

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе
Национального исследовательского
Томского государственного университета,
доктор физико-математических наук

Лебя Ивонин Иван Варфоломеевич
«45» *декабрь* 2016 г.



ЗАЛОЖЕНИЕ

Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет»

Диссертация «Неохлаждаемый болометр на основе Ti_{50.5}Ni_{49.5} для оптико-электронных измерительных систем» выполнена в лаборатории новых материалов и перспективных технологий Сибирского физико-технического института Томского государственного университета и в конструкторско-технологической лаборатории федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт мониторинга климатических и экологических систем Сибирского отделения Российской академии наук.

В период подготовки диссертации соискатель работал в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», в лаборатории новых материалов и перспективных технологий Сибирского физико-технического института Томского государственного университета по совместительству в должности инженера.

В 2002 г. окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» по специальности «Аудиовизуальная техника».

Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов выдано федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» в 2016 г.

Научный руководитель – Андреев Юрий Михайлович, доктор физико-математических наук, основное место работы: федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт мониторинга климатических и экологических систем Сибирского отделения Российской академии наук, лаборатория геосферно-биосферных взаимодействий, главный научный сотрудник; по совместительству: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», лаборатория новых материалов и перспективных технологий Сибирского физико-технического института Томского государственного университета, ведущий научный сотрудник.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Оценка выполнения соискателем работы

Диссертация П.В. Выборнова является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научно-технической задачи по увеличению чувствительности неохлаждаемых металлических болометров за счет использования сплава никелида титана и оценка возможности практического применения таких детекторов в составе оптико-электронных измерительных систем.

Актуальность темы и направленность исследования

Возрастающие требования к современным оптико-электронным приборам по количеству и качеству получаемой измерительной информации делают актуальным разработку высокочувствительных, простых и надежных детекторов. Одним из перспективных типов таких устройств могут быть неохлаждаемые металлические болометры. Но, к настоящему времени, болометров такого типа, обладающих достаточной чувствительностью и высокими эксплуатационными характеристиками не создано, а потенциальные возможности увеличения их чувствительности за счет использования сплавов малоизучены.

Диссертационная работа выполнена в рамках научных исследований конструкторско-технологической лаборатории ИМКЭС СО РАН и лаборатории новых материалов и перспективных технологий СФТИ ТГУ.

Диссертационная работа выполнена в рамках следующих проектов:

Проект СО РАН VIII.80.2.4 «Исследование информативности ОНЧ и ТГц диапазонов электромагнитного излучения для создания систем мониторинга окружающей среды и литосферных процессов» (2013-2016 гг.);

Программа повышения конкурентоспособности Томского государственного университета, государственный контракт ВИУ, проект № 8.1.51.2015 «Разработка комплексной системы определения состава и свойств различных объектов и сред» (2015-2016 гг.);

Грант РФФИ № 12-02-33174-мол_а_вед «О влиянии концентрации легирующих примесей в нелинейных кристаллах GaSe на их анизотропию, температурную дисперсию физических свойств и процессы параметрического преобразования в них» (2013-2014 гг.),

Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации

Результаты, включенные в диссертацию и выносимые автором на защиту получены П.В. Выборновым самостоятельно. Постановка задач исследований сделана соискателем совместно с научным руководителем. Полный объем экспериментов и модельных исследований по представленным в диссертации результатам выполнен лично автором.

Резистивные элементы болометров изготовлены автором совместно с сотрудником ИКЭС СО РАН В.Я. Ерофеевым.

Системное программное обеспечение для автоматизации измерений болометров разработано совместно со студентом ТУСУР Р.А. Терликбаевым.

Степень достоверности результатов проведенных исследований

Достоверность материалов диссертационной работы обеспечивается систематическим характером исследований, всесторонним научным обоснованием, основанным на статистически обеспеченных данных измерений, хорошим соответствием полученных модельных оценок с результатами эксперимента, а также успешной работой болометров в действующих макетах изготовленных оптико-электронных устройств.

