

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.173.08
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» МИНОБРНАУКИ РФ ПО
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от «08» декабря 2020 г, протокол № 1

О присуждении Паулишу Андрею Георгиевичу, гражданину РФ, учёной степени доктора технических наук.

Диссертация «Специализированные оптико-электронные системы приема и отображения информации» по специальности «05.11.07 – Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы» принята к защите «13» августа 2020 г., протокол № 2, диссертационным советом на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Минобрнауки РФ, 630073, Новосибирск, пр. К. Маркса, 20, приказ о создании совета № 105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель Паулиш Андрей Георгиевич 1963 года рождения. В 1985 году окончил Новосибирский государственный университет по специальности «Физика» на кафедре «Физика полупроводников и диэлектриков», выдан диплом и присвоена квалификация «Физик». В 1994 году Паулиш А.Г. защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по теме «Исследование электронных свойств поверхности эпитаксиального арсенида галлия с адсорбированными слоями цезия и кислорода» по специальности 01.04.10 – «Физика полупроводников и диэлектриков» в специализированном совете К003.05.01 по присуждению ученой степени кандидата наук в Институте физики

полупроводников СО РАН (630090, г. Новосибирск, пр. Лаврентьева, 13),
выдан диплом кандидата наук серии КТ № 001975 от 11 ноября 1994 г.

В 2008 году Паулишу А.Г. присвоено ученое звание доцента по специальности «Физика полупроводников», выдан диплом серии АДС № 000765 от 14 марта 2008 г.

С 1985 года по настоящее время Паулиш А.Г работает в Новосибирском филиале Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики полупроводников им. А. В. Ржанова Сибирского отделения Российской академии наук «Конструкторско-технологический институт прикладной микроэлектроники» в настоящее время в должности учёного секретаря, а также с 2019 года по настоящее время Паулиш А.Г работает по совместительству в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Новосибирский государственный технический университет» на кафедре Общей физики в должности доцента.

С 01 марта 2020 года по настоящее время Паулиш А.Г. обучается в очной докторантуре Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет» на кафедре Общей физики.

Диссертация выполнена в Новосибирском филиале Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики полупроводников им. А.В. Ржанова Сибирского отделения Российской академии наук «Конструкторско-технологический институт прикладной микроэлектроники» и на кафедре Общей физики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет».

Научные консультанты: доктор технических наук, профессор Шлишевский Виктор Брунович, Новосибирский филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики полупроводников им. А. В. Ржанова Сибирского отделения Российской

академии наук «Конструкторско-технологический институт прикладной микроэлектроники», ведущий эксперт; доктор физико-математических наук, профессор Дмитриев Александр Капитонович, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», кафедра Лазерных систем, профессор кафедры.

Официальные оппоненты:

Войцеховский Александр Васильевич, доктор физико-математических наук, профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», кафедра квантовой электроники и фотоники радиофизического факультета, заведующий кафедрой;

Пономарев Юрий Николаевич, доктор физико-математических, профессор, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева Сибирского отделения Российской академии наук, отделение спектроскопии атмосферы, главный научный сотрудник, руководитель отделения;

Двойнишников Сергей Владимирович, доктор технических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук, лаборатория основ безопасности и эффективного использования реакторных установок, заведующий лабораторией

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Конструкторско-технологический институт научного приборостроения» Сибирского отделения Российской академии наук (КТИ НП СО РАН), **в своём положительном заключении**, подписанном доктором технических наук, профессором, заслуженным деятелем науки РФ Чугуем Юрием Васильевичем и утверждённом директором КТИ НП СО РАН

