

Министерство образования и науки Российской Федерации
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)

НАУЧНАЯ СЕССИЯ ТУСУР–2011

**Материалы
Всероссийской научно-технической конференции
студентов, аспирантов и молодых ученых
«Научная сессия ТУСУР–2011»**

4–6 мая 2011 г.

В шести частях

Часть 2

**В-Спектр
Томск 2011**

УДК 621.37/.39+681.518 (063)

ББК 32.84я431+32.988я431

Н 34

Н 34 Научная сессия ТУСУР–2011: Материалы Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 4–6 мая 2011 г. – Томск: В-Спектр, 2011: В 6 частях. – Ч. 2. – 348 с.

ISBN 978-5-91191-205-8

ISBN 978-5-91191-207-4 (Ч. 2)

Материалы 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, нанофотоники, физической, плазменной, квантовой, промышленной электроники, радиотехники, информационно-измерительных приборов и устройств, распределенных информационных технологий, вычислительного интеллекта, автоматизации технологических процессов, в частности в системах управления и проектирования, информационной безопасности и защите информации. Представлены статьи по математическому моделированию в технике, экономике и менеджменте, антикризисному управлению, автоматизации управления в технике и образовании, а также работы, касающиеся социокультурных проблем современности, экологии, мониторинга окружающей среды и безопасности жизнедеятельности.

УДК 621.37/.39+681.518 (063)

ББК 32.84я431+32.988я431

ISBN 978-5-91191-205-8

ISBN 978-5-91191-207-4 (Ч. 1)

© Том. гос. ун-т систем управления
и радиоэлектроники, 2011

Министерство образования и науки Российской Федерации
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)

**Всероссийская научно-техническая конференция
студентов и молодых ученых
«Научная сессия ТУСУР – 2011»
4–6 мая 2011 г.**

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ

- *Шурыгин Ю.А.* – председатель Программного комитета, ректор ТУСУРа, заслуженный деятель науки РФ, д.т.н., профессор;
- *Шелупанов А.А.* – сопредседатель Программного комитета, проректор по НР ТУСУРа, зав. каф. КИБЭВС ТУСУРа, д.т.н., профессор;
- *Беляев Б.А.*, зав. лабораторией электродинамики» Ин-та физики СО РАН, д.т.н., г. Красноярск;
- *Ворошилин Е.П.*, зав. каф. ТОР, к.т.н.;
- *Голиков А.М.*, доцент каф. РТС, к.т.н.;
- *Грик Н.А.*, зав. каф. ИСР, д.ист.н., профессор;
- *Давыдова Е.М.*, зам. зав. каф. КИБЭВС по УР, доцент каф. КИБЭВС, к.т.н.;
- *Дмитриев В.М.*, зав. каф. ТОЭ, д.т.н., профессор;
- *Еханин С.Г.*, профессор. каф. КУДР, д.ф.-м.н., доцент;
- *Ехлаков Ю.П.*, проректор по информатизации и управлению ТУСУРа, зав. каф. АОИ, д.т.н., профессор;
- *Зариковская Н.В.*, доцент каф. ФЭ, к.ф.-м.н.;
- *Карташев А.Г.*, профессор каф. РЭТЭМ, д.б.н.
- *Катаев М.Ю.*, профессор каф. АСУ, д.т.н.;
- *Коцубинский В.П.*, зам. зав. каф. КСУП, доцент каф. КСУП, к.т.н.;
- *Лоцилов А.Г.*, с.н.с. СКБ «Смена» ТУСУРа, к.т.н.;
- *Лукин В.П.*, директор отд. распространения волн Ин-та оптики атмосферы СО РАН, почетный член Американского оптического общества, д.ф.-м.н., профессор, г. Томск;
- *Малюк А.А.*, декан фак-та информационной безопасности МИФИ, к.т.н., г. Москва;
- *Малютин Н.Д.*, начальник НУ ТУСУРа, директор НОЦ «Нанотехнологии», д.т.н., профессор;

- *Мещеряков Р.В.*, зам. начальника НУ ТУСУРа, доцент, зам. зав. каф. КИБЭВС по НР, к.т.н.;
- *Мицель А.А.*, профессор, зам. зав. каф. АСУ, д.т.н.;
- *Осипов Ю.М.*, зав. отделением каф. ЮНЕСКО ТУСУРа, академик Международной академии информатизации, д.э.н., д.т.н., профессор;
- *Пустынский И.Н.*, зав. каф. ТУ, заслуженный деятель науки и техники РФ, д.т.н., профессор;
- *Разинкин В.П.*, профессор, каф. ТОР НГТУ, д.т.н., г. Новосибирск;
- *Семиглазов А.М.*, профессор каф. ТУ, д.т.н.;
- *Суслова Т.И.*, декан ГФ, зав. каф. КС, д.ф.н., доцент;
- *Титов А.А.*, профессор каф. РЗИ, д.т.н., доцент;
- *Троян П.Е.*, зав. каф. ФЭ, д.т.н., профессор;
- *Уваров А.Ф.*, проректор по инновационному развитию и международной деятельности ТУСУРа, зав. каф. УИ, к.э.н.;
- *Ходашинский И.А.*, профессор каф. АОИ, д.т.н.;
- *Черепанов О.И.*, профессор каф. ЭСАУ, д.ф.-м.н.;
- *Шарангович С.Н.*, профессор, зав. каф. СВЧиКР, к.ф.-м.н.;
- *Шарыгин Г.С.*, зав. каф. РТС, д.т.н., профессор;
- *Шостак А.С.*, профессор каф. КИПР, д.т.н.

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

- *Шелупанов А.А.* – председатель Организационного комитета, проректор по НР ТУСУРа, зав. каф. КИБЭВС, д.т.н., профессор;
- *Ярымова И.А.* – зам. председателя Оргкомитета, зав. ОППО ТУСУРа, к.б.н.;
- *Юрченкова Е.А.* – секретарь Оргкомитета, инженер ОППО ТУСУРа, к.х.н.

СЕКЦИИ КОНФЕРЕНЦИИ

- Секция 1. Радиотехнические системы и распространение радиоволн.
Председатель секции – Шарыгин Герман Сергеевич, зав. каф. РТС, д.т.н., проф.; зам. председателя – Тисленко Владимир Ильич, проф. каф. РТС, д.т.н., доцент.
- Секция 2. Защищенные телекоммуникационные системы. Председатель секции – Голиков Александр Михайлович, доцент каф. РТС, к.т.н.; зам. председателя – Бернгардт Александр Самуилович, доцент каф. РТС, к.т.н.
- Секция 3. Аудиовизуальная техника, бытовая радиоэлектронная аппаратура и сервис. Председатель секции – Пустынский Иван

- Николаевич, зав. каф. ТУ, д.т.н., проф.; зам. председателя – Костевич Анатолий Геннадьевич, с.н.с. каф. ТУ НИЧ, к.т.н.
- Секция 4. Проектирование биомедицинской аппаратуры. Председатель секции – Еханин Сергей Георгиевич, проф. каф. КУДР, д.ф.-м.н., доцент; зам. председателя – Романовский Михаил Николаевич, доцент каф. КУДР, к.т.н.
- Секция 5. Конструирование и технологии радиоэлектронных средств. Председатель секции – Лошилов Антон Геннадьевич, с.н.с. СКБ «Смена», к.т.н.; зам. председателя – Бомбизов Александр Александрович, м.н.с. СКБ «Смена».
- Секция 6. Интегрированные информационно-управляющие системы. Председатель секции – Катаев Михаил Юрьевич, проф. каф. АСУ, д.т.н.; зам. председателя – Бойченко Иван Валентинович, доцент каф. АСУ, к.т.н.
- Секция 7. Оптические информационные технологии, нанофотоника и оптоэлектроника. Председатель секции – Шарангович Сергей Николаевич, проф., зав. каф. СВЧикР, к.ф.-м.н.; зам. председателя – Буримов Николай Иванович, зав. УНЛ каф. ЭП НИЧ, к.т.н.
- Секция 8. Физическая и плазменная электроника. Председатель секции – Троян Павел Ефимович, зав. каф. ФЭ, д.т.н., проф.; зам. председателя – Смирнов Серафим Всеволодович, проф. каф. ФЭ, д.т.н.
- Секция 9. Распределённые информационные технологии и системы. Председатель секции – Ехлаков Юрий Поликарпович, проректор по информатизации и управлению ТУСУРа, зав. каф. АОИ, д.т.н., проф.; зам. председателя – Сенченко Павел Васильевич, декан ФСУ, доцент каф. АОИ, к.т.н.
- Подсекция 9.1. Распределённые информационные технологии и системы. Председатель секции – Ехлаков Юрий Поликарпович, проректор по информатизации и управлению ТУСУРа, зав. каф. АОИ, д.т.н., проф.; зам. председателя – Сенченко Павел Васильевич, декан ФСУ, доцент каф. АОИ, к.т.н.
- Подсекция 9.2. Современные библиотечные технологии. Председатель секции – Абдрахманова Марина Викторовна, зав. библиотекой ТУСУРа; зам. председателя – Карауш Александр Сергеевич, доцент каф. РЗИ, к.т.н.
- Секция 10. Вычислительный интеллект. Председатель секции – Ходашинский Илья Александрович, проф. каф. АОИ, д.т.н.; зам. председателя – Лавыгина Анна Владимировна, ст. преп. каф. АОИ, к.т.н.

- Секция 11. Автоматизация технологических процессов. Председатель секции – Давыдова Елена Михайловна, доцент, зам. зав. каф. КИБЭВС по УР, к.т.н.; зам. председателя – Зыков Дмитрий Дмитриевич, доцент каф. КИБЭВС, к.т.н.
- Секция 12. Аппаратно-программные средства в системах управления и проектирования. Председатель секции – Шурыгин Юрий Алексеевич, ректор ТУСУРа, зав. каф. КСУП, д.т.н., проф.; зам. председателя – Коцубинский Владислав Петрович, доцент каф. КСУП, к.т.н.
- Подсекция 12.1. Интеллектуальные системы проектирования технических устройств. Председатель секции – Черкашин Михаил Владимирович, декан ФВС, доцент каф. КСУП, к.т.н.
- Подсекция 12.2. Адаптация математических моделей для имитации сложных технических систем. Председатель секции – Коцубинский Владислав Петрович, доцент каф. КСУП, к.т.н.
- Подсекция 12.3. Инструментальные средства поддержки сложного процесса. Председатель секции – Хабибуллина Надежда Юрьевна, доцент каф. КСУП, к.т.н.
- Подсекция 12.4. Автоматизация проектирования в AutoCAD и КОМПАС. Председатель секции – Дорофеев Сергей Юрьевич, ассистент каф. КСУП.
- Секция 13. Радиотехника. Председатель секции – Титов Александр Анатольевич, проф. каф. РЗИ, д.т.н., доцент; зам. председателя – Семенов Эдуард Валерьевич, доцент каф. РЗИ, к.т.н.
- Секция 14. Методы и системы защиты информации. Информационная безопасность. Председатель секции – Шелупанов Александр Александрович, проректор по НР ТУСУР, зав. каф. КИБЭВС, д.т.н., проф.; зам. председателя – Мещеряков Роман Валерьевич, зам. начальника НУ ТУСУР, доцент, зам. зав. каф. КИБЭВС по НР, к.т.н.
- Секция 15. Информационно-измерительные приборы и устройства. Председатель секции – Черепанов Олег Иванович, проф. каф. ЭСАУ, д.ф.-м.н.; зам. председателя – Шидловский Виктор Станиславович, доцент каф. ЭСАУ, к.т.н.
- Секция 16. Промышленная электроника. Председатель секции – Михальченко Геннадий Яковлевич, директор НИИ ПрЭ, д.т.н., проф.; зам. председателя – Семенов Валерий Дмитриевич, проф., зам. зав. каф. ПрЭ по НР, к.т.н.
- Секция 17. Математическое моделирование в технике, экономике и менеджменте. Председатель секции – Мицель Артур Александрович, проф. каф. АСУ, д.т.н.; зам. председателя – Зариковская Наталья Вячеславовна, доцент каф. ФЭ, к.ф.-м.н.

- Подсекция 17.1. Моделирование в естественных и технических науках. Председатель секции – Зариковская Наталья Вячеславовна, доцент каф. ФЭ, к.ф.-м.н.
- Подсекция 17.2. Моделирование, имитация и оптимизация в экономике. Председатель секции – Мицель Артур Александрович, проф. каф. АСУ, д.т.н.; зам. председателя – Кузьмина Елена Александровна, доцент каф. АСУ, к.т.н.
- Секция 18. Экономика и управление. Председатель секции – Осипов Юрий Мирзоевич, зав. отделением каф. ЮНЕСКО, д.э.н., д.т.н., проф.; зам. председателя – Васильковская Наталья Борисовна, доцент каф. экономики, к.э.н.
- Секция 19. Антикризисное управление. Председатель секции – Семиглазов Анатолий Михайлович, проф. каф. ТУ, д.т.н.; зам. председателя – Бут Олеся Анатольевна, ассистент каф. ТУ.
- Секция 20. Экология и мониторинг окружающей среды. Безопасность жизнедеятельности. Председатель секции – Карташев Александр Георгиевич, проф. каф. РЭТЭМ, д.б.н.; зам. председателя – Смолина Татьяна Владимировна, доцент каф. РЭТЭМ, к.б.н.
- Секция 21. Социокультурные проблемы современности. Председатель секции – Суслова Татьяна Ивановна декан ГФ, декан ГФ, зав. каф. КС, д.ф.н., доцент; зам. председателя – Грик Николай Антонович, зав. каф. ИСР, д.ист.н., проф.
- Подсекция 21.1. Актуальные проблемы социальной работы в современном обществе. Председатель секции – Грик Николай Антонович, зав. каф. ИСР, д.ист.н., проф.; зам. председателя – Казакевич Людмила Ивановна, доцент каф. ИСР, к.ист.н.
- Подсекция 21.2. Философия и специальная методология. Председатель секции – Московченко Александр Дмитриевич, зав. каф. философии, д.ф.н., проф.; зам. председателя – Раитина Маргарита Юрьвна, к.ф.н., доцент каф. философии.
- Секция 22. Инновационные проекты, студенческие идеи и проекты. Председатель секции – Уваров Александр Фавстович, проректор по инновационному развитию и международной деятельности ТУСУР, к.э.н.; зам. председателя – Чекчеева Наталья Валерьевна, зам. директора Студенческого бизнес-инкубатора (СБИ), к.э.н.
- Секция 23. Автоматизация управления в технике и образовании. Председатель секции – Дмитриев Вячеслав Михайлович, зав. каф. ТОЭ, д.т.н., проф.; зам. председателя – Ганджа Тарас Викторович, доцент ВКИЭМ, к.т.н.

- Секция 24. Проектная деятельность школьников в сфере информационно-коммуникационных технологий. Председатель секции – Вьюгова Татьяна Сергеевна, руководитель отдела образовательных программ ОЦ «Школьный университет».
- Секция 25. Системы и сети электро- и радиосвязи. Председатель секции – Ворошилин Евгений Павлович, зав. каф. ТОР, к.т.н.; зам. председателя – Белов Владимир Иванович, доцент каф. ТОР, к.т.н.
- Секция 26. Проектирование и эксплуатация радиоэлектронных средств. Председатель секции – Шостак Аркадий Степанович, проф. каф. КИПР, д.т.н.; зам. председателя – Озёркин Денис Витальевич, декан РКФ, доцент каф. КИПР, к.т.н.

Адрес Оргкомитета:

**634050, Россия, г. Томск,
пр. Ленина, 40, ГОУ ВПО «ТУСУР»,
Научное управление (НУ), к. 205
Тел.: 8-(3822)-701-524, 701-582
E-mail: nstusur@main.tusur.ru**

1-й том – 1–7-я секции;
2-й том – 8–10, 13-я секции;
3-й том – 11-я, 14-я секции;
4-й том – 12, 15, 19-я секции;
5-й том – 16–18-я секции;
6-й том – 20–26-я секции.

СЕКЦИЯ 8

ФИЗИЧЕСКАЯ И ПЛАЗМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

*Председатель – Троян П.Е., зав. каф. ФЭ, д.т.н., профессор
зам. председателя – Смирнов С.В., проф. каф. ФЭ, д.т.н.*

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛЮМИНОФОРНЫХ ПОКРЫТИЙ В ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ИСТОЧНИКАХ СВЕТА

*Е.В. Саврук, аспирант каф ФЭ,
Ю.С. Гончарова, студентка каф. АОИ
Научный руководитель С.В. Смирнов, проф., д.т.н.
г. Томск, ТУСУР, Xel91@mail.ru*

Увеличение светового потока, увеличение эффективности – это путь повышения количественных показателей полупроводниковых источников света, но есть еще и качественные показатели, к которым можно отнести индекс цветопередачи (R_a) и цветовую температуру, которые определяются спектральным составом излучения. Чем больше значение R_a , тем естественнее будут выглядеть цвета в свете источника. Цветовая температура, измеряемая в градусах Кельвина, может варьироваться от теплого белого (менее 3500 К) до холодного белого (более 5300 К). Для освещения в квартирах требуется, в основном, теплый свет, создающий спокойную расслабляющую атмосферу. В настоящее время полупроводниковые источники света выпускаются преимущественно холодного белого цвета в диапазоне температур 5000–8300 К, поэтому эти источники света применяются для уличного освещения [1]. Последние результаты показали, что достигнут очень высокий уровень количественных показателей для полупроводниковых светодиодов синего цвета на основе GaN и его твердых растворов при внутренней квантовой эффективности, близкой к 100%, и внешней квантовой эффективности порядка 30% [2]. При этих характеристиках светодиодов особое внимание уделяется вопросу улучшения качественных показателей, а именно преобразованию синего цвета в белый с помощью люминофорного покрытия и достижения оптимального соотношения цветов.

Для преобразования монохроматического излучения светодиода длиной волны 440–470 нм на основе нитрида галлия в белый свет ис-

пользуются алюминатные люминофоры со структурой граната, образованные с участием оксидов иттрия и гадолиния, активированные церием. Содержание церия обычно составляет от 0,05 до 0,1 ат.%. Люминофор имеет максимум в спектре люминесценции при 580–680 нм с полушириной полосы излучения 120–140 нм и при смешивании с излучением светодиода дает «белый» свет с цветовой температурой 4000–5000 К. Типичный спектр полупроводникового источника «белого» света на основе нитрида галлия представлен на рис. 1.

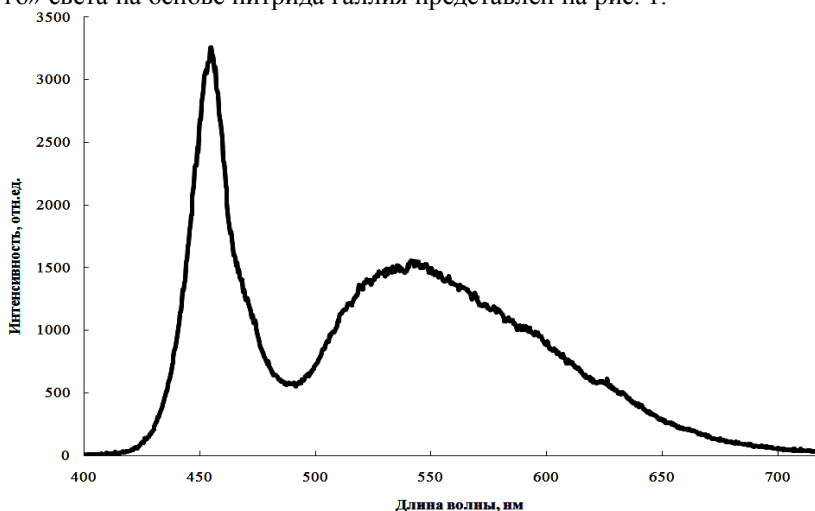


Рис. 1. Спектр излучения полупроводникового источника «белого» света

Целью данной работы являлось исследование люминесценции люминофоров ФЛЖ-7 (ООО НПК «Люминофор») и AWB3 (Тайвань) в диапазоне температур от 0 до 180 °С. Исследования проводились с целью оптимизации температурного режима люминофорного покрытия и достижения тем самым его наибольшей эффективности использования. Нагрев образца осуществлялся с помощью электрического термозлемента, с точностью задания температуры не хуже чем ± 2 °С. Возбуждение излучения осуществлялось с помощью излучающего диода (фирмы Semi LED, Тайвань) с длиной волны в максимуме 455 нм со световым потоком порядка 50 лм. Контроль яркости свечения люминофора осуществлялся с помощью системы высокого разрешения фирмы Avantes (Голландия) в спектральном диапазоне от 540 до 740 нм. Измерения осуществлялись на «просвет», то есть при прохождении синего света светодиода сквозь слой люминофора, нанесенного тонким слоем в 20–50 мкм на поверхность покровного стекла. Характерный спектр излучения люминофора представлен на рис. 2.

Наличие нескольких максимумов в спектре свидетельствует о неоднородности фазового состава иттрий-гадолиниевого граната.

На рис. 3 представлены температурные зависимости наиболее сильных линий свечения люминофора, из которых следует, что интенсивность люминесценции растет с ростом температуры примерно до 100–110 °С.

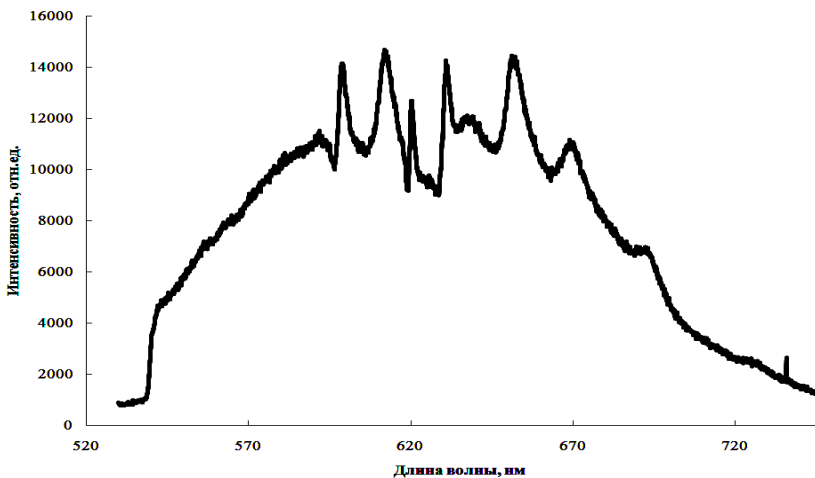


Рис. 2. Спектр излучения люминофора ФЛЖ-7 при возбуждении излучением светодиода на основе GaN

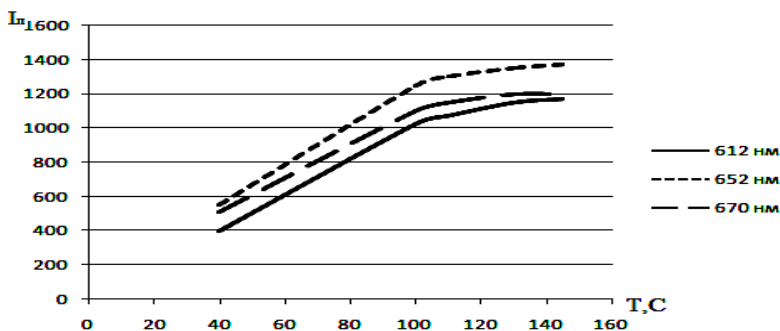


Рис. 3. Зависимость интенсивности основных линий люминесценции покрытия от температуры

Рост квантового выхода люминесценции объясняется сильной дефектностью микропорошка и с освобождением, при повышении температуры, локализованных на точечных дефектах электронов. Таким образом, одним из путей повышения эффективности использования люминофорного покрытия является оптимизация его рабочей темпера-

туры до 90–100 °С, что может быть достигнуто за счет изменения конструкции кристалла и системы отвода тепла в окружающую среду.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шуберт Ф.Е. Светодиоды. М.: Физматлит, 2008. 496 с.
2. Миронов С. Мировой рекорд GREE: 160 люмен на ватт // Новости электроники+светотехника. 2010. №0(1). С. 13–16.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ МДМ-КАТОДОВ С НАНООСТРИЙНЫМ НИЖНИМ ЭЛЕКТРОДОМ

Ю.Ю. Гребнева, студентка 4-го курса,

Е.В. Анищенко, ведущий инженер

Научный руководитель Т.И. Данилина, проф., к.т.н.

г. Томск, ТУСУР, ultrafiolet90@mail

В настоящее время, в связи с бурным развитием микро- и нано-электроники, перспективным является направление разработки ненакаливаемых катодов на основе автоэлектронной эмиссии и эмиссии горячих электронов. В качестве источников горячих электронов используются МДМ-структуры. Существенное достоинство катодов на основе тонких пленок состоит в возможности интеграции элементов.

Большой интерес к ненакаливаемым катодам на основе МДМ-структур объясняется легкостью управления энергией горячих электронов, высокой плотностью тока, безынерционностью, относительно малым шумом и, что самое главное, возможностью получения высоких эксплуатационных параметров. При изготовлении МДМ-структур главным недостатком является статический разброс микроострий по площади и размерам, что приводит к неоднородности электронной эмиссии по площади. С целью повышения равномерности электронной эмиссии предложены способы формирования микрорельефа с регулярной структурой методом электронной лучевой литографии и методом выращивания наностолбиков с помощью трековой мембраны.

Получение микроострий методом электронной лучевой литографии заключается в следующем. На обработанную в щелочах кремневую пластину напыляется молибден толщиной 0,2 мкм методом ионно-плазменного распыления. После напыления металла наносится двухслойная маска. В маске формируется рисунок с помощью электронного луча на установке Raith 150^{two}. Рисунок представляет собой пять квадратов, каждый из квадратов имеет размеры 1×1 мм. Квадрат состоит из набора кружков диаметром 200 нм и расстоянием между

ними 5 мкм. Доза составляет 200 мкКл/см^2 , ускоряющее напряжение 30 кВ, диаметр электронного луча $\approx 2 \text{ нм}$. После экспонирования, проявления резиста и напыления титана методом электронно-лучевого осаждения толщиной 250 нм удаляется резист, что является завершающим этапом в изготовлении нижнего электрода с наностростройной структурой. Полученные результаты представлены на рис. 1. На нижний электрод с выращенными наностолбиками осаждается диэлектрическая пленка SiO_2 ионно-плазменным распылением, и на неё напыляется пленка алюминия путем термического испарения. Таким образом, получается МДМ-структура с регулярными наностростройями на нижнем электроде.

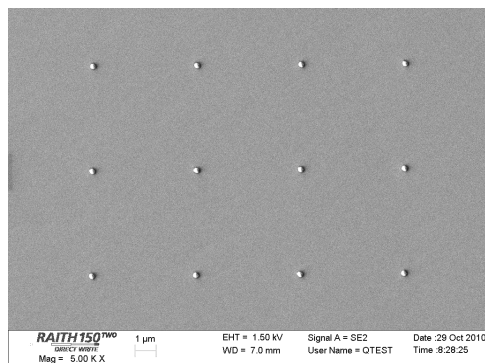


Рис. 1. Поверхность после снятия резиста (метод «взрыва») в электронном микроскопе

Для снятия ВАХ к нижнему электроду прикладывается минус, к верхнему плюс, и конструкция помещается в вакуумную установку. В камере откачивается газ до давления $2,4 \cdot 10^{-5} \text{ мм рт. ст.}$ Далее подается напряжение 10 В в течение 10 мин и затем снимается ВАХ. Данная схема позволяет снимать зависимость сквозного тока. При снятии ВАХ также необходимо учитывать, что при напряжении более 12 В МДМ-структура пробивается. Снятые характеристики ВАХ сквозного тока МДМ-структуры (рис. 2) превышают характеристики, снятые с шероховатой поверхности, на один порядок.

Изготовленные таким образом МДМ-структуры обеспечивают разброс по току эмиссии в пределах $\pm 10\%$, в то время как при изготовлении МДМ-катодов без острий неравномерность эмиссии по элементам достигает 100% [3].

При измерении ВАХ МДМ-катодом было установлено, что сквозной ток при выращивании наностолбиков в 6 раз больше, чем с гладкой поверхностью на нижнем электроде.

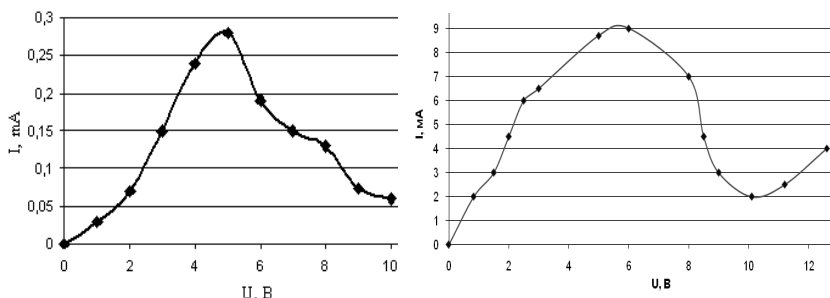


Рис. 2. ВАХ образцов с шероховатым и наноострийным нижним электродами

ЛИТЕРАТУРА

1. Моро У. Микролитография // Мир. 1990. № 6. С. 9–11.
2. Лаврещева В.П. Введение в фотолитографию // Техническая библиотека НИИПП. 1977. №10/3. С. 275–280.
3. Брюэр Р. Электронно-лучевая технология в изготовлении микроэлектронных приборов // Радио и связь. 1984. Т. 28, №7. С. 18–43.

АНАЛИЗ ГАЗОВЫДЕЛЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ СПЕКТРОМЕТРИИ ПЛАЗМЫ

А.А. Астапенко, В.С. Гулькина, студенты 4-го курса

Научный руководитель Л.Н. Орликов, проф.

г. Томск, ТУСУР, каф. ЭП, verusen1ka@mail.ru

Введение. Рассматривается проблема выделения газов с поверхности или из объема кристаллов при плазменной очистке путем анализа спектра излучения газа.

Суть проблемы. При напылении пленок на кристаллы пленки получаются с посредственными характеристиками по адгезии. Это связано с тем, что при напылении пленок на неочищенный кристалл из него выходят газы. Газы в кристалле залегают на разных уровнях: поверхностный, приповерхностный и глубинный слой. В зависимости от того, на каком слое залегают газ, зависит и время очистки кристалла от газов.

Метод решения. Необходимое время очистки кристалла можно определить по цвету горения разряда. Интенсивность и спектр горения разряда зависят от количества и состава выделившегося газа [1]. Пока меняется спектр излучения – идет очистка кристалла. Отсутствие изменений спектра свидетельствует о том, что кристалл очищен от газов.

Проведенные исследования. Эксперименты проводились на типовой вакуумной установке УРМ 327 (рис. 1). Установка содержит

мишень и окно для наблюдения процесса. Кристалл ниобата лития помещался на мишени. Для регистрации газовыделения из кристаллов применял фоторезистор.

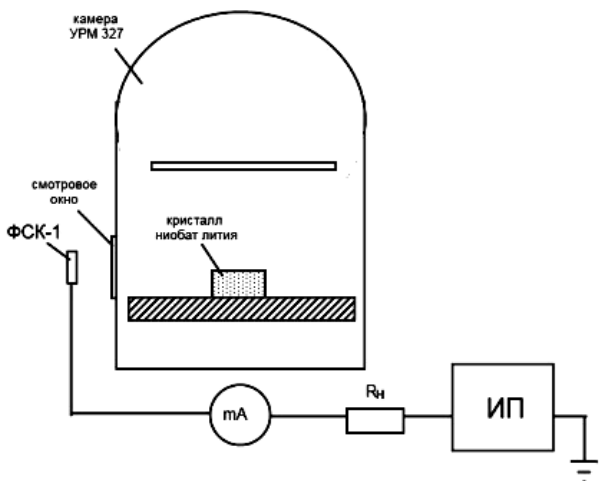


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

При обеспечении в камере давления 1–10 Па и подаче напряжения ~ 1000 В в системе возникает разряд. Свечение разряда принимается на фоторезистор ФСК-1, спектральная чувствительность которого расположена в видимом диапазоне. На рис. 2 представлена спектральная характеристика фоторезистора.

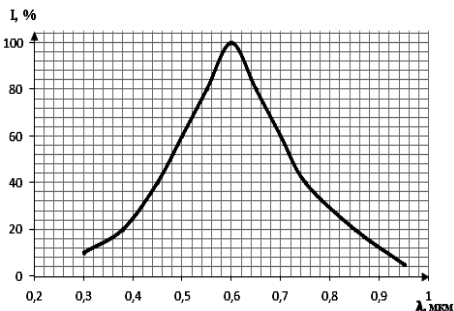


Рис. 2. Спектральная характеристика ФСК-1

Измерения интенсивности излучения показали, что эти изменения для различных кристаллов имеют большой разброс во времени. Вероятно, это связано с различным количеством выделяющихся газов, в частности паров воды.

Проведены измерения интенсивности излучения от расстояния. Показано, что на расстоянии порядка 10 см фиксируется интенсивность, достаточная для ввода фоторезистора в монохроматор.

Проведено визуальное сравнение длины волн спектра излучения с длинами волн по цветовому треугольнику. Установлена зависимость интенсивности излучения от количества газов в кристалле.

Заключение. Механизм и место выделения газа можно засечь по изменению фототока. Время изменения в зависимости от слоя, на котором находится газ, делится на: t – поверхностный слой, t^2 – приповерхностный слой, $\sqrt{t}$ – глубинный слой. В результате проведенных экспериментов получено, что нужно 3 мин для очистки поверхностного уровня, 5 ч для приповерхностного и 8 ч для очистки глубинного уровня.

Для того чтобы определить, какой газ выделяется из кристалла, необходимо знать какой спектр преобладает в цвете свечения разряда.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мешков А.С. Основы светотехники. М.: Высшая школа, 1986, 250 с.

НИЗКОТЕМПЕРАТУРНАЯ ДИФФУЗИЯ МЕДИ В ГЕРМАНИИ, СТИМУЛИРОВАННАЯ АТОМАРНЫМ ВОДОРОДОМ

А.И. Казимиров, магистрант каф. ФЭ;

Е.В. Ерофеев, инженер ЗАО НПФ «Микран»

Научный руководитель В.А. Кагадей, проф. каф. ФЭ

г. Томск, ТУСУР, smart300389@mail.ru

Тонкопленочные медно-германиевые соединения являются перспективными материалами для микро- и нанoeлектроники. Соединение меди с германием, в частности Cu_3Ge , обладает низким значением слоевого сопротивления, соизмеримого с чистой пленкой меди, высокой стойкостью к окислению на воздухе, а также низкой химической и диффузионной активностью. Однако основным недостатком известных в настоящее время способов получения подобных соединений является использование высоких температур (200–400 °С) [1], что исключает возможность их применения при изготовлении полупроводниковых приборов и монолитных интегральных схем методом взрывной литографии. Последнее ограничивает область применения способов.

Для уменьшения общей температуры в технологической системе можно использовать энергию экзотермической химической реакции. Наиболее удобной в этом случае представляется реакция рекомбинации атомов водорода в молекулу, в результате которой выделяется сравнительно большая энергия: 4,5 эВ на один акт рекомбинации атома водорода в молекулу. Несомненным преимуществом вышеописан-

ной реакции является тот факт, что протекает она уже при комнатной температуре. В случае значительной концентрации атомов водорода в газовой фазе могут эффективно стимулироваться диффузионные процессы на поверхности и в приповерхностных слоях полупроводниковых кристаллов.

В настоящей работе рассматривается возможность низкотемпературного получения тонкопленочного медно-германиевого соединения при использовании обработки в потоке атомарного водорода.

В экспериментах использовались полуизолирующие подложки GaAs. Перед осаждением металлизации с целью очистки поверхности и удаления собственных оксидов мышьяка и галлия пластина GaAs обрабатывалась в водном растворе HCl (1:10) в течение 3 мин, а затем промывалась в деионизованной воде и сушилась в потоке азота. Далее пластина GaAs делилась на две части и загружалась в вакуумную камеру установки. На обеих частях пластины методом электронно-лучевого испарения в вакууме последовательно осаждались тонкие плёнки Ge толщиной 78 нм и Cu толщиной 122 нм. Давление остаточной атмосферы составляло 4×10^{-6} торр. После осаждения первая часть пластины GaAs подвергалась термообработке в вакууме при температуре $T = 400$ °C в течение $t = 30$ мин, а вторая часть пластины подвергалась обработке в атмосфере атомарного водорода при давлении молекулярного водорода $p = 10^{-4}$ торр и плотности потока атомов водорода 10^{15} ат. см² с⁻¹ в течение $t = 5$ мин при комнатной температуре. Затем обе пластины GaAs извлекались из вакуумной камеры и исследовались с помощью сканирующей электронной микроскопии Carl ZeissTM.

На рис. 1–3 представлены электронно-микроскопические снимки поверхности (а) и поперечного сечения плёнок Cu/Ge (б) до формирования медно-германиевого соединения (см. рис. 1), после вакуумной термообработки при температуре $T=400$ °C в течение $t = 30$ мин (см. рис. 2), а также после обработки в потоке атомарного водорода в течение $t = 5$ минут при комнатной температуре (см. рис. 3).

Из данных, представленных на рис. 1, видно, что поверхность Cu/Ge/GaAs образца после напыления характеризуется мелким, неразвитым рельефом (см. рис. 1, а). Поверхности образцов, после формирования медно-германиевого соединения, полученных при использовании высокотемпературного отжига (см. рис. 2, а) и в потоке атомарного водорода в течение 5 мин при комнатной температуре (см. рис. 3, а), имеют развитый рельеф с одинаковой морфологией. Изменение рельефа у образцов, полученных различными способами, относительно исходного образца обусловлено протеканием твердофазных реакций между Cu и Ge в течение процесса формирования соединения.

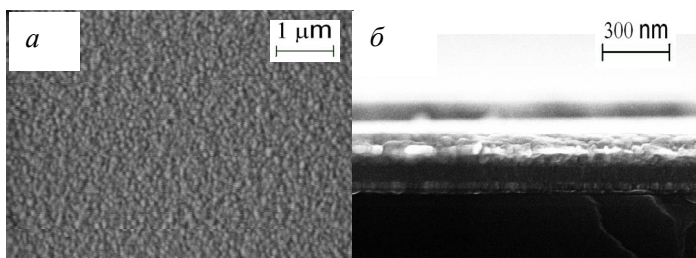


Рис. 1. Электронно-микроскопические снимки поверхности плёнок Cu/Ge (а) и поперечного сечения образцов (б) до формирования медно-германиевого соединения

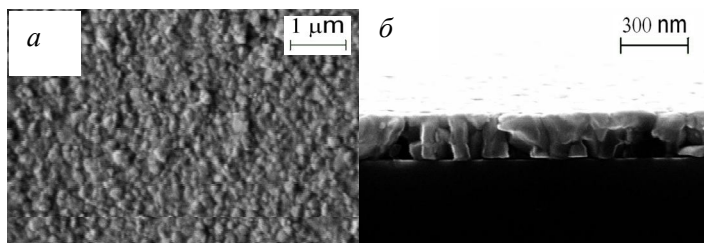


Рис. 2. Электронно-микроскопические снимки поверхности плёнок Cu/Ge (а) и поперечного сечения образцов (б) после вакуумной термообработки при температуре $T = 400$ °C в течение $t = 30$ мин

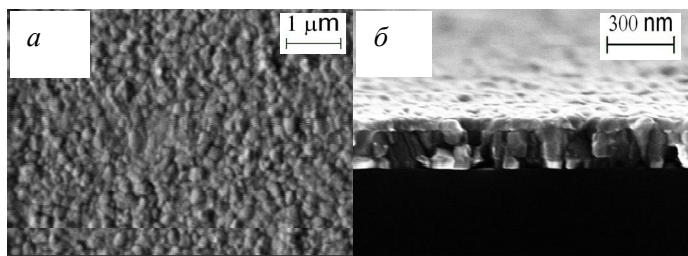


Рис. 3. Электронно-микроскопические снимки поверхности плёнок Cu/Ge (а) и поперечного сечения образцов (б) после обработки в потоке атомарного водорода в течение 5 мин при комнатной температуре

Микроскопические исследования поперечного сечения исходного образца Cu/Ge/GaAs и образцов, полученных при использовании высокотемпературного отжига (см. рис. 1, б) и в потоке атомарного водорода в течение 5 мин при комнатной температуре (см. рис. 2, в), показали, что в обоих случаях как под воздействием термообработки, так и под воздействием атомарного водорода происходит полное взаимодействие слоев Cu и Ge, приводящее к образованию медно-германиевого соединения с вертикально ориентированными зёрнами. При этом фор-

мирование тонкоплёночного медно-германиевого соединения при использовании обработки в потоке атомарного водорода, в отличие от высокотемпературной термообработки, происходит при комнатной температуре и в течение меньшего времени.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Aboelfotoh M.O., Oktyabrsky S., and Narayan J.* Electrical and microstructural characteristics of GeCu ohmic contacts to *n*-type GaAs // *J. Mater. Res.* 1997. Vol. 12, № 9. P. 2325–2332

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОСВЕТЛЯЮЩИХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ СВЕТОДИОДОВ

*А.И. Корчагин, А.В. Мошкина, студенты 3-го курса
г. Томск, ТУСУР, каф. ФЭ, gpotusur@mail.ru*

Излучающие полупроводниковые диоды синего света с центральной длиной волны излучения около 455–460 нм являются основным элементом современных энергосберегающих осветительных систем. Наиболее перспективной для освоения в производстве является конструкция кристалла на гетероструктурах GaN и его твердых растворов. Область излучения в этом кристалле сосредоточена в слое $\text{In}_{0,2}\text{Ga}_{0,8}\text{N}$, состоящего из множества квантовых ям. Внутренняя квантовая эффективность таких структур очень высока и достигает 90%, в то время как внешняя эффективность существенно ниже и составляет около 25%.

Повышение внешней квантовой эффективности полупроводниковых источников излучения может быть достигнуто за счет нанесения на излучающую поверхность кристалла просветляющего покрытия, обладающего высоким пропусканием в узкой полосе спектра излучения кристалла 450–460 нм и высоким коэффициентом отражения в остальной области спектра. Просветляющее покрытие – специальные слои на поверхностях, предназначенные уменьшить отражение падающего света.

В качестве просветляющих покрытий используются тонкие слои диоксида кремния SiO_2 , пятиоксида тантала Ta_2O_5 , диоксида титана TiO_2 и др. Выбор этих покрытий объясняется его дешевизной и высокой степенью отработанности процесса получения.

В данной работе были исследованы оптические характеристики покрытий с помощью лазерной эллипсометрии ЛЭМ-3.

SiO_x : $d = 85$ нм, $n = 1,9$ при $\lambda = 450$ нм, $n = 1,64$ при $\lambda = 632$ нм;

SiO_2 : $d = 20$ нм, $n = 1,413$ при $\lambda = 632$ нм;

Ta₂O₅: $d = (55\text{--}57)$ нм, $n = 1,76$ при $\lambda = 632$ нм;

TiO₂: $d = (42\text{--}48)$ нм, $n = 1,97\text{--}2,04$ при $\lambda = 632$ нм.

Для получения максимального эффекта просветления для одно-
слойных покрытий должно выполняться следующее условие: $n_1^2 = n_0 n_s$,
где n_s – показатель преломления материала кристалла, n_1 – показатель
преломления пленки, нанесенной на поверхность кристалла, n_0 – пока-
затель преломления окружающей среды. Одновременно должно вы-
полняться условие, что оптическая толщина просветляющего покры-
тия nd должна быть равна четверти длины волны, излучаемой кристал-
лом, т.е. $n_1 d = \lambda/4$, где $\lambda = 455$ нм.

Зависимости коэффициентов отражения от толщины просвет-
ляющих покрытий: SiO₂ ($d = 80,5$ нм, $n = 1,413$), TiO₂ ($d = 58$ нм,
 $n = 1,97$), SiO_x ($d = 60$ нм, $n = 1,9$) и Ta₂O₅ ($d = 65$ нм, $n = 1,76$) на под-
ложке из стекла приведены на рис. 1.

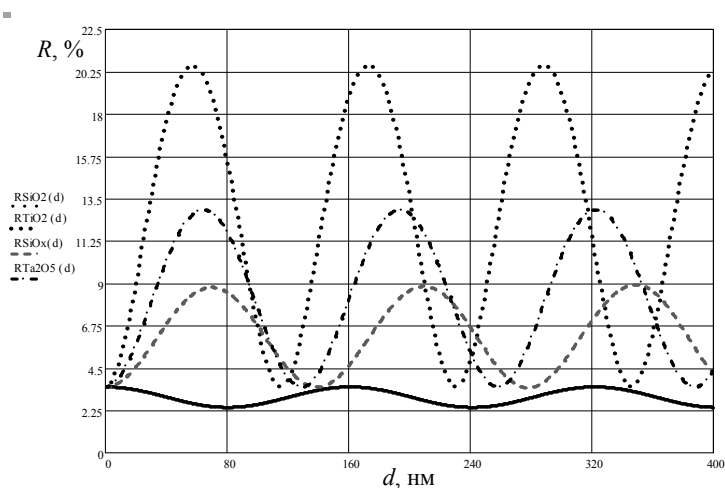


Рис. 1. Зависимость коэффициента отражения от толщины просветляющих покрытий: SiO₂, TiO₂, SiO_x и Ta₂O₅

Спектральные характеристики были рассчитаны для подложки из
стекла (рис. 2) и ниобата лития (рис. 3).

Наименьшие коэффициенты отражения 2% (на подложке из стек-
ла) и 0,8% (на подложке из LiNbO₃) получены для SiO₂.

Экспериментальные исследования проводились на ниобате лития,
имеющего близкий к GaN показатель преломления.

Зависимость коэффициента отражения для пленки SiO₂ приведена
на рис. 4.

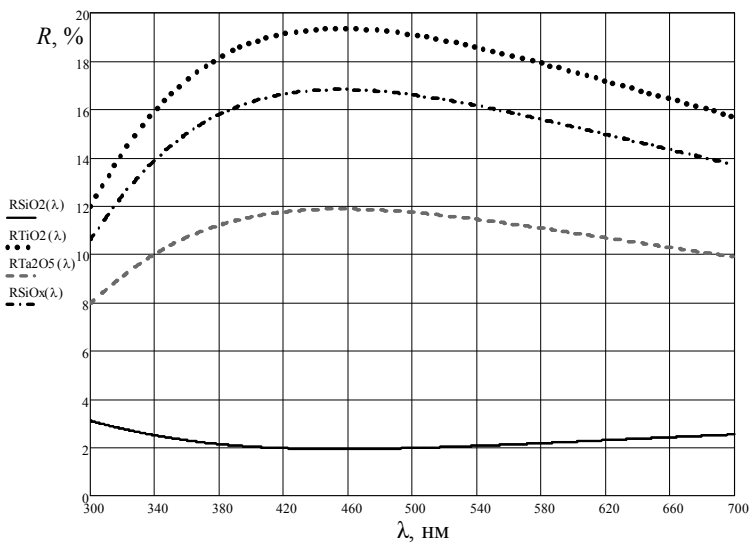


Рис. 2. Спектр отражения для подложки из стекла с различными просветляющими покрытиями

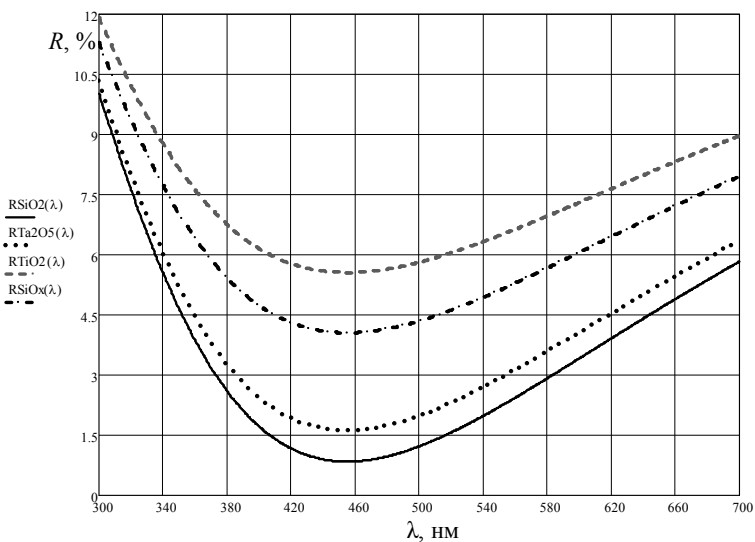


Рис. 3. Спектр отражения для подложки из LiNbO_3 с различными просветляющими покрытиями: SiO_2 , TiO_2 , SiO_x и Ta_2O_5

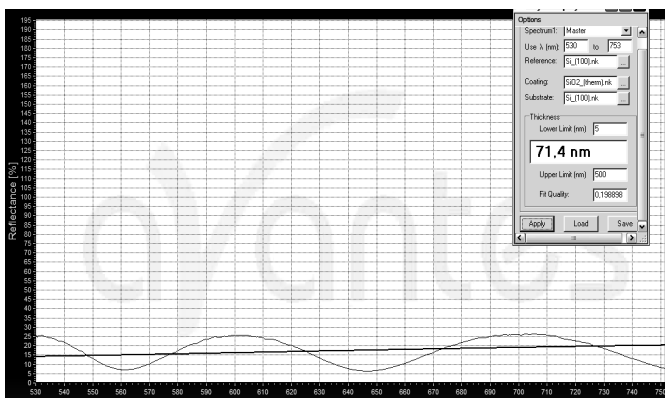


Рис. 4. Экспериментальная зависимость коэффициента отражения для SiO_2 от длины волны

Расчеты показали эффективность просветления на LiNbO_3 пленки SiO_2 , имеющей оптическую толщину $\lambda/4$. Это подтверждают и экспериментальные данные.

СПЕКТРАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛЮМИНОФОРОВ ДЛЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА

М.А. Кривоногова, О.Л. Роденко, студенты

Научный руководитель С.В. Смирнов, проф., д.т.н.

г. Томск, ТУСУР, milena_89k@mail.ru

Существует три способа получения белого света от светодиодов. Первый – смешивание цветов по технологии RGB. На одной матрице плотно размещаются красные, голубые и зеленые светодиоды, излучение которых смешивается при помощи оптической системы. В результате получается белый свет. Второй способ заключается в том, что на поверхность светодиода, излучающего в ультрафиолетовом диапазоне, наносится три люминофора, излучающих, соответственно, голубой, зеленый и красный свет. В третьем способе желтый люминофор наносится на голубой светодиод, так что два излучения смешиваются, образуя белый или близкий к белому свет.

Белые светодиоды с люминофорами существенно дешевле, чем светодиодные RGB-матрицы (в пересчете на единицу светового потока), и позволяют получить хороший белый цвет. Недостатки же таковы: во-первых, у них меньше, чем у RGB-матриц, светоотдача из-за

преобразования света в слое люминофора; во-вторых, достаточно трудно точно проконтролировать равномерность нанесения люминофора в технологическом процессе и, следовательно, цветовую температуру; в-третьих, люминофор тоже стареет, причем быстрее, чем сам светодиод.

Целью данной работы является исследование спектральных характеристик трех люминофоров двух типов: два на основе кремнийорганики – фотолюминофор ФЛЖ-7 на основе комплексного граната Y, Gd, активированный Се и AWB-3, и один на основе эпоксидной смолы. Исследования проводились на УФ-спектрометре USB-2000 и спектрометре Ava Raman.

Полученные результаты представлены на рис. 1–3. На рис. 1 представлены спектры пропускания двух образцов на основе кремнийорганики, полученные на USB-спектрометре, а на рис. 2 – спектры поглощения этих образцов. Край поглощения их совпадает и равен длине волны 290 нм. Люминофор должен иметь заметное поглощение на длине волны около 455 нм – синего света. Люминофор AWB-3 на этой длине волны пропускает 35%, а ФЛЖ-7 – 65%. На рис. 3 представлены спектры пропускания трех образцов, полученные на рамановском спектрометре.

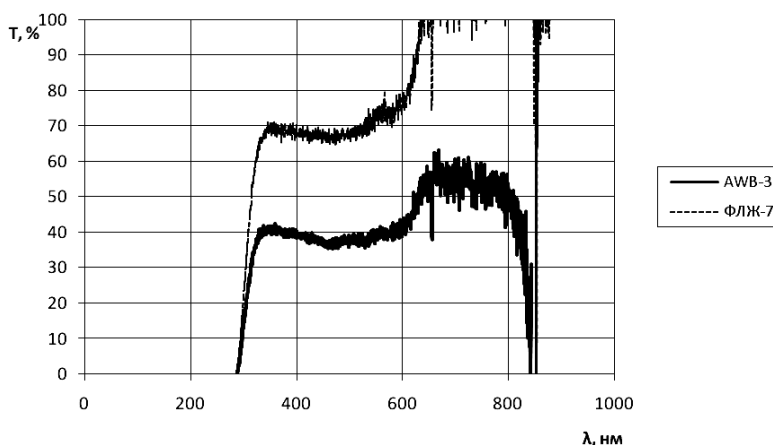


Рис. 1. Спектры пропускания люминофоров на основе кремнийорганики

Таким образом, основа люминофора, то есть кремнийорганика либо эпоксидная смола, не влияет на спектр. Он определяется в основном концентрацией и толщиной люминофора.

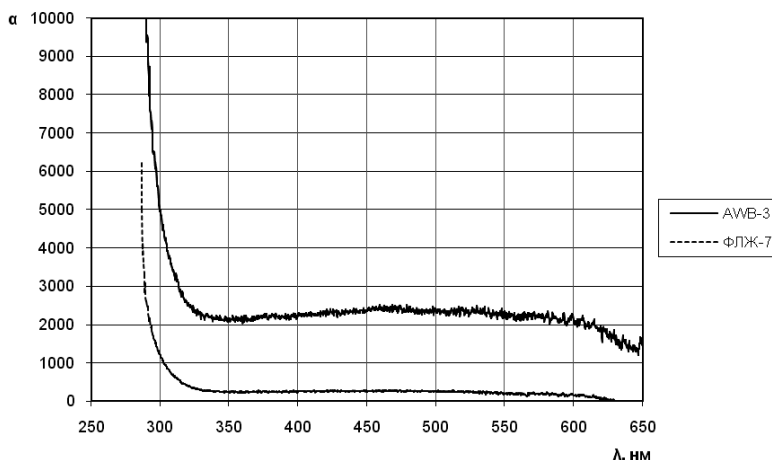


Рис. 2. Спектры поглощения люминофоров на основе кремнийорганики

Из рис. 3 видно, что спектры пропускания люминофоров ФЛЖ-7 (кремнийорганика) и на основе эпоксидной смолы практически совпадают, в отличие от образца AWB-3, который поглощает больше.

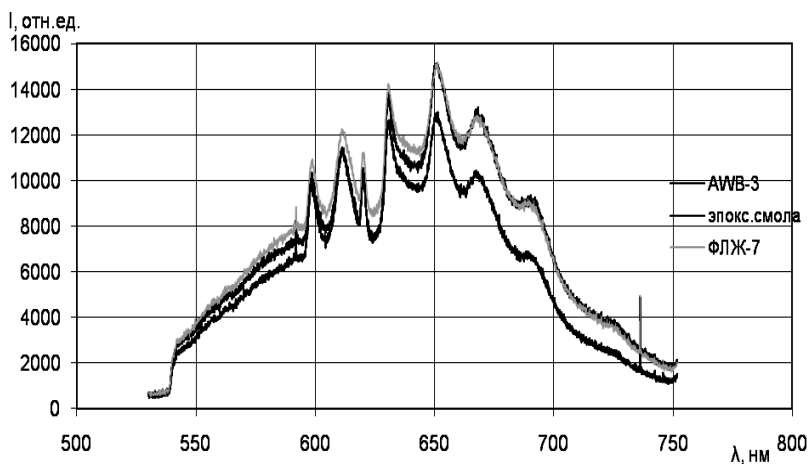


Рис. 3. Спектр пропускания образцов трех люминофоров

Исследования люминофоров очень важны, так как срок службы светодиода часто определяется сроком службы люминофора. Дegradaция люминофора приводит не только к уменьшению яркости светодиода, но и к изменению оттенка его свечения. При сильной деградации

ции люминофора хорошо заметен синий оттенок свечения. Это связано как с изменением свойств люминофора, так и с тем, что в спектре начинает доминировать собственное излучение кристалла.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шуберт Ф. Светодиоды. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. 496 с.
2. Гуревич М.М. Цвет и его измерение. М.: Академия наук, 1950. 267 с.
3. Юнович А.Э. Ключ к синему лучу, или О светодиодах и лазерах, голубых и зелёных /// Химия и жизнь. 1999. № 5.

ПОЛУЧЕНИЕ МДМ-СТРУКТУР С НАНООСТРИЙНЫМ НИЖНИМ ЭЛЕКТРОДОМ С ПОМОЩЬЮ ТЕМПЛЕЙТНОГО ШАБЛОНА

И.В. Кулинич, студент

Научный руководитель Т.И. Данилина, проф., к.т.н.

г. Томск, ТУСУР, каф. ФЭ

В процессе получения МДМ-структур с наноострийным нижним электродом перед нами возникла проблема снятия вольт-амперных характеристик для структур. Нашей задачей являлась реализация МДМ-структур на элементе, позволяющем измерять ВАХ.

Эксперимент проводился на подложке, позволяющей выращивать наноострия на впаянных в стеклянную шайбу металлических выводов (рис. 1). Это даёт возможность изготовить одновременно несколько образцов и с готовых образцов снимать вольт-амперные характеристики.

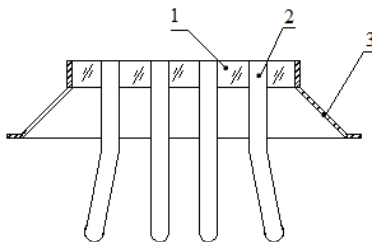
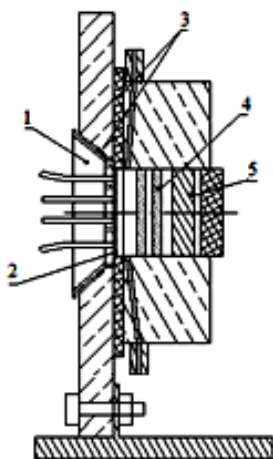


Рис. 1. Подложка для снятия ВАХ:

1 – стекло; 2 – ножка;
3 – корпус

Для выращивания наноострий подложка закреплялась в устройстве, показанном рис. 2.

Заранее приготовленный раствор нагревался до 58 °С и с помощью насоса пропусклся через конструкцию. Далее к образцам на подложке 1 прикладывался отрицательный потенциал и подавалось напряжение 0,7 В. Процесс выращивания длился 5,2 мин. После выращивания подложка помещалась в сосуд с раствором NaOH для травли темплейтного шаблона. Температура раствора поддерживалась



на уровне 40 °С [1]. Время травления шаблона 8 ч. На рис. 3 приведена микрофотография поверхности образца с выращенными наностройками. Диаметр острий от 350 до 450 нм.

Рис. 2. Устройство для выращивания наностроек:
1 – подложка; 2 – темплетный шаблон;
3 – уплотнительная резинка; 4 – фетр; 5 – анод

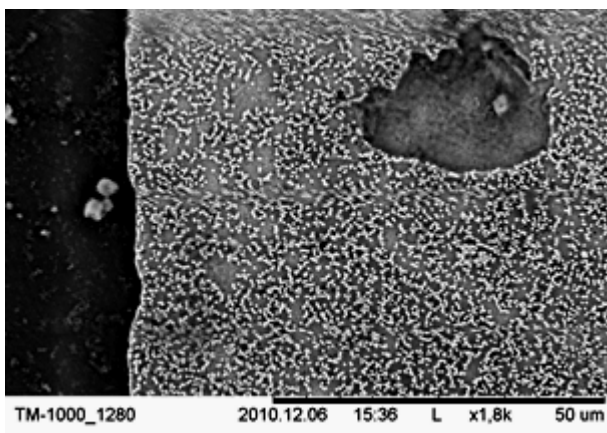


Рис. 3. Микрофотография выращенных острий

Для получения МДМ-структуры, нижним электродом которого являлись выращенные наностройки, в качестве диэлектрика использовалась плёнка SiO_2 , а в качестве верхнего электрода – плёнка алюминия. Напыление диэлектрика проводилось магнетронным распылением при давлении в рабочей камере $7 \cdot 10^{-3}$ мм рт. ст., при напряжении $U = 300$ В и токе $I = 0,3$ А. Время напыления 15 мин. Толщина диэлектрика составила 80 нм.

Напыление верхнего электрода проводилось термическим испарением при давлении в рабочей камере $5 \cdot 10^{-5}$ мм рт. ст., при токе 40 А. Время напыления составило 2 с, толщина плёнки 60 нм.

Подложка с образцами МДМ-структур с наноострийным нижним электродом была помещена в вакуумную камеру и измерены ВАХ эмиссионных токов.

В ходе проведенной работы были изготовлен МДМ-структуры с наноострийным нижним электродом с помощью темплейтного шаблона и с готовых образцов были сняты ВАХ. Данные характеристики имеют участок с отрицательным дифференциальным сопротивлением (ОДС) и эмиссионные токи, на порядок выше, чем токи МДМ-структур с шероховатым нижним электродом [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Головки В.М., Мирончик В.Г., Сохорева В.В., Попова В.Л. Трековые мембраны: особенности получения, модификация мембранных свойств и темплейтные металлические микроstructures // Изв. Вузов. Физика. 2007. №10/3. С. 275–280.

2. Троян Л.А. Влияние количества каналов повышенной проводимости на характеристики формованных МДМ-систем // Радиоэлектроника и электроника. 1983. Т. 28, №7. С. 1362–1365.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПЛЕНОК ДИОКСИДА КРЕМНИЯ, МОДИФИЦИРОВАННОГО УГЛЕРОДОМ

И.В. Кутков, Д.И. Засухин, Ю.Н. Поливанова, студенты

Научный руководитель П.Е.Троян, зав. каф. ФЭ, проф.

г. Томск, ТУСУР, каф. ФЭ, fatilwut@mail.ru

В настоящее время для развития электронной техники требуется получение новых материалов. В частности, для интегральных схем СВЧ-диапазона необходим диэлектрик с низким (менее, чем у SiO_2) значением диэлектрической проницаемости. Одним из таких является диоксид кремния, модифицированный углеродом, отличительной особенностью которого является более низкая относительная диэлектрическая проницаемость среды по сравнению с диоксидом кремния. Использование данного диэлектрика позволяет уменьшить потери мощности в СВЧ интегральных схемах. Также за счет того, что пленка диоксида кремния, модифицированного углеродом, имеет пористую структуру, ее можно использовать в качестве газочувствительного элемента датчика углеводородов, необходимого для повышения безопасности проведения работ при добыче полезных ископаемых и улучшения контроля за наличием отравляющих и взрывоопасных газов в атмосфере как промышленных предприятий, так и в быту.

Для широкого применения пленок пористого диоксида кремния было необходимо изучить свойства нового материала: электрофизические параметры, а также диапазон для практического применения толщин и показатель преломления пленки. Для исследования электрофизических параметров была изготовлена МДП-структура. Изготовление производилось в следующей последовательности: на кремниевую подложку напыляли сначала пленку пористого диоксида кремния, а затем сверху напыляли алюминиевые электроды. Для полученной МДП-структуры $\text{Si-SiO}_2\text{m-Al}$ были сняты вольт-амперная и вольт-емкостная характеристики с помощью измерителя иммитанса Е7-20 на частоте 100 кГц.

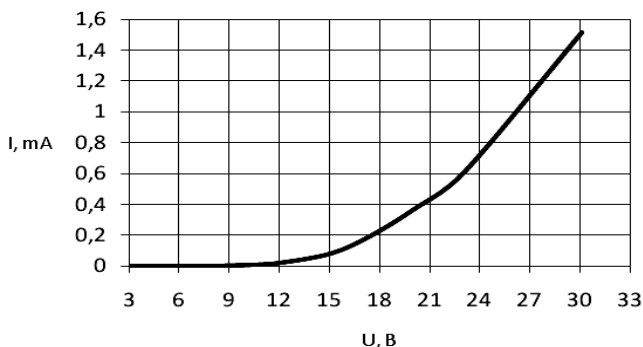


Рис. 1. Вольт-амперная характеристика МДП-структуры

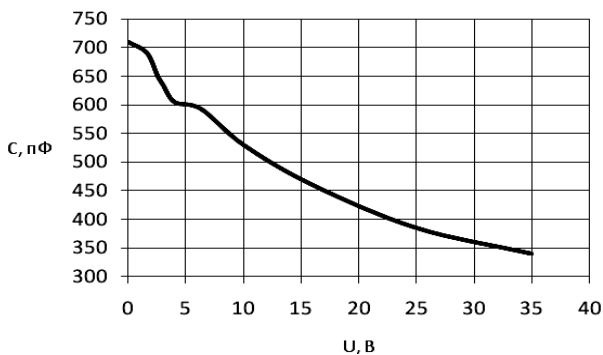


Рис. 2. Вольт-емкостная характеристика МДП-структуры

В ходе работы значение относительной диэлектрической проницаемости было получено с помощью косвенных измерений (по формуле плоского конденсатора). Расчеты показали, что значение ϵ достигает 2,1.

Измерение толщины и показателя преломления пленки пористого диоксида кремния проводилось на микроскопе МИИ-4М и эллипсометре ЛЭМ-3. Полученные результаты измерения приведены в таблице.

Результаты измерений толщины и показателя преломления

Прибор	Толщина пленки, Å	Показатель преломления
МИИ-4М	2000	1,467
Эллипсометр	2000	1,465

Исследования показали, что вольт-амперная и вольт-емкостная характеристики схожи с характеристиками МДП-структуры на диоксиде кремния, но полученное значение относительной диэлектрической проницаемости более низкое, и, соответственно, потери ВЧ-мощности будут более низкие, что делает перспективным использование диоксида кремния, модифицированного углеродом, в качестве диэлектрика для межуровневой изоляции в СВЧ монолитных интегральных схемах.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ДЕГРАДАЦИИ СВЕТОИЗЛУЧАЮЩИХ ДИОДОВ

В.А. Гуцин, В.В. Матвеев, студенты

Научный руководитель С.В. Смирнов, проф., д.т.н.

г. Томск, ТУСУР, каф. ФЭ, akai.no.ishi@gmail.com

Принято считать, что одно из основных преимуществ светодиодов по сравнению с традиционными источниками света состоит в более продолжительном сроке службы. И теперь, когда применение различных светотехнических устройств достигло огромных масштабов, вопрос качества и стабильности их параметров с течением времени работы приобретает большое значение.

В таблице представлено сравнение характеристик различных источников света.

Сравнение характеристик различных источников света

Тип источника света	Паспортная эффективность, лм/Вт	Реальная эффективность, лм/Вт	Ресурс, ч
Лампы накаливания	8–13	6–10	1000
Галогенные лампы	16–22	12–20	2000
Люминесцентные лампы	60–100	55–70	15000
Полупроводниковые лампы	100–110	90–100	>50000

Многие производители светодиодов заявляют срок службы до 100000 ч непрерывной работы. Тем не менее эта цифра вводит в заблуждение и во многом зависит от качества продукции, от условий ее использования, а также от критериев оценки надежности светодиодов. В настоящий момент не существует никаких стандартов, определяющих срок службы и критерии надежности для светодиодов, хотя и существуют предложения авторитетных организаций считать сроком службы время, в течение которого световой поток деградирует до некоторого значения (30%) от начальной величины. Некоторые компании предпочли разработать собственные методы прогнозирования срока службы и надежности на основе данных, полученных от потребителей, но ограниченный объем продукции большинства поставщиков препятствует реализации этого подхода.

Четкое определение отказа является наиболее критическим местом, и большинство производителей и потребителей имеют собственное мнение о том, когда оптоэлектронный прибор можно считать вышедшим из строя. Один из методов определения отказа заключается в том, чтобы зафиксировать ток и следить за выходной мощностью прибора, считая прибор неработоспособным при падении выходной мощности ниже определенного уровня (обычно от 20 до 50 %) от исходной величины.

Другой метод основан на контроле падения выходной мощности прибора и его компенсации путем увеличения управляющего тока. Когда управляющий ток достигает определенной относительной величины (130% от первоначального), прибор считается вышедшим из строя.

В настоящее время изучено несколько причин, приводящих к деградации светоизлучающих диодов.

Во-первых, это термическая деградация. Количество тепла, выделяющееся при работе светодиодов, требует их монтажа на радиатор или теплопоглощающую подложку, часто с помощью припоя. Если вакансии в припое создают условия для недостаточного отвода тепла, возникающие горячие точки приводят к тепловой деградации и отказу. Тепловая деградация из-за вакансий часто доминирует в светодиодах в первые 10000 ч работы. Образование вакансий в припое может происходить из-за нарушения условий обработки или диффузии металла на границе раздела. Также образование вакансий может происходить из-за электромиграции.

Во-вторых, важное значение имеет деградация активной области. Излучение света в светодиоде происходит в результате рекомбинации инжектированных носителей в активной области. Зарождение и рост дислокаций приводят к деградации внутренней части этой области.

Эти процессы могут осуществляться только при наличии дефекта кристаллической структуры; высокая плотность инжектированного тока, разогрев из-за инжектированного тока и тока утечки, а также испускаемый свет ускоряют развитие дефекта. Выбор материала также имеет значение, так как система AlGaAs/GaAs гораздо более чувствительна к этому механизму отказа, чем система InGaAs (P)/InP. Система InGaN/GaN (для голубого и зеленого излучения) менее чувствительна к данным дефектам.

Также большой проблемой является деградация электродов. В основном она имеет место на электроде р-области (обычно прибор состоит из подложки n-типа, и электрод р-области формируется вблизи активной области прибора). Основная причина деградации электрода заключается в диффузии металла во внутреннюю область полупроводника. Диффузия усиливается с увеличением инжектированного тока и температуры.

В любом случае нельзя однозначно выделить ту или иную причину, приводящую к ухудшению свойств, деградации и отказу светодиодов.

Компанией CREE были проведены исследования деградации InGaN-гетероструктур, с квантовыми ямами от времени наработки за период 1000 ч при окружающей температуре 55 °С и плотности тока 90 А/см², результаты которых представлены на рис. 1.

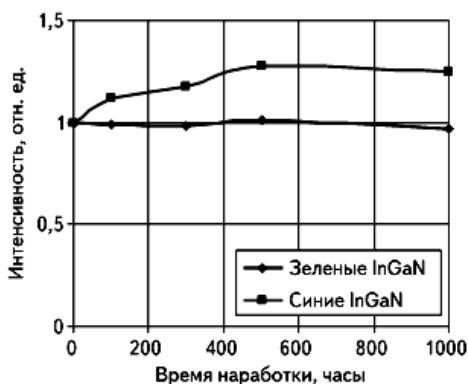


Рис. 1. Изменение интенсивности электролюминесценции синих и зеленых кристаллов на основе InGaN/GaN

Для синих кристаллов в течение 500 ч с начала исследования наблюдалось увеличение интенсивности электролюминесценции, которое составило за первые 100 ч примерно 12%, к 500 ч рост интенсивности составил 28% от начального значения, а за период от 500 до 1000 ч произошло небольшое снижение интенсивности (до 25% выше первоначального значения).

Для зеленых кристаллов изменения интенсивности электролюминесценции в течение первых 500 ч практически не наблюдалось, а в период с 500 до 1000 ч произошло снижение интенсивности электро-

люминесценции примерно на 4%. Вообще говоря, при повышенных значениях плотности тока и температуры показывают, что именно увеличение плотности тока более существенно влияет на деградацию кристаллов на основе InGaN/GaN-гетероструктур, так как приводит к неравномерному распределению температуры в гетероструктуре и, как следствие, локальному перегреву ее активной области. Этот факт необходимо учитывать для определения оптимального режима работы как при разработке светодиодов, так и при проектировании светодиодных устройств. Однако выбор теплового режима тоже играет важную роль, поскольку влияние окружающей температуры также сказывается, хоть и в меньшей степени, на деградации оптических параметров светодиодных устройств.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Никифоров С.Г.* Почему светодиоды не всегда работают так, как хотят их производители? // Компоненты и технологии. 2005. №7.
2. *Васильева Е.Д., Закгейм А.Л., Снегов Ф.М. и др.* Некоторые закономерности деградации синих светодиодов на основе InGaN/GaN // Светотехника. 2007. № 5.
3. *Полищук А.П., Туркин А.В.* Деградация полупроводниковых светодиодов на основе нитрида галлия и его твердых растворов // Компоненты и технологии. 2008. №2.

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ СПЕКАНИЯ КОМПОЗИЦИОННОЙ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ МЕТОДОМ ДИЛАТОМЕТРИИ

Л.С. Михайленко, студентка

г. Томск, ТУСУР, каф. ФЭ, lyuba_mihailenko@sibmail.com

Перспективность керамики обусловлена исключительным многообразием ее свойств по сравнению с другими типами материалов, доступностью сырья, низкой энергоемкостью технологий, долговечностью керамических конструкций в агрессивных средах.

Компактирование является одной из главных технологических операций, обеспечивающей получение высококачественной керамики. Задача современных методов формования изделий из порошков – добиться плотности компакта, составляющей 70–90% от плотности беспористой структуры [1].

Целью исследования было сравнение типов прессования образцов и разных режимов спекания.

Для исследования использовалась керамика из диоксида циркония, стабилизированного оксидом иттрия состава $\text{ZrO}_2 + 3\% \text{ Y}_2\text{O}_3$. Прессование осуществлялось двумя способами:

- одностороннее статическое прессование (ОСП);
- магнитоимпульсное прессование (МИП).

Нанодисперсный порошок, являющийся исходным для получения экспериментальных образцов, обладает очень малой насыпной плотностью ($0,01\text{--}0,2 \text{ г/см}^3$) и имеет в своей структуре до 20% полых сфероидов [2]. Это обстоятельство резко ухудшает его технологичность и требует предварительной обработки. В работе использовался метод механообработки, заключающийся в последовательной процедуре типа «прессование – помол».

Исследование кинетических кривых проводилось на dilatометре DIL-402C. Эксперимент состоял в построении кривых усадки при спекании для двух типов компактирования образцов и для различной скорости нагрева с помощью лицензионной программы «Netzsch Termokinetics».

Исследовались два образца: один – полученный с помощью ОСП, другой – МИП (рис. 1). Нагревание проводилось со скоростью 10 К/мин , температура спекания $T_{\text{сп}} = 155 \text{ }^\circ\text{C}$, выдержка при температуре спекания 1 ч. Как видно из графика, образец, спрессованный МИП, дает меньшую усадку. Это показывает, что прессование магнитным импульсом позволяет получить большую плотность компактирования.

Рис. 1. Кинетические кривые спекания для одностороннего статического (ОСП) и магнитоимпульсного (МИП) прессования.

1 – температурная программа спекания

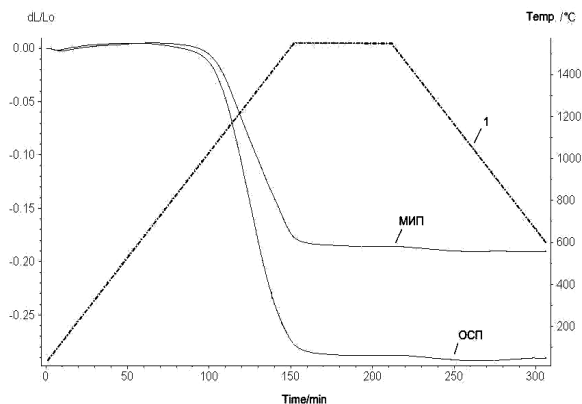


График 1 представляет выбранную температурную программу нагревания. Из рис. 1 видно, что усадка образца, спрессованного статическим методом, на 10% больше. При выдержке и охлаждении второй образец ведет себя более стабильно.

Далее рассматривались образцы, спеченные методом ОСП: $T_{\text{сп}} = 145^\circ\text{C}$, время выдержки 1 ч, скорости нагрева соответственно 2, 5 и 20 К/мин (рис. 2). Экспериментальные кривые показывают, что меньшая скорость нагрева обеспечивает большую усадку исходного образца.

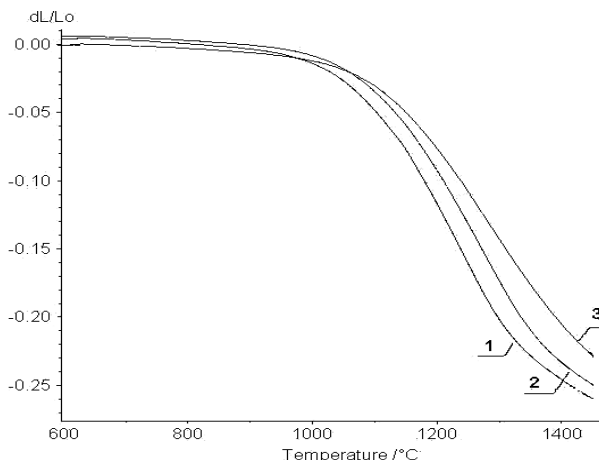


Рис. 2. Кинетические кривые спекания для различных скоростей нагрева:
1 – 2 К/мин, 2 – 5 К/мин, 3 – 20 К/мин

Заключение

В ходе работы были получены кривые усадки керамики при спекании. Кривые содержат информацию о том, что:

- 1) Степень усадки образцов зависит от метода компактирования, который обуславливает начальную плотность компакта перед спеканием.
- 2) Усадка зависит от скорости нагрева образцов в процессе спекания.

Магнитоимпульсное прессование является более эффективным способом компактирования керамики, так как позволяет получить образцы с высокой плотностью и ускорить процесс спекания. Для процесса спекания явно заметно преимущество низкой скорости нагрева образцов, но в производстве керамики низкая скорость означает большие затраты, поэтому необходимо выбирать оптимальный температурный режим.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дудник Е.В., Зайцева З.А., Шевченко А.В. и др. Методы формования дисперсных порошков на основе диоксида циркония. (Обзор) // Порошковая металлургия. 1993. № 8. С. 16–23.
2. Lu K. Sintering of nanoceramics // International Materials Reviews. 2008. Vol. 53, № 1. P. 21–38.

МОДЕЛЬНЫЕ РАСЧЕТЫ МАГНИТНОГО ПОЛЯ В ЭЛЕКТРОННО-ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ С ПЛАЗМЕННЫМ ЭМИТТЕРОМ

*М.П. Моторин, Ю.Б. Малянова, студенты
С.Ю. Корнилов, ассистент каф. физики
г. Томск, ТУСУР, каф. ЭП, severnay_lisa@mail.ru*

Объект исследования в представленной работе – плазменный источник электронов на основе отражательного разряда с полым катодом низкого давления [1, 2].

На формирование электронного пучка в рассматриваемом источнике влияет ряд специфических для данного типа устройств факторов. Одним из таких факторов является магнитное поле постоянного магнита разрядной камеры, в котором горит создающий эмиттирующую плазму разряд. Было установлено [3, 4], что поле постоянного магнита при любой конструкции источника проникает в электронно-оптическую систему, изменяя тем самым условия формирования пучка. Конфигурацией и величиной этого поля можно управлять подбором различных сочетаний магнитопроводящих материалов, из которых изготовлены электроды источника [3]. Установлено, что магнитное поле постоянного магнита может эффективно ограничивать поперечные размеры электронного пучка на этапе его формирования и транспортировки до области действия поля фокусирующей линзы. Наибольший эффект достигается в электронно-оптической системе с полностью неэкранированным от магнитного поля плазменным эмиттером.

Целью представленной работы является продолжение исследований [3], направленных:

- 1) на моделирование вариантов распределения магнитного поля для проведения экспериментальных исследований процессов формирования электронного пучка;
- 2) на определение оптимальной конфигурации магнитного поля в электронно-оптической системе плазменного источника электронов, необходимого для эффективного ограничения поперечных размеров электронного пучка;
- 3) на улучшение условий фокусировки электронного пучка за счет уменьшения коэффициента увеличения фокусирующей линзы.

Расчеты распределения магнитного поля выполнены в программе Femm [5] для электронно-оптической системы типичной конструкции плазменного источника (рис. 1). Исходными данными для расчета были геометрия исследуемой магнитной цепи, материалы составляющих ее элементов и источник магнитного поля, которым выступал посто-

янный магнит разрядной камеры. Каждому элементу ставился в соответствие материал из библиотеки программы Femm.

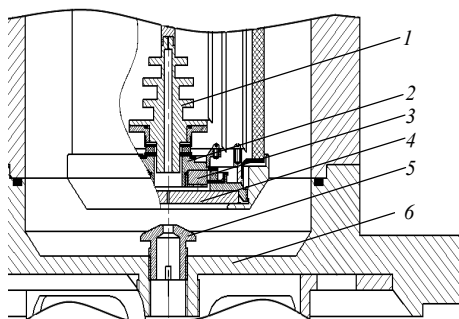


Рис. 1. Конструкция плазменного источника электронов: 1 – полый катод; 2 – анод; 3 – постоянный магнит; 4 – эмиттерный катод; 5 – ускоряющий электрод; 6 – корпус источника

Расчеты [3, 4], выполненные для источника, корпус которого был изготовлен из магнитного материала, показали, что значительная часть магнитного поля замыкается на корпус, ограничивая величину поля в приосевой области электронно-оптической системы. Было решено в новой конструкции плазменного источника перейти от корпуса из магнитного материала к корпусу из немагнитного материала.

На рис. 2 представлено распределение магнитного поля в электронно-оптической системе плазменного источника электронов. Распределение поля получено для нескольких вариантов конструкции эмиттерного катода 4 (см. рис. 1).

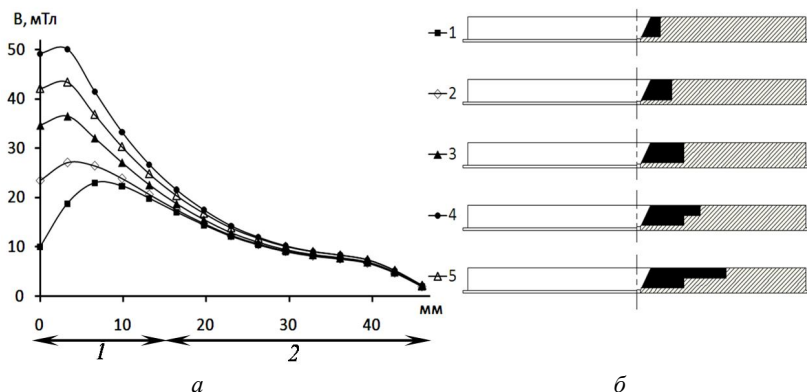


Рис. 2. Распределение магнитного поля в электронно-оптической системе плазменного источника электронов (а) для различных вариантов эмиттерных катодов (б): 1 – область формирования; 2 – область транспортировки пучка

Основа эмиттерного катода в каждой серии расчетов выполнена из немагнитного материала (часть эмиттерного катода на рис. 2, обо-

значенная штриховкой). Величина поля на оси электронно-оптической системы изменялась вставкой из магнитного материала (часть эмиттерного катода на рис. 2, обозначенная сплошным цветом). В расчетах было учтено, что анод разрядной камеры 2 и ускоряющий электрод 5 изготовлены из немагнитного материала, а полый катод 1 и эмиттерный катод являются полюсными наконечниками постоянного магнита 3. Корпус 6 источника выполнен из немагнитного материала.

Расчеты показали, что при использовании корпуса, изготовленного из немагнитного материала, удастся сконцентрировать магнитное поле в приосевой области электронно-оптической системы и существенным образом расширить диапазон изменения его величины. Получены различные варианты распределения магнитного поля в области формирования и транспортировки пучка. Результаты расчетов будут использованы при проведении экспериментальных исследований, направленных на улучшение условий последующей фокусировки электронного пучка магнитной линзой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Крейндель Ю.Е. Плазменные источники электронов. М.: Атомиздат, 1977.
2. Окс Е.М. Источники электронов с плазменным катодом: физика, техника, применения. Томск: Изд-во НТЛ, 2005. 216 с.
3. Корнилов С.Ю. Формирование и фокусировка интенсивных электронных пучков в электронно-оптической системе с плазменным эмиттером: Дис. ... канд. техн. наук. / С.Ю. Корнилов / ТУСУР. Томск, 2010. 142 с.
4. Kornilov S.Yu., Rempе N.G. Formation and Focusing of Electron Beams in Electron-Optical System with the Plasma Emitter in a Magnetic Field // 15th International Symposium on High Current Electronics: Proceedings. Tomsk: Publishing house of the IAO SB RAS. 19–24 September 2010. 2010. P. 26–30.
5. Буль О.Б. Методы расчета магнитных систем электрических аппаратов / О.Б. Буль. М.: Академия, 2006. 288 с.

ШУМОВЫЕ СВОЙСТВА ФОТОРЕЗИСТОРОВ НА ОСНОВЕ CdSe В УСЛОВИЯХ ФОНОВОЙ ЗАСВЕТКИ

*И.М. Мусина, магистрант, А.С. Гривенников, студент
г. Томск, ТУСУР, каф. ЭП, priem@ms.tusur.ru*

При работе фотоприемных устройств в реальных условиях возможна фоновая засветка (солнечное излучение, отраженный от атмосферы и облаков свет и т.д.) фоточувствительного элемента устройства. Известно, что наличие засветки способно изменить свойства полупроводникового фотоэлемента, в частности, его шумовые свойства [1,

2]. Однако механизмы изменения шума в полупроводниковых соединениях при засветке до настоящего времени не установлены. В частности, это относится к полупроводниковым соединениям $A^{II}B^{VI}$, которые широко используются для промышленного изготовления фоторезисторов и болометров [3].

В данной работе исследуются полевые и спектральные зависимости шумового напряжения $U_{ш}$ фоторезистора из селенида кадмия при различных уровнях его фоновой засветки с целью определения условий получения минимального значения $U_{ш}$.

Экспериментальные результаты

Исследовались зависимости шумового напряжения $U_{ш}$ от величины прикладываемого к нему постоянного напряжения V при действии фоновой засветки регулируемой мощности P_{ϕ} . В качестве источ-

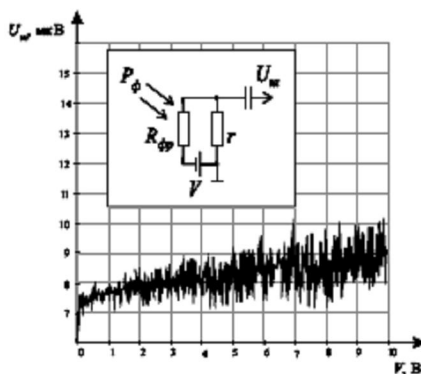


Рис. 1. Зависимость шума фоторезистора на частоте 200 Гц от напряжения в отсутствие засветки. На вставке – входная цепь фоторезисторного приемника

ника засветки использован синий LED-светодиод. На рис. 1, 2 показана зависимость $U_{ш}(V)$ при $P_{\phi}=0$ (см. рис. 1), а на рис. 2, а – при $P_{\phi}=4$ усл. ед., рис. 2, б – при $P_{\phi}=10$ усл. ед.

Как следует из рис. 1, 2, увеличение P_{ϕ} в указанном диапазоне приводит к появлению глубокого минимума шума в области средних значений V с последующим ростом, а затем уменьшением его глубины и перемещением в область малых значений V . Заметим, что описанные транс-

формации зависимости $U_{ш}(V)$ сопровождаются изменением низкочастотных флуктуаций шума в области больших напряжений (фликкер-шум): большие флуктуации в области малых и больших значений P_{ϕ} и низкие флуктуации при $P_{\phi}=4$.

Более того, качественный вид зависимости $U_{ш}(V)$ остается неизменным при измерениях шума как на конкретной частоте 200 Гц (см. рис. 1, 2), так и в полосе частот (10^1 – 10^5) Гц. Результаты исследования поведения обнаруженного минимума шума с ростом мощности

засветки P_{ϕ} представлены на рис. 3. На вставке показано определение параметров минимума шума: $V_{\min}$ – положение минимума шума на оси напряжения (кривая 1); $\Delta V_{\min}$ – полуширина минимума (2); $\Delta U_{\text{ш}}$ – глубина минимума (3). Из представленного рисунка следует, что указанные параметры в исследованном диапазоне мощностей засветки резко уменьшаются. Только глубина минимума (кривая 3) в области малых мощностей имеет подъем, сменяющийся спадом при $P_{\phi} > 3,5$ усл. ед.

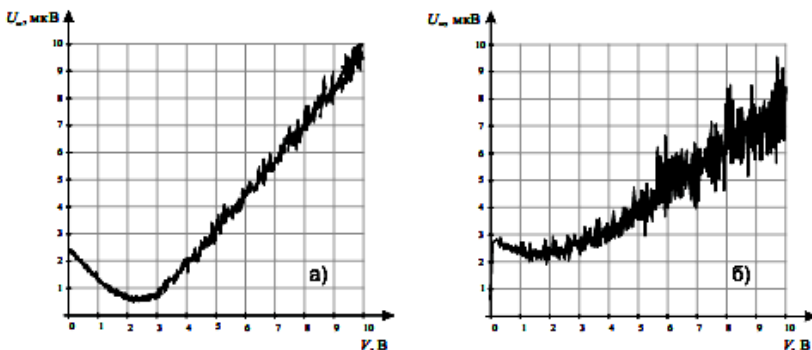


Рис. 2. Зависимость $U_{\text{ш}}(V)$ на частоте 200 Гц:
а – при $P_{\phi} = 4$ усл. ед.; б – $P_{\phi} = 10$ усл. ед.

Дополнительными исследованиями установлено, что обнаруженные особенности шума в фоторезисторах на основе CdSe практически полностью отжигаются при комнатной температуре после устранения засветки. Неотжигающаяся часть изменений шума способна накапливаться, приводя к снижению величины обсуждаемого эффекта. Более того, фотопроводимость данного фоторезистора в зависимости от мощности засветки указанных особенностей не имеет: имеет место линейное ее увеличение с ростом V , а также сохранение формы ее частотной зависимости во всем диапазоне исследованных значений P_{ϕ} .

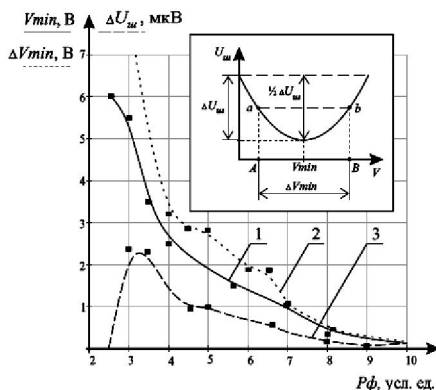


Рис. 3. Зависимость параметров минимума шума от мощности засветки

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 запишем выражение для полного шума фоторезистора. Он складывается из четырех составляющих: теплового шума – $U_{шТ}$, дробового шума – $U_{шДР}$, генерационно-рекомбинационного шума – $U_{шГР}$ и фликкер-шума – $U_{шF}$, каждый из которых зависит от V и P_{Φ} :

$$U_{ш} = \sqrt{U_{шТ}^2 + U_{шДР}^2 + U_{шГР}^2 + U_{шF}^2}. \quad (1)$$

Расписав каждое слагаемое выражения (1), используя вид входной цепи схемы выделения шума фоторезистора (см. вставку на рис. 1), получим выражение для шума в полосе частот $\Delta f = f_B - f_H = f_B$:

$$U_{ш} = \sqrt{4kT \left(\frac{R_{\Phi} \cdot r}{R_{\Phi} + r} \right) \Delta f + 2q \left(\frac{V}{R_{\Phi} + r} \right) r^2 \Delta f + V^2 \left(\frac{R_{\Phi}^0 \cdot r}{R_{\Phi}^0 + r} \right)^2 \frac{\overline{\delta R_{\Phi}^2}}{(R_{\Phi}^0 + r)^2} + A \left(\frac{V \cdot r}{R_{\Phi} + r} \right)^2 \int_0^{f_B} \frac{df}{f^{\alpha}}}. \quad (2)$$

Здесь P_{Φ} – сопротивление фоторезистора, r – сопротивление нагрузки, A – константа материала. Сопротивление фоторезистора зависит от флуктуации числа частиц по ГР-механизму и фоновой засветки: $R_{\Phi} = R_{\Phi}^0 + \delta R(t, P_{\Phi})$. Из сравнения с экспериментальными зависимостями шума видим, что доминирующими механизмами являются ГР-механизм и фликкер-шум. Тогда из выражения (2) получим

$$U_{ш} \approx V \sqrt{\left(\frac{R_{\Phi}^0 \cdot r}{R_{\Phi}^0 + r} \right)^2 \frac{\overline{\delta R_{\Phi}^2}}{(R_{\Phi}^0 + r)^2} + A \left(\frac{r}{R_{\Phi} + r} \right)^2 \int_0^{f_B} \frac{df}{f^{\alpha}}}. \quad (3)$$

Произведя преобразования из выражения (3) получим окончательное выражение для шума фоторезистора в условиях фоновой засветки:

$$U_{ш} \approx \left(\frac{V}{R_{\Phi}^0 + r} \right) \sqrt{R_{\Phi}^{02} \frac{\overline{\delta R_{\Phi}^2}}{(R_{\Phi}^0 + r)^2} + A \left(1 - \frac{\delta R_{\Phi}}{R_{\Phi}^0 + r} \right)^2 \frac{f_B^{1-\alpha}}{1-\alpha}}. \quad (4)$$

Выражение (4) показывает, что для генерационно-рекомбинационного и фликкер-шума шумовое напряжение растет с V по линейному закону, что соответствует экспериментально наблюдаемым зависимостям $U_{ш}(V)$. Поэтому обнаруженное влияние фоновой засветки на шум фоторезистора в рамках стандартных представлений о механизмах флуктуаций числа носителей заряда возможно только при наличии зависимости дисперсии его сопротивления от V и $P_{ф}$, что не имеет известной физической интерпретации. Следовательно, объяснение причин появления минимума шума должно опираться на нестандартные механизмы и процессы, вероятно, связанные с наличием в составе полупроводникового соединения хальгенида.

Таким образом, обнаруженные особенности поведения флуктуационных свойств полупроводника могут быть обусловлены зависимостью статистики распределения неравновесных носителей заряда от напряжения на полупроводнике и мощности его фоновой засветки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дьяконова Н.В., Левинштейн М.Е., Румянцев С.Л. Природа объемного шума $1/f$ в GaAs и Si // Физика и техника полупроводников. 1991. Т. 25, № 12. С. 2065–2104.
2. Давыдов В.Н. Фотоиндуцированное усиление шума в полупроводниковых структурах // Изв. вузов. Физика. 1999. № 5. С. 49–58.
3. Пароль Н.В., Кайдалов С.А. Фоточувствительные приборы и их применение: Справочник. М.: Радио и связь, 1991. 112 с.
4. Ван-дер-Зил. Шумы. Источники, описание, измерение. М.: Радио и связь, 1976. 268 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗОВОЙ ОДНОРОДНОСТИ МАГНИТОМЯГКИХ ФЕРРИТОВ ТГ(М)/ДТГ(М) МЕТОДОМ

И.М. Назмутдинов, студент

г. Томск, ТУСУР, каф. ФЭ, nurikmar@mail.ru

В серийном производстве многокомпонентных ферритов применяется дешевый и простой в реализации керамический синтез. Однако для литиевых феррошпинелей данный метод является не всегда корректным из-за наложения рефлексов разных фаз. Поэтому в данной работе для оценки эффективности синтеза мы применили в комплексе с РФА термогравиметрический метод (ТГ(М)/ДТГ(М)) регистрации магнитных фаз в присутствии внешнего магнитного поля.

Цель настоящей работы заключалась в исследовании методами ТГ(М)/ДТГ(М) и РФА литий-цинковых ферритов, полученных кера-

мическим синтезом по традиционной схеме, включающей промежуточные помолы брикетов и перемешивание порошков. Выбор объекта исследования обусловлен тем, что литиевые феррошпинели, легированные цинком, являются основой ферритов, широко применяющихся в микроволновой технике [1].

Техника эксперимента

В работе исследовался синтез литий-цинкового феррита $\text{Li}_{0,3}\text{Fe}_{2,3}\text{Zn}_{0,4}\text{O}_4$ из механической смеси $\text{Li}_2\text{CO}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3\text{-ZnO}$. Выбор состава обусловлен его наибольшим значением намагнитченности насыщения в ряду литийзамещенных феррошпинелей [2]. Образцы компактировались односторонним холодным прессованием под давлением 200 МПа в виде таблеток. Термический обжиг образцов осуществляется в печи сопротивления.

Определение фазового состава исследуемых образцов проводилось на рентгеновском дифрактометре ARL X'TRA с полупроводниковым Si (Li) Пельтье детектором на CuK_α -излучении. ТГ(М)/ДТГ(М) исследования осуществлялись с помощью термического анализатора STA 449C Jupiter фирмы Netzsch (Германия) в воздушной атмосфере.

Экспериментальные результаты

Для изучения влияния традиционного метода гомогенизации были приготовлены обжигом при 800 °С 4 группы образцов состава: $\text{Li}_{0,3}\text{Fe}_{2,3}\text{Zn}_{0,4}\text{O}_4$. Образцы А – после компактирования исходной реакционной смеси обжигались в течение 120 мин. Образцы В – в течение 240 мин. Образцы С и D – в течение 360 мин. Приготовление образцов В и С включало в себя операции промежуточного перемешивания порошка. Эти операции проводились через каждые 120 мин обжига. Промежуточное перемешивание осуществлялось истиранием образцов после предыдущего обжига в агатовой ступке с 10-кратным протиранием через сетку и повторным компактированием без добавления связующих. Образцы группы D, как и образцы А, обжигались без промежуточного перемешивания и отличались между собой только длительностью обжига.

РФА-анализ показал, что при длительности обжига 120 мин фазовая неоднородность образцов А проявляется в большой ширине рентгеновских отражений, в появлении признаков расщепления рефлексов и в наличии сверхструктурных отражений (210)* и (211)* фазы пентаферрита лития LiFe_5O_8 , слабо легированной цинком.

Трехкратное повышение длительности обжига без промежуточных помолов и перемешиваний (образцы D) в значительной степени подавляет признаки расщепления рефлексов и понижает их ширину. Однако сверхструктурные отражения пентаферритовой фазы еще присутствуют на дифрактограмме. И только введение 2-кратной операции

промежуточного измельчения образцов с перемешиванием порошка предельно упрощает вид дифрактограммы (образцы С). В составе дифрактограммы присутствуют только наиболее узкие отражения шпинельной фазы, без сверхструктурных отражений и без признаков расщепления. Это свидетельствует о максимально достигнутой степени гомогенизации синтезированного порошка.

