

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.111.02,
созданного на базе **Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской академии наук,** по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук.

аттестационное дело N _____
решение диссертационного совета от 14 июня 2024 г., № 6

О присуждении Забегаеву Дмитрию Николаевичу, гражданину России ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация на тему «Информационно-аналитическая система для экспериментальных исследований сверхбыстрых оптоэлектронных процессов в арсениде галлия» принята к защите 10 апреля 2024, протокол № 5, диссертационным советом 24.1.111.02, созданным на базе **Федерального государственного бюджетного учреждения науки Российской академии наук (125009, Москва, ул. Моховая. Д.11. корп.7)** (приказ Рособрнадзора о создании совета № 2397–1958 от 21.12.2007 г.; приказ Минобрнауки РФ о продлении деятельности совета № 714/нк от 02.11.2012 г.).

Соискатель Забегаев Дмитрий Николаевич, 1981 года рождения, в 2004 году окончил с отличием физический факультет федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» по специальности «Фундаментальная радиофизика и физическая электроника».

В период с 01.04.2004 г. по 31.03.2007 г. проходил обучение в аспирантуре **Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН.**

Работает младшим научным сотрудником в лаборатории № 201 «Математических методов в радиофизике и биомедицине» **Московской части ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН.**

Диссертация выполнена в лаборатории № 201 «Математических методов в радиофизике и биомедицине» **ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН.**

Научный руководитель: Черепенин Владимир Алексеевич, доктор физико-математических наук, профессор, академик РАН, главный научный сотрудник **ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН,** руководитель лаборатории №201 «Математических методов в радиофизике и биомедицине».

Официальные оппоненты:

Зайченко Кирилл Вадимович, доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией радио- и оптоэлектронных приборов биоинформационных и геномных технологий ранней диагностики патологий живых систем **Института аналитического приборостроения РАН,**

Захаров Петр Николаевич, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры фотоники и физики микроволн физического факультета **МГУ им. М.В. Ломоносова,** генеральный директор ООО «Микроволновая электроника»,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – **Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет»,** в своем **положительном отзыве,** подписанном д.т.н. М.С. Костиным, заведующим кафедрой радиоволновых процессов и

технологий, и утвержденном первым проректором РТУ МИРЭА д.х.н. Н.И. Прокоповым, **отметила**, что тема диссертации Д. Н. Забегаева актуальна, диссертация представляет собой завершённое научное исследование и по объёму результатов, достоверности, научной и практической значимости выводов удовлетворяет всем требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор – Забегаев Дмитрий Николаевич, **заслуживает** присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4 – «Радиофизика».

В отзыве указаны следующие замечания:

1. Третья глава непропорциональна остальным главам по объёму и по содержанию, перенасыщена описанием режимов настроек и работы интерфейсов программы, что несколько затрудняет ее содержательное восприятие.
2. В формате данных, передаваемых между устройством сопряжения и персональным компьютером присутствует контрольное число, не несущее существенной нагрузки, однако отсутствует контрольная сумма, что не дает представления о целостности передаваемых пакетов данных.

По теме диссертации опубликованы 34 научные работы. Из них 27 статей – в журналах, рекомендованных ВАК для публикации основных научных результатов («Физика и техника полупроводников», «Приборы и техника эксперимента», «Журнал радиоэлектроники», «Радиотехника и электроника», «Журнал экспериментальной и теоретической физики», «Physica Status Solidi», «Journal of Radio Electronics», «Semiconductors»). В том числе 7 публикаций входят библиографические и реферативные базы данных Web of Science и Scopus. Общий объём опубликованных работ составляет 20,9 печатных листов. Публикации по материалам диссертации полностью отражают ее содержание.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Агеева Н.Н., Броневова И.Л., **Забегаев Д.Н.**, Кривоносов А.Н. Математический алгоритм устранения джиттера при измерении с помощью электронно-оптических камер усредненной хронограммы пикосекундного импульса света. Журнал радиоэлектроники [электронный журнал]. 2018. №11. <http://jre.cplire.ru/jre/nov18/13/text.pdf> DOI: 10.30898/1684-1719.2018.11.13.
2. Ageeva N.N., Bronevoi I.L., **Zabegaev D.N.**, Krivonosov A.N. Relation between the Relaxation of Intrinsic Stimulated Picosecond Emission from GaAs with a Characteristic Charge-Carrier Cooling Time. Semiconductors. 2019, Vol.53, No 11, pp.1431-1438. DOI:10.1134/S1063782619110022.
3. Агеева Н.Н., Броневова И.Л., **Забегаев Д.Н.**, Кривоносов А. Н. Пикосекундные «разгорание» и релаксация интенсивного стимулированного излучения GaAs. – ЖЭТФ. 2013, 143, №4, с.634-641.
4. Агеева Н.Н., Броневова И.Л., **Забегаев Д.Н.**, Кривоносов А. Н. Бистабильность автомодуляции спектра собственного стимулированного пикосекундного излучения GaAs. – ЖЭТФ. 2013, 144, №2, с.227-234.
5. Агеева Н.Н., Броневова И.Л., **Забегаев Д.Н.**, Кривоносов А.Н., Воробьев Н.С., Горностаев П.Б., Лозовой В.И., Щелев М.Я. Погрешности измерений