кандидатом технических наук Завьяловым Петром Сергеевичем **указала, что:**

Характер результатов диссертации Паулиша Андрея Георгиевича соответствует п. 1.2 «Научно обоснованные технические, экономические или технологические разработки, обеспечивающие решение важных прикладных задач». Уровень новизны результатов диссертации соответствует п. 2.1 «Результаты являются новыми». Ценность результатов диссертации соответствует п. 3.2. «Высокая». Связь темы диссертации с плановыми исследованиями соответствует п. 4.1. «Тема входит в государственную программу или программу международных исследований». Уровень внедрения (использования) результатов диссертации, имеющей прикладное значение, соответствует п. 5.2. «На межотраслевом уровне». Рекомендации по расширенному использованию результатов диссертации, имеющей прикладное значение – соответствует п. 6.1. Требуется расширенного использования. Диссертация соответствует паспорту научной специальности 05.11.07 – Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы, ее формуле и областям исследований, обозначенных в пунктах 1 и 2. Полученные в диссертации данные достоверны, результаты экспериментов грамотно интерпретированы, выводы достаточно обоснованы. Таким образом, диссертация Паулиша Андрея Георгиевича является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований изложены научно обоснованные схмотехнические, технологические решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны, что соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» от 24.09.2013, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а её автор заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 05.11.07 – Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы».

Соискатель имеет всего 152 опубликованные печатные работы, в том числе по теме диссертации 72 печатные работы, из них 16 научных статей в рецензируемых журналах из перечня ВАК РФ для докторских диссертаций и приравненных к ним изданиях, индексируемых в Web of Science и Scopus, получены 19 патентов на изобретения и полезные модели в РФ, из них 3 патента зарубежные (США, Европейская патентная организация, Евразийская патентная организация) и 37 печатных работ опубликовано в других изданиях и в трудах российских и международных конференций.

Все печатные работы Паулиша А.Г. опубликованы в соавторстве. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем учёной степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. Авторский вклад Паулиша А.Г. в опубликованных в соавторстве работах по теме диссертации составляет не менее 60%. Общий объем публикаций по теме диссертации – 45 п.л.

Основные научные результаты диссертации достаточно полно отражены в печатных научных работах, опубликованных:

В рецензируемых научных изданиях из перечня ВАК РФ:

1) Загубисало П. С., Паулиш А. Г., С.А.Кузнецов, А.В. Аржанников, М. К. А. Тумм. Моделирование теплофизических процессов в визуализаторе субтерагерцового излучения, основанном на тонкоплёночном конвертере из метаматериала. Известия вузов. Радиофизика. 2013, Т. 56, №1, С. 22–38.

2) Паулиш, А. Г., Загубисало П. С. Фотоупругий элемент для пьезооптических датчиков деформаций. Письма в ЖТФ. 2015. Т. 41, Вып. 13. С. 33–40.

3) Паулиш А. Г., Загубисало П. С., Бараков В. Н., Павлов М. А. Экспериментальное исследование пьезооптического преобразователя для высокочувствительных датчиков деформации. Автометрия. 2018. Т. 54, № 2. С. 78–84.

4) Паулиш А. Г., Сидоров В. И., Федоринин В. Н., Шатов В. А. Пьезооптический датчик деформации и метод контроля параметров движения подъемных механизмов. Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2018. Т. 61, № 6. С. 530–538.

5) Паулиш А.Г., В.А. Голяшов, Гусаченко А.В., Морозов А.О., Дорожкин К.В., Суслиев В.И., Костюченко В.Я., Пыргаева С.М. Спектральные характеристики чувствительности пироэлектрического детектора на основе тетрааминодифенила в видимом, ИК- и ТГц- диапазонах. Доклады АН ВШ РФ. 2019. № 3(44). С. 55–67.

6) Паулиш А. Г., Дмитриев А. К., Гельфанд А. В., Пыргаева С. М. Исследование спектральных характеристик поглощения ИК-излучения в плёнках диоксида кремния для детекторов теплового излучения. Автометрия. 2019. Т. 55, № 5. С. 101–106.

7) Паулиш А. Г., Новгородов Б. Н., Хрящев С. В., Кузнецов С. А. Терагерцовый визуализатор на основе ТГц—ИК конвертера. Автометрия. 2019. Т. 55, № 1. С. 56–63.

8) Паулиш А. Г., Загубисало П. С. Определение коэффициента тензочувствительности пьезооптических датчиков механических напряжений методом численного моделирования. Автометрия. 2019. Т. 55, № 3. С. 103–112.

В рецензируемых научных изданиях, приравненных к перечню ВАК:

9) Kuznetsov S. A., Paulish A. G., Gelfand A. V., Lazorskiy P. A., Fedorinin V. N. Bolometric THz-to-IR converter for terahertz imaging // Appl. Phys. Lett. 2011. Vol. 99, Issue 2. P. 023501.