На рис. 1 представлены зависимости ДТГ (М), которые показывают наличие в магнитном поле двух весовых переходов: весовой скачок при 628 °С – объясняется переходом через точку Кюри в пентаферрите лития и размытый низкотемпературный переход, связанный, очевидно, с формированием фаз литий-цинковых ферритов.

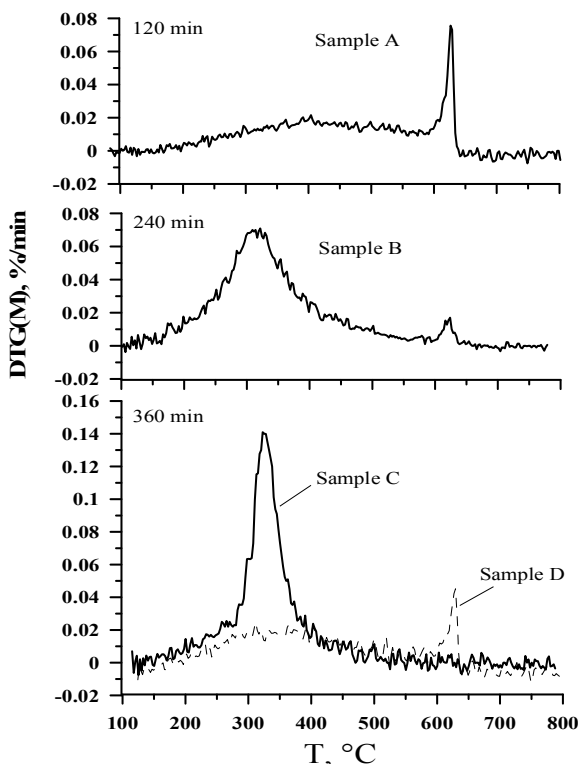


Рис. 1. ДТГ(М) для образцов $\text{Li}_{0.3}\text{Fe}_{2.3}\text{Zn}_{0.4}\text{O}_4$, термически синтезированных при 800°С с различной длительностью обжига и частотой помола и перемешивания

Для образцов группы А фазовая неоднородность порошка проявляется в сильной «размытости» низкотемпературного магнитного пе-

перехода в фазе Li-Zn феррита, смещения его максимума в высокотемпературную область и наличии высокотемпературного перехода через температуру Кюри пентаферритовой фазы (пик при $\sim 630^{\circ}\text{C}$). Присутствие пентаферритовой фазы ($\text{Li}_{0,5}\text{Fe}_{2,5}\text{O}_4$) свидетельствует не только о чрезвычайно низкой гомогенности материала, но и о незавершенности самой реакции синтеза. Увеличение длительности обжига и введение промежуточных перемешиваний порошков уменьшают ширину перехода в фазе литий-цинкового феррита и снижают содержание пентаферритовой фазы (образцы В) вплоть до ее исчезновения (образцы С).

Важность операции перемешивания видна из сравнения кривых ДТГ(М) для образцов С и D, имеющих одинаково высокую длительность обжига (360 мин). Отсутствие промежуточного перемешивания в образцах D приводит к широкому переходу в фазе литий-цинкового феррита, свидетельствующему о существенно большем разбросе содержания цинка в этих фазах.

Измерения кривых ДТГ(М) на эталонных образцах состава $\text{Li}_{0,5(1-x)}\text{Zn}_x\text{Fe}_{2,5-0,5x}\text{O}_4$ с контролируемым содержанием цинка X_{Zn} позволили установить концентрационную зависимость температурного положения пиков ДТГ(М).

По результатам изложенного можно заключить, что в поликомпонентной гетерогенной системе, каковой является порошковая смесь реагентов, в силу топологического характера реакции твердофазного синтеза, формирование конечного продукта проходит через образование непрерывного ряда шпинельных фаз вида $\text{Li}_{0,5(1-x)}\text{Zn}_x\text{Fe}_{2,5-0,5x}\text{O}_4$, где X – изменяется от 0 до 1. Данное обстоятельство приводит к расширению магнитного фазового перехода Li-Zn феррита при температуре Кюри. Ширина перехода определяется условиями и длительностью обжига.

Применение промежуточных помолов брикетированных смесей с перемешиванием порошков приводит к интенсификации твердофазного синтеза литий-цинковых ферритов и уменьшению разброса по концентрации цинка, т.е. к повышению гомогенности конечного продукта.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОРИЕНТАЦИИ ПЛАСТИНЫ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИКА В ЗАДАЧАХ АКУСТОЭЛЕКТРОНИКИ

В.Л. Олейник, студент 3-го курса каф. ЭП

г. Томск, ТУСУР, noz3.ru@mail.ru

При создании приборов акустоэлектроники часто встает задача определения ориентации пьезоэлектрической пластины, используемой в качестве преобразователя электрических сигналов в акустические,

при которой преобразование осуществляется с максимальной эффективностью. В данной работе на примере кристалла резорцина точечной группы симметрии $mm2$ (рис. 1) приводится простой способ решения подобной задачи в следующей формулировке: как следует вырезать пластинку из резорцина, чтобы при приложении к ней одноосного растягивающего напряжения $\sigma = 10^3 \text{ Н/см}^2$ получить максимальную поляризацию на ее рабочих гранях? В стандартной установке кристаллофизических координат резорцин имеет следующие значения пьезомодулей: $d_{31} = -12,4 \cdot 10^{-8}$, $d_{32} = -12,8 \cdot 10^{-8}$, $d_{33} = 16,8 \cdot 10^{-8}$, $d_{24} = 55,3 \cdot 10^{-8}$, $d_{15} = 53,9 \cdot 10^{-8}$ ед. СГСЕ. В обозначениях Фохта матрица пьезомодулей кристаллов группы симметрии $mm2$ имеет вид [1]

$$(d_{ij}) = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & d_{15} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & d_{24} & 0 & 0 \\ d_{31} & d_{32} & d_{33} & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

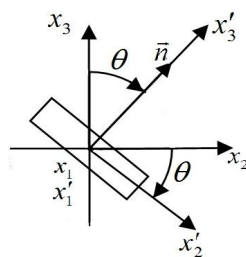


Рис. 1. Кристалл резорцина

Алгоритм решения

Поскольку в ромбической сингонии кристаллографические оси X_1 и X_2 равнозначны, трехмерную задачу по определению оптимальной ориентации кристаллической пластины можно свести к двумерной. Расположим пластину резорцина так, чтобы нормаль к ее поверхности $\vec{n} (0, n_2, n_3)$ составляла угол θ с осью X_3 . (см. рис. 1). Введем новую систему координат $X'_1 X'_2 X'_3$, направив ось X'_3 по нормали, а ось X'_1 по оси X_1 . Матрица преобразования системы координат $X'_1 X'_2 X'_3$ в старую систему $X_1 X_2 X_3$ имеет вид

$$\|C_{ik}\| = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta & -\sin \theta \\ 0 & \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix}. \quad (1)$$

В новой системе координат вектор поляризации $\vec{P}' (P'_1 P'_2 P'_3)$ пластины в соответствии с прямым пьезоэлектрическим эффектом будет

$$P'_i = d'_{ijk} \cdot \sigma'_{jk}. \quad (2)$$

При этом компоненты тензора пьезомодулей кристалла в новой системе координат d'_{ijk} могут быть найдены через элементы матрицы преобразования координат $\|C_{ik}\|$ и значения пьезомодулей в исходной системе координат d_{lmn} [2]:

$$d'_{ijk} = C_{il} \cdot C_{jm} \cdot C_{kn} \cdot d_{lmn}. \quad (3)$$

Тензор упругих напряжений в новой системе координат будет иметь только одну ненулевую компоненту: σ'_{33} . Поэтому, исходя из выражений (1) и вида тензора, запишем компоненты вектора поляризации в новой системе координат:

$$\begin{aligned} P'_1 &= d'_{1jk} \cdot \sigma'_{jk} = d'_{133} \cdot \sigma'_{33}, \\ P'_2 &= d'_{2jk} \cdot \sigma'_{jk} = d'_{233} \cdot \sigma'_{33}, \\ P'_3 &= d'_{3jk} \cdot \sigma'_{jk} = d'_{333} \cdot \sigma'_{33}. \end{aligned} \quad (4)$$

Это означает, что компоненты вектора поляризации определяются только тремя пьезомодулями d'_{133} , d'_{233} , d'_{333} , которые найдем по (3):

$$\begin{aligned} d'_{133} &= C_{1l} \cdot C_{3m} \cdot C_{3n} \cdot d_{lmn} = 0; \\ d'_{233} &= C_{2l} \cdot C_{3m} \cdot C_{3n} \cdot d_{lmn} = 2d_{223} \cos^2 \theta \sin \theta - \sin \theta \cdot (d_{322} \sin^2 \theta + d_{333} \cos^2 \theta) = \\ &= (2d_{233} - d_{333}) \cos^2 \theta - d_{322} \sin^3 \theta; \\ d'_{333} &= C_{3l} \cdot C_{3m} \cdot C_{3n} \cdot d_{lmn} = C_{32}^2 \cdot C_{33} \cdot (2 \cdot d_{223} + d_{322}) + C_{33}^3 \cdot d_{333} = \\ &= (2 \cdot d_{223} + d_{322}) \sin^2 \theta \cdot \cos \theta + d_{333} \cos^3 \theta. \end{aligned}$$

С учетом численных значений пьезомодулей и величины приложенного напряжения к поверхности кристаллической пластины получим, что компоненты вектора поляризации по (4) будут равны:

$$\begin{aligned} P'_1 &= 0; \\ P'_2 &= (93,8 \cdot 10^{-9} \cos^2 \theta \cdot \sin \theta + 12,8 \cdot 10^{-9} \sin^3 \theta); \\ P'_3 &= (97,8 \cdot 10^{-9} \cdot \sin^2 \theta \cdot \cos \theta + 16,8 \cdot 10^{-9} \cdot \cos^3 \theta). \end{aligned}$$

Чтобы найти угол θ , при котором будет наибольшая поляризация, построим графики зависимости поляризации от угла Θ , с применением пакета Mathcad:

По графику определяем угол Θ и максимальную поляризацию по оси Y : $\Theta_2 = 0,673 \text{ рад} = 38,5^\circ$ $P_2 = 3,9 \cdot 10^{-14} \text{ Кл}$.



Рис. 2. График зависимости поляризации по оси Y от угла Θ

$P_3(\Theta)$



Θ

Рис. 3. График зависимости поляризации по оси Z от угла Θ

По графику определяем угол Θ и максимальную поляризацию по оси Z : $\Theta_3 = 0,885 \text{ рад} = 50,6^\circ$, $P_3 = 4,1 \cdot 10^{-14}$ Кл.

Отсюда получается, что пластинку нужно вырезать под углом $50,6^\circ$ относительно оси симметрии второго порядка кристалла резорцина.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Давыдов В.Н.* Материалы и элементы электронной техники. Ч. 1. Кристаллография и кристаллофизика: учеб.-метод. пособие. Томск: ТМЦДО, 2000. 57 с.
2. *Давыдов В.Н.* Материалы и элементы электронной техники. Ч. 2. Кристаллография и кристаллофизика: учеб.-метод. пособие. Томск: ТМЦДО, 2002. 77 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОСАЖДЕНИЯ ПЛЕНОК НА НАНООСТРИЙНУЮ ПОВЕРХНОСТЬ

С.В. Петрухин, студент

*Научный руководитель Т.И. Данилина, проф., к.т.н.
г. Томск, ТУСУР, каф. ФЭ*

Моделирование физических процессов на основе физико-математических моделей является одной из актуальных задач в микро- и наноэлектронике на сегодня. Так, например, для создания МДМ-катодов необходимо получение регулярной структуры, состоящей из наностриг с осажденным на ней диэлектриком. Форма осажденных слоев оказывает непосредственное влияние на характеристики готовых приборов такой структуры, так как в процессе осаждения пленок на микрорельефную поверхность сложной формы возникают трудности, связанные с неравномерным распределением толщины пленки на раз-

личных участках рельефа. Проблемы затенения встают, когда требуется осадить пленку на микрорельеф с высокими отвесными стенками. Целью работы является разработка программы, позволяющая моделировать процесс осаждения диэлектрической пленки на регулярную поверхность, состоящую из столбиков (наноострия), для того чтобы в дальнейшем использовать их в качестве МДМ-катодов.

Результаты работы

Для моделирования процесса осаждения была выбрана «модель струны», так как данная модель обладает большой функциональностью и достаточно точно отражает изменение рельефа поверхности.

В данном методе граница между обработанной и необработанной областями аппроксимируется набором точек, соединенных между собой прямыми отрезками. Результирующий профиль обработанной поверхности определяется положением первоначального профиля, который движется через среду с учетом того, что скорость распространения в каждой точке является функцией локальных переменных. В каждой из этих точек проверяется затенение точки для данного угла падения частиц. Если точка затенена, то влияние данного источника не учитывается (рис. 1) [1].

После проверки условия затенения для каждой точки «струны», производится суммирование скоростей осаждения от тех элементарных источников, для которых данная точка не затенена. При моделировании осаждения процесс представляется как «травление с отрицательной скоростью». Каждый из узлов «струны» движется со скоростью вдоль биссектрисы угла между перпендикулярами к соседним прямолинейным отрезкам (рис. 2).

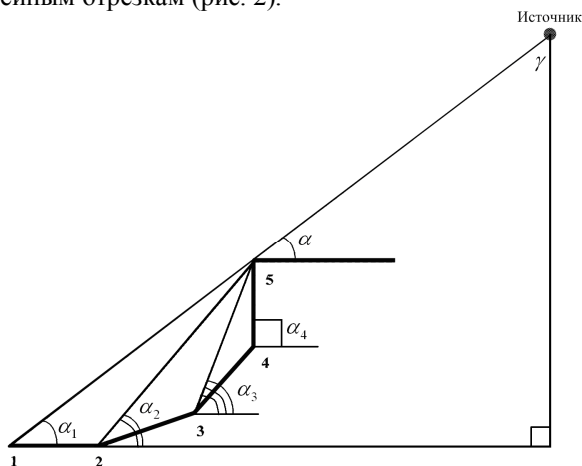


Рис. 1. Схема определения затенения

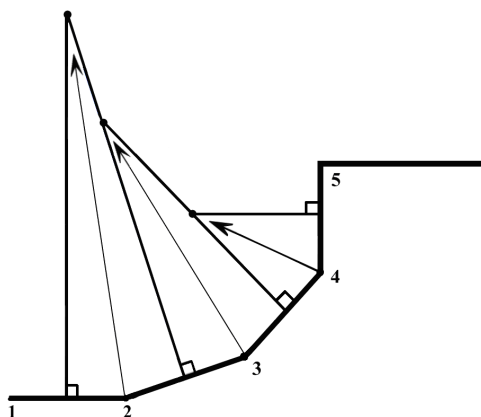


Рис. 2. Схема роста пленки

Зная скорость осаждения и направление роста в каждой точке, рассчитываются приращения за малый промежуток времени, и процесс повторяется сначала. Физический механизм включался в модели параметрами процесса: скоростью и временем осаждения.

Как видно из рис. 3, толщина пленки на боковой стенке значительно меньше, чем на верхней части. Это объясняется тем, что стенки затенены от большинства источников, на которые разбивается зона эрозии магнетрона.

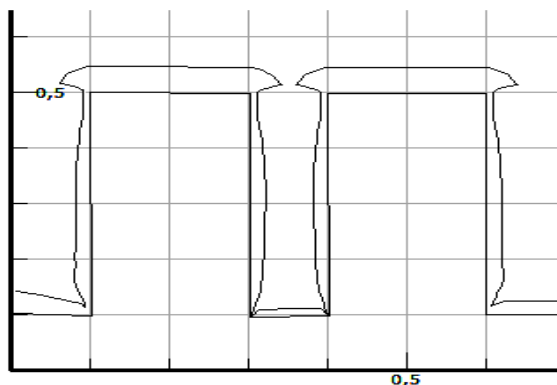


Рис. 3. Пример моделирования осаждения на столбик высотой 400 нм и шириной 100 нм

Анализ полученных результатов

В ходе данной работы была разработана программа, позволяющая смоделировать формирование рельефа поверхности. Разработанная

программа позволяет получать двухмерное изображение структуры. Осаждение моделируется на микрорельефную поверхность, при расчетах учитывается эффект взаимозатенения.

Было проведено моделирование структуры, состоящей из вертикальных столбиков (наноострия), разделенных зазором, и трапециевидных столбиков, также разделенных зазором. Данная структура используется для создания МДМ-катодов. При осаждении диэлектрика на вертикальные столбики, чтобы не происходило разрыва диэлектрика, необходимо уменьшать соотношение высоты профиля к ширине зазоров (h/b). При осаждении на трапециевидные столбики влияние на толщину диэлектрика на боковых стенках оказывает угол боковых стенок и зазор между столбиками.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Нойрейтер Э.Р.* Модели и алгоритмы для моделирования рельефа поверхности полупроводниковой пластины // Моделирование полупроводниковых приборов и технологических процессов / Под ред. Д. Миллера. М.: Радио и связь, 1989. С. 64–67.

ГАЗОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЙ ЭЛЕМЕНТ НА ОСНОВЕ ПОРИСТОГО ДИОКСИДА КРЕМНИЯ

Ю.Н. Поливанова, студентка

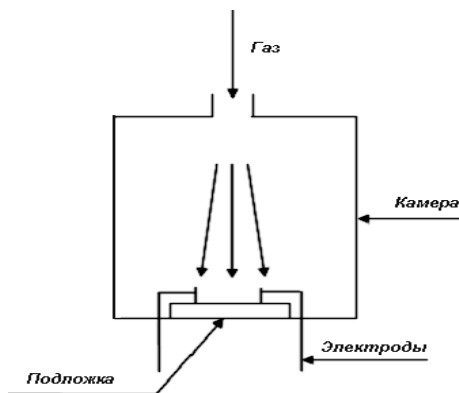
*Научный руководитель П.Е. Троян, зав. каф. ФЭ, проф.
г. Томск, ТУСУР, каф. ФЭ, leillya@bk.ru*

В связи с бурным развитием автоматизированных систем контроля и управления и переходом к гибким автоматизированным производствам стремительно растет потребность в надежных датчиках различных неэлектрических величин, в том числе в датчиках состава газов. Разработка портативных сигнализаторов и анализаторов газов необходима для повышения безопасности проведения работ по добыче полезных ископаемых и улучшения контроля за наличием отравляющих и взрывоопасных газов в атмосфере промышленных предприятий и в быту. Особенно перспективными являются разработки на пористом кремнии и его окисле, поскольку работа полупроводникового датчика тем эффективнее, чем более развита поверхность кристалла.

В качестве технологии изготовления газочувствительного элемента была выбрана планарная технология. В планарной технологии чувствительный элемент представляет собой полупроводниковую подложку с нанесенными на нее металлическими электродами. В качестве материала электродов был выбран алюминий. При помощи фотолито-

графии в алюминиевом электроде был выполнен зазор. В область зазора магнетронным распылением составной мишени напыляется пленка диоксида кремния, модифицированная углеродом. Измерения проводились в герметичном объеме. Схема экспериментальной установки представлена на рис. 1.

Рис. 1. Схема экспериментальной установки для измерения газочувствительных свойств пленки $\text{SiO}_2 + \text{C}$



Измерение газочувствительности полученного нами элемента проводились на воздухе, при напуске в герметичный объем паров различных газов (пары воды, спирта и бензина). После каждого из измерений образец подвергали нагреву – это необходимо для того, чтобы произошел процесс десорбции. После проведения первого эксперимента стало понятно, что вольт-амперные характеристики на всех пяти электродах практически совпадают, поэтому было принято решение дальнейший эксперимент проводить только на первом образце. Вид вольт-амперной характеристики при напуске различных паров газов в герметичный объем представлен на рис. 2.

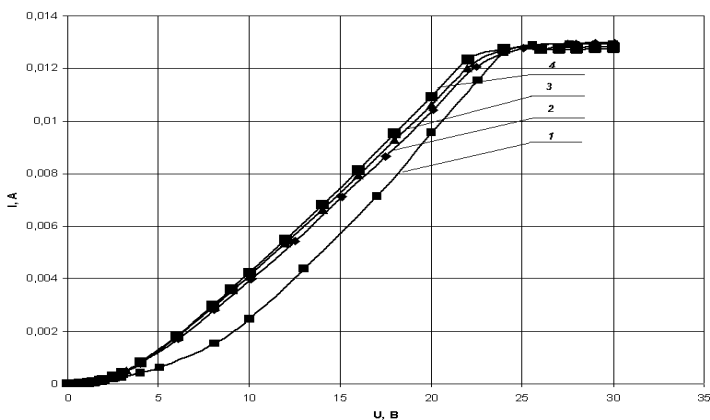


Рис. 2. Вольт-амперная характеристика газочувствительного элемента:
 1 – на воздухе; 2 – при напуске паров воды; 3 – при напуске паров спирта;
 4 – при напуске паров бензина

Проанализировав полученные данные, можно сделать вывод, что изменение проводимости обусловлено процессом, происходящим на поверхности газочувствительного элемента, – адсорбцией, а полученная структура является газочувствительным элементом. Активное изменение тока и адсорбционного отклика в первый момент времени обусловлено большим наличием адсорбционных мест на поверхности плёнки. Со временем их количество убывает, что вызывает уменьшение приращения тока и соответственно уменьшение приращения адсорбционного отклика.

По построенным вольт-амперным характеристикам видно, что наибольший адсорбционный отклик наблюдается при напуске в герметичный объем паров бензина.

Также установлено, что при напряжении 25 В на всех вольт-амперных характеристиках наблюдается насыщение. Это явление не имеет пока научного объяснения и требует дальнейшего изучения.

ФОРВАКУУМНЫЙ ПЛАЗМЕННЫЙ ИСТОЧНИК ИОНОВ

Е.Э. Поздеев, студент 4-го курса

г. Томск, ТУСУР, каф. ЭП, pozdeev_eugene@mail.ru

В течение нескольких десятилетий ионные пучки находят широкое применение. В частности, их используют для имплантации ионов с целью модификации поверхности твердых тел, в процессах литографии, в ионных двигателях для космических целей, плавки, сварки и резки [1].

Существующие источники ионов функционируют при давлениях $10^{-3} - 10^{-2}$ Па [2]. Как правило, ионы получают из газоразрядной плазмы. Исследование извлечения ионов при повышенных давлениях вызывает большой интерес. Если в вакууме 1–10 мПа плазма инертна по отношению к эмиссии ионов, то при давлениях, на 2–3 порядка больших, следует ожидать наличия новых эффектов, вызванных, в частности, поступлением в эмиссионную плазму электронов из пучковой плазмы, т.е. плазмы, образованной ионным пучком при его распространении в газе [3].

Экспериментальная установка

Для получения ионных пучков в форвакууме было использовано устройство, ранее применявшееся для формирования пучков электронов [4]. Результаты первых экспериментов были признаны неудовлетворительными, поскольку при извлечении ионов через эмиссионное окно в анодном электроде эффективность извлечения не превышала 0,1%. В связи с этим конструкция устройства была модернизирована и

эмиссионное окно перенесено в катодный электрод. Для получения ионного потока система электропитания источника также была изменена.

Схематическое изображение источника ионов приведено на рис. 1. Для создания плазмы использовался разряд с полым катодом цилиндрической формы. Анод представлял собой диск, размещенный на торце полости. Противоположная стенка катодной полости содержала эмиссионное окно, перекрытое сеткой с ячейкой 2×2 мм и сечением проволоки 0,25 мм.

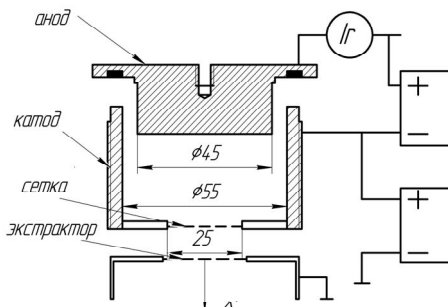


Рис. 1. Макет форвакуумного плазменного источника ионов

Ускоряющий электрод – экстрактор располагался на расстоянии 6 мм от эмиссионной сетки. Для питания разрядного и ускоряющего промежутков использовались постоянные напряжения, создаваемые выпрямителями. Разрядное напряжение составляло 500–600 В, ускоряющее напряжение варьировалось в интервале 1–10 кВ. Извлекаемые с границы плазмы ионы формировали пучок в ускоряющем промежутке, приобретая энергию, соответствующую ускоряющему напряжению. В качестве коллектора использовалась стальная пластина размерами 70×140 мм, размещенная на системе передвижения и изолированная от нее слоем диэлектрика. Система передвижения коллектора позволяла изменять расстояние от экстрактора до коллектора в пределах от 0 до 20 см. Сигнал с коллектора подавался на цифровые измерительные приборы. Откачка камеры производилась механическим насосом, давление в камере изменялось от 5 до 15 Па.

Результаты эксперимента и их обсуждение

В ходе проделанных экспериментов были измерены зависимости ионного тока от ускоряющего напряжения для различных токов разряда (рис. 2), а также зависимость тока ионов от расстояния эмиссионный электрод – коллектор (рис. 3).

Как и следовало ожидать, извлечение через катодный электрод позволило значительно повысить эффективность извлечения, доведя ее до нескольких процентов. Абсолютные значения токов и эффективность извлечения возрастают с увеличением ускоряющего напряжения (см. рис. 2), что может быть следствием как влияния пространственного заряда ионов, так и ослабления рассеяния ионов на газовых молекулах. Косвенным подтверждением наличия такого рассеяния может

служить спад ионного тока на коллектор при увеличении расстояния до него от ускоряющего электрода (см. рис. 3).

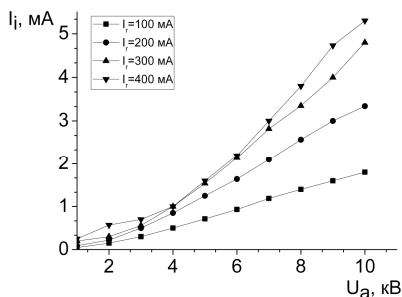


Рис. 2. Зависимость ионного тока от ускоряющего напряжения при давлении 5 Па для различных токов разряда

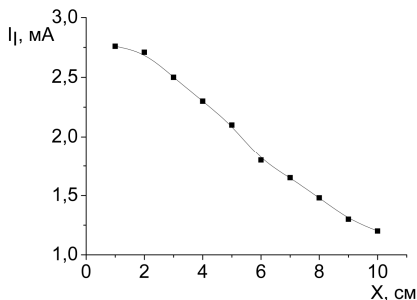


Рис. 3. Зависимость ионного тока от расстояния X при давлении 5 Па и ускоряющем напряжении 8 кВ

Заключение

Модернизация макета форвакуумного плазменного источника ионов позволила увеличить эффективность извлечения ионного тока в десятки раз и довести ее до 2% от тока разряда. Результаты экспериментов указывают на возможности увеличения эффективности извлечения ионного тока путем изменения конфигурации извлекающей системы и увеличения ускоряющих напряжений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Габович М.Д. Физика и техника плазменных источников ионов. М.: Атомиздат, 1972. 304 с.
2. Brown G. The physics and technology of ion source, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. Weinheim, 2004. 387 p.
3. Райзер Ю.П. Физика газового разряда, М.: Наука, 1992. 536 с.
4. Поздеев Е.Э. Временные характеристики импульсного источника электронов, функционирующего в форвакуумной области давлений // Е.Э. Поздеев, А.В. Медовник // Докл. Том. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники. 2010. Ч. 2, июнь. С. 93–98.

МЕТОД ФОРМИРОВАНИЯ ПЛЕНОК ПЕРЕМЕННОЙ ТОЛЩИНЫ

Е.А. Примакова

*Научный руководитель Л.Н. Орликов, проф.
г. Томск, ТУСУР, каф. ЭП, oln4@yandex.ru*

Рассматривается принцип формирования пленок переменной толщины без применения маски.

Для производства электронных приборов известно формирование пленок методом термического испарения материалов в вакууме. При изготовлении приборов оптоэлектроники, например оптических волноводов, акустоэлектронных радиокомпонентов, требуются пленки с переменной локальной толщиной. Для оптических волноводов на стеклах представляет интерес формирование пленок свинца или цинка, окислы которых обладают прозрачностью для длинноволновой области спектра [1]. Однако известные методы формирования пленок с применением масок или изменения взаимного расположения элементов имеют ограниченные технологические возможности для формирования пленок с контролируемым локальным распределением толщины.

Методы решения проблемы. Известно, что коэффициент конденсации пара уменьшается с повышением температуры подложки. Дэшманом [2] описано применение накаливаемых проволок в потоке пара для отражения части пара с целью изменения локальной толщины пленки. В данной работе предлагается в качестве «локального отражателя» использовать электронный луч. В основу идеи положены особенности передачи энергии от электронов низких энергий к веществу. Часть энергии может тратиться на возбуждение и ионизацию, образование промежуточных соединений (гидридов, оксидов, нитридов, карбидов и др.), часть энергии тратится на излучение. Основная часть энергии электронов превращается в тепло [3].

Проведенные исследования. Исследования проводились на электронно-лучевой установке А 30605 (ПУР5-50). Установка состоит из газоразрядного источника электронов и вакуумной камеры. На рис. 1, а представлена схема экспериментальных исследований. В вакуумной камере помещался закрытый стальной тигель, нагреваемый электронным пучком. Тигель наполнялся свинцом. По обе стороны тигля выполнены отверстия диаметром по 1 мм для выхода пара. На расстояниях 20–50 мм от тигля помещались стеклянные подложки.

Формирование пленок происходит методом термического испарения в вакууме за счет электронно-лучевого нагрева материала тигля. Поток из электронного источника разделялся экранами и диафрагмами на две части. Основная часть использовалась для нагрева тигля и по-

лучения пара. Вторая часть электронного пучка пропусклась через отклоняющую систему. Измерение толщины пленок проводилось по оценке прозрачности пленки. При обеспечении в камере давления 0,5 Па и подаче на источник напряжения ($-U = 10$ кВ) в системе возбуждается высоковольтный тлеющий разряд током 20 мА. Ионы из плазмы разряда устремляются на холодный алюминиевый катод, из которого выбивают электроны. Электронный пучок направляется в сторону тигля.

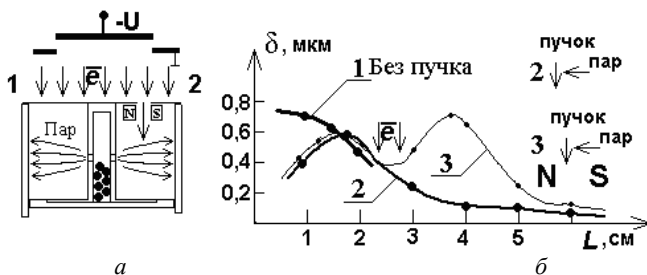


Рис. 1. Схема формирования пленки – а;
б – распределение толщины по длине подложки

Полученные результаты

На рис. 1, б представлены распределения толщины пленки без воздействия пучка на поток пара (кривая 1), при пересечении потока пара пучком (кривая 2). Обнаружено, что поток электронов уменьшает скорость осаждения пленки. Отклонение пучка электронов с помощью магнитного поля (кривая 3) способствует перераспределению потока пара и изменению локальной толщины формируемой пленки. В процессе исследований обнаружено, что при напряжениях более 15 кВ возможны эффекты полимеризации и изменения цвета пленки, в частности ее нитридование.

Обсуждение результатов. При анализе тепловых процессов пользуются теорией передачи импульса. Ввиду большой разности масс электрона и атома наиболее вероятным итогом взаимодействия потока пара и электронного пучка являются возбуждение и ионизация. Вероятно, уменьшение скорости осаждения связано с ионизацией молекул пара. Ионизованные частицы на поверхности подложки имеют более высокую энергию, меньшую вероятность конденсации и большую вероятность десорбции. Облучение пара в условиях «масляной откачки» стимулирует полимеризацию углеводородов. В пользу этого механизма говорят данные об изменении цвета пленок при повышении ускоряющего напряжения.

В итоге работы получены пленки с линейно нарастающей толщиной, представляющие интерес для пропускания излучения по оптическому волноводу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Орликов Н.Л., Орликов Л.Н., Шандаров С.М. Метод изготовления оптических волноводов на стеклах // Радиотехника и электроника. 2001. № 11. С. 112–115.
2. Дзшман С. Научные основы вакуумной техники. М., 1950. 697 с.
3. Попов В.Ф., Горин Ю.Н. Процессы и установки электронно-ионной технологии. М.: Высшая школа, 1988. 250 с.

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ ФОТОМЕТРИИ СВЕТОДИОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА

Я.И. Сарынина, студентка 5-го курса

*Научный руководитель А.Д. Гончаров, ОАО «НИИПП»,
начальник лаборатории НПК-МПСО
г. Томск, ТУСУР, каф. ФЭ, saro4ka89@mail.ru*

Применение светодиодов в области освещения, светосигнальных устройств повлекло за собой ряд проблем.

Одна из основных проблем – необходимость в метрологической базе. В настоящее время отсутствуют стандарты на измерения светотехнических характеристик светодиодной продукции. Существующие отечественные стандарты, как правило, направлены на традиционные источники света: лампы накаливания, газоразрядные лампы: ГОСТ 17616–82 «Лампы электрические. Методы измерения электрических и световых параметров» [1].

Светодиод – это принципиально новый источник света, отличающийся от традиционных источников спектральным составом, кривой силы света (КСС). Поэтому методы измерений, изложенные в [1], следует пересмотреть и, если это имеет место, внести корректировки и дополнения.

Методы измерения в [1] предполагают использование эталонных либо контрольных светоизмерительных ламп. Но в связи с отличием спектральных характеристик светодиодов даже в одной партии появляется проблема разработки данных образцов.

Из зарубежных стандартов известны рекомендации МКО: Measurements of LEDs CIE 127.2–1997, где подробно изложен процесс светодиодных источников света и учтены все дополнения к ГОСТ 17616–82. Значит, пока не будет создан отечественный стандарт и не

появится необходимое оборудование, производители будут качество своей продукции подтверждать неправильными стандартами. Поэтому перед нами стоит задача разработки фотометрического стенда и его автоматизации для комплексного проведения измерений.

Измерительная схема показана на рис. 1 ниже и состоит из следующих блоков: 1 – ИС – источник света; 2 – источник питания (сила тока, напряжение, потребляемая мощность); 3 – $\varphi(\lambda)$ – измеритель относительного спектрального распределения излучения светодиода; (КП – коэффициент преобразования фотометрической головки); 4 – установка для измерения кривой силы света (КСС); 5 – программный модуль для расчета светового потока (Φ , лм); 6 – программный модуль для расчета световой отдачи (η , лм/Вт); 7 – программный модуль для создания файлов с расширением ies.

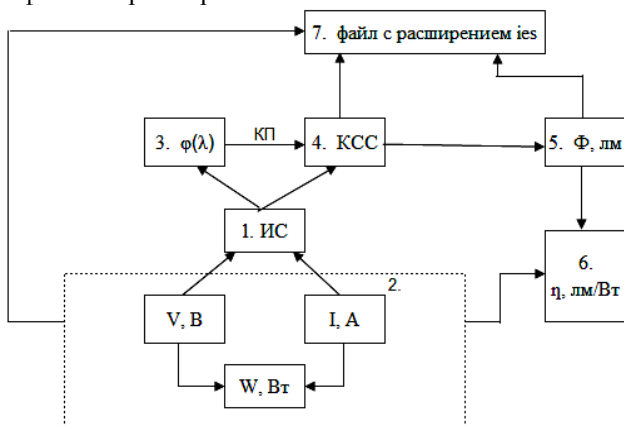


Рис. 1. Структурная схема фотометрического стенда

Фотометрический стенд выполняет следующие функции: измерение относительного спектрального распределения; измерение кривой силы света; измерение светового потока; измерение потребляемой мощности, Вт; измерение световой отдачи, лм/Вт; создание файлов с расширением ies, предназначенных для проектирования светотехнических установок в специализированных компьютерных программах.

На первом этапе была разработана методика и написан программный модуль для определения коэффициента преобразования фотометрической головки для разных типов светодиодов. Затем производился расчет светового потока по измеренной КСС методом зональных телесных углов [2], рассчитывалась световая отдача и в результате формировался файл с расширением ies.

Математически коэффициент преобразования фотометрической головки можно представить в виде выражения

$$K_{\lambda} = K_A \cdot \frac{\int \varphi_{\lambda} S_{\lambda} d\lambda \int \varphi_{\lambda A} V_{\lambda} d\lambda}{\int \varphi_{\lambda} V_{\lambda} d\lambda \int \varphi_{\lambda A} S_{\lambda} d\lambda}, \quad (1)$$

где V_{λ} – относительная спектральная световая эффективность (рис. 2); S_{λ} – относительная спектральная чувствительность фотоприемника (рис. 2); φ_{λ} – относительное спектральное распределение источника типа А (рис. 3); φ_{λ} – относительное спектральное распределение исследуемого источника (рис. 4); K_A – коэффициент преобразования фотометрической головки для источника типа А; K_{λ} – коэффициент преобразования фотометрической головки для исследуемого источника.

В качестве фотоприемника была использована фотометрическая головка типа ГФб-1 с коэффициентом преобразования для источника типа А, равным 26,2 нА/лк, и допускаемой основной относительной погрешностью измерения для источника типа А – 3%.

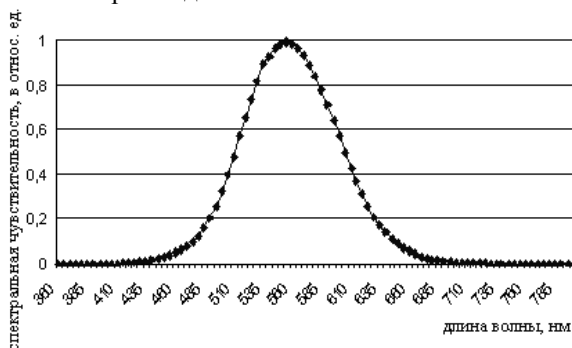


Рис. 2. Относительная спектральная чувствительность фотоприемника

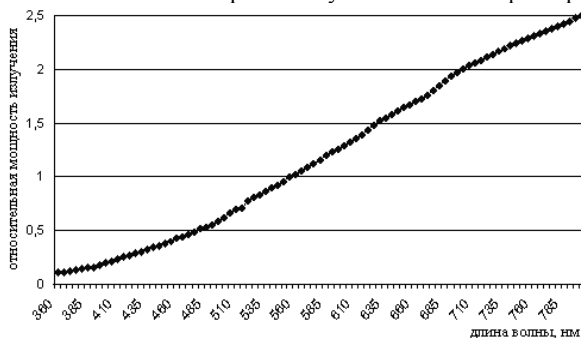


Рис. 3. Спектральное распределение мощности излучения

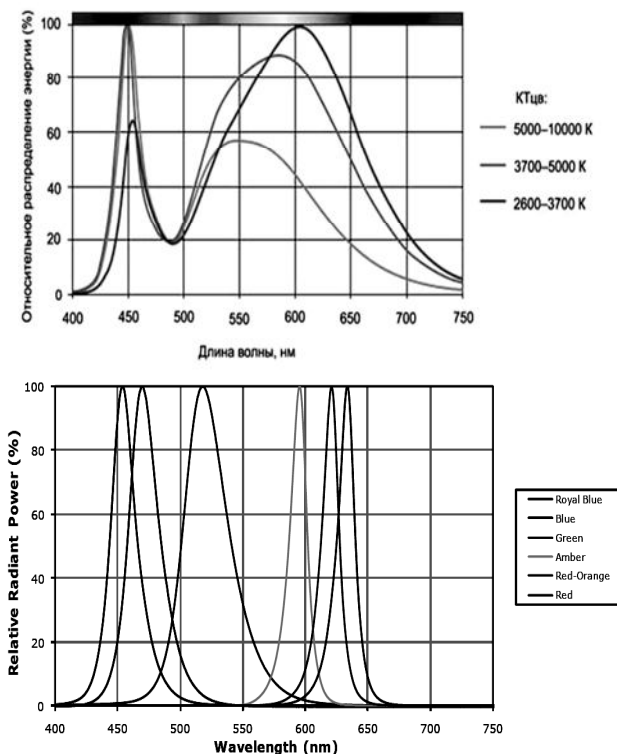


Рис. 4. Относительное спектральное распределение белых светодиодов серии Zenigata Sharp и серии XP-E Color (Cree)

Коэффициенты преобразования для фотометрической головки

Тип светодиода	КП, нА/лк*
Zenigata	26,2
C5SMF-BJS(Cree)	26,9
C5SMF-GJS(Cree)	25,9
C5SMF-RJS(Cree)	27,0
XP-E Color Amber (Cree)	26,4
XP-E Color Blue (Cree)	27,1
XP-E Color Green (Cree)	25,9
XP-E Color RED (Cree)	30,3
XP-E Color RoyalBlue (Cree)	30,7
XP-E CXP-E Color RED-Orange (Cree)	28,9

Из полученных результатов расчета видно, что отличие коэффициента преобразования головки для спектра излучения источника типа

А от коэффициента преобразования головки для спектра излучения цветных светодиодов составило до 15%, для светодиодов с белым свечением – около 3%.

Исходя из этого, можно сделать вывод, что расчет коэффициента преобразования для данного типа фотометрической головки целесообразно выполнять для источников света с узким спектральным составом излучения. Контрольные образцы необходимо готовить для источников белого света – один образец для любого спектра излучения, а для «цветных» – один образец на каждый спектр излучения по отдельности.

Таким образом, учитывая данный вывод, стандарт ГОСТ 17616–82 и рекомендации МКО предприятия могут для контроля качества своих изделий написать свой стандарт организации на измерение светодиодов и приборов на их основе.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 17616–82. Лампы электрические. Методы измерения электрических и световых параметров.
2. *Щепина Н.С.* Основы светотехники: Учеб. для техникумов. М.: Энергоатомиздат, 1985. 344 с.
3. *Шуберт Ф.* Светодиоды / Пер. с англ.; под ред. А.Э. Юновича. 2-е изд. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. 496 с.

ИЗМЕРЕНИЕ ФОТОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ИЗЛУЧАЮЩИХ ДИОДОВ В ВИДИМОМ ДИАПАЗОНЕ ИЗЛУЧЕНИЯ

П.Е. Сим, О.Л. Роденко, студенты

Научный руководитель С.В. Смирнов, проф., д.т.н.

г. Томск, ТУСУР, каф. ФЭ, nez1@ya.ru

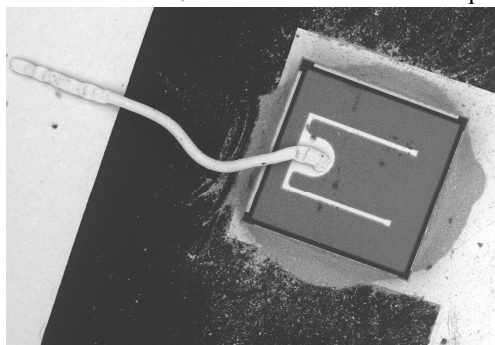
В технологии производства светодиодов очень важны их фотометрические характеристики. При проектировании светодиодов необходимо учитывать функцию чувствительности человеческого глаза. Она имеет максимум, который приходится на длину волны 555 нм и соответствует зеленой области спектра.

В данной работе характеристики светодиодов были сняты методом интегрирующей сферы. Суть метода заключается в том, что исследуемый источник света находится в сфере, внутри покрытой материалом, являющимся почти идеальным отражателем. Сигнал, который появляется на фотозlemente, за счет его освещения источником света, пропорционален его освещенности, которая пропорциональна, в свою очередь, световому потоку от источника света. Фоточувстви-

тельный элемент закрыт от источника света экраном и фиксирует только рассеянный свет.

Определение параметров светоизлучающего диода SL-V-B24AD

С помощью настольного электронного микроскопа Hitachi



TM-1000_0903 2010.10.18 09:36 L x100 1 mm

TM-1000 была снята фотография чипа светоизлучающего диода SL-V-B24AD. Она приведена на рис. 1.

Рис. 1. Фотография чипа SL-V-B24AD, сделанная с помощью электронного микроскопа

Данный светодиод имеет размеры 600×600 мкм и для него характерна длина волны, соответствующая синему цвету, а именно 450–475 нм.

В таблице приведены электрические характеристики исследуемого светодиода.

Экспериментально полученные параметры светодиода SL-V-B24AD

U , В	I , мА	$I_{фз}$, мА	$U_{фз}$, В	$P_{эл}$, Вт	$P_{изл}$, мВт
2,6	5	0,032	0,303	0,013	9,7
2,75	10	0,073	0,327	0,028	23,7
2,8	15	0,110	0,339	0,042	37,3
2,85	20	0,147	0,346	0,057	50,7
2,9	25	0,190	0,354	0,073	67,4
2,95	30	0,217	0,358	0,089	77,7
3	35	0,272	0,364	0,105	99,1
3,05	40	0,294	0,366	0,122	107,8
3,05	45	0,325	0,369	0,137	120,0
3,05	50	0,359	0,371	0,153	133,4
3,1	55	0,391	0,374	0,171	146,1
3,12	60	0,423	0,376	0,187	159,2
3,15	65	0,461	0,379	0,205	174,5
3,2	70	0,492	0,380	0,224	187,2
3,23	75	0,520	0,381	0,242	198,6
3,25	80	0,546	0,383	0,26	209,3
3,3	85	0,583	0,384	0,281	224,2
3,32	90	0,611	0,386	0,298	236,1
3,34	95	0,644	0,388	0,317	249,6
3,35	100	0,668	0,389	0,335	259,6

На рис. 2 представлена зависимость мощности излучения от тока на светодиоде.

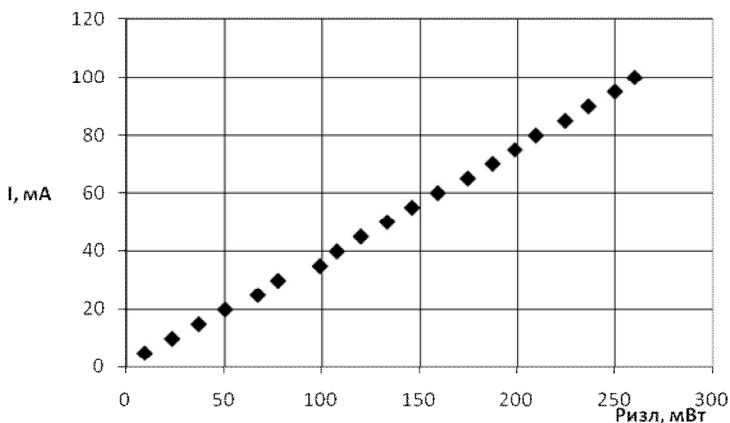


Рис. 2. Зависимость мощности излучения от тока на светодиоде

На основании полученных экспериментальных данных были сделаны выводы о том, что внешний квантовый выход светодиода уменьшается с увеличением на нём тока. Также уменьшается коэффициент полезного действия светодиода.

С момента появления светодиоды проделали длинный путь своего развития. В наше время яркие светодиоды существуют в широком диапазоне цветов, включая белый. Это открывает массу новых применений для СИД, что и связано с целью данной работы. Исследование фотометрических характеристик светодиодов широко востребовано в связи с надобностью исследования деградации СИД. В данной работе был исследован ряд характеристик светоизлучающих диодов, позволяющий оценить качество их работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. <http://inno.ru/press/articles/document30818/>
2. <http://tehpoisk.ru/articles/newsrynoklampnakal>
3. Bugno P. Characterization and reliability of blue and white GaN-based LEDs submitted to current and thermal stress / Anno Accademico. 2010. 125 p.
4. Шуберт Ф. Светодиоды. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. 496 с.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА УГЛЕРОДНЫХ ПЛЕНОК

Д.С. Смычков, Е.Ф. Колотилина, студенты 4-го курса,

А.Л. Астафьев, К.С. Кузнецов, Е.В. Николаев,

О.А. Сарвенков, студенты 3-го курса

Научный руководитель Ю.В. Сахаров, доцент каф. ФЭ

г. Томск, ТУСУР, каф. ФЭ, sd-1990@mail.ru

Тонкие алмазные пленки привлекают к себе все большее внимание благодаря таким уникальным свойствам, как чрезвычайно высокая твердость, высокая теплопроводность, прозрачность в широком оптическом диапазоне, большое удельное сопротивление, малый температурный коэффициент линейного расширения.

Целью настоящей работы является исследование электрофизических свойств углеродных пленок, полученных магнетронным распылением графита в атмосфере аргона.

Исследования проводились на конденсаторной структуре Al-C-Al, нанесенной на стеклянную подложку. Контакты из алюминия наносились методом термического испарения в вакууме. Углеродная пленка наносилась методом магнетронного распыления графита в атмосфере аргона при давлении в вакуумной камере $5 \cdot 10^{-3}$ мм рт. ст. и токе разряда 300 мА. Толщина алюминиевых электродов составляла 100 нм, толщина углеродной пленки составляла 200 нм. Конденсаторные структуры изготавливались матричным способом, с размером каждого элемента 1×1 мм. Измерения проводились при атмосферном давлении на воздухе.

На рис. 1 представлены вольт-амперные характеристики (ВАХ) двух структур Al-C-Al, измеренные на постоянном напряжении. Анализируя вид полученных зависимостей, можно сказать, что полученная углеродная пленка обладает экспоненциальной зависимостью тока от напряжения, что характерно для диэлектриков. При этом абсолютные значения токов весьма велики в сравнении с классическими диэлектриками, к примеру SiO_2 . Это свидетельствует о присутствии в диэлектрической пленке проводящей компоненты, предположительно графита.

Присутствие проводящей компоненты должно изменить тип электропроводности. Для определения типа электропроводности ВАХ необходимо перестроить в координатах Шоттки $\ln(I) \sim E^{1/2}$ и по методике, описанной в [1], определить тип электропроводности. На рис. 2 изображены ВАХ структуры Al-C-Al, построенные в координатах $\ln I - E^{1/2}$.

Анализируя полученную зависимость (рис. 2), можно сказать, что ВАХ образца, построенная в координатах Шоттки, достаточно хорошо укладывается в прямую линию, что характерно для диэлектриков. Определив тангенс угла наклона полученной зависимости и сравнив его с

теоретическим [1], можно сказать, что наиболее вероятным механизмом электропроводности полученной углеродной пленки является механизм Пула–Френкеля [1]. Однако экспериментальное разделение вкладов процессов Пула–Френкеля и Шоттки не простое, и требует проведения дополнительных исследований [1].

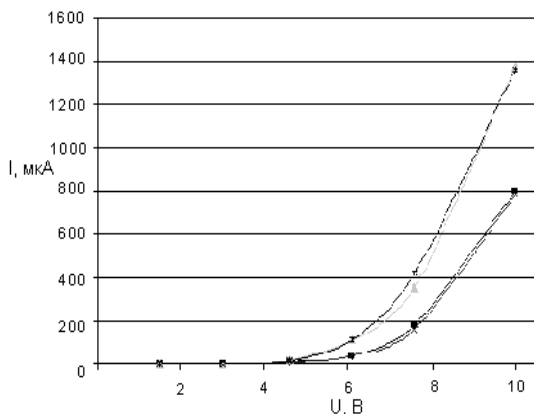


Рис. 1. ВАХ структуры Al-C-Al

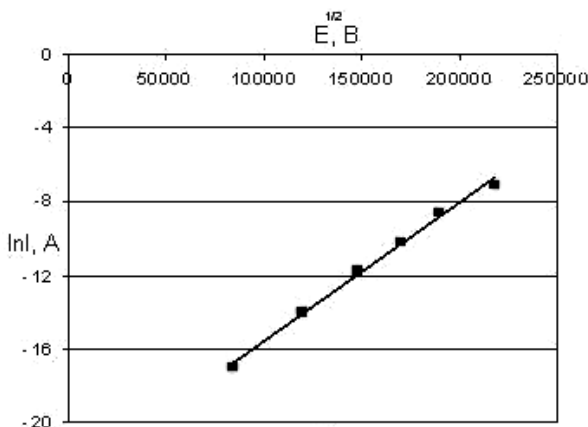


Рис. 2. ВАХ структуры Al-C-Al в координатах Шоттки

Измерение емкости полученных конденсаторных структур показало наличие больших величин тангенса диэлектрических потерь $\operatorname{tg} \delta$ от 0,01 до 0,2, что также свидетельствует о высокой электропроводности углеродной пленки. Расчет величины диэлектрической проницаемости показал весьма аномальное значение диэлектрической прони-

цаемости. Среднее значение диэлектрической проницаемости ε оказалось около 25, что нехарактерно для углеродных пленок.

Спектрометрические и эллипсометрические исследования с помощью спектрометра USB-2000 и лазерного эллипсометра ЛЭФ-3М показали, что показатель преломления полученных углеродных пленок n составляет 1,34. Отсюда следует, что диэлектрическая проницаемость этих пленок должна быть на уровне $\varepsilon = 1,8$.

Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод, пленки углерода, полученные магнетронным распылением графита в атмосфере аргона, представляют собой двухкомпонентную смесь, предположительно состоящую из аморфного углерода с графитовыми включениями. Существенные различия диэлектрической проницаемости могут быть связаны с большой электропроводностью полученных углеродных пленок, что могло сказаться на измерениях емкости мостовыми методами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хасса Г., Франкомб М., Гофман Р. Физика тонких пленок. М.: Мир, 1978. 359 с.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ НАНЕСЕНИЯ ОТРАЖАЮЩИХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ПЛЕНОК СЕРЕБРА

П.А. Терехов, студент 4-го курса

Научный руководитель Ю.В. Сахаров, доцент каф. ФЭ

г. Томск, ТУСУР, каф. ФЭ, student_pahan@mail.ru

Основной задачей данной работы является разработка технологии напыления отражающих пленок на основе пленок серебра на сапфировую подложку и внедрение технологического процесса напыления Ag в маршрут изготовления мощных световых диодов на основе GaN.

Разработка технологии нанесения отражающих покрытий на основе пленок серебра на сапфировую подложку – это новый этап при изготовлении светодиодов, который должен уменьшить потери, связанные с тем, что излучение света кристаллом светодиода происходит во все стороны, тем самым увеличивая яркость излучения светодиода. Оптическая система в светодиоде будет основана на увеличении внешнего квантового излучения светодиода за счет отражения фотонов внутреннего квантового излучения от отражающего покрытия, в нашем случае от покрытия на основе серебра [3].

Серебро является одним из наиболее используемых представителей группы благородных металлов и имеет широкое распространение в

гальванической практике. Главными достоинствами серебра с гальванической точки зрения являются его высокая химическая стойкость и яркий блеск. В отличие от ряда других гальванических покрытий, серебро можно осадить в слоях значительной толщины, причем оно сохраняет свою эластичность и хорошее сцепление с основным металлом.

Такой материал отличается хорошей отражательной способностью, степень отражения серебра в инфракрасном диапазоне 98%, а в видимой области спектра – 95% (рис. 1), благодаря этому серебряные покрытия широко применяются в производстве автомобильных фар, прожекторов и т.п.

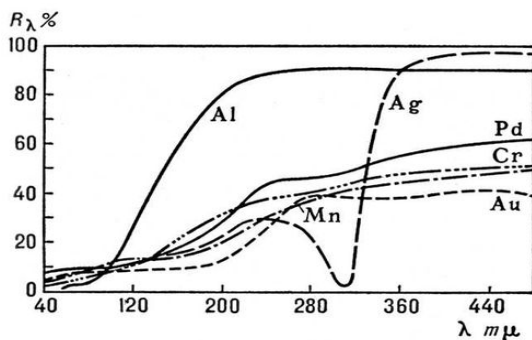


Рис. 1. Спектральные коэффициенты отражения металлических плёнок

Основной задачей отражающего покрытия является то, что оно должно иметь высокий коэффициент отражения. Большими коэффициентами отражения обладают гладкие металлические поверхности: алюминиевые — в ультрафиолетовом, видимом и инфракрасном диапазонах излучения, серебряные — в видимом и инфракрасном, золотые — в инфракрасном. Металлизированная пленка в диапазонах видимого и инфракрасного света отражает такое количества света, которое не могут отразить ни чистое стекло, ни окрашенная пленка. Отражение от любого металла сильно зависит от длины волны света: с её увеличением коэффициент отражения возрастает для некоторых металлов до 99% и более (рис. 1) [4].

Так почему же выбрано серебро для производства отражающих покрытий, а не, например, алюминий?

Прежде всего, это связано с тем, что степень отражения серебра в области спектра излучения света имеет максимальный коэффициент отражения в инфракрасном диапазоне 98%, а в видимой области спектра – 95%. У алюминия степень отражения в среднем равна от 75 до 86% в зависимости от степени чистоты алюминия. Теплопроводность серебра при 20 °С равна 419 Вт/м, что практически в два раза больше,

чем теплопроводность алюминия, которая равна 228 Вт/м. Серебро обладает высокой стойкостью к окислению кислородом при обычных условиях. А поскольку температура плавления алюминия ниже, то она из-за высоких температур может выйти из строя раньше, чем пленки серебра.

Но главным недостатком серебра является то, что его экономически невыгодно использовать из-за большой цены.

Нанесение отражающих пленок на основе серебра производилось методом термического испарения металла в вакууме толщиной пленки 0,2 мкм. В результате получили кристалл вида, как на рис. 2.

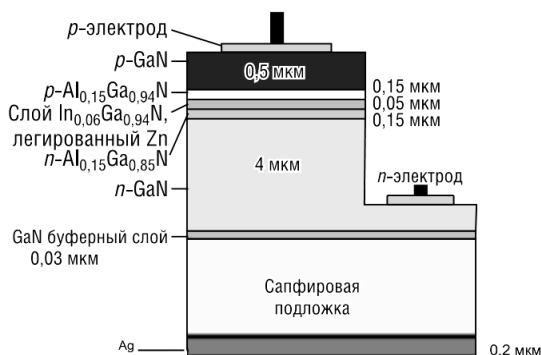


Рис. 2. Строение кристалла, излучающего синий свет, с добавлением отражающего покрытия на основе серебра

На этом кристалле нанесён слой серебра, который расположен с противоположной стороны от кристалла светодиода на сапфировой подложке. Этот слой уменьшает потерю при излучении внутреннего кванта света, отражая его и направляя излучение в сторону внешнего квантового выхода фотонов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коган Л.М. Полупроводниковые светоизлучающие диоды. М., 1983.
2. Коган Л.М. Светодиодные осветительные приборы // Светотехника. 2002. № 5. С. 16–20.
3. Каримбаев Я.И. Обзор по технологии изготовления светодиодов на основе нитридов. М., 2006. С. 88.
4. Лапинов Б.А. Нанесение тонких пленок методом вакуумного термического испарения. М., 2006. 30 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ДИФФУЗИИ КИСЛОРОДА В LiFe_5O_8 МЕТОДОМ ТЕРМОГРАВИМЕТРИИ

О.А. Трофимова, магистрант

Научный руководитель: Е.Н. Лысенко, к.ф.-м.н.,

с.н.с. ПНИЛ ЭДнП ТПУ

г. Томск, ТУСУР, каф. ФЭ, olya88@yandex.ru

Материалы на основе литиевых оксидных феррошпинелей характеризуются большим разнообразием составов и структурных модификаций. Пентаферрит лития (ПФЛ) $\text{Li}_{0.5}\text{Fe}_{2.5}\text{O}_4$ является простейшим представителем обширного класса литиевых оксидных феррошпинелей, характеризующихся большим разнообразием составов и структурных модификаций. Поэтому он привлекает к себе внимание, прежде всего, в качестве модельного объекта при изучении фундаментальных физических явлений, протекающих в группе материалов, полученных на основе ПФЛ [1].

При взаимодействии с окружающей средой в зависимости от таких внешних термодинамических параметров, как температура (T) и парциальное давление кислорода в газовой среде (P), феррит может поглощать кислород (окислительная реакция) или терять его (восстановительная реакция). Во многих случаях материал способен приобретать оптимальные физико-химические свойства только при определенном содержании кислорода. Поэтому для получения ферритов с требуемыми характеристиками исключительную важность представляют всесторонние исследования процессов диффузионного обмена между сложным оксидом и газовой средой и получение данных о кинетических и диффузионных характеристиках этого процесса. При решении такого рода задач достаточно эффективным является метод термогравиметрического анализа.

Методика эксперимента

Литиевый феррит синтезировался по стандартной керамической технологии из смеси исходных компонентов Li_2CO_3 и Fe_2O_3 , соответствующей стехиометрическому составу феррита $\text{Li}_{0.5}\text{Fe}_{2.5}\text{O}_4$.

Для изучения процессов взаимодействия с окружающей средой спекаемого порошкового компакта использовался метод термогравиметрии (ТГ). Изменение массы ферритового компакта непосредственно в процессе обжига в воздушной атмосфере регистрировалось с помощью анализатора STA 449 C Jupiter (фирма Netzsch, Германия) с чувствительностью весов 0,1 мкг.

Результаты ТГ-анализа позволили определить температурный интервал для нагревания этого материала $T = 670\text{--}920\text{ K}$, в рамках которого можно правильно анализировать кинетику окисления в нестехио-

метрических порошках феррита. Кинетический анализ проводился с использованием комбинированного режима нагрева с участием как неізотермических, так и ізотермических этапов.

Экспериментальные результаты и их обсуждение

На рис. 1 представлено кинетическое поведение изменения массы порошка. Кинетические результаты были обработаны с помощью лицензированного программного обеспечения «Netzsch Термокинетика».

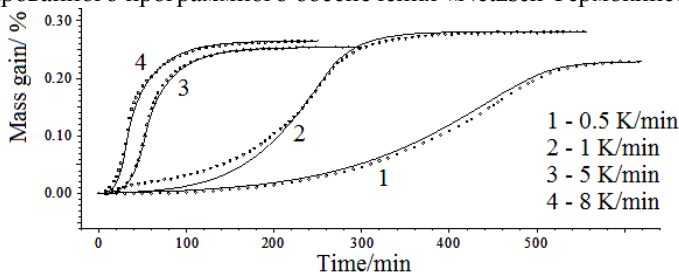


Рис. 1. Кинетика окисления порошка пентаферрита лития. Экспериментальные ТГ-измерения (точки) и расчетные кривые (сплошные линии)

Анализ показал, что наиболее удовлетворительно полученные кинетические зависимости описываются в рамках модели D_{3F} (модель трехмерной диффузии по Фику). Расчетные значения кинетических параметров представлены в таблице, а построенные с учетом этих значений расчетные кривые приведены на рис. 1.

**Расчетные значения кинетических характеристик
процесса окисления ферритов по данным ТГ**

Кин. модель	Параметр $\log A$, с^{-1}	E , кДж/моль	Параметр E , эВ
D_{3F}	7.42	205	2.12

Программа «Netzsch Thermokinetics» позволяет по известным значениям констант скорости реакции выполнить расчеты кинетических зависимостей степени превращения (α) для изотермических условий (рис. 2). Параметр α представляет собой отношение текущих значений увеличения массы к максимально возможному, которое соответствовало окислению литиевого феррита до стехиометрического состояния.

На основе рассчитанных зависимостей α от времени можно осуществить оценку эффективных коэффициентов диффузии кислорода в феррите для различных температур окислительного отжига. Обработка кинетических результатов опиралась на решение второго закона Фика [2]:

$$\alpha = 1 - \frac{6}{\pi^2} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k^2} \exp\left\{-[\kappa\pi]^2 \frac{D}{R^2} t\right\}, \quad (1)$$

где D — коэффициент диффузии; R — радиус частиц; t — время отжига.

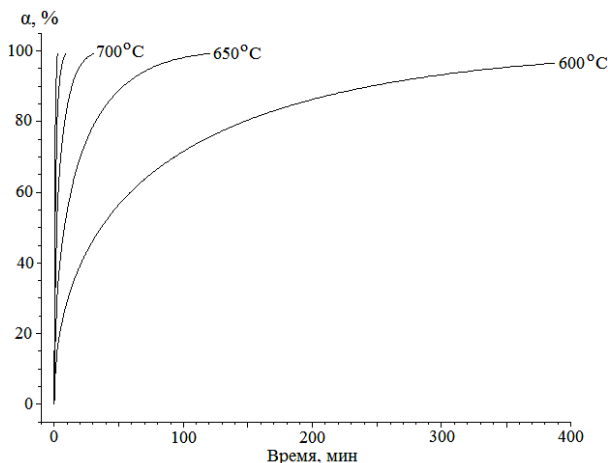


Рис. 2. Изотермические зависимости степени превращения α в реакции окисления ферритов, полученные расчетным путем для различных температур

Расчеты показали, что температурная зависимость эффективного коэффициента диффузии описывается выражением

$$D(\text{см}^2/\text{с}) = 4,1 \cdot e^{-1,88/kT}.$$

Выводы

Методом неизотермической термогравиметрии изучена кинетика окисления литиевого феррита состава $\text{Li}_{0,5}\text{Fe}_{2,5}\text{O}_4$.

Установлены кинетические характеристики окисления нестехиометрического литиевого феррита и коэффициент диффузии кислорода, контролирующий этот процесс.

Значение эффективной энергии активации кислородной диффузии E получено равным 1,88 эВ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Левин Б.Е., Третьяков Ю.Д., Летюк Л.М. Физико-химические основы получения, свойства и применение ферритов. М.: Металлургия, 1979. 471 с.
2. Crank J. //J. Therm. Anal. Cal. 2000. Vol. 60. P. 641–645.

ТЕПЛОВАЯ ОБРАБОТКА ЦИРКОНИЕВОЙ КЕРАМИКИ ПУЧКОМ НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЭЛЕКТРОНОВ

И.Н. Цивковский, студент

г. Томск, ТУСУР, каф. ФЭ, TsvIgor@mail.ru

Диоксид циркония и композиции на его основе обладают целым комплексом полезных физических свойств, а именно высокой прочно-

стью и трещиностойкостью, химической стабильностью, низкой теплопроводностью, высокой пластичностью и ионной проводимостью при высоких температурах, биологической совместимостью и т.д. Это определяет широкое применение данного материала в различных областях промышленности.

Целью данной работы является исследование возможности спекания циркониевой керамики с помощью интенсивного пучка низкоэнергетических электронов.

Методика эксперимента

Ультрадисперсные порошки твердого раствора $\text{ZrO}_2 - 3 \text{ мол.}\% \text{ Y}_2\text{O}_3$ были синтезированы Сибирским химическим комбинатом методом разложения водных растворов азотнокислых солей циркония и иттрия в плазме высокочастотного разряда.

Образцы формовали сухим одноосным прессованием в виде таблеток диаметром 9 мм и толщиной (3–4) мм при давлении 600 МПа.

Электронно-лучевое спекание проводилось электронным пучком, генерируемым плазменным источником электронов в форвакуумной области давлений 5–15 Па.

Термическое спекание прессовок проводили в печи сопротивления dilatометра DIL 402 С фирмы NETZSCH (Германия). Нагрев образцов осуществляли с постоянной скоростью, после чего проводили изотермическую выдержку.

Экспериментальные результаты

При спекании керамики электронным пучком низкоэнергетических электронов (ПНЭ) порошковые формовки нагревались со скоростью 25 град/мин до температуры спекания ($T_{\text{сп}}$), выдерживались при $T_{\text{сп}}$ в течение 15 мин, а затем естественно охлаждались при выключенном пучке. $T_{\text{сп}}$ составляла 1300 и 1350 °С.

Согласно данным РФА керамические образцы частично стабилизированного диоксида циркония представляли собой механическую смесь двух фаз: моноклинной (m) и тетрагональной (t). Их фазовый состав, пикнометрическая плотность (ρ) и микротвердость (H_v) приведены в таблице. В таблице также приведены значения $\rho_{\text{отн}}$ – плотности керамических образцов по отношению к теоретической плотности беспористой керамики. При расчете теоретической плотности использовались данные РФА и значения плотности m -фазы $\rho = 5,56 \text{ г/см}^3$ и t -фазы $\rho = 6,1 \text{ г/см}^3$.

Таким образом, проведенные поисковые исследования показали принципиальную возможность реализации процессов спекания циркониевой керамики с помощью ПНЭ. На наш взгляд, результаты представляют определенный практический интерес. Поэтому работы в данном направлении представляются нами перспективными.

Характеристики циркониевой керамики, полученной при спекании пучком низкоэнергетических электронов и в печи сопротивления

Режим спекания	Содерж. <i>m</i> -фазы, мас., %	Содерж. <i>t</i> -фазы, мас., %	ρ , г/см ³	$\rho_{\text{отн}}$	H_v , ГПа
Спек. ПНЭ $T = 1300^\circ\text{C}$, 15 мин	7	93	5,39	0,89	8,8
Спек. ПНЭ $T = 1350^\circ\text{C}$, 15 мин	13	87	5,69	0,945	11,4
Терм. спек. $T = 1350^\circ\text{C}$, 3 ч	10	90	5,595	0,93	10,7

Выводы

Получены образцы циркониевой керамики путем спекания пучком низкоэнергетических электронов с такими же значениями плотности и микротвердости, что и при термическом спекании, но за более короткие времена нагрева и изотермической выдержки.

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОВОДЯЩИХ ОКСИДНЫХ ПОКРЫТИЙ

¹ А.В. Тюньков, аспирант каф. физики,

² М.В. Шандриков, н.с. ЛПИ, к.т.н.

¹ г. Томск, ТУСУР, tavmou@sibmail.com;

² г. Томск, ИСЭ СО РАН, shandrikov@opee.hcei.tsc.ru

Проводящие оксиды традиционно используются в качестве низкоомного прозрачного контакта, имеющего высокую радиационную, химическую и термическую стойкость [1]. В последнее время в качестве замены дорогостоящим In-Sn покрытиям рассматриваются оксиды олова и цинка [2], для улучшения электрофизических свойств которых широко применяется легирование различными химическими элементами. Легированный алюминием оксид цинка ZnO:Al обладает меньшим удельным сопротивлением и лучшими оптическими свойствами, чем оксид олова, легированный фтором [3], благодаря чему является одним из наиболее популярных материалов в последнее десятилетие.

В данной работе формирование ZnO:Al покрытий осуществлялось с использованием устройства на основе разряда с инъекцией электронов. К преимуществам данного устройства можно отнести стабильные параметры плазмы при работе с кислородом, равномерное ионное травление и более полное (до 95%) использование материала мишени, отсутствие капельного загрязнения и низкий уровень примесей в покрытии. Чередование разнородных секций мишени способствует рав-

номерному перемешиванию распыляемых элементов в генерируемом потоке и, следовательно, формированию однородного по составу покрытия.

Результаты и их обсуждение

Устройство и принцип работы системы формирования подробно представлены в [4]. В качестве плазмообразующих газов использовались аргон высокой чистоты и кислород. Расход аргона и кислорода составлял 20 и 1 см³/мин соответственно, при этом рабочее давление в вакуумной камере составляло 1·10–3 торр. Для формирования ZnO:Al покрытий на стекле размерами 10×7 см применялась мишень с цинковыми секциями, закрепленными Al болтами (рис. 1). Площадь поверхности алюминия составляла 2% от площади цинковых секций. Напряжение смещения, подаваемое на цинковые мишени, составляло 700 В. Группа медных мишеней использовалась для формирования на образце боковых контактов, при этом кислород в камеру не подавался, а смещение мишеней составляло 800 В. Медные боковые контакты шириной 1 см с каждой стороны наносились поверх оксидного покрытия.

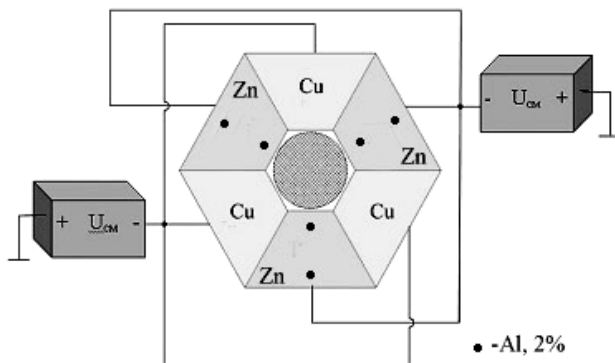


Рис. 1. Схема расположения секций мишени и подключения источников питания

Образцы перед напылением подвергались очистке этиловым спиртом, затем непосредственно в вакуумной камере плазменной очистке в течение 10 мин в среде аргона. Образцы размещались на водоохлаждаемом подвижном держателе в центре камеры на расстоянии 30 см от торца генератора.

Результаты рентгенодифракционного (рис. 2) и рентгенофлуоресцентного анализа показали, что формируемое на подложке покрытие на 60% состоит из кристаллического оксида цинка и на 40% из оксида цинка с примесью алюминия, находящихся в аморфном состоянии.

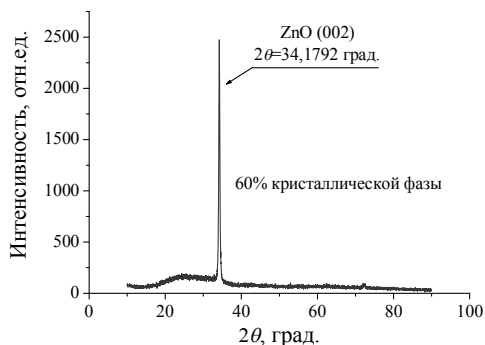


Рис. 2. Результаты рентгенодифракционного анализа

Сопротивление образца с токопроводящим оксидным покрытием измерялось между медными контактами с использованием мультиметра «APPA170N». Полученное на поверхности стекла покрытие оптически прозрачно и обладает проводимостью не более 100 Ом/квадрат. Это, в свою очередь, позволяет при относительно небольшом напряжении переменного тока нагреть поверхности стекла вплоть до 100 °С (рис. 3).

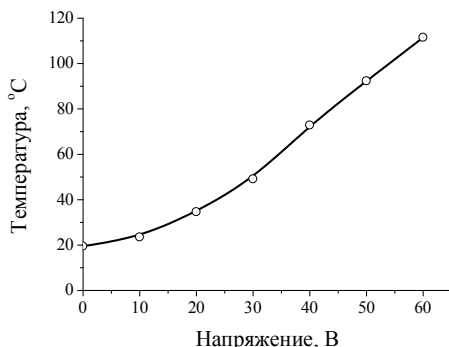


Рис. 3. Зависимость температуры образца от напряжения

Выводы

Показана принципиальная возможность синтеза ZnO:Al покрытий с использованием системы на основе разряда с инъекцией электронов и секционированным распыляемым электродом. Покрытия оптически прозрачны и обеспечивают достаточную проводимость, что обуславливает их привлекательность для широкого практического применения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Hong R.J., Jiang X., Szyska B. *et al.* Comparison of the ZnO:Al Films Deposited in Static and Dynamic Modes by Reactive Mid-Frequency Magnetron Sputtering // J. Cryst. Growth. 2003. Vol. 253, №1–4. P. 117–128.
2. Семкина Т.В., Комащенко В.Н., Шмырева Л.Н. Оксидная электроника как одно из направлений прозрачной электроники // Электроника и связь. 2010. №3. С. 20–28.
3. Szyska B., Sittinger V., Jiang X., *et al.* Transparent and conductive ZnO:Al films deposited by large area reactive magnetron sputtering // Thin Solid Films. 2003. Vol. 442. P. 179–183.
4. Визирь А.В., Тюньков А.В., Шандриков М.В. *и др.* Устройство для нанесения оксидных композиционных покрытий. Патент РФ № 92240.

ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВАЯ СВАРКА КЕРАМИКИ С МЕТАЛЛОМ

М.С. Воронинский, студент, А.К. Гореев, аспирант,

А.С. Климов, доцент

г. Томск, ТУСУР, каф. физики, klimov@main.tusur.ru

В настоящее время для создания вакуумно-плотных металлокерамических соединений применяются технологии пайки и диффузионной сварки [1]. Использование электронного пучка для этих целей до настоящего времени было затруднительным [2] ввиду существенной зарядки керамической части соединения при облучении его электронами. Указанная проблема имеет несколько решений – резистивный нагрев керамики до появления заметной электропроводности, обработка низкоэнергетичным импульсным электронным пучком [3], использование дополнительных генераторов плазмы – каждый из способов приводит к усложнению процесса сварки. Как показали предыдущие исследования, оптимальным решением при сварке керамики является использование электронного пучка, распространяющегося в вакууме при давлениях 5–15 Па, поскольку накопленный отрицательный заряд компенсируется зарядом положительных ионов из плазмы, образующейся вдоль траектории электронного пучка [4]. Предложенный способ может быть применен и при создании металлокерамических соединений. Цель настоящей работы заключалась в исследовании процесса электронно-лучевой сварки керамики с металлом.

Экспериментальная установка и техника эксперимента

Электронно-лучевая сварка керамики с металлами проводилась на установке, схематично изображенной на рис. 1. Остросфокусированный электронный пучок создавался источником с плазменным эмиттером, подробно описанным в [5]. Источник располагался на вакуумной

камере, откачиваемой до 10–15 Па. Облучаемые материалы располагались на расстоянии 25 см от эмиссионного электрода источника. В качестве свариваемых материалов были выбраны алумооксидная керамика ВК94 и металлы: алюминий, титан, нержавеющая сталь. Поскольку температура плавления керамики ВК94 около 2000 °С – выше температуры плавления использованных металлов, то для получения сварных соединений расплавлялась преимущественно металлическая часть узла.

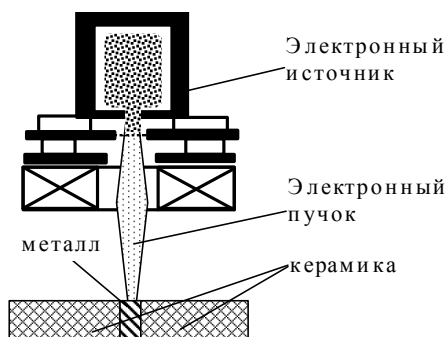


Рис. 1. Схема установки для проведения электронно-лучевой сварки

Качество сварного соединения контролировалось измерением прочности на излом, методом трехточечного нагружения на установке и исследованием шлифов в оптическом и растровом электронном микроскопах.

Результаты эксперимента и их обсуждение

Проведенные эксперименты показали принципиальную возможность получения металлокерамических соединений. Микрофотографии сварных швов представлены на рис. 2. Обращает на себя внимание резкое различие качества шва для алюминия и двух других металлов.

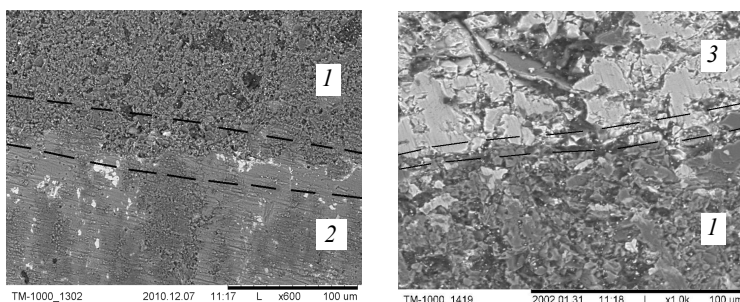


Рис. 2. Микрофотографии шлифов сварки керамики с различными металлами: 1 – керамика, 2 – алюминий, 3 – титан

Для алюминия граница керамика–металл резкая и плотная, а структура металла – мелкозернистая с размером зерна не более 5 мкм. Для титана – граница рыхлая, причем титан претерпел заметные изменения. Его структура содержит крупные зерна размером более 25 мкм. В отношении резкости границы нержавеющая сталь занимает промежуточное положение между алюминием и титаном. Измеренные значения прочности на излом оказались наибольшими для алюминия и наименьшими для титана (таблица).

Прочность на излом для различных металлокерамических узлов

Металл	Керамика	Прочность, МПа
Алюминий	ВК94	58
Нерж. сталь		32
Титан		5,5

Причем при использовании алюминия разлом происходил по керамике, в то время как для нержавеющей стали и титана поверхность разлома совпадала с границей раздела керамики и металла (образец ломался по металлу).

Заключение

Приведенные результаты позволяют сделать некоторые выводы. По-видимому, наилучшее качество и прочность шва при использовании алюминия не случайны и обусловлены присутствием алюминия в керамике. Не следует исключать и образования оксидного слоя на алюминии при его расплавлении в вакуумной камере, содержащей достаточное количество окислителей – кислорода и паров воды.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ 11-08-00074-а и гранта Рособразования № 2.1.2/1951.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бачин В.А. Диффузионная сварка стекла и керамики с металлами. М.: Машиностроение. 1986 г. 184 с.
2. Rice R.W. Welding of ceramics NRL 7085. 1970.
3. Суржиков А.П., Франгулян Т.С., Гынгазов С.А. и др. Изменение микротвердости ферритовой керамики при облучении сильноточным импульсным пучком низкоэнергетических электронов // Изв. ТПУ, 2005. Т. 308, № 7. С. 23–27.
4. Бурдовицин В.А., Климов А.С., Окс Е.М. О возможности электронно-лучевой обработки диэлектриков плазменным источником электронов в форвакуумной области давлений // Письма в ЖТФ. 2009. Т. 35, Вып. 11. С. 61–66.
5. Бурдовицин В.А., Жирков И.С., Окс Е.М. и др. Источник электронов с плазменным катодом для генерации сфокусированного пучка в форвакуумном диапазоне давлений // ПТЭ. 2005. № 6. С. 66–68.

АЗОТИРОВАНИЕ ТИТАНА В ПЛАЗМЕ НЕСАМОСТОЯТЕЛЬНОГО ТЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА С ПОЛЫМ КАТОДОМ

Д.Б. Золотухин, студент 3-го курса

*Научный руководитель Ю.А. Бурачевский, доцент каф. физики, к.ф.-м.н.,
г. Томск, ТУСУР, ФЭТ, каф. ЭП, ZolotukhinDen@sibmail.com*

Титан и его сплавы широко используются и все быстрее приобретают значимость в различных областях промышленности и медицины несмотря на относительно малый промежуток времени с момента их открытия в начале 1950-х гг., благодаря таким своим свойствам, как малый удельный вес, высокая коррозионная стойкость и биологическая совместимость [1]. Однако невысокая твердость, а соответственно, и низкая износостойкость этих материалов являются одной из причин, ограничивающих их более широкое применение. Основными методами увеличения твердости поверхности титана и его сплавов являются метод осаждения покрытий и метод диффузии легирующих элементов. Большинство методов охватывает довольно широкий диапазон как температур, так и давлений, при которых происходит технологический процесс, однако обладают существенными недостатками: в большинстве случаев азотирование осуществляется при довольно высоких (800–900 °С) температурах и давлениях порядка 100–1000 Па [2]. Одним из наиболее перспективных методов является плазменное азотирование титана и сплавов при пониженных температурах [3]. Метод способствует сохранению структурно-фазового состояния и свойств материала в объеме изделия и позволяет решить одну из основных проблем технологии нанесения на титан функциональных и улучшающих его свойства покрытий – слабую прочность связи титана и нитридной пленки.

Целью данной работы было исследование азотирования титана марки ВТ-0 в плазме несамостоятельного тлеющего разряда с полым катодом в атмосфере активного газа, состоящего из 50% азота и 50% аргона при давлениях 20–30 Па, и при низких (около 300 °С) температурах титанового образца. На кафедре физики ТУСУРа разработан плазменный источник электронов, способный надежно функционировать в указанном диапазоне давлений в среде активных газов [4]. Схема эксперимента приведена на рис. 1.

Азотирование проводилось внутри вакуумной камеры (2) с безмасляной откачкой механическим спиральным форвакуумным насосом ISP-500C. Давление в вакуумной камере измерялось линейным вакуумметром Пирани APGX-L.

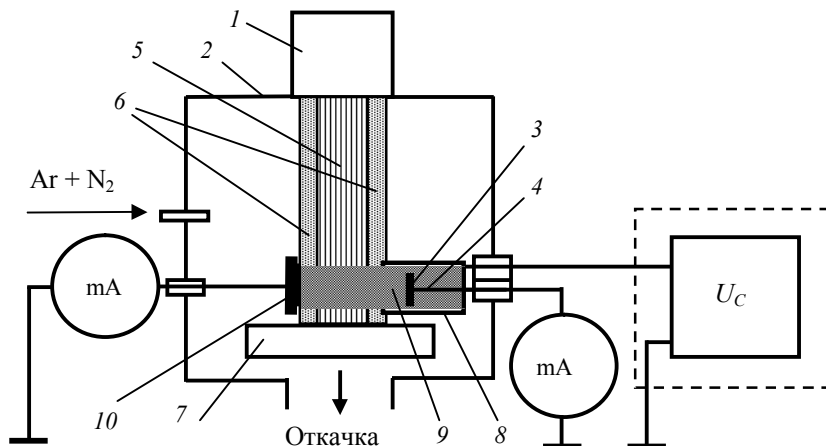


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: 1 – плазменный источник электронов; 2 – вакуумная камера; 3 – образец; 4 – держатель образца; 5 – электронный пучок; 6 – плазма азота и аргона; 7 – коллектор; 8 – полый катод; 9 – плазма тлеющего разряда полого катода; 10 – анод

Несамостоятельный тлеющий разряд в атмосфере смеси газов азота и аргона при давлениях 20–30 Па возбуждался под действием непрерывного электронного пучка 5 источника электронов 1 с энергией 2,5–5 кэВ. Ток пучка электронов был в пределах 10–20 мА. Электронный пучок распространяется в заполненном газом пространстве камеры и ионизирует молекулы, создавая вокруг себя светящийся слой пучковой плазмы 6, а затем попадает на коллектор 7. Внутри вакуумной камеры устанавливались полый цилиндрический катод 8 и плоский заземленный анод 10. Чтобы избежать прямого попадания электронного пучка источника электронов и как следствие, нагревания до высоких температур, образец титана 3 крепился на держателе 4 внутри полого катода. На полый катод подавалось отрицательное напряжение U_c величиной в 300 В. Пучок электронов значительно понижал напряжение разряда, создавая плотную однородную плазму 9. Длительность эксперимента составляла от 0,5 до 3 ч.

Применение вышеописанной схемы эксперимента позволило произвести эффективное низкотемпературное азотирование титана марки ВТ-0 в плазме несамостоятельного тлеющего разряда с полым катодом, о чем свидетельствовало изменение цвета поверхности образца с серебристого на золотистый, что, согласно литературным источникам [2], соответствует нитриду титана TiN. Интенсивность цвета была тем

больше, чем больше времени проводился эксперимент. Осмотр образца с помощью микроскопа не показал наличия дефектов или следов пробоев. В целом предложенная экспериментальная установка продемонстрировала свою эффективность для азотирования титана.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Wei Sha, Haji Muhd Syamaizar Haji Mat Daud et al.* Gas Nitriding of High Strength Titanium Alloy β 21s and Its Microstructure [Электронный ресурс]// Microscopy and analysis, 23(1):5-8 (EU), 2009. Дата обновления: 7.01.2009. URL:http://www.microscopy-analysis.com/files/jwiley_microscopy/2009_January_Sha.pdf (дата обращения: 05.03.2011).
2. *Ахмадеев Ю.Х., Гончаренко И.М. и др.* Азотирование технически чистого титана в тлеющем разряде с полым катодом// Письма в ЖТФ. 2005. Т. 31, вып 13. С. 24–30.
3. *Гаврилов Н.В., Мамаев А.С.* Низкотемпературное азотирование титана в плазме низкоэнергетического электронного пучка // Письма в ЖТФ. 2009. Т. 35, вып 15. С. 57–64.
4. *Burdovitsin V.A., Oks E.M.* Fore-vacuum plasma-cathode electron sources// Laser and particle beams. 2008. Vol. 26. P. 619–635.

ПРОБЛЕМА СОЗДАНИЯ ТЕПЛОТВОДЯЩЕГО И НЕСУЩЕГО ПОКРЫТИЯ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ СВЕТОДИОДОВ

Ю.С. Жидик, студент гр

*Научный руководитель П.Е. Троян, зав. каф. ФЭ, д.т.н.,
г. Томск, ТУСУР, каф. ФЭ, Zhidikyur@mail.ru.*

С 1 января 2011 г. в стране нельзя использовать лампы мощностью более 100 Вт. Также рассматривается возможность введения запрета на лампы мощностью более 75 Вт с 2013 г., и более 25 – с 2014 г. Сейчас лампы накаливания уходят в прошлое, и на смену им приходят новые осветительные элементы.

Во-первых, это газоразрядные лампы. Они подразделяются на лампы низкого и высокого давления, работают в парах ртути. Физическая основа – электрический разряд в парах металлов. Основным минусом таких ламп является содержание около 5 мг ртути. Объем среднестатистической квартиры – 300 кубометров. В таком объеме концентрация паров ртути из одной разбитой лампочки будет $0,017 \text{ мг/м}^3$ (что в 56 раз превышает ПДК).

Во-вторых, люминесцентные лампы. Это тоже газоразрядный источник света, у которого световой поток определяется в основном свечением люминофоров под воздействием ультрафиолетового излучения разряда. Их широко применяют для общего освещения. Срок их службы может до 20 раз превышать срок службы ламп накаливания, если

соблюдены такие условия, как стабильное напряжение в сети и ограничения по числу коммутаций.

В-третьих, особо нужно отметить светодиодные энергосберегающие лампы, стремительно улучшающие свои характеристики. Успех применения светодиодов ограничен тем, что при увеличении их мощности увеличивается и тепловая нагрузка. Новые разработки чаще всего направлены на оптимизацию теплоотвода и редко – на оптимизацию слоев между теплоотводом и светодиодами. Новые концепции и другие материалы имеют значительный потенциал для оптимизации, упрощения и повышения надежности светодиодов.

Светодиоды известны как эффективные, малогабаритные источники света. Необходимость повышения мощности для увеличения светового потока привела к тому, что традиционная форма корпусного светодиода перестала удовлетворять из-за недостаточного теплоотвода. Ведь использованная технология полупроводников выдерживает максимальную температуру в среднем около 100 °С. Чем меньше размер излучающей поверхности светодиода – тем большую мощность рассеивает кристалл в виде тепла. Учитывая то, что одна лампа может содержать несколько кристаллов, возникает проблема – отвести это избыточное тепло. Следовательно, возникает необходимость максимально приблизить чип к теплопроводящей поверхности. В связи с этим на смену традиционной технологии изготовления светодиодов, чтобы наиболее эффективно использовать медную подложку, выполняющую роль теплоотвода, для согласования температурных коэффициентов линейного расширения решено, что необходимо ввести дополнительный слой металла – инвар.

Введение слоя инвара позволяет хорошо согласовать температурные коэффициенты линейного расширения, так как у него коэффициент линейного расширения обладает крайне малым значением. При температуре от –100 до +100° он может считаться почти постоянным и близко равным нулю. Эффект исчезновения теплового расширения инвара возникает в связи с тем, что магнитострикция точно компенсирует тепловое расширение. Это означает, что механические напряжения между подложкой и установленным на ней кристаллом минимальны.

Отметим ряд свойств инвара: плотность 8130 кг/м³, температура плавления 1425 °С. Инвар стоек против коррозии, хорошо обрабатывается. Величина электросопротивления в сплаве Fe–Ni в зависимости от состава проходит через максимум при содержании в сплаве 30% Ni, причем его значение для инвара почти в 10 раз выше, чем для исходных компонентов.

Выпускаются также суперинвар (64% Fe, 32% Ni, 4% Co), который имеет очень низкий коэффициент теплового расширения – менее $1 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$, и нержавеющей инвар (54% Co, 37% Fe, 9% Cr).

Из инвара изготавливают главным образом детали измерительных приборов очень высокой точности. Инвар используется в точном приборостроении для изготовления мерных проволок в геодезии, эталонов длины, деталей часовых механизмов, деталей барографов и высотомеров.

Заключение. Применение слоя инвара, согласующего тепловые коэффициенты линейного расширения гетероструктуры и металлической подложки, действительно будет давать хорошие результаты отвода тепла. Сложность применения этого металла на данном этапе работ заключается в правильном расчете толщины его нанесения, так как при различных толщинах инвара под действием электрического поля и тепловых воздействиях он может отслоиться от подложки, что значительно уменьшает срок службы светодиодной лампы.

Решения указанной проблемы слабо отражены в зарубежной и отечественной литературе, поэтому необходимо проведение множества экспериментальных и расчетных исследований по созданию теплоотводящего и несущего покрытия при изготовлении светодиодов повышенной мощности.

ПИРОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ИСТОЧНИК ЭЛЕКТРОНОВ

В.Я. Романов, студент 5-го курса, К.В. Кудрявцев, студент 3-го курса

Научный руководитель Л.Н. Орликов, проф. каф. ЭП

г. Томск, ТУСУР, каф. ЭП, ep@tusur.ru

Рассматривается регистрация электронного потока, сопровождающего прогрев кристалла ниобата лития до температуры 200 °С в отсутствие ускоряющего потенциала.

Известен эффект кратковременной генерации электронного пучка и рентгеновских лучей, сопровождающий нагрев кристалла ниобата лития [1]. Такой эффект представляет интерес для приборов оптической электроники, использующих кристаллы в качестве элементной базы и работающих в различных температурных режимах. Однако обзор литературы [1, 2] фиксирует лишь качественные сведения о наличии электронного потока на основе люминесценции люминофоров. Пока не обнаружены сведения о длительности импульсов тока, типе люминофора и длительности послесвечения.

Стоит задача исследовать условия и параметры генерации электронов при прогреве кристалла ниобата лития.

Метод решения. Судя по Москалеву [3], люминесцентные методы анализа начинают фиксировать токи на люминофоре около 10 нА/см^2 . При изменении температуры кристалла происходит изменение его кристаллической структуры, что приводит к появлению разности потенциалов вдоль полярной оси кристалла. Молекулы остаточного газа могут ионизоваться в поле кристалла, и под действием разности потенциалов возможна генерация частиц в направлении линий напряженности поля. Следовательно, поиск должен осуществляться в широком диапазоне времен с использованием безынерционного усилителя слабых токов.

Методика исследования. Исследования проводились на типовой вакуумной установке ВУП-4. На рис. 1 представлена схема эксперимента.

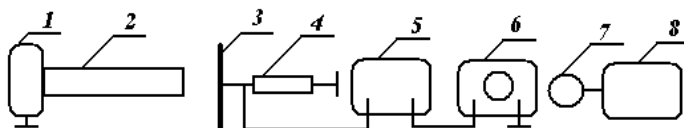


Рис. 1. Схема эксперимента: 1 – нагреватель; 2 – кристалл; 3 – коллектор; 4 – измерительное сопротивление; 5 – усилитель; 6 – осциллограф; 7 – видеокамера; 8 – компьютер

Для измерений использовался кристалл ниобата лития диаметром 6 мм и длиной 14 мм. На расстоянии 5 мм от кристалла располагался коллектор.

В вакуумной камере обеспечивалось давление 0,5–0,1 Па, достаточное для пробега электронов от торца кристалла к цилиндру Фарадея. Один конец кристалла нагревался резистором со скоростью $\sim 2 \text{ }^\circ\text{C/мин}$. Ускоряющий потенциал на коллектор электронов не подавался. Сигнал с цилиндра Фарадея через ламповый усилитель подавался на ждущий осциллограф С8-14. Градуировка усилителя проводилась по сравнению сигнала с ионизационного датчика давления ПМИ-2. Параллельно сигнал с экрана осциллографа принимался на видеокамеру и далее на компьютер. В ряде случаев на цилиндр Фарадея помещался люминофор от телевизионных электронно-лучевых трубок.

Полученные результаты. Большая скорость остывания кристалла в начальный момент способствует возникновению поляризации кристалла и провоцирует токи смещения и перезарядки. На рис. 2 представлены кривые нагрева и остывания кристалла.

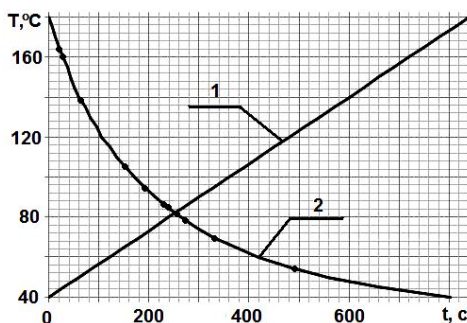


Рис. 2. Кривая нагрева (1) и остывания (2) кристалла

На рис. 2 точками представлены положение и относительная частота вспышек люминофора, наблюдаемая визуально в режиме остывания кристалла. Обнаружено, что частота вспышек, регистрируемая осциллографом, больше частоты визуальных наблюдений, что, вероятно, связано с пороговой чувствительностью зрительного анализатора.

На рис. 3 представлена осциллограмма тока с цилиндра Фарадея в момент высвечивания люминофора.

Ориентировочный ток составляет 10 нА. С уменьшением температуры частота генерации тока уменьшается с одновременным уменьшением амплитуды. В ряде случаев осциллограммы имеют явно выраженный пик первой амплитуды с затухающей синусоидой.

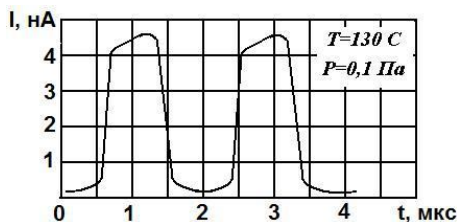


Рис. 3. Осциллограмма тока с коллектора

Нами обнаружено, что иногда генерация отдельных токов наблюдается и при нагреве кристалла. При этом амплитуда сигнала на порядок больше.

Обсуждение результатов. Вероятно, при возникновении температурного напряжения на поверхности пироэлектрика возникает заряд, а вдоль полярной оси кристалла возникает напряженность электрического поля. Происходит передача заряда молекулам остаточного газа (ионизация).

При повышении давления от 0,1 до 1 Па наблюдается увеличение яркости люминофора. Вероятно, это связано с ионизацией газа и проявлением эффекта газового усиления.

Заключение. В итоге работы получены новые сведения о механизме происхождения заряженных частиц при нагреве кристалла. Это возникновение электрического поля по оси кристалла, пробой по поверхности, возникновение плазмы, ускорение частиц вдоль электрического поля. Вероятно, при работе оптоэлектронных приборов в условиях экстремальных температур и вакуума следует учитывать эти факторы.