Новизна результатов проведённых исследований.

Предложен новый критерий выбора материала резистивного элемента для неохлаждаемых металлических болометров и условие сравнения их пороговых чувствительностей.

Разработана новая методика оценки соотношения пороговых чувствительностей двух неохлаждаемых болометров из разных металлов.

Предложено и экспериментально проверено новое техническое решение увеличения чувствительности неохлаждаемых металлических болометров путем использования сплава никелида титана в качестве материала резистивных элементов.

Предложен способ измерения мощности лазерного излучения неохлаждаемым болометром на основе сплавов никелида титана и показана практическая возможность его реализации (Патент РФ № 2345334).

Показана возможность создания анализатора фоновых концентраций паров ртути в открытой атмосфере с использованием в качестве УФ детектора потенциального болометра из сплава Ti50.5Ni49.5 (Патент РФ № 2421709).

Предложен актинометрический приемник болометрического типа и создан макет пиранометра на его основе, обладающий лучшими техническими параметрами в сравнении с аналогичным прибором, рекомендованным службой Росгидромет (Патент РФ № 2469282).

Разработаны и реализованы в виде программного обеспечения алгоритмы работы системы управления, осуществляющей автоматизацию процесса измерения характеристик неохлаждаемых болометров (Свидетельства об официальной регистрации программ для ЭВМ РФ № 2007610893, № 2007610894 и № 2007611346).

Практическая значимость диссертации и использование полученных результатов

Разработан алгоритм оценки эффективности неохлаждаемых металлических болометров, который может быть использован для выбора оптимальных материалов резистивных элементов с целью создания на их основе болометров нового поколения.

Разработан неохлаждаемый болометр на основе сплава Ti_{50,5}Ni_{49,5} с пороговой чувствительностью 175 нВт/Гц^{1/2} в единичной шумовой полосе при частоте модуляции излучения 1 Гц и приемной областью резистивного элемента 1,6 мм², который может быть использован в качестве простого и недорогого широкополосного приемника излучения в составе различных оптико-электронных приборов.

Разработана автоматизированная система управления, которая может быть использована в устройствах различного назначения для последовательного управления и контроля отдельными электронными узлами с возможностью оперативной смены их временных параметров и режимов работы

Ценность научных работ соискателя, полнота изложения материалов диссертации в опубликованных работах

По теме диссертационной работы опубликовано 19 работ, из них 2 статьи в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, 2 статьи в зарубежных журналах, индексируемых Web of Science и Scopus, 3 патента Российской Федерации на изобретение, 3 авторских свидетельства об официальной регистрации программ для ЭВМ и 9 работ в сборниках трудов научных конференций.

Статьи в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук:

1. **Выборнов П.В.** Алгоритм оценки эффективности неохлаждаемых болометров на основе металлов и их сплавов / П.В. Выборнов, М.В. Кабанов, Ю.М. Андреев // Известия ВУЗов. Физика. – 2016. – Т. 59. – № 9. – С. 170–172. / 0,12 п.л.

2. **Выборнов П.В.** Датчики и индикаторы на основе металла с памятью формы для систем мониторинга окружающей среды / П.В. Выборнов, В.Я. Ерофеев, А.А. Тихомиров, А.И. Шейдель // Датчики и системы. – 2012. – № 3. – С. 61–66. / 0,24 п.л.

Статьи в зарубежных журналах, индексируемых Web of Science и Scopus:

3. **Vybornov P.** Perspective material and applications of uncooled metal bolometers / P. Vybornov, Yu. Andreev // IEEE Sensors J. – 2016. – V. 16. – № 16. – P. 6155–6160. – DOI: 10.1109/JSEN.2016.2581859. / 0,24 п.л.

4. **Vybornov P.** TiNi alloy as a highly sensitive bolometer material / P. Vybornov, V. Erofeev // Sensors and Materials. – 2014. – V. 26. – № 1. – P. 1–7. / 0,28 п.л.