10) Kuznetsov S. A., Paulish A. G., Arzhannikov A.V., Gelfand A. V., Lazorskiy P. A., Fedorinin V. N. THz imaging system based on THz-to-IR converter. Technisches Messen. 2011. Vol. 78, issue 11. P. 526-532.

11) Kuznetsov S. A., Paulish A. G., Gelfand A. V., Lazorskiy P. A., Fedorinin V. N. Matrix structure of metamaterial absorbers for multispectral terahertz imaging. Progress in Electromagnetic Research. 2012. Vol. 122. P. 93-103.

12) Thumm M. K. A., Arzhannikov A. V., Astrelin V.T., Burdakov A.V., Ginzburg N.S., Ivanov I.A., Kalinin P.V., Kuznetsov S. A., Paulish A. G., Makarov M.A., Mekler K. I., Peskov N. Yu., Polosatkin S. V., Popov S.A., Postupaev V. V., Rovenskikh A. F., Sergeev, A.S. Sinitsky, S. L. Sklyarov V. F., Stepanov V.D., Vyacheslavov L. N., Zaslavsky V. Yu. Generation of High Power THz Waves in Relativistic Electron Beam Plasma and Two-Sheet-Beam FEM. Terahertz Science and Technology. 2012. Vol.5, No.1. P.18-39.

13) Zagubisalo P. S., Paulish A. G., Kuznetsov S. A. Simulation of thermal processes in metamaterial millimeter-wave to infrared converter for millimeter-wave imager // International Journal of Modeling, Simulation, and Scientific Computing. 2014. Vol. 5. 1441009 [9 pages].

14) Paulish A. G., Zagubisalo P. S., Barakov V. N., Pavlov M. A., Poyarkov A. V. Piezo-optical transducer for high sensitive strain gauges. IEEE Sensors J. 2018. Vol. 18, Iss. 20. P. 8318–8328.

15) Paulish A. G., Gusachenko A. V., Morozov A. O., Dorozhkin K. V., Suslyayev V. I., Golyashov V. A., Minin O. V., Minin I. V. Characterization of tetraaminodiphenyl-based pyroelectric detector from visible to millimeter wave ranges. Optical Engineering. 2020. V. 59, No.6. P. 061612.

16) Paulish A. G., Gusachenko A. V., Morozov A. O., Golyashov V. A., Dorozhkin K. V., Suslyayev V. I. Sensitivity of the tetraaminodiphenyl based pyroelectric sensor from visible to sub-THz range. Sensor Review. 2020. V.40, No.3.

В основных полученных патентах на изобретения и полезные модели:

1) Преобразователь терагерцового излучения (варианты) (изобретение): пат. 2447574 Рос. Федерация / Паулиш А. Г., Федоринин В.Н., Гельфанд А.В., Кузнецов С.А., Лазорский П.А.; заявл. 16.11.2010.

2) Матричный приемник терагерцового излучения (изобретение): пат. 2414688 Рос. Федерация / Паулиш А. Г., Федоринин В. Н., Гельфанд А.В., Кузнецов С.А.; заявл. 23.03.2010.

- 3) Матричный преобразователь терагерцевого излучения (варианты): пат. 2482527 Рос. Федерации / Кузнецов С.А., Федоринин В.Н., Гельфанд А.В., Паулиш А. Г.; заявл. 24.08.2011.
- 4) Тензометрический преобразователь (изобретение): пат. 2422786 Р.Ф. / Паулиш А. Г., В.Н.Федоринин, А.С. Рафаилович, В.А. Шатов, А.В. Поярков; заявл. 23.04.2010.
- 5) Tensometric transducer: United States Patent, Patent No.US 8887577 B2 / Paulish A.G., Fedorinin V. N., Rafailovich A. S., Shatov V. A., Poyarkov A.V.; Priority Data 01.07.2010.
- 6) Тензометрический преобразователь (изобретение): Евразийский патент 024662 В1 / Паулиш А. Г., Федоринин В. Н., Рафаилович А.С., Шатов В.А., Поярков А.В.; заявл. 01.07.2010.
- 7) Тензометричний перетворювач: патент України 104375 / Паулиш А. Г., Федоринин В.Н., Рафаилович А.С., Шатов В.А., Поярков А.В.; заявл. 01.07.2010.
- 8) Тензометрический датчик (варианты): пат. 2454642 Рос. Федерации / Паулиш А. Г., Федоринин В.Н.; заявл. 29.03.2011.
- 9) Устройство для измерения механических напряжений (варианты) (полезная модель): пат. №111629 Рос. Федерации / Паулиш А. Г., Федоринин В.Н.; заявл. 27.05.2011.
- 10) Устройство для измерения механических напряжений (варианты) (полезная модель): пат. №111646 Рос. Федерации / Паулиш А. Г., Федоринин В.Н.; заявл. 27.05.2011.
- 11) Устройство для измерения механических напряжений (варианты) (полезная модель) пат. 113828 Рос. Федерации / Паулиш А. Г., Федоринин В.Н.; заявл. 27.05.2011.
- 12) Устройство для измерения механических напряжений (варианты) (полезная модель) пат. 115474 Рос. Федерации / Паулиш А. Г., Федоринин В.Н.; заявл. 27.05.2011.
- 13) Фотоупругий элемент (изобретение): пат. 2552128 Рос. Федерации / Паулиш А. Г., Поярков. А. В., Бараков В. Н., Маслов О. П.: заявл. 29.11.2013.