ЛИТЕРАТУРА

1. *James D. Brownridge, Stephen M. Shafroth.* Electron and Positive Ion Beams and X-rays Produced by Heated and Cooled Pyroelectric Crystals such as LiNbO_3 and LiTaO_3 in Dilute Gases: Phenomenology and Applications. http://novapublishers.com/catalog/product_info.php?products_id=2176.
2. *Месяц А.Г.* Электронная эмиссия из сегнетоэлектрических плазменных катодов. Успехи физических наук. 2008. Т. 178, №1. С. 85–108.
3. *Москалев В.А., Сергеев Г.И.* Измерение параметров пучков заряженных частиц. М.: Энергоатомиздат, 1991. 240 с.

СЕКЦИЯ 9

РАСПРЕДЕЛЁННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ

*Председатель – Ехлаков Ю.П., проректор по информатизации
и управлению ТУСУРа, зав. каф. АОИ, д.т.н., профессор;
зам. председателя – Сенченко П.В., декан ФСУ, к.т.н.,
доцент каф. АОИ*

ПОДСЕКЦИЯ 9.1

РАСПРЕДЕЛЁННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ

*Председатель – Ехлаков Ю.П., проректор по информатизации и
управлению ТУСУРа, зав. каф. АОИ, д.т.н., профессор;
зам. председателя – Сенченко П.В., декан ФСУ, к.т.н.,
доцент каф. АОИ*

ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕРФЕЙСА ARCGIS JAVASCRIPT API ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПОЭТАЖНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

А.И. Белоконь, студентка 3-го курса

*Научные руководители: Ю.Б. Гриценко, доцент, к.т.н.,
О.И. Жуковский, доцент, к.т.н.,
г. Томск, ТУСУР, каф. АОИ*

В рамках создания централизованной геоинформационной системы, отражающей поэтажную планировку зданий вуза, решается задача публикации сервиса ГИС в сети интернет. В качестве среды моделирования для проекта выбран продукт компании ESRI ArcGIS ArcView, работа с Web-представлением ГИС осуществляется с помощью ещё одного продукта ESRI – ArcGIS Server. ArcGIS Server предоставляет интерфейс программирования приложений ArcGIS JavaScript Application Program Interface. Таким образом, технологией, непосредственно используемой для публикации сервиса и его отладки, является объектно-ориентированный скриптовый язык программирования JavaScript.

Использование в качестве языка программирования JavaScript позволяет значительно увеличить интерактивность web-страниц. JavaScript сценарий обрабатывает в браузере сразу же, как только

пользователь производит на странице какое-либо действие, например нажатие кнопкой мыши на объект [1]. Не приходится долго ждать отклика и результата обновления данных, что очень важно для работы с картами. Существенным достоинством языка JavaScript является также и то, что все браузеры знают, как его интерпретировать, и работа с созданными приложениями не требует установки дополнительных инструментов и программ [1].

Использование JavaScript API, таким образом, обеспечивает в работе с геоинформационными системами такие преимущества, как увеличение быстродействия работы системы, выполнение функциональных возможностей на стороне клиента, простота написания программ, встраивание сценариев в html-код страниц.

Интерфейс ArcGIS JavaScript API позволяет внедрять карты в Web-страницы, создавать картографические Web-приложения и ГИС-клиенты, интегрирующие данные из различных источников на JavaScript. ArcGIS JavaScript API предоставляет широкие возможности визуализации, картографирования, геокодирования и геообработки [2].

Инструменты ArcGIS JavaScript API позволяют перенести с ArcGIS Server и внедрить в Web-приложения карты и задачи, связанные с ними. С помощью ArcGIS JavaScript API можно:

- представить интерактивную карту с собственными данными;
- создать модель ГИС на сервере и передать результаты конечному пользователю;
- получить отображение данных на картах ArcGIS Online и таких картографических сервисов, как Google Maps и Google Earth;
- выполнить поиск сведений, атрибутов по базе геоданных и вывести результаты;
- добавить панели инструментов для осуществления навигации по карте, масштабирования, добавления объектов (точек, линий, полигонов);
- ArcGIS JavaScript API включает также расширения для сервисов Virtual Earth и Google Maps, что позволяет вести работу, комбинируя ресурсы сервисов ArcGIS Server и Virtual Earth SDK или Google Maps API [3].

ArcGIS JavaScript API обеспечивает поддержку следующих ресурсов для использования в Web-приложениях:

- Карты.
- Графика.
- Задачи.
- Доступ к Dojo и другим библиотекам, что дает возможность обращаться к виджетам Dojo и другим инструментам JavaScript [1].

Интерфейс поддерживает визуализацию как динамических, так и кэшированных картографических сервисов через ArcGIS Server, что позволит представить Web-публикацию готовых поэтажных планов. Поддержка графики предоставляет возможность настройки внешнего вида карт, вывода информационных окон – паспортов объектов, переход от общего плана здания к поэтажным. Поддержка задач обеспечит выполнение запросов к базе геоданных, поиска атрибутов, выявления особенностей объектов и геообработки.

Таким образом, использование интерфейса ArcGIS JavaScript является решением, удобным и максимально соответствующим поставленным задачам реализации Web-представления геоинформационной системы с поэтажными планами зданий университета.

ЛИТЕРАТУРА

1. ArcGIS JavaScript API Overview // ArcGIS Resource Center [Электронный ресурс]. 2011. URL: http://help.arcgis.com/en/webapi/javascript/arcgis/help/jshelp_start.htm (дата обращения: 05.03.2011).
2. Разработка ГИС-приложений для ArcGIS Server [4 Разработка на ArcGIS JavaScript API] // Разработка программного обеспечения, информационных/ геоинформационных систем (ПО, ИС, ГИС) [Электронный ресурс]. 2009. URL: <http://gisworks.blogspot.com/2009/02/4-razrabotka-na-arcgis-javascript-api.html> (дата обращения: 03.03.2011).
3. ArcGIS API for JavaScript: Key Features & Benefits // ESRI (UK) [Электронный ресурс]. URL: <http://www.esriuk.com/products/showproduct.asp?prodid=28&groupid=5&activetab=4&mode=keyfeatures> (дата обращения: 05.03.2011).

РАЗВИТИЕ ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСОВ ОРГАНИЗАЦИИ-ПОСРЕДНИКА КАК ИНСТРУМЕНТА ПРОДВИЖЕНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ПРОДУКЦИИ НА ПРИМЕРЕ ТМДЦ «ТЕХНОПАРК»

А.А. Большаков, Д.В. Сапрон

*Научный руководитель З.П. Лепихина, доцент, к.т.н.
г. Томск, ТУСУР, каф. АОИ, sap_ne@bk.ru*

В условиях инновационного курса развития экономики страны, информатизация становится ключевым понятием в процессе развития рынка инновационной продукции. Возможности традиционных маркетинговых технологий могут быть существенно расширены и дополнены за счет применения новых информационных технологий, использования возможностей информационной сети Интернет. Они позволяют придать технологиям продвижения качественно новые свойства. Эти-

ми свойствами являются глобальность, экстерриториальность, общедоступность. В настоящее время большинство предприятий имеет свой сайт, но этого недостаточно для активного продвижения своих товаров. Предприятиям необходимо использовать информационные ресурсы посредников, составляющих инфраструктуру поддержки инноваций: бизнес-инкубаторы, технопарки, выставочные организации.

Примером организации-посредника является Томский международный деловой центр «Технопарк» (ТМДЦ «Технопарк»), осуществляющий поддержку инновационной деятельности в регионе в различных формах, в том числе и выставочно-ярмарочной [1].

К традиционным инструментам продвижения инноваций относят выставки-ярмарки. Сегодня выставочно-ярмарочная деятельность становится в России неотъемлемой частью продвижения продукции отечественных предприятий на внутренний и международные рынки, привлечения иностранных инвестиций для реализации инновационных проектов российских организаций. Выставки и ярмарки стали эффективным инструментом реализации приоритетных национальных проектов, механизмом развития инфраструктуры регионов.

Выставки-ярмарки стали мобильным отражением рынка, инструментом макроэкономической политики государства, призванным решать практические задачи по следующим направлениям:

- развитие внутреннего рынка страны, наполнение его качественными конкурентоспособными товарами и услугами;
- содействие расширению межрегионального и международного сотрудничества, повышение эффективности продвижения продукции на внутренние и внешние рынки сбыта;
- создание информационного пространства, обеспечивающего в наиболее короткий срок согласование интересов между спросом и предложением.

Эти задачи можно частично решать в рамках традиционных технологий путем формирования и распространения каталогов выставки, пресс-релизов, распространения печатных материалов.

Выставочные технологии продвижения инновационной продукции на рынки сбыта могут быть существенно расширены и дополнены на основе использования «электронных» (в том числе Интернет) ресурсов:

- проектирование интернет-порталов;
- подготовка и проведение интернет-выставок;
- вывод инновационных разработок в федеральные и международные сети трансфера технологий.

Региональный интернет-портал на базе ТМДЦ «Технопарк» является сложным информационным ресурсом, обеспечивающим сбор, хранение и обработку множества проблемно-ориентированных взаимосвязанных данных о предприятиях и организациях научно-образовательного и инновационного комплекса области, инновационных проектах и продукции и т.п. информации. Интернет-портал разработан как распределенный программно-технический комплекс, состоящий из центральной и периферийной частей. Связь между центральной и периферийными частями портала обеспечивается по существующим телекоммуникационным сетям в зависимости от технических возможностей предприятий, подключаемых к portalу (выделенные, коммутируемые телефонные каналы, оптоволоконные каналы, радиоканалы). Такая архитектура портала позволяет организовывать информационное присутствие наукоемких предприятий и организаций в сети Интернет.

Интернет-выставка – это организованная в виде электронных документов информация предприятия, доступная из Всемирной компьютерной сети Интернет. Интернет-выставка сопровождает обычную, павильонную выставку, проводимую выставочной организацией, однако начинается намного раньше и продолжается после окончания павильонной выставки. Такое соотношение павильонных и интернет-выставок позволяет организовать участие предприятия в выставках-ярмарках по принципиально новой схеме, включающей три этапа: предварительный, павильонный и заключительный.

Интернет-выставка размещается на технической базе ТМДЦ «Технопарк», которая обеспечивает эффективный круглосуточный доступ к электронным документам. На интернет-выставке можно найти разнообразную информацию о предприятиях, их товарах и услугах. Для удобства посетителей интернет-выставки информация сгруппирована по разделам, объединяющим участников 20 тематических выставок, проходящих в выставочном павильоне ТМДЦ «Технопарк».

Информация участников интернет-выставки представляется в различных формах:

- интернет-каталог: общие сведения о предприятии и его продукции (услугах);
- база данных «Производители товаров и услуг»: подробное описание продукции и услуг предприятий, включающее технические характеристики, потребительские свойства, чертежи, схемы, другие иллюстративные материалы;
- электронные презентации: набор слайдов, изготовленных с применением средств компьютерной графики.

В настоящее время существует несколько систем продвижения инновационных предложений, проектов, продукции на отечественные и международные рынки сбыта. Эти системы основаны на различных электронных платформах, однако пользуются едиными стандартами представления информации и едиными классификаторами, поэтому составляют целостное информационное пространство, в которое включен Томский региональный центр трансфера технологий (ТРЦТТ), созданный на базе ТМДЦ «Технопарк». База данных инновационных проектов и предложений, созданная и поддерживаемая ТРЦТТ, содержит стандартизованную информацию в формате, совместимом с форматом представления данных в системах Российской сети трансфера технологий (RTTN), что позволяет эффективно распространять технологическую информацию и осуществлять поиск партнеров для реализации инновационных разработок.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Симонцев С.Н.* Традиционные и новые технологии продвижения продукции на рынке сбыта / С.Н. Симонцев, С.З. Ямпольский. Новосибирск: Институт вычислительных технологий СО РАН, 2003. 100 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА СЕРВИСА В БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЯХ СТАНДАРТА IEEE 802.16

Е.В. Бортников, студент

г. Томск, ТУСУР, каф. АСУ, bortnikovev@gmail.com

Стандарт IEEE 802.16 [1] описывает технологию WiMAX (англ. Worldwide Interoperability for Microwave Access). WiMAX – это телекоммуникационная технология предоставления широкополосной беспроводной связи на больших расстояниях для широкого спектра устройств (от рабочих станций и портативных компьютеров до мобильных телефонов) [2].

В общем виде WiMAX сети состоят из следующих основных частей: базовых и абонентских станций, а также оборудования, связывающего базовые станции между собой, с поставщиком сервисов и с Интернетом. Для соединения базовой станции с абонентской используется высокочастотный диапазон радиоволн от 1,5 до 11 ГГц. В идеальных условиях скорость обмена данными может достигать 70 Мбит/с, при этом не требуется обеспечения прямой видимости между базовой станцией и приёмником [2].

К одной базовой станции могут быть подключены сотни абонентских станций, работающих на одном канале, на которых может быть

запущено множество приложений, которым необходим доступ к интернету. У этих приложений могут быть совершенно разные требования к качеству связи (ширина полосы, задержка и т.д.). Например, приложениям VoIP (передача речи по сети) не требуется широкая пропускная способность канала, но большое значение имеет задержка доставки пакетов от отправителя к получателю. FTP-клиенту, наоборот, задержка не важна, но важна ширина полосы.

Так как абонентские станции, подключенные к одной базовой, работают на одном радиоканале, они начинают за него бороться. Приложения должны получать доступ к радиоканалу таким образом, чтобы для каждого из них гарантированно обеспечивался заказанный уровень качества сервиса (обслуживания).

Качеством сервиса управляет так называемый планировщик QoS (Quality of Service). Его основная задача состоит в разделении радиоканала между работающими сетевыми приложениями в соответствии с заказанными для каждого приложения параметрами качества канала.

Стандарт IEEE 802.16 [1] описывает два уровня системы: физический и MAC-уровень, соответствующий канальному уровню в модели OSI. Планировщик QoS является одним из модулей MAC-уровня.

Ключевым моментом стандарта являются понятия сервисного потока и связанного с ним соединения [3]. Поскольку система IEEE 802.16 – лишь транспортная среда, ее инфраструктура фактически формирует коммуникационные каналы для потоков данных различных приложений верхних уровней (сервисов), таких, например, как передача видеоданных.

Сервисный поток – это поток данных (MAC PDU), связанный с определенным приложением. Сервисный поток характеризуется набором требований к качеству канала передачи информации – времени задержки пакетов, уровню флуктуаций (джиттеру), гарантированной пропускной способности и т.п.

Сервисные потоки делятся на потоки следующих типов [1]:

- UGS (Unsolicited Grant Service) используется для передачи трафика с постоянной скоростью поступления, чувствительного к задержке и джиттеру, – VoIP;
- RTPS (Real Time Pooling Service) используется для передачи трафика с переменной скоростью поступления, чувствительного к задержке, – video MPEG;
- nRTPS (non Real Time Pooling Service) используется для передачи трафика с переменной скоростью поступления, не чувствительного к задержке, но требующего минимальной гарантированной пропускной способности канала, – FTP;

- BE (Best Effort) используется для передачи трафика с переменной скоростью поступления, не чувствительного к задержке и не требующего минимальной гарантированной пропускной способности канала, – Mail.

Транспортные сервисные потоки имеют одно направление – от базовой станции к абонентской (Downlink) или наоборот (Uplink).

Соединение в терминологии стандарта 802.16 – это логическая связь между MAC уровнями на передающей и принимающей стороне для передачи данных, относящихся к сервисному потоку. Каждое соединение характеризуется очередью данных (MAC PDU) [3].

Планировщик QoS делит радиоканал, исходя из требований сервисных потоков к параметрам качества (QoS параметры) и наполненности очередей.

Заключение. В процессе реализации планировщика QoS для системы ШБД стандарта IEEE 802.16 возникла необходимость написания симулятора реальной системы, в которую в качестве одного из модулей будет встроен планировщик. Эта необходимость вызвана нетривиальностью проверки качества работы алгоритмов QoS, реализованных в планировщике. Такую проверку возможно осуществить, только если планировщик будет работать определенный промежуток времени под нагрузкой, так, как это будет в реальной системе.

В данный момент составлены алгоритмы обеспечения QoS, а также реализованы прототип планировщика QoS для системы ШБД стандарта IEEE 802.16 и прототип симулятора. Реализация выполнена на языке C++ с использованием библиотеки STL (Standard Template Library). Планировщик и симулятор и работают под управлением операционных систем семейства GNU/Linux. Симулятор использует драйвер виртуальных сетевых устройств TUN/TAP и генератор IP-трафика iperf.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Стандарт* IEEE Std 802.16™-2009 (Revision of IEEE Std 802.16-2004) «Air Interface for Broadband Wireless Access Systems».
2. WiMAX. // Википедия – свободная энциклопедия [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/WiMAX>, свободный.
3. *Вишневский В.М.* Энциклопедия WiMAX. Путь к 4G / В.М. Вишневский, С.Л. Портной, И.В. Шахнович. М.: Техносфера, 2009. 472 с.

ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ WEB-ОРИЕНТИРОВАННЫХ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В СРЕДЕ ARCGIS

Д.Е. Федосов, студент

Научные руководители: Ю. Б. Гриценко, доцент каф. АОИ, к.т.н.,

О. И. Жуковский, доцент каф. АОИ, к.т.н.

г. Томск, ТУСУР, ФСУ, каф. АОИ, fedosovne@sibmail.com

В настоящее время Геоинформационная система используется не только в настольных приложениях, т.к. веб-реализация имеет новые возможности и особенности.

ArcGIS Server предназначен для совместного использования географической информации неограниченным числом пользователей. ArcGIS Server используется на небольших, средних и крупных предприятиях для того, чтобы предоставлять географические информационные ресурсы в виде сервисов по интранет/интернет-сетям, оптимизировать внутренние рабочие процессы, разрешать производственные проблемы, координировать деятельность различных служб [3].

ArcGIS Server состоит из двух компонентов: ГИС-сервера и Среды разработки приложений (Application Developer Framework, ADF) для .NET и Java [3].

Создание комплексных геоинформационных систем на основе серверного решения ArcGIS Server и технологий Java имеет много преимуществ [2].

Доступность – самое важное преимущество этих технологий. Получить доступ к системе можно в любом месте и в любое время, для этого достаточно иметь на своем персональном компьютере браузер и набрать в нем URL (адрес) [2].

Высокая скорость работы – скорость соединения может быть на уровне обычного GPRS модема, так как Web-приложения, созданные на Java, невелики по объему, быстро загружаются и оперативно реагируют на действия пользователей [2].

Третье преимущество – это минимальные требования к компьютерной грамотности, поскольку не каждый пользователь будет являться администратором приложения. На основе технологий Java в роли администратора могут выступать разработчики приложения или системные администраторы. Это возможно благодаря тому, что вся программная логика приложения находится на сервере, в отличие от обычного программного обеспечения (ПО), где логика приложения располагается на компьютере каждого пользователя [2].

Подход, при котором вся программная логика приложения находится на сервере, снимает проблему поддержки разных версий установленных продуктов [2].

Следующее достоинство связки ArcGIS Server и технологий Java – это легкая масштабируемость, настройка и обслуживание геоинформационной системы. Здесь стоит обратить внимание на тот факт, что связке ArcGIS Server + Java абсолютно без разницы, какую СУБД использовать: Oracle, MsSQL, DB2, PostgreSQL и др. [2].

Простота интеграции – обеспечивается благодаря специальным интерфейсам в Java, с помощью которых можно с легкостью интегрировать геоинформационную систему с такими классами корпоративных информационных систем как: ERP (система планирования ресурсов предприятия), EAM (система управления основными фондами предприятия), MES (системы оперативного управления производством/ремонтами), WMS (системы управления складами), CRM (системы управления взаимоотношениями с клиентами) и др. [2].

ArcGIS Server позволяет разработать дополнительные приложения в среде WEB ADF (Web Application Developer Framework – набор библиотек и инструментов для разработки ГИС-приложений). К примеру, можно реализовать построение точки по координатам, засечкам, методами перпендикуляров и углов в среде браузера. Другой пример – можно создать интересную функцию площадной выборки документов, прикрепленных к тем или иным объектам на карте, что также реализуется в среде WEB ADF.

Еще одно принципиально важное достоинство создаваемой геоинформационной системы – многопользовательская обработка и анализ пространственных данных.

Отдельно хочется отметить, что технологии Java + ESRI могут простыми методами решить действительно сложные задачи:

- создать единое информационное пространство для всех подразделений, которые будут работать с геоинформационной системой;
- значительно упростить процедуру предоставления сведений из геоинформационной системы, формирования пакетов документов и отчетов;
- обеспечить эффективное администрирование, модернизацию и поддержку геоинформационной системы в актуальном состоянии даже при минимальном финансировании [2].

Выявим существенные выгоды использования «ArcGIS Server + Java»:

- быстрое внедрение геоинформационной системы;
- упрощение процедур перевода сотрудников с одной системы на другую, благодаря возможностям настройки индивидуальных интерфейсов под каждого пользователя;
- сокращение затрат на поддержание геоинформационной системы, обслуживание одной общей системы вместо нескольких;

- простота контроля утечки и защиты информации в геоинформационной системе;
- полный санкционированный доступ к информации в системе с любого места [2].

Реалии сего дня таковы, что создание муниципальных и промышленных информационных систем без использования современных технологий не принесет желаемой отдачи в виде общего повышения эффективности и продуктивности работы. Нашей целью является, используя технологии JAVA, создать геоинформационную систему мониторинга и оценки социально-экономического развития муниципального образования [1].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Сборник* научных трудов по материалам международной научно-практической конференции «Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании '2010». Т. 3. Технические науки. Одесса: Черноморье, 2010. 100 с.
2. *Сулин Л.А.* ЗАО «Проектно-изыскательский институт ГЕО». Екатеринбург [Электронный ресурс]. URL: http://www.dataplus.ru/ARCREV/Number_52/6_JAVA.html
3. *Продукты* компании ESRI: ArcgisServer [Электронный ресурс]. URL: <http://www.esri-cis.ru/software/arcgis/arcgisserver/>

НЕЧЕТКАЯ ОЦЕНКА УРОВНЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ РЕГИОНА

А.Ц. Гунгаев, А.В. Недорезов, студенты

Научные руководители: М.П. Силич, проф., д.т.н.,

А.А. Сидоров, ст. преподаватель, к.э.н.

г. Томск, ТУСУР, ФСУ, каф. АОИ, Ayushi@mail.ru, Invis@vtomske.ru.

Процесс нечеткого вывода представляет собой некоторую процедуру получения нечетких заключений на основе нечетких условий. Системы нечеткого вывода предназначены для реализации процесса нечеткого вывода и служат базисом всей современной нечеткой логики [1].

В настоящее время в ТУСУРе в рамках группового проектного обучения разрабатывается информационная система оценки энергоэффективности в муниципальных образованиях. В составе этой информационной системы предполагается использование подсистемы нечетких оценок и нечеткого вывода для интерпретации показателей энергосбережения, то есть перевода числовых значений в лингвистические. Для этого используются правила-продукции, разработанные эксперта-

ми в области энергетики. Нечеткие оценки являются средством представления данных, обеспечивающих доступность информационной системы любому пользователю.

В данном проекте используется алгоритм Мамдани, так как в настоящее время он получил наибольшее практическое применение в задачах нечеткого моделирования и лучше других удовлетворяет решению поставленной задачи [2].

В качестве исходных данных используются показатели энергопотребления в муниципальных образованиях, на основе которых рассчитываются индикаторы. Примеры показателей:

- удельная величина потребления электрической энергии в многоквартирных домах (кВт·ч/чел.);
- удельная величина потребления тепловой энергии в многоквартирных домах (Гкал/кВ.м.);
- удельная величина потребления горячей воды в многоквартирных домах (куб. м/чел.) и др.

Рассмотрим работу системы нечетких оценок. Для этого возьмем показатель потребления электрической энергии в г. Томске за 2010 г. Введем лингвистическую переменную «энергоэффективность потребления электрической энергии» с возможными значениями (термами): «очень плохая», «плохая», «нормальная», «хорошая», «очень хорошая» и для нее построим функции принадлежности, которые представлены на рис. 1.

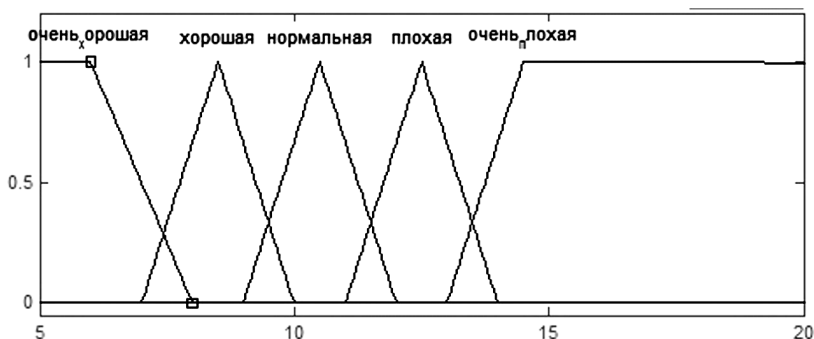


Рис. 1. Функции принадлежности лингвистической переменной «энергоэффективность потребления электрической энергии»

Пусть удельная величина потребления электрической энергии в многоквартирных домах составила 10,4 млрд кВт·ч. Подставим данное значение в качестве аргумента функции принадлежности терма «очень хорошая», которое дает в результате число 0, которое означает степень

истинности данного термина. Таким же образом для термина «хорошая» получаем число 0, для термина «нормальная» – 0,98, для термина «плохая» – 0, для термина «очень плохая» – 0. Таким образом, мы получили, что энергоэффективность потребления электрической энергии оказалась нормальной со степенью истинности 0,98.

Для оценки изменения показателей энергопотребления по сравнению с предыдущим годом (% снижения) введем лингвистическую переменную «снижение» с возможными значениями: «небольшое», «ниже среднего», «среднее», «выше среднего», «большое» и для нее построим функции принадлежности, которые представлены на рис. 2.

Для оценки текущей ситуации, учитывающей показатель потребления электрической энергии в предыдущем году с учетом снижения, введем лингвистическую переменную «текущая ситуация энергоэффективности» с возможными значениями: «очень плохая», «плохая», «нормальная», «хорошая», «очень хорошая».

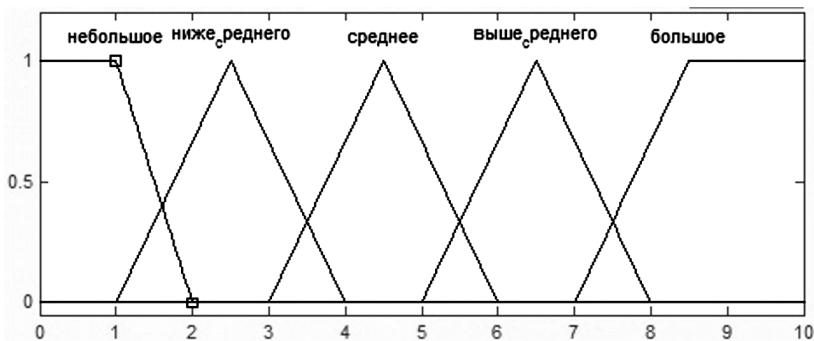


Рис. 2. Функции принадлежности лингвистической переменной «снижение»

Рассмотрим алгоритм нечеткого вывода. Для этого проведем анализ текущей ситуации, воспользовавшись входными данными, которыми являются показания за прошлый год и снижение. Сформируем базу правил.

Правило №1: ЕСЛИ энергоэффективность электрической энергии «очень плохая» и снижение «небольшое» ТО текущая ситуация энергоэффективности «очень плохая».

Правило №2: ЕСЛИ энергоэффективность электрической энергии «очень плохая» и снижение «большое» ТО текущая ситуация энергоэффективности «плохая», и т.д.

Таким образом, при условии, что энергоэффективность потребления электрической энергии = 10,4 млрд кВт·ч и снижение = 7,5%, по-

лучим оценку текущей ситуации «нормальная» со степенью истинности 0,35 и «хорошая» со степенью истинности 0,35.

Разработка подсистемы интерпретации показателей энергоэффективности в муниципальных образованиях ведется с использованием объектно-ориентированного языка программирования C# и СУБД MS SQL. Для проведения экспериментов использовалось графическое средство Fuzzy Logic Toolbox, входящее в состав пакета MATLAB.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Леоненков А.В.* Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. 719 с.
2. *Демидова Л.А.* Алгоритмы и системы нечеткого вывода при решении задач диагностики городских инженерных коммуникаций в среде MATLAB. М.: Радио и связь, 2005. 365 с.

ОРГАНИЗАЦИЯ ОБМЕНА ЭЛЕКТРОННЫМИ МЕДИЦИНСКИМИ ДАННЫМИ НА ОСНОВЕ ПАРАДИГМЫ «ОБЛАЧНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ»

М.А. Иценко, студент

*Научный руководитель И.В. Бойченко, доцент каф. АСУ, к.т.н.
г. Томск, ТУСУР, каф. АСУ, i.isador.max89@gmail.com*

В настоящее время в здравоохранении (по крайней мере, Томской области) имеет место «лоскутная автоматизация», когда ряд задач информационного сопровождения решается в различных (не интегрированных между собой) информационных системах, что приводит к необходимости устанавливать и эксплуатировать несколько ИС на одном рабочем месте.

Вторая проблема – локальный монополизм разработчиков ИС, в результате которого на рынке имеется ряд зарытых коммерческих систем, что сдерживает возможность согласованного развития и интеграции таких систем.

Третья проблема – дефицит бюджета многих медицинских учреждений по поддержанию и развитию ИТ-инфраструктуры.

Одним из решений этой проблемы является создание Центра обработки данных медицинского назначения (ЦОДМН). Учитывая количество лечебно-профилактических учреждений, а также необходимость обработки большого количества информации, ЦОДМН целесообразнее создавать на основе подхода, называемого «облачные вычисления» (ОВ).

Ядром в работе такого центра является система, обеспечивающая обработку входящих сообщений, – шина. Проблема интеграции такой

шины решается использованием языка XML[1] (англ. eXtensible Markup Language – расширяемый язык разметки) для создания сообщений и стандарта Java servlet [2] для создания компонентов шины. В качестве основы для создания этой системы используется переработанная концепция шины ESB [3] (англ. Enterprise Service Bus – сервисная шина предприятия). В этом случае шина имеет следующие компоненты: роутер сообщений (англ. Content Based Router – информационный роутер), преобразователь сообщений (англ. Splitter – сплиттер), а также буфер и журнал сообщений. Концепцию шины можно увидеть на рис. 1.

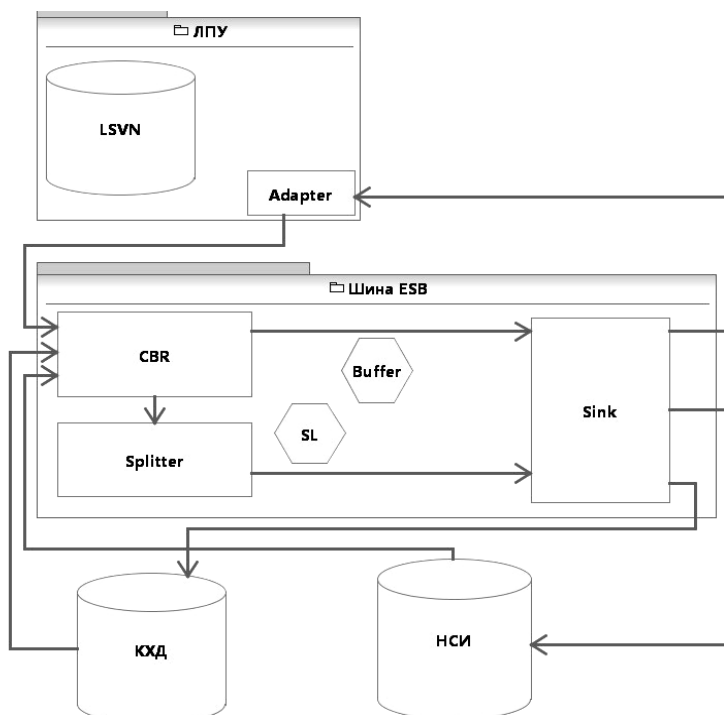


Рис. 1. Графическое представление шины ESB

Компоненты шины являются Java сервлетами, которые также отправляют и принимают сообщения. Шина создается в инфраструктуре Google, с использованием Google AppEngine [4]. Для тестирования и развертывания будущей системы используется сервер AppScale [5]. Структуру этого сервера можно представить из трех компонентов:

1. AppServer (AS) – сервер приложений, который, собственно, и отвечает за работу приложений.

2. AppLoadBalancer (ALB) – балансировщик нагрузки между нодами, в этом качестве используется Nginx.

3. AppController (AC) – компонент для управления взаимодействием между остальными частями системы.

Благодаря такой структуре сервер способен обрабатывать большое число запросов.

На данном этапе имеется прототип шины. Прототип развернут на кластере кафедры АСУ[6] и находится в рабочем состоянии. Дальнейшая работа над проектом продолжается.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Dr. Michael Kay*. XSLT: Programmers Reference // Wrox; 2 edition (May 3, 2001) [Электронный документ].

2. *Jason Hunter*. Java Servlet Programming / Jason Hunter, William Crawford [Электронный документ].

3. *Dave Chappel*. Enterprise Service Bus. // O'Reilly (June 2004) [Электронный документ].

4. *Google App Engine* // Google code [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://code.google.com/intl/ru-RU/appengine/>, свободный.

5. *AppScale* // Google code [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://code.google.com/p/appscale/>, свободный

6. Вычислительный кластер ТУСУР: старт (статья в сборнике докладов), Информационные системы: тр. постоянно действующего науч.-техн. семинара / Том. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники. Отд. проблем информатизации Том. науч. центра СО РАН; под ред. А.М. Корикова. Вып. 5. Томск: Том. гос. ун-т системы управления и радиоэлектроники, 2008. С. 3–12.

ВВЕДЕНИЕ АТРИБУТИВНЫХ ДАННЫХ В СРЕДЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

А.Р. Капокова, студентка

Научные руководители: Ю.Б. Гриценко, доцент каф. АОИ, к.т.н.,

О.И. Жуковский, доцент, к.т.н.

г. Томск, ТУСУР, ФСУ, каф. АОИ, pyatnical31@list.ru

В настоящее время при решении задач с использованием геоинформационной системы (ГИС) важна и нужна не только информация о пространственном расположении объекта, а ещё немало важную роль играет атрибутивное описание этого объекта. Реальные физические объекты интересны не только тем, что они существуют, но и тем, что они обладают атрибутивными характеристиками. Например, у города

есть плотность населения, у района – имя главы администрации, у страны – общая площадь и тип государственного управления. И для хранения всей этой информации применяются атрибутивные таблицы. В них каждому картографическому объекту соответствует запись базы данных, отдельные поля которой – числовые, символьные, логические – определяют различные атрибуты объекта: номер, уникальное имя, степень загрязнения, дату создания и еще что угодно. В зависимости от числовых и логических параметров можно по-разному показать разные типы объектов, скажем, различить асфальтовые, грунтовые и проселочные дороги. Зачастую в целях анализа удобнее хранить все атрибутивные данные слоя не в одной таблице, а в разных таблицах, и связывать их (горизонтально, запись к записи) логически в одну большую таблицу. Хранение данных в разных таблицах поможет анализировать только те части данных объекта, которые нам необходимы. Для этого можно использовать одинаковое во всех таблицах и в то время уникальное в пределах отдельно взятой таблицы поле – номер объекта. Это важно, поскольку в современном мире информация постоянно меняется, то есть достаточно обновлять только одну из исходных таблиц. Логическая связка будет действовать следующим образом – при выделении атрибутивной информации объекта в одной таблице выделение отобразится и во все другие. Таким методом можно связать несколько таблиц не только логически, но и физически соединить их в одну большую таблицу. Таким образом, система становится более гибкой, так как позволяет вносить, изменять и анализировать данные только тем пользователем, который имеет доступ к своей таблице.

В ГИС обычно встроены не только средства отображения базы данных (БД), а есть также небольшая система управления базы данных (СУБД) – модуль работы с таблицами. Он позволяет создать новую атрибутивную таблицу, заполнить ее (добавляя записи и поля) и в отдельных системах привязать ее к карте. К сожалению, операции реструктуризации базы не поддерживаются в продукте ArcView после того, как база создана, нельзя даже переназначить имена полей – пользователю остается только задать отображаемые вместо истинных имен полей псевдонимы (aliases) или скрыть от пользователя отдельные поля в таблице. При этом никаких изменений в самой БД реально не происходит. Не нужно думать, что графические объекты и атрибутивные характеристики не зависят друг от друга. Иногда интеграция достигает такой степени, что графический объект физически хранится как одно из полей атрибутивной таблицы, несколько же других полей реально в таблице БД не существуют, а отображают автоматически отслеживаемые географические параметры объекта (площадь, длину и т.д.) [1].

Атрибутивные БД не только помогают разными способами отображать объекты с различными свойствами. При выполнении пространственных запросов атрибутика помогает более точно идентифицировать объект – в самом простом случае мы можем указать объект на карте и получить о нем подробную информацию (номер, имя, размер и т.д.). Можно, разумеется, организовывать выбор объектов на карте посредством запросов к атрибутивной таблице, так как мы знаем, что выделение объектов связано с выделением их атрибутивных записей. В любой ГИС можно организовать запрос к атрибуту. Одним из самых популярных языков для написания запросов является язык SQL (Structured Query Language). Самые необходимые запросы для работы с данными: запрос на выборку (выбрать все объекты слоя, отменить выборку, инвертировать выборку и т.д.) и логические запросы (логическое умножение (AND), логическое сложение (OR) и исключающее или (XOR)) [2].

Для хранения атрибутивной информации ГИС использует форматы настольных БД – то есть ГИС работает с ними на уровне файлового обмена. Такой подход является не всегда удобным, так как есть значительные ограничения по количеству записей и по размеру записей. Чтобы избежать проблем при росте БД, можно прибегнуть к помощи внешних БД. Технология обмена с внешними базами данных заключается не в работе с их файлами напрямую, а в обращении к интегратору баз данных. Суть состоит в том, чтобы уже интегратор брал на себя проблемы работы или с файлами баз данных, или выполнял свою работу через «массивные» СУБД, например, как Oracle. Поскольку «массивные» СУБД применяются в основном тогда, когда обрабатываемая база данных достигает размера в десятки и сотни тысяч записей, становится уже невозможным хранить весь этот объем на локальном диске пользовательского компьютера. Приходится специально выделять высокопроизводительную систему с большим дисковым пространством – сервер баз данных – и хранить атрибутивные таблицы на нем в виде внешних баз данных под управлением Oracle; обмен данными с рабочими местами осуществляется через сеть [1].

Итак, подводя итоги, работа с внешней базой данных намного эффективней, а также внешняя БД позволяет вести более сложное описание объекта. При разработке геоинформационной системы оценки и мониторинга социально-экономического развития муниципального образования для введения паспортов, что является ярким примером атрибутивных данных, будет использоваться внешняя СУБД Oracle [3].

ЛИТЕРАТУРА

1. Коновалова Н.В., Капралов Е.Г. Введение в ГИС. М.: Библион, 1997. 160 с.

2. Кошкарёв А.В., Тикунов В.С. Геоинформатика. М.: Геодезиздат, 1993. 213 с.

3. Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции «Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании '2010». Т. 3. Технические науки. Одесса: Черноморье, 2010. 100 с.

АРХИТЕКТУРА WEB-ГИС «ТОМСКАЯ ОБЛАСТЬ»

Д.И. Хабибулин, студент

Научные руководители: Ю.Б. Гриценко, доцент, к.т.н.,

О.И. Жуковский, доцент, к.т.н.

г. Томск, ТУСУР, ФСУ, каф. АОИ, viperenok@sibmail.com

Современные корпоративные геоинформационные системы (ГИС) используются для решения широкого круга задач, в том числе для обеспечения информационной поддержки принятия решений в областях, связанных с обработкой больших объемов оперативных пространственных данных по обширным территориям. Примером такой системы является геоинформационная система «Томская область». База пространственных данных реализована на основе программного обеспечения ESRI ArcSDE и размещается на сервере, а все функциональные возможности ГИС реализуются в рамках «толстого» настольного клиента ArcGIS Desktop, при этом задачи решаются средствами [1]:

- стандартных функций ArcMap, например отображение пространственных и атрибутивных данных в ГИС «Томская область»;

- разработанных моделей геообработки ArcToolbox.

Ограничениями такой архитектуры корпоративной ГИС являются:

- организационная и техническая сложность развертывания и сопровождения «толстых» клиентов у географически распределенных пользователей;

- высокие требования к аппаратному обеспечению – так как большинство задач решается на клиентских компьютерах;

- высокие требования к программному обеспечению рабочих мест пользователей;

- малая степень переносимости подсистем ГИС – их использование в других геоинформационных системах требует существенных затрат;

- сложность организации взаимодействия ГИС с другими информационными системами предприятия – так как в рамках классических типов архитектур корпоративных информационных систем нет единых механизмов обмена данными. Интеграция с каждой отдельной инфор-

мационной системой требует написания специальных промежуточных программных модулей, что необходимо, например, для получения информации о тематических объектах.

Для обеспечения возможностей эффективного решения названных проблем, связанных с ограничениями клиент-серверной архитектуры с «толстым» клиентом, разработчики ГИС-платформ, в том числе компания ESRI, на протяжении ряда лет уделяют внимание новым подходам к разработке программного обеспечения геоинформационных систем, прежде всего – предоставлению разработчикам ГИС-решений возможностей реализации средств ГИС на основе *сервис-ориентированной* физической архитектуры. В рамках такой архитектуры создается единая среда обмена данными между программными модулями информационных систем предприятия, называемыми *веб-сервисами*. При этом значительно упрощается решение задач интеграции, реализуемое преимущественно на стороне серверов, а не клиентов. Этот подход снижает требования к аппаратному и программному обеспечению пользователей, повышает удобство сопровождения и развития системы – функционирующий на сервере программный модуль (веб-сервис) может быть использован различными типами клиентов посредством стандартных интерфейсов обмена данными. Такие возможности предоставляет серверное ПО ArcGIS Server.

Применение новых подходов к реализации программного обеспечения ГИС требует также решения задачи использования уже существующих программных модулей в рамках новой архитектуры и интеграции между собой всех компонент корпоративной информационной системы (в том числе ГИС).

С точки зрения используемых подходов к разбиению программного обеспечения на отдельные физические модули и организации взаимодействия между ними сервис-ориентированная архитектура представляет собой результат эволюционного развития предшествующих типов физической архитектуры (компонентной, клиент-серверной).

Упомянутая выше настольная ГИС «Томская область» по мере развития была преобразована в интернет-приложение (веб-сайт) с функциональными возможностями, сопоставимыми с возможностями настольных решений. Одной из основных задач преобразования являлся перенос программных модулей со стороны клиента на сторону сервера. При этом сохранялся основной программный код модуля, но менялись (создавались заново) механизмы взаимодействия с пользователем, в том числе пользовательский интерфейс. Клиентская часть интернет-приложения реализована на платформе ArcGis Desktop, серверная часть представлена ГИС-сервисами на основе ArcGIS Server. То есть большая часть задач, ранее решаемых посредством настольного

клиента, теперь решается на стороне сервера посредством набора веб-сервисов. Промежуточным шагом на этапе перехода к работе в Web является использование веб-приложений на основе ArcIMS. При этом решение части или всех задач также переносится на сторону сервера, и они становятся доступными посредством веб-приложения, то есть решаются три первые возможности, предоставляемые ГИС на основе настольного клиента. Однако вопросы переносимости и взаимодействия ГИС с другими информационными системами предприятия при этом остаются открытыми, так как изменения архитектуры (способов разбиения на модули и организации их взаимодействия) как такового не происходит: выполняется лишь перенос части ГИС-приложения с клиентских компьютеров на сервер.

Платформа ArcGIS предоставляет разработчикам ряд технологических возможностей по реализации сервис-ориентированного подхода к созданию ГИС [2]:

- ГИС-сервисы (то есть веб-сервисы, решающие ГИС-задачи) ArcGIS Server – картографические, геообработки, геоданных и другие – позволяют использовать карты, пространственные данные, модели и инструменты геообработки ArcToolbox, размещенные на серверах ArcGIS Server, различными типами клиентов;
- программное расширение возможностей ГИС-сервисов ArcGIS Server (посредством создания программных модулей .NET);
- использование функциональных возможностей, предоставляемых компонентами ArcObjects, при создании собственных веб-сервисов.

Применение перечисленных технологий ArcGIS Server позволило реализовать в рамках интернет-приложения функциональные возможности, ранее доступные только пользователям настольных продуктов ArcGIS Desktop, а также предоставлять доступ к одним и тем же задачам, реализованным в виде сервисов, различным типам клиентского аппаратного и программного обеспечения.

Таким образом, платформа ArcGIS предоставляет широкие возможности для реализации корпоративных геоинформационных систем в рамках сервис-ориентированной архитектуры. Решение ряда задач геоинформационной системы «Гомская область» с использованием сервис-ориентированного подхода позволило преодолеть проблемы, свойственные настольным системам: сложность развертывания и сопровождения, высокие требования к аппаратному и программному обеспечению рабочих мест пользователей, сложность интеграции информационных систем [1].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Сборник* научных трудов по материалам международной научно-практической конференции «Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании '2010». Т. 3. Технические науки. Одесса: Черноморье, 2010. 100 с.
2. *Продукты* компании ESRI: ArcgisServer [Электронный ресурс]. URL: <http://www.esri-cis.ru/software/arcgis/arcgisserver/>

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ УЧЕБНЫМ ПРОЦЕССОМ

Ю.В. Колобова, К.И. Чернышов, М.В. Козлов, В.А. Ербахаев

Научные руководители: П.В. Сенченко, доцент, к.т.н.,

И.И. Веберова, доцент

г. Томск, ТУСУР, каф. АОИ, yulia_taraz@mail.ru

Актуальность дополнительного профессионального образования (ДПО) в области управления IT-бизнесом обусловлена острой нехваткой квалифицированных специалистов на рынке труда. Обладая открытостью, мобильностью и гибкостью, система ДПО способна быстро и точно реагировать на вызовы времени в интересах личности, общества, государства.

С целью реализации дополнительного профессионального образования в области передовых инновационных технологий создано подразделение Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники на базе кафедры автоматизации обработки информации (АОИ) – «академия бизнес-информатики».

В связи с необходимостью обеспечения образовательного процесса было принято решение о проектировании и реализации автоматизированной информационной системы (АИС) управления учебным процессом.

Внедрение современных информационных технологий в практику управления учебным заведением дает возможность автоматизировать большинство задач, которые связаны с планированием и контролем учебного процесса, а также позволяет формировать различные аналитические отчеты, управлять движением контингента слушателей и иметь возможность фиксировать их текущую и итоговую успеваемость в рамках учебно-тематических планов, иметь возможность формировать личные карточки слушателей и преподавателей.

На рынке программного обеспечения существует большое количество программных продуктов для автоматизации деятельности выс-

ших и средних учебных заведений. Был произведен обзор аналогов, на основании которого сделан вывод, что использование этих продуктов невыгодно из-за избыточности функций и персональной информации, так как в основном эти системы предназначены для высших и средних учебных заведений, структура которых значительно отличается от структуры академии.

Создание и внедрение собственной информационной системы позволит учесть конкретные требования к системе.

Целью данного внедрения являются:

- Снижение затрачиваемых ресурсов (трудовых, временных и т.д.).
- Повышение эффективности принятия решений в управлении учебным процессом за счет автоматизации процессов, связанных с учетом контингента слушателей, ведением информации о преподавательском составе, ведением реестра учебно-методического и программного обеспечения, оперативным планированием учебного процесса, контролем успеваемости слушателей, проведением аттестации и др.
- Повышение эффективности работы сотрудников академии бизнес-информатики и снижение трудозатрат на формирование необходимых документов за счет перенесения большей части рутинной работы по обработке информации в информационную систему.

В настоящее время разработка программного продукта осуществляется студентами группового проектного обучения (ГПО) и специалистами кафедры АОИ. Была выбрана адаптивная стратегия разработки, которая определяется в процессе решения задачи на основе накопления новой информации о возможных результатах того или иного решения.

С целью наибольшей эффективности осуществления проекта была выбрана гибкая стратегия реализации – модель прототипирования, которая позволяет создать прототип информационной системы, представляющий собой формальную спецификацию, воплощенную в программный продукт.

С помощью интервьюирования и создания прототипа были сформулированы требования к системе и проведен анализ.

На основе выявленных требований была спроектирована структура АИС, состоящая из 7 подсистем. Все подсистемы будут работать на основе единой программно-аппаратной платформы.

Система будет реализована в архитектуре клиент–сервер, где в качестве клиентской части всех программных комплексов (кроме ПК «Электронный экзамен») будет использоваться «тонкий клиент» и будет осуществляться взаимодействие с базой данных в режиме активного сервера с использованием выбранных компонентов доступа к БД.

Web-расширение подсистемы «Электронный экзамен» планируется реализовать в трехзвенной архитектуре. В качестве системы управления базами данных выбрана СУБД Oracle для организации центрального сервера базы данных. С целью взаимодействия приложения с СУБД Oracle будут использованы компоненты доступа к данным ODAC (Oracle Data Access Components).

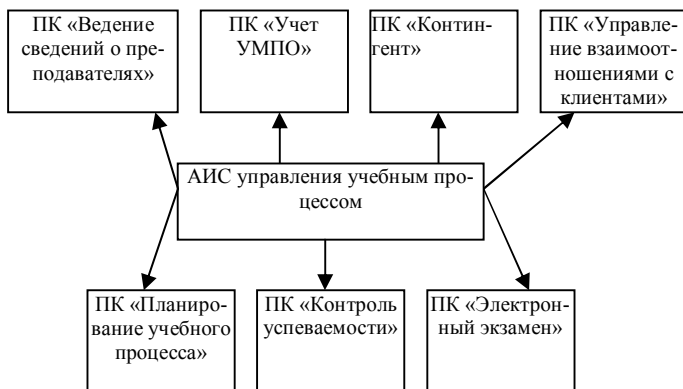


Рис. 1. Структура АИС управления учебным процессом

В заключение заметим, что проведенный анализ позволил сформировать технические требования к системе. Разработка этой системы и ее внедрение позволят переложить большинство рутинных задач на информационную систему, тем самым повысив эффективность работы подразделения дополнительного образования.

ИНСТРУМЕНТ РАЗРАБОТКИ МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ, ОСНОВАННЫЙ НА ПРИМЕНЕНИИ БАЗ ЗНАНИЙ

И.А. Кречетов, аспирант

Научный руководитель В.В. Кручинин, зав. лаб. инструментальных систем моделирования обучения Института инноватики ТУСУРа, доцент каф. ПрЭ, к.т.н.

г. Томск, ТУСУР, каф. ПрЭ, kia@2i.tusur.ru.

Процесс обучения, направленный на получение новых знаний в какой-либо предметной области, является процессом трансфера знаний от источника знаний к потребителю знаний [1]. Наряду с классическим способом приобретения знаний из бумажных носителей (учебников,

методических пособий и т.п.) в образовательном процессе активно используются информационные технологии, роль которых возрастает с развитием наукоемких областей человеческой деятельности в современном обществе. В связи с непрерывным увеличением потока информации перед образовательными учреждениями стоит задача представления образовательного контента в различных форматах: в виде печатного издания, электронного учебного пособия в электронной библиотеке, онлайн-курса в системе дистанционного обучения и т.д. При этом возникает необходимость поиска новых способов хранения, представления, формализации и систематизации, а также автоматической обработки образовательных материалов, поскольку ручное преобразование контента является трудоемким, долгим и дорогостоящим процессом.

Для решения вышеперечисленных проблем представляется целесообразным применение баз знаний, представляющих собой некую модель или концепцию хранения знаний. Полноценные базы знаний содержат в себе не только фактическую информацию, но и правила вывода, допускающие автоматические умозаключения о вновь вводимых фактах и, как следствие, осмысленную обработку информации. Иерархический способ представления в базе знаний набора понятий и их отношений называется онтологией. Онтологию некоторой области знаний вместе со сведениями о свойствах конкретных объектов также можно назвать базой знаний. Преимуществом онтологий в качестве способа представления знаний является их формальная структура, которая упрощает их компьютерную обработку [2].

Онтологии разрабатываются и могут быть использованы при решении различных задач, в том числе для совместного применения людьми или программными агентами, для возможности накопления и повторного использования знаний в предметной области [3]. Учитывая все принципы и возможности онтологического подхода, представляется возможным организовать иерархию элементов образовательного содержимого учебных материалов – каркас для организации электронных материалов с возможностью их последующего вывода как на экран, так и на печать, другими словами, необходимо специфицировать элементы, понятия и структуру, характерные для большинства создаваемых учебных материалов. Таким образом, разработав онтологию учебно-методического пособия, например, и заполнив ее конкретными данными соответствующей учебной дисциплины, мы получим универсальную базу, на основе которой возможно получать различные конечные представления образовательных материалов как по форме, так и по объему.

Тенденции современных Web-технологий задают такую направленность в разработках различных программных продуктов и сервисов, когда пользователь с помощью одного лишь браузера и доступа в интернет может решать сложные задачи, которые раньше решались с помощью мощных вычислительных систем и ресурсоемких программных средств. Теперь эту роль выполнит сервер, возлагая на себя решение сложных задач и выдавая клиенту результат. Несмотря на многообразие достижений в обеспечении максимального удобства и простоты обучения посредством Web-технологий, на сегодняшний момент остается мало затронутым вопрос обеспечения преподавателя (эксперта) минимальным и доступным набором инструментальных средств или online-сервисов, позволяющих полноценно разрабатывать образовательные материалы или создавать дистанционные курсы без привлечения каких-либо сторонних и сложных программных продуктов. Таким образом, актуальной является задача разработки online-инструмента (портала), позволяющего эффективно разрабатывать и хранить многосвязный образовательный контент, который в дальнейшем возможно представлять в различных печатных или электронных форматах. В основе такого портала лежит информационная модель знаний, направленная на хранение знаний во Всемирной паутине – семантическая паутина (Semantic Web). Семантическая паутина предполагает запись информации в виде семантических сетей с помощью онтологий. Основное назначение предлагаемого инструмента – предоставление сервером доступа к онтологии через Web-сервис, возможность извлекать, изменять и сохранять онтологии из хранилища. Работа с базой знаний, ее настройка выполняются с помощью редакторов онтологий и тезаурусов. Для управления образовательным контентом и наполнения базы служит визуальный редактор данных. Все эти службы реализованы как Web-приложения, поэтому обеспечивают удаленную настройку портала и поддержку его контента экспертами через Интернет. Создание контента портала знаний выполняется как вручную – с помощью редактора данных, так и автоматизированно – с использованием подсистемы сбора онтологической информации о ресурсах. Результатом работы эксперта на портале является семантически размеченный документ, т.е. документ, в котором выделены семантические объекты, идентифицированы основные взаимосвязи, а с помощью языков трансформаций и форматирования – XSLT и XSL-FO получается визуальное представление содержимого онтологии в необходимом формате, например HTML, DOC, TeX и т.п. [4].

Таким образом, была предложена технология, направленная на разработку образовательных материалов с использованием баз знаний без участия разработчиков-программистов. На основе данной техноло-

гии предложен универсальный инструмент хранения, передачи и обработки знаний – автоматизированная Web-система. Для наполнения системы знаниями требуются только инженеры знаний – специалисты в представлении знаний и эксперты – носители знаний в моделируемой предметной области.

ЛИТЕРАТУРА

1. Губанов А.С. Использование баз знаний в обучающем процессе // Информатизация образования. 2009. №1 [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://giac.unibel.by/sm_full.aspx?guid=7053, свободный.
2. Митрофанова О.А., Константинова Н.С. Онтологии как системы хранения знаний / Всероссийский конкурсный отбор обзорно-аналитических статей по приоритетному направлению «Информационно-телекоммуникационные системы», 2008. 54 с.
3. Филатов В.А., Щербак С.С., Хайрова А.А. Разработка высокоэффективных средств создания и обработки онтологических баз знаний [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://shcherbak.net/razrabotka-vysokoeffektivnyx-sredstv-sozdaniya-i-obrabotki-ontologicheskix-baz-znaniy>, свободный.
4. Загорулько Ю.А. Технология разработки порталов научных знаний // Программные продукты и системы. 2009. №4 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://swsys.ru/index.php?page=article&id=2362>, свободный.

ЭЛЕКТРОННЫЙ ПАСПОРТ АУДИТОРИИ В СРЕДЕ ГИС ВУЗА

К.Ю. Луговая, студентка

Научные руководители: Ю.Б. Гриценко, доцент кафедры АОИ, к.т.н.,

О.И. Жуковский, доцент каф. АОИ, к.т.н.

г. Томск, ТУСУР, каф. АОИ, kseniya2010@sibmail.com

Университетский городок, включающий учебные помещения, научно-исследовательские институты, жилые помещения для студентов, библиотеки, аудитории, столовые и т.д., носит название кампус [1]. Создание автоматизированной системы ведения электронных поэтажных планов зданий и сооружений кампуса является задачей представляемого проекта [2].

Преимущества данного проекта:

- больше информации при ежедневной эксплуатации;
- улучшенный уровень планирования для будущей модификации оборудования;
- должный уровень доступа к информации для всех заинтересованных сторон;
- предоставление информации и отчетов по запросу.

В рамках проекта на данный момент разрабатывается паспорт аудитории образовательного учреждения.

Паспорт аудитории образовательного учреждения – специальный документ, содержащий подробные характеристики, описание составных частей, свойств, особенностей какой-либо аудитории.

Задачи проекта по созданию и внедрению паспорта пожарной безопасности и учебного паспорта аудитории образовательного учреждения:

- достоверность первичной информации;
- автоматизация обработки;
- хранение обработанной информации;
- использование информации при решении большего спектра управленческих задач.

Пути решения задач – создание универсальных программных продуктов:

- БД «Учебный паспорт аудитории образовательного учреждения»;
- БД «Паспорт пожарной безопасности аудитории образовательного учреждения».

Паспорт пожарной безопасности является одним из способов совершенствования государственной политики в области обеспечения безопасности, повышения эффективности борьбы с терроризмом, одним из важнейших звеньев новой системы взаимодействия сил и средств, участвующих в урегулировании ситуации, предотвращении и ликвидации кризисных ситуаций на территории Российской Федерации.

Разрабатывается данный вид паспорта в целях повышения эффективности системы управления в кризисных ситуациях, разработки адекватных мер по предупреждению и предотвращению террористических актов в любой форме (применение или угроза применения взрывных устройств, включая ядерные, радиоактивные, химические, биологические, токсические, отравляющие, сильнодействующие, ядовитые вещества, захват заложников, а также другие формы). Поэтому особенно важна паспортизация объектов повышенной опасности.

Паспорт объекта дает оценку возможным последствиям техногенных аварий и катастроф, возникновение которых возможно в результате террористических проявлений в образовательных учреждениях, порядок действий в случае возникновения таких кризисных ситуаций, а также на находящихся в непосредственной близости объектах и прилегающей территории [3].

Паспорт пожарной безопасности является информационно-справочным документом, определяющим готовность персонала предпри-

ятия к предупреждению и минимизации последствий чрезвычайных ситуаций.

Учебный паспорт аудитории образовательного учреждения создается с целью оптимизации информационных запросов по состоянию образовательного процесса, а также осуществления комплексной оценки деятельности образовательного учреждения по показателям качества.

Первичные данные учебного паспорта аудитории включают в себя:

- номер учебной аудитории;
- ФИО ответственных за аудиторию;
- правила пользования аудиторией;
- расписание работы аудитории;
- характеристику помещения аудитории;
- вентиляцию помещений: наличие вытяжных шкафов или иных приспособлений;
- водоснабжение, канализацию;
- освещение;
- инвентарную ведомость на имеющееся оборудование;
- инвентарная ведомость на технические средства обучения учебной аудитории;
- график занятости аудитории;
- мультимедийное программное обеспечение;
- технику безопасности и охрану труда в учебной аудитории;

Решение создания автоматизированной геоинформационной системы для кампусов усиливает значение традиционного генерального плана кампуса, предоставляя расширенные возможности. Цифровая модель кампуса является решением для облегчения совместной работы при проектировании, строительстве и эффективного использования информации об объекте для эксплуатации и обслуживания.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Википедия*. Свободная энциклопедия [Электронный ресурс]. Режим доступа к сайту: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Кампус>.

2. *Гриценко Ю.Б., Жуковский О.И., Загальский О.Г.* Использование сетей Петри для оценки времени эвакуации людей в зданиях и сооружениях при возникновении пожара. Алгоритм: Сб. науч. тр. Томск: Том. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2010. Вып. 1. С. 213–218.

3. *Агентство пожарной безопасности*. Эффективное обеспечение пожарной безопасности [Электронный ресурс]. Режим доступа к сайту: <http://www.firestop.by/info/passport/>

РАЗРАБОТКА WEB-ОРИЕНТИРОВАННЫХ ГИС С ПРИМЕНЕНИЕМ ESRI ARCGIS JAVASCRIPT API И «DOJO JAVASCRIPT TOOLKIT»

М.М. Милихин, студент 3-го курса

Научные руководители: Ю.Б. Гриценко, доцент, к.т.н.,

О.И. Жуковский, доцент, к.т.н.

г. Томск, ТУСУР, каф. АОИ

В эпоху стремительного развития и повсеместного использования Internet все более актуальной становится задача разработки полноценных Web-ориентированных геоинформационных систем, обладающих всем спектром возможностей современных настольных приложений, а также основными преимуществами использования Web-технологий: простотой доступа к ресурсам для конечного пользователя, отсутствием необходимости установки дополнительного программного обеспечения, минимизацией финансовых затрат.

Рассмотрим решение задачи разработки Web-ГИС на основе гео-данных, опубликованных с использованием программного продукта ESRI ArcGIS Server. ArcGIS Server предусматривает два основных варианта создания Web-приложений: с использованием ArcGIS Javascript Application Program Interface или ArcGIS Web Application Developer Framework (ADF) для платформы Microsoft .NET.

ArcGIS JavaScript API предназначен для добавления функциональных возможностей ГИС напрямую в Web-страницы. Для работы с API необходим только доступ к опубликованным через ArcGIS Server ресурсам, при этом API предоставляет все преимущества Javascript: интерактивность, выполнение функциональных возможностей на стороне клиента, увеличение быстродействия работы системы, интеграцию в html страницы, простоту написания программ.

Рассмотрим основные возможности API.

Javascript API построен на основе «dojo javascript toolkit» (dojo) – открытой (распространяемой под двойной лицензией: BSD License и Academic Free License) библиотеки Javascript [1].

Dojo представляет собой набор инструментов, позволяющих разрабатывать надежные, эффективные приложения без необходимости установки специальных утилит на стороне клиента и использования дополнительных компонент на стороне сервера [2].

Библиотека содержит утилиты для работы с Document Object Model, обеспечивает поддержку асинхронного программирования, доступ к данным JSON, XML, CSR а также данным с таких Web-сервисов, как Flickr и Picasa [2].

Dojo включает в себя набор базовых элементов пользовательского интерфейса – «dijits» (dojo widgets), в котором реализованы меню, кнопки, панели инструментов и многое другое. Одним из преимуществ использования таких компонент в составе приложения является их надежность: все элементы интерфейса протестированы на совместимость с современными Web-браузерами, благодаря чему обеспечивается стабильность работы Web-приложения [1].

Dojo toolkit входит в состав ArcGIS Javascript API, начиная с ArcGIS Server 9.3, благодаря чему для использования необходимых инструментов нужно лишь обратиться к текущей версии API из приложения без необходимости подключения дополнительных библиотек.

В процессе разработки Web-приложения с использованием связки dojo и ArcGIS Javascript API можно выделить три этапа [2]:

1. Подключение API и выбор таблицы стиля Dojo CSS, определяющей графическое оформление приложения (доступны 4 стандартных стиля и возможность разработки собственной темы оформления) [3].

2. Выбор класса картографического объекта в соответствии с выбранным стилем [3].

3. Подключение необходимых инструментов, обеспечивающих отображение карты и основные функциональные возможности приложения: навигацию, поиск и редактирование данных, создание запросов к базе геоданных, инструменты создания геометрических объектов с их привязкой к системе координат.

Рассмотрим основные функциональные возможности библиотеки dojo. Управление работой приложения осуществляется за счет четырех базовых методов [4]:

1. `dojo.addOnLoad()` – используется для инициализации приложения.

2. `dojo.require()` – используется для импортирования необходимых ресурсов.

3. `dojo.connect()` – служит для добавления обработчика события.

4. `dojo.byId()` – возвращает элемент документа по его имени [5].

Для упрощения процесса создания картографического приложения доступно использование готовых виджетов dijits, реализующих основные элементы пользовательского интерфейса (интерактивную карту, всплывающие окна, легенду, инструменты масштабирования, получения данных и редактирования слоев карты). Таким образом, благодаря наличию удобных инструментов для реализации пользовательского интерфейса и простоты их практического применения использование сочетания ArcGIS Javascript API и библиотеки инструментов «dojo javascript toolkit» является эффективным средством разработки современных Web-ориентированных геоинформационных систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Working with Dojo // ArcGIS resource center [электронный ресурс]. 2011. URL: http://help.arcgis.com/en/webapi/javascript/arcgis/help/jshelp_start.htm#jshelp/inside_dojo.htm (дата обращения: 03.03.2011).
2. Eric Pimpler. Using Dojo to Enhance Web Mapping Applications with the ArcGIS Server // Geoweb Guru [электронный ресурс]. 2009. URL: <http://www.geowebguru.com/articles/168-using-dojo-to-enhance-web-mapping-applications-with-the-arcgis-server> (дата обращения: 02.03.2011).
3. Dojo toolkit documentation. Dijit // Официальный сайт «Dojo toolkot» [электронный ресурс]. 2011. URL: <http://dojotoolkit.org/reference-guide/dijit/info.html#dijit-info> (дата обращения: 01.03.2011).
4. Dojo and ArcGIS Server 9.3 // GIS Programming [электронный ресурс]. 2008. URL: <http://gisprog.wordpress.com/2008/07/16/dojoags93/> (дата обращения: 09.03.2011).

ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ УЧЕБНЫМ ПРОЦЕССОМ

К.С. Нефёдова, студент

*Научный руководитель П.В. Сенченко, доцент каф. АОИ, к.т.н.
г. Томск, ТУСУР, ФСУ, каф. АОИ, snzav@sibmail.com*

В связи с необходимостью обеспечения автоматизации планирования образовательного процесса, управления им и контроля успеваемости слушателей академии принято решение о проектировании и практической реализации автоматизированной информационной системы управления учебным процессом дистанционного обучения (далее АИС, система) [1].

Автоматизированная информационная система управления учебным процессом предназначена для обеспечения обучения на расстоянии; программно-аппаратной независимости, позволяющей вести обучение на любом аппаратном обеспечении и под управлением любой операционной системы; высокой скорости обмена информацией, минимизирующей время ожидания при обучении; планирования учебного процесса; ведения баз данных, хранящих сведения о сотрудниках, студентах и аспирантах академии бизнес-информатики; проверки и оценки качества знаний, получаемых слушателями академии бизнес-информатики.

Автоматизированную информационную систему управления учебным процессом предполагается использовать в структурном подразделении ТУСУРа «академия бизнес-информатики».

Основными целями создания и внедрения автоматизированной информационной системы является:

- повышение эффективности принятия долгосрочных и оперативных решений в сфере управления учебным процессом в академии бизнес-информатики;
- обеспечение удобного и быстрого доступа к сведениям о сотрудниках;
- отслеживание и координирование успеваемости слушателей академии;
- предоставление сотрудникам и слушателям курсов академии бизнес-информатики возможности проведения и сдачи экзаменов в электронной форме;
- повышение эффективности работы сотрудников академии и снижение трудозатрат на проведение экзамена в традиционной форме;
- повышение качества проверки знаний и как следствие получение объективной оценки за счет исключения «человеческого» фактора в формировании результата экзамена.

На основе проведенного обзора существующих аналогов и с учетом их выявленных достоинств и недостатков были сформулированы следующие требования, предъявляемые к АИС управления учебным процессом:

- обеспечение обучения на расстоянии;
- интерактивность, обеспечивающая диалоговый режим обучения;
- программно-аппаратная независимость, позволяющая вести обучение на любом аппаратном обеспечении и под управлением любой операционной системы;
- высокая скорость обмена информацией, минимизирующая время ожидания при обучении;
- возможность использования системы в локальной вычислительной сети и в Интернете [2];
- сочетание чётко структурированного справочника по теоретической части курса и практикума, в котором присутствуют элементы обучения и контроля знаний;
- возможность просмотра хода решения задач по каждому студенту;
- организация контроля успеваемости студентов с гибкой системой оценивания знаний [3];
- возможность интерактивного диалога обучаемого и преподавателя;
- умение системы работать с математическими формулами, графиками, блок-схемами и др.;

- масштабируемость системы с целью обеспечения включения в себя любого учебного курса [4];
- по возможности при эксплуатации системы должны быть задействованы максимально доступные аппаратно-программные средства [5].

В разрабатываемую систему управления учебным процессом предполагается включить ряд подсистем, которые будут взаимодействовать между собой (рис. 1).

На основании и с учетом данных организованных и автоматизированных в подсистемах «Учет УМПО», «Ведение сведений о преподавателях» и «Контингент» должна формироваться (при необходимости автоматически редактироваться) подсистема «Планирование учебного процесса», т.е. подсистемы «Учет УМПО», «Ведение сведений о преподавателях» и «Контингент» должны обеспечивать передачу данных в подсистему «Планирование учебного процесса». Система должна обеспечивать обмен данными (двустороннюю связь) между подсистемой «Планирование учебного процесса» и подсистемой «Электронный экзамен», а также между подсистемой «Планирование учебного процесса» и подсистемой «Контроль успеваемости». Подсистема «Электронный экзамен» должна обеспечивать передачу данных в подсистему «Контроль успеваемости», которая в свою очередь должна обеспечивать передачу данных в подсистему «Контингент».

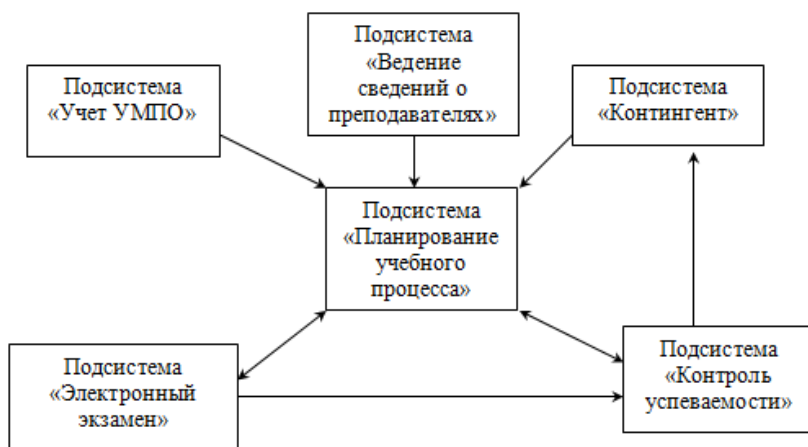


Рис. 1. Взаимодействие подсистем АИС управления учебным процессом

ЛИТЕРАТУРА

1. *Академия* бизнес-информатики [Электронный ресурс] / Официальный информационный портал научно-образовательного центра «Академия бизнес-информатики». Режим доступа: <http://abi.tusur.ru>
2. *Система* дистанционного обучения «i.Logos» [Электронный ресурс] / Официальный сайт компании «i.Point». Режим доступа: <http://ilogos.ru>
3. *Система* дистанционного обучения «ГЕКАДЕМ» [Электронный ресурс] / Официальный сайт Бурятского государственного университета (БГУ). Режим доступа: <http://www.bsu.ru>;
4. *Система* дистанционного обучения «Прометей» [Электронный ресурс] / Официальный сайт ООО «Виртуальные технологии в образовании». Режим доступа: <http://www.ucenter.irkutskenergo.ru>;
5. *Система* дистанционного обучения «ОРОКС» [Электронный ресурс] / Официальный сайт Московского областного центра новых информационных технологий (МОЦНИТ). Режим доступа: <http://www.mocnit.miee.ru>

ПРИМЕНЕНИЕ СЕРВИС-ОРИЕНТИРОВАННОЙ АРХИТЕКТУРЫ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ

А.А. Немеров, аспирант каф. АСУ

*Научный руководитель И.В. Бойченко, доцент, докторант, к.т.н.
г. Томск, ТУСУР, nemiroff87@gmail.com*

Одной из быстро развивающихся областей информатики является компьютерная графика. Большое количество приложений так или иначе относится к компьютерной графике. Часть из них проводит какие-то действия над изображениями, часть позволяет моделировать объекты реального мира, другая часть просто обеспечивает пользователю графический интерфейс для взаимодействия с приложением [1].

Некоторые задачи обработки и анализа изображений требуют больших вычислительных ресурсов. К ресурсоемким задачам можно отнести задачи рендеринга (расчет освещенности сцены), распознавание объектов на изображении. Для растровых изображений сложность возрастает с увеличением разрешения и глубины цвета.

Сервис-ориентированная архитектура (СОА) позволяет представить вычислительную систему в виде набора сервисов (служб). Каждый сервис выполняет свою узкоспециализированную задачу. Пользователь обращается к сервису, посылая ему запрос. Сервис обрабатывает запрос, формирует ответ и посылает его назад пользователю. При обработке запроса сервис может обращаться с запросами к другим сервисам. Сервисы могут добавляться в систему и удаляться из нее.



Рис. 1. Общая схема СОА

Все сервисы хранятся и доступны из реестра сервисов. На рис. 1 общая схема сервис-ориентированной архитектуры [2].

Сервис-ориентированная архитектура применима к задачам обработки и анализа изображений. Архитектура предполагает, что все задачи будут решаться на сервере. В качестве сервера используется мощная электронно-вычислительная система. На серверной стороне работает подсистема балансировки нагрузки, которая позволяет оптимально распределять вычислительные мощности между сервисами. Пользователям не нужно большое количество ресурсов постоянно, необходимость в большом количестве ресурсов возникает время от времени при решении задач. Таким образом, можно сократить время решения ресурсоемких задачи обработки и анализа изображений.

Приложения по обработке изображений, как правило, дорогостоящи. Например, цена популярной системы для обработки растровых изображений Photoshop составляет в настоящий момент в пределах от 20000 до 30000 рублей. САПР системы еще дороже. Цена такой системы, как AutoCAD, достигает 120000 рублей. Цена системы Autodesk 3ds Max, занимающейся рендерингом, составляет около 150000 рублей. Таким образом, хорошее программное обеспечение в области обработки и анализа изображений по стоимости превышает аппаратное обеспечение рабочей станции. Значительно дешевле разворачивать такие системы на сервере и предоставлять их функции в качестве сервиса.

В настоящее время в рамках НИР, выполняемой по гранту ФПЦ «Кадры» (шифр 2010-1.1-215-138-022), проводятся эксперименты по применению сервис-ориентированных вычислительных систем к задачам обработки и анализа изображений. Эксперименты проводятся на вычислительном кластере кафедры АСУ [3].

ЛИТЕРАТУРА

1. Демин А.Ю. Компьютерная графика / А.Ю. Демин, А.В. Кудинов. Томск: Изд-во ТПУ, 2004.
2. Бойченко И.В., Коротников С.В. Управление ресурсами в сервис-ориентированных системах типа «приложение как сервис» // Доклады ТУСУРа. 2010. №1 (21), ч. 2, июнь. С. 156–160.

3. *Бойченко И.В.* Вычислительный кластер ТУСУР: старт // Информационные системы: тр. постоянно действующего науч. техн. семинара / ТУСУР, Отд. проблем информатизации ТНЦ СО РАН / Под. ред. А.М. Корикова. Вып. 5. Томск: ТУСУР, 2008. С. 3–12.

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В РЕГИОНЕ

В.Е. Колтачихин, Р.А. Одышев, студенты

Научные руководители: М.П. Силич, проф., д.т.н.,

А.А. Сидоров, ст. преподаватель, к.э.н.

г. Томск, ТУСУР, каф. АОН, vsevolod@vtomske.ru,

odyshewroman@gmail.com

Проблема энергосбережения очень актуальна в наше время: энергоемкость российского ВВП превышает показатели развитых стран в 2,3–2,5 раза. Применение энергосберегающих технологий может уменьшить нынешний расход энергоресурсов в стране на 40–48%, или на 360–430 млн т условного топлива в год [1].

В рамках реализации основных положений Федерального закона от 23.11.2009 № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» регионам необходимо понизить энергоемкость производства к 2020 г. на 40%.

В Томском региональном центре управления энергосбережением разработана методика, предназначенная для оценки деятельности органов исполнительной власти субъекта Российской Федерации и органов местного самоуправления в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности. Данная методика может быть использована как на уровне Российской Федерации, так и на уровне отдельного региона.

В настоящее время осуществляется разработка информационной системы, предназначенной для оценки уровня энергоэффективности муниципальных образований на территории Томской области. Функционал системы представлен следующими сервисами:

- расчет индикаторов потребления различных видов энергии в муниципальных образованиях;
- интерпретация полученных значений индикаторов – формирование заключений на естественном языке с использованием аппарата нечеткого вывода;
- визуализация результатов оценки и анализа энергетического состояния региона;
- поддержка принятия решений в выборе мер по повышению энергетической эффективности.

Для реализации информационной системы была выбрана СУБД MS SQL. В настоящее время разработана база данных, в которой содержатся исходные значения – данные о потреблении различных видов энергии, данные, необходимые для организации расчёта показателей, рассчитанные показатели.

Организация базы данных позволяет расширить список муниципальных образований, видов потребляемой энергии, типов объектов потребления. Данная особенность дает возможность как адаптации информационной системы на федеральном уровне, так и ее использования в различных субъектах Российской Федерации с учетом их особенностей.

Для разработки информационной системы используется высокоуровневый язык программирования С#. При разработке используется объектная модель программирования, что соответствует современным стандартам создания программных средств. Для интеграции базы данных в программный комплекс выбрана технология ADO.NET.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Курбатов С.* Методы сбалансированности макро- и микроэкономики [Электронный ресурс] // Экономика России XXI в. 2005. № 18. URL: http://www.ruseconomy.ru/nomer18_200501/ec11.html (свободный, дата обращения: 09.12.2010).

2. *Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации* [Электронный ресурс]: Федеральный закон Российской Федерации от 23.11.2009 № 261-ФЗ. URL: <http://www.rg.ru/2009/11/27/energo-dok.html> (свободный, дата обращения: 07.03.2011).

АВТОМАТИЗАЦИЯ ИНВЕНТАРИЗАЦИОННОГО УЧЕТА ПОМЕЩЕНИЙ ВЫСШЕГО УЧЕБНОГО ЗАВЕДЕНИЯ

Е.В. Прелова, студентка

Научные руководители: Ю.Б. Грищенко, доцент, к.т.н.;

О.И. Жуковский, доцент, к.т.н.

г. Томск, ТУСУР, каф. АОИ, Evgeniya478@mail.ru

Управление хозяйственными процессами связано с обработкой большого количества информации в целях принятия управленческих решений, их выполнения и оценки их результатов.

Инвентаризационный учет представляет собой количественное отражение и качественную характеристику хозяйственной деятельности организации в целях управления ею.

Необходимость сведений о происходящих хозяйственных процессах повлекла за собой организацию хозяйственного учета.

Инвентаризационный учет осуществляется путем наблюдения, измерения и систематической регистрации всех хозяйственных процессов и их результатов.

Инвентаризационные сведения технического учета жилищного фонда обязательны для применения в случаях:

- составление государственной статистической и бухгалтерской отчетности по жилищному фонду;
- государственная регистрация прав на недвижимое имущество и сделок с ним;
- исчисление и контроль базы налогообложения недвижимости в жилищной сфере;
- ввод в эксплуатацию жилых строений и жилых помещений;
- определение технического состояния и физического износа жилых строений и жилых помещений;
- регистрация товариществ собственников жилья; присвоение кадастровых номеров объектам недвижимости в жилищной сфере [1].

Технический паспорт помещения составляется при приемке помещений в эксплуатацию или при включении жилого помещения в жилищный фонд. Последующий учет производится путем проведения плановых инвентаризаций жилых строений и жилых помещений с периодичностью не реже одного раза в пять лет, а также по мере выявления изменений учетных показателей в процессе внеплановых обследований [2].

В целях автоматизации инвентаризационного учета предлагается использование электронных паспортов помещений. Внедрение этого решения позволит широко охватить процессы, связанные со спецификой ведения учета хозяйственной деятельности высшего учебного заведения, повысить эффективность управления, получать оперативную информацию для анализа и оценки хозяйственных показателей, интегрироваться с существующими системами учета [3].

В рамках данного проекта реализуются следующие функции:

- Ведение книги учета материальных ценностей.
- Формирование журналов операций.
- Формирование реестра документов, выбранных по заданным критериям поиска
 - Ввод первичных документов и поиск в картотеке ранее введенных документов по заданным критериям поиска.
 - Ведение количественно-суммового учета по наименованиям материальных ценностей, материально-ответственным лицам, местам хранения, номенклатурным группам.
 - Учет передачи материальных ценностей.

• Ввод остатков материальных ценностей в количественно-суммовом выражении в разрезе балансовых счетов, материально ответственных лиц и по подразделениям организации, ввод данных по находящимся на балансе инвентарным объектам основных средств.

- Оформление внутреннего перемещения инвентарного объекта.
- Формирование и ведение картотеки хозяйственных объектов.
- Формирование описей инвентарных карточек.
- Получение инвентарных списков хозяйственных объектов в разрезе материально ответственных лиц и мест хранения.
- Реконструкция (модернизация) основных средств.
- Ведение карточек количественно-суммового учета материальных ценностей в разрезе балансовых счетов, материально отв. лиц и мест хранения и прочей аналитики, формирование книг складского учета материалов.
- Получение данных о наличии материальных ценностей для проведения инвентаризации.

Внедрение системы позволит вести формирование потребности подразделений в необходимых материалах, технике и т.п. На основе этих данных производятся формирование и корректировка планируемых финансовых затрат по структурным единицам. В системе осуществляются такие функции, как контроль исполнения плана по документам и использования предыдущих периодов для формирования плана или сметы нового периода, а также интеграция со специализированными программными средствами.

Применение электронных паспортов дает возможность более полно и правильно отразить и проконтролировать отдельные хозяйственные операции и их результаты, что повышает эффективность управления высшим учебным заведением.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Федеральное бюро технической инвентаризации* [Электронный ресурс]. Режим доступа к сайту: <http://www.rosinv.ru/about/info>
2. *Понятие и виды хозяйственного учета* [Электронный ресурс]. Режим доступа к сайту: <http://biuss.ru/shpora.php?vopros>
3. *Хозяйственный учет* [Электронный ресурс]. Режим доступа к сайту: <http://kek.ksu.ru/EOS/Lisa/text1.html>

ПУБЛИКАЦИЯ ГЕОДАННЫХ В СЕТИ INTERNET С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА ARCGIS SERVER

И.Ю. Пудуль, студент 3-го курса

Научные руководители: Ю.Б. Грищенко, доцент, к.т.н.,

О.И. Жуковский, доцент, к.т.н.

г. Томск, ТУСУР, каф. АОИ, каф. АОИ

В настоящее время в связи с широким развитием Internet и возможностью повсеместного доступа к сети все более широкое распространение получают Web-ориентированные геоинформационные системы. Использование централизованной Web-ориентированной ГИС обладает определенными преимуществами для конечного пользователя по сравнению с настольными версиями соответствующих программных продуктов, такими как:

- Отсутствие необходимости повсеместной установки программного обеспечения (для работы необходим только Web-браузер).
- Хранение и обработка данных на сервере, что требует небольших ресурсов вычислительной техники пользователя (сервисом можно пользоваться даже с мобильного телефона).
- Оптимизация финансовых затрат на использование системы.

Для реализации задачи публикации геоданных был выбран программный продукт ArcGIS Server компании ESRI. ArcGIS Server находит повсеместное широкое применение благодаря простоте установки, настройки и отсутствию высоких требований к знанию специальных средств разработки картографических приложений. Для решения узкоспециализированных задач существуют развитые и хорошо документированные средства разработки (для платформ .NET и JAVA), с помощью которых можно создавать пользовательские приложения, а также добавлять возможности работы с ГИС в уже существующие приложения и Web-страницы.

Существует возможность использования ArcGIS Desktop для создания карт, моделей и инструментов обработки данных, чтобы затем через ArcGIS Server сделать их доступными для широкого круга пользователей.

Рассмотрим основные возможности ArcGIS Server.

ArcGIS Server включает стандартную среду разработки ГИС – сервер приложений на базе тех же программных объектов, что и настольные продукты ArcGIS (ArcView, ArcEditor и ArcInfo) с широкими функциональными возможностями [1].

ArcGIS Server предоставляет разработчикам набор элементов управления Web-приложением (Web Controls), которые упрощают про-

цесс внедрения картографической функциональности в Web-приложения [1].

В состав ArcGIS Server входит пакет программной документации, содержащий набор шаблонов Web-приложений, которые могут быть использованы в качестве базовой основы для разработки новых систем.

Разработчики программного обеспечения в процессе работы с ArcGIS Server могут пользоваться различными языками (C++, C#, VB, Delphi) и стандартами программирования. При создании Web-приложений и Web-служб можно пользоваться как .Net, так и Java технологиями, а при разработке настольных клиентских приложений – COM, .NET, JAVA (ArcGIS предлагает набор Application Program Interface для работы на следующих платформах: Javascript, Flex, Silverlight / WPF, .NET, Java [2]).

ArcGIS Server предоставляет поддержку восьми базовых Web-сервисов [3]:

- Mapping service – обеспечивает возможности работы с динамически загружаемыми и сохраненными в кэше картами.
- Geometry service – предоставляет функциональные возможности для решения геометрических задач, таких как построение буферной зоны, проекций и др.
- Geodata service – обеспечивает доступ к базе геоданных и построение запросов.
- Globe service – предоставляет инструменты для работы с трехмерными моделями.
- Network Analysis service – отвечает за возможности анализа транспортных сетей, содержит инструментарий для решения вопросов маршрутизации, поиска ближайших объектов и др.
- Geocode service – определяет координаты текущего местоположения посредством технологий GPS.
- Geoprocessing service – включает средства для пространственного анализа.
- Image service – обеспечивает доступ к графическим данным.

Таким образом, благодаря предоставляемым ArcGIS Server широким функциональным возможностям публикации геоданных и простоте интеграции картографических объектов в готовые Web-приложения или создания новых Web-ориентированных ГИС на основе использования специальных предоставляемых компанией ESRI программных интерфейсов API, программный продукт ESRI ArcGIS Server является удобным средством создания корпоративной клиент-серверной ГИС.

ЛИТЕРАТУРА

1. GIS Services // ArcGIS Resource center [Электронный ресурс]. 2008. URL: <http://resources.arcgis.com/content/arcgisserver/9.3/gis-services> (дата обращения: 06.03.2011).
2. ArcGIS Server // ESRI CIS [Электронный ресурс]. 2011. <http://resources.arcgis.com/content/arcgisserver/9.3/gis-services> (дата обращения: 10.03.2011).
3. Web APIs // ArcGIS Resource center [Электронный ресурс]. 2008. URL <http://resources.arcgis.com/content/arcgisserver/web-apis> (дата обращения: 10.03.2011).

ПОЭТАЖНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ В СРЕДЕ ARCVIEW

М.М. Рычагов, студент 3-го курса

Научные руководители: Ю.Б. Гриценко, доцент, к.т.н.,

О.И. Жуковский, доцент, к.т.н.

г. Томск, ТУСУР, каф. АОИ

В настоящее время одна отрасль деятельности людей может занимать не только конкретный офис, но и целые здания, объединенные в одну корпоративную сеть. Отслеживать и получать информацию о расположении помещений, о находящейся в помещении мебели и возможных путях эвакуации людей, находясь достаточно далеко, весьма трудоемко.

Создание централизованной геоинформационной системы, включающей в себя непосредственно поэтажные планы, пути эвакуации, а также паспорта помещений, существенно упростит сбор и анализ необходимой информации. В сфере поддержки управления вузом такая система попросту необходима, поэтому проблемой стало решение этой задачи.

Для успешной работы такой системы необходимо составить индивидуальные поэтажные планы зданий, создать централизованную базу данных, в которой будет храниться информация о каждом помещении каждого здания, а также разработать удобный в использовании интерфейс для работы с данными. Современные технологии в области проектирования геоинформационных систем позволяют достичь всех поставленных целей.

В качестве среды моделирования используется программный продукт ArcGIS ArcView компании ESRI [1], поскольку он представляет собой весьма мощный инструмент создания как непосредственно электронных карт (в нашем случае в качестве карт выступают поэтажные

планы), так и связанной с картами базы данных, позволяющей хранить самую разнообразную информацию. ArcView позволяет:

- **Создавать карту** посредством инструментов отображения данных, классификации данных, символов, надписей, компоновки и печати.
- **Создавать данные** посредством инструментов редактирования shape-файлов и персональных баз геоданных, трансформации растров, поворота и отражения растров, построения и редактирования пространственных объектов, замыкания, поддержки планшетного дигитайзера, событий и геокодирования, динамической сегментации.
- **Управлять данными** посредством инструментов импорта проектов и легенд, поддержки данных, управления табличными данными, просмотра и редактирования метаданных, поиска данных в ArcCatalog [2].
- **Анализировать карту** посредством специального набора инструментов.
- **Взаимодействовать с картой** посредством инструментов перемещения и масштабирования, идентификации, гиперссылок на внешние приложения и URL, интерактивной выборки, окна обзора, пространственных закладок.
- **Задавать структуру приложений** посредством стандартного интерфейса Microsoft Windows с возможностью пользовательской настройки, фиксируемых панелей инструментов, полностью интернациональной поддержки данных и атрибутов, расширения функций с использованием COM, создания макросов в среде VBA, вставки OLE объектов в ArcMap.

В результате проделанной работы были смоделированы поэтажные планы учебных корпусов и общежитий ТУСУРа. На рис. 1 в качестве примера представлен план второго этажа главного корпуса ТУСУРа, выполненный в среде ArcView ArcMap.

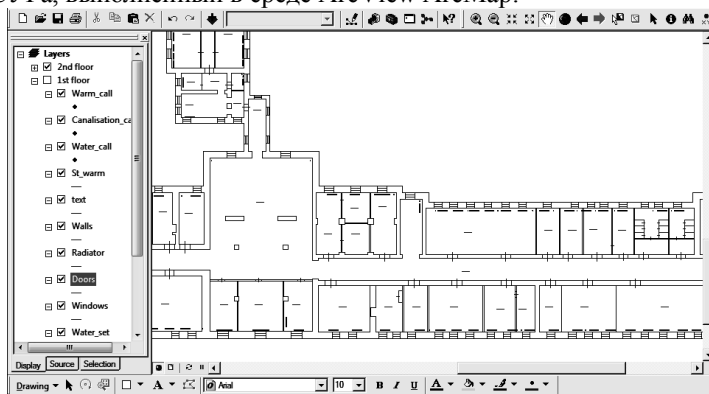


Рис. 1. План второго этажа главного корпуса ТУСУР

Поэтажные планы, выполненные в среде ArcView, очень удобны в эксплуатации, поскольку представляют собой набор Shape-файлов, которые могут содержать не только графическую информацию об объекте, но и вмещать в себя достаточно большой объем данных (от значений координат объекта до текстовых данных).

Данный подход к проектированию поэтажных планов позволит решить все поставленные изначально задачи и добиться большой эффективности процесса сбора, анализа и обработки информации.

ЛИТЕРАТУРА

1. ArcView 9 // Dataplus [Электронный ресурс]. 2011. URL: <http://www.dataplus.ru/Soft/ESRI/ArcGIS/AV9.htm> (дата обращения: 3.03.2011).
2. Структура ArcGIS 9.x // Dataplus [Электронный ресурс]. 2011. URL: <http://www.dataplus.ru/Soft/ESRI/ArcGIS/Structure9.htm> (дата обращения: 3.03.2011).

СТРУКТУРА И ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ВЕБ-ОРИЕНТИРОВАННОЙ ГИС ДЛЯ ПАСПОРТОВ МУНИЦИПАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

А.А. Рыкова, студентка ФСУ

Научные руководители: Ю.Б. Гриценко, доцент, к.т.н.,

О.И. Жуковский, доцент, к.т.н.

г. Томск, ТУСУР, каф. АОИ

Эффективный процесс управления муниципальными образованиями немыслим без своевременного и качественного предоставления информации по объектам муниципальной собственности. Хорошим подспорьем в обеспечении качества данного процесса является использование геоинформационных технологий. Для геоинформационных систем (ГИС), используемых в области управления муниципальными образованиями, предъявляется требование для возможности работы в информационной сети. В последнее десятилетие сетевые ГИС шагнули из настольных приложений в интернет-пространство. Использование Интернет предполагает новые возможности и особенности. В данной работе рассматриваются особенности веб-ориентированной геоинформационной системы ArcGis, в частности ArcGis Server, используемой при создании проекта управления паспортами муниципальных образований.

ArcGis Server в первую очередь предназначен для разработчиков программного обеспечения. Он может использоваться для создания веб-приложений, веб-служб и других корпоративных приложений, работающих под управлением стандартных .NET и J2EE веб-серверов.

Кроме того, ArcGis Server полезен при разработке настольных приложений, которые будут работать с ArcGis Server в режиме клиент – сервер. Он позволяет обеспечить централизованное управление географическими ресурсами, такими как карты, службами геокодирования и задействованными в приложениях программными объектами [1].

ArcGis Server состоит из двух компонентов: ГИС-сервера и среды разработки приложений (Application Developer Framework, ADF) для .NET и Java.

ГИС-сервер управляет программными объектами (ArcObjects) в процессе их использования в настольных и веб-приложениях. Он включает корневую библиотеку ArcObjects и предоставляет среду для выполнения программных объектов на сервере [1].

Среда ADF позволяет разрабатывать .NET или Java настольные и веб-приложения, которые в процессе работы используют выполняющиеся на ГИС-сервере программные объекты ArcObjects. В состав ADF входит программное обеспечение для разработчиков приложений и сервисов, в том числе программные объекты, элементы управления, шаблоны веб-приложений, справочник разработчика и исходные тексты примеров, а также runtime веб-приложений, что позволяет использовать веб-приложения без инсталляции ArcObjects на веб-сервере [1].

Разработчики программного обеспечения в процессе работы с ArcGis Server могут пользоваться различными языками программирования. При создании веб-приложений можно пользоваться как .Net, так и Java технологиями, при разработке настольных клиентских приложений можно пользоваться всеми популярными языками программирования: C++, C#, Delphi, Java Script и PHP.

Для разработки клиентского приложения, которое предусматривает ввод данных об объектах, и обеспечения хранения данных можно использовать язык PHP или Java Script.

Клиентское приложение, в данном случае веб-браузер, принимает пользовательский ввод, формирует и передает запросы ГИС-серверу, занимается отображением результатов запросов, представленных, как правило, в виде HTML.

Браузер не выполняет каких-либо функций, присущих ГИС. Данный подход предъявляет минимальные требования к компьютеру клиента и позволяет получить максимально широкую аудиторию пользователей.

Основными элементами интернет-ГИС являются: веб-браузер, с помощью которого пользователь взаимодействует с системой; веб-сервер, действующий в качестве шлюза между средой Интернет и ГИС-сервером; собственно ГИС-сервер, в котором сосредоточена обработка географической информации [2].

Основными компонентами системы являются: веб-браузер, веб-сервер и ГИС-сервер.

Веб-браузер. В роли данного компонента может выступать любой современный веб-браузер. Примером таких браузеров являются Netscape Navigator и Internet Explorer. Веб-браузер является тонким клиентом, задачи которого состоят в отображении элементов пользовательского интерфейса и взаимодействии с пользователем.

Пользовательский интерфейс системы реализован с помощью языков HTML и Java Script или PHP и не требует установки дополнительных модулей. Данное решение делает систему более доступной для широкой аудитории пользователей.

Веб-сервер. В системе может быть использован любой веб-сервер, поддерживающий протокол CGI. Веб-сервер выступает в качестве точки входа в систему и Интернет. Он выполняет две функции: предоставляет доступ к статическим и редко меняющимся HTML-файлам и файлам данных, используемым при формировании пользовательского интерфейса, и служит в качестве среды исполнения для агента – CGI-скрипта, через который происходит взаимодействие с ГИС-сервером.

ГИС-сервер является одной из наиболее важных частей системы. В его состав входит компонент системы «Агент», который играет роль посредника между веб-сервером и ядром ГИС-сервера. Агент реализован как CGI-скрипт, что позволяет ему взаимодействовать практически с любым современным веб-сервером. Его функции заключаются в передаче запроса от веб-сервера к ГИС-серверу и передаче результатов обработки запроса в обратном направлении [2].

ArcGIS Server представляет собой огромный шаг в реализации стратегии развития программного обеспечения, а именно в разработке клиентских веб-приложений. Рассмотренная технология положена в основу проекта ГИС мониторинга и оценки социально-экономического развития муниципального образования, а также создания и ведения паспортов муниципального образования.

ЛИТЕРАТУРА

1. ERSI CIS официальный дистрибьютор [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.ersi-cis.ru/software/ArcGIS/ArcGISserver/index.html
2. *Разработка* систем поддержки принятия решений для обоснования общегосударственных программ в областях социальной, финансовой, экологической политики [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.market-journal.com/metodyjekonomiki/33.html
3. *Геоинформационные* и кадастровые системы и технологии [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.geocad.ru/soft/gee

ТЕХНОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ ИНФОРМАЦИОННОГО ИНТЕРНЕТ-ПОРТАЛА

А.В. Савченко, Д.А. Турков, студенты

Научный руководитель М.Ю. Катаев, проф. каф. АСУ, д.т.н.

