с центральным пикселем i_0).

Методы фильтрации на основе усреднения сглаживают «резкие» переходы уровней яркости, поскольку случайный шум как раз характеризуется резкими скачками яркости. К сожалению, вместе с шумом удаляются детали изображений, а также смазываются движущиеся объекты [1]. Сила сглаживания зависит от размеров окна, т.е. чем больше пикселей вовлечено в обработку, тем сильнее осуществляется сглаживание изображения.

Классическим примером усредняющего фильтра является вычислитель арифметического среднего, для которого все веса в (1) устанавливаются равными единице. Данный фильтр размывает границы и удаляет детали изображения, а при использовании пространственно-временного фильтра эти артефакты также усугублены на движущихся областях, вследствие чего данный фильтр не нашел широкого распространения в целях удаления шума [2].

Наиболее распространенные усредняющие методы удаления шума основаны на ядре Гаусса. Так гауссовское размытие – свертка зашумленного изображения с функцией Гаусса. Весовая функция в (1) для одномерного случая будет иметь следующий вид:

$$w(i, i_0) = \frac{1}{4\pi h^2} \exp \left[-\frac{|i - i_0|^2}{4h^2} \right], \quad (2)$$

где h – параметр, регулирующий фильтрацию.

Пиксели, расположенные ближе к центральному пикселю, получают веса с большими значениями. Значения весов для удаленных пикселей убывают со скоростью, зависящей от параметра h . Чем больше значение параметра h , тем шире вершина функции Гаусса и большее количество пикселей, вовлеченных в фильтрацию, получают веса с большими значениями.

Методы фильтрации на основе ядра Гаусса могут быть реализованы в виде разделимого фильтра, что приводит к значительному ускорению вычислений. Например, при пространственной фильтрации можно применять данный фильтр сначала к строкам пикселей изображения, а затем к столбцам промежуточного изображения.

Гауссовское размытие хорошо удаляет шум внутри однотонных областей, применение данного фильтра на границах и мелких деталях приводит к их размытию. Применение одномерной функции Гаусса вдоль найденной границы в текущем окне позволит удалить шум на границе, не размывая ее.

В отличие от гауссовского размытия сигма-фильтр учитывает не пространственную близость пикселей к центральному пикселю, а похожесть значений пикселей, вовлеченных в фильтрацию [2]. Сигма-фильтр имеет следующий вид:

$$w(i, i_0) = \exp \left[-[u(i) - u(i_0)]^2 / h^2 \right]. \quad (3)$$

В отличие от гауссовского размытия сигма-фильтр хорошо удаляет шум не только внутри однотонных областей, но и хорошо сохраняет резкие границы на изображениях в том случае, если стандартное отклонение шума не превосходит контраста границы.

Двухсторонние фильтры являются объединением гауссовского размытия и сигма-фильтра, что позволяет добиться более эффективного удаления шума и сохранения деталей изображения. Данные фильтры принимают во внимание, как геометрическую, так и фотометрическую схожесть соседних пикселей [3]. Весовая функция данного фильтра имеет следующий вид:

$$w(i, i_0) = g_S(i - i_0) g_T(u(i) - u(i_0)), \quad (4)$$

где g_S – пространственная весовая функция (гауссовское размытие); g_T – тональная весовая функция (сигма-фильтр).

Пространственная весовая функция g_S есть не что иное, как гауссовское размытие, тогда как тональная весовая функция g_T есть сигма-фильтр. Задача пространственной составляющей – ограничивать работу фильтра в пространстве, тогда как тональная составляющая ограничивает вклад пикселей, находящихся по другую сторону границы. В [4] показано, что двухсторонний фильтр способен удалять шум и сохранять границу с наклоном в 45° .

Двухсторонний фильтр $w(i, i_0)$ является неразделимым из-за тональной компоненты g_T . Однако если его реализовать как разделимый фильтр, то он сохранит необходимые нам свойства: уменьшение шума и сохранение границ. Для этого одномерный двухсторонний фильтр сначала применяется для фильтрации по горизонтали, а затем промежуточный результат фильтруется по вертикали. Описанный разделимый фильтр является хорошей аппроксимацией оригинального двухстороннего фильтра, и для изображений с соотношениями сигнал/шум более 20 дБ разница между выходными сигналами этих фильтров незначительна.

Нелокальный метод усреднения принимает во внимание высокую степень избыточности изображений, предполагая, что для небольшого окна с центральным восстанавливаемым пикселем найдется в данном изображении большое число похожих окон. Основная идея данного подхода опирается на известный факт, что натуральные изображения содержат повторяющиеся структуры, усреднение которых будет уменьшать случайный шум [5]. Для восстановления каждого пикселя изображения предлагается использовать все пиксели изображения, при этом вес для каждой пары пикселей должен быть пропорционален степени схожести двух окон с данными центральными пикселями. Весовая функция для данного фильтра имеет следующий вид:

$$w(i, i_0) = \exp\left[-\text{difference}(i, i_0)/h^2\right], \quad (5)$$

где *difference* – функция, дающая количественную оценку схожести двух окон с центральными пикселями *i* и *i₀* соответственно.

В качестве функции схожести окон предлагается использовать меру L^2 . Для изображения из *N* пикселей, вычисляется *N* весов для каждого пикселя, поэтому вычисление N^2 весов делает данный метод практически нереализуемым. Уменьшение общего количества вычисляемых весов с помощью пренебрежения пикселями с малыми весами уменьшает вычислительную сложность, а также визуальное качество восстановленного изображения. В [6] предложены три подхода к уменьшению количества вычисляемых весов на каждый пиксель.

Основной проблемой сглаживающих фильтров является то, что они вместе с удалением шума размывают детали изображения, границы контуров, а в случае использования пространственно-временных или временных фильтров также смазывают движения в кадре. Данная проблема решается с помощью адаптивных методов, учитывающих характеристики изображения (наличия границ) или последовательности (движение объектов), а также уровня шума. Второй важной проблемой является вычислительная сложность данных методов и как следствие рациональность их применения. Скорость вычисления может быть значительно повышена за счет реализации сглаживающих разделимых фильтров, а также с помощью ограничения количества пикселей, участвующих в восстановлении одного пикселя изображения.

Случайная шумовая составляющая в изображении или последовательностях приводят к увеличению энтропии, делая сжатие таких данных современными методами [7] менее эффективным. При этом может сильно пострадать визуальное качество декодированной последовательности. Применение сглаживающих фильтров в качестве предварительной фильтрации перед сжатием может значительно улучшить визуаль-

ное качество восстановленного изображения, а также понизить выходную битовую скорость потока. Следует отметить, что для систем сжатия, работающих в реальном времени общее быстродействие является критическим. К сожалению, наиболее распространенные методы сжатия изображений и последовательностей являются блочными, тогда как сглаживающие фильтры обрабатывают данные попиксельно, поэтому непосредственное встраивание этих методов удаления шума в петлю кодирования макроблоков видится автору неэффективным. Удаление шума на изображениях на основе данных методов должно производиться непосредственно перед сжатием, вне петли кодера.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера, 2005. 1072 с.
2. Buades A., Coll B., Morel J. On image denoising methods // Technical Report. CMLA, 2004.
3. Qiu P. Image processing and jump regression analysis. Wiley, 2005. 326 p.
4. Pham P.Q., Van Vliet L.J. Separable bilateral filtering for fast video processing. – In International Conference on Multimedia and Expo. IEEE, 2005.
5. Buades A., Coll B., Morel J.M. A non-local algorithm for image denoising. – IEEE International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2005.
6. Mahmoudi M., Sapiro G. Fast image and video denoising via non-local means of similar neighborhoods // IEEE Signal Processing Letters. Vol. 12 (12). 2005.
7. Ватолин Д., Ратушняк А., Смирнов М., Юкин В. Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео. М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2003. 384 с.

ТЕХНОЛОГИЯ НЕЛИНЕЙНОЙ ЛОКАЦИИ

П.В. Бухаров, студент 4 курса РТФ

ТУСУР, г. Томск, т. 8-903-954-3372, tiger133@ms.tusur.ru

В современном мире все большее значение приобретает защита информации, все больше и больше людей осознают важность безопасности информации. Тем более, если дело касается предприятий – компании предпочитают скрывать и тщательно охранять корпоративные секреты, разработки и другие конфиденциальные материалы.

Это привело к настоящему буму на рынке специальных технических средств и услуг, для незаконного получения и защиты информации. Определенную долю в этом занимают устройства съема аудиоинформации, наиболее скрытные, а следовательно, и менее уязвимые в плане их своевременного и быстрого обнаружения. Большую часть спектра устройств съема информации занимают радиомикрофоны. Для

их обнаружения существует два основных способа, известных специалистам в области радиоэлектронного противодействия, пассивное обнаружение (к данному способу относится контроль радиоэфира с помощью имеющихся в распоряжении приемных средств) и активное обнаружение (к данному способу относится обнаружение объектов с помощью локации) [1].

Принцип действия нелинейного локатора основан на физическом свойстве всех нелинейных компонентов (транзисторов, диодов и пр.) радиоэлектронных устройств излучать в эфир при их облучении сверхвысокочастотными сигналами, гармонические составляющие, кратные частоте облучения. Нелинейный локатор облучает подозреваемую область подобным сигналом (обычно около 900 МГц), после чего различные гармонические частоты анализируются на наличие гармонического сигнала. При этом процесс преобразования не зависит от того, включен или выключен исследуемый объект, а также от функционального назначения радиоэлектронного устройства. Это свойство позволяет обнаруживать радиоэлектронные устройства буквально «сквозь стены» [2].

Основное внимание при выборе модели следует уделять следующим параметрам локатора: уровень мощности и чувствительность, режим излучения, частота излучения, наличие сертификата на применение по заявленному назначению.

Уровень мощности и чувствительность. При сравнении ЛН, многие берут за основу мощность передатчика, так как данная характеристика относительно легка для восприятия. Однако, чувствительность приемника не менее важная характеристика для сравнения при оценке обнаружительной способности вообще. Также необходимо уяснить, что ЛН с небольшой мощностью, но качественным приемником может обладать более высокими обнаружительными характеристиками и проявить себя в работе гораздо эффективнее, чем прибор с большой мощностью и плохим приемником.

Режим излучения напрямую связан с мощностью излучения. В случае работы локатора в непрерывном режиме максимальная мощность излучения достигает 35 Вт. Это означает, что и средняя мощность облучения, которой подвергается оператор в процессе работы на частотах 880...1000 МГц, очень велика и при длительной работе является источником опасности. При импульсном излучении мощность в импульсе достигает 300 Вт, однако средняя мощность очень мала.

Частота излучения. Данный параметр наряду с мощностью излучения является основополагающим для ТТХ локатора. Данное обстоятельство связано с двумя факторами: частотной зависимостью затухания величины мощности в среде распространения как зондирующего сигнала.

ла, так и сигналов на высших гармониках (наблюдается экспоненциальный рост затухания в зависимости от частоты); в силу физической природы процесса преобразования частоты полупроводниковыми приборами уровень мощности преобразованного сигнала тем выше, чем ниже частота локатора. Следовательно, ТТХ локатора при понижении частоты существенно повышается.

При выборе модели локатора возникает вопрос о регистрации, кроме второй, еще и третьей гармоники. Из-за различного характера нелинейных характеристик полупроводникового и ложного соединений составляющие второй и третьей гармоник в отраженном сигнале будут иметь различное соотношение. Когда ЛН облучает полупроводник, вторая гармоника отклика превосходит третью по интенсивности. При облучении ложного соединения имеет место обратная картина: отклик на 3-й гармонике имеет более высокий уровень, чем на 2-й. Но при изменении температуры окружающей среды всего на 1° уровень третьей гармоники от электронных устройств возрастает в 1,2 раза. Таким образом, в зависимости от температуры в обследуемых помещениях этот параметр существенно меняется, и произвести идентификацию простым фиксированием двух гармоник не представляется возможным.

Также существует еще один способ обнаружения полупроводников, это использование эффекта затухания. Если вы слушаете демодулированный аудиосигнал от настоящего полупроводника, то по мере приближения к нему антенны уровень шумов будет значительно понижаться. И, напротив, по мере удаления от него уровень шума начнет возрастать и постепенно вернется к нормальному. Демодулированный аудиосигнал достигает наименьшего значения непосредственно над полупроводниковым соединением и увеличивается до нормы в стороне от него. При приближении антенны ЛН к ложному соединению, аудиосигнал может усилиться и достигнуть своего максимального значения непосредственно над ним или в некоторых случаях слегка уменьшиться. По мере удаления антенны ЛН аудиосигнал вернется к обычной норме.

Кроме того, при обнаружении ложного соединения, можно без особого труда отличить его от полупроводника, прослушивая демодулированный аудиосигнал и одновременно постукивая по стене кулаком или резиновым молотком. Ложное соединение отреагирует на подобное воздействие треском в наушниках. Чистый полупроводник при этом будет «молчать» [3].

При применении ЛН в поисковых мероприятиях возможно не только обнаружение электронных устройств, но и их классификация при помощи аудиодемодуляции. Так, например, при обнаружении некоторых записывающих устройств, можно услышать аудиосигнал записывающей головки. Более того, если ЛН дает хорошую аудиодемодуля-

цию, то зачастую возможно прослушивание синхронизирующих импульсов при обнаружении видеокамер. Используя частотную демодуляцию, иногда возможно прослушать характерные аудиосигналы в электронных устройствах, возникающих из-за фазовых сдвигов.

Необходимость наличия сертификационных документов на нелинейные локаторы обусловлена следующими факторами. Во-первых, по законодательству при запуске в эксплуатацию передающего устройства с такими величинами мощности обязательно требуется разрешение на выделение рабочей частоты передатчика. Во-вторых, при выделении частоты на локатор производится его испытания по конкретному заявляемому назначению, в результате которого проводится полный цикл измерений на допустимый уровень излучения для безопасности окружающих и обслуживающего персонала. Технические условия согласовываются в Госинспекции электросвязи РФ.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Нелинейный локатор – эффективное средство обеспечения безопасности в области утечки информации* // <http://runtex.ru/consult/locator/1/>
2. *Омельяненко А.* Нелинейные локаторы. Охранные системы. № 2. (22), 2001. <http://www.security.strongdisk.ru/i/143&all=1/>
3. *Томас Харви Джонс.* Обзор технологии нелинейной локации // http://www.sinf.ru/catalog/sp_articles/article03.htm

АЛГОРИТМ БЫСТРОГО МЕТОДА МНОГОПОЛЮСНИКА

Р.Е. Чириков, студент 3 курса РТФ;

И.С. Костарев, аспирант каф. ТУ

ТУСУР, г. Томск, т. 45-54-92

В настоящее время все большее внимание привлекают к себе задачи, связанные с моделированием электромагнитных полей. Эти задачи можно решить с помощью интегральных уравнений, которые, в свою очередь, можно свести к матричным уравнениям с использованием метода моментов. Результатом таких преобразований является система линейных алгебраических уравнений (СЛАУ).

Как показывает практика, решение СЛАУ прямыми методами (Гаусса, Крамера) является неэффективным, так как требует большого количества операций. К примеру, при непосредственном решении СЛАУ с N неизвестными оно $\sim N^3$ (при использовании метода Гаусса), что при большом числе неизвестных затрудняет решение системы и ограничивает круг рассматриваемых задач. Поэтому все чаще находят свое применение итерационные методы, число операций которых $\sim N^2$, поскольку основные затраты приходятся на непосредственное перемножение

матрицы на вектор. На данный момент можно выделить ряд методов, позволяющих быстро перемножить матрицу на вектор: это «быстрое преобразование Фурье» (Fast Fourier Transform), «быстрый метод прямого вычисления» (Fast Direct Method), «быстрый метод многополюсника» (Fast Multipole Method) [1]. Благодаря им появляется возможность дополнительно сократить число операций при вычислении.

Наиболее эффективным среди представленных выше методов является «быстрый метод многополюсника» (Fast Multipole Method далее FMM) [3], который был разработан В. Рохлиным еще в 1985 году. Впервые Рохлин сформулировал свой метод для расчета потенциала в электростатическом поле [4]. В настоящее время FMM применяется при решении ряда проблем и в математике.

Целью данной работы является краткое описание FMM на основе источника [3], и применение его алгоритма к перемножению матрицы на вектор.

Суть FMM, представленного В. Рохлиным, заключается в сравнении всех парных взаимодействий частиц, находящихся в разных областях электромагнитного поля. Он использует свойство, которое заключается в том, что потенциальное поле, образованное пучком зарядов, можно определить суммой этих зарядов или зарядом высшего порядка. Алгоритм образует такие пучки с помощью иерархического деления матрицы на специальные области: область-родитель, область-потомок, безпотомственная область. Таким образом, само вычисление проходит в три этапа (таблица).

Алгоритм FMM

Номер этапа	Действия алгоритма	Пояснительные рисунки
1	Взаимодействия между частицами в области X подсчитываются с помощью мультипольного разложения, а взаимодействия между соседними областями не подсчитываются	
2	Проводится расчет взаимодействия области X с удаленными (светло-серыми) областями таким образом, что можно подсчитать взаимодействие между ними с помощью мультипольного разложения [3]	
3	Производится прямое вычисление взаимодействий между соседними областями	

В результате такая последовательность действий позволяет уменьшить число операций до $N \cdot \log_2 N$ при расчете потенциала в электростатическом поле.

Рассмотренный выше алгоритм применяется также и для перемножения матрицы на вектор. Как известно, матрично-векторное произведение – это набор сумм. Поэтому FMM можно рассматривать как алгоритм для быстрого суммирования.

Рассмотрим сумму

$$v(y_j) = \sum_{i=1}^N u_i (y_j - x_i)^2, \quad j=1, \dots, M. \quad (1)$$

Эта сумма может быть представлена следующим образом:

$$\begin{bmatrix} v_1 \\ \dots \\ v_M \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (y_1 - x_1)^2 & \dots & (y_1 - x_N)^2 \\ \dots & \dots & \dots \\ (y_M - x_1)^2 & \dots & (y_M - x_N)^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} u_1 \\ \dots \\ u_M \end{bmatrix}.$$

В то же время сумму (1) можно записать как

$$v(y_j) = \left(\sum_{i=1}^N u_i \right) \cdot y_j^2 + \left(\sum_{i=1}^N u_i \cdot x_i^2 \right) - 2 \cdot y_j \left(\sum_{i=1}^N u_i \cdot x_i \right) = a \cdot y_j^2 + b - 2 \cdot y_j \cdot g, \quad j=1, \dots, M,$$

где коэффициенты a , b и g получаются за $O(N)$ операций умножения (всего за $3N$ операций); суммы $v(y_j)$ получаются за $3M$ операций. Следовательно, общее число операций будет $O(3M+3N) = O(M+N)$. Таким образом, идея FMM алгоритма заключается в изменении порядка суммирования при условии, что элементы матрицы получены из специфической функции, которая может быть разложена на множители или на переменные.

Благодаря такому способу обработки данных, метод позволяет уменьшить число операций до $O(N^{4/3})$. Несмотря на значительное уменьшение количества выполняемых операций, данный метод является наиболее точным из всех существующих. Ошибка вычислений составляет порядка $8,5 \times 10^{-14}$ в задачах, требующих повышенной точности.

Таким образом, использование FMM метода для решения СЛАУ больших порядков является наиболее эффективным, так как позволяет уменьшить временные затраты на вычисление и дать точный результат.

ЛИТЕРАТУРА

1. Cui T.J., Chew W.C. Fast Algorithm for Electromagnetic Scattering by Buried Conducting Plates of Large Size. IEEE Trans. on Antennas and Propagat. 1999. Vol. 47. N 6. June.
2. Костарев И.С., Газизов Т.Р., Куксенко С.П. Повышение эффективности решения системы линейных алгебраических уравнений итерационными мето-

дами // Вестник Томского педагогического университета, 2005. Естественные науки. Специальный выпуск: информационные технологии.

3. *Greengard L. and Rokhlin V.* A new version of the fast multipole method for the Laplace equation in three dimensions // *Acta Numerica*. 1997. 6. 229.

4. *Rokhlin V.* Rapid solution of integral equations of classical potential theory. *J. Comp. Phys.*, 1985. 60. С. 187–207

УЛЬТРАКОМПАКТНАЯ КАМЕРА ДЛЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ МЕДИЦИНСКОЙ СИСТЕМЫ

Е.В. Дмитриченко, студент 4 курса РТФ

ТУСУР, г. Томск, т.8-913-887-13-11, evgen555@bk.ru

Существующие на сегодняшний день методы обследования человека обладают недостаточной информативностью и наглядностью, что приводит к неоднозначной оценке полученных данных и формированию необъективных заключений. Решение данной проблемы возможно при использовании видеоизображений, которые должны удовлетворять следующим критериям:

- изображение должно точно передавать детали фиксируемого объекта, важные для диагностики: цвет, тон, контрастность, разрешение мелких деталей;
- для получения информативного изображения, обеспечивающего наглядность и как следствие, объективность выводов необходимо учитывать освещенность объекта независимо от местонахождения камеры;
- оперативное использование массива видеоизображений в компьютерной медицинской системе предполагает анализ и преобразование видеоданных с помощью цифровой обработки.

Анализ существующих миниатюрных камер, с помощью которых получают видеоизображения внутренних органов человека [1–2] показывает, что

- основной проблемой при разработке видеокамер данного типа является выбор преобразователя свет-сигнал (его массогабаритные характеристики);
- питание преобразователя должно осуществляться автономно, в течение десятков часов для обеспечения указанного режима работы видеодатчика необходимо, чтобы он обладал наименьшей потребляемой мощностью.

К таким датчикам, удовлетворяющим техническим требованиям ультракомпактной видеокамеры, относится новый сенсор, выполненный по технологии комплементарного металло-оксидного полупроводника

(КМОП) [3]. Он насчитывает в ширину 1,5 мм, а весь чип, поставляющий цветной видеосигнал, имеет габариты 2,1×2,3 мм, что позволит строить на его основе камеры 3,2-миллиметрового диаметра.

Ультракompактная камера с таким типом датчика может быть встроена в различные приборы, типа капсульного эндоскопа, минимальные размеры которого определяют возрастную категорию обследуемых, например, детей дошкольного и школьного возраста.

При использовании в эндоскопических автономных капсулах нет возможности подстраивать изображение (регулировка экспозиции, контрастность, баланс белого, цветонасыщение, регулировка цветового тона и т.д.), все эти параметры устанавливаются заранее, затем тестируются. Подготовленная таким образом камера готова для проведения обследования.

Для решения указанных проблем предлагается структура ультракompактной камеры, изображенной на рисунке и содержащей:

- устройство обслуживания объектива;
- систему подсветки, с регулируемой яркостью;
- кротофокусный объектив;
- вдеодатчик;
- мкроконтроллер;
- внутренний интерфейс, обеспечивающий данные идущие на приемопередатчик;
- источник питания.

В случае проведения экстренных обследований, например в медицине катастроф, необходимо, чтобы миниатюрная камера обеспечивала получение изображения в ультрафиолетовом и инфракрасном диапазонах частот. Наиболее подходящими моделями являются камеры, где датчиком изображения является фоточувствительный прибор с зарядовой связью (ФПЗС). Это приборы с «2,5-фазной структурой», имеющей ряд преимуществ, в числе которых возможность двунаправленного переноса заряда, большая зарядовая емкость (и соответственно динамический диапазон прибора), симметрия апертурной характеристики [4].

ФПЗС обладают также высокой квантовой эффективностью в УФ и видимой областях спектра (в среднем около 25% на 250 нм и до 60% в максимуме). Для них характерны низкие значения неоднородности чувствительности по полю изображения (менее 3%) темновых токов и шумов считывания.

Таким образом, использование КМОП и ФПЗС сенсоров, позволяет создавать ультракompактные камеры, специально ориентированные на применение в компьютерных медицинских системах.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ракович Н.Н.* CameraChips: полная видеосистема на одном кристалле // <http://www.premier-electric.com/briefs/publications/dd8ce8498fcb5282.html>
2. *Ванюшин И., Сафонов А., Тишин Ю.* Матричные КМОП-фотоприемники фирмы Agilent Technologies // <http://www.electronics.ru/364.html>
3. OV6920 CMOS Analog NTSC CameraChip Sensor with OmniPixel Technology. http://www.ovt.com/products/part_detail.asp?id=111
4. *Вишневский Г., Выдревич М., Нестеров В., Ривкинд В.* Отечественные УФ и ИК ФПЗС и цифровые камеры на их основе. Путь к успеху // <http://www.electronics.ru/120.html>

ВИДЕОМОНТАЖ

Н.В. Глумова, 5 курс РТФ

ТУСУР, г. Томск, т. 8-906-947-30-67, glum1985@mail.ru

Видеомонтаж – это процесс «сборки» фильма из отдельных элементов – кадров. Основные задачи видеомонтажа – это удаление ненужных участков сюжета, состыковка отдельных фрагментов видеоматериала, создание переходов между ними, добавление спецэффектов и поясняющих титров.

Существует три вида видеомонтажа: линейный, нелинейный и гибридный.

Линейный видеомонтаж – происходит перезапись нужных фрагментов материала с одного видеоманитфона на другой через специальный монтажный пульт, позволяющий вставлять титры, фрагменты других фильмов и простые спецэффекты. Приводит к ухудшению качества и сильно ограничивает творческую свободу монтажера.

Нелинейный монтаж осуществляется на базе компьютерных систем. При этом исходные видеоматериалы сначала заносятся в компьютер, а затем над ними производятся процедуры монтажа. Достоинства – практически отсутствие потерь качества при многократных «перемещениях» видеосюжетов, значительная экономия видеоаппаратуры. Недостатки – работа не в реальном времени, большое время обработки видеоматериала, высокая трудоемкость, ограниченный объем заносимого в компьютер видеоматериала.

Гибридный монтаж сочетает в себе достоинства линейного и нелинейного монтажа (нелинейная видеомонтажная система выступает в роли видеисточника). Недостаток – как правило, более высокая цена.

В настоящее время наиболее распространенным видом видеомонтажа является нелинейный (компьютерный). Для передачи аналогового

или цифрового видео в компьютер необходима специальная плата видеозахвата. Диапазон цен таких плат от полутора сотен до десятков тысяч долларов. Естественно, качество и возможности напрямую связаны с ценой. Если у вас современная цифровая камера, то в этом случае проблема решается просто – для ввода видео в компьютер вам понадобится недорогая плата интерфейса IEEE-1394 (FireWire).

Полноценная современная плата аналогового видеозахвата производит одновременную оцифровку и видео, и звукового сигнала, а некоторые платы при этом сразу осуществляют сжатие вводимого изображения по определенному алгоритму (M-JPEG, DV, а иногда и в MPEG-1 или в MPEG-2), что ускоряет передачу данных в компьютер, экономит место на диске и облегчает дальнейшую работу с фильмом.

Признанными лидерами рынка программ видеоредактирования являются фирмы Adobe, Apple, Avid. Продукты данных фирм позиционируются как профессиональные инструменты для редактирования видео.

Adobe Premier поддерживает огромное количество форматов как получаемых, так и выдаваемых данных, что позволяет работать без оглядки на источник вдохновения (поддерживаются MPEG-1, MPEG-2, DV, AVI, Windows Media, Real Media, QuickTime, Open DML и др.). Масштабируемая платформа монтажа видео легко сопрягается с другими программными и аппаратными средствами и поддерживает новейшие отраслевые стандарты, включая OHCI, ASIO, AAF и VST. Необходимо также отметить тесную интеграцию этой программы с последней версией операционной системы от Microsoft – Windows XP, а также отличное взаимодействие с другими программами от Adobe, например с After Effects.

Ulead представляет сразу две программы разного класса: VideoStudio и MediaStudio Pro. VideoStudio позволяет максимально упростить общение с разными видеоданными. Программа поддерживает новейшие форматы от Microsoft (WMF, WMV, WMA) и Sony. Кроме этого, есть возможность записывать DVD-VR и DVD+RW диски. VideoStudio в отличие от Adobe Premier обладает полноценной поддержкой флэш-анимации. MediaStudio Pro обладает расширенными, по сравнению с VideoStudio, возможностями по редактированию видеоматериала, обработке звука, более богатой коллекцией фильтров, переходов, стилей титров, профилей компрессии видео. MediaStudio Pro позволяет качественно создавать материал для теле и радиовещания, для записи на пленку, CD или DVD. Программа работает с форматами MPEG-1, MPEG-2 и Windows Media, поддерживает широкоэкранный формат изображения 16:9, может кодировать и декодировать Dolby AC-3 звук, «понимает» и позволяет работать с Sony MICROMV. В программе

использованы оптимизации под процессоры Pentium 4 и под компьютеры с двумя процессорами, использующими технологию Hyper-Threading.

Final Cut Pro от Apple работает с видео как в цифровом, так и в аналоговом формате, причем поддерживаются все распространенные стандарты и форматы – NTSC, PAL; DV, DVCPRO, DVCAM, IMX, HDV, DVCPRO50, DVCPRO HD, а также некомпресированные 8- и 10-битные SD и HD. Редактор Final Cut Express HD имеет отличную производительность, поддерживает двухпроцессорную архитектуру, и главное – для своей работы кроме компьютера Macintosh и видеокамеры / видеодеки не требует никакого дополнительного оборудования.

Avid Liquid позволяет автоматически производить коррекцию цвета, обрабатывать 24-битовый звук и использовать все доступные OpenGL эффекты – все в реальном времени.

Используя возможности протокола передачи данных FireWire, можно любой персональный компьютер или ноутбук превратить в профессиональную мультимедийную студию. Поддерживаются даже такие форматы, как IMX, DV25, DV50, AAF/OMF и QuickTime. Видео обрабатывается как в формате 4:3, так и 16:9, что позволяет создавать качественные записи на DVD диски для домашнего кинотеатра.

Программа Avid Liquid оптимизирована для мультипроцессорных компьютерных систем. В ней есть встроенная возможность обмениваться проектами, сценами и прочими наработками с Symphony, NewsCutter, Avid Xpress Pro и Avid Xpress DV системами.

Еще одна программа для редактирования видео в режиме реального времени представлена японской фирмой Canopus под названием Edius.

Особенности программы:

- микширование и редактирование на одной тайм-линии форматов HD, HDV, DV, MPEG-2, uncompressed и lossless в программе EDIUS pro;
- преобразование разрешений HD/SD в реальном времени с выводом изображения;
- преобразование форматов 16:9–4:3 в реальном времени с выводом изображения;
- преобразование скорости воспроизведения, включая форматы NTSC-PAL в реальном времени с выводом изображения;
- эффекты, кееры, переходы и титры в разрешениях HD/SD в реальном времени;
- высококачественный набор программных кодеков, включая Canopus HQ;
- аналоговые и цифровые входы/выходы: DV, S-Video, композитные и небалансные аудио;

- аппаратный видеооверлей для HD/SD-монтажа;
- вывод в реальном времени, в полном разрешении по компонентному интерфейсу HD и SD*;
- технологии фильтрации и шумопонижения для аналогового ввода;
- двунаправленное аналог-DV преобразование материалов с любой NLE-станции на Windows при использовании интерфейса IEEE 1394 OHCI или опции Expansion Kit;
- экспорт на DVD напрямую с тайм-линии;
- собственный кодек и масштабируемая производительность;
- плагин ввода/вывода для Adobe® Premiere® Pro† и плагин для Adobe After Effects® и Adobe Photoshop®.

Компания Pinnacle предлагает сразу две программы для нелинейного монтажа: Pinnacle Studio. Программа позволяет легко обрабатывать исходный материал, добавляя к нему необходимые усовершенствования – титры, переходы между сценами, ускоренное/замедленное воспроизведение или разнообразные эффекты. Простой почти мультяшный интерфейс сделает процесс редактирования доступным любому новичку.

Основные отличия программ заключаются в возможности работать с разными стандартами и форматами, в количестве и мощности доступного инструментария, в объеме и качестве доступных аудио, и видео-эффектов. И, конечно, еще одно отличие, про которое не стоит забывать, это цена. В таблице представлены цены программных продуктов всех рассмотренных выше фирм.

Цены на программные продукты

Фирма	Программный пакет	Цена,\$
Pinnacle	Studio	29,00
	Edition	59,00
Adobe	Premiere Pro	849,00
Apple	Final Cut Express HD	354,00
	Final Cut Pro	1044,00
Canopus	Edius (аппаратно-программный комплекс)	970,00
Avid	Liquid	690,00
Ulead	VideoStudio 10	129,00
	VideoStudio 10 Plus	167,00
	MediaStudioPro	499,00
Sonic Foundry	Movie Studio	89,00
	Vegas	499,00

ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.marstu.mari.ru:8101/mmlab/home/anim/Lec10/main.htm>
2. Adobe Premier Pro: Пеп. с англ. М.: ТРИУМФ, 2004. 512 с.
3. <http://www.appletoorg.ru/product/?id=30236&ref>
4. <http://www.apple.ru/finalcutpro/featureoverview.html>
5. <http://www.ulead.com/store/vs/runme.htm>
6. <http://www.sonymediasoftware.com/products/vegasfamily.asp>

ПРИЕМО-ПЕРЕДАТЧИК ДЛЯ ЦИФРОВЫХ МЕДИЦИНСКИХ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Е.Н. Грибов, студент 4 курса, РТФ

ТУСУР, г. Северск, т. 8-960-975-38-98, gribov-e@rambler.ru

Современные медицинские диагностические системы, использующие цифровые методы сбора информации о желудочно-кишечном тракте (ЖКТ), повышают достоверность и комфортность медицинских исследований. Большинство методов – компьютерная томография, ультразвуковое исследование, рентгеноскопия, эндоскопия, колоноскопия – не позволяют получить необходимую информацию о состоянии ЖКТ [1].

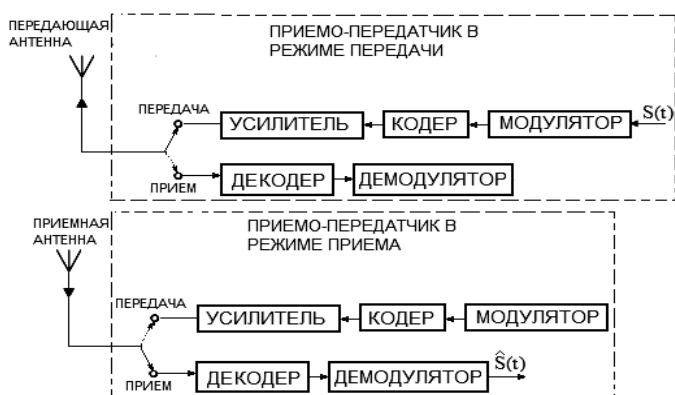
Одним из перспективных методов сбора информации о тонком кишечнике является метод капсульной эндоскопии. Устройство, содержащее оптическую систему, систему подсветки, видеодатчик, микропроцессор, источник питания и передатчик, проглатывается пациентом и по мере продвижения по ЖКТ, обеспечивает врачей данными о состоянии пищевода и тонкого кишечника [2]. Разработка капсулы требует решения следующих проблем:

- миниатюризация конструкции устройства;
- организация беспроводной передачи данных;
- обеспечение помехоустойчивости системы;
- эффективность использования полосы занимаемых частот;
- минимальное потребление мощности;
- минимизация стоимости конструкции.

Анализ перечисленных проблем показывает, что системные компромиссы – неотъемлемая часть всех разработок цифровых систем связи [3]. Одной из наиболее существенных задач является миниатюризация конструкции при большом объеме собираемых данных. Чтобы получить информацию о внутреннем состоянии ЖКТ, необходимо применять устройство с предельно малым объемом, поскольку такой инструмент сбора информации, как эндоскопическая капсула должен быть легко проглатываем пациентом.

Ограничение по объему капсулы и длительность процедуры накладывают существенные требования на устройство передачи данных: миниатюрные размеры, малое энергопотребление и беспроводная передача данных. Задача обеспечения беспроводной связи решается с помощью передатчика, находящегося в капсуле, и приемопередатчика, расположенного на поясе пациента. Приемопередатчик внутри капсулы работает в режиме передачи данных, а приемопередатчик, находящийся на поясе, работает в режиме приема данных, получаемых с распределенной приемной антенны, закрепленной на теле пациента. Использование современных микросхем позволяет достичь хорошей совместимости и уменьшить вес приемного устройства, расположенного на поясе пациента.

Работа приемопередатчика на приемной и передающей сторонах отражена на структурной схеме, приведенной на рисунке.



Структурная схема беспроводной связи в капсульной эндоскопии

Выбор соответствующего приемопередатчика обусловлен не только требованием миниатюризации конструкции, но и обеспечением помехоустойчивости системы. Выделенные для использования в медицине частоты (27, 433 и 2450 МГц) во многом определяют степень сложности конструкции приемопередатчика. Выбор частоты несущей 27 МГц не позволит достичь достаточной степени миниатюризации конструкции, а передача данных на частоте 2450 МГц затруднит обеспечение нужного уровня помехоустойчивости вследствие большого коэффициента затухания радиоволн при распространении в человеческом организме. Передача сигнала на частоте 433 МГц позволяет достичь компромисса между размерами конструкции приемопередатчика и приемлемым

коэффициентом затухания радиоволн, позволяющим обеспечить требуемую помехоустойчивость системы передачи данных.

Поскольку вероятность ошибки напрямую зависит от скорости передачи данных, которая обусловлена большими объемами информации и длительностью процедуры, необходимо, чтобы передаваемый сигнал обладал следующими характеристиками:

- постоянная огибающая, позволяющая использовать нелинейный энергетически эффективный режим усиления;

- возможность использовать когерентную и некогерентную модуляцию;

- спектр сигнала имеет широкий главный лепесток;

- хорошая спектральная эффективность [4].

Вышеуказанные характеристики можно обеспечить, используя цифровую частотную модуляцию с минимальным сдвигом (ММС) с индексом модуляции 0,5, что позволяет получить необходимую помехоустойчивость системы в выделенной полосе частот при использовании квадратурной схемы формирования двоичного сигнала [5].

В целом разработка миниатюрного энергосберегающего цифрового приемо-передатчика является одной из сложных схемотехнических задач в капсульной эндоскопии, требующей учета как особенностей цифровых медицинских диагностических систем, так и использования достижений в области миниатюризации элементной базы для систем беспроводной передачи данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Feasibility and Safety of String Wireless Capsule Endoscopy in the Diagnosis of Esophageal Varices.* Francisco C., Ramirez M.D., Shahina Hakim, Erin M. Tharalson N.P., Masud S., Shaukat M.D., and Rodney Akins L.P.N. // American journal of Gastroenterology. May 2005. Vol. 100. Iss. 5. P. 1065.

2. <http://www.amjgastro.com/search/search.asp?SessionGUID=4FE3186F-E515-45EF-BACC-0698EADD0E70&sQueryString=1&cmboSrchField1=&rdSortBy=Title&cmboResultlength=5&rdSummary=&cmboSrchField2=&cmboSrchField3=&txtSrchField1=Video%20Capsule%20&txtSrchField2=&txtSrchField3=&logicalOpe1=&logicalOpe2=&rdDaterange=&cmboFromMonth=&cmboToMonth=&cmboFromYear=&cmboToYear=&txtQuickSearch=Video%20Capsule%20&selQuickSearch=all&chkAuthors=&chkKeywords=&iTitlNumItems=14&iDBLoc=5>

3. *Camera in a pill surveys GI tract.* – EE Times Europe. 2006. September 18 – October 1. <http://www.eetimes.eu/192300583>

4. *Скляр Б.* Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. М.: СПб.; Киев. Вильямс, 2003. 1099 с.

5. *Феер К.* Беспроводная цифровая связь. Методы модуляции и расширения спектра. М.: Радио и связь, 2000. 519 с.

6. *Зюко А.Г., Кловский Д.Д., Коржик В.И., Назаров М.В.* Теория электрической связи / Под редакцией Д.Д. Кловского. М.: Радио и связь, 1998. 432 с.

АЛГОРИТМЫ БЫСТРОГО ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ О СПОСОБЕ КОДИРОВАНИЯ МАКРОБЛОКА В СТАНДАРТЕ ВИДЕОСЖАТИЯ H.264

И.В. Григорьев, аспирант каф. ТУ ТУСУР

ТУСУР, г. Томск, т. 8-905-990-48-56, vaneo@mail.ru

Стандарт видеосжатия H.264 приобретает все большее значение, главным образом, благодаря своей высокой эффективности сжатия и незначительному увеличению сложности декомпрессии. Сложность компрессии же, наоборот, трудоемка [1].

Одна из главных причин использования блоков переменного размера в H.264 – более приемлемое представление движения объектов. В inter-режиме макроблок имеет 7 размеров блока компенсации движения (16×16 , 16×8 , 8×16 , 8×8 , 8×4 , 4×8 , 4×4) и несколько направлений предсказания в intra-режиме (9 направлений предсказания для intra 4×4 и 4 для intra 16×16). Оценка движения (ME) и оптимизация «скорость-качество» (RDO) выполняются, чтобы найти лучшие размеры блоков в макроблоке. Очевидно, что когда видеообъект движется, различные части видеообъекта движутся вместе. Поскольку однородные области в естественных или синтетических видеорядах, принадлежащих одному объекту, движутся вместе, следовательно, однородные блоки внутри фрейма тоже имеют схожее движение и не должны в дальнейшем разбиваться на меньшие блоки. Если мы сможем точно предсказать размер блока, будет сэкономлено значительное время на ME и RDO вычислениях.

Для обнаружения однородных областей [2] предлагает использовать оператор Собеля, поскольку вычисления уже выполнены на этапе работы алгоритма fast intra, и дополнительных нагрузок не последует [3]. Если сумма амплитуд edge-вектора во всех точках макроблока меньше некоторой пороговой величины, он классифицируется как однородный, иначе, как неоднородный. Если блок 16×16 классифицирован как однородный, выбирается размер блока 16×16 . В целях предотвращения ситуации, когда компрессор не сможет найти хорошее предсказание однородного блока 16×16 от предыдущих фреймов, рассматриваются блоки 16×8 , 8×16 , хотя и эти случайности минимальны, поскольку большинство однородных областей не разбиваются на меньшие блоки после RDO. Выбор 16×8 или 8×16 зависит от результатов алгоритма быстрого предсказания для intra-интра режима. Если выбранный intra-режим – вертикальное предсказание, используется блок 8×16 . Если выбранный intra-режим – горизонтальное предсказание, используется 16×8 . Иначе, используется блок 16×16 . Рис. 1 иллюстрирует блок-схему метода быстрого выбора inter-режима (метод 1).

Новый метод принятия быстрого решения [4], основанный на раннем обнаружении skip-режимов в P-слайсе, и решение о выборе intra-режима, разработан в основном для приложений baseline профайла. Поскольку сложность принятия решения о выборе режима в main профайле намного выше, чем в baseline применительно к B-слайсу, эта идея может быть дополнена ранним обнаружением skip-режимов в B-слайсе [5]. Результаты моделирования показывают, что предложенный метод уменьшает время компрессии на 66% в среднем, без замечаемой потери качества.

Таблица показывает коэффициент каждого типа макроблока в B-слайсе в различных видеопоследовательностях при коэффициенте квантования $Qp = 28$. Как можно видеть, в естественных видеопоследовательностях режим пропуска в B-слайсе выбирается значительное число раз: средний коэффициент составляет 75% (максимум 98% в container и минимум 54% в foreman). Следовательно, skip-режим в B-слайсе может быть обнаружен на раннем этапе (без проверки других режимов), и можно будет избежать значительного числа вычислений.

Коэффициент каждого типа макроблока при $Qp = 28$

Режим	Container	Foreman	Mobile	News	Silent	Среднее
SKIP	98,133	53,949	54,534	86,139	84,855	75,215
Inter	1,847	45,648	45,447	13,861	15,016	24,614
Intra	0,020	0,403	0,019	0,000	0,129	0,172

Определение режима пропуска в B-слайсе отличается от P-слайса. Необходимо выполнение условия прямого режима, плюс шаблон блочного кодирования (CBP) должен быть равен нулю. Следовательно, сначала должен вычисляться вектор движения, а затем RD-стоимость прямого режима. Решение о выборе intra-режима в [4] также применяется после решения о выборе inter-режима для дальнейшего уменьшения сложности. Рис. 2 иллюстрирует блок-схему метода быстрого принятия решения для B-слайса (метод 2).

В целях экспериментальной оценки качества видеопоследовательностей, прошедших компрессию с помощью быстродействующих алгоритмов пространственно-временного преобразования, был разработан инструментарий, состоящий из модуля оценки качества и приложения для конечного пользователя. Модуль обеспечивает работу с метриками MSE, MSAD, DELTA, PSNR и выдает статистику в текстовый файл. Пользователь через стандартные элементы управления вводит в приложение необходимую информацию о видеопоследовательностях: тип (YV12, YV12R, YUY2, UYVU), разрешение, частота кадров (имеется возможность просмотра), указывает местоположение, выбирает метрику, и приложение запускает модуль на вычисление конкретной метрики.

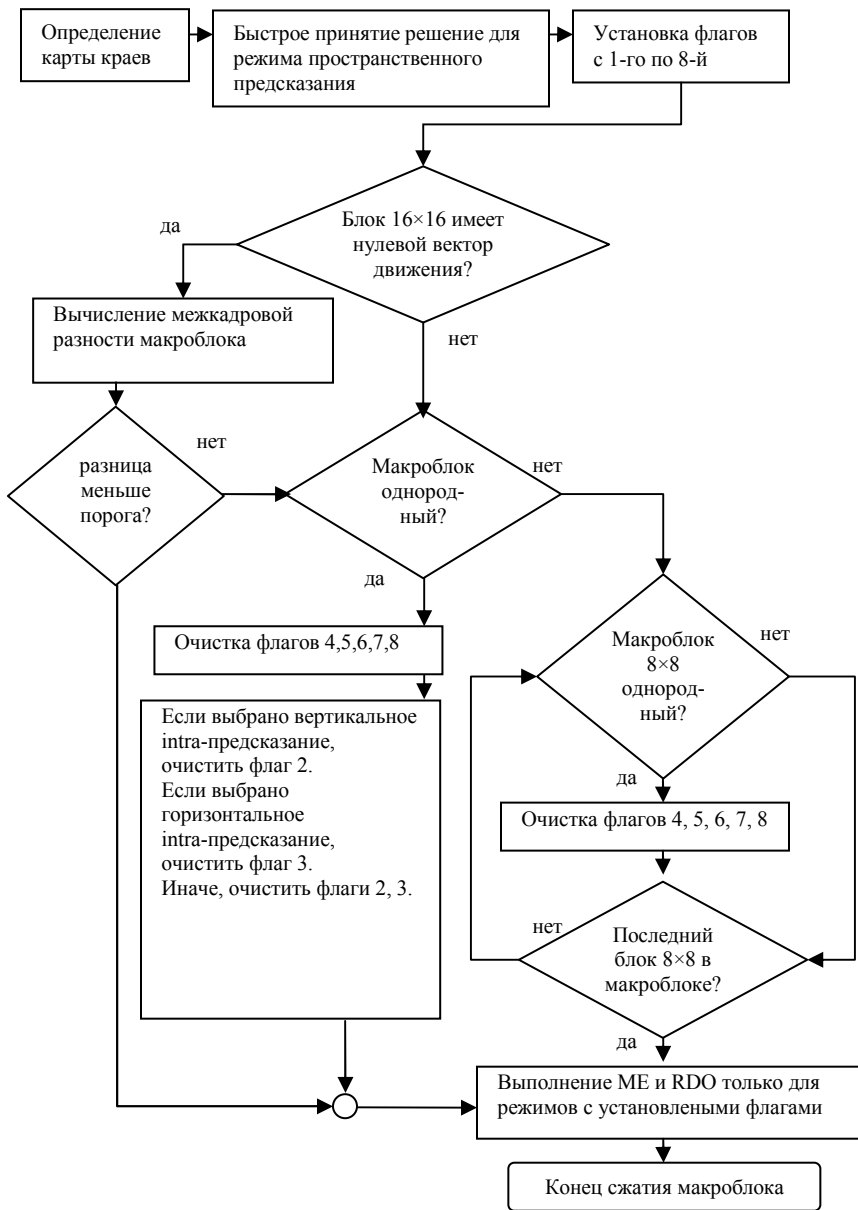


Рис. 1. Блок-схема метода 1

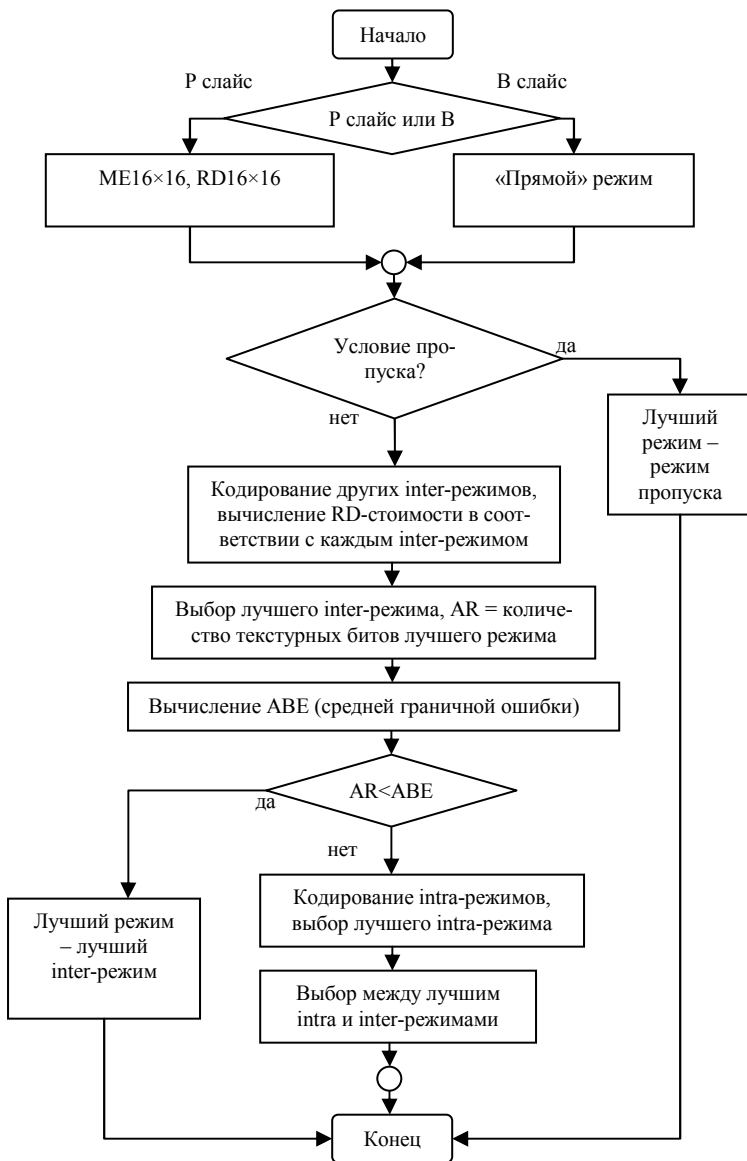


Рис. 2. Блок-схема метода 2

Такое разделение архитектуры инструментария позволяет использовать модуль непосредственно в самом компрессоре, оценивая качество получаемой видеопоследовательности в процессе сжатия. А реализация метрик в виде плагинов легко позволяет расширять как модуль, так и приложение без модификации и переписывания, путем реализации и добавления новых плагинов с новыми метриками.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Bernd Girod*. Rate Distortion Theory. Stanford, CA, USA: Information Systems Laboratory Stanford University, 2003.
2. JVT of ISO/IEC MPEG & ITU-T VCEG. JVT-I020 – Fast Inter Mode Selection. San Diego, USA, 2003.
3. JVT of ISO/IEC MPEG & ITU-T VCEG. JVT-G013 – Fast Mode Decision for Intra Prediction. – Pattaya II, Thailand, 2003.
4. JVT of ISO/IEC MPEG & ITU-T VCEG. JVT-J033 – Fast mode decision for H.264. Waikoloa, Hawaii, USA, 2003.
5. JVT of ISO/IEC MPEG & ITU-T VCEG. JVT-J033 – Fast Mode Decision for B slice. Munich, DE, 2004.

ОКОНЕЧНЫЙ ВИДЕОУСИЛИТЕЛЬ ДЛЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ ТЕЛЕВИЗИОННОЙ СИСТЕМЫ

В.Ю. Костров, студент 5 курса;

В.Ф. Коновалов, доцент каф. ТУ, к.т.н.

ТУСУР, г. Северск, т. 54-35-04

Специализированная телевизионная система (СТВС) предназначена для визуального осмотра и дефектоскопии внутренних поверхностей трактов технологических каналов и металлоконструкций уран-графитовых ядерных реакторов.

Специализированная телевизионная система (СТВС) состоит из передающей камеры, блока управления и соединительного кабеля. Для просмотра изображений можно использовать любой видеомонитор с необходимым разрешением или компьютер с платой ввода видеосигнала.

Оконечный видеоусилитель блока управления предназначен для усиления видеосигнала, коррекции искажений входной цепи камерного усилителя и формирования полного телевизионного сигнала (ПТС) амплитудой $U_c = 1 \text{ В}$ в полосе 6,5 МГц.

Видеосигнал с передающей камеры амплитудой $U_c = 0,4 \text{ В}$ поступает с согласованного коаксиального кабеля с волновым сопротивлением 75 Ом на каскад предварительного усиления на транзисторе Т1, включенном по схеме с ОЭ (см. рис.). Через разделительный конденса-

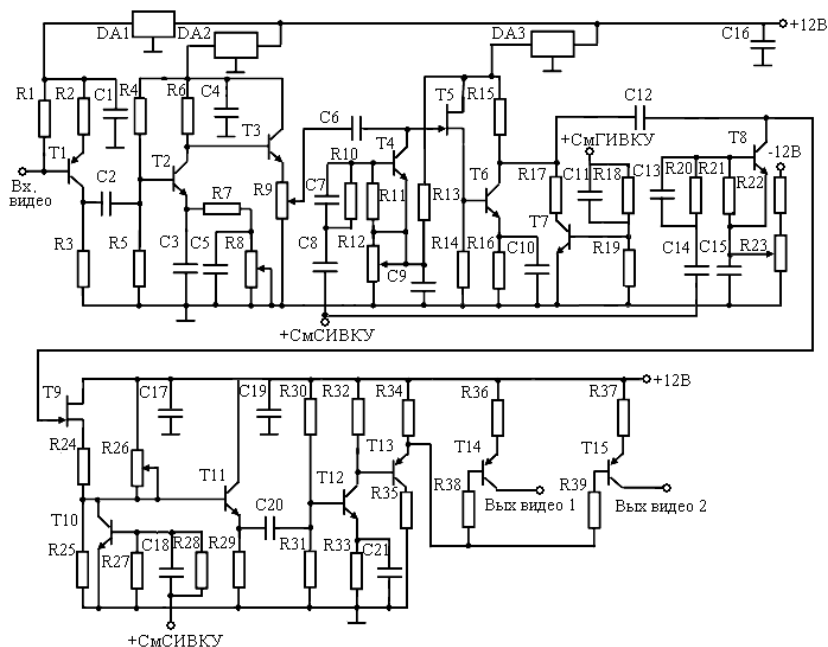
тор С2 сигнал подается на каскад коррекции искажений входной цепи камерного видеоусилителя, выполненный на транзисторе Т2 с использованием эмиттерной схемы коррекции высокочастотных искажений (эквивалентная постоянная времени входной цепи камерного видеоусилителя равна 0,15 мкс). Эмиттерная схема коррекции искажений входной цепи обеспечивает больший выигрыш в коэффициенте усиления при заданной граничной частоте по сравнению с другими известными схемами [1]. Равномерность частотной характеристики подстраивается с помощью резистора R8.

Через эмиттерный повторитель на транзисторе Т3 видеосигнал поступает на потенциометр «Усиление», вынесенный на панель блока управления. С потенциометра видеосигнал подается на управляемую схему восстановления постоянной составляющей (ВПС), выполненную на конденсаторе С6 и транзисторе Т4. Необходимый уровень привязки устанавливается резистором R12.

Для нормальной работы схемы ВПС необходимо обеспечить быстрый заряд фиксирующей емкости через малое сопротивление открытого ключа на транзисторе Т4 во время управляющего импульса (СмСИ ВКУ) и медленный разряд через высокое входное сопротивление последующего каскада [2]. Поэтому следующий каскад выполнен по схеме с ОС на полевом транзисторе Т5 и связан гальванически с усилительным каскадом на транзисторе Т6, включенном по схеме с ОЭ и эмиттерной схемой коррекции высокочастотных искажений. Для замены нестандартных гасящих импульсов передающей камеры (СмГИ ПК) через ключевой каскад на транзисторе Т7 заводится в коллекторную цепь транзистора Т6 смесь стандартных гасящих импульсов видеоконтрольного устройства (СмГИ ВКУ).

С коллектора транзистора Т6 видеосигнал через конденсатор С12 поступает на схему привязки на транзисторе Т8. Между выходным каскадом на транзисторе Т11 и схемой привязки на транзисторе Т8 включен истоковый повторитель на транзисторе Т9, который одновременно выполняет роль ограничителя СмГИ ВКУ и схемы замешивания смеси синхроимпульсов (СмСИ ВКУ). Потенциометром R23 выставляется такое напряжение фиксации, чтобы защитная зона при ограничении гасящих импульсов за счет отсечки по току стока транзистора Т9 соответствовала 5% от размаха сигнала. Смесь синхроимпульсов поступает в исток транзистора Т9 через ключевой каскад на транзисторе Т10. Напряжение в истоке транзистора Т9 с помощью делителя R25, R26 подбирается так, чтобы амплитуда синхроимпульсов на выходе видеоусилителя была равна 25% от размаха видеосигнала. С выхода эмиттерного повторителя на транзисторе Т11 полный телевизионный сигнал поло-

жительной полярности с амплитудой $U_c = 1$ В поступает на распределитель видеосигнала.



Принципиальная схема оконечного видеосуслителя

Питание усилительных каскадов осуществляется от источника +12 В через стабилизаторы на микросхемах DA1 – DA3.

ПТС подается на первый каскад распределителя видеосигнала на транзисторе Т12, включенном по схеме с ОЭ и эмиттерной схемой коррекции высокочастотных искажений. Через эмиттерный повторитель на транзисторе Т13 видеосигнал поступает на выходные каскады на транзисторах Т14 и Т15, работающие в режиме генератора тока, на согласованный на стороне потребителя коаксиальный кабель. Такое включение нагрузки позволяет уменьшить влияние помех, наводимых на земляном проводе коаксиального кабеля, и стабилизировать амплитуду видеосигнала вне зависимости от его длины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ицкович В.М., Коновалов В.Ф. Анализ схем коррекции искажений входной цепи транзисторного предварительного усилителя // Полупроводниковые

приборы в технике электросвязи // Под ред. И.Ф. Николаевского. М.: Вып. 10. 1972.

2. *Колин К.Т., Аксентов Ю.В. и др.* Телевидение. Учебник для техникумов. М.: Связь, 1972. 464 с.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ КАПСУЛЬНОЙ ЭНДСКОПИИ

И.А. Кузнецов, студент 4 курса РТФ

ТУСУР, г. Томск, т. 8-906-947-39-43, ikuz86@mail.ru

Информационная система капсульной эндоскопии содержит следующие функциональные блоки:

- электронный архив, содержащий базы данных;
- систему сортировки и поиска данных;
- физические устройства хранения;
- алгоритмы сетевых технологий;
- интерфейс локального пользователя;
- интерфейс глобального пользователя.

Особенностью рассматриваемой системы является организация аппаратных средств хранения данных и то, что содержание баз данных представляет собой в основном массивы цифровых изображений.

Анализ существующих информационных компьютерных медицинских систем показал, что цифровая диагностика предполагает использование цифровых изображений, получаемых либо в статике (т.е. фотографии или архивы фильмов), либо в динамике (т.е. непосредственный просмотр сразу после получения изображения). Последний способ чаще всего используется для проведения различных операций: микрохирургии глаз, операций, не требующих вскрытия, и т.д. При постановке диагноза с использованием статических изображений возникает необходимость неоднократного просмотра, а следовательно, и хранения изображений.

Статические изображения являются основой диагностики большинства диагностических систем, одной из которых является информационная система капсульной эндоскопии, которая предполагает длительность процедуры равную примерно 8 ч [1]. За это время, при средней скорости съемки 10 кадров в секунду, число цифровых снимков составляет 300000. Один снимок в капсульной эндоскопии занимает около 64 килобайт (256×256 элементов при глубине цвета 8 бит) [2]. Для хранения данных одной такой процедуры, необходимо примерно 20 Гбайт. Если число процедур составит 1000, то потребуется 20 Тбайт памяти. Число процедур может включать как новые, так и повторные обследования.

Создание электронного архива для большого числа пациентов требует не только большого объема носителей информации, но и особых способов организации системы хранения и поиска. Сложности возникают и при использовании технологий телемедицины. Если требуемые данные отправляются доктору на исследование в другой город или страну, то необходимо обеспечить высокую скорость передачи данных. Например, при средней скорости 100 Мбит/с для передачи данных одной процедуры, при условии полного использования канала, потребуется около 27 ч.

Проблема хранения большого объема информации может быть решена путем увеличения емкости аппаратных устройств хранения и программным уменьшением объема сохраняемой информации.

Проведение большого числа обследований приводит:

- к увеличению емкости аппаратных устройств, т.е. использованию современных носителей информации большой емкости;
- к увеличению числа устройств хранения;
- к созданию и использованию сетевых технологий хранения.

Для решения проблемы уменьшения объема изображений возможно:

1. Использование современных способов кодирования изображений, например, стандарт JPEG2000, который позволит примерно в 30 раз сжать данные электронного архива.

2. Использование элементов автоматической диагностики. При решении задач сжатия изображений в капсульной эндоскопии можно использовать микроконтроллеры или DSP (Digital Signal Processor), запрограммированные таким образом, чтобы автоматически менялась скорость съемки, при отличии спектрального состава полученного изображения от спектрального состава изображения здоровых органов. При этом задавать участки съемки таким образом, чтобы не снимать полную картинку с видеодатчика, а снимать только те участки, которые отличаются от нормы. Это позволит сжать информацию примерно в 20 раз.

3. Использование радиолокации для проведения процедуры капсульной эндоскопии, позволяющей получать трехмерное представление поверхности слизистой оболочки желудочно-кишечного тракта и выделять в нем максимумами или минимумами патологические участки. Такая технология еще не опробована, поэтому трудно сказать, насколько ее использование сократит объем получаемых данных.

4. Создание трехмерной модели желудочно-кишечного тракта (ЖКТ). Решение этой задачи позволит уменьшить трудоемкости процедуры диагностики, потому что для просмотра 300000 изображений, полученных с камеры, врачу требуется около 12 ч кропотливой работы, в слу-

чае, если данные будут представлены в виде атласа, это позволит за 1 ч просмотреть весь ЖКТ, останавливаясь в местах, которые требуют внимания. Диагностика станет точнее и эффективнее, если подсвечивать подозрительные места, обнаруженные автоматическими системами диагностики. Например, выделять кровотечения, которые явно будут отличаться от здорового участка сосудистой сетки ЖКТ [3]. При использовании трехмерной модели возможна передача не всех снимков процедуры, а некоторой последовательности, позволяющей восстановить участки ЖКТ без потерь мест, требующих внимания. Такая технология позволит сжать видеоданные примерно в 30 раз.

Все вышеперечисленные методы уменьшения объема данных процедуры капсульной эндоскопии позволят сократить требуемое для одной процедуры место в 600 раз, т.е. с 20 Гбайт до 330 Мбайт. Тем не менее, неоднократное обследование большого числа пациентов приведет к необходимости решения вновь возникающих проблем хранения информации.

Комплексный подход к решению проблем хранения данных процедур обуславливает структуру информационной системы капсульной эндоскопии, которая учитывает постоянное обновление и расширение баз данных, а также преемственность информационно-поисковых систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. PillCam™ ESO Capsule Endoscopy.
http://www.givenimaging.com/Cultures/en-US/Given/English/Products/ESO_CE/
2. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера, 2005. 1072 с. ISBN 5-94836-028-8.
3. Элит Мед систем. <http://www.elite-med.ru/cat/given/3.htm/>

ВОСПРИЯТИЕ ЗВУКА И ФОРМАТЫ ЦИФРОВОГО СЖАТИЯ

А.Н. Линкевич, 5 курс РТФ

ТУСУР, г. Томск, т. 8-923-496-72-30. LinAnton@yandex.ru

Восприятие звука. Слуховая система человека – сложный и очень интересно устроенный механизм. Чтобы более ясно представить себе, что для нас есть звук, нужно разобраться с тем, что и как мы слышим. Существует целая наука, изучающая психологические и физиологические особенности восприятия звука человеком, – психоакустика.

Эффект частотной маскировки справедлив для частотных составляющих, присутствующих в спектре сигнала в одно и то же время. Од-

нако ввиду инерционности слуха эффект маскировки может распространяться и во времени. Так, некоторая частотная составляющая может маскировать другую частотную составляющую даже тогда, когда они появляются в спектре не одновременно, а с некоторой задержкой во времени. Этот эффект называется временной маскировкой. В случае, когда маскирующий тон появляется по времени раньше маскируемого, эффект называют постмаскировкой. Когда маскирующий тон появляется позже маскируемого (возможен и такой случай), эффект называют премаскировкой [1].

Пространственное звучание. Человек слышит двумя ушами и поэтому способен различать направление появления звуковых сигналов. Эту способность слуховой системы человека называют би-науральным эффектом. Механизм распознавания направления прихода звуков сложен, и надо сказать, что в его изучении и способах применения еще не поставлена точка [1].

Имея всего два источника звука, можно создать у слушателя ощущение наличия мнимого источника звука между двумя физическими. Причем этот мнимый источник можно «расположить» в любой точке на линии, соединяющей два физических источника. Для этого нужно воспроизвести одну аудиозапись (например, со звуком рояля) через оба физических источника, но сделать это с некоторой временной задержкой в одном из них и соответствующей разницей в громкости. Грамотно используя описанный эффект, можно при помощи двухканальной аудиозаписи донести до слушателя почти такую картину звучания, какую он ощутил бы сам, лично присутствуя, например, на каком-нибудь концерте.

Цифровые аудиосигналы. Каким же образом можно описать аналоговый аудиосигнал в цифровой форме? Реальный аудиосигнал – это сложное по форме колебание, некая сложная зависимость амплитуды звуковой волны от времени. Преобразование аналогового звукового сигнала в цифровой вид называется аналогово-цифровым преобразованием или оцифровкой. Процесс такого преобразования состоит:

- в замерах величины амплитуды аналогового сигнала с некоторым временным шагом – дискретизации;
- в последующей записи полученных значений амплитуды в численном виде – квантовании.

Дискретизация. Дискретизация по времени – это процесс получения мгновенных значений преобразуемого аналогового сигнала с определенным временным шагом, называемым шагом дискретизации [2].

Линейное квантование. Квантование по амплитуде – это процесс замены реальных (измеренных) значений амплитуды сигнала значения-

ми, приближенными с некоторой точностью. Каждый из $2N$ возможных уровней называется уровнем квантования, а расстояние между двумя ближайшими уровнями называется шагом квантования. В случае линейного разбиения амплитудной шкалы на уровни квантование называют линейным (однородным) [2].

Сложности, связанные с оцифровкой. Во-первых, частота дискретизации, устанавливаемая теоремой Котельникова, является минимально необходимой, но недостаточной. Во-вторых, квантование значений сигнала привносит в его спектр дополнительную помеху, называемую шумом квантования или шумом дробления. Шумом (ошибкой) квантования называют сигнал, составляющий разницу между восстановленным цифровым и исходным аналоговым аудиосигналом. Эта разница образуется в результате округления измеренных значений сигнала. Осуществление выборки сигнала при оцифровке происходит не через абсолютно равные промежутки времени, а с некоторыми случайными отклонениями от номинала, при этом результирующий импульсный сигнал еще и имеет неидеальную прямоугольную форму. Рассмотрим, наконец, еще один неприятный эффект оцифровки, называемый гранулярным шумом (*granular noise*), – нестабильность округления в процессе квантования. Если величина сигнала незначительно меняется около некоторой величины, являющейся границей между двумя соседними уровнями квантования, даже самые маленькие колебания величины сигнала могут вызывать заметные изменения результатов округления при квантовании значений амплитуды. Это связано с тем, что квантователь в этом случае округляет измеренное значение сигнала до величины то одного, то второго из соседствующих уровней квантования.

Другие способы оцифровки. Как мы уже говорили, восприятие громкости звука человеком носит нелинейный характер – нарастание интенсивности звука как степенной функции воспринимается на слух как линейное нарастание громкости. Следовательно, изменения амплитуды слабого по интенсивности сигнала различаются слухом намного лучше, чем изменения амплитуды в областях высокой интенсивности. Это, в свою очередь, означает, что погрешность квантования сигнала в областях со слабой амплитудой оказывается намного более заметной, чем погрешность квантования в областях, где сигнал характеризуется высокой интенсивностью. Это автоматически учитывает психоакустические особенности слуха и обеспечивает менее заметные на слух погрешности квантования. Аналогово-цифровое преобразование, основанное на применении метода неоднородного квантования, называется неоднородной импульсно-кодовой модуляцией – (Nonuniform PCM). Еще один способ аналогово-цифрового преобразования – это разностная

импульсно-кодовая модуляция (Differential PCM, DPCM). До сих пор мы говорили о методе импульсно-кодовой модуляции, подразумевающей квантование абсолютных значений сигнала. В случае разностной ИКМ квантованию подвергают относительные значения амплитуды.

Кодирование цифровых аудиосигналов. В целом все существующие методы кодирования аудиоинформации можно условно разделить всего на два типа:

1. Сжатие данных без потерь (lossless coding) – это способ кодирования (уплотнения) цифровой аудиоинформации, позволяющий осуществлять 100%-ное восстановление исходных данных из сжатого потока (под понятием «исходные данные» здесь подразумевается исходный вид оцифрованных аудиоданных).

2. Сжатие данных с потерями (lossy coding). Цель такого кодирования – достижение любыми путями максимально высокого коэффициента компрессии данных при сохранении качества их звучания на приемлемом уровне.

MPEG-1 Layer 3

Известный сегодня фактически каждому пользователю компьютера под незамысловатой маркой «MP3» кодек MPEG-1 Layer 3 – это наиболее старый из всех распространенных сейчас lossy-кодексов. Своим названием он обязан группе MPEG, которая занималась его разработкой и продолжает создавать новые аудио- и видеокодеки. О ней стоит упомянуть отдельно [3].

Ogg Vorbis

Одна из негативных сторон кодека MP3 (MPEG-1 Layer 3) – его коммерческая основа: каждый изготовитель нового программного или аппаратного MP3-кодера обязан платить отчисления изобретателям кодека. Такая ситуация не могла не вызывать недовольства как среди пользователей, так и среди разработчиков. Так появились независимые разработки в области компрессии аудио [3].

MusePak

Естественно, что Ogg Vorbis не единственная некоммерческая разработка такого рода. Энтузиасты продолжали и продолжают делать попытки создания альтернативных качественных аудиокодексов.

Windows Media Audio

Гигант компьютерной индустрии Microsoft на некотором этапе понял, что остаться в стороне от бурного развития цифровой аудиоиндустрии – значит уступить большую долю рынка конкурентам. Поэтому аудиокодек от Microsoft не заставил себя долго ждать [3].

Кодек Windows Media Audio (сокращенно WMA) – собственная разработка компании Microsoft, которая успешно ею продвигается.

MPEG-2/4 AAC

Стандарт MPEG-2 AAC стал результатом кооперации усилий института Fraunhofer и компаний Sony, NEC и Dolby и является технологическим преемником MPEG-1, при этом намного более развитым. Поскольку между опубликованием MPEG-2 AAC и его стандартизацией прошло достаточно много времени, свет увидели несколько разновидностей этого алгоритма от независимых коммерческих и некоммерческих разработчиков

ЛИТЕРАТУРА

1. Upgrade 2005. № 1 (20).
<http://www.npk.ru/articles/article.html?art=142&pv=1#Психоакустика>
2. Upgrade 2005. № 1 (20). <http://www.npk.ru/articles/article.html?art=143>
3. Upgrade 2005. № 1 (20). <http://www.npk.ru/articles/article.html?art=144>
4. Описание формата Mp3. <http://www.quzeer.ru/format.php>
5. Гласман К. Слуховая система человека.
<http://rus.625-net.ru/archive/z0405/mp3.htm>

БЛОК РАЗВЕРТОК ДЛЯ РАДИАЦИОННОСТОЙКОЙ КАМЕРЫ НА ВИДИКОНЕ

А.О. Малинюк, студент 5 курса;

В.Ф. Коновалов, доцент каф. ТУ, к.т.н.

ТУСУР, г. Томск, т. 43-21-94

На кафедре ТУ ТУСУР разработана телевизионная радиационно–стойкая камера диаметром 38 мм, благодаря применению отечественного видикона типа ЛИ501 (разработка ЦНИИ Электрон), обладающего радиационной стойкостью $(0,2 \div 5) \cdot 10^7$ рад. Камера позволяет осуществлять визуальный контроль внутренних поверхностей трактов технологических каналов, металлоконструкций и рабочего пространства уран–графитовых ядерных реакторов.

В видиконе ЛИ501-1 с магнитной фокусировкой используется электростатическая отклоняющая система – дефлектрон. Так как рисунок дефлектрона выполнен с высокой точностью на откалиброванной внутренней поверхности видикона, геометрические искажения электронного раstra полностью определяются качеством отклоняющих пилообразных напряжений – линейностью и парафазностью.

Поскольку передающая камера должна работать в условиях повышенной радиации, а также с целью уменьшения габаритов камеры, генератор разверток вынесен в блок управления.

Генератор разверток состоит из двух каналов, формирующих парафазные пилообразные напряжения с амплитудой (150 ± 10) В по строкам и (110 ± 10) В по кадрам, подаваемые по кабелю в передающую камеру на дефлектроны видикона.

Каждый канал включает в себя задающий генератор пилообразного напряжения, дифференциальный усилитель (формирующий парафазные пилообразные напряжения), выходные эмиттерные повторители и схему замещения постоянной составляющей.

Функциональная схема для строчного канала блока разверток приведена на рис. 1.

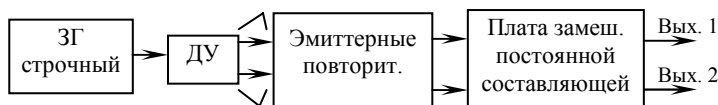


Рис. 1. Структурная схема строчного канала блока разверток

На работу блока разверток (особенно на строчной частоте) существенное влияние оказывает паразитная емкость кабельной линии связи. Учитывая, что паразитная емкость простой жилы соединительного кабеля длиной 35 м составляет величину около 4000 пФ, а коаксиального кабеля около 3000 пФ пилообразные напряжения строчной частоты передаются по коаксиальному кабелю. Но и в этом случае для обеспечения приемлемой длительности обратного хода строчной пилы необходимы импульсные токи около сотни миллиампер. Поэтому в строчные выходные каскады добавлены двухтактные эмиттерные повторители.

Для получения хорошей линейности и малого влияния нагрузки на форму выходного напряжения задающий генератор строчной развертки выполнен на операционном усилителе К1401УД4 и эмиттерном повторителе на транзисторе VT2 типа КТ368АМ. Операционный усилитель охвачен отрицательной (резисторы R6 и R5) и положительной (резистор R7) обратными связями.

Управление работой генератора производится строчными синхроимпульсами положительной полярности (ССИ), подаваемыми на базу транзистора VT1, осуществляющего разряд конденсатора C1 до величины близкой к нулю и обеспечивающего малое время обратного хода пилообразного напряжения. После окончания импульса формируется прямой ход пилообразного напряжения при заряде конденсатора C1 постоянным током. Постоянство тока заряда обеспечивается при условии $R6/R5 = R7/R4$ [1]. Пилообразное напряжение поступает на вход дифференциального каскада через цепь R9, R11 и C2. Потенциометром R9 можно регулировать амплитуду пилообразного напряжения на выходе генератора строчной развертки.

Двухтактные эмиттерные повторители собраны на транзисторах VT8, VT9 и VT11, VT12 разного типа проводимости. В базовые цепи транзисторов VT9 и VT12 включены токостабилизирующие транзисторы VT10 и VT13, которые позволяют поддерживать разряд паразитных емкостей соединительного кабеля постоянным током транзисторов VT9 и VT12 требуемой величины при формировании падающих участков пилообразных напряжений.

Парафазные пилообразные напряжения строчной частоты через разделительные конденсаторы С3 и С4 подаются в диагональ резисторного мостового делителя R26 – R32. С помощью резистора R29 устанавливается величина среднего постоянного напряжения строчных электродов дефлектрона, а резистором R26 – необходимое смещение раstra по строке.

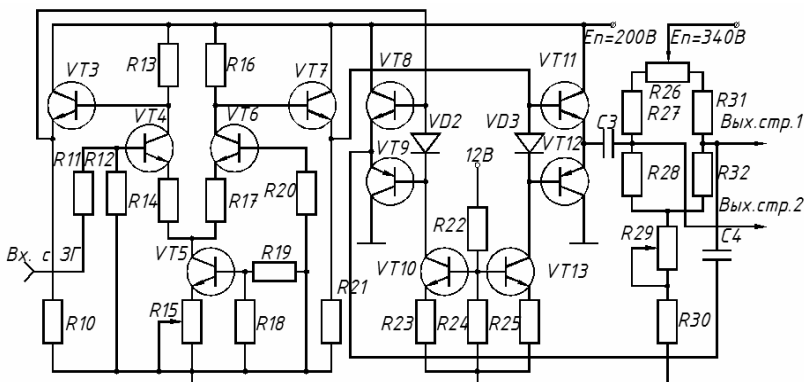


Рис. 2. Дифференциальный каскад, двухтактные эмиттерные повторители, схема замешивания постоянной составляющей

Кадровый канал выполнен по подобной схеме и отличается номиналами входящих в него элементов, а также отсутствием двухтактных эмиттерных повторителей.

Необходимо отметить, что даже небольшое различие средних постоянных напряжений строчных и кадровых электродов дефлектрона может приводить к геометрическим искажениям раstra и расфокусировке изображения.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Забродин Ю.С.* Промышленная электроника. М.: Высш. школа, 1982. 496 с.
2. *Степаненко И.П.* Основы теории транзисторов и транзисторных схем. М.: Энергия, 1977. 672 с.

МЕТОДЫ ПОСТОБРАБОТКИ ВИДЕОДАНЫХ

И.В. Налетов, аспирант каф. ТУ ТУСУР

ТУСУР, г. Томск, т. 8-913-802-88-19, niv@ms.tusur.ru

Постобработка является важной частью методов обработки и фильтрации видеоданных. Методы постобработки направлены на удаление так называемого эффекта «блочности». Этот эффект появляется при декодировании изображения, которое было получено путем кодирования его блоков независимо друг от друга. В этих случаях корреляция среди пространственно смежных блоков не принята во внимание при кодировании, и в результате при декодировании изображения появляется видимая разница вдоль границ блоков.

К примеру, сглаживание разницы уровней яркости точек, расположенных на границах соседних блоков, будет являться методом постобработки. Данные методы призваны улучшить качество восприятия человеком декодированных видеоданных. Поэтому они с успехом используются в современных программных и аппаратных видеодекодерах.

В современных стандартах видеокодирования процедуру постобработки применяют на ссылочных кадрах для улучшения компенсации движения для последующих кодируемых кадров. Эти действия гарантируют определенный уровень качества кодируемых видеоданных. Количество этапов обработки может регулироваться и быть адаптировано под производительность как кодирующего, так и декодирующего устройства. Методы циклической постобработки улучшают субъективное и объективное качество видеоданных и уменьшают нагрузку на декодер [1].

Проанализировав способы фильтрации в существующих на данный момент методах постобработки можно выделить крупные группы

фильтров: пространственно независимые и пространственно зависимые методы, методы проекций на выпуклые множества, упорядочивания, стохастические методы. А по характеру применяемых в методах функций преобразования их можно разделить на линейные и нелинейные методы.

У данных методов существуют свои критерии оценки. Чаще всего при оценке их эффективности, анализируют результаты обработки высокочастотных деталей видеоданных, учитывают использование методов локальных характеристик изображения. Конечно же, важным параметром является вычислительная производительность метода. Учитывать нужно и то, что методы сами вносят изменения в локальные характеристики видеоданных.

Пространственно независимые фильтры были первыми попытками по постобработке блочно закодированных изображений. Эти методы являются пространственно инвариантным и поэтому не удаляют эффективно артефакты или сильно сглаживают изображение. Например, в [2] применяется Гауссиан для группы точек размером 3×3 .

Пространственно зависимые фильтры учитывают специфику блочного кодирования видеоданных, а именно разбиение исходного изображения на блоки, применение процедуры дискретного косинусного преобразования (ДКП) к блокам и квантование полученных коэффициентов. Также методы анализируют локальные характеристики изображения и при работе учитывают наличие монотонных участков и контуров в изображении. Каждый метод этой группы содержит процедуру вычисления значения меры «блочности». Варианты вычисления этого значения существуют разные, и это может быть как единственная величина, так и произведения двух и более множителей. Например, мерой «блочности» может являться произведение двух величин: первая характеризует величину отклонения на границах блоков, а вторая контрастность в блоках.

Методы этой группы могут использовать информацию о параметрах декодируемых видеоданных. Например, использование параметров квантования может повысить эффективность работы алгоритма. Поэтому среди методов данной группы можно выделить методы, зависящие и не зависящие от параметров видеоданных.

В [3] изображение делится на квадратные блоки произвольной длины, которые классифицируются как монотонные и фильтруются линейным двунаправленным фильтром. В [4] блоки изображения классифицируют в соответствии с высокой или низкой активностью и применяют процесс фильтрования только к активным блокам. Этот алгоритм определяет контуры изображения и работает так, что не сглаживает их. В [5] классифицируют границы блоков в соответствии с локальной активно-

стью в изображении: если прерывность на блочной границе небольшая по сравнению с локальной энергией в изображении, тогда имеет место прерывность из-за квантования, следовательно, применяется «сильная» фильтрация. На остальных границах применяется «мягкое» сглаживание. В [6] описан двумерный адаптивный медианный фильтр. Фильтр является многопроходным и количество проходов уменьшается при приближении к границам блоков.

К данной группе фильтров также можно отнести вейвлет-фильтрацию [7]. На первом проходе выявляются горизонтальные и вертикальные составляющие высокой интенсивности, кратной восьми, которые являются границами блоков и сглаживаются, усредняющим фильтром.

Методы, использующие проекции на выпуклых множествах, основаны на известном топологическом свойстве, что непустое пересечение набора закрытых выпуклых множеств тоже есть закрытое выпуклое множество. Это пересечение может быть достигнуто через повторные альтернативные проекции на оригинальных множествах. В постобработке одно выпуклое множество состоит из всех оригинальных изображений, которые квантованы в сжатое изображение. Другие выпуклые множества определены, чтобы выражать гладкость оригинального изображения. Пересечение всех этих множеств есть лучшая аппроксимация в оригинальный образ, чем сам сжатый образ. Метод изыщен в разработке, но его сходимость критически зависима от первоначального предположения, что множества имеют непустое пересечение. Пример метода данной группы можно найти в [8].

Отдельно можно выделить методы упорядочивания. В методах определяют параметр «блочности» и минимизируют его для данного изображения [9]. Анализируют среднеквадратичную разницу и считают, что в нормальном случае отклонение на границе подобно отклонению на сторонах. Выражается как квадратичная функция низкочастотных ДКП коэффициентов и минимизируется для каждого блока последовательно. Описанный в [10] метод хорошо работает на монотонных областях, но вносит эффект «звона», эффект, появляющийся из-за грубого округления высокочастотных ДКП коэффициентов. Предлагается умножать поправку на константу $\lambda < 0$, что минимизирует новый артефакт, но уменьшает эффективность алгоритма в целом. Методы данной группы не адаптируются к локальным характеристикам и вносят значительное смазывание.

Существуют методы, использующие сложное стохастическое моделирование изображений [11]. Методы используют информацию об изображении. Более успешные из них используют операторы Маркова, но из-за итеративной процедуры имеют высокую вычислительную сложность.

Особо следует отметить методы постобработки, которые встраивают в цикл кодирования. О них было упомянуто выше. Их также можно отнести к группе пространственно зависимых фильтров. В [12] роль такого фильтра выполняет метод постобработки определенный по стандарту [13]. Примечательно, что данный метод постобработки рекомендован для применения после декодирования данных. Показано, что применение данной процедуры также на стороне кодера повышает объективное качество видеоданных.

Методика применения метода постобработки на стороне кодера видеоданных была описана в стандарте H.264/MPEG-4 AVC. В [14] можно найти описание данного метода постобработки. Данный метод имеет несколько уровней постобработки и относится к группе адаптивных пространственно зависимых фильтров. Глубина постобработки одного из уровней определяется по условию выполнения неравенств (1), (2) и (3), p и q – значения яркостей точек находящихся на границе двух соседних блоков. По данным соотношениям можно определить упомянутый выше уровень «блочности»

$$|p_0 - q_0| < \alpha(Index_A), \quad (1)$$

$$|p_1 - p_0| < \beta(Index_B), \quad (2)$$

$$|q_1 - q_0| < \beta(Index_B), \quad (3)$$

Значения $Index_A$ и $Index_B$ зависят от параметра квантования блока. Значения α и β имеют следующие зависимости:

$$\alpha(x) = 0,8(2^{\frac{x}{6}} - 1), \quad (4)$$

$$\beta(x) = 0,5x - 7. \quad (5)$$

Фильтрация производится сглаживающим фильтром.

Современным требованиям, предъявляемым стандартизованными кодерами и декодерами видеоданных, удовлетворяют эффективные по производительности методы постобработки. Методы, основанные на проекции на выпуклые множества, получили относительно большое развитие, но из-за ограничений накладываемых на алгоритм и из-за вычислительной сложности не пользуются популярностью. Также по причине высокой вычислительной сложности неэффективными являются методы стохастического моделирования и методы, использующие вейвлет-преобразование. Хотя, данные методы эффективно минимизируют эффект «блочности».

