

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.162.02, СОЗДАННОГО
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ им. Г.И. БУДКЕРА
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК,
подведомственного Минобрнауки России, ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 11.03.2025 № 2

О присуждении **Осинцевой Наталье Дмитриевне**, гражданину Российской Федерации, ученой степени **кандидата физико-математических наук**.

Диссертация **«Формирование мощных вихревых векторных пучков терагерцового диапазона с помощью дифракционных оптических элементов и их применение в плазмонике»** по специальности **1.3.2. Приборы и методы экспериментальной физики** принята к защите 18.12.2024 (протокол заседания № 10) диссертационным советом 24.1.162.02, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института ядерной физики им. Г.И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук, подведомственного Минобрнауки России, 630090, г. Новосибирск, проспект академика Лаврентьева, д. 11, приказ о создании диссертационного совета № 105/нк от 11.04.2012.

Соискатель Осинцева Наталья Дмитриевна, «11» сентября 1994 года рождения, работает младшим научным сотрудником в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте ядерной физики им. Г. И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук, подведомственном Минобрнауки России.

В 2018 году Осинцева Наталья Дмитриевна с отличием окончила магистратуру Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», а в 2022 году Осинцева Наталья Дмитриевна окончила аспирантуру Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института ядерной физики им. Г. И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук.

Диссертация выполнена в лаборатории 8-1 Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института ядерной физики им. Г. И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук, подведомственного Минобрнауки России.

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук Чопорова Юлия Юрьевна, старший научный сотрудник лаборатории 8-1 Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института ядерной физики им. Г. И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук.

Официальные оппоненты:

1. Лукин Владимир Петрович – доктор физико-математических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт оптики атмосферы им. В. Е. Зуева Сибирского отделения Российской академии наук, главный научный сотрудник;
2. Петров Николай Владимирович – доктор физико-математических наук, доцент, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО», заведующий лабораторией, главный научный сотрудник

дали **положительные** отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт автоматизации и электрометрии Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск, в своем положительном отзыве, подписанном Шалагиным Анатолием Михайловичем, доктором физико-математических наук, академиком РАН, профессором, научным руководителем ИАиЭ СО РАН, Николаевым Назаром Александровичем, кандидатом технических наук, заведующим лабораторией терагерцовой фотоники, ведущим научным сотрудником ИАиЭ СО РАН, указала, что диссертация Осинцевой Натальи Дмитриевны «Формирование мощных вихревых векторных пучков терагерцового диапазона с помощью дифракционных оптических элементов и их применение в плазмонике» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.2. Приборы и методы экспериментальной физики является научно-квалификационной работой, в которой получены важные результаты, которые будут интересны многим научным российским группам, работающим в области дифракционной оптики и терагерцового излучения, а также имеют потенциал применения при разработке систем передачи данных.

Диссертационная работа Н. Д. Осинцевой «Формирование мощных вихревых векторных пучков терагерцового диапазона с помощью дифракционных оптических элементов и их применение в плазмонике» полностью соответствует всем требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.2. Приборы и методы экспериментальной физики.

Соискатель имеет 73 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации опубликовано 63 работы, из них 6 в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК, 56 в сборнике тезисов докладов научных конференций и 1 коллективная монография. Работы посвящены исследованиям элементов дифракционной оптики для управления субтерагерцовым и мощным терагерцовым излучением, в том числе формированию и исследованию свойств вихревых бесселевых пучков, а также возбуждению вихревых поверхностных плазмон-поляритонов на цилиндрическом проводнике. Основные результаты по теме диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Control of transverse mode content and polarization structure of terahertz coherent beams / V. S. Pavelyev, Yu. Yu. Choporova, N. D. Osintseva [и др.]. – Текст:

непосредственный // *Computer Optics*. – 2019. – Т. 43, №. 6. – С. 1103–1108. – URL: <https://doi.org/10.18287/2412-6179-2019-43-6-1103-1108>. Дата публикации: 05.12.2019.

