

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию

Паулиша Андрея Георгиевича

на тему «Специализированные оптико-электронные систем приема, обработки и отображения информации»

по специальности 05.11.07 – Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы,

представленную на соискание учёной степени доктора технических наук.

1. Актуальность избранной темы

В диссертационной работе А. Г. Паулиша «Специализированные оптико-электронные систем приема, обработки и отображения информации» представлены результаты разработки устройств нового типа для регистрации электромагнитного излучения в терагерцовом частотном диапазоне, а также пьезооптических тензометрических датчиков с высокой чувствительностью и большим динамическим диапазоном. Данные устройства предназначены для решения современных научных, технических и технологических задач, в том числе для обеспечения безопасности жизнедеятельности человека и противодействия терроризму. Эти направления входят в «Перечень приоритетных направлений развития науки, технологий и техники Российской Федерации», утвержденный Указом Президента Российской Федерации от 7 июля 2011 г. №899.

До определённого времени свойства веществ в терагерцовой области электромагнитного излучения практически не изучалась, за исключением космических исследований. Это связано с тем, что на поверхности Земли интенсивность естественных источников этого излучения очень мала. С появлением искусственных источников ТГц-излучения высокой мощности, таких как диоды Шоттки, квантово-каскадные лазеры, лазеры с оптической накачкой и т. д., появилась острая потребность в соответствующих ТГц-детекторах. Проблема создания таких детекторов, особенно матричных для регистрации изображения, связана с малой энергией фотона. Поэтому подавляющая доля детекторов работают при глубоком охлаждении до суб-

гелиевых ($T < 4 \text{ K}$) температур. Это существенно усложняет и удорожает их использование. Весьма актуальной задачей является создание матричных ТГц-детекторов, способных работать без систем охлаждения и сканирования, получать изображение в реальном масштабе времени. Большой интерес вызывают оптико-электронные системы ТГц-диапазона для построения досмотровых систем безопасности наряду или взамен систем, использующих рентгеновское ионизирующее излучение.

Контроль механических напряжений в различных конструкциях всегда остаётся актуальной задачей, особенно при таком быстром технологическом развитии, как сегодня. Современные тензометрические датчики должны соответствовать быстро меняющимся требованиям и условиям эксплуатации.

Таким образом, избранная диссертантом тема исследований является актуальной.

2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Достоверность и обоснованность результатов диссертационной работы обеспечена теоретическими расчётами, совпадением результатов, полученных теоретически и с помощью методов численного моделирования, с результатами испытаний экспериментальных и опытных образцов.

Научные положения, выводы и предложения по использованию результатов работы являются обоснованными.

3. Достоверность и новизна исследования, полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Научная новизна исследований и полученных выводов заключается в том, что впервые:

- реализована методика регистрации ТГц-излучения без использования криогенных систем и систем сканирования с пространственным разрешением,

- спектральной и поляризационной чувствительностью на основе ТГц–ИК конвертера;
- разработана методика создания эмиссионного слоя ТГц–ИК конвертера, обеспечивающая конверсию энергии ТГц-излучения в энергию теплового излучения эмиссионного слоя, которое регистрируется современными высокочувствительными тепловизионными камерами;
 - разработана методика лазерной резки структуры ТГц-ИК-конвертера, позволяющая изготавливать сквозные разрезы, не нарушающие целостность структуры конвертера, и, практически, исключить блюминг, эффект расплывания изображения за счёт латеральной теплопроводности вдоль структуры конвертера;
 - показано, что при суммарной толщине ТГц-ИК-конвертера 45–60 мкм со сквозными разрезами, основная часть поглощённой энергии ТГц-излучения (до 80%) переизлучается в тепловое ИК излучение, остальная часть энергии рассеивается за счёт латеральной теплопроводности вдоль структуры ТГц-ИК-конвертера и теплообменом с окружающим воздухом; установлена линейность зависимости быстродействия и чувствительности приемника от толщины ТГц-ИК-конвертера;
 - экспериментально показано, что тонкие пироэлектрические плёнки тетрааминодифенил толщиной 1 мкм обладают широким спектральным диапазоном чувствительности от ультрафиолета до миллиметровых длин волн при слабой зависимости спектральной чувствительности от длины волны излучения.
 - предложено использование крестообразной формы фотоупругого элемента в пьезооптических преобразователях.