14) Тензометрический преобразователь (изобретение): пат. 2530466 Рос. Федерации / Паулиш А. Г., Поярков А. В., Бараков В. Н., Федоринин В. Н., Филимонов А. Л.: заявл. 09.07.2013.

15) Тензометрический датчик (изобретение): пат. 2530467 Рос. Федерации / Паулиш А. Г., Поярков А. В., Федоринин В. Н., Шапор П. И., Сущих А. А.: заявл. 09.07.2013.

16) Устройство обработки сигнала пьезооптического преобразователя (изобретение): пат. 2565856 Рос. Федерации / Паулиш А. Г., Поярков А. В., Павлов М. А.; заявл. 08.07.2014.

17) Тензометрический преобразователь (изобретение): пат. 2564691 Р.Ф. / Паулиш А. Г., А. В. Поярков, В. Н. Бараков. заявл. 04.02.2014.

18) Способ контроля параметров движения подъемного устройства (изобретение): пат. 2618862 Рос. Федерации / Поярков А. В., Бараков В. Н., Паулиш А. Г., Шатов В. А., Федоринин В. Н.; заявл. 12.10.2015.

19) Device and method for measuring combined deformations: International Patent Application No. PCT/RU2015/000220 / Poyarkov A. V., Barakov V. N., Paulish A.G.; Priority Date: 13.10.2016.

На диссертацию и автореферат поступило 10 положительных отзывов:

1. Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Кыргызско-Российский Славянский университет им. Б. Н. Ельцина, г. Бишкек, Кыргызская республика. Профессор кафедры Физики и микроэлектроники, доктор физико-математических наук, профессор Лелевкин Валерий Михайлович и старший научный сотрудник кафедры Физики и микроэлектроники Молдосанов Камиль Абдикеримович. *Отзыв без замечаний.*

2. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет геосистем и технологий», г. Новосибирск. Заведующий кафедрой Специальных устройств, инноватики и метрологии, доктор технических наук, доцент

Айрапетян Валерик Сергеевич. *Замечания:* Научная новизна работы, к сожалению, не нашла отражения в рисунках в автореферате, приведены в основном фотографии конечных приборов и таблицы с их параметрами. Не понятно из автореферата, были ли выданы сертификаты разработанным приборам на соответствие полученных параметров заявляемым. В автореферате не хватает сравнительного анализа параметров тензодатчиков на различных физических принципах, чтобы преимущества пьезооптических были более наглядны. Однако, по заверению автора, данный анализ приведён в тексте диссертации и опубликован в отдельной статье.

3. Публичное акционерное общество «Красногорский завод им. С.А. Зверева», г. Красногорск (Московская область). Начальник отделения Научно-технического центра, доктор технических наук Абрамов Алексей Иванович. *Замечания:* 1) Название диссертации не однозначно соответствует её содержанию; 2) Большой объём диссертации (450 стр.); 3) Ссылки на моделирование приводятся неоднократно, но модель системы не приведена.