Патенты Российской Федерации:

5. Патент № 2345334. Российская Федерация, МПК G01J 5/58. Способ измерения мощности лазерного излучения / **П.В. Выборнов, В.Я. Ерофеев; заявитель и**

патентообладатель ИМКЭС СО РАН (RU) – заявка № 2007133060/28; заявл. 03.09.2007, опубл. 27.01.2009. Бюл. № 3.

6. Патент № 2421709. Российская Федерация, МПК G01N 21/61. Оптический абсорбционный газоанализатор / **П.В. Выборнов**, В.Я. Ерофеев; заявитель и патентообладатель ИМКЭС СО РАН (RU) – заявка № 2009121770/28. заявл. 08.06.2009, опубл. 20.06.2011. Бюл. № 17.

7. Патент № 2469282. Российская Федерация, МПК G01J 5/20. Актинометрический приемник болометрического типа / **П.В. Выборнов**, В.Я. Ерофеев, С.В. Зуев, А.А. Тихомиров; заявитель и патентообладатель ИМКЭС СО РАН (RU) – заявка № 2011122464/28. заявл. 02.06.2011, опубл. 10.12.2012. Бюл. № 34.

Программы для ЭВМ:

8. Программа “Управление и контроль – пакетно-импульсный режим”. А.С. 2007610893 РФ / **П.В. Выборнов**, заявитель и патентообладатель Томск. ИМКЭС СО РАН. – № 2006614596. заявл. 27.12.2006, опубл. 22.02.2007.

9. Программа “Управление и контроль”. А.С. 2007610894 РФ / **П.В. Выборнов**, заявитель и патентообладатель Томск. ИМКЭС СО РАН. – № 2006614597. заявл. 27.12.2006, опубл. 22.02.2007.

10. Программа “Bipolar pulse power supply («BppS»)”. А.С. 2007611346 РФ / **П.В. Выборнов**, заявитель и патентообладатель Томск. ИМКЭС СО РАН. – № 2007610522. заявл. 15.02.2007, опубл. 28.03.2007.

Публикации в других научных изданиях:

11. **Выборнов П.В.**, Терликбаев Р.А. Микроконтроллерное управление в источнике накачки лазеров на парах металлов // Материалы Всероссийской научно-технической конференции студентов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР-2005». Томск.: Изд-во ТУСУРа, 2005. В четырёх частях. Ч. 1. С. 366.

12. **Выборнов П.В.**, Ерофеев В.Я. Оптический абсорбционный газоанализатор, оснащенный чувствительным элементом из металла с эффектом памяти формы // Восьмое Сибирское совещание по климато-экологическому мониторингу: Материалы российской конференции. / Под ред. М. В. Кабанова. Томск: Аграф-Пресс, 2009. С. 391-393.

13. **Выборнов П.В.**, Ерофеев В.Я. Разработка датчика из металла с памятью формы для задач оптической спектроскопии // Материаловедение, технологии и экология в 3-м тысячелетии: Материалы IV Всероссийской конференции молодых ученых. Томск: Изд-во Института оптики атмосферы СО РАН, 2009. С. 297-299.

14. **Выборнов П.В.**, Ерофеев В.Я. Тепловой приемник оптического излучения из металла с памятью формы // Научная сессия ТУСУР-2010: Материалы докладов Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Томск: В-Спектр, 2010. Ч. 4. С. 122-125.

15. **Выборнов П.В.**, Ерофеев В. Я. Высокочувствительный приемник из металла с эффектом памяти формы: Тезисы докл. // II Научно-практическая конференция «Информационно-измерительная техника и технологии». Томск, май, 2011. Томск.: Изд-во ТПУ, 2011. С. 10-11.

16. **Vybornov P., Erofeev V.** Laser power measurement with shape-memory-metal sensor: Abstracts // X International Conference «Atomic and Molecular Pulsed Laser». Tomsk, September, 2011. Tomsk.: Publishing House of IAO SB RAS, 2011. С. 115.