пикосекундных импульсов света с помощью пикосекундных стрик-камер.
– ПТЭ. 2011, №4, с.108-115.

В диссертации отсутствуют достоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы из:

- ФГАОУ ВО «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)» от к.т.н. Д.Д. Ступина. Отзыв положительный (замечания: 1. Целесообразно было бы пояснить почему для исследования был выбран арсенид галлия, хотя современная фотоника оперирует и другими материалами. 2. В приведенном, весьма обширном, списке литературы недостаточно публикаций, подготовленных только автором).
- ФГБУН «Институт динамики геосфер им. М.А. Садовского РАН» от д.т.н. В.Г. Дмитриева. Отзыв положительный, без замечаний.
- ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина» от к.т.н. С.В. Витязева. Отзыв положительный (замечания: 1. В положениях, выносимых на защиту, не указано, какую практическую значимость имеют установленные факты. 2. Одной из поставленных в работе задач является разработка программного и аппаратного обеспечения. Также на стр. 11 автореферата указано, что проводилась глубокая модернизация аппаратной части лазерного комплекса. Однако в автореферате не раскрыто, какие именно доработки в аппаратной части были сделаны автором в ходе проведения работы).

Обоснование выбора официальных оппонентов и ведущей организации:

Зайченко Кирилл Вадимович, доктор технических наук (специальность 2.2.16 – «Радиолокация и радионавигация»), профессор, заведующий лабораторией радио- и оптоэлектронных приборов биоинформационных и геномных технологий ранней диагностики патологий живых систем Института аналитического приборостроения РАН, руководитель ведущей научной школы РФ «Радиоэлектронные и информационные средства оценки физиологических параметров живых систем», член научного совета «Фундаментальные проблемы построения вычислительных, телекоммуникационных и локационных систем» при Отделении нанотехнологий и информационных технологий РАН является крупным специалистом в области радиоэлектронных, телекоммуникационных и информационных систем, биомедицинской радиоэлектроники и информатики а также применения оптоэлектроники для медицинских исследований.

Захаров Петр Николаевич, кандидат физико-математических наук (специальность 1.3.4 – «Радиофизика»), доцент кафедры фотоники и физики микроволн физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, генеральный директор ООО «Микроволновая электроника» является одним из ведущих российских специалистов в области разработки и производства радиоэлектронного оборудования высшей категории сложности.

Официальные оппоненты широко известны своими достижениями в данных отраслях науки, имеют многочисленные научные труды в рецензируемых научных

журналах, способны определить актуальность, новизну, научную и практическую значимость оппонируемой диссертации.

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет» (Институт радиоэлектроники и информатики, кафедра радиоволновых процессов и технологий) широко известна своими исследованиями в области обработки сигналов, разработки, исследования и эксплуатации программно-аппаратных радиотехнических и радиоволновых приложений, построенных на принципах регистрации, преобразования, анализа и цифровой обработки сигнальных, радиофизических и электродинамических процессов. Многочисленные работы её сотрудников в области оппонируемой диссертации свидетельствуют об их способности адекватно оценить результаты, представленные автором для защиты.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

Экспериментально подтверждено представление о протекающих процессах, сформулированное ранее на основании лишь косвенных признаков: под действием мощной пикосекундной оптической накачки, создающей плотную электронно-дырочную плазму в арсениде галлия, возникает стимулированное излучение, а его интенсивность возрастает с пикосекундной задержкой относительно фронта импульса накачки. При спаде накачки интенсивность излучения релаксирует с характерным временем порядка 10 пс. Получены зависимости времени задержки, времени релаксации, длительности пикосекундного импульса излучения от энергии его фотона.