г. Томск, ТУСУР, каф. АСУ, alex_savchenko@mail.ru,

balbec@vtomske.ru

В последние годы все большую часть пространства Интернет завоевывают крупные и средние Web-порталы – интернет-сайты, снабженные механизмами избирательного поиска и объединения информационного содержания интернет/интранет-сетей. Однако по мере быстрого накопления информации пользователи сети столкнулись с проблемой практически полного отсутствия структуризации, что затрудняет как поиск, так и логическое осмысление содержания. К сожалению, довольно часто приходится сталкиваться с тем, что очень сложно, а иногда и почти невозможно найти нужную информацию даже в пределах одного портала. Часто этот поиск превращается в многочасовой марафон, который к тому же не гарантирует получение ответов на поставленные вопросы. Это, как правило, является следствием слабой структурированности интернет-сайтов. А ведь одна из основных характеристик любого портала – это возможность легко и быстро добраться до любой информации, содержащейся в нем. Конечно, можно воспользоваться картой сайта, которая, как правило, имеется на любом крупном портале, но, к сожалению, это не всегда помогает в поиске.

Основная часть. В настоящее время одним из перспективных направлений в научно-исследовательской деятельности является использование порталов как спецификаций некоторой предметной области. Кроме того, преимуществом использования порталов является возможность анализа, накопления и повторного использования знаний в предметной области, полученных из разных источников.

Информационное содержание такого портала включает себя:

- 1) нормативно-справочную информацию;
- 2) централизованно публикуемую информацию (новости, события, документы и т.д.);
- 3) импортируемую информацию (документы, загруженные из внешних информационных источников);
- 4) записи (записи СМК, записи результативности бизнес-процессов, проектные записи);
- 5) внутреннюю информацию (сообщения о форумах, конференциях и проч.);
- 6) нормативное обеспечение бизнеса.

При эксплуатации информационного портала факторами, влияющими на эффективность его сервисов, являются:

- правильность разнесения информации по рубриктору портала (классам);
- предоставление фактической информации о состоянии проектной деятельности;
- репрезентативность информации, предоставляемой лицу, запросившему управленческую информацию.

Существует возможность использования онтологий в качестве средств концептуализации Web-порталов. Это одно из перспективных направлений развития информационно-поисковых систем – построение моделей «семантического», т.е. «смыслового» поиска – поиска ресурсов, наиболее релевантных запросу, а не просто содержащие слова из запроса.

В простейшем случае построение онтологии сводится к:

- выделению концептов – базовых понятий данной предметной области;
- построению связей между концептами – определению соотношений и взаимодействий базовых понятий;
- сравнению построенной онтологии с имеющимися – проведению параллелей с другими областями знаний.

Для представления онтологии портала необходимо разработать механизм, обеспечивающий гибкие средства описания понятий его проблемной и предметной областей и разнообразных семантических связей между ними. Важным требованием к нему являются возможность выстраивания понятий предметной области в иерархию «общее частное» и поддержка наследования свойств по этой иерархии.

Имеется множество различных подходов и методологий по созданию онтологий. Большинство из них базируется на следующих принципах, предложенных Грубером:

1. Ясность (Clarity) – онтология должна ясно передавать смысл введенных терминов (они не должны вызывать чувство когнитивного диссонанса у пользователя).
2. Согласованность (Coherence) – онтология не должна быть логически противоречивой.
3. Расширяемость (Extendibility) – онтология должна допускать возможность расширения.
4. Минимум влияния кодирования (Minimal encoding bias) – концептуализация, лежащая в основе создаваемой онтологии, должна быть специфицирована на уровне представления, а не символического кодирования.

5. Минимум онтологических обязательств (Minimal ontological commitment) – онтология должна содержать только наиболее существенные предположения о моделируемом мире.

Онтологии портала позволяют:

- повысить репрезентативность информации, предоставляемой руководству каждого из центров принятия решений;
- уверенно определять те источники, в которых находится необходимая информация;
- задавать такую форму представления информации (внешний вид и размещение информационных окон, используемые сервисы), которая требуется для решения задач управления деятельностью проектной организации;

Заключение. Онтология может явиться удобным средством концептуализации Web-порталов. Современные средства визуализации и программирования позволяют существенно упростить процесс их создания. Использование онтологий также позволяет выявить многие «узкие места» на стадии проектирования Web-порталов и позволяет избежать большинства ошибок, являющихся следствием их плохой структурированности. Также поможет повысить удобство пользования и скорость обработки информации.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Серенков Н., Николаева И.* Стандартизация как база знаний на основе онтологий. [http://www.Consult.ru /themes/default/publication.asp](http://www.Consult.ru/themes/default/publication.asp).
2. *Михаленко П.* Язык онтологий в Web // Открытые системы. 2004. № 2. С. 85–89.
3. *Загоруйко Ю.А.* Построение порталов научных знаний на основе онтологий // Вычислительные технологии. 2007. Т. 12, спецвып. 2. С. 169–177.
4. *Рябова Н.В., Волошина Н.А., Шубкина О.В. и др.* // Материалы междунар. науч.-практ. конф. «Информационные технологии и информационная безопасность в науке, технике и образовании «ИНФОТЕХ-2009». Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2009. С. 230.
5. *Кононенко И.С., Сидорова Е.А.* Подход к извлечению фактов из текста на основе онтологии // Компьютерная лингвистика и интеллектуальные технологии: По материалам ежегодной Международной конференции «Диалог 2009» (Бекасово, 27-31 мая 2009 г.). Вып. 8 (15). М.: РГГУ, 2009. С. 451-457.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА УЧЕТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КАФЕДРЫ

Д.А. Семькина, студентка 5-го курса

Научный руководитель П.В. Сенченко, доцент, к.т.н.

г. Томск, ТУСУР, каф. АОИ, impossible30@bk.ru

В работе кафедры университета имеют наибольшее значение два вида деятельности: образовательная и научная. Между собой они непосредственно связаны. К примеру, результаты научной деятельности являются материалом для обучающей. Итогом и той и другой становится большое количество документов, публикаций, учебников – в общем, информационных ресурсов. Обычно вся эта информация разрознена, хранится как в электронном, так и в печатном виде либо и вовсе утеряна, то есть возникают проблемы с доступом к ней. Помимо этого, существует потребность в формировании отчетности по работе кафедры, где необходимо систематизировать результаты деятельности. Также нужно сказать о том, что для предоставления научной работы для участия в каком-либо конкурсе, конференции, нужно вовремя получить о нем информацию, подать правильно заполненную заявку, а это опять подразумевает получение некоторых систематизированных данных, хранящихся в настоящий момент в разрозненном виде или вообще отсутствующих.

В принципе в условиях современного динамичного развития общества информация стала таким же стратегическим ресурсом, как материальные и энергетические. Становление современного информационного общества немислимо без использования информационных ресурсов в электронном виде. Переведенные в электронную форму и собранные в общую систему, они приобретают новый статус, при котором реализуется качественно иной уровень производства, хранения, организации распространения самой разнообразной информации, обеспечивая ее более широкое распространение и эффективное использование.

Целью создания системы является уменьшение временных затрат сотрудников кафедры АОИ на поиск нужной информации и на формирование отчетности, уменьшение нагрузки на библиотечный фонд и увеличение доступности материалов.

Для реализации целей система должна решать следующие задачи:

- добавление, изменение, удаление материалов;
- многокритериальный поиск;
- формирование отчетности определенного вида;
- обеспечение безопасности данных.

В ходе проводимых исследований был проведен анализ электронных ресурсов: автоматизированных систем работы кафедры, электронных библиотек, сайтов. Было решено реализовывать систему как веб-приложение, чтобы повысить доступность системы, обеспечить возможность использования большому количеству пользователей. Еще одной положительной стороной веб-приложения является отсутствие необходимости устанавливать программное обеспечение на компьютерах пользователей, достаточно браузера и программ для просмотра текстовых документов.

Архитектура системы – клиент-сервер, где есть «тонкий клиент», веб-сервер, на котором выполняются основные функции системы, и система управления базами данных (СУБД) для хранения документов.

Для системы была выбрана СУБД MySQL по ряду показателей таких, как скорость, надежность, легкость в использовании. СУБД позволяет хранить данные соответственно их специфике.

Для реализации функционала системы был выбран язык PHP за скорость, хорошо знакомые конструкции, позаимствованные из Си, например.

При разработке АИС применяется методология объектно-ориентированного анализа и проектирования, предполагающая подробное исследование объектов предметной области.

В процессе объектно-ориентированного анализа основное внимание уделяется определению и описанию объектов (или понятий) в терминах предметной области.

В процессе объектно-ориентированного проектирования определяются программные объекты и способы их взаимодействия с целью выполнения системных требований.

Эта методика применяется при проектировании программного обеспечения и способна значительно упростить и оптимизировать разработку и дальнейшее сопровождение системы [1].

Результатом разработки является автоматизированная информационная система с достигнутыми целями:

- повышение доступности материалов;
- уменьшение временных затрат на поиск информации;
- уменьшение временных затрат на формирование отчетности, заявок.

Данная система будет обладать интуитивно понятным и удобным интерфейсом, что является немаловажным, чтобы пользователи не тратили время на поиски необходимой информации и легко достигали своих целей использования системы.

Также нужно сказать об экономической выгоде от создания системы, так как выбранные средства разработки существенно сократят финансовые затраты, являясь свободно распространяемыми.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Леффингуэлл Дин, Уидриг Дон*. Принципы работы с требованиями к программному обеспечению. Унифицированный подход / Пер. с англ. М.: Изд. дом «Вильямс», 2002. 448 с.

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ В ГОСУДАРСТВЕННОМ УПРАВЛЕНИИ

Е.Н. Широкова, В.Г. Юдина, студентки

Научные руководители: Ю.Б. Гриценко, доцент, к.т.н.,

О.И. Жуковский, доцент, к.т.н.

г. Томск, ТУСУР, каф. АОИ, vika_v_2008@mail.ru

Любой организации необходимо заботиться о развитии производства и рынков сбыта продукции, техногенных последствиях производства и утилизации отходов производства. Большое значение имеют пространственные данные о транспортировке электрической энергии, воды, газа, сырья и готовой продукции, следовательно, используемая предприятием территория расширяется и необходимы картографические материалы города, района, области, региона и т.д. Форма использования пространственных данных может быть традиционной, когда применяются бумажные копии карты или плана объекта с описанием и примечанием. При осуществлении своей деятельности любая организационная структура имеет дело с территориально распределенными данными. Такая информация не ограничивается сведениями о земельном участке, на котором расположена эта организация. Основными недостатками бумажных носителей пространственной информации являются статичность и сложность обновления. Даже небольшие изменения ситуации приводят к тому, что необходимо заново создавать документы, содержащие большие объемы данных. Поэтому при оформлении таких материалов можно использовать современные информационные технологии. Ближе всего к анализу пространственно распределенных данных стоят геоинформационные технологии, позволяющие отслеживать динамику ситуации, быстро вносить изменения и решать много других задач с пространственной информацией.

Геоинформационная система (ГИС, также географическая информационная система) – это информационная система, предназначенная для сбора, хранения, анализа и графической визуализации пространственных данных связанной с ними информации о представленных в ГИС объектах. Термин также используется в более узком смысле – ГИС как инструмент (программный продукт), позволяющий пользователям искать, анализировать и редактировать цифровые карты, а также

дополнительную информацию об объектах, например высоту здания, адрес, количество жильцов.

Геоинформационные системы находят множество областей применения. В последнее время они все чаще внедряются и используются органами государственного управления в целях решения задач управления территориями и контроля явлений и процессов. ГИС обеспечит возможность получения, хранения, обновления и применения больших объемов современной разносторонней информации.

В зависимости от величины территории и спектра решаемых задач в одном случае достаточно для получения результатов работы одного персонального компьютера или рабочей станции, в другом случае необходимо использовать локальные сети или Интернет [1].

В муниципальном образовании находится очень большое количество разных организаций, включающих социально-экономическую и социально-культурную сферы жизни, поэтому сложно собрать всю полную информацию. Чаще всего это связано со сменой руководства, реорганизацией, отсутствием общей базы данных о конкретном предприятии.

Наша задача заключается в составлении системы паспортов муниципального образования и с последующим их объединением в программе ArcGis.

ArcGIS – это интегрированный набор программных ГИС-продуктов для создания полноценной современной ГИС. Фундаментальная архитектура ArcGIS обеспечивает внедрение ГИС-функциональности и бизнес-логики (процедур использования пространственных данных) в разных прикладных сферах, на разных уровнях организации работы: на персональных компьютерах, на серверах, через Web, или в полевых условиях [2].

Программа будет охватывать более обширные данные о каком-либо предприятии, не только адрес, телефон, а также численность человек, посещающих, работающих в данном предприятии, площадь, занимаемая ею, объем архивов и т.д.

Паспорт муниципального образования представляет собой пакет документов и информационных материалов, содержащий основные характеристики и индикаторы социально-экономического и культурного развития муниципального образования.

Основная цель разработки паспорта: обеспечение экономической и культурной самостоятельности, устойчивое развитие экономики муниципального образования, создание необходимых условий.

Целью разработки информационной системы «Электронный паспорт социальной инфраструктуры муниципального образования» является автоматизация информационного обеспечения деятельности органов местного самоуправления (ОМСУ) и процессов межведомст-

венного информационного взаимодействия по развитию социальной инфраструктуры конкретного муниципального образования на основе использования современных компьютерных технологий.

Получение, обработка, хранение и передача информации являются неотъемлемой частью государственного и муниципального управления, для которых свойствен непрерывный рост объемов информации, как поступающей в органы власти и управления, так и создаваемой ими в процессе исполнения своих функций. Регулярно трансформируются полномочия, обязанности, технологии органов власти по предоставлению информации физическим и юридическим лицам. Современные социально-экономические реформы предъявляют новые требования к результативности и оперативности деятельности органов власти и управления, участвующих в процессах обеспечения развития социальной инфраструктуры [3].

Собрав все сведения об организациях в муниципальном образовании, объединяем их в общий объем информации под названием Web-ГИС, с помощью которой пользователи будут иметь полную информацию о конкретной организации. Информационные ресурсы созданного Web-ГИСа могут быть использованы в учебных заведениях и научно-исследовательских организациях природно-ресурсного профиля.

Существенным фактором сдерживания геоинформационных технологий является отсутствие картографической документации в электронном виде. Данный фактор обусловлен многими причинами, среди которых традиции использования картографической документации в нашей стране, градация секретности на картографические данные и пр. Учитывая тенденцию к развитию геоинформационных технологий и удешевлению данных этих технологий, можно рассчитывать на их внедрение в сферу многих приложений человеческой деятельности на региональном уровне.

ЛИТЕРАТУРА

1. Общие сведения о геоинформационных системах [Электронный ресурс]. Режим доступа к сайту: <http://k502.xai.edu.ua/gis>
2. Структура ArcGIS [Электронный ресурс]. Режим доступа к сайту: <http://www.dataplus.ru>
3. Бочкарев А.Ю. Методические подходы к созданию информационной системы [Электронный ресурс]. Режим доступа к сайту: <http://finanal.ru/003/metodicheskie-podkhody-k-sozdaniyu-informatsionnoi-sistemy-elektronnyi-pasport-sotsialnoi-infras>

ИНВЕСТИЦИОННЫЙ ПАСПОРТ МУНИЦИПАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Е.Н. Широкова, В.Г. Юдина, студентки

Научные руководители: Ю.Б. Грищенко, доцент, к.т.н.,

О.И. Жуковский, доцент, к.т.н.

г. Томск, ТУСУР, каф. АОИ, vika_v_2008@mail.ru

Для широкого информирования потенциальных инвесторов об экономическом и социокультурном потенциале муниципального образования и имеющихся в нем возможностях для реализации инвестиционных проектов весьма эффективным является создание инвестиционного паспорта муниципального образования – информационного сборника материалов.

Данный документ предназначен для широкого распространения среди потенциальных инвесторов. Важным приложением к нему является база данных по имеющимся в городе инвестиционным площадкам с детальным описанием каждого участка (его местоположения, четких границ, имеющейся инженерной инфраструктуры и др.).

Цель создания инвестиционного паспорта – не просто освещать ситуацию в муниципальном образовании, а содействовать привлечению инвестиций. Поэтому предпочтителен так называемый «рекламный подход»: при сохранении объективности в подаче информации акцент делается именно на положительных, сильных сторонах, способных заинтересовать потенциального инвестора [1].

Наша задача заключается в составлении паспорта муниципально-го образования, сбора информации и объединения ее в общую базу данных.

Наиболее востребованными со стороны инвесторов структурными разделами инвестиционного паспорта являются: общие сведения о муниципальном образовании; параметры его социально-экономического развития: уровень жизни, экономика, местный бюджет, рынок труда, качество окружающей среды; перспективы развития муниципального образования; прогнозные характеристики; концепция развития муниципального образования; инвестиционная инфраструктура: транспорт, телекоммуникации, финансовый сектор, рынок недвижимости, производственная, инженерная, научно-образовательная, социальная, гостиничная инфраструктура; нормативно-правовые акты, регламентирующие инвестиционный процесс; процедуры организации бизнеса; предложения по инвестиционным проектам; контактная информация.

Составление инвестиционного паспорта муниципального образования должно строиться на регулярной основе с целью обновления представляемой информации. С этой целью организуется периодический сбор достоверной статистики о состоянии экономики муниципального образования, определяются инвестиционная политика на

среднесрочную перспективу и потенциально возможные области и объекты для инвестирования, а также оцениваются возможные затраты, ожидаемые результаты и способы участия местной администрации.

Повышение инвестиционной привлекательности муниципального образования – одно из важнейших направлений социально-экономического развития территорий. Органы местного самоуправления располагают реальными возможностями существенно влиять на инвестиционный климат территории. Важное направление инвестиционной политики муниципалитета – маркетинг территории, то есть улучшение ее «инвестиционного имиджа» в глазах потенциальных инвесторов. Первый шаг маркетинга территории – создание информационного поля, необходимого инвесторам для принятия решений. Как показывает практика, наиболее эффективный инструмент в данном случае – инвестиционный паспорт муниципального образования – комплексный информационный бюллетень, рассчитанный на конкретную аудиторию – потенциальных инвесторов.

Наиболее востребованными со стороны инвесторов структурными разделами инвестиционного паспорта являются:

- 1) общие сведения о муниципальном образовании;
- 2) параметры социально-экономического развития муниципалитета: уровень жизни, экономика, местный бюджет, рынок труда, качество городской среды;
- 3) перспективы развития муниципалитета. Прогнозные характеристики. Концепция развития муниципалитета;
- 4) инвестиционная инфраструктура: транспорт, телекоммуникации, финансовый сектор, рынок недвижимости, производственная, инженерная, научно-образовательная, социальная, гостиничная инфраструктуры;
- 5) нормативно-правовые акты, регламентирующие инвестиционный процесс;
- 6) процедуры организации бизнеса;
- 7) предложения по инвестиционным проектам;
- 8) контактная информация.

Разрабатывая инвестиционный паспорт, муниципалитет заявляет о себе как партнере для участия в инвестиционной деятельности. Одновременно оказывается информационная поддержка местным предприятиям, имеющим инвестиционные проекты [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Создание инвестиционного паспорта муниципального образования [Электронный ресурс]. Режим доступа к сайту: http://msu.admin.smolensk.ru/nauch/metod/best/investpasport_borskiy/
2. Разработка социального паспорта [Электронный ресурс]. Режим доступа к сайту: <http://www.rae.ru/forum2010/9/388>.

ПРОТОТИП МЕДИЦИНСКОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ СПЕЦИФИКАЦИЙ OpenEHR

И.Е. Скворцов, студент

г. Томск, ТУСУР, каф. АСУ, Skiv1989@ya.ru

В настоящий момент большинство лечебно-профилактических учреждений (ЛПУ) либо не имеют собственных медицинских информационных систем (МИС), либо имеют множество локальных информационных систем. Естественно, что такой способ автоматизации ограничивает возможность взаимодействия различных ЛПУ. Для того чтобы решить данную проблему, рассмотрим алгоритм работы ЛПУ с пациентом:

1. Пациент приходит в больницу, где заводится персональная медицинская карта (если ее нет), которая в дальнейшем хранится в локальном хранилище клиники.
2. Далее пациента записывают на прием к врачу. На приеме ставится первичный диагноз и выписываются направления на анализы.
3. После того как получены все необходимые анализы и пройдены все процедуры, пациент снова возвращается к лечащему врачу, который выписывает больного, или цикл повторяется заново.

Приведем примеры, иллюстрирующие недостатки данного алгоритма. Первое: при отсутствии соответствующей лаборатории в ЛПУ пациенту необходимо самостоятельно записываться в другое ЛПУ для проведения анализов. Второе: если у пациента существует медицинская карта в другом ЛПУ, то нужно либо полностью ее перенести в ЛПУ, куда обратился человек, либо создавать новую карту, что, естественно, приведет к потере информации.

Для устранения описанных выше недостатков были разработаны спецификации open electronic health record (OpenEHR) [1]. Данные спецификации описывают способ хранения медицинских записей, а также способы взаимодействий с МИС, созданными на основе других стандартов.

Медицинские записи могут представлять собой всевозможные отчеты, истории болезней, расписания врачей, результаты обследований и т.д. Хранить весь этот набор данных в одной реляционной базе данных возможно, но разработка такой базы – очень трудоемкое и долгосрочное занятие. Поэтому, спецификации OpenEHR предлагают сделать два глобальных документо-ориентированных хранилища, в одном из которых находятся описания данных, а в другом сами данные [1].

Описание данных – это перечень полей, которые далее заполняются конкретными значениями, также описания хранят в себе ограничения, накладываемые на данные. Такие описания называются архети-

пами, а язык используемый для описания, — archetype description language (ADL). Рассмотрим пример архетипа для гитары:

```
INSTRUMENT guitar matches {  
  size matches {|60..120|}  
  date_of_manufacture matches {yyyy-mm-??}  
  parts cardinality matches {0..*} matches {  
    PART neck matches {  
      material matches {timber, nickel alloy }  
    }  
    PART body matches {  
      material matches { timber }  
    }  
  }  
}
```

В этом архетипе описаны следующие поля: длина от 60 до 120 см, гриф из дерева или никелевого сплава и корпус из дерева. Причем значения полей тут не заданы. Значения задаются пользователем в процессе работы с МИС и хранятся отдельно.

Такая структура данных позволяет безболезненно добавлять новые сущности в систему и модифицировать уже имеющиеся.

Имеющиеся архетипы могут объединяться в структуры, называемые шаблонами. Из шаблонов в дальнейшем строят формы с которыми работает пользователь. Работа с системой выглядит следующим образом:

1. Пользователь работает с приложением, интерфейс этого приложения описывается формами, которые находятся в репозитории форм. Приложение запрашивает форму и визуализирует ее для пользователя.

2. Шаблоны, из которых строится форма, отправляются в ядро системы.

3. В ядре для полученных шаблонов строятся структуры данных, описываемые архетипами.

4. Пользователь работает с приложением бизнес-логики через интерфейс, который был получен на первом шаге.

5. Приложение бизнес-логики заполняет структуры данных, созданные на шаге 3.

6. Когда пользователь заканчивает работу, данные проходят проверку на правильность. То есть проверяются ограничения, описанные в архетипах.

7. Если проверка была успешно пройдена, то создается запись в хранилище.

Из описания выше можно выделить следующие элементы МИС:

1. Хранилище архетипов.
2. Хранилище данных.
3. Ядро системы, которое отвечает за проверку данных.
4. Клиентская часть – интерфейс, с помощью которого пользователь заполняет структуры данных.
5. Шина – отвечает за транспортировку данных между ядром системы и хранилищем.

Первые два компонента являются глобальными, доступ к которым осуществляется из различных ЛПУ. Третий и четвертый – локальные для каждого ЛПУ компоненты.

На данный момент реализованы прототипы всех элементов МИС. Ведутся активные работы по интеграции всей системы и развертывания МИС на кластере кафедры АСУ [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Спецификации OpenEHR* [Электронный ресурс] / openEHR. 2011. Режим доступа: <http://www.openehr.org/releases/1.0.2>, свободный.
2. *Бойченко И.В.* Вычислительный кластер ТУСУР: старт // Информационные системы: тр. постоянно действующего науч.-техн. семинара / Том. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, Отд. проблем информатизации Том. науч. центра СО РАН; под ред. А.М. Корикова. Вып. 5. Томск: Том. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2008. С. 3–12.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА «АРХИТЕКТУРА ПРЕДПРИЯТИЯ ЕАР»

В.А. Сулейманов, студент

Научный руководитель Ю.Б. Гриценко, доцент, к.т.н.

г. Томск, ТУСУР, ФСУ, каф. АОИ, mind_yusal@rambler.ru

Метод планирования архитектуры организации ЕАР (Enterprise Architecture Planning) разработан Стивеном Спиваком. В основе данного метода лежит процесс планирования архитектуры организации, ориентированный на создание архитектуры для поддержки бизнеса организации (на основе того, какие конкретно данные, приложения и технологии наиболее полно отвечают ее потребностям), а также на разработку плана реализации, определяющего процесс воплощения этой архитектуры. При этом предполагается, что созданию ЕА предшествует разработка бизнес-стратегии, включающей миссию, бизнес-цели и способы их достижения [1].

ЕАР декларирует 10 этапов, определяющих состав и структуру слоев и элементов архитектуры, а также план ее проектирования,

обеспечивающий реализацию как традиционных требований к архитектуре, так и специфических требований конкретной организации:

1. инициация планирования;
2. предварительное бизнес-моделирование;
3. формирование снимка организации;
4. описание текущих систем и технологий;
5. формирование архитектуры данных;
6. формирование архитектуры приложений;
7. формирование технической архитектуры;
8. разработка плана реализации;
9. заключительное планирование;
10. переход к реализации.

Целью создания данной АИС является оптимизация процесса построения архитектуры предприятия. Использование архитектуры предприятия позволяет получить значительную выгоду для бизнеса предприятия в целом, что выражается в повышении эффективности эксплуатации информационных систем, снижении рисков инвестиций в информационные технологии, повышении гибкости технологических решений и возможности относительно простой адаптации под изменяющиеся внешние условия и требования бизнеса. Автоматизированная информационная система позволяет упростить и ускорить процесс построения архитектуры предприятия.

АИС «Архитектура предприятия ЕАР» позволяет аккумулировать информацию по различным этапам проектирования архитектуры в виде иерархической структуры. К «листьям» этой структуры представляется контекстно-зависимая помощь с описанием шагов каждого этапа, возможность внесения комментариев по каждому шагу и прикрепления внешних файлов, содержащих модели или документы, отражающие аспекты того или иного представления архитектуры предприятия.

Реализуемая система обладает дополнительными свойствами такими, как поддержка произвольного количества архитектур и возможность выгрузки данных в продукты Microsoft office.

АИС «Архитектура предприятия ЕАР» реализована в среде визуальной разработке Delphi.

Данная система может быть использована для выполнения лабораторных работ по курсу «Архитектура предприятия» направления «Бизнес-информатика». Изучение методики построения архитектуры ЕАР является весьма актуальным, так как данный подход помог очень многим компаниям и государственным ведомствам в организации процесса моделирования, стратегического бизнес-планирования, реорганизации деловых процессов, проектировании различных систем, выработки стандартов на данные, управления проектами.

В частности, этой методикой пользовались такие организации, как Federal Express, Министерство энергетики США, Штаб Военно-воздушных сил США и другие. Например, в Министерстве энергетики США основная фаза процесса разработки архитектуры заняла примерно 6 месяцев [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Гриценко Ю.Б. Архитектура предприятия: учеб. пособие. Томск: Том. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2010. 300 с.
2. Данилин А.В., Слюсаренко А.И. Архитектура предприятия. [электронный ресурс]. 2011. URL: [http://www.intuit.ru/department/ itmngt/entarc/0/](http://www.intuit.ru/department/itmngt/entarc/0/) (дата обращения: 27.02.2011).

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА «МОДЕЛЬ ЗАХМАНА»

Н.В. Вершитский, студент

Научный руководитель Ю.Б. Гриценко, доцент, к.т.н.

г. Томск, ТУСУР, ФСУ, каф. АОИ, psmeteor@mail.ru

При рассмотрении организации аспектов, связанных с изменениями в бизнесе, традиционным является подход «сверху вниз» в терминах людей и процессов. Однако традиционные подходы к разработке приложений и даже комплексных информационных систем (ИС) имеют тенденцию уделять больше внимания идентификации и реализации специфических, функциональных свойств, которые требуются для автоматизации отдельных задач, как бы двигаясь в обратном направлении. Существенно меньше внимания уделяется тому, как в итоге система в целом будет взаимодействовать с другими системами в целях достижения преимуществ для бизнеса организации. ***В результате появляется разрыв между высокоуровневым бизнес-видением, организационной структурой и информационными системами, которые, по идее, призваны обеспечивать им поддержку*** [1].

Для того чтобы ликвидировать этот разрыв, многие организации разрабатывают **архитектуру предприятия** в целом, которая призвана обеспечить единое видение того, как системы (включая как автоматизированные системы, так и области, связанные с ручным трудом) поддерживают и обеспечивают бизнес (основную деятельность) организации. Существуют различные методологии представления архитектуры предприятий. Одной из таких методологий является модель Захмана (John A. Zachman).

Основная идея построения модели Захмана заключается в том, чтобы обеспечить возможность последовательного описания каждого отдельного аспекта системы в координации со всеми остальными. Собственно модель представляется в виде таблицы. **Перспективы (строки в таблице)** могут соответствовать различному уровню управления предприятием, если речь идет об архитектуре предприятия или использовании информационной системы. На каждом из этих уровней участники рассматривают одни и те же **категории вопросов, соответствующих столбцам в таблице**, только с различным уровнем абстракции и детализации.

АИС «Модель Захмана» ориентирована на изучение методологии предлагаемой Дж. Захманом, она позволяет изучить и последовательно собрать описание процессов и моделей, составляющих архитектуру предприятия, на различных уровнях представления. Использование данной методологии позволяет гармонично и комплексно произвести учет всех архитектурных существующих факторов, позволяя при этом концентрироваться на отдельных аспектах архитектуры и сохраняя общий взгляд на предприятие как на единое целое [2].

Целью разработки данной АИС являлось создание программного обеспечения, которое могло бы использоваться для выполнения лабораторных работ по курсу «Архитектура предприятия» студентов направления «Бизнес-информатика».

Реализованная АИС «Модель Захмана» обладает следующим рядом свойств:

- Поддерживает работу нескольких проектов. На одном компьютере и одной установке можно производить построения архитектур различных предприятий.
- Позволяет присоединять дополнительные документы, реализованные в других системах проектирования.
- Обладает возможностью выгрузки документов в программное обеспечение Microsoft Word и Microsoft Excel.
- Предоставляет единое хранилище всей информации о бизнесе и системной архитектуре предприятия.

Данная система реализована в среде визуального программирования Delphi и использует для хранения данных СУБД Microsoft Access.

Заключение

Внедрение данной АИС, помимо использования в учебном процессе, может позволить оказать помощь менеджерам при анализе потенциальных изменений и их реализации; предоставить основу для совместной работы бизнес-менеджеров и ИТ-менеджеров над целями, бизнес-процессами и системной организацией.

ЛИТЕРАТУРА

1. Данилин А.В., Слюсаренко А.И. Архитектура предприятия [Электронный ресурс]. 2011. URL: [http://www.intuit.ru/department/ itmngt/entarc/0/](http://www.intuit.ru/department/itmngt/entarc/0/) (дата обращения: 05.03.2011)
2. Гриценко Ю.Б. Архитектура предприятия: учеб. пособие. Томск: Том. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2010. 300 с.

ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕДАЧИ ВИДЕОПОТОКА ЧЕРЕЗ ПИРИГОВУЮ СЕТЬ

Ю.А. Зорин, аспирант

*Научный руководитель В.В. Кручинин, доцент
г. Томск, ТУСУР, каф. ПрЭ, zua@2i.tusur.ru*

Активное развитие глобальной сети Интернет позволило перенести в сеть не только текстовую информацию и изображения, но и медиа-данные. Большую популярность получили сервисы видеохостинга, такие как YouTube, RuTube и т.д., где любой пользователь может делиться своими видеозаписями с людьми по всему миру. Подобные сервисы позволяют просматривать видео или слушать музыку, а также вести переписку с другими пользователями. В реальности конечного пользователя не интересует техническая реализация вопроса, основным критерием для него являются удобство использования и качество предоставляемых ему медиа-данных. Поточковая технология передачи медиа-данных очень развита, легко реализуема, протоколы, обеспечивающие подобные решения, доступны для всеобщего использования. Таким образом, с увеличением пропускной способности сети увеличивается качество передаваемой картинки или звука. Если рассматривать данный вопрос с точки зрения компаний, предоставляющих услуги видеохостинга, то для них очень остро стоит вопрос поддержки сетевого и серверного оборудования, ведь с ростом количества пользователей необходимо постоянно увеличивать ресурсные возможности серверов, что требует существенных денежных вложений.

На протяжении нескольких лет популярными сервисами предоставления услуги скачивания больших объемов информации являются Торрент-трекеры, которые поменяли техническую реализацию хостингов распространения данных. Таким образом, серверы служат не хранением самих файлов, а лишь связующим звеном, которое предоставляет информацию, где можно скопировать тот или иной файл. Протокол, реализующий данную идею, называется peer-to-peer (P2P). Использование подобного протокола для организации видеохостинга су-

существенно снизит затраты на поддержку серверного и сетевого оборудования, а качество передаваемых медиа-файлов существенно увеличится за счет увеличения скорости передачи данных. Технология P2P предоставляет инструменты балансировки нагрузки сети между узлами.

Планируется разработка сетевого протокола передачи данных peer-to-peer и применение в целях передачи видеопотока через сеть. Разрабатываемые алгоритмы передачи данных позволят применить данную технологию в клиентском приложении (Flash-проигрыватель для браузера). Процесс разработки протокола сопровождается разработкой методов распределения нагрузки между узлами (компьютер пользователя интернета) с различными пропускными способностями сети. Для устранения обрыва связи в случае отключения одного из узлов необходима разработка алгоритма моментального поиска другого.

Вещание видеопотока в сеть подразумевает под собой выбор качества передачи изображения, так как зачастую канал связи узла не позволит получать видеопоток высокого качества, таким образом, актуальным останется вопрос реализации алгоритмов сжатия пакета видеопотока перед отсылкой его в сеть (рис. 1).

Распространению подобной технологии препятствует именно ее сложная техническая реализация, так как сами алгоритмы поиска, оптимизации и балансировки нагрузки на сеть носят некоторое подобие искусственного интеллекта.

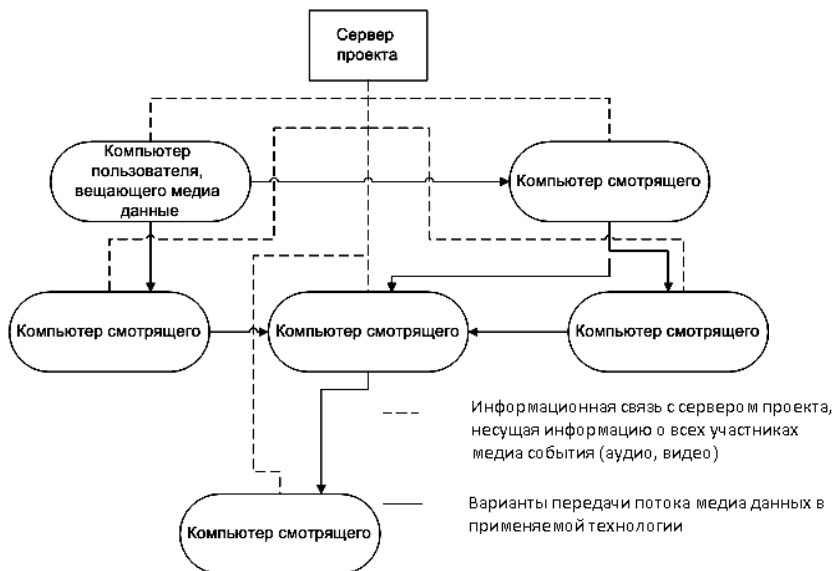


Рис. 1. Принцип передачи данных через пиринговую сеть

Использование подобных решений в протоколе Р2Р для передачи данных позволяет решать не только задачи, связанные с передачей видеопотока, но и задачи, связанные с передачей данных как таковых по просторам Интернета, так как зачастую случается что одни и те же пакеты данных идут в соседние дома из сервера, который находится за тысячи километров.

Таким образом, результаты предлагаемых НИОКР позволяют выводить инновационный продукт на международный уровень.

Опасением со стороны инвесторов может являться сомнительность в реализации подобной технологии, так как крупные компании, такие как adobe, skype, ведут разработки в данном направлении, вкладывают большие финансовые средства, получены определенные результаты, но подобных сервисов на рынке так и не появилось. Риски невыполнения НИОКР существуют в силу сложности ее разработки. Как показывают исследования в области сетевого протокола Р2Р, его реализация реальна и действительно может изменить подход к методам хранения и передачи медиа-данных через Интернет в режиме реального времени.

ПОДСЕКЦИЯ 9.2

СОВРЕМЕННЫЕ БИБЛИОТЕЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

*Председатель секции – Абдрахманова М.В., зав. библиотекой
ТУСУРа;*

зам. председателя – Карауш А.С., доцент каф. РЗИ, к.т.н.

АНАЛИЗ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ МУНИЦИПАЛЬНЫХ БИБЛИОТЕК

*А.А. Клименко, Л.С. Терешко, А.П. Топоркова, студенты,
А.С. Карауш, к.т.н., доцент*

г. Томск, ТУСУР, РТФ, каф. РЗИ, a@karaush.ru

Обработка персональных данных в государственных или муниципальных информационных системах с правовой точки зрения имеет одну важную особенность. Согласно п. 2 ст. 6 Федерального закона от 27 июля 2006 г. №152-ФЗ «О персональных данных», обработка персональных данных осуществляется для статистических или иных научных целей при условии обязательного обезличивания персональных данных. Специфика деятельности учреждения «Муниципальная ин-

формационная библиотечная система» города Томска (далее МИБС) подразумевает постоянную работу с такими данными. В частности, администрация МИБС в рамках проекта ГПО привлекает студентов к работе по вопросам автоматизации библиотечной деятельности. В процессе обучения студенты изучают особенности доступа к базе данных читателей. Для выполнения проектного задания требуется иметь в распоряжении деперсонализированные личные сведения читателей библиотек, находящихся в этой базе данных.

Для деперсонализации данных используется алгоритм глобальной корректировки, который при сохранении данных в базу позволяет обезличить персональные данные и передать их по каналам связи. Для того чтобы нормально использовать персональные данные таким образом, необходимо обеспечить комфортную среду для внесения этих данных в базу. А чтобы реализовать сам алгоритм глобальной корректировки с максимальной выгодой, в МИБС города Томска используется автоматизированная библиотечная информационная система (АБИС) «ИРБИС», где для форматирования данных используется язык ISIS-Pascal.

Работа алгоритма глобальной корректировки заключается, как правило, в проверке входных данных на соответствие требованиям к деперсонализированным данным, согласно чему невозможно идентифицировать конкретное лицо с помощью таких данных. Прежде чем начать непосредственную разработку алгоритма, необходимо проанализировать некоторое количество читателей, которые не каждый год появлялись в библиотеках. Перерегистрация в библиотеках проходит ежегодно. Алгоритм должен учитывать тот факт, что, согласно ФЗ «О персональных данных», информация о читателях библиотек должна удаляться по истечении трехлетнего срока.

Для библиотек МИБС города Томска: «Северная», «Центральная», «Фламинго», «Компьютерный мир», «Юность» и «Эврика» – были составлены запросы, в ответах которых был перечень данных читателей, зарегистрированных в 2003 г. и не прошедших перерегистрацию в течение пяти последующих лет. Аналогичные запросы были составлены для читателей, зарегистрированных в 2004, 2005 гг. соответственно. Запросы и их результаты показаны на примере библиотеки «Центральная» и приведены в табл. 1.

Требуется дополнительно описать результаты представленной таблицы. Результат запроса $r(v201)$ определяет количество всех зарегистрированных в библиотеке читателей. Результаты запросов 2, 4, 6 и 8 определяют перечень не посещавших библиотеки читателей, зарегистрированных в 2003, 2004, 2005 и 2006 гг. соответственно. Нетрудно

заметить, что для реализации данных запросов использовалась теория множеств.

Т а б л и ц а 1

Количество не прошедших перерегистрацию читателей

Название библиотеки	Год записи	№ запр.	Запросы	Количество читателей
«Центральная»	2003	1	p(v201)	18206
		2	Уточ. запр. (v201:'2003')- ((not(v201:'2004')) and (not(v201:'2005)) and (not(v201:'2006)) and (not(v201:'2007)) and (not(v201:'2008)))	2174
	2004	3	p(v201)	18206
		4	Уточ. запр. (v201:'2004')- ((not(v201:'2005)) and (not(v201:'2006)) and (not(v201:'2007)) and (not(v201:'2008)))	2389
	2005	5	p(v201)	18206
		6	Уточ. запр. (v201:'2005')- ((not(v201:'2006)) and (not(v201:'2007)) and (not(v201:'2008)))	1609

С целью учета и статистики граждан, которые посещают (или, наоборот, не посещают) библиотеки, было выполнено распределение покинувших библиотеки людей по категориям. В библиотеках имеются возрастные категории: до 14 лет, 15–35 лет, 36–54 года, 55 и более. Кроме того, надлежало определить количественное соотношение женщин и мужчин, покинувших библиотеки.

В табл. 2 представлены примеры запросов для читателей библиотеки «Центральная» за 2003 г.

При изучении результатов запросов было проанализировано количество читателей библиотек, составляющих ту или иную категорию, а также выявлены общие для них статистические сведения.

Деперсонализация, или обезличивание персональных данных, является гарантией безопасности данных читателей библиотек, а также необходимой мерой защиты информации, используемой МИБС г. Томска.

Таблица 2

Категории читателей, не прошедших перерегистрацию

Название библиотеки	Год записи	Возраст	Запросы	Количество читателей
«Центральная»	2003	До 14 лет	Уточ. запросы (val(&unifor('30'))-val(v21))<=14	0
		15–35 лет	(val(&unifor('30'))-val(v21))>14 and (val(&unifor('30'))-val(v21))<=35	1521
		36–54 года	(val(&unifor('30'))-val(v21))>35 and (val(&unifor('30'))-val(v21))<=54	392
		55 и более лет	(val(&unifor('30'))-val(v21))>54	261
		Муж	v23: 'м'	494
		Жен	v23: 'ж'	1680

По результатам работы ГПО в пятом семестре были получены результаты анализа сводной базы данных читателей библиотек, что позволяет ответить на вопрос, какие читатели пришли в 2003–2005 гг. и не посещали библиотеки три года и более.

ЛИТЕРАТУРА

1. Система автоматизации библиотек ИРБИС64. Общее описание системы. М.: ГПНТБ России, 2004. 411 с.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА «ЭЛЕКТРОННЫЙ СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ»

М.Д. Мухатъяров, студент

г. Томск, ТУСУР, ФСУ, каф. АОИ, francuz09@sibmail.com

АИС «Электронный список литературы» позволяет упростить процесс создания списка литературы за счет повышения скорости и качества работы авторов статей учебной и научной литературы путем автоматизации формирования списка литературы.

Цель данной работы заключается в том, чтоб упростить процесс создания списка литературы за счет повышения скорости и качества работы авторов статей учебной и научной литературы путем автомати-

зации формирования списка литературы, соответствующей ГОСТ Р 7.0.5-2008.

В данное время существует такая проблема, как оформление списка литературы по разным ГОСТам, это очень долго, и требуется информация для изучения. Чтобы составить тот или иной список литературы, я изучил ГОСТ Р 7.0.5–2008 и начата реализация программы, которая решает эту проблему, с оформлением и составлением списка литературы по ГОСТу.

Назначение информационной системы

- создание списка литературы по ГОСТу, выбирая книги из заполняемой базы;
- предоставление информации: об авторах, названиях книги, журналов, электронных ссылок, о количестве страниц, годах издания, архивных данных;
- возможность добавления, изменения, удаления, хранения информации;
- поиск хранимой информации.

Из общих требований можно указать следующие важные требования:

- удобность и быстрота в обращении, что значительно экономит время пользователя;
- надежность;
- система должна работать в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5–2008;
- система должна запоминать вводимые пользователем данные и хранить их на протяжении работы пользователя;
- система должна в одно и то же время позволять работать только одному пользователю;
- система должна неограниченное количество раз позволять пользователю вводить данные при ошибках с целью получения правильного ответа.

Заключение

АИС «Электронный список литературы» реализована в среде разработки Delphi 7 и в настоящее время находится в стадии доработки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Помощь по ГОСТам:[сайт].URL:
<http://www.gosthelp.ru/gost/gost44298.html>)

АНАЛИЗ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ МУНИЦИПАЛЬНЫХ БИБЛИОТЕК

*И.А. Шмидт, студент 3-го курса; А.С. Карауш, к.т.н., доцент
г. Томск, ТУСУР, a@karaush.ru*

Ввиду высоких темпов роста развития информационных сетей рано или поздно встает вопрос о безопасном обмене информацией между двумя удаленными точками. Так как могут найтись люди, заинтересованные в получении этой информации, были разработаны и разрабатываются до сих пор многие системы безопасной передачи информации по сети интернет. Но многие такие системы уже были, либо взломаны, либо технические особенности таких систем просочились к специалистам в сфере взлома, что делает небезопасным использование таких систем. Поэтому было принято решение разработать собственную систему безопасного обмена информацией.

На примере ресурсов муниципальной информационной библиотечной системы была построена модель программы, позволяющей вести безопасный обмен информацией в сети интернет между центральной библиотекой и удаленными офисами по всему городу.

Для решения задачи применяется технология подмены порта, когда программа считывает данные поступающие с порта системы ИРБИС. Такой способ позволяет использовать малое количество ресурсов, и, соответственно, он более производителен по отношению к другим. В качестве среды программирования была выбрана Delphi, так как в ней есть многие компоненты, позволяющие написать данную программу. Изначальная разработка ведется под платформу ОС Windows, но возможность переноса системы на другие платформы, семейства *nix существует, но рассматриваться не будет. Ограничения скорости передачи сети интернет между библиотеками также не играют роли, так как минимальные установлены системой ИРБИС и не изменяются при использовании системы шифрования. Слабым местом системы может стать производительность компьютеров удаленных библиотек, но на такой случай предусмотрена гибкая система настройки по длине ключей.

Программа работает по скрытому принципу, то есть автоматизированная библиотечная система ИРБИС не подозревает о том, что для обмена информацией используется сторонняя программа. Это позволяет как использовать данную систему для любых программ, работающих с сетью, так и не вносить изменения в налаженную систему ИРБИС.

При запуске клиентская версия делает запрос на сервер, после чего тот возвращает таблицу с ключами, которыми будут шифроваться

данные. Далее, при возникновении необходимости в получении данных от сервера, клиент системы ИРБИС формирует запрос и посылает его на сервер. На машине клиентская версия системы перехватывает данные, шифрует их с помощью ключей из таблицы и отправляет на сервер. На сервере данные дешифруются и посылаются на порт системы ИРБИС. Таким образом, нет вмешательства в работу библиотечной системы.

Для шифрования будет использоваться заданное администратором количество ключей, сгенерированных случайным образом. Генерация ключей будет происходить на стороне сервера каждый день в заданное администратором время, и по запросу рассылаться на клиентские машины. Для того чтобы избежать перехвата ключей и получения возможности дешифровки передаваемой информации, пакет с ключами будет также шифроваться, но с использованием мастер-ключа, который будет постоянным и будет зашит в программу. Такой ключ будет генерироваться при сборке программы, что исключает возможность использования программ разной сборки. Ввиду этого так же невозможно использовать в программе систему самообновления, либо электронный ключ, что позволяет создать некоторую гибкость и простоту использования системы.

В программе будут использоваться методы:

- перехват сетевого трафика;
- шифрование полученных данных;
- передача зашифрованных данных в сеть Интернет;
- дешифровка полученных данных;
- формирование и отправка данных на порт программы.

На данный момент закончена постройка модели и начато написание программы. Также параллельно идет разработка системы шифрования позволяющей не загружать сильно слабые компьютеры библиотеки.

По окончании разработки будет получена универсальная программа передачи информации между двумя удаленными компьютерами.

РАСПОЗНАВАНИЕ СОСТОЯНИЙ ДИНАМИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА НА ОСНОВЕ ЭТАЛОННОЙ МОДЕЛИ РАЗМЕТКИ ВРЕМЕННОГО РЯДА

*А.А. Сунгорова, студентка 2-го курса магистратуры
Научный руководитель С.И. Колесникова, доцент, к.ф.-м.н.
г. Томск, ТУСУР, каф. ЭМИС, suslishe@rambler.ru*

Целью работы является формализация задачи оценивания состояний сложного динамического объекта (СДО), а также создание подхо-

да и реализующих его простых и эффективных алгоритмов для автоматизированного выявления закономерностей в признаковом пространстве для принятия итогового решения о принадлежности состояния СДО одному из выделенных классов и прогнозирования состояния объекта во времени. Алгоритмизация распознавания состояний ДО, модель характеристик которого задана в виде многомерного временного ряда (ВР), позволяет решать задачи мониторинга – слежение в режиме реального времени за характером образования и развитие нежелательных (потенциально опасных, катастрофических) состояний объекта. Актуальной является задача построения оценки состояния СДО или системы, находящейся в режиме управления. Для постановки задачи введем ряд определений.

Будем рассматривать объекты $S=(t,v)$, $S \in R^2_+$ как точки плоскости и вектор-объекты $\bar{S}^d = (S^1 \dots S^d) = ((t^1, v^1) \dots (t^d, v^d))$, где $t \in R$, $v \in R$, $d \geq 1$.

Алфавит (словарь разметки) – конечное множество $M=\{l_0, \dots, l_m\}$ символов и метки $l_0=0$ – «разметка не определена», здесь l_m – метка функции. В основе алгебраического подхода [1] лежит идея разметки точек временного ряда аксиомами (условиями) или некоторыми правилами, которым должны удовлетворять точки ряда. Аксиома μ – это бинарная функция: $\mu: \bigcup_{d=1}^{\infty} (S^d \times M^d) \rightarrow \{0,1\}$. Система аксиом μ – набор функций $\mu=(\mu_1, \dots, \mu_m)$, m – мощность системы.

Разметка (вектор-разметка) длины d – последовательность меток функций $l^d=(l_1, \dots, l_d)$, $l_j \in M$; (s, l) , (s^d, l^d) – размеченные объект s и вектор-объект s^d соответственно при сопоставлении объекту s символа l из заданного алфавита и последовательности символов $l^d = (l_1, \dots, l_d)$, $l_j \in M$, $l^d \in M^d$.

Постановка задачи. По обучающей выборке (временному ряду как вектор-объекту) требуется составить алфавит, сформировать набор аксиом, по которым будет производиться разметка ВР, и вывести решающее правило, определяющее меру сходства ВР.

Решение задачи. Пусть L – линейное нормированное пространство всевозможных числовых последовательностей. Рассмотрим вектор-объект $y^N = (y_1, \dots, y_N)$, где y_k – аддитивная смесь некоторой изменяющейся со временем детерминированной составляющей x_k и белого шума ξ_k , $M\xi_k = 0$, $M\xi_k^2 = \sigma_\xi^2 < \infty$:

$$y_k = x_k + \xi_k, \quad k \geq 0. \quad (1)$$

Для данной обучающей выборки y^N сформируем алфавит, состоящий из метаобъектов [2], построенных по специальному алгоритму.

Данный алгоритм состоит в объединении близкорасположенных (в определенном смысле) в признаковом пространстве объектов и формировании для этого подмножества некоторого характеристического эталона с усредненными по найденному подмножеству значениями показателей. В отличие от традиционного метода эталонов, в каждом классе образуется несколько обобщенных g -эталонов (число которых заранее не определено), число эталонов в разных классах может быть различным, каждый эталон имеет весовой коэффициент, равный мощности множества объединенных исходных объектов, позволяющий оценить степень его «типичности» как представителя класса.

При разметке ВР будем полагать, что каждому i -му фрагменту ряда (1) (интерпретируемого как состояние динамического объекта) можно сопоставить разметку из фиксированного словаря разметки M (интерпретируемую как номер эталона).

В статье рассмотрен оригинальный подход и реализующий его алгоритм к разметке временного ряда эталонами с целью кодирования состояний СДО и их предсказания. Базовым принципом является алгебраический подход к построению корректных процедур обработки информации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Журавлёв Ю.И., Рудаков К.В. Об алгебраической коррекции процедур обработки (преобразования) информации // Проблемы прикладной математики и информатики. 1987. С. 187-198.
2. Колесникова С.И. Метод распознавания и оценивания состояний слабоформализованного динамического объекта на основе разметки временного ряда / С.И. Колесникова // Известия РАН. Теория и системы управления. 2011. № 3.
3. Volchenko E.V. Research of features in association of training sample objects to meta-objects // Pattern Recognition and Image Analysis: New Information Technologies (PRIA-9-2008). Proceedings of the 9th International Conference. Vol. 1. Nizhni Novgorod, 2008. P. 291-294.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ DATA MINING В БИБЛИОТЕЧНЫХ СИСТЕМАХ

Н.Л. Загайнова, Л.А. Пляскина, студентки 4-го курса

Научный руководитель А.С. Карауш, доцент, к.т.н.

г. Томск, ТУСУР, каф. РЗИ, zagainova-n_1a7@sibmail.com

Технология Data Mining появилась в 1978 г. и к началу 90-х стала очень популярна. Под данной технологией понимаются извлечение информации, интеллектуальный анализ данных, средства поиска зако-

номерностей. Традиционные методы анализа данных в основном ориентированы на проверку заранее сформулированных гипотез, составляющих основу оперативной аналитической обработки данных, в то время как Data Mining – на поиск неочевидных закономерностей. Инструменты Data Mining могут находить такие закономерности самостоятельно и также самостоятельно строить гипотезы о взаимосвязях.

Основная особенность Data Mining – это сочетание широкого математического инструментария и последних достижений в сфере информационных технологий. В технологии Data Mining гармонично объединились строго формализованные методы и методы неформального анализа, т.е. количественный и качественный анализы данных.

Количество читателей в библиотеках уменьшается. И такая технология, как Data Mining, может помочь проанализировать и изменить эту ситуацию. Библиотеки в своей деятельности используют автоматизированную библиотечную систему для учёта читателей. Работа с этой системой строится на основе статистических последовательных запросов, с помощью которых можно построить несколько моделей для анализа.

Первая модель определяет изменение состава читателей за последние годы.

Второй моделью стало построение портрета среднестатистического должника, который может определить основные принципы ухода из библиотек. Анализ портрета читателей показал, что среднестатистическими должниками являются ученики средней школы, преимущественно мальчики.

Следующая модель – «категория-пол» – показывает, что посетители библиотек – преимущественно работающие женщины. Мужское население чаще всего посещает библиотеку в школьном возрасте. Из этого можно сделать вывод, что библиотеке необходимо обратить внимание на работающих мужчин.

Четвертая модель – «категория-год» – показывает, что работающее население активно читает, а к пенсионному возрасту количество читателей уменьшается (рис. 1).

Следующие модели были построены для конкретных библиотек. Они показывают возраст читателей в разных библиотеках в каждый последующий год с 2006 по 2009. Рисунок 2 иллюстрирует уменьшение количества читателей в возрасте от 17 до 20 лет. Вне зависимости от направленности библиотеки и ее фонда в библиотеки, располагающиеся вдоль оживленных трасс, возвращается всего 30–35% читателей, а в библиотеки, расположенные внутри микрорайонов, – 50%. Это говорит о том, что библиотекам следует перераспределить ресурсы с затрат на удержание «старых» читателей, и направить их на рекламу или для привлечения новых читателей.

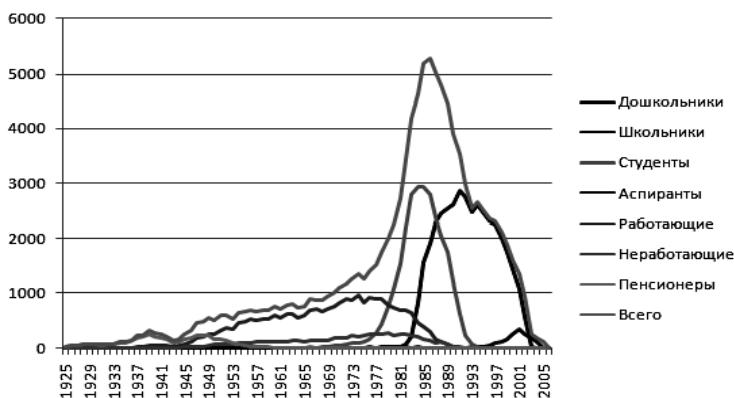


Рис. 1. Модель «категория-год»

Анализируя график на рис. 2, можно определить три пика, условно назовём их волнами. Первая волна регистрации читателей – это регистрация в школьном возрасте. Вторая – регистрация в возрасте от 25 до 35 лет, а третья – в возрасте от 55 лет и старше. Это можно охарактеризовать тем, что вторая волна возникает, когда школьник, приходящий в библиотеку, приходит с родителями, а третья – когда тот же школьник приходит с дедушкой или бабушкой. Здесь библиотекам необходимо обратить внимание на комплектование фонда под конкретные категории, развитие возможностей электронной библиотеки и проведение акций по привлечению родителей.

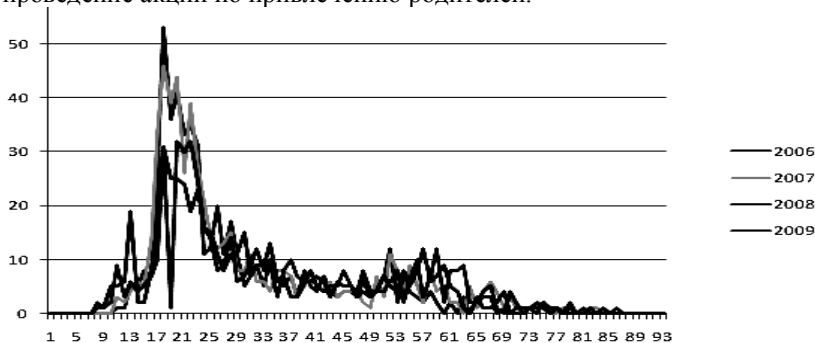


Рис. 2. Возраст читателей с 2006 по 2009 г.

Проведенное исследование помогает библиотекам определить на каком этапе работать с читателями, как проводить комплектование фонда, и рекомендует перераспределение ресурсов для привлечения читателей.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПО ПРИВЛЕЧЕНИЮ К ЧТЕНИЮ

Н.Л. Загайнова, Л.А. Пляскина студентки 4-го курса

Научный руководитель А.С. Карауш, доцент, к.т.н.

г. Томск, ТУСУР, каф. РЗИ, zagainova-n_la7@sibmail.com

Движение буккроссинга (англ. bookcrossing) зародилось в 2001 г. в США. Основал движение буккроссинга специалист по интернет-технологиям Рон Хорнбэкер. Для начала он оставил 20 книг с пояснительными надписями в холле своего отеля. Через полгода на его сайте было около 300 активных пользователей, которые «отпускали» книги и приводили новых участников.

Официальная дата появления буккроссинга в России 2004 г. – год появления российского сайта буккроссинга. На данный момент буккроссинг в России развит сравнительно слабо относительно других стран.

Согласно буккроссинга книга может иметь несколько статусов: «освобожденные» книги – процесс регистрации книги на официальном сайте, и последующее оставление ее на «безопасных полках»; «пойманные» книги – книги, взятые с «безопасных полок» и отмеченные на сайте.

Статистика российского сайта сообщает, что всего «освобожденными» числятся около 27300 книг, «пойманными» – около 3000 книг (на октябрь 2010 г.) Активно буккроссинг развит в Москве, Санкт-Петербурге, Нижнем Новгороде, Твери, Новосибирске. Особенность российского буккроссинга в том, что только каждая 6–7-я «освобожденная» книга находится следующим буккроссером и отмечается на сайте. Остальные книги исчезают бесследно (для буккроссинга). Буккроссинг в России требует постоянной популяризации и рекламы, что осуществляют немногочисленные активисты в разных регионах страны.

С российским буккроссингом (по-русски «книговоротом») сотрудничают многие магазины, кафе, клубы, библиотеки. Они открывают «безопасные полки», то есть места, где книги остаются в относительной безопасности и не попадут в руки дворника, милиции или недобросовестных букинистов, которые присваивают эти книги.

Буккроссинг – это процесс взаимного обмена. Человек, прочитав книгу, оставляет ее в общественном месте: парке, кафе, поезде, станциях метро, для того чтобы другой, случайный человек мог эту книгу найти и прочитать; тот, в свою очередь, должен повторить процесс. Слежение за перемещением книги осуществляется через специальные сайты в интернете.

Технологию буккроссинга кратко можно описать так: член движения буккроссинга (буккроссер) регистрируется на сайте (международном и российском). Затем он регистрирует книги, которые готовится «отпустить», создавая, таким образом, свою «книжную полку». При регистрации каждая книга получает уникальный код книги (англ. BCID). Буккроссер «освобождает» книгу на сайте (то есть делает запись, где, когда будет освобождена книга) и ставит на «безопасную полку». Человек, нашедший («поймавший») такую книгу, войдя на сайт и введя код книги, попадает в журнал книги, делает там запись, о чем уведомляется буккроссер, «отпустивший» эту книгу.

Чаще всего «отпускается» художественная литература – как современная, так и классика отечественной и зарубежной литературы. Так же среди путешествующих книг часто попадаются фантастика и детективы. Поэзия, драматургия и произведения для детей встречаются гораздо реже. Иногда можно встретить литературу для узкого круга читателей, например техническую.

Разновидности буккроссинга:

1. с помощью «безопасных» мест (полок, шкафов);
2. пересылка книги по почте – букрей (англ. bookray), по цепочке, от одного участника к следующему, часто пересекая границы стран и континентов. Книга не возвращается к «отпустившему» ее буккроссеру;
3. возврат книги к «отпустившему» буккроссеру – букринг (англ. bookring).

Оставляют «отпущенные» книги и читатели, и библиотекари-буккроссеры, и просто посторонние люди, которые уже знают про «безопасную полку». Выставляются на полку и книги, принесенные библиотеке в дар читателями. Библиотеки, в которых расположены «безопасные полки», зарегистрированы на официальном сайте буккроссинга как члены международного движения. Если у человека нет возможности выйти в интернет, то он может просто прочитать и «отпустить» книгу дальше. Важно, чтобы круговорот книг не останавливался. К сожалению, бывают случаи, когда люди собирают все книги с полки для своей личной библиотеки. Конечно, идея буккроссинга в таком случае не работает, но, с другой стороны, человек все равно эти книги читает. И может быть, когда-нибудь он тоже начнет делиться своими книгами с друзьями.

Развитие современных библиотечных систем позволяет применить технологию буккроссинга в публичных библиотеках и библиотеках вуза г. Томска.

СЕКЦИЯ 10

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ

*Председатель – Ходашинский И.А., д.т.н.,
профессор каф. АОИ;
зам. председателя – Лавыгина А.В., ст. преп. каф. АОИ, к.т.н.*

КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ

«1С:ПРЕДПРИЯТИЕ 8»

А.В. Ахаев, аспирант каф. АОИ

*Научный руководитель И.А. Ходашинский, проф. каф. АОИ, д.т.н.
г. Томск, TUSUP, AkhaevAV@gmail.com*

Фирма «1С», ее партнеры и независимые организации разрабатывают большое количество программных продуктов системы «1С:Предприятие 8». Эти программы (или конфигурации) предназначены для автоматизации управления и учета на предприятиях различных отраслей и видов деятельности [1].

В настоящее время решается проблема выбора оптимальной конфигурации программного продукта «1С:Предприятие 8» для конкретного предприятия за счет разработки продукционной системы. Система должна частично или полностью заменить менеджера (эксперта) по продажам данных программ. При построении продукционной системы первоочередной задачей является проведение классификации рассматриваемых программ. Настоящая работа посвящена решению данной задачи.

Продукционная система. Любая экспертная система продукционного типа включает в себя три основных компонента: базу правил (знаний), базу фактов (рабочую память) и механизм логического вывода (МЛВ) [2].

МЛВ обрабатывает правила в соответствии с содержанием рабочей памяти, где хранятся *входные данные* при начале работы системы. Основываясь на имеющихся знаниях, МЛВ определяет результат, то есть *выходные данные*. Для работы нашей системы необходимы входные и выходные параметры (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Входные и выходные параметры производственной системы

№	Вход	Выход
1	Вид решения	Наименование конфигурации программного продукта «1С:Предприятие 8»
2	Тип организации	
3	Вид учета	
4	Подвид учета	
5	Вид деятельности	
6	Подвид деятельности	
7	Версия	

Основная часть исходных данных для производственной системы формируется в режиме диалога с пользователем. Для того чтобы получить результат, нужно иметь базу правил. А для формирования базы правил необходимо иметь классификацию программных продуктов «1С:Предприятие 8».

Классификация. Выбор рассматриваемого программного обеспечения обуславливается различными признаками, такими как размер организации, специфика осуществляемой деятельности, а также конкретными задачами, на решение которых предполагается направить искомый продукт.

Специалисты, занимающиеся исследованиями в области автоматизированных информационных систем, выделяют различные подходы к классификации автоматизированных систем бухгалтерского учета (АСБУ) [3]. После анализа классификационных признаков АСБУ и изучения особенностей программных продуктов «1С:Предприятие 8», были предложены основания классификации (табл. 2).

Основная часть имеющихся на сегодня программных продуктов «1С:Предприятие 8» была классифицирована по предложенным основаниям. В табл. 3 представлен фрагмент полученных результатов. Римская цифра соответствует порядковому номеру основания классификации из табл. 2.

Данная таблица показывает, какую конкретно программу мы получим на выходе при имеющихся входных данных.

Предложенная классификация и представленные в табл. 3 данные позволяют провести сравнительный анализ программ и выбрать из них наиболее адекватную для конкретного предприятия. Эти данные впоследствии будут использоваться при построении базы правил производственной системой.

Таблица 2

Основания классификации

№	Основание	Возможные варианты
1	Вид решения	Типовой (Т). Отраслевой (О).
2	Тип организации	Бюджетный (Б). Хозрасчетный (Х). Корпоративный рынок (К)
3	Вид учета	Бухгалтерский и налоговый учет (БУ, НУ). Отраслевой оперативный учет с элементами. управленческого учета (отр ОУ, элем УУ). Бухгалтерский, налоговый и отраслевой оперативный учет (БУ, НУ, отр ОУ). ... Бухгалтерский, налоговый, отраслевой оперативный и управленческий учет (БУ, НУ, отр ОУ, УУ)
4	Подвид учета	Документооборот. ... Управление взаимоотношениями с клиентами (УВК)
5	Вид деятельности	Государственное управление и оборона (ГОО). ... Производство (ПР)
6	Подвид деятельности	Молочное производство (М). ... Строительные материалы
7	Версия	Базовая (Б). ПРОФ (П)

Таблица 3

Обобщенные данные (фрагмент)

№	Вход							Выход
	I	II	III	IV	V	VI	VII	Наименование
1	Т	Х	БУ, НУ				Б	1С:Бухгалтерия 8. Базовая
2	Т	Х	БУ, НУ				П	1С:Бухгалтерия 8 ПРОФ
3	Т	К	БУ, НУ				П	1С:Бухгалтерия 8 КОРП
4	О	Х	отр ОУ, элем УУ	УВК			П	1С:Предприятие 8 CRM ПРОФ
5	О	Б	БУ, НУ, отр ОУ		ГОО		П	1С:Предприятие 8. Воинская часть
6	О	К	БУ, НУ, отр ОУ, УУ		ПР	М	П	1С:Предприятие 8. Молокоза- вод

Заключение. В ходе работы были выделены основания, по которым можно сгруппировать программные продукты «1С:Предприятие 8» в определенные классы. Полученные результаты будут использоваться

при построении базы правил продукционной системы. Разработанная классификация позволяет получить не более двух оптимальных конфигураций на выходе.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Официальный сайт системы программ «1С:Предприятие 8»* [Электронный ресурс]. Режим доступа к сайту: <http://www.v8.1c.ru>
2. *Ходашинский И.А.* Методы искусственного интеллекта, базы знаний, экспертные системы: Учеб. пособие. Томск: ТУСУР, 2002. 138 с.
3. *Зырянова Т. В., Скребкова Ж.Р.* Моделирование учетного процесса в условиях автоматизации // Все для бухгалтера. 2007. № 24.

УНИФИЦИРОВАННОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ НЕЧЕТКОЙ СИСТЕМЫ

П.А. Дудин, аспирант, И.В. Горбунов, А.В. Боровков, студенты
Научный руководитель И.А. Ходашинский, проф. каф. АОИ, д.т.н.
г. Томск, ТУСУР, каф. АОИ, dudinpa@yandex.ru

В настоящий момент существует множество программ, работающих с нечеткими системами (НС). Загрузить параметры из одной программы в другую не представляется возможным ввиду специфики внутренних форматов хранения. Для решения этой проблемы предлагается разработать унифицированное представление НС и единый формат файлов на основе XML (англ. *eXtensible Markup Language* – расширяемый язык разметки).

Основанием для выбора этой технологии послужило то, что XML – кроссплатформенный язык разметки, основанный на международных стандартах, позволяющий стандартизировать вид файлов-данных, используемых компьютерными программами, в виде текста, понятного человеку [1].

Визуально структура может быть представлена как дерево элементов. Элементы XML описываются тегами.

Описание XML структуры представления НС типа Синглтон

<FuzzySystem> – корневой тег, включает в себя три основных тега: **<Variables>**, **<Rules>**, **<Table>**.

<Variables> – описание лингвистических переменных (ЛП). Является тегом контейнером для тегов **<Variable>**. Атрибуты: *Count* – количество ЛП.

<Variable> – описание ЛП. Атрибуты: *Name* – имя ЛП;
Min – минимальное значение области определения ЛП;

Max – максимальное значение области определения ЛП.

Подтеги: **<Terms/>**.

<Terms/> – тег-контейнер для тегов **<Term/>**. Атрибуты: *Count* – количество термов в ЛП.

<Term/> – описание термина. Атрибуты: *Name* – имя термина; *TermType* – тип термина (возможные типы: *TriangleTerm*, *GaussTerm*, *ParabolaTerm*, *TrapezeTerm*). Подтеги: **<Params/>**.

<Params/> – тег-контейнер для термов, описываемых тегом **<Param/>**. Количество параметров термина зависит от его типа, так для треугольного термина три параметра, для параболического – два.

<Param/> – параметры термина. Атрибуты: *Number* – номер параметра; *Value* – значение параметра.

<Rules/> – описание базы правил (БП) нечеткой системы. Атрибуты: *Count* – количество правил в БП. Подтеги: **<Rule/>**.

<Rule/> – описывает правило в БП.

Подтеги: **<Antecedent/>**, **<Consequent/>**.

<Antecedent/> – тег-контейнер для тегов **<AntecedentPair/>**.

<AntecedentPair/> – тег, описывающий антецедент правила. Атрибуты: *Variable* – имя ЛП; *Term* – имя термина.

<Table/> – содержит описание таблицы наблюдений. Атрибуты: *Count* – количество наблюдений в таблице.

Подтеги: **<Row/>**.

<Row/> – содержит информацию об одной строке таблицы наблюдений. Подтеги: **<Cells/>**, **<Result/>**.

<Cells/> – содержит информацию о значении входных ЛП. Подтеги **<Cell/>**:

<Cell/> – информация о значении входной переменной в данной строке таблицы наблюдений. Атрибуты: *VarName* – имя переменной для которой определено значение; *Value* – значение переменной.

<Result/> – значение результирующей переменной. Атрибуты: *VarName* – имя результирующей переменной; *Value* – значение результирующей переменной.

Пример представления НС отображен на рис. 1.

Дополнительные требования к формату файла. Применением XML и стандартизацией его структуры формат файла не ограничивается. Для универсальности накладывается требование на методы представления символов и чисел. Требование разрешается условиями кодирования символов в соответствии со стандартом Unicode, а числа представлены в форме не менее 10 значащих знаков. Ввиду возможности нарушения данного требования от рода данных как в таблице наблюдений, так и в параметрах нечеткой системы рекомендуется ис-

пользовать экспоненциальное представление чисел как средства сохранения точности работы НС.

Пример представления нечеткой системы. На рис. 1 отображен пример описанного выше представления НС в виде XML дерева.

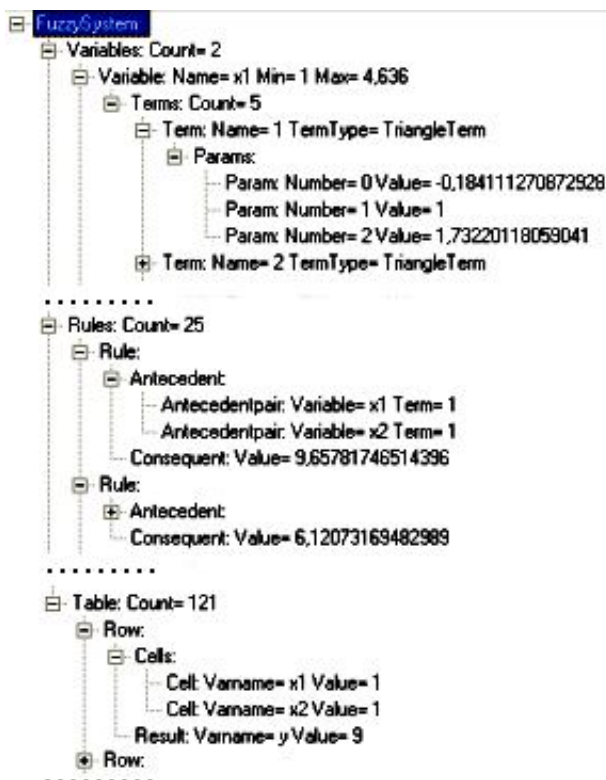


Рис. 1. Пример представления НС

Закключение. Такое представление НС позволит переносить настроенные экземпляры систем между программными средами, что даст возможность сравнивать работу разных реализаций сред, а также упростит совместное изучение и работу над НС для людей, использующих разное ПО и решающих схожий круг задачи, работающих над схожими проектами.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Википедия* свободная энциклопедия. Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/XML>, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус.

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЧЕТКИХ СИСТЕМ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫМ ПОЛЕМ ДЛИННОГО СТАЛЬНОГО СТЕРЖНЯ ШЕСТИГРАННОГО СЕЧЕНИЯ

А.В. Гладков, И.В. Горбунов, студенты 5-го курса

Научный руководитель И.А. Ходашинский, проф., д.т.н.

г. Томск, ТУСУР, каф. АОИ,

bob298@sibmail.com, noby2010@rambler.ru

Основная проблема, возникающая при управлении температурным полем объекта, состоит в адаптивной работе при динамически изменяющихся воздействиях окружающей среды и других частей системы. Так как постановка экспериментов на реальных объектах не целесообразна, то эксперимент проводится на модели длинного стального стержня шестигранного сечения. Ниже приведено описание модели.

Постановка задачи. В качестве объекта управления используется длинный ($l = 42$ см) стальной стержень шестигранного сечения [1].

На рис. 1: h – длина одного блока стержня, ДТ – датчик температуры.

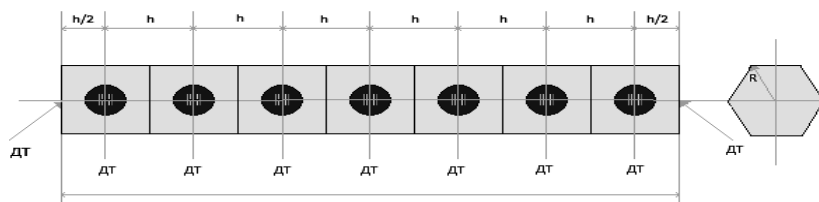


Рис. 1. Схематическое изображение объекта моделирования

На стержне расположены семь электрических нагревателей (Н) и девять датчиков температуры (ДТ). С помощью нагревателей можно формировать заданный профиль тепловыделения, а датчиков температуры – измерять температурное поле стержня.

Фактически задача сводится к регулированию нагревания, поддержания и охлаждения по заранее определенному профилю (закону) в условиях ограничений системы на мощность.

Ниже будут описаны самые распространенные подходы к данной задаче.

Классический ПИД-регулятор. ПИД-регулятор [2] – это звено в контуре управления с обратной связью, используемое для поддержания заданного значения измеряемого параметра.

Назначение ПИД-регулятора заключается в поддержании некоторой величины PV на заданном значении SP с помощью изменения другой величины OP , где PV – измеряемый параметр (process value); SP – заданное значение измеряемого параметра (уставка, setpoint); OP – управляющее воздействие (output).

Выходной сигнал OP определяется тремя слагаемыми:

$$OP = P + dI + T * I = K_p * (SP - PV) + K_{di} * d(SP - PV) / dT + K_{ti} * \int (SP - PV) dt ,$$

где K_p , K_{di} , K_{ti} – коэффициенты усиления соответственно пропорциональной, дифференциальной и интегральной составляющей.

Разность $(SP - PV)$ называется ошибкой или рассогласованием.

Нечеткий регулятор на базе правил как субъект управления.

В общем виде схема нечеткого регулятора представлена на рис. 2

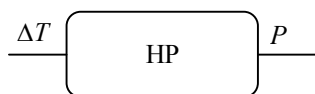


Рис. 2. Общая схема нечеткого регулятора, НР – нечеткий регулятор, ΔT – текущее отклонение температуры, P – поправка на коэффициент от максимальной мощности нагревателя

НР работает в соответствии с моделью типа синглтон [3], которая управляется базой правил следующего вида:

ЕСЛИ ΔT = «очень маленькая», ТО P = 100%.

ЕСЛИ ΔT = «нормальная», ТО P = 50%.

ЕСЛИ ΔT = «очень большая», ТО P = 0%.

Эксперимент. Эксперимент заключался в быстром нагревании каждой секции модели стального стержня до требуемой температуры, не превосходя заданного ограничения по мощности, после чего необходимо было поддерживать температуру, соблюдая требуемую точность.

В работе для тестирования алгоритма использовалась модель длинного стального стержня: максимальная мощность нагревателя 4 Вт, температура окружающей среды 20°C, остальные параметры соответствуют справочным физическим характеристикам стали.

Результаты эксперимента сравнивались с ПИД-регулированием для аналогичной модели. Результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1

Точность в задаче поддержания температуры через 100 мс после переходного процесса

№ секции	1	2	3	4	5	6	7
Уставка (°C)	80	80	80	90	100	100	100
НР (°C)	80,01	80,00	80,00	89,96	99,95	99,96	99,97
ПИД (°C)	79,91	79,98	80,07	90,08	100,1	100,1	100,1

Таблица 2 показывает качество переходного процесса в один и тот же момент времени, близкий переходному моменту от задачи нагревания к задаче поддержания температуры.

Таблица 2

Сравнение точности в задаче перехода от нагревания к поддержанию

№ секции	1	2	3	4	5	6	7
Уставка (°C)	80	80	80	90	100	100	100
НРи(°C)	79,96	80,02	80,04	90,03	99,93	100,00	99,99
ПИД (°C)	79,91	79,98	80,07	90,08	100,1	100,1	100,1

Анализ полученных результатов. Сравнительное тестирование нечеткого регулятора и ПИД-регулятора показало, что точность нечеткого регулятора в среднем выше на 0,05°C. Максимальная разность в точности составила 0,1°C. Результаты показали, что нечеткий регулятор превосходит по точности ПИД-регулирование на модели длинного стального стержня. В дальнейшем для обучения НР планируется использование алгоритмов оптимизации, таких как генетический алгоритм, алгоритм роящихся частиц и алгоритм пчелиной колонии, которые позволят увеличить точность поддержания температуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шуваева Ю.В., Бабушкин Ю.В., Филиппов М.М. Формирование температурного поля в многозонной термической установке // Молодежь и современные информационные технологии: сб. трудов VIII Всерос. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. Ч. 1. Томск: Изд-во ТПУ, 2010. С. 89–90.
2. *Регулятор* в современных АСУ ТП. ПИД-регулятор. URL: http://www.kontel.ru/article_13.html. Дата обращения: 02.03.2011.
3. Ходашинский И.А., Горбунов И.В., Дудин П.А. Алгоритмы муравьиной и пчелиной колонии для обучения нечетких систем // Доклады Том. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники. 2009. Т. 20, №2. С. 157–161.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ГРАДИЕНТНОГО МЕТОДА ПРИ НАСТРОЙКЕ НЕЧЁТКИХ СИСТЕМ

Н.В. Гнюсова, студентка

*Научный руководитель И.А. Ходашинский, проф., д.т.н.
г. Томск, ТУСУР, каф. АОИ, jastina@sibmail.com*

На заключительных этапах настройки параметров нечетких правил могут быть использованы классические методы оптимизации, такие например, как градиентный метод [1]. Суть этого метода заключа-

ется в настройке antecedентов и consequентов, исходя из значений производных функции нечёткого вывода по соответствующим параметрам. Критерием оптимальности служит минимизация среднеквадратической ошибки. При изменении параметров функции принадлежности решение приближается к оптимальному. Значения i -го параметра j -й переменной на $(t+1)$ -м шаге определяется следующим образом:

$$a_{ji}(t+1) = a_{ji}(t) - \alpha \frac{\partial E}{\partial a_{ji}(t)}.$$

Величина шага зависит от значения константы обучения α : чем меньше α , тем меньше шаг и наоборот. Очень важную роль играют начальное значение констант обучения и величина, на которую они будут уменьшаться при неудачной итерации (при увеличении среднеквадратической ошибки на $(t+1)$ -м шаге по сравнению с t). При асинхронном изменении констант обучения (для antecedентов и consequентов) уменьшение констант обучения происходит в разное время) просматривается уменьшение среднеквадратической ошибки по сравнению с одновременным изменением.

Проводилось тестирование градиентного метода на нелинейных функциях с различными входными параметрами. Константы обучения изменялись, количество итераций оставалось неизменным на протяжении всего тестирования. Результаты экспериментов градиентного метода на тестовых функциях (1–4) приведены в таблице.

Тестовые функции и параметры нечеткой системы:

1) $f(x_1, x_2) = \sin(2x_1/\pi) * \sin(2x_2/\pi)$, $-5 < x_1, x_2 < 5$, 7 термов, 121 наблюдение;

2) $f(x_1, x_2) = \sin(2x_1/\pi) * \sin(2x_2/\pi)$, $-5 < x_1, x_2 < 5$, 5 термов, 121 наблюдение;

3) $f(x_1, x_2) = x_1 * \sin(x_2)$, $-\pi/2 < x_1, x_2 < \pi/2$, 5 термов, 121 наблюдение;

4) $f(x_1, x_2) = x_1 * \sin(x_2)$, $-\pi/2 < x_1, x_2 < \pi/2$, 7 термов, 121 наблюдение.

Результаты тестирования

Тестовая функция	Кол-во итераций	Нач-е знач-е констант обучения для antecedентов	Нач-е знач-е констант обучения для consequентов	Ошибка (RMSE) до настройки параметров	Ошибка (RMSE) после настройки параметров
1	2	3	4	5	6
1	50	1	1	0,0009803	1,833827E-05
1	50	1	0,5	0,0009803	5,686530E-06
1	50	0,5	1	0,0009803	3,284864E-06
1	50	1	0,6	0,0009803	9,377327E-07
1	50	0,6	1	0,0009803	1,314964E-06
1	50	1	2	0,0009803	2,610157E-07

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6
1	50	2	1	0,0009803	5,924553E-06
1	50	0,4	0,9	0,0009803	8,875562E-06
2	50	1	1	0,0179851	0,0120838803
2	50	1	0,5	0,0179851	0,0127501391
2	50	0,5	1	0,0179851	0,0117043437
2	50	1	2	0,0179851	0,0117043437
2	50	2	1	0,0179851	0,0127504065
2	50	0,7	0,4	0,0179851	0,0129371687
2	50	0,4	0,7	0,0179851	0,0111017359
3	50	1	1	0,0087992	0,0084013973
3	50	1	0,5	0,0087992	0,0086254752
3	50	0,5	1	0,0087992	0,0023723642
3	50	0,4	0,7	0,0087992	0,0087903048
3	50	1	2	0,0087992	0,0023728540
3	50	2	1	0,0087992	0,0086254752
3	50	0,4	0,8	0,0087992	0,0086117816
3	50	0,5	0,8	0,0087992	0,0029580781
4	50	1	1	0,0187168	0,0180292918
4	50	1	0,5	0,0187168	0,0181481908
4	50	0,5	1	0,0187168	0,0177972838
4	50	1	2	0,0187168	0,0177972838
4	50	2	1	0,0187168	0,0181481908
4	50	0,4	0,8	0,0187168	0,0089081328
4	50	0,4	0,9	0,0187168	0,0063894449

На основе проведенных тестов можно сделать следующие выводы:

1. Начальное значение констант обучения для антецедентов и консеквентов желательно задавать в диапазоне $[0,4; 2]$.
2. Если задавать значение константы обучения для консеквентов больше, чем для антецедентов, то ошибка получается меньше, нежели при равных значениях.
3. При соотношении значений констант обучения на данных тестовых функций для антецедентов и консеквентов примерно 1:2 получается минимальная ошибка.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ходашинский И.А.* Технология идентификации нечетких моделей типа сингльтон и Мамдани / Тр. VIII Междунар. конф. «Идентификация систем и задачи управления» SICPRO '08. М.: Ин-т пробл. управл. им. В.А. Трапезникова РАН, 2009. С. 16–21.

ПОИСК С ЗАПРЕТАМИ В ЗАДАЧАХ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ НЕЧЕТКИХ СИСТЕМ

Д.И. Хамитова, студентка

Научный руководитель И.А. Ходашинский, проф., д.т.н.

г. Томск, ТУСУР, каф. АОИ, dinok_4@sibmail.com

При решении задач нечеткого моделирования возникает необходимость в средствах, которые позволили бы настроить систему, то есть найти оптимальные значения параметров антецедентов и консеквентов правил. Для решения данной проблемы был использован метод «поиск с запретами» (Tabu search), основоположником которого является Ф. Гловер [1, 2].

Поиск с запретами представляет собой схему локального поиска, которая позволяет алгоритму не останавливаться в точке локального оптимума, как это происходит при использовании стандартного алгоритма локального поиска, а переходить от одного локального оптимума к другому, что в итоге дает возможность найти среди них глобальный оптимум. Данная возможность реализуется благодаря механизму, называемому списком запретов (Tabu List).

Постановка задачи. Важную роль в нечеткой системе (НС) играют функции принадлежности (ФП) $\mu_{xij}(x_i)$, каждая из которых задается своими параметрами θ_{ij} .

Пусть $\Theta = [\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n]$ – вектор параметров нечеткой системы. Тогда задача идентификации сводится к минимизации функции ошибки вывода $ER(x, \Theta)$, x – вектор входных переменных. Для минимизации указанной функции применяется алгоритм поиска с запретами.

Алгоритм поиска с запретами. Концепция метода заключается в том, что решения, исследованные на предыдущих итерациях работы алгоритма, запоминаются в списке запретов, возврат к ним запрещен. Список запретов необходим для того, чтобы хранить лучшие решения, полученные на предыдущих этапах работы алгоритма.

Вход: Θ – начальные значения параметров; $Error$ – нижняя граница ошибки; пустой TL – список запретов.

Выход: Θ_{opt} – оптимальные параметры.

Шаг 1. Занести Θ в список запретов TL .

Шаг 2. Вычислить ошибку $ER(\Theta)$ при данном решении Θ .

Шаг 3. Критерий остановки: Пока $|ER(\Theta) - Error| > 0$, делать следующее:

Шаг 3.1. Найти соседние решения, принадлежащие окрестности текущего решения.

Шаг 3.2. Выбрать Θ_{opt} – лучшее из смежных решений, оценив функцию ошибки.

Шаг 3.3. Рассчитать ошибку $ER(\Theta)$ для полученного решения Θ_{opt} .

Шаг 3.4. Если Θ_{opt} не находится в списке запретов, то добавить лучшее решение в TL . TL обновить.

Иначе если $ER(\Theta) < Error$, то вывести лучшее решение и выйти.

Шаг 4. Вернуть оптимальные параметры.

Эксперименты

Тестирование модели ведется на основе таблиц наблюдений, которыми задаются объекты исследования. Данные по умолчанию: тип ФП – «гауссова»; 100 итераций; количество термов на каждую переменную – 3.

Тестовые испытания по аппроксимации проводились по пяти тестовым функциям, параметры которых приведены в табл. 1.

На рис. 1 представлена динамика изменения среднеквадратичной ошибки (СКО) в зависимости от количества термов входных переменных.

В табл. 2–3 представлена зависимость СКО от параметров НС.

Таблица 1

Тестовые функции

№ п/п	Вид функции	Интервал	Кол-во наблюдений
1	$z = y \cdot \sin(x)$	$y, x \in \left[-\frac{\pi}{2}; -\frac{\pi}{2}\right]$	121
2	$z = y^{-2} + 2x^3 + 1$	$y, x \in [1; 5]$	121
3	$z = \sin\left(\frac{2x}{\pi}\right) \cdot \sin\left(\frac{2y}{\pi}\right)$	$y, x \in [-5; 5]$	121
4	$z = (1 + 10 \exp(-100 \cdot (x - 0,7)^2))$	$x \in [0; 1]$	121
5	$z = y^2 + x^{-2} + 3$	$x \in [-5; 5]$	121

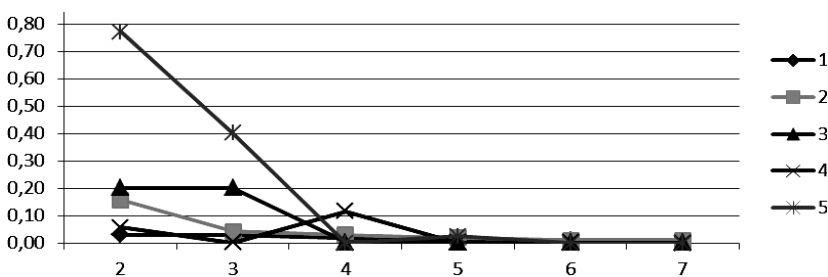


Рис. 1. Изменение СКО в зависимости от количества термов входных переменных

Таблица 2

Зависимость результата вычисления СКО от количества входных переменных

Тестовая функция	Кол-во переменных	СКО до настройки	СКО после настройки
$f(x)=x$	1	0,037	0,028
$f(x,y)=x+y$	2	0,09939	0,05567
$f(x,y,z)=x+y+z$	3	0,10474	0,03884
$f(x,y,z,v)=x+y+z+v$	4	0,13553	0,05556

Таблица 3

Зависимость результатов вычислений СКО от вида функции принадлежности

ФП	СКО до настройки	СКО после настройки
Треугольная	0,39010	0,004252
Трапецевидная	0,39010	0,056389
Гауссова	0,39010	0,000127

Метод «поиск с запретами» позволяет так настроить систему, чтобы ошибка вывода была минимальной. Для эффективной работы метода необходимо использовать гауссову ФП. Значение СКО уменьшается с увеличением количества термов, описывающих входные переменные.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Glover F.* Tabu Search. Part I // ORSA Journal on Computing. 1989. Vol. 1, № 3.
2. *Glover F.* Tabu Search. Part II // ORSA Journal on Computing. 1990. Vol. 2, № 1.

ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ НЕЧЕТКИХ КЛАССИФИКАТОРОВ НА ОСНОВЕ ДЕРЕВЬЕВ РЕШЕНИЙ

*А.С. Иванова, студентка 5-го курса, О.О. Плотников, аспирант
г. Томск, ТУСУР, каф. АОИ, ali.iva@sibmail.com*

Нечеткое дерево решений (рис. 1) строится для определенного класса. В каждом узле находится условие, по которому делят выборку на две части. Условие содержит два параметра, α и β (они записаны в скобках). Эти два параметра характеризуют функцию дискриминатора (рис. 2): α – точка разбиения, она соответствует порогу раскола в тестовом узле решения или дерева регрессии, β – ширина, степень разброса [1].

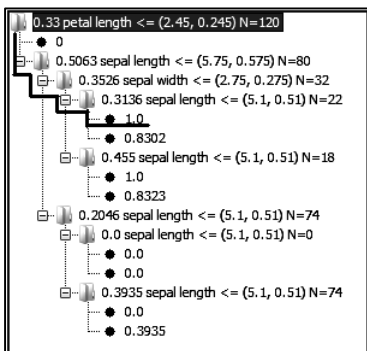


Рис 1. Нечеткое дерево решений

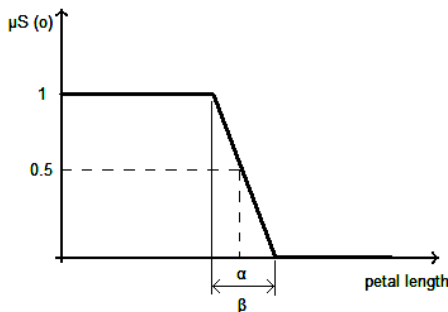


Рис. 2. Функция дискриминатора

С помощью функции дискриминатора входной узел нечетко разбивается на две пересекающиеся подобласти объектов. Некоторые объекты идут только к левому потомку, некоторые только к правому, а объекты в области пересечения идут к обоим потомкам.

В результате каждый объект параллельно проходит через дерево разными путями решения: в самом простом случае – через один путь, в самом сложном случае – через все пути. Приведенный объект имеет *степень принадлежности* к пройденным узлам. Таким образом, узел может рассматриваться как нечеткое множество. Объект достигает разных конечных узлов, и оценки выхода, данные всеми этими конечными узлами, соединяются через некоторую дефазификационную схему (в данном случае используется *метод глобального минимума*), чтобы получить степень принадлежности к классу.

Например, одно из правил для дерева из рис. 1 для выделенного пути будет выглядеть так: Если (*petal length* > (2.45;0.245)) И (*sepal length* <= (5.75;0.575)) И (*sepal width* <= (2.75;0.275)) И (*sepal length* <= (5.1;0.51)) , ТО степень принадлежности 1.

В данной статье рассматривается алгоритм *SDT* (*Soft Decision Tree – мягкое дерево решений*) [1].

Алгоритм классификации SDT. При построении нечеткого дерева вероятность получить слишком большое дерево высока, договоримся об остановке построения дерева при достижении глубины дерева, равной четырем. В итоге получается лес из n деревьев, где n – число классов.

Шаг 1: Проверка глубины дерева. Если глубина = 4, то на *Шаг 8*.

Шаг 2: Поиск признака $a(o)$ и точки разбивания в узле α . $\beta = 0$, α находим как в классическом *CART*. Входную выборку делим на две части (*left* и *right*) всеми *возможными способами*, но не для каждого класса, как в классическом *CART*, а распределив объекты на две

части – все объекты класса, по которому строим дерево, и все объекты, не принадлежащие этому классу. Для каждой части высчитываем индекс *Gini* по каждому параметру: $Gini(R) = \frac{1}{|R|} \sum_{i=1}^n r_i^2$, $Gini(L) = \frac{1}{|L|} \sum_{i=1}^n l_i^2$.

В итоге лучшим будет то разбиение, для которого величина $Gini(T) = Gini(R) + Gini(L)$ максимальна [2].

Шаг 3: $\beta = \alpha/10$.

Шаг 4: Считаём значение кусочно-линейной функции дискриминатора:

$$v(a(o), \alpha, \beta) = \begin{cases} 0, & a(o) > \alpha + \frac{\beta}{2}, \\ 1, & a(o) \leq \alpha - \frac{\beta}{2}, \\ \alpha + \frac{\beta}{2} - a(o), & \text{иначе ...} \end{cases}$$

Шаг 5: Подсчет степеней принадлежности объектов к узлу. Для корня $\mu_S = 1$. Пусть S_L – левое подмножество множества S ; S_R – правое. Степени принадлежности потомков высчитываются по формуле:

$\mu_{S_L}(o) = \mu_S \cdot v(a(o), \alpha, \beta)$ – левый, $\mu_{S_R}(o) = \mu_S \cdot (1 - v(a(o), \alpha, \beta))$ – правый.

Шаг 6: Маркировка потомков.

$$L_L = \frac{\sum_{o \in S_L} \mu_S(o) \cdot \mu_C(o)}{\sum_{o \in S_L} \mu_S(o)}; \quad L_R = \frac{\sum_{o \in S_R} \mu_S(o) \cdot \mu_C(o)}{\sum_{o \in S_R} \mu_S(o)},$$

где $\mu_S(o)$ – функция принадлежности к узлу S ; $\mu_C(o)$ – функция принадлежности к классу C .

Шаг 7: Порождение потомков. Разбиение выборки по условию: **параметр ≤ точки разбиения.**

Шаг 8: Построение дерева.

Шаг 9: Генерация правил. Пройдя по всем узлам дерева до листа, собираем условия в узлах в конъюнкцию посылок, из листа берем следствие.

Эксперимент. Эксперимент состоял из трех частей. Первая часть эксперимента – решение классической задачи классификации ирисов (4 параметра, 3 класса), вторая часть – классификация вин (13 параметров, 3 класса), третья часть – классификация стекол (9 признаков, 6 классов). Точность классификации определялась как средний процент правильной классификации серии из 5 экспериментов. В таблице приведены результаты работы представленного в работе алгоритма и алгоритма CART [2] для трех задач классификации.

Результаты классификации

Выборка	Ирисы			Вино			Стекло		
Размер выборки, %	10	50	80	10	50	80	10	50	80
CART	97,04	98,9	95,3	88,7	90,5	91,1	79,2	83,8	67,4
Нечеткое дерево	91,55	90,4	88,7	51,9	72,7	63,9	39,6	46,7	53,5

Как показал эксперимент, эффективность работы четкого дерева решений сильно зависит от величины обучающей выборки, тогда как нечеткое дерево – нет. В настоящее время идут работы по повышению точности нечеткого дерева решений с помощью оптимизации ширины разброса β .

ЛИТЕРАТУРА

1. *Olaru C., Wehenkel L.* A complete fuzzy decision tree technique. Liege, Belgium: University of Liege, Department of Electrical Engineering and Computer Science, Montefiore Institute, B28, B-4000, accepted 18 February 2003. 34 p.

2. *Иванова А.С., Плотников О.О.* Особенности построения классификаторов на основе деревьев решений // Матер. докл. Всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР-2010». Томск: В-Спектр, 2010. Ч. 2. С. 112–114.

УНИФИЦИРОВАННАЯ ПРОГРАММНАЯ СРЕДА ДЛЯ РАБОТЫ С НЕЧЕТКИМИ СИСТЕМАМИ

А.В. Боровков, И.С. Корниенко, студенты

Научный руководитель И.А. Ходашинский, проф., д.т.н.