Очевидно, что простые адаптивные пространственно зависимые методы выигрывают у остальных. Они учитывают локальные характеристики видеоданных и «блочную» структуру изображения. К тому же для фильтрации используются простые сглаживающие фильтры, кото-

рые не имеют высокой вычислительной сложности. Важной особенностью является то, что при использовании данных методов можно регулировать глубину фильтрации и адаптировать ее под производительность видеокодера или декодера. По этой причине фильтры данной группы можно с успехом использовать в цикле 1 кодирования и декодирования видеоданных.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Lainema J., Karczewicz M.* TML 8.4 Loop Filter Analysis ITU-T SG16 Doc. VCEG-N29, 2001.
2. *Reeves H.C., Lim J.S.* Reduction of blocking artifacts in image coding, Optical Engineering. 1984. Jan./Feb. Vol. 23, pp. 34–37.
3. *Ramamurthi B., Gersho A.* Nonlinear space-variant postprocessing of block coded images IEEE Transactions on Acoust. Speech Signal Process. 1986. October. Vol. 34. P. 1258–1267.
4. *Kuo C.J., Hsieh R.J.* Adaptive postprocessing for block encoded images IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology. 1995. Vol. 5, № 4. P. 298–304.
5. *Chou J., Crouse M., Ramchandran K.* A simple algorithm for removing blocking artifacts in block-transform coded images IEEE Signal Processing Letters. 1998. February. Vol. 5 P. 33–35.
6. *Hsu Y.F., Chen Y.C.* A new adaptive separable median filter for removing blocking effects IEEE Trans. Consumer Electron. 1993. Aug. Vol. 39, P. 510–513.
7. *Xiong Z., Orchard M., Zhang Y.* A deblocking algorithm for JPEG compressed images using overcomplete wavelet representations IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology. 1997. April. Vol. 7. P. 433–437.
8. *Paek H., Kim R.* On the POCS-Based Postprocessing Technique to Reduce the Blocking Artifacts in Transform Coded Images IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology. 1998. June. Vol. 8. P. 358–367.
9. *Minami S., Zakhor A.* An optimization approach for removing blocking effects in transform coding IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol. 1995. Apr. Vol. 5. P. 74–82.
10. *Jeong J., Jeon B.* Use of a class of two-dimensional functions for blocking artifacts reduction in image coding in Proc. IEEE Int. Conf. Image Processing (ICIP 95), Washington, DC. 1995. Oct. Vol. 1. P. 478–481.
11. *Li J., Kuo C.-C. J.* Coding artifact removal with multiscale postprocessing IEEE ICIP. 1997. October. Vol. 1. P. 45–48.
12. *Sun X., Wu F., Li S., Gao W.* In-Loop Deblocking Filter for Block-Based Video Coding. ICSP 2002. 2002. August. Vol. 1. P. 33–36. Beijing.
13. ISO/IEC 14496-2. Coding of Audio-Visual Objects. Part 2: Visual. ISO/IEC JTC1/SC29/WG11. 2003. March. N5546.
14. *List P., Joch A., Lainema J., Bjontegaard G., Karczewicz M.* Adaptive Deblocking Filter IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology. 2003. July. Vol. 13. P. 614–619.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВРЕМЕННОГО ОТКЛИКА ТРЕХПРОВОДНОЙ СТРУКТУРЫ С ОДНОЙ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ГРАНИЦЕЙ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ МОДАЛЬНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

А.М. Заболоцкий, аспирант; П.Е. Орлов, студент 4 курса

ТУСУР, г. Томск, zabolotsky_am@mail.ru

Важной для практики является задача зондирования (обнаружения, идентификации, диагностики) сложных объектов, в частности многопроводных структур, в условиях трудного доступа или плохой видимости. Однако незначительное улучшение характеристик известных методов и средств зондирования часто не удовлетворяет совокупности непрерывно растущих требований к ним, заставляя искать новые принципы их создания, чтобы резко повысить их возможности.

Недавно предложен и теоретически обоснован на примере микрополосковых линий новый принцип зондирования многопроводных структур за счет анализа результатов модального разложения импульса в конце активного проводника [1]. В качестве первого шага к реализации этой технологии проведены вычисления погонных задержек мод трехпроводной структуры с одной диэлектрической границей (рис. 1), показывающие существование необходимого условия для зондирования многопроводных структур [2]. Следующий шаг к реализации технологии модального зондирования – моделирование временного отклика.

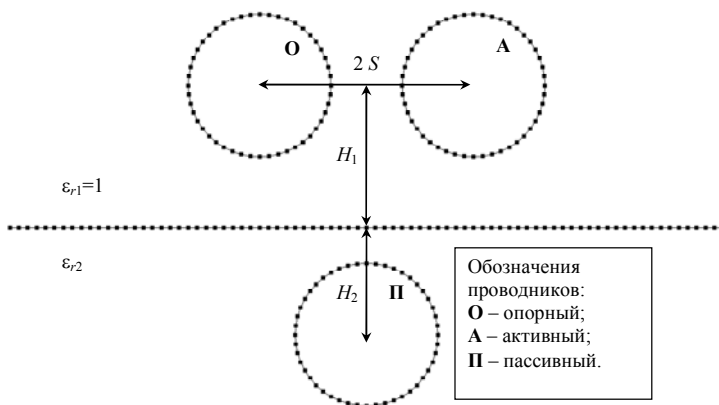


Рис. 1. Поперечное сечение исследуемой структуры

Цель данной работы – компьютерное моделирование распространения импульсного сигнала в трехпроводной структуре с одной диэлектрической границей.

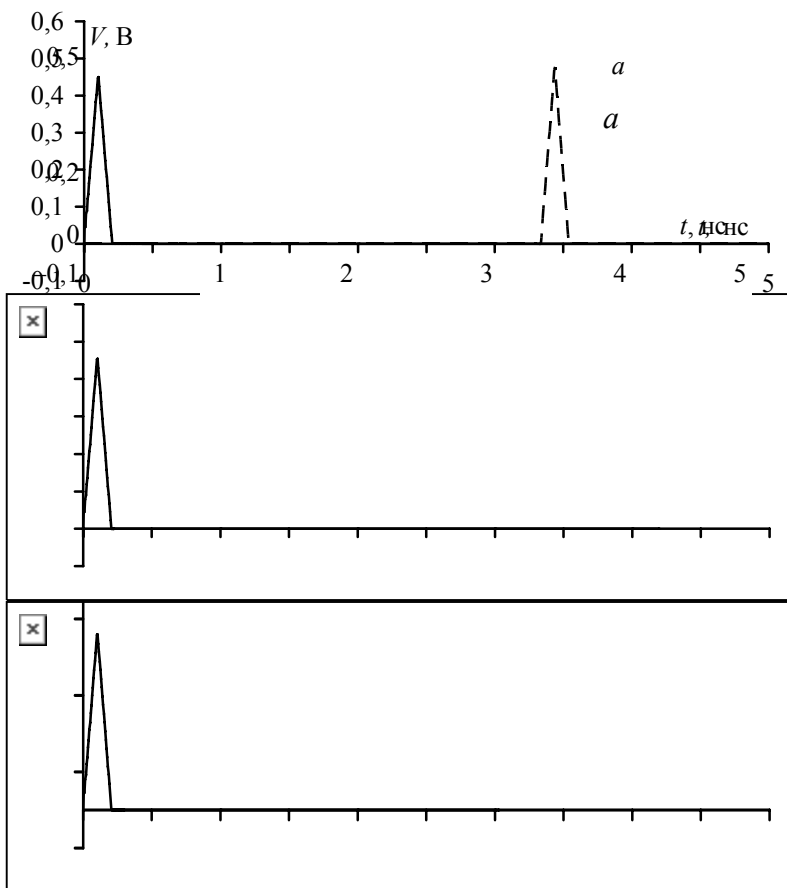


Рис. 2. Отклик исследуемой структуры при $\epsilon_{r2} = 1(a)$; $2(б)$; $8(в)$

Вычисления проводились с помощью программного продукта «Система компьютерного моделирования электромагнитной совместимости». Сначала строилась геометрическая модель поперечного сечения исследуемой структуры, проводилась ее сегментация и задавались параметры структуры. Затем вычислялись матрицы погонных коэффициентов электростатической $[C]$ и электромагнитной $[L]$ индукции, необходимые для вычисления отклика. Для первых оценок линия рассматривалась псевдосогласованной (нагруженной на концах сопротивлениями, равными диагональным элементам матрицы $[Z]$), потери и дисперсия не учитывались. Полагалось, что радиус всех проводов равен

1 мм, $H_1 = 2$ мм, $H_2 = 1,5$ мм, $S = 1,5$ мм, а длина структуры равна 1 м. Относительная диэлектрическая проницаемость среды пассивного провода (ϵ_{r2}) изменялась от 1 до 8. Параметры зондирующего импульса: амплитуда ЭДС 1 В; длительность переднего фронта 100 пс; длительность заднего фронта 100 пс; длительность плоской вершины импульса 10 пс. Формы сигналов на входе (—) и выходе (---) зондирующей линии при значениях $\epsilon_{r2} = 1, 2, 8$ показаны на рис. 2.

По результатам моделирования видно, что при $\epsilon_{r2} = 1$ (рис. 2, а) зондирующий импульс приходит к концу активной линии практически не изменяясь, поскольку среда однородна (воздух), а значит, задержки распространения четной и нечетной мод в структуре равны. Однако при $\epsilon_{r2} = 2$ (рис. 2, б) к концу активного проводника вместо одного импульса приходят два импульса разной полярности. Появление второго импульса вызвано различием задержек мод в исследуемой структуре, а временной сдвиг между импульсами в конце активного проводника соответствует разности задержек мод, вычисленных в работе [2] для заданной ϵ_{r2} . С ростом ϵ_{r2} (рис. 2, в) этот сдвиг возрастает.

Таким образом, можно предположить возможность зондирования проводника в диэлектрической среде. Однако для подтверждения этой возможности необходимо более тщательное моделирование, в частности с рассогласованным пассивным проводником.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований по проекту 06-08-01242.

ЛИТЕРАТУРА

1. Газизов Т.Р., Заболоцкий А.М. Модальное зондирование – новый принцип зондирования многопроводных структур // Проблемы информационной безопасности государства, общества и личности: Материалы 9-й Всероссийской научно-практической конференции, г. Томск, 15 февраля 2007 г. С. 27–30.

2. Заболоцкий А.М., Орлов П.Е., Газизов Т.Р. Вычисление разности погонных задержек мод в трехпроводной структуре с одной диэлектрической границей для реализации технологии модального зондирования. Там же. С. 30–34.

АКТИВНО-ИМПУЛЬСНЫЕ ТЕЛЕВИЗИОННЫЕ СИСТЕМЫ

М.А. Петренко, аспирант каф. ТУ

ТУСУР, г. Томск, pta@tu.tusur.ru

Для решения широкого круга народнохозяйственных проблем, таких как разведка и добыча полезных ископаемых шахтным и открытым способами, строительные работы и вождение транспортных средств в сложных условиях видимости и т.д., необходимы специализированные

приборы наблюдения, работающие при низких уровнях освещенности. К таким устройствам относятся активно-импульсные телевизионные системы (АИ ТВС), которые могут работать в абсолютной темноте.

Принцип действия этих систем основан на импульсном методе наблюдения, предложенном академиком А.А. Лебедевым в 1936 г. Сущность метода сводится к следующему. Объект наблюдения освещается короткими световыми импульсами, длительность которых значительно меньше времени распространения света до объекта и обратно. При этом объект наблюдается в оптический прибор, снабженный быстродействующим затвором, открывающимся на определенное время в такт с приходом отраженных от объекта наблюдения световых импульсов. В том случае, когда временная задержка между моментом излучения импульса и моментом открывания затвора равна времени, необходимо для прохождения светом расстояния до объекта и обратно, наблюдатель будет видеть только сам объект и участок пространства, непосредственно его окружающий. Глубина этого пространства определяется как временем открытого состояния затвора, так и длительностью светового импульса.

Для реализации метода необходимы импульсный осветитель, генерирующий достаточно короткие импульсы света, а также преобразователь изображения, оснащенный быстродействующим затвором.

На рисунке приведена базовая структура преобразователя изображения, в состав которого входят:

- приемная оптическая система (ОС);
- электронно-оптический преобразователь (ЭОП) с микроканальными пластинами (МКП);
- согласующая оптика (СО);
- телевизионный датчик (ПЗС).

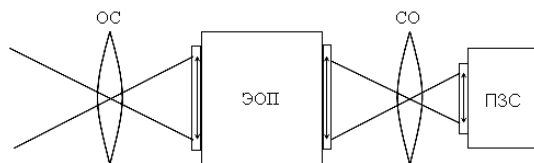


Рис. Базовая структура преобразователя изображения в АИ ТВС

Быстродействующий затвор реализуется в данном случае путем стробирования ЭОП по фотокатоду, т.е. путем подачи на фотокатод импульсов отрицательной полярности относительно входа МКП.

Очевидно, что основным узлом преобразователя является ЭОП – характеристики изображения, полученного с помощью системы в це-

лом, напрямую зависят от параметров ЭОП. Основными требованиями, предъявляемыми к ЭОП в высокочувствительных электронно-оптических приборах, являются высокие коэффициенты усиления и эффективности преобразования потока излучения.

Высокий коэффициент усиления может быть обеспечен, например, каскадным соединением ЭОП. Наиболее перспективным направлением является использование ЭОП с микроканальными пластинами (МКП), имеющими высокий коэффициент усиления при малых габаритах. Микроканальные пластины применяются в ЭОП второго и третьего поколения.

Увеличение эффективности преобразования потока излучения достигается повышением интегральной чувствительности и оптимизацией характеристики спектральной чувствительности. Из обычных типов фотокатодов наибольшей интегральной чувствительностью обладают многощелочные фотокатоды. У современных модификаций многощелочных фотокатодов при работе на просвет интегральная чувствительность достигает значений 400–450 мкА/лм, а при оптической оптимизации – 550–570 мкА/лм [1]. Область спектральной чувствительности таких фотокатодов простирается до 0,95 мкм (S-20VK – фирма VARO, США; ERMA – фирма RCA, США). Такие фотокатоды используются в ЭОП второго поколения.

Особое место среди эффективных фотоэмиттеров занимают фотокатоды с отрицательным электронным средством (ОЭС-фотоэмиттеры). Такие фотокатоды изготавливают на основе GaAs и имеют интегральную чувствительность 1000–2000 мкА/лм, что примерно в 5 раз выше чувствительности многощелочных фотокатодов [1]. Фотокатоды с отрицательным электронным средством используются в ЭОП третьего поколения.

Соединение ЭОП с ТВ датчиком обеспечивается либо с помощью согласующей оптики, либо методом оптического контакта экрана с фоточувствительной поверхностью ТВ датчика. Оптический контакт может быть осуществлен через ВОП, в том числе с масштабированием и поворотом изображения.

В случае, когда соединение ЭОП с ТВ датчиком осуществляется с помощью линзовых систем, то из-за ламбертовского углового распределения света экрана значительно снижается коэффициент сбора света согласующей оптикой. Даже применяя светосильные объективы, например, с относительным отверстием, равным единице, и коэффициентом пропускания, равным 0,8, коэффициент сбора составит менее 5% [2].

Преимущества, получаемые при использовании АИ ТВС:

- повышение дальности действия за счет увеличения контраста в изображении наблюдаемого объекта;
- обеспечение видимости малоконтрастных объектов за счет отсе-
чения фона за ними и их наблюдения в пределах очень узкой глубины
просматриваемого пространства;
- точное измерение дальности до объекта наблюдения по величине
задержки;
- за счет работы ТВС в импульсном режиме, любая длительная све-
товая помеха (излучение прожекторов фар, пламя костра и пр.) ослабля-
ется в число крат, равное скважности работы системы;
- возможность работать в пассивном, активно-непрерывном и ак-
тивно-импульсном режимах в зависимости от внешних условий;
- обнаружение объектов наблюдения по бликам, отраженным от их
элементов;
- эффективное использование системы на водном транспорте.

Вследствие высоких коэффициентов яркости, получаются низкие значения контрастов на водной поверхности, что затрудняет или исклю-
чает возможность обнаружения предметов приборами ночного видения
и при прожекторной подсветке.

В настоящее время изготовлены экспериментальные образцы ак-
тивно-импульсных телевизионных систем наблюдения нескольких кон-
структивных модификаций – для работы под водой, для установки на
автомобили, для установки на надводные суда. Проведены испытания
эффективности их работы в реальных условиях эксплуатации. Выпол-
няются работы по разработке и совершенствованию функциональных
узлов, которые определяют основные характеристики систем. К ним,
прежде всего, относятся коротко-импульсные полупроводниковые све-
товые излучатели, а также электронно-оптические преобразователи.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Кондрашов В.Е.* Оптика фотокатодов. М.: Наука, 1976. 207 с.
2. *Берковский А.Г., Гованин В.А., Зайдель И.Н.* Вакуумные фотоэлектрон-
ные приборы. М.: Радио и связь, 1988. 272 с.

МУЛЬТИМЕДИЙНЫЕ ПРОЕКТОРЫ

Е.Г. Варфоломеев, 5 курс РТФ

ТУСУР, г. Томск, т. 8-961-888-96-19

Среди разработанных на сегодняшний день технологий выдачи изо-
бражения на проекционный экран можно выделить четыре основные:

- CRT – Cathode Ray Tube;
- LCD – Liquid Crystal Display;
- D-ILA – Direct Drive Image Light Amplifier;
- DLP – Digital Light Processing.

В каждом случае свойства формирователя определяют основные достоинства и недостатки технологии, а следовательно, и область применения созданных на ее основе проекционных аппаратов.

В CRT-проекторах стоят три яркие электронно-лучевые трубки, с которых изображение через фокусирующие линзы и цветные фильтры (у каждой трубки свой фильтр – красного, зеленого или голубого цвета) проецируется на экран. Главная проблема у CRT-проекторов – в сведении световых потоков – задаче непростой и требующей порою специального настройщика. Кроме того, такие проекторы весьма громоздки. Судя по всему, век CRT-проекторов заканчивается, однако ничего подобного им по черноте черного и уровню контрастности на сегодняшний день не существует.

Далее – проекторы LCD. Сначала они были одноматричными. То есть стоял обычный цветной LCD-экран, и сквозь него проходил свет мощной лампы. Сейчас нормой стали проекторы на трех LCD, на каждую из которых подается картинка своей цветовой составляющей (RGB). В силу того, что при подаче на жидкий кристалл даже максимального потенциала, он (кристалл) продолжает сохранять некоторую прозрачность, по-настоящему черный цвет получить с помощью такого проектора пока не удается. Еще один минус заключается в том, что транзистор и соединительные проводники, занимая значительную часть поверхности матрицы, снижают ее световую эффективность, препятствуя увеличению разрешения, определяемого числом пикселей. Однако LCD-технология быстро развивается, так что у LCD-проекторов есть перспективы роста.

Технология D-ILA была разработана относительно недавно компанией Huges-JVC. Почти вся схема управления матрицей размещается непосредственно в подложке, что обеспечивает данной технологии ряд существенных преимуществ по сравнению с LCD-панелями. Матрицы D-ILA проще в изготовлении и при меньших размерах могут иметь существенно более высокое разрешение. Эффективность использования площади кристалла в них достигает 93%, что практически исключает проявление сеточной структуры на экране.

Лежащая в основе любого DLP-проектора технология цифровой обработки света базируется на разработках корпорации Texas Instruments, создавшей новый тип формирователя изображения – цифровое микрозеркальное устройство DMD (Digital Micromirror Device). DMD-фор-

мирователь представляет собой кремниевую пластину, на поверхности которой размещены сотни тысяч управляемых микрозеркал. Главное его преимущество по сравнению с формирователями иного типа заключается в высокой световой эффективности, обусловленной двумя факторами: более эффективным использованием рабочей поверхности формирователя (коэффициент использования – до 90%) и меньшим поглощением световой энергии работающими «на отражение» микрозеркалами, которые к тому же не требуют применения поляризаторов. В силу этих причин, а также относительно простого решения проблемы отвода тепла, DLP-технология позволяет создавать как мощные проекционные аппараты с большим световым потоком (в настоящее время достигнут уровень 18000 ANSI-лм), так и сверхминиатюрные проекторы (ультрапортативные, микропортативные) для мобильных пользователей. Именно в этих классах продуктов DLP-технология сегодня доминирует.

ЛИТЕРАТУРА

1. Домашний кинотеатр. Бюджетные проекторы. Краткий обзор.
<http://www.acm.ru/price/projectors/?page=9>
2. Домашний кинотеатр. Непредвиденные расходы.
<http://www.acm.ru/price/projectors/?page=13>
3. Домашний кинотеатр. Проекторы для HiTech-кинозалов. Краткий обзор.
<http://www.acm.ru/price/projectors/?page=7>
4. Лазерные проекторы.
<http://www.stinscoman.com/products/vendors/lap/info/LaserProj.asp>
5. Проблемы яркости современных офисных DLP-проекторов.
<http://www.acm.ru/price/projectors/?page=12>
6. Проекторы для домашнего кинотеатра. Обзор современных достижений.
<http://www.acm.ru/price/projectors/?page=6>
7. Проекторы для домашнего кинотеатра. Рекомендации по выбору.
<http://www.acm.ru/price/projectors/?page=5>
8. Тонкости заочного выбора. Принципиальные отличия проекторов.
<http://www.scanone.ru/?cid=543&lib=504>
9. Устройство проекторов. http://leaterplus.com.ua/ru/arenda_docs/405/7.html

МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕАЛЬНЫХ ФРАГМЕНТОВ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ В СИСТЕМЕ TALGAT

*А.М. Заболоцкий, аспирант; А.Н. Каташов, студент 5 курса
ТУСУР, г. Томск, zabolotsky_am@mail.ru*

Выполнено моделирование реального фрагмента печатной платы в системе TALGAT без учета влияния потерь и дисперсии. Достоверность полученных результатов проверена в PSpice.

Основной преградой на пути создания быстродействующей, компактной и в то же время помехоустойчивой и надежной радиоэлектронной аппаратуры является проблема искажений электрических сигналов в межсоединениях. В настоящее время для моделирования электромагнитных процессов, связанных с распространением электрических сигналов в межсоединениях печатных плат, используются математические модели, которые реализуются в виде программ. Например, в системе проектирования печатных плат PADS 2005, для проведения электромагнитного анализа и анализа целостности сигнала, встроен модуль PADS HyperLynx. Однако одной из проблем, с которой сталкивается отечественный разработчик, является малая доступность соответствующих программных продуктов и сложность их освоения.

Цель этой работы – показать возможность использования системы TALGAT для моделирования реальных фрагментов печатных плат.

Моделирование выполнялось для реального фрагмента помехозащищенной теплопроводной монтажной платы (ПТМП) [1] (рис. 1, *а*), в которой печатные проводники внутреннего слоя образуют обращенные полосковые линии (ОПЛ), а внешнего – подвешенные полосковые линии (ППЛ). Для моделирования этот фрагмент представляется в виде трех отрезков линии передачи (рис. 1, *б*), где E_z – генератор импульса э.д.с. ($E_0 = 2$ В, $t_r = t_f = 1$ нс, $t_d = 1$ нс), $R1$ – $R4$ – резисторы с сопротивлением, равным соответствующим диагональным элементам матрицы Z , C_d – емкость неоднородности, l_1 – l_3 – длины отрезков, $V1$ – $V4$ – вычисляемые формы импульсного сигнала. При моделировании временного отклика влияние потерь и дисперсии не учитывалось.

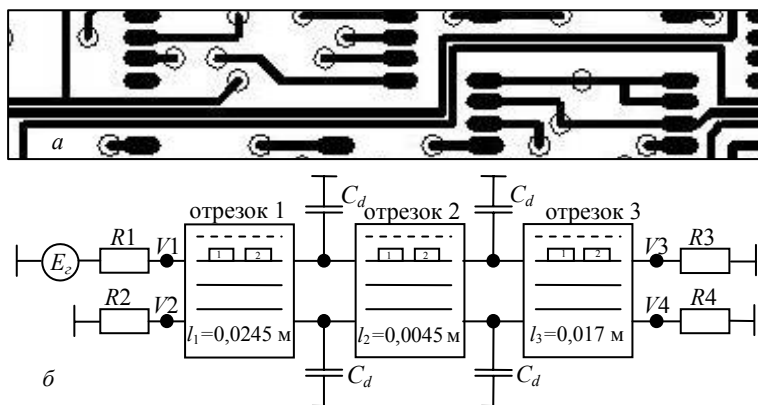


Рис. 1. Фрагмент ПТМП (*а*), эквивалентная схема и поперечное сечение фрагмента (*б*)

В системе TALGAT для моделирования реальных фрагментов печатных плат используется квазистатический подход, который разделяется на вычисление матриц погонных параметров линии передачи, определение параметров трехмерных неоднородностей и определение временного отклика на заданное воздействие [1]. Вычисленные матрицы погонных коэффициентов электростатической [C] и электромагнитной [L] индукции в системе TALGAT и в программе LINPAR [1] приведены в табл. 1 (исходные параметры взяты из работы [1]).

Таблица 1

Поперечное сечение и значения матриц [L], [C], [Z]

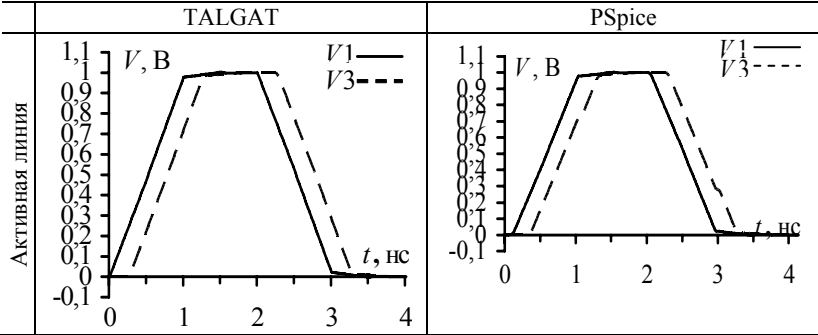
	TALGAT	LINPAR
[L], нГн/м	388,804 147,17 147,17 388,804	396,4 151,9 151,9 396,4
[C], пФ/м	95,0554 -24,439 -24,439 95,0554	96,91 -20,55 -20,55 96,91
[Z], Ом	69,3255 52,7626 52,7626 69,3255	65,87 49,8 49,8 65,87

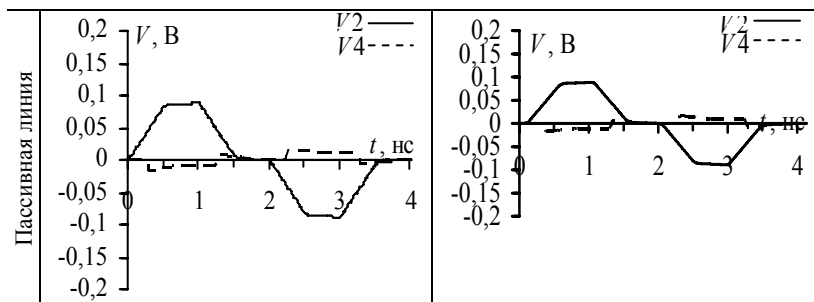
Отличия объяснимы различным числом сегментов: в LINPAR максимальное число сегментов 100 (студенческая версия), а в TALGAT вычисления производились при очень частой сегментации.

Для тестирования результатов моделирования отклика в системе TALGAT также выполнено моделирование в PSpice (табл. 2).

Таблица 2

Формы импульсного сигнала для рис. 1





Видно отличное совпадение форм сигнала и пиковых значений напряжений, что подтверждает достоверность результатов вычисления. Отметим, что выполнялось моделирование с учетом и без учета C_d (для прямого угла $C_d = w \cdot C_{11} = 0,033$ пФ [5], где w – ширина печатного проводника, C_{11} – погонный коэффициент электростатической индукции). Учет C_d не влияет на форму сигналов при $t_r = t_f = 1$ нс.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент №2013032 (Россия) Монтажная плата / Томский институт автоматизированных систем управления и радиоэлектроники; Н.И. Базенков, Т.Р. Газизов. Заявл. 25.03.91. № 4921967/21 (025008); Оpubл. в Б.И. 1994. № 9.
2. Газизов Т.Р., Мелкозеров А.О., Газизов Т.Т., Куксенко С.П., Заболоцкий А.М. Комплексная оптимизация генетическими алгоритмами для обеспечения ЭМС // Сб. науч. докл. 6-й Межд. симп. по электромагнитной совместимости и электромагнитной экологии, СПб., 2005. С. 160–164.
3. Djordjevic A.R., Harrington R.F., Sarkar T.K., Bazzdar M.B. Matrix parameters for multiconductor transmission lines // Dedham, MA: Artech House, 1989.
4. Кузнецова-Таджибаева О.М. Искажения импульсных сигналов в одиноконных и связанных полосковых линиях помехозащищенных теплопроводных монтажных плат. Дисс. ... канд. тех. наук. Томск, 2005.
5. Canavero F. SI and EMC at board level: modeling // Workshop on EMC and Signal Integrity for Electronic Design, Turin, Italy. 2005. December 15–16. // www.aunp-emctraining.polito.it/events/dissday.asp.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ТЕЛЕВИЗИОННОГО СИГНАЛА

Т.Р. Захаров, студент 4 курса РТФ
 ТУСУР, г. Томск т. 8-913-843-7900

Введение. Современный уровень развития цифровых средств позволяет без особого труда создавать системы, использующие видеомо-

нитеры в качестве устройства отображения информации. Для этого обычно используется специализированная микросхема – видеопроцессор (PPU – Picture Processing Unit), на выходе которой формируется непосредственно полный телевизионный видеосигнал (ПТС). Различными фирмами разработано большое количество СБИС видеопроцессоров, различающихся разрешающей способностью, стандартом формируемого ПТС, способом формирования изображения и т.д. По способу формирования изображения видеопроцессоры можно условно разделить на две группы:

- «Спрайтовые» видеопроцессоры – в них изображение формируется из нескольких небольших картинок (иконок, спрайтов), имеющих стандартный размер (чаще всего 8×8 или 16×16 пикселей). Такие видеопроцессоры, как правило, применяются в игровых приставках. Типичный яркий пример – игровая приставка «ДЕНДИ». Преимущества такого подхода – небольшой объем видеопамяти, которая содержит лишь номера спрайтов, что позволяет очень быстро (за время кадрового гасящего импульса) обновлять игровую ситуацию на экране. Образы спрайтов, как правило, хранятся в другой области памяти и обновляются редко. Недостаток – некоторая сложность программирования.

- «Пиксельные» видеопроцессоры – изображение формируется из отдельных пикселей. Таковыми являются видеопроцессоры всех видеокарт IBM-PC совместимых компьютеров. Недостаток – необходимость иметь большой объем оперативной памяти для хранения образа изображения (например, для режима наиболее близкого к телевизионному – 640×480 TrueColor необходимо $640 \cdot 480 \cdot 4$ байта = 1,172 Мбайт оперативной памяти), также велико время обновления изображения в оперативной памяти. Достоинство – относительная простота программирования.

Все вышеупомянутые видеопроцессоры, как правило, формируют видеосигнал одного или нескольких заранее определенных стандартов (разрешений). При создании же телевизионной системы специального назначения часто требуется видеосигнал с совершенно произвольными частотами разверток. Поэтому для разработки синхроузла подобных устройств приходится использовать дискретные компоненты и микросхемы малой степени интеграции, что отрицательно сказывается на габаритах и энергопотреблении всего устройства.

В этом случае для построения синхрогенератора удобно использовать современные однокристалльные микроЭВМ (микроконтроллеры, далее – МК), которые в настоящее время имеют «на борту» множество разнообразных периферийных устройств, позволяющих на одной микросхеме реализовать весьма сложное по функциональному составу устройство. Все МК, как правило, имеют небольшой объем оперативной

памяти (ОЗУ), несколько таймеров-счетчиков, встроенную систему тактирования, систему прерываний, несколько портов ввода-вывода и мн. др.

Выбор микроконтроллера. Современный рынок предлагает огромное число МК, различающихся по разрядности, быстродействию и функциональному составу. Сделать обзор всех МК, предлагаемых на рынке, не представляется возможным. Поэтому для сравнительного анализа возьмем МК трех семейств – MCS-51, PIC и AVR. Общее у этих МК то, что они широко распространены, для них доступно огромное количество документации и примеров программ, написано большое число книг и публикаций (также и в сети Интернет), цена этих МК очень низка.

Прежде чем представить краткий обзор (см. таблицу), сформулируем требования к МК с точки зрения его возможности работы в составе телевизионной системы:

- достаточное быстродействие, необходимое для точного формирования временных интервалов согласно требуемому телевизионному стандарту;
- наличие не менее восьми выводов для выдачи сигналов синхронизации (СГИ, ССИ, КГИ, КСИ, СС, видео, 2хССИ, КСИ/2), хотя для работы хватит и двух сигналов – СС и сигнал гасящей смеси;
- наличие не менее двух независимых таймеров-счетчиков для формирования периодов кадровой и строчной частот.

Обзор микроконтроллеров 3 семейств

Семейство	Быстродействие (тактов на цикл)	Максимальная тактовая частота, МГц	Число выводов	Число таймеров
MCS-51	12	24	до 32	2
PIC	4–8	40	до 66	до 4
AVR	1–2	16	до 53	до 4

Описание макета. Был собран действующий макет синхрогенератора, «сердцем» которого был выбран МК AT89C2051 семейства MCS-51, выпускаемый фирмой Atmel. Хотя данный МК относится к самому «медленному» семейству из перечисленных выше, его можно использовать для построения синхроузла.

Макет содержит собственно сам МК с цепями тактирования и сброса и схему формирования видеосигнала из сигналов гасящей смеси и синхросмеси. На выводах МК также формируются сигналы ССИ, СГИ, КСИ, КГИ. Все эти сигналы выведены на разъем и их можно контролировать с помощью осциллографа или визуально с помощью светодиода.

дов, тактируя МК внешним генератором с уменьшенной тактовой частотой.

Для демонстрации возможностей МК, последний формирует видеосигнал, подобный сигналу вещательного телевидения, но с прогрессивной разверткой (разрешение 313 строк). В зависимости от положения переключки формируется изображение «вертикальные линии» либо «шахматное поле», которое можно посмотреть, подключив вход «Видео» любого телевизора к выходу ПТС макета.

Достоинство такого метода формирования ТВ сигнала состоит в том, что, сменив программу МК (установив переключку), можно заставить его формировать другое изображение или работать в другом телевизионном стандарте. Недостатком является тот факт, что МК требуется конечное (хоть и подчас и очень малое) время на выполнение команды, вследствие чего временные интервалы телевизионного сигнала формируются с конечной точностью, иначе говоря, они кратны времени выполнения одного цикла МК. Однако небольшое отличие частот от стандартных не приводит к искажению картинки, так как работа систем автоматических подстроек в современном ТВ приемнике позволяет компенсировать эти неточности.

Описанное устройство можно использовать для настройки и регулировки телевизионных приемников.

ЛИТЕРАТУРА

1. Джакония В.Е. Телевидение. М.: Радио и связь, 1997. 640 с.
2. Казанцев Г.Д. Основы телевидения: Учебное пособие. Томск: ТМЦДО, 2002. 160 с.
3. AT89C2051 8-bit Microcontroller with 2K bytes flash. Datasheet. Atmel corporation. Rev. 0368E – 02/00.
4. Фрунзе А.В. Микроконтроллеры? Это же просто! В 3 т. М.: ООО ИД СКИМЕН, 2002. 336 с.

РАСЧЕТ ОТНОШЕНИЯ СИГНАЛ-ШУМ ДЛЯ ВИДЕОУСИЛИТЕЛЯ РАДИАЦИОННОСТОЙКОЙ ТВ КАМЕРЫ

Е.В. Зайцева, 5 курс РТФ; В.Н. Масленников, к.т.н., с.н.с.,

В.Ф. Коновалов, к.т.н., доцент

ТУСУР, г. Томск, т. 8-913-102-59-19, katerinka_zev@mail.ru

Причиной, ограничивающей чувствительность телевизионной системы, являются шумы, возникающие в процессе образования и усиления видеосигнала. Поскольку передающая камера должна работать в условиях повышенной радиации, то используется радиационностойкий видикон ЛИ-501. Видикон обладает высоким отношением сигнал-шум,

но создает малый уровень сигнала на нагрузке. Поэтому при его использовании отношение сигнал-шум на выходе усилительного тракта определяется шумами предварительного усилителя (в первую очередь шумами входного каскада) [1].

В настоящее время во входных каскадах используются полевые транзисторы с управляющим p - n -переходом, так как они сочетают в себе все основные положительные качества: малые габариты, низкие напряжения питания и высокую радиационную стойкость и обладают значительно меньшим уровнем шумов, обеспечивая при этом высокое входное сопротивление.

На рис. 1 показана схема подключения передающей трубки к предварительному усилителю на полевом транзисторе. Передающая трубка представляет собой генератор тока с большим внутренним сопротивлением ($R_{\text{IT}} = 10^6 \sim 10^7$ Ом).

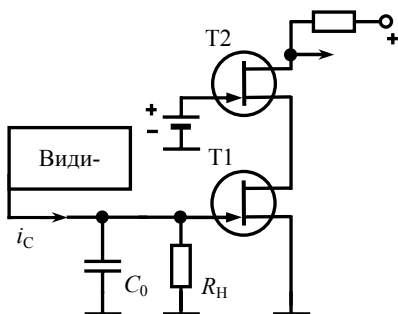


Рис. 1. Схема подключения передающей трубки к предварительному усилителю

Часто в качестве входного каскада видеоусилителей используется каскадная схема, которая позволяет заметно уменьшить влияние проходной емкости, повысить устойчивость усилителя и уменьшить уровень линейных искажений в области малых времен. При применении параллельной отрицательной обратной связи (ООС) напряжение ООС с выхода каскадной ступени или первых нескольких последующих каскадов усилителя подается на вход через резистор, который служит одновременно сопротивлением нагрузки датчика сигнала.

Частотная характеристика входной цепи определяется по известной формуле

$$M_{\text{BX}} = \frac{1}{\sqrt{1 + (2\pi f R_{\text{H}} C_{\text{H}})^2}}. \quad (1)$$

Компенсация завала частотной характеристики входной цепи производится в корректирующем усилителе с обратной частотной характеристикой:

$$M_{\text{КОР}} = \sqrt{1 + (2\pi f R_H C_H)^2} . \quad (2)$$

Мешающее действие шумовых помех определяется отношением сигнал-шум на выходе видеотракта. Это отношение равно

$$\Psi = U_{\text{С.ВЫХ}} / U_{\text{Ш.ВЫХ}} = (i_C R_H K_0) / U_{\text{Ш.ВЫХ}} = i_C / i_{\text{Ш.ПР}} , \quad (3)$$

где $U_{\text{С.ВЫХ}}$, $U_{\text{Ш.ВЫХ}}$ – напряжение сигнала и шума на выходе усилителя; K_0 – коэффициент усиления на средних частотах; $i_{\text{Ш.ПР}}$ – эквивалентный шумовой ток усилителя, приведенный ко входу.

Тепловые шумы сопротивления нагрузки видеокон в элементарной полосе частот df определяются выражением

$$\overline{di_{\text{Ш.РН}}^2} = 4kT \frac{1}{R_H} df , \quad (4)$$

где $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/град – постоянная Больцмана; T – абсолютная температура, К.

Тепловые шумы канала полевого транзистора представляют в цепи затвора эквивалентным источником э.д.с. $e_{\text{Ш}}$, причем

$$\overline{de_{\text{Ш}}^2} = 4kT r_{\text{Ш}} df . \quad (5)$$

Сопротивление шума полевого транзистора $r_{\text{ш}} = 0,7/S$, где S – крутизна передаточной характеристики полевого транзистора [2].

Иногда приходится еще учитывать фликкер-шумы и дробовые шумы затвора полевого транзистора.

Фликкер-шумы представляют вместе с тепловыми шумами канала с помощью частотно зависимой поправки ($f_{\text{ФЛ}}/f$):

$$\overline{du_{\text{Ш.ФЛ}}^2} = 4kT r_{\text{Ш}} \frac{f_{\text{ФЛ}}}{f} df , \quad (6)$$

где $f_{\text{ФЛ}}$ – граничная частота, на которой спектральные составляющие фликкер-шума и теплового равны.

Обратный ток p - n -перехода (I_3) вызывает дробовой шум в цепи затвора

$$\overline{di_{3.\text{ДР}}^2} = 2qI_3 df , \quad (7)$$

где $q = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл – заряд электрона.

В режиме разложения ТВ изображения, близкого к стандартному ($df \approx 6,5$ МГц), без большой погрешности можно пренебречь для упрощения фликкер-шумами и дробовыми шумами затвора.

Итоговое соотношение сигнал – шум будет выглядеть:

$$\Psi = \frac{i_C}{\sqrt{4kT \frac{1}{R_H} \left(1 + \frac{\eta_{ш}}{R_H} + \frac{(2\pi f_B C_0)^2 R_H \eta_{ш}}{3} \right) \Delta f_B}}, \quad (8)$$

где $\Delta f = f_B - f_H$ – полоса пропускания усилительного тракта, Гц.

В первом каскаде используем каскадное соединение, исходя из этого, входная емкость усилителя определяется по формуле:

$$C_{BX.Y} = C_{3И} + C_{3С} \cdot \left(1 + \frac{S_1}{S_2} \right) = 9,5 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}, \quad (9)$$

где $C_{3И}$ – входная емкость первого транзистора КП307Б, пФ; $C_{3С}$ – проходная емкость первого транзистора КП307Б, пФ; S_1, S_2 – крутизны передаточных характеристик транзисторов Т1 и Т2.

Эквивалентная емкость определяется [3] как

$$C_0 = C_{ТР} + C_K + C_{BX.Y} = 24,5 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}, \quad (10)$$

где $C_{ТР} = 5$ пФ – емкость трубки; $C_K = 10$ пФ – емкость соединительного кабеля; $C_{BX.Y} = 9,5$ пФ – входная емкость усилителя.

Рассчитанные зависимости отношения сигнал-шум от величины сопротивления нагрузки видеоконвертера приведены на рис. 2.

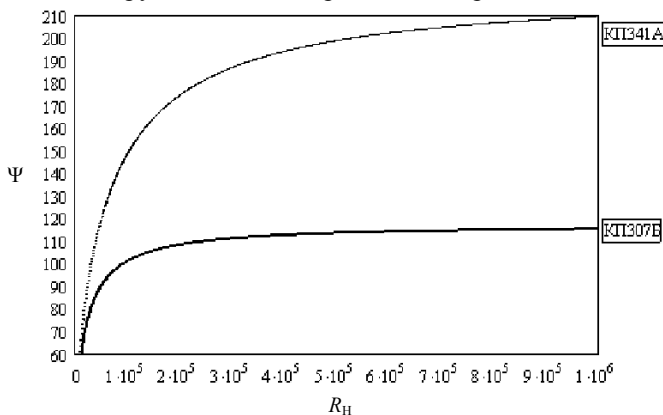


Рис. 2. График зависимости отношения сигнал- шум от R_H

Данные рис. 2 показывают, что выбирать сопротивление нагрузки более 600 кОм не имеет смысла. Введение глубокой отрицательной обратной связи по напряжению в первом каскаде позволяет уменьшить входное сопротивление усилителя до величины R_H/K_0 (без ухудшения шумовых свойств), что существенно упрощает его настройку.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агаханян Т.М. Интегральные микросхемы: Учеб. пособие для вузов. М.: Энергоатомиздат, 1983. 464 с.
2. Костыков Ю.В. Шумовые помехи в телевидении. М.: Энергия, 1977. 36 с.
3. Безруков В.Н., Беляев В.С., Дерибасов Г.Т. и др. Проектирование и техническая эксплуатация телевизионной аппаратуры: Учеб. пособие для вузов / Под ред. Е.В. Новаковского. М.: Радио и связь, 1994. 360 с.

МОДАЛЬНЫЕ ИСКАЖЕНИЯ ИМПУЛЬСНОГО СИГНАЛА В КАБЕЛЕ МАРКИ ТРП-3-0,5

*А.М. Заболоцкий, аспирант; И.Г. Бевзенко, студент 3 курса
ТУСУР, г. Томск, т. 8-923-404-87-50, ivan-bevzenko@yandex.ru*

В ЭМС сообществе интенсивно исследуется проблема защиты от преднамеренных электромагнитных помех (ПЭМП), из которых особо опасными представляются кондуктивные. Кроме хорошо известных искажений из-за потерь, дисперсии, отражений, наводок и нелинейностей, при распространении импульса в отрезке линии из N проводников (не считая опорного) он может подвергаться модальным искажениям, вплоть до разложения на N импульсов меньшей амплитуды из-за различия погонных задержек мод в линии [2–]. Полное разложение импульса в отрезке длиной l имеет место, если общая длительность импульса t_Σ меньше минимального модуля разности задержек распространения мод в линии, т.е. при условии [2]

$$t_\Sigma < l \cdot \min |\tau_{i+1} - \tau_i|, \quad i=1, \dots, N-1, \quad (1)$$

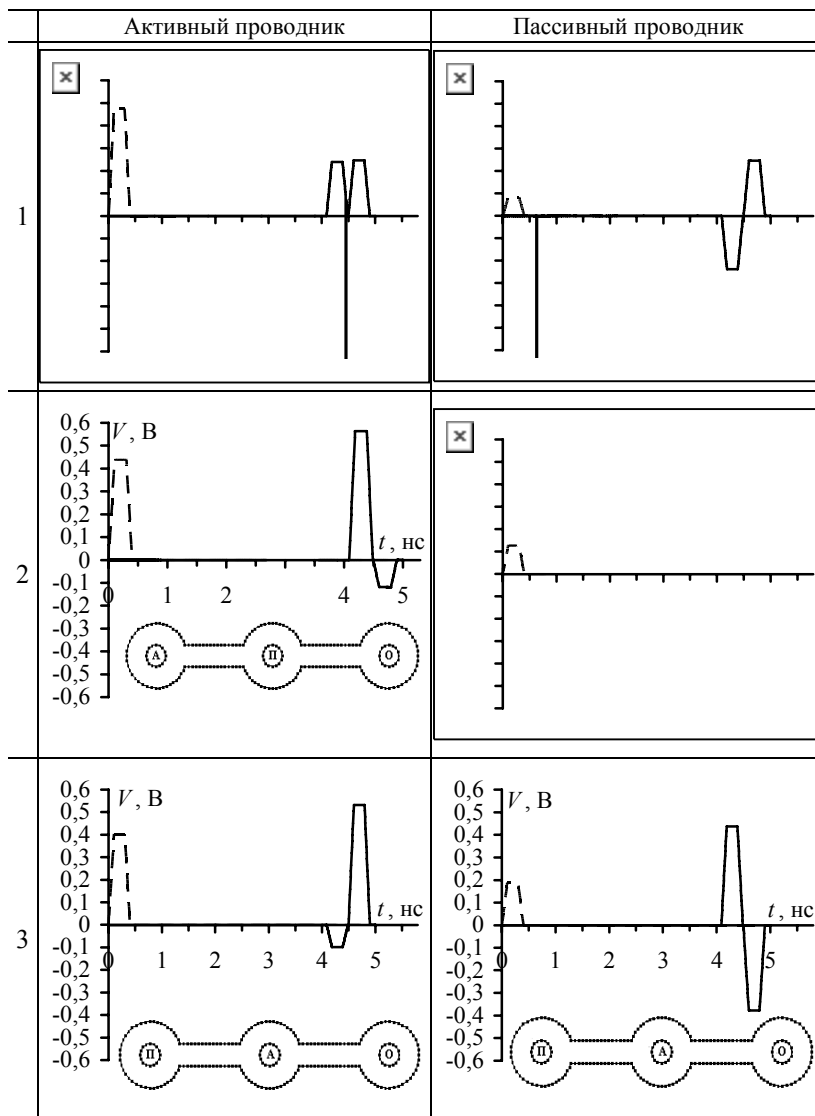
где τ_i – погонная задержка i -й моды отрезка.

Для трехпроводного кабеля марки ТРП-3*0,5 (рис. 1) разность погонных задержек мод при материале оболочки кабеля из ПВХ ($\epsilon_{r1}=3$). составляет примерно 0,4 нс/м [6].



Рис. 1. Поперечное сечение кабеля марки ТРП-3-0,5

**Формы сигнала на ближнем (---)
и на дальнем (—) концах кабеля марки ТРП-3*0,5**



Цель этой работы – показать модальные искажения импульсного сигнала в кабеле марки ТРП-3*0,5.

Моделирование выполнялись с помощью программного продукта «Система компьютерного моделирования электромагнитной совместимости», разработанного в 2006 г. в ходе выполнения инновационной программы ТУСУРа. Потери и дисперсия не учитывались, а к каждому проводнику на концах структуры подключались резисторы с сопротивлением, равным соответствующим диагональным элементам матрицы импедансов.

Рассматривались три варианта подключения к кабелю генератора импульса э.д.с. в форме трапеции ($t_r = t_f = 100$ пс, $t_d = 200$ пс) и выбора опорного проводника. Длина кабеля из условия (1) равна 1 м. Результаты моделирования отклика для трех вариантов представлены в таблице, где А – активный проводник, к которому подключен генератор импульса; О – опорный проводник; П – пассивный проводник.

Из полученных результатов видно, что в варианте 1 происходит полное разложение импульса. В последующих исследованиях предполагается рассмотреть реальные воздействия и нагрузки.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований по проекту 06-08-01242.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Электромагнитный терроризм на рубеже тысячелетий* / Под ред. Т.Р. Газизова. Томск: Томский государственный университет, 2002. 206 с.
2. Zabolotsky A.M., Gazizov T.R., Bova A.G., Radasky W.R. Dangerous pulse excitation of coupled lines // Pros. of the 17-th Int. Zurich Symp. on EMC. Zurich, Singapore, February 27 – March 3, 2006. P. 164–167.
3. Газизов Т.Р., Заболоцкий А.М., Кузнецова-Таджибаева О.М. Исследования модальных искажений импульсного сигнала в многопроводных линиях с неоднородным диэлектрическим заполнением. Электромагнитные волны и электронные системы. № 11, 2004. С. 18–22.
4. Заболоцкий А.М., Газизов Т.Р. Разложение и восстановление импульса в линиях передачи. Электромагнитные волны и электронные системы. 2006. № 11. С. 4–7.
5. Газизов Т.Р., Заболоцкий А.М. Модальное разложение импульса в отрезках связанных линий как новый принцип защиты от коротких импульсов. Технологии ЭМС. 2006. № 4. С. 40–44.
6. Заболоцкий А.М., Горин Е.Н., Бевзенко И.Г., Газизов Т.Р. Вычисление максимальной разности погонных задержек мод в кабелях ТРП-3*0,5 и RJ-12 для контроля модальных явлений // Проблемы информационной безопасности государства, общества и личности: Материалы 9-й Всерос. науч.-практ. конф., г. Томск, 15 февраля 2007 г. Томск: В-Спектор, 2007. С. 19–22.

МОДАЛЬНЫЕ ИСКАЖЕНИЯ ИМПУЛЬСНОГО СИГНАЛА В КАБЕЛЕ МАРКИ RJ-12

*А.М. Заболоцкий, аспирант; Е.Н. Горин, студент 4 курса
ТУСУР, г. Томск, т. 8-923-402-05-13, gorin_evgeny@mail.ru*

Информационная безопасность значительно зависит от целостности сигналов в линиях связи аппаратуры и её стойкости к кондуктивным электромагнитным воздействиям по этим линиям. Кроме хорошо известных искажений из-за потерь, дисперсии, отражений, наводок и нелинейностей, при распространении импульса в отрезке линии, с неоднородным диэлектрическим заполнением, из N проводников (не считая опорного) он может подвергаться мало известным модальным искажениям, вплоть до разложения на N импульсов меньшей амплитуды, из-за разности погонных задержек мод в линии [1]. Полное разложение импульса в отрезке длиной l имеет место, если общая длительность импульса t_{Σ} меньше минимального модуля разности задержек распространения мод в линии, т.е. при условии

$$t_{\Sigma} < l \cdot \min |\tau_{i+1} - \tau_i|, \quad i=1, \dots, N-1, \quad (1)$$

где τ_i – погонная задержка i -й моды отрезка.

Для четырехпроводного кабеля марки RJ-12 (рис. 1) разность погонных задержек мод при материале оболочки кабеля из ПВХ ($\epsilon_{r1}=3$). составляет примерно 1 нс/м [2].

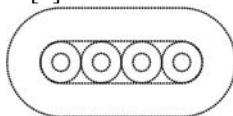


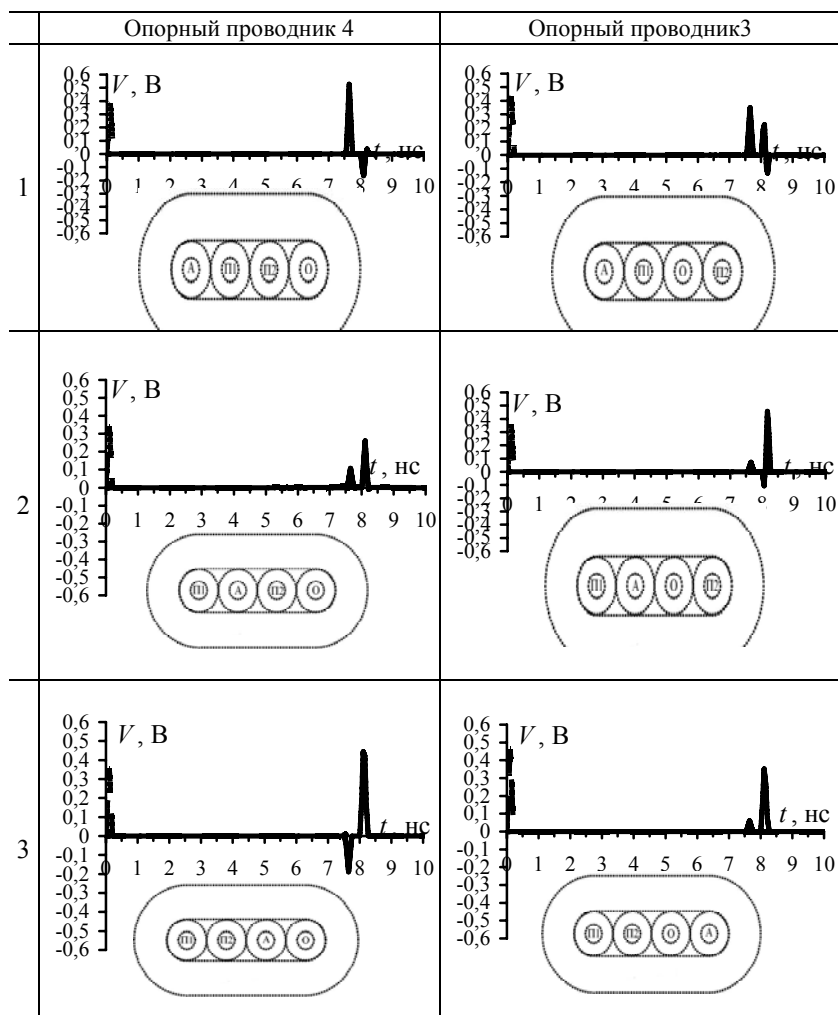
Рис. 1. Поперечное сечение кабеля марки RJ-12

Цель этой работы – показать модальные искажения импульсного сигнала в кабеле марки RJ-12.

Исследование выполнялось посредством компьютерного моделирования с помощью квазистатического подхода. Потери и дисперсия не учитывались, а к каждому проводнику на концах структуры подключались резисторы с сопротивлением, равным соответствующим диагональным элементам матрицы импедансов.

Рассматривались шесть вариантов подключения к кабелю генератора импульса э.д.с. в форме трапеции ($t_r = t_f = 100$ пс, $t_d = 10$ пс) и выбора опорного проводника. Длина кабеля из условия (1) равна 1 м. Результаты моделирования отклика для трех вариантов представлены в таблице, где А – активный проводник, к которому подключен генератор импульса; О – опорный проводник; П1 и П2 – пассивные проводники.

Формы сигнала на ближнем (---) и на дальнем (—) концах активного проводника кабеля RJ-12 рис. 1 а ($E_0=1$ В, $t_r=t_f=100$ пс, $t_d=10$ пс, $l=1,5$ м)



Из полученных результатов видно, что при различном выборе опорного и активного проводников разложение импульса происходит по-разному. В последующих исследованиях предполагается рассмотреть реальные воздействия и нагрузки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Газизов Т.Р., Заболоцкий А.М., Кузнецова-Таджибаева О.М.

Исследование модальных искажений импульсного сигнала в многопроводных линиях с неоднородным диэлектрическим заполнением. Электромагнитные волны и электронные системы. №11, 2004. С. 18–22.

2. Заболоцкий А.М., Горин Е.Н., Бевзенко И.Г., Газизов Т.Р. Вычисление максимальной разности погонных задержек мод в кабелях ТРП–3*0,5 и RJ -12 для контроля модальных явлений// Материалы 9-й Всерос. науч.-практ. конф. "Проблемы информационной безопасности государства, общества и личности", г. Томск, 15 февраля 2007 г. Томск: В-Спектор, 2007. С. 19–22.

НОВЫЙ СПОСОБ ПРЕДФИЛЬТРАЦИИ ПРИ РЕШЕНИИ СЛАУ С ПЛОТНЫМИ МАТРИЦАМИ ИТЕРАЦИОННЫМИ МЕТОДАМИ С ПРЕДОБУСЛОВЛИВАНИЕМ

С.П. Куксенко, аспирант

ТУСУР, г. Томск, KSergP@mail.ru

Предложен новый способ предфильтрации. Проверена его работоспособность в сочетании с итерационными методами BiCG и BiCGStab. Показано, что при использовании данного способа можно уменьшить время решения СЛАУ в сравнении с методом Гаусса в 10 раз.

Необходимость в решении системы линейных алгебраических уравнений возникает при использовании широкого класса моделей и подходов, используемых при автоматизированном проектировании аппаратуры. Так, например, решение задач излучения или рассеяния электромагнитной волны сложными объектами может быть получено с помощью интегральных уравнений, сводящихся методом моментов к СЛАУ

$$\mathbf{Ax} = \mathbf{b}, \quad (1)$$

где матрица $\mathbf{A} = a_{ij}$ – плотная, комплексная $N \times N$ матрица.

Использование предфильтрации (обнуления незначительных элементов) позволяет определить структуру разреженности матрицы СЛАУ, что, в свою очередь, дает возможность применить алгоритмы технологии разреженных матриц и, тем самым, уменьшить время решения. Поэтому разработка и исследование работы различных способов предфильтрации имеет большое значение.

Целью данной работы является апробация нового способа предфильтрации.

Вычисление итерационными методами зависит от обусловленности матрицы $\mathbf{A}$, оцениваемой числом обусловленности $\text{cond}(\mathbf{A}) = \|\mathbf{A}\| \cdot \|\mathbf{A}^{-1}\|$. С ростом $\text{cond}(\mathbf{A})$ обусловленность ухудшается, и для ряда проблем сходимость может оказаться очень медленной. Однако применение так называемого предобусловливания улучшает сходимость к требуемому решению. Его способы можно разбить на два класса: явные и неявные. Для представления системы (1) с явным предобусловливанием удобно воспользоваться записью

$$\mathbf{M}^{-1}\mathbf{A}\mathbf{x} = \mathbf{M}^{-1}\mathbf{b}. \quad (2)$$

Подробное рассмотрение способов формирования явного предобусловливания можно найти, например, в [1–4]. Неявно предобусловленную систему (1) удобно представить в виде уравнения

$$\mathbf{M}\mathbf{A}\mathbf{x} = \mathbf{M}\mathbf{b}. \quad (3)$$

Следует отметить, что предобусловливание может быть введено в схему метода без необходимости явного вычисления матричного произведения. Так, явное предобусловливание требует нахождения матрицы $\mathbf{M}^{-1}$ и умножения матрицы предобусловливания на вектор в каждой итерации. Для неявного – необходимо решать СЛАУ с матрицей $\mathbf{M}$ в каждой итерации. В ходе данной работы будет использовано только неявное предобусловливание [1, 5]. Оно хорошо себя зарекомендовало при решении СЛАУ с плотной матрицей [6, 7]. Данное предобусловливание основано на хорошо известном представлении матрицы в виде произведения двух матриц $\mathbf{M} = \mathbf{L}\mathbf{U}$, где $\mathbf{L}$ и $\mathbf{U}$ – нижне- и верхнетреугольные матрицы, соответственно [8]. Известно, что если исходная матрица разреженная, то матрицы $\mathbf{L}$ и $\mathbf{U}$ являются более плотными. Таким образом, введение предобусловливания требует до начала итераций сформировать матрицу $\mathbf{A}^s$ из $\mathbf{A}$ путем предфильтрации, осуществить ее LU-разложение и решать СЛАУ с матрицей $\mathbf{M}$ (один или два раза в зависимости от используемого итерационного метода) в каждой итерации.

Поскольку предобусловливание является способом уменьшения количества итераций за счет улучшения сходимости при итерационном решении СЛАУ, то выбор структуры (портрета) разреженности матрицы предобусловливания является одной из важных практических задач. В данной работе предлагается следующий способ предфильтрации: первоначально вычисляется Фробениусова норма матрицы, далее умножением полученного значения на задаваемый допуск обнуления (τ) получается искомый порог обнуления (ϵ)

$$a_{ij}^s = 0, \text{ если } |a_{ij}| < \epsilon = \|\mathbf{A}\|_F \cdot \tau. \quad (4)$$

После того, как из исходной матрицы сформирована разреженная матрица $\mathbf{A}^s$, необходимо, тем или иным способом, получить матрицу $\mathbf{M}$ в виде, удобном для применения в используемом итерационном методе.

Далее выполнена апробация работы предложенного способа предфильтрации при решении СЛАУ итерационными методами с предобусловливанием, на примере задачи определения тока в проводной антенне. Приведены и результаты решения методом исключения Гаусса. Все вычисления производились в системе компьютерного моделирования сложных структур проводников и диэлектриков TALGAT [9].

Используемые итерационные методы [5]: метод бисопряженных градиентов (BiCG) и стабилизированный метод бисопряженных градиентов (BiCGStab). В качестве способов формирования матрицы **M** использовалось полное LU-разложение и ILU(0)-разложение [1, 5, 10]. За начальное приближение вектора решения (**x**₀) принималось равенство всех его элементов 0,1. Итерации прекращались при условии

$$\|\mathbf{r}_k\|_2 / \|\mathbf{r}_0\|_2 < 10^{-8},$$

где **r**_к и **r**₀ – невязки после *k*-ой итерации и начального приближения соответственно, или при достижении 180 итераций.

В качестве объекта моделирования рассматривалась проводная антенна типа «трапецоида» [11] на частотах 4, 6, ..., 12 ГГц. В таблице приведены порядок (*N*), относительное число ненулевых элементов матрицы СЛАУ (NoneZero), время её заполнения (*T*_{form}) и время решения методом Гаусса (*T*_{GE}).

Характеристики матрицы для разных частот

<i>f</i> , ГГц	<i>N</i>	NoneZero, %	<i>T</i> _{form} , с	<i>T</i> _{GE} , с
4	1003	99,9986	7	18
6	1503	99,9989	15	62
8	1981	99,9996	27	142
10	2477	99,9998	42	276
12	2975	99,9997	61	483

На рис. 1, *а* показаны зависимости времени решения СЛАУ от *τ* для частоты 12 ГГц. Видно, что лучше использовать метод BiCGStab, а для предобусловливания – полное LU-разложение. Так, при оптимальном *τ*, за счет метода BiCGStab можно ускориться в 1,6 раза по сравнению с BiCG, а при выборе полного LU-разложения – ещё в 1,4 раза.

На рис. 1, *б* приведены частотные зависимости времени решения СЛАУ с предфильтрацией при оптимальном *τ*. Видно, что временной выигрыш, по сравнению с методом Гаусса, возрастает при увеличении частоты от 2–6 раз для 4 ГГц до 5–11 раз для 12 ГГц. Выбор оптимального *τ* (для частоты 12 ГГц *τ*=5·10⁻⁵) в сочетании с неполным LU-разложением и методом BiCGStab позволяет ускорить решения

СЛАУ в 7,5 раз по сравнению с методом Гаусса. При замене неполного разложения полным выигрыш возрастает до в 10 раз.

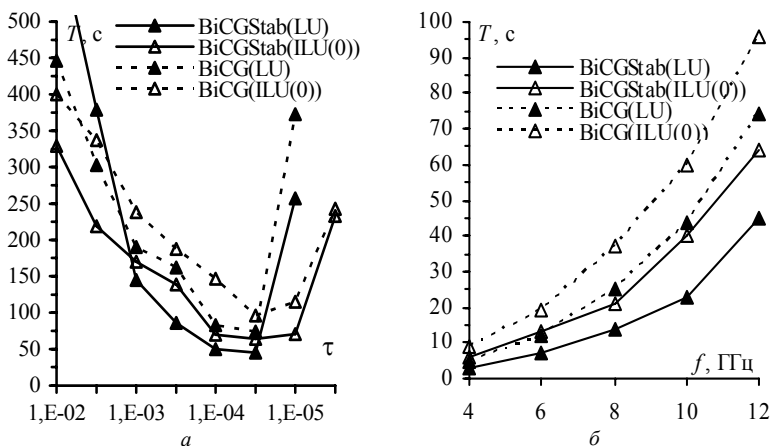


Рис. 1. Зависимости времени решения СЛАУ методами BiCG и BiCGStab с предобуславливанием, основанным на LU- и ILU(0)-разложениях: a – от τ для 12 ГГц; b – от частоты (полученные с предфильтрацией при оптимальном τ)

Таким образом, широко апробирована работа предложенного способа предфильтрации. В качестве дальнейших исследований необходимо сравнить предложенный способ с известными.

Литература

1. Saad Y. Iterative methods for sparse linear systems. Second edition. January 3rd, 2000.
2. Bruno Carpentieri, Iain S. Duff, Luc Giraud. Some sparse pattern selection strategies for robust Flobenius norm minimization preconditioners in electromagnetism. RAL-TR-2000-009.
3. Michele Benzi, Miroslav Tuma. Numerical experiments with two approximate inverse preconditioners. CERFACS TR/PA/97/11.
4. Michele Benzi, Miroslav Tuma. A comparative study of sparse approximate inverse preconditioners. Los Alamos national laboratory technical report LA-UR-98-0024.
5. Barrett R., Berry M., Chan T.F., Demmel J., Donato J., Dongarra J., Eijkhout V., Pozo R., Romine C., and H. van der Vorst. Templates for the solution of linear systems: building block for iterative methods. SIAM, Philadelphia, 1994.
6. Lee J., Zhang J., Lu C. Incomplete LU preconditioning for large scale dense complex linear systems from electromagnetic wave scattering problems // J. of Comput. Phys., 2003. 185, P. 158–175.

7. Erik Bangtsson, Maya Neytcheva. Approaches to reduce the computational cost when solving linear systems of equations arising in Boundary Element Method discretizations. 2003. Uppsala University, Department of Information Technology, TR/2003-053.

8. Ортега Дж. Введение в параллельные и векторные методы решения линейных систем. М.: Мир, 1991.

9. Газизов Т.Р., Мелкозеров А.О., Газизов Т.Т., Куксенко С.П., Заболоцкий А.М. Комплексная оптимизация генетическими алгоритмами для обеспечения ЭМС // Сб. науч. докл. VI Межд. симп. по электромагнитной совместимости и электромагнитной экологии. СПб.: 2005. С. 160–164.

10. Баландин М.Ю., Шурина Э.П. Методы решения СЛАУ большой размерности. НГТУ, Новосибирск, 2000.

11. Kominami M., Rokushima K. On the integral equation of piecewise linear antennas, IEEE Trans. Antennas Propagat. September 1981. Vol. 29. P. 787–792.

ЗАВИСИМОСТЬ ОПТИМАЛЬНОГО ДОПУСКА ОБНУЛЕНИЯ ОТ ДИСКРЕТИЗАЦИИ АНТЕННЫ

***С.П. Куксенко, аспирант; С.Т. Сивцев, студент 3 курса
ТУСУР, г. Томск, KSergP@mail.ru***

Исследована зависимость оптимального значения допуска обнуления от дискретизации антенны, моделирование которой сводится к решению СЛАУ с плотной матрицей итерационными методами с предобуславливанием. Показан выигрыш во времени решения СЛАУ от 2 до 11 раз в сравнении с методом Гаусса.

Как известно, решение задач излучения или рассеяния электромагнитной волны сложными объектами может быть получено с помощью интегральных уравнений, сводящихся методом моментов к СЛАУ с плотными матрицами [1]. При этом вычислительные затраты идут на формирование матрицы и собственно решение СЛАУ. Затраты на формирование можно снизить за счет использования быстрых аналитических формул вместо точного, но вычислительно затратного численного интегрирования. Между тем, другим ресурсом снижения вычислительных затрат является корректный выбор детальности дискретизации для конкретной задачи. Наименьшей приемлемой дискретизацией полагают $\lambda/10$ [1]. Увеличение дискретизации даёт более точные результаты, но каждое удвоение детальности дискретизации удваивает порядок N матрицы СЛАУ. Это увеличивает затраты памяти на её хранение и общее время её вычисления в 4 раза (поскольку она состоит из N^2 элементов) и увеличивает время решения СЛАУ методом Гаусса в 8 раз (поскольку оно $\sim N^3$). Очевидно, что корректный выбор детальности дискретизации существенно сокращает вычисления. Наконец, если ресурсы снижения

порядка матрицы и уменьшения времени её заполнения исчерпаны, и основные вычислительные затраты связаны с решением СЛАУ, то можно ускорить её решение с помощью итерационных методов. В связи с тем, что необходимо решать СЛАУ с плотной, как правило, плохо обусловленной матрицей, выгоднее использовать итерационные методы с предобуславливанием (пояснение принципа предобуславливания можно найти, например, в [2]). Поскольку матрица плотная, то необходимо определить структуру разреженности матрицы предобуславливания с помощью предфильтрации исходной матрицы путем обнуления элементов, которые меньше определенного порога, задаваемого таким параметром, как допуск обнуления τ [3]. Известно [3] существование оптимального допуска обнуления по критерию минимизации времени решения СЛАУ. Однако не исследовано, как зависит оптимальный допуск обнуления от изменения дискретизации. Между тем, выявление этой зависимости важно для минимизации времени решения СЛАУ при изменении дискретизации моделируемой структуры. Цель данной работы — восполнить этот пробел.

Использовался итерационный метод BiCGStab [4] с предобуславливанием, полученным с помощью LU-разложения, в сочетании с упомянутым способом предфильтрации. Он основан на нормах строк и задаваемом допуске обнуления и показал свою работоспособность при решении указанных задач [5]. Также приведены результаты решения методом исключения Гаусса. Все вычисления производились в системе компьютерного моделирования сложных структур проводников и диэлектриков TALGAT [6].

За начальное приближение вектора решения ($\mathbf{x}_0$) принималось равенство всех его элементов 0,1. Итерации прекращались при условии

$$\|\mathbf{r}_k\|_2 / \|\mathbf{r}_0\|_2 < 10^{-8},$$

где $\mathbf{r}_k$ и $\mathbf{r}_0$ — невязки после k -ой итерации и начального приближения соответственно, или при достижении 180 итераций. Моделировался ток в проводной антенне типа «трапецоида» [7] на частоте 3 ГГц при дискретизациях: $\lambda/10$, $\lambda/20$, $\lambda/30$ и $\lambda/40$.

В табл. 1 приведены порядок (N), относительное число ненулевых элементов матрицы СЛАУ (NoneZero), время её заполнения (T_{form}) и время решения методом Гаусса (T_{GE}) при изменении дискретизации. Из таблицы видно упоминавшееся удвоение порядка матрицы при удвоении дискретизации. Также видно, что при использовании метода Гаусса временные затраты на решение СЛАУ намного превышают затраты на заполнение матрицы.

Таблица 1

**Характеристики матрицы (трапециды)
и время решения методом Гаусса при изменении дискретизации**

Дискретизация	N	NoneZero, %	T_{form} , с	T_{GE} , с
$\lambda/10$	765	99,99743	4	8
$\lambda/20$	1513	99,99908	16	63
$\lambda/30$	2247	99,99972	35	206
$\lambda/40$	2997	99,99973	62	497

В табл. 2 приведены время решения СЛАУ итерационным методом (T) и число итераций (N_{it}) в зависимости от допуска обнуления (τ) при изменении дискретизации. Из таблицы видно изменение оптимального допуска обнуления при изменении дискретизации. Так, оптимальным значением τ при дискретизации $\lambda/10$ является $5 \cdot 10^{-3}$, а при $\lambda/40$ уже составляет 10^{-4} . Шагу изменения дискретизации соответствует примерно шаг изменения оптимального допуска обнуления. Выигрыш же во времени решения СЛАУ по сравнению с методом Гаусса увеличивается от 2 ($\lambda/10$) до 11 раз ($\lambda/40$) для оптимального τ . Отметим, что в этом случае в общих временных затратах начинает преобладать время формирования матрицы.

Таблица 2

**Время решения итерационным методом и число итераций
в зависимости от допуска обнуления при изменении дискретизации**

Дискретизация	τ	10^{-1}	$5 \cdot 10^{-2}$	10^{-2}	$5 \cdot 10^{-3}$	10^{-3}	$5 \cdot 10^{-4}$	10^{-4}	$5 \cdot 10^{-5}$
$\lambda/10$	T, c	4	5	2	2	5	9	13	-
	N_{it}	36	40	15	12	6	5	3	-
$\lambda/20$	T, c	75	75	11	10	8	7	60	-
	N_{it}	180	180	21	18	11	8	6	-
$\lambda/30$	T, c	166	166	151	38	22	20	82	-
	N_{it}	180	180	163	35	16	13	7	-
$\lambda/40$	T, c	351	307	307	292	53	51	44	196
	N_{it}	180	180	180	172	19	17	8	7

ЛИТЕРАТУРА

1. Харрингтон Р.Ф. Применение матричных методов к задачам теории поля. Ж. ТИЭЭР, №2, 5–19 (1967).
2. М.Ю. Баландин, Шурина Э.П. Методы решения СЛАУ большой размерности. НГТУ, Новосибирск, 2000.
3. Газизов Т.Р., Куксенко С.П. Оптимизация допуска обнуления при решении СЛАУ итерационными методами с предобуславливанием в задачах вычислительной электродинамики. Электромагнитные волны и электронные системы, №8, 2004, с. 26–28.

4. Barrett R., Berry M., Chan T.F., Demmel J., Donato J., Dongarra J., Eijkhout V., Pozo R., Romine C., and H. van der Vorst. Templates for the solution of linear systems: building block for iterative methods. SIAM, Philadelphia, 1994.

5. Куксенко С.П., Газизов Т.Р. Методы решения СЛАУ в задачах вычислительной электродинамики / Вестник Томского государственного педагогического университета. Серия: естественные и точные науки. Специальный выпуск: информационные технологии. 2005. с. 144–149.

6. Газизов Т.Р., Мелкозеров А.О., Газизов Т.Т., Куксенко С.П., Заболоцкий А.М. Комплексная оптимизация генетическими алгоритмами для обеспечения ЭМС // Сб. науч. докл. VI Межд. симп. по электромагнитной совместимости и электромагнитной экологии, СПб.: 2005. С. 160–164.

7. Kominami M., Rokushima K. On the integral equation of piecewise linear antennas, IEEE Trans. Antennas Propagat. September 1981. Vol. 29. P. 787–792.

УСТРОЙСТВО ОТОБРАЖЕНИЯ ВИЗУАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ ПРИ ПОМОЩИ КРУГОВОЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ РАЗВЕРТКИ С ДИНАМИЧЕСКИ ИЗМЕНЯЮЩЕЙСЯ ЧАСТОТОЙ ВРАЩЕНИЯ

И.Д. Краснов, студент гр. 371м

ТУСУР, тел: 8 913 822 1896, e-mail: laka_2000@mail.ru

Введение. Системы изображения с круговой и механической развёрткой находят применения в случае, когда уже имеется вращающийся объект, с видимой площади которого необходимо отобразить полезную информацию. Актуально также применение системы изображения с круговой развёрткой в случае покрытия большой площади отображения. В этой области с этим методом конкурирует проекционный способ, но при использовании точечных лазерных источников излучения возможно применение только механической развёртки.

В нашей работе остановимся только на аспекте применения метода отрисовки изображения с круговой развёрткой вращающегося объекта при индикации перпендикулярно оси вращения, притом скорость вращения динамична, т.е. изменяется в широких пределах.

Поясним некоторые термины в аспектах круговой развёртки и используемые условные понятия:

– под кадром подразумевается полный цикл, который совершает источник излучения, описывая полный круг в плоскости относительно оси вращения;

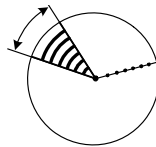
– пиксель – точечный источник излучения;

– строка или строка пикселей – рядом расположенные пиксели, выстроенные в один ряд.

– строка отображения или сектор отображения в нашем случае – это сектор круга, заполненный пикселями, движущимися по концентрической траектории;

– дрожание при развертке изображения вызывается, когда отрисовка соседних кадров имеет расхождение от одного и более строк пикселей;

– диск индикации – внешняя поверхность отображения информации.



Методы стабилизации кадра отображения

Основные источники нестабильности, несущие угрозу стабильности целостности отображаемой информации, – это непостоянство скорости вращения в пределах одного кадра и непостоянство скорости вращения между соседними кадрами. Сами методы стабилизации базируются на известности местоположении текущего состояния источников излучения относительно начала кадра, что возможно только по срабатыванию того или иного типа датчика или системы датчиков.

Для определения частоты вращения диска с изображаемой информацией используются специальные датчики. В данной работе используется абсолютный, многооборотный датчик угла поворота – датчик угла поворота, который помимо информации о положении вала в пределах одного оборота, выдает однозначную информацию о номере оборота вала. Этот датчик также полностью сохраняет информацию при пропадании напряжения питания, т.к. положение вала в пределах одного оборота и номер оборота регистрируются физически с помощью нескольких оптических кодовых дисков. На выходе этого датчика получаем двоичный код, который в дальнейшем подается в процессор. В свою очередь цифровой процессор управляет светодиодами, которые отображают заданную информацию.

Структура устройства

Структура устройства представлена на рис. 1. Блок «Датчик угла» выдаёт значение отклонения угла диска, «интерфейс и согласование» переводит цифровые и электрические параметры датчика в вид воспринимаемый «контроллером» который в свою очередь их обрабатывает и формирует сигналы управле-

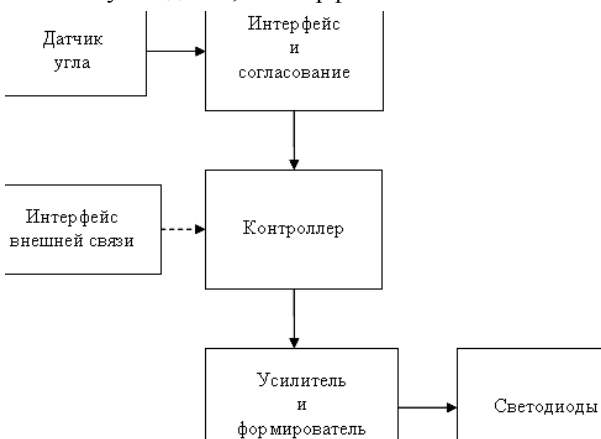
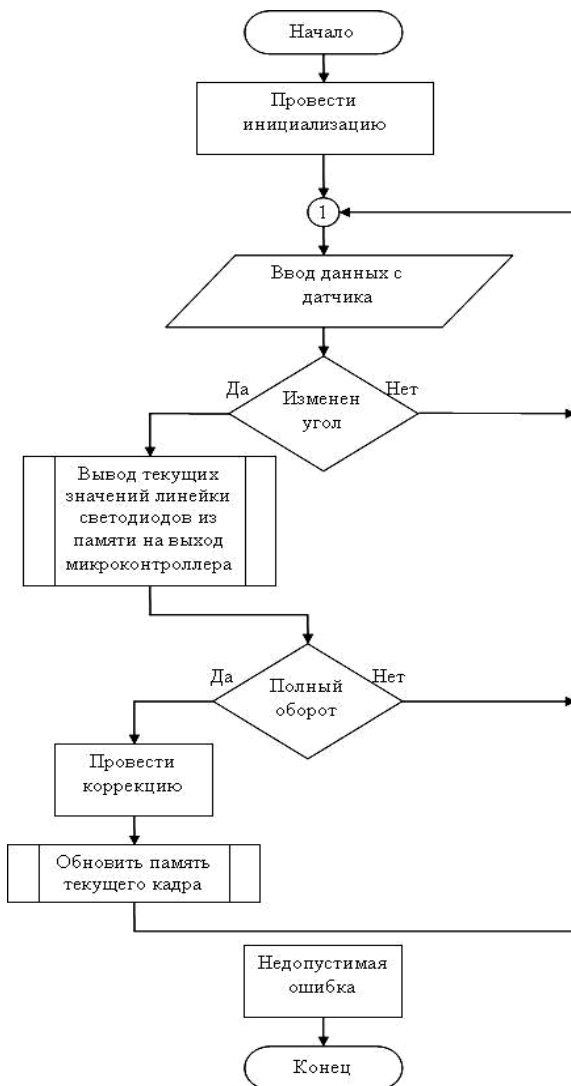


Рис. 1 Структура устройства

ния индикаторами, поступающие через «усилитель и формирователь» на «светодиоды». Также можно предусмотреть «интерфейс внешней связи» для подключения к компьютеру, тогда облегчится оперативное обновления и исправление микрокода «контроллера», а также динамическая смена изображения.



Общий алгоритм программы построен из предположения что текущее заполнение кадра уже сформировано в виде константного поля в постоянной памяти контроллера или пополняется из внешнего источника и представлен на рис. 2.

После проведения «инициализации» контроллера, вводятся данные с датчика угла поворота и проводя сравнения на изменение текущего значения в случае отсутствия изменения ввод данных повторяется. При изменении угла вызывается процедура смены текущего состояния линейки светодиодов в данном секторе поворота диска, что представляет из себя смена состояния выходов контроллера,

Рис. 2. Общий алгоритм программы

после отработки этой процедуры проверяется завершённость полного оборота и в случае отсутствия такового состояние алгоритма переходит в точку 1.

По завершению полного оборота «проводится коррекция» используемых контроллером переменных, указателей, флагов и признаков. Если при отображении требуется динамическая смена изображения, то необходимо ввести процедуру смены и «обновления памяти текущего кадра» которая заменяет его из внешнего источника или из постоянной памяти контроллера. По завершению всё опять возвращается в алгоритмическую точку 1.

Как видно алгоритм построен по принципу бесконечного цикла и выход из него возможен только по причине аппаратных сбоев контроллера или устройства в целом.

Необходимо отметить что в случае реализации связи с внешним устройством. часть блока «обновления памяти текущего кадра» отвечающую за приём и передачу данных лучше реализовать в виде процедуры прерывания.

СЕКЦИЯ 4

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ. ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ РАДИООБОРУДОВАНИЯ

Председатель – Масалов Е.В., д.т.н., профессор каф. КИПР

ПОДСЕКЦИЯ 4.1

ПРОЕКТИРОВАНИЕ БИМЕДИЦИНСКОЙ АППАРАТУРЫ

Председатель – Еханин С.Г., д.ф.-м.н., профессор КУДР

ДИСТАНЦИОННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ ТЕРМОМЕТР

А. Баннова, студентка 5 курса; А. Архипова, студент 4 курса;

Е. Казак, студент. 3 курса

ТУСУР, г. Томск, т. 51-23-27, Stalker@main.tusur.ru

В настоящее время существует множество приборов контроля физического состояния человека. Одним из этих приборов является термометр. Необходимость медицинских термометров очевидна. Очевидно также и то, что этот прибор должен быть полностью безопасен в применении. Это обусловило создание цифровых термометров, не содержащих ртути, опасную для здоровья человека. Частично решают эту проблему контактные электронные термометры. Но век прогресса сопровождается не только новейшими технологиями, но и разного рода опасными заболеваниями.

В связи с этим предлагаем вашему вниманию медицинский термометр, не требующий непосредственного контакта с телом пациента (а значит не требующий дополнительной дезинфекции) – это дистанционный медицинский термометр, определяющий температуру тела человека бесконтактным путем.

Подобные приборы дистанционного определения температуры для технических нужд уже существуют [1–3] и успешно используются в таких отраслях, как металлургия, нефтегазовая промышленность и т.п., т.е. для определения высоких температур. Что касается медицины, то данный прибор находится на стадии развития. И со временем будет

внедрен, поскольку актуальность бесконтактного определения температуры тела человека растет, например, для более точной диагностики болезни необходимо знать не только температуру кожи, но и отдельных органов. Создание такого прибора стало возможным благодаря появлению пироэлектрических датчиков.

Пироэлектрические инфракрасные датчики являются пассивными датчиками, которые преобразуют энергию поглощенного теплового излучения в электрический сигнал. Основное физическое явление, характерное для пироэлектриков, – это способность кристалла изменять свою спонтанную поляризацию при изменении температуры. Аналогично пьезоэффекту, пироэлектрический эффект проявляют кристаллы с нецентросимметричной кристаллической решеткой. Полезный сигнал усиливается встроенным в ИК-датчик усилителем на полевом транзисторе. Поскольку датчик реагирует на ИК-излучение в широком диапазоне, для попадания спектра в диапазон излучения человека (максимум такого излучения приходится на длину волны 9,4 мкм) применяется специальный фильтр, ограничивающий восприятие датчиком ИК-излучения только в диапазоне от 8 до 14 мкм. Для увеличения дальности зоны действия датчика применяют линзы Френеля.

Внутреннее пространство датчика заполняется сухим воздухом или азотом, окошко делается из кремния.

Поясним работу электрической принципиальной схемы дистанционного термометра с пироэлектрическим датчиком.

В качестве индикатора выбран ИЖЦ-5, который подключается непосредственно к выходам АЦП (K572ПВ5). При этом транзистор VT1 запитывает четыре сегмента первого разряда, отображающие знак градуса и индикацию десятичной точки во втором разряде ЖКИ HG1. Подложка ЖКИ (1, 34 ножки) и точки остальных разрядов посажены на 21 ножку АЦП (чтобы не отображались). Следует отметить, что контакты неиспользованных трех сегментов первого разряда также нужно соединить с 21 ножкой АЦП.

Сигнал с пироэлектрического датчика запитанного через резистивный делитель, поступает на вход (инвертирующий вывод 30) АЦП через фильтр C1. Конденсатор C5 служит для хранения образцового напряжения, резистор R3 и конденсатор C2 являются элементами интегратора микросхемы, C3 входит в цепь автокоррекции нуля. Элементы R4, C4 определяют частоту задающего генератора (50 кГц).

Резисторы R1 и R2 лучше использовать типа C2-29B; подстроечные R6 и R7 – СП5-2, остальные МЛТ – 0,125. Номинал R1 и R2 может быть и больше, тогда соответственно номинал R6 и R7 необходимо пропорционально увеличить. АЦП можно заменить на импортный аналог – ICL7106, можно использовать KP572ПВ2, но тогда вместо ЖКИ нужно использовать светодиодный индикатор.

ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.meratek.ru>
2. Хрусталеv Д. Детекторы перемещения и их практическое применение // Схемотехника. 2001. № 3. С. 2–4.
3. Чупков В. Автоматический включатель освещения на базе инфракрасного датчика движения // Техника молодежи. 2004. № 9.