Обнаружена бистабильность автомодуляции спектра стимулированного пикосекундного излучения, возникавшего при пикосекундной оптической накачке GaAs. Излучение измерялось до достижения им торцов образца. На фронте импульса излучения в его спектре выделился один набор эквидистантных мод. На спаде излучения его заменил набор мод, расположенных в спектре посередине между первыми. Внутри каждого набора интервал между модами совпадал с расчетным интервалом между собственными модами являющегося активным резонатором слоя GaAs. Время разгорания излучения оказалось осциллирующей функцией энергии его фотона. Эволюция спектра так самосогласована, что интегральный по времени спектр и интегральная по спектру огибающая импульса излучения имели гладкую (без локальных особенностей) форму. Предполагается, что автомодуляция спектра излучения является разновидностью вынужденного комбинационного рассеяния.

Предложены и реализованы собственные математические алгоритмы решения задачи компенсации джиттера при измерении огибающих светового импульса пикосекундной длительности с помощью электронно-оптической камеры и задачи устранения влияния космических лучей при измерении спектров импульсов. Применение этих алгоритмов в многочисленных экспериментах показало хороший результат их работы. Благодаря их использованию впервые удалось определить характерные времена разгорания и релаксации интегрального по спектру стимулированного пикосекундного излучения GaAs, а также отдельных

его спектральных компонент.

Теоретическая значимость исследования обосновывается тем, что в работе получены параметры стимулированного излучения, возникающего в слое арсенида галлия под действием мощной пикосекундной оптической накачки, а именно время разгорания этого излучения, характерное время его релаксации. Представлен характер изменения его спектра во времени.

Практическая значимость работы заключается в возможности применения полученных в работе знаний при разработке новых устройств сверхбыстродействующей полупроводниковой оптоэлектроники, для которых характерна высокая интенсивность стимулированного излучения. К числу таких устройств можно отнести мощные полупроводниковые лазеры, суперлюминесцентные диоды, оптически управляемые модуляторы прозрачности и т.д.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что полученные экспериментальные данные полностью соответствует представлениям, созданным ранее на основании лишь косвенных признаков. Результаты не противоречат существующим научным представлениям и прошли апробацию на российских и международных конференциях, а также имели положительные рецензии при их публикации в научных журналах.

Личный вклад соискателя состоит в создании программно-аппаратного комплекса для управления ходом эксперимента на лазерной измерительной установке, разработке и реализации алгоритма определения присутствия изображений космических лучей на спектрах измеряемых импульсов, разработке и реализации алгоритма компенсации джиттера при временных измерениях импульсов, реализации программного управления работой источников питания оптических усилителей, создании программного обеспечения для определения параметров луча лазерного импульса. Автором, совместно с коллегами из ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН были проведены экспериментальные исследования пикосекундного разгорания и релаксации интенсивного стимулированного излучения в арсениде галлия и анализ полученных результатов.

В ходе защиты диссертации членами диссертационного совета была дана высокая оценка уровню работы и отмечено, что работа существенно дополняет знания о характере взаимодействия полупроводниковой гетероструктуры с мощным пикосекундным импульсом света. Критических замечаний высказано не было.

Членами совета были заданы вопросы о возможности практического использования полученных в работе знаний, о том, как проявляется действие космических лучей в представленных экспериментах, о том, что подразумевает автор диссертации под обработкой экспериментальных данных в режиме реального времени и как она происходит. На все заданные в ходе заседания

вопросы Забегаев Д.Н. дал аргументированные и исчерпывающие ответы.

Диссертационная работа Забегаева Дмитрия Николаевича является законченной научно-квалификационной работой, которая удовлетворяет требованиям пункта 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением правительства Российской Федерации от 24 сентября 2014 года № 824, с изменениями, утвержденными постановлением Правительства РФ от 11 сентября 201 г. № 1539, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук.

На заседании 14 июня 2024 г. диссертационный совет за решение важной научной и практической задачи создания информационно-аналитической системы и за результаты исследования с её помощью стимулированного пикосекундного излучения в арсениде галлия принял решение присудить Забегаеву Дмитрию Николаевичу ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования участвующие в заседании члены диссертационного совета в количестве 15 человек, из которых 8 докторов по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из общего числа 20 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 15, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Зам. председателя диссертационного совета
д.ф.-м.н., профессор

Дмитриев А.С.

Ученый секретарь диссертационного совета
д.ф.-м.н., профессор РАН

Кузьмин Л.В.



«14» июня 2024 г.