г. Томск, ТУСУР, каф. АОИ, xander27b@gmail.com

Для работы с нечеткими системами существует множество различных методов и алгоритмов, которые осуществляют начальную инициализацию системы, параметрическую и структурную идентификацию и анализ полученных параметров. В рамках группового проектного обучения (ГПО) нами была начата разработка системы, позволяющей совместить все перечисленные выше методы в единой программной среде. Среда оптимизирована под работу с нечеткими системами и их изучение.

Для упрощения тестирования и анализа работы алгоритмов были разработаны различные подсистемы начальной инициализации нечеткой системы и таблицы наблюдений, такие как генераторы термов (равномерный, случайный, на основе экстремумов), генератор таблицы

наблюдений на основе алгебраической функции, с возможностью наложения шумов и т.д.

Методы настройки могут работать параллельно как на одной локальной машине, так и по сети. Они используют для работы не саму нечеткую модель, а ее копии, таким образом, это уменьшает вероятность случайной потери данных. Методы идентификации, реализованные в системе (рис. 1), можно разделить на два основных класса.

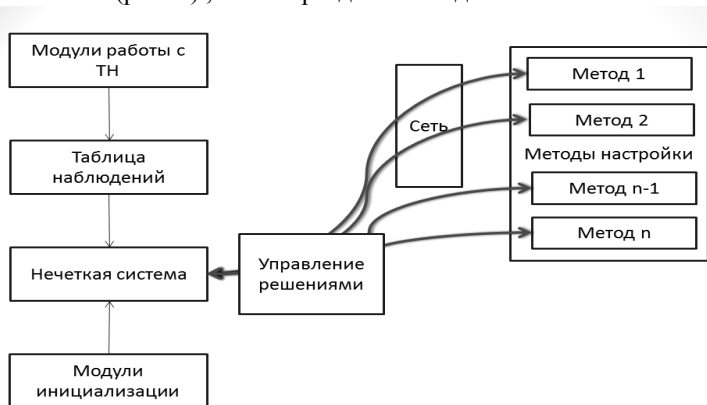


Рис. 1. Общий вид системы

Первый класс – универсальные методы, рассматривающие ошибку при выводе как функцию от n параметров системы. Настройка осуществляется как поиск минимума ошибки в многомерном пространстве. Такие методы могут использоваться для настройки antecedentes и consequents, а также для выполнения любых задач параметрической оптимизации. Однако так как в таких методах не отслеживается правильность генерируемых в результате параметров, то эти методы могут генерировать некорректные параметры термов. Для работы таких методов был создан специальный алгоритм упаковки параметров нечеткой системы в вектор параметров. Алгоритм организован таким образом, что любой вектор, длина которого равна количеству параметров и значения параметров удовлетворяют условиям принадлежности к заданным пределам, будет соответствовать корректной нечеткой системе.

Также большим преимуществом таких алгоритмов является простота их повторного использования в других задачах оптимизации.

Второй класс – неуниверсальные методы, созданные специально для настройки нечетких систем. Их в чистом виде невозможно использовать для других задач. Настраивают antecedentes и consequents в зависимости от конкретного метода и его реализации. Однако за счет

того, что они были разработаны специально для работы с нечеткой системой, они генерируют только корректные параметры термов.

Результаты работы методов настройки могут устанавливаться в качестве основных параметров нечеткой системы, а также передаваться в модули управления решениями:

1. Парето-фронт – так как для каждого решения можно выделить два критерия оптимальности: ошибку вывода и сложность нечеткой системы, то для них возможно построение Парето-фронта.

2. Модуль обмена решениями – позволяет накапливать решения, полученные методами идентификации в ходе их работы, и внедрять их в популяции популяционно основанных метаэвристик, входящих в набор методов идентификации.

На рис. 2 приведен график зависимости среднего времени работы методов настройки от их количества. Был выбран метод настройки генетическим алгоритмом (элитарная стратегия) с параметрами: размер популяции 60, количество итераций 200, вероятность мутации 0,5, вероятность скрещивания 0,9. Проводился параллельный запуск копий алгоритма на локальной станции по нарастающей от 1 до 9 алгоритмов и вычислялось среднее время их работы. Затем, также по нарастающей, те же методы работали распределённо в сети и вычислялось время их работы. Локальная настройка подразумевает, что все методы запускаются на одной рабочей станции параллельно, а при работе методов по сети каждый метод работает на одной рабочей станции в сети.

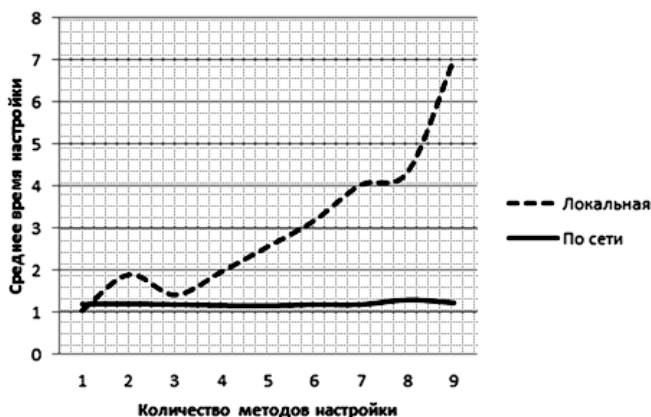


Рис. 2. Сравнение производительности при работе на одной машине и по сети.

Результаты эксперимента для локальной настройки и настройки по сети представлены на рис. 2. Исходя из результатов проведенных тестов, можно с уверенностью сказать, что время настройки не зависит

от количества методов, распределенных в сети. Из рис. 2 видно, что чем больше методов запускать, тем дольше они будут настраивать систему. Можно сделать вывод, что настройка по сети более эффективна, чем настройка на одной рабочей станции.

Такой подход обеспечивает высокую гибкость системы и дает возможность использовать разнообразные алгоритмы и технологии, такие как распределенные вычисления.

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЧЕТКОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ ЭВОЛЮЦИОННОЙ СТРАТЕГИИ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПРОПУСКОВ В ДАННЫХ

С.О. Лучкова, студентка 5-го курса

*Научный руководитель И.А. Ходашинский, проф., д.т.н.
г. Томск, ТУСУР, каф. АОИ, sonetta27@gmail.com*

Пусть имеется объект исследования, заданный своей таблицей наблюдений. Проблема исследования обусловлена невозможностью построения каких-либо моделей для изучения объекта, если данные имеют «пропуски». Такое явление свойственно многим практическим задачам и чаще всего возникает при идентификации зависимостей, у которых априорная информация является неполной. При попытках обработать данные «как есть» получаются неадекватные модели, которые невозможно использовать для дальнейшего анализа. Поэтому необходимо применять алгоритмы восстановления пропущенных значений [1]. Одним из решений данной проблемы является построение нечеткой модели на основе эволюционной стратегии.

Модель восстановления. За основу модели возьмем нечеткую систему типа сингльтон [2], в которой i -е правило выглядит следующим образом:

$$\text{IF } x_i = A_{ij} \text{ AND } \dots \text{ AND } x_m = A_{mi} \text{ THEN } y = r_i,$$

где A_{ij} – лингвистический терм, которым оценивается переменная x_i ; r_i – действительное число, которым оценивается выход y .

Нечеткая система осуществляет отображение: $f: \mathfrak{R}^m \rightarrow \mathfrak{R}$:

$$F(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^R r_i \cdot \prod_{j=1}^m \mu_{A_{ji}}(x_j) / \sum_{i=1}^R \prod_{j=1}^m \mu_{A_{ji}}(x_j),$$

где $\mathbf{x}$ – входной вектор, R – число правил; m – количество входных переменных; $\mu_{A_{ji}}$ – функция принадлежности.

Нечеткая система может быть представлена как $y = f(\mathbf{x}, \boldsymbol{\theta})$, где $\boldsymbol{\theta} = \|\theta_1, \dots, \theta_N\|$ – вектор параметров, $N = n$ (число параметров, описы-

вающих одну функцию принадлежности) $\cdot t$ (число термов, описывающих одну входную переменную), y – скалярный выход системы.

Для идентификации вектора параметров нечеткой системы воспользуемся методом эволюционной стратегии [3].

Алгоритм вычислений выглядит следующим образом:

Шаг 1. Задаем параметры нечеткой системы: количество термов; количество генерируемых хромосом для начальной популяции; параметр функции приспособленности, для построения базы правил.

Шаг 2. Загружаем таблицу наблюдения: строим базу правил для обучения, на основе нечетких термов, равномерно распределенных по каждому входному параметру из таблицы наблюдения; формируем хромосомы; задаем консеквенты для каждого правила методом ближайшего из таблицы наблюдения; рассчитываем адекватность модели.

Шаг 3. Выбираем параметры алгоритма эволюционной стратегии: количество итераций; количество генерируемых хромосом в скрещивании; количество точек скрещивания; алгоритм скрещивания; вероятность мутации; алгоритм селекции; свойства следующего поколения.

Шаг 4. Вычисляем меры приспособленности.

Шаг 5. Применяем алгоритм скрещивания.

Шаг 6. Применяем алгоритм мутации.

Шаг 7. Отбираем хромосомы для новой популяции селекцией.

Шаг 8. Рассчитываем ошибки расчетов. Если достигнуто условие выхода – *Шаг 9*, иначе – *Шаг 3*.

Шаг 9. Выводим решения.

Эксперимент. Оценивание эффективности алгоритма восстановления проведем с помощью метода «скользящего экзамена» [4].

Закроем в таблице известный элемент a_{ij} , стоящий на пересечении строки i и столбца j , и предскажем его. Алгоритм получит свое значение a^*_{ij} , которое будет отличаться от исходного («истинного») значения на величину $d_{ij} = |a^*_{ij} - a_{ij}|$.

Восстановим в таблице элемент a_{ij} , уберем элемент a_{ij+1} и повторим процедуру. Получим отклонение $d_{i,j+1}$. Прodelав это по очереди со всеми элементами таблицы и просуммировав полученные отклонения, получим суммарную величину отклонений D_n для алгоритма. Чем меньше данная сумма, тем выше достоверность восстановления.

Для анализа проведения эксперимента были подготовлены тестовые массивы на основе математических функций:

$$1) f(x_1, x_2) = \sin(2x_1/\pi) * \sin(2x_2/\pi), \quad -5 < x_1, x_2 < 5;$$

$$2) f(x_1, x_2) = x_1 * \sin(x_2), \quad -\pi/2 < x_1, x_2 < \pi/2;$$

$$3) f(x_1, x_2) = x_1 + x_2 - 5, \quad 0 < x_1, x_2 < 5;$$

$$4) f(x_1, x_2) = (1 + x_1^{-2} + x_2^{-1,5})^2, \quad x_1, x_2 \in [1, 5];$$

$$5) f(x) = \left(1 + 10 \exp(-100(x - 0,7)^2)\right) \left(\frac{\sin(125/(x + 1,5))}{x + 0,1}\right), 0 < x < 1.$$

В этих массивах было создано случайное заполнение значений и искусственно вводились пропуски для восстановления. Результаты исследований приведены в таблице.

Результаты исследований

№ функции	Среднее значение ошибки расчетов	Среднеквадратичное отклонение
1	0,0441693	0,0198698
2	0,0707881	0,0136505
3	0,10337	0,0178513
4	0,0888513	0,0259797
5	2,5049	0,148764

Точность вычисляемых значений в функциях с двумя переменными получилась довольно высокой, и их точность выше, чем у одномерной экспоненциальной функции. *Это потому, что значение выходной переменной в пятой функции больше.*

Заключение. Разработанный метод восстановления пропусков в данных имеет ряд преимуществ. Его использование не требует выполнения ограничений на исходную информацию. В дальнейшем необходимо протестировать алгоритм на влияние параметров нечеткой системы и параметров эволюционной стратегии. И на следующем этапе работы по проекту будет реализован программный комплекс восстановления пропущенных значений в массиве данных с вязкопарафинистыми нефтями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Снитюк В.Е. Интеллектуальный анализ информации // Межд. конф. Киев, 2006. С. 262–271.
2. Ходашинский И.А., Гнездилова В.Ю., Дудин П.А., Лавыгина А.В. Основанные на производных и метаэвристические методы идентификации параметров нечетких моделей // Труды VIII Междунар. конф. «Идентификация систем и задачи управления» SICPRO '08. Москва, 2009 г. С. 501–528.
3. Hoche S., Wrobel S. A Comparative Evaluation of Feature Set Evolution Strategies for Multirelational Boosting // Proc. 13th Int. Conf. on ILP 2003. С. 180–196.
4. Загоруйко Н.Г. Методы распознавания и их применение. М.: Сов. радио, 1972. С. 216.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭМПИРИЧЕСКОГО КРИТЕРИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ СЛОЖНОСТИ НЕЧЁТКОЙ СИСТЕМЫ И ПОСТРОЕНИЯ ПАРЕТО-ФРОНТА

П.А. Паутов, студент АОИ

Научный руководитель И.А. Ходашинский, проф., д.т.н.

г. Томск, ТУСУР, ФСУ, каф. АОИ, sathraz@gmail.com

Тенденция к увеличению сложности нечёткой системы является следствием желания эксперта сохранить более высокую точность. Безусловно, чем большим количеством правил обладает система, тем точнее она описывает ту задачу, для которой предназначена и тем меньше значение ошибки этой системы. Однако увеличение сложности системы наряду с сохранением точности приводит к увеличению объёма вычислительных операций, а также затрудняет процесс извлечения знаний из системы после окончания её настройки. Так называемое «проклятие размерности» имеет весьма сильное влияние на нечёткие системы, правила которых построены перебором вхождений нечетких термов, описывающих входные переменные. Процесс настройки, в свою очередь, не гарантирует понижения сложности, если он ориентирован на минимизацию ошибки. В тех ситуациях, когда возрастающая сложность системы делает процесс извлечения знаний чрезвычайно долгим и сложным, возникает необходимость поиска компромисса между сложностью системы и её точностью.

Существует несколько способов оценки сложности системы. Способ, предложенный M.J. Gacto, R. Alcalá и F. Herrera, заключается в использовании трёх метрик, контролирующих смещение, форму и область расположения функций принадлежности в ходе настройки системы [1]. A. Botta, B. Lazzerini, F. Marcelloni и D.C. Stefanescu используют индекс интерпретируемости, который позволяет оценить качество интерпретации терма. Значение данного индекса для пары термов есть число от 0 до 1, выражающее качество интерпретации одного терма относительно другого. Единицей обозначается высшее качество интерпретации, нулём – низшее [2].

Описанные выше способы оценки сложности системы содержат в своей основе исследование функций принадлежности. Альтернативой к такому подходу служит предложенный ниже способ оценки сложности системы с помощью исследования её базы правил.

Исходя из взаимоотношений между сложностью нечёткой системы и её точностью, можно прийти к логическому заключению, что в рамках заданных ограничений по сложности для системы её конфигурация **A** является более приоритетной, чем конфигурация **B**, если при одинаковой сложности ошибка системы при конфигурации **A** меньше,

чем при конфигурации **В**. В свою очередь, если введено ограничение по ошибке, для системы её конфигурация **А** является более приоритетной, чем конфигурация **В**, если при одинаковой ошибке сложность системы при конфигурации **А** меньше, чем при конфигурации **В**. Если оба этих высказывания для конфигурации **А** верны, можно говорить, что конфигурация системы **А** превосходит конфигурацию **В** по отношению Парето, где конфигурация системы – вектор, однозначно и полностью характеризующий текущее состояние системы.

Остаётся определить, каким образом разные конфигурации системы будут взаимодействовать между собой. Если обозначить сложность системы, описываемой правилами вида «ЕСЛИ – ТО» как C и определить эту сложность как произведение количества правил системы на количество её переменных, обозначив, в свою очередь, количество правил как m , а количество переменных как n , выражение для сложности приобретает следующий вид:

$$C = m * n.$$

Тогда очевидны следующие положения:

- при исключении одного термина из системы её сложность уменьшается на единицу;
- при исключении одной переменной из системы её сложность уменьшается на m ;
- при исключении одного правила из системы её сложность уменьшается на n .

Если принять, что при $C = 0$ ошибка системы $E = +\infty$, можно определить критерий, выражающий сложность системы, следующим образом:

$$Q_C^O(S) = \begin{cases} \text{если } E < E_{\max}, \text{ то } C, \\ \text{иначе } \infty, \end{cases}$$

где Q_C^O – критерий оптимальности по параметру «сложность» (C), демонстрирует сложность нечёткой системы с её текущей конфигурацией; E (current error) – ошибка системы с текущей конфигурацией; $E_{\max}$ (max error) – максимальная текущая ошибка системы; C – сложность системы с текущей конфигурацией; S – нечёткая система, для которой определяется значение критерия.

Эксперимент. Если воспользоваться описанным выше критерием и найти во множестве различных конфигураций системы, полученных в ходе её настройки, оптимальные варианты конфигураций, как по сложности, так и по ошибке, то становится возможным представление этой группы конфигураций в виде Парето-фронта. Анализируя полученный фронт, задача поиска компромисса между сложностью и точ-

ностью системы сводится к выбору конфигурации, обладающей приемлемыми характеристиками. В таблице приведён пример Парето-фронта.

Построена нечеткая система при следующих значениях параметров: тестовая функция $x \cdot \sin(y)$, 121 наблюдение, область определения переменных: $[-\pi/2; \pi/2]$, 2 переменные, 25 правил, стартовая сложность – 50, начальная ошибка – 0,0087992.

Парето-фронт

Ошибка	Сложность
0,0467928740132557	44
0,1242472802249226	26
0,146622924500702	22
0,160563231535405	20
0,196396885066018	16

Были получены следующие конфигурации:

1. 22 правила, 2 переменных, сложность – 44, ошибка – 0,0467928.
2. 13 правил, 2 переменных, сложность – 26, ошибка – 0,1242472.
3. 11 правил, 2 переменных, сложность – 22, ошибка – 0,1466229.
4. 10 правил, 2 переменных, сложность – 20, ошибка – 0,1605632.
5. 8 правил, 2 переменных, сложность – 16, ошибка – 0,1963968.

Анализируя полученные конфигурации, можно говорить о том, что существует обратная зависимость величины ошибки от сложности: чем выше сложность, тем меньше ошибка, и наоборот – чем ниже сложность, тем выше ошибка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Gacto M.J., Alcalá R., Herrera F. Integration of an Index to Preserve the Semantic Interpretability in the Multiobjective Evolutionary Rule Selection and Tuning of Linguistic Fuzzy Systems // IEEE Transactions on Fuzzy Systems. 2010. Vol. 18, № 3. P. 515–531.
2. Botta A., Lazzarini B., Marcelloni F., Stefanescu D.C. Context adaptation of fuzzy systems through a multiobjective evolutionary approach based on a novel interpretability index // Soft Comput. 2009. Vol. 13. P. 437–449.

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА ДЛЯ ТОНКОЙ НАСТРОЙКИ ПРАВИЛ НЕЧЕТКОГО КЛАССИФИКАТОРА

А.Г. Поляков, студент 5-го курса

*Научный руководитель И.А. Ходашинский, проф., д.т.н.
г. Томск, ТУСУР, каф. АОИ, 2Kohaku@tomika.ru*

Одна из основных задачи, возникающих при оптимизации нечетких классификаторов, – параметрическая настройка нечетких правил следующего вида:

$$R_i : \text{If } x_1=A_{1i} \text{ and } x_2=A_{2i} \text{ and } x_3=A_{3i} \text{ and } \dots \text{ and } \dots x_m=A_{mi}$$

then class=Class_id_j, $w=CF_i$,

где $\mathbf{x} = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$ вектор признаков классифицируемого объекта; A_{ji} – лингвистический терм, характеризующий j -ый признак в i -м правиле; $Class_id_j$ – идентификатор j -го класса, $j \in [1; c]$; CF_i – вес правила или уровень доверия i -му правилу, $CF_i \in [0; 1]$ [1].

Для оптимизации правила работы нечеткого классификатора было предложено протестировать эффективность генетического алгоритма со следующими видами селекции: случайный отбор, турнирный отбор, рулеточный отбор, стратегия элитаризма и следующими видами скрещивания: многоточечное скрещивание, унифицированное скрещивание [2].

Нечеткая система может быть представлена как

$$Class_id_j = f(\mathbf{x}, \boldsymbol{\theta}, \mathbf{CF}),$$

где $\boldsymbol{\theta} = \|\theta_1, \dots, \theta_M\|$ – вектор параметров.

Пусть дано множество обучающих данных (таблица наблюдений) $\{(\mathbf{x}_p, t_p), p = 1, \dots, z\}$, определим следующую единичную функцию:

$$\Delta(p, \boldsymbol{\theta}, \mathbf{CF}) = \begin{cases} 1, & \text{если } t_p = f(\mathbf{x}_p, \boldsymbol{\theta}, \mathbf{CF}) \\ 0, & \text{иначе,} \end{cases} \quad p = 1, 2, \dots, z,$$

тогда численным критерием адекватности системы классификации может быть прямо следующая формула:

$$E(\boldsymbol{\theta}, \mathbf{CF}) = \frac{\sum_{p=1}^z \Delta(p, \boldsymbol{\theta}, \mathbf{CF})}{z}. \quad (1)$$

Генетический алгоритм

Вход: Стратегия селекции, тип скрещивания, вероятность скрещивания, тип мутации, вероятность мутации, тип фитнес-функции, точность расчета; максимальное количество итераций; размер популяции.

Выход: Наилучшая хромосома $\boldsymbol{\theta}^*$.

Шаг 1. Генерация начальной популяции заданного размера $\boldsymbol{\theta}_1, \dots, \boldsymbol{\theta}_k$.

Шаг 2. Проверка условий останова.

Шаг 2.1. Если заданная точность достигнута, то переход на Шаг 8.

Шаг 2.2. Если превышено количество итераций, переход на Шаг 8.

Шаг 2.3. Если популяция перестала изменяться, переход на Шаг 8.

Шаг 3. Вычисление ошибки классификации для каждой хромосомы $E(\boldsymbol{\theta}_i, \{1\})$ по формуле (1).

Шаг 4. Выбор пар хромосом в соответствии с заданным типом селекции {случайный отбор, бинарный турнир, рулетка, элитарная стратегия}.

Шаг 5. Скрещивание полученных пар в соответствии с заданной вероятностью.

Шаг 6. Применение заданного вида мутации на полученных хромосомах.

Шаг 7. Генерация новой популяции. Переход на Шаг 2.

Шаг 8. Выбор лучшей хромосомы $\theta^* = \max_{1 \leq j < k} (E(\theta_j, \{1\}))$.

Эксперимент был проведен на двух классических тестовых выборках: **wine** и **bupa**. Размер выборок 178 и 345, число признаков 13 и 6, число классов 3 и 2 соответственно для **wine** и **bupa** [3].

Параметры нечеткого классификатора и генетического алгоритма следующие: треугольная функция принадлежности, унифицированное скрещивание, вероятность мутации 0,8, количество хромосом 20, количество итераций 100, по 8 правил на класс.

Ниже представлена зависимость качества работы генетического алгоритма от вида селекции на тестовых выборках по методу кросс валидации: 90% – обучающая выборка, 10% – тестовая выборка, 10 прогонов с одинаковыми параметрами (табл. 1, 2).

Таблица 1

Точность классификации при различных типах селекции

	Обучающая выборка (%)		Тестовая выборка (%)	
	Ср. знач.	СКО	Ср. знач.	СКО
wine				
Случайный отбор	65,94	3,83	64,44	9,87
Турнирный отбор	82,13	3,87	75,56	5,97
Рулечный отбор	65,63	6,33	59,44	13,37
Элитарный отбор	76,75	2,04	64,44	9,51
bupa				
Случайный отбор	64,23	3,27	63,71	6,47
Турнирный отбор	73,13	2,69	68,00	7,71
Рулечный отбор	66,06	3,84	67,43	10,71
Элитарный отбор	72,71	1,69	66,29	7,83

Таблица 2

Сравнение результатов с другими алгоритмами [3]

Алгоритм	bupa				wine			
	Обучающая (%)		Тестовая (%)		Обучающая (%)		Тестовая (%)	
	Ср. знач.	СКО	Ср. знач.	СКО	Ср. знач.	СКО	Ср. знач.	СКО
НК ГА	73,13	2,69	68,00	7,71	82,13	3,87	75,56	5,97
Ant Miner	80,38	3,25	57,25	7,71	99,69	0,58	92,06	6,37
Core	61,93	0,89	61,97	4,77	99,06	0,42	94,87	4,79
Hider	73,37	2,70	65,83	10,04	97,19	0,98	82,61	6,25
Sgerd	59,13	0,68	57,89	3,41	91,76	1,31	87,09	6,57
Target	68,86	0,89	65,97	1,41	85,19	1,58	82,24	7,57

Анализ полученных результатов. Оптимизация работы классификатора при помощи генетического алгоритма оказалась достаточно эффективной как по точности, так и по временным затратам на вычисления. Лучшая точность достигнута на классификаторе, настроенном генетическим алгоритмом с турнирным отбором.

ЛИТЕРАТУРА

1. Заде Л.А. Размытые множества и их применение в распознавании образов и кластер-анализе // Классификация и кластер / Под ред. Дж.Вэн Райзина. М.: Мир, 1980. С. 208–247.
2. Ходашинский И.А., Гнездилова В.Ю., Дудин П.А., Лавыгина А.В. Основанные на производных и метаэвристические методы идентификации параметров нечетких моделей // Тр. VIII Междунар. конф. «Идентификация систем и задачи управления» SICPRO '09. Москва, 26–30 янв. 2009 г. М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2009. С. 501–529.
3. Knowledge Extraction based on Evolutionary Learning. <http://www.keel.es/>
4. Alcalá-Fdez J., Fernández A., Luengo J., Derrac J. et al. KEEL Data-mining software Tool: data, set repository, integration of algorithms and experimental analysis framework // J. of Mult.-Valued Logic & Soft Computing. 2011. Vol. 17. P. 255–287.

ПРИМЕНЕНИЕ ИЕРАРХИЧЕСКОЙ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ДЛЯ ПРЕДОБРАБОТКИ ДАННЫХ В ЗАДАЧЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ С ПОМОЩЬЮ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

А.В. Прыткова, студентка

*Научный руководитель К.А. Юрков, ст. преподаватель каф. МОВС
г. Пермь, ПГУ, aliens.mind@gmail.com*

Прогнозирование временного ряда – сложная исследовательская задача. Для ее решения используется широкий спектр методов: регрессионный анализ, экспоненциальное сглаживание, метод трендов, искусственные нейронные сети, численное решение гидродинамических уравнений. Существующие методы комбинируются различными способами, исходя из конкретной проблемной области. Нередко оптимальная комбинация подбирается путем многочисленных экспериментов [3, 4]. Очевидно, возникает необходимость автоматизации выбора оптимального метода предобработки данных.

В качестве основного средства для решения задачи прогнозирования был выбран многослойный персептрон. Нейронные сети, наряду с регрессионным анализом, являются одной из наиболее широко используемых и эффективных технологий, применяемых в этом классе задач [2]. Необходимость предобработки данных обусловлена тем, что,

как правило, реальные данные содержат шум и могут иметь широкий диапазон изменения, что затрудняет процесс обучения сети.

Таким образом, целью проекта является разработка такой методологии представления данных в задаче прогнозирования временных рядов, которая бы позволила выполнять предобработку данных автоматизированно на основе анализа данных. Для достижения цели работы было решено провести проверку возможности подобной автоматизации на конкретной задаче однодневного прогноза погоды в городе Перми.

Результаты работы

Исходные данные программы представлены временным рядом, содержащим в себе следующие метеорологические показатели: температура воздуха, относительная влажность воздуха, направление ветра, скорость ветра. Временной ряд – последовательность ежедневных измерений показателей в интервал с 2005 по 2009 г. Каждый уровень ряда соответствует значениям показателей, измеренных в 15.00 в конкретный день. Данные получены из архива сайта [1]. Топология прогнозирующей нейронной сети – многослойный персептрон, количество слоев которого равно двум, функция активации – логистическая. Количество нейронов во входном и внутреннем слое зависит от проводимого эксперимента. Обучение сети проводилось с помощью алгоритма обратного распространения ошибки.

Было создано несколько методов предобработки:

1. Классификация данных по сезонам на основе простой эвристики их принадлежности к конкретному месяцу.
2. Использование сети Кохонена для получения информации о том, к какому сезону можно отнести данные.
3. Анализ временного ряда: выделение тренда с помощью экспоненциального сглаживания и скользящего среднего. Затем обработка остатков ряда как самостоятельной последовательности и как дополнительной информации об основном ряду.
4. Применение быстрого преобразования Фурье для анализа циклов в исходном ряду и ряду остатков, и на основе его результатов – определение необходимой глубины погружения при прогнозировании.

При реализации и тестировании указанных методов были получены результаты, приведенные в таблице.

Тестирование показало, что временной ряд в задаче метеопрогнозирования достаточно сложен для анализа и прогноза. Такие методы, как применение сети Кохонена, анализ временного ряда и его остатков, а также применение быстрого преобразования Фурье для определения глубины погружения при прогнозе в теории представлялись эффективными, однако не дали ожидаемых результатов. Для данной за-

дачи наиболее эффективным из предложенных методов является проведение сезонной классификации.

Результаты тестирования методов предобработки

№ п/п	Метод	Средняя абсолютная ошибка прогноза, °С
1	Сезонная классификация	2,5
2	Применение сети Кохонена для получения информации о принадлежности данных к конкретному сезону года	4,96
3	Анализ временного ряда	5
4	Применение быстрого преобразования Фурье для определения глубины погружения при прогнозе	4,9

На первом этапе работы этот процесс не был автоматизирован, и разделение осуществлялось человеком, согласно эвристике принадлежности данных к конкретному месяцу. Следующий этап разработки составило решение задачи автоматизированного разбиения временного ряда на группы, т.е. задачи кластеризации. Критерием качества разбиения являлась близость получаемых групп к сезонному разбиению.

В качестве метода решения был выбран иерархический алгоритм кластеризации. Результаты тестирования показали, что наиболее оптимальным, т.е. разделяющим данные на группы, максимально близкие к сезонам года, является сочетание параметров: шестидневные последовательности как элемент кластеризации, метрика Манхэттена для определения расстояния между элементами и полное связывание для определения расстояния между кластерами.

При обучении сети на всем году погрешность составляла примерно 5 °С, а сеть, обученная на кластере «Зима» (в него вошли данные, относящиеся к ноябрю, декабрю, январю и февралю) и протестированная на данных соответствующего сезона, имеет среднюю абсолютную погрешность 3,3 °С.

Выводы

При применении иерархического алгоритма кластеризации и обучении многослойного персептрона на одном из трех полученных кластеров удалось снизить ошибку прогноза на 34% по сравнению с ошибкой многослойного персептрона, обученного на всем временном ряду. Исходя из величины уменьшения ошибки прогноза сети, применение алгоритма кластеризации дает эффект, соизмеримый с неавтоматизированной классификацией данных. Таким образом, применение алгоритма иерархической кластеризации позволяет заменить обработ-

ку данных, выполняемую человеком на основе эвристик. Подобный результат позволяет говорить о том, что автоматизация предобработки данных на основе самих данных возможна, как минимум, в рамках конкретной задачи локального однодневного метеопрогноза.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Архив погоды* // URL: www.meteocenter.net
2. *Осовский С.* Нейронные сети для обработки информации / Пер. с польск. М.: Финансы и статистика, 2002. 344 с.
3. *Семенов В.В., Солдатова О.П.* Применение нейронных сетей для решения задач прогнозирования // Электронный научный журнал «Исследовано в России». 2006. С. 1270–1276 [Электронный ресурс]. URL: <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2006/136.pdf>
4. *Hayati M., Mohebi Z.* Temperature Forecasting Based on Neural Network Approach // World Applies Sciences Journal. 2007. Vol. 2. Issue 6. P. 613–620 [Электронный ресурс].

РАЗРАБОТКА ПОДХОДОВ К АВТОМАТИЗАЦИИ ПЕРСОНАЛИЗАЦИИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ ПРИЛОЖЕНИЙ. КОМПОНЕНТА ЖУРНАЛИЗАЦИИ ДЕЙСТВИЙ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

П.С. Сарафанов, студент

*Научный руководитель К.А. Юрков, ст. преподаватель каф. МОВС
г. Пермь, ПГУ, pnatarr@gmail.com*

Важную роль при выборе программного средства для решения поставленной задачи играет его интерфейс, т.к. удобство интерфейса программы – это то, на что пользователь очень часто обращает внимание. В связи с тем, что каждый пользователь понимает удобство интерфейса по-своему, удобно использовать механизм персонализации – изменение логики работы программы или сайта в зависимости от интересов, предпочтений, действий и целей пользователя [1].

Конечной целью проводимого исследования является разработка программного средства, которое для выбранного приложения на основе анализа данных о работе пользователей с этим приложением, будет предлагать способы повышения удобства пользовательского интерфейса. С одной стороны, это средство упростит работу дизайнеров, поскольку будет предлагать изменения, которые позволят сделать интерфейс удобнее для большего количества пользователей. С другой – даст разработчикам возможность оценить, какие из функций их при-

ложения востребованы у пользователей, что поможет им более верно расставлять приоритеты при доработке приложения.

Для достижения поставленной цели необходимо решить четыре задачи:

- 1) выбрать данные, которые будут подвергаться анализу;
- 2) определить, каким образом будут собираться данные;
- 3) определить, каким образом собранные данные будут анализироваться;
- 4) определить? каким образом на основе полученной информации будут вырабатываться предложения по изменению интерфейса.

Для того чтобы выявить общие закономерности в работе пользователей с приложением, необходимо получить данные об элементах управления, с которыми пользователи взаимодействуют. Данные, помимо описания самих элементов управления, должны также содержать последовательность работы пользователя с этими элементами управления.

Для сбора этих данных был реализован специальный программный модуль, который следит за действиями пользователя в наблюдаемом приложении и сохраняет журнал этих действий.

Когда пользователь работает с приложением, все его действия попадают в очередь сообщений приложения. Но мы не можем напрямую обратиться к очереди сообщений наблюдаемого процесса, поэтому разработанный модуль «принуждает» наблюдаемый процесс протоколировать необходимую нам информацию за нас.

В общем случае в Windows существует три способа «попросить» чужой процесс исполнять нужный нам код [3]:

- 1) оформить нужный код в виде библиотеки, затем связать чужой процесс и нашу библиотеку с помощью хука;
- 2) оформить нужный код в виде библиотеки, затем вручную подгрузить эту библиотеку в адресное пространство чужого процесса, используя WinAPI-функции `CreateRemoteThread` и `LoadLibrary`;
- 3) вместо написания библиотеки напрямую скопировать в чужой процесс нужный код (посредством WinAPI-функции `WriteProcessMemory`) и запустить его выполнение при помощи `CreateRemoteThread`.

Процесс наблюдения было решено реализовать в виде хука, т.к. хуки – самый простой и безопасный метод из вышеперечисленных. К тому же он меньше всего вмешивается в работу изначального приложения. В свою очередь, использование хуков накладывает следующие ограничения:

- подход работает на системах Win9x и WinNT, однако лишь для процессов, которые подгружают в своё адресное пространство библиотеку `user32.dll` (отвечает за очередь сообщений у процесса);

- функция установки хука SetWindowHookEx не будет работать с системными службами, даже если они используют user32.dll.

Информация об элементах управления, по которым пользователь щёлкнул мышью или на которых он нажал кнопку клавиатуры, может быть получена также при помощи WinAPI-функций.

Однако, помимо протоколирования работы пользователя, необходимо также верно идентифицировать элемент управления, с которым он работал, т.е. необходимо получать такую информацию об элементах управления, которая позволила бы гарантированно отличать один обрабатываемый элемент управления от другого.

С решением задачи идентификации элемента управления в большинстве случаев поможет справиться WinAPI-функция FindWindowEx, которая позволяет пробежать по всем дочерним элементам указанного окна. У элементов управления могут меняться дескрипторы, координаты, размеры и пр., но порядок создания элементов на форме зачастую будет один и тот же. Таким образом, используя функцию FindWindowEx, мы можем получить путь от главного окна программы до обрабатываемого нами элемента управления, и именно этот путь и будет служить гарантом уникальности этого элемента.

Таким образом, на данный момент решены две задачи для достижения поставленной цели:

- 1) определены данные, которые необходимо анализировать для выявления скрытых закономерностей в работе пользователей с приложением;

- 2) реализована компонента, отслеживающая действия пользователя в наблюдаемом приложении и сохраняющая журнал этих действий.

В процессе работы также были рассмотрены различные способы внедрения кода в «чужое» приложение. Помимо этого, была решена проблема корректной идентификации элемента управления при анализе собранных данных.

Следующим этапом исследования является определение механизмов выявления закономерностей в данных и разработка программного средства, которое на основе этих механизмов будет генерировать предложения по изменению интерфейса анализируемого приложения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Mourlas C., Germanakos P. Intelligent User Interfaces: Adaptation and Personalization Systems and Technologies. IGI Global snppet, 2009. 426 p.

2. Clare-Marie Karat, Blom J., Karat J. Designing Personalized User Experiences in eCommerce. N.Y. Kluwer Academic Publishers, 2004. 348 p.

3. Kuster R. Three ways to inject your code into another process, 2003. URL: <http://www.codeproject.com/KB/threads/winspy.aspx> (дата обращения: 10.03.2011).

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЛЬТРА КАЛМАНА ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПАРАМЕТРОВ НЕЧЕТКИХ СИСТЕМ

О.А. Серебrenникова, студентка

Научный руководитель И.А. Ходашинский, проф., д.т.н.

г. Томск, ТУСУР, каф. АОИ, avayrin@gmail.com

Фильтр Калмана (ФК) – эффективный рекурсивный фильтр, оценивающий вектор состояния динамической системы, используя ряд неполных и зашумленных измерений. Важным аспектом использования фильтра в идентификации нечетких моделей является его адаптация для настройки параметров нечеткой модели.

В классическом варианте ФК представляется в виде линейной системы, дискретной во времени. Такая система характеризуется своим входом, состоянием и выходом [1].

Система задана следующими уравнениями:

$$\mathbf{x}_{n+1} = f(\mathbf{x}_n) + \mathbf{w}_n \quad \mathbf{d}_n = h_n(\mathbf{x}_n) + \mathbf{v}_n,$$

где $\mathbf{x}_n$ – вектор состояния системы в момент времени n , который состоит из параметров функций принадлежности и имеет вид:

$$\mathbf{x} = [a_{11} \ b_{11} \ c_{11} \dots a_{1t} \ b_{1t} \ c_{1t} \ a_{21} \ b_{21} \ c_{21} \dots a_{2t} \ b_{2t} \ c_{2t}],$$

$\mathbf{w}_n$ – шум процесса, $\mathbf{v}_n$ – шум измерения, $f(\cdot)$ и $h(\cdot)$ – нелинейные функции состояния системы.

Процесс фильтрации сводится к следующей рекурсии:

$$\mathbf{x}_n = \mathbf{x}_{n-1} + \mathbf{K}_{n-1} [y^* - y(\mathbf{x}_{n-1})];$$

$$\mathbf{K}_n = \mathbf{P}_n \mathbf{H}_n (\mathbf{R}_n + \mathbf{H}_n^T \mathbf{P}_n \mathbf{H}_n)^{-1};$$

$$\mathbf{P}_{n+1} = (\mathbf{P}_n - \mathbf{K}_n \mathbf{H}_n^T \mathbf{P}_n) + \mathbf{Q}_n,$$

где y^* – желательное выходное значение; $y(\mathbf{x}_{n-1})$ – нелинейная функция состояния системы, описывающая выход НС с текущими параметрами; $\mathbf{K}_n$ – матрица усиления ФК; $\mathbf{P}_n$ – ковариационная матрица погрешности оценивания состояния системы; $\mathbf{R}_n$ – ковариационная матрица шума измерения; $\mathbf{Q}_n$ – ковариационная матрица шума процесса; $\mathbf{H}_n^T$ – матрица частных производных нечеткого выхода относительно параметров функций принадлежности [1]:

$$\mathbf{H}_n^T = \left. \frac{\partial y(\mathbf{x})}{\partial \mathbf{x}} \right|_{\mathbf{x}=\mathbf{x}_n}.$$

На рис. 1 и 2 продемонстрирована работа алгоритма при настройке параметров нечетких систем, аппроксимирующих тестовые функции $f(x_1, x_2) = x_1 * \sin(x_2)$, $-\pi/2 < x_1, x_2 < \pi/2$ и $f(x_1, x_2) = x_1 * \sin(x_2)$, $-\pi/2 < x_1, x_2 < \pi/2$ соответственно.



Рис. 1. Зависимость среднеквадратической ошибки от количества итераций для функции $f(x_1, x_2) = x_1 \cdot \sin(x_2)$, $-\pi/2 < x_1, x_2 < \pi/2$, 5 термов



Рис. 2. Зависимость среднеквадратической ошибки от количества итераций для функции $f(x_1, x_2) = x_1 \cdot \sin(x_2)$, $-\pi/2 < x_1, x_2 < \pi/2$, 7 термов

Изменяемыми параметрами при исследовании алгоритма были значения диагональных элементов ковариационных матриц шума процесса $\mathbf{Q}$ и шума измерения $\mathbf{R}$. В результате проведенных экспериментов было установлено, что на процесс параметрической идентификации влияет соотношение параметров r и q .

Результаты эксперимента представлены в таблице.

Исследование функции $f(x_1, x_2) = x_1 \cdot \sin(x_2)$, $-\pi/2 < x_1, x_2 < \pi/2$

Итера- ции	Соотношение диагональных элементов $\mathbf{Q}$ и $\mathbf{R}$			
	1:1	1:10	1:100	1:1000
1	0,0161125845	0,0161125845	0,0157901385	0,0157901385
2	0,0150343692	0,0150349782	0,0189272405	0,0192004058
... 10	0,0097318016	0,0144367612	0,0172381366	0,0186338312
11	0,0094319993	0,0143357023	0,0106133564	0,0191998157
... 23	0,0067086000	0,0111786862	0,0156232718	0,0206521456
24	0,0062043325	0,0112308283	0,0111692327	0,0212924814
... 61	0,0040091764	0,0079554323	0,0083858227	0,0113968381

Существует еще один вариант адаптации ФК [2]. Фильтрация сводится к двум этапам, которые описываются следующим образом:

$$\begin{aligned} \mathbf{x}_{n|n} &= \mathbf{x}_{n-1} + \mathbf{K}_n \cdot \mathbf{y}_n, \\ \text{Экстраполяция:} \quad \mathbf{p}_{n|n-1} &= \mathbf{p}_{n-1|n-1} + \mathbf{Q}_{n-1}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\mathbf{y}_n &= \mathbf{y}_{n-1} + \mathbf{H}_n \cdot \mathbf{x}_{n|n-1}, \\
\text{Коррекция: } \mathbf{S}_n &= \mathbf{H}_n \cdot \mathbf{P}_{n|n-1} \cdot \mathbf{H}_n^T + \mathbf{R}_n, \\
\mathbf{K}_n &= \mathbf{P}_{n|n-1} \cdot \mathbf{H}_n^T \cdot \mathbf{S}_n^{-1}, \\
\mathbf{P}_{n|n} &= (\mathbf{I} - \mathbf{K}_n \cdot \mathbf{H}_n) \mathbf{P}_{n|n-1}.
\end{aligned}$$

где $\mathbf{S}_n$ – ковариационная матрица для вектора ошибки, индекс « $n|n-1$ » означает измерение в момент состояния n с учетом измерения в момент состояния $n-1$.

Во время экстраполяции ФК получает предварительную оценку настраиваемых параметров системы. В фазе коррекции априорная экстраполяция дополняется соответствующими текущими измерениями для коррекции оценки. Эти две фазы чередуются: экстраполяция производится по результатам коррекции до следующего наблюдения, а коррекция производится совместно с доступными на следующем шаге наблюдениями, и т.д. В отличие от предыдущей адаптации этот алгоритм работает последовательно с каждой строкой из таблицы наблюдений и постепенно корректирует параметры системы.

Заключение. Таким образом, по результатам исследования ФК можно сделать следующие выводы:

- на процесс параметрической идентификации влияет соотношение диагональных элементов матриц $\mathbf{R}$ и $\mathbf{Q}$;
- в алгоритме используются действия с матрицами, поэтому время работы алгоритма зависит от количества настраиваемых параметров;
- необходимо дальнейшее исследование адаптации ФК к задаче идентификации параметров нечетких моделей.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Simon D.* Training fuzzy systems with the extended Kalman filter // *Fuzzy Sets and Systems*. 2002. Vol. 132. P. 189–199.
2. *Балакришнан А.* Теория фильтрации Калмана / Пер. с англ. М.: Мир, 1988.

ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ НЕЧЕТКИХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ АЛГОРИТМА РОЯЩИХСЯ ЧАСТИЦ С АДАПТИВНЫМ КОЭФФИЦИЕНТОМ ИНЕРЦИИ И МНК

Д.С. Синьков, аспирант

Научный руководитель И.А. Ходашинский, проф., д.т.н.

г. Томск, ТУСУР, каф. АОИ, sinkoff@sibmail.com

Проблема идентификации параметров нечетких моделей решается нелинейными методами оптимизации. На этом этапе происходит на-

стройка параметров антецедентов и консеквентов нечетких правил путем оптимизации работы нечеткой системы по заданному критерию.

В работе представлено исследование последовательной работы двух алгоритмов оптимизации: адаптивного алгоритма роящихся частиц (АРЧ) для настройки параметров функций принадлежности и метода наименьших квадратов для настройки консеквентов базы правил нечеткой системы.

Классический АРЧ. Пусть имеется n -мерное пространство поиска $S \subset \mathbb{R}^n$, рой состоит из N частиц. Позиция i -й частицы определяется вектором

$$\mathbf{x}_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in}) \in S.$$

Лучшая позиция, которую занимала i -я частица, определяется вектором

$$\mathbf{p}_i = (p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{in}) \in S.$$

Скорость частицы определяется также n -местным вектором

$$\mathbf{v}_i = (v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{in}).$$

Движение частиц определяют простые математические уравнения [1]:

$$\mathbf{v}_i(k+1) = w \cdot \mathbf{v}_i(k) + c_1 \cdot rand \cdot (\mathbf{p}_i(k) - \mathbf{x}_i(k)) + c_2 \cdot Rand \cdot (\mathbf{p}_g(k) - \mathbf{x}_i(k)),$$

$$\mathbf{x}_i(k+1) = \mathbf{x}_i(k) + \mathbf{v}_i(k+1),$$

где $i = 1, 2, \dots, N$; $\mathbf{v}_i(k)$ – вектор скорости частицы i на итерации k ; $\mathbf{x}_i(k)$ – координаты частицы i на итерации k ; c_1, c_2 – положительные коэффициенты ускорения; $\mathbf{p}_i(k)$ – лучшая позиция частицы i на первых k итерациях; $\mathbf{p}_g(k)$ – лучшая позиция частицы в рое (задается индексом g) на первых k итерациях; w – эмпирический коэффициент инерции; $rand, Rand$ – случайные числа из интервала $[0, 1]$. Пространство поиска S в задаче идентификации представлено всеми возможными параметрами нечеткой системы.

Изменение инерции. Адаптивный коэффициент инерции, позволяющий динамически корректировать скорости частиц для лучшей сходимости, вычисляется по формуле:

$$w(k) = \frac{1}{1 + e^{-a \frac{-\Delta J_i(k)}{a}}},$$

где a – эмпирический параметр ($a = 0,01$); $\Delta J_i(k)$ – разность функций пригодности частицы для текущего и последнего поколения [2].

Гибридный алгоритм. Работа гибридного алгоритма начинается с настройки консеквентов базы правил с помощью метода наименьших квадратов (МНК). Затем запускается адаптивный АРЧ. Поочередная работа алгоритмов продолжается, пока не выполнится условие останова (количество циклов оптимизации).

Исследование алгоритма. В исследовании был использован АРЧ в связке с МНК для настройки консеквентов правил. Исследование алгоритмов идентификации нечетких систем проводилось при решении задач аппроксимации. В качестве тестовых были выбраны следующие функции:

$$1) f(x_1, x_2) = x_1 * \sin(x_2), \quad -\pi/2 < x_1, \quad x_2 < \pi/2;$$

$$2) f(x_1, x_2) = \sin(2x_1/\pi) * \sin(2x_2/\pi), \quad -5 < x_1, \quad x_2 < 5;$$

$$3) f(x) = \left(1 + 10 \exp\left(-100(x - 0,7)^2\right)\right) \left(\frac{\sin\left(\frac{125}{x+1,5}\right)}{x+0,1}\right), \quad 0 < x < 1;$$

$$4) f(x_1, x_2) = (1 + x_1^{-2} + x_2^{-1,5})^2, \quad x_1, x_2 \in [1, 5];$$

$$5) f(x_1, x_2) = 1 + x_1^{0,5} + x_2^{-1} + x_3^{-1,5}, \quad x_1, x_2, x_3 \in [1, 5].$$

На основе тестовой функции формировалась таблица наблюдений, по которой строилась нечеткая система, аппроксимирующая данную функцию. Критерием качества аппроксимации была среднеквадратическая ошибка вывода.

Параметры нечетких систем каждой функции приведены в таблице.

Параметры элементов НС для тестовых функций

№ функции	Число входных переменных	Число точек в таблице наблюдений	Число термов
1	2	81	5
2	2	121	5
3	1	100	12
4	2	121	5
5	3	216	5

Ниже приведены результаты оптимизации (среднеквадратичные ошибки вывода) для разных тестовых функций: функция 1 – 5,05347E-4, функция 2 – 1,96E-17, функция 3 – 0,00769, функция 4 – 0,000809, функция 5 – 3,98E-12.

Результаты эксперимента. В результате исследований были получены оптимальные параметры алгоритма и сделаны следующие выводы:

1. Оптимальное количество циклов оптимизации 30.

2. Оптимальное число итераций АРЧ 150–200.

3. Оптимальные значения для 4 тестовых функций лежат в полосе между прямыми $c_2 = -0,8 * c_1 + 3,4$ и $c_2 = -0,35 * c_1 + 2,1$.

4. При увеличении пространства поиска коэффициент $c2$ необходимо выбирать меньше, чтобы тщательнее исследовать область оптимального решения.

5. Для 5 тестовых функций были найдены оптимальные параметры. Общим решением, которое находится на пересечении оптимальных областей является решение $c1 = 1,6$ и $c2 = 1,8$.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ходашинский И.А., Гнездилова В.Ю., Дудин П.А., Лавыгина А.В.* Основанные на производных и метаэвристические методы идентификации параметров нечетких моделей // Тр. VIII Междунар. конф. «Идентификация систем и задачи управления» SICPRO '08. М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2009. С. 501–529.

2. *Arumugam M.S., Rao M.V.C.* On the improved performances of the particle swarm optimization algorithms with adaptive parameters, cross-over operators and root mean square (RMS) variants for computing optimal control of a class of hybrid systems // Applied Soft Computing. 2008. Vol. 8. P. 324–336.

ЯЗЫК ПРОГРАММИРОВАНИЯ ГЕНЕРАТОРОВ GIL

А.В. Тутков, Ю.А. Зорин

г. Томск, ТУСУР, avt@sbi.tusur.ru

Программные генераторы комбинаторных множеств применяются в различных системах при решении разнообразных задач. С их помощью моделируются случайные события, тестируются знания и программные комплексы, они применяются, к примеру, для нумерации товаров и кодирования информации. Сегодня успешно решать задачи, связанные с генерацией, могут языки с функциональной парадигмой программирования. Целью данной статьи является обзор функционального языка GIL, предназначенного для генерации объектов на основе деревьев И/ИЛИ, описание его возможностей, а также выявление недостатков, тем самым выявление путей для устранения данных недостатков.

Язык GIL (Genaration and Identification Language – язык генерации и нумерации) является функциональным языком программирования. Язык, в первую очередь, предназначен для решения задач, связанных с написанием алгоритмов генерации на основе деревьев И/ИЛИ. В отличие от функционального языка Lisp, где все является списком, в GIL основной структурой языка является дерево И/ИЛИ.

Основные возможности языка:

- реализация алгоритмов на деревьях И/ИЛИ (алгоритмы генерации и нумерации вариантов);

- построение дерева И/ИЛИ;
- получение варианта дерева И/ИЛИ по объекту.

При проектировании первой версии языка GIL [1] (Generation and Identification Language – язык генерации и нумерации) в него были внесены только те элементы, которые нужны для решения комбинаторных задач на основе деревьев И/ИЛИ [2].

Язык позволяет быстро решать множество задач не только в области комбинаторной генерации, но и в других областях, например, производить символьные вычисления, описывать грамматики языков, исследовать древовидные структуры данных.

Все выражения GIL делятся на 2 категории: простые выражения (описание дерева И/ИЛИ) и правила преобразования деревьев И/ИЛИ. Операции над деревом записываются в квадратных скобках после выражения, описывающего дерево. Если требуется произвести несколько операций, то они записываются через запятую. Образец для поиска является шаблоном дерева И/ИЛИ или его ветви, по которому ведётся поиск подходящего выражения. В образце для поиска можно задать как строгое, так и нестрогое соответствие узлов дерева:

`root(1 {a, b}, 2 {c, d}, 1 {a, c})[— 1 {c@ch}]`; – выражение описывает дерево И/ИЛИ, в котором удаляется ветвь, соответствующая образцу `1 {c@ch}`, где `c@ch` означает любой список сыновей. Таким образом, результатом этого выражения будет дерево `root(2 {c, d})`.

Правила преобразования позволяют указать способ модификации данных определённого вида. Например, функцию нахождения степени числа можно записать следующим образом:

```
pow(n@x, n@y) = x*pow(x, y-1);
```

```
pow(n@x, 1) = x;
```

В этом случае результатом выполнения выражения:

```
find_pow(pow(2, 4), pow{x, 2});
```

будет дерево И/ИЛИ:

```
find_pow(16, pow{x, 2});
```

Например, программа дифференцирования символьных выражений на GIL выглядит следующим образом:

```
//Дифференциал ex
```

```
diff(pow(e, n@x)) = pow(e, x);
```

```
//Дифференциал xy
```

```
diff(pow(s@x, n@y)) = (y, '*', pow(x, y-1));
```

```
//Дифференциал ln(x)
```

```
diff(ln(s@x)) = (1, '/', x);
```

```
//Дифференциал многочлена
```

```
diff(@u, '+', @v) = ((diff(u, '+', diff(v)));
```

```
//Дифференциал произведения многочленов
```



```

diff(@u, '*', @v) = ((diff(u), '*', v), '+', (u, '*', diff(v)));
//Дифференциал частного многочленов
diff(@u, '/', @v) = (((diff(u), '*', v), '-', (u, '*', diff(v))), '/', pow(v, 2));
//Дифференциал x
diff(ls@x) = 1;
//Дифференциал числа
diff(n@x) = 0;
//Дифференциалы тригонометрических функций
diff(tg(@u))=((1, '/', cos2(u)), '*', diff(u));
diff(pow(e, @u)) = (pow(e, u), '*', diff(u));

```

Язык GIL нашел широкое применение в образовании для генерации тестовых заданий [7, 8]. В настоящее время разработан первый интерпретатор языка, применение которого выявило ряд недостатков, которые необходимо устранить, а также наметило некоторые пути развития языка:

1. Серьезным недостатком интерпретатора языка является его реализация на основе собственного синтаксического и лексического анализаторов, тогда как применение таких инструментов, как YACC и LEX или BISON и FLEX, позволило бы достаточно легко модифицировать синтаксис и семантику языка.

2. Используемая в языке парадигма подразумевает ленивые вычисления, однако в интерпретаторе эта возможность не реализована, поэтому на GIL невозможно описать бесконечно-рекурсивные структуры данных, хотя на практике это необходимо достаточно часто.

3. Для многих задач необходимы механизмы обработки последовательностей символов и поддержка регулярных выражений, которые в языке не реализованы.

4. В практике программирования на GIL зачастую встречаются конструкции вида `range{-100, 100}`, что означает создание ИЛИ-узла с сыновьями со значениями от -100 до 100. В настоящее время интерпретатор для такого выражения строит ветвь, состоящую из 202 узлов. Данный недостаток может быть устранен введением в язык механизма генераторов, которые позволят не строить ветвь целиком, а будут генерировать новые значения при обращении к варианту ветви последовательно или по номеру.

Заключение. Генераторы нашли широкое применение в различных программных системах. Появление универсальных методов построения алгоритмов генерации и нумерации упрощают их создание, однако необходимо развивать инструментальные средства построения генераторов на основе данных методов. Одним из таких средств является язык построения генераторов GIL, который, несмотря на то, что

показал свою эффективность, требует дальнейшего развития и совершенствования.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Kreher D.L.* Combinatorial algorithms: Generation, Enumeration and Search / D.L. Kreher, D.S. Stinson. N.Y. CRC Press, 1998. 329 p.
2. *Barcucci E.* Eco: a methodology for the enumeration of combinatorial objects / E. Barcucci, A. Lungo, E. Pergola, R. Pinzani // Journal of Difference Equations and Applications. 1999. №. 5. P. 435–490.
3. *Flajolet P.* A calculus for the random generation of combinatorial structures / P. Flajolet, P. Zimmerman, B. Van Cutsem // Theor. Comput. Sci. 1994. Vol. 132, № 1–2. P. 1–35.
4. *Martinez C.* A generic approach for the unranking of labeled combinatorial classes / C. Martinez, X. Molinero // Random Struct. Algorithms. 2001. Vol. 19, № 3–4. P. 472–497.
5. *Кручинин В.В.* Методы построения алгоритмов генерации и нумерации комбинаторных объектов на основе деревьев И/ИЛИ / В.В. Кручинин. Томск: В-Спектр, 2007. 200 с.
6. *Титков А.В.* Язык описания генераторов комбинаторных множеств / А.В. Титков, В.В. Кручинин // Известия Томского политехнического университета. 2008. Т. 312, № 5. С. 89–93.
7. *Титков А.В.* Генерация тестовых заданий на основе грамматик в системе построения генераторов на деревьях И/ИЛИ / А.В. Титков // Матер. междунар. науч.-метод. конф. «Современное образование». Томск, 2010. С. 163–164.
8. *Титков А.В.* Применение системы программирования GIL для генерации тестовых заданий. / А.В. Титков, В.В. Кручинин // Матер. междунар. науч.-метод. конф. «Современное образование». Томск, 2009. С. 178–179.

ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ И НАСТРОЙКИ РЕГУЛЯТОРОВ ДЛЯ МОБИЛЬНОГО LEGO-РОБОТА

А.С. Ушаков, аспирант каф. УИ, Н.Е. Шепелева, студентка, каф. ЭП
г. Томск, ТУСУР, fastholf@gmail.com

Робототехника – одна из наиболее интенсивно развивающихся прикладных наук – занимается разработкой автоматизированных технических систем. В ней активно используются такие элементы теории автоматического управления, как различного рода регуляторы. Под регулированием понимается частный случай управления, целью которого является поддержание на заданном уровне одной или нескольких регулируемых величин.

Существует ряд классических задач робототехники, решаемых с помощью регулирования. Одной из таких задач, на которой основывается данная работа, является движение по контрастной линии. Исполь-

зуемый для этого робот представляет собой тележку с двумя ведущими колесами и сенсором света, направленным в пол. Сенсор содержит свето- и фотодиод. Светодиод освещает участок поверхности, а фотодиод принимает отраженный свет. По интенсивности полученного света можно судить о том, на каком участке контрастной линии робот находится. Задача заключается в том, чтобы, управляя скоростями двух колес, перемещать робота вдоль линии. Одним из способов решения этой задачи является удерживание сенсора света на кромке линии.

Для реализации этого способа могут быть использованы регуляторы. В данной работе рассматривается применение ПИД- и нечеткого регуляторов.

ПИД-регулятор – устройство в цепи обратной связи, формирующее управляющий сигнал, являющийся суммой трех слагаемых: пропорционального входному сигналу, интегралу входного сигнала и производной входного сигнала.

Нечеткий регулятор (НР) – регулятор, построенный на базе нечеткой логики. Нечеткая логика является обобщением классической логики, в которой степень принадлежности элемента множеству может принимать значения из интервала $[0, 1]$.

Платформа LEGO Mindstorms NXT была выбрана в качестве платформы моделирования задачи. Преимуществом данной платформы является простота и дешевизна ее использования. В качестве языка программирования был выбран высокоуровневый процедурный C-подобный язык NXC (Not eXactly C), который имеет ряд встроенных функций для работы с роботами LEGO.

ПИД-регулятор был настроен по методу Циглера–Николса. После этого он был изменен для улучшения прохождения пути.

Реализация нечеткого регулятора на языке NXC имела ряд особенностей. Данный язык на стандартной прошивке LEGO-робота не поддерживает двумерные массивы и массивы структур. Поэтому все описание нечеткой системы приходится хранить в одномерных массивах, используя собственную систему индексации.

Кроме того, в процессе испытания регулятора на трассе (под трассой понимается замкнутая черная линия, нарисованная на белой бумаге), была обнаружена критичность для LEGO-робота сложности алгоритма управления. В первых испытаниях один такт нечеткого регулятора выполнялся в среднем за 340 мс, а ПИД-регулятора – за 16 мс. Таким образом, роботу, управляемому нечетким регулятором, не хватало скорости отклика, чтобы ехать по трассе, и он постоянно съезжал с нее. Исследование показало, что это связано с распараллеливанием задачи. В языке NXC есть структура `task`, которая является инструментом, позволяющим строить многопоточное приложение. В первых вер-

сиях программ управление моторами робота и считывание информации с датчика были вынесены в отдельные потоки. После перенесения этих операций в основной управляющий цикл регуляторы показали время выполнения 1 и 80 мс для ПИД- и нечеткого регулятора соответственно.

Время 80 мс позволило роботу, управляемому нечетким регулятором, держаться на трассе, однако проблемы скорости отклика были все же заметны, что выражалось в периодической потере трассы. Дальнейшее уменьшение времени работы алгоритма было достигнуто за счет упрощения вычислений внутри регулятора. Для этого был изменен выход системы, уменьшено количество термов для каждой из переменных и уменьшено количество правил в базе правил. Изначально система имела один вход – разница между текущим значением освещенности на датчике и необходимым значением, и два выхода – скорости левого и правого колес. После изменения система стала иметь один выход – абстрактный угол поворота, который затем преобразуется в скорости колес по следующей формуле:

$$V_l = V + \text{angle} * k * s,$$

$$V_r = V - \text{angle} * k * s,$$

где V_l и V_r – скорости левого и правого колеса соответственно, V – средняя скорость робота, angle – выход нечеткой системы, k – коэффициент, регулирующий реакцию робота на выход НС, s – принимает значения -1 или 1 и определяет, по какой границе черной линии едет робот. Кроме того, было уменьшено количество термов для каждой из переменных с 7 до 5 и, соответственно, уменьшено количество правил в базе также с 7 до 5. После внесения данных изменений время выполнения цикла управления составило 33 мс.

Эксперимент. На реализованных и эмпирически настроенных регуляторах был проведен ряд опытов на двух трассах: простой, представляющей собой овал, и более сложной, имеющей ряд более крутых поворотов. На каждой из трасс для каждого из регуляторов робот был запущен по 20 раз – по пять раз с каждой из мощностей из набора (20, 30, 40, 50) и определены математическое ожидание (M) и среднеквадратичное отклонение (σ) полученных выборок модуля ошибки. Под ошибкой понимается расхождение между текущим значением освещенности, получаемым с датчика, и необходимым, которое мы жестко задаем в начале движения. Скорость робота определяется мощностью, подаваемой на моторы. Для LEGO-роботов принято условное разделение величины мощности от 0 до 100 в целых числах. Реальная скорость робота при этом зависит от его конструкции. Для робота, на котором проводились испытания, справедливо утверждение для средних

скоростей: увеличение мощности на 1 повышает скорость на 0,003 м/с. Результаты испытаний представлены в таблице.

Результаты тестирования регуляторов на двух трассах

Скорость	20		30		40		50	
	М	σ	М	σ	М	σ	М	σ
Трасса 1								
ПИД	1,63	1,41	1,81	1,52	2,19	1,85	2,5	2,08
НР	11,09	5,26	12,33	4,95	12,95	4,77	13,05	4,51
Трасса 2								
ПИД	1,74	1,41	2,28	2,02	2,82	2,45	3,37	2,72
НР	8,9	5,73	11,04	5,57	11,98	5,25	11,84	5,39

По результатам испытаний можно сделать следующий вывод.

ПИД-регулятор дает действительно хорошие результаты даже на больших скоростях. На более крутых поворотах ошибка увеличивается, однако остается в пределах нормы и имеется запас стабильности для повышения скорости.

Нечеткий регулятор показывает худшие результаты, что можно объяснить следующими факторами.

В нечетком регуляторе рассматривалась только одна входная переменная, в то время как ПИД использует не только ошибку, но также и суммарную ошибку и скорость изменения ошибки. Это можно решить введением в рассмотрение большего количества входных переменных.

Однако в этом случае придется учесть второй важный фактор – большее время отклика системы. Это связано с более сложными вычислениями, выполняемыми в процессе регулирования и небольшими вычислительными мощностями LEGO-робота. Поэтому при увеличении количества переменных необходимо найти компромисс между временем отклика и количеством переменных.

Настройка нечеткого регулятора происходила на сложной трассе с максимальной скоростью, и далее он использовался на простой трассе и с более низкими скоростями без изменения параметров настройки. Этим можно объяснить уменьшение среднеквадратичного отклонения с увеличением скорости движения. Кроме того, настройка проводилась вручную, изменением параметров термов переменных. Для получения лучших результатов необходимо применить алгоритмы автоматической настройки, например эволюционные.

ПРИМЕНЕНИЕ PSO-ОПЕРАТОРА В АЛГОРИТМЕ, ОСНОВАННОМ НА ПЕРМЕЩЕНИИ БАКТЕРИЙ, ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПАРАМЕТРОВ НЕЧЕТКОЙ СИСТЕМЫ

Н.Н. Земцов, студент

Научный руководитель И.А. Ходашинский, проф., д.т.н.

г. Томск, ТУСУР, каф. АОИ, nike-blitz@yandex.ru

Постановка задачи. Задача идентификации параметров нечеткой системы (НС) решается методами оптимизации. Трудности применения классических методов оптимизации нелинейных функций, такие как проблема локального экстремума и «проклятие размерности», заставили специалистов обратиться к метаэвристическим подходам. Целью данной работы является решение задачи идентификации параметров нечеткой системы с помощью алгоритма перемещения бактерий и модификация его с помощью оператора PSO (Particle Swarm Optimization).

Рассматривается нечеткая модель типа синглтон, i -е правило в которой имеет следующий вид [1]:

IF $x_1=A_{1i}$ AND $x_2=A_{2i}$ AND ... AND $x_n=A_{ni}$ THEN $y=r_i$,

где A_{ij} – лингвистический терм, которым оценивается переменная x_i ; r_i – действительное число, которым оценивается выход y .

Нечеткая система осуществляет отображение $f: \mathfrak{R}^n \rightarrow \mathfrak{R}$:

$$f(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^R \mu_{A_{1i}}(x_1) \cdot \mu_{A_{2i}}(x_2) \cdot \dots \cdot \mu_{A_{ni}}(x_n) \cdot r_i \Bigg/ \sum_{i=1}^R \mu_{A_{1i}}(x_1) \cdot \mu_{A_{2i}}(x_2) \cdot \dots \cdot \mu_{A_{ni}}(x_n),$$

где $\mathbf{x}$ – входной вектор, R – число правил; n – количество входных переменных; $\mu_{A_{ij}}$ – функция принадлежности.

Нечеткая система может быть представлена как

$$y = f(\mathbf{x}, \boldsymbol{\theta}),$$

где $\boldsymbol{\theta} = \|\theta_1, \dots, \theta_N\|$ – вектор параметров, $N = n$ (число параметров, описывающих одну функцию принадлежности) $\cdot t$ (число термов, описывающих одну входную переменную), y – скалярный выход модели.

Пусть дано множество обучающих данных $\{(\mathbf{x}_p, t_p), p = 1, \dots, m\}$, тогда среднеквадратическая функция ошибки, которую необходимо минимизировать, будет иметь вид

$$E(\boldsymbol{\theta}) = \sum_{p=1}^m (t_p - f(\mathbf{x}_p, \boldsymbol{\theta}))^2.$$

Метод перемещения бактерий хорошо зарекомендовал себя при решении задач оптимизации функций при неизвестном градиенте [2]. Одним из важнейших шагов в указанном методе является моделируемое движение хемотаксиса. Хемотаксис – фуражировочная стратегия, осуществляющая такой тип локальной оптимизации, при котором бактерии двигаются в направлении увеличения концентрации питательно-

го вещества, стараясь при этом избегать вредной субстанции и искать выходы из нейтральной среды. Бактерии передвигаются в N -мерном пространстве, различают следующие виды движений: кувыркание, перемещение и скольжение.

В нашей работе этот метод используется для оптимизации параметров antecedентов θ .

Собственно обобщенный алгоритм представим в виде последовательности следующих шагов.

Шаг 1. Задать начальные параметры алгоритма.

Шаг 2. Для каждой бактерии сгенерировать множество параметров θ .

Шаг 3. Для каждой бактерии по заданным формулам моделировать кувыркание, перемещение и скольжение в пространстве параметров θ .

Шаг 4. Для измененных параметров расчет ошибки $E(\theta)$.

Шаг 5. Популяцию бактерий сортировать по мере возрастания ошибки, разделить пополам. Худшая половина отбрасывается, лучшая – дублируется.

Шаг 6. С заданной вероятностью производится размещение бактерий, «умерщвленных» случайным образом, в случайной точке N -мерного пространства.

Шаг 7. Сохранить лучшее решение.

Шаг 8. Если достигнуто условие останова (количество итераций, ошибка меньше заданной), то ОСТАНОВ, иначе переход на Шаг 3.

Вычислительный эксперимент на трех множествах обучающих данных показал превосходство данного метода над генетическим алгоритмом, но метод очень ресурсоемок, для повышения сходимости алгоритма был применен оператор PSO [3].

Данный оператор основан на том, что каждая бактерия хочет преуспеть результаты других (социальный компонент) и улучшить свои (когнитивный компонент).

После цикла хемотаксиса мы задаем еще одно движение бактерии за счет оператора PSO, перед этим рассчитав направление и величину движения по формуле

$$V_i(j+1) = \omega V_i(j) + C_1 \phi_1 (X_{i_best}^i - \theta^i(j)) + C_2 \phi_2 (X_{g_best} - \theta^i(j)),$$

где ω – коэффициент инерции, задается случайно, отражает, насколько сильно на бактерию влияет предыдущее состояние, C_1 , C_2 – положительные константы ускорения, используются для варьирования весов когнитивной и социальной составляющих, ϕ_1 , ϕ_2 – случайные числа из диапазона $[0;1]$, $X_{i_best}^i$ – наилучшая позиция i -й бактерии с начала поиска, X_{g_best} – глобально лучшая позиция, выбранная из всех бактерий с начала поиска. Рассчитанную скорость мы прибавляем к позиции i -й бактерии.

Оператор PSO применяется после шага 4 представленного алгоритма оптимизации, после чего снова пересчитывается ошибка для измененных параметров.

Эксперимент. Сравнение классического алгоритма перемещения бактерий и модифицированного проводилось на трех тестовых функциях. Функции принадлежности треугольные. Параметры тестовых функций приведены в таблице. На рис. 1–3 представлены сравнительные графики зависимости ошибки системы от количества событий исключения-рассеивания для тестовых функций 1–3 соответственно.

Тестовые функции и их параметры				
№	Функции	Область изменения	Тер- мы	Наблю- дения
1	$z=y*\sin(x)$	$y,x \in \left[-\frac{\pi}{2};-\frac{\pi}{2}\right]$	5	121
2	$z = \sin\left(\frac{2x}{\pi}\right) \cdot \sin\left(\frac{2y}{\pi}\right)$	$y,x \in [-5;5]$	5	121
3	$z = (1 + 10*\exp(-100*(x - 0,7)^2))*(\sin(125/(x + 1,5))/(x + 0,1))$	$x \in [0;1]$	12	100

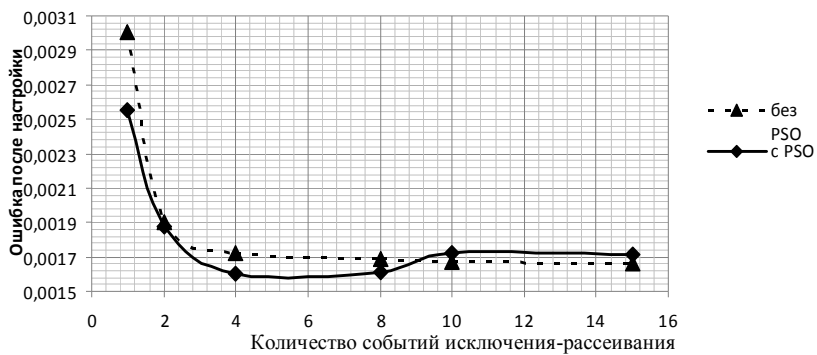


Рис. 1. Сравнение двух методов при изменении событий исключения-рассеивания для функции 1

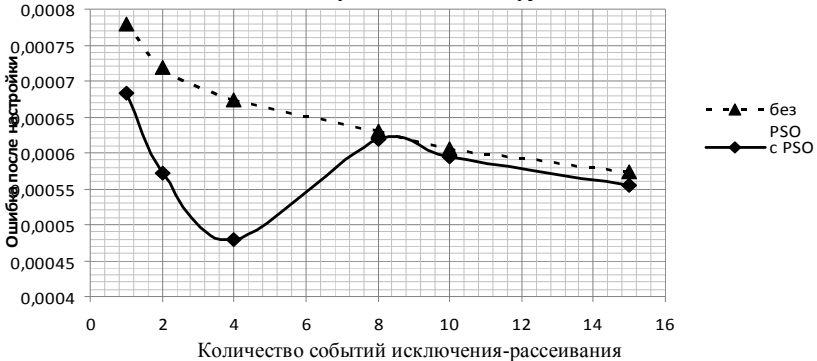


Рис. 2. Сравнение двух методов при изменении событий исключения-рассеивания для функции 2

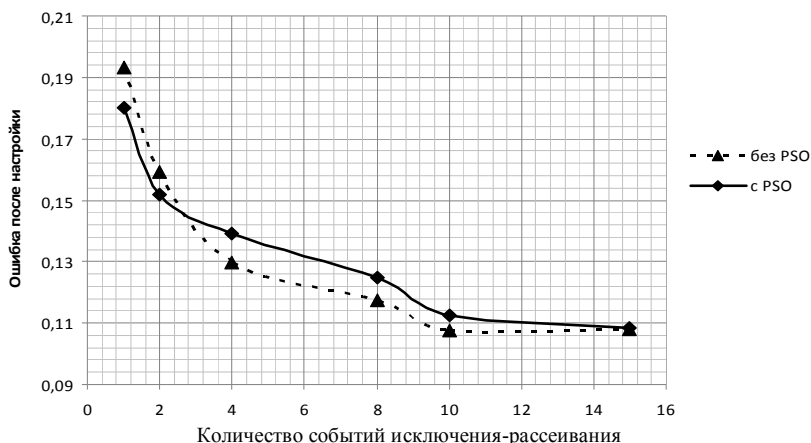


Рис. 3. Сравнение двух методов при изменении событий исключения-рассеивания для функции 3

Закключение. Проведенные опыты показали, что при малых параметрах алгоритм с PSO имеет явное преимущество, так как у него лучшая сходимость. При достаточно больших параметрах алгоритма разница в результатах незначительна, и поэтому выгодней применять немодифицированный метод, так как он работает немного быстрее и менее ресурсоемок.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ходашинский И.А.* Идентификация нечетких систем: методы и алгоритмы // Проблемы управления. 2009, № 4. С. 15–23.
2. *Passino K.M.* Biomimicry of Bacterial Foraging for Distributed Optimization and Control // IEEE Control Systems Magazine. 2002. Vol. 22, № 3. P. 52–67.
3. *Kennedy J., Eberhart R.* Particle Swarm Optimization // Proceedings of the 1995 IEEE International Conference on Neural Networks. Perth: IEEE Service Center. 1995. P. 1942–1948.

РАДИОТЕХНИКА

*Председатель секции – Титов А.А., д.т.н., профессор каф. РЗИ,
доцент;*

зам. председателя – Семенов Э.В., к.т.н., доцент каф. РЗИ

СРЕДА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ QUARTUS II ОТ ALTERA

*А.О. Астахов, студент 3 курса, К.В. Волков, аспирант каф. СРС
г. Томск, ТУСУР, astah1116@yandex.ru*

В современной электронике программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС) выполняют обработку потоков данных на высоких скоростях. ПЛИС применяются как в телекоммуникационной, так и в измерительной технике. Использование в подобных задачах, к примеру цифровых сигнальных процессоров, во многих случаях не эффективно (скоростной поток нагружает процессор и препятствует выполнению дополнительных задач). В данной статье рассмотрена программа Quartus II, которая позволяет производить полный цикл разработки проектов для ПЛИС.

Quartus II содержит в своем составе:

1. Средства для разработки проектов в графическом схемном редакторе или на языке VHDL.
2. Компилятор и редактор для размещения разработанной логики на схему целевого устройства.
3. Средства анализа временных характеристик устройства, таких как время задержки сигнала между входом и выходом.

Этот набор средств позволяет производить полный цикл разработки проектов, включая моделирование, тестирование и запуск. Разработка логических схем может производиться любым способом: при использовании языка писания аппаратных средств VHDL или посредством схематического моделирования. После разработки логической схемы и проверки ее на синтаксическую правильность производится синтез. Quartus II синтезирует схему в netlist (список соединений), который определяет логические элементы (ЛЭ), а также должен представить схему связей ЛЭ внутри ПЛИС. Следующим этапом является функциональное моделирование. При этом синтезируемая схема про-

веряется на функциональную правильность; моделирование не принимает во внимание временные задержки на соединительных линиях. Далее происходит размещение определенного ЛЭ из netlist на реальном чипе, выбираются оптимальные соединительные пути. Временной анализ определяет задержки распространения вдоль различных путей в разработанной схеме. После того как разработанная схема полностью сформировалась, производится программирование. Разработанная схема помещается внутрь физического чипа ПЛИС.

При возрастающей сложности проектов описанная выше последовательность усложняется. Становится все более необходимым расширенный временной анализ. Программное обеспечение Quartus II предоставляет такую возможность. Статический временной анализ – метод анализа, отладка и подтверждение правильности производительности и синхронизации проекта. Анализ синхронизации измеряет задержку каждого пути проекта и сообщает производительность проекта в терминах максимальной тактовой частоты. Однако временной анализ не проверяет функциональные возможности проекта и должен использоваться вместе с моделированием, чтобы проверить полную функциональность проекта. После каждой успешной трансляции Quartus II анализатор сообщает о результатах временного анализа в отчеты о трансляции, давая разработчику непосредственный доступ к этим данным [2].

Quartus II предоставляет разработчику такие виды диаграмм, как временные эпюры, блоки, Register Transfer Level (RTL).

Временные эпюры – это логические уровни напряжения на выходах схемы либо на элементах схемы в определенные промежутки времени. По временным эпюрам можно определить правильность работы схем и временные задержки, проходящие в схеме.

Блоки – схематическое изображение схемы, с помощью логических элементов отображает выполняемую схемой логику. С помощью такой схемы на первых этапах разработки проекта легко отслеживать ошибки и неточности в разрабатываемой схеме.

RTL – это несколько уровнейый редактор, который схему, разработанную с помощью блоков, интерпретирует для реализации на кристалле. Показывает, каким образом на кристалле будут образованы связи для обеспечения необходимой логики. Используется для корректировки местоположения некоторых элементов схемы (в целях экономии места на кристалле).

На рис. 1 представлены проекты, собранные внутри ПЛИС.

Можно сделать вывод, что использование программного обеспечения Quartus II заметно облегчает работу разработчика проекта на программируемой логической интегральной схеме, уменьшает время

Figure 1: 10x10 grid of 100 images

ЛИТЕРАТУРА

- Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (<http://www.novapdf.com>)

РАЗРАБОТКА МАКЕТА КВАНТОВОГО КАНАЛА ПЕРЕДАЧИ КЛЮЧА НА ОСНОВЕ ПРОТОКОЛА BB84

*С.О. Чечулин, аспирант, Н.А. Суслова, студентка,
А.В. Максимов, инженер*

*Научный руководитель Р.В. Литвинов, доцент, к.ф.-м.н.
г. Томск, ТУСУР, каф. РЗИ, cjeu@sibmail.com*

Первый базовый протокол квантовой криптографии BB84, названный в честь создателей, описан в работе [1], где для кодирования информации используется 4 квантовых состояния фотонов, формирующих 2 сопряженных базиса. К настоящему времени практически реализованы протоколы с кодированием в поляризационные состояния фотонов [2], в фазовые сдвиги фотонов [3], во временные сдвиги [4].

Экспериментальная демонстрация работы протокола в лабораторных условиях была выполнена за рубежом авторами работ [2, 5]. В России работа данного протокола продемонстрирована в работе [6] на основе экспериментальной установки, схема которой представлена на рис. 1. Основными блоками этой схемы, влияющими на скорость ее работы, являются лазерный модуль (ЛМ) и лавинный фотодиод (ЛФД) в приемном модуле.

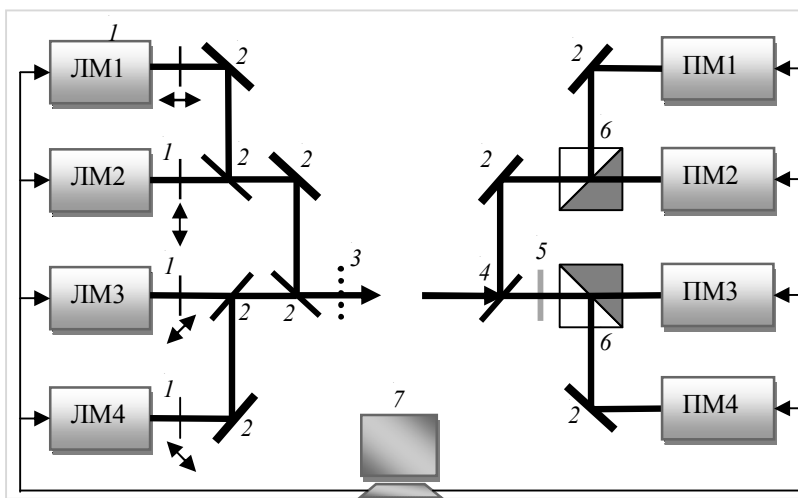


Рис. 1. Схема установки, реализующая протокол BB84: 1 – поляризатор; 2 – зеркало; 3 – поглощающий фильтр (аттенуатор); 4 – 50%-светоделительное зеркало; 5 – полуволновая пластинка; 6 – поляризационная разделительная призма Глана; 7 – ЭВМ, ПМ – приемный модуль

В схеме, предложенной авторами цитируемой работы [6], в качестве ЛМ использовались полупроводниковые лазеры ИЛПН-210, позволяющие генерировать на длине световой волны 830 нм импульсы длительностью 10 нс. В качестве ЛФД использовались С30902s. При этом скорость генерации ключа (СГК) в экспериментах для среднего числа фотонов в импульсе 0,1 и частоты генерации лазерных импульсов 100 КГц составила величину $\beta = 2,1$ Кбит/с. Это ниже, чем максимальная СГК, равная 100 Кбит/с, в ~ 48 раз. Такое снижение скорости генерации связано, во-первых, с необходимостью отбрасывания части бит при проверке ключа, что обусловлено вероятностным характером процесса измерения квантовых величин [7]. Во-вторых, с наличием шумов в квантовом канале передачи информации. И, в-третьих, с тем, что квантовый выход реальных ЛФД не равен единице, а максимальная скорость счета одиночных фотонов ограничена. Квантовая эффективность ЛФД, использованных в работе [6] составляла 50%, а максимальная скорость счета одиночных фотонов – 2 МГц. СГК порядка Кбит/с ограничивала применение квантовых протоколов в реальных криптографических системах.

В настоящее время значительное увеличение скорости генерации ключа возможно за счет применения более скоростных ЛМ, позволяющих генерировать импульсы наносекундного и субнаносекундного диапазона, и ЛФД с более высокими квантовой эффективностью и скоростью счета одиночных фотонов. Так, в качестве ЛМ можно использовать модули KLM-M635-4-5 с внешним модулятором отечественной фирмы «ФТИ-Оптроник», работающие на длине световой волны 635 нм. Отметим, что модулятор, идущий в комплекте с лазером, не позволяет генерировать импульсы наносекундной длительности. Этот недостаток устраняется за счет применения отдельного, специально разработанного, высокоскоростного электронного ключа, коммутирующего цепь внешнего модулятора ЛМ. Время коммутации электронного ключа составляет величину 1 нс. Модуль KLM-M635-4-5 является малоинерционным по сравнению с внешним ключом и поэтому без задержки отслеживает работу ключа, генерируя импульсы соответствующей длительности. В качестве лавинных фотодиодов можно использовать высокоскоростной ЛФД С9073 фирмы «Hamamatsu», квантовая эффективность которого достигает 80% на длине волны 620 нм, а максимальная скорость счета одиночных фотонов составляет 900 МГц.

Оценим СГК схемой, представленной на рис. 1, с использованием описанных выше современных компонент. Максимально возможная величина β оценивается в пренебрежении необходимостью отбрасывания части его бит и фактически равна верхней границе счета одиноч-

ных фотонов ЛФД, которая для C9073 составляет величину 900 МГц. Если за коэффициент снижения СГК, связанного с отбрасыванием части бит, принять полученную выше величину 48, то получим значение $\beta = 19$ Мбит/с, что значительно выше полученного в работе [6]. При этом следует ожидать, что более высокая квантовая эффективность C9073 приведет к дополнительному увеличению величины до ~ 30 Мбит/с. Такая СГК в схеме, реализующий квантовый протокол BB84, является достаточной для его использования в каналах секретной передачи информации реальных криптографических систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Bennet C. and Brassard G.* Quantum cryptography: Public key distribution and coin tossing // In Proceedings of IEEE International Conference on Computers, System and Signal Processing / Institute of Electrical and Electronics Engineers. N.Y. 1984. P. 175–179.
2. *Bennet C., Beette F., Brassard G. et al.* Experimental quantum cryptography // J. Cryptology. 1992. № 5. P. 3–28.
3. *Bennet C.H.* // Phys. Rev. Lett. 1992. Vol. 68. P. 3121–3124.
4. *Молотков С.Н.* Мультиплексная квантовая криптография с временным кодированием без интерферометров // Письма в ЖЭТФ. 2000. Т. 79, Вып. 9
5. *Kurtsiefer C., Zarda P., Halder M., Weinfurter H. et al.* / A step towards global key distribution. Nature // 2002. Vol. 419. P. 450
6. *Курочкин В.Л., Рябцев И.И., Неизвестный И.Г.* Экспериментальная установка для квантовой криптографии с одиночными поляризованными фотонами // ЖТФ. 2005. Т. 75, Вып. 6. С. 54–58.
7. *Мессиа А.* Квантовая механика. Т. 1. М.: Наука, 1978. 480 с.

АКТИВНАЯ ФАЗИРОВАННАЯ АНТЕННАЯ РЕШЕТКА ДЛЯ ПРИЕМОПЕРЕДАЮЩЕГО МОДУЛЯ Х-ДИАПАЗОНА

Е.В. Дмитриченко, инженер, Д.С. Хохол, аспирант
г. Томск, ЗАО «НПФ «Микран», prohogiy@micran.ru

Микрополосковые антенные структуры открывают широкие возможности для создания комплексов активных антенн, позволяющих решить задачу о синхронном сложении мощностей полупроводниковых генераторов. Малые габаритные размеры и высокая стабильность позволяют считать их перспективными для использования в качестве элементов фазированных антенных решеток [1].

В статье представлены результаты моделирования в программе электродинамического анализа трехмерной диаграммы направленности активной фазированной антенной решетки. Трехмерная модель антенны показана на рис. 1.

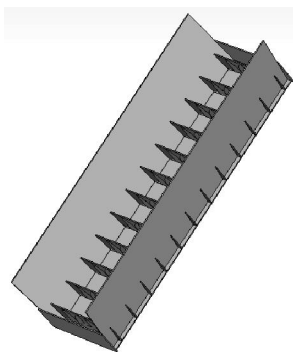


Рис. 1. Модель активной фазированной антенной решетки

Активная фазированная антенная решетка представляет собой набор из двенадцати излучателей, расположенных последовательно друг над другом, на расстоянии, равном половине длины волны. Что обеспечивает необходимую ширину ДН по углу места и уровню боковых лепестков [2].

Каждый элементарный излучатель представляет собой двустороннюю печатную плату. На одной из сторон размещены два широкополосных микрополосковых элемента на основе излучателя Вивальди. На второй стороне выполнена система питания, представляющая собой микрополосковую линию (МПЛ). Длина МПЛ выбирается из условия распределения максимального тока, питающего излучатели на обратной стороне платы.

В процессе выполнения работы были получены коэффициенты амплитуд и фаз, необходимые для отклонения луча антенны. Найдено оптимальное количество излучателей антенны, обеспечивающее требуемый вид диаграммы направленности. После чего было построено семейство диаграмм направленности с отклонением по углу места от -30 до 30 град.

На рис. 2 представлены ДН для антенны, у которой главный лепесток имеет наклон 0 и 30 град по углу места.

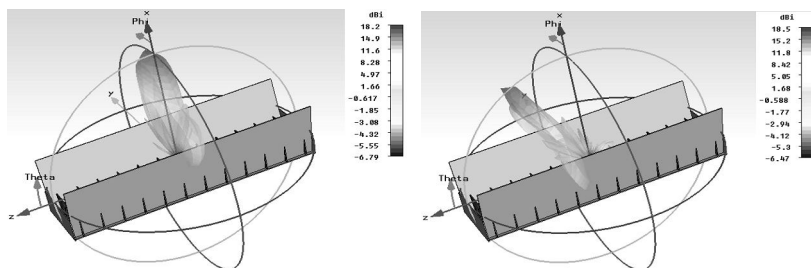


Рис. 2. Трехмерная диаграмма направленности

На рис. 3 представлено семейство диаграмм направленности, построенных в плоскости угла места, из которого виден наклон главного лепестка от 90 до 60 град с шагом 5 град по углу места.

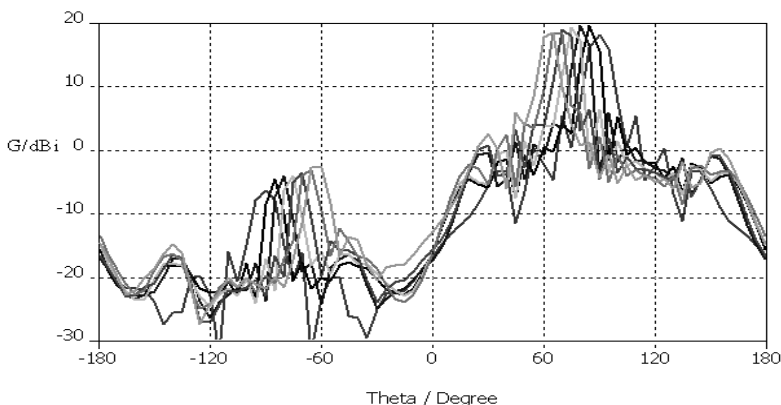


Рис. 3. Семейство диаграмм направленности в плоскости угла места

На основе выполненных расчетов были изготовлены опытные образцы антенн и измерены их характеристики. В результате были получены характеристики, удовлетворяющие техническому заданию. Данная модель антенны применяется в составе приемопередающего модуля, работающего в X-диапазоне.

ЛИТЕРАТУРА

1. Панченко Б.А. Микрополосковые антенны / Б.А. Панченко, Е.И. Нефедов. М.: Радио и связь, 1986. 73 с.
2. Ширман Я.Д. Радиоволноводы и объемные резонаторы. М.: Связьиздат, 1959. 380 с.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВСТРОЕННЫХ МЕЖСЕТЕВЫХ ЭКРАНОВ ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ Windows XP и Windows 7

Б.С. Донгак, студент 3-го курса, Е.Ю. Агеев, к.т.н., доцент
г. Томск, ТУСУР, Buyan_Dongak@vtomske.ru

Межсетевой экран (МЭ) – аппаратное или программное средство, осуществляющее контроль и фильтрацию проходящих сетевых пакетов в соответствии с заданными правилами. Основной задачей МЭ является защита компьютерных сетей или отдельных узлов от несанкционированного доступа. Несмотря на то, что МЭ применяются повсеместно, не всегда они могут гарантировать безопасность и полную защиту. Так, например, узлы сети не могут быть защищены от проникновения вредоносного ПО через интерфейсы, которые не контролируются МЭ, например порты USB. Правила настройки МЭ обычно раз-

решают весь исходящий трафик, поэтому если вредоносная программа уже проникла на компьютер, она может беспрепятственно посылать запросы или собранную на компьютере пользователя информацию в сеть. МЭ, как правило, не может защитить от загрузки заархивированных и зашифрованных вредоносных программ, в том числе вирусов.

Для изучения возможностей и уязвимостей МЭ были выбраны встроенные в операционную систему программные продукты компании Microsoft – МЭ Windows XP Professional SP2 и МЭ Windows 7 Ultimate. Использовались два способа проверки на уязвимость: с помощью программы Firewall Leakage Tester от компании «Информационная безопасность компьютерных систем и защита конфиденциальных данных» [1] и с помощью проверочной троянской программы TestTrojan от компании Millepah Software Engineering [2].

Программа Firewall Leakage Tester пытается соединиться с сервером grc.com, без разрешения пользователя. Если это сделать удастся, то МЭ не является надежным, и наоборот. Для осуществления атаки программа Firewall Leakage Tester подменяет имя своего исполняемого файла, заменяя его на имя одного из доверенных приложений на компьютере (например, internet explorer) и пытаясь установить исходящее соединение с удаленным сервером под этим именем.

Тестовый троян собирает информацию на компьютере пользователя, а затем пытается отправить ее на сервер <http://www.goodware.ru/>.

Проверка МЭ двух версий Windows по первому способу показала, что на компьютере со встроенным межсетевым экраном Windows 7 Ultimate программа Firewall Leakage Tester не смогла отправить запрос на сервер, т.к. брандмауэр Windows 7 контролирует исходящий трафик. На компьютере со встроенным межсетевым экраном от Windows XP Professional SP2 запрос был отправлен без труда, т.к. брандмауэр Windows XP не контролирует исходящий трафик.

При проверке по второму способу компьютер со встроенным МЭ от Windows 7 также успешно блокировал исходящий запрос, и проверочный троян не смог отправить информацию на сервер. На компьютере со встроенным МЭ от Windows XP SP2 троян успешно отправил информацию на сервер (рис. 1).

Встроенный МЭ в Windows XP SP2 достаточно надежен [3], но контролирует лишь входящие соединения, оставляя без внимания исходящие. Поэтому при использовании для защиты компьютера встроенного МЭ нужно быть очень внимательным при открытии файлов, полученных из сети. Вирус или шпионское программное обеспечение сможет без проблем отправить данные на внешний сервер, и пресечь его работу встроенный МЭ не сможет.

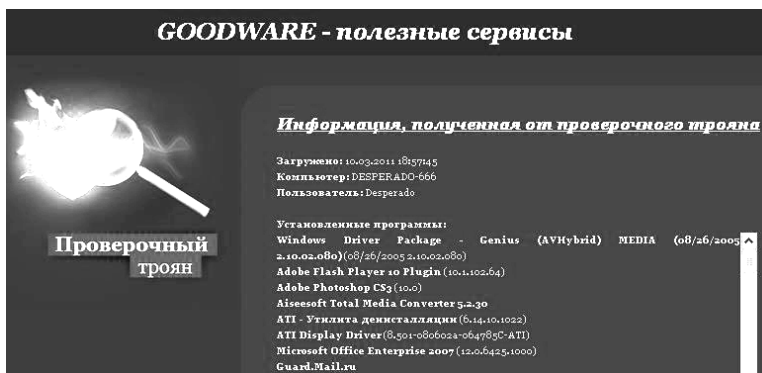


Рис. 1. Информация, полученная от проверочного трояна

Встроенный МЭ в Windows 7 намного изменился в отличие от встроенного МЭ в Windows XP SP2. Он контролирует не только входящий, но и исходящий трафик. В МЭ Windows 7 добавлена возможность использования нескольких активных сетевых профилей, т.е. наборов правил фильтрации, разрешений и запретов. В режиме повышенной безопасности для защиты сетевых соединений применяется протокол IPSec [4]. Таким образом, эффективность защиты Windows 7 существенно повысилась, в то же время удобство и сложность настроек практически не изменились.

ЛИТЕРАТУРА

1. Проверьте свой файрвол – Firewall Leakage Tester v1.2 [Электронный ресурс]. Сайт компании «Информационная безопасность компьютерных систем и защита конфиденциальных данных» 2009–2010. Режим доступа: <http://www.securrity.ru/soft/174-proverte-svoj-fajrvol-firewall-leakage-tester-v12.html>. Загл. с экрана.
2. Проверка надежности анти-шпионов, брандмауэров и фаерволов [Электронный ресурс]: 2009-2011 Millepah Software Engineering Режим доступа: <http://www.goodware.ru/trojan/>. Загл. с экрана.
3. Безопасность XP [Электронный ресурс]: (04.2009), Режим доступа: <http://windata.ru/windows-xp/bezopasnost-xp/brandmauer-windows-xp/>. Загл. с экрана.
4. Брандмауэр Windows 7 в режиме повышенной безопасности. Ч. 1. (11.04.2010) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.sdteam.com/t7472>. Загл. с экрана.

ПАССИВНАЯ ИНТЕРМОДУЛЯЦИЯ И ПРИЧИНЫ ЕЁ ВОЗНИКНОВЕНИЯ

В.Д. Егоров, инженер-конструктор 3 кат., аспирант каф. РТС

Научный руководитель В.П. Денисов, проф. каф. РТС, д.т.н.