АВТОНОМНЫЙ АППАРАТ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОЙ КОРРЕКЦИИ (АПЭК-2)

***Е. Бугров, студент 5 курса; А. Бомбизов, инженер НИИ ЭТОС
ТУСУР, г. Томск, т. 51-23-27, Stalker@main.tusur.ru***

Увеличение числа хронических иммунодефицитных заболеваний устойчивых к медикаментозной терапии, появление аллергических и лекарственных форм заболеваний вынуждает ученых искать другие методы лечения: безвредные и более эффективные, способные повысить иммунитет и защитные силы организма.

Многочисленные исследования показали, что монохроматические излучения участвуют в осуществлении гомеостатических реакций молекулярного, клеточного, тканевого уровня, а также уровня функциональных систем и целого организма. Ученые установили, что электромагнитные излучения волн оптического диапазона являются естественными регуляторами биохимических, биофизических и энергоинформационных процессов в организме человека. Они способствуют достижению психосоматической гармонии, могут заменять лекарства и служить универсальным средством лечения многих заболеваний [2].

Альфа-ритм представляет собой ритмический компонент ЭЭГ с частотой, лежащей в диапазоне 8–13 Гц (многие авторы указывают в качестве нижней границы 7,5 или даже 7 Гц, а в качестве верхней – от 12 до 14 Гц), имеющей максимальную амплитуду в затылочной области коры. Амплитуда колебаний составляет до 50 мкВ.

При возбужденном (стрессовом) состоянии человека частота альфаритма более 10 Гц, спокойному уравновешенному состоянию организма соответствует частота 9,2 Гц. Последовательное воздействие модулированным световым излучением на левое и правое веки нормализует работу правого и левого полушарий головного мозга, навязывает альфаритм, соответствующий нормальному состоянию организма [3].

АПЭК-2 предназначен для индивидуального использования на работе и в быту с целью психологической реабилитации (снижения общей стрессовой нагрузки), а также для снятия усталости органов зрения и

профилактики заболеваний глаз людей, чья жизнь связана с высокой нагрузкой на органы зрения (рис. 1).

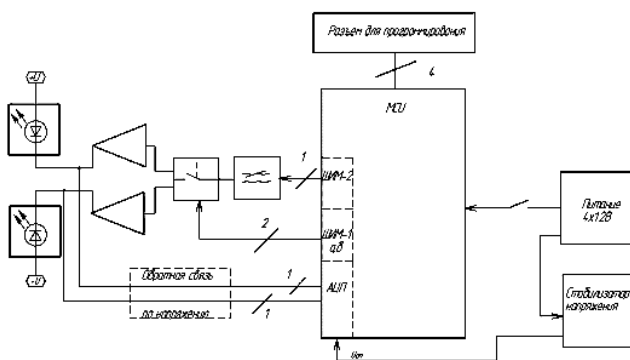


Рис. 1. Структурная схема АПЭК-2

Аппарат позволяет неинвазивно воздействовать монохроматическим, некогерентным оптическим излучением на фиксированных длинах волн в диапазоне от 370 до 680 нм на орган зрения (глаза) пациента через закрытые или открытые веки (рис. 2).

Аппарат может применяться в лечебных учреждениях и домашних условиях.

Оптический терминал предназначен для фотостимуляции импульсами света различных длин волн («теплыми» спектрами света – красным, оранжевым, желтым – для повышения тонуса симпатического отдела вегетативной нервной системы; синего спектра света – для повышения тонуса парасимпатического отдела вегетативной нервной системы; зеленого спектра – для стабилизации вегетативной нервной системы), для каждого цвета свой терминал, всего 6 терминалов.

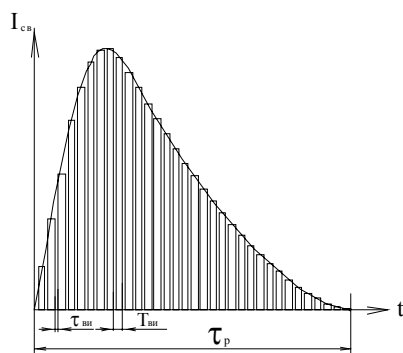


Рис. 2. Форма рабочего импульса излучения и импульсов внутриимпульсной модуляции

Оптический терминал выполнен в форме очковой оправы с непрозрачными стеклами, на внутренней (ближайшей к глазам) стороне которых расположены светодиоды.

АПЭК-2 спроектирован на базе микроконтроллера ATmega8L фирмы Atmel. Питание прибора осуществляется с помощью автономного источника, установленного в батарейном отсеке, который находится на оправе. В качестве автономного источника питания выступают четыре аккумулятора Д-0,03НВ с общим напряжением 4,8 Вольт. Работа АПЭК-2 осуществляется за счет программирования и настройки микроконтроллера. Микроконтроллер осуществляет выработку импульса куполообразной формы с частотой 9,2 Гц и длительностью 2 мс, который соответствует альфа-ритму головного мозга в спокойном состоянии.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Хромотерапия* заболеваний глаз, стрессов и психофизиологических расстройств: Методические рекомендации / Б.Н. Буренко, В.А. Зверев. М., 2003.
2. *Цветотерапия* // Интернет ресурс.
3. *Биорезонансная офтальмоцветотерапия*: Сборник методических рекомендаций / В.А. Зверев.

ДАТЧИК ДЛЯ БИОРАДАРА

А. Лузина, студентка 5 курса;

А. Алексахин, А. Манжос – студенты 4 курса

ТУСУР, г. Томск, т.51-23-27, Stalker@main.tusur.ru

В настоящее время существует широкий спектр приборов, предназначенных для поиска биологических объектов под завалами.

Известные типы поисковых приборов по физическому принципу применяемых методов делятся на: оптические, акустические, тепловизионные, радиолокационные, рентгеновские, приборы, использующие химические анализаторы [1].

Совершенно новая разработка – приборы поиска серии георадаров. Обследования водных бассейнов, в том числе по состоянию ледовых заторов, дна водоемов, поиск объектов на дне водоемов, поиск неоднородностей в грунтах (коммуникаций и локальных объектов), обследование строительных конструкций – это не полный перечень задач, решаемых георадаром. Сегодня на рынке представлено несколько отечественных разработок: «Грот», «Око-М1», «Око-2», «Георадар-500» и др. [1].

Есть интересные с точки зрения задач поиска отечественные разработки, например оптико-электронные системы, реализуемые на принципе использования монофотонных технологий, так называемые МДМ-локаторы. Для принятия их на оснащение поисково-спасательных служб или авиации МЧС России необходимо проведение полноценной опытно-конструкторской работы с целью адаптации приборов под задачи министерства.

Как видно из представленной выше информации, разработка приборов поиска пострадавших под завалами зданий и лавинами является актуальной проблемой современности.

Разрабатываемый метод локации биологических объектов является принципиально новым. Физический принцип разрабатываемого пассивного радиоизотопного радара [2] основан на том, что организм человека обладает внутренним радиоактивным излучением, благодаря присутствию естественного радиоактивного изотопа калия (K^{40}). Детектирование биологических объектов под завалами и другими преградами осуществляется при помощи датчика радиоактивного излучения. Сигнал от датчика поступает на портативный персональный компьютер, где происходит его обработка при помощи пакета программного обеспечения. С использованием методов математического анализа и метаматематической статистики слабый полезный сигнал выделяется от фоновое излучения и на основе полученных данных делается заключение о наличии или отсутствии биологического объекта в зоне действия датчика.

Предлагаемый вариант конструкции прибора удовлетворяет следующим требованиям [3]:

- обеспечение необходимой механической прочности;
- электробезопасность при эксплуатации;
- обеспечение удобства монтажа, ремонта и эксплуатации;
- обеспечение нормального теплового режима работы электрорадиоэлементов прибора.

Базовым элементом конструкции является свинцовый экран, выполняемый из листового свинца, толщиной 3 мм. К внутренней части экрана крепится корпус со счетчиками Гейгера, выполняющий изолирующую функцию.

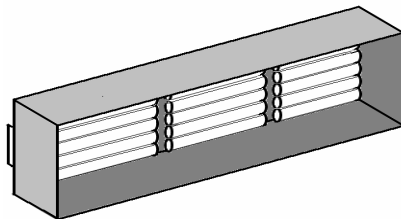
Корпус для счетчиков представляет собой бокс в виде параллелограмма и состоит из основания и крышки. Газоразрядные счетчики Гейгера-Мюллера располагаются внутри корпуса на продольных упорах.

В отдельном корпусе располагается миниатюрный печатный узел. Печатный узел крепится в пазы, предусмотренные для него в верхней части корпуса. Крышка в закрытом состоянии упорами фиксирует плату и счетчик Гейгера. Корпус печатного узла крепится к верхней стороне свинцового экрана. На этой же стороне расположена ручка для переноски датчика.

Габаритные размеры собранного корпуса – $341 \times 81 \times 22,5$ мм.

Конструкция устройства показана на рисунке.

Диаграмма направленности формируется расположением датчиков в одной плоскости. Увеличение количества датчиков по сравнению с вариантом прибора [2] существенно повысило чувствительность прибора и уменьшило время измерения. Чтобы исключить влияние оператора и окружающих людей на датчик прибора, диаграмма направленности датчика искусственно сужается при помощи свинцового экрана.



Конструкция прибора в трехмерном изображении

Сигнал от датчика поступает на ноутбук, где происходит его обработка при помощи пакета программного обеспечения. С использованием методов математического анализа и метаматематической статистики слабый полезный сигнал выделяется от фоновое излучения и на основе полученных данных делается заключение о наличии или отсутствии биологического объекта в зоне действия датчика. Питание датчика осуществляется от двух аккумуляторов мобильного телефона.

По сравнению с существующими на сегодняшний день на рынке устройствами, разрабатываемый прибор обладает рядом преимуществ:

- отсутствуют у объекта разного рода маяки, как активные, так и пассивные, а следовательно, поиск может вестись в любой непредвиденной ситуации.
- Малые габаритные размеры и масса прибора облегчают его использование в полевых условиях. Не требуется установка дополнительных антенн как при сканировании радиолокационными приборами.
- Отсутствует необходимость двустороннего доступа к исследуемой области, как при рентгеновском сканировании.
- Отсутствует необходимость прямого доступа к биологическому объекту, как при оптическом поиске пострадавших.

В ходе дальнейшего усовершенствования прибора необходимо найти наиболее оптимальный алгоритм обработки и форму представления данных. Также возможна дальнейшая замена ноутбука на карманный компьютер.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бугаев А.С., Васильев И.А. Обнаружение и дистанционная диагностика состояния человека за препятствиями // Радиотехника. 2003. № 7.
2. Межебицкий Б.Н., Саятин Н. Пассивный радиоизотопный биорадар // Научная сессия ТУСУР-2006: Матер. докл. Всероссийской научно-технической конференции. Ч. 1. С. 164–165.
3. Янишин А.А. Теоретические основы конструирования, технологии и надежности ЭВА: Учеб. пособие для вузов. М.: Радио и связь, 1983. 312 с.

ПОРТАТИВНОЕ ДИАГНОСТИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО С БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ

В. Молошников, аспирант; М. Югай, студентка 5 курса;

Д. Быков, студент 4 курса

ТУСУР, г. Томск, т. 51-23-27, Stalker@main.tusur.ru

Цель работы – разработка портативного прибора с биологической обратной связью, предназначенного для выявления стрессовых ситуаций и при подключении к компьютеру способного составлять спектральный портрет психофизиологического состояния организма человека.

Современный человек в течение дня подвергается воздействию множества различных стрессов. Страх, переедание, курение, тревожность и другие проблемы напрямую связаны со стрессом либо им усугубляются. Часто стресс переходит из обычного волнения в форму болезни. В настоящее время уже все больше ученых-медиков признают психологическую подоплеку возникновения множества заболеваний. Обычно при чувстве нервного напряжения человек принимает лекарства, которые ослабляют внешние признаки болезни, но никак не борются с первоначальной причиной болезни. Кроме того, большинство современных лекарств имеют побочные действия, причем большинство производителей из соображений личной выгоды упоминают лишь о тех побочных эффектах, которые проявляются быстро. Как правило, такие заболевания преследуют человека, пока он не избавится от причины, вызвавшей их, – стресса. Но современный человек вынужден жить в условиях стресса. В результате заболевание приобретает хроническую форму.

Выход из тупиковой ситуации видится в использовании так называемой биологической обратной связи (Biofeedback [1]), с помощью которой происходит воспитание в человеке специфического состояния сознания, настроения, при котором стресс не влияет губительно на организм, когда человек сам успокаивается и настраивается на выздоровление.

Биологическая Обратная Связь (БОС) – это непрерывно «возвращаемая» индивиду в наглядном виде информация о состоянии физиологических процессов и реакций его организма [1]. Устройства с БОС позволяют нам самим исследовать подсознательные непроизвольные реакции своего тела на различные виды напряжения, возвращая нам в виде обратной связи наши усилия по изменению этого уровня напряжения (эти обычно неосознаваемые сигналы) в виде аудиальных или (и) визуальных стимулов. Так что можно немедленно услышать и (или) увидеть малейшие изменения и очень быстро научиться ими управлять!

Метод оздоровления, основанный на БОС, научно обоснован и базируется на многочисленных экспериментах и обширной клинической практике. Это весьма эффективный способ для контролирования уровня напряжения, достижения действительного расслабления и помощи в достижении личных целей.

Идеи, положенные в основу работы данного устройства, основаны на факте наличия в крови человека некоторого количества естественно-го радиоактивного изотопа калия [2–4]. При этом активность органа (головного мозга) сопровождается увеличением интенсивности гамма-излучения, вследствие прилива к нему крови.

Как видно из рисунка, информация с датчика радиоактивного излучения поступает на счетчик-распределитель, который подсчитывает количество попавших в датчик частиц в единицу времени и передает это число в двоичной форме в энергонезависимую память. В памяти устройства может сохраняться временной ряд значений интенсивности излучения за длительный период (от 30 мин до нескольких суток). При подключении к компьютеру эти данные через COM-порт считываются сервисной программой и с помощью пакета STATISTICA обрабатываются. Проводя спектральный анализ частей временного ряда этих значений, можно провести исследование изменения динамики психофизиологического портрета состояния организма за этот период времени.



Структурная схема прибора

Кроме того, данное устройство может работать и в автономном режиме. При этом информация от датчика радиоактивного излучения подается в решающее устройство, которое проводит анализ данных, используя метод статистической обработки.

Принцип работы устройства в автономном режиме можно пояснить, используя статистический закон распределения Пуассона. Если человек находится в возбужденном психофизиологическом состоянии (стрессе), то появляется достаточно мощный дополнительный источник ионизирующих излучений, вызванный притоком крови к головному мозгу, и на гистограмме распределения результатов появляется дополнительная мода.

По удаленности дополнительной моды от основной и ее величине можно судить об интенсивности дополнительного источника. По этому показателю в дальнейшем можно судить о величине уровня возбуждения мозга. При превышении уровнем возбуждения мозга некоторого предела (определяется индивидуально) решающее устройство подает сигнал на звуковой индикатор.

Для здоровья длительный хронический стресс очень вреден, так как выделяемые гормоны вызывают повышение давления крови и ее свертываемость. Кроме того, излишнее эмоциональное напряжение мешает трезво оценивать ситуацию. Поэтому разработка приборов, способных предупреждать человека о надвигающейся опасности, весьма актуальна.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Информация* о методе БОС. Официальный сайт отделения нейрофизиологии клинической больницы ЗИЛ, г. Москва. <http://neuron.relline.ru/bos-links.htm>
2. *Молошиников В.А., Саятин Н.* Датчик бесконтактной биологической обратной связи / Научная сессия ТУСУР-2005: Материалы докладов Всероссийской научно-технической конференции. Ч. 1. С.171–173.
3. *Молошиников В.А., Сванбаев К.Т., Деменцова А.* Бесконтактная интерактивная система БОС-обучения / Научная сессия ТУСУР-2005: Материалы докладов Всероссийской научно-технической конференции. Ч. 1. С.171-173.
4. *Молошиников В.А., Деменцова А.Д., Распопов С.Н.* Бесконтактная биологическая обратная связь / Фундаментальные проблемы новых технологий в 3-ем тысячелетии» в рамках Российского Научного Форума с международным участием «ДЕМИДОВСКИЕ ЧТЕНИЯ»: Материалы докладов на III Всероссийской конференции молодых ученых. Томск, март 2006 г.

ДАТЧИК ДЛЯ КАРДИОЛОГИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Ю. Пуризова, студентка 5 курса; В. Трусов, А. Дорофеев – студенты 4 курса

ТУСУР, г. Томск, т. 51-23-27, Stalker@main.tusur.ru

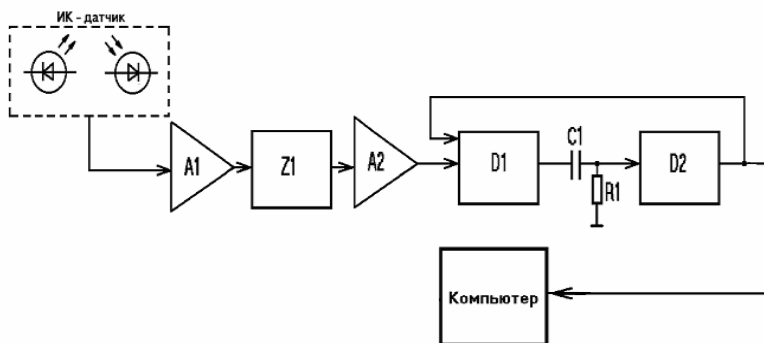
Развиваясь, наука расширяла наши возможности, повышала точность описания различных явлений, а с ней и возможности что-либо предсказывать. В этом ряду большое место занимают работы последних лет, связанные с так называемым динамическим хаосом. Новая область исследования называется синергетикой (совместное действие) и является нелинейной наукой. Синергетика занимается поиском и изучением моделей сложных систем, вопросами возникновения порядка из хаоса и перехода от упорядоченных структур к хаотическим.

Ученые пришли к выводу, что в природе существует всего несколько универсальных сценариев перехода от порядка к хаосу. Можно изучать самые разные явления, писать разные уравнения и получать одни и те же сценарии. Выяснилось, что множество систем нашего организма работают в хаотическом или близком к нему режиме. Причем часто хаос выступает как признак здоровья, а излишняя упорядоченность – как симптом болезни. Это привело к появлению новых методов анализа сердечно-сосудистой системы и других систем организма человека [1, 2].

Появилась необходимость создания новых исследовательских установок, в основу которых положены методы синергетики, однако необходимо уйти и от неудобных способов получения кардиограмм и других параметров, характеризующих состояние сердечно-сосудистой системы с использованием электродов.

Основываясь на вышесказанном, целью данной работы является разработка кардиологической диагностической системы, которая позволит оперативно охарактеризовать состояние пациента, используя в качестве данных его пульс.

Структурной схема датчика кардиологической диагностической системы представлена на рисунке.



Структурная схема измерителя импульса

Сигнал, излучаемый ИК-светодиодом, отражается от пальца и улавливается фотодиодом ИК-датчика, который подключен к входу усилителя A1. Далее, пройдя через фильтр низких частот Z1, сигнал поступает на второй усилительный каскад A2, на выходе которого его амплитуда достигает значения, достаточного для работы схемы формирователя D1 и D2.

Последний представляет собой ждущий мультивибратор и вырабатывает импульсы, соответствующие ударам пульса. Эти импульсы, в отличие от разработанной ранее схемы [2], поступают с помощью COM-порта в компьютер, где происходит запись и обработка результатов.

Предлагаемый нами метод, который взят в основу анализа получаемых результатов, основан на законах синергетики, которые в свою очередь вытекают из утверждения «В хаосе есть порядок: в основе случайности лежит некая геометрическая структура».

Методика обработки результатов, которая используется в данной работе для построения фазового пространства, получила прочное математическое обоснование ученым Такенсом [1]. Ее основная идея состоит в том, что эволюция всякой отдельной компоненты системы определяется другими компонентами, с которыми она взаимодействует.

В нашем случае в качестве компоненты, описывающей состояние сердечно-сосудистой системы, мы берем временной ряд, содержащий значения частоты сердечных сокращений за определенный период. Чтобы воссоздать «эквивалентное» фазовое пространство, мы берем эту компоненту и обращаемся с измеренными значениями при фиксированных сдвигах (запаздываниях) так, как будто это новые размерности. Эти значения можно рассматривать как новые координаты, задающие точку в многомерном фазовом пространстве. Повторяя процедуру с другими интервалами запаздывания, получаем много таких точек. Геометрические структуры, характеризующие поведение в фазовом пространстве по прошествии длительного времени называются аттракторами, т.е. это то, к чему система стремится прийти, к чему она притягивается.

Сложный аттрактор – предельный цикл, который имеет форму замкнутой петли в фазовом пространстве. Предельный цикл описывает устойчивые колебания, такие как движение маятника в часах или биение сердца. В последнее время для многих систем со случайным поведением удалось найти простой хаотический аттрактор. Среди них и сокращение клеток сердца. Тот же простой тип случайности был установлен для построенных при помощи компьютера моделей многих столь разнообразных явлений, как эпидемии, электрическая активность нервной клетки.

В процессе исследований, проведенных в СКБ «Сталкер» ТУСУР, выяснилось, что множество систем организма человека работают в хаотическом или близком к нему режимах. Причем подтверждается и тот факт, что хаос выступает как признак здоровья, а излишняя упорядоченность – как симптом болезни. Обработка результатов проводилась с помощью пакета STATISTICA, что требует высокой квалификации пользователя.

В дальнейшем, при переходе от исследовательской системы диагностики к пользовательской, необходимо уменьшить трудоемкость обработки результатов исследования и требования к подготовке обслуживающего персонала, в чем может помочь разработка специального программного обеспечения.

Кроме того, планируется и усовершенствование конструкции изделия – помещение инфракрасного датчика в напальчник, с помощью которого можно производить измерение частоты сердечных сокращений с пальца человека.

Ожидается, что внедрение такой кардиологической диагностической системы позволит предопределять тенденции к ухудшению в состоянии пациента (инфаркт, инсульт) на более ранних стадиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Катица С. П., Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г.* Синергетика и прогнозы будущего. М.: Наука, 1997. 285 с.

2. *Максимова О.В., Зеленцова Е.А. и др.* Кардиологическая диагностическая система / Научная сессия ТУСУР-2004. Сборник научных трудов Всероссийской научно-технической конференции. Ч. 1. С. 136–138.

ДАТЧИК НА ОСНОВЕ ГЕНЕРАТОРА ШУМА

Н. Саяпин, студент 5 курса;

Е. Интемиров, А. Сурко, студенты 3 курса

ТУСУР, г. Томск, т. 51-23-27, Stalker@main.tusur.ru

Одной из нерешенных научных проблем является прогнозирование поведения сложных систем, состоящих из множества взаимосвязанных элементов. К числу таких систем относится земная биосфера, процессы в которой многообразно и неоднозначно связаны процессами, протекающими в литосфере, атмосфере, гидросфере Земли и с процессами в Космосе. Нерешенность этой проблемы делает невозможным не только предотвращение трагических катаклизмов, но даже удовлетворительное предсказание погоды. Многие из проведенных исследований выявляют в разнообразных геофизических, физико-химических, биологических, биосферных и социальных процессах ритмы, периоды которых совпадают с периодами космических явлений (солнечная активность, изменение взаимного положения небесных тел, движение солнечной системы в галактике).

Большинство «внезапных смертей» населения Земли падает на дни резкого усиления деятельности солнца. По данным ученых, «внезапные смерти» в годы максимальной активности солнца в 95% случаев падали именно на дни прохождения пятен (вспышек) через центральный меридиан солнца. В основном это были случаи инфаркта миокарда и инсульта мозга у лиц пожилого возраста.

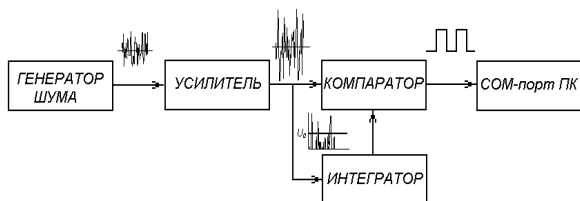
Солнце, как известно, обладает электромагнитными излучениями разных диапазонов.

Многие ученые, в том числе родоначальник гелиобиологии Чижевский, считают, что солнце также имеет фактор, неэлектромагнитной

природы, который воздействует на физические и химические процессы и явления в природе. Согласно данным А.Г. Пархомова [1], активность солнца также влияет и на шум в полупроводниках.

Как показано в [1], на низких и инфранизких частотах (ниже 100 Гц) в генерируемых полупроводниковыми приборами электрических флуктуациях преобладает фликкер-шум, спектральная плотность мощности которого возрастает при уменьшении частоты f по закону, близкому к $1/f$ (спектральная плотность мощности широко известного «белого» шума от частоты не зависит). В отличие от «белого» шума, являющегося результатом наложения происходящих в случайные моменты времени простых однородных событий, фликкер-шум является внешним проявлением совокупности сложных процессов, связанных с накоплением и высвобождением энергии. В полупроводниках такие процессы происходят при взаимодействии носителей заряда с дефектами кристаллической решетки.

На рисунке изображена структурная схема датчика на основе генератора шума.



Структурная схема датчика на основе генератора шума

Генератором шума может служить любой элемент, обладающий полупроводниковыми свойствами. В нашем случае был взят транзистор КТ368АМ. Этот элемент при протекании небольшого тока вырабатывает сигнал шума, который усиливается усилителем и подается на компаратор. Интегратор устанавливает на одном из входов компаратора некоторое напряжение U_0 , пропорциональное уровню низкочастотного шума. Относительно этого уровня будет происходить сравнение на втором входе компаратора. Компаратор оцифровывает сигнал, и на его выходе получаем сигнал в виде прямоугольных импульсов. Затем сигнал подается на СОМ-порт компьютера и с помощью прикладных программ обрабатывается.

Необходимым условием получения достоверных результатов является качественная защита датчика от внешних воздействий (электромагнитные помехи и т.п.). Это достигается путем помещения датчика в металлическом корпусе-экране.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пархомов А.Г. Низкочастотный шум – универсальный детектор слабых воздействий // Исследование проблем энергоинформационного обмена в природе. М.: СНИО СССР, 1989. Т. 1. Ч. 1. С. 209–228.

ПОДСЕКЦИЯ 4.2

КОНСТРУИРОВАНИЕ И ПРОИЗВОДСТВО РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Председатель – Михеев Е.Н., м.н.с., начальник СКБ «Смена»

МОДЕЛЬ ЛИНИИ ПЕРЕДАЧИ С СОСРЕДОТОЧЕННЫМИ НЕОДНОРОДНОСТЯМИ

Т.Х. Бибииков, студент 4 курса гр. 584-2 ФВС;

А.Г. Лоцилов, аспирант каф. ТОР

ТУСУР, г. Томск, т. 8-913-865-56-51, bibikov2004@mail.ru

Разработана математическая модель и вычислительный модуль в системе MathCAD, который позволяет анализировать процессы распространения импульсных сигналов в сосредоточенно-распределенных структурах.

Введение. В настоящее время существует большое количество измерительных систем, позволяющих производить диагностику линий связи. Основными функциями таких приборов являются генерация тестового импульсного сигнала и измерение на входе линии передачи картины отраженных сигналов от каждой из неоднородности в линии. Оценку характера и величины неоднородности, как правило, ведет оператор, который руководствуется инженерными методиками [1] и своим опытом. Обучение специалистов такого рода требует значительного времени и финансовых затрат. Поэтому актуальной становится задача автоматизации процедуры диагностирования.

Одним из важных шагов для построения автоматизированной системы диагностики является построение модели объекта исследования. В рамках данной работы была разработана модель линии передачи с сосредоточенными неоднородностями, которая позволяет моделировать канал проводной связи с произвольно-включенными нерегулярностями. И производить наблюдение осциллограммы напряжений на входе и выходе такой системы при импульсном воздействии.

Объект моделирования представляет собой отрезки линии передачи с включенными между ними неоднородностями. Погонные параметры кабеля (затухание, коэффициент укорочения, волновое сопротивление) считаются известными априорно.

На рис. 1 приведена структурная схема измерительной установки для исследования линии передачи [2].

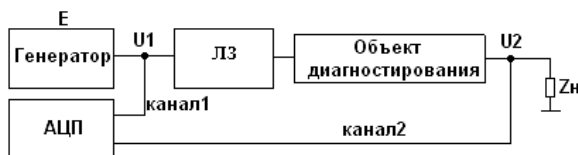


Рис. 1. Структурная схема измерительной установки

На приведенной схеме основными узлами являются:

1. Генератор, который формирует зондирующий сигнал.
2. ЛЗ – линия задержки, позволяющая разделить во времени зондирующий и отраженный от входа объекта диагностирования сигналы, а также, устраняющая эффект «слепого пятна» [3].
3. Z_n – задает режим на выходе объекта диагностирования (и в общем случае может быть произвольным).
4. АЦП, подключенный первым каналом на вход ЛЗ, а вторым на выходе объекта диагностирования.

Описание модели. Разработанная модель позволяет определить рефлектограмму и переходную характеристику линии передачи с неоднородностями при известных данных о зондирующем сигнале, параметрах опорных отрезков, расстояниях между неоднородностями, их эквивалентных схем и номиналов элементов каждой из этих схем. Структурная схема линии передачи с неоднородностями приведена на рис. 2.

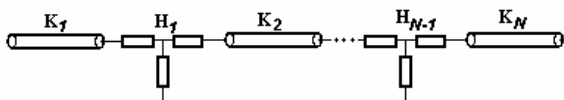


Рис. 2. Структурная схема линии передачи с неоднородностями

Так как имеет место каскадное включение отрезков линии передачи и сосредоточенных неоднородностей, то данную схему можно описать, используя аппарат матриц передачи.

Тогда выражение для матрицы передачи объекта диагностирования в целом будет иметь вид:

$$[A_O] = [A_{K1}] \cdot [A_{H1}] \cdot [A_{K2}] \cdot [A_{H2}] \cdot \dots \cdot [A_{H_{N-1}}] \cdot [A_{K_N}], \quad (1)$$

где A_{Ki} – матрица передачи i -го отрезка линии передачи; A_{Hi} – матрица передачи i -й неоднородности; A_O – матрица передачи объекта диагностирования.

Чтобы учесть влияние линии задержки найдем произведение матриц линии задержки и матрицы передачи объекта диагностирования

$$[A] = [A_{ЛЗ}] \cdot [A_O]. \quad (2)$$

Эквивалентная схема для анализа линии передачи в частотной области изображена на рис. 3:

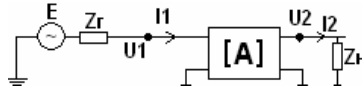


Рис. 3. Эквивалентная схема для анализа в частотной области

Запишем систему телеграфных уравнений, связывающую токи и напряжения на выходе четырехполюсника с токами и напряжениями на входе:

$$\begin{bmatrix} U1 \\ I1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{1,1} & A_{1,2} \\ A_{2,1} & A_{2,2} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} U2 \\ I2 \end{bmatrix}. \quad (3)$$

С учетом граничных условий:

$$U1 = E - I1 \cdot Z_{Г}, \quad U2 = I2 \cdot Z_{Н}, \quad (4)$$

где $U1$, $U2$ – напряжения на входе и на выходе; $I1$, $I2$ – токи на входе и на выходе.

Решим систему (3) относительно тока на выходе:

$$I2 = \frac{E}{A_{1,0} \cdot Z_{Г} \cdot Z_{Н} + A_{1,1} \cdot Z_{Г} + A_{0,0} \cdot Z_{Н} + A_{0,1}}, \quad (5)$$

где E – спектр зондирующего сигнала.

Тогда, согласно (4), можем найти $U2$. Подставив известные значения тока и напряжения на выходе $I2$, $U2$ в систему (3), можно определить ток и напряжение на входе $I1$, $U1$.

Таким образом, получив частотные зависимости напряжений и токов на входе и выходе четырехполюсника, с помощью обратного преобразования Фурье получим рефлектограмму и переходную характеристику линии передачи.

На рис. 4 приведена рефлектограмма, полученная в результате работы модуля с такими входными данными:

- погонные параметры отрезка кабеля: $C_k = 96,07 \text{ нГн/м}$, $L_k = 0,24 \text{ мкФ/м}$, $R_k = 0,056 \text{ Ом/м}$, $G_k = 0 \text{ Си/м}$;
- расстояния между 2-я неоднородностями: 6,5 м, 9,5 м, 3,55 м, неоднородности представляют параллельно подключенные резисторы сопротивлением 75 и 25 Ом соответственно;
- длина линии задержки – 21 м.

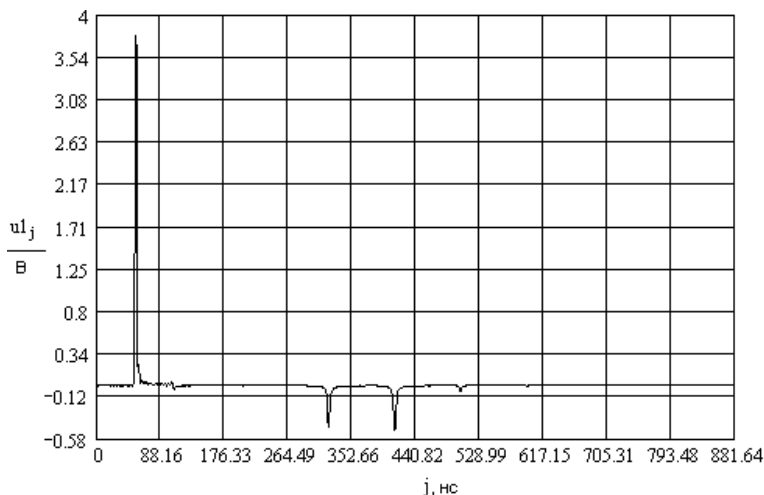


Рис. 4. Рефлектограмма

В результате проделанной работы была создана модель. В дальнейшем планируется использовать данную модель для решения задачи синтеза модели линии передачи с сосредоточенными неоднородностями по известной рефлектограмме [4].

ЛИТЕРАТУРА

1. Глебович Г.В. Исследование объектов с помощью пикосекундных импульсов. М.: Радио и связь, 1984. 256с.
2. Универсальный цифровой комплекс для измерения импульсных и частотных характеристик устройств и телекоммуникационных систем в диапазоне от 0 до 1000 МГц. Отчет по НИР. Томск, 2006. 167 с.
3. Atkinson J.M. Общие сведения в области рефлектометрического анализа (TDR). [Электронный ресурс] // Granite Island Group – Электрон. текстовые дан. и граф. дан. 2006. Режим доступа: <http://www.vrtp.ru/>
4. Лоцилов И.Г. Синтез модели линий передач с сосредоточенными включениями на основе генетических алгоритмов // В настоящем издании.

МИКРОПОЛОСКОВАЯ ЗАМЕДЛЯЮЩАЯ СИСТЕМА

А.В. Фатеев, 4 курс РТФ

ТУСУР, г. Томск, fateev_alexey@mail.ru

В настоящее время разрабатывается и выпускается значительное число приборов диапазона СВЧ, в которых используются замедленные электромагнитные волны. Одним из наиболее важных узлов таких при-

боров является замедляющая система – устройство, уменьшающее фазовую скорость электромагнитных волн до требуемых значений. От правильного выбора замедляющей системы и ее геометрии зависят характеристики прибора в целом. В качестве замедляющей системы в диапазоне СВЧ может использоваться линия задержки, реализованная в микрополосковом исполнении на основе фильтра нижних частот [1]. Для уменьшения фазовой скорости и размеров устройства необходимо использовать подложки с большой диэлектрической проницаемостью ε . Но при использовании однородной подложки с большой ε возникает проблема реализации в микрополосковой линии узких проводников, ширина которых может составлять единицы микрон. Для решения данной технологической проблемы можно использовать структуру с нерегулярной подложкой, состоящую из чередующихся слоев с различными значениями ε , или, так называемые, микрополосковые фотонные кристаллы [2, 3]. Использование нерегулярной подложки позволяет не только увеличить ширину проводников до сотен микрон, но и получить более равномерную групповую задержку во всем частотном диапазоне.

В докладе исследуется влияние неоднородностей диэлектрической подложки на характеристики линии задержки, топология которой показана на рис. 1. Рассматриваемая микрополосковая структура состоит из трех отрезков регулярных микрополосковых линий длиной l_1 , l_2 и l_3 , причем слой с низким показателем преломления находится между слоями с более высокими показателями преломления. Скачки волнового сопротивления и постоянной распространения в данной модели обусловлены не только скачками ширины полосковых проводников W_1 , W_2 и W_3 , но и различием диэлектрических проницаемостей подложек ε_1 , ε_2 и ε_3 , толщины которых одинаковы и равны H .

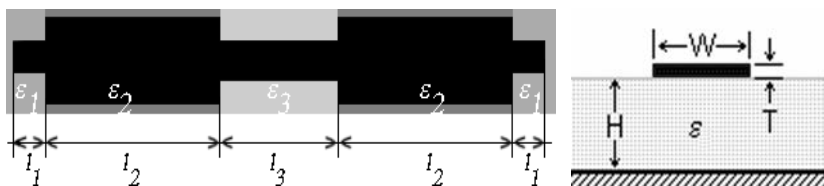


Рис. 1. Топология нерегулярной микрополосковой линии задержки

Покажем полезность такого подхода на примере сравнения модели нерегулярной сверхширокополосной микрополосковой структуры, обеспечивающей равномерную задержку в диапазоне частот от 0 до 1 ГГц, и

модели регулярной однородной микрополосковой линии на подложке с самым большим значением ε и длиной, равной длине нерегулярной линии. Рассматриваемые микрополосковые структуры подключены к внешним линиям с волновыми сопротивлениями $Z_0=50$ Ом. Ниже приведены сравнительные графики, показывающие зависимости группового времени задержки данных структур от частоты для следующих конструктивных параметров: $\varepsilon_1=140$, $\varepsilon_2=16$, $\varepsilon_3=80$, $W_1=0,15$ мм, $W_2=0,38$ мм, $W_3=0,1$ мм, $l_1=3,8$ мм, $l_2=19,7$ мм, $l_3=1$ мм, $H=1$ мм, $T=0,001$ мм – для нерегулярной микрополосковой структуры и $\varepsilon=140$, $l=l_1+l_2+l_3=48$ мм, $W=0,013$ мм, $H=1$ мм, $T=0,001$ мм – для регулярной однородной микрополосковой линии.

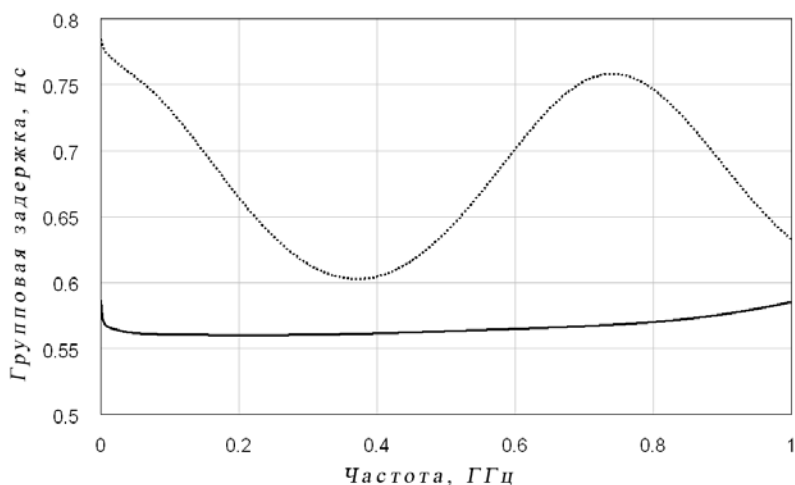


Рис. 2. Зависимость группового времени запаздывания от частоты
 — нерегулярная структура, регулярная микрополосковая линия

Как видно из рис. 2, микрополосковая линия на основе нерегулярной структуры дает в заданном частотном диапазоне практически равномерную групповую задержку в отличие от регулярной однородной микрополосковой линии с волновым сопротивлением 50 Ом, хотя незначительно уступает по групповому времени запаздывания.

Из графических зависимостей S -параметров, приведенных на рис. 3, следует, что микрополосковая линия на основе нерегулярной структуры также обладает намного лучшими характеристиками согласования ($K_{СВН}<1,05$) и передачи в отличие от однородной микрополосковой линии с регулярной подложкой.

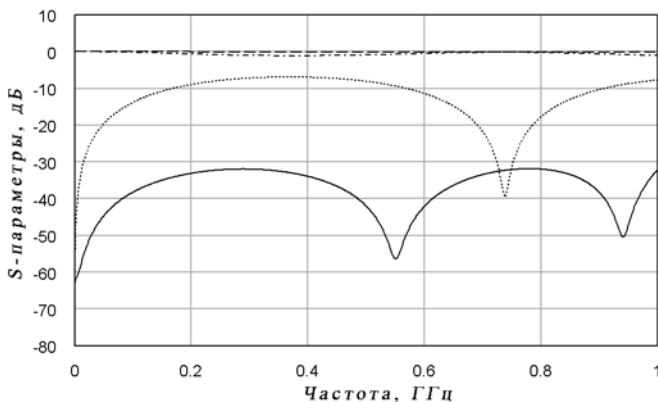


Рис. 3. Зависимость S -параметров от частоты

— $|S_{11}|$, --- $|S_{21}|$ нерегулярная структура,
 $|S_{11}|$, — · — $|S_{21}|$ микрополосковая линия

ЛИТЕРАТУРА

1. Силин Р.А., Сазонов В.П. Замедляющие системы. – М.: Сов. радио. 1966. 632 с.
2. Беляев Б.А., Сержантов А.М. Исследование связи резонаторов микрополосковой модели сверхрешетки // Электронные средства и системы управления. Материалы Международной научно-практической конференции. Томск: Изд-во ИОА СО РАН. 2004. Ч. 1. С. 14–17.
3. Беляев Б.А., Волошин А.С. Исследование узкополосных фильтров на микрополосковых фотонных кристаллах с дефектами // Современные проблемы радиоэлектроники: Сб. науч. тр./ Ред.: А.И. Громыко, А.В. Сарафанов. М.: Радио и связь, 2006. С. 147–150.

**ВИДЕОИМПУЛЬСНЫЙ РАДИОЛОКАТОР
 ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВНУТРЕННЕЙ СРЕДЫ И
 ПОВЕРХНОСТИ ОБСАДНЫХ ТРУБ. ПРИЕМНОЕ УСТРОЙСТВО**
*А.А. Ильиных, студент, каф. РЗИ; Б.И. Авдоченко, доцент каф. РЗИ;
 С.П. Лукьянов, начальник КБ «Радар»*
ТУСУР, artemu@sibmail.com

Статья посвящена описанию разработки двухканального приемного стробоскопического устройства для скважинного видеоимпульсного радиолокатора (СВРЛ), предназначенного для контроля состояния внутренней поверхности скважинных труб диаметром от 100 до 650 мм при температуре в скважине до +95 °С.

В настоящее время используется большое количество глубинных скважин с обсадными стальными трубами, которые подвергаются действию агрессивных сред. В настоящее время отсутствует специальная аппаратура для контроля состояния внутренней поверхности обсадных труб и физических параметров заполняющих растворов. Данная работа как раз и направлена на решение этой проблемы.

В работе исследуется возможность создания стробоскопического двухканального приемного устройства для видеоимпульсного радиолокатора характеризующегося высоким разрешением и способным работать при высокой температуре в агрессивной среде. При этом такая аппаратура должна производить обнаружение коррозионных участков, трещин, раковин и контроль физических параметров заполняющих растворов.

Радиолокатор конструктивно состоит из трех самостоятельных секций – генератора-излучателя, приемного тракта (приемная антенна, приемник) и микропроцессорного блока. Схема размещения основных устройств приведена на рис. 1.



Рис. 1. Расположение основных блоков в радиолокаторе

Принцип работы радиолокатора заключается в следующем. Видеоимпульсный сигнал, формируемый генератором, подается на сверхширокополосную антенну, которая излучает радиоимпульсы пикосекундной длительности во внутреннее пространство скважины. Такие радиоимпульсы содержат в приближении 1–1,5 периода высокочастотного колебания. Отраженные от неоднородностей среды (растворов) и стенок скважинных труб сигналы принимаются приемной антенной системой, усиливаются стробоскопическим приемником и преобразуются в цифровой вид. Затем радиолокационные данные передаются в компьютер по каналу связи. Обработка радиолокационных данных и представление информации осуществляется с помощью специальных программ.

Одним из основных устройств СВРЛ является приемный тракт, содержащий двухканальную приемную антенну и двухканальное стробоскопическое приемное устройство. Антенная система приемного устройства выполнена в виде двух сверхширокополосных, ортогонально расположенных относительно друг друга антенн вытекающей волны с со-

вмещенными фазовыми центрами. Особенностью данных антенн является то, что они согласованы с зондирующей средой, диэлектрическая проницаемость которой равна $\epsilon \sim 72$. Диапазон частот антенной системы составляет 0,250–3,0 ГГц. Фотография антенны до заливки компаундом приведена на рис. 2, *а*. Внешний вид платы приемника со стороны элементов приведен на рис. 2, *б*.

Сигналы с выхода антенной системы поступают на приемное устройство, в состав которого входят усилитель, ограничитель сигналов, стробоскопический преобразователь, масштабирующий усилитель, АЦП и схема формирования строб-импульсов. Входные цепи – усилитель и ограничитель сигналов – предназначены для усиления принятых сигналов и защиты входа стробоскопического преобразователя. Стробоскопический преобразователь выполнен в виде устройства выборки-хранения (УВХ), работающего в стробоскопическом режиме. Структурная схема стробоскопического преобразователя (одного канала) приведена на рис. 3.



а *б*
Рис. 2. *а* – Приемная антенна излучающей волны.
б – Внешний вид двуканального стробоскопического приемника

Строб-импульсы, определяющие моменты выборки сигнала, формируются электронной линией задержки, управляемой синхроимпульсами с выхода генератора-излучателя. Закон выборки сигнала (задержки строб-импульса) задается программно микропроцессором. На выходе схемы задержанных строб-импульсов формируются два разнополярных импульса, которые управляют УВХ, построенным по известной диодной схеме. Сигнал с выхода УВХ, пропорциональный входному сигналу в момент действия строб-импульса, поступает на масштабирующий усилитель, а затем преобразуются АЦП в цифровой код.

Работа в трубе и скважинном растворе при высокой температуре накладывает ограничения на габариты, элементную базу и конструкцию всех узлов локатора. В приемнике используются элементы с рабочей температурой до +125 °С, приняты меры по уменьшению температурной деформации печатной платы и используемых элементов.

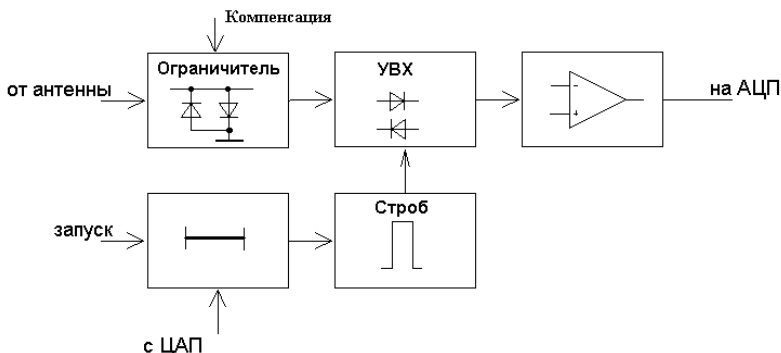


Рис. 3. Структурная схема стробоскопического преобразователя

Особенностью разрабатываемого приемного устройства является высокое быстродействие, большой динамический диапазон и способность работать в широком температурном диапазоне (до $+90\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Технические характеристики приемного устройства:

- чувствительность при отношении сигнал/шум, равном 2 – не хуже 150 мкВ;
- максимальная амплитуда входного сигнала – 1 В;
- время выборки сигнала около – 100 пс;
- дискретность отсчетов – 100 пс;
- количество отсчетов – 1024;
- габариты: антенны – $32 \times 32 \times 22$ мм, платы приемника – 40×135 мм.

Создание радиолокатора для контроля внутренней поверхности обсадных труб и заполняющей среды позволит повысить эффективность эксплуатации глубинных скважин различного назначения.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЛОЖНЫХ СИГНАЛОВ В ЗАДАЧАХ ИЗМЕРЕНИЯ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЦЕПЕЙ ВО ВРЕМЕННОЙ ОБЛАСТИ

А.Г. Лощиллов, аспирант каф. ТОР;

Э.В. Семенов, к.т.н., доцент каф. РЗИ,

ТУСУР, e-mail: ImpulseM@list.ru

Показаны преимущества использования сигналов с большой базой при измерении частотных характеристик устройств во временной области. Приведена методика синтеза и обработки сверхширокополосного зондирующего сигнала.

Введение. Устройства, реализующие в себе принцип измерения характеристик цепей во временной области, в настоящее время нашли широкое применение в задачах рефлектометрии, диагностики проводных и оптоволоконных каналов связи и т.п. [1–4]. Среди прочих параметров таких устройств можно выделить основные: частотный диапазон измерения, динамический диапазон, разрешающая способность по дальности и максимальная дальность обнаружения неоднородности. Два последних параметра играют ключевую роль в задачах обнаружения положения неоднородности в проводном канале связи. Улучшение данных параметров может решаться путем повышения чувствительности прибора и/или путем увеличения энергетики зондирующего сигнала. В «классической» рефлектометрии используются импульсы прямоугольной, колоколообразной или другой формы, база которых близка к единице. Увеличение энергетики таких сигналов решается зачастую путем увеличения их длительности, что в свою очередь приводит к потере разрешающей способности по дальности. Для простых сигналов эти параметры связаны однозначно. Сложные сигналы имеют широкий спектр при большой длительности и при оптимальной обработке позволяют добиться значительного сжатия.

Постановка задачи. В рамках работ по созданию векторного импульсного измерителя характеристик цепей Р4-И-01 [5] решалась задача синтеза и оптимальной обработки сверхширокополосного зондирующего сигнала. Кроме достижения большой длительности сигнала при заданном спектре, к тестовому сигналу предъявлялись два противоречивых, при условиях ограниченности спектра зондирующего сигнала, требования: большая ширина основного лепестка спектра по уровню (3 дБ), малый уровень боковых лепестков сжатого сигнала.

Другими словами, задачу синтеза сигнала можно разделить на две:

- 1) синтез цифрового фильтра нижних частот с заданной полосой пропускания и ограниченным уровнем боковых лепестков импульсной характеристики.
- 2) задание закона фазовой манипуляции сигнала и решение задачи согласованной фильтрации (сжатия) сигнала.

Синтез

1. Задача синтеза цифрового фильтра с заданным характером амплитудно-частотной и импульсной характеристик является классической задачей цифровой обработки сигналов [6]. Данная задача может решаться, например, с использованием аппарата весовых (оконых) функций [7].

Критерием синтеза были нормированная ширина полосы пропускания не менее 0,33, уровень боковых лепестков импульсной характеристики относительно максимума менее 30 дБ. На рис. 1 приведена АЧХ цифрового фильтра синтезированного с помощью окна Бартлетта-Ханна, на рис. 2 – его импульсная характеристика (для того чтобы произвести оценку малого уровня паразитных лепестков импульсной характеристики, она была построена в логарифмическом масштабе).

Ширина полосы пропускания для такого фильтра составляет $0,36f_n$. На рис. 2 показана его импульсная характеристика в логарифмическом масштабе, как видно из рисунка, уровень боковых лепестков импульсной характеристики не превышает 35 Дб.

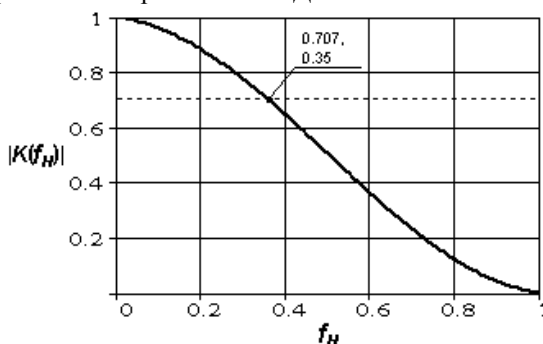


Рис. 1. АЧХ цифрового фильтра синтезированного с помощью окна Бартлетта-Ханна

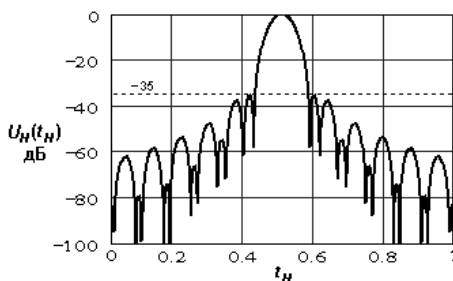


Рис. 2. Нормированная импульсная характеристика фильтра в логарифмическом масштабе

2. Фазовая манипуляции сигнала, позволяющая расширить базу сигнала, задается функцией фазового спектра сигнала от частоты. График функции, позволяющий получить сигнал линейной частотной модуляцией, приведен на рис. 3. Функция имеет вид:

$$\Phi(f_H) = (2\pi \cdot f_H)^2 \cdot d_2 + (2\pi \cdot f_H) \cdot d_1,$$

где d_1 – смещение сигнала во времени; d_2 – скорость нарастания фазы.

Для сигнала длительностью T и граничной частотой в спектре $f_{\max}$ скорость нарастания фазы определялась следующим образом: $d_2 = -T/(4\pi \cdot f_{\max})$.

Получив таким образом, амплитудный и фазовый спектры сигнала, с помощью обратного преобразования Фурье вычисляем форму зондирующего сигнала. На рис. 4 приведена форма сигнала, синтезированная таким образом.

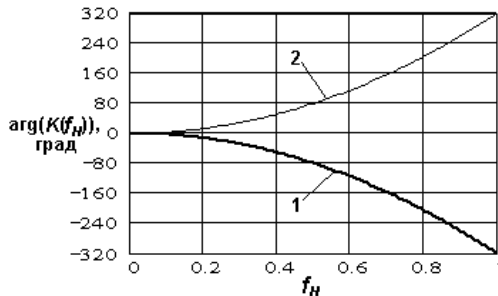


Рис. 3. Функция фазы от частоты: 1 – фазовый спектр тестового сигнала, 2 – ФЧХ согласованного фильтра

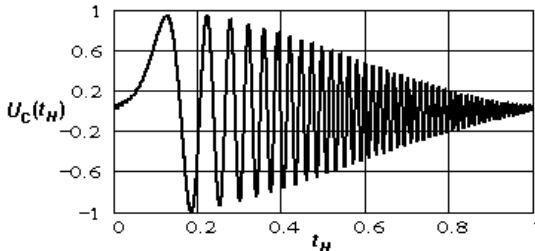


Рис. 4. Форма синтезированного сигнала

Задача согласованной фильтрации при измерении решается путем обработки полученной информации согласованным фильтром. Частотная характеристика согласованного фильтра должна быть комплексно сопряжена со спектром тестового сигнала. Таким образом, АЧХ согласованного фильтра будет повторять АЧХ цифрового фильтра, использованного при синтезе зондирующего сигнала (см. рис. 1). ФЧХ будет согласована с фазовым спектром зондирующего сигнала (см. рис. 3, кривая 2).

Форма сигнала после обработки согласованным фильтром будет повторять форму импульсной характеристики фильтра, амплитуда будет в m раз превышать амплитуду исходного сигнала. Где m – коэффициент сжатия:

$$m = \frac{T_c}{T_{\text{и}}},$$

где T_c – длительность сложного сигнала; $T_{\text{и}}$ – длительность импульсной характеристики для фильтра.

Таким образом, увеличение длительности сложного сигнала при постоянстве его спектральной плотности позволяет получить пропорциональное увеличение энергетики сигнала.

Заключение. Изложенная методика синтеза и обработки сигнала позволяет улучшить технические характеристики прибора, реализующего метод измерения цепей во временной области. В настоящий момент описанная методика используется в векторном импульсном измерителе характеристик цепей Р4-И-01 [8].

ЛИТЕРАТУРА

1. Глебович Г.В., Андриянов А.В., Введенский Ю.В. Исследование объектов с помощью пикосекундных импульсов. М.: Радио и связь, 1984. 256 с.
2. Семенов Э.В. Нелинейная рефлектометрия с применением видеоимпульсных тестовых сигналов // Известия Томского политехнического университета. 2006. Т. 309. № 3. С. 153–155.
3. Banerjee K., Mehrotra A. Analysis of On-Chip Inductance Effects for Distributed RLC Interconnects // IEEE Transactions on computer-aided design of integrated circuits and systems. Vol. 21. №. 8, 2002. Aug. P. 904–915
4. Семенов Э.В., Малютин Н. Д., Рыбин А.П. Сопоставление различных способов разделения падающего и отраженного видеоимпульса // Электронные средства и системы управления: Доклады Международной научно практической конференции. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2005. Ч. 1. Томск, 2005. С. 92–95.
5. Универсальный цифровой комплекс для измерения импульсных и частотных характеристик устройств и телекоммуникационных систем в диапазоне от 0 до 1000 МГц // Отчет по НИР. Томск, 2006. 167 с.
6. Каратаева Н.А. Радиотехнические цепи и сигналы: Учебное пособие. Ч. 1. Томск: Том. Межвузов. центр дистанцион. образования, 2001. 260 с.
7. Оптенгейм А.В., Шафер Р.В. Цифровая обработка сигналов: Пер. с англ. / Под ред. С. Я. Шаца. М.: Связь, 1979. 855 с.
8. Векторный импульсный измеритель цепей Р4-И-01. Руководство по эксплуатации. Томск. 2006, 65 с.

СИНТЕЗ МОДЕЛИ ЛИНИЙ ПЕРЕДАЧ С СОСРЕДОТОЧЕННЫМИ ВКЛЮЧЕНИЯМИ НА ОСНОВЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ

И.Г. Лоцилов, студент 3 курса ФВС

e-mail: cursor@ms.tusur.ru

Показаны преимущества использования генетических алгоритмов как средства синтеза модели линий передач с сосредоточенными неоднородностями, для воссоздания прототипа цепи по рефлектограмме.

Введение. Задача синтеза модели линии передачи с сосредоточенными неоднородностями заключается в нахождении эквивалентной схемы, параметров и расстоянии до каждой из неоднородностей. Эти вопросы описаны в [1, 2].

«Классическая» рефлектометрия позволяет определять эту информацию, однако, решение этой задачи требует существенных временных затрат, а также привлечения специалистов достаточно высокого уровня подготовки, кроме того часто нельзя правильно восстановить прототип цепи по рефлектограмме. Вот почему было предложено использовать современные методы эволюционного моделирования. Генетические алгоритмы (ГА) – средство оптимизации, основанное на эволюции, подобно процессам в живой природе, оно позволяет находить качественное решение за относительно короткое время. ГА основан на генерации новых решений из старых, их оценке и награде наиболее удачных (отвечающих условию поставленной задачи). Процесс носит итерационный характер, так что следующее поколение особей (итерация) лучше предыдущего, что, в конечном счете, ведет к нахождению достаточно качественного решения.

Синтез. В работе [2] описана математическая модель для диагностики параметров распределенно-сосредоточенных структур при зондировании импульсами синтезируемой формы. Ниже на рис. 1 отображена эквивалентная схема объекта синтеза, где K_i – отрезки линий передач, H_i – неоднородности. Так как погонные параметры кабеля (затухание, коэффициент укорочения, волновое сопротивление) можно считать известными по результатам измерения опорного отрезка кабеля. То, под синтезом будем подразумевать параметрический синтез длин отрезков линий передач, а также структурный синтез каждой из неоднородностей. Результатом синтеза является информация о расстоянии до каждой из неоднородностей, а также топология каждой из них, что позволяет исследователю оценить имеющиеся недостатки в линии связи и принять адекватные меры.

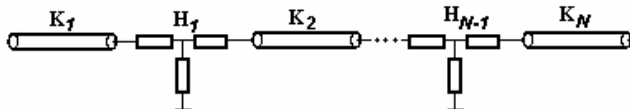


Рис. 1. Эквивалентная схема объекта синтеза

Схемы неоднородностей. Важным моментом в решении данной задачи является определение области ограничения на схемы неоднородностей. В результате анализа было решено, что наиболее адекватным будет требование к возможности синтеза Г, Т и П-образных цепей. Для синтеза цепей данной формы достаточно использовать два типа шаблонов, такие как последовательный и параллельный шаблоны, которые вы можете наблюдать на рис. 2.

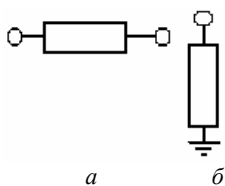


Рис. 2. Типовые шаблоны,
а – последовательный,
б – параллельный

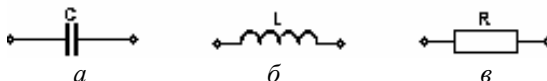


Рис. 3. Сосредоточенные элементы, входящие в состав неоднородностей. а – емкость; б – индуктивность; в – сопротивление

Каждый из типовых шаблонов может представлять собой один из элементов, таких как сопротивление, индуктивность и емкость.

Постановка задачи синтеза заключается в следующем:

1. Задаем график (файл с данными) рефлектограммы. Погонные параметры кабеля.

2. Задаем количество неоднородностей. Для каждой из неоднородностей выбираем типы шаблонов, из которых будет составлена схема. Для каждого из шаблонов задаем типы элементов, которые могут появиться на его месте, а также диапазоны изменения номиналов для каждого типа элемента. Возможно, фиксирование элемента конкретного типа с заданным номиналом в той неоднородности и позиции, в которой мы пожелаем.

3. Настройка работы ГА и его запуск.

4. Анализ работы ГА: просмотр промежуточных решений и соответствующих им рефлектограмм.

5. Получение оптимального решения для рефлектограммы, максимально схожей с заданной.

ГА и кодирование особи решения. Используемый в работе ГА самостоятельно разработан автором, и представляет собой современное средство оптимизации, обладающее наилучшими качествами. Автор

использует микро-ГА, который он автономно разработал независимо от мировых исследователей, которые сделали это в 2001 г. (информация обнаружена случайно, при детальном изучении вышеописанной разработки). Текущая версия ГА по эффективности эквивалента самым современным разработкам последних пяти лет. Стоит отметить, что данный алгоритм несколько отличается от классических реализаций тем, что он решает задачу синтеза, а не оптимизации, это предполагаем наличие такого явления, при котором на одной позиции в хромосоме отражен как номинал сопротивления, так и емкости, индуктивности и пр.

На рис. 4 можно пронаблюдать структуру бинарной строки, кодирующей решение, где L – биты под длины отрезков; ST – тип шаблона; ET – тип элемента; EN – номинал элемента.

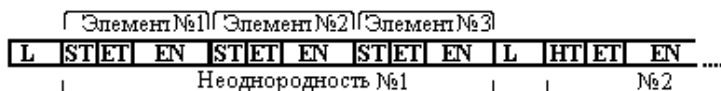


Рис. 4. Схематическое представление бинарной строки, кодирующей особь-решение

В результате работы ГА, синтеза различных вариантов линий передач с неоднородностями и получения их рефлектограмм, мы фильтруем решения и, в конце концов, находим такое строение линии передач, которое наиболее близко к исследуемому.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глебович Г.В. Исследование объектов с помощью пикосекундных импульсов. М. Радио и связь. 1984
2. Бибилов Т.Х., Лоццлов А.Г. Модель линии передачи с сосредоточенными неоднородностями // В настоящем издании.

ВИДЕОИМПУЛЬСНЫЙ РАДИОЛОКАТОР ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВНУТРЕННЕЙ СРЕДЫ И ПОВЕРХНОСТИ ОБСАДНЫХ ТРУБ. ПЕРЕДАЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО

А.В. Шабаш, студент каф. РЗИ; Б.И. Авдоченко, доцент;

С.П. Лукьянов, начальник КБ «Радар»

СКБ «Радар-Лидер ТУСУР, radar@main.tusur.ru;

Статья посвящена описанию разработки двухканального генератор-излучателя для скважинного видеоимпульсного радиолокатора (СВРЛ), предназначенного для контроля состояния внутренней поверхности скважинных труб диаметром от 100 до 650 мм при температуре в скважине до +95 °С.

В настоящее время используется большое количество глубинных скважин с обсадными стальными трубами, которые подвергаются действию агрессивных сред. В настоящее время отсутствует специальная аппаратура для контроля состояния внутренней поверхности обсадных труб и физических параметров заполняющих растворов. Данная работа как раз и направлена на решение данной проблемы.

В работе исследуется возможность создания двухканального генератор-излучателя для видеоимпульсного радиолокатора характеризующегося высоким разрешением и способным работать при высокой температуре в агрессивной среде. При этом такая аппаратура должна производить обнаружение коррозионных участков, трещин, раковин и контроль физических параметров заполняющих растворов.

Радиолокатор конструктивно состоит из трех самостоятельных секций – генератора-излучателя, приемного тракта (приемная антенна, приемник) и микропроцессорного блока. Схема размещения основных устройств приведена на рис. 1.



Рис. 1. Расположение основных блоков в радиолокаторе

Принцип работы радиолокатора заключается в следующем. Видеоимпульсный сигнал, формируемый генератором, подается на сверхширокополосную антенну, которая излучает радиоимпульсы пикосекундной длительности во внутреннее пространство скважины. Такие радиоимпульсы содержат в приближении 1–1,5 периода высокочастотного колебания. Отраженные от неоднородностей среды (растворов) и стенок скважинных труб сигналы принимаются приемной антенной системой, усиливаются стробоскопическим приемником и преобразуются в цифровой вид. Затем радиолокационные данные передаются в компьютер по каналу связи. Обработка радиолокационных данных и представление информации осуществляется с помощью специальных программ.

Генератор-излучатель Предназначен для выработки коротких мощных импульсов и излучения их в контролируемое пространство скважины. Для формирования наносекундных видеоимпульсов используется метод ударного возбуждения антенны на базе лавинных ключевых диодов (S-диодов). Использование S-диодов обусловлено их высокой эффективностью по сравнению с другими известными электронны-

ми ключевыми приборами. S-диоды обеспечивают время переключения менее 200–300 пс при возможности формирования выходных импульсных напряжений 150–500 В.

Структурная схема генератора-излучателя представлена на рис. 2.

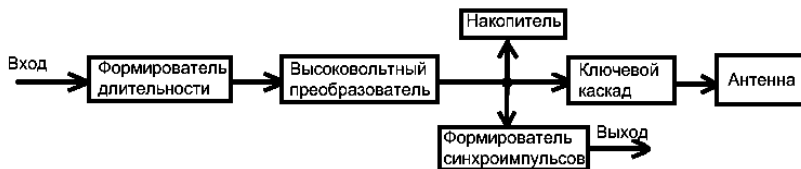


Рис. 2. Структурная электрическая схема передатчика

Генератор-излучатель работает в режиме внешней синхронизации положительными импульсами с микропроцессорного блока управления. При поступлении синхронизирующих импульсов формируются импульсы необходимой длительности и амплитуды с помощью формирователя длительности. Высоковольтным преобразователем вырабатываются прямоугольные импульсы необходимой амплитуды для запуска ключевого каскада на S-диоде. Длительность и форма выходных импульсов генератора-излучателя определяются емкостью и типом накопителя, а также напряжением высоковольтного формирователя. Амплитуда излучаемого импульса (150–500 В) и длительность его переднего фронта (0,2–0,5 нс) определяется параметрами используемого S-диода. В качестве излучателя использована антенна вытекающей волны с входным импедансом, равным 10 Ом.

Для исключения влияния временной нестабильности излучаемого импульса на работу стробоскопического приемного устройства, в схему генератора-излучателя включен формирователь синхроимпульсов по фронту излучаемых мощных импульсов.

Внешний вид генератора без антенной системы представлен на рис. 3.

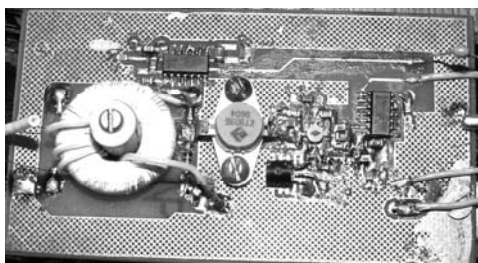


Рис. 3. Внешний вид печатного узла передатчика

При разработке устройства были использованы малогабаритные (чип) элементы; учтены требования к уменьшению механических деформаций, вызванных значительным перепадом температур, и к массогабаритным показателям.

Основные технические характеристики генератора-излучателя: напряжение питания 12,6 В; потребляемый ток не более 50 мА; амплитуда выходного тока на нагрузке 10 Ом не менее 10 А; длительность формируемого импульса без подключения дополнительного конденсатора 0,5 нс; длительность переднего фронта не более 200 пс, длительность заднего фронта не более 250 пс; частота повторения импульсов не более 100 кГц.

Генератор-излучатель может применяться при создании георадаров и в ряде других устройств, в которых требуются импульсы с высокими техническими характеристиками: метрологические генераторы тока и напряжения, запуск оптических излучателей на полупроводниковых лазерах и светодиодах, диодов Ганна.

Совершенствование генератор-излучателей ведется в направлении применения S-диодов с третьим электродом, управляющим напряжением пробоя. Это позволит управлять как моментом излучения, так и амплитудой излучаемого импульса. Проведенные исследования показали возможность получения на базе S-диодов выходных токов амплитудой до 40 А при нагрузке 1,5–2 Ом.

НАНОСЕКУНДНЫЙ ПРИЕМОПЕРЕДАЮЩИЙ МОДУЛЬ РЛС С ВРЕМЕННОЙ КОМПРЕССИЕЙ ИМПУЛЬСА ПЕРЕДАТЧИКА

Р.В. Шпунтов, аспирант; П.Ю. Чумерин к.т.н., с.н.с.

ФГНУ «НИИ ЯФ», г. Томск, т. 41-74-51, yuyug@npi.tpi.ru

Научно-производственное объединение «НИКОР», г. Томск

Одним из перспективных путей современного этапа развития радарных технологий является повышение информационных возможностей радиотехнических систем.

Новые информационные возможности появляются у радаров при применении наносекундных радиосигналов. Так же, как использование широкополосных (ШП) и сверхширокополосных (СШП) сигналов [1], применение таких сигналов позволяет:

- повысить точность измерения расстояния до цели и разрешающую способность по дальности, в результате чего повышается разрешение по углу места и азимуту;

- распознать класс и тип целей, поскольку принятый сигнал несет информацию не только о цели в целом, но и об ее элементах;

При этом пиковая мощность импульса, генерируемого магнетроном, увеличивается в 30 раз. Согласование магнетрона при работе на резонансную нагрузку обеспечивается волноводным циркулятором. Переключение компрессора из режима накопления в режим вывода накопленной энергии осуществляется газоразрядным коммутатором. Коммутатор управляется высоковольтным импульсом, формируемым схемой запуска разрядника.

Приемник выполнен по супергетеродинной схеме. На входе приемника размещен ограничитель, предназначенный для подавления прямого сигнала передатчика. Сигнал, прошедший ограничитель, поступает на вход конвертера, который усиливает его на 20 дБ и преобразовывает в промежуточную частоту 1200 МГц. Сигнал промежуточной частоты (ПЧ) поступает на предварительный усилитель промежуточной частоты (ПУПЧ) с регулируемым коэффициентом передачи в диапазоне 2–25 дБ. С выхода ПУПЧ усиленный сигнал поступает на вход усилителя промежуточной частоты (УПЧ), где формируется полоса пропускания микрополосковым фильтром с полосой 100 МГц, а затем усиливается регулируемым каскадом усиления на 20–25 дБ. С выхода УПЧ сигнал подается на вход логарифмического видеусилителя, где он детектируется амплитудным детектором и усиливается на 50 дБ. Схема автоматической регулировки усиления (АРУ) позволяет регулировать усиление конвертера и УПЧ до достижения максимальной чувствительности или динамического диапазона. С выхода ЛВУ видеосигнал поступает на осциллограф.

Схема синхронизации формирует управляющие импульсы запуска модулятора, схемы запуска разрядника и осциллографа.

Приемная и передающая антенны смонтированы на приводе вращения, который обеспечивает режим кругового обзора.

Измерения параметров приемопередающего модуля проводились в ограниченном помещении лаборатории, что не позволило в полной мере определить его характеристики. При измерении разрешающей способности в качестве передающей и приемной антенны использовались штатные рупорные антенны из состава измерителя плотности потока мощности ПО-01. Две эталонные радиолокационные цели размещались вблизи друг от друга и объектов, находящихся внутри помещения (шкафов, столов, технологического оборудования). Разрешение эталонных целей на дистанции от антенной системы в диапазоне от 1,5 м до 15 м составляло 1,5 м. Это соответствует теоретически достижимой величине разрешающей способности при заданной длительности зондирующего импульса 10 нс. Разрешающая способность РЛС «Печора» составляет 110 м.

Таким образом, результаты работы демонстрируют возможности применение методов резонансной импульсной компрессии для модернизации передатчиков типовых импульсных РЛС с целью повышения их информационных характеристик за счет сокращения длительности зондирующего радиоимпульса.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Скосырев В.Н., Осипов М.Л.* Особенности и свойства короткоимпульсной радиолокации / Вестник МГТУ им Н.Э. Баумана. 1999. № 4. Спец. вып. Радиоэлектроника.

2. *Диденко А.Н., Юшков Ю.Г.* Мощные СВЧ-импульсы наносекундной длительности. М.: Энергоатомиздат, 1984. 112 с.

3. *Юшков Ю.Г.Ю., Бадулин Н.Н., Бацула А.П. и др.* Наносекундный радиолокатор с временной компрессией СВЧ-импульсов передатчика / // Электромагнитные волны и электронные системы. 1997. Т. 2. № 6. С. 71–76.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК НАДЕЖНОСТИ РАДИОАППАРАТУРЫ

А.В. Титов, аспирант

ТГАСУ, г. Томск, т. 659358, avtitov@sibmail.com

Непрерывное расширение областей применения электронных приборов и все возрастающие требования к их надежности приводят к необходимости дальнейшего развития теории надежности. Наиболее остро это ощущается в отношении одной из самых динамичных отраслей промышленности – микроэлектроники, изделия которой с точки зрения надежности представляют качественно новый объект, не имеющий аналогов в практике традиционных исследований на надежность.

Основными причинами, по которым микроэлектронные изделия выделяются в особый класс [1], являются высокие требования к надежности микроэлектронных изделий; невозможность доступа к большинству элементов; высокая «чувствительность» характеристик надежности микроэлектронных изделий к качеству технологического процесса.

Каждая из этих причин оказывает специфическое воздействие на эффективность использования существующих статистических методов. Действительно, чем выше уровень надежности изделий, тем больший объем натурных (статистических) испытаний должен быть проведен для получения статистически достоверной входной информации, на основании которой можно оценивать и обеспечивать надежность.

Анализ существующих в настоящее время методов и подходов к исследованию надежности микроэлектронных изделий показывает, что одним из перспективных направлений является имитационное моделирование, позволяющее заменить натурные испытания экспериментами с математической моделью реального процесса на ЭВМ.

Одной из основных характеристик надежности элемента (аппаратуры) является интенсивность отказов $\lambda(t)$. Числовые значения этой характеристики определяются по данным испытаний опытных образцов электрорадиоизделий (ЭРИ) или узлов радиоэлектронной аппаратуры (РЭА).

В данной работе предложена попытка получить новую количественную характеристику надежности элемента – плотность вероятности распределения интенсивности отказов элементов в различные моменты времени $f(\lambda)$.

В качестве математической модели в данной работе используется уравнение Фоккера–Планка–Колмогорова:

$$\frac{\partial f(x,t)}{\partial t} = \frac{1}{2} \frac{\partial^2 [D(x,t)f(x,t)]}{\partial x^2} - \frac{\partial [V(x,t)f(x,t)]}{\partial x}, 0 < x < \infty, \quad (1)$$

где $f(x,t)$ – плотность вероятности значения исследуемого параметра x в момент времени t ; $D(x,t)$ – коэффициент диффузии; $V(x,t)$ – коэффициент сноса.

В нашем случае уравнение Фоккера–Планка–Колмогорова имеет вид:

$$\frac{\partial f(\lambda,t)}{\partial t} = \frac{1}{2} \frac{\partial^2 [D(\lambda,t)f(\lambda,t)]}{\partial \lambda^2} - \frac{\partial [V(\lambda,t)f(\lambda,t)]}{\partial \lambda}, \quad (2)$$

$$\lambda_{\min} \leq \lambda \leq \lambda_{\max},$$

$$f(\lambda,0)=f_0(\lambda), \quad f(\lambda=\lambda_{\max},t)=1, \quad f(\lambda=\lambda_{\min},t)=0, \quad (3)$$

где $f(\lambda,t)$ – плотность вероятности интенсивности отказов элемента в момент времени t ; $D(\lambda,t)$ – коэффициент диффузии; $V(\lambda,t)$ – коэффициент сноса.

Для уравнения (2) с его начальными и граничными условиями (3) был разработан метод численного решения. Для проверки адекватности сформулированного метода необходимо сравнить результаты численного решения уравнения (2) с экспериментальными данными рассматриваемого процесса.

В [2] авторы исследовали дробление порошковой смеси. Распределение конгломератов частиц порошка по размерам определяли экспериментально. В [2] предложен способ прогнозирования дробления порошков, основанный на численном решении уравнения Фоккера–Планка. Поэтому представляет самостоятельный интерес численное решение уравнения Фоккера–Планка, рассмотренного в [2] процесса, и сопоставления результатов с экспериментальными.

Эволюция функции плотности вероятности распределения конгломератов частиц (a) по размерам в процессе дробления описывает уравнение [2]:

$$\frac{\partial f}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial a}(Af) + \frac{\partial^2}{\partial a^2}(Bf), \quad a_{\min} \leq a \leq a_{\max}, \quad (4)$$

$$f(a, t=0) = \varphi(a), \quad f(a=a_{\min}, t) = f(a=a_{\max}, t) = 0. \quad (5)$$

Здесь $A(a)$ – средняя скорость изменения размера частиц, B – коэффициент диффузии в пространстве размеров, $\varphi(a)$ – стационарная функция

распределения [2].

Уравнение (4) с начальными и граничными условиями (5) решено методом конечных разностей [3]. Результат решения представлен на рис. 1.

Из полученных результатов можно сделать следующие выводы. Полученный результат является непротиворечивым физическому представлению о плотности вероятности распределения конгломератов частиц по

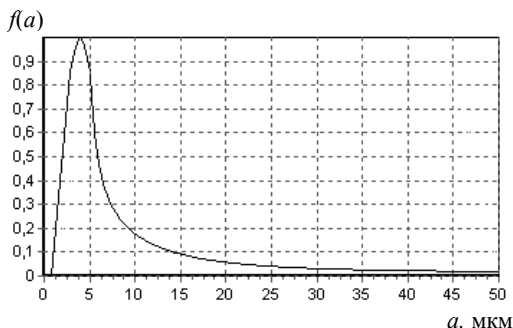


Рис. 1. Плотность вероятности распределения конгломератов частиц по размерам в момент времени $t = 20$ мин

размерам, кроме того, результаты хорошо согласуются с экспериментальными. Способ прогнозирования дробления порошков, основанный на численном решении уравнения Фоккера–Планка дает полное статистическое описание кинетики дробления на макроскопическом структурном уровне; уравнение (2) может быть использовано для описания вероятности распределения интенсивности отказов элемента в различные моменты времени $\lambda(t)$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Борисов А.А., Горбачева В.М., Карташов Г.Д. и др. Надежность зарубежной элементной базы // Успехи современной радиоэлектроники. 2000. № 5. С. 34–53.
2. Анциферов В.Н., Пещереико С.Н., Боброва С.Н., Тимохова А.П. Механизм и кинетика диссипации внешнего механического воздействия при дроблении порошковой смеси. // Физика металлов и металловедение. 1996. №2. С. 76–82.
3. Самарский А.А. Теория разностных схем. М.: Наука, 1983.

СЕКЦИЯ 5

ИНТЕГРИРОВАННЫЕ ИНФОРМАЦИОННО- УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ

*Председатель – Катаев М.Ю., д.т.н., профессор каф. АСУ,
зам. председателя – Бойченко И.В., к.т.н., доцент каф. АСУ*

МОДУЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ЛАЗЕРНОГО ПРОЕКТОРА

И.А. Борило, 3 курс, РФФ, 744

ТГУ, тел. 49-08-02, boriloilya@sibmail.com

Лазерный проектор находит основное применение в лазерных шоу, на презентациях и в других областях. На данный момент лазеры, которые являются одной из самых дорогих составляющих лазерного проектора, становятся более доступными, в первую очередь речь идет о полупроводниковых лазерах, которые наиболее удобны для использования в проекторе. В связи с чем можно прогнозировать рост спроса на лазерные проекторы. Но при выборе необходимого оборудования возникает проблема подбора лазерного проектора соответствующего целям потребителя. Основные элементы, которые определяют работу лазерного проектора, это сканатор, лазер и коллиматор. Подбор этих компонентов очень сильно могла бы облегчить программа, моделирующая работу лазерного проектора в соответствии с выбранными параметрами.

Данная программа должна в зависимости от заданных параметров выдать изображение. Основное требование к этому изображению – оно должно максимально соответствовать реальному. Для этого соответствия нужно учитывать распределение яркости изображения, статические и динамические искажения. Основные проблемы, связанные с распределением яркости: подбор яркости и цвета модулируемого изображения так, чтобы они были наиболее схожи с настоящими. Подбор цвета это относительно простая задача, так как монитор может выдать необходимые цвета. С яркостью уже сложнее, так как лазер может выдать яркость, которую нельзя получить на мониторе. Также надо учесть, что яркость лазерного пучка распределена неравномерно, яркий центр проекции и далее от центра яркость убывает. Статическими искажениями

будем называть искажения, проекции неизменные во времени, к ним относятся расхожимость пучка и искажения связанные с падением лазерного пучка под углом к поверхности. Под динамическими искажениями будут подразумеваться искажения создаваемые ветром, различными дымками и водными поверхностями. Эти требования в основном связаны с лазером. Требования, связанные со сканатором, это изменение яркости проекции в зависимости от ее размеров, определение, можно ли получить данное изображение при данных параметрах сканатора: точность позиционирования угла и скорость вращения.

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМА МУРАВЬИНОЙ КОЛОНИИ В ЗАДАЧЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ НЕЧЕТКОЙ СИСТЕМЫ¹

П.А. Дудин, студент 4 курса

ТУСУР, г. Томск, т. 41-34-82, klassik86@mail.ru

Постановка задачи. Целью данной работы является решение задачи параметрической идентификации нечеткой системы (НС) с помощью алгоритма муравьиной колонии (АМК) и последующее исследование алгоритма. Параметрическая идентификация подразумевает поиск оптимальных параметров функций принадлежности (ФП) НС по заданной таблице наблюдений. Будем считать, что ФП задаются тремя параметрами (треугольные ФП).

Решение. Основой для работы алгоритма [1] является полный ориентированный граф, количество вершин в котором определяется точноностью нахождения значений параметров ФП. Из каждой вершины выходят дуги с равномерно распределенными значениями весов в интервале $[0, 1]$.

Во все вершины графа равномерно распределяются муравьи. Каждый муравей должен посетить три вершины (три параметра ФП), кроме начальной. Значения весов дуг, по которым прошел муравей, будут являться найденными им параметрами.

Каждая лингвистическая переменная описана несколькими ФП. Муравьи в алгоритме группируются в колонии. Каждая колония муравьев отвечает за нахождение параметров своей ФП.

Ниже приведен алгоритм идентификации:

Шаг 1. Задание начальных параметров АМК и НС.

Шаг 2. Генерация популяции муравьев в колониях.

¹ Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 06-08-00248).

Шаг 3. Для всех муравьев колонии kol определение трех текущих дуг по количеству фермента, нанесенного на дуги. Дуга с наибольшим количеством фермента имеет больше шансов быть выбранной.

Шаг 4. Для всех муравьев колонии kol передача значений параметров ФП в НС и вычисление ошибки. Если параметры ФП переданные муравьем в НС лучше текущих, то сохранение новых значений.

Шаг 5. Если имеется следующая колония, то $kol = kol + 1$ и возврат на Шаг 3.

Шаг 6. Вычисление количества нанесенного на дуги фермента.

Шаг 7. Вычисление количества испаренного фермента.

Шаг 8. Если условие окончания работы алгоритма выполнено, то закончить, иначе перейти к шагу 2.

Алгоритм был реализован программно в среде CBuilder 6.0.

Исследуемые параметры. Исследования работы велись по наблюдению за ниже перечисленными параметрами.

Параметры АМК:

1. *Iter* – количество итераций.
2. *Approx* – точность приближения, показывает сколько цифр после запятой будет определяться у искомым параметров.
3. *Ants* – количество муравьев, задается коэффициентом, определяющим во сколько раз число муравьев превосходит число вершин.
4. α – вес фермента.
5. $\rho \in [0; 1]$ – коэффициент снижения интенсивности фермента.
6. Q – количество фермента у муравья.
7. *Init_pheromone* – начальное количество фермента на дугах.

Параметры НС:

1. Количество функций принадлежности каждой лингвистической переменной.
2. *Delta* – шаг дискретизации по входным переменным.

Исследования были проведены на примере двух гладких функций:

$$z = y \cdot \sin(x) \quad x, y \in [-\pi/2; \pi/2] \quad (1)$$

$$\text{и } z = \sin(2x/\pi) \cdot \sin(2y/\pi) \quad x, y \in [-5; 5] \quad (2)$$

Все результаты ниже приведены по исследованиям функции (1) с начальными параметрами:

1. ФП равномерно покрывают область исследования переменных x и y и для двух соседних термов пересекаются на уровне 0.5.
2. $Iter = 50$, $Approx = 1$, $Ants = 2$, $\alpha = 1,0$; $\rho = 0,7$; $Q = 0,1$; $Init_pheromone = 10$.

Критерием эффективности является средняя абсолютная ошибка (САО).

Результаты и выводы

При равномерном разбиении без оптимизации $CAO = 0,01940$. Оптимизация с начальными параметрами дает следующие средние значения: $CAO = 0,00281$, время выполнения 11 с.

Параметры АМК. Исследования показали, что алгоритм работает лучше при значениях $\alpha = 1,0$; $\rho = 0,7$; $Q = 0,1$, $Init_pheromone = 10$.

Эффективность остальных параметров определялась следующим образом. Изменялось значение тестируемого параметра, другие параметры оставались без изменений.

Было определено, что увеличение количества итераций и точности дает меньшую ошибку, но при этом возрастает и время вычислений. Увеличивать количество муравьев эффективно только до определенной величины ($Ants = 4$), дальнейшее увеличение приводит к большей ошибке.

Результаты исследования

Итерации	Средние значения	
	CAO	время
100	0,00200	23
Муравьи/Вершины	Средние значения	
3	0,00237	17
4	0,00184	23
5	0,00260	29
Точность (<i>Approx</i>)	Средние значения	
2	0,00087	49

Было выяснено, что чем больше количество ФП, тем точнее можно построить модель.