4. Акционерное общество «Научно-производственная корпорация «Системы прецизионного приборостроения», г. Москва. Ведущий научный сотрудник, доктор технических наук, профессор Бажанов Юрий Вадимович. *Замечания:* В разделе «Научная новизна» третьи пунктом утверждается, что впервые «разработана методика лазерной резки структуры ТГц-ИК-конвертера, позволяющая изготавливать сквозные разрезы...». Также «разработанная методика лазерной резки структуры» позиционируется в «Заключении» в качестве одного из основных результатов диссертационной работы. Однако нигде в автореферате указанная методика не описана и не раскрыта. Поэтому её новизну оценить затруднительно.

5. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», г. Новосибирск. Профессор кафедры Общей физики, доктор физико-математических наук, доцент Костюченко Владимир Яковлевич. *Замечание:* Автором не приводится обоснование выбора спектрального

диапазона 3,6-4,9 мкм ИК-камеры для регистрации ТГц-изображения. Как изменятся ключевые параметры ТГц-ИК конвертера при использовании более длинноволновых ИК-модулей со спектральным диапазоном 8-12 мкм?

6. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Межведомственный центр аналитических исследований в области физики, химии и биологии при Президиуме Российской академии наук, г. Москва. Главный научный сотрудник, доктор технических наук, профессор Прудников Николай Владимирович. *Замечания:* 1) Из автореферата неясно, были ли выданы сертификаты на разработанные приборы и системы; 2) Желательно было бы привести сравнение параметров датчиков деформация на пьезооптическом эффекте с датчиками на других принципах.

7. Акционерное общество «Московский завод «Сапфир», г. Москва. Главный специалист отдела стратегического планирования и интеллектуальной собственности центрального конструкторского бюро, доктор технических наук, академик Российской академии естественных наук, Волков Виктор Генрихович. *Замечание:* В качестве замечаний можно отметить отсутствие подробных характеристик ТГц- и ИК объективов.

8. Акционерное общество «Институт прикладной физики», г. Новосибирск. Главный конструктор Романов Владимир Викторович и ученый секретарь научно-технического совета, кандидат технических наук Брагунцов Егор Яковлевич. *Замечания:* 1) В 6-й публикации дважды упомянут один и тот же автор Гусаченко А.В.; 2) На странице 30 непонятны единицы измерения гистерезиса; 3) В таблице 3 требуется более точное определение параметра в третьей строке «Погрешность преобразования, не более 0.1%».

9. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича Сибирского Отделения Российской Академии Наук, г. Новосибирск. Главный научный сотрудник лаборатории лазерных технологий, доктор физико-математических наук, профессор Оришич Анатолий Митрофанович. *Отзыв без замечаний.*

10. Институт Физики полупроводников им. В.Е. Лашкарева Национальной академии наук Украины, г. Киев. Член-корреспондент Национальной академии наук Украины, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий отделом "Физики и технологии низкоразмерных систем" Сизов Фёдор Фёдорович. *Отзыв без замечаний.*

На заседании по защите диссертации Паулиша А.Г. были представлены и рассмотрены диссертационным советом, поступившие в ходе заседания совета, претензии со стороны соавторов соискателя, а именно Кузнецова С.А., Федорина В.Н. и Аржанникова А.В. их содержание и ответы соискателя на поступившие замечания отражены в стенограмме заседания диссертационного совета.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается близостью решаемых ими научных задач к тематике диссертационной работы Паулиша А.Г., их широкой известностью и достижениями в области исследования и создания оптико-электронных систем различного назначения, наличием публикаций в соответствующей области исследования и способностью определить практическую ценность диссертации. **Войцеховский Александр Васильевич** является признанным специалистом в области фотоники и фотоприёмных устройств, радиационной физике узкозонных полупроводниковых материалов и фотоэлектрических структур на их основе, фотоприемников ТГц- и ИК-излучения для активных и пассивных оптических систем различного назначения. **Пономарев Юрий Николаевич** является крупным специалистом в области оптика и спектроскопия молекул и атмосферы, нелинейная оптика молекулярных сред, лазерные методы газоанализа. Пономарев Ю. Н. известен как в России, так и в других странах, является автором более 400 научных работ, восьми книг, одна из которых издана за рубежом, лауреат Госпремии РФ в области науки и техники, премий Томской области в сфере образования, науки, здравоохранения и культуры, награжден медалью ордена «За заслуги перед Отечеством», почетными грамотами Российской Академии наук, Сибирского