г. Железногорск, ОАО «ИСС», pazzhy@yandex.ru

Пассивная интермодуляция – генерация новых сигналов (интермодуляционных продуктов) при прохождении СВЧ-сигнала, обусловленная нелинейностью характеристик передачи СВЧ-элементов. Максимально высокий уровень возникающих интермодуляционных продуктов на частотах гармоник происходит в таких явно не линейных устройствах, как полупроводниковые p - n -переходы (транзисторы, микросхемы и т.д.).

Сборки коаксиальных кабелей часто рассматривались как линейные компоненты. Тем не менее чисто линейных компонентов в природе не существует (понятие «идеал» возможно только в математике). В разъемах и в соединениях между кабелем и разъемом присутствуют небольшие нелинейности. Природа нелинейного поведения электрических контактов весьма обширна, это могут быть такие физические явления, как нелинейность сопротивления сжатия, нелинейность удельного сопротивления, обусловленная изменением температуры контактирующих зон при прохождении мощности, и т.д.

Происхождение пассивной интермодуляции может быть разделено на три категории: нелинейные контакты, нелинейные материалы, поверхностные эффекты.

а) Нелинейные контакты.

Поскольку поверхности проводников в микроскопическом масштабе никогда не бывают плоскими, они имеют различного рода недостатки, такие, например, как шероховатость. Электрическая область контакта состоит из одной или нескольких маленьких областей. Размер и количество областей зависят не только от поверхностной геометрии, но также и от твердости контактирующих материалов и силе, приложенной к контакту.

Контакт металлов в микроскопическом масштабе может быть представлен, как на рис. 1. Когда ток в линии проходит через контакты он искажается, чтобы найти область меньшего сопротивления. Если оксидный слой покрывает поверхность металлов, то сопротивление диэлектрической пленки также присутствует в контакте. Кроме того, в соединении между металлическими поверхностями контакта имеются пустоты, показанные на рис. 1, а это означает, что появляется емкость.

Рисунок 2 показывает эквивалентную схему, использующую для моделирования системы «метал–метал», когда нет повреждений поверхностного диэлектрического слоя [1].

Рис. 1. Реальный контакт и линии тока в нём

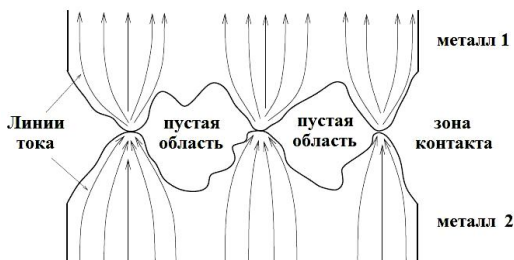
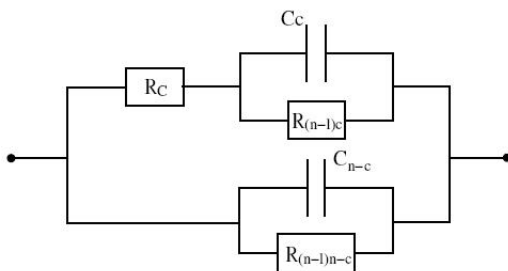


Рис. 2. Эквивалентная схема контакта металл–металл



R_C – общее сопротивление контакта; две ёмкости в схеме образовались из-за токов смещения в пустых областях (C_{n-c}) и зонах контакта (C_c) (см. рис. 2). Для каждой ёмкости параллельно образуются нелинейные сопротивления. Эти сопротивления являются источниками интермодуляции в пустых областях ($R_{(n-1)c}$) и зонах контакта ($R_{(n-1)n-c}$) – сопротивление оксидной плёнки. Среди физических причин этих сопротивлений (которые являются источниками интермодуляции): туннельный эффект (электроны из одного металла могут туннелировать через запрещенную зону к другому металлу, если расстояние между ними достаточно мало при приложении внешнего напряжения – туннельный диод, характеристика которого нелинейна); термоэлектронная эмиссия (в структуре металл–диэлектрик–металл термоэлектронная эмиссия тока определяется электронами, которые переходят из одного в другой металл, преодолевая потенциальный барьер, – также нелинейная зависимость) [1] и т.д. могут иметь место в контактной зоне, тогда как в пустых областях может произойти такое явление, как пробой газа (коронный разряд) [1].

б) Нелинейные материалы.

Нелинейность материалов обусловлена нелинейной зависимостью намагниченности материала от приложенного внешнего поля, что выражается в известной петле гистерезиса [1].

Для диэлектриков нелинейная диэлектрическая постоянная (удельная ёмкость) объясняется смещением ионов в кристаллической решетке под воздействием поля. В любом диэлектрическом материале происходит изменение объема под воздействием поля, это явление называют электрострикцией, что приводит также к нелинейному поведению диэлектрической постоянной (удельной ёмкости).

в) Поверхностные эффекты.

Большое значение на поведение контактов оказывают свойства поверхностей. Идеальное покрытие – золото или серебро, защищенные от окисления. Недопустимо загрязнение в области контактов, а это могут быть жир, остатки флюса, пыль, остатки от механической обработки и т.д.

Неровная поверхность проводника, неоднородное покрытие, недостаточная толщина покрытия, загрязнения на поверхности проводника могут также вызывать интермодуляционное искажение, если текущая плотность тока достаточно высока.

Исходя из этого, расположим в порядке важности возможные пути уменьшения уровня интермодуляции передающего тракта:

1) Необходимо уменьшить количество соединений металл к металлу (количество источников интермодуляции).

В тракте таких соединений много десятков, если не сотни. Кроме таких очевидных соединений, как разъемы всех СВЧ-элементов (фильтры, кабели, гермовводы, направленные ответвители, соединения поворотные, антенны), есть огромное количество «прятанных».

2) Там, где избавиться от соединения металл к металлу невозможно, необходимо:

- тщательно подходить к выбору материалов и покрытий (золото, серебро с защитой от коррозии и сплавы на их основе);

- части разъемов, а также металлические поверхности, которые оказываются в области с высокой текущей плотностью тока, должны проходить высококачественную механическую обработку для получения идеальных поверхностей;

- не допускать наличия загрязнителей при нанесении покрытий;

- обеспечить достаточную и ровную толщину покрытий, недопустимы отслаивание, износ покрытий;

- при сборке тракта должен быть обязательный контроль затяжки СВЧ-соединителей, затяжка должна проводиться с применением моментных ключей;

- обязательный контроль чистоты токонесущих поверхностей, в том числе у соединителей;

- необходимо минимизировать, насколько это возможно, относительное движение поверхностей контактов из-за внешней вибрации, теплового расширения и т.д.;

– изгибать кабели необходимо очень осторожно, особенно критическая точка—место заделки соединителя с кабелем.

Таким образом, борьба с продуктами интермодуляции – это очень серьезная проблема, которая требует большого количества времени, сил и средств.

Ведущие производители СВЧ-кабелей в последнее время стали уделять особое внимание проблеме интермодуляции в связи с возросшей чувствительностью приемных устройств. Так, в каталогах и на сайтах таких производителей, как CABELCON CONNECTORS, RADIAL, ASTROLAB, HUBER+SUNNER, на некоторую часть выпускаемой продукции приводятся требования по интермодуляции, а также есть небольшие теоретические выкладки.

Так, предлагаются оптимизированные измерительные кабели для проведения измерений уровней интермодуляции. Наряду с обычными требованиями к электрическим характеристикам кабелей (КСВ, потери, фазовая стабильность и т.д.) имеются дополнительные требования, такие как высокое качество сборки, выбор антимагнитных материалов в составе соединителя, оптимизированная конструкция всех составных частей соединителей, оптимизированная конструкция кабеля, стабильное закрепление входа-выхода кабеля в месте заделки соединителей с кабелем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Passive Intermodulation and Corona Discharge for Microwave Structures in Communications Satellites / Dissertation von Dipl.-Phys. Carlos Pascual Vicente Quiles, Darmsadter Dissertationen, 2005.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ОБРАБОТКИ АУДИОСИГНАЛА

А.А. Марина, Ю.Ю. Янковская, Ю.В. Кополовец,

В.Б. Ускин, студенты 3-го курса;

С.Г. Белоусов, А.Г. Былков, А.А. Лихолат, студенты 4-го курса;

В.Ю. Гуцин, аспирант; Ю.В. Гриняев, д.ф-м.н., проф.

г. Томск, ТУСУР, каф. РЗИ, gitchy@sibmail.com

Искусственная нейронная сеть – это программная, аппаратная, математическая модель биологической нейронной сети, т.е. сетей нервных клеток мозга живого организма. ИНС представляет собой систему соединённых и взаимодействующих между собой простых искусственных нейронов. Каждый нейрон подобной сети имеет дело только с сигналами, которые он периодически получает, и сигналами, которые он периодически посылает другим нейронам. И тем не менее

будучи соединёнными в достаточно большую сеть с управляемым взаимодействием, такие локально простые нейроны по отдельности вместе способны выполнять довольно сложные задачи. С точки зрения развития вычислительной техники и программирования, нейронная сеть – способ решения проблемы эффективного параллелизма [1].

Принцип действия искусственной нейронной сети состоит в формировании связей между нейронами, такие связи называются синаптическими. Каждый нейрон получает множество входных сигналов X , а затем, с учетом внутренней системы весовых коэффициентов W , характеризующих синаптическую связь и функцию активации F , порождает выходной сигнал Y , который, как правило, служит входным для другого нейрона.

Использование подобного рода алгоритмов очень популярно в наши дни, поскольку в отличие от других программных продуктов нейронная сеть не программируется, а обучается сама и учится исправлять ошибки.

Области применения нейронной сети достаточно разнообразны: это и прогнозирование на фондовом рынке, и предоставление кредита, и управление различными механизмами, и автоматическое целеуказание в системах видеонаблюдения, и поиск нефти геофизическими и геохимическими методами, и многие другие [2].

Нейронные сети так же хорошо справляются с задачами обработки аудиосигнала: сжатия, кодирования данных и подготовки их к передаче. Применение нейросети для работы с подобного рода данными хорошо тем, что при наличии большого числа шумовых входных сигналов нет необходимости делать их предварительный отсев, нейронная сеть сама определит их малопригодность для решения задачи и отбросит их.

Были созданы 2 программы: первая – формирует обучающую выборку путем решения простейших математических задач. Результатом программы является файл, состоящий из 210 строк, каждая строка которого – это последовательно записанные три числа в диапазоне от 0 до 50 и четвертое число 0 или 1 в зависимости от знака суммы данных трех чисел.

Вторая программа описывает однослойный персептрон с 3 входами и 1 выходом. Обучение происходит по дельта-правилу Розенблатта. На входы персептрона подаются коэффициенты из обучающей выборки, они умножаются на соответствующие значения веса из составленной матрицы синаптических весов, затем полученные значения суммируются и прибавляется значение активационного порога, также умноженного на вес из матрицы синаптических весов. Эта сумма подставляется в функцию активации, получившийся результат является

выходным, который затем сравнивается с выходным значением из обучающей выборки. Разница между значением из выборки и полученным значением является ошибкой. Данная ошибка сравнивается со значением, заданным ранее, если она превышает данное значение, то происходит корректировка синаптических весов и цикл продолжается до тех пор, пока значение ошибки не станет меньшим или равным ранее заданному значению, либо пока не закончится количество итераций. Результатом работы программы являются количество пройденных итераций и итоговое значение ошибки.

Программа представляет собой каркас, а именно допускает вариации практически всех параметров нейронной сети, что позволяет создать на ее основе модули и библиотеки, разработать аудиокодек, который бы значительно улучшил качество звука и минимизировал потери информации при сжатии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рутковская Д., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы // М.: Горячие линии – Телеком, М., 2006. 452 с.
2. Барский А.Б. Нейронные сети: распознавание, принятие решений, управление // Финансы и статистика. М., 2004. 179 с.

РАЗРАБОТКА АУДИОМОДУЛЯ ДЛЯ СИСТЕМ ВИДЕОКОНФЕРЕНЦ-СВЯЗИ

А.А. Марина, Ю.Ю. Янковская, Ю.В. Кополовец,

В.Б. Ускин, студенты 3-го курса,

С.Г. Белоусов, А.Г. Былков, А.А. Лихолат, студенты 4-го курса,

В.Ю. Гуцин, аспирант, Ю.В. Гриняев, д.ф.-м.н, проф.

г. Томск, ТУСУР, каф. РЗИ, gitchy@sibmail.com

Большинство людей предпочитают личное общение телефонному разговору. Конечно, видеоконференции никогда не заменят личного общения, но они позволяют добиться принципиально нового уровня общения людей, подчас разделенных многими тысячами километров. Ведь согласно известным исследованиям, при телефонном разговоре можно передать только десятую часть транслируемой информации. А в случае, когда есть возможность следить за жестикულიей и мимикой собеседника, КПД передачи информации достигает 60%. Менеджеры компаний, уже использующих видеоконференции, считают, что системы видеоконференций резко сокращают временные и финансовые затраты на командировки их сотрудников и делают проводимые совещания более продуктивными.

Видеоконференция – это не просто видеотелефон на персональном компьютере, видеоконференция – это компьютерная технология, которая позволяет людям видеть и слышать друг друга, обмениваться данными и совместно их обрабатывать в режиме реального времени, и все это, используя возможности привычного всем ПК либо специализированных устройств [1].

Активное внедрение технологий, обеспечивающих трансляцию изображения высокой четкости, не могло оставить без внимания проблему качества передачи звука без потерь. Для обеспечения качественного звукового сопровождения видеоконференций с высокой скоростью передачи потока, обеспечивающих трансляцию видео в формате High Definition, необходимо создать аудиомодуль.

Наиболее актуальные и часто возникающие проблемы со звуком – это временная потеря звука во время конференции, зашумление, рассинхронизация видео- и аудиосигналов. Поэтому для обработки аудиоданных, их сжатия и подготовки к передаче рационально применить нейронные сети, нечеткую логику и другие интеллектуальные алгоритмы, помогающие в устранении проблемы потери пакетов данных при передаче.

В результате аппроксимации сигнала звук будет сохранять свою целостность, устраняя тем самым проблемы потери информации.

Существующие на данный момент программные продукты не способны поддерживать высокую скорость передачи данных и требуют больших затрат мощности, в отличие от реализуемого аудиомодуля, что предоставляет широкие возможности для его реализации на рынке. Сжимая и кодируя звуковой сигнал, он уменьшает время его передачи по каналам связи, не требуя больших затрат мощности на обработку, позволяя осуществлять одновременную работу нескольких приложений.

Планируемый аудиомодуль будет представлять собой комплекс программ и библиотек, написанных на языке высокого уровня. Каждый элемент будет призван решать конкретную задачу обработки звука с учетом непостоянства пропускающей среды и ограниченности возможностей аппаратных ресурсов.

Существующие алгоритмы кодирования не будут нами проигнорированы, а найдут применение в разрабатываемом нами программном комплексе и будут оптимизированы. Суть разработки заключается в создании аудиомодуля, находящегося в постоянном поиске баланса между состоянием канала и обрабатывающей аппаратуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. СТЭЛ компьютерные системы. Видеоконференции. Технологии: Просто. URL: http://www.stel.ru/videoconference/tech_vc/prosto/ (дата обращения: 10.03.2011).

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА РАСПОЗНАВАНИЯ И СИНТЕЗА ЕСТЕСТВЕННОЙ ЧЕЛОВЕЧЕСКОЙ РЕЧИ

***А.А. Марина, Ю.Ю. Янковская, Ю.В. Кополовец,
В.Б. Ускин, студенты 3-го курса, А.А. Лихолат, студент 4-го кур-
са, В.Ю. Гуцин, аспирант, Ю.В. Гриняев, д.ф-м.н., проф.
г. Томск, ТУСУР, каф. РЗИ, gitchy@sibmail.com***

Один ребенок из тысячи рождается с патологией слуха. К этой цифре следует добавить приобретенную глухоту. По разным источникам, в стране от 12 до 13,5 млн человек в той или иной степени страдают сниженным слухом [1].

Далеко не все инвалиды по слуху имеют возможность выучить язык жестов. Не только со здоровыми, даже с такими же, как они, глухие зачастую не могут общаться. Из-за недостатка специализированных детских садов и школ среди глухих много тех, кто вообще не владеет жестовым языком. Сурдопереводчиков по России всего 900 человек.

Многие глухие общаются посредством СМС с людьми, находящимися в непосредственной близости, что приводит к определенным тратам. Часть глухих перестают учить язык жестов, полностью переходя на СМС-общение. Этот факт показывает, что общение по СМС устраивает молодых людей с нарушением слуха.

Устройство распознавания и синтеза речи не только позволит обеспечить привычный режим восприятия информации, но и сохранить деньги как глухого, так и его говорящего собеседника. Тем более скорость обмена информацией будет выше, так как говорящий не должен будет тратить время на набор СМС.

Нами планируется создать устройство, призванное послужить надежным средством коммуникации для людей с патологиями слуха. В связи с этим основными функциями его будут распознавание и синтез естественной человеческой речи. Также в качестве дополнительных функций, характерных практически для всех портативных цифровых устройств, планируется добавить часы, калькулятор, органайзер, секундомер, конвертер, возможно, простейшие игры и вибробудильник, связанный с органайзером. Устройство будет оснащено QWERTY клавиатурой или клавиатурой, подобной сотовому телефону.

Звук, снимаемый из окружающей среды чувствительным микрофоном, проходит предварительную обработку. В ходе этой обработки из акустического сигнала выделяется речевая составляющая, происходит отделение сигнала от различного рода шумов. После выделенный и преобразованный в цифровую форму сигнал поступает на электрическую схему, представляющую собой аппаратную реализацию нейрон-

ной сети Кохонена, которая была заранее обучена на человеческих голосах различной тональности и громкости.

После обработки нейронной сетью данные с ее выхода поступают в программную оболочку, которая с помощью вероятностных моделей и, возможно, с использованием лексического аппарата преобразует их в текст, отображаемый на дисплее.

Процесс синтеза речи начинается с ввода текста с клавиатуры устройства. Вводимый текст для удобства пользователя отображается на дисплее. Получив команду посредством нажатия пользователем кнопки воспроизведения, программная оболочка начинает обработку, подбор соответствующих фонем и интонации. В итоге команда, сформированная на данном этапе, поступает на динамик устройства.

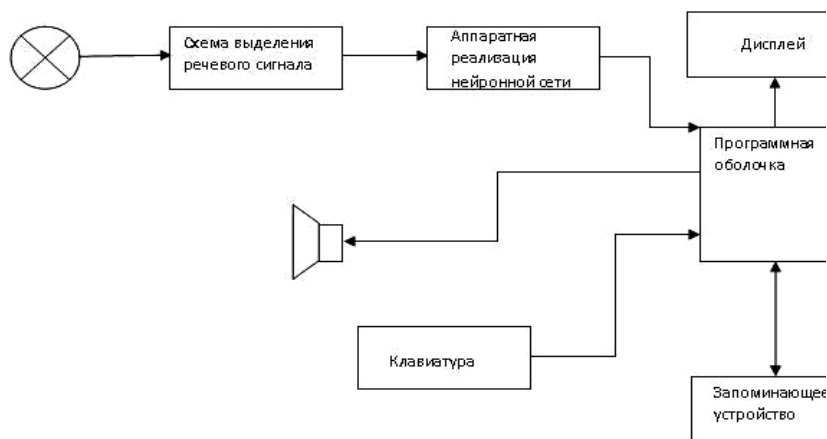


Рис. 1. Функциональная схема устройства

Сами технологии распознавания и синтеза речи могут стать отдельным продуктом, который заинтересует другие категории пользователей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Областная газета. Статья «Мир глухих» (Вып. 144 от 05.10.2007). http://www.og-irk.ru/vp236/mir_gluhih/view_4200.html

GaAs МИС ДВУХРАЗЯДНОГО ФАЗОВРАЩАТЕЛЯ L-ДИАПАЗОНА ЧАСТОТ

*Д.С. Хохол, Е.В. Дмитриченко, аспиранты,
А.В. Кондратенко, инженер*

г. Томск, ТУСУР, ЗАО НПФ «Микран», alkon@micran.ru

Одним из основных функциональных узлов приемопередающих модулей АФАР являются электрически управляемые фазовращатели. Применение дискретно-коммутационного способа управления (в сравнении с аналоговым способом) позволяет значительно уменьшить влияние временных и температурных нестабильностей полупроводниковых элементов и управляющих сигналов на фазовые характеристики. В данном случае стабильность устройства определяется стабильностью параметров пассивных элементов, задающих требуемый фазовый сдвиг, а влияние управляющих ключевых элементов в ряде случаев пренебрежимо мало [1].

В статье представлены результаты разработки монолитной интегральной схемы (МИС) двухразрядного фазовращателя L-диапазона на основе 0,5 мкм GaAs р-НЕМТ технологии ЗАО «НПФ Микран». Эквивалентная схема фазовращателя представлена на рис. 1.

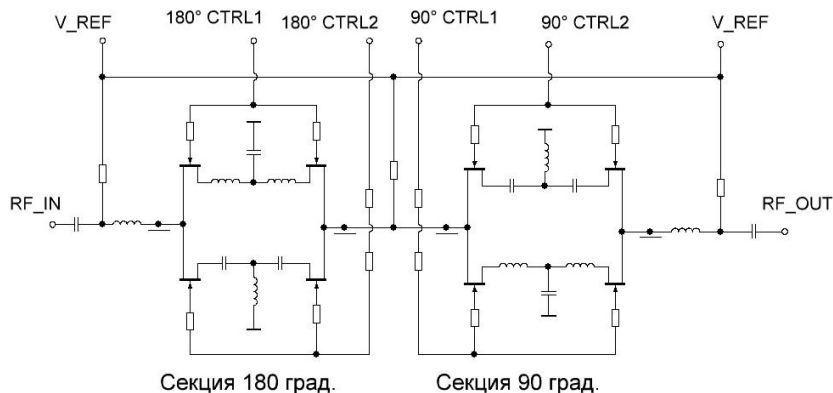


Рис. 1. Эквивалентная схема фазовращателя

Фазовращатель представляет собой каскадное включение двух секций с вносимым фазовым сдвигом 180° и 90°, выполненных на основе коммутируемых звеньев ФНЧ и ФВЧ. В качестве ключевых элементов применяются полевые транзисторы с затвором Шоттки (ПТШ), работающие в режиме управляемого сопротивления канала. Суммарная ширина затвора каждого транзистора составляет 560 мкм. Досто-

инством используемого схемного решения является крайне малая чувствительность вносимых фазовых сдвигов, а также паразитной амплитудной конверсии к технологическим вариациям параметров транзисторов. К примеру, при изменении длины затвора транзисторов от 0,5 до 1 мкм изменение фазовых сдвигов составляет не более $1,5^\circ$. Изменение начальных потерь при этом составляет от 2,5 до 5 дБ.

Проблема реализации цифрового управления решена путем смещения общего потенциала схемы на величину положительного уровня логической единицы [2].

В настоящее время экспериментальные пластины с кристаллами фазовращателей находятся на этапе изготовления на технологической линии ЗАО «НПФ Микран». Топология разработанной МИС представлена на рис. 2. Размеры кристалла $2,9 \times 2,0 \times 0,1$ мм.

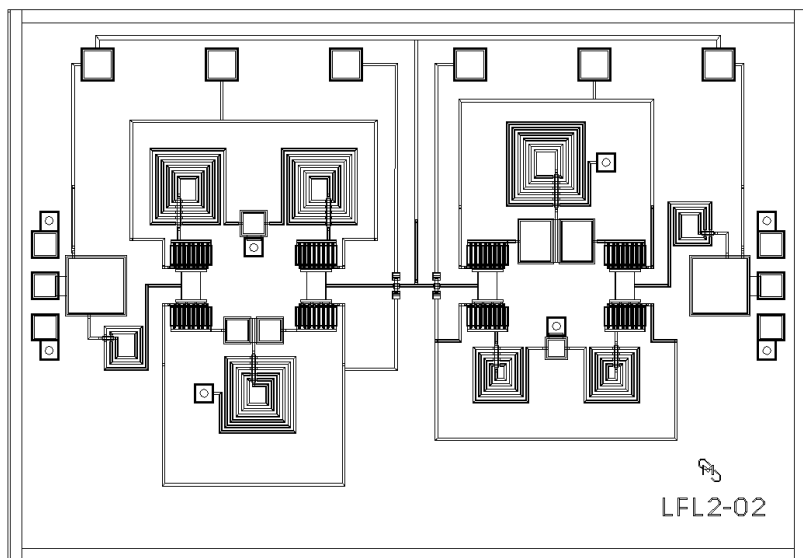


Рис. 2. Топология разработанной МИС

Расчет проводился на основе моделей из библиотеки Switch GaAs pHEMT 0,5 μm , разработанной сотрудниками дизайн-центра НПФ «Микран», а также с использованием экспериментальных результатов измерения параметров рассеяния тестовых транзисторов в режиме коммутации. Измерения проводились в НОЦ «Нанотехнологии» ТУСУРа.

Основные расчетные электрические параметры фазовращателя представлены в таблице.

Параметр	Значение
Диапазон рабочих частот, ГГц	1,21...1,32
Вносимый фазовый сдвиг, град	90 / 180 / 270°
Абсолютная ошибка установки фазы, град, не более	1,5
Начальные потери, дБ, не более	2,5
Паразитная амплитудная конверсия, дБ, не более	0,5
Возвратные потери, дБ, не менее	17
Ток потребления по цепям управления, мкА, не более	100
Сигналы управления, В	0 / +5

Разработанный фазовращатель предназначен для работы в составе приемопередающего модуля АФАР L-диапазона. Данная МИС является узкоспециализированной с заданной полосой рабочих частот. Полученный опыт окажется полезным при разработке микросхем для других приложений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Данилин В.Н. Аналоговые полупроводниковые интегральные схемы СВЧ / В.Н. Данилин, А.И. Кушниренко, Г.В. Петров. М.: Радио и связь, 1985. 192 с.
2. Аржанов С.Н. Комплект управляющих СВЧ GaAs МИС для систем АФАР / С.Н. Аржанов, А.А. Баров, А.Н. Гусев и др. // 17-я Междунар. Крымская конф. «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии». 2007. Т. 1. С. 75–76.

РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ИНВЕРТОРА НАПРЯЖЕНИЯ НА БАЗЕ ПРОЦЕССОРА TMS320F28335

*Ж.Е. Kannasov, студент 5-го курса, Min-Ju Hsieh,
Dr. Yoshihiro Konishi (Industrial Technology Rresearch Institute,
отдел U200)*

г. Томск, ТУСУР, zhanat.kappasov@yandex.ru

Описываемый проект был выполнен в Республике Китай (Тайвань) в Исследовательском институте промышленных технологий.

Одной из главных задач в современных системах силовой электроники является обеспечение высокого коэффициента полезного действия с наименьшими затратами и общим весом. В настоящее время исследованию в области альтернативных источников питания уделяется особое внимание и выделяются большие средства не только на сами исследования, но и усиление научного потенциала в данной области науки. Вышеуказанный инвертор напряжения разрабатывается с целью преобразования постоянного напряжения, поступающего с солнечных батарей, в переменное напряжение (рис. 1).

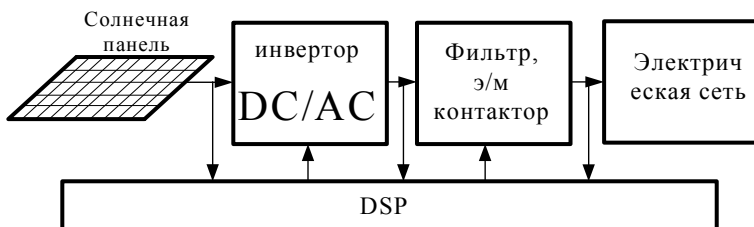


Рис. 1. Структурная схема соединения

Требования к инвертору напряжения сведены в таблицу.

Основные электрические параметры

P	$U_{\text{вых}}$	f , Гц	I , А	$U_{\text{вх}}$, В
5 кВА	220 Vrms	(59,3–60,5)	18,56	290–520

Этапы разработки инвертора: моделирование системы в пакете моделирования систем силовой электроники PSIM, расчет тепловых потерь и выбор радиатора, конструирование и сбор силового каскада, расчет фильтра программирования цифрового сигнального процессора (DSP) на языке «Си» для реализации: широтно-импульсной модуляции (ШИМ), «мягкого» старта, PID-регулятора, управления электромагнитным контактором. Прошивка DSP реализована в программной среде CCS4. В качестве программатора использован JTAG XDS510USB, позволяющий вести наблюдение за данными DSP в режиме реального времени.

Коды для реализации ЦАП, АЦП, прерываний, ШИМ, PID-регуляторов находятся в открытом доступе на сайте компании TI. Но для каждой конкретной системы эти коды корректируются. Для новичков в программировании – изменение кода, а не создание его с нуля значительно сокращает время выполнения проекта. При программировании DSP сначала определяются вых./вх., которые будут служить для определенных задач, то есть GPIO setting. Выбираются прерывание, его частота, приоритет прерываний, если их несколько. Создаются *.h файлы и структуры для удобства работы. Далее – алгоритмы ЦАП, ШИМ и т.д.

Сигнал с панели солнечной батареи необходим для слежения за точкой максимальной мощности. Сигнал, снимаемый непосредственно с выхода инвертора, – обратной связи по напряжению до замыкания контактора и обратной связи по току после соединения с сетью. Сигнал с электрической сети – синхронизации. С DSP на инвертор и контактор поступают сигналы ШИМ и сигнал для замыкания контактора.

Разработанная схема контроля ШИМ инвертора, осциллограммы сигналов в заданных точках блока управления представлена и на рис. 2.



Рис. 2. Схема блока управления ШИМ – а; режимы работы – б

До соединения с сетью инвертор работает в режиме управления напряжением. Задаточное напряжение нарастает постепенно, когда выходные напряжения инвертора и сети равны, на контактор подается сигнал замыкания. После подтверждения соединения с сетью, инвертор переходит в режим управления током. Эпюры выходных напряжений и фотоснимок инвертора представлены на рис. 3.

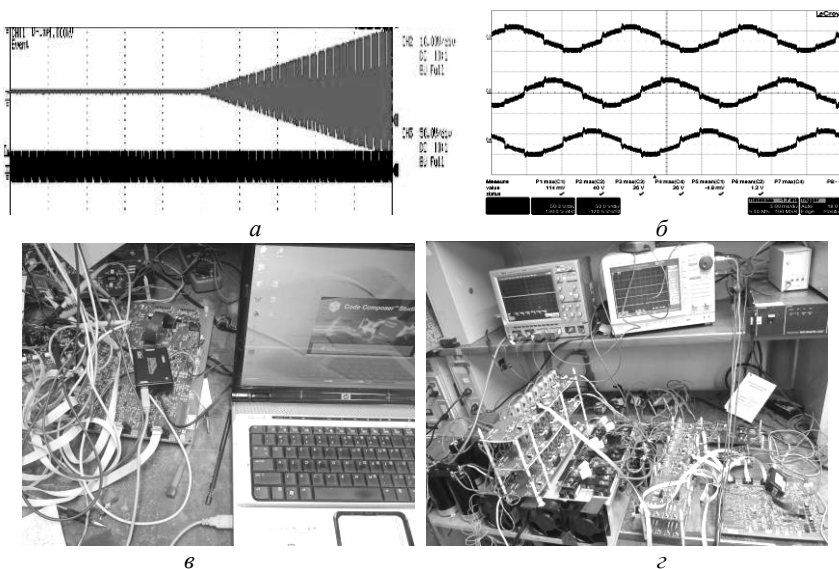


Рис. 3. Эпюры напряжений при «мягком» старте – а; эпюры напряжений трех фаз – б; фото при прошивке DSP – в; фото всей установки – г

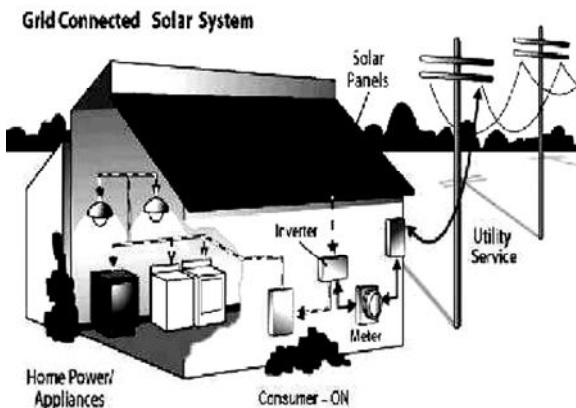


Рис. 4. Фото «smart house»

Разработанный инвертор напряжения может быть использован и в частном секторе. Следует отметить «инноватику» разработок в области источников альтернативного питания, так как данный продукт может быть пущен в коммерциализацию, а покупатели могут стать продавцами энергии соседям (рис. 4). Такие же инверторы используются в военной технике и в космосе.

ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.ti.com>
2. Wu B. High-Power Converters and AC Drives. N.Y.: IEEE-Wiley Press, 2006.
3. Mohan, Undeland and Robbins, Power Electronics: Converters, Applications, and Design. N.Y.: Wiley, 2002.
4. Cordova L., Silva C. and Lezana P. Implementation and Control of an Hybrid Multilevel Converter with Floating DC-links for Current Waveform Improvement // Industrial Electronics. IEEE Transactions. 2010. 99.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРЕХФАЗНЫХ ИНВЕРТОРОВ НАПРЯЖЕНИЯ

Ж.Е. Каппасов, студент 5-го курса, В.М. Рулевский, В.Н. Мишин
г. Томск, ТУСУР, zhanat.kappasov@yandex.ru

Необходимость оценки и вовлечения в промышленный потенциал минеральных ресурсов Мирового океана поставила задачу создания и эксплуатации подводных телеуправляемых аппаратов (ТПА), обеспечивающих проведение геологических исследований на морском дне. Для ТПА важное значение имеет система электропитания (СЭП), так

как использование научно-исследовательской, фотографической, телевизионной и другой аппаратуры на больших глубинах требует применения мощных осветительных приборов и устройств со значительным энергопотреблением (рис. 1). В составе СЭП ТПА одним из ключевых устройств является инвертор напряжения, устанавливаемый на борту судна [1] и служащий для преобразования напряжения постоянного тока в переменный.

Сравнительный анализ основных топологий трехфазных инверторов напряжения, обзор современного состояния элементной базы и разработанных алгоритмов управления инверторов необходим при разработках, направленных на повышение КПД и уменьшение массогабаритных показателей трехфазного инвертора напряжения.

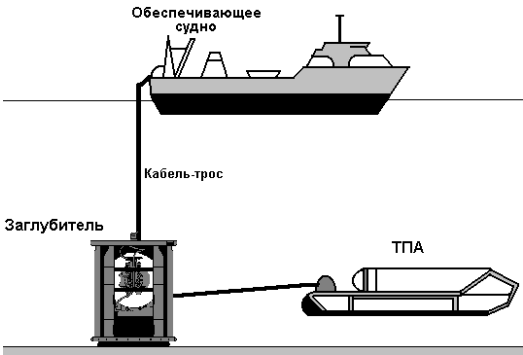


Рис. 1. Функциональная схема СЭП ТПА

При моделировании топологий и энергетических расчетах трехфазного инвертора напряжения использовалась синусоидальная широтно-импульсная модуляция и были заданы параметры, которые сведены в таблицу.

Основные электрические параметры

P , кВА	$U_{\text{вых}}$	f_z , Гц	$U_{\text{вх}}$, В	$f_{\text{шим}}$, кГц
16	300 Vrms	1000	510	48

Для анализа были выбраны следующие топологии трехфазных инверторов: мостовой (рис. 2, б) и многоуровневый инвертор с запирающими диодами (NPC) (рис. 2, а). Также наряду с NPC инверторами существуют инверторы с запирающими конденсаторам, с каскадным соединением инверторов и др. [2, 3]. Но наибольшее распространение получили именно NPC инверторы, которые используются в приводах переменного тока среднего напряжения для асинхронных двигателей SIMOVERT MC фирмы SIEMENCE, ACS 1000 фирмы ABB, и др.

На современном рынке полупроводниковой элементной базы для силовой электроники представлены продукты таких брэндов, как Microsemi, IXYS, Powerex, Mitsubishi, Semikron и др. Выбор транзисторов должен удовлетворять следующим условиям:

- так как частота модуляции высокая (обуславливает меньший коэффициент гармоник выходного напряжения), то необходимо выбирать такие транзисторы, которые имеют наименьшие динамические потери. Этому условию удовлетворяют полевые транзисторы, выполненные по технологии CoolMos, и со сравнительно худшими показателями IGBT транзисторы фирмы Microsemi;
- максимально допустимое напряжение сток-исток или коллектора для мостовой схемы равен 1200 В, для трехуровневого – 600 В;
- максимально допустимый ток коллектора или стока 75 А.

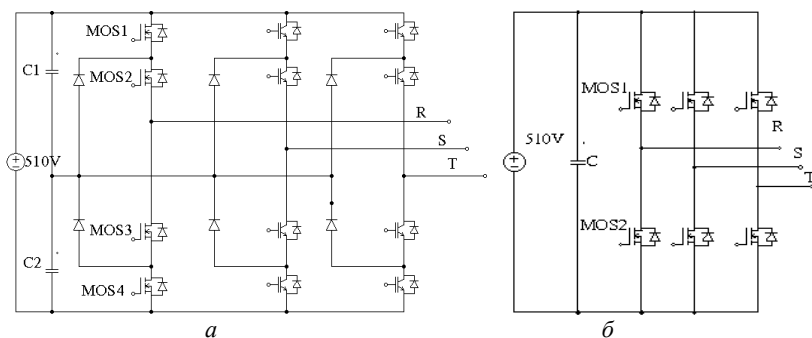


Рис. 2. Топологии трехфазных инверторов: а – многоуровневый, б – мостовой

На данном этапе развития элементной базы параметр U_{ds} полевых транзисторов, выполненных по технологии CoolMos [4], не превышает 600 В, т.е. такие транзисторы пригодны для многоуровневого инвертора. Особенность технологии CoolMos является сравнительное маленькое значение параметра R_{ds} , которое значительно влияет на статические потери.

Таким образом, выбрав наиболее оптимальные транзисторы для каждой топологии инверторов, были рассчитаны потери, которые составили для мостовой схемы $P \approx 1,3$ кВт и для многоуровневой схемы $P \approx 400$ Вт.

Многоуровневая схема дает выигрыш не только по потерям (выигрыш при заданных условиях), но и по коэффициенту гармоник выходного напряжения, обусловленного меньшим скачкообразным изменением тока на катушки индуктивности выходного фильтра инвертора (рис. 3).

Результаты проделанной работы будут использованы в проектно-конструкторской деятельности НИИ АЭМ ТУСУРа при разработке СЭП ТПА. Далее запланированы выбор или создание алгоритма широтно-импульсной модуляции, реализация системы управления, выбор защиты, конструктивное исполнение и представление данной работы на дипломном проекте.

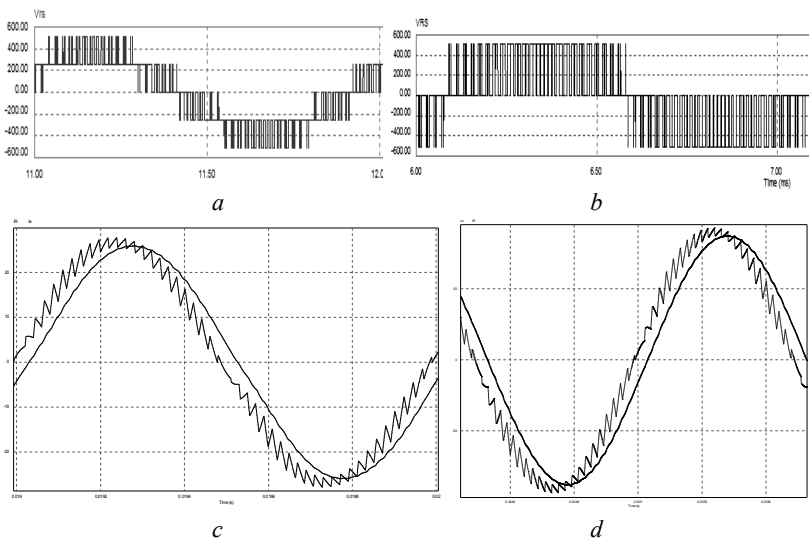


Рис. 3. Линейные напряжения инверторов: *a* – многоуровневый, *b* – мостовой; эпюры токов на катушки индуктивности: *c* – многоуровневый, *d* – мостовой

ЛИТЕРАТУРА

1. *Wu B.* High-Power Converters and AC Drives. N.Y.: IEEE-Wiley Press, 2006.
2. *Liao J., Wan K., Ferdowsi M.* Cascaded H-bridge multilevel inverters – a re-examination // in Proc. IEEE Vehicle Power and Propulsion Conf., Arlington, TX, Sep. 2007.
3. *Lu S., Corzine K.A.* Power Electronics and Motion Control Conference // CES/IEEE 5th International. 2006. Vol. 1. P. 1–5.
4. www.microsemi.com

РАЗРАБОТКА ПЯТИЗВЕННОГО ДВУХМОДОВОГО ФИЛЬТРА НА КРУГЛОМ ВОЛНОВОДЕ

А.Н. Колегов, аспирант каф. РТС

г. Железногорск, Красноярского края, ОАО «ИСС», Aleksaurus@ya.ru

Волноводные двухмодовые полосовые фильтры обычно применяются при разработке выходных СВЧ-мультиплексоров, так как они позволяют реализовать эллиптическую амплитудно-частотную характеристику. При близком расположении частотных каналов в мультиплексоре ее крутые скаты способствуют выполнению заданных характеристик.

Получить эллиптическую АЧХ возможно только при четном числе звеньев [1], однако в зарубежной литературе встречаются и пятизвенные структуры с так называемой псевдоэллиптической АЧХ [2]. Реализация такого фильтра на круглом волноводе показана на рис. 1.

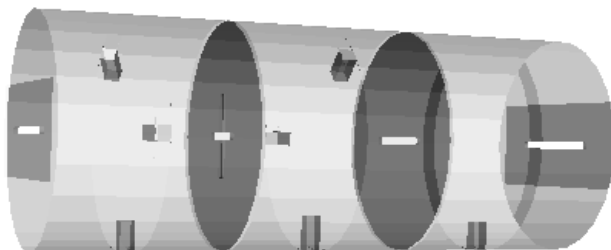


Рис. 1. 3D-модель пятизвенного фильтра

Пятизвенная структура отличается от шестизвенной отсутствием второй отрицательной связи между шестым и третьим резонаторами, поэтому при реализации фильтра не используются винт связи (M_{56}) и настроечный винт третьего объемного резонатора (M_{66}), а также отсутствует щель в диафрагме связи, расположенной между вторым и третьим объемными резонаторами (M_{63}).

Расчет фильтра был произведен по методике расчета четнозвенных фильтров [3] с последующей оптимизацией длин щелей связи. Сначала были получены расчетные и экспериментальные характеристики шестизвенного фильтра с центральной частотой 3825 МГц и полосой пропускания 40 МГц, при этом было замечено почти идеальное их совпадение. Затем была изменена геометрия фильтра на пятизвенный и проведена параметрическая оптимизация длин щелей и винтов для получения требуемых характеристик. При этом длина щели связи между четвертым и пятым резонаторами увеличилась с 23 до 25 мм, а щель связи между вторым и третьим резонатором выбрана 23,6 мм. Для настройки фильтра по развязке длина щели отрицательной связи была увеличена с 14 до 16 мм. Полученные расчетные характеристики приведены на рис. 2 в сравнении с расчетными характеристиками шестизвенного фильтра.

Из графиков видно, что фильтры настроились практически на один уровень, но из-за настройки по затуханию в полосе заграждения на уровень -30 дБ пятизвенный фильтр имеет менее крутые скаты.

Измеренные частотные характеристики изготовленного макета пятизвенного фильтра представлены на рис. 3 в сравнении с характеристиками шестизвенного фильтра. Этот макет также имеет хорошее совпадение измеренных характеристик с расчетными.

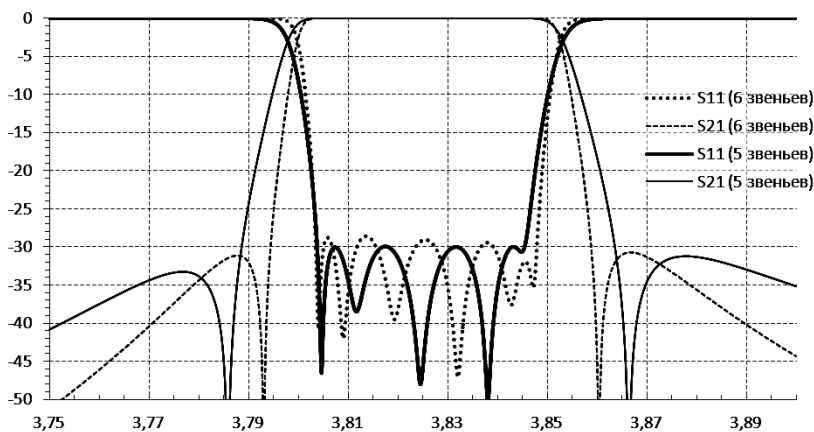


Рис. 2. Расчетные частотные зависимости фильтров

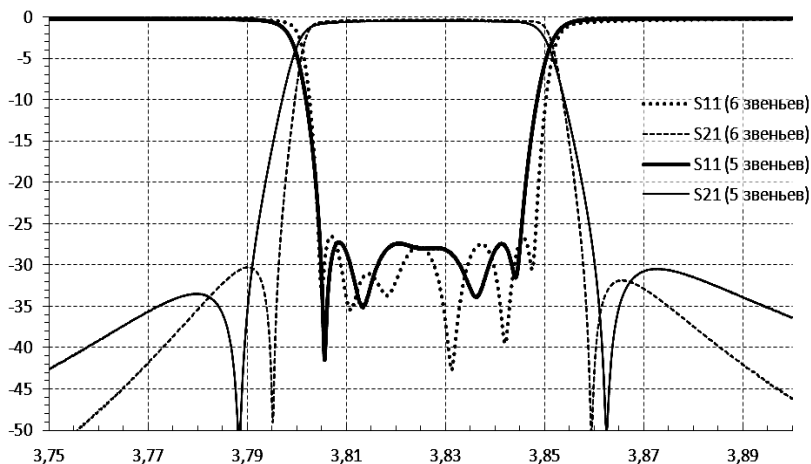


Рис. 3. Частотные зависимости изготовленных фильтров

Как видно из рисунков, применение пятизвенных фильтров с псевдоэллиптической АЧХ при разработке мультиплексоров возможно, если требованиям по затуханию вблизи полосы пропускания не удовлетворяют четырехзвенные фильтры. Эти фильтры по сравнению с шестизвенными немного проще в настройке, так как имеют на два настроечных элемента меньше, имеют меньшую неравномерность группового времени запаздывания. Однако по массогабаритным показателям они не будут иметь преимуществ, так как число объемных резонаторов не уменьшится.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бергер М.Н. Двухмодовые волноводные фильтры // Зарубежная электроника. 1983. №1. С. 3–26.
2. Atia A.E. Narrow-bandpass waveguide filters / A.E. Atia, A.E. Williams // IEEE Trans. Microwave Theory Tech. 1997. June. Vol. MTT-45. P. 856–858.
3. Колегов А.Н. Расчет волноводного СВЧ-мультиплексера С-диапазона // Научная сессия ТУСУР-2010: Матер. докл. Всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 4–7 мая 2010 г. Томск: В-Спектр, 2010. Ч. 4. С. 33–35.

ВЕКТОРНЫЙ АНАЛИЗАТОР OFDM СИГНАЛА

О.В. Кононов, студент 5го курса

Научный руководитель А.В. Максимов, инженер

г. Томск, ТУСУР, каф. РЗИ

В настоящее время технологии WiMAX и WiFi получили широкое распространение во всем мире, в этой связи для проектирования и качественной эксплуатации этих систем необходимы углубленные знания в области проектирования систем с новыми принципами модуляции и демодуляции сигналов OFDM.

Наблюдение и анализ векторных сигналов возможны только с применением векторного анализатора (ВА) OFDM сигнала. Векторный анализатор может быть выполнен в конструктиве базовой станции WiMIC-6000 НПФ «Микран», использующей стандарт 802.16–2004.

Аппаратура беспроводной передачи данных WiMIC-6000 предназначена для подключения локальных сетей и отдельных компьютеров к сетям передачи данных по радиоканалу. Аппаратура обеспечивает построение беспроводных сетей типа «точка – много точек» (рис. 1) с количеством абонентских станций до 200 и скоростью передачи данных до 37,67 Мбит/с на 1 сектор (до 226 Мбит/с в базовой станции из шести секторов).

Базовая станция (БС) выпускается в двух модификациях: многосекторная и компактная односекторная.

Многосекторная базовая станция состоит из модуля доступа МДВ-6 (нижнее оборудование), приемопередающих модулей ППМ-6000 (внешнее оборудование) и секторных антенн.

Ёмкость многосекторной базовой станции может наращиваться до 6 секторов.

Один сектор БС образуется двумя блоками: БСО-1 и БМВ-1.

Блок сетевой обработки БСО-1 в соответствии с рекомендацией IEEE 802.16–2004 обрабатывает входящий трафик для соответствия

MAC уровню, обеспечивает качество обслуживания (QoS) и работу подуровня безопасности.

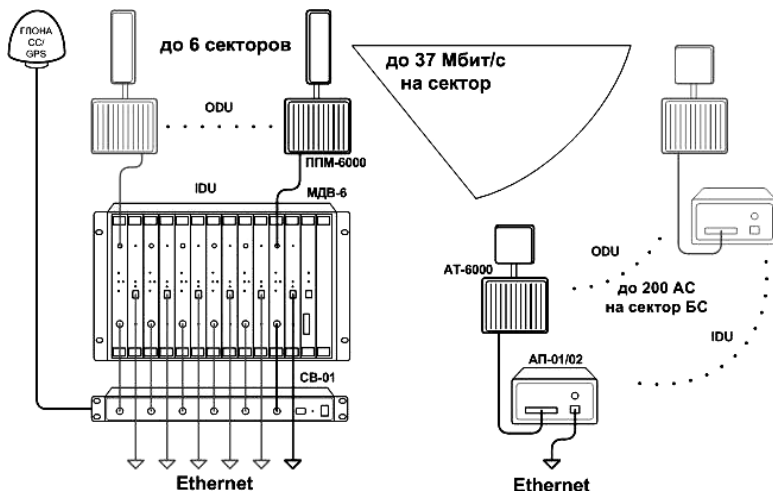


Рис. 1. Структурная схема аппаратуры системы БШД WiMIC-6000

Блок модема БМВ-1 обеспечивает радиоинтерфейс с профилем OFDM-256, адаптивно переключаемой модуляцией, программно изменяемой полосой пропускания, выполняет телеметрию и телеуправление приемопередатчиками.

ВА OFDM сигнала представляет собой блок цифровой обработки сигналов (ЦОС), осуществляющий съем информации с восходящего (uplink) канала базовой станции, блока БМВ-1, с последующей цифровой обработкой принимаемых OFDM сигналов.

Последующая обработка информации осуществляется с помощью программы в ЭВМ, где происходит просмотр информационной составляющей каждой поднесущей OFDM сигнала, и вывод диаграммы созвездия QAM-X модуляции каждой поднесущей.

С помощью разъема X1 (рис. 2) осуществляется съем сигнала с блока БМВ-1.

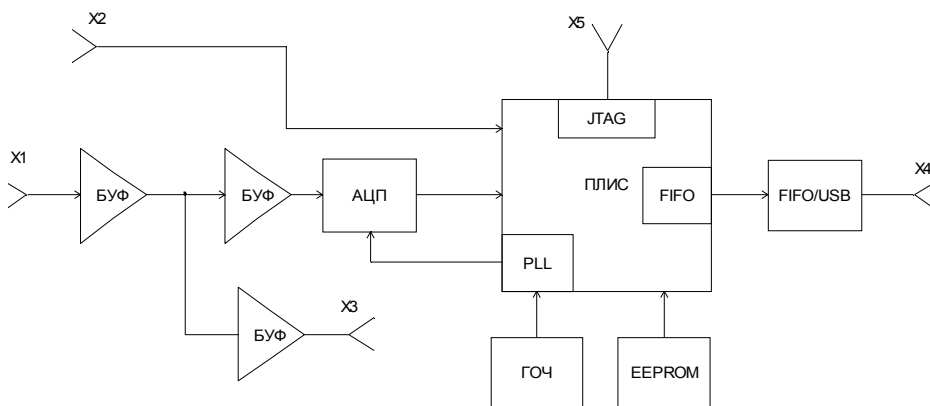
С разъема X2 осуществляется синхронизация блока ВА с блоком БМВ-1.

К разъему X3 подключается спектроанализатор для непосредственного наблюдения спектра OFDM сигнала.

Буферные усилители (БУФ) предназначены для согласования входного сопротивления источника сигнала со входным сопротивлением нагрузки.

Преобразование аналогового сигнала в цифровой осуществляется аналогово-цифровым преобразователем (АЦП). Основные параметры АЦП: с параллельной шиной; разрядность 10–12 бит; частота дискретизации 40 МГц и выше.

Основную функцию ЦОС осуществляет программируемая логическая интегральная схема (ПЛИС) типа FPGA (*field-programmable gate array*) – программируемая пользователем вентильная матрица (ППВ).



БУФ - Буферный усилитель

АЦП – Аналогово-Цифровой преобразователь

ПЛИС – Програмируемая логическая интегральная схема

PLL- Phase-Locked Loop(Програмируемый цифровой синтезатор частоты)

ГОЧ – Генератор опорной частоты

EEPROM(ЭСПЗУ) - Electrically Erasable Programmable ReadOnly Memory(электрически стираемое перепрограммируемое постоянное запоминающее устройство)

JTAG(Joint Test Action Group) – Разъем аппаратного интерфейса стандарта IEEE 1149.1

FIFO(First In, First Out) – ОЗУ с параллельным интерфейсом

FIFO/USB – Контроллер USB(Universal Serial Bus) универсальной последовательной шины с параллельным интерфейсом FIFO

X1,X2,X3 – разъемы с сопротивлением 50 Ом

X4 – USB разъем

X5 – JTAG разъем

Рис. 2. Структурная схема векторного анализатора OFDM сигнала

ПЛИС включает в себя внутренний блок PLL (программируемый цифровой синтезатор частоты), который представляет собой генератор управляемый напряжением (ГУН), и систему фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) с внешним генератором опорной частоты (ГОЧ).

Блок EEPROM, электрически стираемое перепрограммируемое постоянное запоминающее устройство – энергонезависимая память, в которой хранится программа-прошивка ПЛИС.

Блок JTAG – последовательный аппаратный интерфейс применяемый для тестирования интегральных схем (с использованием стандарта IEEE 1149.1). Обычно применяется при периферийном сканировании. Результатом периферийного сканирования является информация о наличии типичных неисправностей, возникающих при производстве печатных плат: коротких замыканий (bridges), непропаев (opens), западаний на 0 или 1 (stuck at 0, stuck at 1), обрывов дорожек.

Разъем X5 – порт JTAG.

Блок FIFO (First in, First Out (первый вошел, первый вышел)) является внутренним блоком оперативного запоминающего устройства (ОЗУ), имеющего структуру данных в виде очереди с дисциплиной доступа к элементам FIFO.

Блок FIFO/USB – контроллер универсальной последовательной шины (USB), осуществляет считывание данных из блока FIFO, организуя поток этих данных в последовательном интерфейсе USB.

Разъем X6 – USB порт, с которого осуществляется считывание данных ЦОС для последующей обработки с помощью программы в ЭВМ.

Проведенный анализ структурной схемы ВА OFDM позволяет осуществить его физическую реализацию в составе базовой станции WiMiC – 6000, блока БМВ-1.

ЛИТЕРАТУРА

1. Проспект НПФ «Микран». Аппаратура беспроводных систем связи. 2010.
2. Руководство по эксплуатации. Аппаратура беспроводной передачи данных WiMiC-6000. Версия 1011.
3. Стандарт IEEE 802.16–2009.

ХАРАКТЕРИСТИКИ КРИПТОСТОЙКОСТИ РЕЖИМОВ ШИФРОВАНИЯ

И.А. Кукало, аспирант каф. РЗИ

г. Томск, ТУСУР, i@kukalo.ru

Стремительное развитие средств вычислительной техники и телекоммуникаций способствует изменению характеристик режимов симметричного шифрования. Современные режимы шифрования обеспечивают наряду с конфиденциальностью аутентификацию обрабатываемых данных, обладают возможностями распараллеливания и доказанным уровнем безопасности [1]. Оценка криптостойкости режимов шифрования является актуальной задачей для современной криптографии [2]. В данной работе приведены и описаны характеристики, используемые при анализе криптостойкости [3–5] режимов шифрования, рекомендованных к применению Институтом по стандартизации США NIST, – CBC, CCM, GCM и др.

Основным показателем криптостойкости режимов шифрования согласно [6] является возможность неразличимости против атаки по выбранным открытым текстам (IND-CPA). Данный показатель ориентирован на практическую оценку безопасности режима шифрования [7] против конкретного злоумышленника с ограниченными в использовании ресурсами.

Определим произвольную криптосхему $SE = (\kappa, \varepsilon, D)$ и злоумышленника A , который произвольно выбирает два сообщения одинаковой длины и передает их специальной подпрограмме-оракулу (ППО). Модель злоумышленника A определяется количеством запросов к ППО – σ и соответствует количеству блоков шифрования.

Злоумышленник передает ППО, представленной множеством пар сообщений, $(M_{0,1}, M_{1,1}), \dots, (M_{0,q}, M_{1,q})$ одинаковой длины. ППО возвращает злоумышленнику набор шифротекстов $C_1, \dots, C_q$, где:

- в случае $b = 0$ C_i является шифротекстом сообщения $M_{0,i}$ для всех $1 \leq i \leq q$;
- В случае $b = 1$ C_i является шифротекстом сообщения $M_{1,i}$ для всех $1 \leq i \leq q$.

Криптосхема считается безопасной, если злоумышленнику за приемлемое время не удастся предсказать значение b , определяющее, какое из сообщений было зашифровано.

$$Adv_{SE}^{ind-cpa}(A) = \Pr[Exp_{SE}^{ind-cpa-1}(A) = 1] - \Pr[Exp_{SE}^{ind-cpa-0}(A) = 1], \quad (1)$$

где $Adv_{SE}^{ind-cpa}(A)$ – возможность злоумышленника A против атаки по выбранным открытым текстам (CPA); $\Pr[Exp_{SE}^{ind-cpa-1}(A) = 1]$ – вероят-

ность определения злоумышленником A номера сообщения 1 для ППО, которая шифрует сообщение 1; $\Pr[Exp_{SE}^{ind-cpa-0}(A)=1]$ – вероятность определения злоумышленником A номера сообщения 1 для ППО, которая шифрует сообщение 0.

Согласно формуле (1) это достигается при величине $Adv_{SE}^{ind-cpa}(A) \rightarrow 0$.

Другим показателем безопасности является возможность злоумышленника A , характеризующая семейство функций E как псевдослучайное (PRF) [2].

$$Adv_E^{prf}(A) = \Pr[Exp_E^{prf-1}(A)=1] - \Pr[Exp_E^{prf-0}(A)=1], \quad (2)$$

где $Adv_E^{prf}(A)$ – возможность злоумышленника A характеризующая семейство функций E как псевдослучайное; $\Pr[Exp_E^{prf-1}(A)=1]$ – вероятность того, что злоумышленник A правильно определяет g как представителя семейства псевдослучайных функций E ; $\Pr[Exp_E^{prf-0}(A)=1]$ – вероятность того, что злоумышленник A определяет g как представителя семейства псевдослучайных функций E , в то время как g является представителем семейства случайных функций $Func[l, L]$.

Формула (2) определяет значение $Adv_E^{prf}(A)$ и описывает эффективность алгоритма шифрования как семейство псевдослучайных функций. Злоумышленник A передает ППО данные X , получает результат выполнения $g(X)$ и возвращает значение b :

- $b = 0$, если считает, что g является функцией из семейства случайных функций $Func[l, L]$;
- $b = 1$, если считает, что g является функцией из семейства функций E .

Дополнительным показателем криптостойкости режимов шифрования является семантическая безопасность (SEM-CPA) [6]. Семантическая безопасность криптосхемы SE оценивает зависимость зашифрованных данных $C_1, \dots, C_i$ от значения открытых данных $M_1, \dots, M_i$. Это достигается за счет использования функции шифрования $C_i \xleftarrow{\$} \varepsilon_k(M_i)$ в $Exp_{SE}^{ss-cpa-1}(A)$ и функции $C_i \xleftarrow{\$} \varepsilon_k(M'_i)$, которая возвращает результат шифрования независимых от M_i данных в $Exp_{SE}^{ss-cpa-0}(A)$.

$$Adv_{SE}^{sem-cpa}(A) = \Pr[Exp_{SE}^{ss-cpa-1}(A)=1] - \Pr[Exp_{SE}^{ss-cpa-0}(A)=1], \quad (3)$$

где $Adv_{SE}^{sem-cpa}(A)$ – значение семантической безопасности крипто-
схемы SE ; $\Pr[Exp_{SE}^{ss-cpa-1}(A)=1]$ – вероятность верного определения
злоумышленником A значения Y функции f при шифровании сообще-
ний $M_1, \dots, M_i$; $\Pr[Exp_{SE}^{ss-cpa-0}(A)=1]$ – вероятность определения зло-
умышленником A значения Y функции f при шифровании сообщений
 $M'_1, \dots, M'_i$.

Таким образом, в работе приведены и описаны показатели крип-
тостойкости режимов шифрования обеспечивающих конфиденциаль-
ность обрабатываемых данных. Показатели $Adv_{SE}^{sem-cpa}(A)$,
 $Adv_E^{prf}(A)$, $Adv_{SE}^{ind-cpa}(A)$ позволяют:

- оценивать криптостойкость режимов шифрования;
- сравнивать уровень защищенности различных режимов шифро-
вания;
- проектировать режимы шифрования с заданным уровнем безо-
пасности.

ЛИТЕРАТУРА

1. CURRENT BLOCK CIPHER MODES [Электронный ресурс]. Режим
доступа: http://csrc.nist.gov/groups/ST/toolkit/BCM/current_modes.html
2. Introduction to Modern Cryptography [Электронный ресурс] / M. Bellare,
P. Rogaway. 2005. Режим доступа: <http://cseweb.ucsd.edu/~mihir/cse207/w-se.pdf>
3. On the Security of CTR + CBC-MAC [Электронный ресурс] / J. Jonsso.
2002. Режим доступа: <http://csrc.nist.gov/groups/ST/toolkit/BCM/documents/proposedmodes/ccm/ccm-ad1.pdf>
4. The Security and Performance of the Galois/Counter Mode (GCM) of Op-
eration [Электронный ресурс] / D. McGrew, J. Viega. 2004. Режим доступа:
<http://eprint.iacr.org/2004/193.pdf>
5. A Concrete Security Treatment of Symmetric Encryption: Analysis of the
DES Modes of Operation [Электронный ресурс] / M. Bellare, A. Desai, E. Jorjipii,
P. Rogaway. 1997. Режим доступа: <http://cseweb.ucsd.edu/~mihir/papers/sym-enc.pdf>
6. Lecture Notes on Cryptography [Электронный ресурс] / S. Goldwasser,
M. Bellare. 2001. Режим доступа: <http://cseweb.ucsd.edu/~mihir/papers/gb.html>
7. Practice-oriented provable-security [Электронный ресурс] / M. Bellare.
1998. Режим доступа: <http://cseweb.ucsd.edu/~mihir/papers/pops.pdf>

КОАКСИАЛЬНО-ВОЛНОВОДНЫЙ МАЛОШУМЯЩИЙ УСИЛИТЕЛЬ

Е.С. Литвиненко, студентка 5-го курса, каф. СВЧиКР

г. Томск, ТУСУР, Litvinenko@sibmail.com

Задача работы сводится к проектированию СВЧ-усилителя по комплексу требований к его характеристикам; определению предельно возможных значений рабочих характеристик каскада; оценке совместимости предъявляемых к усилителю требований, так как в дальнейшем проектируемый МШУ используется для реализации приемного конвертора спутниковой системы связи.

Усилитель должен удовлетворять следующим требованиям: полосу пропускания 12,40–13,25 ГГц; коэффициент усиления 30 дБ; неравномерность коэффициента усиления в рабочем диапазоне не более 2,5 дБ; коэффициент шума не более 0,7 дБ; коэффициенты отражения на входе и выходе не более 2 раз.

В соответствии с техническими требованиями вход усилителя волноводного типа (19×9,5 мм) крепится фланцем к сопрягающему устройству.

Выбор транзисторов и числа каскадов осуществляется согласно основным техническим требованиям. Электрическая схема малошумящего усилительного устройства (МШУ) представлена на рис. 1.

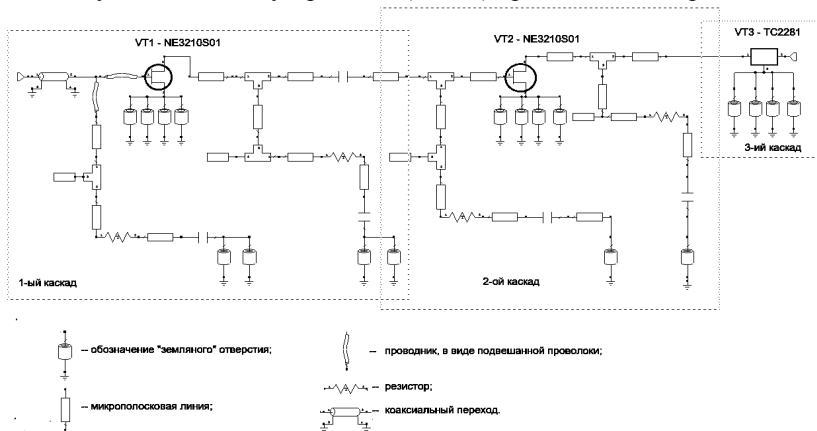


Рис. 1. Электрическая схема малошумящего усилительного устройства

Усилитель был выполнен на трех каскадах на основе двух сверхмалошумящих арсенид-галлиевых полевых транзисторах с барьером Шоттки (ПТШ) фирмы NEC NE3210S01, третьим каскадом использован высокоомощный транзистор TC2281.

За счет применения трех каскадов обеспечивается требуемый уровень коэффициента усиления. Между каскадами для достижения равномерности характеристики размещены корректирующие цепи. Коррекция рассчитывается на согласованный тракт с волновым сопротивлением 50 Ом. Схема питания подобрана так, что с её применением соблюдаются необходимые режимы по постоянному току при заданном напряжении 5 В.

В процессе согласования каскадов и обеспечения их устойчивости получили суммарное усиление МШУ 29÷31 дБ и коэффициент шума $K_{ш} < 0,5$ дБ. В результате моделирования получили частотные характеристики, представленные на рис. 2.

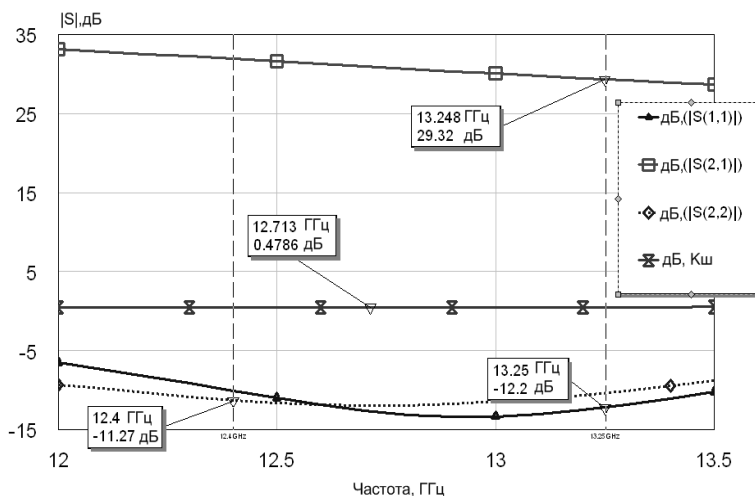
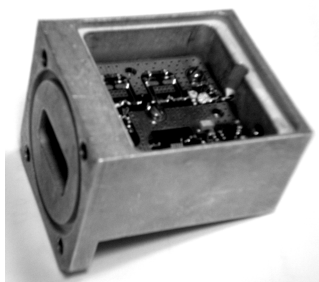


Рис. 2. Частотные характеристики модели МШУ: $|S_{11}|$ – значение коэффициента отражения по входу; $|S_{21}|$ – значение коэффициента передачи; $|S_{22}|$ – значение коэффициента отражения по выходу; $K_{ш}$ – значение коэффициента шума промоделированного МШУ



В результате макетирования и настройки опытного образца усилителя получили удовлетворяющие техническим требованиям характеристики.

Фотография макета представлена на рис. 3. На рис. 4 приведены результаты измерений МШУ.

Рис. 3. Результаты макетирования МШУ

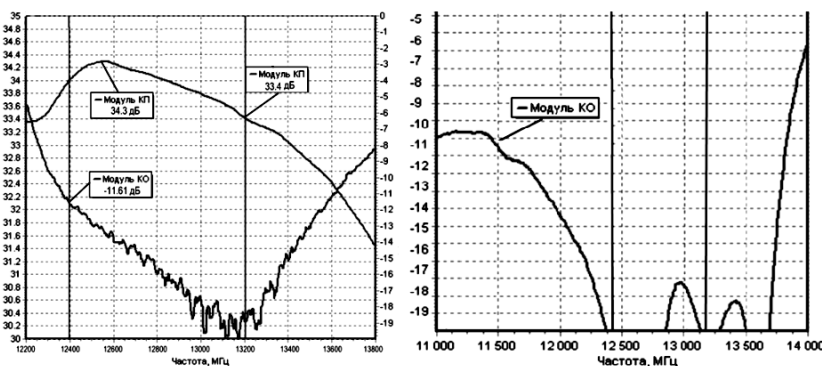


Рис. 4. Частотные характеристики коэффициента отражения по входу, коэффициента отражения по выходу и коэффициента передачи усилителя после настройки платы

В результате было реализовано маломощающее усилительное устройство с волноводно-микроразветвляющим переходом в диапазоне частот 12,40–13,25 ГГц со следующими параметрами: коэффициент усиления (33 ± 2) дБ; коэффициент отражения по входу/выходу менее минус 11,5 дБ, что соответствует значению КСВН менее 1,7; коэффициент шума менее 0,7 дБ.

Выполнено в рамках проекта ГПО СВЧ и КР-0802 – «Сверхширокополосные пассивные устройства СВЧ диапазона».

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ в соответствии с договором 13.G25.31.0011 от 07.09.2010 г. в порядке реализации Постановления № 218 Правительства РФ.

МЕТОДИКА МИНИМИЗАЦИИ ВЕРОЯТНОСТИ УТЕЧКИ КОНФИДЕНЦИАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ ЧЕРЕЗ ПЕРСОНАЛ

И.А. Мирошкин, студент, Е.Ю. Агеев, доцент

г. Томск, ТУСУР, каф. РЗИ, igarek-r@sibmail.com

В данной статье рассмотрены статистические исследования, касающиеся вероятности потери важной информации по вине сотрудников, а также приведен комплекс мер, направленный на минимизацию вероятности утечки данной информации.

Методика минимизации вероятности утечки конфиденциальной информации через персонал

Сегодня на рынке технических средств защиты информации ежедневно появляется множество новых решений, поэтому подобрать

оборудование для обеспечения необходимого уровня защиты информации, хранящейся на материальных носителях, не составляет особого труда. Однако они не всегда способны защитить информацию от ее распространения или уничтожения сотрудниками организации. Основными угрозами безопасности информации, связанными с персоналом организации являются:

1) Инсайдерская деятельность, то есть преднамеренная передача сотрудником организации ценной информации конкурентам либо другим заинтересованным лицам. Как утверждают Э. Гордеев и А. Астахов, «актуальность данной проблемы подтверждается результатами исследований компаний Compuware и Ponemon Institute, проведенных в октябре 2008 г., согласно которым инсайдеры являются самой распространенной причиной утечек данных (75% инцидентов в США), тогда как хакеры оказались всего лишь на пятом месте» [1]. В ежегодном исследовании Computer Security Institute (CSI) за 2008 г. цифры, говорящие о количестве инцидентов, связанных с внутренними угрозами, представлены в таблице:

**Наиболее актуальные угрозы безопасности информации
и процент организаций, пострадавших от них**

№ п/п	Вид инцидента	Количество инцидентов, %
1	Злоупотребления инсайдеров	44
2	Кража/потеря ноутбуков	42
3	Кража/утеря данных на переносных накопителях	22
4	Злоупотребление службами мгновенных сообщений	21

Количество инцидентов в процентах означает, что из общего числа опрошенных данный тип инцидента происходил в указанном проценте организаций. Для сравнения, в соответствии с тем же отчетом с проникновением хакеров в локальную сеть столкнулось только 13%.

2) Непреднамеренные ошибки персонала. Они также подтверждаются статистическими исследованиями CSI, достаточно проанализировать п. 2–4 таблицы.

3) Саботаж. Под этим термином имеются в виду вредительские по отношению к компании действия, совершенные сотрудниками в силу уязвленного самолюбия, желания отомстить, ярости и любых других эмоциональных причин. Причем саботажник никогда не руководствуется желанием заработать, не преследует финансовую выгоду. Этим, собственно, саботаж и отличается от других инсайдерских угроз. По данным основного Координационного центра по решениям проблем безопасности в Интернете (CERT/CC), в 92% случаев саботажу пред-

шествует один или несколько неприятных инцидентов на работе, причем в 47% случаев это увольнение, в 20% – спор с нынешними или бывшими коллегами, 13% – отсутствие повышения.

Учитывая тот факт, что практически все корпоративные диверсанты являются специалистами, так или иначе связанными с информационными технологиями, а именно: 38% – системными администраторами, 21% – программистами, 14% – инженерами, 14% специалистами по ИТ, организовать защиту от такого вида угрозы безопасности информации лишь техническими и программными средствами практически невозможно. Именно поэтому была разработана методика по минимизации вероятности утечки информации через персонал, которая призвана дополнить существующий на предприятии комплекс мер по защите информации.

Данная методика включает в себя:

1) Тщательный отбор кандидатов на должности, связанные с обработкой конфиденциальной информации при помощи:

а) анализа доступной информации о кандидате (рекомендации с предыдущего места учебы/работы, резюме, информации в соц. сетях);

б) тестирования на стрессоустойчивость, склонность к различного рода преступлениям. Наиболее подходящими методиками тестирования для решения данной задачи являются метод портретных выборов Леопольда Сонди (позволяет выявить склонность к патологиям нервной системы) и метод цветовых выборов Макса Люшера (предназначен для изучения неосознаваемых, глубинных проблем личности, типа реагирования, степени адаптированности и выраженности болезненно заостренных черт характера);

в) тестирования кандидатов для определения типа темперамента с последующим выбором наиболее подходящего из них на должность, связанную с обработкой защищаемой информации. Стоит отметить, что кандидат должен обладать сильным типом нервной системы и быть уравновешенным (то есть наиболее подходящие типы темперамента – флегматик и сангвиник). Для определения типа темперамента как нельзя лучше подойдут тест Айзенга либо опросник Стрелаяу. Вместо определения типа темперамента можно воспользоваться и более современной методикой, например определение психотипов Леонгарда либо психогеометрической классификацией, на основании которой можно будет сделать соответствующие выводы о профессиональной пригодности;

г) отслеживания на этапе собеседования у кандидата склонности ко лжи. Для этого можно пригласить либо квалифицированного психолога со знаниями особенностей невербального общения, либо вос-

пользоваться услугами организаций, которые проводят проверку на детекторе лжи.

2) Пристальное наблюдение за деятельностью сотрудника в период прохождения испытательного срока. В процессе наблюдения необходимо установить мотивационные составляющие трудовой деятельности, первоочередные потребности сотрудника и выяснить, полностью ли они удовлетворены. Проводится данное наблюдение обычно проверенным сотрудником организации, который координирует свои действия со штатным психологом и службой безопасности. Возможно и повторное прохождение тестирования Сонди и Люшера с последующим сравнением результатов.

3) Организационные меры: постоянный контроль за исполнением требований политики безопасности, касающихся разграничения доступа и использования интернет-ресурсов, запрет на использование служебной информации вне офисного помещения, взыскания за оставленные без присмотра служебные документы и т.д.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гордеев Э., Астахов А. Как организовать эффективную систему предотвращения утечки конфиденциальной информации из коммерческой организации. <http://www.globaltrust.ru/shop/osnov.php?idstat=55&idcatstat=13>.

2. Батаршев А.В. Темперамент и характер. Психологическая диагностика. М.: Владос-пресс, 2001. 336 с.

GaAs МИС ШИРОКОПОЛОСНОГО ДВОЙНОГО БАЛАНСНОГО СМЕСИТЕЛЯ

*Д.С. Хохол, Е.В. Дмитриченко, аспиранты,
А.А. Баров, вед. инженер, А.В. Кондратенко, инженер
г. Томск, ТУСУР, ЗАО «НПФ «Микран», alkon@micran.ru*

Широкополосные балансные смесители СВЧ, выполненные по технологии гибридно-интегральных схем (ГИС), имеют ограничения по диапазону рабочих частот, которые обусловлены технологическими нормами на изготовление планарных противофазных трансформаторов и значительными паразитными составляющими межэлементных соединений. В значительной степени снизить и/или исключить указанные недостатки можно при переходе на монолитно-интегральное исполнение смесителя. В литературе приводится достаточно много публикаций, посвященных разработке монолитных интегральных схем (МИС) сверхширокополосных смесителей [1–4]. Отличительными чертами указанных МИС являются технология изготовления нелинейного

элемента, способ построения противофазных трансформаторов и наличие планарных конденсаторов на кристалле.

В статье представлены результаты разработки МИС двойного балансного смесителя диапазона 4–18 ГГц на основе 0,25 мкм GaAs рНЕМТ-технологии ЗАО «НПФ Микран». Анализируя варианты схемного решения и изготовления МИС, было отдано предпочтение схеме пассивного кольцевого смесителя с противофазными трансформаторами на связанных линиях. На рис. 1 представлена эквивалентная схема устройства.

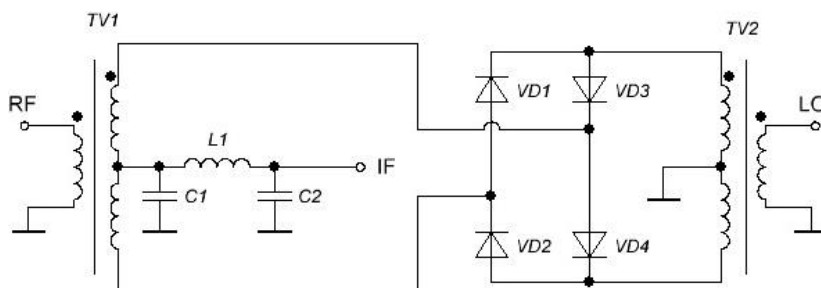


Рис. 1. Эквивалентная схема смесителя

В качестве нелинейных элементов используются диоды Шоттки (ДШ), выполненные по транзисторной технологии. Основное достоинство данного решения заключается в получении малого рельефа топологии в областях перехода от нелинейного элемента к трансформатору. Технологические трудности, связанные с большим рельефом топологии, были выявлены ранее, при реализации МИС смесителя, построенного на основе ДШ с вертикальной структурой [4]. При переходе к планарным ДШ, выполненным по рНЕМТ-технологии, рельеф топологии в области перехода составил менее 1 мкм, что значительно облегчило реализацию противофазных трансформаторов.

Недостаток применения планарных диодов, выполненных по транзисторной технологии, состоит в более высоком паразитном последовательном сопротивлении последних (в сравнении с вертикальными структурами), что приводит к большим потерям преобразования в смесителе.

В настоящее время экспериментальные пластины с кристаллами смесителей находятся на этапе изготовления на технологической линии ЗАО «НПФ Микран». Топология разработанной МИС представлена на рис. 2. Размеры кристалла 2,0×1,5×0,1 мм.

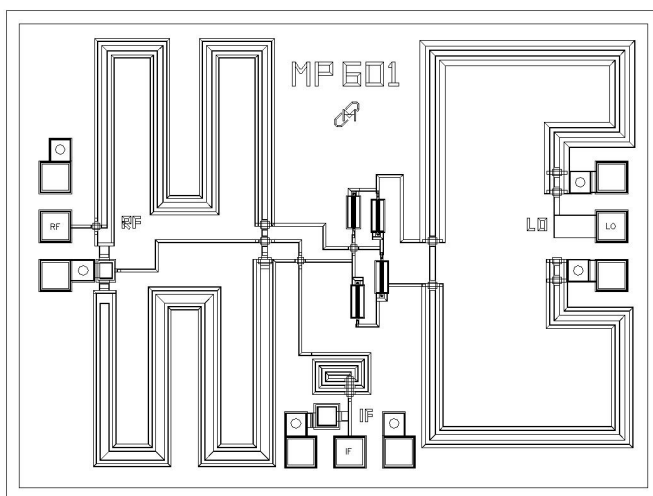


Рис. 2. Топология МИС смесителя

Трансформаторы Маршанда в трактах радиосигнала (RF) и гетеродина (LO) имеют несимметричную структуру, поскольку на них возлагается не только функция противофазного деления сигнала между диагоналями диодного кольца, но и функция согласования сопротивлений трактов RF и LO с входным сопротивлением диодного кольца. Вывод сигнала промежуточной частоты (IF) реализуется через трансформатор тракта радиочастоты. П-образное звено ФНЧ в тракте IF увеличивает развязку IF-LO.

Основные расчетные электрические параметры смесителя представлены в таблице.

Параметр	Значение
Диапазон частот радиосигнала RF, ГГц	4...18
Диапазон частот гетеродина LO, ГГц	4...20
Диапазон частот сигнала промежуточной частоты IF, ГГц	0...2
Потери преобразования, дБ, не более	13
Развязка трактов RF и LO, дБ, не менее	30
Развязка трактов LO и IF, дБ, не менее	30
Номинальная мощность гетеродина, дБм	18

Разработка МИС широкополосного смесителя была проведена с целью замещения аналогов зарубежного производства, которые в больших количествах применяются в различной аппаратуре диапазона СВЧ, производимой ЗАО «НПФ Микран».

Данная работа позволила провести верификацию моделей, а также методики проектирования. На основе имеющегося опыта в настоящее время ведется разработка смесителя миллиметрового диапазона.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Maas S.A.* A Broadband planar doubly balanced monolithic Ka-Band diode mixer / S.A. Maas, K.W. Chang // Microwave and Millimeter-Wave Monolithic Circuits Symposium Digest. 1993. P. 53–56.
2. *Brinlee W.R.* A novel planar double-balanced 6-18 GHz MMIC mixer / W.R. Brinlee, A.M. Pavo, K.R. Varian // MTT-S International Microwave Symposium Digest. 1994. Vol. 1. P. 9–12.
3. *Maas S.A.* A broadband planar monolithic ring mixer / S.A. Maas, M. Kintis, F. Fong // Microwave and Millimeter-Wave Monolithic Circuits Symposium Digest. 1996. P. 51–54.
4. *Баров А.А.* GaAs МИС сверхширокополосного двойного балансного смесителя / А.А. Баров, В.Я. Гюнтер, М.Г. Игнатьев // Электронные средства и системы управления: Доклады Междунар. науч.-практ. конф. Томск: Институт оптики и атмосферы СО РАН, 2005: В 2 ч. Ч. 1. С. 142–146.

ВЫСОКОВОЛЬТНЫЙ ЗНАКОПЕРЕМЕННЫЙ ГЕНЕРАТОР ДЛЯ ФОТОРЕФРАКТИВНЫХ ЯЧЕЕК

А.В. Кашеутов, Н.С. Мясников, А.В. Томилов, студенты 4-го курса
Научный руководитель Б.И. Авдоченко, доцент, к.т.н.
г. Томск, ТУСУР, каф. РЗИ, AvdochenkoBI@rzi.tusur.ru

Исследования оптической нелинейности нецентросимметричных электрооптических фоторефрактивных кристаллов привели к созданию фоторефрактивных ячеек различного назначения [1, 2]. Приложение внешнего электрического напряжения значительно расширяет функциональные возможности и улучшает характеристики фоторефрактивных ячеек [3]. Улучшение достигается при напряженности электрического поля, приложенного к кристаллу, порядка 10 кВ/см. При толщине кристалла от нескольких миллиметров до одного сантиметра амплитуда меандрового напряжения U_m на кристалле должна достигать значений $5\div 10$ кВ [2, 3]. При этом для кристаллов группы силленитов частота этого напряжения должна лежать в диапазоне от нескольких сотен герц до нескольких килогерц [1–3], для полупроводниковых кристаллов она достигает сотен килогерц.

О разработке высоковольтных генераторов меандрового напряжения, предназначенных для фоторефрактивных ячеек с нелинейным откликом локального типа, сообщалось в [4, 5]. Для исследования ячеек с локальным откликом актуальной является разработка генераторов

знакопеременных напряжений с регулируемой скважностью и амплитудой [6]. В данной работе представлены результаты экспериментального макетирования высоковольтного импульсного источника питания (ВИИП) со следующими техническими характеристиками:

- Диапазон выходных напряжений – 0–10 кВ на эквиваленте нагрузки 5 пФ, 10 МОм.
 - Дискретность перестройки напряжений – 100 В.
 - Частота повторения выходных импульсов 100 кГц – 10 МГц.
 - Дискретность перестройки по частоте: от 0,1 до 1 МГц – 10 кГц; от 1 до 10 МГц – 20 кГц.
 - Фронт и спад выходного импульса не более 10% от длительности.
- Структурная схема ВИИП представлена на рис. 1.



Рис. 1. Структурная схема импульсного источника питания

Основная проблема при разработке ВИИП заключается в быстром заряде емкости оптического кристалла до высокого напряжения. Из выражения $t = CU/I_{\text{зар}}$ следует, что для зарядки за 10 нс до напряжения 10 кВ емкости 5 пФ необходимо обеспечить средний зарядный ток 5 А. С учетом коэффициента трансформации, при использовании четырехканального коммутатора, от транзистора требуется импульс тока более 12 А.

Для питания устройства от сети используется ШИМ преобразователь, который производит преобразование выпрямленного сетевого напряжения в высокочастотное напряжение. Для повышения надежности выходной коммутатор преобразователя выполнен по мостовой схеме на полевых транзисторах, контроллер построен на микросхеме KP1156EY2 [7], а для управления драйверами используется на микросхемах IR2110. При проектировании сетевого блока питания использовались типовые схемы включения.

Синтезатор импульсов с регулируемой частотой и скважностью выполнен на основе логических элементов по схеме, представленной на рис. 2. На микросхемах DD1.1, DD1.2 выполнен генератор импульсов с регулируемой частотой, на DD1.3, DD1.4 – регулятор длительно-

сти импульсов. Выходной сигнал через драйверы DD2, DD3 подается на затворы полевых транзисторов, которые коммутируют первичные обмотки высоковольтного трансформатора.

Коммутатор собран на четырех полевых транзисторах G4PH30KD, которые коммутируют первичные обмотки высоковольтных трансформаторов с коэффициентом трансформации 1:2. Вторичные обмотки соединены последовательно, для суммирования напряжений с каждого трансформатора.

Экспериментальная проверка импульсного высоковольтного источника питания проводилась на двухканальном варианте. Получена регулировка частоты и длительности импульса в диапазоне от 0,1 до 1 МГц и выходное напряжение более 4 кВ.

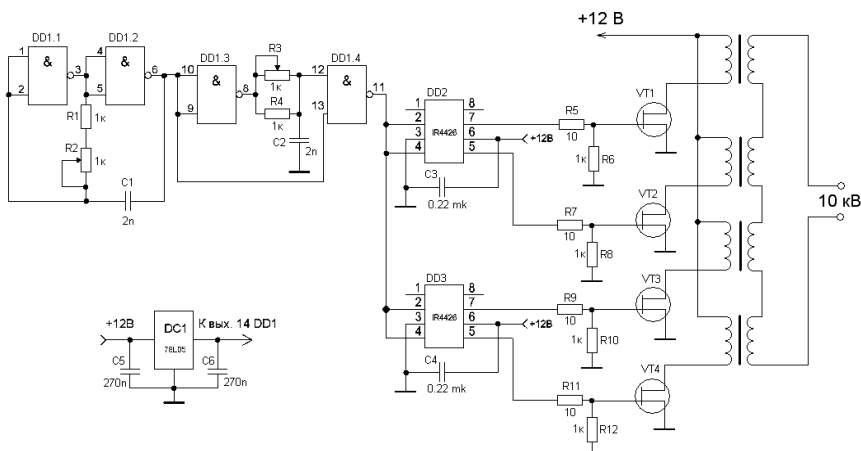


Рис. 2. Схема синтезатора импульсов

Таким образом, нами в разработан импульсный генератор, позволяющий формировать киловольтные импульсы с регулируемыми выходным напряжением и частотой повторения и предназначенный для работы в составе фоторефрактивных ячеек, тип нелинейного оптического отклика которых задается амплитудой, частотой и скважностью импульсов напряжения, снимаемых с генератора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Gunter P., Huignard J.P., eds. Photorefractive materials and Their Applications. Berlin; Heidelberg: Springer-Verlag, 1989. 295 p.
2. Петров М.П., Степанов С.И., Хоменко А.В. Фоторефрактивные кристаллы в когерентной оптике. СПб.: Наука, 1992. 315 с.
3. Stepanov S.I., Petrov M.P. Opt. Commun. 1985. Vol. 53, № 5. P. 292-295.

4. *Питченко С.Н., Агеев Е.Ю., Литвинов Р.В.* Высоковольтные меандровые генераторы для фоторефрактивных ячеек // Современные проблемы радиоэлектроники / Под ред. А.И. Громыко, А.В. Сарафанов. Красноярск: ИПК СФУ, 2008. С. 291–294.

5. *Питченко С.Н., Шандаров С.М., Литвинов Р.В., Якимов Д.В.* Высоковольтный источник меандрового напряжения для фоторефрактивных ячеек на основе кристаллов $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$, $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ // Тез. докл. областной науч.-практ. конф. по техническим наукам и высоким технологиям. Томск, 1995. С. 22.

6. *Литвинов Р.В.* Взаимодействие световых волн произвольной поляризации на фоторефрактивной решетке в кубическом гиротропном кристалле во внешнем знакопеременном электрическом поле // Квантовая электроника. 2002. Т. 32, № 6. С. 535–541.

7. *Нефедев А.В.* Интегральные микросхемы и их зарубежные аналоги. Справочник. М.: РадиоСофт, 2009. Т. 9.

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ ПО БИОМЕТРИЧЕСКИМ ПАРАМЕТРАМ

М.А. Морозова, О.Б. Салтанова, студентки

Научный руководитель А.В. Максимов, инженер

г. Томск, ТУСУР, каф. РЗИ, SaltanovaOB@sibmail.com

Цель данной работы заключается в разработке проекта системы контроля и управления доступом (СКУД) в аудитории кафедры РЗИ и создании лабораторного комплекса на его основе. Данная система должна использовать биометрические параметры и быть оптимальной в применении.

В ходе работы рассматривались наиболее распространенные биометрические параметры, используемые в системах контроля доступа: форма кисти руки, отпечатки пальцев, сетчатка глаза, радужная оболочка, венозный рисунок ладони, динамика работы на клавиатуре. Классификация систем приведена на рис. 1.

Изучена сегментация мирового рынка в области биометрических систем. Наиболее дешевыми и распространенными являются СКУД по отпечаткам пальцев (58%), за ними следуют системы по геометрии лица (18%), третье место занимают геометрия руки и радужная оболочка (по 7%). Несмотря на свою популярность, данные системы не обеспечивают высокого уровня безопасности и эффективности, зачастую их легко обмануть, подделав биометрический идентификатор.

В работе рассмотрены основные способы обмана биометрических СКУД. Наиболее стойкими оказались системы, использующие сетчатку глаза и венозный рисунок ладони. Легкоподделываемыми являются:

динамика подписи, дактилоскопия, форма лица, геометрия руки и радужная оболочка.



Рис. 1. Классификация биометрических средств защиты информации

В простоте использования и обслуживания системы, основанные на отпечатках пальцев и венозном рисунке ладони, значительно превосходят остальные биометрические СКУД.

По скорости идентификации системы практически не отличаются, за исключением СКУД на основе сетчатки глаза – процесс сравнения шаблона с представленным идентификатором требует больше времени, чем в других системах.

На основе полученных сведений о биометрических системах выведен ряд требований, предъявляемых к системе доступа на кафедре: универсальность, уникальность, надежность идентификации, неизменность во времени, безотказность, низкий коэффициент ошибок, простота применения, гигиеничность, одобрение пользователей, высокая скорость идентификации.

Наиболее распространенные системы сведены в таблицу, где каждому из параметров присвоено значение от 1 до 10, чем ближе оценка к 10, тем лучше система в этом отношении. Выборка приведена в таблице.

Показатели характеристик биометрических систем

Система	Устойчивость к подделке	Простота использования	Стоимость	Скорость
Радужная оболочка	6	8	6	9
Дактилоскопия	3	9	10	10
Лицо 2D/3D	4/8	6/10	10/5	10/7
Вены руки	10	10	8	9
Сетчатка	10	6	3	6

Проанализировав полученные данные, удалось установить, что лучшей по всем параметрам системой является СКУД на основе венозного рисунка ладони.

Преимущества данной системы очевидны:

1. полная защита от фальсификации, поскольку объекты идентификации (вены) расположены под кожным покровом;
2. использование в любых областях – частное или корпоративное применение;
3. высокая степень гигиеничности, поскольку сканирование производится бесконтактным методом;
4. нет необходимости применения дополнительных устройств при создании системы идентификации;
5. отказ в доступе зарегистрированной ладони составляет 0,01%, а ложная идентификация – менее чем 0,0008%.

Устройство контроля доступа по венозному рисунку ладони Palm Vein сканирует ладонь человека с помощью лучей инфракрасного диапазона. Обедненный кислородом гемоглобин поглощает эти лучи, сокращая тем самым степень отражения и отображая вены в виде темного орнамента. Именно этот рисунок вен сканируется, а затем сравнивается с предварительно зарегистрированным изображением. Процесс получения венозного рисунка изображен на рис. 2.

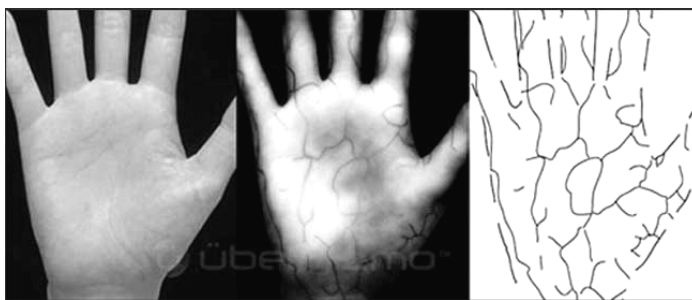


Рис. 2. Схема получения рисунка вен ладони

В ходе исследования удалось обосновать необходимость установки биометрической системы контроля доступа по рисунку вен ладони, ввиду того, что она обладает наилучшими сравнительными характеристиками по сравнению с другими СКУД. На данном этапе ведутся переговоры с различными зарубежными компаниями о поставке систем контроля доступа по венозному рисунку ладони, изучается специфика данного оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ворона В.А. Системы контроля и управления доступом / В.А. Ворона, В.А. Тихонов. М.: Горячая линия – Телеком, 2010. 272 с.
2. Болл Р.М. Руководство по биометрии / Р.М. Болл, Дж.Х. Коннелл, Ш. Панканти. М.: Техносфера, 2007. 368 с.
3. [Электронный ресурс]
URL:<http://www.fujitsu.com/us/services/biometrics/palm-vein/>

ПИТАНИЕ СВЕТОДИОДОВ ОТ СЕТИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

*Г.Р. Мухин, студент группы 1В7,
И.В. Антонишен, аспирант каф. РЭТЭМ,
М.В. Южанин, м.н.с. НИИ СТ, Иванов А.В., м.н.с. НИИ СТ,
В.И. Туев, д.т.н., зав. каф. РЭТЭМ
г. Томск, TUCYP, gennadi90@mail.ru*

Светотехнические устройства (СУ) на светодиодах (СД) получают все более широкое распространение вследствие улучшенных показателей экономичности, срока службы, экологичности и т.д. [1]. Надежность СУ обеспечивается питанием СД постоянным током с повышенной стабильностью при изменении питающего напряжения, температуры и других возмущающих воздействий, так как превышение номинального значения тока резко сокращает срок службы СД [2]. В состав СУ вводятся преобразователи переменного напряжения в выходной ток [3]. С целью повышения коэффициента полезного действия в них используются импульсные способы преобразования энергии. Недостатки импульсных преобразователей проявляются в необходимости применения дополнительных мер по обеспечению электромагнитной совместимости [4] и коррекции коэффициента мощности [5, 6].

Известен способ питания СД в СУ пульсирующим током [7]. Устройство содержит ячейки из двух включенных встречно-параллельно СД, соединенные последовательно с другими ячейками и резистором. Последовательная цепь из ячеек и резистора подключена к источнику переменного напряжения. Слабое место такого технического решения – недостаточная стабильность тока через СД.

Цель работы: разработка схемотехнического решения для питания СД пульсирующим током с повышенной стабильностью при увеличении питающего напряжения.

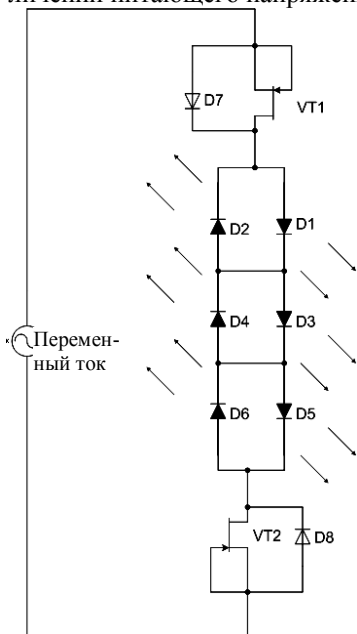


Схема электрическая структурная предлагаемого технического решения приведена на рис. 1 и содержит последовательно соединенные ячейки на встречно-параллельно включенных светодиодах $D1...D6$, два транзистора $VT1, VT2$, два защитных диода $D7, D8$.