Delta играет очень важную роль в нахождении параметров НС. Чем меньше ее значение, тем точнее будет модель. Но этот параметр очень сильно увеличивает время вычислений.

Вид функции. Исследования были проведены для гладких функций (1), (2) и для кусочно-ломанной функции. Для аргументов, по которым функция изменяется линейно, лучшие результаты получены при равномерном покрытии ФП области изменения переменных. Для аргументов, по которым функция гладкая, наблюдается стремление пиков ФП к промежуткам, где функция изменяется быстрее.

Начальное представление параметров НС. Было исследовано два способа получения начальных параметров: равномерное разбиение и случайная генерация параметров.

При равномерном разбиении результаты значительно лучше, чем при случайных начальных параметрах.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Джонс М.Т.* Программирование искусственного интеллекта в приложениях. ДМК Пресс, 2004. 312 с.

ИНТЕРНЕТ-ПОИСКОВАЯ МАШИНА ИЗОБРАЖЕНИЙ

Д.В. Клименко, студент 2 курса

ТУСУР, г. Томск

Такие направления, как дизайн и реклама, в настоящее время, являются лидерами по росту фирм и доходов. Этому способствует несколько факторов: развитие телевидения и Интернета и открытость улиц городов для представления информации. Качество разработанных сайтов, рекламных плакатов и другой графической продукции растет с каждым днем. Однако студиям дизайна приходится работать с рекламной продукцией различной тематики и создавать сайты для компаний из различных слоев бизнеса (сельское хозяйство, промышленность, печатная продукция и др.). Возникают сложности с поиском подходящего графического материала для дальнейшей обработки. Проблема поиска заключается в ограниченном и довольно маленьком количестве изображений в локальной базе данных, или недостаточный критерий поиска изображений среди огромного количества изображений в сети Интернет.

На данный момент созданы специализированные порталы для поиска изображений с различными критериями поиска: по преобладающему цвету, ключевому слову, размеру, тематике изображения. Но в подобных порталах представлена недостаточно большая библиотека фотографий, и относительно высокая стоимость каждого изображения. Альтернативным подходом к решению проблемы поиска изображений является бесплатный поиск в сети Интернет. По данным некоторых Интернет-изданий, в сети содержатся примерно 1,5–2 млрд изображений, доступ к которым возможен с помощью таких порталов, как Google image search, MSN image search и т.д. Недостаток данных систем – поиск изображений только по ключевому слову, и следственно тратится огромное количество времени на поиск подходящих изображений.

Нами разрабатывается Интернет-система, объединяющая лучшие стороны двух подходов, рассмотренных выше. Эта система будет производить поиск изображений по сети Интернет с учетом таких дополнительных параметров, как 10 преобладающих цветов, однородное пространство на изображении, определение формы изображений объектов, определение характеристик цветосмещения и т.д.

Данная задача решается в две стадии. Первая стадия это написание Интернет поисковой машины изображения, которая сканирует Интернет-страницы в поисках ссылок на изображения и определения ключевых слов, подходящих к данной ссылке, по названию страницы, на которой находится изображение, и занесение этой информации во временную базу данных. Вторая стадия – это система обработки результатов, после того как пользователь ввел все необходимые параметры поиска происходит сканирование базы данных и поиск наибольшего соответствия всем параметрам, введенным пользователем.

На данный момент написаны алгоритмы анализа изображения и идет написание Интернет-поисковой машины изображений. Из-за большого количества изображений в сети Интернет и относительного длительного времени анализа одного изображения, существует задача параллельного индексирования, и вопрос перекрестных ссылок. Создание или выбор оптимальной базы данных для хранения информации. По нашим расчетам, данный проект при использовании может сэкономить от 10 до 30% времени работы дизайнера при поиске необходимых изображений.

GRID-СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ВЫЧИСЛЕНИЯМИ

*С.В. Корытников, студент 5 курса каф. АСУ
ТУСУР, г. Томск, ksv@asu.tusur.ru*

Согласно ряду исследований экстенсивное развитие технологий организации вычислительных систем привело к тому, что вычислительные мощности персональных ЭВМ используются не более чем на 10%, а серверы загружаются на 12–15%.

С другой стороны, большинство научных исследований в области генетики, спектроскопии, астрономии и физики испытывают недостаток в вычислительных ресурсах и хранилищ данных в виду сложности моделирования тех или иных процессов и обработки больших массивов данных. А множество коммерческих корпораций для решения своего бизнеса заинтересовано в организации распределенных вычислений для достижения своих целей.

В связи с этим несколько лет назад в научном сообществе появилась идея интенсификации использования вычислительных ресурсов простаивающих ЭВМ посредством их централизованного объединения в единую систему. По первым оценкам, такая система должна быть гибкой и устойчивой к меняющемуся количеству узлов, а также позволять

объединять отдельные пространственно распределенные вычислительные узлы в одну виртуально-неделимую структуру. При этом под отдельным вычислительным узлом может пониматься как один персональный компьютер, их группа, соединенная локальной сетью, вычислительный кластер или суперкомпьютер и должен предоставляться добровольно владельцем ресурсов во всеобщее пользование.

Конечный инструмент, позволяющий создать такую виртуальную вычислительную систему, должен быть способен инкапсулировать в себе все особенности архитектурной организации вычислительных узлов и создать для всевозможных прикладных приложений единообразную общую среду исполнения.

Именно такое объединение заданного множества пространственно распределенных вычислительных ресурсов и хранилищ данных для исполнения на любой их совокупности любого программного приложения, независимо от способа реализации вычислительных систем, и для достижения поставленной цели пользователей ресурсов – является целью создания Grid-сред [1].

Основной прикладной областью разрабатываемой концепции распределенных вычислений является дистанционное спутниковое зондирование подстилающей поверхности Земли. Задачей удаленного зондирования является получение информации о поверхности Земли и состояния атмосферы без непосредственного контакта с поверхностью посредством записи отраженной и излученной энергии, а также обработки, анализа и применения этой информации. Фактически объектом анализа являются солнечные лучи, отраженные с поверхности Земли. Излучению приходится проходить через слой земной атмосферы, прежде чем оно будет зафиксировано приборами спутника. Частицы пыли и газа могут искажать излучение посредством поглощения и рассеивания. Тип поверхности, от которого отражаются солнечные лучи, рельеф местности, угол взаимного расположения Солнца и спутника в точке отражения также вносят изменения в сигнал. Поэтому результатом сложной обработки и анализа полученных данных может быть представление рельефа и типа поверхности Земли в изучаемой местности, определение газовых составляющих атмосферы (углекислый газ, водяные пары) и аэрозоли, определение типа облаков.

Так, например, моделируемый спутник GOSAT, который будет запущен в августе 2008 г., через заданные интервалы времени регистрирует световой сигнал с поверхности площадью 8 км^2 , представляющий собой одну расчетную точку для программного приложения, производящего обработку. За трое суток спутник успевает сделать один полный оборот вокруг Земного шара, при этом накапливается объем информа-

ции в количестве 12 тысяч расчетных точек. Поэтому целесообразно запускать массовую обработку на кластере. Входные данные однотипные, поэтому изменение алгоритма обработки данных не требуется. Необходимо лишь организация распределения входных данных и сбор результирующей информации.

Концепция SimGESS (Simple Grid for Earth System Simulation) была предложена автором, как альтернативная реализация Grid-среды для распределенных вычислений. Разработана модель взаимодействия открытой системы SimGESS. Следует отметить, что в модели выделяются две основные ролевые стороны – центральный узел и вычислительный узел. Для возможности обеспечения взаимодействия двух сторон описаны протоколы взаимодействия на соответствующих уровнях. Функциональность каждого уровня системы обеспечивается соответствующим программным модулем системы. Можно выделить следующие функции системы: инвентаризация вычислительных узлов кластера; управление пулом заданий проекта, списком проектов и списком вычислительных узлов, распределение заданий проекта по вычислительным узлам; назначение задания вычислительному узлу; организация исполняемой среды для вычислительного модуля, запускаемого на вычислительном узле; организация транспортной среды передачи данных; организация среды обмена сообщениями между модулями программного обеспечения вычислительного кластера; контроль достоверности передаваемых данных; обеспечение конфиденциальности передаваемых данных; обеспечение отказоустойчивости вычислительного кластера и информирования об аппаратных и программных сбоях на вычислительном узле; обеспечение возможности мгновенного отображения состояния вычислительного кластера и временного мониторинга центрального и вычислительных узлов; формирование окончательного результата вычислительной задачи.

Все уровни модели центрального узла общаются на основе общих описанных интерфейсов технологии RMI (Remote Method Invocations).

Авторская реализация концепции осуществляется с использованием технологии Java (J2SE, J2EE). Для описания входных данных используется стандарт XML. Такой подход позволяет объединить в вычислительный кластер ЭВМ с различной программной и аппаратной платформой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коваленко В.Н. Организация ресурсов Грид / В.Н. Коваленко, Д.А. Корягин. М.: ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, 2004.

МЕТОДЫ ИНДЕКСАЦИИ ВИДЕОПОТОКА
Н.В. Ковалев, К.А. Князев, А.С. Котов, А.К. Лукьянов,
А.П. Макрушин, А.Е. Наймушин – студенты
ТУСУР, ФСУ, кафедра АСУ, гр.433-1

В настоящее время накоплены значительные объемы видеoinформации, хранящейся в Интернете, локальных сетях и т.д. Из-за большого объема поиск в хранимых данных представляет собой очень трудоемкую процедуру. Стоят задачи поиска как самих носителей информации (например, данного видеофильма), так и информации внутри каждого источника. Одним из способов решения задачи является индексация видеопоследовательности.

Для оптимизации поиска в хранилище видеоданных необходимо для каждого файла иметь статистики (индексы), которые позволяли бы с большой скоростью находить вхождение того или иного фрагмента видеопотока, либо по указанному содержанию находить файл (и указанное место в нем). Индексы должны быть сравнительно небольшого размера и с достаточной точностью соответствовать видеопотоку.

Все видеопоследовательности особым образом закодированы с помощью так называемых форматов записи, к каковым можно отнести MPEG-1, MPEG-2, MPEG-4, H.264 и др. Для решения задачи индексации используются исходные коды форматов записи видеопоследовательности и библиотека DirectShow, предоставляющая широкие возможности для работы с видеопотоком. При определении вхождения фрагмента в видеопоток создаются и сравниваются файлы-индексы, которые хранят определенную информацию о видеопотоке (например, среднюю яркость по кадру). Возможен поиск по содержанию видео. Для этого необходимо разбивать видеопоток на отдельные сюжеты, определять объекты, события и т.д.

В ходе работы рассматривались различные методы индексации, исследовались их показатели, влияние параметров видеопотока, варьировались различные характеристики: размер блоков в кадре, сочетание различных индексов. Пока работа ведется с видеопотоком с постоянными разрешением и количеством кадров.

В связи с современной тенденцией «оцифровывания» телевидения исследования в данной области программирования будут продолжаться и найдут широкое применение.

В данной работе рассмотрены методы индексации видеопотоков, такие как средняя яркость по кадру, средняя яркость по блоку, гистограммы по строкам и столбцам и несколько других. Выполнена программная реализация методов индексирования для формата передачи

видеопотоков MPEG-2. Выполнены многочисленные тестирования методик для различных видеосцен (футбол, новости, музыка и др.), которые отличаются по динамике, цветовой палитре другим характеристикам. Полученные результаты показывают применимость методов индексации для тех или иных видеосцен, что позволило выделить наиболее оптимальную методику индексирования – метод поблочных гистограмм.

СТРУКТУРНАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ НЕЧЕТКИХ МОДЕЛЕЙ ТИПА НОЛЬ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА²

А.В. Лавыгина, аспирант каф. АОИ

ТУСУР, г. Томск, т. 41-47-01, lav@muma.tusur.ru

Постановка задачи. В окружающем нас мире существует множество объектов, функциональные зависимости работы которых выявить нельзя или очень затруднительно. Но в то же время возможно наблюдать значения их входных и выходных параметров. В таких случаях может быть целесообразно применение технологии нечеткого моделирования для выявления зависимостей между входными и выходными величинами.

При изучении систем с неизвестной внутренней структурой определяется следующая задача: по результатам наблюдений над входными и выходными значениями системы должна быть построена оптимальная модель, описывающая работу рассматриваемой системы.

Выделим три типа нечетких моделей: модели типа Мамдани, Такаги-Сугено и модель типа ноль. Антецеденты правил в каждом из указанных типов моделей формируются из термов лингвистических переменных. Отличие заключается в конструкции консеквента. В системах типа Такаги-Сугено консеквент представлен полиномиальной функцией от входных переменных, в системах типа Мамдани выходная переменная принимает значения лингвистической переменной. В нечетких моделях типа ноль консеквент правила представляет собой четкое значение (нечеткий синглтон).

Идентификация нечеткой системы (НС) – процесс определения структуры и параметров нечеткой модели. Идентификация параметров состоит из определения параметров функций принадлежности, функции импликации и оператора агрегации. Идентификация структуры включа-

² Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 06-08-00248).

ет в себя определение лингвистических переменных и их термов, количества и структуры нечетких правил в базе.

Решение. В данной работе рассматривается структурная идентификация нечеткой модели типа ноль в части настройки базы правил. В общем случае, когда в системе имеется n переменных, одну величину зададим в качестве выходной, остальные $n-1$ – входные (модель MISO). Каждая лингвистическая переменная определена на m термах. Количество правил в базе определяется по формуле $N = m^{n-1}$. Антецедент правил предлагается формировать путем перебора значений термов входных переменных. Для подбора оптимальных консеквентов используется генетический алгоритм (ГА).

Для запуска ГА необходимо определить структуру хромосомы. Общая структура хромосомы для задачи настройки базы правил нечеткой модели типа ноль представлена на рисунке. В нулевой ген помещается уровень выживаемости, который определяется среднеквадратичной ошибкой, вычисляемой по значению выходной переменной из таблицы наблюдений и вычисленному нечеткой системой значению выходной величины. Остальные гены соответствуют консеквентам правил. Размер хромосомы вычисляется следующим образом: $\langle \text{количество термов} \rangle^{n-1} + 1$. Значения ненулевых генов – числа из интервала $[0, 1]$, декодируемые в область значений выходной переменной.

Оценка	C_1	C_2	...	C_{n-1}
--------	-------	-------	-----	-----------

Структура хромосомы

Помимо определения структуры хромосомы, необходимо задать следующие параметры ГА: стратегию селекции, типы и вероятности операторов кроссовера и мутации, а также условие останова. В данной работе в качестве условия останова выбрано количество шагов генетического алгоритма.

Алгоритм структурной идентификации НС сводится к последовательности следующих шагов:

Шаг 1. Генерация начальной популяции

Шаг 2. Отбор пар хромосом для скрещивания в соответствии с выбранной стратегией селекции.

Шаг 3. Применение операторов скрещивания и мутации с соответствующими вероятностями.

Шаг 4. Вычисление значений ошибки с помощью нечеткой системы.

Шаг 5. Сортировка хромосом по значению ошибки. Формирование новой популяции.

Шаг 6. Если достигнуто условие останова, то перейти на Шаг 7, иначе – на Шаг 2.

Шаг 7. Вывод «наилучшей» хромосомы.

Результаты. Эксперименты для оценки влияния параметров НС на качество вывода проводились со следующими параметрами генетического алгоритма: стратегия селекции «Элитаризм», двухточечный кроссовер с вероятностью 0,8, многоточечная мутация с вероятностью 0,4. Для настройки НС была использована таблица наблюдений, состоящая из ста позиций. В работе изучалась зависимость значений среднеквадратичной ($\epsilon_{\text{ск}}$) и максимальной (ϵ_{max}) ошибки от количества термов лингвистических переменных и числа шагов ГА. В таблице представлены результаты исследования работы ГА для настройки базы правил.

Зависимость значений ошибки НС от количества термов и числа шагов

		3 терма	5 термов	7 термов	9 термов	11 термов
1000 шагов	$\epsilon_{\text{ск}}$	0,2549	0,2536	0,23	0,2484	0,3624
	ϵ_{max}	0,48548	0,36492	0,5596	0,82	1,087
50000 шагов	$\epsilon_{\text{ск}}$	0,083	0,0529	0,0344	0,0068	
	ϵ_{max}	0,472	0,323	0,1508	0,15	

Были рассчитаны примерные зависимости значений среднеквадратичной и максимальной ошибок от количества термов при 50 000 шагов:

$$\epsilon_{\text{ск}} = 0,118405 - 0,012355t, \quad (R^2=0,9925), \quad (1)$$

$$\epsilon_{\text{max}} = 0,61541 - 0,05691t, \quad (R^2=0,8977). \quad (2)$$

Заключение. В результате проведенных исследований было установлено, что при количестве шагов ГА порядка тысячи при увеличении количества термов лингвистических переменных, значение ошибки (и среднеквадратичной, и максимальной) растет. Это можно объяснить тем фактом, что при увеличении количества термов экспоненциально увеличивается база правил. И, следовательно, необходимо произвести настройку большего количества правил при сохранении количества шагов. Эта проблема решается путем увеличения количества шагов алгоритма. Так, при числе итераций 50 000 достигнутые значения среднеквадратичной и максимальной ошибок при большом числе термов (7–11) становятся существенно ниже.

МОДЕЛЬНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЗЕМНОГО РЕЛЬЕФА

М.Н. Макрушин

ТУСУР, ФСУ кафедры АСУ, гр. 433-1

На данное время накоплены большие объемы спутниковых данных, описывающих поверхность Земного рельефа. Эти данные невозможно анализировать без их трансформации в понятный для человека вид. В связи с этим появляется необходимость в программных средствах, позволяющих визуализировать модельное представление Земной поверхности в форме, удобной для восприятия человеком. Подобные системы модельного представления рельефа могут быть применены во многих областях человеческой деятельности, например в экологии, географии, картографии, метеорологии, навигации и т.д.

В основном данные о ландшафте планеты Земля распространяются в формате известном как DEM (digital elevation model). Эти файлы имеют много форматов представления, а их разрешение может варьироваться от 3–1000 м на точку. DEM-файлы имеют формат SRTM-данных (Shuttle Radar Topography Mission). SRTM-данные представляют собой базу данных содержащую высотные отметки ландшафта планеты Земля.

Задачей данной работы является написание программы для представления в трехмерном пространстве рельефа Земного ландшафта, представленного в виде DEM-файлов.

Для решения данной задачи используется графическая библиотека DirectX (мультимедийная библиотека, позволяющая напрямую работать с аппаратным обеспечением компьютера в обход традиционных средств платформы Win32). Тесное взаимодействие DirectX и оборудования с драйверами, написанными производителем данного оборудования, дают возможность полностью отвлечься от аппаратной части и сосредоточить свое внимание на создании правильного кода. Благодаря этим возможностям библиотеки будет обеспечена возможность переносимости программы на компьютеры, с различной конфигурацией оборудования.

Модель поверхности строится на основе двухмерной карты высот. При построении используется текстурная карта поверхностей, описывающая типы возможных поверхностей. На каждую ячейку матрицы поверхности растягивается часть текстуры соответствующей типу поверхности локализованной в данной ячейке матрицы-карты. В дальнейшем ячейки матрицы объединяются в блоки размером 8x8 ячеек и отправляются на рендеринг видеокарты, как один целый объект, который рисуется за один проход. Данные блоки могут анализироваться на предмет их видимости или невидимости, и отправляться на рендеринг в зависимости от этого. Эти операции позволяют оптимизировать производительность системы.

Реализованы следующие компоненты системы:

- 1) поддержка различных разрешений карты высот;
- 2) блочный механизм рендеринга;
- 3) визуализация всего ландшафта.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ НЕЧЕТКОЙ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ НЕЧЕТКИХ СИСТЕМ ТИПА 0

М.С. Немилова, студентка 5 курса

ТУСУР, г. Томск, riton@ms.tusur.ru

При моделирование процессов и объектов, возникают ситуации, когда имеющиеся данные невозможно подвергнуть аналитической обработке, нельзя провести статистический анализ или собрать экспертную группу для создания экспертной системы, почти полностью отсутствует информация о законах распределения данных. В этих случаях вводится понятие нечеткой системы. Нечеткие системы оперируют с нечеткими понятиями, такими как нечеткие множества, лингвистические переменные и т.п., и используют при этом нечеткую логику [1].

Нечеткие системы могут быть классифицированы по трем основным типам:

1. Нечеткие системы типа 0. Входными параметрами являются нечеткие переменные, выходными – действительное число, i -е правило имеет вид:

$$\text{IF } x_1=A_{i1} \text{ and } x_2=A_{i2} \text{ and } \dots \text{ and } x_n=A_{in} \text{ THEN } y=r_i,$$

где A_{ij} – лингвистический терм, которым оценивается переменная x_j , а выход y оценивается действительным числом r_i .

2. Нечеткие системы типа Mamdani. Взаимосвязь между входами $X=(x_1, x_2, \dots, x_n)$ и выходом y определяется нечеткой базой знаний следующего формата:

$$\text{IF } x_1=A_{i1} \text{ and } x_2=A_{i2} \text{ and } \dots \text{ and } x_n=A_{in} \text{ THEN } y=B_i,$$

где A_{ij} – лингвистический терм, которым оценивается переменная x_j , а выход y оценивается лингвистическим термом B_i .

3. Нечеткие системы типа Sugeno. База знаний системы типа Sugeno аналогична системе типа Mamdani за исключением заключений правил, которые задаются не нечеткими термами, а линейной функцией от входов:

$$\text{IF } x_1=A_{i1} \text{ and } x_2=A_{i2} \text{ and } \dots \text{ and } x_n=A_{in} \text{ THEN } y=f(x),$$

где $f(x)=b_0+b_1x_1+b_2x_2+\dots+b_nx_n$, b_k – некоторые числа.

Выход нечеткой модели зависит от ее структуры – базы знаний и параметров: функций принадлежности, реализаций логических опера-

ций, метода дефаззификации, а также коэффициентов линейных функций в заключениях правил для модели типа Sugeno. Нахождение структуры и параметров нечеткой модели является задачей идентификации.

В рамках данной работы описан алгоритм, применяемый для структурной идентификации нечетких систем типа 0. Данный алгоритм основывается на методе нечеткого кластерного анализа. Каждый лингвистический терм A_{ij} задается своей функцией принадлежности. Нахождение параметров указанной функции, количества и структуры правил является задачей, решаемой в данной работе.

Для разбиения начального множества объектов на кластеры или группы был использован алгоритм нечеткого кластерного анализа – *алгоритм нечетких c-средних*. Пошаговая схема этого алгоритма выглядит следующим образом:

Шаг 1. Задаем начальные данные алгоритма: $\mathbf{X} = [x_{kj}]$ – матрица наблюдений, $k = \overline{1, M}$, $j = \overline{1, n}$, M – число объектов в матрице наблюдений, n – число признаков (входных переменных); m – экспоненциальный вес; ε – параметр остановки. Генерируем матрицу нечеткого разбиения $\mathbf{F} = [\mu_{ki}]$, $i = \overline{1, c}$, c – количество кластеров.

Шаг 2. Расчитываем центры кластеров по формуле:

$$V_i = \frac{\sum_{k=1}^M (\mu_{ki})^m * X_k}{\sum_{k=1}^M (\mu_{ki})^m}.$$

Шаг 3. Расчитываем новые элементы матрицы разбиения с учетом условия:

$$\text{Если } D_{ki} > 0, \text{ то } \mu_{ki} = \frac{1}{\left(D_{ki}^2 - \frac{1}{\sum_{j=1}^c D_{kj}^2} \right)^{\frac{1}{m-1}}}.$$

$$\text{Если } D_{ki} = 0, \text{ то } \mu_{ki} = \begin{cases} 1, j \neq i \\ 0, j = i \end{cases} \quad j = \overline{1, c}.$$

Шаг 4. Проверка условия: $\|F - F^*\|^2 < \varepsilon$, где $\mathbf{F}^*$ – матрица нечеткого разбиения на предыдущей итерации алгоритма. Если ДА, то выход из алгоритма, иначе переход на Шаг 2.

Каждый кластер соответствует правилу нечеткой системы.

Зная матрицу центров кластеров, можно вычислить:

$$S_{ij}^2 = \frac{\sum_{k=1}^M (\mu_{ki})^m * (x_{kj} - v_{ij})^2}{\sum_{k=1}^M (\mu_{ki})^m},$$

где μ_{ki} – степень принадлежности k -го объекта к i -му кластеру; x_{kj} – элемент матрицы наблюдений; v_{ij} – координата центра i -го кластера по j -му признаку.

Далее находим значения параметров функции принадлежности для каждого кластера и соответственно правила:

$$\mu_{Aij} = \exp\left(\frac{x_{0j} - v_{ij}}{2S_{ij}}\right).$$

Таким образом, опираясь на рассчитанные параметры, имея только набор объектов и их значения по каждому признаку, возможна генерация нечетких правил, соответствующих нечеткой системе типа 0.

Приведенный выше алгоритм был протестирован на классических контрольных примерах, таких как кластеризация ирисов и кластеризация вина. В обоих случаях было выделено три кластера, каждому из которых соответствует свое правило базы знаний.

ЛИТЕРАТУРА

1. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. СПб.: БХВ-Петербург, 2003. 736 с.

ПРОГРАММНАЯ СИСТЕМА ЛОКАЛИЗАЦИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ НОМЕРОВ В ВИДЕОТОКЕ МРЕГ НА УРОВНЕ DCT

*Д.О. Очаковский, студент 5 курса, каф. АСУ
ТУСУР, г. Томск, ch011odo@rambler.ru*

Задача идентификации автомобильных номеров, является разновидностью задачи идентификации изображений. Интерес к данной задаче обусловлен появлением систем идентификации автомобильных номеров и обеспечением новых возможностей в области безопасности и учета.

Данную задачу можно декомпозировать на следующие подзадачи:

- Локализация области номера.
- Распознавание номера в найденной области.

- Классификация распознанного номера.

В настоящей работе предлагается решение первой подзадачи – локализации областей автомобильных номеров в изображении (видеопотоке).

Предлагаемый метод локализации автомобильных номеров основан на особенностях форматов сжатия линейки MPEG [1] и позволяет локализовать области автомобильного номера без декодирования изображения. При соблюдении введенных ограничений точность локализации составляет 95%. Отсутствие необходимости в декодировании сжатого изображения способствует повышению быстродействия процесса локализации и сокращению требований к вычислительным ресурсам. С учетом вышесказанного, можно констатировать, что рассматриваемый метод, соответствует требованиям современных систем [2-4].

Алгоритм локализации основывается на процессе кодирования макроблоков в *I*-кадрах. Под *I*-кадрами (*I-frame*) в стандарте MPEG понимаются опорные кадры, кодируемые и декодируемые независимо от остальных. Макроблок – основная структурная единица фрагментации изображения. Он соответствует участку изображения размером 16×16 пикселей.

Макроблок делится на четыре части размером 8×8 пикселей, над каждой из которых производится следующая последовательность преобразований:

- двумерное дискретное косинусное преобразование DCT;
- квантование коэффициентов DCT;
- преобразование матрицы в одномерную последовательность путем зигзаг-сканирования.

Двумерное DCT определяется следующим соотношением:

$$F(m, n) = \frac{1}{4} c(m) c(n) \sum f(x, y) \times \cos\left(m\pi \frac{2x+1}{16}\right) \times \cos\left(n\pi \frac{2y+1}{16}\right), \quad (1)$$

где x, y – пространственные координаты; m, n – частотные координаты; f – пространственная функция изображения блока размером 8×8 ; c – частотная функция изображения блока размером 8×8 .

DCT сводится к представлению изображения в виде суммы косинусоидальных гармоник (волн), значения F определяют амплитуды этих гармоник, а координаты m, n – их частоты.

В предлагаемом методе используются следующие информативные признаки области автомобильного номера:

- наличие высокой контрастности;
- наличие горизонтальных и вертикальных перепадов яркости;
- допустимые размеры области номера.

Наличие высокой контрастности в блоке обуславливает распределение «больших» значений после преобразования, вдоль главной диагонали и с большим (относительно неконтрастных блоков) радиусом относительно верхнего левого пикселя. Наличие горизонтальных и вертикальных перепадов предполагает распределение «больших» значений вдоль верхней и левой границ блока.

Принятия решения о принадлежности блока к области автомобильного номера, осуществляется в соответствии со следующим соотношением:

$$G(f) = \begin{cases} 1, & \text{если } \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 [f^2(x, y) \times M(x, y)] > p, \\ 0 & \text{иначе} \end{cases}, \quad (2)$$

где f – функция изображения блока 8×8 ; x, y – координаты; p – пороговое значение;

$$M = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} - \text{маска } 8 \times 8.$$

$G(f)$ (2) принимает значение 1, в случае если область принадлежит области автомобильного номера и 0 в противном случае. Пороговое значение p подобрано экспериментально.

Дальнейший процесс локализации предполагает формирование бинарного изображения, каждый пиксель в котором соответствует блоку размером 8×8 пикселей в исходном изображении и принимает значение цвета 1, в случае если блок принадлежит области автомобильного номера или цвета 2 в противном случае.

Сформированное изображение сканируется окном, размеры которого в восемь раз меньше минимально допустимых размеров локализуемого номера в изображении. В случае если процент попавших точек, соответствующих блокам, принадлежащим области автомобильного номера, больше заданного порога, данная область считается принадлежащей области автомобильного номера. Пороговое значение подобрано экспериментально.

Вычисление координат областей автомобильных номеров в сформированном бинарном изображении, осуществляется методом гистограмм, подробно описанным в [5].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Keith J.* Video Demystified. Elsevier Inc. Newnes IV Edition, 2005. 543 с.
2. «АВТО-Инспектор». Интеллектуальные системы безопасности. <http://iss.ru/products/autо>.
3. «СОВА». ЗАО Проминформ. <http://www.prominform.com>.
4. «ПОТОК». РОССИИ. <http://www.rossi-potok.ru>.
5. *Очаковский, Д.О.* Локализация автомобильных номеров методом разбиения изображения на блоки // Информационные системы: Труды постоянно действующего научно-технического семинара. 2007. Вып. 5.

ПРОГРАММНАЯ СРЕДА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ АЛГОРИТМОВ ОЦЕНКИ ДВИЖЕНИЯ ПРИ СЖАТИИ ВИДЕОДАННЫХ

П.В. Потапов, аспирант каф. АСУ
ТУСУР, г. Томск, PotapovPavel@mail.ru

В настоящее время широкое распространение получили такие стандарты сжатия видеоданных, основанные на компенсации движения, как MPEG-2, MPEG-4, AVC (H.264). В этих стандартах сжатия алгоритмы оценки движения могут занимать до 70% машинного времени, а от их точности напрямую зависит эффективность сжатия видеоданных. Вот почему важно разрабатывать новые более быстрые и более эффективные алгоритмы.

В данной работе представляется разработанная программная среда MEFramework, позволяющая упростить разработку и исследование алгоритмов оценки движения. Среда позволяет сравнить эффективность работы реализованных алгоритмов оценки движения применительно к стандарту MPEG-2.

Программная среда реализована в виде DirectShow фильтра. Такая организация очень удобна, так как позволяет использовать для тестирования видеоданные разных форматов. Необходимо лишь, чтобы в системе стояли Direct Show кодеки способные декодировать эти данные. На MEFramework подаются несжатые видеоданные в формате YV12, YV16 или YUY2. Затем среда разработки загружает две динамические библиотеки:

1. Библиотека функции стоимости вектора движения. Эта библиотека реализует функцию, позволяющую оценить, насколько данный вектор движения подходит для компрессии текущего блока.
2. Библиотека алгоритма оценки движения. Библиотека реализует алгоритм поиска векторов движения в кадре, минимизирующий значение функции стоимости вектора движения.

Для подгружаемых библиотек разработан специальный интерфейс, позволяющий реализовывать алгоритмы оценки движения и функции

стоимости векторов движения независимо друг от друга. Преимуществом такой организации рабочей среды является также то, что человеку, реализующему подгружаемую библиотеку, нет необходимости знать внутреннее строение самой программной среды, необходимо лишь соблюдать описанный интерфейс.

Во время работы программной среды происходит сжатие входных видеоданных по стандарту MPEG-2 с использованием указанного алгоритма движения. На выходе MEFramework мы имеем MPEG-2 video elementary stream, который может быть декодирован любым стандартным MPEG-2 декодером. Сжатие происходит с постоянным коэффициентом квантования, следовательно, по размеру выходного файла мы можем сделать однозначный вывод об эффективности применяемого алгоритма поиска движения и функции оценки стоимости вектора. Чем меньше размер результирующего файла, тем эффективнее алгоритм оценки движения. Для того, чтобы оценить вычислительную сложность алгоритма оценки движения, используется файл со статистикой. Во время сжатия в этот файл записывается информация о количестве вызовов функции оценки стоимости вектора движения. Таким образом, чем меньше вызовов функции оценки стоимости вектора движения делает алгоритм во время кодирования, тем меньше вычислительных ресурсов он требует.

Для того, чтобы оценить эффективность того или иного алгоритма оценки движения, достаточно реализовать его в виде библиотеки с соответствующим интерфейсом и загрузить эту библиотеку в программную среду. Затем протестировать на нескольких видеопотоках и сравнить полученные результаты (размеры выходных файлов и количество вызовов функции оценки) с результатами ранее реализованных алгоритмов.

В виде подгружаемых библиотек к рабочей среде были реализованы 3 алгоритма оценки движения:

1. Алгоритм полного перебора – при оценке движения подразумевает вычисление оценочной функции в каждой точке окна поиска ($\pm S$ позиций относительно позиции (0,0) – позиции текущего блока). Алгоритм полного поиска гарантирует нахождение минимума оценочной функции в окне поиска, но имеет высокую вычислительную сложность, так как оценочная функция должна быть рассчитана в каждой из $(2S+1)^2$ позиций.

2. Алгоритм поиска по алмазу основан на предположении, что вектора движения в основном центрированы. Алгоритм всегда начинает поиск из центра области поиска путем проверки 9 точек по определенному шаблону (малый алмаз или большой алмаз). Если минимум найден в центре, то поиск останавливается. В противном случае предполагаем,

что текущий минимум это новый центр нового алмаза и продолжаем этот процесс, пока минимум не окажется в центральной точке [1].

3. Алгоритм PMVFAST (Predictive Motion Vector Field Adaptive Search Technique) является улучшением алгоритма поиска по алмазу, здесь используются те же шаблоны для поиска – малый алмаз и большой алмаз. Однако поиск начинается не в центре поискового окна, как это было в алгоритме поиска по алмазу, а в качестве начальной позиции поиска используется один из предсказанных векторов движения (предикторов). Также используются параметры раннего прекращения поиска и усложненное условие выбора шаблона для поиска (большой алмаз или малый алмаз) [2].

Также для тестирования были реализованы 3 функции оценки стоимости векторов: L1, L2 и CC. L1 – сумма абсолютных отклонений значений текущего и предсказанного макроблока. L2 – сумма квадратичных отклонений значение текущего и предсказанного макроблока. CC – для оценки оптимальности вектора движения проводится полная компрессия данного участка кадра, используя оцениваемый вектор, а затем сравниваются размеры блока после сжатия. Последняя мера имеет высокую вычислительную сложность, однако является наиболее точной [3].

Сравнение реализованных алгоритмов и оценочных функций производилось на трех различных видеопоследовательностях. Результаты сравнения были проанализированы. Наилучшую степень сжатия позволяет достичь использование алгоритма полного перебора с оценочной функцией CC. Однако при этом требуется большое количество вычислений оценочной функции, к тому же вычислительная сложность меры CC во много раз превышает вычислительную сложность мер L1 и L2. Наилучший результат по соотношению скорости и степени сжатия показал алгоритм PMVFAST. Степень сжатия незначительно меньше чем у алгоритма полного перебора, но количество вычислений оценочной функции наименьшее.

ЛИТЕРАТУРА

1. Benmoussat B.N., Belbachir M. F., Belbachir A.N., Fast Diamond Search Algorithm for block based motion estimation, IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology. 1999. Feb. Vol. 2.
2. Tourapis A.M., Au O.C., Liou M.L., Predictive Motion Vector Field Adaptive Search Technique (PMVFAST) – Enhancing Block Based Motion Estimation, IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology. January. 2000. Vol. 1.
3. Dzung T.H., Philip M.L., Jeffrey S.V., Efficient Cost Measures for Motion Estimation at Low Bit Rates, IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology. 1998. August. Vol. 8. № 4. P. 488–500.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИЗУАЛЬНЫХ СРЕДСТВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДАННЫХ ПРИ КОНТРОЛЕ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ

В.В. Романенко, к.т.н., доц.;

*В.А. Ефремов, Е.М. Винник, студенты 4-го курса
ТУСУР, г. Томск, тел. 41-34-54, voverkill@asu.tusur.ru*

Очевидно, что средства проектирования данных могут быть использованы при разработке компьютерных учебных программ (КУП).

Рассмотрим структуру данных гипермедийного электронного учебника. Обычно он строится по фреймовой технологии обучения, базирующейся на формировании абстрактных образов (кадров) и отношений (связей) между ними [1]. В данном случае связями являются ссылки на различные учебные ресурсы и другие кадры учебника, а также переходы на другие кадры согласно навигационной модели. Дело осложняется тем, что навигационных моделей в одном и том же учебнике может быть несколько. Это нужно для того, чтобы по одному и тому же учебнику могли заниматься учащиеся различных специальностей. В этом случае учебник содержит все необходимые материалы, а траектория обучения зависит от навигационной модели. Более того, в некоторых учебниках учащийся может сам выбирать траекторию обучения.

Все это приводит к тому, что схема данных содержит множество блоков и еще больше связей между ними. Вручную редактировать эти связи при возрастании объема учебного материала становится затруднительно. Визуальное проектирование данных поможет:

- Более наглядно обрабатывать связи, причем группами.
- Использовать множество видов связей и блоков.
- Создавать многоуровневые схемы. Так, например, несколько фреймов можно объединить в один блок (раздел, параграф) и далее работать с ним как с единым целым и т.д. вверх по иерархии материала.
- Визуально добавлять и удалять связи и блоки.
- Импортировать и экспортировать данные в различные форматы других систем проектирования.

То же самое можно сказать и относительно автоматизированных систем контроля знаний (САКЗ). Обычная база данных САКЗ не содержит никаких связей, так как вопросы из нее при тестировании выбираются случайным образом. Но если речь идет об адаптивном тестировании [2], то связи появляются, причем разных видов. Под адаптивным тестированием (АТ) понимается ситуация, когда вопрос, задаваемый студенту, зависит от результатов его предыдущих ответов.

Очевидно, что схема данных такой базы вопросов будет представлять собой достаточно сложное дерево или граф с множеством видов отношений узлов и групп узлов. Преимущества использования визуального проектирования здесь те же, что и перечисленные выше.

То же самое относится и к другим видам КУП. Кроме того, средства визуального проектирования данных можно использовать не только для того, чтобы создавать пакеты контроля знаний, но и в клиентской части САКЗ для ввода студентом ответов, представленных в виде различных алгоритмов, блок-схем и т.п., являющихся направленными графами или деревьями. То есть при решении любых задач, ответ на которые можно представить в виде некоторой последовательности действий. То есть визуальную часть средств проектирования можно использовать для создания структуры алгоритмов и заполнения блоков соответствующими операциями.

Отметим, что различные редакторы блок-схем уже существуют. Например, это FlowChart Builder российской компании UNN [3]. Несмотря на некоторые интересные идеи (такие, например, как возможность использования пакета для документирования программ), ряд недостатков (в контексте поставленной задачи) не позволяет применять данный пакет для решения поставленной задачи.

Рассмотрим еще одну проблему. Когда мы говорим о решении математических, физических и других задач людьми, не знакомыми с программированием, появляется вопрос, как им вводить в блок-схему формулы? Ведь не каждый сможет написать что-то вроде

$$(\text{pow}(x, 3) + \ln(\text{pow}(x, 2) + 1)) / (2 + \sin(3 * x)),$$

хотя это соответствует всего лишь следующему выражению:

$$f(x) = \frac{x^3 + \ln(x^2 + 1)}{2 + \sin 3x}.$$

Очевидно, что необходим компонент (также встраиваемый, чтобы его можно было использовать во всех видах КУП) для ввода математических выражений в естественном виде, позволяющий также эти формулы отображать в кадрах учебника и уметь вычислять введенное выражение. Самые распространенные редакторы формул – Equation и MathType для пакетов MS Office не обладают такой функциональностью. И нет гарантии, что они установлены на машине удаленного пользователя (например, при дистанционном обучении). Мощные пакеты типа MathCAD, MATLAB и пр. использовать для этих целей нерационально, к тому же их имеет еще меньшее число пользователей. Существуют и специальные продукты. В частности, при разработке компьютерного учебника «Высшая математика. Дифференциальное исчисление

и интегральные уравнения» [4] для ввода формул использовалась программа Formulatoг компании Hermitech [5].

Однако использование стороннего продукта выявило его недостатки (опять же, относительно поставленных целей). В будущем будет разработан свой компонент, обладающий всей необходимой функциональностью.

В настоящее время на кафедре АСУ ТУСУР внедряется групповое проектное обучение (ГПО). В рамках этой концепции, каждый студент, начиная с третьего курса, должен входить в коллектив из 2–5 человек, совместно работающих над одним достаточно крупным проектом. Одна из таких групп (состоящая на данный момент из авторов доклада) реализует подобную интерактивную систему для работы с математическими выражениями в естественном виде. После соединения двух данных технологий (т.е. компоненты для составления блок-схем, построенной на базе универсальной среды проектирования данных и компоненты интерактивной работы с математическими выражениями) полученный продукт будет обладать уникальной совокупностью характеристик, выделяющих его на фоне распространенных аналогов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горлушкина Н.Н. и др. Проектирование компьютерных обучающих программ. <http://de.ifmo.ru/library/0055>.
2. Веретенников М.В. Требования к системе автоматизированного контроля знаний // Информационные системы: Труды научно-технической школы-семинара студентов, аспирантов и молодых специалистов. Томск: Изд-во ТУСУР, 2003. С. 148–152.
3. Конструктор блок-схем FlowChart Builder. <http://www.unn.ru/vmk/graphmod>.
4. Клыков В.В., Ельцов А.А., Шатлов К.Г. Интерактивные компьютерные тренажеры по интегральному исчислению и дифференциальным уравнениям // Известия ТПУ. 2006. № 2. С. 255–260.
5. Hermitech. Официальный сайт лаборатории. <http://www.hermitech.ic.zt.ua>.

КОРРЕКЦИЯ ОШИБОК В СИСТЕМАХ ЦИФРОВОГО МУЛЬТИМЕДИА-ВЕЩАНИЯ

К.В. Шинкаренко, аспирант каф. АСУ.

ТУСУР, г. Томск, shinkarenko_k@mail.ru

Развитие коммуникационных технологий не избавляет нас от проблемы возможной потери либо искажения передаваемой информации,

а также от необходимости экономии полосы пропускания. Ошибки и потери данных при передаче мультимедиа ведут к ухудшению качества восприятия звука и видео. Решить эту проблему призваны методы кодирования информации, позволяющие проводить коррекцию ошибок на приемнике. В данной статье проводится краткий обзор теории коррекции ошибок и предлагается усовершенствованный метод кодирования с учетом особенностей цифрового формата MPEG [7].

Знаменитая теорема Шеннона для канала с шумом утверждает, что при помощи кодирования информация по каналу связи может передаваться со сколь угодно малой заданной вероятностью ошибки на приемном конце, но при этом скорость передачи информации не должна превышать некоторой предельной величины, определяемой согласно (1):

$$M = H \cdot \log_2(1 + S/N), \quad (1)$$

где M – предельная пропускная способность канала; H – ширина пропускания канала; S/N – соотношение мощности сигнала к мощности шума в канале.

Согласно работам Шеннона [1], следует различать кодирование источника и кодирование канала. Кодирование источника позволяет достичь эффективного представления информации, генерируемой источником, за счет уменьшения избыточности, содержащейся в этой информации с целью увеличения скорости передачи.

Кодирование канала направлено на минимизацию вероятности ошибок в информации, полученной на приемном конце, при передаче данных по зашумленному каналу. В случае дискретного сигнала кодирование канала производится с использованием двух базовых подходов: блочного кодирования либо конволюционного кодирования. Блочные коды были введены Хеммингом [2] в 1950 г. Конволюционные коды были впервые предложены Питером Элиасом [3] в 1955 г.

Очевидно, что основным источником ошибок является зашумленная физическая среда передачи, либо физические повреждения устройств хранения. Как правило, выделяют два типа ошибок – пачки ошибок, и случайно распределенные ошибки. Случайно распределенные ошибки представляют собой тип ошибок, когда ошибка в одном из переданных символов никак не зависит от ошибки в другом переданном символе, и ошибки распределены по потоку данных случайным образом. Пачки ошибок представляют собой тип ошибок, когда на протяжении длительного времени ошибки не происходят, но возможен короткий интервал времени, в течении которого количество ошибок следуют с высокой частотой. Пачки ошибок характерны для устройств хранения из-за физических повреждений самих устройств, а также для кабельных

линий связи из-за затуханий или круговых отражений. Случайные ошибки характерны для спутниковых систем связи, например, из-за атмосферных помех.

Правильное определение типа ошибок крайне важно для правильного выбора кода для кодирования канала. Пачки ошибок эффективно исправляются блочными кодами Файра, Хемминга [6]. Случайные ошибки эффективно исправляются блочным кодом Рида-Соломона, а также конволюционным кодом. Эффективным является также конкатенационный код – последовательное применение блочного и конволюционного кода. Такой код позволяет эффективно исправлять ошибки внутри блока с помощью блочного кода, и сводить к минимуму вероятность ошибок на границах блоков с помощью конволюционного кода [5]. Именно такой подход используется в европейском стандарте спутникового вещания DVB-S [4], что иллюстрирует рис. 1. Выходной битрейт в такой схеме возрастает как минимум на ~22% при условии, что конволюционное кодирование производится с дающим минимальную избыточность (и минимальную степень защиты от ошибок) кодовым соотношением 7/8.



Рис. 1. Схема мультимедиа-вещания в системах DVB-S

Данная схема оптимизирована в смысле простоты декодирующих приемных устройств (так называемых *Set Top Boxes*). Однако при вещании мультимедиа по компьютерным проводным сетям можно позволить некоторое увеличение сложности декодирования входного потока, поскольку для этого редко требуется полная мощность современных персональных компьютеров (т.е. приемных устройств в данном случае). Гораздо более актуальной является проблема плохого качества, обусловленная потерями и ошибками в данных. При этом крайне нежелательно увеличение нагрузки на сеть. Требование повторной передачи в

случае потери мультимедиаданных невозможно, поскольку вещание в реальном времени критично к задержкам.

В качестве подхода для решения этой задачи предлагается следующее: использовать кодирование с различным уровнем защиты от ошибок для различных типов кадров в MPEG-последовательности [7]. Для опорных кадров (I-кадры), использовать конволюционное кодирование с наибольшей степенью защищенности от ошибок, для предиктивных кадров (P-кадров) – среднюю степень кодирования, для двунаправленно предиктивных фреймов (B-кадров) использовать только блочное кодирование транспортных пакетов, содержащих код начала кадра.

Данная схема призвана минимизировать риск потери опорных кадров, что является наиболее критичным для зрительного восприятия качества видеозображения, при приемлемой дополнительной нагрузке на линию связи.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Shannon C.E.* A mathematical theory of communication // Bell Sys. Tech. J. 27: 379–423. 623–656. 1948.
2. *Hamming R.W.* Error Detecting and error correcting codes // Bell Sys. Tech. J. 29 (2): 147–160. 1950.
3. *Elias P.* Coding for noisy channels // In IRE Conv. Rec. 1955.
4. *European Telecommunications Standards Institute: EN 300 421 V1.1.2 (1997-08).* Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for 11/12 GHz satellite services.
5. *Ajay Dholakia.* Introduction to Convolutional Codes with Applications. Kluwer Academic Publishers, 1994. 237 с.
6. *Коды, исправляющие ошибки* / Под ред. Р.Л. Добрушина. М.: Мир, 1964. 338 с.
7. *INTERNATIONAL ORGANISATION FOR STANDARDISATION. ISO-IEC 13818-1 Systems, Coding of Moving Pictures and Associated Audio*, 13 November 1994.

АВТОМАТИЗАЦИЯ УЧЕТА АРЕНДНЫХ ОТНОШЕНИЙ В СРЕДЕ «1С: ПРЕДПРИЯТИЕ 7.7 ДЛЯ БЮДЖЕТНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ»

***В.В. Ситникова, студентка 5 курса; М.Н. Исаков, к.ф.-м.н., доцент
ТГУСУР, г. Томск, Viktoriya_st@mail.ru***

На сегодняшний день сдача в аренду имущества является доходным видом бизнеса, который ведется и в бюджетных организациях в рамках их внебюджетной деятельности. Любой бизнес-процесс сопровождается большим объемом информации, которая в целях достижения

наибольшей экономической эффективности должна быть четко систематизирована и упорядочена, особенно если речь идет о бюджетной организации.

В арендных отношениях необходимо держать под контролем сведения о том, что сдано и по какой цене сдано в аренду, кому и на какой срок. Также необходимо осуществлять контроль над платежной дисциплиной арендаторов в целях избежания необоснованного пользования имуществом без оплаты и быстрого реагирования на нарушения договорных обязательств. То есть своевременное обнаружение задержки в оплате и начисление пени за данный промежуток времени, а если злостный неплательщик, то подготовка документов и подача заявления в Арбитражный суд. Конечно же, все это можно делать и вручную, но если у предприятия более 1000 договоров, то избежать ошибок при этом очень сложно. Поэтому в целях обеспечения учета договоров аренды, начисления платежей по ним, отслеживания поступлений денежных средств от арендаторов и начисление пени, был разработан модуль в среде «1С: Предприятие 7.7» конфигурации для бюджетных организаций.

Следует отметить, что бухгалтерский учет в бюджетных организациях является очень сложным, тем более что в нем произошли очень существенные изменения по сравнению с ранее действовавшими правилами. Эти изменения были внесены Приказом Министерства Финансов РФ № 25н от 10.02.2006 г.

Наиболее значимые из них: новый План счетов, взаимосвязь Плана счетов с бюджетной классификацией, отсутствие мемориально-ордерной формы учета, появление такого понятия, как «непроизведенные активы», изменение критериев, по которым актив относится к основным средствам и нематериальным активам [1].

Было рассмотрено около 11 программ, которые позволяют вести учет аренды. В них было выявлено много недостатков, самым главным из них, является то, что только одна из рассмотренных программ предназначена для бюджетных учреждений, но в сентябре этого года она была снята с производства. Практически все эти программы созданы на базе какой-либо компоненты «1С: Предприятие 7.7», т.е. являются с «1С:» совместимыми продуктами. Но практически все они являются независимыми конфигурациями. Также не во всех из них предусмотрен расчет пени, который является очень сложным.

По этому был разработан модуль, который встраивается в уже существующую базу, что позволяет не перестраивать ведение учета и не вводить данные заново, а также можно пользоваться стандартными отчетами конфигурации (рис. 1). Минимальные изменения самой конфигурации позволяют проводить обновление программы. Это очень акту-

[illegible]

При разработке данного модуля в конфигурации были сделаны следующие изменения:

- добавлена периодическая константа для хранения истории изменения ставки рефинансирования, которая используется при расчете пени, если ее размер не предусмотрен договором;
- внесены изменения в справочник договора, добавлены реквизиты: размер пени, дата регистрации договора, дата начисления платежей по договору, которые необходимы при расчете ежемесячных арендных платежей и начисления пени, соответственно изменен модуль формы данного справочника (рис. 2);
- также были разработаны документы для пакетного начисления ежемесячных арендных платежей по договорам в рублях, договорам в условных единицах;
- документ, для начисления пени по этим договорам;
- создан журнал для регистрации и просмотра данных документов (рис. 3).

Договоры: Бюджетные учреждения. Общеобразовательная школа № 756. Договор аренды (08...

Договор | Регистр госконтрактов |

Общеобразовательная школа № 756 Контрагент: Вид: "Организации"

Код (рег. №): 00000000002 Рабочее наименование: Договор аренды Тип договора: Хозяйственный договор

Целевое назначение: аренда Плательщик: ОАО "Гриск +"

Договор (контракт)

Номер: 13-A Дата: 01.02.2006 Срок действия: 31.12.2007 Сумма договора: 12980.00 Валюта договора:

Краткое содержание:

Условия оплаты: зачислена бюджетный счет % по кредиту: 0.00 Вид заимствования:

День начисления: 10 Пеня: 0.20 Дата регистрации: 31.12.2006

Назначение платежа (автоподстановка в платежные документы):

OK Закрыть История

Значения периодических реквизитов указаны на 08.03.2007

[illegible]

Разработанный модуль позволяет повысить эффективность работы, а именно:

- осуществлять пакетное начисление ежемесячных арендных платежей по договорам аренды, заключенным в рублях;
- осуществлять пакетное начисление ежемесячных арендных платежей по договорам аренды, заключенным в условных единицах;
- начислять пеню по договорам аренды за каждый день просрочки;
- повысить точность и оперативность учета договоров аренды и платежей по ним;

- уменьшить затраты времени на проведение операций связанных с арендой;
- уменьшить количество ошибок связанных с расчетами между арендаторами и арендодателем

ЛИТЕРАТУРА

1. *Хабаев С.Г.* Бюджетный учет по новому плану счетов: Универсальный справочник. М: Главбух, 2005.

ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ DVD-VIDEO ДАННЫХ

*А.П. Туголуков, студент 371-м; В.П. Бондаренко, д.т.н., проф.
ТУСУР, г. Томск, anton.tugolukov@eleccard.ru*

В настоящее время все больше и больше внимания уделяется вопросам эффективного хранения, передачи и воспроизведения мультимедиаданных (цифровое видео, аудио и т.п.). Это связано с развитием компьютерной техники, обусловленным как техническим прогрессом так и появлением принципиально новых идей и решений в области цифрового телевидения. Остается все меньше пользователей, не слышавших о таких популярных стандартах, как MPEG-2 [1] и MPEG-4. Доступность цифровых фотоаппаратов и камер привела к тому, что каждый пользователь такого устройства, знает он это или нет, имеет дело со съёмками мультимедиаданными.

С развитием DVD-Videодисков и DVD-проигрывателей идея создания таких дисков из пользовательских видеофайлов становится весьма заманчивой.

Предлагается создать программный модуль преобразования видеофайлов, совместимых с DVD стандартом (MPEG-2 DVD-Compatible) в стандартный образ DVD-диска (стандарт ISO-9660).

Может создаться впечатление ненужности такого продукта, поскольку количество совместимых со стандартом DVD Video файлов неизмеримо меньше их общего числа, однако такой модуль может понадобиться в программных продуктах редактирования видео (к примеру, для создания DVD-Videодиска). К тому же средства перекодирования видео в совместимый с DVD формат легкодоступны и могут быть использованы для преобразования несовместимых файлов.

В качестве архитектуры модуля была выбрана Microsoft DirectShow [2], построенная по технологии COM (Component Object Model). Преимущества данной технологии заключаются в простоте использования компонент и отсутствии необходимости перекомпиляции приложения при изменении реализации самого компонента. Выбор архитектуры Di-

rectShow связан с широким распространением операционной системы Microsoft Windows.

Реализация в качестве COM-объекта позволяет другим компаниям использовать (а значит и покупать) данный модуль в качестве движка для своих приложений Windows, работающих с мультимедиаданными. При обновлении версии «движка» необходимо лишь заменить бинарный файл, содержащий компонент.

В качестве языка программирования был выбран C++, а в качестве среды разработки – Microsoft Visual Studio.NET 2003 [3]. Выбор обусловлен тем, что язык C++ предоставляет удобные и эффективные средства для написания COM-объектов [4, 5], а Visual Studio во многом упрощает процесс программирования для Windows.

Модуль проверяет поступающие файлы на совместимость с DVD-стандартом. Если файлы совместимы, то они добавляются к проекту (планируется добавление меню и субтитры). Проект, в зависимости от выбора пользователя, по окончании работы записывает данные на DVD-диск, либо создает стандартный образ DVD-диска (*.iso) или директории VIDEO_TS и AUDIO_TS на жестком диске пользователя. Кроме того, предусмотрено разбиение видео на части для быстрого позиционирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. ISO/IEC 13818-1 (MPEG-2 Systems)
2. *DirectX* documentation for C++ programmers
3. MSDN Library – April 2004
4. Трельсен Э. Модель COM и применение ATL 3.0. СПб.: BHV. 2005.
5. Страуструп Б. Язык программирования C++. Бином, 2006. (Специальное издание).

АВТОМАТИЗАЦИЯ УЧЕТА ДЕРЖАТЕЛЕЙ БАНКОВСКИХ ДЕБЕТОВЫХ КАРТ

А.С. Юнусова, студент 5 курса; М.Н. Исаков, к.ф.-м.н., доцент
ТУСУР, г. Томск, т. 41-29-73, alexa_u@sibmail.com

В современном бурно развивающемся мире немалую долю рынка услуг занимают банки. Сегодня на российском рынке банковских услуг появляется все большее количество пластиковых карт. Залог успешной работы любого предприятия – грамотное выполнение управленческих функций (в том числе учета). В данной статье рассмотрена система учета держателей банковских дебетовых карт.

Учет держателей дебетовых карт позволяет банку выбрать грамотную политику отношений с каждым клиентом, в том числе дает инфор-

мацию для принятия верного решения относительно предоставления прочих банковских услуг конкретному клиенту.

Каждый банк имеет свою автоматизированную банковскую систему (АБС). Требования и ограничения к АБС у каждого банка индивидуальны, поэтому часто требуется «подстраивать» систему под конкретные условия работы.

Представленная система разработана для филиала одного из российских банков в городе Томске, поэтому построена в соответствии с особенностями учета держателей банковских дебетовых карт именно в этом банке.

Существуют следующие системы, обеспечивающие учет держателей банковских дебетовых карт:

- АБС «Union Business System» – основной продукт компании «ЮниСаб»;

- АБС «Алмаз» компании «КРЭГГ»;

- АБС «Б2» компании «Б2»;

- АБС «Сатурн» Сберегательного банка России;

- АБС «СТ Банк» компании «Сетевые технологии».

Перечисленные системы не удовлетворяют поставленным требованиям: системы избыточны по набору выполняемых функций, имеют сложный многооконный интерфейс, не позволяют осуществлять экспорт данных во внешние файлы. Кроме того, приобретение, внедрение, настройка и сопровождение данных систем, а также программного обеспечения для них потребует дополнительных затрат.

Для ведения учета сотрудникам банка необходима следующая информация:

- фамилия, имя, отчество, пол, дата и место рождения, паспортные данные клиента;

- размер заработной платы и иных доходов клиента за шесть месяцев до месяца обращения клиента (по месяцам);

- номер карты, фамилия и имя клиента на карте (латинскими буквами), секретное слово;

- номер спецкартсчета (СКС).

Для предоставления карты в пользование клиент оформляет пакет документов:

- договор на открытие СКС, счета гарантийного покрытия (СГП),

- заявление на выпуск и предоставление в пользование карты,

- карточка с образцом подписи и оттиском печати (КОПОП).

Для отчета о своей деятельности менеджер отдела продаж пластиковых продуктов (ОППП) составляет следующие отчеты:

- полный отчет о держателях дебетовых карт;
- краткий отчет о держателях дебетовых карт;
- авансовый отчет (о выданных картах);
- отчет о предприятиях, на которых трудоустроены держатели.

Менеджеры ОППП осуществляют запись и регистрацию клиентов, желающих стать держателями дебетовых карт, с помощью системы (заполняя соответствующие поля таблиц системы, осуществляя печать пакета документов для конкретного клиента).

При возникновении каких-либо нестандартных ситуаций при работе держателей с картами (хищение или утеря карты, утеря PIN-кода, изменение данных о держателе и пр.) менеджерами при помощи системы может осуществляться поиск необходимой информации в базе данных системы.

В качестве итога своей работы менеджеры предоставляют четыре вида отчетов начальнику ОППП.

Концептуальная модель данных в общем виде представлена на рис. 1. Система позволяет осуществлять выполнение следующих функций:

- учет держателей банковских дебетовых карт;
- поиск записей о клиентах по различным реквизитам;
- заполнение и печать пакета документов;
- составление необходимых отчетов.

Для реализации системы было выбрано средство Microsoft Access 2003, так как оно обладает удобными средствами для управления базами данных, встроенными средствами создания пользовательского интерфейса, позволяет осуществлять интеграцию с пакетом MS Office, а также импорт, экспорт и связывание внешних файлов. Кроме того, данное средство обеспечивает контроль правильности вводимых данных, позволяет обработку большого массива данных, обеспечивая при этом удобные способы извлечения из этого множества нужной информации. Помимо этого, Access позволяет создать связи между таблицами, многопользовательский режим работы и имеет развитую систему защиты от несанкционированного доступа.

Основными пользователями системы являются менеджеры ОППП. Они имеют полный неограниченный доступ к информации, которая была введена ими, а также возможность просмотра всей прочей информации, занесенной в систему другими пользователями системы.

Кроме того, пользователем системы может быть и начальник ОППП (он может выполнять функции менеджера ОППП), который имеет неограниченный доступ к системе.



Рис. 1. Концептуальная модель данных системы учета держателей банковских дебетовых карт

В заключение можно сказать, что рассмотренная система способна обеспечить автоматизацию функции учета держателей банковских дебетовых карт в полном объеме. Система удовлетворяет всем требованиям, поставленным заказчиком системы, выполняет все необходимые функции (возможность осуществления учета, поиска держателей, печати пакета документов, составление отчетов).

Система легко может быть усовершенствована в связи с изменением порядка учета держателей банковских дебетовых карт.

Внедрение системы позволило значительно облегчить труд менеджеров, сократить временные затраты, облегчить обработку информации, связанной с держателями дебетовых карт. Результатом стало увеличение продуктивности работы, что привело к росту числа клиентов Томского филиала банка.

СЕКЦИЯ 6

КВАНТОВАЯ, ОПТИЧЕСКАЯ И НАНОЭЛЕКТРОНИКА

*Председатель – Шарангович С.Н., зав. каф. СВЧиКР,
к.ф.-м.н., доцент;
зам. председателя – Буримов Н.И., к.т.н., доцент каф. ЭП*

СПЕКТРАЛЬНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ФОТОИНДУЦИРОВАННОГО ПОГЛОЩЕНИЯ В КРИСТАЛЛЕ $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}:\text{Ca}$, НАВЕДЕННОГО ИЗЛУЧЕНИЕМ С ДЛИНОЙ ВОЛНЫ 660 НМ

*А.С. Акрестина, электроник; А.С. Вишнев, аспирант;
Р.В. Киселев, студент 1 курса; А.Ю. Матусевич¹, студент 6 курса
ТУСУР, г. Томск, т. 41-38-87, ¹БГУ, г. Минск, aka_83@mail.ru*

Фоторефрактивные кристаллы титаната висмута $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}$ (ВТО), относящиеся к классу силленитов, характеризуются высокой фоточувствительностью в видимой области спектра и находят применение в устройствах оптической памяти, динамической голографии, интегральной и нелинейной оптики [1]. Облучение кристаллов светом из видимой области спектра приводит к фотоиндуцированному изменению поглощения [2]. Причиной эффекта фотоиндуцированного поглощения считается перезарядка дефектных центров с различными сечениями фотоионизации, при этом одна их часть играет роль доноров, а вторая – ловушек для носителей заряда [3]. Для реализации устройств динамической голографии представляют интерес количественные данные о характере энергетического распределения для концентрации донорных и ловушечных центров, заселенных электронами при предварительном облучении кристаллов ВТО излучением из видимой области.

В настоящей работе представлены результаты экспериментальных исследований и численной аппроксимации спектральных зависимостей фотоиндуцированного поглощения в кристалле титаната висмута, легированном кальцием.

Эксперименты проводились на монокристаллическом образце титаната висмута $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}:\text{Ca}$ толщиной 5,9 мм, вырезанном вдоль кристаллографического направления [100]. Для фотоиндуцированного измене-

ния поглощения использовалось излучение полупроводникового светодиода с центральной длиной волны 660 нм и интенсивностью 30 мВт/см^2 , воздействующее на кристалл в течение 1 ч.

Спектры пропускания кристалла $T(\lambda)$ в диапазоне 508–830 нм регистрировались на спектрофотометре СФ-56 непосредственно до облучения, после облучения и на этапе релаксации (через 24 ч после облучения). Все эксперименты проводились при комнатной температуре.

На рис. 1 представлены спектральные зависимости поглощения кристалла от энергии кванта светового излучения $E = \hbar\omega$, выраженной в эВ, до и после облучения $k_i(E)$ и $k_i(E, t_{rel} = 0)$ соответственно, а также спектральная зависимость $k_i(E, t_{rel})$, зафиксированная через 24 ч. от начала процесса релаксации, происходившего в темновых условиях.

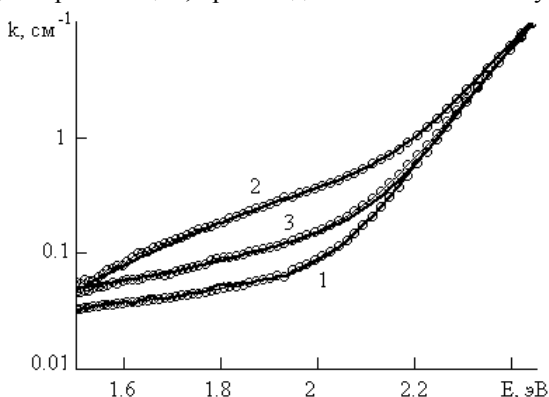


Рис. 1. Динамика изменения спектров поглощения для кристалла $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}:\text{Ca}$: до облучения (1); после облучения светом с $\lambda \sim 660 \text{ нм}$ в течение 1 ч (2); на этапе релаксации в течение 24 ч (3).

Точки – эксперимент, сплошные кривые – численный расчет

Облучение кристалла $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}:\text{Ca}$ приводит к значительному увеличению коэффициента поглощения во всем исследованном энергетическом диапазоне. В темновых условиях релаксация наведенных изменений продолжается в течение более 120 ч.

Количественные модели фотоиндуцированного поглощения света в кристаллах силленитов основаны на гипотезе о перезарядке дефектных центров, имеющих различные сечения фотоионизации [4–5]. Предполагается, что электроны, возбуждаемые светом в зону проводимости с глубоких донорных центров, заселяют ловушки, что и приводит к изменению оптического поглощения. В процессе релаксации происходит обратная перелокализация электронов на донорные центры.

Спектральная зависимость коэффициента поглощения в кристалле $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}:\text{Ca}$ удовлетворительно описывается в рамках модели, учитывающей наличие в запрещенной зоне кристалла трех типов донорных центров со средними значениями энергии ионизации $E_{D1} \sim 1,32$ эВ, $E_{D2} \sim 2,38$ эВ и $E_{D3} \sim 2,88$ эВ и двух типов ловушечных центров захвата со средними значениями энергии ионизации $E_{T1} \sim 1,05$ эВ и $E_{T2} \sim 2,19$ эВ, с нормальным законом распределения концентраций по энергии. При облучении происходит заполнение ловушечных уровней с E_{T1} и E_{T2} . В процессе релаксации заселенность уровней с E_{T1} уменьшается, а заселенность уровня с E_{T2} ведет себя немонотонно.

Таким образом, облучение кристалла $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}:\text{Ca}$, некогерентным светом с длиной волны $\lambda \sim 660$ нм приводит к увеличению оптического поглощения в широком спектральном диапазоне. В темновых условиях релаксация наведенных изменений продолжается в течение более 120 ч. Экспериментальные данные удовлетворительно согласуются с численной аппроксимацией коэффициента поглощения на основе модели фото-возбуждения электронов с глубоких донорных и ловушечных центров.

Данная работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и БРФФИ (гранты №06-02-81040_Бел_а и № 05-02-16589-а) и программы «Развитие научного потенциала высшей школы (2006–2008 годы)».

ЛИТЕРАТУРА

1. Петров М.П., Степанов С.И., Хоменко А.В. Фоторефрактивные кристаллы в когерентной оптике. СПб.: Наука, 1992.
2. Малиновский В.К., Гудаев О.А., Гусев В.А., Деменко С.И. Фотоиндуцированные явления в силленитах. Новосибирск: Наука, 1990. 160 с.
3. Kobozev O.V., Shandarov S.M., Kamshilin A.A., Prokofiev V.V. J. Opt. A: Pure Appl. Opt. 1. 442. 1999.
4. Мандель А.Е., Плесовских А.М., Шандаров С.М. и др. // Изв. вузов. Физика. № 12. 48. 2003.
5. Шандаров С.М., Мандель А.Е., Казарин А.В. и др. // Изв. вузов. Физика. № 8. 29. 2002.

ДИСПЕРСИОННОЕ УРАВНЕНИЕ ФОТОННО-КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ВОЛОКНА

А.С. Задорин, д.ф.-м.н., проф.; Р.С. Круглов, к.т.н., м.н.с.;

А.А. Шибельгут, аспирант; П.В. Чернов, студент

ТУСУР, г. Томск, Anatoly.Zadorin@rzi.tusur.ru

Существенный прогресс в развитии технологии производства традиционных оптических волокон (ОВ) вплотную приблизил характеристи-

ки предлагаемых на телекоммуникационном рынке ОВ к теоретическому пределу. Поэтому внимание специалистов привлекает новый класс ОВ – фотонно-кристаллические волокна (в литературе также встречается термин микроструктурированные ОВ) [1], потенциальные возможности которых значительно превосходят предельные параметры стандартного ОВ.

Математические модели фотонно-кристаллических волокон (ФКВ) к настоящему моменту развиты в недостаточной степени [2], что приводит к некоторым затруднениям при проектировании волокон с заданными величинами затухания, дисперсии и нелинейности.

В настоящей работе на основе метода стратификации [3] решена задача о нахождении дисперсионного уравнения для волноводных мод (ВМ), распространяющихся в ФКВ произвольной структуры.

Рассмотрим многослойный планарный оптический волновод, поперечная структура которого эквивалентна структуре ФКВ, представленного на рис. 1, а.

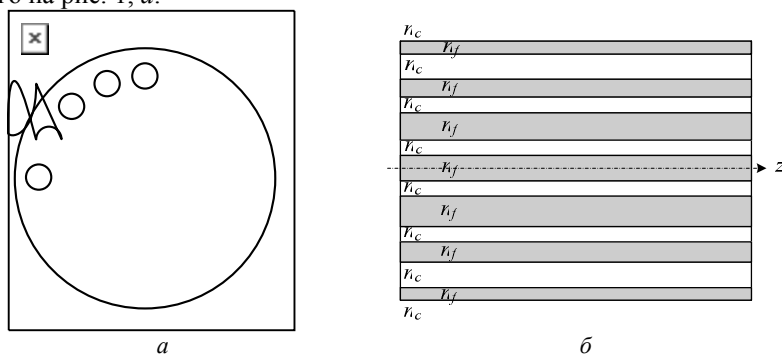


Рис. 1. Поперечное сечение фотонно-кристаллического волокна (а) и эквивалентный ему многослойный планарный волновод (б)

В соответствии с [3] при описании световых полей в слоистом оптическом волноводе определим переменные, которые описывают поперечные изменения оптического поля:

$$U = E_y; \quad V = \omega \mu H_z, \quad (1)$$

где ω – угловая частота световой волны; μ – магнитная проницаемость среды.

Обе переменные подчиняются поперечному волновому уравнению [3, 4]:

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2} U = (\beta^2 - n^2 k^2) U,$$

где β – постоянная распространения ВМ; k – волновое число световой волны в вакууме; n – показатель преломления среды.

Общее решение волнового уравнения в области покровного слоя может быть записано в виде экспоненциально затухающих волн [3]:

$$\begin{aligned} U(x) &= A \exp(\gamma x) + B \exp(-\gamma x), \\ V(x) &= \gamma [A \exp(\gamma x) - B \exp(-\gamma x)], \end{aligned} \quad (2)$$

где $-\gamma^2 = n^2 k^2 - \beta^2$.

Постоянные A и B можно заменить значениями $U_0 = U(0)$ и $V_0 = V(0)$ в плоскости $x = 0$ многослойной структуры:

$$A = \frac{1}{2} \left(U_0 + \frac{V_0}{\gamma} \right), \quad (3)$$

$$B = \frac{1}{2} \left(U_0 - \frac{V_0}{\gamma} \right). \quad (4)$$

Таким образом, выражения (1)–(4) позволяют получить простое матричное соотношение [3] между величинами многослойного оптического волновода U_n , V_n и U_0 , V_0

$$\begin{bmatrix} U_0 \\ V_0 \end{bmatrix} = \mathbf{M} \begin{bmatrix} U_n \\ V_n \end{bmatrix}, \quad (5)$$

где $\mathbf{M}$ – характеристическая матрица многослойного волновода,

$$\mathbf{M} = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} \\ m_{21} & m_{22} \end{bmatrix} = \mathbf{M}_1 \cdot \mathbf{M}_2 \cdot \mathbf{M}_3 \cdot \dots \cdot \mathbf{M}_n.$$

Характеристическая матрица произвольного слоя может быть записана в следующем виде [3]:

$$\mathbf{M} = \begin{bmatrix} \cos(\gamma_i d_i) & 0(j/\gamma_i) \sin(\gamma_i d_i) \\ j\gamma_i \sin(\gamma_i d_i) & \cos(\gamma_i d_i) \end{bmatrix},$$

где d_i – толщина i -го слоя.

Далее обозначим величины U_n , V_n и U_0 , V_0 многослойного волновода в соответствии с рис. 1:

$$U_0 = A_c; \quad V_0 = j\gamma_c A_c; \quad U_n = B_c; \quad V_n = -j\gamma_c B_c. \quad (6)$$

Подстановка выражений (6) в матричное соотношение (5) позволяет получить следующие выражения:

$$\begin{aligned} A_c &= [m_{11} - j\gamma_c m_{12}] B_c, \\ j\gamma_c A_c &= [m_{21} - j\gamma_c m_{22}] B_c. \end{aligned}$$

Разделив первое соотношений на второе получим искомое дисперсионное уравнение многослойного волновода:

$$j[\gamma_c m_{11} + \gamma_c m_{22}] = m_{21} - \gamma_c^2 m_{12}. \quad (7)$$

Уравнение (7) устанавливает связь между угловой частотой ω и постоянной распространения ВМ β в многослойной направляющей структуре. Полученное выражение справедливо для любого количества слоев, а также может быть использовано для приближенного анализа градиентных волноводов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Van Eijkelenborg M.A. Argyros A. and oth.* Bandwidth and loss measurements of the graded-index microstructured polymer optical fibre // Proc. Of 13th International Plastic Optical Fiber Conference 2004. P. 259–263.
2. *Large Maryanne C.J. Manos Steven and oth.* Bandwidth optimization in graded index microstructured polymer optical fibre // Proc. Of 15th International Conference on Plastic Optical Fiber and Microoptics 2006. P. 367–372.
3. *Волноводная оптоэлектроника* / Под ред. Т.Тамира. М.: Мир, 1995. 575 с.
4. *Снайдер А., Лав Дж.* Теория оптических волноводов: Пер. с англ. М: Радио и связь, 1987. 656 с.

ВЛИЯНИЕ ДЛИНЫ ВОЛНЫ ЗАПИСЫВАЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕЛАКСАЦИИ ФОТОРЕФРАКТИВНЫХ ГОЛОГРАММ В КРИСТАЛЛАХ

LiNbO₃:Fe:Cu

П.А. Карпушин, О. Фадеева, студенты 3 курса;

*А.В. Гусев, студент 4 курса; В.М. Шандаров, д.ф.-м.н., проф.
ТУСУР, г. Томск, т. 8-903-915-00-24, kpa@svch.rk.tusur.ru*

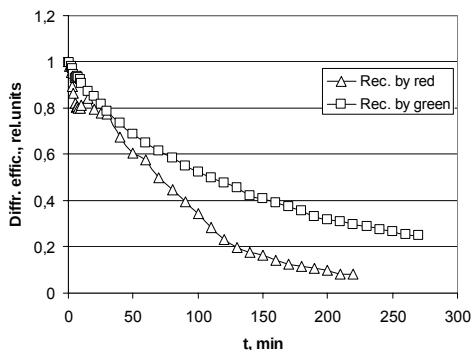
Перспективным материалом для создания голографических элементов, допускающих возможность многократной перезаписи, является ниобат лития (LiNbO₃), легированный фоторефрактивными примесями [1]. Такое легирование приводит к существенным спектральным зависимостям характеристик фоторефрактивных голограмм (ФГ), одной из важнейших среди которых является скорость их релаксации в темноте или при считывании. Целью данной работы явилось исследование влияния длины волны записывающего излучения на характеристики релаксации голографических решеток в кристаллах ниобата лития с легированием поверхности комбинацией ионов Fe и Cu. Интерес к данным легирующим примесям обусловлен возможностью оптической фиксации в подобных образцах фоторефрактивных голографических решеток при использовании схем двухцветной записи [2].

В экспериментах использовались образцы ниобата лития (LiNbO_3) Y и X срезов в форме пластин с толщиной от 1,5 до 3 мм. Их приповерхностная область легирована ионами Fe и Cu путем термической диффузии из металлических пленок при температурах (900–1000)°C. Глубина диффузии Fe меняется для разных образцов от 10 до 50 мкм, а глубина диффузии Cu – от 50 до 170 мкм.

Для формирования фоторефрактивных решеток в исследуемых образцах использовались два подхода. Основой первого является голографическая схема, в которой два когерентных световых пучка создают интерференционную картину в объеме кристалла, что приводит к индуцированию фоторефрактивной решетки. Во втором методе поверхность кристалла освещается через амплитудную маску с топологией одномерной дифракционной решетки. В этом случае для формирования ФГ вблизи поверхности кристалла может использоваться и некогерентное коротковолновое излучение.

Результаты на рис. 1 иллюстрируют особенности релаксации ФГ, сформированных в голографической схеме на длинах волн 633 и 532 нм в образце $\text{LiNbO}_3\text{:Fe:Cu}$ с глубиной диффузии 50 мкм для обеих примесей. Период структур составлял 15 мкм. После записи ФГ непрерывно считывались излучением He-Ne лазера с поляризацией, соответствующей необыкновенной волне в кристалле, при брэгговском угле падения светового пучка. Можно видеть, что скорость стирания ФГ, записанной излучением с длиной волны $\lambda = 532$ нм, существенно ниже, чем для ФГ, сформированной излучением с $\lambda = 633$ нм.

Рис. 1. Временная эволюция дифракционной эффективности фоторефрактивных решеток, сформированных излучением с длинами волн 532 и 633 нм в кристалле $\text{LiNbO}_3\text{:Fe:Cu}$



Следует отметить характерный вид зависимости дифракционной эффективности ФГ на начальном участке при их релаксации. В первые моменты скорость стирания существенно превышает ее значение из ожидаемого экспоненциального закона (рис. 2). Это связано с высокой темновой проводимостью в тонком поверхностном слое кристалла с высокой концентрацией ионов Fe.

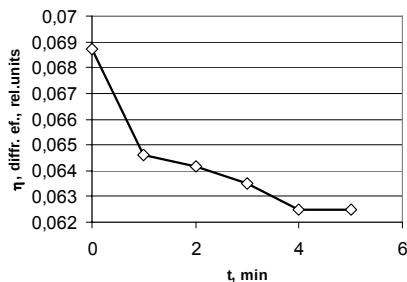


Рис. 2. Зависимость дифракционной эффективности ФГ от времени на начальном участке

излучением с длиной волны 395 нм. Однако в эксперименте выявлено возрастание скорости стирания таких ФГ при тех же параметрах считывающего излучения. Мы объясняем это известным резким возрастанием поглощения света в $\text{LiNbO}_3:\text{Cu}$ в коротковолновой области, что приводит к локализации ФГ в тонком приповерхностном слое с высокой темновой проводимостью.

Таким образом, проведенные исследования подтвердили возможность изменения характеристик хранения ФГ в кристаллах $\text{LiNbO}_3:\text{Cu}$ с поверхностным легированием комбинациями ионов Fe и Cu, при соответствующем выборе условий их формирования.

Работа выполнялась при финансовой поддержке РФФИ (гранты 06-02-39017 и 06-02-81040-Бел_а) и Министерства образования и науки РФ (грант 2.1.1.2097).

ЛИТЕРАТУРА

1. Петров М.П., Степанов С.И., Хоменко А.В. Фоторефрактивные кристаллы в когерентной оптике. СПб.: Наука, 1992.
4. Liu D., Liu L., Zhou C., Ren L. Nonvolatile holograms in $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}:\text{Cu}$ by use of a bleaching effect. Appl. Opt. 41. 2002. 6809.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ СВЕТА В ПЕРИОДИЧЕСКИХ ВОЛНОВОДНЫХ СТРУКТУРАХ, ФОРМИРУЕМЫХ ИСТОЧНИКАМИ НЕКОГЕРЕНТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

А.В. Канишу, аспирант, м.н.с.; Г.А. Суркова, студентка 5 курса;

В.М. Шандаров, д.ф.-м.н., проф.

ТУСУР, г. Томск, т. 41-39-11, 151kav@ms.tusur.ru

В современной оптике проявляется значительный интерес к исследованию нелинейно-оптических эффектов в электрооптических кристаллах и созданию оптических элементов на их основе. Для этого часто

используются фоторефрактивные материалы, одним из которых является кристалл ниобата лития легированный фоторефрактивными примесями, находящий широкое применение и в интегральной оптике.

Тема работы обусловлена широкими потенциальными возможностями периодических и квазипериодических волноводных структур с нелинейно-оптическими свойствами, для построения на их основе оптически управляемых элементов фотоники. Использование методов оптического индуцирования фоторефрактивных элементов в электрооптических кристаллах дает возможность реализации таких структур со сложной топологией и возможностью их оперативной перезаписи. В связи с этим, вопросы изучения эффектов формирования волноводных структур в таких кристаллах и распространения в них оптического излучения имеют важное значение.

Особенностью данной работы является то, что подобные оптические элементы были сформированы источниками некогерентного излучения. Поэтому целью данной работы явилось исследование распространения света в таких структурах, полученных в образцах ниобата лития (LiNbO_3), легированных фоторефрактивными примесями (Fe, Cu), с помощью источников некогерентного излучения ультрафиолетовой и сине-зеленой областей видимого спектра.

Сформировать периодические фоторефрактивные волноводно-оптические элементы методом оптического индуцирования можно двумя способами: контактным и проекционным. Ниже описан метод проекционного оптического индуцирования (рис. 1), как более гибкий метод, позволяющий формировать периодические волноводные структуры сложной конфигурации и не приводящий к механическому повреждению дорогостоящих амплитудных транспарантов. В экспериментах для формирования периодических волноводных структур применялась амплитудная маска в виде решетки с периодом $d = 18$ мкм, размещаемая таким образом, что штрихи проецируемой решетки были перпендикулярны направлению оптической оси кристалла. Образцы экспонировались некогерентным излучением ультрафиолетового ($\lambda = 395$ нм, мощность оптического излучения – 0,2 Вт), либо синего ($\lambda = 470$ нм, мощность оптического излучения – 0,5 Вт), либо зеленого ($\lambda = 505$ нм, мощность оптического излучения – 0,5 Вт) светодиодов. Время экспозиции составляло 1 ч.

После экспозиции образцов некогерентным излучением исследовались структура и характеристики сформированных оптических элементов. Для этого экспонированные участки зондировались коллимированным световым пучком (излучение He-Ne лазера с длиной волны $\lambda = 633$ нм) как в направлении нормали к экспонированной поверхности, так и в направлении сформированных волноводных каналов. Рас-

пределение интенсивности света, прошедшего через индуцированные оптические элементы визуализировалось с помощью ПЗС-камеры. На рис. 2, *а* представлено распределение интенсивности света в прошедшем образце $\text{LiNbO}_3\text{:Fe:Cu}$ световом пучке, для случая зондирования в направлении нормали к экспонированной поверхности, в плоскости, отстоящей от выходной плоскости образца на расстоянии 0,7 мм.

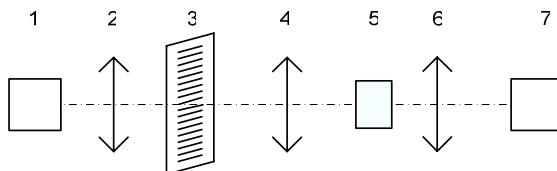


Рис. 1. Экспериментальная установка для формирования волноводно-оптических элементов проекционным методом:

1 – источник некогерентного излучения, 2 – коллимирующая линза, 3 – амплитудный транспарант, 4 – объектив, 5 – фоторефрактивный кристалл, 6 – объектив, 7 – ПЗС-камера

Зондирование вдоль волноводных элементов осуществлялось световыми пучками разной ширины. В зависимости от размера светового пучка и периода индуцированной волноводной решетки меняется распределение интенсивности света на выходе такой структуры. В качестве примера (рис. 2, *б*) изображено распределение света на выходе системы связанных волноводных каналов при возбуждении одного волноводного элемента узким пучком света (диаметр ~ 20 мкм, период структуры 18 мкм). По мере распространения света в такой структуре происходит его туннелирование в соседние волноводные каналы (линейная дискретная дифракция света), что и демонстрируется рисунком.

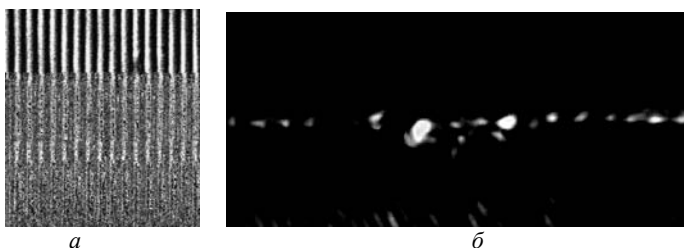


Рис. 2. Распределение интенсивности света, прошедшего через образец $\text{LiNbO}_3\text{:Fe:Cu}$; *а* – распределение интенсивности света на расстоянии 0,7 мм от выходной плоскости кристалла для случая зондирования в направлении нормали к экспонированной поверхности; *б* – распределение света на выходной плоскости кристалла, полученное в результате линейной дискретной дифракции света в оптически индуцированной периодической волноводной структуре

Таким образом, результаты экспериментов продемонстрировали возможность проекционного формирования фоторефрактивных периодических волноводных структур с помощью источников некогерентного излучения в кристаллах LiNbO_3 , легированных Fe и Cu.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты 06-02-39017 и 06-02-81040-Бел_а) и Министерства образования и науки РФ (грант 2.1.1.2097).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Buse K., Adibi A., and Psaltis D.* Non-volatile holographic storage in doubly doped lithium niobate crystals // *Nature*. 1998. Vol. 393. P. 665.
2. *Shandarov V.M., Shandarova K.V., KipD.* Discrete diffraction and spatial self-action of light beams in one-dimensional photonic lattices in lithium niobate», *Techn. Phys. Lett.* Vol. 31. No. 10. P. 897–899. 2005.
3. *Кившарь Ю.С., Агравал Г.П.* Оптические солитоны. М.: Физматлит, 2005, 648 с.

ПОЛЯРИЗАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СВЕТОВЫХ ВОЛН НА ОТРАЖАТЕЛЬНОЙ ГОЛОГРАФИЧЕСКОЙ РЕШЕТКЕ В КРИСТАЛЛЕ ТИТАНАТА ВИСМУТА

А.А. Колегов, В.С. Беликов, Д.С. Бакланов
ТУСУР, г. Томск, т. 41-38-87, bni@fet.tusur.ru

Фоторефрактивные кубические кристаллы титаната висмута (ВТО) характеризуются быстрым нелинейным откликом и обладают естественной оптической активностью [1, 2]. Эти кристаллы могут использоваться во многих приложениях динамической голографии [1]. Высокая эффективность двухволнового взаимодействия без приложения к кристаллу внешнего электрического поля наблюдается при встречном распространении световых пучков.

В настоящей работе представлены результаты анализа взаимодействия линейно-поляризованных волн на отражательной голографической решетке в кристалле титаната висмута среза (100) с просветленными гранями в условиях преобразования поляризационного состояния светового поля за счет естественной оптической активности и в результате эффектов самовоздействия.

Экспериментальная установка, использованная для исследования поляризационных характеристик световых волн, взаимодействующих на отражательной голографической решетке в кристалле ВТО, описана в работе [3]. В качестве источника излучения использовался He-Ne лазер

с длиной волны $\lambda = 633$ нм, выходной мощностью ~ 10 мВт, гауссовым распределением амплитуды и линейной поляризацией. Составная четвертьволновая пластинка позволяла задавать для входного пучка поляризацию светового излучения, близкую к правой круговой, с коэффициентом эллиптичности $\Psi \geq 0,96$. Линейная поляризация входного пучка задавалась при помощи поляризатора. Картина интерференции данного пучка накачки с сигнальной волной, отраженной от выходной грани кристалла ВТО, фиксировалась в нем в виде отражательной решетки. Небольшая клиновидность образца позволяла разделить пучки, отраженные от входной и выходной граней. Поляризационные характеристики прошедшего и сигнального пучков, после выхода интенсивностей I_p и I_s в процессе формирования отражательной решетки на стационарный уровень, определялись с помощью перемещаемого в соответствующее положение анализатора и фотодиодов.

Эффективный коэффициент двухпучкового усиления на отражательной решетке Γ_{eff} рассчитывался из экспериментальных данных с использованием соотношения, полученного в работе [3], и измеренного значения френелевского коэффициента отражения для нормального падения $R = 0,017$. Экспериментальные зависимости Γ_{eff} и векторов поляризации волн сигнала и накачки от угла, определяющего ориентацию вектора поляризации светового поля на входе кристалла, показаны точками на рис. 1, а и 1, б, соответственно.

В работе [3] проведен анализ двухволнового взаимодействия на отражательных голографических решетках в кристаллах в условиях преобразования поляризационного состояния светового поля за счет естественной оптической активности и в результате эффектов самовоздействия. В полученных авторами общих соотношениях учтены анизотропия электрооптического и фотоупругого вкладов в фазовую модуляцию оптических свойств среды полем пространственного заряда решетки и ее абсорбционная составляющая, а также эффекты поглощения света и истощения накачки.

Система уравнений связанных волн, приведенная в работе [3], в общем случае не имеет аналитического решения. Для численного анализа была разработана программа в среде mathcad, в которой данная система уравнений решалась методом Эйлера. Рассчитанные поляризационные зависимости для коэффициента двухпучкового усиления и поляризационных характеристик сигнального и опорного пучков представлены кривыми на рис. 1.

Хорошее соответствие между экспериментальными данными и результатами теоретического анализа свидетельствует о том, что используемая модель хорошо описывает процессы встречного взаимодействия световых волн в кристалле титаната висмута.

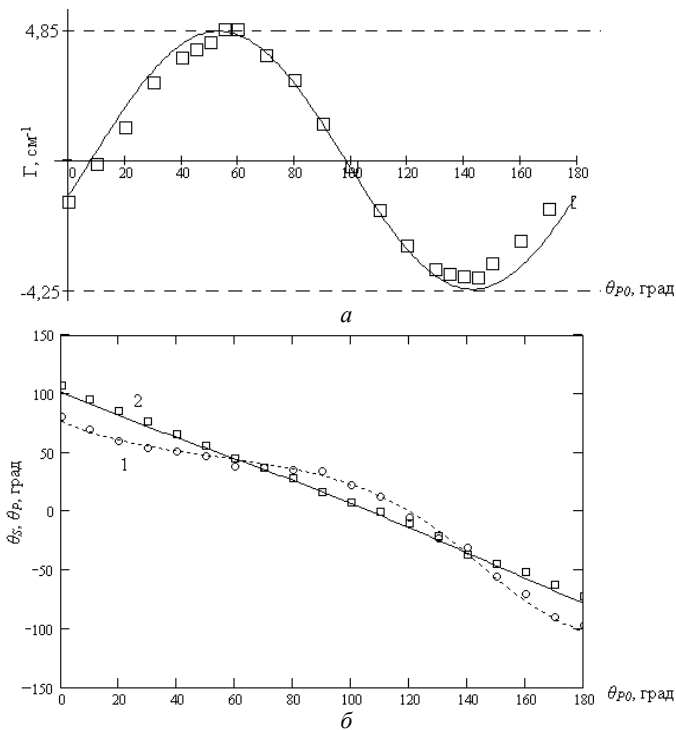


Рис. 1. Зависимость эффективного коэффициента усиления для встречного взаимодействия световых волн (а) и векторов поляризации (б) волн сигнала (1) и накачки (2) от угла θ_{R0} , характеризующего ориентацию вектора поляризации светового поля, для кристалла $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}$

Данная работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и БРФФИ (гранты № 06-02-81040_Бел_а и № 05-02-16589-а) и программы «Развитие научного потенциала высшей школы (2006–2008 годы)».

ЛИТЕРАТУРА

1. Петров М.П., Степанов С.И., Хоменко А.В. Фоторефрактивные кристаллы в когерентной оптике. СПб.: Наука. 1992.
2. Одулов С.Г., Соскин М.С., Хижняк А.И. Лазеры на динамических решетках. М.: Наука. 1990.
3. А.М. Плесовских, С.М. Шандаров, А.Г. Мартьянов и др. Квантовая электроника. 2005. **35**. 163.

ОПТОЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ С СУБМИКРОНЫМ P-N-ПЕРЕХОДОМ

А.И. Корнеев, Н.В. Першин, аспиранты

КубГУ, г. Краснодар, т. (861) 219-95-78, pershin_n@mail.ru

Одной из тенденций развития технологии оптоэлектронных приборов является уменьшение глубины p - n -перехода до субмикронных размеров $w_p < 1$ мкм. В этом случае параметры области пространственного заряда (ОПЗ) p - n -перехода зависят от концентрации акцепторов, доноров и плотности заряда на поверхностных состояниях внешней границы полупроводника. Для субмикронного p - n -перехода выполняется неравенство $w_p \gg l$ (l – длина свободного пробега электронов или дырок), обосновывающее применимость классических моделей распределения носителей заряда.

Цель работы – исследование влияния неравновесного поверхностного заряда на спектральные зависимости тока короткого замыкания (I_{sc}) и напряжения холостого хода (U_{oc}) кремниевых оптоэлектронных приборов с субмикронным p - n -переходом.

Влияние равновесного поверхностного заряда на распределение внутреннего электрического поля изучено достаточно подробно [1–3]. Неравновесные эффекты, обусловленные захватом электронов (дырок) на поверхностные состояния, разнообразны и не изучены до конца. В теории оптоэлектронных структур [4, 5] влияние внешней границы эмиттера на собирание генерированных электромагнитным излучением электронов и дырок описывается посредством эффективной скорости их поверхностной рекомбинации. Если состояние поверхности не изменяется, то этот параметр является постоянным.

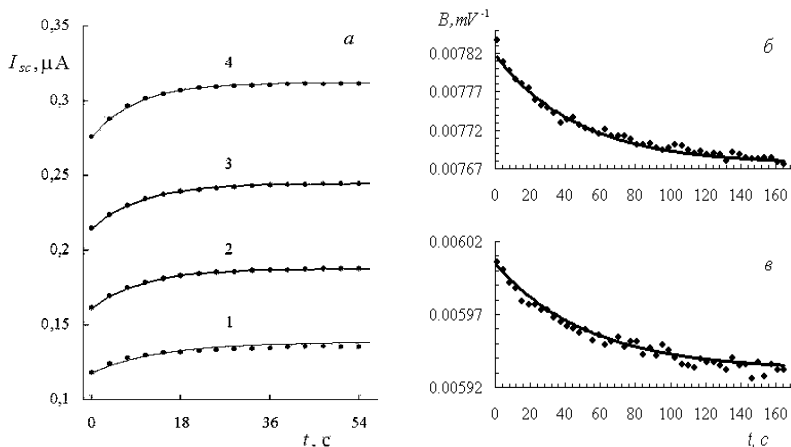
Неравновесные процессы, происходящие на свободной поверхности или границе раздела диэлектрик-полупроводник в оптоэлектронных структурах с субмикронным p - n -переходом, изменяют электрическое поле эмиттера и не могут быть описаны постоянной эффективной скоростью поверхностной рекомбинации. Эти процессы мало исследованы, но их необходимо учитывать при анализе спектральных, вольт-амперных характеристик и причин потерь мощности оптоэлектронных приборов.

Влияние неравновесного стационарного поверхностного заряда на собирание фотогенерированных электронов и дырок в кремниевых оптоэлектронных приборах с субмикронным p - n -переходом исследовано в [6].

Исследования спектральных характеристик оптоэлектронных приборов выполнялись с помощью автоматизированного спектрального комплекса, в состав которого входят светосильный монохроматор МДР-23, предназначенный для работы в диапазоне 200–2000 нм, и разработанный программируемый контроллер для сбора и первичной обработки информации [7].

Исследовались кремниевые фотоэлектронные приборы со структурой p^+-n-n^+ или n^+-p-p^+ типа, глубиной p - n -перехода $w_p \approx 0,15$ мкм, текстурированной поверхностью, на которую наносилось пассивирующее просветляющее покрытие SiO_2 , изготовленные НПФ «Кварк» (г. Краснодар).

Дискретизированные во времени измерения значений тока короткого замыкания при фиксированной длине волны λ проводились по методике с низким уровнем освещенности [8]. Погрешность измерений не превышала 5%. Сканирование по λ сопровождается резким изменением условий освещения и коэффициента поглощения при переходе от одной длины волны к другой. В результате у фотоэлектронных приборов с субмикронным p - n -переходом наблюдалась релаксация I_{sc} и U_{oc} к своим стационарным значениям. Этот эффект проявлялся при освещении как с лицевой, так и с тыльной поверхности. Спектральная чувствительность образца-свидетеля в том же временном интервале была стационарна.



Зависимость I_{sc} , В от времени: а – 1 – $\lambda=420$ нм; 2 – $\lambda=430$ нм; 3 – $\lambda=440$ нм; 4 – $\lambda=450$ нм; б – $\lambda=1050$ нм; в: $\lambda=1100$ нм

Характерная для исследуемых фотоэлектронных приборов при низких уровнях освещенности нестационарность I_{sc} и U_{oc} обусловлена захватом основных носителей заряда на медленные поверхностные электронные состояния на границе Si-SiO_2 , имеющие достаточно большие времена обмена зарядами с разрешенными зонами. Явление накопления неравновесного поверхностного заряда на границе Si-SiO_2 является дополнительной причиной снижения эффективности собирания фотогенерированных носителей заряда. Физический процесс, лежащий в основе этих потерь заключается в увеличении тока инжекции за счет дополни-

тельного падения напряжения на p - n -переходе, индуцированного неравновесным поверхностным зарядом.

На рисунке представлены типичные временные зависимости I_{sc} и коэффициента B при резком изменении условий освещения. Коэффициент B вычисляется по формуле

$$B = U_{oc} / (U_l)^2, \quad (1)$$

где U_{oc} – напряжение холостого хода, U_l – напряжение на лампе освещения.

Таким образом, обнаружена существенная нестационарность спектральных зависимостей I_{sc} и U_{oc} . Этот факт требует уточнения стандартных методик измерения спектральных характеристик оптоэлектронных приборов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Зи С.* Физика полупроводниковых приборов. Кн. 1. М.: Мир. 1984. 456 с.
2. *Овсяк В.Н.* Электронные процессы в полупроводниках с областями пространственного заряда. Новосибирск: Наука. 1984. 254 с.
3. *Гаман В.И.* Физика полупроводниковых приборов. Томск: НТЛ. 2000. 426 с.
4. *Jain S.C., Heasell E.L., Roulston D.J.* Recent advances in the physics of silicon PN junction solar cells including their transient response // *Progr. Quant. Electron.* 1987. Vol. 11. N 2. P. 105–204.
5. *Фаренбрух А., Бьюб Р.* Солнечные элементы: Теория и эксперимент. М.: Энергоатомиздат, 1987. 280 с.
6. *Богатов Н.М., Матвеекин М.П., Родоманов Р.Р., Яковенко Н.А.* Автоматизация измерений спектральных характеристик двусторонних солнечных элементов // *Автометрия*. 2003. Т. 39. № 6. С. 68–77.
7. *Богатов Н.М., Корнеев А.И., Матвеекин М.П., Родоманов Р.Р.* Автоматизированные измерения спектральной чувствительности солнечных элементов в нестационарном режиме // *Информационные технологии моделирования и управления*. 2005. №3(21). С. 448–452.
8. *Колтун М.М.* Оптика и метрология солнечных элементов. М.: Наука, 1985. 280 с.

ВЛИЯНИЕ НЕКОГЕРЕНТНОЙ ПОДСВЕТКИ НА Z-SCAN ОТКЛИК В КРИСТАЛЛАХ С ПОВЕРХНОСТНЫМ ЛЕГИРОВАНИЕМ

А.О. Коваленко, студент РТФ, 5 курс, гр. 152
ТУСУР, г. Томск, frest@ms.tusur.ru

В последнее время в исследованиях нелинейно-оптических характеристик материалов широко используется метод «Z-скан»[1].

Исследование влияния некогерентной подсветки на Z-скан-отклик в фоторефрактивных кристаллах с поверхностным легированием явилось целью данной работы.

Схема эксперимента. В экспериментах используются пластины ниобата лития Y среза, легированные путем высокотемпературной диффузии железа, либо комбинацией диффузии железа (Fe) и меди (Cu). Схема экспериментальной установки изображена на рис. 1.

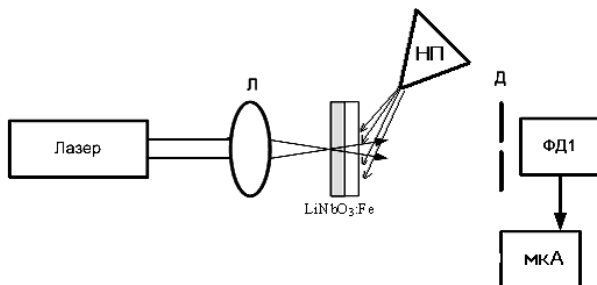


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

Источником когерентного излучения служит He-Ne лазер ($\lambda=632,8\text{ нм}$, $P=1,5\text{ мВт}$), источником некогерентной подсветки является светодиод с $\lambda = 470\text{ нм}$ из синего спектра излучения.

Линза Л служит для фокусировки лазерного излучения на образец.

Диафрагма с диаметром 2 мм вырезает центральную часть падающего оптического пучка. Для измерения интенсивности света использовался фотодиод, подключенный к микроамперметру.

Экспериментальные результаты. Световой пучок может формировать в кристалле нелинейную линзу. В зависимости от положения перетяжки пучка относительно индуцированной линзы, в Z-скан-экспериментах происходит фокусировка или дефокусировка светового пучка, что приводит к изменению отклика фотодетектора.

На рис. 2 представлены временные зависимости отклика Z-скан для экспериментов, проведенных при освещении кристалла ниобата лития некогерентной подсветкой, и экспериментов, проведенных без подсветки.

На зависимостях, соответствующих экспериментам, проведенным без воздействия некогерентной подсветки, наблюдаются ярко выраженные флуктуации интенсивности, особенно при положении перетяжки внутри кристалла.

Природа возникновения этих флуктуаций до конца не изучена, но существует гипотеза, что они возникают из-за того, что между гранями кристалла возникает резонатор, параметры которого изменяются с течением времени под действием оптического излучения.

На рис. 3 представлены временные зависимости отклика Z-скан для кристаллов LiNbO_3 , $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}$ и $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}:\text{Cu}$.

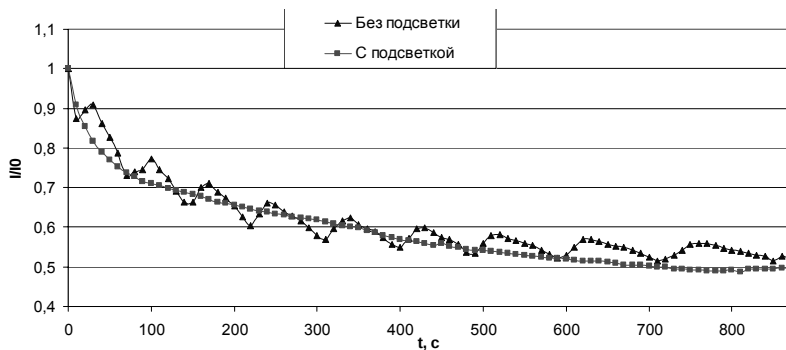


Рис. 2. Зависимость нормированного значения фотоотклика от времени для нелегированного кристалла ниобата лития, без подсветки и с некогерентной подсветкой, при положении перетяжки внутри кристалла

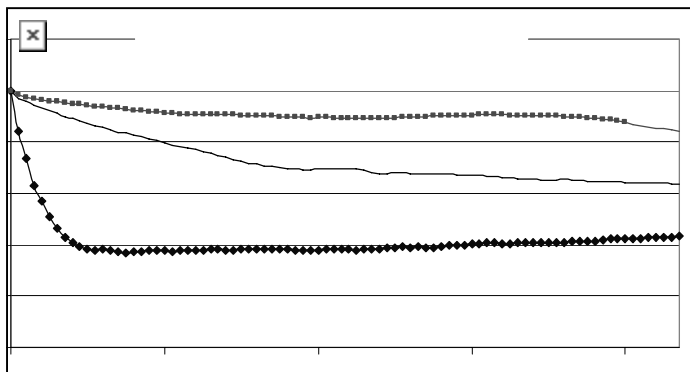


Рис. 3. Зависимости нормированного значения фотоотклика от времени для нелегированного кристалла ниобата лития, легированного железом и легированного железом и медью при воздействии некогерентной подсветки и положении перетяжки перед кристаллом

Отличие скоростей спада у кристаллов с разным легированием обусловлено разной величиной фазовой добавки. Это связано, в первую очередь с глубиной легирования. Кристалл ниобата лития, легированный ионами железа и меди, имеет гораздо большую глубину легирования, чем кристалл легированный только ионами железа, вероятно, поэтому фазовая добавка составила большую величину.

Сравнивая зависимости, полученные в ходе экспериментов, проведенных без освещения некогерентной подсветкой с аналогичными зависимостями, полученными в условиях подсветки, можно заметить, что

некогерентная подсветка на начальном участке характеристики фактически полностью устраняет эти флуктуации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Roland Ryf, Andreas Lotscher, Christian Bosshard, Marko Zgonik, and Peter Gunter. Z-scan based investigations of photorefractive self – focusing in KNbO_3 crystals. Journ. Opt. Soc. Am. B. Vol. 15. No. 3. March 1998. P. 1–7.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ РАСПРОСТРАНЕНИЯ СВЕТОВЫХ ПУЧКОВ В ОДНОМЕРНЫХ ФОТОННЫХ СВЕРХРЕШЕТКАХ В НИОБАТЕ ЛИТИЯ

С.А. Субочев, студент 5 курса; А.А. Кожушко,

Д.А. Козорезов, студенты 3 курса;

В.М. Шандаров, д.ф.-м.н., проф.

ТУСУР, г. Томск, тел. 41-39-11, shan@svch.rk.tusur.ru

В нелинейной оптике в последнее время проявляется особый интерес к нелинейным периодическим структурам, распространение света в которых существенно отличается от такового в оптически однородной среде [1]. Большой объем экспериментальных исследований выполнен с использованием периодических канальных волноводных структур на основе арсенида галлия [2]. Значительный интерес представляют также оптически индуцированные одномерные и двумерные фотонные решетки в кристаллах стронций-бариевого ниобата и ниобата лития [3, 4]. Целью данной работы является экспериментальное исследование поведения световых пучков в оптически индуцированных одномерных фотонных сверхрешетках, представляющих собой оптически модулированные одномерные фотонные решетки.

Фотонные сверхрешетки формировались в объемных кристаллах $\text{LiNbO}_3\text{:Fe}$ и $\text{LiNbO}_3\text{:Cu}$ голографическим методом, путем последовательной записи в них двух одномерных фоторефрактивных решеток с отношением их пространственных периодов 1:3 и 1:4. Период модулируемой решетки составлял 12 мкм, волновые векторы одномерных решеток были ориентированы вдоль оптической оси кристалла (ось Z). Величина изменения показателя преломления для необыкновенно поляризованного света в возмущенной области достигала 10^{-4} , глубина модуляции базовой структуры – 0,5.

На рис. 1 представлена схема экспериментов по исследованию распространения света в сверхрешетках. Коллимированный световой пучок гелий-неонового лазера фокусируется линзой (МО) на входную грань кристалла со сверхрешеткой, расположенного на вращающемся столи-

ке, позволяющем изменять угол с точностью до одной угловой минуты. Свет необыкновенно поляризован для использования электрооптического коэффициента r_{33} . Для изменения ширины светового пучка на входной грани фокусное расстояние линзы (МО) менялось от 30 до 200 мм. Линза (IL) формирует изображение выходной грани кристалла на ПЗС камере.

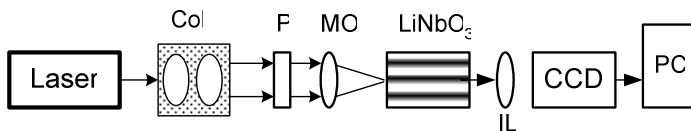
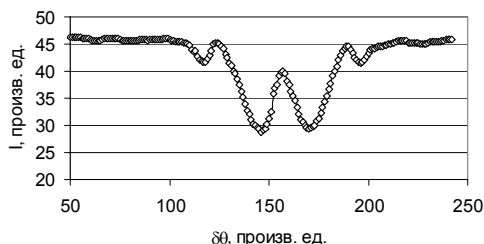


Рис. 1. Схема экспериментальной установки для исследования распространения света в фотонных сверхрешетках: Col – коллиматор; P – поляризатор; МО – фокусирующая линза; IL – изображающая линза; CCD – ПЗС видеокамера; PC – персональный компьютер

В ряде экспериментов исследовались угловые зависимости оптического пропускания сверхрешеток, величина которого при определенных направлениях ограничивается брэгговским отражением света в структуре. На рис. 2 представлен пример такой зависимости для структуры с пространственными периодами основной и модулирующей решеток 12 и 36 мкм. Наличие четырех выраженных минимумов пропускания связано с двойной периодичностью данной структуры.

Рис. 2. Угловая зависимость пропускания света для фотонной сверхрешетки с отношением периодов 1:3



Изображения на рис. 3 соответствуют распределениям интенсивности света на выходной плоскости кристалла со сверхрешеткой и иллюстрируют ее структуру в разных областях. При формировании интерференционные световые картины перекрывались в кристалле только частично, что позволило исследовать отдельно ее немодулированную часть (левое изображение в верхнем ряду), модулирующую структуру (правое изображение в нижнем ряду) и модулированную область (правое изображение в верхнем ряду и левое в нижнем). Отличие картин для модулированной части структуры, т.е. собственно сверхрешетки, обусловлено наличием двух брэгговских направлений для света, при кото-

рых визуализируются составляющие структуры с разными пространственными частотами.

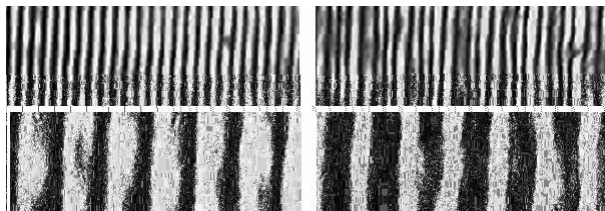


Рис. 3. рРаспределения интенсивности на выходной плоскости кристалла для разных областей структуры

Исследование эффектов дискретной дифракции света в рассматриваемых сверхрешетках показало, что картины дискретной дифракции, в отличие от случая периодических фотонных решеток, существенно зависят от номера возбуждаемого элемента структуры.

Таким образом, экспериментальные исследования оптически индуцированных сверхрешеток в фоторефрактивных кристаллах ниобата лития позволили выявить особенности их структуры и некоторые особенности дискретной дифракции света в таких системах.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты 06-02-39017 и 06-02-81040-Бел_а) и Министерства образования и науки РФ (грант 2.1.1.2097).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Christodoulides D.N. and Joseph R.I.* 1988. Opt. Lett. 13, 794.
2. *Lederer F. and Silberberg Y.* 2002. Opt. & Photon. News 2, 48.
3. *Neshev D., Ostrovskaya E., Kivshar Yu., and Krolikowski W.* Opt. Lett. 2003. 28, 710.
4. *Шандаров В.М., Шандарова К.В., КунД.* Дискретная дифракция и пространственное самовоздействие световых пучков в одномерных фотонных решетках в ниобате лития. Письма в ЖТФ. 2005. Т. 31. С. 88–94.

ОПТИЧЕСКИ КОНФИГУРИРУЕМЫЙ РАСЩЕПИТЕЛЬ СВЕТОВЫХ ПУЧКОВ НА ОСНОВЕ НИОБАТА ЛИТИЯ С ФОТОРЕФРАКТИВНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

**В.Г. Круглов, аспирант; П.А. Карпушин; А.В. Гусев, студенты 4 курса;
В.М. Шандаров, д.ф.-м.н., проф.**

ТУСУР, г. Томск, т. 8-903-915-00-24, kvg333@yandex.ru

При создании управляющих элементов для приборов современной оптоэлектроники и фотоники широко используются материалы с фото-

рефрактивными свойствами, среди которых особый интерес представляет ниобат лития (LiNbO_3). Целью данной работы явилось исследование и демонстрация возможности реализации на основе LiNbO_3 оптически управляемого реконфигурируемого расщепителя светового пучка, пригодного для выполнения операций адресации и переключения оптических каналов.

Схема оптически управляемого расщепителя светового пучка представлена на рис. 1. Основным элементом является кристаллический образец LiNbO_3 Y среза с поверхностью, легированной комбинацией ионов железа (Fe) и меди (Cu). В результате, приповерхностная область обладает фоторефрактивными свойствами и волноводным эффектом. Эта поверхность освещается через амплитудную маску некогерентным коротковолновым светом (излучение светодиодов с длинами волн 505, 470 или 395 нм). С противоположной стороны, через объем образца, она может освещаться подобным же источником.

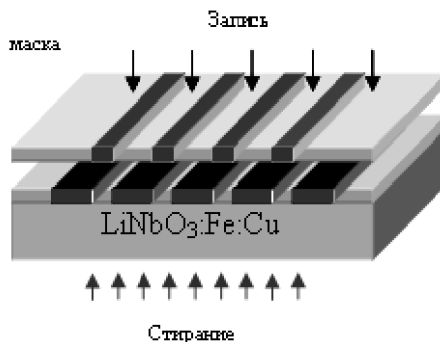


Рис. 1. Схема оптически конфигурируемого расщепителя световых пучков

Схема экспериментов представлена на рис. 2. Излучение He-Ne лазера (1) с длиной волны $\lambda = 633$ нм в виде коллимированного светового пучка вводится через оптически полированный торец образца (2) и, претерпевая полное внутреннее отражение от фоторефрактивной поверхности, выводится через противоположный торец, попадая на экран (6). Распределения интенсивности светового поля на экране изучаются и регистрируются с помощью цифровой фотока-

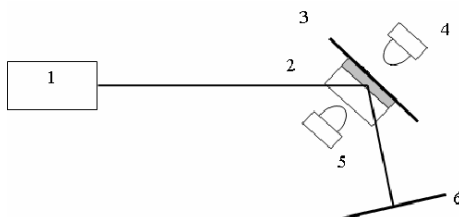


Рис. 2. Схема экспериментальной установки: 1 – He-Ne лазер; 2 – образец; 3 – амплитудная маска; 4, 5 – светодиоды; 6 – экран

меры. С помощью светодиода (4) с длиной волны 505, 470 или 395 нм и амплитудной маски в виде одномерной дифракционной решетки (3) в легированном приповерхностном слое образца формируется фоторефрактивная дифракционная решетка. Светодиод (5) позволяет при необходимости осуществить стирание сформированной фоторефрактивной решетки и подготовить образец к формированию новой дифракционной структуры.

Изображения на рис. 3 иллюстрируют некоторые результаты экспериментов. Амплитудный транспарант представлял собой одномерную решетку с периодом 50 мкм. Мощность излучения светодиода, используемого при записи структуры, составляла 0,5 Вт. Из рис. 3 можно видеть видно, что время экспозиции в одну минуту достаточно для записи решетки некогерентным излучением с $\lambda = 47$ нм. Время стирания данной решетки составило, при использовании такого же светодиода, до девяти минут. Дополнительные эксперименты показали, что при оптимизации условий записи – стирания структур для тех же источников излучения времена записи и стирания фоторефрактивных элементов могут быть снижены до нескольких секунд.

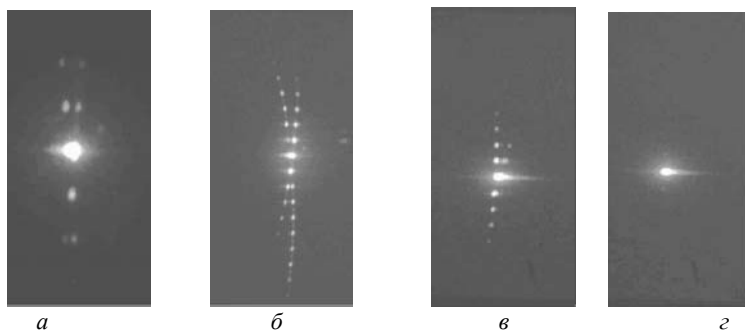


Рис. 3. Дифракционные картины после начала записи решетки (а) через 5 с, (б) через 1 мин, после начала стирания записанной решетки (в) через 2 мин, (г) через 9 мин

Таким образом, проведенные эксперименты продемонстрировали возможность создания оптически конфигурируемых элементов для расщепления и адресации световых пучков на основе кристаллов ниобата лития с легированием поверхности фоторефрактивными примесями (в нашем случае Fe и Cu). Оптимизация параметров экспериментальной схемы и использование более мощных светодиодов позволит существенно улучшить временные характеристики таких элементов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты 06-02-39017 и 06-02-81040-Бел_а) и Министерства образования и науки РФ (грант 2.1.1.2097).

ЛИТЕРАТУРА

1. Петров М.П., Степанов С.И., Хоменко А.В. Фоторефрактивные кристаллы в когерентной оптике. СПб.: Наука, 1992.
2. Buse K., Adibi A., and Psaltis D.. Non-volatile holographic storage in doubly doped lithium niobate crystals. 1998. Nature. 393. 665.
3. Furukawa Y., Kitamura K., Alexandrovski A., Route R.K., Fejer M.M., Foulon G. Green-induced infrared absorption in MgO doped LiNbO₃. Appl. Phys. Lett. 78. 2001. 1970.
4. Liu D., Liu L., Zhou C., Ren L. Nonvolatile holograms in LiNbO₃:Fe:Cu by use of a bleaching effect. Appl. Opt. 41. 2002. 6809.

САМОФОКУСИРОВКА ГАУССОВЫХ СВЕТОВЫХ ПУЧКОВ С ДВУМЕРНЫМ ПРОФИЛЕМ В ФОТОРЕФРАКТИВНОМ КРИСТАЛЛЕ Bi₁₂SiO₂₀ СРЕЗА (110) В ПОСТОЯННОМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

**В.Г. Поляков, студент 5 курса; М.В. Бородин, каф. ЭП, электроник
ТУСУР, г. Томск, т. 8-913-801-60-62, l_of_d@rambler.ru**

Самофокусировка световых пучков проявляется при их распространении в фоторефрактивных кристаллах с локальной нелинейностью экранирующего типа. В кубических кристаллах семейства силленитов эффекты самовоздействия обычно наблюдаются для световых пучков, распространяющихся вдоль кристаллографической оси [110]. Внешнее электрическое поле, экранировка которого фотоиндуцированным полем пространственного заряда приводит к значительной локальной оптической нелинейности, прилагается перпендикулярно данному направлению [1–2]. В этом случае в кристалле возможна реализация распространения световых пучков, не изменяющих своего поперечного распределения интенсивности, в форме светлых пространственных солитонов. Большую роль в формировании необходимого нелинейного отклика в этом случае играет однородная внешняя подсветка, характеризующаяся так называемой «темновой» интенсивностью [1–2].

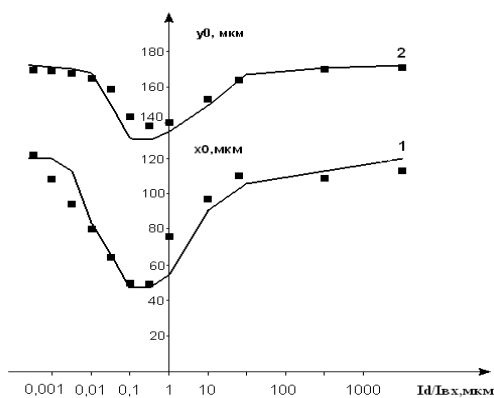
В данном сообщении представлены результаты экспериментального исследования и численного анализа влияния «темновой» подсветки на эффекты самофокусировки гауссовых световых пучков с двумерным входным распределением интенсивности в кристалле силиката висмута Bi₁₂SiO₂₀ (BSO) среза (110), при внешнем постоянном электрическом поле, приложенном вдоль кристаллографического направления $[1\bar{1}1]$.

Используемый в экспериментах кристалл BSO имел размеры 25 и 2,5 мм вдоль кристаллографических направлений $[110]$ и $[1\bar{1}1]$ соответственно. Пучок от He-Ne лазера фокусировался двумя ортогонально расположенными цилиндрическими линзами на входную грань (110) данного кристалла, создавая двумерное световое распределение, описываемое приближенно функциями Гаусса, с размерами перетяжки $x_0 = 20$ мкм вдоль оси $[1\bar{1}1]$ и $y_0 = 134$ мкм вдоль направления $[1\bar{1}2]$. Вдоль кристаллографического направления $[1\bar{1}1]$ прикладывалось постоянное электрическое поле с напряженностью от 10 до 23 кВ/см. Для создания «темновой» подсветки с интенсивностью I_d использовалось излучение полупроводникового лазера с длиной волны 660 нм, вводимое в кристалл через боковую неполированную грань $[1\bar{1}2]$.

В численных расчетах зависимости полуширины выходного пучка от отношения интенсивности подсветки к максимальной интенсивности входного пучка, а также от напряженности внешнего электрического поля, использовалась векторная модель самовоздействия света в гиротропных кристаллах [2], принимающая во внимание дополнительный вклад пьезоэлектрического и фотоупругого эффектов в фоторефрактивный отклик. Данная модель была модифицирована на случай прикладываемого к кристаллу постоянного внешнего электрического поля.

В первой серии экспериментов фиксировалась зависимость поперечных размеров пучка на выходе кристалла от отношения интенсивности «темновой» подсветки к интенсивности входного излучения. Результаты экспериментов представлены на рис. 1.

Рис. 1. Экспериментальная (точки) и расчетная (линии) зависимости полуширины выходного пучка от отношения интенсивности подсветки к интенсивности в центре пучка при напряженности внешнего электрического поля $E_0 = 20$ кВ/см и при ориентации вектора поляризации входного излучения вдоль кристаллографической оси $[1\bar{1}1]$ 1 – полуширина вдоль оси x , 2 – полуширина вдоль оси y



Другая часть экспериментальных исследований была посвящена изучению зависимости поперечных размеров пучка на выходе кристалла от величины приложенного поля, при различной поляризации входного излучения. Ориентация вектора поляризации относительно кристаллографической оси $[1\bar{1}1]$ задавалась углом θ , отсчитываемым в направлении оси $[\bar{1}12]$. Результаты экспериментов представлены на рис. 2.

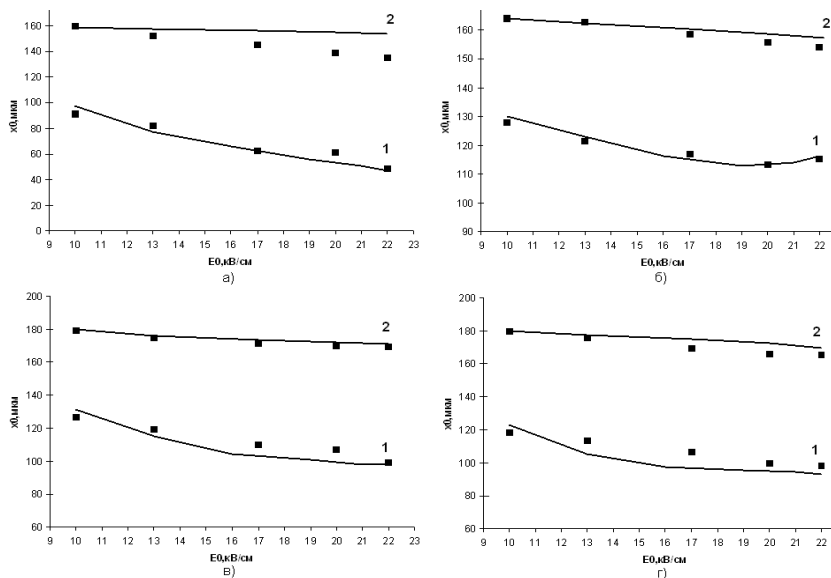


Рис. 2. Экспериментальные (точки) и расчетные (линии) зависимости полуширины пучка от величины внешнего поля при углах поляризации $\theta = 0^\circ$ (а), 90° (б) 45° (в) и -45° (г). 1 – полуширина по оси x , 2 – полуширина по оси y

Таким образом, в данной работе экспериментально и теоретически показано, что максимальная фокусировка для кристалла $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ среза (110) наблюдается при ориентации вектора поляризации входного излучения параллельно направлению прикладываемого поля для значений $I_d/I_{max} \sim 0,1$. Уменьшение выходного размера пучка по оси y происходит не более чем на 10 мкм и слабо зависит от входной поляризации, что свидетельствует о применимости одномерной модели [2] при отношении поперечных размеров двумерного пучка $y_0/x_0 > 6$.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 06-02-81040 Бел а) и программы «Развитие научного потенциала высшей школы (2006–2008 годы)».

ЛИТЕРАТУРА

1. Шепелевич В.В., Голуб А.А., Коваришник Р., Кислинг А., Матусевич В. // Квантовая электроника. 2005. Т. 35. С. 351.

2. Кашин О.А., Шандаров С.М., Фролова М.Н., Шепелевич В.В., Голуб А.А., Коваришник Р., Кислинг А., Матусевич В. // Изв. вузов. Физика. 2004. №7. С. 26.

ДИСКРЕТНАЯ ДИФРАКЦИЯ СВЕТА В КВАЗИПЕРИОДИЧЕСКИХ КАНАЛЬНЫХ ВОЛНОВОДНЫХ СТРУКТУРАХ В НИОБАТЕ ЛИТИЯ

**К.В. Шандаров¹; Е.В. Смирнов^{1,2}; В.М. Шандаров¹, д.ф.-м.н., проф.;
Д. Кип², проф.-докт.; Х. Рютер²**

¹ТУСУР, г. Томск, т. 41-39-11, shan@svch.rk.tusur.ru

²Технологический университет г. Клаустхал, Германия

Периодические структуры связанных оптических волноводов дают уникальную возможность изучения фундаментальных эффектов взаимодействия волновых пакетов с нелинейными системами, позволяя визуализировать проявления таких эффектов [1]. До последнего времени в качестве подобных структур использовались системы канальных волноводов на основе GaAs и ниобата лития (LiNbO_3) [1, 2], а также оптически индуцированные фотонные решетки в кристаллах стронций-бариевого ниобата и LiNbO_3 [1, 3]. Метод оптического индуцирования канальных волноводных элементов в нелинейных планарных оптических волноводах открывает перспективы создания подобных систем с более сложной топологией и возможностью их динамической реконфигурации. В данной работе исследуются особенности распространения света в квазипериодических канальных волноводных структурах, полученных оптической модуляцией параметров стационарных периодических канальных структур на основе LiNbO_3 .

Стационарные канальные волноводные структуры формировались в пластинах LiNbO_3 X и Y срезов путем термической диффузии титана (Ti) из пленки толщиной 10–12 нм в атмосфере воздуха при температуре 1000°C в течение двух часов. Топология структур задавалась путем традиционной фотолитографии, ширина полосок Ti составляла 4 мкм при расстоянии между ними 4,4 мкм. На длине волны света $\lambda = 532$ нм канальные волноводы обеспечивали одномодовый режим. Для усиления нелинейных свойств волноводной области приповерхностный слой подложек легировался фоторефрактивными примесями Fe и Cu путем их термической диффузии при температурах 1000 °C (Fe) и (900–1000) °C (Cu).

Для оптической модуляции параметров стационарных структур использовалась голографическая схема (рис. 1). Когерентные световые пучки (ЗП) формировали на поверхности кристалла с системой канальных волноводов интерференционную картину с периодом, превышающим период канальной структуры в 2–5 раз. Благодаря фоторефрактивной чувствительности приповерхностной области, в ней формировалась фоторефрактивная решетка, модулирующая величину приращения показателя преломления от канала к каналу. Длина волны индуцирующего

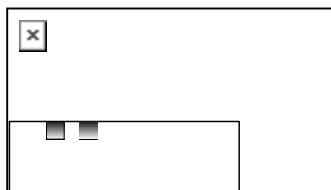


Рис. 1. Схема эксперимента по оптической модуляции параметров периодической волноводной структуры

излучения составляла $\lambda = 532$ нм при интенсивности света в 50–100 мВт/см². Время экспозиции менялось в экспериментах от 3 до 30 мин.

В экспериментах по распространению света в квазипериодических (оптически модулированных) структурах выявлено существенное отличие дискретной дифракции света от такового для исходных стационарных структур. Происходит практически полное подавление дискретной дифракции при одноканальном возбуждении света для времени экспозиции образца 10 мин.

В экспериментах продемонстрирована также возможность целенаправленного контроля эффектов дискретной дифракции света в квазипериодических структурах путем постэкспозиционного изменения глубины модуляции параметров структуры с помощью однородной некогерентной подсветки. Результаты одного из подобных экспериментов иллюстрирует рис. 2.

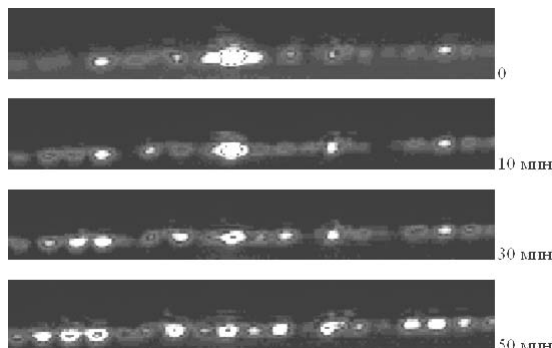


Рис. 2. Эволюция картины дискретной дифракции света на выходной плоскости квазипериодической структуры при ее одноканальном возбуждении и экспозиции «стирающим» некогерентным излучением

При изменении времени экспозиции наблюдается полное восстановление картины дискретной дифракции света от наблюдаемой сильной локализации света для квазипериодической структуры до распределения интенсивности, характерного для немодулированной системы.

Таким образом, эксперименты продемонстрировали возможность оптической модуляции параметров стационарных периодических канальных волноводных структур на основе ниобата лития и особенности эффектов дискретной дифракции света в таких структурах.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты 06-02-39017 и 06-02-81040-Бел_а) и Министерства образования и науки РФ (грант 2.1.1.2097).

ЛИТЕРАТУРА

1. Кившарь Ю.С., Агравал Г.П. Оптические солитоны – от волоконной оптики до фотонных кристаллов. 2005. М.: Физматлит, 2005. 648 с.
2. Matuszewski M., Rosberg C.R., Neshev D.N., Sukhorukov A.A., Mitchell A., Trippenbach M., Austin M.W., Krolikowski W., and Kivshar Yu.S. Crossover from self-defocusing to discrete trapping in nonlinear waveguide arrays. Opt. Express. 2006. 14. 254.
3. Шандаров В.М., Шандарова К.В., Кип Д. Дискретная дифракция и пространственное самовоздействие световых пучков в одномерных фотонных решетках в ниобате лития. Письма в ЖТФ. 2005. Т. 31. С. 88–94.

ИЗЛУЧЕНИЕ ПОЛОСКОВОГО ЛАЗЕРА СО СТОХАСТИЧЕСКИМИ НЕОДНОРОДНОСТЯМИ ПОВЕРХНОСТИ АКТИВНОГО СЛОЯ

Е.Ю. Марципака, студент 4 курса, А.А. Шибельгут, аспирант
ТУСУР, г. Томск, т. 41-33-65, ShibelgutAA@rzi.tusur.ru

В настоящее время ведутся интенсивные работы, нацеленные на увеличение производительности оптических систем связи, которые, как правило, определяются свойствами используемых в них волоконных и полупроводниковых лазеров (ППЛ) и, прежде всего, их шумовыми и модуляционными характеристиками. На указанные параметры заметное влияние могут оказывать технологические погрешности производства активных структур. Так, в лазерах Фабри-Перо резонатор формируется в виде отрезка одномодового оптического волновода (ОВ), представляющего собой тонкий активный слой двойной полупроводниковой гетероструктуры [1, 2] (рис. 1).

Известно, что спонтанная эмиссия вызывает стохастические флуктуации амплитуды и фазы вынужденного излучения [1, 2]. Подобное

воздействие на число вынужденных фотонов $S_{st,i}$ в i -й моде лазерного диода (ЛД) оказывает, например, стохастическая связь между волноводными модами (ВМ), обусловленная их рассеянием на микронеоднородностях (шероховатостях) неидеальной поверхности ОВ, которые могут оказывать влияние на параметры лазера.

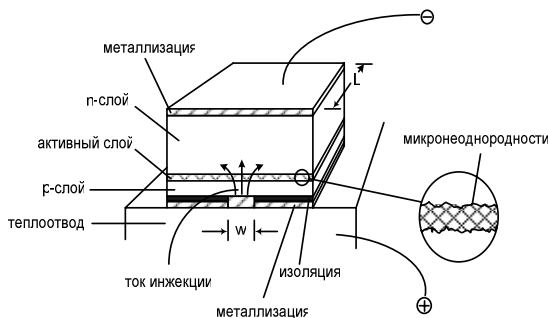


Рис. 1. Волноводная структура ППЛ:
 L – длина резонатора,
 w – ширина полоски контакта

Прежде всего, шероховатости приводят к дополнительным радиационным потерям энергии ВМ в резонаторе и соответствующему увеличению порогового тока лазера. Другой механизм влияния шероховатостей активного слоя ЛД на его характеристики связан с формированием стохастических межмодовых связей внутри модового спектра лазера.

Механизм межмодовой перекачки фотонов реализуется лишь при фазовом синхронизме взаимодействия, при котором волновые числа β_i ВМ связаны с вектором решетки $\mathbf{K}$ из спектра шероховатостей $G(\mathbf{K})$ соотношением:

$$\beta_i - \beta_j + \mathbf{K} = 0. \quad (1)$$

Учитывая различие частот ВМ, обусловленное особенностями самовозбуждения лазера, из (1) можно заключить, что межмодовая перекачка возможна лишь в режиме генерации нескольких поперечных мод, когда частотный интервал $\Delta\nu_s$ между ними кратен интервалу $\Delta\nu_l$ между аксиальными модами:

$$\Delta\nu_s = m\Delta\nu_l, \quad (2)$$

где m – целое число.

Для моделирования динамических характеристик ППЛ использовалась модель так называемых скоростных уравнений [1, 2].

$$\left. \begin{aligned} \frac{dS_i}{dt} &= S_i(R_{st,i} - \tau_{ph,i}^{-1}) + R_{sp,i}K_{tot}, \\ \frac{dn}{dt} &= \frac{I}{eV} - \frac{n}{\tau_n} - \sum_{j=1}^N R_{st,i}S_i. \end{aligned} \right\}, \quad (3)$$

где S_i – модовая плотность фотонов i -й моды; n – концентрация носителей заряда; $R_{sl,i}$ – коэффициент вынужденной рекомбинации; $R_{sp,i}$ – коэффициент спонтанной рекомбинации; $\tau_{ph,i}$ – время жизни фотонов; K_{tot} – полный коэффициент увеличения спонтанного излучения; τ_n – время жизни носителей заряда.

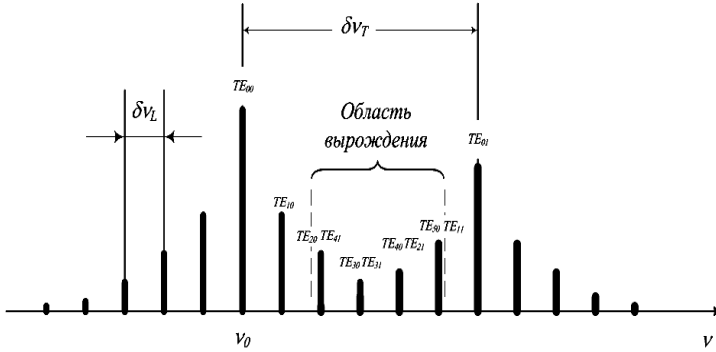


Рис. 2. Вырождение лазерных мод

Система уравнений (3) описывает динамические характеристики ЛД с идеальной поверхностью активного слоя.

В лазерном резонаторе условие самовозбуждения обеспечивается лишь для определенного набора частот:

$$\nu^2 = \frac{c^2}{4\pi^2 n^2} \sqrt{\left(\frac{\pi l}{a_x}\right)^2 + \left(\frac{\pi m}{a_y}\right)^2 + \left(\frac{\pi p}{a_z}\right)^2}, \quad (4)$$

где n – показатель преломления заполняющего резонатор вещества; a_x , a_y , a_z – линейные размеры резонатора; l , m , p – целые числа, характеризующие порядок резонаторной моды; c – скорость света.

Отсюда видно, что все типы колебаний лазерного резонатора имеют различные частоты. Следовательно, в данных условиях не следует ожидать эффективного взаимодействия поля рассеянных фотонов некоторой i -й моды с полями других мод.

Однако из (4) следует, что при определенных значениях линейных размеров резонатора ППЛ и индексов l , m , p возможно так называемое вырождение мод, т.е. совпадение резонансных частот для поперечных мод разного порядка.

Случай модового вырождения, при котором частотный интервал между соседними поперечными модами $\delta\nu_T$ кратен интервалу между продольными модами $\delta\nu_L$, показан на рис. 2.

С учетом вышеизложенного и после некоторых преобразований, система (3) была приведена к виду:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dS_i}{dt} &= S_i \left(R_{st,i} - \tau_{ph,i}^{-1} \right) + R_{sp,i} K_{tot} + \\ &+ \sum \xi_{ij}^2 G(\Delta k_{ij}) \left(\Gamma_j V_{e,j} S_j - \Gamma_i V_{e,i} S_i \right), \\ \frac{dn}{dt} &= \frac{I}{eV} - \frac{n}{\tau_n} - \sum_{i=1}^N R_{st,i} S_i \end{aligned} \right\}. \quad (5)$$

Полученная система нелинейных связанных дифференциальных уравнений в рамках созданной модели полностью описывает динамику модовой плотности и концентрации инжектированных носителей с учетом механизма межмодовой связи.

На рис. 3 представлены результаты моделирования динамики генерации излучения InGaAs лазерного диода, полученные на основании системы уравнений (5). Пунктирные линии соответствуют динамической характеристике лазерного диода с шероховатой поверхностью активного слоя.

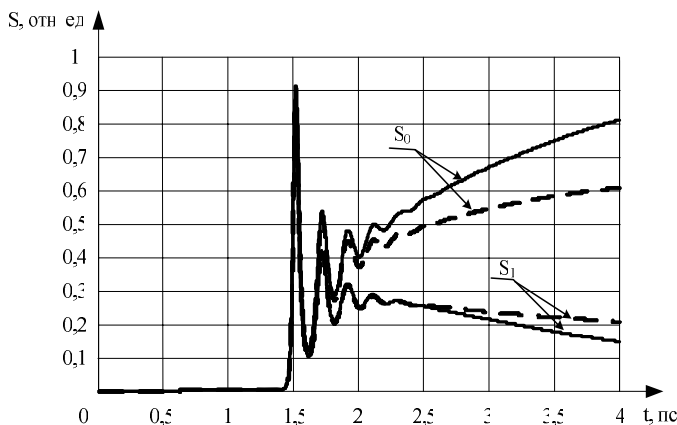


Рис. 3. Динамика излучения лазерного диода

Предложенная выше модель полупроводникового лазера с резонатором Фабри-Перо позволяет учитывать влияние технологических шероховатостей его активного слоя на характеристики излучения. Полученные данные показывают, что соответствующий механизм флуктуаций вынужденного излучения лазера аналогичен механизму влияния поля

спонтанных фотонов на шумовые и спектральные свойства лазерного света.

Также установлено, что в лазерном диоде с микронеоднородностями активного слоя волноводные моды обмениваются энергией за счет их рассеяния на шероховатостях и стохастических межмодовых связей. Доля энергии, задействованной в процессе обмена, составляет около 30%.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Petermann K.* Laser Diode Modulation and Noise. Dortrecht. Boston. London: Kluwer Academic Publishers, 1988. 315 p.

2. *Полупроводниковые* инжекционные лазеры. Динамика, модуляция, спектры: Пер. с англ. / Под ред. У. Тсанга. М.: Радио и связь, 1990. 320 с.

ДИНАМИКА ФОТОИНДУЦИРОВАННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КОЭФФИЦИЕНТА ОПТИЧЕСКОГО ПОГЛОЩЕНИЯ В ЛЕГИРОВАННЫХ КРИСТАЛЛАХ ТИТАНАТА ВИСМУТА

С.В. Шлыков, студент 5 курса;

А.Н. Логвиненко, А.С. Стремужевская, студенты 3 курса

ТУСУР, г. Томск, т. 8-923-404-2071

В данной работе представлены результаты экспериментального исследования динамики фотоиндуцированных изменений коэффициента оптического поглощения в легированных кристаллах титаната висмута и его спектральные зависимости.

Фоторефрактивные кристаллы силленитов $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ (BSO), $\text{Bi}_{12}\text{GeO}_{20}$ (BGO) и $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}$ (BTO), характеризующиеся сравнительно быстрым нелинейным откликом, являются подходящими материалами для устройств динамической голографии [1–3]. При создании устройств, использующих динамические голограммы, необходимо учитывать спектральную зависимость оптического поглощения

Эксперименты выполнялись на четырех тонких кристаллах $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}:\text{CuCo}$, $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}:\text{CoCu}$, $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}:\text{CuFe}$ и $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}:\text{Cu}$. Все кристаллы обладали высоким оптическим качеством и имели толщины $d = 0,53, 0,65, 1,14, 0,55$ мм соответственно вдоль кристаллографического направления [100] и оптически полированные грани (100).

Все эксперименты проводились в отсутствие внешнего освещения, а в промежутках между ними кристалл выдерживался в темноте не менее 72 ч для релаксации к исходному состоянию. В экспериментах, результаты которых представлены в данной работе, использовалось квазимонохроматическое узкополосное излучение полупроводниковых светодиодов из красной (660 нм) и инфракрасной (870 нм) областей спектра.

Для красного светодиода мощность излучения составляла порядка 36 мВт/см^2 , а для инфракрасного – 70 мВт/см^2 .

При проведении экспериментов с использованием излучения полупроводникового светодиода из инфракрасной области спектра фотоиндуцированных изменений в оптическом поглощении не наблюдалось.

Динамика фотоиндуцированного изменения поглощения кристаллов $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}:\text{CuCo}$, $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}:\text{CoCu}$, $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}:\text{CuFe}$ и $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}:\text{Cu}$ для красного света изображена на рис. 1–4 соответственно.

В настоящей работе показано, что фотоиндуцированное изменение коэффициента поглощения света с длиной волны 660 нм в кристаллах $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}:\text{CuCo}$, $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}:\text{CoCu}$, $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}:\text{CuFe}$ и $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}:\text{Cu}$ может достигать значения $\Delta\alpha = 0,13 \text{ см}^{-1}$, $0,23 \text{ см}^{-1}$, $0,4 \text{ см}^{-1}$ и $0,17 \text{ см}^{-1}$ соответственно. Для кристалла $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}:\text{Cu}$ изменения в поглощении выходят на стационарный уровень уже через 3200 с , тогда как для остальных кристаллов только после 5000 с .

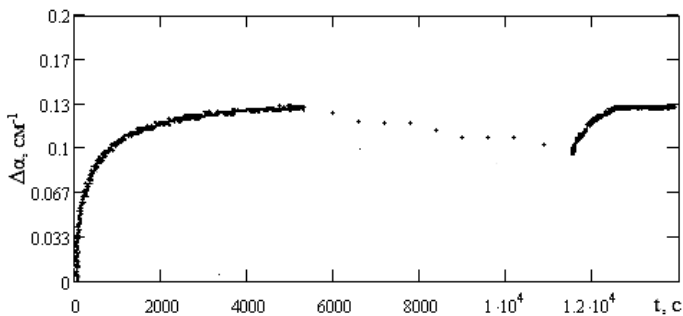


Рис. 1. Динамика развития фотоиндуцированного поглощения и его релаксация в темновых условиях в кристалле $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}:\text{CuCo}$ для красного света с длиной волны $\sim 660 \text{ нм}$

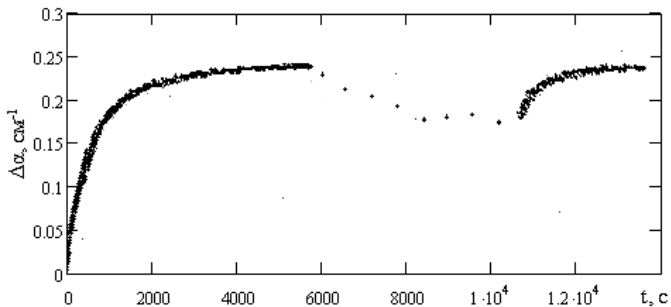


Рис. 2. Динамика развития фотоиндуцированного поглощения и его релаксация в темновых условиях в кристалле $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}:\text{CoCu}$ для красного света с длиной волны $\sim 660 \text{ нм}$

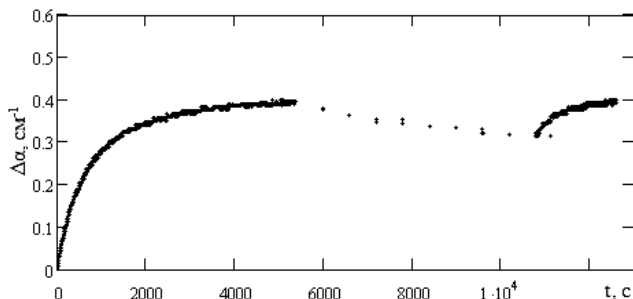


Рис. 3. Динамика развития фотоиндуцированного поглощения и его релаксация в темновых условиях в кристалле $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}:\text{CuFe}$ для красного света с длиной волны ~ 660 нм

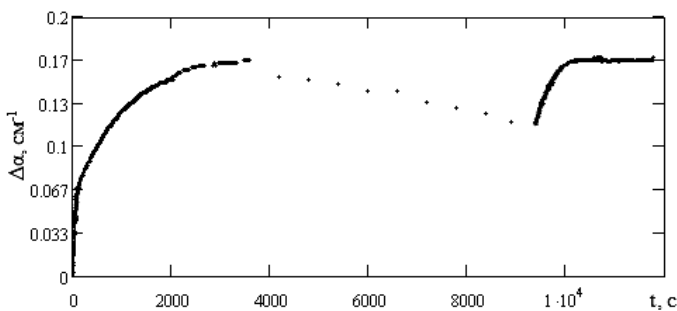


Рис. 4. Динамика развития фотоиндуцированного поглощения и его релаксация в темновых условиях в кристалле $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}:\text{Cu}$ для красного света с длиной волны ~ 660 нм

При облучении кристаллов $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}:\text{CuCo}$, $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}:\text{CoCu}$, $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}:\text{CuFe}$ и $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}:\text{Cu}$ с использованием инфракрасного излучения с длиной волны 870 нм фотоиндуцированных изменений коэффициента оптического поглощения зафиксировано не было.

Работа выполнена при поддержке РФФИ и БРФФИ и программы «Развитие научного потенциала высшей школы (2006–2008 гг.)» (грант № 06-02-81040_Бел_а).

ЛИТЕРАТУРА

1. Петров М.П., Степанов С.И., Хоменко А.В. Фоторефрактивные кристаллы в когерентной оптике. СПб.: Наука, 1992. 318 с.
2. Малиновский В.К., Гудаев О.А., Гусев В.А., Деменко С.И. Фотоиндуцированные явления в силленитах. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1990. 160 с.
3. Шандаров С.М., Мандель А.Е., Казарин А.В. и др. // Изв. вузов. Физика. 2002. № 8. С. 29–34.

СЕКЦИЯ 7

ФИЗИЧЕСКАЯ И ПЛАЗМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

*Председатель – Троян П.Е., зав. каф. ФЭ, к.т.н., доцент,
зам. председателя – Лисянский О.Г.*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВА ОКСИДНЫХ ПЛЕНОК GaAs МЕТОДОМ ФУРЬЕ-СПЕКТРОСКОПИИ

*И.А. Багаева, студентка 5 курса
ТУСУР, г. Томск, Bagaeva_Iren@mail.ru*

Введение. Оптимальная технология создания МДП ПТ на GaAs и сейчас еще не разработана. Это связано в большой степени с трудностями получения качественных диэлектрических пленок на поверхности арсенида галлия.

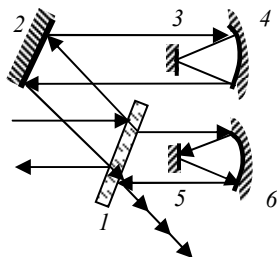
Примерно к середине 70-х годов были освоены низкотемпературные методы получения диэлектрических покрытий на арсениде галлия – электрохимическое окисление, плазменное анодирование, плазменное осаждение. Появление новой измерительной техники (Оже-спектроскопия, рамановское рассеяние, обратное резерфордское рассеяние и др.) обеспечило возможность детального изучения структуры диэлектрика и границы раздела *диэлектрик – полупроводник*.

Основной трудностью остается получение низкой плотности граничных состояний, так как высокая плотность их приводит к нестабильности электрических параметров МОП ПТ на GaAs при постоянном напряжении и низкочастотных сигналах. Однако в гигагерцевом диапазоне частот поверхностные состояния не сказываются ни на усилении прибора, ни на его шумовых характеристиках. Для дальнейшего улучшения электрических свойств СВЧ МОП приборов на GaAs необходимо исследовать границу раздела СО-полупроводник и объемные свойства СО арсенида галлия.

Экспериментальная часть. Для исследования состава поверхностного слоя использовался метод Фурье–спектроскопии. Снятие спектра производилось на спектрометре Инфалюм ФТ–801.

В спектрометре Infracum-801 в интерферометре используется отражатель типа «кошачий глаз», который представляет собой двухзеркаль-

ные афокальные системы (рисунок). Параллельные пучки лучей от светоделителя 1, отражаясь от вогнутых зеркал 4 и 6, фокусируются соответственно на малых зеркалах 3 и 5 и после второго отражения от вогнутых зеркал плоского зеркала 2 возвращаются по прежним направлениям на светоделитель. При правильном выборе параметров отражателей разность хода интерферирующих пучков не зависит от их наклона к осям отражателей. В этом интерферометре также удастся исключить постоянную составляющую потока излучения.



Принципиальная схема отражателя
типа «кошачий глаз»

Процедура получения спектра пропускания образца сводится к следующим операциям. В держатель образца помещается исследуемая пластина и затем держатель устанавливается в прибор. После производится запись кривых светового потока, упавшего на тело (I_0) и светового потока, прошедшего через тело (I), внимательно следя за постоянством работы прибора. Электронная база прибора содержит спектры различных материалов. Сравнивая полученный спектр с имеющимися в базе, прибор выдает спектр исследуемого образца.

При изготовлении подложек, используемых в производстве, кристаллы GaAs проходят ряд обработок для удаления дефектов и микроскопических царапин.

Эксперименты проводились на монокристаллических образцах GaAs. Исследуемые образцы (АГЧТ – арсенид галлия подложечный, легированный теллуром) имели электронный тип проводимости, концентрацию основных носителей $n=10^{18} \text{ см}^{-3}$, ориентацию вдоль кристаллографического направления $[100]$ и диаметр пластин $d = 50 \text{ мм}$.

Пластины механически шлифовали, обезжиривали в кипящем толуоле, промывали в изопропиловом спирте (сушка пластины).

После травления в аммиачных растворах пероксида водорода $\text{NH}_4\text{OH}:\text{H}_2\text{O}_2:\text{H}_2\text{O}$ состава 1:10 и промывки в воде поверхность арсенида галлия, как правило, не содержит фазы элементарного мышьяка, присутствует арсенат галлия GaAsO_4 , а так же As_2O_3 . На внутренней границе раздела GaAs–GaAsO₄ имеет место некоторое обогащение элементарным мышьяком.

При газовом травлении в соляной кислоте образуется мышьяк, а хлорид галлия уходит в раствор.

Были так же исследованы подложки с электрохимическими методами обработки (анодное и химическое окисление полупроводников). Под анодными процессами понимают окислительные реакции, которые протекают на поверхности полупроводника при положительном потенциале электрода или на более электроположительных участках поверхности (в отсутствие внешней поляризации). К анодным процессам на полупроводниках под током относятся травление, полирование и окисление поверхности с целью стабилизации поверхности или удаления поверхностных загрязнений. Эти методы применяются для полирования, очистки поверхности и ее консервации.

Были сняты спектры при помощи Фурье-спектрометра «Инфалюм ФТ-801» при анодном окислении, химическом окислении, а также спектр анодного окисла относительно химического.

Выводы и обсуждение результатов. В исходном состоянии поверхностный слой арсенида галлия обогащен галлием, причем отношение концентраций галлия и мышьяка зависит от условий изготовления и длительности хранения образцов. Галлий находится в окисленном состоянии, а мышьяк – как в виде окисла, так и в неокисленном состоянии.

По профилям поверхности пластин после анодного и химического окисления видно, что толщина оксидной пленки различна. Распределение толщины по поверхности подложки зависит от способа получения оксида.

Качество поверхности обработанной подложки зависит от травителя. При обработке в KJO_3 поверхность получается более гладкой, чем при травлении KBrO_4 , но при применении этого вида травителя наблюдаются значительные загрязнения, чем у первого.

РАЗРАБОТКА ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО НАПРЯЖЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ МОНТАЖА ЭЛЕМЕНТОВ

*К.А. Булыгин, студент гр. 312-2 5 курс
ТУСУР, г. Томск*

Введение. Основные требования при производстве современных электронных изделий:

- 1) улучшение электротехнических параметров;
- 2) уменьшение габаритных размеров изделия;
- 3) уменьшение массы изделия;
- 4) повышение требований к обеспечению более жестких условий эксплуатации устройства.

Последнее требование особенно актуально при изготовлении приборов высокой степени надежности. Особенно жесткие требования предъявляются в бортовой аппаратуре, изготовлением которого занимаются в НППЦ «Полус».

Использование SMD-элементов. В нашем случае поставленные задачи решаются путем использования SMD-компонентов [1] (surface mounted devices – приборы для монтажа на поверхность) и чип-элементов вместо аналогичных электро и радио изделий при изготовлении изделия.

Внедрение SMD-элементов позволяет более компактное размещение элементов на поверхности платы. При этом электрические характеристики устройства абсолютно идентичны элементам, выполненным в корпусном варианте. Существенным преимуществом SMD являются отличные тепловые характеристики. Конструкция позволяет легко отводить тепло.

Рассматривалось альтернативное решение: использование напылительных элементов. Однако данное предложение не получило подтверждения в связи с невозможностью использования таких элементов в тех условиях в которых будет использоваться изделие.

Использование чип-элементов. Частично решить проблему уменьшения габаритных размеров готового изделия позволяет использование чип-элементов вместо аналогичных резисторов и конденсаторов, выполненных в обычном конструктивном исполнении. На рис. 1 изображен чип-резистор имеющий следующую структуру: металлические контакты; резистивный материал; защитная поверхность. Чип-конденсаторы в целом имеют схожую структуру, но вместо резистивного материала используется диэлектрик.

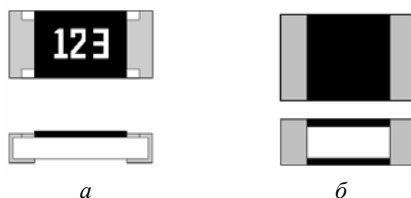


Рис. 1. Чип-элементы: *а* – чип-резистор; *б* – чип-конденсатор.

В ходе практики поставленные выше задачи были решены частично так как не все элементы могут быть заменены на соответствующие аналоги. Такие элементы, как индуктивность, не могут быть минимизированы, также, учитывая условия эксплуатации, невозможно использовать, например, напылительные элементы.

Этапы проектирования

Выбор структурной схемы. Определяем структурную схему понижающего преобразователя напряжений. При этом учитываются требования указанные в техническом задании и используются данные полученные при литературном обзоре.

Выбор и расчет принципиальной схемы понижающего регулятора. На основании структурной схемы производится выбор принципиальной схемы с выбором и расчетом конкретных элементов. Расчет элементов проводился в следующей последовательности:

- 1) элементы выходной цепи;
- 2) элементы фиксирующей цепи;
- 3) элементы ключевых элементов;
- 4) элементы схемы включения микросхемы управления.

Проведение теплового расчета. Расчет проводился с использованием стандартизованной (в пределах ФГУП НПП «Полус») методики компьютерного инженерного расчета THERMOANALYSIS. Программа учитывает геометрию элемента, способ теплопереноса, используемые материалы и их конструкцию, температуру окружающей среды.

Проведенный тепловой расчет свидетельствует о достаточности принятых мер и конструктивных решений в обеспечение теплового режима. Перегрев не превысил 1,8 °С. Преобладающий тепловой поток – кондуктивного типа.

Вывод

1. Для достижения задач установленных в техническом задании произвели замену части элементов на SMD и чип-элементы.

2. В ходе проектирования была доказана целесообразность такой замены: улучшены электротехнические, массогабаритные параметры и тепловые характеристики изделия по сравнению с ранее использовавшимися аналогами.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Пресманн А.* Проектирование блоков питания: Пер. с англ. Изд. 6. М.: Мир, 2001. 704 с.

НАНО-МИМ-ДИОД – НОВЫЙ ПОДХОД К ПРОЦЕССУ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ФОРМОВКИ

*М.А. Федосова, ФЭТ, студентка 3 курса, гр. 314-1
ТУСУР, г. Томск, т. 8-923-403-8887, lilith.n.d@mail.ru*

Явление электроформовки в структурах металл – изолятор – металл (МИМ) – это значительные и необратимые изменения проводимости

при приложении сильного электрического поля к структурам, помещенным в вакуум, при обеспечении некоторых дополнительных условий (бескислородная атмосфера, доступ органических молекул к изолятору). В случае планарной конструкции МИМ-структуры открытую для доступа органики изолирующую щель с характерной шириной порядка мкм получают путем пережигания электрическим током тонкого металлического проводника, расположенного на поверхности диэлектрической подложки. Полученная микрощель имеет неопределенные пространственные характеристики и модифицированную поверхность с остатками частиц металла, что обеспечивает начальную проводимость структуры. Структуру помещают в вакуум, содержащий пары органики (пары вакуумных масел), и подают на нее напряжение, как правило, медленно меняющееся в интервале от 0 до 15 В.

В отформованном состоянии структуры имеют почти обратимую (с некоторым гистерезисом) N -образную квазистатическую (низкочастотную) ВАХ с максимумом $U_{\max}$ около 3–4 В (рис. 1). В них наблюдаются эффекты переключения и памяти. Если к структуре приложить напряжение больше $U_{\max}$ и быстро его снять, она переходит в состояние с меньшими токами на начальном участке ВАХ, причем новая величина проводимости определяется значением напряжения перед его выключением. Длительность заднего фронта такого импульса должна быть менее 10^{-4} – 10^{-3} с. Новая ВАХ сохраняется неограниченно долго, если напряжение U на структуре не превышает некоторой пороговой величины (около 2 В), иначе ток начинает быстро расти, приближаясь к исходной кривой. При больших значениях напряжения можно практически полностью «отключить» структуру (состояние OFF), в этом случае ток для напряжения меньше порогового, как правило, на три порядка меньше, чем во «включенном» состоянии (ON). Подобные структуры принято называть традиционными МИМ-диодами.

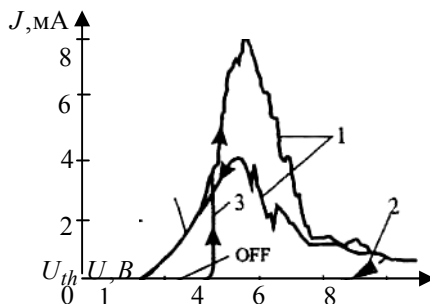


Рис 1. ВАХ традиционного планарного МИМ-диода в пленке золота

Указанные особенности связываются с образованием в изолирующей щели углеродистых проводящих путей из адсорбированных органических молекул. Уменьшение тока с ростом напряжения объясняется пережиганием части проводящих путей при соответствующем значении выделяющейся в них мощности, а его увеличение при обратном изменении напряжения – некоторым процессом их регенерации. Стимулом к развитию новых представлений об этом явлении послужили эксперименты со сканирующим туннельным микроскопом (СТМ), работающим в эмиссионном режиме, в изолирующем зазоре которого находится тонкая пленка органического диэлектрика, а на зонд подается напряжение до 15 В. Фактически имеем МИМ-структуру (зонд СТМ – изолирующий зазор – проводящий образец) с переменной по ширине нанометровой изолирующей щелью, в которой находится органический материал. Поскольку нанометровая ширина зазора является существенным элементом механизма процессов, имеющих место в таких структурах, структуру назвали нано-МИМ-диодом.

Нано-МИМ-диод является более контролируемой и перспективной конструкцией, чем традиционный МИМ-диод. Начальная проводимость, необходимая для электроформовки, в изолирующей щели шириной несколько десятков нм может быть обеспечена за счет высокой напряженности электрического поля в ней, достаточной для автоэлектронной эмиссии, при напряжениях порядка 15 В. Поэтому в таком приборе отпадает необходимость плохо контролируемого и происходящего в микрометровых пространственных масштабах пережигания металлической шины. В нано-МИМ-диоде исключаются необратимые изменения элементов конструкции (металлических электродов), а все процессы происходят в области нанометровых размеров.

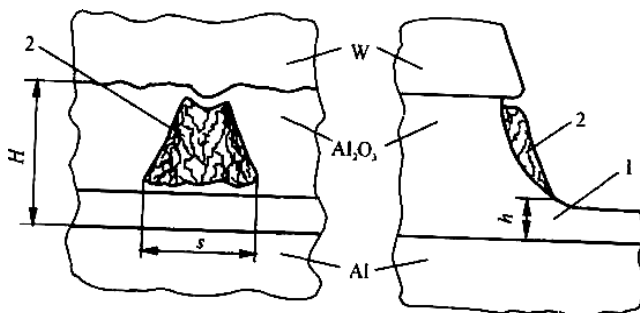


Рис. 2. Изолирующая щель открытой «сэндвич»-структуры после формовки с учетом реального профиля травления:

1 – остаточный окисел; 2 – углеродистая проводящая среда (УПС)

На рис. 2 изображена конструкция нано-МИМ-диода в виде открытой «сэндвич»-МДМ-структуры. Изолирующая щель в форме торца диэлектрической пленки, открытого для доступа органических молекул, создается путем локального травления верхних слоев металла и диэлектрика обычной трехслойной МДМ-структуры. Ширина щели задается толщиной диэлектрической пленки, которая с приемлемыми изолирующими свойствами может быть сформирована до толщин 10 нм. В такой конструкции отпадает необходимость использовать нанолитографию для обеспечения нужных размеров щели, и вся структура может быть изготовлена традиционными методами микротехнологии.

Наиболее очевидное применение нано-МИМ-диода с активной проводящей средой – элемент ПЗУ, что связано с бистабильностью в электроформованных структурах. Достоинства электрически перепрограммируемого ПЗУ: потенциально высокая плотность записи информации, простота конструкции элемента памяти (при этом вся сложность системы, которая проявляется в нелинейности и неоднозначности ВАХ и эффектах переключения, обеспечивается процессом самоорганизации наноструктуры в активной среде), высокая устойчивость к воздействию электрических и магнитных полей.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Троян П.Е.* Электрическая формовка тонкопленочных структур металл-диэлектрик-металл в сильных электрических полях. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2003. 178 с.
2. *Мордвинцев В.М.* Процессы самоорганизации наноструктур в углеродистой среде, активируемой потоком электронов, в сильных полях. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора физико-математических наук. Москва. 2000. 42 с.
3. *Мордвинцев В.М.* Проводимость электроформованных структур металл-изолятор-металл с самоорганизацией нанометрового изолирующего зазора в углеродистой проводящей среде // Известия вузов. Электроника. 1998. № 6. С. 23–32.

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ НАПЫЛЕНИЯ И ОТЖИГА ОМИЧЕСКИХ КОНТАКТОВ AuGeNi И AuGeNi/Au К GaAs ПОЛЕВЫМ ТРАНЗИСТОРАМ

*И.Ф. Гарипов, студент 5 курса
ТУСУР, г. Томск, vinilhlid@rambler.ru*

Введение. Основным элементом СВЧ ИС на арсениде галлия, определяющим ее параметры является полевой транзистор с контактом Шоттки. Разработка параметров полевых транзисторов определяет ка-

чество будущей микросхемы? и главной задачей является получение наилучших параметров полевых транзисторов.

В этом аспекте важнейшей задачей является получение омических контактов к областям стока и истока транзисторов с минимальным приведенным контактным сопротивлением. Таким образом, целью настоящей работы является подбор режимов напыления и быстрого термического отжига омических контактов отжига, при которых будет обеспечено минимальное контактное сопротивление металлизации к GaAs.

Методика эксперимента. Эксперименты проводились на установке для напыления омических контактов УВН-71-ПЗ установке фотонного отжига AST «Superheat 100» с компьютерным управлением. Установка УВН-71-ПЗ позволяет напылять омические контакты AuGeNi и AuGeNi/Au за один технологический цикл. Установка фотонного отжига позволяет производить быстрый отжиг в течении 0–300 с и отжигать полупроводниковые образцы до температуры 1400 °С.

Методика эксперимента состоит в напылении омических контактов на арсенид галлиевую подложку, отжиге пластины и измерении приведенного контактного сопротивления методом Кокса–Стрэка.

Результаты эксперимента и их обсуждение. В результате напыления омических контактов AuGeNi и AuGeNi/Au на установке УВН-71-ПЗ и отжиге их в диффузионной печи в течении 5 мин при разных температурах были получены следующие результаты.

Т а б л и ц а 1

Результаты напыления и печного отжига в течении 5 минут омических контактов AuGeNi и AuGeNi/Au

Температура отжига, °С	Контактное сопротивление омического контакта, полученного на установке, Ом·см ²	
	AuGeNi	AuGeNi/Au
без отжига	$6,7 \cdot 10^{-1}$	$6,7 \cdot 10^{-1}$
350	$1,8 \cdot 10^{-3}$	—
400	$5,6 \cdot 10^{-4}$	$3,4 \cdot 10^{-6}$
420	$2 \cdot 10^{-6}$	$2,9 \cdot 10^{-6}$
440	$2,2 \cdot 10^{-6}$	$2,2 \cdot 10^{-6}$
450	$3,4 \cdot 10^{-6}$	$2,3 \cdot 10^{-5}$

По данным табл. 1 построены зависимости приведенного контактного сопротивления при печном отжиге (время отжига 5 мин) при различных температурах.

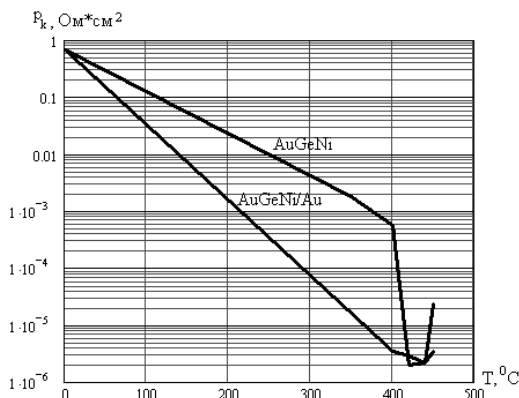


Рис. 2. Зависимость приведенного контактного сопротивления омических контактов AuGeNi и AuGeNi/Au от температуры отжига

Очевидно, что при отжиге контактов AuGeNi и AuGeNi/Au минимум зависимости наблюдается при температурах 420 и 440 °C и равен $2 \cdot 10^{-6}$ и $2,2 \cdot 10^{-6}$ Ом·см² соответственно.

На установке AST «Superheat 100» проводился отжиг пластин с омическими контактами AuGeNi/Au (0,15 мкм/0,1 мкм) в течении 25 с. Результаты измерения приведенного контактного сопротивления при различных видах и температурах отжига приведены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

**Результаты фотонного отжига на установке AST «Superheat 100»
при различных температурах**

Температура отжига, °C	Приведенное контактное сопротивление, Ом·см ²
	Фотонный отжиг
Без отжига	$2,5 \cdot 10^{-2}$
470	$4,5 \cdot 10^{-6}$
500	$1,2 \cdot 10^{-6}$
540	$7 \cdot 10^{-6}$
550	$1 \cdot 10^{-5}$
560	$5,7 \cdot 10^{-3}$

Зависимость приведенного контактного сопротивления при фотонном отжиге приведена на рис. 3.

Очевидно, что минимум зависимости наблюдается при температуре 500 °C и равен $1,2 \cdot 10^{-6}$ Ом·см².

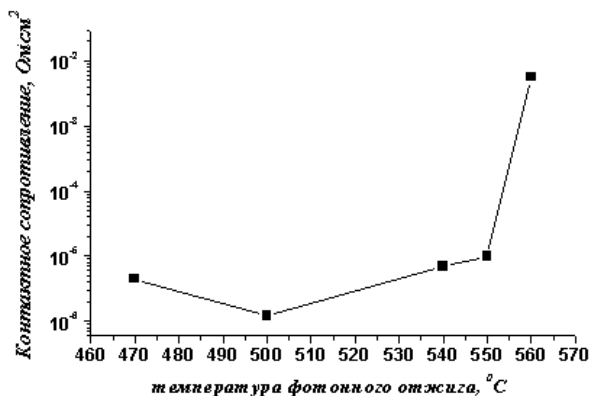


Рис. 3. Результаты фотонного отжига на установке AST «Superheat 100»

Видно, что при фотонном отжиге удастся получить гораздо лучшие омические контакты. Исследование морфологии поверхности показывает, что после фотонного отжига поверхность практически гладкая неже-ли при печном отжиге. Это существенно влияет на проводимость тока через контакт, а также на адгезию со следующими уровнями разводки.

Заключение. Результаты проделанной работы показывают пре-имущества метода быстрого термического отжига над печным, а также позволяют подобрать оптимальные режимы отжига.

РАЗРАБОТКА ГИБРИДНОЙ ИНТЕГРАЛЬНОЙ СХЕМЫ НА ОСНОВЕ ЭЛЕМЕНТА ХОЛЛА

*Э.А. Истомин, студент 5 курса
TVCVP, г. Томск, edward38@rambler.ru*

Введение. Значительное уменьшение габаритов, веса и энергопо-требления микропроцессорных наборов привело к их широкому исполь-зованию в управляющих, контролирующих и измерительных устройст-вах. Сегодня микропроцессорные устройства управления применяются буквально на каждом шагу, начиная с контроллеров сложнейших техно-логических процессов и заканчивая детскими игрушками.

Важной составной частью микропроцессорных управляющих уст-ройств, определяющей их надежность и точность, являются датчики и, в первую очередь, датчики неэлектрических величин. По прогнозам спе-циалистов, наибольшим спросом будут пользоваться интегральные дат-чики, в которых достигается высокая чувствительность к неэлектриче-

ским сигналам за счет размещения на кристалле собственно датчика, усилителя обработки сигнала и схемы питания.

Особое место в ряду интегральных датчиков занимают интегральные датчики магнитного поля или магнитоуправляемые ИС.

Основные преимущества этих датчиков заключаются в высоком быстродействии (до 100 кГц), отсутствии механических движущихся частей и физического контакта с измеряемой средой. Благодаря этому датчики Холла отличаются высокой надежностью и долговечностью [1].

Отечественные микросхемы этого типа представлены серией К1116. Микросхемы применяются в качестве бесконтактных переключателей, в клавиатурах ЭВМ, в бесколлекторных (вентильных) электродвигателях постоянного тока и т.д.

На данный момент в России прекращены все работы по разработке и производству магнитоуправляемых интегральных схем, и сроки восстановления их серийного производства в настоящее время не определены. Таким образом, применение микросхем SS фирмы Honeywell или HAL фирмы Micronas Interment планируется до восстановления данного класса схем.

Исходные данные для расчета схемы. Функциональная схема датчика представлена на рис. 1.

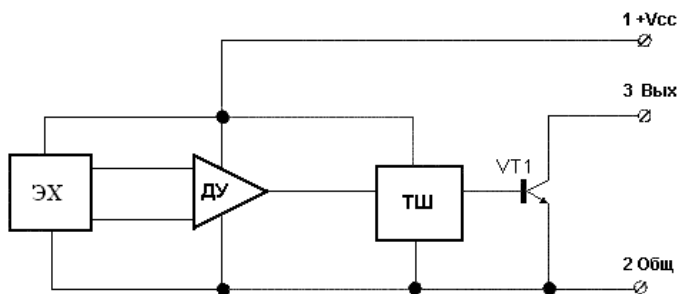


Рис. 1. Функциональная схема датчика

Исходные данные для расчета:

$U_{\pi} = 5 \text{ В}$, максимальная индукция срабатывания $B_{\text{сраб}} = 30 \text{ мТл}$, минимальная индукция отпускания $B_{\text{отп}} = -30 \text{ мТл}$, ток через элемент Холла не более 1 мА.