17. **Выборнов П.В.**, Ерофеев В.Я. Приемники на основе титановых сплавов и их применение в устройствах мониторинга окружающей среды // Тезисы докладов VIII Всероссийского симпозиума «Контроль окружающей среды и климата «КОСК-2012». Томск.: Аграф-Пресс, 2012. С. 49.

18. **Vybornov P., Erofeev V.** Investigation of the characteristics of the bolometer with TiNi sensitive element: Abstracts // XI International Conference «Atomic and Molecular Pulsed Laser». Tomsk, September, 2013. Tomsk.: Publishing House of IAO SB RAS, 2013. Р. 112-113.

19. Vybornov P., Erofeev V. Optoelectronic system based on uncooled metal bolometers: Abstracts // XII International Conference «Atomic and Molecular Pulsed Laser». Tomsk, September, 2015. Tomsk.: Publishing House of IAO SB RAS, 2015. P. 124.

Соответствие содержания диссертации избранной специальности

Материалы диссертационная работы Выборнова П.В. соответствует специальности 05.11.07 – Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы по области исследования «Разработка, совершенствование и исследование характеристик приборов, систем и комплексов с использованием электромагнитного излучения оптического диапазона волн, предназначенных для решения задач» (п. 2 паспорта специальности) по техническим наукам.

Диссертация «Неохлаждаемый болометр на основе сплава Ti_{50.5}Ni_{49.5} для оптико-электронных измерительных систем» Выборнова Павла Викторовича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.07 – Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы.

Заключение принято на открытом заседании лаборатории новых материалов и перспективных технологий Сибирского физико-технического института Томского государственного университета.

Присутствовали на заседании 17 человек, в том числе 4 доктора наук и 6 кандидатов наук. Результаты голосования «за» - 17 человек, «против» - нет, «воздержалось» - нет, протокол № 12-01/2016 от 09 декабря 2016 г.

Председатель заседания,
Директор Сибирского физико-технического института
Томского государственного университета,
доктор физико-математических наук, профессор

А.И. Потекаев

Секретарь заседания,
Старший научный сотрудник лаборатории
Новых материалов и перспективных технологий
Сибирского физико-технического института
Томского государственного университета,
кандидат химических наук

А.В. Шабалина

ФАНО России

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт мониторинга климатических и экологических систем
Сибирского отделения Российской академии наук
(ИМКЭС СО РАН)**

Академический пр., 10/3, г. Томск, 634055, Россия
Тел. (382-2) 492-265. Факс (382-2) 491-950 e-mail: post@imces.ru <http://www.imces.ru>
ОКПО 03534200, ОГРН 1027000880170, ИНН/КПП 7021001400 / 701701001

№ 15323/01-745

На № _____ от _____



УТВЕРЖДАЮ

Директор ИМКЭС СО РАН,

д.ф.-м.н.

В. А. Крутиков

2016 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Институт мониторинга климатических и экологических систем
Сибирского отделения Российской академии наук (ФГБУН ИМКЭС СО РАН)

Диссертация «Неохлаждаемый болометр на основе Ti_{50.5}Ni_{49.5} для оптико-электронных измерительных систем» выполнена в Конструкторско-технологической лаборатории ФГБУН ИМКЭС СО РАН.

В период подготовки диссертации соискатель Выборнов Павел Викторович работал в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институт мониторинга климатических и экологических систем Сибирского отделения Российской академии наук в Конструкторско-технологической лаборатории в должности младшего научного сотрудника.

В 2002 г. окончил ТУСУР по специальности «Аудиовизуальная техника».

Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов выдано в 2016 г. ТУСУРом.

Научный руководитель – Андреев Юрий Михайлович, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник Лаборатории геосферно-биосферных взаимодействий ФГБУН ИМКЭС СО РАН.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Оценка выполненной соискателем работы

Диссертация Выборнова Павла Викторовича является научно-квалифицированной работой, в которой содержится новое техническое решение увеличения чувствительности неохлаждаемых металлических болометров и оценка возможности использования подобных детекторов в составе оптико-электронных измерительных систем.