2. Experimental investigation of the self-healing of terahertz Bessel beams with orbital angular momentum / V. S. Pavelyev, K. N. Tukmakov, A. S. Reshetnikov [и др.]. – Текст: непосредственный // *Computer Optics*. – 2021. – Т. 45, №. 5. – С. 673–677. – URL: <https://doi.org/10.18287/2412-6179-CO-845>. Дата публикации: 27.05.2021.

3. Vortex surface plasmon polaritons on a cylindrical waveguide: Generation, propagation, and diffraction / V. V. Gerasimov, O. E. Kameshkov, B. A. Knyazev [и др.]. – Текст: непосредственный // *Journal of Optics*. – 2021. – Т. 23, №. 10. – С. 10LT01. – URL: <https://doi.org/10.1088/2040-8986/ac1fc4>. Дата публикации: 01.10.2021.

4. Terahertz Bessel and “perfect” vortex beams generated with a binary axicon and axicon with continuous relief / N. D. Osintseva, V. V. Gerasimov, B. A. Knyazev [и др.]. – Текст: непосредственный // *Computer Optics*. – 2022. – Т. 46, №. 3. – С. 375–380. URL: <https://doi.org/10.18287/2412-6179-CO-1066>. Дата публикации: 16.01.2022.

5. Terahertz Bessel Beams Formed by Binary and Holographic Axicons / B. A. Knyazev, N. D. Osintseva, M. S. Komlenok [и др.]. – Текст: электронный // *Photonics*. – 2023. – Т. 10, №. 6. – С. 700. – URL: <https://doi.org/10.3390/photonics10060700>. Дата публикации: 20.06.2023.

6. Identification of Hermite–Gaussian and Bessel modes of terahertz beam with diffractive optical elements / N. D. Osintseva, V. V. Gerasimov, Yu. Yu. Choporova [и др.]. // – Текст: непосредственный // *Journal of Optical Technology* – 2024. – Т. 91, №. 4. – С. 215–221. URL: <https://doi.org/10.1364/JOT.91.000215>. Дата публикации: 07.10.2024 г.

Личное участие автора в получении научных результатов, лежащих в основе диссертации, является определяющим и заключается:

в статье 1 – в проведении численного моделирования и экспериментальных исследований, сборке и юстировке экспериментального стенда, постановке и проведении эксперимента, обработке и анализе экспериментальных данных;

в статьях 2, 3, 4, 6 – в проведении экспериментальных исследований, сборке и юстировке экспериментального стенда, постановке эксперимента, обработке и анализе экспериментальных данных, подготовке рисунков и написании текста публикации;

в статье 5 – в проведении численного моделирования и экспериментальных исследований, сборке и юстировке экспериментального стенда, постановке эксперимента, обработке и анализе экспериментальных данных, подготовке рисунков и написании текста публикации.

В диссертации соискателя ученой степени Осинцевой Н. Д. отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных ею работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. От официального оппонента Лукина Владимира Петровича, доктора физико-математических наук, профессора, главного научного сотрудника Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института оптики атмосферы им. В.Е. Зуева. В отзыве представлен обзор диссертационной работы, подчеркиваются актуальность темы исследования, научная новизна и практическая значимость полученных результатов. В отзыве имеются замечания, которые отражают интерес к проделанной работе и полученным результатам исследований. Они носят уточняющий и рекомендательный характер никаким образом не снижают научно-практической ценности выполненных исследований. Автореферат диссертации с достаточной полнотой отражает ее содержание. В заключительной части отзыва отмечено, что диссертация Осинцевой Н.Д. является завершенным научным исследованием и полностью соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присвоения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.2. Приборы и методы экспериментальной физики.
2. От официального оппонента Петрова Николая Владимировича, доктора физико-математических наук, доцента, главного научного сотрудника Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО», г. Санкт-Петербург, заведующий лабораторией. В отзыве описаны актуальность и научная новизна работы, практическая значимость полученных результатов, а также обоснованность и достоверность научных положений и выводов. В отзыве приведены 2 замечания, связанные с недостаточно подробным описанием результатов по исследованию количества и характера расположения пиков внутри колец бесселевых пучков, отстройке длины волны в этих экспериментах лишь на 4%, а также описанию взаимной ориентации пар аксионов в экспериментах по формированию бесселевых пучков и идентификации топологического заряда. В связи с наличием данных замечаний приведен ряд уточняющих вопросов. Отмечается, что диссертация содержит много практически полезных, новых и значимых результатов, закладывающих фундамент развития волноводной техники ТГц-диапазона. Указано, что среди прочих результатов имеются также и те, важность и практическая польза которых была недооценена автором, такие как полипроленовые фазовые экраны, разработанные для проведения экспериментов по прохождению бесселевых ТГц-пучков через фазово-неоднородные среды. На основе данных фазовых экранов может быть разработан модулятор для систем однопиксельной или фантомной визуализации (single-pixel/ghost imaging). В заключении отмечено, что сделанные замечания в целом не снижают значимости полученных научных результатов, не влияют на актуальность и ценность работы, а также не снижают общую положительную оценку выполненного диссертационного исследования.
3. На автореферат поступил отзыв, подписанный Глявиным Михаилом Юрьевичем, доктором физико-математических наук, главным научным сотрудником отдела электронных приборов, заместителем директора по научной работе Федерального государственного бюджетного научного

учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук». В отзыве отмечается актуальность и новизна проведенных диссертационных исследований. Три замечания, указанные в отзыве, носят рекомендательный характер и не меняют хорошего впечатления о представленной работе.

4. На автореферат поступил отзыв, подписанный Вьюнышевым Андреем Михайловичем, кандидатом физико-математических наук, старшим научным сотрудником Института физики им. Л.В. Киренского Сибирского отделения Российской академии наук - обособленного подразделения ФИЦ КНЦ СО РАН. В отзыве приведены актуальность и основные результаты работы. В отзыве указаны два замечания, которые носят уточняющий характер и не влияют на общую высокую оценку работы.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается известностью их достижений в области физики вихревых пучков, специализацией в работе с терагерцовым излучением, а также расчете и изготовлении дифракционной оптики, их компетентностью, наличием публикаций по теме защищаемой диссертации и способностью определить научную и практическую значимость диссертационного исследования, а также дать рекомендации по использованию полученных результатов.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

Впервые экспериментально изучен ряд особенностей, присущих мощным вихревым бесселевым пучкам ТГц-диапазона в зависимости от параметров формирующих дифракционных аксиконов. В частности, экспериментально и численно показано, что отклонение от расчетной длины волны пучка, освещающего аксиконы (как с бинарным, так и с кусочно-непрерывным рельефом), приводят к регулярным вариациям интенсивности по азимуту в кольцах бесселева пучка и его Фурье-образа.

Впервые показана возможность формирования комбинации мощных вихревых пучков Бесселя терагерцового диапазона с различными топологическими зарядами (в созданном для этого интерферометре по схеме Маха-Цендера).

В терагерцовом диапазоне впервые получены мощные вихревые пучки, диаметр которых не зависит от топологического заряда пучка, так называемые «совершенные» вихревые пучки.

Впервые сформированы поверхностные плазмон-поляритоны терагерцового диапазона на аксиально-симметричной поверхности. В качестве освещающего пучка использовался совершенный вихревой радиально-поляризованный пучок, диаметр которого соответствовал диаметру входного торца образца.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

Изучен эффект отклонения длины волны излучения от расчетных значений для аксиконов терагерцового диапазона с бинарным и кусочно-непрерывным рельефами, который приводит к периодическим вариациям азимутального распределения интенсивности бесселева пучка и его Фурье-образа.

Использованная в работе модель численного расчёта, основанная на интеграле Гюйгенса-Френеля, дает более точное описание результатов

физического эксперимента, в отличие от идеальных бесселевых пучков, описываемых квадратом функции Бесселя.

Выдвинутое предположение о возможности формирования закрученных ППП на аксиально-симметричной поверхности, было экспериментально подтверждено. Изложены аргументы и доказательства высказанных предположений о возможности формирования закрученных ППП на аксиально-симметричной поверхности и подтверждены экспериментально. Показано, что направление вращения и питч-фактор вихревых плазмон-поляритонов на поверхности вращения зависят от топологического заряда освещающего пучка.