Результаты разработки и расчета схемы. Вид разработанной схемы датчика представлен на рис. 2.

Резистор R1 нужен для ограничения тока через элемент Холла. Резисторы R4, R5 и R6, R7 задают коэффициент усиления дифференциального усилителя. На инвертирующий вход операционного усилителя

подается напряжение с элемента Холла, а на неинвертирующий – постоянное напряжение с делителя, состоящего из резисторов R2 и R3 [2].

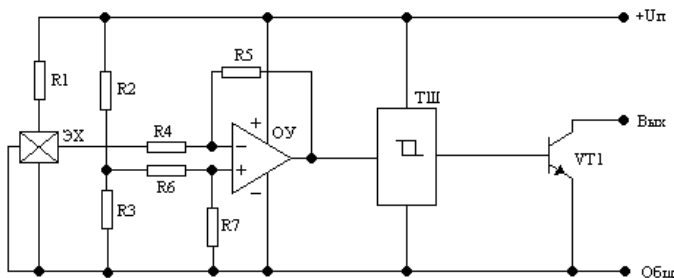


Рис. 2. Принципиальная схема датчика на основе элемента Холла

Расчет дал следующие номиналы резисторов: $R1 = 3 \text{ кОм}$; $R2 = 13 \text{ кОм}$; $R3 = 100 \text{ Ом}$; $R4 = 1 \text{ кОм}$; $R5 = 33 \text{ кОм}$; $R6 = 1 \text{ кОм}$; $R7 = 33 \text{ кОм}$.

Далее схема была испытана в программе Electronics Workbench (рис. 3).

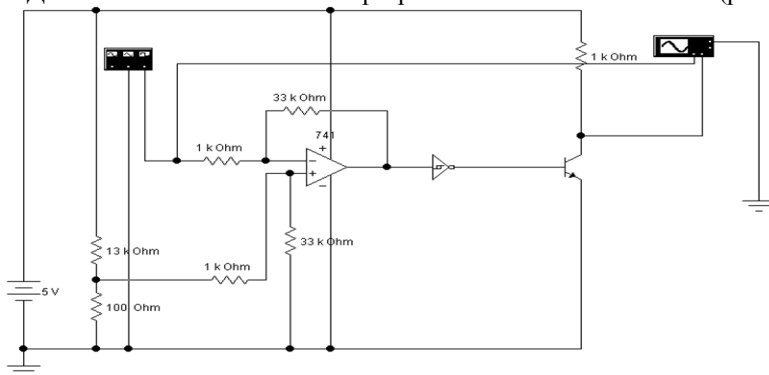


Рис. 3. Экспериментальная схема, собранная с помощью программы Electronics Workbench 5

Элемент Холла в данной схеме заменяет источник синусоидального напряжения с амплитудой 15 мВ, имитирующий его работу в переменном магнитном поле. С помощью осциллографа будем снимать напряжение на выходе элемента Холла и на выходе схемы.

Осциллограммы работы схемы приведены на рис. 4.

Из осциллограмм видно, что схема перешла в состояние логической 1, т.е. на выходе схемы имеем напряжение, равное 5 В, при напряжении на элементе Холла – 11,8 мВ и в состоянии логического 0, т.е. напряжение на выходе схемы, равное 0 В, при 11,5 мВ. Эти результаты

согласуются с исходными данными, что индукция срабатывания должна быть не более 30 мТл (напряжение на выходе элемента Холла при этом равно 13,64 мВ), а индукция отпускания должна быть не ниже 30 мТл (напряжение на выходе элемента Холла при этом равно 13,64 мВ). То есть напряжение, при котором срабатывает схема не должно превышать 13,64 мВ, а напряжение, при котором происходит отпускание не должно быть ниже 13,64 мВ. Отсюда можно сделать вывод, что результаты работы схемы можно считать положительными.

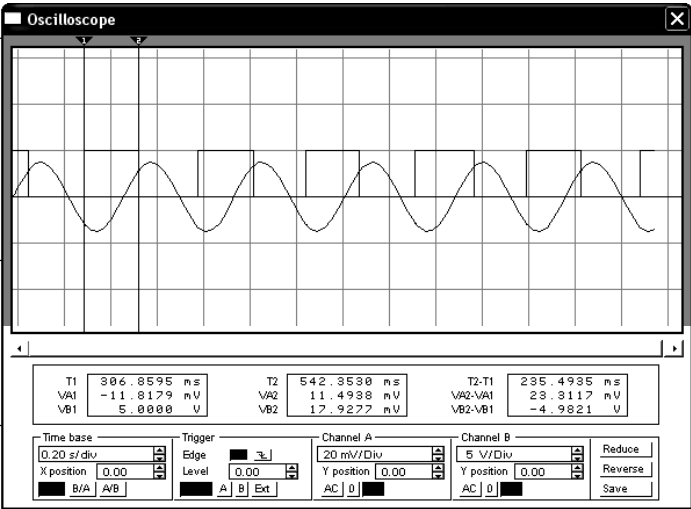


Рис. 4. Осциллограммы работы датчика

Закключение. Полученные в результате разработки и расчета схемы данные были использованы для сборки макета датчика. Для этого были выбраны операционный усилитель КР140УД17А, триггер Шмитта КР1533ТЛ2 с порогами срабатывания 0,85 В и 1,7 В и элемент Холла группы В из GaAs. Испытания работы макета на данный момент не проводились.

Следующим этапом является более точная проверка работы макета, его доработка. С помощью полученных данных будет возможна разработка интегральной микросхемы, состоящей из дифференциального усилителя, триггера Шмитта, транзистора и соответствующих резисторов. Для разработки датчика Холла планируется использование кристалла элемента Холла из GaAs, выпускаемых НИИПП, с данной кремниевой микросхемой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бараночников М.В. Микромагнитoeлектроника. Т. 1. М.: ДМК Пресс, 2001. 544 с.

2. Рогинский В.Ю., Таранов И.Н. Моделирование логических схем. Учебное пособие. Челябинск: ЮУрГУ, 2002. 65 с.

РЕВЕРСИВНЫЙ ТЕЧЕЙСКАТЕЛЬ

Д.Н. Юренко, Е.Е. Шевелева, С.А. Смычков, Л.Н. Орликов

ТУСУР, 423394, E-mail: ng@muma.tusur.ru

Рассматривается модернизация течейскаателя ПТИ 7 путем замены источника ионов с накаливаемым катодом на ионный источник с разрядом в магнитном поле. Изменение потока газа из негерметичности влияет на вольт-амперную характеристику ионного источника. Это позволяет осуществлять поиск течи путем ее частичной герметизации пробной жидкостью. (Так осуществляется реверсивный поиск, наоборот, от противного.)

Суть проблемы. В настоящее время при поиске негерметичности вакуумных систем хорошо зарекомендовали себя масс-спектрометрические течейскаатели типа ПТИ [1]. Однако при простоте конструкции, поиск течей в диапазоне перехода от форвакуума к высокому вакууму (1–0,01 Па) затруднен из-за наличия накаливаемого катода. Во многих зарубежных разработках перекрытие этого диапазона либо запрещено автоматикой, либо предусматривается включение резервного мощного механического насоса.

Метод решения. Нами предлагается заменить ионный источник с накаливаемым катодом на малогабаритный газоразрядный источник.

Задачи исследования.

1) согласование вольт-амперной характеристики источника с имеющимися напряжениями и допустимыми токами;

2) согласование изменения вольт-амперной характеристики с изменением размера течи;

3) разработка конструкции источника.

Теоретические исследования. *Согласование системы по напряжению и току.* Зажигание разряда подчиняется закону Пашена (напряжение зажигания пропорционально произведению давления P на расстояние между электродами d) [2].

Напряжение пробоя (закон Пашена) выражается формулой:

$$U = E \cdot d = p \cdot d \cdot \frac{B}{\ln(p \cdot d) / (p \cdot d)_k} = \frac{B \cdot p \cdot d}{\ln[A \cdot p \cdot d / \ln(1/\gamma)]}, \quad (1)$$

γ – коэффициент ионно-электронной эмиссии из материала ($\gamma \sim 10^{-2}$); где $(p \cdot d)_k = (1/A) \cdot \ln(1/\gamma) \approx 0,3$ (тор·см) – критический пробой по кривой Пашена. Для воздуха: $A=15$ (1/см·мм. рт. ст.), $B = 365$ (В/ см·мм. рт. ст.).

Подставляя при $P = 0,1$ (тор), $d = 30$ мм получим $U \sim 400$ В.

При токе эмиссии 5 мА и коэффициенте ионизации 0,01 расчетный ионный ток составит 50 мкА.

Расчет извлеченного тока. Из плазмы можно вытянуть ток [2]:

$$J = 0,4 \cdot n_{+} \cdot \left(\frac{2 \cdot k \cdot T_E}{M} \right)^{1/2}, \quad (2)$$

где n_{+} – концентрация ионов или электронов (см^{-3}); параметр $M = \frac{m_i}{m_p}$,

где m_p – масса протона, $m_p = 1$.

Параметр $m_i = V_{\text{асм}} \cdot A$, где $V_{\text{асм}}$ – условная атомная единица массы (масса протона), $V_{\text{асм}} = 1,66 \cdot 10^{-27}$ (кг); A – атомный вес.

Например, для олова: $m_{i\text{Sn}} = 1,66 \cdot 10^{-27} \cdot 119 = 1,98 \cdot 10^{-25}$ (кг), для свинца: $m_{i\text{Pb}} = 1,66 \cdot 10^{-27} \cdot 207 = 3,44 \cdot 10^{-25}$ (кг).

Подставляя постоянные величины, получим, что из плазмы можно вытянуть ток:

$$J = 8 \cdot 10^{-16} \cdot n \cdot \left(\frac{T_e}{M} \right)^{1/2}$$

Видно, что извлеченный ток зависит от концентрации плазмы. В тлеющем разряде $n \sim 10^9 - 10^{11}$ 1/см³; при электронно-лучевой сварке пучке $n \sim 10^{13} - 10^{14}$; в дуговом разряде $n \sim 10^{16} - 10^{17}$; плотность молекул воды $n \sim 10^{19}$. Принимая для тлеющего разряда $n = 10^{13}$ 1/см = 10^4 1/м³, $T_e = 10^4$, $M = 3 \cdot 10^{-24}$, получим $I = 30$ мкА.

В итоге видно, что расчетные токовые параметры близки к паспортным течеискателя.

Экспериментальные исследования. На рис. 1. представлена схема ионного источника. Источник состоит из холодного полого катода 1 и заземленного анода 2. На рис. 1, а приведена вольтамперная характеристика разрядной системы для отношения длины разрядной полости к диаметру 1:2 при разных давлениях в системе. На рис. 1, б приведена управляющая характеристика при напряжении горения 400 В для изменения расхода Q в режиме поиска течи.

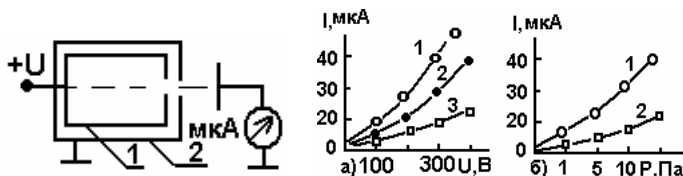


Рис. 1. Схема газоразрядного ионного источника и его характеристики;

P : 1 – 10 Па, 2 – 5 Па, 3 – 1 Па; Q , тор · л/с: 1 – $3 \cdot 10^{-6}$, 2 – 10^{-4}

Полученные результаты. В отсутствие течи фоновый поток составляет 20 делений шкалы стрелочного прибора, что соответствует градуировке прибора по содержанию гелия в атмосфере. При индикации захвата течи поток газа составляет 30 делений ($Q = 3 \cdot 10^{-6}$ тор · л/с). При переходе в область поиска течи на давлении 1 Па показания прибора составляют 60 делений ($Q = 10^{-4}$ тор · л/с).

Выводы. Относительно пропорциональное изменение рабочего давления (на 2 порядка) приводит к относительно линейному изменению показаний прибора. Это свидетельствует о работе ионного источника в области относительно линейного изменения вольт-амперной характеристики. В области высоких давлений перекрытие части течи пробной жидкостью приводит к изменению ионного тока. Таким образом, появляется метод поиска течи от обратного, т.е. реверсивным методом. Это является преимуществом данного метода перед известными, поскольку позволяет искать течи в режиме, когда течь происходит по большому периметру и ее трудно засечь традиционными способами.

Вопросы, выносимые на обсуждение. Вероятно, при генерации электронов, работа теческатора может упроститься.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ланис Д.А., Левина А.С. Техника вакуумных испытаний. М.: Машиностроение. 1972. 300 с.
2. Браун Я.Г. Физика и технология источников ионов. М.: Мир, 1998. 250 с.

РАЗРЯД С СОСТАВНЫМ ПОЛЫМ КАТОДОМ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ В ИСТОЧНИКЕ ЛЕНТОЧНОГО ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА

А.С. Климов, аспирант каф. физики;

П.С. Степанов, студент 5 курса

ТУСУР, г. Томск, т. 41-33-69, kas3501@rambler.ru

В работе представлены результаты исследования формирования ленточного электронного пучка при использовании источника на основе разряда с составным полым катодом. Показано, что плотность тока пучка возрастает при условии, что катодная полость состоит из двух частей различной ширины.

Использование разряда с протяженным полым катодом [1] в источниках электронных пучков ленточной конфигурации позволяет обеспечить плотности тока, как правило, не более 10 mA/cm^2 , что не достаточно для ряда применений. Основной путь увеличения плотности тока пучка лежит в увеличении концентрации плазмы вблизи эмиссионной границы. Очевидный прием увеличения концентрации плазмы, связанный с уменьшением ширины апертуры катодной полости не позволяет достичь нужного результата, поскольку вызывает появление локальных максимумов плотности плазмы и соответственно приводит к появлению неоднородности электронного пучка по его сечению [2].

Цель настоящей работы состояла в исследовании источника ленточного электронного пучка на основе разряда с составным полым катодом.

Исследования проводились на установке, схема которой приведена на рис. 1. К основным элементам источника относятся: прямоугольный полый катод 1, ширину d части которого можно было изменять посредством вставок 2, плоский анод 3, изоляторы 4, 5 служащие одновременно для крепления и фиксации электродов. Разрядное U_d и ускоряющее U_a напряжения прикладывались к соответствующим электродам источника, как показано на рис. 1. Измерение распределения плотности тока в пучке 8 производилось перемещаемым коллектором 9.

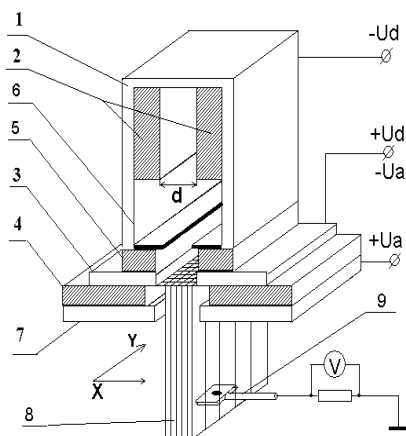


Рис. 1. Схема электронной пушки

Измерения показали, что применение составного полого катода, приводит к ряду эффектов. При достижении током разряда определенной величины (тока перехода) наблюдается резкое снижение напряжения горения разряда. При этом возрастает концентрация плазмы вблизи выходной апертуры катодной полости по сравнению с обычной полостью при тех же токах разряда (рис. 2). Рост концентрации плазмы в свою очередь приводит к повышению плотности тока пучка (рис. 3). При этом также наблюдается наличие переходного тока разряда.

Объяснить полученные результаты можно, исходя из представлений о двухстадийном зажигании разряда в составном полом катоде. При малых разрядных токах разряд возникает только в широкой части ка-

тодной полости. С ростом разрядного тока и концентрации плазмы ионный слой, отделяющий плазму от стенок катода, утоньшается до величины, при которой происходит проникновение плазмы в узкую часть полости. В этой части, как показали зондовые измерения, температура плазменных электронов выше, и это дает основания полагать, что рост концентрации плазмы вызван вкладом в ионизацию плазменных электронов. По-видимому, проникновение разряда в узкую часть полости обеспечивает наиболее полное использование вторичных электронов, чем и объясняется снижение разрядного напряжения и увеличение разрядного тока. По мере удаления от узкой части к выходной апертуре полости, концентрация плазмы падает, оставаясь, однако, выше, чем в простой прямоугольной полости. Это объясняет повышение плотности тока в пучке.

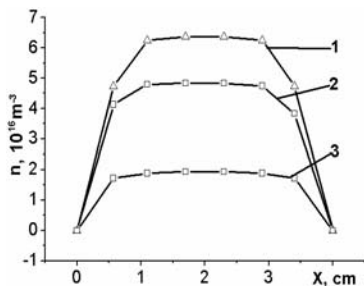


Рис. 2. Поперечное распределение концентрации плазмы n для полостей с различной шириной d узкой части: 1 – $d = 16$ мм, 2 – $d = 14$ мм, 3 – без вставок

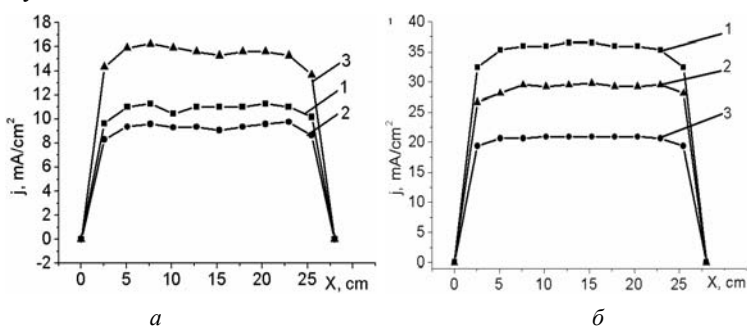


Рис. 3. Распределение плотности тока пучка j для полостей с различной шириной d узкой части: 1 – $d = 16$ мм, 2 – $d = 14$ мм, 3 – без вставок. а – ток разряда 400 мА, б – ток разряда 800 мА

Применение разряда с составным полым катодом в источнике ленточного электронного пучка приводит к возрастанию в несколько раз концентрации плазмы вблизи ее эмиссионной границы и росту плотности эмиссионного тока при условии, что ток разряда больше тока перехода. Этот эффект вызван проникновением плазмы основного разряда в узкую часть полости и усилением ионизационных процессов в этой области.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бурдовицин В.А., Бурачевский Ю.А., Окс Е.М. и др. Приб. и техн. экспер. 2003. № 2. С. 127–129.
2. Бурдовицин В.А., Климов А.С., Окс Е.М. и др. ЖТФ. 2006. Т. 76. Вып. 10. С. 62–65.

РАЗРАБОТКА РЕНТГЕНОШАБЛОНОВ ДЛЯ РЕНТГЕНОЛИТОГРАФИИ

М.С. Коневин, студент 5 курса;

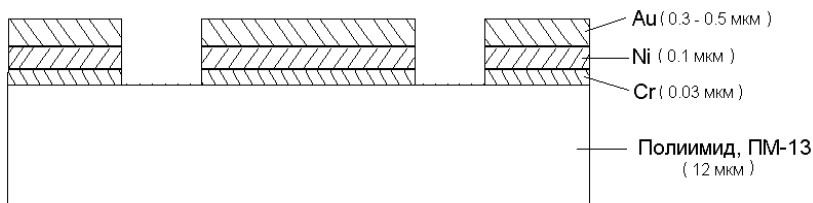
М.А. Воронов, сотрудник ОАО НИИПП

Введение. Обычная контактная фотолиитография уже в течение длительного времени является технологическим методом промышленности, изготавливающей ИС. Во всех трех вариантах этого метода – с плотным контактом, с мягким прижимом и с зазором – фотошаблон располагается рядом с пластиной, а за ним помещается источник ультрафиолетового света. Разрешающая способность очень высокая в случае, когда шаблон и пластина находятся в плотном контакте, но при этом возникает много дефектов, например, повреждение твердыми частицами, отслаивание, сморщивание и перенос пленок резиста, царапание шаблонов и т.д. Если прижим мягкий, то эти дефекты сводятся к минимуму, но разрешающая способность ухудшается! Контактная фотолиитография с зазором, при которой фотошаблон и пластина располагаются на некотором расстоянии друг от друга, позволяет еще больше уменьшить количество дефектов, но при этом происходит дальнейшее ухудшение разрешающей способности. Наряду с этими способами литографии наиболее мощным технологическим методом становится рентгенолитография, которая, по существу, представляет собой просто форму контактной литографии. Цель данной работы заключается в разработке рентгеношаблонов для рентгенолитографии. Для этого был проведен ряд экспериментов по созданию рентгеношаблонов.

Методика эксперимента. Изготовление рентгеновского шаблона (рисунок) начинается с создания плоско натянутой мембраны. В качестве материала мембраны используем полиимидную пленку марки ПМ-13. Толщина пленки – 12 ± 2 мкм. Для получения плоской поверхности пленки с малым числом поверхностных искажений (складок) было предложено натягивающее кольцо, действующее по принципу палец.

При изготовлении кольца были выбран следующий конструкционный материал – нержавеющая сталь. Выбор этого материала определялся тем, что в дальнейшем при изготовлении шаблона кольцо вместе с натянутой планкой необходимо было подвергать действию различных химреактивов, а именно травителей для гравировки поглощающего слоя.

В качестве поглощающего слоя используем трехслойную структуру Au-Ni-Cr. Такая структура способствует наилучшей адгезии и обладает минимальной пропускной способностью. Металлы Cr, Ni наносились на пленку термически испарением в вакууме двумя способами: с подогревом подложки и без подогрева. Золото наносили термически и электролитически.



Рентгеношаблон

В наших условиях из-за отсутствия оборудования рисунок создавался фотолитографическим способом с последующим травлением. Для проведения литографического процесса была проведена проверка стойкости пленки к травителям для гравировки хрома, никеля, золота.

Заключение. В ходе выполнения работ был разработан рентгеношаблон, со следующей структурой: подложка – полиимид марки ПМ-13, поглощающий слой – трехслойная структура Au-Ni-Cr.

Исследованы качества поглощающего слоя и свойства подложки такие как термическое расширение, усадка линейная, относительное удлинение при разрыве, влагостойкость. А также был выбран метод формирования рисунка ИС.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛЕНОК SiO_2 В НАНОМЕТРОВОМ ДИАПАЗОНЕ ТОЛЩИН

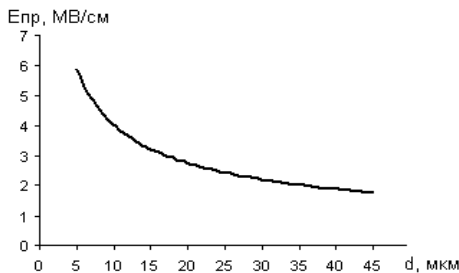
Е.В. Копылов, А.Е. Егунов, студенты 4 курса

ТУСУР, г. Томск, т.52-79-42, 313_john@rambler.ru

Традиционный путь улучшения параметров интегральных схем – уменьшение размеров элементов практически исчерпал себя. В настоящее время начинает интенсивно развиваться новое направление в электронике – наноэлектроника. В этой связи любые исследования свойств диэлектрических, полупроводниковых и металлических материалов в случае, когда хотя бы один из геометрических размеров лежит в нанометровом диапазоне (меньше 100 нм), является актуальной задачей.

В данной работе представлены результаты по исследованию свойств диэлектрических пленок диоксида кремния в диапазоне толщин от 5 до 100 нм и сделана попытка объяснить полученные результаты с позиций изменения свойств при переходе к малым размерам объекта.

Экспериментальные исследования проводились на пленках диоксида кремния, полученных методом магнетронного распыления кремниевой мишени на постоянном напряжении в присутствии кислорода. Исследовалась зависимость электронной прочности, диэлектрической



Зависимость электрической прочности пленки SiO₂ от толщины

проницаемости и спектры поглощения в диапазоне длин волн от 200 до 1100 нм при изменении толщины пленки от 100 до 5 нм. В результате экспериментов установлено: увеличение электрической прочности с 2 МВ/см до 6 МВ/см (экспериментальная зависимость приведена на рисунке), причем эти изменения происходят при толщинах пленок

менее 30 нм. Обнаружено также изменение спектров поглощения и диэлектрической проницаемости при уменьшении толщины диэлектрической пленки ниже 20 нм.

Все вышеописанные свойства, очевидно, могут быть объяснены изменением структуры самой пленки диэлектрика при уменьшении размеров ее толщины. Рассмотрим, какие структурные изменения могут происходить в веществе, исходя из того принципа, что наиболее вероятным является такая структура вещества, при которой ее свободная энергия F была бы минимальной. В наночастицах могут возникать фазы, которые не существуют в данном веществе в массивном состоянии. С уменьшением энергии вклад поверхностной энергии F_s в свободную энергию

$$F = F_v + F_s \quad (1)$$

увеличивается. Если в массивных образцах при некоторой температуре устойчива фаза 1, т.е. $F_v^{(1)} < F_v^{(2)}$, то при уменьшении размеров с учетом F_s можно записать, что

$$F_v^{(2)} + F_s^{(2)} < F_v^{(1)} + F_s^{(1)} \quad (2)$$

и при достаточно малых размерах частицы устойчивой будет фаза 2.

Поверхностная энергия становится сравнимой с объемной, поэтому из условия (2) следует, что для уменьшения полной энергии системы может оказаться более выгодной такая деформация кристалла, при ко-

торой поверхностная энергия будет уменьшаться. Подобное уменьшение может быть реализовано изменением кристаллической структуры наночастицы по сравнению с крупнозернистым массивным образцом. Поверхностная энергия минимальна для плотноупакованных структур, поэтому для нанокристаллических частиц наиболее предпочтительны гранецентрированная кубическая (ГЦК) или гексагональная плотноупакованная структуры (ГПУ). Особо следует остановиться на структуре кластеров – частиц, содержащих менее $2 \cdot 10^3$ атомов. Кластер представляет собой группу из небольшого (счетного) и, в общем случае, переменного числа взаимодействующих атомов, ионов, молекул. Минимальное число атомов в кластере равно двум. Верхней границе кластера соответствует такое число атомов, когда добавление еще одного атома уже не изменяет свойств кластера.

Кластеры должны иметь плотную упаковку и должны быть построены из простейших стабильных атомных конфигураций; относительная доля тетраэдров (наименьшей по объему стабильной атомной конфигурации) среди всех атомных конфигураций кластера должна быть как можно больше.

Из вышеприведенных заключений можно сделать вывод, что пленка диоксида кремния в нанометровом диапазоне толщин имеет отличную от массивной пленки структуру, причем наиболее вероятно, что структура будет характеризоваться более плотной упаковкой атомов. Для объяснения зависимости $E_{np}(d)$ отметим, что наиболее вероятным механизмом пробоя тонкопленочной структуры металл – диэлектрик – металл является туннельная эмиссия электронов из катода в диэлектрик. В любом случае диэлектрик будет иметь аморфную или поликристаллическую структуру, вследствие чего в диэлектрических пленках будут присутствовать многочисленные дефекты структуры, способные захватывать один или несколько носителей заряда. В очень чистых материалах возможны дискретные уровни ловушек, в то время как в аморфных и поликристаллических материалах вероятнее существование распределенной плотности уровней ловушек, соответствующей разупорядочению решетки. Эти ловушки способны захватывать эмитированные электроны, что обеспечивает постепенное образование отрицательного объемного заряда (ООЗ). Образующийся в прикатодной области диэлектрика ООЗ экранирует катод и уменьшает напряженность электрического поля и тем самым ограничивает скорость роста тока с напряженностью поля. Если в массивных материалах ООЗ располагается на расстоянии порядка 1 мкм от катода, то в нанометровом диапазоне ООЗ очевидно занимает пропорционально больший объем диэлектрика, что

может объяснять рост электрической прочности с уменьшением толщины пленки.

Структурные изменения в диэлектрике также неизбежно повлекут за собой изменение энергетической структуры, что отражает изменение спектров поглощения и возможность появления отдельных пиков поглощения, которые будут характерны для отдельных уровней ловушек.

ФОРМИРОВАНИЕ ПРЕЦИЗИОННЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ ПУЧКОВ В СИСТЕМАХ С ПЛАЗМЕННЫМ ЭМИТТЕРОМ

С.Ю. Корнилов, аспирант каф. физики,

А.В. Кравцов, студент 5 курса каф. ЭП,

П.А. Лакида, ассистент каф. физики

ТУСУР, г. Томск, т. +79234045664, kornilov@ms.tusur.ru

Сфокусированные электронные пучки применяются в различных промышленных технологиях. Прежде всего, это сварка ответственных деталей в вакууме [1, 2]. С помощью сфокусированных пучков создают также многофункциональные покрытия [3, 4], реализуют плазмохимические реакции [5]. Уникальные возможности электронных пучков позволяют разрабатывать и принципиально новые технологии. Так, например, пучки предельно малого диаметра с высокой плотностью мощности – прецизионные пучки – применяются для производства металлических фильтров [6].

Остросфокусированные электронные пучки получают в электронных источниках с накалимым катодом. Однако из-за относительно невысокой эмиссионной способности термокатода возникают трудности при формировании прецизионных пучков с мощностью порядка кВт и более при низкой (30–40 кВ) энергии электронов.

Электронные пучки могут быть созданы системами с плазменным эмиттером [7, 8]. Эмиссионная способность плазмы на порядок превосходит эмиссионную способность термокатодов. Это дает основание рассчитывать на получение в источниках с плазменным эмиттером более мощных прецизионных пучков. Однако до настоящего времени такие исследования не проводились. Сфокусированные электронные пучки с диаметром меньшим, чем требуется в сварочных технологиях, в источниках с плазменным эмиттером получены не были.

Итак, идея работы заключается в использовании газоразрядной плазмы для создания прецизионных пучков повышенной мощности. Такие пучки должны явиться инструментом для разработки новых прорывных технологий.

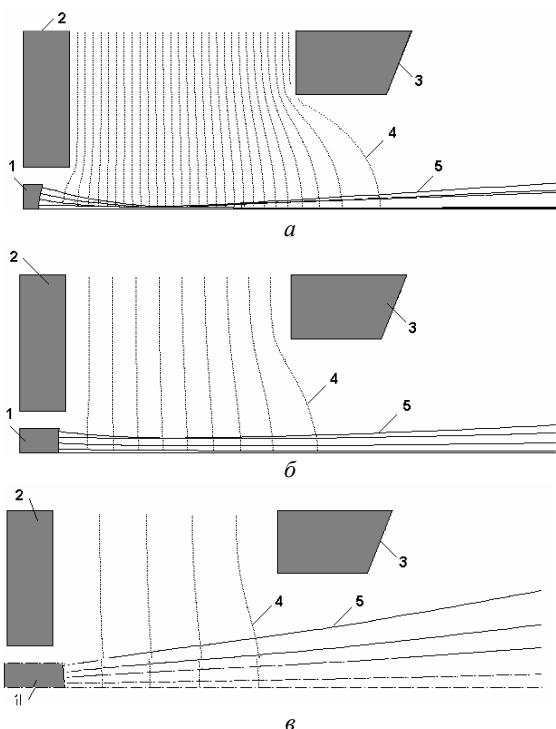
В работе представлены результаты первых исследований по формированию остросфокусированных электронных пучков в системах с плазменным эмиттером. Цель исследований состояла в определении факторов, влияющих на фокусировку пучка, а также поиск путей улучшения параметров для получения пучков с конкурентоспособными характеристиками.

1. Первичное формирование пучка. Первичное формирование пучка осуществляется в электронно-оптической системе, образованной эмиттерным и ускоряющим электродами и эмиттирующей поверхностью плазмы. Эта плазменная поверхность отделена от стенок канала в эмиттерном электроде пристеночным слоем пространственного заряда. На рис. 1 представлены результаты расчета траекторий электронов, выполненных с помощью программы BEAMCAD.

Рис. 1. Моделирование системы первичного формирования пучка:

1 – плазма газового разряда; 2 – эмиттерный электрод; 3 – ускоряющий электрод; 4 – силовые линии электрического поля; 5 – траектории электронов.

Ток пучка 50 мА, расстояние между эмиттерным и ускоряющим электродом 6 мм, ускоряющее напряжение, кВ:
а – 30, б – 10, в – 5.



Можно выделить три режима (рис. 1, а – в) первичного формирования пучка различающихся положением и формой эмиттирующей поверхности плазмы, наличием кроссовера и углом расходимости пучка.

Переход из одного режима в другой реализуется изменением величины ускоряющего напряжения или геометрических размеров электронно-оптической системы. При этом меняется положение и форма эмиттирующей поверхности плазмы и основные геометрические параметры пучка.

Экспериментальная проверка результатов расчета осуществлялась путем анализа измерений диаметра пучка, полученного при различных значениях ускоряющего напряжения и расстояния между эмиттерным и ускоряющим электродами. Диаметр измерялся на выходе из системы первичного формирования. Для измерения использовался двойной вращающийся зонд [9].

Методика измерения зонда основана на отборе части тока пучка на токосъемник в виде двух вращающихся параллельных вольфрамовых проволочек с постоянным расстоянием между ними (рис. 2). Проволочки периодически пересекают пучок, сигнал, возникающий при пересечении проволочками пучка, поступает на осциллограф.

На рис. 3 представлены зависимости диаметра пучка $d_{\text{пучка}}$ от ускоряющего напряжения $U_{\text{уск}}$, измеренные при различных расстояниях между эмиттерным и ускоряющим электродами d . Измерения проводились при двух положениях зонда, отличающихся расстоянием между ускоряющим электродом и зондом h .

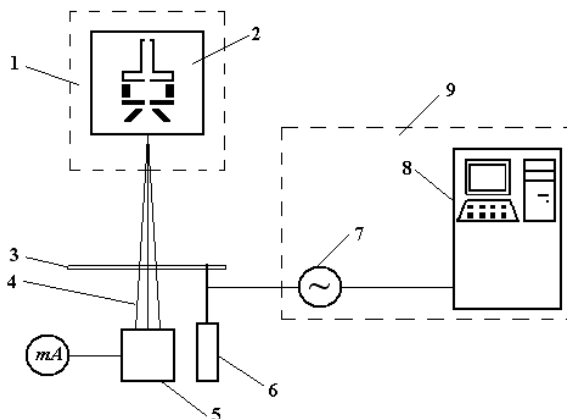


Рис. 2. Схема измерений:

- 1 – электронно-лучевая система с плазменным эмиттером; 2 – источник с плазменным эмиттером; 3 – двойной вращающийся зонд;
- 4 – электронный пучок; 5 – коллектор; 6 – электродвигатель;
- 7 – осциллограф; 8 – компьютер; 9 – электронно-измерительный блок

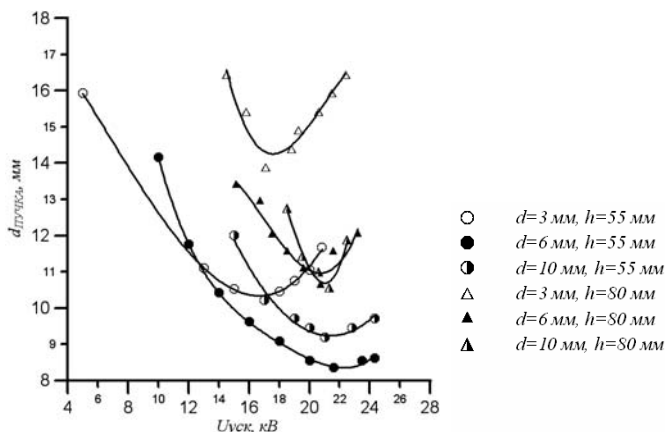


Рис. 3. Зависимости диаметра пучка от ускоряющего напряжения

Все зависимости имеют немонотонный характер с минимумом. Можно предположить, что минимум соответствует режиму (рис. 1, б). С увеличением расстояния между электродами для получения электронного пучка с наименьшим диаметром необходимо увеличивать ускоряющее напряжение. При этом диаметр пучка по абсолютному значению уменьшается.

Измерения диаметра пучка, выполненные при различных положениях зонда, позволили оценить величину угла расходимости (рис. 4).

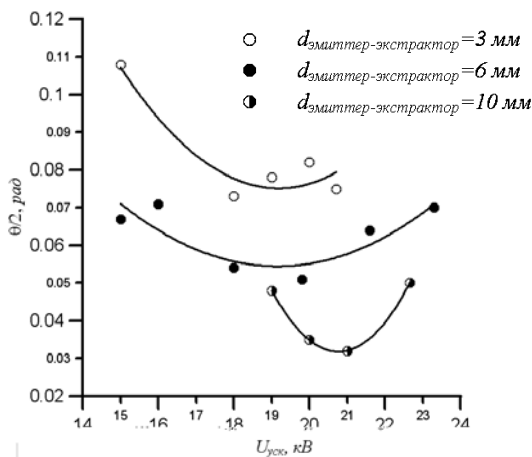


Рис. 4. Зависимость угла расходимости от ускоряющего напряжения

Полученные результаты показали, что во всех режимах наблюдается расходящийся электронный пучок. Зависимость угла расходимости от ускоряющего напряжения имеет минимум при тех же значениях напряжения, что и зависимость диаметра пучка. Абсолютное значение угла расходимости уменьшается с ростом расстояния между электродами.

2. Фокусировка пучка. Окончательное формирование пучка осуществляется фокусирующей системой. Фокусирующая система представляет собой «короткую» магнитную линзу (рис. 5) основными параметрами которой являются диаметр D и ширина S немагнитного зазора. Оптимальный подбор соотношения S/D позволяет свести к минимуму влияние сферической аберрации [10, 11].

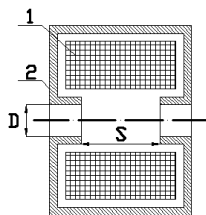


Рис. 5. «Короткая» магнитная линза:
1 – катушка; 2 – сердечник

На рис. 6 представлены результаты исследований влияния отношения S/D на минимальный диаметр пучка.

С ростом параметра S/D диаметр пучка уменьшается (рис. 6), но до определенного значения, после которого это изменение мало заметно. Согласно результатам измерений, область оптимальных значений лежит S/D в районе 1,25–1,5. Зная диаметр пучка на выходе системы первичного формирования, мы можем оценить апертуру линзы и выбрать необходимую ширину зазора.

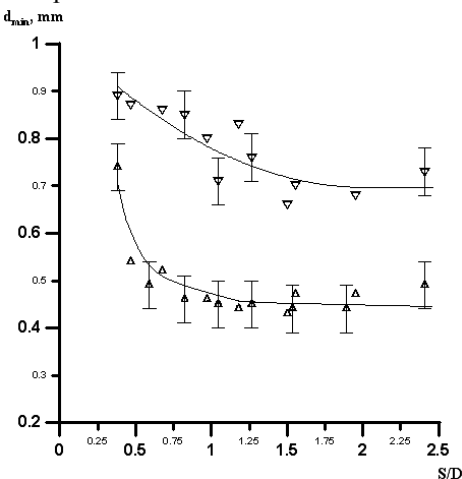


Рис. 6. Зависимости минимального диаметра пучка от отношения S/D , $d_{min}=f(S/D)$

Помимо параметров немагнитного зазора существенное влияние на диаметр пучка оказывает отношение расстояний от эмиссионной системы до линзы L_1 и от линзы до плоскости фокусировки L_2 . В параксиальном приближении магнитную фокусирующую систему можно анали-

зировать с использованием законов геометрической оптики, из которых следует, что в зависимости от отношения

$$\Gamma = \frac{L_2}{L_1}, \quad (1)$$

линза может работать как с увеличением, так и с уменьшением.

Экспериментальная проверка подтвердила это положение (рис. 7). Зависимость минимального диаметра пучка от коэффициента увеличения практически линейна.

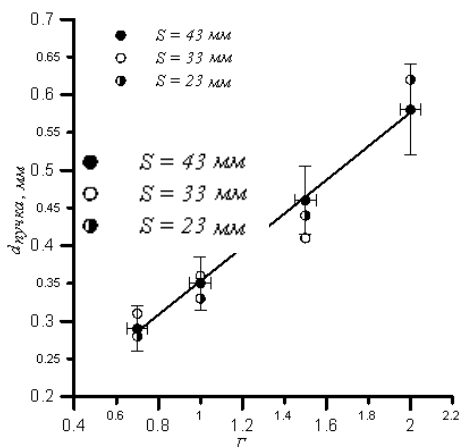


Рис. 7. Зависимость диаметра сфокусированного пучка от коэффициента увеличения

Заключение

1. В системах с плазменным эмиттером возможно формирование прецизионных пучков. Полученный в первых же экспериментах результат (диаметр пучка менее 300 мкм при мощности в один киловатт), дает надежду на достижение современного уровня лучших термокатодных систем (60 мкм).

2. Очевидно, что коэффициент увеличения должен быть как можно меньше. Для этого нужно увеличивать L_1 и уменьшать L_2 . Однако, уменьшение L_2 возможно до пределов, определяемых требованиями конкретного применения. Увеличение L_1 ограничено растущими габаритами системы. Кроме того, поскольку система первичного формирования генерирует расходящийся пучок, с ростом L_1 увеличивается диаметр пучка на входе в линзу. Рост диаметра пучка влечет за собой увеличение апертуры линзы. Это в свою очередь приводит к необходимости увеличения ширины немагнитного зазора линзы. Как результат – резкий рост габаритов, необходимость интенсивного охлаждения фокусирующей системы.

3. Наиболее перспективным направлением представляется оптимизация системы первичного формирования с целью получения узкого не расходящегося пучка.

Авторы благодарят Администрацию Томской области, при поддержке которой выполнена эта работа (Госконтракт № 89 от 24 июля 2006 г.).

ЛИТЕРАТУРА

1. Назаренко О.К., Кайдалов А.А., Ковбасенко С.Н. и др. Электронно-лучевая сварка / Под ред. Б.Е. Патона. Киев: Наук. Думка, 1987. 256 с.
2. Рыкалин Н.Н., Зуев И.В., Углов А.А. Основы электронно-лучевой обработки материалов. М.: Машиностроение, 1978. 239 с.
3. Панин В.Е., Белюк С.И., Дураков В.Г., Прибытков Г.А., Ремне Н.Г. Электронно-лучевая наплавка в вакууме: оборудование, технология, свойства покрытий // Сварочное производство. 2000. № 2, с. 34–38.
4. Denbnovetskiy S.V., Melnik V.G., Melnik I.V., Tugay B.A. Application of Glow Discharge Electron Guns for Plasma Activated Deposition of Coatings. // 8-th International Conference on Electron Beam Technologies. EBT 2006, 5-10 June 2006, Varna, Bulgaria. P. 115–118.
5. Бурдовичин В.А., Окс Е.М., Федоров М.В. Получение углеродных покрытий в плазме, генерирующей в форвакуумной области давлений ленточным электронным пучком // Физика и химия обработки материалов. 2005. №1. С. 66–69.
6. Jan Bartle, Thorsten Lower, Dietrich Von Dobeneck. Electron Beam Welding Beyond the Ordinary Scale // 8-th International Conference on Electron Beam Technologies. EBT 2006, 5–10 June 2006, Varna, Bulgaria. P. 41–46.
7. Крейнделъ Ю.Е. Плазменные источники электронов. М.: Атомиздат, 1977. 144 с.
8. Завьялов М.А., Крейнделъ Ю.Е., Новиков А.А., Шантулин Л.П. Плазменные процессы в технологических электронных пушках. М., Энергоатомиздат, 1989.
9. Корнилов С.Ю., Лакида П.А. Фокусировка пучка в электронно-лучевой системе с плазменным эмиттером // Научная сессия ТУСУР-2006: Всероссийская научно-техническая конференция студентов аспирантов и молодых специалистов. Томск, ТУСУР, 4–7 мая 2006 г.
10. Бонштедт Б.Э., Маркович М.Г. Фокусировка и отклонение пучков в электронно-лучевых приборах. М.: СовРадио, 1967. 272 с.
11. Шерстнев Л.Г. Электронная оптика и электроннолучевые приборы. М.: Энергия, 1971. 368 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВЯЗИ МАСШТАБНОГО ФАКТОРА С ПАРАМЕТРАМИ МЕХАНОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ В КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛАХ

**О.Г. Лисянский, студент 5 курса ТУСУР; Т.В. Фурса, д.т.н., проф.
ПНИЛ ЭДнП г. Томск, т. 56-38-34, osipov@tpu**

Методика измерения параметров электромагнитного отклика на ударное возбуждение диэлектрических материалов.

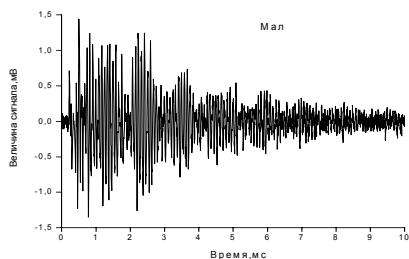
Схему регистрации электромагнитного сигнала можно представить в виде электрической схемы замещения с сосредоточенными параметрами. Данная схема позволяет производить измерение тока, протекаю-

щего через входное сопротивление измерительного прибора, по замкнутой электрической цепи, в которую включен образец, содержащий внутри источник переменного электрического поля. Величина тока определяется распределенными и сосредоточенными параметрами замкнутой электрической цепи. Выходное напряжение цепи определяется по формуле.

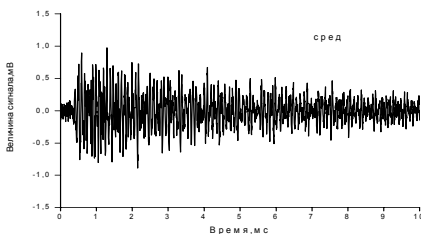
$$U = \frac{E \cdot R_{ex}}{(Z_1 + Z_2 + Z_3 + R_{ex})} \quad (1)$$

где E – ЭДС источника акустоэлектрических преобразований, Z_1 – полное электрическое сопротивление системы акустоэлектрический преобразователь – поверхность, по которой производится удар; Z_2 – полное электрическое сопротивление системы акустоэлектрический преобразователь – поверхность образца, обращенная к приемнику сигнала, Z_3 – сопротивление воздушного зазора между нижней поверхностью образца и приемным датчиком. Z – полное электрическое сопротивление включает в себя емкостную составляющую и активное сопротивление участка измерительной цепи

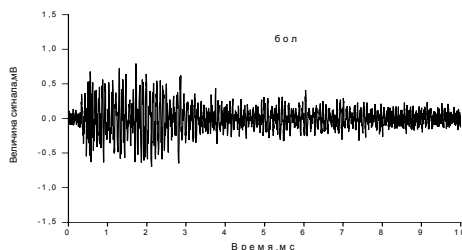
$$Z = \frac{R_c \cdot R_a}{R_c + R_a} \quad (2)$$



Образец 1



Образец 2



Образец 3

Электромагнитные сигналы, зарегистрированные при ударном возбуждении образцов различных геометрических размеров

Экспериментальная часть. Для исследования были использованы специальные модельные образцы, состоящие из гипса и песка в соотношении (60 – 40%). Для исследования масштабного фактора были изготовлены образцы различных геометрических размеров. Образцы представлены тремя различными размерами:

1 – $20 \times 100 \times 100$ мм

2 – $80 \times 100 \times 100$ мм

3 – $100 \times 100 \times 100$ мм

В данных образцах электромагнитный сигнал связан с пьезоэлектрическим эффектом на кристаллах кварца, содержащихся в песке. Для изготовления моделей был использован песок со значительным процентным содержанием кварца. Для этого был произведен рентгеноструктурный анализ песка с использованием дифрактометра ДРОН-4М. Установлено, что в используемом песке основу составляет α -кварц, а наличие не идентифицированных фаз составляет менее 10%. Ток смещения, протекающий через поверхность пластины емкостного приемника, представляет собой геометрическую сумму частичных токов смещения от каждого пьезоизлучателя песчинки. Частичные токи возникают при изменении механического напряжения в песчинке, содержащей кварц, за счет акустических волн в образце.

ЛИТЕРАТУРА

1. Урусовская А.А. Электрические эффекты, связанные с пластической деформацией ионных кристаллов // УФН. 1968. Т. 96. вып. 1. С. 39–59.

2. Молоцкий М.И. Дислокационный механизм электризации ионных кристаллов при расщеплении // Физика твердого тела. 1976. т. 18. С. 63–64.

3. Фурса Т.В., Ласуков В.В., Малышков Ю.П., Гордеев В.Ф., Картопольцев В.М. К вопросу об источниках электромагнитной эмиссии в бетонах // Изв. Вузов. Строительство. 1997. № 10.

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ФОТОРЕЗИСТОРОВ

А.Ю. Масюков, аспирант каф. ЭП, С.В. Беляев, инженер

В.Н. Давыдов, д.ф.-м.н., проф.

ТУСУР, г. Томск, т. 413-887, priem@ms.tusur.ru

Широкое применение полупроводников в электронике ставит задачу разработки измерительных средств, учитывающих возможный набор важных параметров и характеристик данных приборов, использующих этот тип материалов. Нередко возникают задачи не просто подобрать

материал, удовлетворяющий комплексу требований, но и синтезировать его с заранее заданными свойствами.

Целью данной работы является создание автоматизированного аппаратно-программного комплекса (далее – АПК), позволяющего проводить автоматизированные измерения фотоэлектрических и шумовых свойств полупроводниковых приборов, включая измерения спектральных и вольт-амперных характеристик полупроводниковых приборов при различных тестовых и фоновых засветках исследуемого объекта.

Структурная схема АПК. Общая функциональная схема АПК представлена на рис 1. На данной схеме видно, что фотосопротивление R подключается к блоку IV, в корпусе которого собран усилитель 5, обладающий необходимыми характеристиками, блок повторителей 4 и источник стабилизированного питания вместе с блоком фильтров 3. На фотосопротивление R подается напряжение смещение с ЦАП основного цифрового блока через повторитель 4 и сопротивление r . Реальное напряжение смещения, действующее на фотосопротивление R через повторитель 4 поступает на АЦП основного цифрового блока I для обработки и анализа. Сигнал, вызванный излучением, подается на усилитель 5 через разделительный конденсатор. Усиленный сигнал поступает для анализа формы на осциллограф III и далее для преобразования переменного напряжения в постоянное и детектирования реальной усиленной амплитуды на электронный вольтметр переменного напряжения (интегральный или селективный нормирующий квадратичный детектор) III, с которого снимается пронормированное постоянное напряжение, поступающее на АЦП цифрового блока I для анализа и обработки. Напряжение на блок стабилизаторов и фильтров (3) поступает с выпрямителя блока питания 1 основного цифрового блока I. Необходимая модуляция излучения, а также уровень засветки создаются блоком светодиодов VIII. Модулирующий светодиод включается и выключается через блок выходных регистров основного цифрового блока I. Модуляции необходимой амплитуды и частоты поступает с генератора Г4-153 VII, также управляемого выходными регистрами. Необходима при некоторых экспериментах засветка осуществляется лазерным светодиодом VI, который управляется блоком 2, встроенным в основной блок I. Напряжение питания лазера поступает с ВИПа основного блока, управляется потенциалом, поступающим с одного из ЦАПов цифрового, а сигнал, необходимый для модуляции лазерного излучения по частоте, подается с внешнего генератора VII. Переключатель 6 необходим для того, чтобы коммутировать сигнал с внешнего генератора на лазер VI или на блок светодиодов VIII. Управление всем комплексом осуществляется программно через COM-port X86 совместимого компьютера V (RS-232 интерфейс).

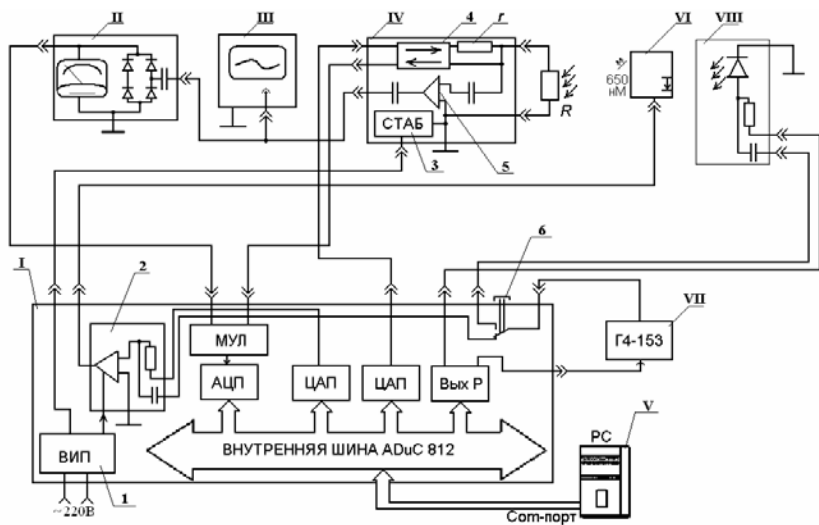


Рис. 1. Структурная схема аппаратно программного комплекса

Основу цифрового блока составляет микроконтроллер фирмы Analog Devices марки ADuC812, который в одночиповом исполнении содержит дополнительно мультиплексируемый на 8 входов 12-битный аналого-цифровой преобразователь (АЦП), два цифро-аналоговых 12-битных преобразователя (ЦАП) и по 8 2-байтовых входных и выходных регистров двоичного кода. Структурная схема цифровой части показана на рис. 2.

Оптический блок АПК. Для изучения фотоэлектрических и шумовых свойств полупроводниковых приборов необходимо осуществлять воздействие оптическим излучением с различными параметрами. Поэтому был разработан и изготовлен оптический блок, включающий в свой состав блок светодиодов, позволяющих получать излучение зеленого (0,55 мкм), красного (0,64 мкм) и инфракрасного (0,91 мкм) спектров большой и малой мощности, и полупроводниковый лазер с длиной волны излучения 0,65 мкм. Управление светодиодами, лазерным диодом и режимом засветки полностью автоматизированы [1, 2].

Управление модулирующим светодиодом осуществляется выходным регистром цифрового блока АПК, а управление лазером – одним из ЦАПов цифрового блока. Также имеется возможность переключения модулирующего сигнала с внешнего генератора на полупроводниковый лазер и на светодиодный блок. Разработанная схема, изображенная на

рис. 1, позволяет полностью отказаться от всех внешних дополнительных источников питания. Необходимое для их работы напряжение прямого смещения подается с одного бита выходного регистра (для светодиодов) или с ЦАП-2 (для полупроводникового лазера). Блок светодиодов представляет собой 4-позиционный барабан, в каждом из положений которого в оптический тракт направляется излучение от одного из его четырех светодиодов. Модуляция оптического излучения производится с помощью внешнего генератора Г4-153, выходные параметры которого могут изменяться программно. Общая схема оптической части АПК состоит из следующих блоков: исследуемый фоторезистор; полупроводниковый лазер; светодиодный блок; регулируемый источник питания лазера; управляемый генератор; источник питания светодиодного блока.

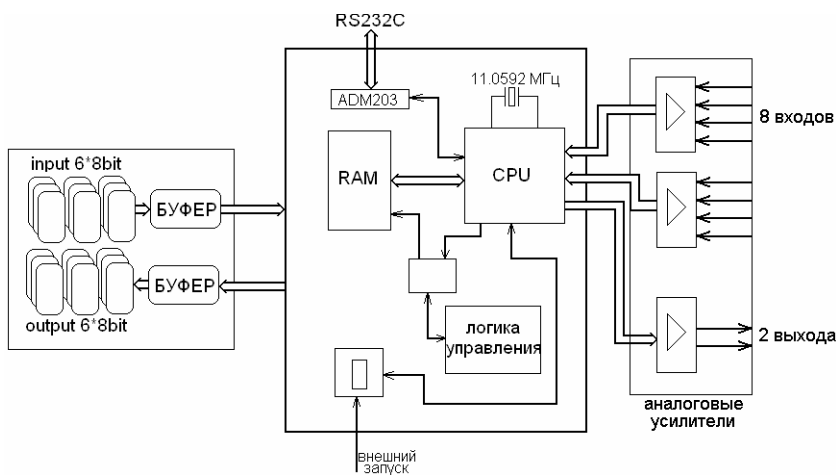


Рис. 2. Структурная схема цифровой части АПК

Таким образом, эффективность разработанного комплекса определяется его структурой, широкими метрологическими возможностями и использованием современных средств автоматизации. Комплекс применяется для проведения научных исследований детерминированных и статистических процессов в твердых телах, а также в учебном процессе.

Программное обеспечение АПК. Для разработанного АПК было создано ПО, рассчитанное на неподготовленного пользователя, так как в процессе выполнения эксперимента выводятся меню и сообщения, которые оповещают о проводимых операциях и по которым оператор по промежуточным результатам измерений выбирает оптимальную траек-

торию эксперимента. С помощью разработанного ПО можно управлять всеми возможностями АПК, создавать собственные методики измерений и изменять ход эксперимента в процессе его проведения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беляев С.В., Давыдов В.Н., Масюков А.Ю., Кохлов А.Л. Автоматизация измерений электрических параметров полупроводников на базе микропроцессора ADuC812 // Системы автоматизации в образовании, науке и производстве: Труды V Всероссийской научно-практической конференции. AS' 2005, Новокузнецк, март 2005. С. 21–23.

2. Беляев С.В., Давыдов В.Н., Масюков А.А., Кохлов А.Л. Автоматизированный комплекс на базе микрочипа ADuC812 для измерения электрических параметров полупроводников // Доклады ТУСУРа. 2005. Вып. 3 (11), С. 5–11.

ФЛУКТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ПОЛУПРОВОДНИКОВ В УСЛОВИЯХ ФОНОВОЙ ЗАСВЕТКИ

**В.Н. Давыдов, д.ф.-м.н., А.Ю. Масюков, аспирант кафедры ЭП
ТУСУР, г. Томск, т. 413-887, priem@ms.tusur.ru**

Важным обстоятельством, характерным для работы фотоприемных устройств в реальных условиях, является наличие немодулированной фоновой засветки различного спектрального состава (солнечное излучение, отраженный от атмосферы и облаков свет и т.д.) на оптическом входе фоточувствительного элемента. Наличие засветки способно в значительной степени изменить свойства полупроводникового фотозлемента. В настоящее время механизмы формирования фотоэлектрических свойств полупроводников для этих условий изучены достаточно полно, чего нельзя сказать об их флуктуационных свойствах [1, 2].

Целью данной работы является исследование полевых и спектральных зависимостей шумового напряжения фоторезистора, изготовленного из поликристаллического кремния, при различных уровнях его фоновой засветки.

Экспериментальные результаты. Экспериментальные исследования проводились на автоматизированном комплексе, описанном в работе [3]. Нами исследовались зависимости фотопроводимости и шумового напряжения $U_{ш}$ фоторезистора от величины прикладываемого к нему постоянного напряжения V , измеренные в полосе частот от 2 Гц до 100 кГц, и действие фоновой засветки постоянной мощности $P_{ф}$. В качестве источника засветки использован инфракрасный светодиод из GaAs, запитанный программно-регулируемым напряжением с цифро-аналогового преобразователя. На рис. 1 представлены зависимости $U_{ш}(V)$, полученные в отсутствии засветки (кривая 1), мощности $P_{ф} = 1$

в условных единицах (кривая 2), 3 (кривая 3), 4 (кривая 4). Как следует из вида кривых, если исходная полевая зависимость шума не зависит от V , то наличие засветки приводит, с одной стороны, от напряжения к линейной зависимости шума в области больших значений V и изменению наклона $U_{ш}(V)$, а также к появлению минимума в области средних значений, глубина и положение которого на оси напряжений зависит от величины P_{Φ} (см. вставку рис. 1). Более того, исследование спектральных составляющих шума выявило их более резкую зависимость от величины P_{Φ} по сравнению с интегральным шумом. На рис. 2 показана зависимость тангенса угла наклона от величины P_{Φ} для случая интегрального шума (кривая 1) и измеренного на частоте 200 Гц.

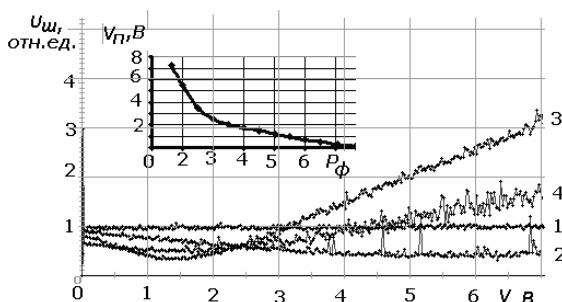


Рис. 1. Зависимость шума фоторезистора на различных уровнях засветки

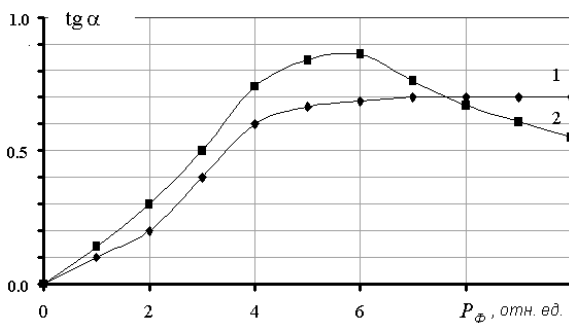


Рис. 2. Зависимость тангенса угла наклона кривой $U_{ш}(V)$ при $V:=6$ В от мощности засветки (кривая 2)

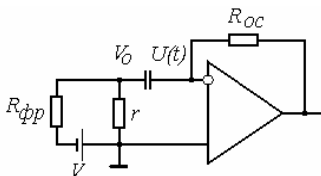
Дополнительными исследованиями установлено, что фотопроводимость данного фоторезистора указанных особенностей в зависимости от мощности засветки не имеет: имеет место монотонное ее увеличение

с ростом V , а также сохранение формы ее частотной зависимости при всех исследованных значениях P_{Φ} .

Обсуждение результатов

Представленные выше результаты экспериментального исследования фоновой засветки на шумовые свойства фоторезистора в полной мере не могут быть объяснены в рамках существующих моделей формирования флуктуационных свойств полупроводников [1, 2, 4]. В первую очередь это касается наличия падающего участка, а также изменения угла наклона зависимости шума от напряжения. Для установления первопричины обнаруженных особенностей шума при засветке, найдем его зависимость величины от V и P_{Φ} .

Входная цепь регистратора сигнала с фоторезистора имеет вид, показанный на рис. 3. Здесь P_{Φ} – сопротивление фоторезистора, r – сопротивление нагрузки, V – напряжение смещения. В результате протекания постоянного тока на сопротивлении нагрузки падает постоянное напряжение V_0 , которое зависит от V и сопротивлений фоторезистора и нагрузки:



$V_0 = r \cdot j = V \frac{r}{R_{\Phi} + r}$.

Рис. 3. Схема входной цепи

Если сопротивление фоторезистора изменяется, например, за счет тепловых флуктуаций или фоновой засветки: $R_{\Phi} = R_{\Phi}^0 + \delta R(t, P_{\Phi})$, то на входе усилителя появится напряжение

$$U(t, P_{\Phi}) = V \frac{r}{R_{\Phi}^0 + \delta R + r} = V \left(\frac{r}{R_{\Phi}^0 + r} \right) \frac{1}{1 + \left(\delta R / (R_{\Phi}^0 + r) \right)}, \quad (1)$$

переменная составляющая которого будет равна

$$U(t, P_{\Phi}) \approx V \left(\frac{r}{R_{\Phi}^0 + r} \right) \frac{\delta R(t, P_{\Phi})}{R_{\Phi}^0 + r}. \quad (2)$$

Отсюда найдем шумовую компоненту по методике, описанной в работе [2]:

$$U_{\text{ш}}(V, P_{\Phi}) = \sqrt{(U(t, P_{\Phi}))^2} \approx V \left(\frac{r}{R_{\Phi}^0 + r} \right) \frac{\sqrt{(\delta R(t, P_{\Phi}))^2}}{R_{\Phi}^0 + r}. \quad (3)$$

Выражение (3) показывает, что для теплового и дробового шумов шумовое напряжение растет с V по линейному закону. Поэтому обнаруженное влияние засветки на шум фоторезистора возможно только при зависимости дисперсии его сопротивления от V и P_{ϕ} , что не имеет известной физической модели.

Таким образом, обнаруженные особенности поведения флуктуационных свойств полупроводника должны быть обусловлены зависимостью статистики распределения неравновесных носителей заряда от напряжения на полупроводнике и мощности его фоновой засветки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Войцеховский А.В., Давыдов В.Н. Фотоэлектрические МДП-структуры из узкозонных полупроводников. Томск, Радио и связь. 1990. 328 с.
2. Давыдов В.Н. Фотоиндуцированное усиление шума в полупроводниковых структурах // Изв. вузов. Физика. 1999. № 5. С. 49–58.
3. Беляев С.В., Давыдов В.Н., Масюков А.А., Кохлов А.Л. Автоматизированный комплекс на базе микрочипа ADuC812 для измерения электрических параметров полупроводников // Доклады ТУСУРа. 2005. Вып. 3(11). С. 5–11.
4. Ван дер Зил. Шумы. Источники, описание, измерение. М.: Сов. радио, 1973. 226 с.

МДМ-СТРУКТУРА КАК АКТИВНЫЙ ЭЛЕМЕНТ ЭЛЕКТРОНИКИ

В.С. Медведева, студентка 3 курса

ТУСУР, г. Томск, т. 8-923-403-39-50, perchik6@mail.Ru

МДМ-структура (металл – диэлектрик – металл) в основном используется как пассивный элемент электроники (конденсаторы, резисторы). Было обнаружено, что при определенных условиях можно вызывать радикальные и практически постоянные изменения свойств данной структуры. Этот процесс называется *формовкой*. Условия, при которых возможна формовка:

1. Средняя напряженность поля более 10^{-6} В·см⁻¹;
2. Вакуум, в который помещается МДМ-структура, должен иметь давление не более 10^{-1} мм рт.ст. и температуру более 200 К.

Характеристики процесса формовки:

1. Носит локальный характер, т.е. происходящие в процессе формовки изменения относятся к локальным областям МДМ-структуры;
2. В результате формовки происходит увеличение тока, проходящего через структуру, на 5–8 порядков, и ВАХ I_c (сквозного тока) трансформируется из монотонной в кривую с участком ОДС N-типа;

3. Из структур, подверженных формовке, наблюдается электронная и световая эмиссии локального характера;

4. На поверхности МДМ-структур появляются дефекты в виде каналов пробоя и формованных каналов;

5. Процесс формовки носит необратимый характер, т.е. однажды подверженная формовке МДМ-структура сохраняет новые свойства бесконечно длительное время и не возвращается к исходному состоянию;

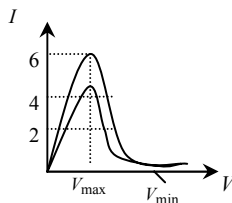
6. Возникновение эффекта электролюминесценции;

7. Явления переключения, памяти тока и напряжения.

Рассмотрим некоторые из наблюдаемых явлений подробнее. Явления переключения, памяти тока и напряжения:

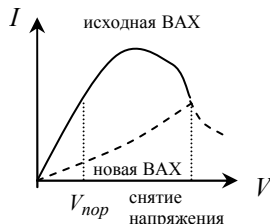
Можно достичь различных состояний памяти в структурах, если приложить напряжение и затем быстро его снять (рис. 1).

Рис. 1. ВАХ формованной структуры на основе SiO_x для линейно возрастающего и убывающего импульса напряжения



В случае SiO это необходимо сделать в течение 10^{-4} сек. Тогда проводимость структуры определяется напряжением перед выключением (рис. 2)

Рис. 2. Высокоомное и низкоомное состояние памяти, которые могут существовать до порогового напряжения $V_{\text{пор}}$ в формованной структуре МДМ



Состояние памяти сохраняется долго (не менее двух лет) и устойчиво относительно умеренного нагрева и освещения видимым светом. Это состояние можно стереть, прикладывая напряжение больше $V_{\text{пор}}$. Переключение в (из) состояния памяти может быть быстрым. Для переключения SiO из высокоомного в низкоомное состояние необходимо подать импульс длительностью больше 10^{-7} сек. Обратный переход можно вызвать импульсом длительностью $2 \cdot 10^{-9}$ сек.

Электронная эмиссия

Электронная эмиссия из формованной структуры сильно зависит от напряжения. При напряжениях ниже $V_{\max}$ эмиссия очень мала, но резко возрастает при $V \approx V_{\max}$. Эмиссия может обладать слабо выраженной тонкой структурой при напряжении, равном ширине запрещенной зоны диэлектрика ($\text{Al}_2\text{O}_3, \text{Ta}_2\text{O}_5$). Эмиссия происходит неравномерно со всей площади электрода, а из малых локальных областей. Нужно заметить:

1. Энергии значительной части эмитированных электронов близки к $e \cdot V$, где V – приложенное напряжение;
2. Эмиссия в основном локализована в малых областях;
3. Эмиссия не есть простое следствие нагрева электрода.

Электролюминесценция

Люминесценция появляется при напряжении немного ниже $V_{\max}$, затем спадает в области ОДС и начинает снова медленно расти с увеличением напряжения. Свет, обладающий широким спектром, излучается несколькими яркими пятнами. Типичный размер пятен – несколько микрон, и не существует строгих доказательств, что из этих пятен происходит и электронная эмиссия. Электролюминесценция существует не только в пленках окислов с ОДС ($\text{Zr-ZrO}_2\text{-Al}$). Излучение света происходит и при прямом, и при обратном смещении. Такие структуры электролюминесцируют еще до формовки. После формовки увеличивается электролюминесценция, причем излучаемый свет зависит от величины напряжения, происходит в малых проводящих областях.



Рис. 3. Свечение МДМ-структуры, подверженной формовке

В заключение хочется отметить, что исследования МДМ-структур проводятся на протяжении 30 лет. И до сих пор нет точных доказательств и объяснений обнаруженным явлениям, эффектам и изменениям в свойствах формованных структур. Эта проблема является актуальной, поскольку расширяется знание в области физики электронных процессов в МДМ-структурах в области сильных электрических полей. Вероятно, дальнейшие исследования процессов при формовке и свойств формованных МДМ-структур должны пойти по пути использования идей наноэлектроники.

ЛИТЕРАТУРА

1. Троян П.Е. Электрическая формовка тонкопленочных структур металл – диэлектрик – металл в сильных электрических полях. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2003. 178 с.
2. Дирнлей Дж., Стоунхэм А., Морган Д. Электрические явления в аморфных пленках окислов. 1974. Январь. 127 с.

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МИС НА ОСНОВЕ GaAs С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРОННОЙ ЛИТОГРАФИИ

Е.Ф. Молоховская, студентка 5 курса каф. ФЭ;

Е.Л. Еремина, аспирантка; Т.С. Петрова, аспирантка

ТУСУР, т. 48-84-07, evgeshale@micran.ru

Приборы и интегральные схемы на арсениде галлия (GaAs) служат элементной базой сверхскоростной и СВЧ-электроники. Важнейшими качествами монолитных микросхем СВЧ-диапазона с применением полевых транзисторов с затвором Шотки (ПТШ) на основе арсенида галлия по сравнению с микросхемами на биполярных транзисторах являются высокое быстродействие и лучшие шумовые характеристики. Именно эти параметры определили основные области их применения. Они широко используются в радиоприемной, радиопередающей и измерительной аппаратуре СВЧ-диапазона [1].

Арсенид галлия по своим электрофизическим свойствам имеет определенное преимущество перед кремнием, являющимся в настоящее время основным материалом полупроводниковой электроники. Высокая подвижность электронов в арсениде галлия (более чем в 5 раз превышающая их подвижность в кремнии) позволяет увеличить быстродействие монолитных интегральных схем (МИС), большая ширина запрещенной зоны GaAs (на 0,3 эВ больше, чем у Si) дает возможность повысить их предельную рабочую температуру до 573...623 К, а высокое удельное сопротивление ($10^6...10^8$ Ом·см) собственного или компенсированного материала облегчает решение задачи изоляции элементов МИСС [2].

Целью данной работы является исследование технологии изготовления монолитной интегральной схемы переключателя на основе ионно-легированной структуры GaAs с полевыми транзисторами с субмикронным затвором Шотки, полученными при использовании электронной литографии. Топология монолитной интегральной схемы переключателя представлена на рис. 1.

Разрабатываемый СВЧ-переключатель должен иметь следующие параметры: диапазон рабочих частот 8...12 ГГц, вносимые потери в полосе рабочих частот – не более 3,5 дБ, развязка плеч – не менее 50 дБ.

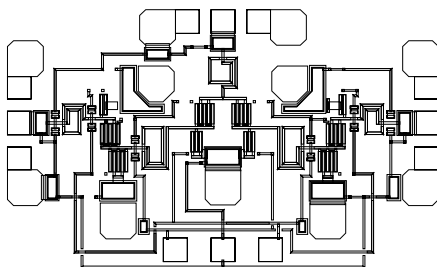


Рис. 1. Топология переключателя

Эти характеристики достигаются при следующих дополнительных конструктивных и технологических параметрах МИС на основе GaAs полевых транзисторов:

- Субмикронный затвор, полученный электронной литографией; длина затвора 0,3 мкм.
- Напряжение отсечки полевого транзистора с затвором Шоттки 1...2,5 В.
- Напряжение пробоя затвор-сток – не менее 7 В.
- Удельное сопротивление сток-исток полевого транзистора с затвором Шоттки – не более 2,4 Ом/мм.
- Удельная емкость затвор-исток полевого транзистора с затвором Шоттки в закрытом состоянии – не более 0,6 пФ/мм.
- Удельная емкость планарного конденсатора – 0,00075 Ф/м².
- Поверхностное сопротивление пленочного резистора 20 Ом; объемного – 200 Ом.

При изготовлении монолитной интегральной схемы переключателя использовалась ионно-легированная полупроводниковая структура GaAs. Толщина контактного n^+ слоя – 0,075 мкм, концентрация электронов – $2 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$. Толщина активного слоя – 0,2 мкм, концентрация электронов – $4 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$.

Технология изготовления базировалась на создании транзисторов с субмикронными размерами длины затвора 0,25...0,35 мкм [2]. Расстояние между металлизацией стока и истока – 3,5...4 мкм. Омические контакты получали при вжигании слоев AuGeNi-Au (0,15...0,1 мкм), осажденных методом термического испарения в вакууме, к n^+ слою. Межэлементная изоляция выполняется при имплантации ионов хлора в полупроводник.

Главным этапом создания монолитной интегральной схемы является изготовление полевого транзистора с затвором Шоттки. Технологический процесс формирования затвора можно представить следующим образом (рис. 2).

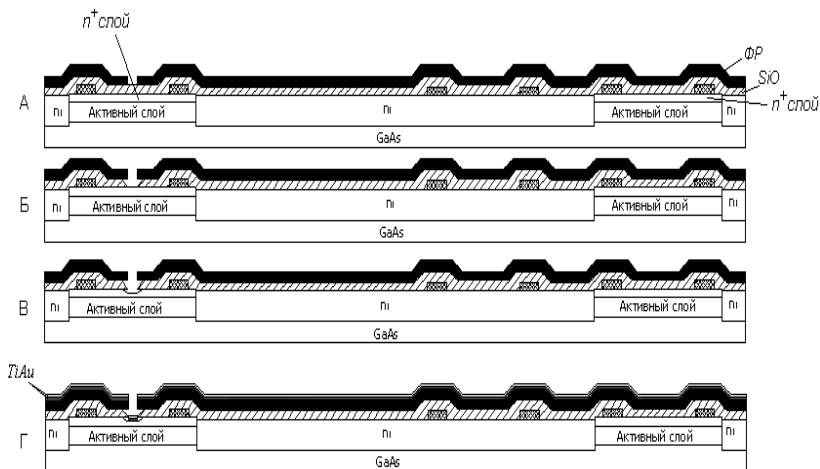


Рис. 1. Технологический процесс изготовления МИС:

- А* – создание рисунка затвора с помощью электронной литографии;
Б – травление маскирующего слоя (SiO_2); *В* – травление GaAs;
Г – сформированная структура затвора полевого транзистора

На данном этапе изготовления МИСС-переключателя с помощью электронной литографии был сформирован субмикронный затвор и первый уровень разводки. Длина затвора составляет 0,3–0,4 мкм, что соответствует поставленной задаче. Значения токов насыщения полученных ПТШ неоднородны по пластине, что связано с проработкой канала, а также зависит от механизма травления GaAs при формировании затвора. Минимальное значение крутизны ПТШ 0,1 мС/мкм; максимальное – 0,18 мС/мкм. На данной структуре были получены транзисторы с пробивным напряжением затвор-сток 8–16 В и характеристиками которые соответствуют предъявляемым требованиям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шур М. Современные приборы на основе арсенида галлия: Пер. с англ. М.: Мир, 1991. 632 с.
2. Полевые транзисторы на арсениде галлия. Принципы работы и технологии изготовления: Пер. с англ. / Под ред. Д. В. Ди Лоренцо, Д. Д. Канделуола. М.: Радио и связь, 1988. 496 с.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТЕРМОРЕЗИСТОРОВ

*А.С. Петров, студент 5 курса; Пестов А.В. инженер ОЛВС и СУ
ТУСУР, г. Томск, т. 41-33-69, tancor@kvadro.net*

Введение. Среди многочисленных полупроводниковых (п/п) приборов, используемых в настоящее время, видное место занимают терморезисторы (ТР) – нелинейные п/п резисторы, отличительной особенностью которых является значительная зависимость величины их электрического сопротивления от температуры. Толсто пленочная технология находит все более широкое применение при изготовлении различных изделий электронной техники, содержащих резистивные элементы: потенциометров, делителей напряжения, ионно-пленочных индикаторов, резистивных сборок, гибридных интегральных схем, высоковольтных резисторов, чип-резисторов. Целью настоящей работы является создание миниатюрных датчиков температуры на основе терморезистивных материалов с большим отрицательным температурным коэффициентом сопротивления для плоских керамических толсто пленочных нагревательных элементов, используемых в копировальной технике нового поколения. Миниатюрные датчики температуры выполняются в виде чип-терморезисторов, и монтируется на контактные площадки керамического нагревателя. Чип-терморезисторы находят применение в качестве датчиков расхода газов, датчиков уровня жидкости и в других приборах.



Техмаршрут изготовления материала чип-терморезистора

Методика эксперимента. Технологический процесс изготовления ТР независимо от состава исходного материала должен обеспечивать возможность массового производства этих изделий с требуемыми электрическими параметрами, стабильность во времени при максимально простом конструктивном оформлении ТР. ТР изготавливают методами, посредством которых полупроводнику можно придать определенные размеры и форму.

Наиболее распространены следующие методы изготовления ТР: плавление п/п с последующим изготовлением из него образцов необходимой формы и размеров; испарение п/п в вакууме с последующей конденсацией продуктов испарения на подложку; спекание порошковых материалов. Наибольшее распространение получил третий метод изготовления ТР, имеющий много общего с приемами используемыми в керамике или порошковой металлургии. Применение исходных материалов в виде порошков позволяет смешивать оксиды в нужных соотношениях, меняя в широких пределах значение удельного сопротивления и ТКС образцов. Из порошков можно изготавливать ТР самых разнообразных форм и размеров.

В зависимости от формы, геометрических размеров и назначения, ТР изготавливают в основном следующими методами и приемами. ТР в виде цилиндрических стержней, трубок, прямоугольных штабиков изготавливают, применяя методы керамической технологии: мелкодисперсные порошки замешивают с соответствующей органической связкой. Полученную массу загружают в цилиндр мундштучного шприц-пресса, выдавливают длинные стержни или трубки, которые после просушки на воздухе нарезают на заготовки ТР. Обжиг заготовок проводят при высокой температуре (1000°C и более). Контакты создают путем вжигания в торцы образцов платины, серебра или золота с помощью специальных паст, широко известных в керамическом производстве. Цилиндрические ТР изготавливают диаметром до 10 мм, длиной – до 50 мм. Аналогичная технология изготовления дисковых и шайбовых ТР. Диаметры дисков могут находиться в пределах от 1 мм до десятков сантиметров, толщина – от 0,02 см до 1 см [3].

Результаты эксперимента и их обсуждение. Рассмотрены результаты исследований терморезистивных материалов и способы изготовления терморезисторов. Основными методами изготовления терморезисторов являются методы керамической технологии, характеризующиеся высокими температурами спекания терморезистивного материала (более 1000°C). На сегодняшний день существует неудовлетворенная потребность рынка в датчиках температуры выполненных методами толсто пленочной технологии с малыми геометрическими размерами (чип-терморезисторы) с параметрами:

- номинальное сопротивление: $(0,5 \dots 1) \cdot 10^6$ Ом;
- ТКС: 2,3...4,5 Ом/град;
- коэффициент температурной чувствительности: 2000...4000 К;
- рабочий интервал температур: 20...250 °С;
- толщина резистивного слоя: до 100мкм;
- габаритные размеры: 1×2 мм.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Шефтель И.Т.* Терморезисторы. М.: Наука, 1973. 415 с.
2. *Шефтель И.Т.* Полупроводниковые материалы на основе оксидных порошков. М.: Наука, 1975. 233 с..
3. *Палацкий А.В.* Техническая керамика, М.; Л.: Госэнергоиздат, 1959. 173 с.
4. *Тилл У., Лаксон Дж.* Интегральные схемы: материалы, приборы, изготовление: Пер. с англ. М.: Мир, 1985. 496 с.
5. *Способ* изготовления термисторов. Патент 6464201, Япония, 1991.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ УЛУЧШЕНИЯ АДГЕЗИИ ПОЛИИМИДНЫХ ПЛЕНОК К ПОВЕРХНОСТИ SiO₂ И GaAs В ТЕХНОЛОГИИ ИС СВЧ-ДИАПАЗОНА

*Н.С. Сагитова, студент 5 курса
ТУСУР, г. Томск, sagitova_n_s@bk.ru*

Введение. В процессе повышения степени интеграции полупроводниковых приборов при изготовлении биполярных и МОП-приборов становится необходимой технология многоуровневой коммутации.

В качестве изолирующих слоев чаще всего используют неорганические материалы, такие как SiO₂, Si₃N₄, фосфоросиликатное стекло (ФСС), полуизолирующий (с большим содержанием кислорода) поликристаллический кремний (ПК) и т.д. Наряду с неорганическими широкое применение получили органические материалы. Среди них особое место занимают полиимиды, которые в настоящее время широко используются в технологии полупроводниковых приборов и ИС. По своим диэлектрическим характеристикам полиимид очень близок к SiO₂.

К преимуществам полиимидов перед неорганическими диэлектриками относятся: хорошая способность к планаризации поверхности; простота нанесения на поверхность пластины; легкость травления при микрообработке.

Для изготовления ИС важным критерием является адгезия полиимида к нижележащим слоям. При использовании полиимидов адгезия определяется несколькими факторами: структурой полиимида, чистотой

поверхности, на которую наносят полимер, степенью воздействия растворителя нанесенной пленки на поверхность нижележащей структуры, режимами термообработки полимерной пленки.

Объекты исследования. Объектом исследования данной работы является промышленно выпускаемый полиимидный лак АД-9103, представляющий собой раствор полиамидокислоты в диметилформамиде (C_3H_7NO) с концентрацией сухого вещества 12–14%. Вязкость растворов по вискозиметру ВЗ-1 при 20 °С составляет не менее 300 с.

Данный полиимидный лак используется на предприятии для межуровневой изоляции ИС и защиты кристаллов. Выбор данного полиимидного лака базировался на таких свойствах, как высокая термостойкость и хорошее пленкообразование.

Влияние способа обработки поверхности пластин на адгезию. Для выявления способов обработки пластин, оказывающих влияние на адгезию полиимидных пленок, рассмотрели несколько видов химической обработки. Наилучшим вариантом очистки поверхности пластины диметилформамидом с последующей сушкой в шкафу при температуре 120 °С в течение 20 мин.

Исследование режимов термообработки полиимидной пленки. Режимы температурной обработки подбирали по результатам термогравиметрического исследования. Этот метод исследования и анализа основан на регистрации изменения массы образца при изменении температуры среды.

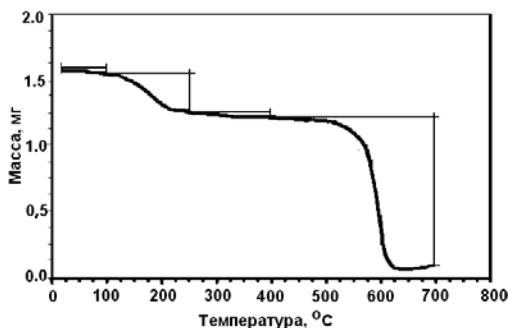


Рис. 1. Дериватограмма полиимидного лака АД-9103

Первая часть – диапазон температур от комнатной до 100 °С. На этом этапе происходит процесс испарения адсорбированной влаги, потери в весе в данном температурном диапазоне невелики. В интервале температур от 100 °С до 250 °С экзотермический процесс ускоряется – вероятно, протекает процесс удаления остатков воды и растворителя (температура испарения диметилформамида 153 °С) и начинается про-

цесс имидизации. Потеря в весе составила 3,1%. В интервале температур от 250 °С до 450 °С вес образца уменьшается на 18,8%, что возможно при удалении воды в процессе имидизации. После 450 °С потери веса составили 3%. Происходит значительное выделение тепла, что можно объяснить началом окислительных процессов, приводящих к деструкции полимера.

На основе термогравиметрического исследования выбраны режимы температурной обработки полиимидной пленки: на воздухе 10 мин; 85 °С, 20 мин; 200 °С, 60 мин; отжиг: 250 °С, 30 мин; 300 °С, 20 мин; 350 °С, 10 мин.

С помощью установки Micro Scratch Tester было проведено исследование влияния термического отжига на адгезию.

Результаты экспериментов и их обсуждение. На основе данных термического анализа проведена проверка режимов температурной обработки полиимидных пленок: на воздухе 10 мин; 85 °С, 20 мин; 200 °С, 60 мин; отжиг 350 °С. Установлено, что используемые режимы находятся в соответствии с превращениями, происходящими под воздействием температуры в пленке полиимида.

Различные типы химической обработки пластин значительно влияют на смачивание поверхности, однако роль химической обработки значительно снижается при наличии высокотемпературного отжига.

Увеличение температуры отжига от 350 до 450 °С не существенно влияет на адгезию.

При температуре выше 450 °С начинается деструкция полимера, поэтому термообработка полиимидных пленок выше этой температуры не рекомендуется.

Для улучшения адгезии АД-9103 к поверхности SiO₂ необходимо использование адгезионных соединений.