Актуальность темы

Решение поставленных задач обусловлено растущими требованиями к современным оптико-электронным приборам по количеству и качеству получаемой измерительной информации и большим практическим интересом по разработке высокочувствительных неохлаждаемых детекторов длинноволновой области спектра с максимально высокими эксплуатационными характеристиками.

Личное участие автора в получении результатов

Личный вклад автора заключается разработке методики оценки эффективности неохлаждаемых металлических болометров и нового технического решения увеличения их чувствительности. Автором проведены экспериментальные исследования разработанных болометров и оценка возможности их использования в составе измерителя мощности оптического излучения, пиранометре и анализаторе паров ртути в открытой атмосфере, самостоятельно обработаны результаты измерений. Автор также участвовал в постановке цели и задачи исследования, интерпретации полученных данных и формулировании выводов совместно с научным руководителем. Совместно с В. Я. Ерофеевым изготовлены резистивные элементы, со студентом ТУСУР Терликбаевым Р. А. разработано системное программное обеспечение.

Степень достоверности результатов работы

Достоверность результатов обеспечивается систематическим характером исследований, всесторонним научным обоснованием, основанным на статистически обеспеченных данных измерений, хорошим соответствием модельных оценок с результатами экспериментальных исследований, а также успешной работой болометров в действующих макетах изготовленных оптико-электронных устройств.

Научная новизна результатов проведённых исследований

1. Предложен новый критерий выбора материала резистивного элемента для неохлаждаемых металлических болометров и условие сравнения их пороговых чувствительностей.
2. Разработана новая методика оценки соотношения пороговых чувствительностей двух неохлаждаемых болометров из разных металлов.
3. Предложено и экспериментально проверено новое техническое решение увеличения чувствительности неохлаждаемых металлических болометров путем использования сплава никелида титана в качестве материала резистивных элементов.
4. Предложен способ измерения мощности лазерного излучения неохлаждаемым болометром на основе сплавов никелида титана и показана практическая возможность его реализации (Патент РФ № 2345334).
5. Показана возможность создания анализатора фоновых концентраций паров ртути в открытой атмосфере с использованием в качестве УФ детектора потенциального болометра из сплава Ti_{50,5}Ni_{49,5} (Патент РФ № 2421709).
6. Предложен актинометрический приемник болометрического типа и создан макет пиранометра на его основе, обладающий лучшими техническими параметрами в сравнении с аналогичным прибором, рекомендованным службой Росгидромет (Патент РФ № 2469282).
7. Разработаны и реализованы в виде программного обеспечения алгоритмы работы системы управления, осуществляющей автоматизацию процесса измерения характеристик неохлаждаемых болометров (Свидетельства об официальной регистрации программ для ЭВМ РФ № 2007610893, № 2007610894 и № 2007611346).

Практическая значимость результатов работы

1. Разработан алгоритм оценки эффективности неохлаждаемых болометров, который может быть использован для выбора материалов резистивных элементов с целью создания на их основе болометров нового поколения.
2. Разработан прототип неохлаждаемого болометра на основе сплава Ti_{50,5}Ni_{49,5} с минимальной пороговой чувствительностью 175 нВт/Гц^{1/2} на частоте модуляции регистрируемого излучения 1 Гц и приемной апертурой резистивного элемента 1,6 мм², который может быть использован в качестве простого и недорогого широкополосного приемника излучения в составе оптико-электронных приборов различного назначения.
3. Разработана автоматизированная система управления, которая может быть использована в устройствах различного назначения для последовательного управления

и контроля отдельными электронными узлами с возможностью оперативной смены их временных параметров и режимов работы.

Ценность научных работ соискателя

Научные работы соискателя имеют высокую ценность. Она подтверждается публикациями их результатов в журналах, входящих в Перечень ВАК, а также реферируемых в международных базах данных.