отделения РАН. В 2020 году ему присвоено Почетное звание «Заслуженный деятель науки СО РАН» с вручением нагрудного знака «Золотая Сигма». **Двойнишников Сергей Владимирович** является признанным специалистом в области оптических систем регистрации параметров рабочих процессов: это технологии бесконтактной оптической диагностики, радиационно-безопасного измерения толщины горячего металлопроката, оптико-лазерной диагностики и мониторинга обледенения турбин ветрогенераторов, разработка лазерных доплеровских измерителей скорости и систем оптической обработки. **Ведущая организация:** Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Конструкторско-технологический институт научного приборостроения» Сибирского отделения Российской академии наук является ведущей в стране организацией в области проблем оптики и лазерной физики, фундаментальных основ оптических измерений, информационных оптоэлектронных систем, лазерных и лучевых технологий, информационно-оптических технологий для фундаментальных исследований в биологии, медицине и криминалистики.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

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 с обратной стороны ТГц-поглотителя, обеспечивающая конверсию энергии ТГц-излучения в энергию теплового излучения эмиссионного слоя, которое может быть зарегистрировано существующими ИК-камерами;

разработана методика лазерной резки структуры ТГц-ИК-конвертера, позволяющая изготавливать сквозные разрезы, не нарушающие целостность структуры конвертера, и, практически, исключить блуминг, 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.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

изложены результаты, вносящие вклад в расширение представлений об поляризационно-оптических методах для регистрации ТГц-излучения и для измерения деформаций с высокой чувствительностью и широким динамическим диапазоном;

изучены теплофизические процессы в ТГц-ИК-конвертере, показано, что эффективность конверсии ТГц-излучения в средневолновое тепловое может превышать 80 %;

установлена линейность зависимости быстродействия и чувствительности приемника от толщины ТГц-ИК-конвертера, что указывает конкретный путь для улучшения его параметров – уменьшение собственной толщины;

исследованы процессы деформации в фотоупругих элементах различных форм и механизм формирования выходного сигнала пьезооптических преобразователей.

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

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;

созданные многоканальные пироэлектрические детекторы типа УМК-5, являясь достойной альтернативой зарубежных аналогов, могут **использоваться для спектроскопии** в диапазоне длин волн 0,4–2500 мкм;

Благодаря высокой чувствительности (менее 0,3 мН) и большому динамическому диапазону (до 6×10^4) пьезооптических датчиков **открываются новые возможности в задачах измерения силовых нагрузок**, в частности – дистанционный контроль деформаций, 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 деформаций в измеряемой зоне недопустима, по каким-либо причинам неприемлема или является сложной и дорогостоящей. На основе предлагаемых пьезооптических преобразователей **созданы и выпускаются семейство специализированных датчиков деформации** УПС-10, УПС-12 и УКЗК-15, применяемых для контроля степени загрузки кабин лифтов, и семейство модификаций УПС-15, УПС-17 для контроля параметров движения подъемных устройств.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:
получение изображений ТГц-излучения с помощью детекторов на основе

ТГц-ИК-конвертеров подтверждено результатами исследований, проведенными в Филиале ИФП СО РАН "КТИПМ"; результаты хорошо воспроизводятся, соответствуют известным из литературы данным других авторов и опубликованы в ведущих зарубежных изданиях. Параметры пьезоэлектрических датчиков подтверждены исследованиями, проведенными на радиофизическом факультете в Томском государственном университете, на физическом факультете Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова и в ООО «Специальные технологии» (г. Новосибирск) совместно с Институтом лазерной физики СО РАН (г. Новосибирск).

Согласно действующим техническим условиям, **проведены все виды испытаний пьезооптических датчиков деформации.** Дополнительно в РОСТЕСТе и сертифицированной калибровочной лаборатории Detroit Calibration Lab Trescal (г. Детройт, США) проведены сравнительные испытания, которые продемонстрировали на порядок более высокую чувствительность разработанного пьезооптического датчика по сравнению с калибровочным тензорезисторным датчиком Ultra Precision LowProfile™ Load Cell Interface Force™, используемым для калибровки тестовых машин. Испытания в испытательной лаборатории Института физической химии и электрохимии имени А. Н. Фрумкина РАН (ИФХЭ РАН, Москва) показали, что параметры датчика УПС-17 превышают параметры тензорезисторных датчиков с категорией 0,02 (наивысшая категория). Результаты испытаний подтверждаются соответствующими протоколами. Работа «Теоретическое и экспериментальное исследование пьезооптического преобразователя для высокочувствительных датчиков деформаций», авторов П. С. Загубисало, А. Г. Паулиша, стала победителем конкурса научных работ сотрудников ИФП СО РАН в 2017 году и получила 1-ю премию.

