

Заключение диссертационного совета МГУ.013.4
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
Решение диссертационного совета от «23» ноября 2023 г. № 20

О присуждении Кузнецову Никите Юрьевичу, гражданину Российской Федерации ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Топологические особенности непараксиальных световых полей в задачах линейной и нелинейной дифракции» по специальности 1.3.19. Лазерная физика (физико-математические науки) принята к защите диссертационным советом «14» сентября 2023 г., протокол № 12.

Соискатель Кузнецов Никита Юрьевич 1995 года рождения, в 2018 году окончил магистратуру физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова. В 2022 году соискатель окончил аспирантуру физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Соискатель работает ведущим электроником на кафедре общей физики и волновых процессов физического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»

Диссертация выполнена на кафедре общей физики и волновых процессов физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор Макаров Владимир Анатольевич, заведующий кафедрой общей физики и волновых процессов физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова.

Официальные оппоненты:

- доктор физико-математических наук, профессор, академик РАН Розанов Николай Николаевич, ФГБУН «Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук», отделение физики плазмы, атомной физики и астрофизики, главный научный сотрудник;
- доктор физико-математических наук, профессор Манцызов Борис Иванович, ФГБУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», физический факультет, кафедра общей физики, профессор;
- доктор физико-математических наук, профессор Фёдоров Михаил Владимирович, ФГБУН Федеральный исследовательский центр «Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук», главный научный сотрудник отдела ТИАМ ЦЕНИ

дали положительные отзывы на диссертацию.

Соискатель имеет 9 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 9 работ, из них 9 статей, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, удовлетворяющих Положению о присуждении ученых степеней в МГУ имени М.В. Ломоносова и рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности 1.3.19. Лазерная физика (физико-математические науки). Все представленные в работе результаты получены автором лично или при его определяющем участии:

1. Second harmonic generation in isotropic chiral medium with nonlocality of nonlinear optical response by heterogeneously polarized pulsed beams / K. S. Grigoriev, **N. Y. Kuznetsov**, E. B. Cherepetskaya, V. A. Makarov // *Optics Express*. — 2017. — Vol. 25, no. 6. — P. 6253–6262. JIF=3.356 (вклад соискателя — 0.25)
2. Fine characteristics of polarization singularities in a three-dimensional electromagnetic field and their properties in the near field of a metallic nanospheroid / K. S. Grigoriev, **N. Y. Kuznetsov**, Y. V. Vladimirova, V. A. Makarov // *Physical Review A — Atomic, Molecular, and Optical Physics*. — 2018. — Vol. 98. — P. 063805. JIF=2.907 (вклад соискателя — 0.2)
3. Near-field polarization singularities at a planar nonlinear metamaterial with strong frequency dispersion / N. N. Potravkin, I. A. Perezhogin, **N. Y. Kuznetsov** et al. // *Laser Physics Letters*. — 2018. — Vol. 15, no. 11. — P. 115403. JIF=2.328 (вклад соискателя — 0.3)
4. New approach to plot polarization singularity lines of electromagnetic fields in nonparaxial optics / P. S. Ryzhikov, **N. Y. Kuznetsov**, K. S. Grigoriev, V. A. Makarov // *Laser Physics Letters*. — 2020. — Vol. 17, no. 10. — P. 105403. JIF=2.016 (вклад соискателя — 0.25)
5. Three-dimensional structure of polarization singularities of a light field near a dielectric spherical nanoparticle / **N. Y. Kuznetsov**, K. S. Grigoriev, Y. V. Vladimirova, V. A. Makarov // *Optics Express*. — 2020. — Vol. 28, no. 19. — P. 27293. JIF=3.894 (вклад соискателя — 0.4)
6. **Kuznetsov N. Y.**, Grigoriev K. S., Makarov V. A. Topology of polarization ellipse strips in the light scattered by a dielectric nanosphere // *Physical Review A — Atomic, Molecular, and Optical Physics*. — 2021. — Vol. 104, no. 4. — P. 043505. JIF=2.971 (вклад соискателя — 0.4)
7. **Kuznetsov N. Y.**, Grigoriev K. S., Makarov V. A. Usage of machine-learning algorithms in inverse problem of light self-focusing in isotropic chiral medium with cubic nonlinearity // *Laser Physics Letters*. — 2022. — Vol. 19, no. 8. — P. 085401. JIF=1.704 (вклад соискателя — 0.6)
8. Knots and links of polarization singularity lines of light under tight focusing with a parabolic mirror / **N. Y. Kuznetsov**, A. E. Ryadchenko, K. S. Grigoriev, V. A. Makarov // *Physical Review A — Atomic, Molecular, and Optical Physics*. — 2023. — Vol. 107, no. 6. — P. 063506. JIF=2.971 (вклад соискателя — 0.6)
9. **Kuznetsov N. Y.**, Grigoriev K. S., Makarov V. A. Topological features of polarization ellipse strips built on non-planar contours in the light scattered on a metal nanospheroid // *Laser Physics Letters*. — 2023. — Vol. 20, no. 8. — P. 085401. JIF=1.704 (вклад соискателя — 0.7)

На диссертацию и автореферат поступило шесть дополнительных отзывов, все положительные.