Реализация и внедрение результатов исследований. Результаты работы использованы при разработке и создании спектрометра среднего ИК и терагерцового диапазона, входящего в состав лазерного исследовательского стенда лаборатории новых материалов и перспективных технологий Сибирского физико-технического института им. акад. В. Д. Кузнецова, в рамках государственного контракта ВИУ 8.1.51.2015 «Разработка комплексной системы определения состава и свойств различных объектов и сред» (2015-2016).

Специальность, которой соответствует диссертация

Диссертационная работа Выборнова Павла Викторовича по своему содержанию соответствует специальности 05.11.07 - «Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы» (п. 2 в части п. 6 паспорта специальности - «Разработка, совершенствование и исследование характеристик приборов, систем и комплексов с использованием электромагнитного излучения оптического диапазона волн, предназначенных для решения задач: создания оптического и оптико-электронного оборудования для научных исследований в различных областях науки и техники») по техническим наукам.

Полнота изложенных материалов в печатных работах, опубликованных автором

По результатам исследований опубликованы 2 статьи в российских журналах, входящих в перечень ВАК, 2 статьи в зарубежных журналах, входящих в базы цитирования Scopus и Web of Science, 9 работ в сборниках трудов научных конференций российского и международного уровня, получены 3 патента РФ на изобретение, 3 авторских свидетельства об официальной регистрации программ для ЭВМ.

Статьи в журналах из перечня ВАК

1. Выборнов П.В., Кабанов М.В., Андреев Ю.М. Алгоритм оценки эффективности неохлаждаемых болометров на основе металлов и их сплавов // Известия ВУЗов. Физика. 2016. Т. 59, № 9. С. 170-172.
2. Выборнов П. В., Ерофеев В. Я., Тихомиров А. А., Шейдель А. И. Датчики и индикаторы на основе металла с памятью формы для систем мониторинга окружающей среды // Датчики и системы. 2012. №3. С. 61-66.

Статьи в журналах, входящих в базы цитирования Scopus и Web of Science

3. Vybornov P., Andreev Yu. Perspective material and applications of uncooled metal bolometers // IEEE Sensors J. 2016. V. 16, № 16. P. 6155-6160.
4. Vybornov P., Erofeev V. TiNi alloy as a highly sensitive bolometer material // Sensors & Materials. 2014. V. 26, № 1. P. 1-7.

Патенты РФ на изобретение

5. Способ измерения мощности лазерного излучения: пат. 2345334 Рос. Федерации: МПК⁷ G 01 J 5/58 / Выборнов П. В., Ерофеев В. Я., заявитель и патентообладатель Томск. ИМКЭС СО РАН. – № 2007133060/28. заявл. 03.09.2007, опубл. 27.01.2009, Бюл. № 3.
6. Оптический абсорбционный газоанализатор: пат. 2421709 Рос. Федерации: МПК⁷ G 01 N 21/61 / Выборнов П. В., Ерофеев В. Я., заявитель и патентообладатель Томск. ИМКЭС СО РАН. – № 2009121770/28. заявл. 08.06.2009, опубл. 20.06.2011, Бюл. № 17.
7. Актинометрический приемник болометрического типа: пат. 2469282 Рос. Федерации: МПК⁷ G 01 J 5/20 / Выборнов П. В., Ерофеев В. Я., Зуев С. В., Тихомиров А. А., заявитель и патентообладатель Томск, ИМКЭС СО РАН. – № 2011122464/28. заявл. 02.06.2011, опубл. 10.12.2012, Бюл. № 34.

Свидетельства об официальной регистрации программ ЭВМ

8. Программа “Управление и контроль – пакетно-импульсный режим”. А.С. 2007610893 РФ / Выборнов П. В., заявитель и патентообладатель Томск. ИМКЭС СО РАН. – № 2006614596. заявл. 27.12.2006, опубл. 22.02.2007.
9. Программа “Управление и контроль”. А.С. 2007610894 РФ / Выборнов П. В., заявитель и патентообладатель Томск. ИМКЭС СО РАН. – № 2006614597. заявл. 27.12.2006, опубл. 22.02.2007.
10. Программа “Bipolar pulse power supply («BppS»)”. А.С. 2007611346 РФ / Выборнов П. В., заявитель и патентообладатель Томск. ИМКЭС СО РАН. – № 2007610522. заявл. 15.02.2007, опубл. 28.03.2007.