Экспериментальные образцы детекторов ТГц-излучения демонстрировались на выставках «ФОТОНИКА. МИР ЛАЗЕРОВ И ОПТИКИ» (2011 г., Москва), «Комплексная безопасность» (2012–14 гг., Москва), «INTERPOLITECH» (2014–15 гг., Москва). Опытные образцы

пьезооптических датчиков деформации демонстрировались на выставках и ярмарках: «ЛИФТ ЭКСПО» (2011 г., Москва), «INTERLIFT» (2011 г., Аутсбург, Германия), «ОПОРА РОССИИ» (2011 г., Москва), «Russian Elevator Week» (2015–17 гг., Москва), «Э-ЛИФТ» (2018 г., Екатеринбург) и были удостоены дипломом победителя конкурса «Импортозамещение лифтовых комплектующих» за проект «Способ и устройство контроля параметров движения лифта в режиме реального времени».

Основные результаты докладывались и обсуждались на Российских и Международных конференциях: ISMTP-2009 (С.-Петербург), IRMMW-THz-2010 (Рим, Италия), IMEKO TC2-2011 (Линц, Австрия), «Metamaterials'2010» (Карлсруэ, Германия), GSMM-2011 (Эспуу, Финляндия), «SPIE Photonics Europe 2012» (Брюссель, Бельгия), «Metamaterials VII, META'12» (Париж, Франция), PIERS-2015 (Прага, Чехия), «ФОТОНИКА-2015» (Новосибирск), «Территория NDT 2016» (Москва), PIERS-2017 (С.-Петербург), «ФОТОНИКА-2017» (Новосибирск), «ФОТОНИКА-2019» (Новосибирск).

В результате исследований получены: патенты на изобретения №2422786 РФ, №8887577 US (США), Евразийский патент ЕАПО №024662, №104375 UA (Украина), №2454642, №111629, №11646, №113828, №115474, № 2530466, №2530467, №2552128 РФ, №2565856 РФ, №2564691 РФ, №2618862 РФ, №РСТ/RU2015/000220, №2414688, №2447574 РФ, №2482527 РФ.

Личный вклад соискателя состоит в том, что все результаты, представленные в диссертации, получены автором самостоятельно или под его руководством и при его непосредственном участии. В совместных работах вклад соискателя состоял в обосновании целей, постановке задач и разработке методик исследований, постановке экспериментов, обсуждении их результатов и формировании общих выводов. Совместные работы, а также соисполнители и их вклад подробно указаны в тексте диссертации. Использование результатов, полученных в совместных исследованиях, согласовано с коллегами, которым автор выражает благодарность за сотрудничество. При подготовке всех приведённых патентов автор

диссертации являлся единственным лицом со стороны авторов, который предоставлял исходные данные и участвовал в дальнейшем в подготовке заявок: составление текста и подготовка чертежей, создание многозвенной формулы с зависимыми пунктами, а также подготовке ответов по существу вопросов экспертов в процессе патентной экспертизы. В работах, опубликованных в соавторстве, соискатель внёс существенный вклад, составляющий не менее 60%.

Диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, в которой изложены новые научно-обоснованные результаты, имеющие существенное значение для развития оптико-электронных систем измерения физических величин.

Диссертация соответствует пунктам 9-14 Положения о присуждении учёных степеней, утверждённого Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842.

На заседании 08 декабря 2020 г. диссертационный совет принял решение присудить Паулишу Андрею Георгиевичу учёную степень доктора технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 5 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации 05.11.07, участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, дополнительно введённых на разовую защиту нет, проголосовали: «за» – 12, «против» – 2, «недействительных бюллетеней» – 1.

Председатель диссертационного совета

Учёный

08 декабря 2020 г.

Алексей Геннадьевич Вострецов
овета

____ Максим Андреевич Степанов