В работе впервые создано семейство оптико-электронных систем нового типа для регистрации ТГц-излучения, механических напряжений, обладающих лучшими параметрами и эксплуатационными характеристиками по сравнению с существующими аналогами. Научная новизна выполненных исследований и полученных результатов подтверждаются достаточно большим количеством

публикаций в рецензируемых российских журналах из перечня ВАК, зарубежными публикациями, индексируемыми в SCOPUS и Web-of-Science, а также 19-ю российскими и зарубежными патентами. Результаты работы многократно апробировались на российских и международных конференциях.

Уровень новизны можно оценить, как «результаты являются новыми».

Достоверность результатов, полученных в диссертации, подтверждается многочисленными испытаниями на сертифицированном оборудовании в различных калибровочных лабораториях, включая зарубежные, в научно-исследовательских учреждениях.

Все полученные результаты и выводы, рекомендации к применению, являются научно обоснованными, подкреплены теоретическими оценками, результатами численного моделирования и экспериментальными данными, результатами испытаний, выполненными на сертифицированном оборудовании.

4. Значимость для науки и практики полученных автором результатов

Практическая значимость результатов работы заключается в следующем.

1. Разработанные детекторы на основе ТГц-ИК-конвертера и высокочувствительной ИК-камеры открывают новые возможности для решения научных задач в области исследования свойств материалов в ТГц-части спектра, а также в прикладных задачах неразрушающего контроля конструкций, строительных материалов, интроскопии в биомедицине, контроле качества продукции в фармацевтической и пищевой промышленности, в создании дистанционных систем контроля скрытых опасных объектов (оружие, взрывчатка, отравляющие вещества). Рабочий спектральный диапазон таких детекторов ограничивается только технологиями изготовления метапоглопителей, которые на данный момент охватывают интервал длин волн от 1,6 мкм до 10 мм.
2. В работе наглядно показана возможность использования разработанного ТГц-детектора в задачах дистанционного контроля скрытых опасных объектов (оружие, взрывчатых устройств).

3. Созданные одиночные пьезоэлектрические детекторы с широким диапазоном спектральной чувствительности являются полностью отечественной разработкой на отечественной элементной базе, обладают чувствительностью, превышающей известные зарубежные аналоги, и не имеют аналогов в России.
4. Пьезооптические датчики механических напряжений, благодаря высокой чувствительности, открывают новые, ранее недоступные, возможности в задачах измерения силовых нагрузок, в частности – дистанционный контроль нагрузок, когда датчик размещается на некотором расстоянии от зоны измеряемых деформаций, например, в задачах весового контроля движущихся автомобилей и вагонов, в лифтах, в механизмах, где установка датчика в измеряемой зоне недопустима, по каким-либо причинам неприемлема или является сложной и дорогостоящей.
5. Разработанный новый способ контроля параметров движения подъемников с использованием пьезооптического датчика позволяет отслеживать в реальном времени полную динамику процесса (сила трения, рывки, ускорение, вибрации, наступление предаварийных ситуаций), что невозможно сделать с другими имеющимися на сегодняшний день системами. Способ и датчики могут быть применены во всех случаях, когда используются лебедочные механизмы, например, в лифтах, эскалаторах, движущихся дорожках, транспортерах, подъемных кранах и т. п.

Практическая значимость результатов диссертации подтверждается актами использования и внедрения различными научными и образовательными учреждениями, коммерческими предприятиями.

5. Оценка содержания диссертации, ее завершенность, качество оформления, научная работа соискателя в целом

Внутреннее единство представленной диссертационной работы обеспечено использованием во всех разработанных устройствах поляризационно-оптических методов измерений. Хорошо известно, что поляризация электромагнитной волны является наиболее чувствительным параметром при взаимодействии света

с объектом исследования, что обеспечивает высокую чувствительность поляризационно-оптических методов по сравнению с любыми другими методами измерений.