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

Разработан и апробирован метод, позволяющий выделять сигнал с заданным топологическим зарядом. Метод основан на анализе Фурье-образа пучка, прошедшего через кремниевый дифракционный оптический элемент, установленный в зоне его формирования, с фазовой функцией, совпадающей с функцией сформировавшего данный пучок элемента. Параметры элемента рассчитаны на длину волны ТГц-излучения НЛСЭ. Метод был реализован как в случае одномодового, так и многомодового пучка, включающего в себя комбинацию вихревых бесселевых пучков с топологическими зарядами -1 и -2.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

результаты получены с помощью современного экспериментального и измерительного оборудования, показана воспроизводимость результатов исследований;

математический аппарат построен на известных и проверяемых данных и согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации и смежным областям;

установлено качественное совпадение результатов автора с результатами в других диапазонах длин волн, представленными в независимых источниках по тематике диссертации;

использованы современные методики сбора и обработки информации.

Личный вклад соискателя состоит в её определяющем участии в создании соответствующей экспериментально-макетной техники и анализе экспериментальных данных. Автор принимала активное участие в обсуждении полученных результатов и их интерпретации, готовила научные публикации и представляла их на научных конференциях.

В ходе защиты диссертации д.ф.-м.н., чл.-корр. РАН Шатунов Ю. М. попросил привести пример где реально используются вихревые пучки; д.ф.-м.н. Кубарев В. В. сделал замечание о не совсем удачном примере изображения микросхемы на слайде с описанием цели работы и уточнил что более интересным применением являются терагерцовые антенны, а также высказал пожелание о проведении совместных экспериментов по вращению молекул в магнитном поле с помощью вихревых пучков; д.ф.-м.н., профессор Аржанников А. В. задал вопрос о факторах приводящих к размыванию колец в исследованиях по идентификации бесселевой моды и уточнил в какой мере частотный спектр самого сигнала и его ширина могут проявляться в таком случае; д.ф.-м.н., академик РАН Кулипанов Г. Н. попросил привести параметры двухкоординатного детектора использованного в работе; д.ф.-м.н., академик РАН Бондарь А. Е. задал вопрос об

аппроксимации азимутального распределения интенсивности на слайде 23 и возможности заложить модель явления в расчет и построить ожидаемое распределение; д.ф.-м.н., профессор РАН Лотов К. В. попросил пояснить в чем заключались трудности при выполнении представленной работы; д.ф.-м.н. Тимофеев И. В. уточнил есть ли проблемы с затуханием плазмон-поляритонов на проводнике, а также нет ли в таком случае нелинейных эффектов; был задан вопрос об осесимметричном проводнике, а именно зачем он покрыт слоем ZnS и зачем он сужается к концу; д.ф.-м.н., профессор Лукин В. П. спросил наблюдался ли в работе эффект распада вихревых пучков с большим топологическим зарядом при распространении в фазовой среде на однозарядные пучки; д.ф.-м.н. Таскаев С. Ю. уточнил в чем была необходимость представлять работу на таком большом количестве конференций (56 раз).

Соискатель Осинцева Н. Д. согласилась с замечаниями и ответила на задаваемые ей в ходе заседания вопросы, приводя собственную аргументацию.

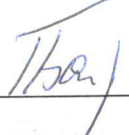
Диссертация Осинцевой Н. Д. «Формирование мощных вихревых векторных пучков терагерцового диапазона с помощью дифракционных оптических элементов и их применение в плазмонике» соответствует всем критериям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, установленным в Положении о присуждении ученых степеней, утвержденном постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842.

На заседании 11.03.2025 диссертационный совет принял решение:

за решение научной задачи формирования и исследования мощных вихревых векторных пучков терагерцового диапазона сформированных с помощью дифракционных оптических элементов и их применение в плазмонике, имеющей значение для развития волноводной техники ТГц-диапазона и телекоммуникационных систем, присудить **Осинцевой Н. Д.** ученую степень **кандидата физико-математических наук.**

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 5 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: «за» - 15, «против» - 1.

Председатель диссертационного
совета 24.1.162.02,
д.ф.-м.н.

 / Багрянский Петр Андреевич /

Ученый секретарь диссертационного
совета 24.1.162.02,
д.ф.-м.н., профессор РАН

13.03.2025



/ Лотов Константин Владимирович /