ВЛИЯНИЕ ДЕФЕКТОВ В ПЛЕНКЕ SiO₂ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ СТРУКТУР ПЛЕНОЧНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

Е.В. Саврук, студент 3 курса ФЭТ

ТУСУР, г. Томск, savruk@mail.ru

Увеличение степени интеграции, а также повышение качества и надежности кремниевых микросхем, как основных элементов интегральной электроники, приводит к необходимости постоянно совершенствовать свойства системы кремний – диоксид кремния. Значительная роль в повышении надежности микросхем принадлежит исследованию процессов, вызывающих деградацию их электрических параметров. Основными механизмами деградации являются процессы зарядовой неста-

бильности системы $\text{Si} - \text{SiO}_2$, связанные с миграцией ионов и захватом носителей заряда на ловушечные уровни.

Несмотря на многочисленные исследования в этой области, вопрос о влиянии структурных дефектов и примесей на свойства системы $\text{Si} - \text{SiO}_2$ остается открытым. Поэтому исследование структурно-примесных дефектов системы $\text{Si} - \text{SiO}_2$ и их взаимосвязи с электрофизическими свойствами МДП-систем является актуальной проблемой современной электроники.

В данной работе приводится анализ видов дефектов в системе $\text{Si} - \text{SiO}_2$ и выдвигается предположение о значительном влиянии примеси углерода на свойства системы и методы получения пленочных структур.

Точечные дефекты в стеклообразном диоксиде кремния связаны с нарушениями в структурной цепи $\text{Si} - \text{O} - \text{Si}$. В чистом диоксиде кремния можно выделить следующие собственные дефекты:

$\equiv \text{Si} \cdot$ – трехвалентный кремний – донорный центр;

$\equiv \text{Si}-\text{O} \cdot$ – несвязанный кислород – донорный или амфотерный центр;

V_{Si} – вакансия в матрице кремния – донорный или амфотерный центр;

O_1 – междоузельный кислород – донорный или амфотерный центр;

Si_1 – междоузельный кремний – два донорных центра.

Большой класс дефектов в диоксиде связан с разрывом химической связи $\text{Si} - \text{O} - \text{Si}$ с образованием немостикового кислорода и трехвалентного кремния. При этом образуется неспаренный электрон, присутствие которого можно определить с использованием электронного спинового резонанса (ЭСР). Применение методов ЭСР в изучении дефектов SiO_2 позволяют выяснить химическое происхождение многих центров захвата носителей заряда в диоксиде кремния. В системе $\text{Si} - \text{SiO}_2$ можно выделить следующие дефекты:

D -центр представляет собой трехкоординированный атом кремния, находящийся в кремниевой подложке и связанный с тремя ее атомами. Обычно эти дефекты образуются при лазерном отжиге, имплантации и плазменном травлении.

E' -центр представляет собой отрицательно заряженную релаксирующую кислородную вакансию. Данные дефекты возникают при выполнении электронной литографии, лазерном отжиге и имплантации.

P_b -центр находится в диоксиде на границе $\text{Si} - \text{SiO}_2$ и представляет собой трехкоординированный атом кремния с неспаренным электроном. Эти центры возникают в процессе термического окисления кремния.

Образование дефекта в слоях SiO_2 сопровождается лишь структурной перестройкой его окружения без изменения энергии всей системы. В стеклообразных пленках диоксида помимо точечных существуют канальные дефекты, которые представляют собой области увеличенного структурного порядка, расположенные перпендикулярно поверхности кремния.

Большое влияние на электрофизические свойства системы $\text{Si} - \text{SiO}_2$ оказывают неконтролируемые примеси. Дефекты упаковки и дислокации проявляют свою электрическую активность вследствие конденсации на них металлических примесей. Эти примеси могут свободно попадать в кремниевые пластины на различных этапах технологического процесса. В зависимости от режимов температурной обработки атомы металлов занимают места в междоузлиях или замещают основные атомы в узлах кристаллической решетки. Кроме того, положение примесного металлического уровня в запрещенной зоне кремния зависит от его взаимодействия с основной легирующей примесью, а также другими неконтролируемыми примесями или дефектами.

Также на характеристики приборов на диоксиде кремния оказывают влияние дефекты, имеющие уровни в запрещенной зоне, которые являются ловушками для носителей заряда. Центры захвата носителей заряда различают: по типу захватываемых носителей – дырочные или электронные; по величине энергии ионизации – мелкие или глубокие; по сечению захвата; по своему собственному состоянию – донорные или акцепторные.

Электронные ловушки различают: кулоновские притягивающие, нейтральные, кулоновские отталкивающие.

Дырочными ловушками в диоксиде кремния являются нейтральные кислородные вакансии, которые после захвата дырок превращаются в E' -центры и могут выступать в роли положительно заряженных электронных ловушек.

Влияние различных дефектов кремниевого слоя на характеристики сформированных в нем полупроводниковых приборов сложно и многообразно, что обусловлено как сложностью и многообразием процессов образования структурно-примесных дефектов и разной их электрической активностью, так и разбросом чувствительности самих приборов.

Введение углерода в пленку диэлектрика SiO_2 приводит к формированию рыхлой неупорядоченной структуры диэлектрика, содержащей большое число сквозных пор и газовых включений. При этом увеличиваются его электропроводность и тангенс угла диэлектрических потерь. Введение углерода в пленку диэлектрика снижает скорость деградиационных процессов, приводящих к снижению эмиссионного тока при дли-

тельной работе. Эти результаты представляют интерес для исследований в области снижения деградации пленочных структур и улучшения их характеристик.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Зайцев Н.А., Шурчков И.О.* Структурно-примесные и электрофизические свойства системы Si – SiO₂. М.: Радио и связь, 1993. 192 с.
2. *Красников Г.Я., Зайцев Н.А.* Физико-технологические основы обеспечения качества СБИС. М., 1999. 226 с.
3. *Троян П.Е.* Электрическая формовка тонкопленочных структур металл – диэлектрик – металл в сильных электрических полях. Томск, 2003. 178 с.
4. *Сахаров Ю.В.* Влияние примеси углерода на формовку и электрофизические параметры МДМ-структур: Дис. ... канд. тех. наук. Томск, 2006. 148 с.

РАЗРАБОТКА СИЛОВОГО ДИОДА НА GaAs

Д.В. Веселов, студент 5 курса
ТУСУР, г. Томск, massay@rambler.ru

Введение. В наше время в связи с бурным развитием электронной, военной техники, спутниковой связи и телевидения очень остро стоит вопрос о получении СВЧ-интегральных микросхем с хорошими частотными и шумовыми параметрами, а также быстро действующих приборов (диодов, транзисторов). Одними из самых быстродействующих приборов являются диоды Шоттки. Российские производители данного вида продукции производят диоды Шоттки, которые рассчитаны на токи порядка 1А. С развитием силовой электроники появилась необходимость в разработке и производстве новых быстродействующих диодов, рассчитанных на большие токи, таковыми с хорошим успехом могут стать диоды Шоттки. На российском рынке представлен не большой выбор подобной продукции различных зарубежных производителей. В связи с малым выбором продукции и возрастающим ростом спроса на продукцию данного вида возникла необходимость в разработке и внедрении силового диода в производство российских предприятий.

Экспериментальные установки и методика исследования. В ходе данной работы была изучена работа измерительных установок Л2-56 и ЯЛКЛ411134.001, с помощью них были измерены параметры кристаллов диода АД713, корпусных диодов АД713, а также уже существующих аналогов самого диода АД713, 2ДШ2126БС92, SK36A35. А также в ходе проделанной работы был создан макет диода, который может выдерживать токи до 3 А, модифицирована установка измерения прямых токов ЯЛКЛ411134.001, на которой потом измерят параметры выполненного макета будущего силового диода.

Прибор Л2-56 предназначен для визуального наблюдения статических вольт-амперных характеристик полупроводниковых приборов, измерения напряжения на их электродах и токов в их цепях, определения их низкочастотных параметров.

Прибор Л2-56А, состоящий из измерителя (прибора Л2-56) и блока испытания ЛИС, кроме того, предназначен для визуального наблюдения вольт-амперных характеристик ЛИС, измерения напряжений на их выводах и токов в их цепях и определения их низкочастотных параметров. Приборы могут применяться для исследования и входного контроля в лабораторных и цеховых условиях.

Прибор изменения прямых токов ЯЛКЛ411134.001 предназначен для измерения при заданном прямом токе, прямого напряжения полупроводниковых диодов с помощью выносных вольтметра и амперметра, входящих в состав прибора. Прибор состоит из цифрового вольтметра, аналогового амперметра и блока постоянного тока номиналом 1 А. Он может применяться для исследования и входного контроля в лабораторных и цеховых условиях. Установка измерения прямых токов измеряет напряжение на приборе при заданном токе, который протекает через прибор. В установке предусмотрены три стандартных номинала тока, при которых происходят измерения такие как 0,5 А, 1 А, 1,5 А.

После того, как был разработан макет силового диода, появилась необходимость изменить и увеличить номинал источника постоянного тока в установке измерения прямых токов. После модернизации данная установка приобрела свойства плавного изменения тока и отслеживания напряжения в соответствии с этим изменением, а также на ней стало возможным измерять параметры диода, рассчитанного на 3 А.

Результаты эксперимента и их обсуждение. Измерение вольт-амперных характеристик кристаллов диода АД713 производились на установке Л2-56, результаты измерения 20 кристаллов сведены в таблицу и по результатам построена типичная зависимость, которая наглядно представляет все результаты измерения вольт-амперных характеристик кристаллов АД713 (рис. 1).

Также на установке Л2-56 были измерены вольт-амперные характеристики аналогов разрабатываемого прибора, таких как SK36A35 и 2ДШ2126БС92. Результаты измерения вольт-амперных характеристик сведены в таблицы, по которым построены графики зависимости тока от напряжения на диоде. Результат измерения прямых токов пяти корпусных диодов АД713В на установке ЯЛКЛ411134.001 и макета прибора тоже представлены в виде таблиц.

Разработка силового диода сводилась к получению его макета путем соединения в параллель нескольких диодов меньшего тока, таких

как АД713, рассчитанных на ток до 1 А, и измерению параметров полученного макета. В ходе расчета было выяснено, что для получения силового диода, который может пропускать токи в 3 А достаточно соединить параллельно два одинаковых корпусных диода, с нагрузкой в виде резистора номиналом 20 Ом, состоящего из двух резисторов номиналом по 40 Ом каждый. Схема макета представлена на рис. 2.

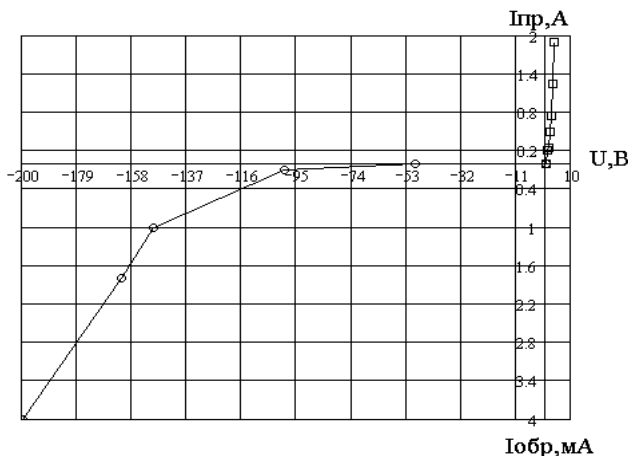
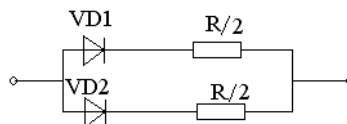


Рис. 1. Типичная вольт-амперная характеристика кристалла АД713

Рис. 2. Схема электрическая принципиальная макета силового диода



Закключение. В ходе данной производственной практики был разработан макет полупроводникового арсенидгалиевого силового диода рассчитанного на ток 3 А, также была создана установка измерения параметров, которая позволяет измерять прямые токи напряжения на выводах полупроводниковых приборов при токах до 3 А. С помощью полученной установки были измерены параметры изготовленного макета, по которым можно сказать, что при удвоении площади барьера Шоттки в 2 раза происходит увеличение пропускаемых прямых токов в 3 раза, обратные токи тоже увеличиваются примерно в 2 раза. При расчете параллельно соединенных диодов получено теоретическое значение емкости макета оно в 2 раза превышает емкость одного диода марки АД713 и составляет 20 пФ.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЛИТИЙ-ТИТАНОВЫХ ФЕРИТОВ

Р.Х. Ятимов, студент 5 курса

ТУСУР, г. Томск

Введение. Современный технический прогресс тесно связан с широким использованием неорганических материалов со специфическими магнитными, электрическими и оптическими свойствами. Физико-химические свойства поликристаллических ферритов во многом определяются их стехиометрией по кислороду. Поскольку обмен кислородом керамики с окружающей атмосферой имеет диффузионную природу, изучение диффузии кислорода в таких материалах имеет важное как научное, так и прикладное значение. В работе предложен простой в исполнении и не требующий сложного и дорогостоящего оборудования метод. В этом методе анализируемым параметром является энергия активации электропроводности E_a , значение которой в слоях феррита связано с содержанием кислорода. Диффузионные параметры кислорода определяются путем построения глубинных профилей величины E_a при послойном анализе и их последующей обработке с помощью разработанного несложного аналитического метода. Было установлено, что величина E_a характеризует степень окисленности слоев ферритовой керамики. Так увеличение E_a говорит о повышении стехиометрии по кислороду, а уменьшение E_a , наоборот, о понижении.

Выбор объекта исследования. Объектами исследования являлись литий-титановые ферриты марки ЗСЧ-18, которые были изготовлены по керамической технологии из механической смеси состава (в вес. %) Li_2CO_3 -11,2%, MnO -2,7%, TiO_2 -18,65%, ZnO -7,6%, Fe_2O_3 -59,81%. Ферритовые заготовки формировались односторонним прессованием в виде таблеток диаметром 18 мм и толщиной 3 мм. Химический состав спеченной керамики был следующим: $\text{Li}_{0,649}\text{Fe}_{1,598}\text{Ti}_{0,5}\text{Zn}_{0,2}\text{Mn}_{0,051}\text{O}_{4-\delta}$. Дополнительный термический отжиг проводился в печи сопротивления при атмосферных условиях.

Выбор объекта исследования обусловлен тем, что такие ферриты широко применяются в качестве магнитного материала для фазовращателей и других элементов СВЧ-техники.

Методика эксперимента. В данной работе для определения энергии активации электропроводности ферритовых образцов был применен метод сопротивления растекания, основанный на измерении сопротивления структуры, состоящей из полупроводникового образца и металлического зонда, установленного на его плоской поверхности.

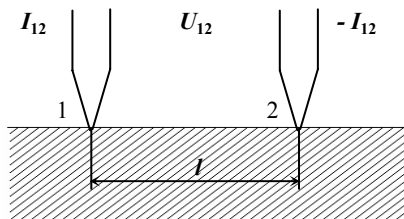


Рис. 1. Двухзондовая схема измерения сопротивления растекания

Результаты эксперимента. С увеличением температуры спекания, независимо от времени спекания, E_a понижается в глубинных слоях феррита. При увеличении времени спекания наблюдается уменьшение E_a внутри образца. Это свидетельствует об увеличении нестехиометрии по кислороду в объеме ферритовой керамики (рис. 2 и 3).

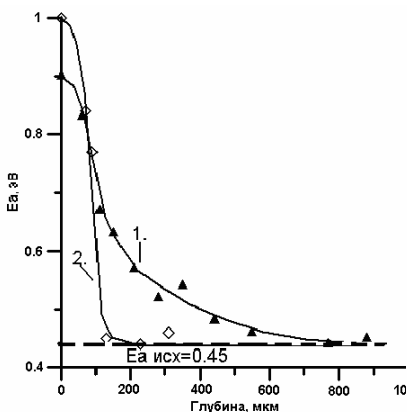


Рис. 2. Распределение $E_a(d)$ ферритовых образцов после спекания при $T = 1373$ K:

- 1 – спекание 2 ч;
- 2 – спекание 6 ч.

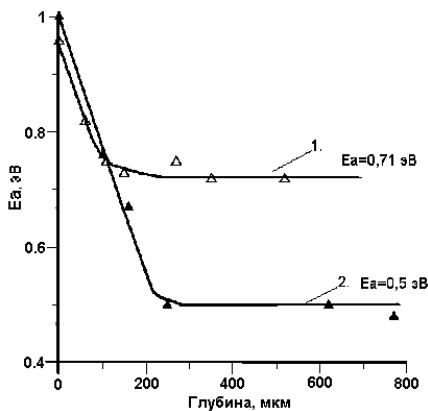


Рис. 3. Распределение $E_a(d)$ ферритовых образцов после спекания за 2 ч:

- 1 – Спекание при $T = 1283$ K;
- 2 – Спекание при $T = 1373$ K.

Из совокупности полученных результатов следует, что степень кислородной нестехиометрии, конкретный вид глубинного профиля, а также значения E_a после процедуры спекания литий-титановых ферритов определяются протеканием двух противоположно направленных процессов: восстановления, преобладающего на стадии изотермической выдержки, и окисления, преобладающего при переходе в режим охлаждения. Первый должен вызывать уменьшение значений E_a . Причем, чем выше температура спекания, тем больше понижение E_a .

Вывод

1. Нагрев и выдержка в нагретом состоянии образцов литий-титановых ферритов приводит к формированию в них неоднородного распределения энергии активации по глубине образца. Данное изменение электрических свойств обусловлено протеканием окислительно-восстановительных процессов в процессе термической обработки.

2. Для термической обработки в атмосфере воздуха установлены температурные диапазоны протекания окислительных и восстановительных процессов в литий-титановых ферритах. В зависимости от значения температуры изотермической выдержки может наблюдаться окислительный (при температуре меньше 1053 K) и восстановительный (при температуре больше или равно 1053 K) процессы, которые приводят к изменению электрических свойств как в приповерхностных, так и глубинных слоях.

3. Путем электрических и термогравиметрических измерений определено значение граничной температуры для окислительно-восстановительных процессов при отжиге на воздухе. Значение этой температуры зависит от исходного состояния исследуемого феррита. По мере увеличения нестехиометрии феррита температура, при которой восстановительный процесс начинает преобладать над окислительным, смещается в более высокотемпературную область.

ВЕРТИКАЛЬНЫЙ ПОЛЕВОЙ ТРАНЗИСТОР

Д.В. Захаров, студент 4 курса ФЭТ гр. 313-1;

ТУСУР, г. Томск, т. 8(903)952-24-29, den_zhrv@mail.ru.

Рассмотрена возможность создания вертикального полевого транзистора, канал проводимости которого вертикально разделен узкими контролируемыми областями. Контролируемая область представляет собой проводящий слой, окруженный диэлектрическими слоями и помещенный в канавку, созданную в полупроводнике. Параметры контролируемой области определяются размерами проводящего слоя и уровнем легирования полупроводника. Контролируемая область размещена внутри полупроводникового материала, выращенного за счет перекристаллизации в процессе изготовления прибора. Транзистор характеризуется наличием слоев изолирующего материала, горизонтально касающихся проводящего слоя. Указанные слои диэлектрического материала служат для уменьшения паразитной емкости и для улучшения распределения тепла внутри конструкции транзистора, следовательно, для улучшения высокочастотных свойств и для повышения мощностных возможностей.

Схемы на вертикальных полевых транзисторах (VFET) предполагают наличие преимуществ, связанных с большей плотностью размещения транзисторов на пластине, чем это характерно для случая планар-

ных приборов, таких как обычные транзисторы на полевом эффекте (FET). Также ожидается, что использование вертикальных полевых транзисторов позволит перейти в восьмимиллиметровый диапазон частот, что является основной целью создания данного устройства.

FET включает в себя одну или несколько активных ячеек, каждая из которых имеет первую и вторую полупроводниковые области, разделенные вертикально контролируемой полупроводниковой областью (рис.). Вышеуказанные активные ячейки изолируются диэлектрическими областями, горизонтально расположенными и смежными с каждой активной областью. (Термины «вертикально» и «горизонтально» использованы здесь только для обозначения ориентации относительно поверхности полупроводниковой пластины и никак не ограничивают положения прибора в пространстве.) Диэлектрические области служат для уменьшения паразитной емкости прибора и для обеспечения вертикального разделения между областью управления и границей раздела между активным полупроводниковым материалом и контактным слоем, на который он нанесен. Дополнительно к этому области изолирующего материала в некоторых случаях улучшают тепловое распределение, связанное с отводом тепла от активных ячеек, поскольку в этом случае происходит уменьшение действия нарушений, приводящих к тепловым перегревам, имеющих место в приборе. Контролируемая область имеет меньшую толщину, чем толщины первого и второго активных слоев,

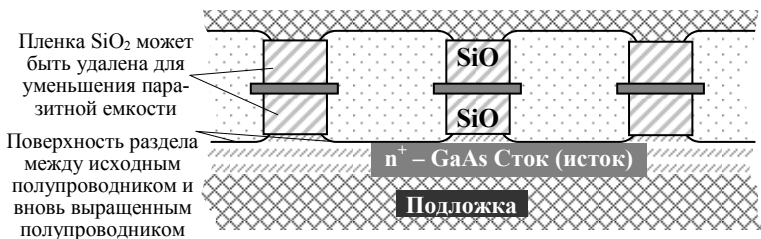


Рис. 1. Обобщенная структура VFET

что является следствием того, что проводящий слой затвора примыкает к контролируемой области и имеет выступы, входящие в полупроводниковый материал, который охватывает эти выступы в приборе. Выступы определяют контролируемую область и задают обедненные области, которые могут изменяться с изменением приложенного напряжения, производя таким образом управление прибором. При задании (контроле) расстояния между выступами можно точно определять ширину контрольной области до размеров 1 мкм и ниже. Разработан технический маршрут изготовления устройства.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Bozler et al.* U.S. Ser. No 07.140,820 filed Jan 5, 1988.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ СТРУКТУР С ПРИМЕНЕНИЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ

*В.Н. Давыдов, д.ф.-м.н., профессор; П.Е. Троян, д.т.н., доцент;
Н.Г. Зайцев, аспирант каф ФЭ; С.В. Беляев аспирант каф. ЭП
ТУСУР, г. Томск, т. 41-38-88, 41-39-36, kolan317_1@mail.ru*

Для исследования свойств полупроводниковых структур разработаны различные методы. Однако для получения более полной информации об исследуемом объекте целесообразно использовать не один, а несколько взаимодополняющих методов. В применении к изучению электрических свойств полупроводниковых МДП-структур оптимальной комбинацией методов является следующая: метод вольт-амперных характеристик (ВАХ), метод вольт-фарадных характеристик (ВФХ), метод вольт-сиemensных характеристик (ВСХ), также метод фото ЭДС (ФЭДС) при локальном и интегральном освещении, шумовые методы исследования.

Аппаратные средства измерения. Авторами разработан автоматизированный комплекс, позволяющий проводить измерения в автоматизированном режиме по всем вышеперечисленным методам: ВАХ, ВФХ, ВСХ и ФЭДС, дополняя их полевыми и корпускулярными воздействиями на структуру [1]. Комплекс состоит из двух блоков: блока преобразования физических параметров в электрические и цифрового блока. В первом блоке на аппаратном уровне реализованы принципы измерения параметров, а также устройство коммутации измерительных и тестовых сигналов. Цифровой блок обеспечивает преобразование исследуемых сигналов из аналоговой формы в цифровую и наоборот. Оцифрованная информация далее поступает на ЭВМ по стандартному интерфейсу, где обрабатывается программой управления и обработки данных. Блок преобразования физических параметров в электрические состоит из модулей: программируемого генератора тестового сигнала, блоков измерения ВФХ, ВАХ, ФЭДС и модуля коммутации аналоговых сигналов. В модуле ВФХ также проводится измерение разности фаз сигнала относительно тестового, что позволяет дополнительно измерять ВСХ полупроводниковых структур. Устройство, технические возможности и программное обеспечение комплекса подробно описаны в [1].

Экспериментальные ВАХ. На рис. 1 представлены ВАХ МДП-структуры, диэлектрик которой имеет токи утечки ниже 10 пА (кривая 1), а также ВАХ диффузионного p - n -перехода (кривая 2). Как следует из вида кривой 1, в отсутствии сквозных токов измеряемая ВАХ по сути представляет собой шумовую дорожку, что соответствует теоретиче-

ским предсказаниям. Кривая ВАХ p - n -перехода имеет экспоненциальный характер и характеризуется отсутствием шумов и случайных выбросов сигнала.

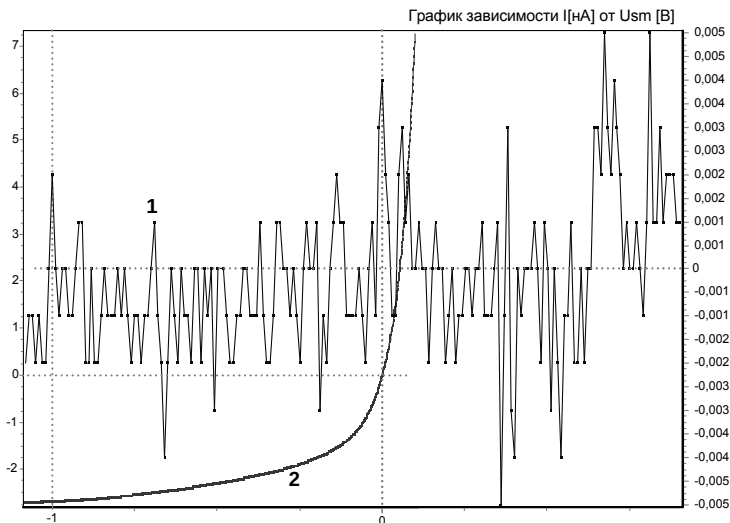


Рис. 1. ВАХ полупроводниковых структур

Эти результаты свидетельствуют, что измеритель ВАХ комплекса обладает высокой чувствительностью и стабильностью, низким уровнем собственных шумов и позволяет корректно исследовать проводящие свойства полупроводниковых структур. В частности, из вида кривой 1 можно утверждать, что диэлектрик МДП-структуры не имеет токов утечки, т.е. структурно совершенен.

Экспериментальные ВФХ. В качестве примера измерений комплексом ВФХ кремниевой МДП-структуры на рис. 2 показаны ВФХ до воздействий (кривая 1), ВФХ при засветке структуры видимым излучением (кривая 2), а также после ее поляризации напряжением +50 В в течение 10 ч и засветке (кривая 3). Видно, что засветка исходной структуры приводит к ожидаемому проявлению среднечастотности ВФХ при сохранении вида кривой при положительных напряжениях. Поляризация структуры приводит к появлению полочки на ВФХ в области обогащения и снижению инверсионной емкости, что свидетельствует об изменении плотности поверхностных состояний (ППС) и рекомбинационных свойств соответственно.

Из проведенных измерений ВФХ на разработанном комплексе видно, что полученные с его помощью характеристики в диапазоне емко-

стей вплоть до единиц пикофарад имеют вид гладких кривых, не содержащих каких-либо выбросов, немонотонностей. Это свидетельствует о высокой точности измерений и исключении наводок на входные цепи измерителя. Высокая чувствительность прибора позволяет с высокой точностью фиксировать изменения в процессах перезарядки и рекомбинации носителей заряда в МДП-структуре после внешних воздействий.

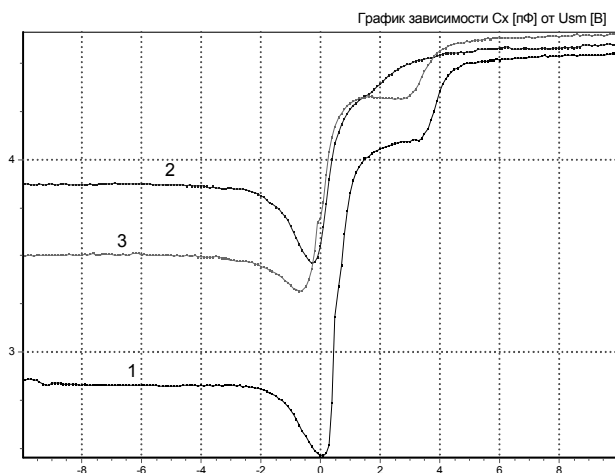


Рис. 2. ВФХ МДП-структуры при различных внешних воздействиях

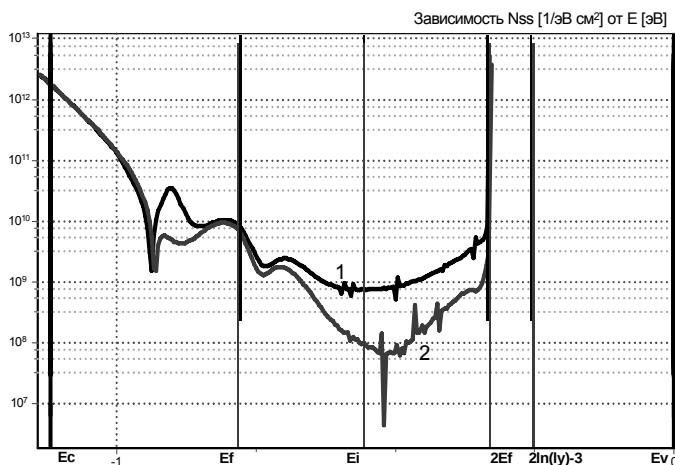


Рис. 3. Спектр ППС МДП-структуры. 1 – исходная, 2 – после поляризации напряжением +50 В в течении 10 ч

Рассчитанные по ВФХ спектры ППС с помощью разработанной авторами программы (рис. 3) не противоречат теоретическим зависимостям: имеют характерный минимум вблизи середины запрещенной зоны и резкое возрастание к краям запрещенной зоны, вблизи дна зоны проводимости наблюдается пик ППС. Точность определения спектра ППС в программе расчета не ниже $10^8 \text{ 1/эВ}\cdot\text{см}^2$.

Экспериментальные ФЭДС. Исследование зависимости ФЭДС МДП-структуры от прикладываемого к структуре напряжения при различных частотах модуляции, а также после поляризации, что максимальный сигнал ФЭДС наблюдается в области сильной инверсии ($V < 0$). Заметное ФЭДС в области обогащения ($V > 0$) превышает ее теоретическую величину, что связывается с особенностями топологии исследуемой структуры. Отмечено, что поляризация структуры приводит к появлению пика ППС при напряжении $-0,5 \text{ В}$ и пологого участка в области напряжения 1 В . Эти изменения возможно связаны с генерацией электрическим полем специфических структурных дефектов, которые проявляют свойства ПС и на зависимости ФЭДС от напряжения проявляются как пик или пологий участок, что является типичным для этого случая [2].

Использование полевых и частотных зависимостей ФЭДС дает возможность исследования приповерхностного слоя полупроводника в двух аспектах: полевые зависимости позволяют просканировать уровнем Ферми запрещенную зону полупроводника и выявить особенности ее строения, а также определить характеристические времена релаксации неравновесного заряда при выборе состояния поверхности полупроводника. Результаты действия поляризации могут проявиться и в той, и в другой зависимостях. В этой связи наглядным является тот факт, что прибор позволил увидеть генерацию заряда после поляризации напряжением $+50 \text{ В}$. Метод ВФХ не позволяет этого. Использование ФЭДС совместно с ВФХ дает более полную картину о физических механизмах формирования электрических свойств МДП-структур.

Выводы. Таким образом, разработанный автоматизированный комплекс позволяет проводить измерение по четырем методам исследования, в нем решены методические и технические вопросы создания высокоточных автоматизированных измерителей электрических и фотоэлектрических характеристик.

Натурные испытания разработанного комплекса продемонстрировали его способность обнаруживать индивидуальные особенности полупроводниковых структур, а также проводить полевые и корпускулярные воздействия на исследуемую структуру с последующей регистрацией ее характеристик в едином цикле измерений.

Разработанное программное обеспечение позволяет управлять измерениями в автоматизированном режиме, менять сценарий эксперимента, а также отображать результаты измерения в удобной форме и проводить их математическую обработку.

ЛИТЕРАТУРА

1. Давыдов В.Н., Троян П.Е., Зайцев Н.Г., Беляев С.В. Автоматизированный комплекс для исследования полупроводниковых структур // Известия Томского политехнического университета. 2006. Т. 309. № 8. С. 42–46.
2. Войцеховский А.В., Давыдов В.Н. Фотоэлектрические МДП-структуры из узкозонных полупроводников. Томск: Радио и связь, 1990. 328 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОТЕРМОДИФфуЗИОННОЙ СВАРКИ В ПРОИЗВОДСТВЕ GaAs-ФОТОКАТОДНЫХ УЗЛОВ

*А.Р. Зарипов, студент 5 курса
ТУСУР, г. Томск, DjokerAlex@mail.ru*

Введение. Электростатическая сварка для изготовления фотокатодных узлов была исследована давно. Этот процесс характеризуется низкой температурой сварки (порядка 320°C) и тем, что к свариваемым материалам не прикладывается давление. Эти особенности и определили достоинства этого метода перед другими известными. Электростатическая сварка процесс низкотемпературный (по сравнению с диффузионной сваркой, где температура сварки порядка 550°C), вследствие этого можно сделать выводы: частично исключается генерация дефектов в гетероэпитаксиальной структуре и сокращается разновидность вводимых дефектов (но, к сожалению, такие дефекты как дислокации, проявляющиеся в виде темных линий в фотoluminesцентных топограммах, присутствуют всегда; эти дефекты снижают чувствительность GaAs фотокатода и в электронно-оптическом преобразователе, с высоким пространственным разрешением проявляясь в изображении, ухудшая чистоту поля зрения), исключается деформация профильных стеклянных дисков в процессе сварки, повышается производительность оборудования, исключается необходимость полировки входной поверхности фотокатодного узла после сварки. Снижение температуры сварки компенсируется воздействием на свариваемые поверхности электрическим полем, которое производит активизацию свариваемых поверхностей. Основными плюсами этого метода является: при использовании увеличивается производительность, улучшается качества сварки (уменьшается деградация структуры, выпуск годной продукции увеличивается, сохраняются параллельности и размеры стеклянного диска),

уменьшается расход электроэнергии. Но у электростатической сварки есть ряд недостатков: применяются более жесткие требования к качеству свариваемых стеклянных дисков и гетероэпитаксиальных структур, более жесткие требования – к качеству подготовки поверхностей стеклянных дисков и гетероэпитаксиальных структур, более жесткие требования – к чистоте свариваемых поверхностей, более жесткие требования – к качеству (электрической прочности) просветляющего покрытия SiO_2 .

Несмотря на то, что про технологию электростатической сварки написано много литературы, внедрить ее в производство и перейти от диффузионной сварки на практике оказывается очень проблематично.

Цель работы. Целью данной работы является рассмотрение причин некачественного спая.

Результаты работы. В ходе проделанных экспериментов были обнаружены следующие причины некачественного спая. Одной из проблемы является неопытность оператора, так как при одном не ловком движении при загрузке на материалах могут возникнуть царапины, что приведет к браку.

При изготовлении фотокатодного узла следует подбирать материалы, согласованные по температурному коэффициенту линейного расширения, так как при охлаждении: композиции после сварки в спаяе остаются остаточные напряжения, и чем больше разница температурных коэффициентов линейного расширения, тем больше вероятность появления трещин, а возможно и то, что фотокатодный узел разрушится. В силу того, что в настоящее время существует очень много марок стекол, данная проблема очень легко решается.

Наиболее тяжелым для устранения дефектом являются газовые пузыри. Причиной этого дефекта являются посторонние частицы на поверхности как гетероэпитаксиальной структуры, так и стеклянного диска. В ходе анализа этой проблемы были сделаны следующие выводы: для защиты поверхности гетероэпитаксиальной структуры при лазерной резке дисков использовать фоторезист, специально разработанный для применений в микроэлектронике. Для удаления фоторезиста использовать диметилфосфамид, целесообразно применять для удаления фоторезиста плазменную технологию, но и возможно применение вакуумного низкотемпературного предварительного обезгаживания, для фиксации диска гетероэпитаксиальной структуры при лазерной резке использовать вакуумную «присоску», для удаления микрочастиц с поверхностей гетероэпитаксиальной структуры и стеклянного диска использовать струю CO_2 (в качестве регистрации микрочастиц использовать методику рассеянного света), контролировать отсутствие дефектов на границе гетероэпитаксиальной структуры и стеклянного диска с помощью пробного стекла.

Электрическое поле, прикладываемое к деталям во время сварки, вносит свои дефекты. При резком увеличении напряжения происходит локальной пробой диэлектрика, который в фотolumинесцентном изображении виден как «кресты». Эта проблема решается путем увеличения электрической прочности диэлектрика.

ОБРАЗОВАНИЕ ЗААНОДНОЙ ПЛАЗМЫ В ФОРВАКУУМНОМ ЭЛЕКТРОННОМ ИСТОЧНИКЕ И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА НАГРЕВ ЭМИССИОННОГО ЭЛЕКТРОДА

И.С. Жирков, А.В. Медовник, аспиранты каф. физики;

А.Н. Сатин, студент 5 курса

ТУСУР, г. Томск, т. 41-33-69, zhirkov@ms.tusur.ru

В работе представлены результаты измерения параметров плазмы, возникающей в электронном источнике на основе разряда с полым катодом в области за ускоряющим электродом. Показано, что концентрация этой плазмы коррелирует с температурой эмиссионного электрода, на основании чего делается вывод о решающей роли ионов, эмитируемых этой плазмой в нагреве эмиссионного электрода.

Одна из проблем, которую приходится преодолевать разработчикам электронных источников, предназначенных для функционирования в форвакуумном диапазоне давлений, заключается в значительном нагреве эмиссионного электрода. Причем, в отличие от источников, работающих при более низких давлениях, этот нагрев становится особенно заметным при подаче ускоряющего напряжения. Известно [1], что одна из основных особенностей работы плазменных электронных источников в диапазоне давлений 1–15 Па, условно относящемуся к форвакууму, состоит в наличии потока ионов, движущихся навстречу электронному пучку и набирающих энергию в том же ускоряющем промежутке, что и электроны. Этот ионный поток вызывает ряд эффектов, таких как изменение концентрации эмитирующей плазмы, изменение положения плазменной границы, электрический пробой ускоряющего промежутка. Изучение этих эффектов и особенностей их проявления позволяет утверждать, что непосредственная причина нагрева эмиссионного электрода также заключается в его бомбардировке ускоренными ионами. Тем не менее, открытым остается вопрос о происхождении этих ионов. Исследованию эффекта нагрева эмиссионного электрода, а также установлению возможных механизмов появления ионов посвящена настоящая работа.

Схема электронного источника [2], с которым проводился эксперимент, представлена на рис. 1. К основным элементам источника следует отнести: полый катод 1, анод 2, ускоряющий электрод 3, магнитную линзу 4, решетку 5, которая является эmissiveнным электродом. Электроны извлекаются из плазмы 6 и формируются в пучок 7, который улавливается коллектором 8. Термопара 9 служит для измерения температуры эmissiveнного электрода. На дополнительный электрод 10, размещенный вне ускоряющего промежутка, подавался потенциал относительно заземленного ускоряющего электрода. Для целей обнаружения и измерения параметров заанодной плазмы 11 служил одиночный зонд 12.

Приведенные на рис. 2 кривые показывают, что с ростом ускоряющего напряжения температура эmissiveнного электрода возрастает в несколько раз. Причем рост этот тем более значителен, чем больше ток разряда, а, следовательно, и ток пучка.

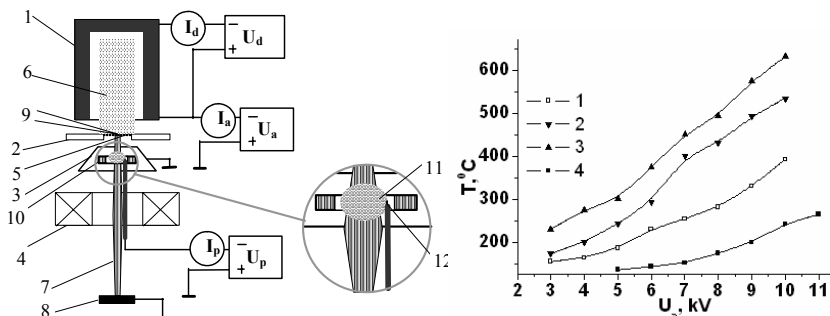


Рис. 1. Схема экспериментального устройства

Рис. 2. Температура T эmissiveнного электрода как функция ускоряющего напряжения U_a для различных разрядных токов: 1 – 50 мА, 2 – 100 мА, 3 – 200 мА, 4 – 0. Давление 10 Па

Подача положительного потенциала на дополнительный электрод (рис. 3, а) приводит к немонотонной зависимости температуры эmissiveнного тока. Температура сначала падает, а затем растет. Причем рост начинается при тем меньших напряжениях, чем больше ток пучка. При токе пучка 100 мА участок спада вообще отсутствует. Проведенные параллельно измерения концентрации плазмы (рис. 3, б) позволили обнаружить совпадение пороговых значений потенциала дополнительного электрода, при которых наблюдается рост температуры эmissiveнного электрода и возрастание концентрации плазмы.

Отмеченные факты позволяют предложить следующий вероятный механизм нагрева эмиссионного электрода. Распространяющийся электронный пучок ионизует газ и создает плазму в области за ускоряющим электродом, где электрическое поле отсутствует. Эта плазма и становится источником ионов, набирающих энергию в ускоряющем промежутке и передающих ее эмиссионному электроду, ограничивается поставкой ионов.

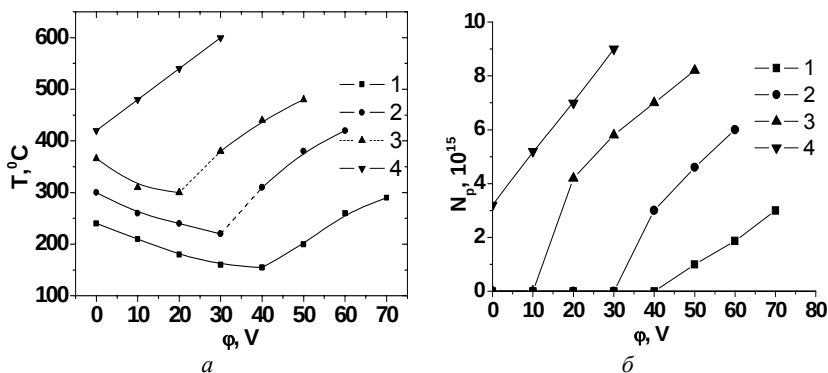


Рис. 3. Температура эмиссионного электрода (а) и концентрация плазмы (б) как функции потенциала дополнительного электрода для различных токов пучка: 1 – 10 мА; 2 – 40 мА; 3 – 60 мА; 4 – 100 мА; $U_a = 15$ кВ; $p = 8$ Па

Как проводящая среда она может играть роль ускоряющего электрода и таким образом изменять конфигурацию ускоряющего электрического поля. Не следует исключать возможность пучково-плазменного взаимодействия, результатом которого может быть интенсивная передача энергии от пучка плазме и, как следствие, снижение плотности энергии в пучке и расширение энергетического спектра [3].

ЛИТЕРАТУРА

1. Burdovitsin V., Zhirkov I., Oks E. et al. // Proc. 13-th International symposium on high current electronics. 25–29 July, 2004, Tomsk, Russia. С. 68–69.
2. Бурдовитин В.А., Жирков И.С., Окс Е.М. и др. ПТЭ. 2005. № 6. С. 66–68.
3. Жирков И.С., Бурдовитин В.А., Окс Е.М. и др. // ЖТФ. 2006. Т. 76. № 6. С. 106–110.

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПОКРЫТИЙ ВНУТРИ ТРУБ

*В.Е. Баландин, П.А. Бесхлебная, Ю.С. Петрова – студенты 3 курса
А.А. Борисенко – студент 2 курса*

Г. Томск, ТУСУР, т. (3822) 423394, E-mail: ng@mima.tusur.ru

Для предотвращения коррозии на внутренней поверхности трубы формируется интерметаллическое соединение. Для этого внутри трубы помещается газоразрядное устройство. В системе реализуется режим катодного распыления материала при давлении 10 Па.

Суть проблемы. Стальные трубы имеют свойство ржаветь изнутри и снаружи. В настоящее время известные методы формирования покрытий (полимерами, гальваника) несостоятельны для покрытия труб изнутри, особенно для диаметров $d < 50$ мм и для длины более диаметра. Развитие диффузионных методов покрытия в расплавах солей или в газовых средах (воронение, нитридирование, пассивация) сдерживается их дороговизной и ограниченными габаритными возможностями [1].

Метод решения. Предлагается формировать пленку из нержавеющей стали путем размещения внутри трубы газоразрядной системы и введение ее в режим катодного распыления материала. Предстоит решить задачу обеспечения устойчивого горения разряда в диапазоне повышенных давлений 1–10 Па при достаточном массопереносе.

Теоретические исследования. Теоретические исследования направлены на оценку длины свободного пробега электрона или иона, оценку напряженности электрического поля для устранения внутренних пробоев разрядного промежутка, оценку некоторых параметров плазмы.

Оценка длины свободного пробега λ молекулы газа, электрона и иона проведена при давлении воздуха $P = 0,1$ мм рт. ст., температуре $T = 300$ К. и радиусе молекулы $r = 1,7 \cdot 10^{-8}$ см.

$$\lambda_{\text{газ}} = \frac{1}{1,73 \cdot 10^{20}} \cdot \frac{T}{r^2 P}. \quad (1)$$

Для иона:

$$\lambda_i = \sqrt{2} \lambda_{\text{газ}} \quad (2)$$

для электронов $r_1 \ll r_2$

$$\lambda_e = \frac{1}{\sqrt{2} \cdot \pi r^2} = 4 \sqrt{2} \lambda_{\text{газ}}. \quad (3)$$

Задача сводится к определению минимальной напряженности электрического поля E (В/м), при которой электрон на длине свободного

пробега достигнет потенциала ионизации воздуха (азота). $U_i = 21,5$ В. Длина свободного пробега молекулы λ – табличная величина.

$$U_i = E \cdot \lambda_i, \quad (4)$$

$$E = \frac{U_i}{\lambda_e}. \quad (5)$$

В итоге из соотношения $E = U/d$ задавая диаметр трубы, можно определить предельное напряжение на электроды.

Экспериментальные исследования. Цель экспериментов – определить возможность горения разряда внутри трубы, при котором возможна модификация поверхности.

Эксперименты проводились на типовой вакуумной установке ВУП-4.

На рис. 1 представлена схема эксперимента. В экспериментах использовались стеклянные трубки с внутренним диаметром 25 мм высотой 250 мм. Стеклянная труба позволяла проводить измерение толщины пленки «на просвет» и наблюдать режим горения разряда при изменении параметров системы. Внутри трубы помещались подвижный и неподвижный электрод из меди. Подвижный провод выполнялись из молибдена с керамическими бусинками. Трубка с электродами помещалась внутрь вакуумной камеры. Откачка системы проводилась форвакуумным насосом 2 НВР-5ДМ. Измерение давления проводилось датчиком МТ-6. При обеспечении в системе давления на уровне 10 Па и подаче напряжения 1–2 кВ в системе возбуждался тлеющий разряд током до 10–30 мА.

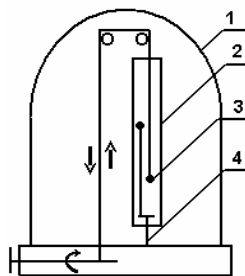


Рис. 1. Схема газоразрядного устройства напыления.

1 – вакуумная камера; 2 – трубка; 3 – электрод;
4 – токоввод

Полученные результаты. Горение разряда подчиняется закону Пашена. (Напряжение зажигания пропорционально произведению давления P на расстояние d между электродами). Область горения соответствует $Pd = 20$ тор·см, что соответствует переходному режиму от низковольтного к высоковольтному разряду. Устойчивое низковольтное горение разряда, приводящее к нагреву трубки наблюдается до давлений 300 Па (~3 мм рт ст.). При давлениях 2–5 Па наблюдается переход к высоковольтной форме разряда, при которой происходит формирование пленки на внутренней стенке трубки.

Сегрегатный состав пленки составляют остаточный газ, карбиды паров масел, оксиды, нитриды материала электродов. Скорость роста пленки составляет 0,5 мкм за 10 минут при расстоянии между электродами 5 см.

Выводы. Проведенная работа отражает приоритетное направление развития критических технологий РФ. Предполагается коммерциализация разработки путем замены электролитического цинкования внутренней поверхности водопроводных труб. Научная новизна коммерческого решения заключается в способе сочетания технологических операций через механизм термодесорбции газов, влияющего на режимы формирования покрытий. Конкурентное преимущество предлагаемой разработки перед аналогами заключается в чистой экологии, в повышении срока службы труб, расширении области применения в химических производствах, экономии на подготовке поверхности к покрытию и к сварочным работам.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Кудинов В.В. и др.* Нанесение покрытий плазмой. М.: Наука. 1990. 250 с.

СЕКЦИЯ 8

РАСПРЕДЕЛЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ

*Председатель – Ехлаков Ю.П., проректор по Информатизации
ТУСУР, зав. каф. АОИ, д.т.н., профессор;
зам. председателя – Сенченко П.В., к.т.н., доцент каф. АОИ*

ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ НАНОСТРУКТУРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

*П.Ю. Дитенбир, студент 1 курс магистратуры каф. ЭМИС
ТУСУР, г. Томск, т. 8-906-950-79-32, dpravel@bk.ru*

Сегодня в технике нет почти ни одной области, которую в той или иной мере не затрагивала бы цифровая обработка изображений [1].

Не является исключением и нанотехнология – область прикладной науки и техники, занимающаяся изучением свойств объектов и разработкой устройств размеров порядка нанометра. Примером применения методов обработки изображений в данной области является обработка и анализ фотографий наноматериалов для изучения их свойств.

Исследованием наноструктурных пористых керамических материалов занимаются в Институте физики прочности и материаловедения СО РАН. Наличие ПО, позволяющего проводить измерения этих характеристик автоматически, упростило бы и ускорило процесс анализа поверхности материала.

Подобного рода ПО уже существует, однако одним из недостатков некоторых из них является то, что они образуют аппаратно-программные комплексы и поставляются с аппаратурой (электронными микроскопами). Кроме того, существует ПО для обработки изображений, однако эти продукты не позволяют проводить оценку геометрических характеристик объектов на изображении.

В связи с этим возникла необходимость разработки ПО, позволяющего автоматизировать процесс проведения измерений геометрических характеристик изображений микрофотографий, используемых в нанотехнологиях.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

- 1) анализ существующих методов цифровой обработки изображений;
- 2) составление последовательности этапов обработки изображений для решения поставленной задачи;
- 3) выбор соответствующего метода для каждого этапа;
- 4) программная реализация выбранных методов.

Для решения поставленных задач можно использовать различные методы обработки изображений. В большинстве случаев практически значимые результаты могут быть получены по бинарным изображениям [2]. При этом значительно упрощается вычисление геометрических характеристик объектов изображений, а также сокращается объем обрабатываемой информации.

В процессе анализа методов обработки изображений была составлена последовательность этапов обработки изображения для измерения геометрических характеристик объектов изображения:

1. Бинаризация изображения. Цветное изображение преобразуется в черно-белое (бинарное), при этом используется либо пороговая обработка, либо алгоритм k -средних. Пороговая обработка предусматривает сопоставление значения яркости каждого пикселя с пороговым, в результате чего соответствующий пиксель зачисляется в одну из двух групп в зависимости от того, превышает значение яркости пороговое или нет [3]. Пороговое значение при этом выбирает пользователь. Это позволяет ему визуально оценить качество бинаризации и дает возможность менять пороговое значение до тех пор, пока не будет достигнуто приемлемое качество бинаризации. При использовании второго способа бинаризация изображения производится автоматически. Метод k -средних – метод кластеризации данных, строящий кластеры настолько различные, насколько это возможно. Целью задачи кластеризации является разбиение множества объектов на классы (кластеры) на основе некоторой меры сходства объектов (в случае бинаризации мерой сходства является близость яркостей пикселей).

2. На втором шаге на бинарном изображении выделяются границы объектов. Каждый пиксель изображения проверяется, лежит он на границе или нет, при этом используется следующее определение граничного пикселя (принадлежащего внешней границе): пиксель лежит на границе области, если он сам не принадлежит области и хотя бы один из его соседей области принадлежит.

3. Затем полученные границы накладываются на исходное изображение.

4. После этого производится расчет геометрических характеристик объектов изображения. Пользователь может выбрать объект для измерения его площади или периметра, либо рассчитать общую площадь, занимаемую всеми объектами, а также отношение этой площади к общей площади изображения. Для вычисления площади области необходимо заполнить эту область. Для этого можно использовать алгоритмы закрашивания (рекурсивное заполнение, алгоритм закрашивания линиями), однако они являются рекурсивными и не приемлемы в случае обработки изображения большого размера. Поэтому для заполнения интересующей области изображения был выбран волновой алгоритм. Основная идея этого алгоритма заключается в том, что «волна» распространяется из какой-либо точки, принадлежащей объекту, для которого необходимо вычислить геометрические характеристики, и заполняет связную с этой точкой область. После заполнения области можно вычислить значения ее площади, периметра и компактности. Площадь области определяется как число пикселей, которые в ней содержатся. Периметр области есть длина ее границы. Компактность области определяется как отношение квадрата периметра к площади [1].

Для расчета параметров не в пикселях, а в стандартных единицах измерения длины пользователь может задать масштаб изображения и указать единицу измерения. Для перевода используются параметры дисплея (количество точек на дюйм).

В процессе работы были рассмотрены различные алгоритмы обработки и анализа изображений, которые могут использоваться для решения поставленной задачи. Была предложена последовательность этапов обработки и анализа изображений. Для каждого этапа были выбраны соответствующие методы цифровой обработки изображений. После чего предложенные методы были реализованы на языке C++. Результатом работы стало Windows-приложение, решающее поставленные задачи, которое позволяет измерять такие геометрические характеристики объектов, как площадь, периметр, компактность объектов, а также отношение площади всех объектов изображения к общей площади изображения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. Москва: Техносфера, 2005. 1072 с.
2. Фурман Я.А., Юрьев А.Н., Янин В.В. Цифровые методы обработки и распознавания бинарных изображений. Красноярск: Изд-во Краснояр. ун-та, 1992. 248 с.
3. Павлидис Т. Алгоритмы машинной графики и обработки изображений: Пер. с англ. М.: Радио и связь, 1986. 400 с.

**СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ БАЗОЙ ДАННЫХ ЦЕНТРА
ГЕОРАДАРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ «РАДАР»**
С.С. Хузун, студент; С.П. Лукьянов, начальник КБ «Радар»
ТУСУР, г. Томск, charis1984@list.ru;

В настоящее время в современном бизнесе, в связи с усложнением процесса принятия решений, успех предприятия напрямую зависит от того, как быстро и слаженно взаимодействуют его структуры и в этом взаимодействии все большую роль начинают играть компьютерные сети и базы данных. При этом выбор структуры сети определяется характером решаемых задач. В большинстве случаев имеется потребность в использовании как глобальных сетей, так и локальных. Использование локальной сети предприятия (подразделения) позволяет ее пользователям оперативно обмениваться информацией, пользоваться базой данных (БД) и иметь при этом хорошо защищенную от внешних воздействий информационную среду. Это особенно важно для предприятий (подразделений), работающих с большим объемом данных и с разными заказчиками по разным направлениям.

Решение поставленной задачи видится в использовании ресурсов глобальных компьютерных сетей и создании местной (локальной) сети с базой данных и выходом в глобальную сеть. Такой подход обоснован и с учетом следующих факторов. Во-первых, глобальная (корпоративная) распределенная сеть имеет недостатки, вызванные тем, что такая сеть представляет собой крайне неоднородную среду передачи данных: одни участки могут быть построены по технологиям АТМ или FDDI, другие – на базе медленных протоколов Х.25. Реальная скорость передачи данных в такой среде будет напрямую зависеть от пропускной способности самого медленного участка сети. Таким образом, доступ удаленного пользователя к корпоративной базе данных часто бывает существенно затруднен. Во-вторых, в большинстве случаев запрашивается только та информация, которая напрямую относится к его сфере деятельности. Лучшим решением может являться перенос части базы ближе к пользователям. При решении этой задачи подобным способом получается территориально распределенная база данных. Организация распределенной базы данных дает массу преимуществ: снижается время отклика системы, повышается надежность хранения данных, уменьшается стоимость аппаратной части за счет снижения объемов данных, хранящихся на одном сервере. При построении местной базы данных необходимо учитывать специфические особенности информации, которая должна храниться в БД, и должны при построении использоваться простые доступные программные средства.

Решение. Развитие вычислительной техники и увеличение потребности в хранении больших объемов информации способствует и совершенствованию технологий баз данных. Так на смену иерархическим и сетевым БД пришли реляционные. Успех реляционных БД обусловлен их более простой архитектурой, наличием ненавигационного языка запросов и, главное, ясностью математики реляционной алгебры.

На этапе зарождения технологии баз данных при построении какой-либо базы данных строилась физическая модель. С накоплением опыта стало понятно, что нужен переход к даталогической модели, которая позволяет абстрагироваться от конкретной БД. Появилось понятие схемы БД, описывающей организацию БД. Программы стали работать с базой данных не напрямую, а через схему БД. Такой подход обеспечил возможность менять структуру БД без необходимости изменять логику программ. Появилось понятие *системы управления базами данных* (СУБД) – это система программного обеспечения, позволяющая обрабатывать обращения к базе данных, поступающие от прикладных программ конечных пользователей. Системы управления базами данных позволяют *объединять* большие объемы информации и *обрабатывать* их, *сортировать*, *делать выборки* по определенным критериям и т.п.

Современные СУБД дают возможность включать в них не только *текстовую* и *графическую* информацию, но и звуковые фрагменты и даже видеоклипы. Простота использования СУБД позволяет создавать новые базы данных, не прибегая к программированию, а пользуясь только встроенными функциями. СУБД обеспечивают *правильность*, *полноту* и *непротиворечивость* данных, а также *удобный доступ* к ним. Популярны СУБД – *FoxPro*, *Access for Windows*, *Paradox*.

Далее развитие объектно-ориентированного анализа и объектно-ориентированного проектирования как эффективных подходов для формализации предметной области привело к появлению инфологической модели предметной области. Теперь при разработке БД составляются три модели представления информации предметной области: инфологическая, даталогическая и физическая, не считая локальных пользовательских представлений.

В конце 80-х – начале 90-х годов массовое внедрение персональных компьютеров привело к развитию мультимедиа-технологий и настольных САПР, структуры данных которых слишком сложны для процедурного программирования или же необычны (например, звук). Это, а также то, что объектно-ориентированное программирование позволяет существенно снизить сложность разработки и обеспечить адекватное представлению моделирование предметной области, привело к тому, что в области языков программирования произошло слияние стилей

языков высокого уровня. Доминирующим подходом стало внедрение в них технологий объектно-ориентированного программирования. Не остались в стороне и языки, встроенные в СУБД. В качестве примера вышеизложенного можно привести продукт Visual FoxPro фирмы Microsoft. Эта СУБД обладает объектно-ориентированным языком программирования, но, по сути, является реляционной СУБД, поскольку хранимые данные представлены в виде таблиц, а таблицы представляют собой множество кортежей, которые содержат атомарные значения. Такое несоответствие и привело к буму в области разработки постреляционных баз данных.

В базе данных отражаются не только физические объекты. Она способна хранить сведения об абстракциях, процессах, явлениях, т.е. обо всем, с чем сталкивается человек в своей деятельности. Объекты реального мира связаны друг с другом множеством сложных зависимостей, которые необходимо учитывать в информационной деятельности. Отметим, что в базе данных нужно хранить только актуальные, значимые связи. Способ установления связей, с помощью которого сущности, атрибуты и связи отображаются на структуре, определяется моделью данных.

Полученные результаты. В ходе проведенной работы с учетом заявленных требований и современных технологий построения БД была разработана СУБД центра «Радар», учитывающая специфику его деятельности.

Вывод. В настоящее время для повышения эффективности работы подразделений крупных фирм или организаций необходимо использовать распределенные сетевые ресурсы: локальная сеть и БД подразделения – сеть и БД крупной фирмы – глобальная интернетовская сеть и общественные ресурсы. При построении БД, которые содержат информацию о работах, проводимых в подразделениях крупных фирм, лучше использовать известные программные продукты, например типа Microsoft Visual FoxPro 7.0 и более старшей версии. Данная версия FoxPro лучше всего подходит для разработки реляционной БД, что необходимо в данном проекте.

ИНДЕКСАЦИЯ МЕДИА-ДАННЫХ

А.М. Кох, студент 6 курса

ТУСУР, г. Томск, т. 913-824-92-73, Alexander.Koh@mainconcept.ru

В настоящее время все большую актуальность приобретает обработка цифровых медиа-данных – как видео, так и аудиоинформации.

Основным форматом видео для спутникового телевидения, HDTV (High-Definition Television, телевидение высокого разрешения), а также DVD-видео является формат MPEG-2.

Форматы инкапсуляции медиа-данных подразделяются на 2 типа – контейнерные, предназначенные для хранения информации, и потоковые, использующиеся при вещании. Основным различием этих двух типов является то, что все контейнерные форматы содержат заголовки/заголовки, содержащие информацию о хранящихся данных, а также некоторое количество служебной информации. При отсутствии необходимых заголовков воспроизведение медиа-данных, хранящихся в контейнерном формате, невозможно. Примерами контейнерных форматов являются AVI (Audio-Video Interleaved), MP4, MXF) [1].

Потоковые медиа-данные можно воспроизводить, не имея никакой дополнительной информации, начиная с любого момента времени, как это происходит в случае вещания. Основной проблемой потоковых форматов является отсутствие возможности точной навигации, что является критичным для некоторых типов приложений, например программ видеоредактирования.

Изображения в MPEG-последовательности подразделяются на следующие типы:

I (intra), играющие роль опорных при восстановлении остальных изображений по их разностям;

P (predicted), содержащие разность текущего изображения с предыдущим I или P с учетом смещений отдельных фрагментов;

B (bidirectionally predicted), содержащие разность текущего изображения с предыдущим и последующим изображениями типов I или P с учетом смещений отдельных фрагментов.

Изображения объединяются в группы (GOP – Group Of Pictures), представляющие собой минимальный повторяемый набор последовательных изображений, которые могут быть декодированы независимо от других изображений в последовательности. Типичной является группа вида:

I0 B1 B2 P3 B4 B5 P6 B7 B8 P9 B10 B11)(I12 B13 B14 P15 B16 B17 P18..., в которой I-тип повторяется каждые полсекунды.

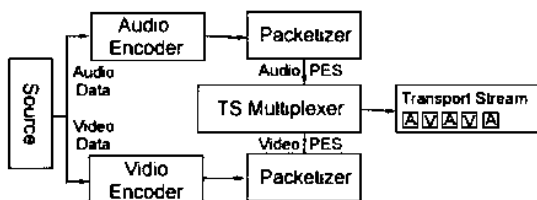
Системный уровень MPEG-2 обеспечивает два уровня объединения данных:

1. Packetized Elementary Stream (PES) – разбивает звук и видео на пакеты.

2. Второй уровень делится:

- на MPEG-2 Program Stream – для локальной передачи в среде с малым уровнем ошибок;

– на MPEG-2 Transport Stream (рис.) – внешнее вещание в среде с высоким уровнем ошибок – передает транспортные пакеты (длиной 188 либо 188+16 бит) двух типов (сжатые данные – PES – и сигнальную таблицу Program Specific Information – PSI).



MPEG-2 Transport Stream

Так как MPEG-2 Transport и Program являются потоковыми форматами, точная навигация при их использовании не возможна. Одним из решений данной проблемы является индексирование, когда для файла с медиа-данными создается индексный файл, содержащий физические смещения каждого кадра в файле, тип кадра, а также его время.

Для решения задачи индексирования был создан компонент Eleccard Sink Filter, реализованный в виде DirectShow фильтра. Данный компонент выполняет индексирование медиа-данных в форматах MPEG-2 Transport Stream и MPEG-2 Program Stream. Индексирование производится путем анализа входных данных с вычислением времен, типов, кадров (I, P, B) и абсолютного смещения кадров во входном потоке – для MPEG-2 Video Elementary Stream указываются смещения кадров, для MPEG-2 PS и TS – смещения PES- и транспортных пакетов соответственно.

Индексные файлы, полученные с помощью Eleccard Sink Filter, используются в компоненте Eleccard MPEG Demultiplexer, что дает возможность позиционирования с точностью до кадра. Eleccard MPEG Demultiplexer, в свою очередь, используется в программах для видеоредактирования, в частности, Eleccard XMuxer Pro. Следует заметить, что динамическое создание и использование индексного файла для потокового видео реализовано впервые.

ЛИТЕРАТУРА

1. ISO/IEC 13818. Part 1: Systems

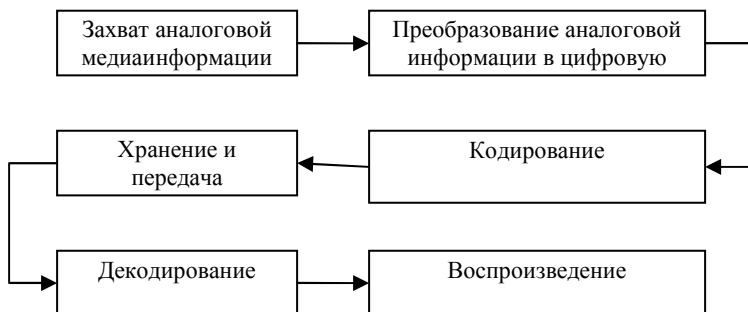
ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ ОБРАБОТКИ МЕДИА-ДАННЫХ

К.С. Коханенко, студент 6 курса

ТУСУР, г. Томск, т. 906-959-11-42, Konstantin.Kohanenko@elecard.ru

Обработка медиа-данных в настоящий момент имеет очень большое значение, так как с возросшей производительностью персональных компьютеров появилась возможность использовать цифровые технологии в различных сферах деятельности человека и во многих областях науки и техники. Так, например, цифровое видео применяется для современного цифрового телевизионного вещания, которое гораздо лучше своего предшественника с точки зрения помехозащищенности, энергопотребления и дополнительных сервисов (например, обратная связь со студией).

Рассмотрим жизненный цикл мультимедиа-данных.



Жизненный цикл мультимедиа-данных

Одним из важнейших аспектов в обработке видеоданных является хранение, редактирование и воспроизведение видеоданных из хранилищ.

В нашу жизнь в последнее время прочно входит понятие мультимедиа-данных или мультимедиа-информации. Самый типичный представитель мультимедиа – это видеофильмы, в простейшем случае – это два канала: видео, и сопровождающее его аудио. В связи с этим сразу возникает ряд задач, которые необходимо решать в процессе обработки медиа-данных:

1. *Мультиплексирование*, объединение нескольких видео- и аудио-каналов в единый поток.

2. *Демультимлексирование*, расщепление потока на его элементарные составляющие для дальнейшего декодирования, воспроизведения или последующей обработки.

3. *Ремультимлексирование*. В медиа-поток могут присутствовать следующие ошибки мультиплексирования: наличие неадекватных (не

соответствующих реальному времени начала воспроизведения) временных меток на пакетах данных; наличие дополнительных потоков, не несущих никакой информативной нагрузки; «неудобное», с точки зрения демультиплексора, расположение аудио- и видеопакетов, когда подряд в большом объеме идут одни пакеты аудио, или пакеты видео, что создает иллюзию ошибки в структуре медиапотока. Для исправления данных ошибок и используют процедуру ремультимплексирования.

4. *Вырезание одного или нескольких кусков* медиа-данных с последующим их объединением в единую последовательность.

5. *Удаление ненужных медиа-данных* из последовательности (например, удаление рекламы из фильма).

Для решения поставленного круга задач был разработан специальный программный модуль, разработка которого является актуальной задачей для многих производителей программных продуктов (видеоредакторов, систем хранения медиа-данных, систем цифрового вещания и т.д.).

Программный модуль был разработан в среде Microsoft Visual C++ 6.0 [1] (входит в состав Microsoft Visual Studio) и реализован в виде COM (Component Object Model – модель компонентных объектов) объекта, что дает возможность легко встраивать его в различные проекты [2]. Модуль использует DirectShow технологию, входящую в состав Microsoft DirectX, которая предназначена для работы с мультимедиа-потоками на Windows платформах.

В рамках технологии DirectShow любой набор данных рассматривается как однородный поток данных со сложной структурой. В качестве набора данных может выступать как текстовый файл, так и видеоклип, или нечто иное (например, аудио-поток). Компоненты DirectShow, далее называемые фильтрами, подразделяются на три категории [3].

1. *Source filters* – фильтры-источники потока данных. В качестве источников могут выступать как программы чтения данных с жесткого диска, так и устройства захвата аналогового сигнала, программы принимающие данные из сети и т.д.

2. *Transform filters* – фильтры, изменяющие поток данных. Данный класс фильтров выполняют различного рода операции над потоками данных. Например, *Multiplexer filter* принимает на вход два или более сжатых медиа-потока, разбивает их на пакеты, в соответствии со стандартом, в который будет преобразован поток, перемешивает их в нужной последовательности и выставляет необходимые параметры мультимплексированного потока (метки времени и т.д.). *Demultiplexer filter* производит синтаксический разбор мультимплексированного потока и разбивает его на пакеты для дальнейшего декодирования.

3. *Renderer filters* – фильтры-приемники потока данных. В качестве приемников могут выступать аудио- и видеопроигрывающие устройства или устройства, отправляющие данные в сеть.

Соединенные потоком фильтры, называются графом. В соответствии с выполняющимся изменением потока графы подразделяются на различные виды (мультиплексирующие, демультиплексирующие, ремультиплексирующие, транскодирующие и т.д.). Вся функциональность модуля построена на взаимодействии multiplexer и demultiplexer фильтров.

На сегодняшний день разработанный программный модуль используется в двух программных продуктах компании Элекард Девайсез: Elecard MPEG Player [4], Elecard XMuxer [5], а также американской компанией A4S Technologies.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Круглински Д., Уингоу С., Шеферд Дж.* Программирование на Microsoft Visual C++ 6.0 для профессионалов / Пер. с англ. СПб: Питер; М.: Издательско-торговый дом «Русская Редакция», 2001. 864 с.
2. *Дейл Роджерсон.* Основы COM: Пер. с англ. 2-е изд., испр. и доп. М.: Издательско-торговый дом «Русская Редакция», 2000. 400 с.
3. Microsoft DirectX 9.0 SDK. DirectX Documentation for C++.
4. <http://www.elecard.com/products/products-pc/consumer/mpeg-player/>
5. <http://www.elecard.com/products/products-pc/consumer/xmuxer-pro/>

ОБЗОР ПРИНЦИПОВ ПОСТРОЕНИЯ ЕДИНОГО ПРОСТРАНСТВА ДАННЫХ

Д.Ю. Копытков, аспирант каф. РЗИ

ТУСУР, г. Томск, т. 903-950-06-80, pisces@inbox.ru

В настоящее время существует достаточно большое количество форматов хранения данных и средств управления базами данных (СУБД). Каждая СУБД отвечает определенным критериям для пользователей и эффективна в определенных условиях использования, будь это реляционная СУБД, объектная и т.д. В результате существования множеств форматов хранения данных, появляется необходимость синхронизации данных, несущих схожую информационную нагрузку, но отличающихся только форматом хранения данных.

Рассмотрим наглядный пример. Предположим, несколько печатных издательств решили обмениваться информацией о библиографическом описании книжных изданий, причем каждое издательство хотело бы импортировать данные в свою локальную СУБД. Действительно, обмениваемые данные несут одну информационную нагрузку, и хранятся в

различных форматах. При этом, одно из издательств хранит данные в реляционной СУБД, другое – в xml-файле и т.д. Таким образом, возникает необходимость построения единого пространства данных.

Выделим 3 основные модели построения единого пространства данных:

1. Конверторная модель «один ко всем». В данной модели каждое хранилище данных имеет конвертор-преобразователь из собственного формата хранения данных – в формат каждого хранилища, участника единого пространства данных. Формат данных, передаваемых между хранилищами, различен. Модель схематически представлена на рис. 1, где $\Phi_1, \dots, \Phi_4$ – форматы хранения данных, C_{x-y} – конвертор преобразователь из формата x в формат y .

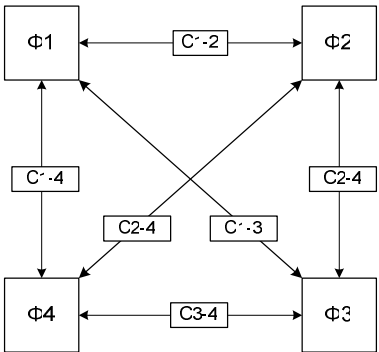


Рис. 1. Схематическое изображение модели единого пространства данных конверторного типа «один ко всем» на примере 4 форматов хранения данных

Отрицательная сторона данной модели заключается в том, что при добавлении нового формата хранилища данных необходимо создать $(N-1)$ конвертор-преобразователь, где N – количество форматов данных среди участников единого пространства данных.

2. Конверторная модель «один к одному». Отличительной особенностью данной модели от предыдущей является то, что каждое хранилище данных имеет единственный конвертор-преобразователь из собственного формата – в формат соседнего хранилища (рис. 2). При добавлении нового

хранилища-участника единого пространства данных необходимо создать единственный конвертор-преобразователь, но при этом для того, чтобы совершить преобразование данных из «крайне левого» хранилища в «крайне правое», необходимо совершить $(N-1)$ преобразование данных.

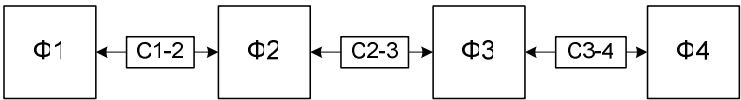


Рис. 2. Схематическое изображение модели единого пространства данных конверторного типа «один к одному» на примере 4 форматов хранения данных

3) Модель единого формата передаваемых данных. В данной модели между участниками единого пространства данных используется один формат представления данных, при этом каждый участник выполняет следующие операции:

- преобразование единого формата в необходимый формат;
- выполнение операции, обратной предыдущей, для представления данных другим участникам тиражирования.

Схематически данная модель представлена на рис. 2, где $\Phi_1, \dots, \Phi_4$ – форматы хранения данных; Φ_e – единый формат представления данных.

Положительной стороной данной модели является легкая расширяемость, за счет необходимости создания единственного конвертора-преобразователя при добавлении нового участника единого пространства данных.

Каждая из представленных моделей эффективна при определенных условиях, но модель единого формата передаваемых данных является наиболее подходящей для моделей асинхронного тиражирования данных, вследствие ограничения, накладываемого на интеллектуальный сумматор в моделях синхронного тиражирования данных – входные данные, представленные в виде дельт (реплик), должны иметь единый формат.

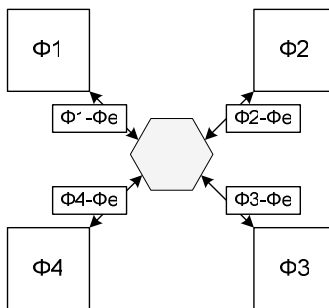


Рис. 3. Схематическое изображение модели единого формата передаваемых данных на примере 4 форматов хранения данных

МОДЕЛЬ ПОСТРОЕНИЯ ЕДИНОГО ПРОСТРАНСТВА ДАННЫХ НА ОСНОВЕ АСИНХРОННОЙ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СИСТЕМЫ

Д.Ю. Копытков, аспирант каф. РЗИ

ТУСУР, г. Томск, т. 903-9500680, pisc@inbox.ru

Создание единого пространства данных между хранилищами данных является в настоящее время актуальной проблемой. Действительно, множество корпораций хотело бы обмениваться информацией между собой, чтобы повторно не выполнять работу, которую сделала другая корпорация. Таким образом, на разрабатываемую модель накладываются следующие условия функционирования:

1) **Функционирование без постоянного канала связи.** Как правило, корпорации не могут предоставить прямой постоянный доступ к собственному хранилищу данных, вследствие чего необходимо использовать асинхронные модели тиражирования данных.

2) **Функционирование без единого синхронизирующего интервала.** Особенностью моделей асинхронного тиражирования является наличие периода времени, когда изменения в базе запрещены и в течение которого происходит весь процесс тиражирования. Данное условие не представляет никаких трудностей для корпораций, находящихся в одном часовом поясе, где, как правило, интервалы работы с локальными БД и интервалы бездействия совпадают. Но разрабатываемая система предназначена для межкорпоративного тиражирования данных, находящихся в разных часовых поясах.

3) **Функционирование с различными форматами данных.** Действительно, заставить использовать единую СУБД для разных корпораций не представляется возможным, так как каждая из СУБД наиболее эффективна при решении конкретных задач, стоящих перед каждой корпорацией.

4) **Масштабируемость** при подключении нового участника с иным форматом хранения данных.

5) **Отсутствие единого алгоритма построения идентификатора записей.** Одной из проблем моделей асинхронного тиражирования данных является выбор функции получения идентификатора записи. Сложность заключается в том, что изменения, сделанные для конкретной записи в каждом филиале, могут быть различными, а функция построения идентификаторов должна вернуть одно и то же значение для этой записи у каждого участника тиражирования.

Для решения описанных условий, были использованы следующие модели, решающие конкретную проблему:

1) **Модель многоалкодовости данных.** Под алгоритмическим кодом (алкод) понимается идентификатор документа, который создается по определенным правилам (алгоритму) и однозначно идентифицирует источник [1]. В алкод включаются символы из элементов записи [2, 3] в последовательность, определенной алгоритмом его формирования, при этом построение алкода в автоматизированном режиме осуществляется на основе алгоритма и данных записи. Результатом функции построения идентификаторов на основе алгоритмических кодов будет строка, состоящая из данных, мало подверженных изменению в процессе жизни записи в распределенной среде. В [4] показано, что использование функций построения алгоритмических кодов возможно не только в моделях асинхронного тиражирования данных с единым алгоритмом по-

строения алкода (каждый участник тиражирования использует один и тот же алгоритм построения алкода), но и в тех моделях, где каждый участник тиражирования использует свой собственный алгоритм построения, что является актуальным в межкорпоративных моделях тиражирования данных, где использование единого алгоритма не представляется возможным.

2) **Асинхронная модель тиражирования данных без единого синхронизирующего интервала.** Данная модель позволяет синхронизировать данные между межкорпоративными участниками тиражирования без согласования единого интервала времени и единства типов баз данных. Полная синхронизация данных между всеми участниками тиражирования будет завершена после нередактирования данных каждым из участников в рабочий интервал времени. Данная модель детально рассмотрена в [5]. Период синхронизации БД участников можно представить в виде следующей формулы:

$$T_{\text{синхр.}} = (\max(T_{1-P}, \dots, T_{n-P}) + \max(T_{1-B}, \dots, T_{n-B})) \times (N + 1),$$

где $T_{\text{синхр.}}$ – период синхронизации данных; $\max(T_{1-P}, \dots, T_{n-P})$ – функция максимума от аргументов; N – количество интервалов T_{x-P} , T_{y-B} ; T_{n-P} , T_{n-B} – интервал времени, в течение которого n -й участник тиражирования осуществляет и не осуществляет изменения в базе данных D_n ; D_n – БД n -го участника тиражирования;

Таким образом,

1) модель многоалкодовости позволяет идентифицировать записи у разных участников тиражирования, созданных по различным алгоритмам построения идентификатора записей;

2) модель тиражирования данных позволяет тиражировать данные без единого синхронизирующего интервала в асинхронном режиме, т.е. без постоянного канала связи.

Предлагаемая модель, основанная на предыдущих двух моделях, позволяет синхронизировать СУБД различных форматов в асинхронном режиме, где данные обмена представлены в виде дельт. Дельты в данной системе имеют единый формат, в результате чего получаем единое пространство данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карауш А.С., Копытков Д.Ю. Программное обеспечение для автоматической синхронизации баз данных системы «ИРБИС» // Научные и технические библиотеки. 2003. № 10. С. 88–91.
2. ГОСТ 7.14–98. Формат для обмена информацией. Структура записи. Взамен ГОСТ 7.14–84; Введ. 01.01.99. М.: Изд-во стандартов, 1998. 4 с.

3. ГОСТ 7.19–85. Коммуникативный формат для обмена библиографическими данными на магнитной ленте. Содержание записи. Взамен ГОСТ 7.19–79; Введ. 01.01.86. М.: Изд-во стандартов, 1985. 102 с.

4. *Копытков Д.Ю.* Идентификация распределенных данных на основе алгоритмических кодов // Вычислительные и информационные технологии в науке, технике и образовании: Труды международной конференции. 2006. Т. 2. С. 481–490.

5. *Копытков Д.Ю.* Модель глобального тиражирования данных с использованием алгоритмических кодов // Вычислительные и информационные технологии в науке, технике и образовании: Труды международной конференции. 2006. Т. 1. С. 657–663.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА АНАЛИЗА ПРОСТРАНСТВЕННЫХ БАЗ ДАННЫХ

И.С. Лакеев, Е.И. Юркин, студенты 5 курса;

Ю.Б. Гриценко, к.т.н., доцент

ТУСУР, г. Томск, т. 41-44-70, lis@muma.tusur.ru

Географическая информационная система (ГИС), в самом узком смысле, – это компьютерная система сбора, хранения, обработки и отображения данных с учетом информации о местоположении [1]. Технологии ГИС применяются уже более тридцати лет, однако в подавляющем большинстве случаев основной функцией этих технологий считается создание карт, хотя на самом деле ГИС может делать гораздо больше. Используя ГИС для анализа, можно узнать, почему объекты взаимосвязаны, где находятся связанные объекты и каким образом они связаны. Получение этой информации может помочь более глубоко понять ситуацию в данном месте, сделать правильный выбор или лучше подготовиться к предстоящим событиям и условиям.

Так почему же большинство пользователей не используют ГИС-анализ, для решения своих вопросов? Одна из причин состоит в том, что пользователи не используют ГИС для анализа, поскольку они просто не знают, как к нему приступить и с чего начать. Несмотря на то, что географические данные становятся более доступными для использования, для того, чтобы выполнить эффективный анализ с использованием ГИС, необходимо знать, как структурно организовать этот анализ и каким инструментом воспользоваться для решения конкретной задачи [1].

Конечным следствием этого является потеря прибыли (дохода) из-за длительных сроков подготовки и планирования различного рода работ.

Успешным решением этой проблемы является разработка простого в использовании, универсального, расширяемого программного средства, использующего графический интерфейс и позволяющего произво-

дить анализ в любой сфере деятельности и легко решать поставленные задачи.

При разработке системы в качестве анализируемой пространственной базы данных была выбрана СУБД Oracle 10g. Отличительной особенностью предлагаемого подхода является то, что пространственные данные хранятся в единой базе с атрибутивными данными. Для этого корпорацией Oracle были разработаны дополнительные опции СУБД: встроенный модуль Oracle Spatial, который предоставляет объектный тип данных (SDO_GEOMETRY), содержащий в себе пространственные характеристики объектов, возможность индексирования и функции/операторы для манипуляций с этим типом. Эти механизмы позволяют хранить, запрашивать, быстро и эффективно анализировать пространственные данные внутри одной базы данных Oracle. Кроме того, Oracle Spatial обеспечивает целостность данных, преобразование системы координат и другую базовую логику, что существенно упрощает работу с пространственными данными, интеграцию различных приложений, а также разработку программных продуктов [2].

Однако прямое обращение к функциям/операторам Oracle Spatial даже для опытного пользователя является сложной, а иногда и невыполнимой задачей. Для решения этой проблемы и для того, чтобы пользователь в полной мере мог производить анализ пространственных данных, хранимых в БД, было реализовано программное средство Spatial Analiser(SA), основной функцией которого является оптимальное и удобное использование функций/операторов, содержащихся в модуле Oracle Spatial.

В общем смысле Spatial Analiser (SA) – это система построения запросов к пространственной БД и обработка полученных данных с помощью набора алгоритмов (алгоритм обхода графа в ширину, алгоритм Дейкстры и др.).

Система выполняет следующие функции:

1) поддержка трех категорий простейших запросов согласно типам объектов: запросы с указанием точки, линии и полигона (исходя из способа представления в БД каждой группы объектов, разделяются и способы написания запросов);

2) поддержка запросов без указания какого-либо типа объекта (к этой категории относятся такие запросы, как нахождение длины участка сети, количества объектов с определенным свойством и т.д.);

3) поддержка вложенных запросов (результаты, полученные в ходе выполнения работы, можно использовать для построения следующих запросов);

4) возможность создания сложных комбинированных запросов на основе простых шаблонов или уже имеющихся пользовательских запросов с уточнением объекта запроса из первоначальной выборки;

5) ведение истории запросов (сохраняются все, успешно завершённые запросы и их результаты для последующего использования);

6) возможность указания анализируемых объектов и области со встроённой карты со встроённой карты;

7) возможность просмотра полученных результатов на электронной карте.

К простейшим/шаблонным можно отнести следующие запросы:

- совпадающие объекты (точка в точку);
- объекты, содержащие внутри себя указанную точку;
- нахождение ближайшего объекта по прямой;
- нахождение критического пути из одной точки в другую;
- пересекаемые линией объекты;
- все соприкасающиеся объекты (вся соединённая подсеть);
- выборка объектов внутри полигона;
- все точки, которые являются вершинами полигонов и другие подобные запросы.

Последовательное выполнение таких шаблонов в совокупности с набором алгоритмов и есть анализ пространственных данных. Критерием оптимальности любого анализа служит надёжность полученного результата и скорость его получения.

Надёжность результата обеспечивается устойчивостью системы к сбоям. В ходе выполнения сложного комбинированного запроса, либо алгоритма, промежуточные результаты сохраняются в специальном файле. В случае сбоя пользователю не нужно будет начинать работу заново, а достаточно лишь загрузить сохранённые данные из файла и продолжить работу.

Быстрота выполнения обеспечивается оптимальным распределением нагрузки между СУБД и клиентским приложением, а также правильностью использования различных пространственных функций СУБД.

Актуальность разработки данного приложения заключается в том, что в настоящее время появляются все более новые программные продукты, позволяющие производить анализ, но, как правило, такие продукты узкоспециализированные. Решая задачи одного типа, они не могут выполнять других запросов пользователей, что приводит к необходимости использования нескольких программ для разного рода анализа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шекхар Ш., Чаула С. Основы пространственных баз данных: Пер. с англ. М.: КУДИЦ-ОБРАЗ, 2004. 336 с.
2. Oracle® Spatial User's Guide and Reference, Release 9.2.

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В УПРАВЛЕНИИ ВНУТРЕННЕЙ ИНФРАСТРУКТУРОЙ ВУЗА

С.С. Ощепков, студент 5 курса

ТУСУР, г. Томск, т. 41-43-11, oss@muma.tusur.ru

В настоящее время одной из актуальных задач управления в ТУСУРе является учет, анализ и управление объектами недвижимого имущества, принадлежащими Вузу, а также учет объектов оборудования и инженерных коммуникаций. В этой связи одним из важнейших видов деятельности служб проректора по административно-хозяйственной работе (АХР) является обеспечение качественной эксплуатации зданий, сооружений и инженерных коммуникаций учебного заведения. Основными задачами, которые необходимо решать в этом направлении, являются:

- самостоятельность подразделений вуза по внутреннему переоборудованию помещений;
- отсутствие строгой системы инвентаризации и учета объектов;
- территориальная распределенность объектов;
- наличие развитой сети как внутренних, так и внешних инженерных коммуникаций;
- отсутствие качественной технической документации по инженерным сетям;
- большая текучесть кадров – специалистов в подразделениях, подведомственных проректору по АХР.