Процесс создания новых оптико-электронных устройств и комплексов детально представлен в диссертации, начиная от постановки задач, глубокого анализа существующих решений, обоснованного выбора направления исследований, проведения самих исследований, вплоть до разработки схмотехнических и технологических решений, изготовления экспериментальных и опытных образцов приборов, исследования их характеристик и проработки методов их использования.

В процессе выполнения работы получены новые научные результаты, что подтверждается публикациями в авторитетных рецензируемых научных изданиях и трудах международных конференций. Новые оригинальные технические решения закреплены полученными патентами как российскими, так и зарубежными.

По материалам диссертации опубликовано 72 печатные работ, в том числе 16 статей в журналах, включенных в перечень ВАК, получено 19 патентов на изобретения и полезные модели, 3 из них – зарубежные.

Диссертация состоит из введения, восьми разделов, заключения, списка использованной научно-технической литературы, пяти Приложений с актами внедрения, патентами, протоколами испытаний прототипов, экспериментальных и опытных образцов, информационными материалами, благодарностью за работу, получившую 1-ю премию в конкурсе научных работ ИФП СО РАН. Диссертация содержит достаточно большое (238) количество поясняющих иллюстраций и 58 таблиц, в которых, в том числе, отражены полученные параметры назначения разработанных оптико-электронных устройств и их сравнение с мировыми аналогами.

Диссертационная работа Паулиша Андрея Георгиевича «Специализированные оптико-электронные системы приема, обработки и отображения информации» написана на актуальную тему, является законченной

научно-квалификационной работой, содержит решения существенных научно-технических задач народнохозяйственного значения. Диссертация хорошо структурирована и качественно оформлена, написана ясным доходчивым языком. Обзор научно-технической литературы представлен достаточно полно. Перечень цитируемой литературы является адекватным поставленной цели и сформулированным задачам. Автореферат соответствует диссертации и отражает её основное содержание.

В диссертационной работе соискатель продемонстрировал свою высокую квалификацию в области оптики и оптоэлектронного приборостроения, глубокое понимание актуальности задач, хорошее знание научно-технической информации, методическую грамотность, умение организовать научно-исследовательскую работу в широкой кооперации с российскими и зарубежными специалистами. Результаты работы демонстрируют нацеленность соискателя на доведение научных исследований до создания опытных образцов новых приборов и на разработку методов их применения.

К достоинствам диссертации можно отнести широкий охват научно-технических задач, решенных в области разработки и создания оптоэлектронных устройств регистрации электромагнитного излучения в дальнем ИК-диапазоне без криогенных систем и измерения деформаций пьезооптическими методами. Большое количество экспериментальных результатов, представленных в работе, является ее сильной стороной. Отдельное внимание в работе уделено вопросам практической реализации предложенных методов и подходов. Актуальность и практическая значимость работы не вызывает сомнений.

Тем не менее, работа не лишена недостатков. Отмечены следующие замечания:

1. Названия глав и разделов диссертационной работы не в полной мере отражают содержание (первая глава «Основы оптоэлектронных методов измерения физических величин» содержит обзор достаточно узкий обзор, не соответствующий столь широкому названию главы).

2. Разделение работы по главам выглядит очень несбалансированно и местами излишне: работа состоит из 8 глав, при этом наиболее объемная глава занимает 89 страниц, а наименее объемная – 6. Считаю, что структуре диссертации следовало уделить больше внимания.
3. Подразделы 8-й главы (8.4.1 – 8.4.3, 8.5.1 – 8.5.4) отражают место проведения экспериментальных исследований, а не методы и особенности проведенных исследований. Считаю, что данную главу следовало бы реструктурировать.
4. Часть указанных ссылок на использованные источники отсутствуют в тексте работы.
5. Выводы к разным главам следовало бы доработать для более четкого отображения результатов автора, представленных в главе (к примеру, выводы к главе 2 выглядят излишне скудными, а выводы к главе 3 – слишком развернутыми).
6. В некоторых разделах следовало больше внимания уделить описанию рассматриваемых методов. К примеру, глава 2 не содержит ни одной формулы, описывающей предложенные методики.
7. Некоторые рисунки имеют очень низкое качество, затрудняющее их понимание (рис. 7.2.1, 7.2.2).
8. В работе присутствуют орфографические ошибки и опечатки.

