ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.268.01
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 06.06.2017 № 3/17

О присуждении Выборнову Павлу Викторовичу, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата технических наук.

Диссертация «Неохлаждаемый болометр на основе $Ti_{50.5}Ni_{49.5}$ для оптико-электронных измерительных систем» по специальности 05.11.07 - «Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы» принята к защите 28.03.2017 протокол № 2/17 диссертационным советом Д212.268.01 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» (ТУСУР); адрес: 634050, г. Томск, пр. Ленина, д.40, приказ № 714/нк от 02.11.2012.

Соискатель Выборнов Павел Викторович 1980 года рождения, в 2002 году окончил ТУСУР. В июне 2006 г. окончил очную аспирантуру Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт мониторинга климатических и экологических систем Сибирского отделения Российской академии наук» (ИМКЭС СО РАН), в настоящее время работает младшим научным сотрудником конструкторско-технологической лаборатории (КТЛ) ИМКЭС СО РАН и по совместительству в должности инженера в лаборатории новых материалов и перспективных технологий Сибирского физико-технического института им. акад. В. Д. Кузнецова Национального исследовательского Томского государственного университета (СФТИ НИ ТГУ).

Диссертация выполнена в ИМКЭС СО РАН и СФТИ НИ ТГУ.

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

Официальные оппоненты – **Фирсов Константин Николаевич**, доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией физики импульсных газовых лазеров Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук, г. Москва; **Федоров Евгений Михайлович**, кандидат технических наук, доцент

кафедры лазерной и световой техники Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», г. Томск – дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт автоматики и электрометрии Сибирского отделения Российской академии наук» (ИАиЭ СО РАН), г. Новосибирск, в своём **положительном заключении**, подписанным **Потатуркиным О.И.**, профессором, доктором технических наук, главным научным сотрудником, **Николаевым Н.А.**, кандидатом технических наук, старшим научным сотрудником и утвержденным **Шалагиным А.М.**, доктором физико-математических наук, профессором, академиком РАН, директором ИАиЭ СО РАН, указала, что рассмотренная диссертационная работа «Неохлаждаемый болометр на основе $Ti_{50.5}Ni_{49.5}$ для оптико-электронных измерительных систем» отвечает требованиям Положения ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Выборнов Павел Викторович, заслуживает присуждения ему степени кандидата технических наук по специальности 05.11.07 - «Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы».

Соискатель имеет по теме диссертации 19 научных работ общим объёмом - 3,8 п.л., авторский вклад – 2,7 п.л., в том числе 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, 3 патента РФ на изобретение, 3 свидетельства об официальной регистрации программ для ЭВМ.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Способ измерения мощности лазерного излучения: пат. 2345334 Рос. Федерация: МПК^7 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.
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.
3. **Vybornov P.**, Erofeev V. TiNi alloy as a highly sensitive bolometer material // Sensors & Materials. 2014. V. 26, № 1. P. 1-7.
4. **Vybornov P.**, Andreev Yu. Perspective material and applications of uncooled metal bolometers // IEEE Sensors J. 2016. V. 16, № 16. P. 6155-6160.
5. **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.

На автореферат диссертации поступило 5 отзывов: от **Д.Б. Колкера**, д. ф.-м. н., заведующего лабораторией квантовых оптических технологий Физического факультета Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»; **Ф.А. Губарева**, к. ф.-м. н., заведующего кафедрой промышленной и медицинской электроники Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский Политехнический университет»; **И.О. Киняевского**, к. ф.-м. н., научного сотрудника лаборатории газовых лазеров Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук»; **О.Л. Антипова**, к. ф.-м. н., ведущего научного сотрудника Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук»; **А.А. Лисенко**, к. ф.-м. н., старшего научного сотрудника лаборатории лидарных методов Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт оптики атмосферы Сибирского отделения Российской академии наук». **Все отзывы положительные.**

В качестве критических замечаний указывается: отсутствие в представленных таблицах характеристик болометров с иными, чем в разработанном болометре, относительными содержаниями никеля и титана, что затрудняет понимание адекватности сделанного выбора без детального ознакомления с текстом.

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что **Фирсов К.Н.** является ведущим ученым в области квантовой и оптической физики; **Федоров Е.М.** является высококвалифицированным специалистом в области оптической электроники и методов оптического контроля. Оппоненты имеют публикации в соответствующей диссертации сфере исследования и способны объективно оценить данную работу. Выбор **Федерального государственного бюджетного учреждения науки ИАиЭ СО РАН** в качестве ведущей организации обоснован тем, что этот институт является одним из ведущих научных центров России, научные направления исследований которого включают оптику и спектроскопию, разработку прецизионных оптических технологий, систем и их элементов, интегрированных информационно-вычислительных комплексов новых поколений с использованием электронных и оптических технологий, а его квалифицированные сотрудники добились значительных результатов в области исследований фундаментальных основ, а также прикладных разработок лазерных и оптических технологий; архитектур, системных решений, математических моделей и программно-алгоритмического обеспечения информационно-

вычислительных комплексов восприятия, анализа, отображения информации; высокочувствительных быстродействующих оптических сенсоров и т.д. и способны аргументировано определить практическую и научную ценность работы.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны новая методика оценки соотношения пороговой чувствительности двух неохлаждаемых болометров из разных металлов и алгоритм оценки эффективности подобных детекторов, которые могут быть использованы для выбора оптимальных материалов их резистивных элементов;

показана практическая возможность реализации предложенного способа измерения мощности лазерного излучения неохлаждаемым болометром на основе сплавов никелида титана;

создан макет пиранометра на основе неохлаждаемого болометра из сплава $Ti_{50.5}Ni_{49.5}$, обладающий лучшими техническими параметрами в сравнении с пиранометром СМР-11, рекомендованным службой Росгидромет;

показана возможность создания анализатора фоновых концентраций паров ртути в открытой атмосфере с использованием в качестве детектора излучения потенциального болометра из сплава $Ti_{50.5}Ni_{49.5}$;

разработан аппаратно-программный комплекс для автоматизации процесса измерения характеристик неохлаждаемых болометров с оперативной сменой временных параметров сбора данных.

Теоретическая значимость исследования обусловлена тем, что:

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

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

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

результаты работы и разработанный болометр на основе сплава $Ti_{50.5}Ni_{49.5}$ 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).

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

методика оценки соотношения чувствительности двух неохлаждаемых болометров из разных металлов и алгоритм оценки их эффективности основаны на **известных** аналитических выражениях;

анализ шумовых характеристик неохлаждаемых болометров из разных металлов и определение основных источников шума таких детекторов в оптимальных режимах работы базируется на **анализе известных** практических данных;

соответствие результатов численного моделирования отношения пороговых чувствительностей разработанных макетов неохлаждаемых болометров на основе никеля, титана и никелида титана экспериментальным данным.

Личный вклад соискателя состоит в 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, обработаны результаты измерений.

На заседании 6 июня 2017 г. диссертационный совет принял решение присудить Выборнову Павлу Викторовичу учёную степень кандидата технических наук. При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве **16** человек, из них **4** доктора наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из **24** человек, входящих в состав совета, проголосовали: за **15**, против **1**, недействительных бюллетеней **нет**.

Председатель диссертационного совета _____

Кориков Анатолий Михайлович

Ученый секретарь диссертационного совета _____

Мандель Аркадий Евсеевич

8 июня 2017 г.

М П