При положительной полярности питающего напряжения на верхнем по рисунку выводе источника напряжения ток протекает через защитный диод $D7$, светодиоды $D1, D3, D5$ и транзистор $VT2$.

Рис. 1. Схема электрическая устройства питания светодиодов пульсирующим током

Стабилизирующее действие транзистора иллюстрируется графиком на рис. 2, на котором приведена его выходная вольт-амперная характеристика. При изменении напряжения на стоке $U_{ст}$ от напряжения насыщения $U_{нас}$ до напряжения пробоя $U_{пр}$ ток стока транзистора $I_{ст}$, а следовательно, и ток через светодиоды $D1, D3$ и $D5$, остается неизменным и равным току насыщения $I_{нас}$.

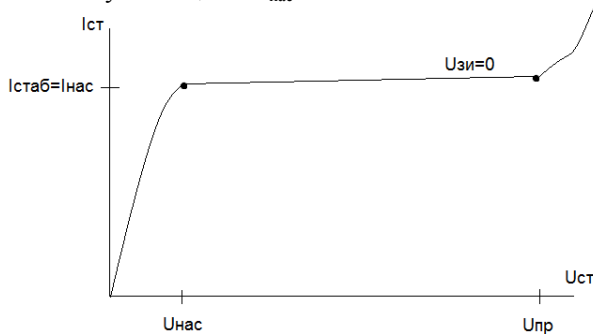


Рис. 2. Выходная вольт-амперная характеристика полевого транзистора

При отрицательной полярности питающего напряжения ток протекает через защитный диод $D8$, светодиоды $D2$, $D4$, $D6$ и транзистор $VT1$.

Экспериментальные исследования устройства, выполненного по схеме рис. 1 с использованием транзисторов типа КП303Е и одной ячейки встречно-параллельно включенных светодиодов типа АЛ307 показали, что при изменении напряжения источника питания в интервале от 5 до 15 В амплитудное значение пульсирующего тока в цепи диодов изменялось от 12 до 16 мА.

Таким образом, в работе предложено схемотехническое решение для питания СД пульсирующим током с повышенной стабильностью при изменении питающего напряжения.

ЛИТЕРАТУРА

1. LM117/LM317A/LM317 3 – Terminal Adjustable Regulator. National Semiconductor – Datasheet. URL: <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/nationalsemiconductor/DS00903.PDF> (дата обращения: 01.12.2010).
2. Transition-mode PFC controller – L6562A-ST – Datasheet. URL: <http://datasheet.emcelettronica.com/st/L6562A> (дата обращения: 01.12.2010).
3. Миронов С. Интегральные драйверы для светодиодного освещения. Ч. 1: AC/DC-драйверы // Новости электроники. 2010. №10. С. 3–7.
4. ГОСТ Р 51514–99. Совместимость технических средств электромагнитная. Помехоустойчивость светового оборудования общего назначения. Требования и методы испытаний. М.: Госстандарт России, 1999. 11 с.
5. Туев В.И. Повышающий преобразователь постоянного тока // Приборы и техника эксперимента. 2006. №4. С. 155–156.
6. Четти П. Проектирование ключевых источников электропитания. М.: Энергоатомиздат, 1990. 238 с.
7. Пат. №2239575 РФ, МПК7 B61L5/18, G08G1/095, H05B37/00 ТРЕХЗНАЧНЫЙ СВЕТОДИОДНЫЙ СВЕТОФОР // Б.С. Сергеев, Е.О. Савельев. Оpubл. 10.11.2004.

ПРИЕМНИК АМПЛИТУДНО-МОДУЛИРОВАННЫХ СИГНАЛОВ

*М.В. Побаченко, И.Ю. Ляпин, В.А. Демидов, студенты 5-го курса
Научный руководитель А.В. Максимов, инженер каф. РЗИ ТУСУРа
г. Томск, ТУСУР, MaksimovAV@rzi.tusur.ru*

Приемник амплитудно-модулированных сигналов предназначен для работы в составе лабораторного стенда по изучению процессов, рассматриваемых в курсе «Устройства приема и обработки сигналов» (УПОС).

В настоящее время оборудование многих лабораторий университета устарело не только физически, но и морально, и уже не соответствует требованиям, предъявляемым к современным устройствам. Кроме этого, необходима его модернизация, переход на новую элементную базу, введение новых технологий, которые были не доступны ранее. В соответствии с этим актуальна задача разработки УПОС на новых принципах и современной элементной базе компонентов (рис. 1).

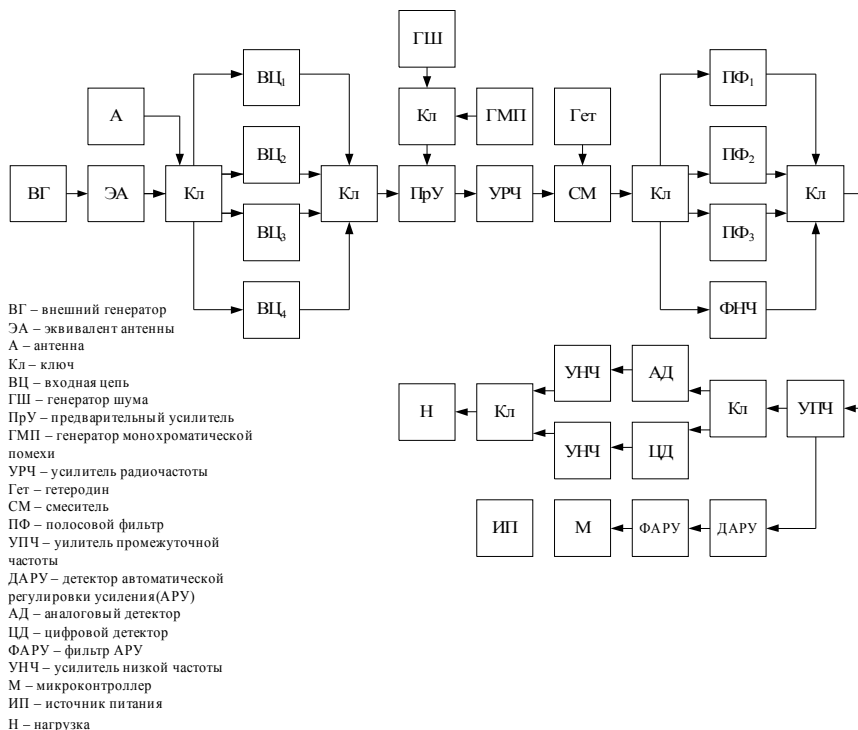


Рис. 1. Структурная схема устройства приема и обработки сигналов

Основным критерием при проектировании УПОС является максимальное приближение моделируемого процесса к реальному приему.

Современная элементная база позволяет достаточно просто реализовать в одном устройстве различные типы структурных схем современных приемников: супергетеродинной; прямого усиления; прямого преобразования. Также возможно отображение взаимозависимости основных технических характеристик приемника при моделировании реального процесса приема (отношение сигнал–шум, чувствительность) и процессов взаимной модуляции, блокирования.

Подавляющее большинство радиоприёмников выполнено по супергетеродинной схеме, где для получения промежуточной частоты входные высокочастотные сигналы смешиваются с сигналом встроенного или внешнего гетеродина.

Одним из ключевых моментов при проектировании приёмников является правильный выбор смесителей. За последние сорок лет схемотехника смесителей развивалась эволюционно, но наряду с усовершенствованием схем основные принципы и методы остались в значительной степени неизменными.

Главным предназначением смесителей является перемножение двух сигналов, один из которых имеет входную частоту, другой – частоту гетеродина, с целью получения на выходе продукта с промежуточной частотой (ПЧ).

В идеальном случае на выходе смесителя присутствовали бы только желаемые частоты со значениями $(F_{RF} + F_{LO})$ и $(F_{RF} - F_{LO})$, где F_{RF} – частота принимаемого сигнала, F_{LO} – частота гетеродина. Разумеется, идеальных устройств в природе не существует.

В реальном случае смесители производят на выходе ПЧ целый набор продуктов преобразования $\pm mF_{RF} \pm nF_{LO}$, где $m = 0, 1, 2, \dots$ и $n = 0, 1, 2, \dots$, после чего нежелательные из них (паразитные) отфильтровываются.

Имеются три типа смесителей, которые могут быть пассивными или активными. Пассивные смесители строятся на диодах. В активных смесителях диоды заменяются полевыми (FET) или МОП (MOSFET) транзисторами.

Небалансный смеситель на одном диоде, показанный на рис. 2, не имеет никакой развязки между двумя входами и выходом. Такие смесители используются довольно редко, так как недостаточная развязка между входом гетеродина и входом сигнала оборачивается нежелательным излучением антенной сигналов с частотой, кратной частоте гетеродина.

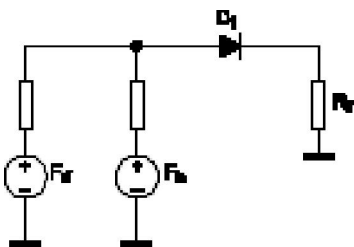


Рис. 2. Невбалансный смеситель на одном диоде

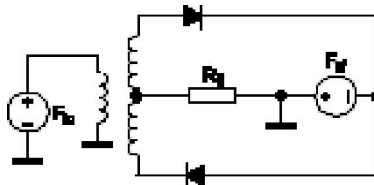


Рис. 3. Простой балансный смеситель

Применение простого балансного смесителя позволяет некоторым образом снизить паразитное излучение гетеродина в эфир за счёт обеспечения развязки между входом гетеродина и входом сигнала, как показано на рис. 3. Кроме того, сигнал гетеродина будет подавлен и на выходе промежуточной частоты. Однако, подобно небалансному смесителю на одном диоде, развязка между входом сигнала и выходом ПЧ здесь отсутствует.

Идеальный двойной балансный смеситель предлагает бесконечно большую развязку между всеми тремя выводами смесителя. На выходе при этом будут присутствовать сигналы промежуточной частоты ($\pm mF_{RF} \pm nF_{LO}$), а сигналы с частотами F_{RF} и F_{LO} будут полностью подавлены.

В реальных устройствах входной и гетеродинный сигналы на выходе ПЧ будут подавлены не более чем на 50 дБ. Наличие готовых к применению, выполненных в одном корпусе двойных балансных смесителей зачастую перевешивает использование простых балансных или небалансных смесителей.

В большинстве приложений использование двойного балансного смесителя, изображенного на рис. 4, обеспечивает наилучшие характеристики системы.

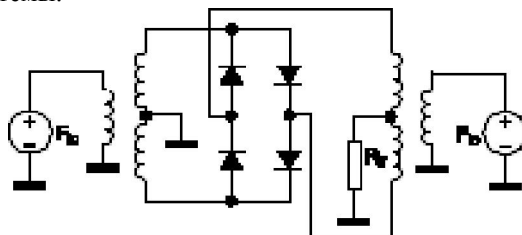


Рис. 4. Идеальный пассивный двойной балансный смеситель

Для формирования требуемой частоты или набора частот из опорного сигнала, согласно управляющим сигналам, применяется электронное устройство, которое называется «синтезатор частоты». Наиболее распространенными являются следующие методы синтеза частот: прямой аналоговый синтез (Direct Analog Synthesis, DAS) на основе структуры смеситель/фильтр/делитель, косвенный синтез (Phase Locked Loop, PLL) на основе фазовой автоподстройки частоты, прямой цифровой синтез (Direct Digital Synthesis, DDS), при котором сигнал синтезируется цифровыми методами, и гибридный метод. Каждый из методов имеет свою структурную схему.

Метод прямого аналогового синтеза называют прямым, потому что в нем отсутствует процесс коррекции ошибок. Одной из важных

особенностей DAS-синтезатора на основе смесителя/фильтра является возможность вернуться на любую частоту и продолжать работать в той же фазе, как если бы перехода не было вообще (рис. 5).

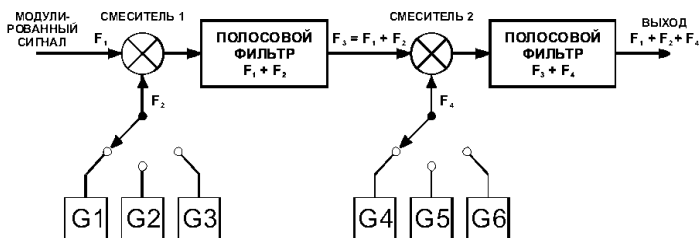


Рис. 5. Прямой аналоговый синтезатор частоты (DAS)

Метод косвенного синтеза (PLL) использует принцип сравнения частоты и фазы выходного сигнала, формируемого генератором, управляемым напряжением (VCO), с сигналом опорного генератора (рис. 6).

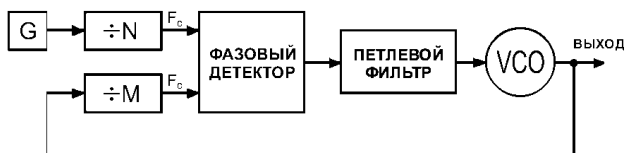


Рис. 6. Синтезатор частоты на основе PLL

Наиболее привлекательным из всех методов, является метод прямого цифрового синтеза (DDS). DDS уникальны своей цифровой определенностью – генерируемый ими сигнал синтезируется со свойственной цифровым системам точностью. Частота, амплитуда и фаза сигнала в любой момент времени точно известны и подконтрольны. DDS практически не подвержены температурному дрейфу и старению. Единственным элементом, который обладает свойственной аналоговым схемам нестабильностью, является ЦАП. Высокие технические характеристики DDS стали причиной того, что в последнее время DDS вытесняют обычные аналоговые синтезаторы частот (рис. 7).

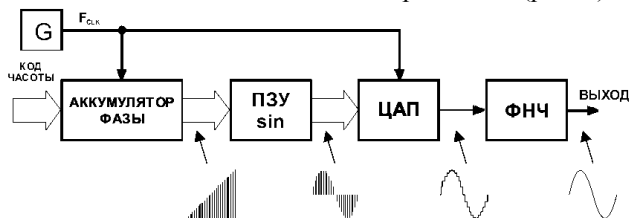


Рис. 7. Принцип работы DDS

Частотное разрешение DDS составляет сотые и даже тысячные доли герца при выходной частоте порядка десятков мегагерц. Такое разрешение недостижимо для иных методов синтеза. Другой характерной особенностью DDS является очень высокая скорость перехода на другую частоту. Для DDS скорость перестройки ограничена практически только быстродействием цифрового управляющего интерфейса. Более того, все перестройки по частоте в DDS происходят без разрыва фазы выходного сигнала. Поскольку выходной сигнал синтезируется в цифровом виде, очень просто можно осуществить модуляцию различных видов. Кроме того, многие параметры DDS программно-управляемые, что позволяет заложить в устройство новые возможности. Современные DDS используют субмикронную CMOS-технологии, трехвольтовую логику, миниатюрные корпуса. Все это делает DDS очень перспективными на фоне синтезаторов других видов.

В результате проведенного анализа была разработана структурная схема устройства приема и обработки сигналов, представленная на рис. 1.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Шахгильдян В.В.* Проектирование радиопередатчиков / В.В. Шахгильдян, М.С. Шумилин, В.Б. Козырев и др. / Под ред. В.В. Шахгильдяна. М.: Радио и связь, 2000. 656 с.
2. *Колосовский Е.А.* Устройства приема и обработки сигналов: учеб. пособие для вузов. М.: Горячая линия – Телеком, 2007. 456 с.

СОЗДАНИЕ КАБЕЛЯ ДЛЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО СОЕДИНЕНИЯ МАРШРУТИЗАТОРОВ CISCO В ЛАБОРАТОРНОМ СТЕНДЕ

*О.И. Порфирьев, Н.А. Хромовских, студенты 3-го курса,
Е.Ю. Агеев, доцент, к.т.н.*

г. Томск, ТУСУР, admln@vtomske.ru

Ключевую роль в создании компьютерных сетей играют маршрутизаторы. Среди решений различных производителей можно выделить маршрутизаторы компании Cisco Systems. Широкий спектр функциональных возможностей этих маршрутизаторов обеспечивается специализированной операционной системой Cisco IOS. Данная операционная система содержит встроенный Firewall, поддерживает возможность VPN подключения, а также различные протоколы туннелирования. Это позволяет создавать защищенные компьютерные сети. В состав лабораторного комплекса кафедры РЗИ входят несколько многофункциональных маршрутизаторов типа Cisco 3810. Для изучения техноло-

гий и средств защиты информации в компьютерной сети сетевое оборудование необходимо объединять. Маршрутизатор Cisco 3810 имеет несколько типов сетевых интерфейсов: Ethernet, 2 последовательных интерфейса, встроенную миниАТС на 6 портов. Оптимальным с точки зрения соединения нескольких маршрутизаторов между собой является последовательный интерфейс. В промышленных сетях маршрутизатор обычно выполняет роль оконечного устройства – DTE и через последовательный интерфейс соединяется с модемом – DCE устройством. В лабораторных условиях функции модема выполняет один из подключённых маршрутизаторов, что обеспечивается его настройками.

Однако, кроме изменений конфигурации для соединения маршрутизаторов, необходим специальный кабель, в котором передающие выводы одного маршрутизатора соединяются с приёмными выводами другого. Последовательное соединение этого оборудования осуществляется кабелем с DB60 разъёмами (рис. 1).

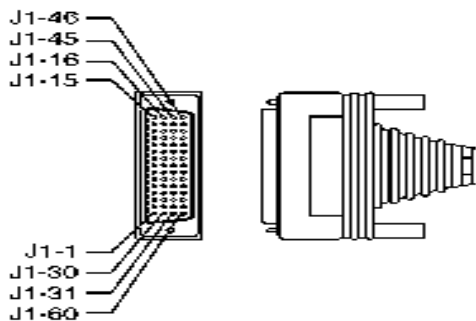


Рис. 1. 60 выводной разъём типа DB-60

Назначение выводов для перекрёстного соединения DTE DCE опубликовано в [1] и представлено в таблице.

Назначение выводов на последовательных интерфейсах маршрутизаторов при включении их как DTE и DCE устройств

Маршрутизатор 1 – DCE	Номер вывода	Направление передачи	Номер вывода	Маршрутизатор 2 – DTE	Описание
1	2	3	4	5	6
Ground	46	<-->	46	Ground	Shield Ground
TXD/RXD+	11	-->	28	RXD/TXD+	Twisted Pair №3
TXD/RXD-	12	-->	27	RXD/TXD-	Twisted Pair №3
RTS/CTS+	9	-->	1	CTS/RTS+	Twisted Pair №2
RTS/CTS-	10	-->	2	CTS/RTS-	Twisted Pair №2
RXD/TXD+	28	<--	11	TXD/RXD+	Twisted Pair №4
RXD/TXD-	27	<--	12	TXD/RXD-	Twisted Pair №4
CTS/RTS+	1	<--	9	RTS/CTS+	Twisted Pair №1
CTS/RTS-	2	<--	10	RTS/CTS-	Twisted Pair №1
RXC/TXCE+	26	<--	24	TXC/RXC+	Twisted Pair №5
RXC/TXCE-	25	<--	23	TXC/RXC-	Twisted Pair №5

Продолжение таблицы

Ground	15	<-->	15	Ground	Circuit Ground
To Local 47	48	-?-	48	To Local 47	Ground Mode 2
To Local 48	47	-?-	47	To Local 48	Ground Mode 2
To Local 52	51	-?-			Ground Mode DCE
To Local 51	52	-?-			Ground Mode DCE
Not used	16	-?-	16	Not used	Not used

В соответствии с этой таблицей был изготовлен кабель. В качестве основы для этого кабеля были использованы два отрезка витой пары, конечный разъём был сделан из текстолитовой основы, а выводы из тонкого медного одножильного провода. Были выполнены настройка последовательных интерфейсов маршрутизаторов и тестирование соединения. Тестирование оказалось вполне успешным. Сейчас по аналогичной схеме могут быть изготовлены кабели для последовательных соединений между маршрутизаторами в необходимом количестве. Пробная эксплуатация изготовленного кабеля показала, что выводы из одножильного медного провода слишком мягкие. Поэтому в дальнейшем планируется для выводов использовать более жёсткий материал.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Распиновки* и краткие описания интерфейсов, разъемов, кабелей, переходников [Электронный ресурс]: 2000–2010 Cisco DB-60 to DB-60-распиновка. URL:http://pinouts.ru/SerialPortsCables/cisco_db60todb60.shtml (дата обращения: 9.03.2011).

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ СТЕНД ДЛЯ СНЯТИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ИСТОЧНИКОВ ИЗЛУЧЕНИЯ

И.И. Привалихин, аспирант

г. Томск, ТУСУР, каф. РЗИ, ivan_privalihin@mail.ru

В результате интенсивного развития технологий производства полупроводниковых светоизлучающих кристаллов стало возможным широкое использование светодиодов в системах отображения информации, световой сигнализации и освещения. Однако проектирование и разработка конструкций указанных устройств, а также новых типов светоизлучающих диодов сдерживается отсутствием аппаратуры для исследования технологических характеристик, исходных материалов и свойств источников излучения. Для контроля свойств светодиодов необходимо знать их основные характеристики: фотометрические

(световые); радиометрические (энергетические); колориметрические (спектральные); гониометрические (угловые); тепловые вольт-амперные; эксплуатационные (срок службы).

Влияние технологических характеристик и используемых материалов может быть определено на основе исследования оптических и электрических характеристики светодиодов, снятых в динамическом режиме. Применение динамического режима позволяет исследовать потенциальные режимы работы светодиодов без разрушения структур, ускорить измерение эксплуатационных характеристик.

Главной целью данной работы является создание метрологической установки для исследования кристаллов разрабатываемых светодиодов с целью существенного увеличения оптической мощности, улучшения технологии изготовления, повышения эффективности генерации и вывода излучения из кристалла диода.

В состав стенда, структурная схема которого представлена на рис. 1, входят следующие блоки:

1. Компьютер. Предназначен для обработки и хранения полученной информации и управления стендом.

2. Приемопередатчик Gigabit Ethernet. Осуществляет связь компьютера с экспериментальной установкой со скоростью в 1 Гбит/с.

3. Блок управления. Управляет всей установкой по командам от компьютера.

4. Блок синхронизации. Предназначен для синхронизации всей системы.

5. Генератор импульсов запуска. Представляет собой регулируемый генератор импульса с различными режимами генерации.

6. Блок регулировки амплитуды импульса. Осуществляет регулировку амплитуды импульсов накачки на выходе импульсного коммутатора.

7. Импульсный коммутатор. Вырабатывает импульсы питания исследуемых полупроводниковых структур.

8. Блок измерения ВАХ. Предназначен для снятия переходных характеристик входного тока и напряжения на переходах.

9. Исследуемый объект (кристалл, диод или диодная решетка).

10. Микроскоп. Используется как оптическая система для фокусировки и увеличения изображения.

11. Фотоприемник. Фотоприемное устройство на основе ПЗС матриц различных диапазонов длин волн.

12. Блок управления фотоприемником и микроскопом.

13. Блок оцифровки данных с ПЗС матриц на основе АЦП.

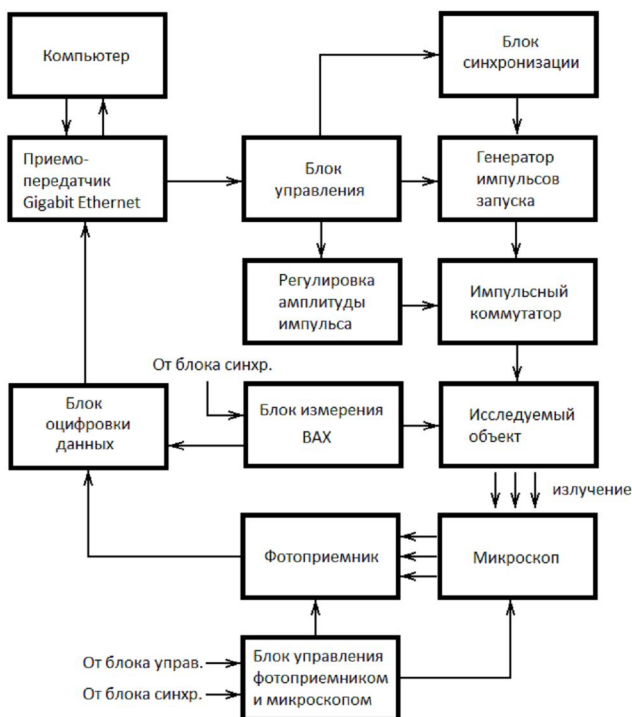


Рис. 1. Структурная схема установки для измерений параметров излучающих диодов

Стенд позволяет снимать оптические и электрические характеристики полупроводниковых источников света. Фотометрические, радиометрические, колориметрические и гониометрические характеристики являются производными от оптической характеристики, снятой с помощью ПЗС матрицы. Тепловые характеристики снимаются с помощью ИК ПЗС матрицы дальнего ИК-диапазона (8–12 мкм) [1]. Эксплуатационные характеристики определяются на основе анализа тепловых и световых характеристик [2].

В результате разработки стенда откроется новое направление исследований – исследование предельных возможностей кристаллов и светодиодов методом неразрушающего контроля в динамическом режиме работы, моделирование технологических процессов изготовления кристаллов. Визуальные наблюдения за температурными режимами на различных участках кристаллов позволяет исследовать эффект «стягивания тока», приводящий к значительному повышению температуры отдельных участков кристалла, вплоть до выгорания.

Текущее состояние проекта – отдельные блоки комплекса разработаны, используются в измерениях и проходят аттестацию как официальные метрологические средства измерения в НИИПП. На данный момент разрабатывается блок управления и передачи информации. Разработка этих блоков позволит автоматизировать измерения.

Заключение

Разрабатываемый автоматизированный стенд для исследования кристаллов и решеток излучающих диодов видимого и инфракрасного диапазонов длин волн позволит исследовать оптические, электрические характеристики и тепловые процессы в кристаллах светодиодов в динамическом режиме, дорабатывать конструкции теплоотводов и оптические линзы.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Mal'yutenko V.* What is Hot in IR Micro Vision. <http://www.infraredtraining.com/store/infra2005.asp>.
2. *Мальцев А., Мальцев И.* Контроль качества и надежности светодиодов по тепловому сопротивлению р-п-переход – корпус // Полупроводниковая светотехника. 2010. №2.
3. *Справочная книга по светотехнике* / Под ред. Ю.Б. Айзенберга. 3-е изд. перераб. и доп. М.: Знак, 2000. 972 с.
4. *Никифоров С.Г.* Почему светодиоды не всегда работают так, как хотят их производители? // Компоненты и технологии. 2005. №7.
5. *Шуберт Ф.* Светодиоды / Пер. с англ; под ред. А.Э. Юновича. 2-е изд. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. 496 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМА РАБОТЫ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ИК ДИОДА

И.И. Привалихин, аспирант, Б.И. Авдоchenko, к.т.н.,

А.А. Виллисов, д.т.н.

г. Томск, ТУСУР, каф. РЗИ, ivan_privalihin@mail.ru

Исследование предельных возможностей полупроводниковых источников света методом неразрушающего контроля при динамическом режиме работы является новым перспективным направлением исследований. Наблюдение за формой оптического импульса при больших уровнях инжекции позволяет исследовать деградационные процессы в кристаллах и останавливать процесс разрушения кристалла на любой стадии. Появляется возможность определять процесс «старения» светодиодов в ускоренном режиме и определять полный и полезный срок службы светодиодов за реальные временные интервалы наблюдения.

Для проведения исследований в динамическом режиме питания был разработан стенд, структурная схема которого приведена на рис. 1.

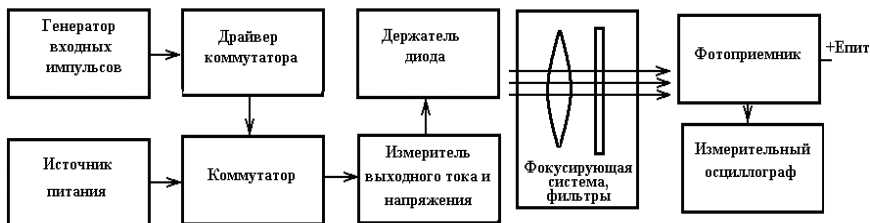


Рис. 1. Структурная схема стенда для исследований характеристик излучающих диодов в динамическом режиме

В состав измерительной установки входят:

1. Генератор входных импульсов, формирующий заданные параметры испытательного импульса: частоту, длительность, задержку.
2. В качестве драйвера мощных полевых транзисторов (ПТ) используются стандартные микросхемы.
3. Коммутатор выполнен на основе усилителя на ПТ в режиме формирования.
4. Источник питания серийный, с регулировкой напряжения 5–60 В и током 1 А.
5. Измеритель импульсов выходного тока до 300А выполнен на основе трансформатора тока, измеритель выходного напряжения представляет собой частотно-компенсированный делитель напряжения.
6. Держатель диода выполнен с минимальными паразитным параметрами и с радиатором для максимальной рассеиваемой мощности.
7. Параметры и необходимость применения фокусирующей системы и фильтров определяются параметрами исследуемых диодов.
8. Фотоприемник для ИК-диапазона – ФПЛ-70А, с собственным временем установления 70 пс желательно использовать универсальный.
9. Источник питания фотодиода определяется по типу фотоприемника. Для ФПЛ-70А это 40 В, 10 мА.
10. Измерительный осциллограф. В установке используется LeGroу 62Х с временем установления 0,6 нс.

Контроль состояния светодиода проводится по форме оптического импульса. При увеличении амплитуды импульса и (или) длительности выше оптимальной, за счет разогрева кристалла, происходит снижение оптической мощности, визуально наблюдаемая как спад вершины оптического импульса (рис. 2, а).

Величина спада является интегральной характеристикой температуры кристалла, практически не зависящей от внешней системы охлаждения.

ждения при скважности импульса питания более 1000. Дegrадация излучательной способности светодиодов наблюдается в виде плавного уменьшения амплитуды оптического импульса при постоянной амплитуде импульса питания.

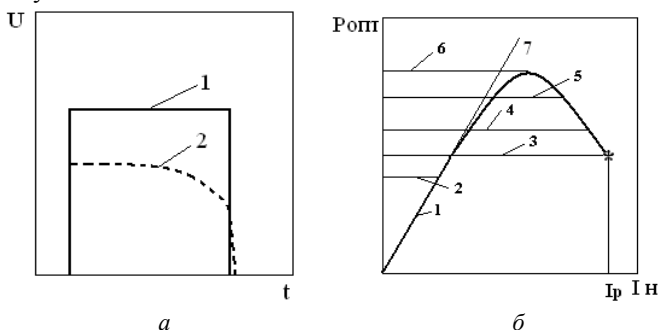


Рис. 2. Формы импульса накачки 1 и оптического импульса 2 – а; б – зависимость оптической мощности от тока накачки: 7 – линейная зависимость; б – максимальная мощность; 4, 5 – спад мощности; 3 – предельный разогрев; I_p – ток разрушения кристалла

Экспериментально были исследованы следующие характеристики диодов:

- 1) зависимость оптической мощности от тока накачки;
- 2) зависимость мощности от длительности импульса при постоянной скважности;
- 3) зависимость мощности от скважности при постоянной длительности импульса;
- 4) зависимость оптической мощности от температуры кристалла.

По изменению формы оптического импульса можно контролировать тепловые процессы в кристалле вплоть до его разрушения при спаде оптической мощности до уровня 3, соответствующей току накачки I_p . Процесс разрушения можно останавливать на любой стадии и определять предельные энергетические характеристики светодиодов после деградации кристаллов.

На рис. 3, а приведены зависимости изменения выходной оптической мощности при перегреве кристалла при разных амплитудах импульсов накачки, при времени измерения 6 ч. При максимальной выходной начальной мощности P_6 через 6 ч, при постоянном уровне импульса накачки оптическая мощность уменьшилась на 5%, при мощности P_5 снижение оптической мощности составило 18%. При начальной мощности P_4 через 4,5 ч светодиод вышел из строя, при мощности P_3 светодиод вышел из строя через несколько секунд.

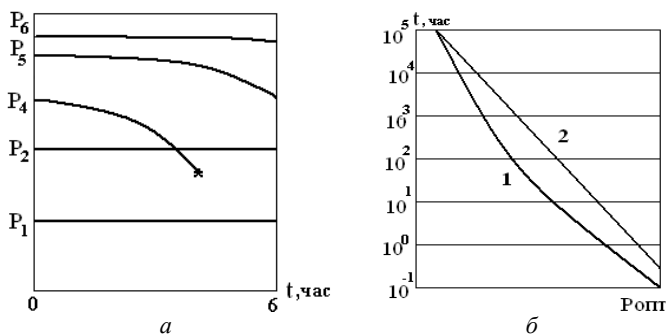


Рис. 3. Зависимости выходной оптической мощности от времени при постоянном уровне накачки – *а*; *б* – зависимость времени безотказной работы от оптической мощности

Из рисунка следует, что работа светодиода при больших токах накачки (температуре, близкой к максимальной), приводит к сокращению срока службы в тысячи – десятки тысяч раз.

По графикам деградации характеристик ИК светодиодов может быть построена модель для определения времени безотказной работы. На рис. 3, *б* приведена примерная зависимость времени безотказной работы от оптической мощности. График 1 соответствует постоянному току накачки, график 2 – постоянной величине спада оптической мощности. Экспериментально проверена часть графиков при времени до 10 ч. Конечная точка совпадения графиков (100 тыс. ч) принята условно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маняхин Ф.И. Причины спада выходной мощности излучения и внешнего квантового выхода светодиодных структур AlGaIn/InGaIn/GaN с квантовыми ямами при большом напряжении прямого смещения // Изв. Вузов. Материалы электронной техники, 2004. №1. С. 57–62.

РАЗРАБОТКА СЕТЕВОГО ДРАЙВЕРА ДЛЯ ВЕКТОРНОГО АНАЛИЗАТОРА СИГНАЛОВ

Т.Т. Сабиргалиева, студентка 3-го курса,

К.В. Волков, аспирант каф. СРС

*г. Томск, ТУСУР, каф. РЗИ, _tamila_@sibmail.com,
romabka_mila@mail.ru*

Векторный анализатор сигналов – это устройство для определения качества модуляции в системах радиосвязи. Прибор позволяет работать с быстро изменяющимися сигналами с высоким спектральным разрешением, а также построен по архитектуре виртуальных измери-

тельных приборов, что подразумевает передачу большого потока данных от измерительного блока в ЭВМ. Необходимо разработать высокоскоростной канал на основе интерфейса связи Gigabit Ethernet. Данный интерфейс работает с пакетной технологией передачи данных TCP/IP [1]. TCP – это транспортный механизм, предоставляющий поток данных с предварительной установкой соединения, за счёт этого дающий уверенность в достоверности получаемых данных.

Разрабатываемое сетевое приложение реализуется по схеме «клиент–сервер», где сервер ждет соединения и как только клиент запрашивает соединение, сервер выделяет сокет. Для нас сервером является устройство, а клиентом – ЭВМ. Нас интересует не только установление связи между устройством и компьютером, но и непосредственно разработка способа их общения. Для решения этой задачи необходимо применение распространенного языка команд для программируемых устройств SCPI. SCPI включает общий для всех видов устройств набор команд, что позволяет обмениваться сообщениями. С программной точки зрения, для реализации всего вышесказанного необходим некоторый виртуальный инструмент, который имеет возможность работать с интерфейсом Ethernet, а также использует синтаксис команд SCPI. Таким инструментом является сетевой драйвер, который представляет собой динамическую библиотеку с набором функций. Сетевой драйвер содержит некоторую информацию, которая подгружается динамически, в процессе работы самих программ, т.е. по мере необходимости. В нашем случае он будет представлять собой набор ресурсов для осуществления связи между устройством и компьютером.



Рис. 1. Структурная схема сетевого драйвера

Реализация сетевого драйвера состоит в написании шаблона функций, написании XML-файла и последующих механизмах автоматического генерирования кода динамической библиотеки и запуска процесса компиляции. Шаблон функций представляет собой код программы написанной на языке программирования C++, включающий в себя классы Qt framework [2]. В Qt framework присутствуют очень удобные для нас классы QTcpServer и QTcpClient. Класс QTcpServer

имеет возможность принимать входящие подключения с любого порта или с конкретного порта (установленного пользователем). По вызову функции `listen()` сервер будет ожидать подключения. Как только произойдет подключение, в `QTcpServer` получит сигнал `newConnection()`. По вызову функции `nextPendingConnection()` можно получить указатель на сокет (`QTcpSocket`), присвоенный данному подключению. Существует также возможность отследить ошибки при подключении. По вызову функции `serverError()` можно получить тип ошибки со строкой, поясняющей, что же на самом деле произошло. Во время прослушивания сервером эфира можно получить значения IP адреса и порта вызовом `serverAddress()` и `serverPort()`. По вызову функции `close()` `QTcpServer` закрывает соединение и перестает прослушивать текущее соединение. В Qt framework присутствует очень удобная и высокооптимизированная система сигналов и слотов, которая защищает разработчика от использования Microsoft Windows API. Выполненный по данной схеме сервер очень надежный и очень удобный в использовании. Класс `QTcpClient` обеспечивает простые методы для подключения, а также отправки и получения потоков данных в сети в синхронном блокирующем режиме. Клиент подключается к `QTcpServer` по заданному IP адресу и порту. После подтверждения соединения клиент может принимать данные от сервера и посылать данные к серверу. Как уже установили, в нашем случае клиентом будет выступать драйвер, а измерительный блок будет являться сервером. И все запросы будут отправляться от ЭВМ к измерительному блоку, а в ответ будет приниматься поток данных. Для драйвера необходимо составить шаблоны функций для отправки и принятия информации по TCP/IP с использованием вышеописанных классов Qt.

Информация о системе команд (названия команд, названия и типы параметров, количество параметров) заносится в XML-файл, после чего следует выполнение алгоритма автоматической генерации. Автоматическое генерирование кода избавляет разработчика от самостоятельного написания большого количества функций для каждой команды SCPI. Он создаёт новый файл, который будет содержать код программы на языке программирования C++. В файле каждой команде SCPI соответствует функция по шаблону. Функциям присваивается имя, идентичное имени соответствующей команды. Автоматическое генерирование кода позволяет в случае дальнейшего редактирования XML-файла избежать таких последствий, как повторное переписывание всего кода. Компиляция полученного C++ кода библиотеки может быть осуществлена двумя путями:

- 1) с помощью командной строки;
- 2) в среде Qt Creator.

После компиляции мы получили готовую динамическую библиотеку, которую можно присоединить к любому приложению на любом языке программирования. Таким образом, полученный сетевой драйвер позволит установить оптимизированную и эффективную связь векторного анализатора сигналов с ЭВМ посредством интерфейса GbEthernet. Это позволяет увеличить скорость получения данных и увеличить производительность при проведении исследований сложных сигналов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сайт в сети Интернет: <http://ru.wikipedia.org/wiki/TCP>
2. *Шлее М.* Qt4. Профессиональное программирование на C++. СПб.: БХВ-Петербург, 2007.

СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫЙ ДЕЛИТЕЛЬ МОЩНОСТИ ДЛЯ КОАКСИАЛЬНОГО ТРАКТА СЕЧЕНИЕМ 3,5/1,52 ММ

*В.В. Щуров, студент, А.В. Фатеев, аспирант каф. СВЧиКР
г. Томск, ТУСУР, vadka@sibmail.com*

Развитие радиосвязи, радиолокации, радиоизмерительной и контрольно-испытательной техники постоянно требует расширения рабочих диапазонов частот элементной базы радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) и сопровождается продвижением в область более высоких частот. Такая тенденция развития РЭА способствовала возникновению научного направления, ориентированного на создание широкополосных и сверхширокополосных функциональных устройств. Проектирование подобных устройств связано со многими трудностями, так как при расширении рабочего диапазона частот размеры некоторых частей устройства приближаются к десятым долям миллиметра, что приводит к ужесточению технологических допусков на изготовление.

Делителем мощности называют устройство, предназначенное для разделения мощности между двумя или несколькими каналами (плечами). Делители широко применяются в микроволновых устройствах: электроуправляемых аттенуаторах, дискретных фазовращателях, усилителях мощности, частотно-разделительных устройствах и др. [1].

Сверхширокополосный делитель мощности можно реализовать в микрополосковом исполнении с использованием распределенных элементов. Проектирование выполним на основе подвешенной микрополосковой линии. Подложку возьмём из поликора ($\epsilon = 9,9$) толщиной 0,254 мм, ширину микрополоскового проводника примем равной 2 мм. Рассматриваемая структура должна подключаться к внешним линиям с

волновым сопротивлением 50 Ом. Делитель мощности должен быть взаимным, его плечи разнесены относительно друг друга на 120° , а развязка между ними составляет 6 дБ.

При моделировании данной топологии делителя мощности (рис. 1) не удалось получить хорошего согласования и равномерности электрических характеристик в заданной полосе частот. Для улучшения согласования на корпусе и подложке были выполнены согласующие элементы.

Корпус делителя разборный, имеющий центральную часть, в которой находится подложка с подводимыми к ней внешними линиями. Корпус имеет также нижнюю и верхнюю части, которые являются крышками. Для улучшения согласования в модели на верхней и нижней частях корпуса были выполнены согласующие элементы в виде колец (рис. 2), обеспечивающие выравнивание частотных характеристик модулей коэффициентов матрицы рассеяния. Такая геометрия эквивалентна включению согласующего трансформатора, обеспечивающего согласование волновых сопротивлений на подводящих портах. Также для улучшения согласования был выполнен несимметричный срез на центральном проводнике.

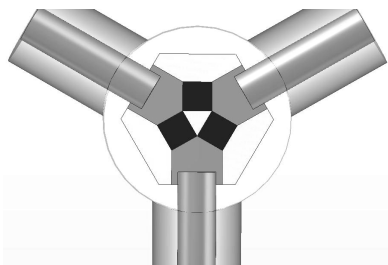


Рис. 1. Топология делителя мощности

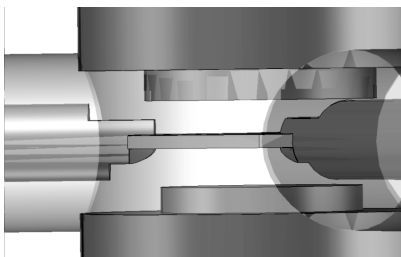


Рис. 2. Модель делителя мощности с согласующими кольцами и со срезом на центральном проводнике

На рис. 3 приведены зависимости КСВН и модуля коэффициентов передачи от частоты.

В результате была создана модель сверхширокополосного делителя мощности в диапазоне частот от 0 до 32 ГГц со следующими параметрами:

- волновое сопротивление подводимого тракта 50 Ом,
- КСВН, не более 1,034,
- номинальное ослабление в рабочей полосе частот 6,45 дБ,
- неравномерность коэффициента передачи, не более $\pm 0,45$ дБ.

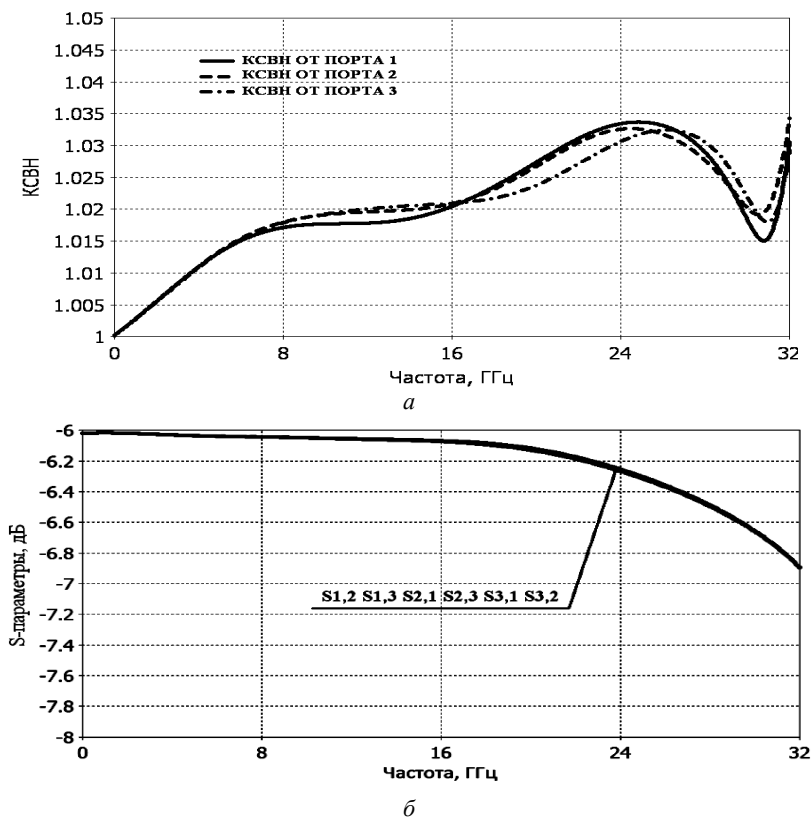


Рис. 3. Частотные зависимости КСВН (а)
и модулей коэффициентов передачи (б)

Авторы признательны научному руководителю профессору Г.Г. Гошину за полезные замечания при представлении материала.

Выполнено в рамках проекта ГПО СВЧ и КР-0802 – «Сверхширокополосные пассивные устройства СВЧ-диапазона».

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ в соответствии с договором 13.G25.31.0011 от 07.09.2010 г. в порядке реализации Постановления № 218 Правительства РФ.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Сверхширокополосные микроволновые устройства* / Под ред. А.П. Креницкого, В.П. Мещанова. М.: Радио и связь, 2001. 560 с.

STRIPPING-АТАКА SSL-ПРОТОКОЛА

А.Р. Селютин, студент 5-го курса

г. Томск, ТУСУР, каф. РЗИ, session@sibmail.com

В криптографических протоколах, обеспечивающих безопасное соединение между клиентом и сервером (SSL/TLS), существует ряд критических уязвимостей [1]. Для успешного проведения такой атаки злоумышленник должен иметь возможность вклиниться в проходящий защищенный трафик, например получить контроль над промежуточным шлюзом. Такой вид атаки называется атака «Человек посередине» (Man In The Middle, MITM-атака).

Для проведения атаки на SSL-протокол использовался эксплойт (sslststrip), который создаёт видимость защищённой страницы. Утилита начинает работать на этапе согласования параметров соединения ещё до того, как данные начинают передаваться в зашифрованном виде. Редактируя заголовки в клиентских запросах и ответах сервера, утилита конвертирует https-страницу в http. При этом происходит обман пользователя, который продолжает думать, что страница защищена. Работа эксплойта основана на том, что большинство сайтов используют протокол SSL только для некоторых своих разделов. По своей сути эта утилита выполняет роль прозрачного прокси-сервера, который получает обратные отклики для GET и POST методов и затем использует HTTP или HTTPS в зависимости от того, какая информация имеется о соединении, адресе клиента и т.д. в таблицах кэша. Затем происходит перехват входящих запросов клиентов и удаление заголовков клиента, которые необходимы для безопасного соединения, таких как accept-encoding, keep-alive, connection, if-modified-since. Приведенные ниже переменные, используемые в коде программы, демонстрируют, как выполняется преобразование исходной HTML-страницы:

```
disallowedHeaders = ['connection', 'keep-alive', 'content-length'] – игнорируемые поля заголовка;
```

```
url = url.replace('https://', 'http://', 1) – замена https на http.
```

Было проведено тестирование данной уязвимости. Атакующая и атакуемая машины во время тестирования находились в одной локальной сети, а для проведения атаки MITM использовался ARP-spoofing [2]. Перед началом атаки на атакующей машине была настроена маршрутизация и межсетевой экран таким образом, чтобы весь трафик перенаправлялся с порта 80 на порт 8080 и происходил перехват http запросов.

Тест на работоспособность данного метода проводился на почтовых серверах yahoo и gmail (на обоих серверах используется криптографический протокол SSL версии 3). Перед проведением атаки, зайдя

на страницу с безопасным соединением, мы видим, что страница отображается как https и стоит иконка защищённого соединения. Если же зайти на защищённую страницу после проведения атаки, то видно, что https сменилось на http, то есть все данные передаются в открытом виде, иконка защищённого соединения исчезла. В кратком описании sslstrip разработчик сообщает, что эксплойт должен сохранять иконку защищённого соединения в браузере, несмотря на то, что соединение уже не защищено [3]. Во время тестирования было обнаружено, что при работе программы иконка исчезает. Данный факт является несомненным минусом, который позволит пользователю, даже отдалённо знакомому с аспектами защищённого соединения, обнаружить атаку.

Ниже приведены две схемы взаимодействия сервера и клиента. Первая схема (рис. 1) – схема без вмешательства злоумышленника, вторая схема (рис. 2) иллюстрирует проведение MITM-атаки с применением stripping'a, описанной выше.

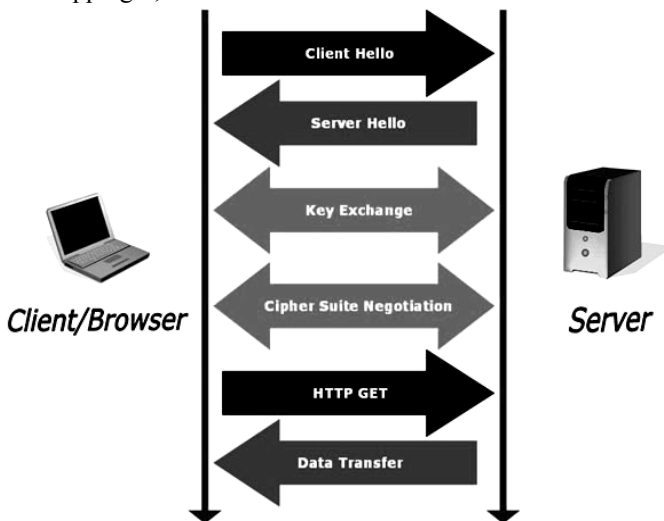


Рис. 1. Схема без вмешательства злоумышленника

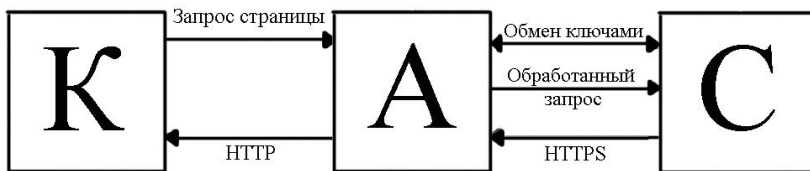


Рис. 2. Проведение MITM-атаки с применением stripping'a; где К – клиент, А – атакующий, С – сервер

Таким образом, на практике доказано, что в SSL-протоколе существуют серьёзные недоработки – сервер, отдающий всю информацию по защищенному каналу, не интересуется, от кого приходит подключение, а клиент не получает никаких предупреждений, помимо исчезнувшей иконки о том, что его данные передаются в незащищённом виде. Также опытным путём было доказано, что обойти эту атаку можно, если использовать шифрование, начиная с главной страницы (тест проводился на сайте <http://oplata.regplat.ru>), а не только для страниц, на которые переходят ре-директом или через ссылки. Такие переходы осуществляются путём обычного http-протокола, который легко перехватить. Но данная атака не доказывает, что криптографический протокол является бесполезным, ведь для того, чтобы провести эту атаку успешно, необходим ряд определённых условий, которых можно добиться не всегда.

ЛИТЕРАТУРА

1. Серьезная уязвимость в SSL/TLS-протоколах. <http://bugtraq.ru/rsn/archive/2009/11/05.html> [Электронный ресурс], свободный режим доступа, русский язык.
2. ARP-Spoofing., <http://ru.wikipedia.org/wiki/ARP-spoofing> [Электронный ресурс], свободный режим доступа, русский язык.
3. SSLStrip., <http://www.thoughtcrime.org/software/sslstrip/> [Электронный ресурс], свободный режим доступа, английский язык.

АТТЕНУАТОР ФИКСИРОВАННЫЙ ДЛЯ КОАКСИАЛЬНОГО ТРАКТА СЕЧЕНИЕМ 7/3,04 ММ

В.П. Семибратов, студент, А.В. Фатеев, аспирант

г. Томск, ТУСУР, каф. СВЧуКР, DoomBlade@Sibmail.com

В широкополосной измерительной аппаратуре СВЧ-диапазона большое применение находят фиксированные аттенуаторы на резистивных пластинах. Их преимущества – широкополосность, малый коэффициент отражения, малые габариты, возможность реализации дискретных значений в большом интервале изменений ослабления.

В качестве основы топологии аттенуатора была выбрана микрополосковая линия с подвешенной подложкой. Линия содержит полосковой проводник, поддерживаемый тонкой диэлектрической подложкой, нижняя поверхность которой металлизирована. Основными преимуществами подвешенной линии являются меньшая зависимость характеристик при изменении диэлектрической постоянной подложки, более простая реализация высоких значений волнового сопротивления и меньший уровень потерь.

В качестве поглощающего элемента был выбран плоский резистивный слой крестообразной формы с сопротивлением $\rho = 100 \text{ Ом}$ (рис. 1). Расчет его входного сопротивления и затухания приводится в [1]. Рассматриваемая структура должна подключаться к внешним линиям с волновым сопротивлением 50 Ом . Атеннуатор предназначен для работы в диапазоне частот от 0 до 18 ГГц.

Для достижения заданных характеристик необходимо вводить в модель аттеннуатора элементы согласования. Хорошее влияние на частотные характеристики оказывает винт, установленный в центре обратной стороны подложки (рис. 2). Винт обеспечивает высокочастотную коррекцию, необходимую для того, чтобы компенсировать потери в металле и в подводящем тракте.

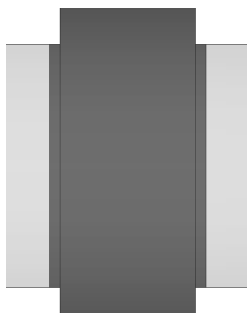


Рис. 1. Топология аттеннуатора с крестообразным резистивным слоем

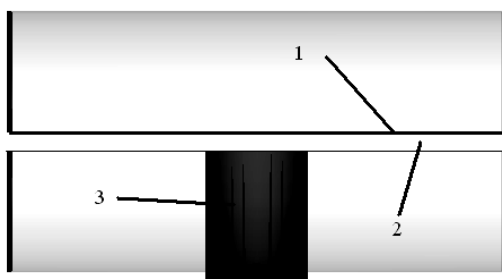


Рис. 2. Фрагмент модели, вид сбоку:
1 – токонесущий полосок; 2 – подложка;
3 – винт

Исследование влияния диаметра винта на характеристики аттеннуатора показало, что с его увеличением модуль коэффициента отражения $|S_{11}|$ уменьшается, но при этом увеличивается неравномерность коэффициента передачи $|S_{21}|$.

При подключении аттеннуатора с полосковой топологией непосредственно к коаксиальному тракту согласование ухудшается. Поскольку видом соединения был выбран торцевой контакт, то улучшить характеристики перехода невозможно, поэтому необходимо вводить дополнительные элементы подстройки, как показано на рис. 3. В данном случае были выбраны прямоугольные металлические пластины, расположенные вблизи резистивного слоя и закороченные на корпус.

Элементы согласования обеспечивают необходимый уровень модуля коэффициента отражения и уменьшают неравномерность коэффициента передачи до необходимого минимума. Достигнутые характеристики аттеннуатора показаны на рис. 4.

Рис. 3. Аттенюатор с согласующими элементами

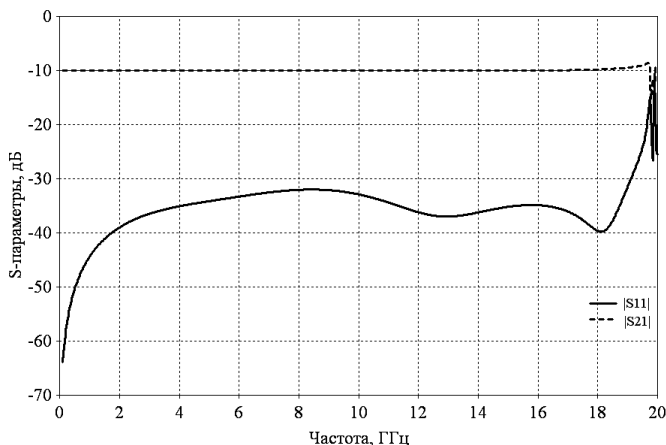
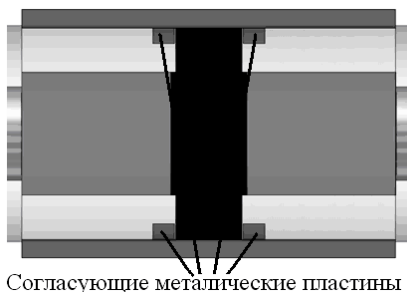


Рис. 4. Частотные характеристики аттенюатора

В результате была создана модель сверхширокополосного фиксированного аттенюатора в диапазоне частот от 0 до 18 ГГц, со следующими параметрами:

- волновое сопротивление 50 Ом;
- КСВ, не более 1,05;
- номинальное ослабление в рабочей полосе частот 10 дБ;
- неравномерность коэффициента передачи, не более $\pm 0,05$ дБ.

Авторы признательны научному руководителю профессору Г.Г. Гошину за полезные замечания при представлении материала.

Выполнено в рамках проекта ГПО СВЧ и КР-0802 – «Сверхширокополосные пассивные устройства СВЧ-диапазона».

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ в соответствии с договором 13.G25.31.0011 от 07.09.2010 г. в порядке реализации Постановления № 218 Правительства РФ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Садков В.Д., Горячев Ю.А. Расчет тонкопленочной аттенуаторной пластины // Техника средств связи. Сер. Радиоизмерительная техника. 1977. Вып. 2. С. 13–19.

ДИСПЕРСИЯ И ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ МОДОВАЯ ЗАДЕРЖКА В ГРАДИЕНТНЫХ МНОГОМОДОВЫХ ОПТИЧЕСКИХ ВОЛОКНАХ С MCVD-ПРОФИЛЕМ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ

А.А. Шибельгут, м.н.с., Д.А. Конкин, аспирант

*Научный руководитель А.С. Заборин, зав. каф. РЗИ, проф.
г. Томск, ТУСУР, каф. РЗИ, ShibelgutAA@rzi.tusur.ru*

Как известно, распространение световых импульсов, возбуждаемых одномодовыми лазерами, по многомодовым градиентным оптическим волокнам (МОВ) сопровождается эффектом дифференциальной модовой задержки (Differential Mode Delay, DMD) [1]. Основной причиной DMD является наличие характерного дефекта профиля показателя преломления (ППП), связанного с особенностями технологии производства кварцевых МОВ. Этот дефект представляет собой «провал» в центре параболы ППП МОВ, изготовленных модифицированным способом химического осаждения из газовой фазы (Modified Chemical Vapor Deposition, MCVD). Указанный эффект искажает форму светового сигнала и поэтому приводит к росту числа битовых ошибок в волоконно-оптических системах передачи (ВОСП) [1, 2].

На сегодняшний момент уже известен ряд методик, пригодных для моделирования ВОСП на основе кварцевых градиентных МОВ с указанным выше дефектом ППП [1]. Область применения данных методик ограничена использованием упрощенных моделей расчета спектра волноводных мод (ВМ) и их характеристик в МОВ.

Таким образом, актуальным является вопрос разработки более строгой динамической модели световых сигналов $I(t)$ в градиентных МОВ, изготовленных по технологии MCVD.

Ниже, следуя [1], мы будем обозначать ППП МОВ, изготовленных по данной технологии, MCVD-профилем показателя преломления, характерный вид которого приведен на рис. 1. На этом рисунке дефект ППП определяется двумя параметрами – радиусом провала a_0 и минимальным значением показателя преломления в центре сердцевин n_2 [1].

Рассмотрим распространение светового импульса гауссовой формы в кварцевом МОВ с MCVD-профилем показателя преломления. Будем считать, что магнитная проницаемость МОВ равна своему значению в свободном пространстве, а относительная диэлектрическая проницаемость волноводной структуры не зависит от продольной координаты $z(\epsilon_r(x, y, z) \equiv \epsilon_r(x, y))$. Будем также полагать, что объемные заряды и токи проводимости в волноводах отсутствуют, а МОВ является слабонаправляющим.

В указанных приближениях спектр ВМ ξ_{mn} удовлетворяет волновому уравнению для ТЕМ-поля [1, 3].

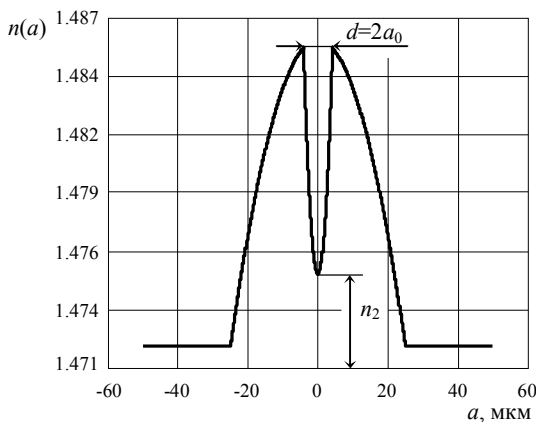


Рис. 1. MCVD-профиль показателя преломления кварцевого градиентного МОВ. Здесь $n(a)$ – показатель преломления ОВ, изменяющийся с радиусом a , для кварцевого МОВ 50/125 $a = 25$ мкм

В данной работе модель $I(t)$ строилась на основе динамической интерференции спектра ВМ ξ_{mn} . При этом характеристики ВМ – постоянные распространения, групповые скорости и профили мод находились путем численного расчета волновых уравнений конечно-разностным методом анализа распространения светового поля в МОВ на основе схемы Юе [4].

Нами данный подход применялся для кварцевого волокна с параметрами: максимальный показатель преломления сердцевины $n_{co}=1,486$, показатель преломления оболочки $n_{cl} = 1,472$, радиус сердцевины $a = 25$ мкм, длина волны $\lambda = 850$ нм, длина волокна $L = 2000$ м. Количество направляемых ВМ приближенно определялось следующим соотношением [3]:

$$M = \frac{4}{\pi} V, \quad \text{где} \quad V = \frac{2\pi a}{\lambda} \sqrt{n_{co}^2 - n_{cl}^2},$$

M – количество направляемых мод, V – нормированная частота.

Для рассматриваемого МОВ оценка M дает значение 47.

Точное количество физически реализуемых ВМ в МОВ и их характеристики – постоянные распространения, групповые скорости и профили ξ_{mn} и т.д. – находим путем численного расчета по схеме Yee.

Для определения эффективности возбуждения в МОВ нужной модовой группы поле E_0 возбуждающего светового пучка на входе волокна представлялось в виде разложения в ортогональном базисе профилей ВМ ξ_{mn} . Полученная при этом зависимость весовых коэффициентов $\eta_{mn}(\rho, \varphi)$ от радиальной ρ и азимутальной φ координат поля $E_0(\rho, \varphi)$, а также радиуса его перетяжки δ определяла эффективность возбуждения в МОВ соответствующих мод.

Искомая динамика суммарного светового поля $I(t)$ на выходе МОВ длины L определялась путем суперпозиции полей мод с учетом различия их групповых скоростей.

В работе исследовалась зависимость линейных искажений сигнала $I(t)$ от параметров ρ , φ и δ возбуждающего поля $E_0(\rho, \varphi)$, а также параметров дефекта a_0 и n_2 MCVD-профиля показателя преломления МОВ. При этом динамическая зависимость поля E_0 описывалась гауссовой кривой.

В результате исследований установлено существенное влияние эффекта DMD на динамику $I(t)$. Так, при достаточно коротком возбуждающем импульсе $E_0(t)$ отклик $I(t)$ на выходе МОВ расщепляется на три фрагмента. Показано, что основной механизм расщепления связан с изменением скорости фундаментальной моды, которая в идеальном волокне локализована именно в области дефекта ППП. В условиях провала ППП, когда n_2 сравним с показателем преломления оболочки, создаются условия для осечки локализованных в этой области меридиональных лучей и формирования внутренней каустики поля ВМ.

Нами исследованы зависимости параметров этого триплета от значений ρ , φ , δ , a_0 и n_2 . Полученные данные расчета DMD согласуются с соответствующими результатами [1].

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев В.А. Многомодовые оптические волокна. Теория и приложения на высокоскоростных сетях связи / В.А. Андреев, А.В. Бурдин. М.: Радио и связь, 2004. 248 с.
2. Беланов А.С. Передача оптических сигналов по световодам / А.С. Беланов, В.В. Григорьянц, В.Т. Потапов, А.Д. Шатров. М.: ВИНТИ, 1984. Серия Радиотехника, Т. 30. 254 с.
3. Снайдер А. Теория оптических волноводов / А. Снайдер, Дж. Лав: Пер. с англ.; под ред. Е.М. Дианова и В.В. Шевченко. М.: Радио и связь, 1987. 650 с.
4. Zhu Z. Full-vectorial finite-difference analysis of microstructured optical fibers / Z. Zhu, T.G. Brown // Optics Express. 2002. Vol. 10, № 17. P. 853–864.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПРИ ПОСТРОЕНИИ ЗАЩИЩЕННОГО СОЕДИНЕНИЯ ПО ПРОТОКОЛУ IPSEC

И.А. Гаммершмидт, Б.О. Кладов, О.И. Макарова,

Н.О. Симанова, студенты

Научный руководитель Е.Ю. Агеев, доцент, к.т.н.

г. Томск, ТУСУР, nadezdas357@gmail.com

При объединении сетей через Internet сразу же возникает вопрос о безопасности передачи данных, поэтому возникла необходимость создания механизмов, позволяющих обеспечить конфиденциальность и целостность передаваемой информации. Отсутствие механизмов аутентификации и защиты передаваемых данных в протоколе IP, вызвало разработку специального расширения протокола IP (IPv4) – IPSec (Internet Protocol Security). Применение протоколов IPSec гарантирует целостность, аутентичность и конфиденциальность передаваемых по сети данных [1].

Протоколы IPsec работают на сетевом уровне. Другие широко распространённые протоколы для защиты передаваемых по сети Интернет данных – SSL и TLS – работают на прикладном уровне и требуют модификации самой прикладной программы. Протокол IPsec может использоваться для защиты данных любых прикладных программ и не требует внесения каких-либо изменений в эти программы [2].

Существует два режима работы IPsec: транспортный и туннельный. В транспортном режиме шифруется только информативная часть IP-пакета – поле данных. Заголовок IP пакета не изменяется. Транспортный режим, как правило, используется для установления соединения между хостами.

В туннельном режиме передаваемый по сети IP-пакет шифруется целиком, вместе с заголовком. Для того чтобы его можно было передать по сети, он помещается в другой, новый IP-пакет. По существу, это защищённый IP-туннель. Туннельный режим может использоваться для подключения удалённых компьютеров к внутренней сети организации или для объединения нескольких локальных сетей филиалов в единую защищённую сеть с передачей данных через открытые каналы связи. Защищённое соединение при этом настраивается между пограничными маршрутизаторами – шлюзами для объединения разных частей виртуальной частной сети [3].

Была проанализирована производительность при построении защищённого канала связи по протоколу IPsec в туннельном и транспортном режиме с применением различных алгоритмов шифрования.

В первой части работы был настроен транспортный режим IPSec. Последовательно выбирались разные алгоритмы шифрования и с помощью анализатора пакетов CommView отслеживалась передача данных по защищенному соединению, фиксировалось время копирования файла размером 24 537 КБ (рис. 1). Полученные результаты представлены в табл. 1.

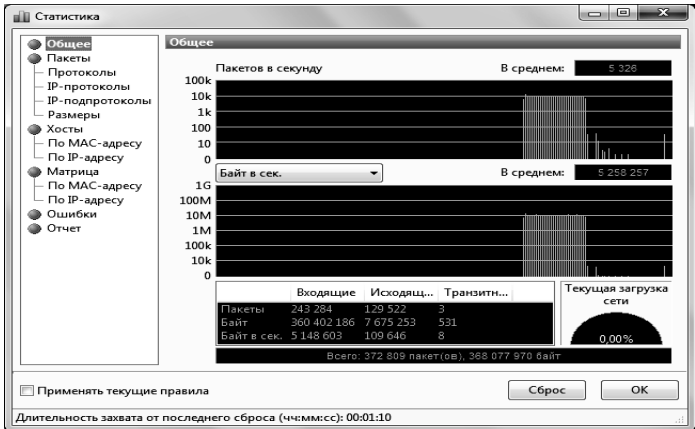


Рис. 1. Экран статистики соединения анализатора пакетов CommView

Таблица 1
Время передачи данных в транспортном режиме

Время передачи, с	Параметры безопасности	
	Алгоритм проверки целостности	Алгоритм шифрования
10,62	SHA1	3DES
11,02	MD5	3DES
8,05	MD5	DES
8,1	SHA1	DES

На втором этапе работы был настроен туннельный режим IPSec. Полученные результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2
Время передачи данных в туннельном режиме

Время передачи, с	Параметры безопасности	
	Алгоритм проверки целостности	Алгоритм шифрования
10,89	SHA1	3DES
10,93	MD5	3DES
8,62	MD5	DES
8,59	SHA1	DES

При передаче файла по незащищенному каналу связи (без использования IPSec) время отправки составило 6,66 с.

В настоящее время существует множество различных угроз конфиденциальности и целостности данных, передаваемых по компьютерным сетям, в связи с чем целесообразно использовать защищенный канал связи с контролем целостности и шифрования данных. Из данной работы видно, что потери во времени, обусловленные согласованием безопасности и использованием шифрования, незначительны.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Шаньгин В.Ф.* Информационная безопасность компьютерных систем и сетей. М.: Форум Инфра-М, 2008. 416 с.
2. *Mohamed Khalid.* IPSec VPN Design. М.: Cisco Press, 2005. 384 с.
3. *Панасенко С.О.* Алгоритмы шифрования. Специальный справочник. СПб.: БХВ-Петербург, 2009. 576 с.

ПРОБЛЕМЫ УМЕНЬШЕНИЯ МАССОГАБАРИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СИНТЕЗАТОРОВ ЧАСТОТ

И.В. Скоторенко, аспирант каф. РТС

Научный руководитель Г.С. Шарыгин, зав. каф. РТС, проф., д.т.н.

г. Томск, ТУСУР, РТФ, iliad1@yandex.ru

Синтезатор частот (СЧ) является ключевым элементом практически любой системы связи, измерения и контроля [1–5]. В настоящее время для построения СЧ с петлей фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) (рис. 1) широкое применение находят специализированные интегральные схемы (ИС) от самых разных фирм-производителей. Использование ИС с высокой степенью интеграции при построении СЧ позволяет получить не только достаточно качественные технические параметры и характеристики, но значительно снизить габаритно-массовые показатели, энергопотребление, а также повысить стабильность параметров и надежность в более жестких условиях эксплуатации. Это в основном вызвано тем, что высокая степень интеграции повышает multifunctionality таких микросхем, которые реализуются в одном кристалле, а снижение отрезков линий связи внутри кристалла значительно повышает его быстродействие. Поэтому элементная база для разработки всевозможных синтезаторов с петлей ФАПЧ непрерывно пополняется все новыми типами микросхем, реализующими ту или иную поставленную задачу и обеспечивающими те или иные технические характеристики [6]. Особый интерес вызывает ИС с дробным делителем с переменным коэффициентом деления (ДДКПД) HMC704LP4E фирмы-производителя Hittite Microwave.

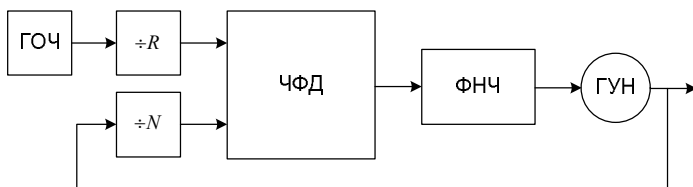


Рис. 1. Блок-схема ФАПЧ-синтезатора: ГОЧ – генератор опорной частоты; ЧФД – частотно-фазовый детектор; ФНЧ – фильтр нижних частот; ГУН – генератор, управляемый напряжением

Интерес к ИС HMC704LP4E вызван низким уровнем вносимого собственного фазового шума (ФШ) и побочных спектральных составляющих (ПСС). Функциональная блок-схема ИС HMC704LP4E изображена на рис. 2. ИС HMC704LP4E включает в себя регистр данных (DATA REGISTER), буферные усилители, делители опорной частоты (R COUNTER) и частоты ГУН (N COUNTER), частотно-фазовый детектор (ЧФД или PHASE DETECTOR), схему подкачки заряда (CHARGE PUMP).

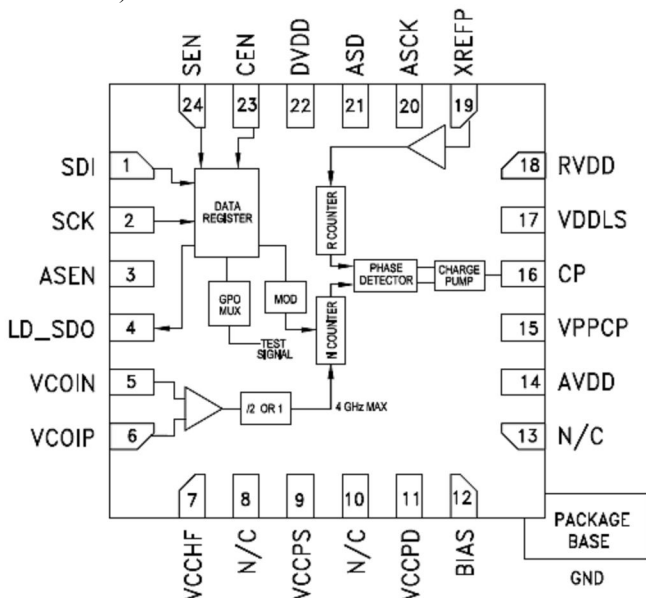


Рис. 2. Функциональная блок-схема ИС HMC704LP4E [7]

ИС HMC704LP4E включает в себя регистр данных (DATA REGISTER), буферные усилители, делители опорной частоты

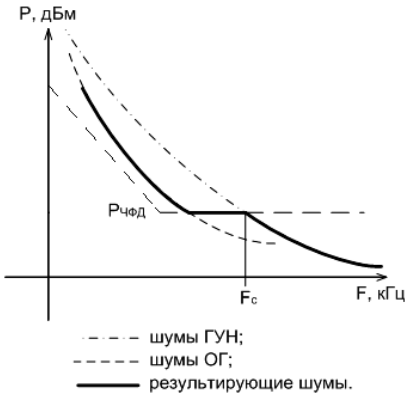
(R COUNTER) и частоты ГУН (N COUNTER), частотно-фазовый детектор (ЧФД или PHASE DETECTOR), схему подкачки заряда (CHARGE PUMP). Основные технические характеристики ИС отражены в таблице.

Основные технические характеристики ИС HMC704LP4E

Частотный диапазон входа VCOIN-VCOIP, МГц	Максимальная рабочая частота фазового детектора (в режиме работы дробного деления), МГц	Фликкерный уровень Мерита Flicker-FOM (Flicker Figure of Merit), дБн/Гц	Уровень Мерита «шумового дна» Floor-FOM (Floor Figure of Merit), дБн/Гц	Уровень ПСС вблизи частот, кратных частоте ЧФД	Уровень ПСС вдали от частот, кратных частоте ЧФД
0...8000	100	-266	-30	-60	-100

Фазовые шумы синтезатора частот на основе ФАПЧ распределены следующим образом (рис. 3):

1) Собственные шумы в полосе пропускания, вызванные шумами в петле ФАПЧ и опорного генератора (ОГ) или ГОЧ. Они зависят от трех параметров: фазовые шумы ЧФД, коэффициента деления делителя частоты N и значения частоты сравнения.



2) Шумы за пределами полосы пропускания, вызванные шумами ГУН.

Рис. 3. Фазовые шумы синтезатора частот на основе косвенного синтеза

На рис. 4 изображены результаты расчета уровня ФШ внутри петли СЧ на базе HMC704LP4E, приведенных к выходной частоте ФШ ГОЧ и ФШ гибридного двухпетлевого СЧ на основе ИС ADF4002 фирмы Analog Devices. В качестве ГОЧ взят термостатированный генератор ГК-136-ТС-100М [8] фирмы «Морион» (г. Санкт-Петербург), обладающий минимальными фазовыми шумами на малых отстройках среди отечественных ГОЧ. Двухпетлевая гибридная схема построения СЧ применяется для уменьшения коэффициента деления N частоты ГУН и, как следствие, уменьшения ФШ, вносимых ИС. Недостатком такой схемы является усложнение системы в целом, более сложная

настройка, увеличение массогабаритных параметров, увеличение энергопотребления, стоимости.

Из рис. 4 можно сделать следующие выводы:

1. ИС HMC704LP4E превосходит ИС ADF4153 по уровню фазовых шумов (на 20 дБ на отстройке 100 кГц);
2. ФШ внутри петли у синтезатора частот на базе HMC704LP4E определяются ФШ ИС, т.к. приведенный к выходной частоте уровень ФШ ГОЧ ниже уровня ФШ ИС (на 20 дБ на отстройке 10 кГц);
3. Результат, когда ФШ внутри петли определяются ФШ ГОЧ, получается при двухпетлевой гибридной схеме построения СЧ.
4. Результат, когда ФШ внутри петли определяются ФШ ГОЧ, можно достичь при значениях $\text{FlickerFOM} = -300$ дБн/Гц и $\text{FloorFOM} = -250$ дБн/Гц.

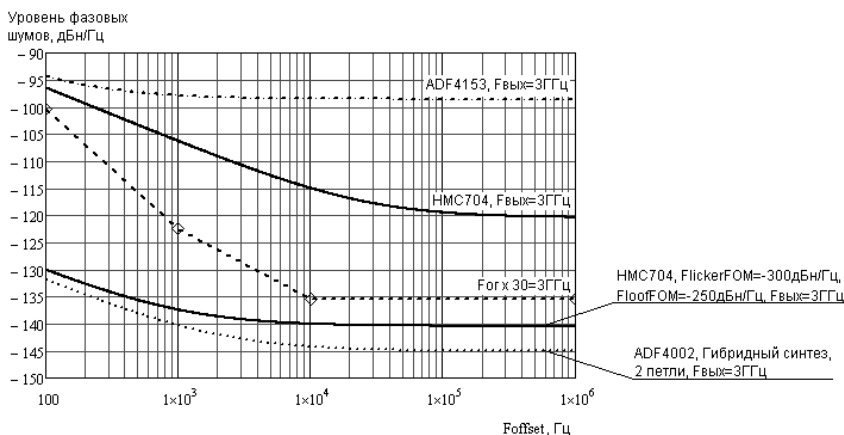


Рис. 4. Фазовые шумы синтезатора частот на основе косвенного синтеза

Использование ИС HMC704LP4E для построения СЧ позволяет улучшить массогабаритные показатели, надежность, уменьшить стоимость, сократить время проектирования и настройки, уменьшить энергопотребление. Несмотря на то, что рассматриваемая ИС имеет наилучшие на сегодня показатели вносимого уровня ФШ, уровень ФШ выходного сигнала внутри петли остается выше уровня ФШ, достигаемого в более громоздких и дорогих двухпетлевых гибридных СЧ. В результате вычислены значения показателей ИС HMC704LP4E $\text{FlickerFOM} = -300$ дБн/Гц и $\text{FloorFOM} = -250$ дБн/Гц, при которых уровень ФШ выходного сигнала не превышает приведенного к выходной частоте уровня ФШ ГОЧ. Это те значения, к которым должны стремиться разработчики ИС синтезаторов частот.

ЛИТЕРАТУРА

1. Browne J. Frequency Synthesizers Tune Communications Systems. Microwaves&RF, March 2006.
2. Kroupa V. Frequency Synthesis Theory, Design and Applications. New York: Wiley, 1973.
3. Manassewitsch V. Frequency Synthesizers Theory and Design. Third Edition. New York: John Wiley & Sons, 1987.
4. Rohde U. Microwave and Wireless Synthesizers: Theory and Design. New York: John Wiley & Sons, 1997.
5. Klapper J., Frankle J. Phased-Locked and Frequency Feedback Systems. New York: Wiley, 1972.
6. Шахтарин Б.И. и др. Синтезаторы частот. М.: Горячая линия – Телеком, 2007. 128 с.
7. Datasheet HMC704LP4E 8 GHz 16-Bit Fractional N Synthesizer. 2010. www.hittite.com.
8. Высокочастотный прецизионный маломощный кварцевый генератор ГК-136-ТС.2010. Техническое описание. www.morion.com.ru

РАДИАЦИОННЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ ЗАТУХАНИЯ ДЛЯ ПРИМЕСНОГО ОПТИЧЕСКОГО ВОЛОКНА

Г.А. Суркова, каф. РЗИ

г. Томск, ТУСУР, galina_152@mail.ru

Оптические волокна, в первую очередь, используются для передачи высокоскоростных потоков информации в вычислительных сетях и линиях связи различной протяженности. Однако оптические волокна с большим диаметром сердцевины также могут быть использованы и в световых дизайнерских инсталляциях, осветительных устройствах и информационных табло, заменив собой газоразрядные лампы. Обязательным условием подобного использования волокон является эффективное рассеяние светового потока, канализируемого волокном.

В данной работе решена задача в рамках теории Рэлея [1] о нахождении радиационного коэффициента затухания для светового потока, распространяющегося вдоль многомодового оптического волокна. Получено выражение погонного коэффициента затухания, зависящего от угла ввода оптического излучения в волокно для двух взаимно перпендикулярных поляризаций.

Рассмотрим оптическое волокно с прямоугольным профилем показателя преломления из непоглощающего материала, оптическая ось которого совпадает с осью z декартовой системы координат. Диаметр сердцевины волокна 960 мкм, показатель преломления сердцевины и оболочки $n_{co}=1,49$ и $n_{cl}=1,405$ соответственно, что согласуется параметрам стандартного полимерного оптического волокна. Будем пола-

гать, что волокно возбуждается источником монохроматического излучения с длиной волны $\lambda = 650$ нм. Пусть в сердцевине волокна равномерно распределены примесные частицы, приводящие к рассеянию направляемых лучей, а следовательно, к оттоку энергии из волокна. В том случае, когда размер примесных частиц значительно меньше длины волны падающего излучения ($d < 0,03\lambda$), возможно применение теории Рэлея для описания формы углового спектра рассеянного излучения [1].

Интенсивность электрического поля элементарного рассеивателя [2] имеет вид

$$I_S(r,t) = \frac{\varepsilon_0 c \left| \frac{\omega^2 \cdot p \cdot f(\varphi, \theta)}{4\pi \cdot r \cdot \varepsilon_0 c^2} \right|^2}{2}, \quad (1)$$

где p – дипольный момент; r – расстояние от частицы до точки, в которой определяется поле.

$f(\varphi, \theta)$ – индикатриса рассеяния частицы [1]

$$f(\varphi, \theta) = \begin{cases} \sin^2 \theta \cdot \left(1 - \sin^2 \left(\frac{\pi}{2} - \beta \right) \cdot \cos^2 \varphi \right) + \frac{1}{2} \sin \left(2 \cdot \frac{\pi}{2} - \beta \right) \times \\ \times \sin 2\theta \cos \varphi + \sin^2 \left(\frac{\pi}{2} - \beta \right) \cdot \cos^2 \theta, & H_y - \text{поляризация;} \\ \cos^2(\theta) + \sin^2(\theta) \cos^2(\varphi), & E_y - \text{поляризация.} \end{cases} \quad (2)$$

Угол β , входящий в выражение (2), определяет угол между волновым вектором k произвольной волноводной моды и осью волокна. Для волноводных мод, вектор поляризации которых направлен вдоль оси y , зависимость индикатрисы рассеяния от угла β отсутствует в силу ее изотропности в плоскости xOz .

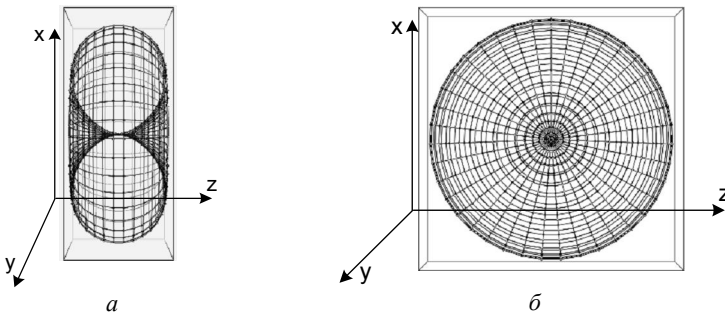


Рис. 1. Угловой спектр рассеивающей частицы: a – E_z -поляризация; b – E_y -поляризация

Далее, следуя теории Рэлея (см., например, [1]), запишем выражение для интенсивности рассеянного света:

$$I_S = \frac{9\pi^2}{N^2\lambda^4 r^2} \left(\frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \right) \cdot I_I \cdot f(\varphi, \theta),$$

где N – концентрация [частиц/м³].

Определим интенсивность рассеяния в телесном угле, опирающемся на элемент площади сферы:

$$I_S = \frac{\partial \sigma_S}{\partial \Omega} \frac{1}{r^2} I_I, \quad \frac{\partial \sigma_S}{\partial \Omega} = \frac{\pi^2 \alpha^2}{\varepsilon_0^2 \lambda},$$

где α – поляризуемость примесной частицы.

Интегрируя полученное выражение по поверхности элементарной сферы в пределах телесного угла θ_c , дополняющего конус направляемых лучей, запишем выражение для радиационного коэффициента затухания:

$$\theta_C = \arcsin \left[\frac{\cos \left[\arcsin \left(\frac{n_{cl}}{n_{co}} \right) \right]}{\sin \left(\arccos \left(\sqrt{\tan(\beta)} \cdot \frac{z}{a} \cdot \cos \left(\varphi + \frac{\pi}{2} \right) \right) \right)} \right],$$

$$\sigma_S = \frac{9\pi^2}{N^2\lambda^4} \left[\frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \right]^2 \cdot \frac{1}{\frac{a}{\tan(\beta)} - 0} \int_0^{\frac{a}{\tan(\beta)}} \int_0^{2\pi} \int_0^{\theta_{CR}} f(\varphi, \theta) \frac{\sin \theta}{\cos \beta} \partial \theta \partial \varphi \partial z.$$

На рис. 2 изображены зависимости коэффициента затухания σ_S от угла β для двух типов поляризации.

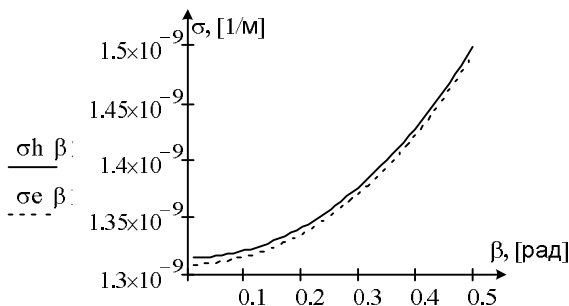


Рис. 2. Зависимость коэффициента радиационного затухания от угла β

Полученное выражение может быть использовано для расчета радиационных потерь примесного волокна. Рост параметра σ_s с повышением угла β обусловлен увеличением оптического пути для мод более высокого порядка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ван де Хюлс Г. Рассеяние света малыми частицами. М.: Изд-во иностранной литературы, 1961. 536 с.

2. Борн М., Вольф Э. Основы оптики / Под ред. Г.П. Мотулевич. М.: Наука, 1973. 720 с.

ОБЗОР ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ С ПОДДЕРЖКОЙ GIGABIT ETHERNET

С.М. Тимофеева, студентка 3-го курса,

К.В. Волков, аспирант каф. СРС

г. Томск, ТУСУР, РТФ, sargyt@mail.ru

Используемые в современных цифровых системах связи сигналы, как правило, имеют сложную структуру. Из-за свойственного такому сигналу случайного характера и изменчивости и временная, и спектральная форма представления сложных сигналов не позволяют оценить качество сформированного модулированного сигнала, определить степень искажения сигнала. Даже незначительное нарушение «тонкой» структуры сложного сигнала приводит к заметному ухудшению качества функционирования системы связи в целом. Выявить такие повреждения структуры модулированных сигналов позволяет векторный анализатор сигналов – устройство для тестирования оборудования подвижной радиосвязи. В данной статье приведен результат сравнения операционных систем реального времени (ОСРВ) [1], способных управлять векторным анализатором сигналов. Установка ОСРВ на векторный анализатор сигналов позволит производить обработку и передачу данных по высокоскоростному каналу gigabit Ethernet на ЭВМ для последующей обработки в реальном времени.

Рассмотрим две ОСРВ с поддержкой Gigabit Ethernet – LynxOS [2] и RTOS-32 [3]. LynxOS – это Unix-подобная операционная система реального времени, разработанная для встраиваемых систем, совместимая со стандартами POSIX и, в последнее время, с операционной системой Linux. LynxOS используется преимущественно в авиации, системах управления промышленными процессами и в области телекоммуникаций.

LynxOS унаследовала стек TCP/IP от ОС BSD 4.2. На данный момент это самая популярная реализация в мире UNIX-подобных опера-

ционных систем. Стек TCP/IP ОС LynxOS превосходит по быстродействию и богатству функций стеки всех других ОСПВ и включает в себя новейшие протоколы и возможности для работы в сети, включая Gigabit Ethernet (алгоритмы маршрутизации RIPv2, OSPFv2, и BGP-4, и др.). Следовательно, производители комплектного (ОЕМ) и телекоммуникационного оборудования (ТЕМ) могут быстро реализовать дополнительные возможности и функции, чтобы модернизировать свою продукцию.

LynuxWorks предоставляет пакеты поддержки целевых архитектур для LynxOS для широкого спектра платформ. На данный момент версия LynxOS 5.0 направлена на поддержку двух архитектур: x86 и PowerPC. Остальные платформы доступны для версий LynxOS 4.x. Присутствуют драйверы для поддержки протоколов Gigabit Ethernet.

RTOS-32 – операционная система жесткого реального времени для специализированных встраиваемых устройств на базе архитектуры x86. Ядро RTOS-32 реализует подмножество Win32 API с расширениями реального времени, что позволяет переносить в нее прикладной код, разработанный для Windows, и одновременно обеспечивать предсказуемость выполнения и высокую скорость реакции (от сотен наносекунд до единиц микросекунд). В сочетании с высокой компактностью (десятки килобайт) это делает RTOS-32 идеальным выбором для «глубоко встраиваемых» систем реального времени – например, промышленных контроллеров и специальных вычислителей. Каждый компонент RTOS-32 включает в себя драйверы для различных аппаратных средств. Исходный код большинства из его драйверов включен в полную версию продукта и, т.к. драйверы связаны непосредственно в пользовательских приложениях, то разработка пользовательских драйверов является весьма простой.

RTIP-32 является дополнением, обеспечивающим сетевые возможности для RTOS-32. Он реализует основные TCP/IP-протоколы Gigabit Ethernet и последовательную передачу данных. RTIP-32 по функциональности обеспечивает приложение с использованием сокетов Unix API. Для RTIP-32 доступен широкий диапазон применения конкретных дополнений: PPP; FTP; TFTP; веб-сервер; SMTP/POP3; Telnet; SNMP и DCHP.

Программное обеспечение для ОСПВ RTOS-32 разрабатывается как обычные консольные 32-разрядные приложения Windows в среде Microsoft Visual C/C++. Сгенерированные компилятором бинарные файлы, скомпонованные с библиотеками RTOS-32, обрабатываются Диспетчером размещения из состава комплекта разработчика RTOS-32 и преобразуются в конечный образ. Образ можно впоследствии записать в ПЗУ или на другой носитель либо загрузить в целевую аппара-

туру при помощи отладчика. Отладка в исходном тексте поддерживается средствами встроенных отладчиков Microsoft Visual Studio 2008 Express [4]. Инструментальная система подключается к целевой аппаратуре по последовательному каналу, через параллельный порт или по Ethernet. Встраиваемый IP-стек RTIP позволяет использовать приложение и отладчику использовать один и тот же Ethernet-порт.

По функциональности две представленные в статье операционные системы одинаково хороши. Обе операционные системы работают со стекком TCP/IP и поддерживают Gigabit Ethernet, но необходимо учитывать, что LynxOS является проприетарным программным обеспечением и все внутренние механизмы скрыты от разработчика. Операционная система RTOS-32 является системой с открытым исходным кодом, что означает полную открытость для разработчиков. В такой специфической области, как измерительная техника, могут потребоваться серьезные приложения по цифровой обработке сигналов. Открытость исходного кода позволяет перенастроить операционную систему под специфические пользовательские приложения и решать задачи цифровой обработки сигналов с большей эффективностью. Также операционная система RTOS-32 открыта для исследований, таким образом, можно считать ее наиболее полезной в образовательных целях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Операционные системы реального времени // CIT Forum [Электронный ресурс]. URL: http://citforum.ru/operating_systems/rtos/
2. LynxOS – операционная система реального времени в стандарте POSIX // Средства и системы компьютерной автоматизации [Электронный ресурс]. URL: <http://www.asutp.ru/?p=600596>.
3. Встраиваемая ОС жесткого реального времени RTOS-32 // ProSoft: Встраиваемые системы [Электронный ресурс]. URL: <http://embedded.prosoft.ru/products/types/3995/436334.html>
4. Средства разработки для OCPB RTOS-32 // ProSoft: Встраиваемые системы [Электронный ресурс]. URL: <http://www.prosoft.ru/products/brands/ontime/436387.html>

УПРАВЛЕНИЕ АМПЛИТУДОЙ МОЩНЫХ ИМПУЛЬСНЫХ СИГНАЛОВ

*И.Ж. Токбаева, студентка 5-го курса, А.А. Титов, д.т.н., проф.
г. Томск, TVCVP, TitovAA@rzi.tusur.ru*

Известные в настоящее время устройства управления амплитудой импульсных сигналов рассчитаны на уровни мощности, в импульсе не превышающие 0,5–1 Вт. Задача управления амплитудой более мощных

импульсных сигналов решена в устройстве защиты усилителей однополярных импульсов от перегрузки по входу и рассогласования по выходу, описанном в [1], где в качестве самоуправляемого ограничителя мощных импульсных сигналов использован биполярный транзистор. Функциональная схема устройства защиты от перегрузок усилителей однополярных импульсов приведена на рис. 1, где $Tr1$ – трансформатор тока; $U_{упр}$ – напряжение управления.

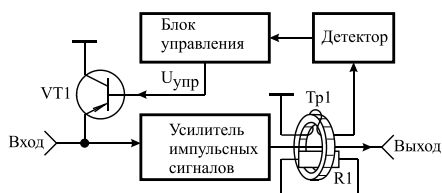


Рис. 1. Функциональная схема устройства защиты от перегрузок усилителей однополярных импульсов

Устройство защиты работает следующим образом. На базу транзистора $VT1$ с блока управления подается постоянное запирающее оба перехода транзистора напряжение $U_{упр}$. При превышении амплитуды усиливаемых импульсов значения $U_{упр}$

транзистор $VT1$ открывается, и его входное сопротивление будет составлять доли ом. Поэтому в этом случае $VT1$ будет играть роль самоуправляемого ограничителя и защищать усилитель от перегрузки по входу. При превышении выходным сигнальным током допустимого значения напряжение, подаваемое с детектора на вход блока управления, начинает превышать порог срабатывания блока управления, и напряжение $U_{упр}$ на его выходе уменьшается. Это приводит к уменьшению сигнала на входе усилителя.

Идея использования транзистора $VT1$ (см. рис. 1) в качестве самоуправляемого ограничителя импульсных сигналов может быть применена для построения устройств регулирования амплитуды импульсов. Пример реализации рассматриваемого устройства приведен на рис. 2 [2]. Делитель напряжения на резисторах $R2$ и $R3$ необходим для сохранения работоспособности устройства регулирования при работе от генератора с малым выходным сопротивлением. Изменение положения движка резистора $R1$ приводит к изменению напряжения на базе транзистора $VT1$ и соответствующему изменению выходного импульсного напряжения.

Эмиттерный повторитель необходим для сохранения работоспособности устройства регулирования при работе на низкоомную нагрузку. Недостатком рассмотренного выше устройства (рис. 2) является необходимость использования резистора $R2$, включенного в тракт передачи.

Для устранения указанного недостатка в [3] предложена функциональная схема устройства управления амплитудой мощных однополярных импульсов с последовательным включением биполярного транзистора в тракт передачи. На рис. 3 приведена принципиальная схема такого устройства.

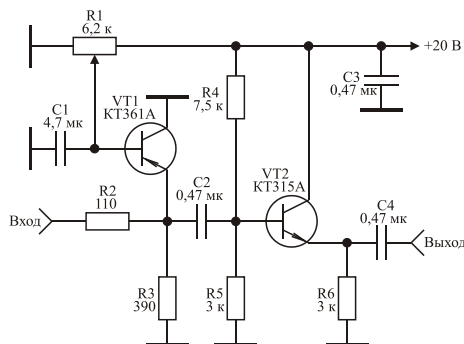


Рис. 2. Принципиальная схема устройства регулирования

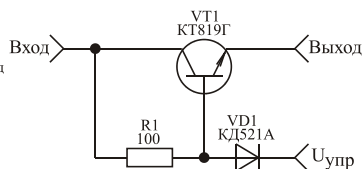


Рис. 3. Принципиальная схема устройства управления

На вход сигнала управления подается постоянное напряжение управления $U_{упр}$, равное требуемой амплитуде импульсов на выходе устройства. В исходном состоянии полупроводниковый диод VD1 закрыт. В момент подачи импульсов на вход устройства транзистор VT1 входит в насыщение благодаря поступлению на его базу через резистор R1 отпирающего импульсного напряжения. Сопротивление насыщения транзистора VT1 составляет десятые доли ом. При подаче на вход устройства импульсов, имеющих амплитуду, превышающую значение постоянного напряжения управления $U_{упр}$, диод VD1 открывается и транзистор VT1 входит в режим ограничения, препятствуя дальнейшему росту тока в нагрузке, поскольку напряжение на эмиттере транзистора не может превышать напряжения на его базе. Рассматриваемое устройство (см. рис. 3) может работать от генератора как с малым, так и с большим внутренним сопротивлением, однако обладает ограниченным диапазоном управления амплитудой выходных импульсов.

Для устранения указанного недостатка в [4] предложена функциональная схема устройства управления со стабилизацией уровня насыщения биполярного транзистора, последовательно включенного в тракт передачи. На рис. 4 приведена принципиальная схема такого устройства. Биполярный транзистор VT1 совместно с резистором R1 образуют генератор стабильного тока, ограничивающий максимальное значение импульсного тока биполярного транзистора VT2.