Несмотря на большое количество замечаний, они носят уточняющий и редакционный характер.

6. Заключение о соответствии диссертации паспорту специальности

Считаю, что представленная диссертация соответствует паспорту научной специальности 05.11.07 – Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы, ее формуле «... специальность в области науки и техники, занимающаяся использованием оптического диапазона электромагнитных волн для создания исследовательских, измерительных, ... и технологических приборов, систем ..., а также разработкой способов применения таких приборов,

систем Значение решения научных и технических проблем в данной области состоит в создании новых методов и аппаратуры для физических исследований с использованием оптического излучения, высокоточных измерений, ... и решения других задач народнохозяйственного и оборонного назначения, требующих использования оптической и оптико-электронной техники» и областям исследований, обозначенных в пунктах:

«1. Исследование и разработка новых методов и процессов, которые могут быть положены в основу создания оптических и оптико-электронных приборов, систем и комплексов различного назначения».

«2. Разработка, совершенствование и исследование характеристик приборов, систем и комплексов с использованием электромагнитного излучения оптического диапазона волн, предназначенных для решения задач:

– исследования и контроля параметров различных сред и объектов, в том числе при решении технологических, экологических и биологических задач;

– приема, обработки и отображения информации;

– создания оптических и оптико-электронных приборов и систем для медицины;

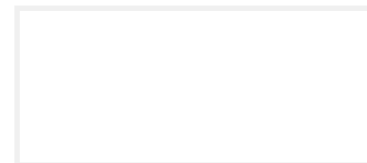
– создания оптического и оптико-электронного оборудования для научных исследований в различных областях науки и техники».

7. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней

Таким образом, диссертационная работа Паулиша Андрея Георгиевича «Специализированные оптико-электронные системы приема, обработки и отображения информации» на соискание ученой степени доктора технических наук является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований изложены научно-обоснованные схематические, технологические и методологические решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны, что соответствует требованиям пп. 9–14 «Положения о присуждении ученых степеней», утверждённом

Постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24 сентября 2013 г., а ее автор заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 05.11.07 – Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы.

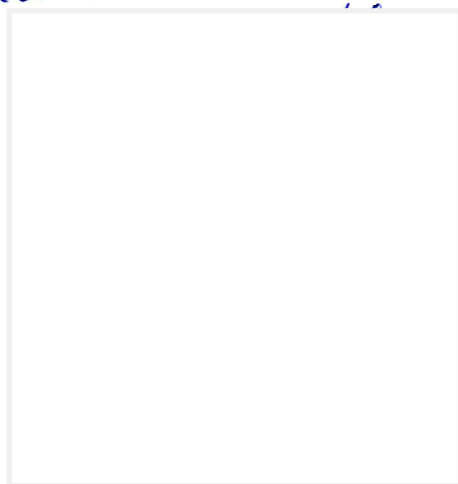
доктор технических наук,
заведующий лабораторией основ безопасности и
эффективного использования реакторных установок
Института теплофизики им. С.С. Кутателадзе
Сибирского отделения Российской академии наук
Двойнишников Сергей Владимирович
Телефон: +79231195899
E-mail: dv.s@mail.ru



09.11.2020

ФГБУН «Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе
Сибирского отделения Российской академии наук»
630090, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 1
т. 8 (383) 330-90-40
www.itp.nsc.ru

Подпись С. В. Двойнишников заверяю
... .. Векштейн Д. Ф.,
дир. ИТ СО РАН /



С отзывом ознакомлен Жукович А. Г. Паулиш /

Отзыв получен 12.11.2020г.
12.11.2020

Степанов М. А.