Для решения данных проблем наиболее целесообразно воспользоваться внедрением геоинформационных технологий в процесс управления инженерной инфраструктурой вуза и на их основе создать геоинформационную систему учебного заведения (ГИС-ТУСУР), основными задачами которой являются:

- повышение эффективности принятия долгосрочных и оперативных решений на основе анализа пространственных описаний объектов управления;
- повышение эффективности инженерного мониторинга объектов недвижимости и инженерных сетей на основе ведения поэтажных планов и планов участков, обеспеченных техническими ретроспективными атрибутивными описаниями;
- повышение эффективности работы сотрудников деканатов и кафедр за счет наглядного представления расположения занятых в учебном процессе аудиторий и их технического оснащения;
- общее повышение эффективности управления образовательным процессом за счет формирования наглядного представления инфраструктуры университета и ее отдельных элементов [1].

Все множество объектов ГИС вуза можно представить в виде следующих подмножеств. **«Здания и сооружения»**: учебные корпуса, производственные помещения, хозяйственные строения (спортивные сооружения, склады, гаражи), общежития. **«Позтажные планы»**: помещения, стены, окна, двери, сантехника, колонны, оборудование. **«Инженерные коммуникации»**: водопроводные сети, канализационные сети, тепловые сети, электрические сети, телефонные сети, компьютерные сети, вентиляционные сети. **«Земельные участки, прилегающие к строениям»**: зоны озеленения и отдыха (парки, скверы, палисадники, и цветочники), тротуары и части городской автотранспортной сети, автомобильные стоянки.

Следует отметить, что все эти объекты могут образовывать сложные инженерные комплексы, например, такие как студенческие и университетские городки (комплекс общежитий по ул. Ф. Лыткина).

Исходной информацией для создания ГИС-ТУСУР служит техническая документация БТИ (в том числе поэтажные планы), а также планы прокладки инженерных коммуникаций, планы размещения мебели, техники и других объектов недвижимости внутри зданий и сооружений и другая техническая документация.

Учитывая состояние современного уровня развития информационных технологий, геоинформационная система управления инженерной инфраструктурой вуза должна удовлетворять следующим требованиям:

- для работы с системой должна использоваться технология клиент-сервер;
- работа с системой должна строиться как через корпоративную сеть Вуза, так и через корпоративную сеть Intranet;
- доступ к данным должен быть строго регламентирован, определенным группам должны быть доступны определенные данные;
- должен быть создан ГИС-сервер вуза, где будут храниться все графические и атрибутивные данные ГИС.

С учетом вышеизложенного, в СКБ «Информатика» кафедры АОИ была разработана архитектура будущей геоинформационной системы и создан ее прототип – веб-приложение, обеспечивающее пользователям электронного генерального плана регламентированный доступ к пространственной информации об объектах вуза в реальном времени через Интернет/Инtranet. Система работает в среде WEB-GIS сервера – технологии, построенной на базе сетевой ГИС Autodesk MapGuide.

В дальнейшем на электронную карту будут нанесены недостающие поэтажные планы корпусов, инженерные коммуникации (водопровод, канализация, телефонные и компьютерные сети), оборудование помещений каждого корпуса, а также расширена функциональность разра-

бываемой системы (привязка расписания к каждой аудитории и проведение мониторинга занятости учебных помещений).

ЛИТЕРАТУРА

1. Ехлаков Ю.П., Жуковский О.И., Гриценко Ю.Б., Еськин Д.М. Геоинформационные технологии в управлении инженерной инфраструктурой вуза // Доклады Томского гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники. Т. 8: Автоматизированные системы обработки информации, управления и проектирования. Томск: Том. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2003. С. 63–68.

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОСМОТРА ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ

А.В. Отчалко, студент 4 курса

ТУСУР, г. Томск, т. 41-44-70, alexey_otchalko@mail.ru

В последнее время, наряду с развитием и совершенствованием многих технологий автоматизации, различные географические информационные системы (ГИС) становятся неотъемлемой частью автоматизированных комплексов. При этом необходимо обеспечить удобное совместное использование пространственных данных и элементов управления ими большому числу пользователей и свести к минимуму затраты на внедрение. На практике в больших распределенных системах, наилучшим образом этим критериям удовлетворяет технология веб-доступа [1], которая основана на трехзвенной Internet/Intranet модели организации распределенной информационной системы, что подразумевает наличие множества клиентов и одной серверной части, состоящей из веб-сервера (выступающего в роли сервера приложений) и собственно сервера – веб-публикатора пространственных данных. Рассмотрим подробнее одну из возможностей данной технологии – просмотр опубликованных пространственных данных в сети Internet. В данном случае под просмотром пространственных данных будем понимать просмотр графической информации, непосредственно полученной при преобразовании пространственных координат объектов в визуальную форму.

Просмотр пространственных данных может быть выполнен с использованием двух средств:

- непосредственно браузера на стороне клиента – в этом случае обработка и выдача графической информации может происходить как на стороне сервера, так и на стороне клиента (с применением специальных надстроек браузера);

- специальных программ просмотра, в которых используются типизированные виды файлов для предоставления географических данных данному приложению, которое осуществляет их непосредственный перевод в графическую информацию.

Остановимся подробнее на одной из возможных реализаций второго способа с использованием программного средства Google Earth или Интернет-службы Google Maps. Данный способ становится особенно популярным в связи с развитием так называемых технологий Web 2.0. Четкого определения данного понятия нет, но можно сказать, что различные интернет-сервисы, использующие в своей основе принципы коллективизма, кооперации, открытости, доступности, интерактивности, можно смело называть Web 2.0 [2]. В частности, одним из наиболее ярких примеров являются различные сервисы, поддерживаемые компанией Google, в том числе Google Earth и Google Maps. Данные сервисы служат для просмотра геоинформации о планете, опубликованной на соответствующих серверах, а также поиска по ней.

Опубликовать непосредственно свои пространственные данные эти сервисы позволяют при помощи описания их на языке KML. KML, или Keyhole Markup Language, – это язык, наследующий XML грамматику и формат файлов для моделирования и хранения таких географических объектов, как точки, линии, изображения и полигоны для отображения их в Google Earth и Google Maps. [3] Таким образом, язык разметки KML позволяет:

- определять иконки, надписи и описания для различных локаций на планете;
- использовать перекрывающие фон изображения, 3D объекты, привязанные к определенным географическим координатам;
- организовать обратную связь клиента с сервером, основанную на изменении виртуального местоположения наблюдателя.

Таким образом, данный язык позволяет организовать иерархическую структуру слоев, отображаемых по запросу пользователя и содержащих практически исчерпывающую информацию об объектах карты. Отображение данных объектов производится непосредственно на карте мировой поверхности, что позволяет зачастую более четко анализировать и наглядно представлять географическую информацию.

Подводя итог, нельзя не отметить многих преимуществ данного подхода, одно из немаловажных – привлекательность для конечного пользователя. Поэтому верится, что использование данной технологии расширится в последующее время, найдя применение не только в узкоспециализированных, но и направленных на широкое использование проектах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шекхар Ш., Чаула С. Основы пространственных баз данных. М.: КУДИЦ-ОБРАЗ, 2004.
2. <http://www.bg.ru/article/6016/>
3. <http://earth.google.com/kml>

ТЕХНОЛОГИЯ МОНИТОРИНГА ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ ВЕБ-ОРИЕНТИРОВАННОЙ ГИС

Е.А. Сачек, студент 4 курса; Н.Б. Рыбалов, аспирант;

В.Ю. Вишняков, аспирант

ТГУСУР, г. Томск, т. 41-44-70, са_geka86@mail.ru

В настоящее время в связи с развитием геоинформационных систем возрастают требования к технологиям хранения и оперативного управления пространственными данными. Во многих ГИС для решения задачи хранения картографических данных применяются СУПБД (системы управления пространственными базами данных) [1].

В силу того, что данные СУПБД могут быть подвержены случайным и непреднамеренным изменениям, возникает проблема восстановления потерянных данных, которая может быть решена при использовании средств СУБД по организации резервного копирования и восстановлению данных, таких как утилиты СУБД Oracle: RMAN (работа производится с физическими копиями БД), LogMiner (журнальные файлы), Import / Export (работа с дампами БД), Oracle Flashback (использует сегменты отката) [2, 3, 4, 5]. Каждая утилита имеет свои особенности, но применительно к пространственным данным использование подобных механизмов имеет ряд недостатков:

- требуются глубокие знания в области баз данных и языка запросов SQL, так как предназначены для администраторов БД;
- отсутствует оперативное восстановление данных;
- с ростом объема резервных данных поиск и восстановление необходимой информации заметно усложняется;
- отсутствует просмотр восстанавливаемых данных (геометрические данные должны быть представлены в графическом виде).

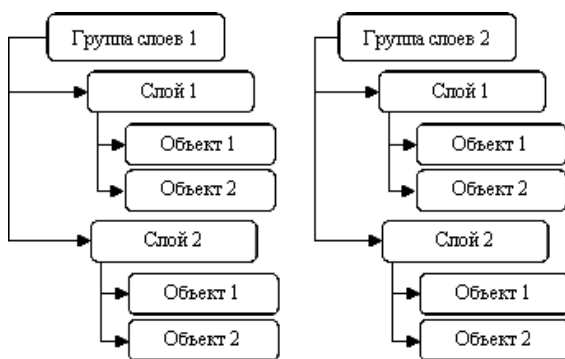
В процессе эксплуатации веб-ориентированной ГИС ООО «Томск-нефтехим» в качестве решения данной проблемы была предложена технология, позволяющая вести мониторинг пространственных данных и ликвидирующая эти недостатки. Подобно средствам СУБД, в данной технологии информация об изменениях в БД сохраняется в специально отведенную таблицу базы данных «Аудит». Эта информация содержит в себе данные об изменяемых картографических объектах и данные для последующего аудита (дата действия, тип операции, выполненной пользователем, название терминала пользователя и т.д.).

Рассмотрим предложенную технологию на уровне данных. Структуру картографических данных удобно представить в иерархическом виде (рис.) [2].

На самом нижнем уровне иерархического представления находится объект с определенными геометрическими свойствами. Следующий

уровень представлен слоями, содержащими объекты первого уровня. Слои же, в свою очередь, объединяются в группы слоев (верхний уровень). С помощью данной технологии могут быть решены следующие задачи:

- организация быстрого и удобного доступа к журналу изменений в каждом уровне с представлением его свойств;
- многокритериальный поиск и откат осуществленных действий;
- представление статистики изменений данных в графическом виде за определенный период времени;
- визуализация восстанавливаемых данных на электронной карте производственной инфраструктуры предприятия.



Иерархическое представление картографических данных

Технология мониторинга пространственных данных обладает следующими возможностями:

1) Два способа отображения информации в журнале изменений: *с использованием временного критерия* (классификация объектов осуществляется по дате их последнего изменения) и *иерархический способ* (отображение информации представлено в виде уровней: первый уровень иерархии – по группе слоев, второй – слои, третий – уровень объектов и уровень версий объекта. Версии объекта – это жизненный цикл отдельно взятого объекта, начиная с создания и заканчивая его удалением).

2) Использование фильтрации по объектным данным, по принадлежности к слою и группе слоев (объектные данные – атрибутивные свойства, определяющие параметры объекта, например, для трубы это длина, диаметр, для помещения это площадь и т.д.).

3) Применение механизма отката, позволяющего восстанавливать последние состояния групп слоев, слоев, объектов, а также любую версию конкретного объекта.

4) Возможность просмотра восстанавливаемого слоя или версии объекта на временной электронной карте.

5) Представление статистических изменений данных за определенный период времени посредством диаграмм, что позволяет отобразить на круговой диаграмме соотношение изменяемости групп слоев, слоев или активности пользователей. Кроме того, в виде плоской диаграммы представляется деятельность отдельных пользователей, а также периодичность изменений в отдельно взятой группе слоев или слое за выбранный временной интервал.

Технология мониторинга пространственных данных реализована в виде веб-приложения посредством технологий PHP/AJAX. Описанная технология была применена в проекте «Информационные технологии создания и ведения электронного генерального плана ООО «Томскнефтехим». Ее использование позволило должным образом поддерживать как актуальность картографической информации, так и защищенность данных от нежелательных изменений.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Шекхар Ш., Чаула С.* Основы пространственных баз данных. М.: КУДИЦ-ОБРАЗ, 2004.

2. *Администратору Oracle: Раскрываем секреты – глубинный анализ журналов (Mining for Clues)* // <http://www.interface.ru/home.asp?artId=2904>

3. *Пржиялковский.* Резервирование и восстановление с помощью программ RMAN // <http://www.interface.ru/fset.asp?Url=/oracle/roman.htm>

4. *Летучий.* Шаг 129 – БД Oracle – Импорт, экспорт данных в теории // <http://firststeps.ru/sql/oracle/r.php?129>

5. *Restore Points and Flashback Database: Concepts* // http://download-east.oracle.com/docs/cd/B19306_01/backup.102/b14192/rpfbdb001.htm#BGBJAGBC

6. *Ехлаков Ю.П., Жуковский О.И., Рыбалов Н.Б.* Принципы построения Web-ориентированной ГИС промышленного предприятия // Известия Томского политехнического университета. 2006. Т. 309. № 7. С. 146–152.

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНИМОСТИ ПОСТРЕЛЯЦИОННЫХ БАЗ ДАННЫХ

Д.С. Сайнаков, студент гр. 842-м

ТУСУР, г. Томск, т. 66-53-07, sdsne@nm.ru

Все большее количество заказчиков уделяет пристальное внимание повышению окупаемости своих инвестиций в информационные системы (ИС). Центральное и важное место в ИС различного класса и назначения занимают базы данных, на которые возложены функции хранения, интеграции и консолидации информационных ресурсов организа-

ции [1]. От правильного выбора платформы для их построения во многом зависит эффективность разрабатываемых ИС. Если платформа СУБД обеспечивает быструю и эффективную разработку приложений, их легкую масштабируемость, предъявляя при этом крайне скромные требования к аппаратным ресурсам, и, кроме этого, эффективно поддерживает сразу несколько способов работы с данными, в том числе высокопроизводительный и гибкий многомерный доступ, грамотный и дальновидный разработчик не пройдет мимо.

Реляционная модель данных и базирующиеся на ней реляционные системы управления базами данных, являются ограниченными. Плоские нормализованные отношения универсальны и теоретически достаточны для представления данных любой предметной области. Однако для воссоздания сложных структур в базе данных появляется большое количество таблиц, над которыми постоянно выполняются операции, требующие больших вычислительных ресурсов.

Другим серьезным ограничением реляционных систем являются их относительно слабые возможности по части представления семантики приложения [2, 3]. Самое большее, что обеспечивают реляционные СУБД, – это возможность формулирования и поддержки ограничений целостности данных. Ограничения реляционной модели стимулируют исследования и разработки в области так называемых постреляционных систем, т.е. систем, относящихся к следующему поколению.

Постреляционные базы данных, в отличие от реляционных, способны равноправно и эффективно поддерживать сразу три способа работы с данными: прямой доступ к данным, обеспечивающий максимальную производительность и полный контроль со стороны программиста; реляционный доступ, обеспечивающий максимальную производительность реляционных приложений с использованием встроенного SQL для выполнения операций выборки и анализа данных; и объектный доступ, для максимальной продуктивности разработки при использовании Java, .Net, EJB, C++, а также VB и других ActiveX-совместимых средств разработки, таких как PowerBuilder и Delphi.

Такие многомерные способы доступа по производительности в десятки раз превосходят реляционные.

Практика показывает, что наиболее распространенная сегодня реляционная технология мало пригодна для работы с большими объемами данных, и, в случае увеличения объема данных, для нормального функционирования СУБД потребуются значительное увеличение аппаратных средств.

Одно из ключевых преимуществ постреляционных систем – производительность. Это очень важно для тех систем, где требуется работа

большого количества пользователей с большим объемом данных. Другое важное качество – менее требовательна к аппаратному обеспечению, в отличие от обычных реляционных СУБД.

На сегодняшний день большие и малые компании накапливают огромные объемы данных. Использование постреляционных систем позволяет в краткие сроки извлекать, обрабатывать и анализировать накопленную информацию для дальнейшего построения стратегий компаний, прогнозирования тенденций развития рынка, нахождения новых решений.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Осуга С.* Обработка знаний. М.: Мир, 1989.
2. *Хаббард Дж.* Автоматизированное проектирование баз данных. М.: Мир, 1984.
3. *Кирстен В.* От ANS MUMPS к ISO M. СПб.: АОЗТ «СП.АРМ», 1995.

ОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ПОИСКОВОЙ РЕКЛАМЫ В СЕТИ ИНТЕРНЕТ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ

В.В. Силич, аспирант

ТУСУР, г. Томск, т. 55-34-08, acid@ms.tusur.ru

В настоящее время основная навигация в Интернете осуществляется с использованием поисковых машин. Бурный рост Интернета и развитие поисковых технологий позволило Интернет-поисковикам находить практически любую информацию при помощи одного запроса за доли секунд. С увеличением популярности поисковых машин возникла и заинтересованность рекламодателей в размещении рекламы сайтов на страницах результатов поиска. При этом рекламные объявления должны соответствовать поисковым запросам пользователей. Если пользователь переходит по этой «спонсорской ссылке», то со счета рекламодателя списывается некоторая сумма денег за этот переход. Системы, организующие показ таких рекламных результатов поиска, впервые появились несколько лет назад и стали называться «системами поисковой рекламы» [1].

В общем виде система поисковой рекламы организована следующим образом: имеется ряд пользователей поисковой системы, каждый из которых характеризуется набором поисковых запросов, и ряд рекламодателей с множеством рекламных объявлений. Каждое рекламное объявление представляет собой ссылку на сайт и его краткое текстовое описание или графический баннер. Для каждого объявления задаются наборы ключевых фраз и наборы правил. Соответственно, для того, что-

бы объявление было показано по данному поисковому запросу, оно должно быть ему релевантно (содержать одно или несколько слов запроса в ключевых фразах этого объявления) и удовлетворять ограничениям объявления, таким как временной и географический таргетинг, стоимость показа/перехода по объявлению, суммарный показ объявления за день/неделю и т.д. [2].

При организации системы поисковой рекламы, одной из основных задач является то, каким именно образом из множества спонсорских объявлений системы будет выбрано подмножество релевантных объявлений, удовлетворяющих всем необходимым факторам. Автором данной работы предлагается следующее решение.

Искомое множество подходящих рекламных объявлений можно определить как нечеткое. Следовательно, для решения поставленной задачи можно применить аппарат, используемый в теории нечетких множеств и нечеткой логики. Рассмотрим пример системы поисковой рекламы, основанной на текстовых объявлениях. Модель данной предметной области M включает множество рекламных объявлений системы $O = \{o_i\}$, текущий запрос пользователя fz , историю запросов Iz , историю выбранных пользователем сайтов Iv , историю посещенных сайтов Ip , а также ограничения рекламодателей R :

$$M = \langle O, fz, Iz, Iv, Ip, R \rangle. \quad (1)$$

Каждое объявление можно представить следующим образом:

$$o_i = \langle h(o_i), t(o_i), l(o_i), v(o_i), \{fk_l(o_i)\}, s(o_i), p(o_i) \rangle, \quad (2)$$

где $h(o_i)$ – заголовок объявления o_i , $t(o_i)$ – текст o_i , $l(o_i)$ – ссылка (url-адрес) o_i , $v(o_i)$ – видимый url-адрес o_i , $fk_l(o_i)$ – ключевая фраза o_i , $s(o_i)$ – стоимость o_i , $p(o_i)$ – максимальное количество показов o_i .

В терминах теории нечетких множеств представим совокупность подходящих объявлений системы (релевантных запросу и удовлетворяющих ограничениям), как нечеткое множество $Op = \langle o, \mu_{Op}(o) \rangle$, где o является элементом универсума O , а $\mu_{Op}(o)$ – функция принадлежности. Необходимо из этого множества выбрать некоторое количество наиболее подходящих объявлений On , которые и будут показаны в результатах поиска. Для этого определим On , как подмножество множества Op α -уровня [3]:

$$Op_\alpha = \{o \in O \mid \mu_{Op}(o) > \alpha\}, \quad \forall o \in O, \quad (3)$$

где $\alpha \in [0, 1]$ и выбирается, исходя из опытных данных системы.

Для указанных множеств будет справедлива следующая запись:

$$On \subseteq Op_\alpha \subset Op \subset O. \quad (4)$$

Мощность множества On не может превышать максимальное количество показываемых объявлений N_{ob} , где N_{ob} варьируется в целочисленном интервале $[5, 7]$, т.е. $|On| \leq N_{ob}$, где $N_{ob} \in [5, 7]$.

Чтобы выбрать искомые 5-7 объявлений для показа в системе (подмножество On), достаточно выбрать из Op_a это количество объявлений с максимальными значениями функции принадлежности. Для этого для каждого объявления нужно определить значение функции принадлежности множеству подходящих объявлений, т.е. степень того, насколько объявление соответствует информационным потребностям пользователя и ограничениям рекламодателя. Выделим основные факторы, по которым будет определяться принадлежность объявления множеству Op : соответствие поискового запроса ключевым фразам объявления; учет истории запросов пользователя; учет сайтов, выбранных из результатов поиска; учет посещенных сайтов; таргетинг, ценообразование и частота показа объявления.

По каждому признаку G_k , $k=\overline{1,7}$ определяется степень соответствия объявлений множеству Op , т.е. формируется своя функция $\mu_{G_k}(o)$ принадлежности объявлений множеству подходящих объявлений. Можно рассматривать признаки как критерии, по которым оценивается насколько объявление является подходящим. Тогда интегральная оценка может определяться на основе методов свертывания критериев. В данном случае критерии (признаки) дополняют друг друга, причем важность их различна, поэтому принадлежность объявлений множеству Op будем определять по формуле выпуклой комбинации нечетких множеств [3]:

$$\mu_{Op}(o) = \sum_{i=1}^7 w_i \cdot \mu_{G_i}(o), \quad \sum_{i=1}^7 w_i = 1, \quad (5)$$

где w_i – вес i -го признака. Веса признаков определяются с использованием метода «парных сравнений». После того, как для каждого из вышеперечисленных признаков будет определен вес и значение функции принадлежности, можно будет определить искомое множество наиболее подходящих объявлений On .

В целом использование данного подхода при создании алгоритма поиска подходящих объявлений в системе поисковой рекламы позволяет в рамках одной модели совмещать самые различные факторы, характеризующие как объявления, так и пользователей. При этом каждому из факторов может быть определен свой весовой коэффициент, что позволяет легко корректировать степень влияния этих факторов на конечный результат. Это позволяет практически при любых условиях (поисковых

запросах и ограничениях) выдать пользователю релевантную и интересную ему информацию, что является полезным и для самих пользователей, и для рекламодателей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ландэ Д.В. Поиск знаний в Internet. Профессиональная работа. М.: Диалектика, 2005. 272 с.
2. Harold D. Google Advertising Tools. Sebastopol: O'Reilly Media. 2006. 366 p.
3. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. СПб.: БХВ-Петербург, 2003. 736 с.

ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА «АДРЕСНЫЙ ПЛАН Г. ХАНТЫ-МАНСЬИЙСКА»

А.В. Степанов, студент 5 курса;

*Ю.С. Угорелов, начальник Управления по информационным
ресурсам Администрации г. Ханты-Мансийска*

ТУСУР, г. Томск, т. 41-44-70, sav@gis.tusur.ru

В связи с бурным развитием информационных технологий и средств коммуникаций, в любом крупном городе актуальным является создание электронной карты города для общественного использования. Наиболее известны два способа реализации такого проекта: в виде Windows-приложения, либо в виде веб-приложения. Вариант реализации проекта в виде веб-приложения более удобен с точки зрения актуализации данных и удобства конечного пользователя, так как приложение становится доступным с любого компьютера, имеющего доступ к сети Internet/Intranet.

При реализации проекта в виде веб-приложения используется клиент-серверная технология и, как правило, проект основывается на платформах крупных фирм Autodesk, ESRI, MapInfo и т.д.

На базе платформы Autodesk студентами СКБ «Информатика» кафедры автоматизации обработки информации была разработана и введена в эксплуатацию веб-ориентированная геоинформационная система «Адресный план г. Ханты-Мансийска». Рассмотрим функциональность данной ГИС-системы.

Сервер системы располагается в сети Интернет по адресу <http://gis.admhmansy.ru>, является частью официального информационного портала органов местного самоуправления г. Ханты-Мансийска, работает автономно (имеет систему перекрестных ссылок с порталом). Сервер, помимо внешней сети Интернет, выдает информацию во внутреннюю корпоративную сеть Администрации города.

В ГИС-проекте предусмотрена система администрирования сервера с разграничением прав модераторов, а также ведение логов на все действия модераторов геоинформационной системы и клиентов.

Клиентская часть ГИС-приложения предоставляет пользователю возможность просмотра электронной карты в двух вариантах по выбору пользователя – векторном и растровом виде. В векторном варианте значительно проще, чем в растровом варианте, реализуется получение и вывод картографической и атрибутивной информации об объектах карты, но предполагается установка на компьютере клиента специальных модулей (plug-in). В геоинформационной системе «Адресный план г. Ханты-Мансийска» в качестве вьюера, требующего установки plug-in использовался ActiveXR Control, использующий формат Microsoft Internet Explorer.

При использовании растрового варианта на сервере из источников пространственных данных формируется запрошенная область карты, а затем посылается в виде файла растрового формата данных по запросу обратно в браузер. Для растрового представления пространственной информации в ГИС «Адресный план г. Ханты-Мансийска» использовался вьюер Autodesk MapGuide LiteView, не требующий установки дополнительного программного обеспечения на стороне клиента. Использование растрового варианта электронной карты дает пользователю возможность выбора Internet-браузеров, не привязанных к платформе Microsoft Windows. Кроме того, у пользователя нет необходимости использовать ActiveX-компоненты или Java-апплеты.

Клиентская часть геоинформационной системы позволяет осуществлять основные операции над графическими объектами:

- масштабирование;
- сдвиг карты;
- управление картой при помощи дополнительного уменьшенного вида карты;
- поиск объектов по реквизитам и отображение найденных результатов на карте (определение области и выделение цветом найденных объектов);
- просмотр семантической информации по объектам карты, управление слоями карты (включение/отключение слоев);
- измерение расстояния на карте;
- печать видимого фрагмента карты;
- просмотр фотографий, привязанных к объектам.

Графическая часть системы содержит следующие слои: жилые здания, нежилые здания и сооружения, дороги, водоемы, зеленые насаждения.

В представленной геоинформационной системе предполагается следующее описание графических объектов электронной карты:

- жилые здания: адрес (улица, номер), этажность, тип, год ввода в эксплуатацию, описание, 4 фотографии, примечание;
- нежилые здания и сооружения: адрес (улица, номер), этажность, тип, год ввода в эксплуатацию, название, описание, 4 фотографии, классификатор, примечание;
- дороги: адрес (улица), описание, 4 фотографии, примечание;
- водоемы: название, описание, 4 фотографии, примечание;
- зеленые насаждения: название, описание, 4 фотографии, примечание.

Система администрирования ГИС-приложения позволяет модераторам осуществлять доступ к данным по следующим уровням: чтение, изменение, добавление, удаление. Система администрирования позволяет изменять, добавлять, удалять семантическое описание объектов и фотографий, привязанных к этим объектам.

Результатом внедрения геоинформационной системы «Адресный план г. Ханты-Мансийска» стало повышение качества и количества информации о деятельности Администрации города и самом городе, предоставляемой Администрацией пользователям сети Интернет, а также повышение информированности жителей и гостей окружного центра о месторасположении и семантике объектов жизнедеятельности города.

РАЗРАБОТКА «ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО» КОМПЛЕКСА АНАЛИЗА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РЕЖИМНЫХ ПЕРЕМЕННЫХ И ХАРАКТЕРИСТИК В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

В.Г. Курбацкий, д.т.н., профессор; Н.В. Томин, аспирант

Актуальность задач анализа и прогнозирования режимных переменных и характеристик (РПХ) продиктована специфическими особенностями отечественных электрических сетей. В ходе практического использования современных российских ПВК по анализу и прогнозированию РПХ, выявлен ряд факторов [1], существенно снижающих качество решения указанных задач, а именно:

1. Отсутствие эффективной предварительной обработки исходной информации.

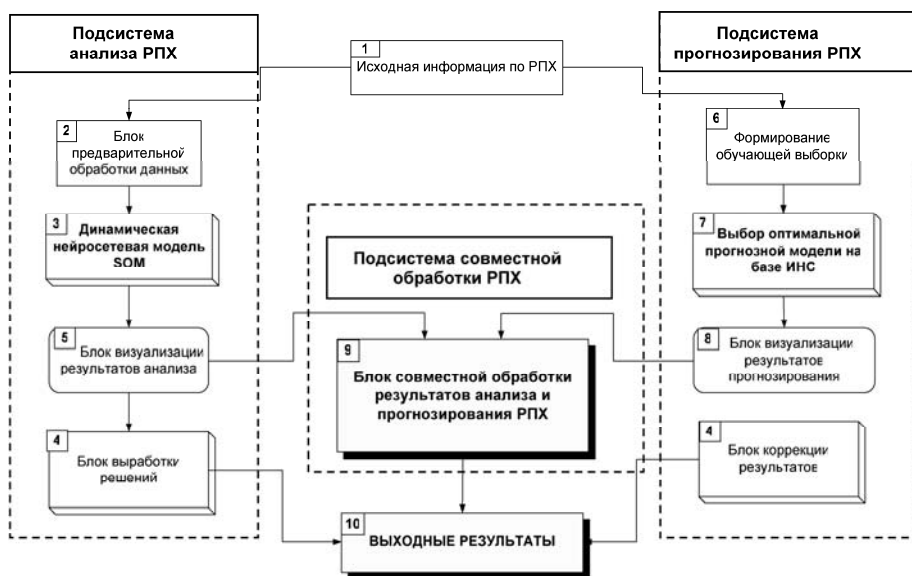
2. Слабая практика применения современных методов визуализации исходных данных и результатов расчета (к примеру, при выявлении «очагов»³ потерь электроэнергии (ЭЭ)).

³ Участок электрической сети с повышенными фактическими потерями ЭЭ.

3. Отсутствие анализа причин появления недопустимых значений исследуемого параметра и блока выработки управляющих воздействий при возникновении ненормальных ситуаций.

Несмотря на ряд существенных достоинств зарубежных ПВК, использующих мультиагентные и экспертные системы, принцип их действия при обработке информации не отражает современных российских реалий. Как правило, такие ПВК носят узкий, специализированный характер и ориентированы главным образом на электрические сети с хорошим приборным оснащением.

В работе предлагается универсальный «интеллектуальный» комплекс анализа и прогнозирования РПХ (рис.), в основе которого реализованы подходы, разработанные авторами [2], на базе технологий искусственного интеллекта (ТИИ) и алгоритмов нелинейного анализа данных.



Общая структура универсального «интеллектуального» комплекса анализа и прогнозирования РПХ

Подсистема анализа РПХ. В рамках этой подсистемы применяется нейросетевая процедура анализа и визуализации РП на базе самоорганизующихся карт Кохонена (SOM⁴). При этом используется концепция *двухступенчатого адаптивного обучения*, в основе которого реали-

⁴ Self-Organizing Maps – самоорганизующиеся карты.

зуется последовательное обучение в рамках алгоритмов SOM и *квантования вектора обучения* (LQV⁵), что обеспечивает более высокое качество кластерного анализа РПХ (в частности анализа потерь ЭЭ и потребления ЭЭ), по сравнению с традиционной системой обучения на базе SOM. Адаптивный характер кластеризации исходных данных позволяет выделить ряд важных признаков в исследуемых массивах РПХ, и визуализировать полученные результаты в виде кластерной структуры.

Подсистема прогнозирования РПХ. В данной подсистеме выбор оптимальной прогнозной нейросетевой модели реализован с помощью алгоритмов нелинейной оптимизации, что позволяет значительно повысить точность прогнозирования РПХ и сократить время на выбор наилучшего типа и архитектуры ИНС. Важно отметить, что решение задачи прогнозирования РПХ осуществляется в рамках статической *структуры ассоциативной машины* (СА), позволяющей интегрировать знания, накопленные «экспертами-нейросетями» в окончательное решение, что существенно снижает ошибку прогнозирования РПХ. Эффективность применения СА подтверждена представленными в работе экспериментальными расчетами по прогнозированию РПХ в электрических сетях ОЭС Сибири, в частности по прогнозированию величин электрической нагрузки и потерь ЭЭ.

Необходимо отметить, что функционирование представленных подсистем комплекса может осуществляться как автономно, когда подсистемы анализа и прогнозирования РПХ работают самостоятельно и независимо в виде отдельных программ, так и совместно в рамках **подсистемы совместной обработки РПХ**.

Предполагается, что дальнейшие практические исследования необходимо сконцентрировать на работе с объектно-ориентированной средой программирования Delphi и программным комплексом Statistica Neural Networks (SNN), с целью разработки Delphi-приложений для включения в SNN. Авторы считают, что использование современных программных продуктов позволит в полной мере реализовать идеологию предложенного «интеллектуального» комплекса по анализу и прогнозированию РПХ

ЛИТЕРАТУРА

1. *Томин Н.В.* Характеристика программных продуктов по искусственному интеллекту в решении электроэнергетических задач. Энергетика: управление, качество и эффективность использования энергоресурсов: сб. труд. IV Всерос. науч.-техн. конф. Благовещенск: АмГУ, 2005. С. 41–47.

2. *Курбацкий В.Г., Томин Н.В.* Практика использования новых информационных технологий для прогнозирования и анализа отдельных характеристик сетевых энергопредприятий // Проблемы энергетики. 2006. № 3–4. С. 84–91.

⁵ Learning Vector Quantization.

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ОЦЕНКИ РЕЖИМНЫХ ПЕРЕМЕННЫХ И ХАРАКТЕРИСТИК В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Курбацкий В.Г., д.т.н., профессор; Томин Н.В., аспирант

В настоящее время для оценки режимных переменных и характеристик (РПХ) в электроэнергетике широко используются статистические методы [1]: метод главных компонент, кластерный анализ, факторный анализ, а также технологии искусственного интеллекта (ТИИ) [2], в частности искусственные нейронные сети (ИНС) и генетические алгоритмы.

Осуществленная авторами оценка РПХ на базе современных ТИИ в электрических и тепловых сетях Братска и Иркутска позволило:

- получить в ряде исследуемых энергорайонов высокую точность прогноза электрической нагрузки порядка 1,1–1,5% по сравнению с достигнутыми, в рамках традиционных подходов, прогнозами – 2,5–4,0%;
- обеспечить относительно низкие ошибки (порядка 15%) при прогнозировании сверхнормативных потерь электроэнергии в распределительных электрических сетях 0,4–10 кВ, по сравнению с низкой точностью (порядка 30–50%) традиционных подходов;
- в задаче распределения тепловой энергии для тепловых сетей получить высокую точность прогнозов температуры наружного воздуха в пределах 1–2°C, по сравнению с прогнозами метода наименьших квадратов – 4–5°C

Экономический эффект от использования уточненных прогнозов РПХ для теплоэнергетического предприятия Братска составил 644 тыс. руб./год.

В ходе многочисленных экспериментальных исследований выявлено, что для получения устойчивых и надежных оценок РПХ, при наличии в исходной информации «грубых» ошибок, сбоев и других помех, необходимы робастные алгоритмы оценивания параметров.

В работе предлагается подход к анализу РПХ на базе самоорганизующихся карт SOM⁶. В основе анализа лежит *адаптивная кластеризация* исходных данных, позволяющая эффективно выделить особенности и различия в режимах работы электрической сети и своевременно выявить ненормальные режимы. Для этой цели в работе используется *двухступенчатый адаптивный классификатор* (рис. 1), использующий последовательное обучение в рамках алгоритмов SOM и *квантования вектора обучения* (LQV) [2]⁷, что обеспечило более высокое качество

⁶ Self-Organizing Maps – самоорганизующиеся карты.

⁷ Learning Vector Quantization.

кластерного анализа РП, по сравнению с традиционной моделью на базе SOM.

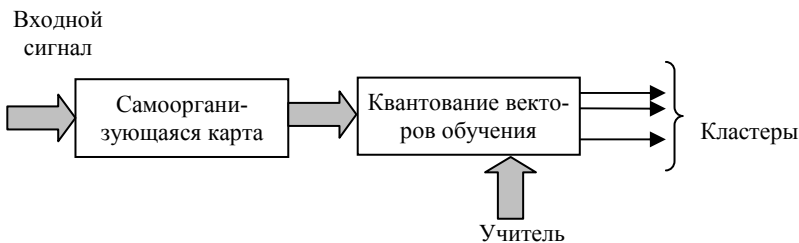


Рис. 1. Блочная диаграмма адаптивной классификации множеств

Процедура LQV в рамках стохастической аппроксимации использует информацию о классе для небольшого смещения вектора Вороного, что позволяет существенно улучшить качество кластерного анализа. Качественный эффект такого приема был получен авторами в различных экспериментальных расчетах по анализу потерь ЭЭ и потребления ЭЭ в реальных электрических сетях ОАО «Иркутскэнерго».

Рис. 2 наглядно иллюстрирует преимущества LQV-кластеризации по сравнению с традиционной кластеризацией SOM.

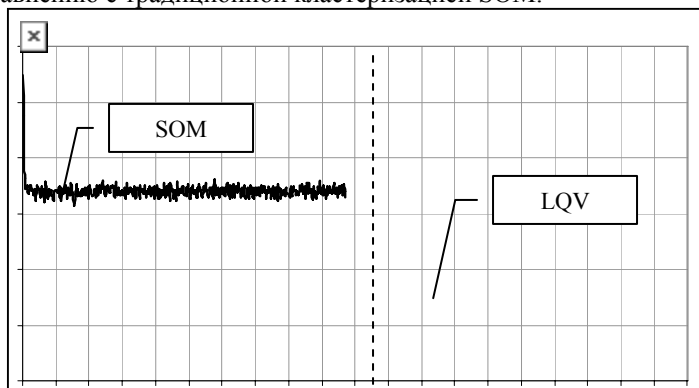


Рис. 2. Двухступенчатое адаптивное обучение нейросетевой модели Кохонена в задаче анализа потребления ЭЭ бытовым сектором

Использование предложенного нейросетевого подхода для анализа РПХ позволило выделить ряд важных свойств в исследуемом массиве данных и наглядно визуализировать полученные результаты в виде карт SOM (рис. 3). Неоднородности в «раскраске» SOM отвечают различным режимам работы электрической сети, что позволяет своевременно вы-

являть ненормальные (или аварийные) соотношения параметров при текущей эксплуатации системы.

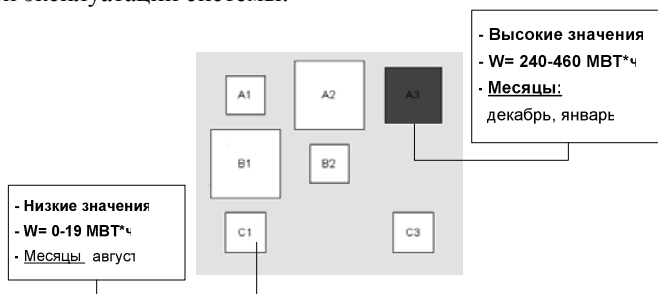


Рис. 3. Пример визуализации в виде SOM дебиторской задолженности в задаче анализа потребления ЭЭ

Авторы полагают, что крайне необходимы дальнейшие исследования в рамках предлагаемых подходов по достоверной оценке РПХ в электрических сетях, и требуется сосредоточить усилия на разработке и создании «интеллектуальной» динамической базы данных по анализируемым режимным параметрам и характеристикам.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Информационное обеспечение диспетчерского управления в электроэнергетике.* Новосибирск: Наука, 1986. 380 с
2. *Новые информационные технологии в задачах оперативного управления электроэнергетическими системами.* Екатеринбург: УрО РАН, 2002, 205 с.
3. Курбацкий В.Г., Томин Н.В. Применение искусственных нейронных сетей при формировании тарифов на тепловую и электрическую энергию // Промышленная энергетика. 2006. № 7. С. 7–11

КООРДИНАТОР РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ТРАНЗАКЦИЙ ДЛЯ НАСТОЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ

Д.П. Вагнер, аспирант каф. ЭМИС

ТСУСР г. Томск, т. 903-951-52-73, adios@lenta.ru

На сегодняшний день Microsoft Access (MS Access) является одной из наиболее популярных СУБД, используемых для разработки настольных баз данных, поскольку предоставляет не только широкий набор средств создания, поиска, управления и обработки данных, но также включает удобные механизмы визуального конструирования и настройки интерфейса. Немаловажным фактором, обуславливающим широкое

распространение MS Access, является полная интеграция с другими приложениями Microsoft Office (MS Word, MS Excel, MS Outlook и т.д.), а также использование Visual Basic for Applications при решении более сложных задач автоматизации либо создания интерфейса пользователя.

Однако одним из следствий такой популярности в настоящее время стал тот факт, что настольные базы данных зачастую используются в качестве основы для клиент-серверной технологии при разработке базы данных на предприятии. Нередко такая база данных функционирует в сетевом многопользовательском режиме без координации доступа к данным, что может приводить к искажению, либо потере информации. Например, в некоторых ситуациях число одновременно работающих с данными клиентов может достигать нескольких сотен, кроме того, на предприятии зачастую могут использоваться автоматизированные средства добавления или обновления информации. В таком случае и возникают ситуации, при которых вероятность потери либо искажения информации при попытке одновременной работы с записями таблиц существенно увеличивается.

Описанные проблемы были выявлены в результате вычислительно-го эксперимента, в котором несколько рабочих потоков осуществляли одновременную вставку записей в количестве от 25 до 100, в таблицу MS Access, имеющую поле с уникальным ключом. Эксперимент показал, что при наличии даже двух рабочих потоков процент потерь записей в связи повторением уникального ключа при вставке достигает 32–40%, при наличии трех уже – 39–50%, а при четырех потоках – 58–65%.

В подобных случаях необходимо ограничить число обращающихся пользователей к данным. Стоит также отметить, что для «клиент – серверных» баз данных, имеющих координатор распределенных транзакций, указанный выше эффект отсутствует. Однако при использовании MS Access решение проблемы координации доступа к данным возлагается на разработчика.

Возможности, предоставляемые непосредственно самим MS Access, заключаются в том, что процессор баз данных обеспечивает три уровня блокировок: блокировка базы данных, блокировка таблицы, блокировка страницы [1]. Однако данные способы могут лишь частично решить проблемы, связанные с ограничением доступа к данным, а комплексных методов решения данной проблемы у разработчика настольных баз данных не имеется.

Одним из путей решения поставленной задачи стала разработка схемы взаимодействия клиентской и серверной частей, использующей методы оповещения клиентов о текущем состоянии сервера и предоставления монопольного доступа клиенту, а также ее реализация на основе выбранного средства синхронизации.

Алгоритм работы предложенной схемы реализуется на следующих принципах:

- для упорядочивания взаимодействия всех клиентов на сервере используется «сервер транзакций» (приложение – сервер), а на клиентских машинах «клиентская компонента» (приложение – клиент);
- сервер, может работать в двух состояниях «свободен» или «занят» и предоставляет монопольный доступ к данным клиенту;
- в том случае, если сервер – в состоянии «свободен», любой клиент может к нему обратиться, и затем осуществить операции с данными, при этом сервер переходит в состояние «занят», вплоть до окончания всех операций данного клиента;
- если при обращении к серверу, клиент получает уведомление, о том, что сервер «занят», клиент становится в режим «ожидания», и получает доступ к серверу, только по окончании работы с ним другого клиента;
- неустойчивая работа любого из клиентов, например, сбой, зависание, отключение питания, не оказывает влияния на работу сервера или других клиентов.

Подобная схема позволяет обеспечить необходимый уровень защиты данных при одновременной работе с ними большого числа клиентов, ведь доступ для модификации в произвольный момент времени будет иметь только один клиент, а остальные будут находиться в режиме ожидания.

В качестве средства разработки был выбран язык программирования C++, реализованный в среде визуальной разработки приложений Visual C++. Этот язык имеет ряд преимуществ перед другими существующими языками программирования. Объектно-ориентированный стиль программирования (полиморфизм, множественное наследование, обработка исключительных ситуаций) обеспечивает эффективность языка C++, которая наиболее четко проявляется при создании больших программ и сложных программных проектов [2].

Для реализации схемы помимо средства разработки, необходимо выбрать и эффективное средство синхронизации и передачи данных между сервером и клиентом. При анализе возможных технологий необходимо учитывать тот факт, что взаимодействие сервера и клиентов будет осуществляться в локальной сети предприятия, а потому автором были рассмотрены следующие: взаимодействия посредством использования дисковых файлов, именованных каналов (Named Pipes) и сокетов (Windows Sockets).

Использование файлов в данной ситуации выглядит наиболее простым и очевидным решением. Действительно использование операций

чтения и записи файлов со стороны сервера и клиента позволяют эффективно обмениваться данными с помощью обыкновенных текстовых файлов. Однако у данного способа имеется существенный недостаток: неустойчивая работа клиента, например сбой оборудования или зависание, могут привести к тому, что дальнейшая работа сервера с другими клиентами станет невозможной вследствие того, что информация с зависшего клиента останется необработанной. Развитием идеи об использовании файлов служит технология на основе именованных каналов (Named Pipes). Действительно, эта технология удовлетворяет предъявляемым требованиям, устраняя вышеназванный недостаток, но именованные каналы не поддерживаются Win9x системами, а это во многих ситуациях может стать решающим фактором. Использование Windows Sockets в данной ситуации выглядит наиболее приемлемым вариантом, поскольку большинство современных операционных систем поддерживает сокеты на уровне встроенных в ядро библиотек, кроме того, они отличаются высокой степенью надежности при передаче данных, а также позволяют мгновенно отслеживать состояние соединения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мнацаканян А. Схемы блокировок в базах данных // <http://www.xserver.ru/computer/langprogr/basic/9/>
2. Мюррей У. Visual C++. Руководство для профессионалов. 1996.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА «ОТГРУЗКА ЭЛЕКТРОСТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ЦЕХА» ОАО «НКМК»

*А.Р. Вильданова, студентка 5 курса; Ю.Б. Гриценко, к.т.н., доцент
ТУСУР, г. Томск, т. 41-44-70, anka@ms.tusur.ru*

ОАО «Новокузнецкий металлургический комбинат» был основан в 1931 году. Поскольку производство развивается и информационные технологии не стоят на месте, процесс автоматизации производства продолжается и сейчас.

Целью данной работы является проектирование и разработка автоматизированной информационной системы «Отгрузка продукции электросталеплавильного цеха» (далее «Отгрузка ЭСПЦ») на ОАО «НКМК», которая необходима для организации централизованного сбора и хранения информации об отгрузке металла с ЭСПЦ как сторонним организациям, так и по комбинату, и передаче информации в другие подразделения комбината.

При отгрузке металла очень важен такой фактор, как время, затрачиваемое на доставку металла. Товар не может быть принятым или отгруженным, пока на него нет документов, за оформление и доставку которых отвечает персонал. В данной ситуации человеческий фактор играет большую роль, так как простои вагонов на железнодорожных путях ведут к колоссальным денежным убыткам. Кроме того, не исключена возможность порчи и потери бумажного документа при его доставке получателю, в результате чего тоже могут возникать серьезные сбои производства.

Таким образом, куда выгоднее использовать современные технологии для передачи информации. При помощи разрабатываемой системы информация об отгрузке появится у получателя раньше, чем придет товар, а значит, появляется возможность ускорить процесс его приема. Кроме того, все документы по производимой продукции должны храниться в архиве 50 лет и, поскольку это очень большой объем информации, ее удобнее хранить в электронном виде. Следует заметить, что АИС «Отгрузка ЭСПЦ» представляет собой универсальный модуль, что позволит растиражировать его на другие цеха комбината, поскольку структура таблиц БД универсальна.

В направлении автоматизации производства была спроектирована и реализована структура хранения данных об отгрузках металла ЭСПЦ под управлением СУБД Oracle 9i. На основании спроектированной базы данных был разработан программный продукт в виде веб-приложения с помощью программного пакета Oracle JDeveloper 10.1.

Основными функциями, реализованными в АИС «Отгрузка ЭСПЦ», являются:

- ввод и корректировка данных об отгрузке ЭСПЦ;
- передача данных по сети на головную часть рельсобалочного цеха (РБЦ);
- передача информации в планово-распределительное бюро (ПРБ) для учета хода производства;
- создание и печать необходимого количества выходных документов и отчетов, хранение выходных документов;
- хранение информации в архивах базы данных.

Визуальный интерфейс АИС «Отгрузка ЭСПЦ» приведен на рисунке.

Разработанный программный продукт в настоящее время внедряется в подструктуры ОАО «НМК». Информационная система призвана усовершенствовать процесс отгрузки металла электросталеплавильного цеха и обеспечить централизованное хранение информации.

На этапе оцифровки чертежей в среде инструментальной ГИС Autodesk Map присутствует постоянный характер изменений пространственных данных, при этом измененные пространственные данные записываются в Базу Данных Oracle Spatial.

Технология хранения пространственных данных не поддерживает механизм исключения дублирования геометрических объектов, что приводит к появлению в БД дублирующихся записей или объектов с одинаковой геометрией. Несмотря на то, что все пространственные объекты в БД имеют свой уникальный код, это не препятствует появлению в хранилище объектов с одинаковой геометрией, но имеющих разные идентификаторы. Это происходит в силу того, что пространственные объекты часто копируются и вставляются, при этом встроенные механизмы Autodesk Map не позволяют отследить объекты, имеющие одинаковую геометрию. Кроме того, дубликаты объектов появляются в результате неверных действий пользователей при обновлении пространственных данных. Например, объекты одного слоя могут быть дважды записаны в БД из файла чертежа, тогда загруженные из чертежа данные записываются «поверх» новых без их удаления.

Обычно процесс обновления данных в пространственном хранилище производится следующим образом: вначале удаляются все объекты требуемого слоя из БД, затем из файла чертежа, содержащего все инженерные коммуникации предприятия, объекты вновь загружаются, включая новые или измененные. После считывания все эти графические объекты записываются в БД. Далее запускается процедура генерации атрибутивных описаний объектов (или информационных карточек) на основе графических объектов и их объектных данных. Таким образом, для каждого объекта создается своя собственная информационная карточка (описание), которая в дальнейшем может быть заполнена значениями свойств объекта.

Во всех современных ГИС к геометрическим объектам прикрепляются атрибутивные описания, характеризующие их свойства, при этом атрибутивные описания зачастую хранятся непосредственно в тех же таблицах вместе с геометрией объекта. Такой подход оправдан в случае узкоспециализированной ГИС, ориентированной на картографирование и управление определенным видом инженерных сетей. В случае прикладной ГИС универсального назначения, атрибутивные описания хранят отдельно от графической информации, что позволяет в любой момент времени модифицировать их структуру согласно изменениям в инфраструктуре предприятия.

В то время как пространственные объекты удаляются, соответствующие им атрибутивные описания остаются в базе данных до тех пор,

пока они явно не будут удалены администратором системы. При генерации информационных карточек каждый раз происходит их повторное создание, вместо того, чтобы найти старые карточки и перепривязать к тем же самым графическим объектам. Это затруднено тем обстоятельством, что привязка графических и атрибутивных объектов осуществляется исключительно по идентификатору графического объекта, который при повторной записи такого объекта в БД будет уже другим, и, соответственно, привязанная к нему информационная карточка будет «потерянной», но по-прежнему будет существовать в базе данных. Таким образом, выявляются две существенные проблемы: проблема поиска и удаления объектов, имеющих одинаковую геометрию, и проблема потери информационных карточек графических объектов при изменении у них идентификатора.

Предлагаемая авторами технология хеширования пространственных данных позволяет найти и устранить дублирование одинаковых графических объектов и предотвратить генерацию избыточных атрибутивных описаний. Кроме того, «потерянные» информационные карточки всегда можно прикрепить к соответствующим графическим объектам, даже при изменении у них идентификаторов. Суть технологии состоит в следующем. Структура хранения пространственных данных модифицирована таким образом, что помимо графической информации, каждый графический объект имеет уникальный хеш-идентификатор, однозначно определяющий данный объект.

Хеш-идентификатор представляет собой 32-байтный шестнадцатеричный код, вычисляемый алгоритмом MD5, которому в качестве параметров передаются координаты всех точек, из которых состоит графический объект. Таким образом, если два объекта имеют одинаковый хеш-код, это означает что у них одинаковая геометрия, т.е. один из объектов является дубликатом второго (рис.).



Технология хеширования пространственных данных

Теперь каждый раз после обновления пространственных данных, производится выполнение процедуры, вычисляющей хеш-код, последовательно обходя все точки, из которых состоит объект. Рассчитанный по алгоритму MD5 хеш-код записывается в базу данных в ту же таблицу, где хранится геометрия объекта.

Благодаря использованию хранимого хеш-значения каждого графического объекта, процедура нахождения дубликатов занимает считанные секунды, в то время как обычные запросы на полную проверку геометрии объектов занимали несколько часов (при количестве объектов, равном ста тысячам). Кроме того, благодаря двойной привязке атрибутивных описаний к графическим объектам становится возможным нахождение «потерянных» информационных карточек и прикрепление их к соответствующим графическим объектам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вишняков В.Ю. ГИС В задачах эксплуатации инженерных сетей // Современные техника и технологии: Труды 12 Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 27–31 марта 2006 г. В 2 т. Томск: Изд-во Том. политехн. ун-та, 2006. Т. 2. С. 43–45.
2. Гриценко Ю.Б., Жуковский О.И., Рыбалов Н.Б., Вишняков В.Ю. Архитектура Веб-ориентированной АИС ведения генплана // Моделирование, программное обеспечение и наукоемкие технологии: Труды 2-й Всероссийской научно-практической конференции / Под общей ред. С.П. Молчанова. Новокузнецк: 14–17 марта 2006 г. СибГИУ. С. 327–332.
3. MD5 хеширование // <http://www.musthave.ru/articles/12.html>

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ РАСШИРЯЕМОГО ПРОГРАММНОГО СРЕДСТВА ПО АВТОМАТИЗАЦИИ ВЕДЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ПАСПОРТОВ НА ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

*Е.И. Юркин, студент 5 курса; И.С. Лакеев, студент 5 курса
ТУСУР, г. Томск, т. 41-44-70, uei@muma.tusur.ru*

Инфраструктура современного крупного промышленного предприятия (организации), например, ООО «Томскнефтехима» или высшего учебного заведения ТУСУР, представляет собой совокупность различных объектов, таких как здания, сооружения, колодцы и др. На каждый из таких объектов составляются технические паспорта.

По определению, технический паспорт – специализированный документ, который составляется на каждое капитальное здание и промышленное сооружение и является основным документом, содержащим

конструктивную и технико-экономическую характеристику объекта и все основные сведения, необходимые в процессе его эксплуатации.

Основная проблема, с которой сталкивается крупная организация при ведении технических паспортов – это огромный объем данных, который хранится на бумажных носителях. Данный вид хранения информации приводит к избыточной загрузке сотрудников организации.

Вышеперечисленные проблемы формируют задачу по созданию расширяемого программного средства по автоматизации ведения технических паспортов на здания и сооружения с единым централизованным хранилищем информации, с возможностью многопользовательского доступа и визуальным отображением объектов на электронном генеральном плане (далее ЭГП).

Одним из основных принципов построения расширяемого программного средства по автоматизации ведения технических паспортов на здания и сооружения является разработка модели представления технических паспортов. На этапе проектирования применялись два подхода.

1. Построение универсальной модели, в которой технические характеристики добавляются динамически в процессе заполнения БД. Построение такой модели сводится к проектированию модели, описывающей параметры характеристик. К преимуществам данного подхода можно отнести универсальность получившейся модели, а к недостаткам – большие требования к ресурсам для хранения больших объемов данных.

2. Построение модели, в которой набор характеристик будет статичен, каждая характеристика будет описана отдельной сущностью или полем сущности. Преимущества – низкие требования к ресурсам системы, высокая скорость выполнения запросов. Недостатки модели – отсутствие возможности изменения набора характеристик.

Ссылаясь на положение о технической эксплуатации промышленных зданий и сооружений, был выбран второй подход, так как набор характеристик в техническом паспорте определен и постоянен. Таким образом, для описания нового типа объекта, необходимо создать новую таблицу в базе данных со статичным набором характеристик, описывающих данный объект. Выбор данного подхода заключается в требовании от системы высокой скорости обработки запросов и, как следствие, быстрого получения результата.

Другим ключевым моментом построения программного средства является проектирование визуального интерфейса. Требования к нему исходят структуры технического паспорта. На каждый тип объекта существует определенная структура расположения полей для записи значений. Поэтому в приложении электронный паспорт каждого типа объ-

екта сохраняет структуру паспорта в бумажном виде, тем самым обеспечивая быструю адаптацию пользователя к программному средству.

В настоящее время в направлении автоматизации ведения технических паспортов спроектирована и реализована структура хранения данных о зданиях и сооружениях под СУБД Oracle 9.x. На основании спроектированной базы данных разработан программный комплекс «Техпаспорт» в среде визуального программирования Borland Delphi 7.0. Выбор именно этой среды обусловлен эффективностью средств разработки приложений баз данных, то есть программ, обслуживающих электронные хранилища информации.

Основными функциями, реализованными в АИС «Техпаспорт», являются:

- создание и редактирование паспорта на любой тип объекта;
- создание записи в любых типах справочников;
- занесение и ведение поэтажных планов здания и других изображений объектов;
- осуществлен механизм привязки техпаспортов к объектам ЭГП;
- ведение расширенного поиска и фильтрация созданных ранее паспортов;
- сохранение и откат изменений;
- разработан универсальный построитель отчетов;
- вывод технического паспорта на печать.

В дальнейшей перспективе – разработка модуля для динамического описания нового типа объекта, т.е. создание таблицы в базе данных с определенным статичным набором характеристик, описывающих новый тип объекта.

Представленный выше функциональный набор позволяет значительно экономить время и средства при работе с данным видом документации и дает возможность полностью сосредоточиться на поставленной задаче, при максимальных надежности и качестве результата.

В настоящее время система не имеет подобных аналогов в России, при этом вышеуказанный подход делает идею разработки и дальнейшего развития системы востребованной. Спроектированный программный комплекс «Техпаспорт» уже успешно внедрен в составе ГИС ООО «Томскнефтехим», а также автоматизированной информационной системы «ГИС-ТУСУР» ИАСУ «Университет».

СОДЕРЖАНИЕ

Информационное сообщение	3
--------------------------------	---

СЕКЦИЯ 1

РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН

Е.Б. Атутов, Ю.Л. Ломухин ОТРАЖЕНИЕ И ПРЕЛОМЛЕНИЕ ПЛОСКИХ ВОЛН НА ГРАНИЦАХ СЛУЧАЙНЫХ ДИСКРЕТНЫХ СРЕД.....	11
Е.И. Барыкина ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА НОРМАЛЬНЫХ И ИНВЕРСНЫХ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИХ СРЕД В ПОЛЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ВОЛНЫ	14
И.Н. Ваулин, А.В. Новиков ОЦЕНКА УГЛА ПРИХОДА И ГРУППОВОГО ВРЕМЕНИ ЗАПАЗДЫВАНИЯ РАДИОВОЛН ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ ПАРАБОЛИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ	16
В.Н. Путилов АНАЛИЗ РУПОРНОЙ АНТЕННЫ ДЛЯ РАДИОМЕТРА НА 1,4 ГГЦ	21
А.Н. Кудрявцев, Д.С. Раков НАПРАВЛЕННЫЙ МИКРОФОН: КОНЦЕПЦИЯ К РАЗРАБОТКЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЮ	22
А.А. Савин, В.И. Тисленко, В.М. Ильюшенко ВЫСОКОТОЧНАЯ РАДИОТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ В ГОРОДЕ	25
Б.И. Авдоченко, А.С. Задорин, В.А. Замотринский, А.А. Ильиных, Р.С. Круглов, Р.В. Литвинов, А.А. Шибельгут ПРИМЕНЕНИЕ РЕГУЛИЗИРУЮЩЕГО АЛГОРИТМА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОДНОМЕРНОГО ПРОФИЛЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ПО ЧАСТОТНОЙ ЗАВИСИМОСТИ КОЭФФИЦИЕНТА ОТРАЖЕНИЯ	28
М.С. Самулеев, К.В. Голев, В.И. Тисленко БОРТОВОЕ УСТРОЙСТВО РЕГИСТРАЦИИ РАБОЧИХ ПАРАМЕТРОВ АВТОМОБИЛЯ	30

СЕКЦИЯ 2

ЗАЩИЩЕННЫЕ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

О.В. Блохин АНАЛИЗ АЛГОРИТМА ПОТОЧНОГО ШИФРОВАНИЯ RC4.....	33
С.А. Большанин, С.В. Анисимов, М.А. Горбунов, С.С. Алимов, А.Р. Биктимиров, Е.А. Большанина, Д.С. Хохол ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ В ЗАЩИЩЕННЫХ СИСТЕМАХ СВЯЗИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВЫХ СИГНАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОРОВ	36
Д.Ю. Чан-фа СТАНДАРТЫ КОДИРОВАНИЯ В ПЕЙДЖИНГОВЫХ СЕТЯХ.....	40
Е.В. Игоничкина СИНХРОННЫЕ И САМОСИНХРОНИЗИРУЮЩИЕСЯ ПОТОЧНЫЕ КРИПТОСИСТЕМЫ.....	42
С.А. Мартовицкий ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ЗАЩИТЫ БЕСПРОВОДНЫХ ЛОКАЛЬНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ	45
С.И. Васильев, С.П. Лукьянов СИСТЕМА ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ПО БЕСПРОВОДНОМУ КАНАЛУ МЕЖДУ ГЕОРАДАРом И ПК	48

СЕКЦИЯ 3

АУДИОВИЗУАЛЬНАЯ ТЕХНИКА, БЫТОВАЯ РАДИОЭЛЕКТРОННАЯ АППАРАТУРА И СЕРВИС

С. Д. Баишев ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ ВИДЕОКАМЕРЫ	50
Т. Балбот МЕТОДЫ УСТРАНЕНИЯ ШУМА НА СТАТИЧЕСКИХ И ДИНАМИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ	53
П.В. Бухаров ТЕХНОЛОГИЯ НЕЛИНЕЙНОЙ ЛОКАЦИИ	57
Р.Е. Чириков, И.С. Костарев АЛГОРИТМ БЫСТРОГО МЕТОДА МНОГОПОЛЮСНИКА.....	60
Е.В. Дмитриченко УЛЬТРАКОМПАКТНАЯ КАМЕРА ДЛЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ МЕДИЦИНСКОЙ СИСТЕМЫ.....	63

Н.В. Глумова ВИДЕОМОНТАЖ	65
Е.Н. Грибов ПРИЕМО-ПЕРЕДАТЧИК ДЛЯ ЦИФРОВЫХ МЕДИЦИНСКИХ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ	69
И.В. Григорьев АЛГОРИТМЫ БЫСТРОГО ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ О СПОСОБЕ КОДИРОВАНИЯ МАКРОБЛОКА В СТАНДАРТЕ ВИДЕОСЖАТИЯ H.264.....	72
В.Ю. Костров, В.Ф. Коновалов ОКОНЕЧНЫЙ ВИДЕОУСИЛИТЕЛЬ ДЛЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ ТЕЛЕВИЗИОННОЙ СИСТЕМЫ.....	76
И.А. Кузнецов ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ КАПСУЛЬНОЙ ЭНДОСКОПИИ	79
А.Н. Линкевич ВОСПРИЯТИЕ ЗВУКА И ФОРМАТЫ ЦИФРОВОГО СЖАТИЯ	81
А.О. Малинюк, В.Ф. Коновалов БЛОК РАЗВЕРТОК ДЛЯ РАДИАЦИОННО-СТОЙКОЙ КАМЕРЫ НА ВИДИКОНЕ	85
И.В. Налетов МЕТОДЫ ПОСТОБРАБОТКИ ВИДЕОДАНЫХ	88
А.М. Заболоцкий, П.Е. Орлов МОДЕЛИРОВАНИЕ ВРЕМЕННОГО ОТКЛИКА ТРЕХПРОВОДНОЙ СТРУКТУРЫ С ОДНОЙ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ГРАНИЦЕЙ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ МОДАЛЬНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ	93
М.А. Петренко АКТИВНО-ИМПУЛЬСНЫЕ ТЕЛЕВИЗИОННЫЕ СИСТЕМЫ	95
Е.Г. Варфоломеев МУЛЬТИМЕДИЙНЫЕ ПРОЕКТОРЫ.....	98
А.М. Заболоцкий, А.Н. Каташов МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕАЛЬНЫХ ФРАГМЕНТОВ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ В СИСТЕМЕ TALGAT.....	100
Т.Р. Захаров ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ТЕЛЕВИЗИОННОГО СИГНАЛА	103
Е.В. Зайцева, В.Н. Масленников, В.Ф. Коновалов РАСЧЕТ ОТНОШЕНИЯ СИГНАЛ-ШУМ ДЛЯ ВИДЕОУСИЛИТЕЛЯ РАДИАЦИОННОСТОЙКОЙ ТВ КАМЕРЫ	106
А.М. Заболоцкий, И.Г. Бевзенко МОДАЛЬНЫЕ ИСКАЖЕНИЯ ИМПУЛЬСНОГО СИГНАЛА В КАБЕЛЕ МАРКИ ТРП-3-0,5	110

А.М. Заболоцкий, Е.Н. Горин МОДАЛЬНЫЕ ИСКАЖЕНИЯ ИМПУЛЬСНОГО СИГНАЛА В КАБЕЛЕ МАРКИ RJ-121	113
С.П. Куксенко НОВЫЙ СПОСОБ ПРЕДФИЛЬТРАЦИИ ПРИ РЕШЕНИИ СЛАУ С ПЛОТНЫМИ МАТРИЦАМИ ИТЕРАЦИОННЫМИ МЕТОДАМИ С ПРЕДОБУСЛОВЛИВАНИЕМ	115
С.П. Куксенко, С.Т. Сивцев ЗАВИСИМОСТЬ ОПТИМАЛЬНОГО ДОПУСКА ОБНУЛЕНИЯ ОТ ДИСКРЕТИЗАЦИИ АНТЕННЫ	119
И.Д. Краснов УСТРОЙСТВО ОТОБРАЖЕНИЯ ВИЗУАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ ПРИ ПОМОЩИ КРУГОВОЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ РАЗВЕРТКИ С ДИНАМИЧЕСКИ ИЗМЕНЯЮЩЕЙСЯ ЧАСТОТОЙ ВРАЩЕНИЯ.....	122

СЕКЦИЯ 4

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ. ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ РАДИООБОРУДОВАНИЯ

ПОДСЕКЦИЯ 4.1

ПРОЕКТИРОВАНИЕ БИОМЕДИЦИНСКОЙ АППАРАТУРЫ

А. Баннова, А. Архипова, Е. Казак ДИСТАНЦИОННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ ТЕРМОМЕТР.....	126
Е. Бугров, А. Бомбизов АВТОНОМНЫЙ АППАРАТ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОЙ КОРРЕКЦИИ (АПЭК-2).....	129
А. Лузина, А. Алексахин, А. Манжос ДАТЧИК ДЛЯ БИОРАДАРА	131
В. Молошников, М. Югай, Д. Быков ПОРТАТИВНОЕ ДИАГНОСТИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО С БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ	134
Ю. Пуризова, В. Трусов, А. Дорофеев ДАТЧИК ДЛЯ КАРДИОЛОГИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ.....	136
Н. Саяпин, Е. Интемиров, А. Сурков ДАТЧИК НА ОСНОВЕ ГЕНЕРАТОРА ШУМА	139

ПОДСЕКЦИЯ 4.2

КОНСТРУИРОВАНИЕ И ПРОИЗВОДСТВО РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Т.Х. Бибиков, А.Г. Лощилов

МОДЕЛЬ ЛИНИИ ПЕРЕДАЧИ С СОСРЕДОТОЧЕННЫМИ
НЕОДНОРОДНОСТЯМИ 141

А.В. Фатеев

МИКРОПОЛОСКОВАЯ ЗАМЕДЛЯЮЩАЯ СИСТЕМА 144

А.А. Ильиных, Б.И. Авдоченко, С.П. Лукьянов

ВИДЕОИМПУЛЬСНЫЙ РАДИОЛОКАТОР ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ
ВНУТРЕННЕЙ СРЕДЫ И ПОВЕРХНОСТИ ОБСАДНЫХ ТРУБ.
ПРИЕМНОЕ УСТРОЙСТВО 147

А.Г. Лощилов, Э.В. Семенов

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЛОЖНЫХ СИГНАЛОВ В ЗАДАЧАХ ИЗМЕРЕНИЯ
ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЦЕПЕЙ ВО ВРЕМЕННОЙ ОБЛАСТИ 150

И.Г. Лощилов

СИНТЕЗ МОДЕЛИ ЛИНИЙ ПЕРЕДАЧ С СОСРЕДОТОЧЕННЫМИ
ВКЛЮЧЕНИЯМИ НА ОСНОВЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ 155

А.В. Шабаш, Б.И. Авдоченко, С.П. Лукьянов, Р.В. Шпунтов, П.Ю. Чумерин

ВИДЕОИМПУЛЬСНЫЙ РАДИОЛОКАТОР ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ
ВНУТРЕННЕЙ СРЕДЫ И ПОВЕРХНОСТИ ОБСАДНЫХ ТРУБ.
ПЕРЕДАЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО 157

Р.В. Шпунтов, П.Ю. Чумерин

НАНОСЕКУНДНЫЙ ПРИЕМОПЕРЕДАЮЩИЙ МОДУЛЬ РЛС
С ВРЕМЕННОЙ КОМПРЕССИЕЙ ИМПУЛЬСА ПЕРЕДАТЧИКА 143

А.В. Титов

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК НАДЕЖНОСТИ
РАДИОАППАРАТУРЫ 163

СЕКЦИЯ 5

ИНТЕГРИРОВАННЫЕ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ

И.А. Борило

МОДУЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ЛАЗЕРНОГО ПРОЕКТОРА 166

П.А. Дудин

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМА МУРАВЬИНОЙ КОЛОНИИ В ЗАДАЧЕ
ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ НЕЧЕТКОЙ СИСТЕМЫ 167

Д.В. Клименко

ИНТЕРНЕТ ПОИСКОВАЯ МАШИНА ИЗОБРАЖЕНИЙ 170

С.В. Корытников GRID-СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ.....	171
Н.В. Ковалев, К.А. Князев, А.С. Котов, А.К. Лукьянов, А.П. Макрушин, А.Е. Наймушин МЕТОДЫ ИНДЕКСАЦИИ ВИДЕОПОТОКА.....	174
А.В. Лавыгина СТРУКТУРНАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ НЕЧЕТКИХ МОДЕЛЕЙ ТИПА НОЛЬ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА	175
М.Н. Макрушин МОДЕЛЬНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЗЕМНОГО РЕЛЬЕФА.	178
М.С. Немилова ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ НЕЧЕТКОЙ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ НЕЧЕТКИХ СИСТЕМ ТИПА 0	179
Д.О. Очаковский ПРОГРАММНАЯ СИСТЕМА ЛОКАЛИЗАЦИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ НОМЕРОВ В ВИДЕОТОКЕ MPEG НА УРОВНЕ DCT.....	181
П.В. Потапов ПРОГРАММНАЯ СРЕДА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ АЛГОРИТМОВ ОЦЕНКИ ДВИЖЕНИЯ ПРИ СЖАТИИ ВИДЕОДАННЫХ	184
В.В. Романенко, В.А. Ефремов, Е.М. Винник ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИЗУАЛЬНЫХ СРЕДСТВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДАННЫХ ПРИ КОНТРОЛЕ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ	187
К.В. Шинкаренко КОРРЕКЦИЯ ОШИБОК В СИСТЕМАХ ЦИФРОВОГО МУЛЬТИМЕДИА-ВЕЩАНИЯ	189
В.В. Ситникова, М.Н. Исаков АВТОМАТИЗАЦИЯ УЧЕТА АРЕНДНЫХ ОТНОШЕНИЙ В СРЕДЕ «1С:ПРЕДПРИЯТИЕ 7.7 ДЛЯ БЮДЕТНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ»	192
А.П. Туголуков, В.П. Бондаренко ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ DVD-ВИДЕОДАННЫХ	196
А.С. Юнусова, М.Н. Исаков АВТОМАТИЗАЦИЯ УЧЕТА ДЕРЖАТЕЛЕЙ БАНКОВСКИХ ДЕБЕТОВЫХ КАРТ	197

СЕКЦИЯ 6

КВАНТОВАЯ, ОПТИЧЕСКАЯ И НАНОЭЛЕКТРОНИКА

А.С. Акрестина, А.С. Вишнев, Р.В. Киселев, А.Ю. Матусевич СПЕКТРАЛЬНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ФОТОИНДУЦИРОВАННОГО ПОГЛОЩЕНИЯ В КРИСТАЛЛЕ $\text{Bi}_{12}\text{TlO}_{20}\text{:SA}$, НАВЕДЕННОГО ИЗЛУЧЕНИЕМ С ДЛИНОЙ ВОЛНЫ 660 НМ	201
--	-----

А.С. Задорин, Р.С. Круглов, А.А. Шибельгут, П.В. Чернов ДИСПЕРСИОННОЕ УРАВНЕНИЕ ФОТОННО-КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ВОЛОКНА.....	203
П.А. Карпушин, О. Фадеева, А.В. Гусев, В.М. Шандаров ВЛИЯНИЕ ДЛИНЫ ВОЛНЫ ЗАПИСЫВАЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕЛАКСАЦИИ ФОТОРЕФРАКТИВНЫХ ГОЛОГРАММ В КРИСТАЛЛАХ $\text{LiNbO}_3\text{:Fe:Cu}$	206
А.В. Каншу, Г.А. Суркова, В.М. Шандаров РАСПРОСТРАНЕНИЕ СВЕТА В ПЕРИОДИЧЕСКИХ ВОЛНОВОДНЫХ СТРУКТУРАХ, ФОРМИРУЕМЫХ ИСТОЧНИКАМИ НЕКОГЕРЕНТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ	208
А.А. Колегов, В.С. Беликов, Д.С. Бакланов ПОЛЯРИЗАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СВЕТОВЫХ ВОЛН НА ОТРАЖАТЕЛЬНОЙ ГОЛОГРАФИЧЕСКОЙ РЕШЕТКЕ В КРИСТАЛЛЕ ТИТАНАТА ВИСМУТА	211
А.И. Корнеев, Н.В. Першин ОПТОЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ С СУБМИКРОННЫМ P-N-ПЕРЕХОДОМ.....	214
А.О. Коваленко ВЛИЯНИЕ НЕКОГЕРЕНТНОЙ ПОДСВЕТКИ НА Z-SCAN ОТКЛИК В КРИСТАЛЛАХ С ПОВЕРХНОСТНЫМ ЛЕГИРОВАНИЕМ	216
С.А. Субочев, А.А. Кожушко, Д.А. Козорезов, В.М. Шандаров ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ РАСПРОСТРАНЕНИЯ СВЕТОВЫХ ПУЧКОВ В ОДНОМЕРНЫХ ФОТОННЫХ СВЕРХРЕШЕТКАХ В НИОБАТЕ ЛИТИЯ	219
В.Г. Круглов, П.А. Карпушин; А.В. Гусев, В.М. Шандаров ОПТИЧЕСКИ КОНФИГУРИРУЕМЫЙ РАСЩЕПИТЕЛЬ СВЕТОВЫХ ПУЧКОВ НА ОСНОВЕ НИОБАТА ЛИТИЯ С ФОТОРЕФРАКТИВНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ	221
В.Г. Поляков, М.В. Бородин САМОФОКУСИРОВКА ГАУССОВЫХ СВЕТОВЫХ ПУЧКОВ С ДВУМЕРНЫМ ПРОФИЛЕМ В ФОТОРЕФРАКТИВНОМ КРИСТАЛЛЕ $\text{Vt}_{12}\text{SiO}_{20}$ СРЕЗА (110) В ПОСТОЯННОМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ.....	224
К.В. Шандарова, Е.В. Смирнов, В.М. Шандаров, Д. Кип Х. Рютер ДИСКРЕТНАЯ ДИФРАКЦИЯ СВЕТА В КВАЗИПЕРИОДИЧЕСКИХ КАНАЛЬНЫХ ВОЛНОВОДНЫХ СТРУКТУРАХ В НИОБАТЕ ЛИТИЯ	227
Е.Ю. Марципака, А.А. Шибельгут ИЗЛУЧЕНИЕ ПОЛОСКОВОГО ЛАЗЕРА СО СТОХАСТИЧЕСКИМИ НЕОДНОРОДНОСТЯМИ ПОВЕРХНОСТИ АКТИВНОГО СЛОЯ.....	229
С.В. Шлыков, А.Н. Логвиненко, А.С. Стремужевская ДИНАМИКА ФОТОИНДУЦИРОВАННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КОЭФФИЦИЕНТА ОПТИЧЕСКОГО ПОГЛОЩЕНИЯ В ЛЕГИРОВАННЫХ КРИСТАЛЛАХ ТИТАНАТА ВИСМУТА	233

СЕКЦИЯ 7

ФИЗИЧЕСКАЯ И ПЛАЗМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

И.А. Багаева

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВА ОКСИДНЫХ ПЛЕНОК GaAs
МЕТОДОМ ФУРЬЕ-СПЕКТРОСКОПИИ 236

К.А. Булыгин

РАЗРАБОТКА ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО НАПРЯЖЕНИЯ
С ПРИМЕНЕНИЕМ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ МОНТАЖА
ЭЛЕМЕНТОВ 238

М.А. Федосова

НАНО-МИМ-ДИОД – НОВЫЙ ПОДХОД К ПРОЦЕССУ
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ФОРМОВКИ 240

И.Ф. Гарипов

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ НАПЫЛЕНИЯ И ОТЖИГА
ОМИЧЕСКИХ КОНТАКТОВ AUGENI И AUGENI/AU К GAAS
ПОЛЕВЫМ ТРАНЗИСТОРАМ 243

Э. А. Истомин

РАЗРАБОТКА ГИБРИДНОЙ ИНТЕГРАЛЬНОЙ СХЕМЫ
НА ОСНОВЕ ЭЛЕМЕНТА ХОЛЛА 246

Д.Н. Юренко, Е.Е. Шевелева, С.А. Смычков, Л.Н. Орликов

РЕВЕРСИВНЫЙ ТЕЧЕИСКАТЕЛЬ 230

А.С. Климов, П.С. Степанов

РАЗРЯД С СОСТАВНЫМ ПОЛЫМ КАТОДОМ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ
В ИСТОЧНИКЕ ЛЕНТОЧНОГО ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА 252

М.С. Коневин, М.А. Воронов

РАЗРАБОТКА РЕНТГЕНОШАБЛОНОВ ДЛЯ РЕНТГЕНОЛИТОГРАФИИ.. 255

Е.В. Копылов, А.Е. Егунов,

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ПЛЕНОК SiO₂ В НАНОМЕТРОВОМ ДИАПОЗОНЕ ТОЛЩИН..... 256

С.Ю. Корнилов, А.В. Кравцов, П.А. Лакида

ФОРМИРОВАНИЕ ПРЕЦИЗИОННЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ ПУЧКОВ
В СИСТЕМАХ С ПЛАЗМЕННЫМ ЭМИТТЕРОМ 259

О.Г. Лисянский, Т.В. Фурса

ИССЛЕДОВАНИЕ СВЯЗИ МАСШТАБНОГО ФАКТОРА
С ПАРАМЕТРАМИ МЕХАНОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ
В КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛАХ 265

А.Ю. Масюков, С.В. Беляев, В.Н. Давыдов

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ
ФОТОРЕЗИСТОРОВ 267

В.Н. Давыдов, А.Ю. Масюков ФЛУКТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ПОЛУПРОВОДНИКОВ В УСЛОВИЯХ ФОНОВОЙ ЗАСВЕТКИ	252
В.С. Медведева МДМ-СТРУКТУРА КАК АКТИВНЫЙ ЭЛЕМЕНТ ЭЛЕКТРОНИКИ.....	274
Е.Ф. Молоховская, Е.Л. Еремина, Т.С. Петрова ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МИС НА ОСНОВЕ GaAs С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРОННОЙ ЛИТОГРАФИИ.....	277
А.С. Петров, Пестов А.В. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТЕРМОРЕЗИСТОРОВ	280
Н.С. Сагитова ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ УЛУЧШЕНИЯ АДГЕЗИИ ПОЛИИМИДНЫХ ПЛЕНОК К ПОВЕРХНОСТИ SiO ₂ И GaAs В ТЕХНОЛОГИИ ИС СВЧ-ДИАПАЗОНА	282
Е.В. Саврук ВЛИЯНИЕ ДЕФЕКТОВ В ПЛЕНКЕ SiO ₂ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ СТРУКТУР ПЛЕНОЧНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ	284
Д.В. Веселов РАЗРАБОТКА СИЛОВОГО ДИОДА НА GaAs.....	287
Р.Х. Ятимов ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЛИТИЙ-ТИТАНОВЫХ ФЕРИТОВ	290
Д.В. Захаров ВЕРТИКАЛЬНЫЙ ПОЛЕВОЙ ТРАНЗИСТОР.....	292
В.Н. Давыдов, П.Е. Троян, Н.Г. Зайцев, С.В. Беляев ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ СТРУКТУР Ъ С ПРИМЕНЕНИЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ.....	294
А.Р. Зарипов ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОТЕРМОДИФУЗИОННОЙ СВАРКИ В ПРОИЗВОДСТВЕ GaAs-ФОТОКАТОДНЫХ УЗЛОВ	298
И.С. Жирков, А.В. Медовник ОБРАЗОВАНИЕ ЗААНОДНОЙ ПЛАЗМЫ В ФОРВАКУУМНОМ ЭЛЕКТРОННОМ ИСТОЧНИКЕ И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА НАГРЕВ ЭМИССИОННОГО ЭЛЕКТРОДА	300
В.Е. Баландин, П.А. Бесхлебная, Ю.С. Петрова, А.А. Борисенко УСТРОЙСТВО ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПОКРЫТИЙ ВНУТРИ ТРУБ.....	303

СЕКЦИЯ 8

РАСПРЕДЕЛЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ

П.Ю. Дитенбир ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ НАНОСТРУКТУРНЫХ МАТЕРИАЛОВ	306
С.С. Хузун, С.П. Лукьянов СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ БАЗОЙ ДАННЫХ ЦЕНТРА ГЕОРАДАРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ «РАДАР»	309
А.М. Кох ИНДЕКСАЦИЯ МЕДИА-ДАННЫХ	311
К.С. Коханенко ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ ОБРАБОТКИ МЕДИА-ДАННЫХ	314
Д.Ю. Копытков ОБЗОР ПРИНЦИПОВ ПОСТРОЕНИЯ ЕДИНОГО ПРОСТРАНСТВА ДАННЫХ	316
Д.Ю. Копытков МОДЕЛЬ ПОСТРОЕНИЯ ЕДИНОГО ПРОСТРАНСТВА ДАННЫХ НА ОСНОВЕ АСИНХРОННОЙ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СИСТЕМЫ	318
И.С. Лакеев, Е.И. Юркин, Ю.Б. Гриценко АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА АНАЛИЗА ПРОСТРАНСТВЕННЫХ БАЗ ДАННЫХ	321
С.С. Ошепков ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В УПРАВЛЕНИИ ВНУТРЕННЕЙ ИНФРАСТРУКТУРОЙ ВУЗА	324
А.В. Отчалко ТЕХНОЛОГИЯ ПРОСМОТРА ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ	326
Е.А. Сачек, Н.Б. Рыбалов, В.Ю. Вишняков ТЕХНОЛОГИЯ МОНИТОРИНГА ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ ВЕБ-ОРИЕНТИРОВАННОЙ ГИС	328
Д.С. Сайнаков ОБЛАСТЬ ПРИМЕНИМОСТИ ПОСТРЕЛЯЦИОННЫХ БАЗ ДАННЫХ	330
В.В. Силич ОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ПОИСКОВОЙ РЕКЛАМЫ В СЕТИ ИНТЕРНЕТ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ	332
А.В. Степанов, Ю.С. Угорелов ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА «АДРЕСНЫЙ ПЛАН Г. ХАНТЫ-МАНСИЙСКА»	335

В.Г. Курбацкий,; Н.В. Томин РАЗРАБОТКА «ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО» КОМПЛЕКСА АНАЛИЗА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РЕЖИМНЫХ ПЕРЕМЕННЫХ И ХАРАКТЕРИСТИК В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ	337
В.Г. Курбацкий, Н.В.Томин ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ОЦЕНКИ РЕЖИМНЫХ ПЕРЕМЕННЫХ И ХАРАКТЕРИСТИК В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ	340
Д.П. Вагнер КООРДИНАТОР РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ТРАНЗАКЦИЙ ДЛЯ НАСТОЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ.....	342
А.Р. Вильданова, Ю.Б. Гриценко АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА «ОТГРУЗКА ЭЛЕКТРОСТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ЦЕХА» ОАО «НКМК».....	345
В.Ю. Вишняков, О.И. Жуковский, Ю.Б. Гриценко ПРОБЛЕМА ИДЕНТИФИКАЦИИ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ.....	347
Е.И. Юркин, И.С. Лакеев ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ РАСШИРЯЕМОГО ПРОГРАММНОГО СРЕДСТВА ПО АВТОМАТИЗАЦИИ ВЕДЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ПАСПОРТОВ НА ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ	350

Научное издание

Научная сессия ТУСУР – 2007

Материалы

Всероссийской научно-технической конференции

студентов, аспирантов и молодых ученых

3–5 мая 2007 г., Томск, Россия

В пяти частях

Часть 5

Корректор – **И.А. Васильева**

Верстка **В.М. Бочкаревой**

Дизайн обложки **В. Глушко**

Издательство «В-Спектр»

Сдано на верстку 15.03.2007. Подписано к печати 01.04.2007.

Формат 60×84¹/₁₆. Печать трафаретная.

Печ. л. 23. Усл. печ. 21. Уч.-изд. л. 22,5.

Тираж 200 экз. Заказ 19.

Тираж отпечатан в издательстве «В-Спектр»

ИНН/КПП 7017129340/701701001, ОГРН 1057002637768

634055, г. Томск, пр. Академический, 13-24, Тел. 49-09-91.

E-mail: bmwm@list.ru