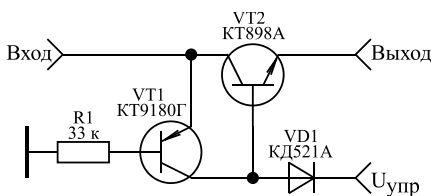
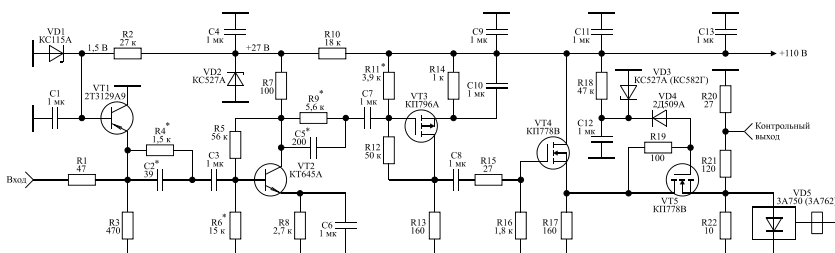


Рис. 4. Принципиальная схема устройства управления со стабилизацией уровня насыщения транзистора

3А762. В состав возбудителя входят самоуправляемый ограничитель на транзисторе VT1, в основу которого положена схема устройства регулирования (см. рис. 2), и устройство управления амплитудой импульса возбуждения диода Ганна на транзисторе VT5, в основу которого положена схема устройства управления с последовательным включением транзистора в тракт передачи (см. рис. 3).



Работа выполнена в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 гг. (государственный контракт № 02.740.11.0514 от 15.03.10).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Титов А.А., Семенов А.В., Пушкарев В.П.* Устройство защиты усилителя однополярных импульсов от перегрузки по току. Патент РФ № 2328818. Оpubл. 10.07.2008. Бюл. № 19.
2. *Титов А.А., Пушкарев В.П.* Устройства управления амплитудой мощных импульсных сигналов // Электросвязь. 2010. № 7. С. 44–46.
3. *Титов А.А., Семенов А.В., Пушкарев В.П., Юрченко В.И.* Устройство управления амплитудой мощных однополярных импульсов. Патент РФ № 2395897. Оpubл. 27.07.2010. Бюл. № 21.
4. *Титов А.А., Семенов А.В., Пушкарев В.П.* Устройство управления амплитудой мощных импульсных сигналов. Заявка на изобретение РФ № 2009126917. Приоритет от 13.07.2009.

ЦИФРОВАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ НА ПЛИС

Г.А. Трофимов, А.В. Федянов, студенты 3-го курса,

К.В. Волков, аспирант каф. СРС

г. Томск, ТУСУР, georgtrof@gmail.com

Цифровая фильтрация является одним из наиболее мощных инструментальных средств цифровой обработки сигналов (ЦОС). Разработчики все чаще применяют программируемые логические интегральные схемы ПЛИС для цифровой фильтрации ввиду возможности производить потоковую обработку сигнала на высоких частотах [1]. Однако архитектура ПЛИС имеет существенный недостаток, она очень критична к реализации логики над числами с плавающей запятой (это возможно, но весьма расточительно). К тому же было бы предпочтительней отказаться от умножителей. С учетом всего этого для реализации цифровой фильтрации на ПЛИС необходимо использовать схему цифрового фильтра без масштабных коэффициентов. Эту проблему можно решить, используя гибкую структуру каскадно-соединённого СИС-фильтра, не использующего умножителей, предложенную Хогенауэром. Схема представлена на рис. 1.

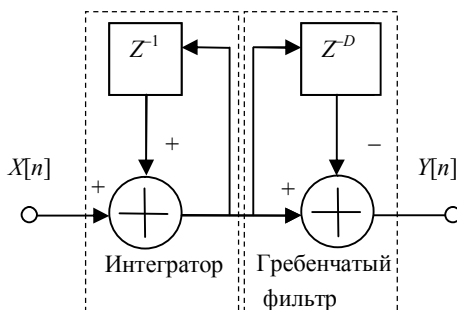


Рис. 1. Структурная схема СИС-фильтра

Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) коэффициента передачи такого каскадного интегрально-гребенчатого фильтра имеет следующий вид:

$$|H_{CIC}(f)| = \left| \frac{\sin(\pi D f)}{\sin(\pi f)} \right|^N,$$

где D – количество задержек гребенчатого фильтра, N – количество каскадно-соединённых фильтров Хогенауэра. Фильтр имеет гибкую структуру, что позволяет легко выбирать параметры. Для наглядности приведём пример на рис. 2.

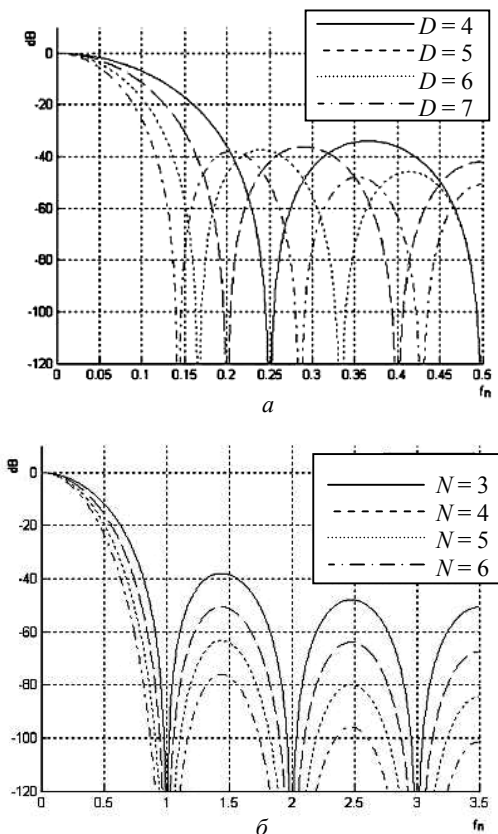


Рис. 2. АЧХ фильтра Хогенауэра

Из рис. 2 видно, как влияет параметр D на количество нулей характеристики и ширину полосы пропускания фильтра. Увеличивая количество каскадно-соединённых СИС-фильтров, увеличиваем затухание на граничной частоте и выше.

Фильтр Хогенауэра можно довольно просто описать на языке программирования Verilog (язык программирования ПЛИС). Опуская подробности, приведём пример реализации ключевых моментов фильтра на языке программирования Verilog. Необходимо учесть, что алгоритм отличается тем, что все действия выполняются параллельно (одновременно) в блоках *always* по переднему фронту тактового сигнала.

if($a == D-1$) $a <= 0$;

```

else  $a \leq a + 1$ ;
mas[a]  $\leq -data$ ;
sum  $\leq data + mas[a]$ ;
 $i \leq i + sum$ .

```

Данная часть кода реализует гребенчатый фильтр и интегратор. Данные *data*, поступающие на вход, с отрицательным знаком записываются в массив *mas* по адресу *a*, который циклически изменяется от 0 до *k*–1, где *D* – количество задержек гребенчатого фильтра. Далее в регистр *sum* записывается сумма отсчета сигнала на входе фильтра и значения *a*-й строки массива *mas*. Переменная *i* реализует интегратор на выходе.

Полоса пропускания фильтра Хогенауэра имеет неплоскую вершину, что приводит к нелинейным искажениям полезного сигнала. С этой проблемой справляются, используя компенсирующий фильтр низкого порядка.

Таким образом, приведенный пример реализации фильтра Хогенауэра на языке Verilog позволяет использовать ПЛИС для потоковой фильтрации сигналов на высоких частотах. Отказ от умножителей позволил сэкономить ресурсы ПЛИС и избежать ошибок, связанных с операциями над числами с плавающей запятой. В дальнейшем планируется разработка блока для ПЛИС, реализующего компенсацию искажений частотной характеристики в полосе пропускания.

ЛИТЕРАТУРА

1. High Speed Polyphase CIC Decimation Filters [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.kapik.com/publications/rcpapers/НKYang96.pdf> свободный.

ПРИМЕНЕНИЕ ДИХРОИЧНЫХ СТРУКТУР В РЕФЛЕКТОРАХ ЗЕРКАЛЬНЫХ АНТЕНН ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ КРОССПОЛЯРИЗАЦИОННОЙ РАЗВЯЗКИ

Е.Ю. Узолин, аспирант каф. РТС

г. Железногорск, ОАО «ИСС», Armilion@sibmail.com

В настоящее время в связи с постепенно возрастающим спросом на услуги спутниковой связи и передачи данных в бортовых антеннах космических аппаратов всё чаще применяется двукратное использование частотного диапазона для увеличения пропускной способности ретрансляционного оборудования. Это возможно посредством приёма или передачи сигналов с разной поляризацией, например линейной горизонтальной и вертикальной или круговой левой и правой поляри-

заций. Но при такой работе антенны возникает вопрос о качестве или чистоте сигнала, так как здесь имеет место паразитное явление в антеннах – появление ортогональной поляризации сигнала при линейной поляризации и противоположной при круговой поляризации. Такой сигнал также называют кроссполяризационным. В последнее время стали предъявляться всё более жёсткие требования к так называемой кроссполяризационной развязке, то есть требуется, чтобы уровень кополярного (основной поляризации) сигнала превышал уровень кроссового сигнала на 27–30 дБ. Существует несколько способов достижения такого малого уровня кроссполяризационного сигнала, но наиболее перспективным является применение в конструкции рефлекторов антенн дихроичных структур (рис. 1).

Такая антенна в основном состоит из двух облучателей, каждый из которых облучает один из двух рефлекторов, расположенных один перед другим и объединённых соединительной конструкцией. Фронтальный (ближний к облучателю) рефлектор, конструктивно представляя собой регулярную структуру из набора параллельных в проекции на апертуру проводников, отражает поле одной из поляризаций, например линейной горизонтальной, но в то же время с малыми потерями пропускает сигнал ортогональной поляризации ко второму – тыльному рефлектору. В такой конструкции не обязательно иметь для рефлекторов высокое отношение F/D и массивный гибридно-модовый облучатель – улучшение кроссполяризационной развязки обеспечивается дихроичной структурой. Рефлекторы данных антенн изготавливаются из достаточно прочных ультралёгких материалов. В результате антенна при небольших массогабаритных показателях обеспечивает требуемые высокие значения кроссполяризационной развязки.

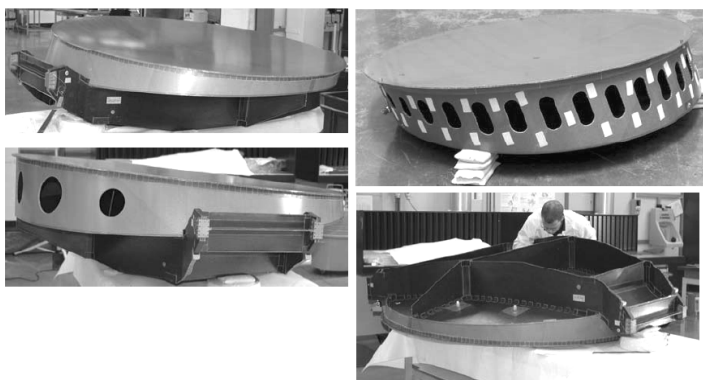


Рис. 1. Рефлекторы антенн с дихроичной структурой производства Alenia Spazio (Италия) [1]

Исходя из того, что антенна тем лучше для использования на борту космического аппарата, чем легче и меньше по габаритам, при обеспечении требуемого уровня кроссполаризационной развязки в зоне обслуживания, можно сделать вывод, что антенна с применением дихроичной структуры рефлектора является наиболее перспективной конструкцией. Подобную антенну ввиду небольшой массы и меньших в сравнении с другими конструкциями антенн габаритных размеров предпочтительней использовать с точки зрения компоновки полезной нагрузки на космическом аппарате.

На текущий момент нет антенн с дихроичной структурой российского производства, прошедших лётную квалификацию. Из всех предприятий космической отрасли наибольшим заделом в данной области обладает ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнёва», где имеется опыт в проектировании и изготовлении образцов подобных антенн, а также технологическая база для отработки технологии производства и радиотехнических характеристик.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Milano M., Bresciani D., Meschini A., Cella De Dan A., Poscent F.* Ka band reflector technology developments at alenia spazio / Alenia spazio S.p.A. Via Saccomuro, 24. 00131. Rome. ITALY, Via Pile, 60. 67100. L'Aquila. ITALY.

РАЗРАБОТКА ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ ИНТЕРФЕЙСОВ ДЛЯ НАУЧНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Ю.Ю. Заруцкий, студент 3-го курса, К.В. Волков, аспирант

г. Томск, ТУСУР, каф. СРС, Yurik-archangel@mail.ru

Разработчики пользовательских интерфейсов придерживаются нескольких правил: сделать механизм взаимодействия пользователя с ЭВМ наиболее интуитивно понятным, сократить последовательность действий пользователя по выполнению операций (сократить количество кликов мыши). Разработчики научного программного обеспечения вынуждены придерживаться этих же правил в условиях огромного количества функций и настроек, которые необходимо предоставить пользователю. Основной задачей научного программного обеспечения можно считать исследование с последующим построением различных диаграмм и приведением статистической информации. Таким образом, разработчик должен обладать достаточной квалификацией в области применения его интерфейса.

В данной статье рассмотрим пример разработки современного пользовательского интерфейса для векторного анализатора сигналов.

Задачей приложения является обработка данных, поступающих с измерительного блока (временные отсчеты), получение спектральной характеристики, квадратурных составляющих, глазковой диаграммы, диаграммы «созвездие», векторной диаграммы и т.д. По результатам расчетов пользователю будут предоставлены характеристики и инструменты для исследования качества сложного сигнала. Необходимо отметить основные особенности пользовательского интерфейса для данного приложения – это большое количество исследуемых диаграмм, необходимость исследования нескольких диаграмм, одновременно, необходимость в синхронизации координатных осей нескольких диаграмм, необходимость маркирования областей диаграмм заслуживающих внимание. Первое решение, которое можно предпринять, – это использование виртуальных рабочих столов в приложении, позволяющее пользователю избавиться от лишних нагромождений во время проведения эксперимента. На рис. 1 изображена схема, поясняющая работу с виртуальными рабочими столами.

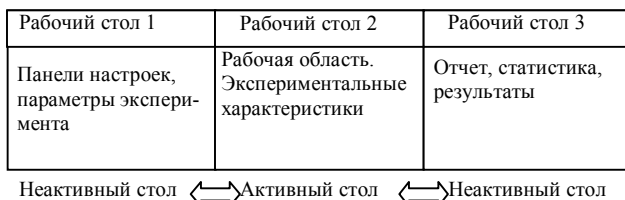


Рис. 1. Виртуальные рабочие столы

В данном случае в приложении используются три виртуальных рабочих стола, и каждый выполняет свою задачу. Таким образом, в момент настройки параметров эксперимента на экране присутствуют только необходимые элементы. Вторым решением будет умное маркирование. Такой вид выделения объектов на рабочем пространстве позволяет привлечь внимание пользователя к поведению характеристики, к численным показателям качества сигнала, к установленным параметрам эксперимента и т.д. К этому же виду маркирования можно отнести способ ввода пользователем информации путем рисования специальных символов на поверхности рабочего пространства мышью. Сложность такого маркирования заключается в необходимости рисования поверх элемента или даже поверх нескольких элементов сразу. На рис. 2 представлена схема, поясняющая работу с умным маркированием.

Представленные диаграммы отображаются на рабочем пространстве одновременно, давая возможность пользователю исследовать поведение сигнала сразу в нескольких областях. На рисунке представлен

пример маркирования направляющей вертикальной и горизонтальной линией (указаны пунктирами), которые отображают уровень сигнала в пересечении сразу на нескольких характеристиках. В задаче векторного анализа сигналов – это имеет очень большое значение при обнаружении рассогласований квадратур. Также на характеристике 1 выделены участки характеристики «А» и «Б», это могут быть обнаруженные нарушения в сигнале или просто подозрительные области, требующие особого внимания.

Для реализации описанных выше элементов пользовательского интерфейса принято решение использовать свободно распространяющиеся библиотеки Qt framework [1] и дополнительные библиотеки элементов научного применения Qwt [2]. Открытость исходного кода позволяет создавать свои собственные визуальные элементы на базе тех, которые имеются в библиотеке Qwt. Рассмотрим примеры реализации графического интерфейса пользователя с использованием представленных средств.

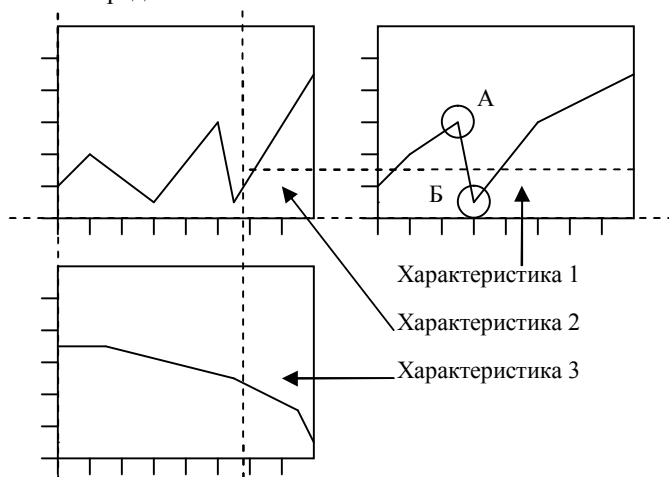


Рис. 2. Пример работы с умным маркированием

Реализация виртуальных столов подразумевает возможность раскрывать элементы текущего рабочего стола и скрывать остальные элементы. Очень удобным здесь является класс `QStackedWidget`. Он представляет собой хранилище для элементов, но также отображает на рабочем столе тот элемент, индекс которого вызван. Таким образом, все рабочие столы помещаются в объект `QStackedWidget` и вызываются по запросу пользователя. Для удобства восприятия пользователем переключения между столами необходимо внедрять элементы анимации переходов. Внесение анимации средствами Qt не составляет никакого

труда. Существуют специальные классы `QGraphicsScene` и `QGraphicsWidget`. Объекты `QGraphicsWidget` могут перемещаться по сцене `QGraphicsScene` с определяемым пользователем эффектом (поворот и/или деформация). Причем любой объект класса `QWidget` (его наследник) может быть преобразован в объект `QGraphicsWidget` посредством проводника `QGraphicsProxyWidget`. Анимация описывается в виде конечного автомата, что позволяет быстро создавать эффекты любой сложности.

Реализация умного маркирования рабочего пространства решается средствами Qt. Предлагается простое решение, когда поверх всей рабочей области размещается прозрачный элемент наследник `QWidget`. Причем данный элемент прозрачен не только для глаз, но и для событий мыши. Таким образом, функциональность рабочего пространства не страдает, и пользователь может работать со всеми элементами управления, как обычно. Для получения прозрачного элемента нужно создать наследника от `QWidget` и указать в его свойствах:

```
setPalette(Qt::transparent);  
setAttribute(Qt::WA_TransparentForMouseEvents),
```

После чего в основном элементе рабочего пространства создать объект прозрачного элемента и указать ему значение родительского элемента в качестве параметра в конструкторе

```
overlay = new overwidget(w_all);
```

Также необходимо переопределить обработчик события `resizeEvent` так, чтобы изменение размеров рабочего поля (растяжение сжатие окна) приводило к пропорциональным изменениям размера прозрачного элемента.

В результате получился удобный пользовательский интерфейс для векторного анализатора сигналов с возможностью отображения всех необходимых диаграмм и статистических данных. Реализация виртуальных рабочих столов позволила «навести порядок» в рабочем пространстве пользователя. Возможности библиотек Qt позволили реализовать быстрое и эффективное приложение. Библиотеки QWT содержат пользовательские элементы – как двумерные, так и трехмерные для разработки научного программного обеспечения. Представленные в статье примеры будут совершенствоваться в будущем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шлее М. Qt4. Профессиональное программирование на C++. СПб.: БХВ-Петербург, 2007.
2. Qwt User's Guide Reference Manual 5.2.0 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://repository.slackware.eu/slackware-12.2/libraries/qwt/5.2.0/src/qwt-5.2.0.pdf> свободный.

УСТРОЙСТВА УПРАВЛЕНИЯ АМПЛИТУДОЙ МОЩНЫХ ГАРМОНИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

*Ю.А. Воронина, Д.С. Добриков, Ю.С. Зеляков, студенты;
А.А. Титов, д.т.н., проф.*

г. Томск, ТУСУР, TitovAA@rzi.tusur.ru

Задача управления амплитудой мощных гармонических сигналов впервые решена в устройстве защиты полосовых усилителей мощности от перегрузок [1], где было использовано свойство биполярного транзистора с закрытыми переходами к двухстороннему симметричному ограничению гармонического сигнала, физика которого подробно описана в [2]. Функциональная схема устройства защиты приведена на рис. 1, где НО – направленный ответвитель, R_6 – балластное сопротивление, $U_{упр}$ – напряжение управления.

Устройство защиты работает следующим образом. На базу транзистора VT1 с блока управления подается постоянное напряжение $U_{упр}$, запирающее оба перехода транзистора.

При воздействии на вход усилителя сигнала, амплитуда напряжения которого превышает $2U_{упр}$, входное воздействие оказывается двухсторонне ограниченным с амплитудой, равной $2U_{упр}$.

При рассогласовании нагрузки усилителя с выходным сопротивлением НО напряжение, снимаемое с выхода отраженной волны НО, увеличивается, а напряжение $U_{упр}$ начинает уменьшаться, уменьшая амплитуду входного воздействия, поступающего на вход усилителя. Поэтому мощность сигнала на выходе усилителя падает пропорционально росту коэффициента стоячей волны по напряжению нагрузки.

Рассматриваемое свойство биполярного транзистора было использовано в [3] для создания устройства регулировки и модуляции амплитуды мощных гармонических сигналов. На рис. 2 приведена принципиальная схема такого устройства, где U_{Ω} – напряжение модулирующего сигнала; E_n – источник питания.

Недостатком рассматриваемого устройства является то, что оно может работать только от генератора с выходным сопротивлением,

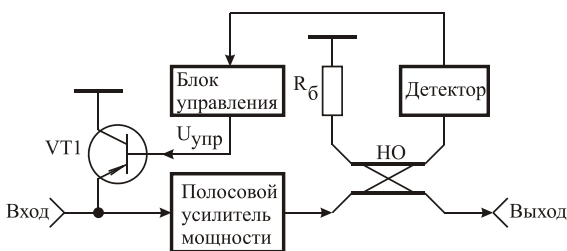


Рис. 1. Функциональная схема устройства защиты полосовых усилителей мощности от перегрузок

много большим сопротивлению насыщения используемого биполярного транзистора VT1.

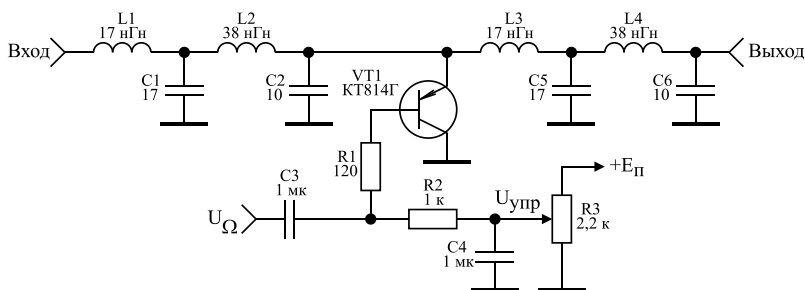


Рис. 2. Принципиальная схема устройства регулировки и модуляции амплитуды мощных гармонических сигналов

Для устранения указанного недостатка в [4] предложена функциональная схема устройства регулировки и модуляции амплитуды мощных гармонических сигналов с параллельно-последовательным включением транзисторов в тракт передачи. На рис. 3 приведена принципиальная схема такого устройства, где Тр – трансформатор с симметричным выходом.

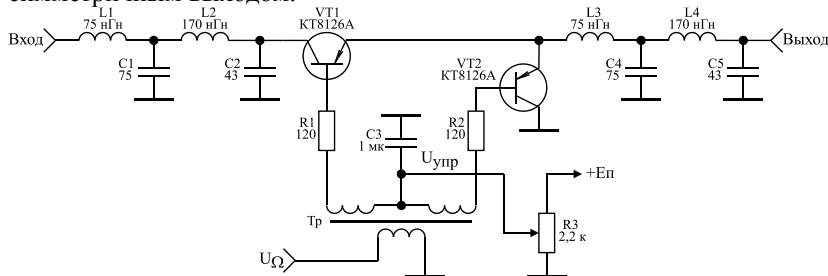


Рис. 3. Принципиальная схема устройства регулировки и модуляции с параллельно-последовательным включением транзисторов

В [5] описано устройство регулировки и модуляции, аналогичное приведенному на рис. 3, однако не имеющее в своем составе трансформатора, что упрощает процесс его реализации. На рис. 4 приведена принципиальная схема такого устройства.

Общим недостатком всех приведенных выше устройств управления амплитудой мощных гармонических сигналов является рассогласование между входом устройства управления и выходом генератора модулируемого сигнала, что, в случае их пространственного разнесения, приводит к искажениям модулированного сигнала. С целью устранения искажений модулированного сигнала, обусловленных переот-

ражениями между входом модулятора и выходом генератора модулируемого сигнала, в [6] предложена схема модулятора с передачей отраженного сигнала в балластную нагрузку. На рис. 5 приведена принципиальная схема такого устройства.

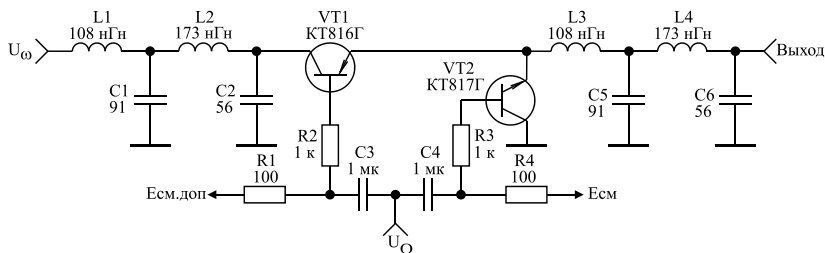


Рис. 4. Принципиальная схема безтрансформаторного устройства регулировки и модуляции

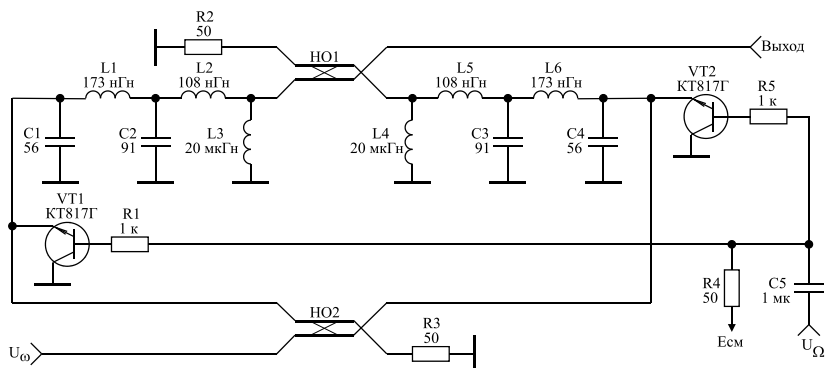


Рис. 5. Принципиальная схема согласованного устройства регулировки и модуляции

Работа выполнена в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг. (гос. контракт № 02.740.11.0514 от 15.03.10).

ЛИТЕРАТУРА

1. Титов А.А., Ильющенко В.Н. Устройство для защиты усилителя мощности от перегрузки. Патент РФ № 2217861. Опубл. 27.11.2003, Бюл. № 33.
2. Титов А.А. Транзисторные усилители мощности МВ и ДМВ. М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2006. 328 с.
3. Титов А.А., Ильющенко В.Н. Амплитудный модулятор мощных сигналов. Патент РФ № 2240645. Опубл. 20.11.2004, Бюл. № 32.
4. Титов А.А., Ильющенко В.Н. Модулятор амплитуды мощных сигналов. Патент РФ № 2307452. Опубл. 27.09.2007, Бюл. № 27.

5. *Титов А.А., Семенов А.В.* Модулятор амплитуды мощных гармонических сигналов. Заявка на изобретение РФ № 2010153467/09(077369). Приоритет от 27.12.2010.

6. *Титов А.А., Семенов А.В., Шибельгут А.А.* Модулятор амплитуды мощных гармонических сигналов // Заявка на изобретение РФ № 2011100758/09(000982). – Приоритет от 12.01.2011.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИОДОВ ШОТТКИ В ДЕТЕКТОРАХ МОЩНОСТИ

Н.Н. Воронин, студент, А.С. Загородний, аспирант

г. Томск, ТУСУР, Dikiy@sibmail.com

Уровень мощности – один из основополагающих факторов, учитывающихся при разработке и производстве радиотехнических устройств. Поэтому необходимо довольно точно определять уровни мощности в различных устройствах.

В настоящее время развиваются стандарты цифрового вещания и связи (GPRS, WiMax, 3G). Подобные форматы обладают большим пик-фактором, то есть разницей между минимальным и максимальным уровнем сигнала. В связи с этим прибор, используемый для измерения мощности, должен обладать широким динамическим диапазоном. Если рассматривать основные способы, используемые для измерения мощности, то широкий динамический диапазон могут обеспечить термодпарные и диодные датчики. Они обладают динамическим диапазоном порядка 50 дБм. Но при этом диодные детекторы позволяют измерять низкие уровни сигнала вплоть до –70 дБм, в свою очередь нижний порог термодпар около –30 дБм. Помимо этого, диодные детекторы более быстродействующие. Эти преимущества обуславливают возможность использования диодов для измерения мощностных параметров сложных сигналов с цифровой модуляцией. Динамический диапазон работы диодного детектора обусловлен областью квадратичного детектирования, в этой области выходное напряжение пропорционально входной мощности, на квадратичном участке можно считать, что выходное напряжение и входная мощность соотносятся согласно уравнению

$$P_{BX} = \gamma \cdot U_D ,$$

где P_{BX} – входная мощность; γ – чувствительность; U_D – выходное напряжение.

Нижней границей участка квадратичного детектирования является уровень тангенсальной чувствительности, это минимальный уровень

сигнала, различимый на фоне шумов. Как правило, производители диодов устанавливают её как 8 дБ отношения сигнал/шум. Верхней границей квадратичной области является точка компрессии, или точка перегиба. Эта точка определяется как 1 дБ отклонения от квадратичного закона детектирования к линейному закону.

Существует ряд способов расширения динамического диапазона детекторной головки, использующей для измерения диоды, они предполагают использование аттенуаторов и разделителей мощности. Такие способы позволяют добиться динамического диапазона порядка 90 дБм.

В детекторах, как правило, используют диоды Шоттки. Такой выбор обусловлен тем, что диоды Шоттки либо не требуют для своей корректной работы тока смещения, либо он очень мал. Отсутствие тока смещения делает детекторы более простыми в изготовлении и, что немаловажно, более чувствительными к входным воздействиям, поскольку чувствительность обратно пропорциональна току смещения:

$$\gamma = \frac{k}{I_H + I_S},$$

где k – константа, зависящая от типа диода (для диодов Avago Technologies серии HSCN $k = 0,52$); I_H – ток смещения; I_S – ток насыщения диода.

Зависимость динамического диапазона и в частности его верхней и нижней границы от тока смещения отражена на графике, приведённом на рис. 1 [2].

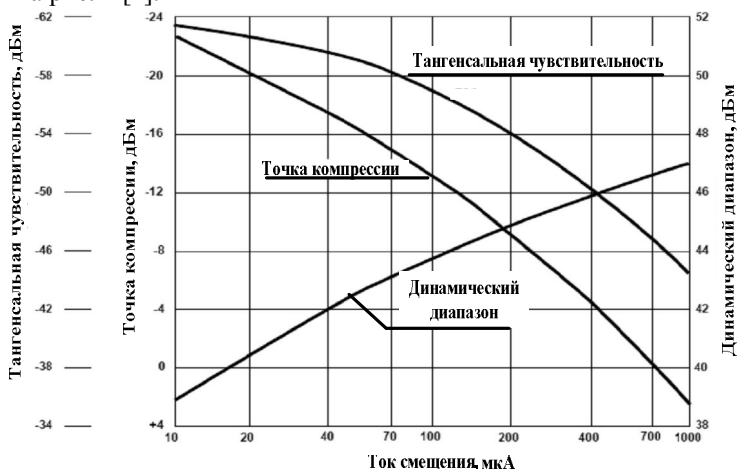


Рис. 1. Зависимость границ квадратичного закона распределения от тока смещения

Однако при этом без тока смещения внутреннее сопротивление диода довольно высокое, поэтому необходимо правильно подобрать сопротивление нагрузки. Чувствительность зависит от сопротивления нагрузки согласно формуле [1]

$$\gamma_2 = \gamma_1 \cdot \frac{R_H}{R_H + R_{\text{диода}}},$$

где γ_1, γ_2 – чувствительность; $R_H, R_{\text{диода}}$ – сопротивление нагрузки и диода;

Вышеприведённые данные актуальны для разработки современных детекторов мощности, отвечающих требованиям, предъявляемым временем. Однако стоит учитывать зависимость большинства параметров от частоты и от температуры, что является довольно сложной задачей.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ в соответствии с договором 13.G25.31.0011 от 07.09.2010 г. в порядке реализации Постановления № 218 Правительства РФ.

ЛИТЕРАТУРА

1. *The Zero Bias Schottky Detector Diode*. Agilent Technologies Application Note 969.
2. *Dynamic Range Extension of Schottky Detectors*. Agilent Technologies Application Note 956-5.

ПОВЕРХНОСТНАЯ ВОЛНА НА МЕТАЛЛИЧЕСКОМ ЦИЛИНДРЕ С ПОКРЫТИЕМ ИЗ ДИЭЛЕКТРИКА С ПОТЕРЯМИ

О.С. Воронаев, аспирант каф. СВЧиКР

г. Томск, ТУСУР, olswor@mail.ru

Проводник в виде металлического цилиндра является основным элементом многих типов антенн [1]. Покрытие такого цилиндра слоем диэлектрика позволяет модифицировать его электродинамические характеристики. Примером является возможность перераспределения электромагнитной энергии в околопроводном пространстве [2], что позволило реализовать на практике новые типы линейных антенн бегущей волны [3].

Исследованию вопросов распространения электромагнитных волн (ЭМВ) вдоль металлического цилиндра с диэлектрическим покрытием посвящено большое число работ. Однако все они ограничиваются слу-

чаями диэлектрика без потерь. В то же время в связанных линейных антеннах используются проводники электротехнической номенклатуры изделий с диэлектрическими потерями. Поэтому исследование распространения симметричной поверхностной волны типа E_{00} в металлическом цилиндре с покрытием из диэлектрика с потерями представляет практический интерес.

Известно, что исследование любых направляющих структур начинается с вывода дисперсионного уравнения (ДУ). Численное решение ДУ, которое является трансцендентным, позволяет найти волновые числа и затем вычислить компоненты электромагнитного поля. А знание численных значений компонент даёт возможность рассчитать энергетический баланс в линии. Важно отметить, что учёт омических потерь приводит к необходимости исследования ДУ в комплексной области.

Запишем ДУ для неограниченного идеально проводящего цилиндра радиуса a с диэлектрическим покрытием толщиной s [4]

$$\frac{\xi \cdot H_0^{(1)}(b \cdot \xi)}{H_1^{(1)}(b \cdot \xi)} = \frac{J_0(b \cdot \dot{\eta}) \cdot H_0^{(1)}(a \cdot \dot{\eta}) - J_0(a \cdot \dot{\eta}) \cdot H_0^{(1)}(b \cdot \dot{\eta})}{J_1(b \cdot \dot{\eta}) \cdot H_0^{(1)}(a \cdot \dot{\eta}) - J_0(a \cdot \dot{\eta}) \cdot H_1^{(1)}(b \cdot \dot{\eta})} \cdot \frac{\dot{\eta}}{\dot{\epsilon}_r},$$

где $\xi = \sqrt{k^2 - h^2}$ и $\dot{\eta} = \sqrt{k_0^2 \cdot \dot{\epsilon}_r - \dot{h}^2}$ – поперечные волновые числа; $\dot{h}$ – продольное волновое число; $b = a + s$ – радиус цилиндра со слоем; $\dot{\epsilon}_r = \epsilon_r - j \frac{\sigma}{\omega_0 \epsilon_0}$ – комплексная относительная диэлектрическая проницаемость покрытия, ϵ_r – его действительная часть; σ – удельная электрическая проводимость покрытия; ω_0 – круговая частота; $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м – электрическая постоянная вакуума.

Для поиска корней уравнения в комплексной плоскости продольного волнового числа $\dot{h}$ был разработан алгоритм, реализованный в виде подпрограммы в математическом пакете MathCAD 14.0.

При задании исходных данных для численного расчета исходили из электрофизических параметров реальных проводов [5], приведённых в таблице.

Параметр	П-274М	АВВГ 1×10
a , мм	0,4	1,78
s , мм	0,75	1,2
ϵ_r	2,3	4
$\text{tg} \delta$	10^{-3}	1

С тангенсом угла диэлектрических потерь удельная электрическая проводимость связана известной зависимостью: $\operatorname{tg} \delta = \sigma / (\omega_0 \epsilon_0 \epsilon_r)$. То есть для изоляции провода П274М величина потерь составит $\sigma_{\text{П274М}} \approx 5 \cdot 10^{-5} \text{ См/м}$, а для изоляции провода АВВГ – $\sigma_{\text{АВВГ}} \approx 43 \cdot 10^{-3} \text{ См/м}$. Диапазон изменения удельной проводимости диэлектрического слоя зададим равным $\sigma = (0 - 50) \text{ мСм/м}$. Результат поиска корней $\dot{h}$ на частоте $f_0 = 200 \text{ МГц}$ представлен на рис. 1.

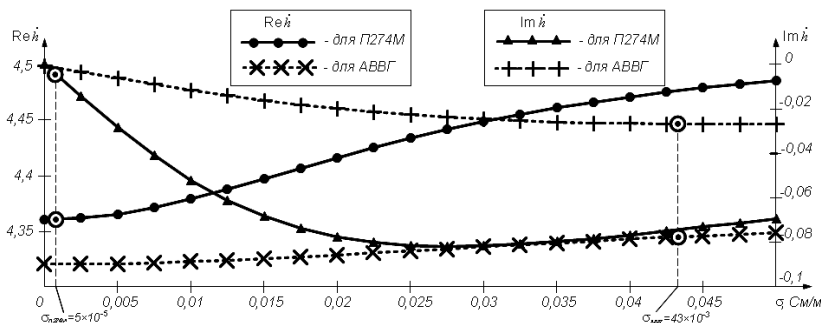


Рис. 1. Зависимость продольного волнового числа от потерь в слое

Полученные зависимости соответствуют физическим представлениям о распространении замедленной поверхностной волны типа E_{00} вдоль цилиндрических проводников с покрытием. При отсутствии потерь продольное волновое число h является вещественным. При наличии проводимости слоя, приводящей к джоулевым потерям, мнимая часть $\dot{h}$ отрицательная, что дает множитель ослабления амплитуды волны вида $e^{-|\operatorname{Im} \dot{h}|z}$.

В качестве примера, для $\operatorname{Im} \dot{h}_{\text{АВВГ}} \approx -0,076$ уменьшение амплитуды волны на единицу длины пути составит $1/e^{-0,076} \approx 1,08$, т.е. на 8%, или на 0,67 дБ/м; для $\operatorname{Im} \dot{h}_{\text{П274М}} \approx -2 \cdot 10^{-4}$ дополнительное погонное затухание составит $\approx 1,0002$, или 0,002 дБ/м. В целом характер кривых $\operatorname{Im} \dot{h}$ имеет пологий минимум в некоторой точке σ_0 . После него мнимая составляющая волнового числа вновь начинает стремиться к нулю. Данное поведение можно объяснить тем, что при величине потерь σ_0 и больше диэлектрический слой становится полупроводящим и приобретает металлоподобные свойства. Известно, что среда относится к полупроводящей при выполнении условия $\epsilon_r \approx \sigma / \omega \epsilon_0$. В на-

шем случае для провода П274М при $\sigma_0 \approx 28 \text{ мСм/м}$ получаем

$$\frac{\sigma}{\omega \varepsilon_0} = \frac{28 \cdot 10^{-3}}{2\pi \cdot 2 \cdot 10^8 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12}} = 2,52 \approx \varepsilon_r.$$

Кривая $\text{Re} \hat{h}$ имеет асимптотический характер. Асимптотический предел кривой определяет максимальное замедление поверхностной волны, обусловленное омическими потерями в слое при фиксированной геометрии провода. Видно, что этот предел значительно меньше максимального предела $k_0 \sqrt{\varepsilon_r}$ для $\text{Re} \hat{h}$, при котором может существовать медленная поверхностная волна. Следует предположить, что в данном случае предел обусловлен некоторой эффективной диэлектрической проницаемостью $\varepsilon_{\text{эфф}}$ из-за конечной толщины слоя ($0 < \varepsilon_{\text{эфф}}(s) < \varepsilon$). В выбранном диапазоне изменения проводимости

$\text{Re} \hat{h}$ увеличивается незначительно, что приводит к некоторому дополнительному замедлению фазовой скорости поверхностной волны. В данном случае для провода П274М дополнительное замедление составит $\approx 0,4\%$ при увеличении $\text{tg} \delta$ с 0,001 до 1,1.

На комплексной плоскости $\hat{h}$ «миграция» корней будет выглядеть, как на рис. 2.

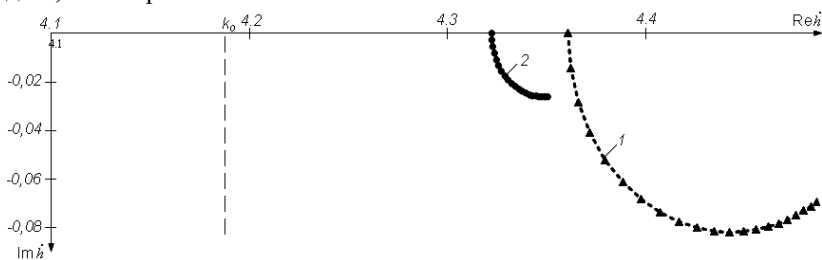


Рис. 2. Расположение корней на комплексной плоскости: 1 – для провода П274М; 2 – для провода АВВГ

Для оценки энергетической эффективности при использовании диэлектрика с потерями необходимо определить ту часть мощности, которая будет расходоваться на тепловое рассеивание (джоулевые потери). Для этого запишем уравнение баланса мощностей во временной форме [6] применительно к нашему случаю:

$$P_{\text{ген}} = \int_V \sigma \vec{E}(t)^2 dV + \int_V \left[\varepsilon_a \vec{E}(t) \frac{\partial \vec{E}(t)}{\partial t} + \mu_0 \vec{H}(t) \frac{\partial \vec{H}(t)}{\partial t} \right] dV + \oint_S (\vec{E}(t) \times \vec{H}(t)) dS,$$

где $P_{\text{ген}}$ – общая подводимая мощность возбуждения (генератора); слагаемые в правой части соответственно порядку записи имеют смысл – мощность джоулевых потерь, мощность запасенной энергии и мощность активного потока энергии; V – произвольный объем пространства, ограниченный поверхностью S .

Найденные выше значения комплексного продольного волнового числа $\dot{h}$ позволяют рассчитать численные значения комплексных компонент поверхностной волны. Ввиду громоздкости соответствующих выражений [2] их развернутая запись не приводится. Для исключения временной переменной t перейдем к средним за период T_0 значениям мощности (одновременно выполняется подстановка вещественных частей комплексных чисел): $\vec{E}(t) = \text{Re} \dot{\vec{E}}(t) = \left| \dot{\vec{E}}_m \right| \cos(\omega_0 t + \arg \dot{\vec{E}}_m)$;

$$\vec{H}(t) = \left| \dot{\vec{H}}_m \right| \cos(\omega_0 t + \arg \dot{\vec{H}}_m);$$

$$P_{\text{ген}} = \int_V \sigma \left[\left| \dot{\vec{E}}_m \right| \cos(\arg \dot{\vec{E}}_m) \right]^2 dV + \frac{1}{2} \oint_S \left| \dot{\vec{E}}_m \right| \times \left| \dot{\vec{H}}_m \right| \cdot \cos(\arg \dot{\vec{E}}_m - \arg \dot{\vec{H}}_m) dS.$$

Из-за наличия диэлектрического слоя часть общей мощности будет распространяться в воздухе ($P_{\text{срвозд.}}$), а часть непосредственно в слое ($P_{\text{срдиэл.}}$). При наличии в слое потерь часть мощности будет рассеиваться в виде тепла ($P_{\text{пот.}}$). Рассчитаем элементарные составляющие от общей мощности в проводе в некоторой точке пространства, которую удобно выбрать на поверхности слоя в начале провода. Учитывая, что воздушная среда не имеет потерь, можно записать

$$P_{\text{ср ген}} dV = \vec{\Pi}_{\text{срвозд.}} d\vec{S} + \vec{\Pi}_{\text{ср диэл.}} d\vec{S} + P_{\text{пот.}} dV,$$

где $\vec{\Pi}_{\text{ср}}$ – среднее значение активного потока мощности в воздухе и в диэлектрике соответственно.

$$\begin{aligned} \vec{\Pi}_{\text{ср}} &= \vec{\Pi}_{\text{срз}} + \vec{\Pi}_{\text{срр}}, \quad \left| \vec{\Pi}_{\text{ср}} \right| = \sqrt{\vec{\Pi}_{\text{срз}}^2 + \vec{\Pi}_{\text{срр}}^2}, \\ \vec{\Pi}_{\text{срз}} &= \frac{1}{2} \left| \dot{\vec{E}}_{m_r} \right| \left| \dot{\vec{H}}_{m_\phi} \right| \cdot \cos(\arg \dot{\vec{E}}_{m_r} - \arg \dot{\vec{H}}_{m_\phi}) \cdot \vec{z}_0, \\ \vec{\Pi}_{\text{срз}} &= -\frac{1}{2} \left| \dot{\vec{E}}_{m_z} \right| \left| \dot{\vec{H}}_{m_\phi} \right| \cdot \cos(\arg \dot{\vec{E}}_{m_z} - \arg \dot{\vec{H}}_{m_\phi}) \cdot \vec{r}_0, \\ P_{\text{пот.}} &= \sigma \left[\left| \dot{\vec{E}}_{m_{\text{диэл.}}} \right| \cos(\arg \dot{\vec{E}}_{m_{\text{диэл.}}}) \right]^2, \end{aligned}$$

$$\dot{E}_{m_{\text{диэл.}}} = \dot{E}_{m_{r \text{ диэл.}}} + \dot{E}_{m_{z \text{ диэл.}}} , \quad \left| \dot{E}_{m_{\text{диэл.}}} \right| = \sqrt{\dot{E}_{m_{r \text{ диэл.}}}^2 + \dot{E}_{m_{z \text{ диэл.}}}^2} .$$

На рис. 3 и 4 представлены расчетные кривые нормированных долей потоков мощности, распространяющихся в воздухе, в слое и рассеиваемой в виде тепла.

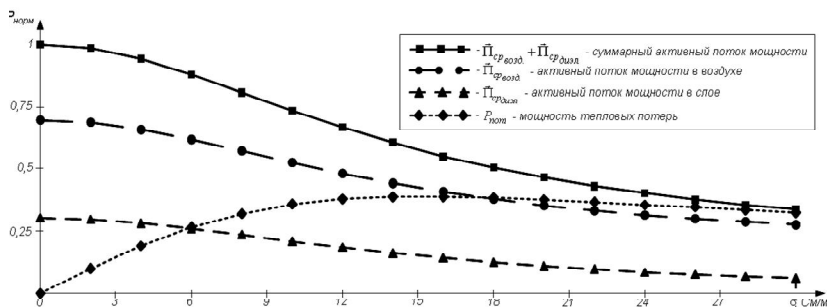


Рис. 3. Доли потоков мощности в проводе П274М

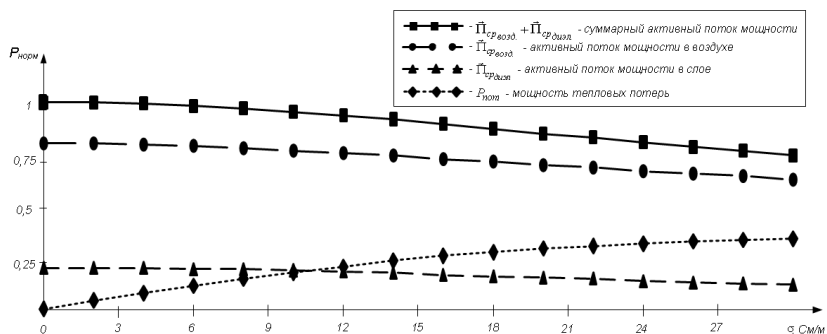


Рис. 4. Доли потоков мощности в проводе АВВГ

Из рисунков видно влияние на распределение потоков мощности омической проводимости слоя. В более толстых проводах при одинаковой толщине изоляции перераспределение мощности более плавное, причём с полезным потоком мощности, значительно преобладающим над тепловым рассеиванием при той же величине проводимости σ . Отсюда следует, что при практической необходимости использования проводов с низкокачественным диэлектрическим покрытием целесообразно выбирать провода с большим диаметром металлической части.

Автор признателен научному руководителю профессору Г.Г. Гошину за полезные обсуждения и замечания при подготовке материала.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Марков Г.Т.* Антенны. М.: Госэнергоиздат, 1960. 535 с.
2. *Актуальные вопросы проектирования антенно-фидерных устройств средств радиосвязи и радиовещания* / Под ред. Г.И. Трошина. М.: Сайнс-Пресс, 2001. 72 с.
3. *Нефедов Е.И.* Устройства СВЧ и антенны. М.: Изд. центр «Академия», 2009. 384 с.
4. *Бобровников М.С., Старовойтова Р.П.* Возбуждение металлического цилиндра с диэлектрическим покрытием // Труды СФТИ. Вып. 39. Томск, 1960. С. 46–57.
5. *Белоруссов Н.И., Саакян А.Е., Яковлева А.И.* Электрические кабели, провода и шнуры. М.: Энергоатомиздат, 1987. 536 с.
6. *Баскаков С.И.* Электродинамика и распространение радиоволн. М.: Высшая школа, 1992. 416 с.

СИСТЕМА КОМАНД ДЛЯ ПРОГРАММИРУЕМОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО СРЕДСТВА SCPI

А.А. Вострикова, студентка 3-го курса,

К.В. Волков, аспирант каф. СРС

г. Томск, ТУСУР, каф. СРС, _nastusha_@mail.ru

Целью статьи является исследование стандарта SCPI, осуществляющего конкурентное и запуск измерительных приборов.

В 1990 г. был предложен язык SCPI (Standard Commands for Programmable Instruments) [SCPI] как открытый стандарт, который определяет общий набор команд для программируемых устройств.

SCPI – универсальный программный язык [1] для электронной проверки и измерения приборов, основаны на стандартах IEEE 488.1 и IEEE 488.2. В отличие от этих стандартов, SCPI может использоваться на любом физическом интерфейсе (GPIB, Ethernet, USB), в то время как IEEE488.2 применим только к GPIB.

Работа пользователя с прибором, поддерживающим стандарты SCPI, очень проста: не нужны обращения по физическим адресам внутри прибора и разбор тонкостей работы протокола обмена. Достаточно сформировать команду в виде строки ASCII и передать ее с помощью интерактивного средства или в программной реализации через процедуру в прибор. Такая простота позволяет работать с приборами персоналу, имеющему базовые навыки пользования компьютером и программирования на языке Basic.

SCPI определяет стандартные правила сокращения ключевых слов, используемых в качестве команд. Ключевые слова могут быть использованы либо в длинной (например, MEASure – измерить), либо

в короткой прописной форме (MEAS). Команды в формате SCPI пре-фиксируются двоеточием. Аргументы команд разделяются запятой. Для достижения совместимости и классификации групп команд SCPI определяет модель программируемого прибора [1]. Общая модель [SCPI], представленная на рис. 1, применима ко всем типам измерительных приборов.



Рис. 1. Общая модель программируемого прибора

В стандарте SCPI реализованы три важные идеи совместимости команд управления: горизонтальная, вертикальная и функциональная. Эти идеи удобно проиллюстрировать на примере. Предположим, что контроллер посылает команды различным осциллографам для измерения напряжения. Эти команды будут иметь один и тот же вид: SENSE1:VOLT:RANGE 1.0, то есть в SCPI используются одни и те же команды для одинаковых функций внутри семейства приборов – вертикальная совместимость. Реализация самих функций возложена на разработчика программного обеспечения прибора.

SCPI реализует команды различного уровня: от высокоуровневых команд, которые легко запомнить и использовать, до низкоуровневых, которые адресуют конкретику функциональности и обеспечивают тонкую настройку. Высокоуровневая команда MEASure:FERQuency? или ее короткая форма MEAS:FERQ? может быть послана различным приборам, например частотомеру или счетчику, которые выполняют такое измерение по-разному. Использование одних и тех же команд для приборов разного типа называется горизонтальной совместимостью.

Третья форма совместимости команд называется функциональной совместимостью. Она предполагает соответствие одинаковых команд одинаковым функциям разных приборов. Например, если и анализатор спектра, и генератор могут качать частоту и если команды частоты и

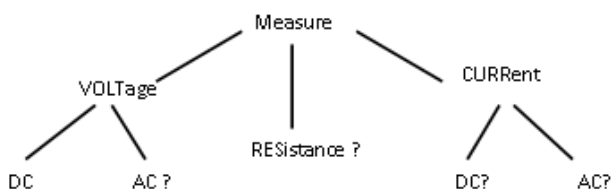
качения используются в обоих приборах, они будут функционально совместимы для данного применения.

Конкретный прибор может содержать не все представленные в обобщенной модели компоненты. В языке SCPI для каждого функционального компонента определяется иерархический набор команд управления конкретными особенностями.

Существует 2 вида команд SCPI: общие команды и подсистемные. Общие команды SCPI, определяемые IEEE 488.2, контролируют и управляют общей системой функции, такими как сброс, самопроверка, хранение настроек и идентификация устройства.

Подсистемные команды предназначены для какого-нибудь конкретного устройства.

Команды SCPI организованы в виде древовидных структур [2], к примеру:



Каждая древовидная структура образует функциональную систему. Начало каждой функциональной системы называется корень, например, «MEASure» и «SYSTem». Каждая функциональная система может иметь подсистемы нижнего уровня. Конечные узлы называются «листья». Полная последовательность всех узлов от корня до листа плюс сам лист образует команду. Например, часть функциональной системы «SOURCe» имеет вид

```
SOURce
:POWer
:CENTer
:STARt
:SPAN
:STOP
[:LEVel]
:SLOPe
[:DATA]
:STATe
```

Показанная часть ветви «SOURce» имеет несколько уровней, где «CENTer», «STARt», «SPAN», «STOP», «DATA», «STATe» являются листьями, которые образуют следующие шесть команд:

:SOURce:POWer:CENTer
:SOURce:POWer:START
:SOURce:POWer:SPAN
:SOURce:POWer:STOP
:SOURce:POWer[:LEVel]:SLOPe[:DATA]
:SOURce:POWer[:LEVel]:SLOPe:STATe

В дереве могут быть подсистемы и листья с одинаковыми наименованиями, если они отходят от различных ветвей, например лист «CENTer» имеется на вершине различных ветвей:

:SOURce :SENSe
:POWer :FREQuency
:CENTer :CENTer

Стандарт SCPI – это полноценная реализация языка программирования приборов, которая с начала 90-х годов получила широкое распространение и в настоящее время доминирует на рынке как наиболее распространенный способ поддержки измерительных приборов. Он активно применяется для аналоговых приборов, особенно для сектора радиочастотных и микроволновых устройств. Стандарт SCPI позволяет работать на языке высокого уровня, а также с популярными графическими языками NI LabView и HP VEE.

SCPI упрощает задачу программирования, определив единый всеобъемлющий набор команд для программируемых измерительных приборов, независимо от их типа или производителя.

ЛИТЕРАТУРА

1. SCPI Programmer's UM-23650-C Manual for LXI (and MEASURpointTM) (TEMPpointTM, VOLTpointTM, Measurement Instruments Copyright © 2009 – 2010 by Data Translation, Inc.
2. Журнал «Мир компьютерной автоматизации» Copyright 2000 © Мир компьютерной автоматизации.
3. Измеритель комплексных коэффициентов передачи и отражения «Обзор 304: Руководство программиста. Команды SCPI.

УСТРОЙСТВА ЗАЩИТЫ ПОЛОСОВЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ МОЩНОСТИ ОТ ПЕРЕГРУЗОК

Д.А. Жданов, аспирант, О.В. Костылёва, студентка 5-го курса;

А.А. Титов, д.т.н., проф.

г. Томск, ТУСУР, TitovAA@rzi.tusur.ru

Одной из основных задач при проектировании полосовых усилителей мощности (ПУМ) систем радиосвязи, УКВ ЧМ и ТВ-вещания,

является задача максимального использования транзисторов усилителей по мощности, поскольку они определяют массогабаритные и энергетические характеристики указанных систем в целом. Обеспечение надежной работы транзисторов полосового усилителя в указанном режиме достигается благодаря ограничению возможной амплитуды сигналов на его входе и уменьшению амплитуды этих сигналов при рассогласовании усилителя по выходу.

С этой целью в [1] предложено устройство защиты ПУМ от перегрузки по входу, содержащее цепь обратной связи, в состав которой входит направленный ответвитель (НО) падающей волны, детектор и блок управления, осуществляющий регулировку уровня сигнала в маломощных цепях передатчиков (МЦП) (рис. 1).

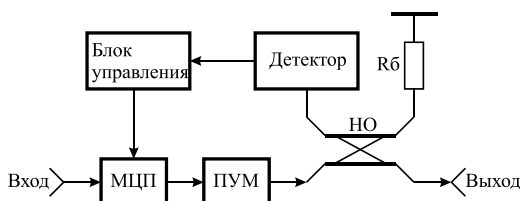


Рис. 1. Защита ПУМ от перегрузки по входу

В [2] дано описание устройства защиты ПУМ от перегрузки по входу и рассогласования по выходу, содержащие НО падающей и НО отраженной волны, два детектора и блок управления, осуществляющий регулировку уровня сигнала в МЦП (рис. 2).

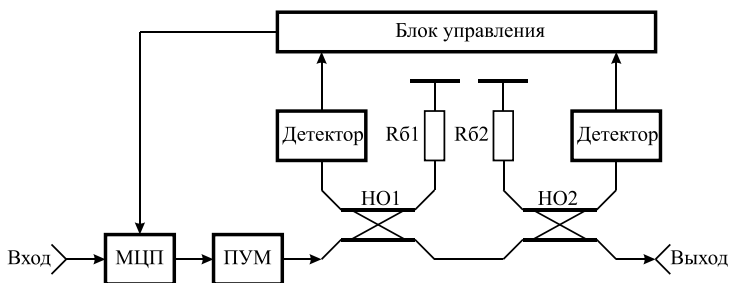


Рис. 2. Защита ПУМ от перегрузки по входу и выходу

Недостатком указанных выше устройств защиты является большая постоянная времени цепи обратной связи, намного превышающая время допустимой двух- или трехкратной перегрузки мощных высокочастотных транзисторов по току. Поэтому эти устройства не в состоя-

нии защитить ПУМ от внезапного отключения или короткого замыкания нагрузки и от воздействия мощных входных сигналов.

Указанный недостаток может быть устранен благодаря использованию быстродействующего устройства защиты ПУМ от перегрузки по входу и рассогласования по выходу, описанного в [3] (рис. 3).

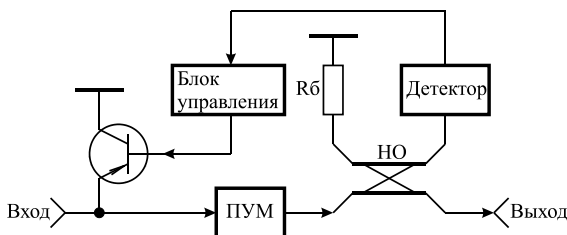


Рис. 3. Быстродействующая защита ПУМ от перегрузки по входу и выходу

Устройство защиты ПУМ от перегрузки по входу и рассогласования по выходу (см. рис. 3) обеспечивает сохранение работоспособности ПУМ как при внезапном отключении или коротком замыкании нагрузки, так и при воздействии на его вход мощных сигналов [4].

Однако, сохраняя работоспособность ПУМ, в процессе работы устройства защиты (см. рис. 3) появляются искажения усиленного сигнала, что связано с переотражениями между входом ПУМ и выходом источника усиленного сигнала.

Для устранения указанных искажений предлагается модифицировать устройство защиты (см. рис. 3), введя в него дополнительный транзистор и два направленных ответвителя. В результате получим устройство защиты, представленное на рис. 4.

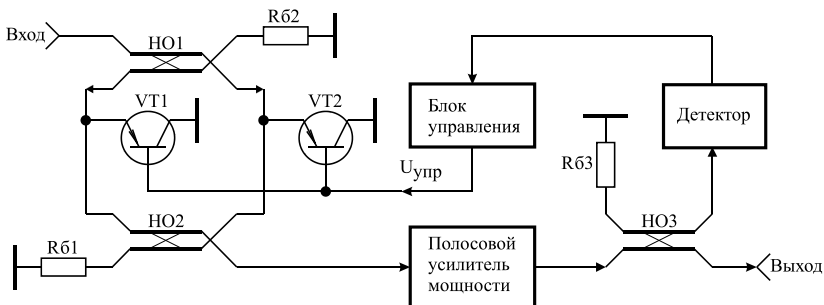


Рис. 4. Модифицированное устройство защиты ПУМ

При превышении амплитуды переменного высокочастотного напряжения усиленного сигнала, поступающего от источника уси-

ваемого сигнала на вход первой линии НО1, номинального значения, в положительный полупериод воздействия переменного сигнала напряжение на эмиттерах транзисторов VT1 и VT2 в какой-то момент времени становится больше напряжения на их базах. Переходы база – эмиттер транзисторов открываются, и через их коллекторные цепи начинают протекать токи, равные αI_e , где α – коэффициент передачи эмиттерного тока, I_e – ток эмиттера [5]. Для мгновенного значения переменного высокочастотного напряжения усиленного сигнала, превышающего номинальное значение, переходы эмиттер – коллектор транзисторов представляют собой двухполюсники, сопротивление которых составляет единицы ом

В моменты, когда переходы эмиттер–коллектор транзисторов VT1 и VT2 оказываются открытыми, вход второй линии и выход первой линии НО1 оказываются рассогласованными. Отраженные от мест рассогласования сигналы складываются в фазе в балластном сопротивлении R62 [6]. В этом случае в процессе работы устройства защиты не возникает переотражений между входом ПУМ и выходом источника усиленного сигнала. Отсутствуют и искажения сигнала на выходе ПУМ, обусловленные указанными переотражениями.

Работа выполнена в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 гг. (госконтракт № 02.740.11.0514 от 15.03.10).

ЛИТЕРАТУРА

1. Тарасов В.В., Сорокин Д.Т. Устройство автоматического регулирования мощности транзисторного радиопередатчика. Патент РФ № 2119249. Оpubл. 20.09.98.
2. Иванов В.К. Оборудование радиотелевизионных передающих станций. М.: Радио и связь, 1989, 336 с.
3. Титов А.А., Ильюшенко В.Н. Устройство для защиты усилителя мощности от перегрузки. Патент РФ № 2217861. Оpubл. 27.11.03.
4. Титов А.А. Транзисторные усилители мощности МВ и ДМВ. М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2006. 328 с.
5. Петухов В.М. Полевые и высокочастотные биполярные транзисторы средней и большой мощности и их зарубежные аналоги: Справочник: В 4 т. М.: КУБК-а, 1997.
6. Титов А.А. Расчет диплексера усилителя мощности телевизионного передатчика // Известия вузов. Сер. Радиоэлектроника. 2001. № 2. С. 74–77.

КОМПЕНСАЦИЯ НЕРАВНОМЕРНОСТИ АЧХ ЛИНЕЙНОГО ТРАКТА В ИЗМЕРИТЕЛЯХ Х5М-18

Н.М. Харитонов, аспирант каф. СРС

г. Томск, ТУСУР, mrc@main.tusur.ru

Как и в большинстве радиоизмерительных приборов, работающих в полосе частот до нескольких десятков гигагерц, в измерителях коэффициента шума Х5М-18 существует проблема значительной частотной неравномерности коэффициента передачи (КП) линейного тракта.

Радиотракт приборов Х5М-18 с диапазоном рабочих частот 10 МГц – 20 ГГц построен по супергетеродинной схеме с тройным преобразованием частоты и разбиением входного диапазона частот на два поддиапазона. Поскольку входные цепи прибора содержат широкополосные узлы (маломощный предусилитель, следящий преселектор, электромеханический переключатель, кабельная сборка), имеющие завал АЧХ на верхних частотах, общая неравномерность КП тракта может достигать 17–22 дБ (рис. 1).

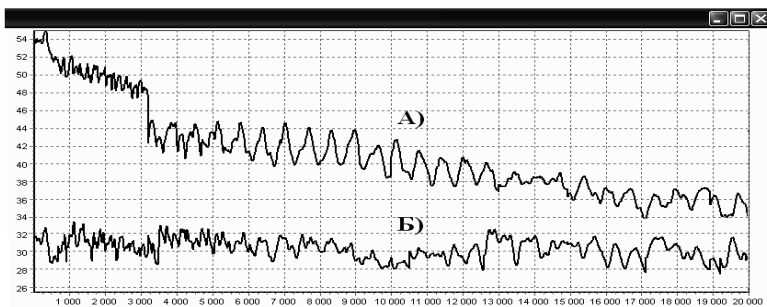


Рис. 1. АЧХ линейного тракта приборов Х5М-18:

а – без компенсации неравномерности; *б* – с компенсацией

Для устранения этого недостатка наиболее целесообразным методом является создание алгоритма управления аттенуаторами ПЧ, который производил бы автоматическую регулировку ослабления КП в процессе сканирования по частоте, при этом обеспечивая минимальную неравномерность АЧХ тракта. Суммарное ослабление аттенуаторов ПЧ в приборах Х5М составляет 60 дБ с минимальным шагом, равным 2 дБ. Часть диапазона регулировки можно использовать для компенсации неравномерности АЧХ тракта. При решении поставленной задачи было обращено внимание на следующие особенности:

- АЧХ тракта имеет выраженный «волнообразный» характер, причем амплитуда этих колебаний может превышать минимальный шаг ослабления;

– максимальное значение КП тракта не должно превышать заданного, поскольку это значение должно исключать возможность перегрузки АЦП на выходе тракта;

– количество переключений во всей полосе частот должно быть по возможности минимальным.

Расчет алгоритма компенсации производится заранее с целью минимизировать суммарное время, требуемое на изменение частоты настройки тракта. В результате обработки данных о частотной неравномерности тракта формируется таблица (**таблица компенсации**) диапазонов частот настройки тракта и соответствующих им значений добавки ослабления КП. Причем минимальное возможное значение добавки должно соответствовать точке наименьшей величины КП тракта, что обеспечит условие неперевышения данной величины.

При настройке тракта на требуемую частоту производится поиск соответствующего диапазона частот в таблице компенсации и, следовательно, добавка ослабления КП, на которую увеличивается значение общего ослабления. Таким образом, на каждой частоте настройки тракта производится пересчет общего ослабления тракта, что и компенсирует частотную неравномерность КП тракта. Задача сводится к задаче формирования таблицы компенсации по данным **таблицы неравномерности**, содержащей абсолютные значения КП для всех значений частот с шагом 10 МГц.

В результате работы был составлен ряд различных алгоритмов, каждый из которых был испытан на серийном приборе Х5М-18, что позволило выявить в каждом случае определенные особенности. Так, например, вследствие «волнообразного» характера АЧХ, переключение ослабления «вверх-вниз» в процессе перестройки производилось слишком часто. Для устранения этого эффекта был введен некий порог переключения по частоте. Если частотный интервал между соседними переключениями меньше заданного порога, то эти два переключения исключаются из таблицы компенсации. Исключаются пары изменений только «вверх-вниз», так как именно в этом случае не происходит превышения заданного КП. Недостатки – нет контроля над возможным уменьшением КП, а значит, и общей получаемой неравномерности. Чтобы избежать этого, было задано дополнительное требование – обеспечить заданную неравномерность. В процессе проверки алгоритма была замечена особенность, что из-за последнего требования увеличение ослабления происходят как бы с «задержкой» по частоте. При этом существуют случаи, когда эти изменения можно произвести раньше. Тогда КП будет по возможности больше, но ни дополнительного изменения ослабления, ни превышения заданной неравномерности не будет.

В итоге был составлен оптимальный алгоритм, позволяющий учесть все необходимые параметры с минимальным числом переключений. Блок-схема данного алгоритма представлена на рис. 2. Общий вид АЧХ радиотракта прибора с работающим алгоритмом автоматической компенсации приведен на рис. 1.

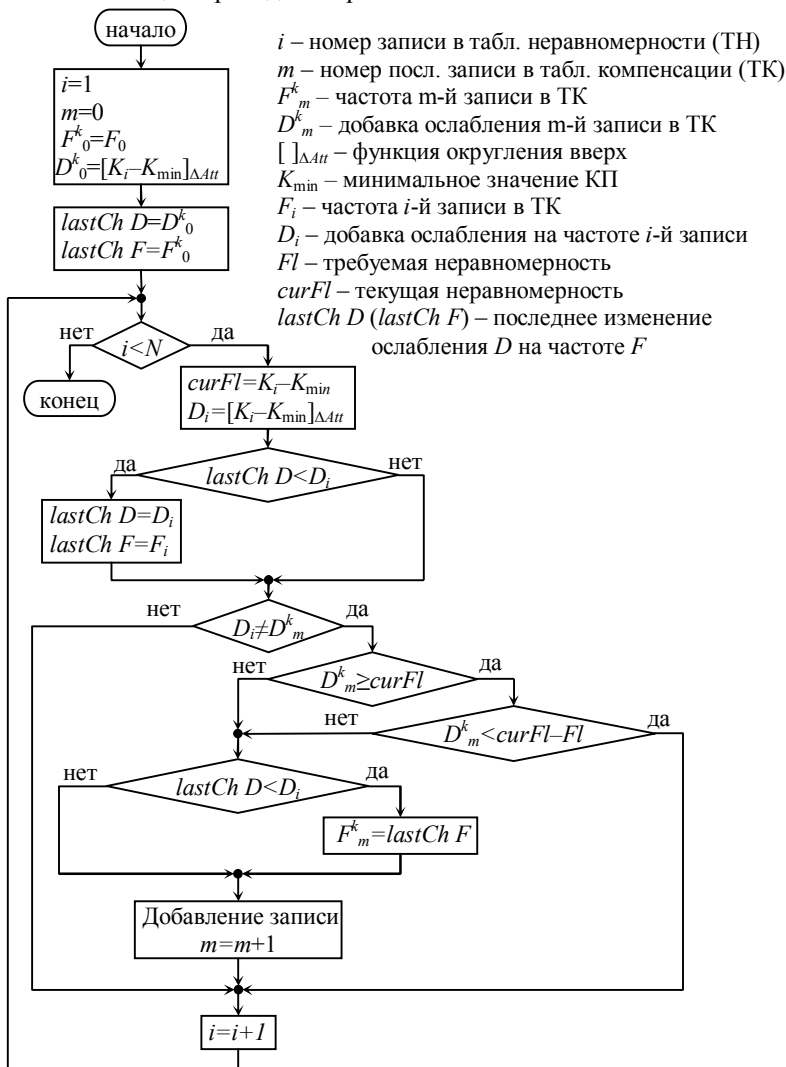


Рис. 2. Блок-схема алгоритма автоматической компенсации неравномерности коэффициента передачи радиотракта X5M-18

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 8

ФИЗИЧЕСКАЯ И ПЛАЗМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

Председатель – Троян П.Е., зав. каф. ФЭ, д.т.н., профессор

зам. председателя – Смирнов С.В., проф. каф. ФЭ, д.т.н.

Саврук Е.В., Гончарова Ю.С. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛЮМИНОФОРНЫХ ПОКРЫТИЙ В ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ИСТОЧНИКАХ СВЕТА	9
Гребнева Ю.Ю., Анищенко Е.В. ИЗГОТОВЛЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ МДМ-КАТОДОВ С НАНООСТРИЙНЫМ НИЖНИМ ЭЛЕКТРОДОМ	12
Астапенко А.А., Гулькина В.С. АНАЛИЗ ГАЗОВЫДЕЛЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ СПЕКТРОМЕТРИИ ПЛАЗМЫ	14
Казимиров А.И., Ерофеев Е.В. НИЗКОТЕМПЕРАТУРНАЯ ДИФфуЗИЯ МЕДИ В ГЕРМАНИИ, СТИМУЛИРОВАННАЯ АТОМАРНЫМ ВОДОРОДОМ	16
Корчагин А.И., Мошкина А.В. ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОСВЕТЛЯЮЩИХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ СВЕТОДИОДОВ	19
Кривоногова М.А., Роденко О.Л. СПЕКТРАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛЮМИНОФОРОВ ДЛЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА	22
Кулинич И.В. ПОЛУЧЕНИЕ МДМ-СТРУКТУР С НАНООСТРИЙНЫМ НИЖНИМ ЭЛЕКТРОДОМ С ПОМОЩЬЮ ТЕМПЛЕЙТНОГО ШАБЛОНА	25
Кутков И.В., Засухин Д.И., Поливанова Ю.Н. ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПЛЕНОК ДИОКСИДА КРЕМНИЯ, МОДИФИЦИРОВАННОГО УГЛЕРОДОМ	27
Гушин В.А., Матвеев В.В. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ДЕГРАДАЦИИ СВЕТОИЗЛУЧАЮЩИХ ДИОДОВ	29
Михайленко Л.С. ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ СПЕКАНИЯ КОМПОЗИЦИОННОЙ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ МЕТОДОМ ДИЛАТОМЕТРИИ	32
Моторин М.П., Мавлянова Ю.Б., Корнилов С.Ю. МОДЕЛЬНЫЕ РАСЧЕТЫ МАГНИТНОГО ПОЛЯ В ЭЛЕКТРОННО- ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ С ПЛАЗМЕННЫМ ЭМИТТЕРОМ	35
Мусина И.М., Грибеников А.С. ШУМОВЫЕ СВОЙСТВА ФОТОРЕЗИСТОРОВ НА ОСНОВЕ CdSe В УСЛОВИЯХ ФОНОВОЙ ЗАСВЕТКИ	37

Назмутдинов И.М. ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗОВОЙ ОДНОРОДНОСТИ МАГНИТОМЯГКИХ ФЕРРИТОВ ТГ(М)/ДТГ(М) МЕТОДОМ	41
Олейник В.Л. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОРИЕНТАЦИИ ПЛАСТИНЫ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИКА В ЗАДАЧАХ АКУСТОЭЛЕКТРОНИКИ	44
Петрухин С.В. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОСАЖДЕНИЯ ПЛЕНОК НА НАНООСТРИЙНУЮ ПОВЕРХНОСТЬ.....	47
Поливанова Ю.Н. ГАЗОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЙ ЭЛЕМЕНТ НА ОСНОВЕ ПОРИСТОГО ДИОКСИДА КРЕМНИЯ	50
Поздеев Е.Э. ФОРВАКУУМНЫЙ ПЛАЗМЕННЫЙ ИСТОЧНИК ИОНОВ.....	52
Примакова Е.А. МЕТОД ФОРМИРОВАНИЯ ПЛЕНОК ПЕРЕМЕННОЙ ТОЛЩИНЫ	55
Сарынина Я.И. РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ ФОТОМЕТРИИ СВЕТОДИОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА	57
Сим П.Е., Роденко О.Л. ИЗМЕРЕНИЕ ФОТОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ИЗЛУЧАЮЩИХ ДИОДОВ В ВИДИМОМ ДИАПАЗОНЕ ИЗЛУЧЕНИЯ.....	61
Смычков Д.С., Колотилина Е.Ф., Астафьев А.Л., Кузнецов К.С., Николаев Е.В., Сарвенков О.А. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА УГЛЕРОДНЫХ ПЛЕНОК	64
Терехов П.А. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ НАНЕСЕНИЯ ОТРАЖАЮЩИХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ПЛЕНОК СЕРЕБРА	66
Трофимова О.А. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ДИФфуЗИИ КИСЛОРОДА В LiFe_5O_8 МЕТОДОМ ТЕРМОГРАВИМЕТРИИ	69
Цивковский И.Н. ТЕПЛОВАЯ ОБРАБОТКА ЦИРКОНИЕВОЙ КЕРАМИКИ ПУЧКОМ НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЭЛЕКТРОНОВ.....	71
Тюньков А.В., Шандриков М.В. ФОРМИРОВАНИЕ ПРОВОДЯЩИХ ОКСИДНЫХ ПОКРЫТИЙ.....	73
Воронинский М.С., Гореев А.К., Климов А.С. ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВАЯ СВАРКА КЕРАМИКИ С МЕТАЛЛОМ.....	76
Золотухин Д.Б. АЗОТИРОВАНИЕ ТИТАНА В ПЛАЗМЕ НЕСАМОСТОЯТЕЛЬНОГО ТЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА С ПОЛЫМ КАТОДОМ	79
Жидик Ю.С. ПРОБЛЕМА СОЗДАНИЯ ТЕПЛООТВОДЯЩЕГО И НЕСУЩЕГО ПОКРЫТИЯ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ СВЕТОДИОДОВ	81
Романов В.Я., Кудрявцев К.В. ПИРОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ИСТОЧНИК ЭЛЕКТРОНОВ.....	83

СЕКЦИЯ 9

РАСПРЕДЕЛЁННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ

*Председатель – Ехлаков Ю.П., проректор по информатизации
и управлению ТУСУРа, зав. каф. АОИ, д.т.н., профессор;
зам. председателя – Сенченко П.В., декан ФСУ, к.т.н., доцент каф. АОИ*

ПОДСЕКЦИЯ 9.1

РАСПРЕДЕЛЁННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ

*Председатель – Ехлаков Ю.П., проректор по информатизации
и управлению ТУСУРа, зав. каф. АОИ, д.т.н., профессор;
зам. председателя – Сенченко П.В., декан ФСУ, к.т.н., доцент каф. АОИ*

Белоконь А.И.

ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕРФЕЙСА ARCGIS JAVASCRIPT API
ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПОЭТАЖНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ..... 87

Большаков А.А., Сапрон Д.В.

РАЗВИТИЕ ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСОВ ОРГАНИЗАЦИИ-ПОСРЕДНИКА
КАК ИНСТРУМЕНТА ПРОДВИЖЕНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ
ПРОДУКЦИИ НА ПРИМЕРЕ ТМДЦ «ТЕХНОПАРК» 89

Бортников Е.В.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА
СЕРВИСА В БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЯХ СТАНДАРТА IEEE 802.16..... 92

Федосов Д.Е.

ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ WEB-ОРИЕНТИРОВАННЫХ
ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В СРЕДЕ ARCGIS 95

Гунгаев А.Ц., Недорезов А.В.

НЕЧЕТКАЯ ОЦЕНКА УРОВНЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ
НА ТЕРРИТОРИИ РЕГИОНА..... 97

Иценко М.А.

ОРГАНИЗАЦИЯ ОБМЕНА ЭЛЕКТРОННЫМИ МЕДИЦИНСКИМИ
ДАННЫМИ НА ОСНОВЕ ПАРАДИГМЫ
«ОБЛАЧНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ» 100

Капокова А.Р.

ВВЕДЕНИЕ АТРИБУТИВНЫХ ДАННЫХ В СРЕДЕ
ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ 102

Хабибуллин Д.И.

АРХИТЕКТУРА WEB-ГИС «ТОМСКАЯ ОБЛАСТЬ» 105

Колобова Ю.В., Чернышов К.И., Козлов М.В., Ербахаев В.А.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ
СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ УЧЕБНЫМ ПРОЦЕССОМ 108

Кречетов И.А. ИНСТРУМЕНТ РАЗРАБОТКИ МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ, ОСНОВАННЫЙ НА ПРИМЕНЕНИИ БАЗ ЗНАНИЙ.....	110
Луговая К.Ю. ЭЛЕКТРОННЫЙ ПАСПОРТ АУДИТОРИИ В СРЕДЕ ГИС ВУЗА	113
Милихин М.М. РАЗРАБОТКА WEB-ОРИЕНТИРОВАННЫХ ГИС С ПРИМЕНЕНИЕМ ESRI ARCGIS JAVASCRIPT API И «DOJO JAVASCRIPT TOOLKIT» ...	116
Нефёдова К.С. ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ УЧЕБНЫМ ПРОЦЕССОМ.....	118
Немеров А.А. ПРИМЕНЕНИЕ СЕРВИС-ОРИЕНТИРОВАННОЙ АРХИТЕКТУРЫ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ	121
Колтачихин В.Е., Одышев Р.А. ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В РЕГИОНЕ.....	123
Прелова Е.В. АВТОМАТИЗАЦИЯ ИНВЕНТАРИЗАЦИОННОГО УЧЕТА ПОМЕЩЕНИЙ ВЫСШЕГО УЧЕБНОГО ЗАВЕДЕНИЯ.....	124
Пудуль И.Ю. ПУБЛИКАЦИЯ ГЕОДАННЫХ В СЕТИ INTERNET С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА ARCGIS SERVER	127
Рычагов М.М. ПОЭТАЖНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ В СРЕДЕ ARCVIEW	129
Рыкова А.А. СТРУКТУРА И ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ WEB-ОРИЕНТИРОВАННОЙ ГИС ДЛЯ ПАСПОРТОВ МУНИЦИПАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ	131
Савченко А.В., Турков Д.А. ТЕХНОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ ИНФОРМАЦИОННОГО ИНТЕРНЕТ-ПОРТАЛА	134
Семькина Д.А. АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА УЧЕТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КАФЕДРЫ	137
Широкова Е.Н., Юдина В.Г. ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ В ГОСУДАРСТВЕННОМ УПРАВЛЕНИИ.....	139
Широкова Е.Н., Юдина В.Г. ИНВЕСТИЦИОННЫЙ ПАСПОРТ МУНИЦИПАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ	142
Скворцов И.Е. ПРОТОТИП МЕДИЦИНСКОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ СПЕЦИФИКАЦИЙ OpenENR	144

Сулейманов В.А. АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА «АРХИТЕКТУРА ПРЕДПРИЯТИЯ ЕАР».....	146
Вершитский Н.В. АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА «МОДЕЛЬ ЗАХМАНА»	148
Зорин Ю.А. ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕДАЧИ ВИДЕОПОТОКА ЧЕРЕЗ ПИРИГОВУЮ СЕТЬ	150

ПОДСЕКЦИЯ 9.2

СОВРЕМЕННЫЕ БИБЛИОТЕЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

*Председатель секции – Абдрахманова М.В., зав. библиотекой ТУСУРа;
зам. председателя – Карауш А.С., доцент каф. РЗИ, к.т.н.*

Клименко А.А., Терешко Л.С., Топоркова А.П., Карауш А.С. АНАЛИЗ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ МУНИЦИПАЛЬНЫХ БИБЛИОТЕК.....	152
Мухатьяров М.Д. АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА «ЭЛЕКТРОННЫЙ СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ».....	155
Шмидт И.А., Карауш А.С. АНАЛИЗ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ МУНИЦИПАЛЬНЫХ БИБЛИОТЕК.....	157
Сунгорова А.А. РАСПОЗНАВАНИЕ СОСТОЯНИЙ ДИНАМИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА НА ОСНОВЕ ЭТАЛОННОЙ МОДЕЛИ РАЗМЕТКИ ВРЕМЕННОГО РЯДА.	158
Загайнова Н.Л., Пляскина Л.А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ DATA MINING В БИБЛИОТЕЧНЫХ СИСТЕМАХ	160
Загайнова Н.Л., Пляскина Л.А. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПО ПРИВЛЕЧЕНИЮ К ЧТЕНИЮ...	163

СЕКЦИЯ 10

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ

*Председатель – Ходашинский И.А., д.т.н., профессор каф. АОИ;
зам. председателя – Лавыгина А.В., ст. преп. каф. АОИ, к.т.н.*

Ахаев А.В. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ «1С:ПРЕДПРИЯТИЕ 8».....	165
Дудин П.А., Горбунов И.В., Боровков А.В. УНИФИЦИРОВАННОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ НЕЧЕТКОЙ СИСТЕМЫ.....	168

Гладков А.В., Горбунов И.В. ПРИМЕНЕНИЕ НЕЧЕТКИХ СИСТЕМ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫМ ПОЛЕМ ДЛИННОГО СТАЛЬНОГО СТЕРЖНЯ ШЕСТИГРАННОГО СЕЧЕНИЯ	171
Гнюсова Н.В. ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ГРАДИЕНТНОГО МЕТОДА ПРИ НАСТРОЙКЕ НЕЧЕТКИХ СИСТЕМ	173
Хамитова Д.И. ПОИСК С ЗАПРЕТАМИ В ЗАДАЧАХ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ НЕЧЕТКИХ СИСТЕМ.....	176
Иванова А.С., Плотников О.О. ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ НЕЧЕТКИХ КЛАССИФИКАТОРОВ НА ОСНОВЕ ДЕРЕВЬЕВ РЕШЕНИЙ.....	178
Боровков А.В., Корниенко И.С. УНИФИЦИРОВАННАЯ ПРОГРАММНАЯ СРЕДА ДЛЯ РАБОТЫ С НЕЧЕТКИМИ СИСТЕМАМИ	181
Лучкова С.О. ПРИМЕНЕНИЕ НЕЧЕТКОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ ЭВОЛЮЦИОННОЙ СТРАТЕГИИ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПРОПУСКОВ В ДАННЫХ	184
Паутов П.А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭМПИРИЧЕСКОГО КРИТЕРИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ СЛОЖНОСТИ НЕЧЕТКОЙ СИСТЕМЫ И ПОСТРОЕНИЯ ПАРЕТО-ФРОНТА.....	187
А.Г. Поляков ПРИМЕНЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА ДЛЯ ТОНКОЙ НАСТРОЙКИ ПРАВИЛ НЕЧЕТКОГО КЛАССИФИКАТОРА	189
Прыткова А.В. ПРИМЕНЕНИЕ ИЕРАРХИЧЕСКОЙ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ДЛЯ ПРЕДОБРАБОТКИ ДАННЫХ В ЗАДАЧЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ С ПОМОЩЬЮ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ	192
Сарафанов П.С. РАЗРАБОТКА ПОДХОДОВ К АВТОМАТИЗАЦИИ ПЕРСОНАЛИЗАЦИИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ ПРИЛОЖЕНИЙ. КОМПОНЕНТА ЖУРНАЛИЗАЦИИ ДЕЙСТВИЙ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ.	195
Серебренникова О.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЛЬТРА КАЛМАНА ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПАРАМЕТРОВ НЕЧЕТКИХ СИСТЕМ.....	198
Синьков Д.С. ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ НЕЧЕТКИХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ АЛГОРИТМА РОЯЩИХСЯ ЧАСТИЦ С АДАПТИВНЫМ КОЭФФИЦИЕНТОМ ИНЕРЦИИ И МНК	200
Титков А.В., Зорин Ю.А. ЯЗЫК ПРОГРАММИРОВАНИЯ ГЕНЕРАТОРОВ GIL	203

Ушаков А.С., Шепелева Н.Е. ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ И НАСТРОЙКИ РЕГУЛЯТОРОВ ДЛЯ МОБИЛЬНОГО LEGO-РОБОТА	206
Земцов Н.Н. ПРИМЕНЕНИЕ PSO-ОПЕРАТОРА В АЛГОРИТМЕ, ОСНОВАННОМ НА ПЕРМЕЩЕНИИ БАКТЕРИЙ, ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПАРАМЕТРОВ НЕЧЕТКОЙ СИСТЕМЫ	210

СЕКЦИЯ 13

РАДИОТЕХНИКА

*Председатель секции – Титов А.А., д.т.н., профессор каф. РЗИ, доцент;
зам. председателя – Семенов Э.В., к.т.н., доцент каф. РЗИ*

А.О. Астахов, К.В. Волков СРЕДА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ QUARTUS II ОТ ALTERA	214
С.О. Чечулин, Н.А. Суслова, А.В. Максимов РАЗРАБОТКА МАКЕТА КВАНТОВОГО КАНАЛА ПЕРЕДАЧИ КЛЮЧА НА ОСНОВЕ ПРОТОКОЛА BB84	217
Е.В. Дмитриченко, Д.С. Хохол АКТИВНАЯ ФАЗИРОВАННАЯ АНТЕННАЯ РЕШЕТКА ДЛЯ ПРИЕМОПЕРЕДАЮЩЕГО МОДУЛЯ X-ДИАПАЗОНА	219
Б.С. Донгак, Е.Ю. Агеев СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВСТРОЕННЫХ МЕЖСЕТЕВЫХ ЭКРАНОВ ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ Windows XP и Windows 7	221
В.Д. Егоров ПАССИВНАЯ ИНТЕРМОДУЛЯЦИЯ И ПРИЧИНЫ ЕЁ ВОЗНИКНОВЕНИЯ	224
Марина А.А., Янковская Ю.Ю., Кополовец Ю.В., Ускин В.Б., Белоусов С.Г., Былков А.Г., Лихолат А.А., Гушин В.Ю., Гриняев Ю.В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ОБРАБОТКИ АУДИОСИГНАЛА	227
Марина А.А., Янковская Ю.Ю., Кополовец Ю.В., Ускин В.Б., Белоусов С.Г., Былков А.Г., Лихолат А.А., Гушин В.Ю., Гриняев Ю.В. РАЗРАБОТКА АУДИОМОДУЛЯ ДЛЯ СИСТЕМ ВИДЕОКОНФЕРЕНЦСВЯЗИ	229
Марина А.А., Янковская Ю.Ю., Кополовец Ю.В., Ускин В.Б., Лихолат А.А., Гушин В.Ю., Гриняев Ю.В. РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА РАСПОЗНАВАНИЯ И СИНТЕЗА ЕСТЕСТВЕННОЙ ЧЕЛОВЕЧЕСКОЙ РЕЧИ	231
Хохол Д.С., Дмитриченко Е.В., Кондратенко А.В. GaAs МИС ДВУХРАЗЯДНОГО ФАЗОВРАЩАТЕЛЯ L-ДИАПАЗОНА ЧАСТОТ	233

Каппасов Ж.Е., Min-Ju Hsieh, Dr. Yoshihiro Konishi РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ИНВЕРТОРА НАПРЯЖЕНИЯ НА БАЗЕ ПРОЦЕССОРА TMS320f28335	235
Каппасов Ж.Е., Рулевский В.М., Мишин В.Н. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРЕХФАЗНЫХ ИНВЕРТОРОВ НАПРЯЖЕНИЯ	238
Колегов А.Н. РАЗРАБОТКА ПЯТИЗВЕННОГО ДВУХМОДОВОГО ФИЛЬТРА НА КРУГЛОМ ВОЛНОВОДЕ	241
Кононов О.В. ВЕКТОРНЫЙ АНАЛИЗАТОР OFDM СИГНАЛА	244
Кукало И.А. ХАРАКТЕРИСТИКИ КРИПТОСТОЙКОСТИ РЕЖИМОВ ШИФРОВАНИЯ	248
Литвиненко Е.С. КОАКСИАЛЬНО-ВОЛНОВОДНЫЙ МАЛОШУМЯЩИЙ УСИЛИТЕЛЬ	251
Мирошкин И.А., Агеев Е.Ю. МЕТОДИКА МИНИМИЗАЦИИ ВЕРОЯТНОСТИ УТЕЧКИ КОНФИДЕНЦИАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ ЧЕРЕЗ ПЕРСОНАЛ	253
Хохол Д.С., Дмитриченко Е.В., Баров А.А., Кондратенко А.В. GaAs МИС ШИРОКОПОЛОСНОГО ДВОЙНОГО БАЛАНСНОГО СМЕСИТЕЛЯ	256
Кашеутов А.В., Мясников Н.С., Томилов А.В. ВЫСОКОВОЛЬТНЫЙ ЗНАКОПЕРЕМЕННЫЙ ГЕНЕРАТОР ДЛЯ ФОТОРЕФРАКТИВНЫХ ЯЧЕЕК	259
Морозова М.А., Салтанова О.Б. СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ ПО БИОМЕТРИЧЕСКИМ ПАРАМЕТРАМ	262
Мухин Г.Р., Антонишен И.В., Южанин М.В., Иванов А.В., Туев В.И. ПИТАНИЕ СВЕТОДИОДОВ ОТ СЕТИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА	265
Побаченко М.В., Ляпин И.Ю., Демидов В.А. ПРИЕМНИК АМПЛИТУДНО-МОДУЛИРОВАННЫХ СИГНАЛОВ	267
Порфирьев О.И., Хромовских Н.А., Агеев Е.Ю. СОЗДАНИЕ КАБЕЛЯ ДЛЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО СОЕДИНЕНИЯ МАРШРУТИЗАТОРОВ CISCO В ЛАБОРАТОРНОМ СТЕНДЕ	272
Привалихин И.И. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ СТЕНД ДЛЯ СНЯТИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ИСТОЧНИКОВ ИЗЛУЧЕНИЯ	274
Привалихин И.И., Авдоченко Б.И., Виллисов А.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМА РАБОТЫ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ИК ДИОДА	277
Сабиргалиева Т.Т., Волков К.В. РАЗРАБОТКА СЕТЕВОГО ДРАЙВЕРА ДЛЯ ВЕКТОРНОГО АНАЛИЗАТОРА СИГНАЛОВ	280

Щуров В.В., Фатеев А.В. СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫЙ ДЕЛИТЕЛЬ МОЩНОСТИ ДЛЯ КОАКСИАЛЬНОГО ТРАКТА СЕЧЕНИЕМ 3,5/1,52 ММ.....	283
Селютин А.Р. STRIPPING-АТАКА SSL-ПРОТОКОЛА.....	286
Семибратов В.П., Фатеев А.В. АТТЕНУАТОР ФИКСИРОВАННЫЙ ДЛЯ КОАКСИАЛЬНОГО ТРАКТА СЕЧЕНИЕМ 7/3,04 ММ	288
Шибельгут А.А., Конкин Д.А. ДИСПЕРСИЯ И ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ МОДОВАЯ ЗАДЕРЖКА В ГРАДИЕНТНЫХ МНОГОМОДОВЫХ ОПТИЧЕСКИХ ВОЛОКНАХ С MCVD-ПРОФИЛЕМ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ	291
Гаммершмидт И.А., Кладов Б.О., Макарова О.И., Симанова Н.О. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПРИ ПОСТРОЕНИИ ЗАЩИЩЕННОГО СОЕДИНЕНИЯ ПО ПРОТОКОЛУ IPSEC	294
Скоторенко И.В. ПРОБЛЕМЫ УМЕНЬШЕНИЯ МАССОГАБАРИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СИНТЕЗАТОРОВ ЧАСТОТ	296
Суркова Г.А. РАДИАЦИОННЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ ЗАТУХАНИЯ ДЛЯ ПРИМЕСНОГО ОПТИЧЕСКОГО ВОЛОКНА	300
Тимофеева С.М., Волков К.В. ОБЗОР ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ С ПОДДЕРЖКОЙ GIGABIT ETHERNET	303
Токбаева И.Ж., Титов А.А. УПРАВЛЕНИЕ АМПЛИТУДОЙ МОЩНЫХ ИМПУЛЬСНЫХ СИГНАЛОВ	305
Трофимов Г.А., Федянов А.В., Волков К.В. ЦИФРОВАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ НА ПЛИС	309
Узолин Е.Ю. ПРИМЕНЕНИЕ ДИХРОИЧНЫХ СТРУКТУР В РЕФЛЕКТОРАХ ЗЕРКАЛЬНЫХ АНТЕНН ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ КРОССПОЛЯРИЗАЦИОННОЙ РАЗВЯЗКИ.....	311
Заруцкий Ю.Ю., Волков К.В. РАЗРАБОТКА ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ ИНТЕРФЕЙСОВ ДЛЯ НАУЧНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ.....	313
Воронина Ю.А., Добриков Д.С., Зеляков Ю.С., Титов А.А. УСТРОЙСТВА УПРАВЛЕНИЯ АМПЛИТУДОЙ МОЩНЫХ ГАРМОНИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ	317
Воронин Н.Н., Загородний А.С. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИОДОВ ШОТКИ В ДЕТЕКТОРАХ МОЩНОСТИ.....	320
Воропаев О.С. ПОВЕРХНОСТНАЯ ВОЛНА НА МЕТАЛЛИЧЕСКОМ ЦИЛИНДРЕ С ПОКРЫТИЕМ ИЗ ДИЭЛЕКТРИКА С ПОТЕРЯМИ	322

Вострикова А.А., Волков К.В.	
СИСТЕМА КОМАНД ДЛЯ ПРОГРАММИРУЕМОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО СРЕДСТВА SCPI.....	328
Жданов Д.А., Костылёва О.В., Титов А.А.	
УСТРОЙСТВА ЗАЩИТЫ ПОЛОСОВЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ МОЩНОСТИ ОТ ПЕРЕГРУЗОК	331
Харитонов Н.М.	
КОМПЕНСАЦИЯ НЕРАВНОМЕРНОСТИ АЧХ ЛИНЕЙНОГО ТРАКТА В ИЗМЕРИТЕЛЯХ Х5М-18	336

Научное издание

Научная сессия ТУСУР–2011

Материалы Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР–2011»

4–6 мая 2011 г.

В шести частях

Часть 2

**Корректор – В.Г. Лихачева
Верстка В.М. Бочкаревой**

Издательство «В-Спектр».
Сдано на верстку 01.04.2011. Подписано к печати 25.04.2011.
Формат 60×84¹/₁₆. Печать трафаретная.
Печ. л. 21,75. Усл. печ. 20,4.
Тираж 150 экз. Заказ 12.

Тираж отпечатан в издательстве «В-Спектр».
ИНН/КПП 7017129340/701701001, ОГРН 1057002637768
634055, г. Томск, пр. Академический, 13-24, т. 49-09-91.
E-mail: bmwm@list.ru