Доклады в материалах научных конференций

11. Выборнов П. В., Терликбаев Р. А. Микроконтроллерное управление в источнике накачки лазеров на парах металлов // Материалы Всероссийской научно-технической конференции студентов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР-2005». Томск.: Изд-во ТУСУРа, 2005. В четырёх частях. Ч. 1. С. 366.
12. Выборнов П. В., Ерофеев В. Я. Оптический абсорбционный газоанализатор, оснащенный чувствительным элементом из металла с эффектом памяти формы // Восьмое Сибирское совещание по климатоэкологическому мониторингу: Материалы российской конференции. / Под ред. М. В. Кабанова. Томск: Аграф-Пресс, 2009. С. 391-393.
13. Выборнов П.В., Ерофеев В.Я. Разработка датчика из металла с памятью формы для задач оптической спектроскопии // Материаловедение, технологии и экология в 3-м тысячелетии: Материалы IV Всероссийской конференции молодых ученых. Томск: Изд-во Института атмосферы СО РАН, 2009. С. 297-299.
14. Выборнов П.В., Ерофеев В.Я. Тепловой приемник оптического излучения из металла с памятью формы // Научная сессия ТУСУР-2010: Материалы докладов Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Томск: В-Спектр, 2010. Ч. 4. С. 122-125.
15. Выборнов П. В., Ерофеев В. Я. Высокочувствительный приемник из металла с эффектом памяти формы: Тезисы докл. // II Научно-практическая конференция «Информационно-измерительная техника и технологии». Томск, май, 2011. Томск.: Изд-во ТПУ, 2011. С. 10-11.
16. Vybornov P., Erofeev V. Laser power measurement with shape-memory-metal sensor: Abstracts // X International Conference «Atomic and Molecular Pulsed Laser». Tomsk, September, 2011. Tomsk.: Publishing House of IAO SB RAS, 2011. C. 115.
17. Выборнов П. В., Ерофеев В. Я. Приемники на основе титановых сплавов и их применение в устройствах мониторинга окружающей среды // Тезисы докладов VIII Всероссийского симпозиума «Контроль окружающей среды и климата «КОСК-2012». Томск.: Аграф-Пресс, 2012. С. 49.
18. Vybornov P., Erofeev V. Investigation of the characteristics of the bolometer with TiNi sensitive element: Abstracts // XI International Conference «Atomic and Molecular Pulsed Laser». Tomsk, September, 2013. Tomsk.: Publishing House of IAO SB RAS, 2013. P. 112-113.
19. Vybornov P., Erofeev V. Optoelectronic system based on uncooled metal bolometers: Abstracts // XII International Conference «Atomic and Molecular Pulsed Laser». Tomsk, September, 2015. Tomsk.: Publishing House of IAO SB RAS, 2015. P. 124.

Диссертация «Неохлаждаемый болометр на основе Ti_{50,5}Ni_{49,5} для оптико-электронных измерительных систем» Выборнова Павла Викторовича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.07 – «Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы».

Заключение принято на заседании объединенного экспертного научно-технического семинара Лаборатории экологического приборостроения (ЛЭП) и Конструкторско-технологической лаборатории (КТЛ) ИМКЭС СО РАН.

Присутствовало на заседании 20 человек, в том числе 5 докторов наук и 15 кандидатов наук. Результаты голосования: "за" - 20 чел., "против" - нет, "воздержалось" - нет, протокол № 3 от « 22 » ноября 2016 г.

Председатель семинара,
профессор, д.т.н., г.н.с. ЛЭП

 А. А. Тихомиров

Секретарь,
к.т.н., н.с. ЛЭП

 А. Е. Тельминов