Выбор официальных оппонентов обосновывался их большими и широко признанными научными заслугами в области оптики и лазерной физики, а также, в случае Н.Н. Розанова, особенно высоким уровнем экспертизы в области топологической оптики, чрезвычайно близкой к теме диссертации. Все оппоненты имеют большое число работ по специальности диссертации, опубликованных в высокорейтинговых журналах, но не имеют совместных проектов и публикаций с соискателем.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований был решён ряд важных задач поляризационной оптики. Диссертация посвящена

теоретическому исследованию топологических особенностей поляризации электромагнитного излучения, возникающих главным образом в сильно непараксиальных полях. Разработан оригинальный метод обнаружения и визуализации таких особенностей, исследована их структура в нескольких задачах рассеяния плоских волн на наноразмерных структурах и острой фокусировки лазерных пучков. Рассмотрена роль поляризационных сингулярностей в динамике двух нелинейно-оптических процессов. Продемонстрирована высокая топологическая устойчивость зацепления между линиями строго линейной и строго циркулярной поляризации к непрерывным изменениям содержащего их волнового поля. Обобщён математический формализм оптических лент для контуров построения данных лент, не лежащих в одной плоскости. Предложен метод определения констант, характеризующих нелинейный отклик изотропной гиротропной среды, при помощи анализа искусственной нейронной сетью результатов протекания самофокусировки сингулярного лазерного пучка в такой среде.

Результаты диссертации могут быть использованы для разработки устойчивых к возмущениям методов оптического кодирования информации, определения материальных свойств сред по топологической структуре поляризации прошедшего через них излучения, а также важны для общего теоретического понимания тонкой структуры электромагнитных волновых полей.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. Положения, выносимые на защиту, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку:

1. В электрическом поле монохроматической эллиптически поляризованной волны, рассеянной металлической или диэлектрической сфероидальной частицей субволнового размера, на расстояниях порядка нескольких её характерных радиусов присутствуют линии круговой (C^T -линии) и линейной (L^T -линии) поляризации. Размеры занимаемой ими области пространства и их форма зависят от степени эллиптичности падающего излучения: при приближении его поляризации к круговой размеры области локализации C^T -линий увеличиваются, а при приближении к линейной – уменьшаются. Существующее зацепление L^T -линий с C^T -линиями не исчезает при любом изменении формы и ориентации эллипса поляризации падающего излучения. Инвариантом при изменении степени эллиптичности падающей волны является чётность индекса зацепления между совокупностями линий строго циркулярной и строго линейной поляризации.
2. При падении плоской монохроматической линейно поляризованной электромагнитной волны на планарный нелинейный метаматериал, базовый элемент которого содержит две тонкие металлические пластины, формируются две пересекающиеся линии циркулярной поляризации. Положение точки их пересечения в пространстве устойчиво к изменению длины падающей волны и её интенсивности и неустойчиво к изменению состояния её поляризации.
3. При острой фокусировке ($NA = 0.9$) эллиптически поляризованных Гауссовых и Лагерр-Гауссовых пучков, а также пучков Пуанкаре, падающих на параболическое зеркало вдоль его оси, вблизи его геометрического фокуса существует по крайней мере одна L^T -линия с топологией простого кольца, около которой C^T -линии образуют $(m; n)$ -торические узлы или зацепления, которые всегда m -кратно сцеплены с осью зеркала и n -кратно с

вышеупомянутой L^T -линией. При изменении состояния поляризации падающего излучения неизменной оказывается чётность индекса зацепления между системами линий строго циркулярной и строго линейной поляризации.

На заседании 23.11.2023 диссертационный совет принял решение присудить Кузнецову Никите Юрьевичу ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве **19** человек, из них **8** докторов наук по специальности 1.3.19. Лазерная физика (физико-математические науки), участвовавших в заседании, из **24** человек, входящих в состав совета, проголосовали: «за» – **19**, «против» – **0**, недействительных голосов – **0**.

Председатель
диссертационного совета МГУ.013.4
доктор физико-математических наук,
профессор

Андреев Анатолий Васильевич

Ученый секретарь
диссертационного совета МГУ.013.4
кандидат физико-математических наук

Коновко Андрей Андреевич

Дата оформления заключения: 23 ноября 2023 г.