

Заключение диссертационного совета МГУ.013.4
по диссертации на соискание учёной степени кандидата наук

Решение диссертационного совета от 26 февраля 2025 года № 2

О присуждении Николаевой Ирине Алексеевне, гражданке Российской Федерации, учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Частотно-угловое распределение терагерцового излучения при филаментации фемтосекундного лазерного импульса в газах» по специальности 1.3.19. Лазерная физика принята к защите 25 декабря 2024 года, протокол № 16, диссертационным советом МГУ.013.4.

Соискатель Николаева Ирина Алексеевна, 1997 года рождения, в 2019 году окончила бакалавриат физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова по направлению 03.03.02 «Физика». В 2021 году соискатель окончила магистратуру физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова по направлению 03.04.02 «Физика», специализация — «Нелинейная оптика и лазерная физика». С 2021 года и по настоящее время обучается в очной аспирантуре на кафедре общей физики и волновых процессов физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова по направлению 03.06.01 Физика и астрономия, направленность — «Лазерная физика».

Соискатель Николаева Ирина Алексеевна работает младшим научным сотрудником отделения квантовой радиофизики имени Н.Г. Басова Физического института имени П.Н. Лебедева Российской академии наук (ФИАН).

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

Научный руководитель:

Косарева Ольга Григорьевна, доктор физико-математических наук, доцент, физический факультет Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», профессор кафедры общей физики.

Официальные оппоненты:

• Фёдоров Михаил Владимирович, доктор физико-математических наук, профессор, ФГБУН Федеральный исследовательский центр «Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук», Отдел Технологий и Измерений Атомного Масштаба Центра Естественно-Научных Исследований, главный научный сотрудник,

• Карташов Ярослав Вячеславович, доктор физико-математических наук, профессор РАН, ФГБУН Институт спектроскопии Российской академии наук, главный научный сотрудник теоретического отдела

• Цыпкин Антон Николаевич, доктор физико-математических наук, доцент, ФГАОУ ВО Национальный исследовательский университет ИТМО, директор Научно-образовательного центра фотоники и оптоинформатики, —

дали положительные отзывы на диссертацию.

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что они являются специалистами в области нелинейной оптики, лазерной физики, теоретической и математической физики и имеют публикации по тематике диссертации. Указанные оппоненты не имеют совместных проектов и публикаций с соискателем.

Соискатель имеет 25 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 8 работ, из них 8 статей (3.62 п.л.), 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. Все представленные в работе результаты получены автором лично или при его определяющем участии:

- A1. **Nikolaeva I.A.**, Shipilo D.E., Panov N.A., Kosareva O.G. Dual-wavelength filamentation with a fraction of fundamental laser frequency as a wideband THz source // *Laser Physics Letters*. – 2021. – V. 18. – №. 2. – P. 025401. – JIF = 1.4 (WoS). / 0.31 п.л. / Вклад соискателя 80%.
- A2. **Nikolaeva I.A.**, Shipilo D.E., Pushkarev D.V., Rizaev G.E., Mokrousova D.V., Koribut A.V., Grudtsyn Y.V., Panov N.A., Seleznev L.V., Liu W., Ionin A.A., Kosareva O.G. Flat-top THz directional diagram of a DC-biased filament // *Optics Letters*. – 2021. – V. 46. – №. 21. – P. 5497-5500. – JIF = 3.1 (WoS). / 0.25 п.л. / Вклад соискателя 60%.
- A3. Shipilo D.E., **Nikolaeva I.A.**, Pushkarev D.V., Rizaev G.E., Mokrousova D.V., Koribut A.V., Grudtsyn Y.V., Panov N.A., Seleznev L.V., Liu W., Ionin A.A., Kosareva O.G. Balance of emission from THz sources in DC-biased and unbiased filaments in air // *Optics Express*. – 2021. – V. 29. – №. 25. – P. 40687-40698. – JIF = 3.4 (WoS). / 0.75 п.л. / Вклад соискателя 50%.
- A4. Ризаев Г.Э., Мокроусова Д.В., Пушкарев Д.В., Шипило Д.Е., **Николаева И.А.**, Панов Н.А., Селезнев Л.В., Косарева О.Г., Ионин А.А. Нарушение осевой симметрии терагерцового излучения плазмы одноцветного филамента // *Письма в Журнал экспериментальной и теоретической физики*. – 2022. – Т. 115. – №. 11. – С. 699-702. – IF = 0.396 (РИНЦ). / 0.19 п.л. / Вклад соискателя 30%.
- Перевод:* Rizaev G. E., Mokrousova D. V., Pushkarev D. V., Shipilo D. E., **Nikolaeva I. A.**, Panov N. A., Seleznev L. V., Kosareva O. G., Ionin A. A. Breaking of the axial symmetry of terahertz radiation from single-color filament plasma // *JETP Letters*. – 2022. – V. 115. – №. 11. – P. 657-659. – JIF = 1.1 (WoS). / 0.19 п.л. / Вклад соискателя 30%.
- A5. Rizaev G.E., Seleznev L.V., **Nikolaeva I.A.**, Shipilo D.E., Panov N.A., Pushkarev D.V., Mokrousova D.V., Ionin A.A., Kosareva O.G. Observation of conical emission from DC-biased filament at 10 THz // *Optics Letters*. – 2023. – V. 48. – №. 12. – P. 3147-3150. – JIF = 3.1 (WoS). / 0.25 п.л. / Вклад соискателя 40%.
- A6. Mitina E., Uryupina D., **Nikolaeva I.**, Shipilo D., Panov N., Ushakov A., Volkov R., Kosareva O., Savel'ev A. Enhanced forward THz yield from the long DC-biased femtosecond filament // *Optics & Laser Technology*. – 2023. – V. 159. – P. 108949. – JIF = 4.6 (WoS). / 0.5 п.л. / Вклад соискателя 25%.

- A7. **Nikolaeva I.A.**, Shipilo D.E., Panov N.A., Rizaev G.E., Pushkarev D.V., Mokrousova D.V., Seleznev L.V., Zhang N., Liu W., Ionin A.A., Kosareva O.G. Terahertz beam with radial or orthogonal to laser polarization from a single-color femtosecond filament // Optics Express. – 2023. – V. 31. – №. 25. – P. 41406-41419. – JIF = 3.4 (WoS). / 0.87 п.л. / Вклад соискателя 50%.
- A8. **Nikolaeva I.A.**, Vrublevskaya N.R., Rizaev G.E., Pushkarev D.V., Mokrousova D.V., Shipilo D.E., Panov N.A., Seleznev L.V., Ionin A.A., Kosareva O.G., Savel'ev A.B. Terahertz ring beam independent on $\omega-2\omega$ phase offset in the course of two-color femtosecond filamentation // Applied Physics Letters. – 2024. – V. 124. – №. 5. – P. 051105. – JIF = 3.5 (WoS). / 0.4 п.л. / Вклад соискателя 40%.

На диссертацию и автореферат дополнительных отзывов не поступило.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук является научно-квалификационной работой, в которой развиты новые методы теоретического анализа генерации терагерцового излучения фемтосекундного филамента в газах. Развитые модели генерации и распространения терагерцового излучения при филаментации в постоянном внешнем поле позволяют описывать и предсказывать результаты лабораторных экспериментов. Проведен системный теоретический анализ зависимости частотно-угловых распределений терагерцового излучения двуцветного филамента от относительной фазы между гармониками накачки и протяженности плазменного канала по сравнению с длиной дефазировки гармоник в воздухе. Развита векторная модель локальных низкочастотных токов в плазменном канале филамента.

Результаты диссертации могут быть использованы в МГУ имени М.В. Ломоносова и других высших учебных заведениях в основных образовательных программах при создании новых и обновлении имеющихся материалов учебных курсов.

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. Развита векторная модель локального источника терагерцового поля в одноцветном филаменте, представленного в виде суперпозиции радиально поляризованного вклада продольного диполя и параллельного поляризации оптической накачки квадрупольного вклада, и установлено, что азимутальная модуляция кольцевого распределения электромагнитного излучения на частоте 0.3–10 ТГц в дальней зоне является следствием интерференции волн, излучаемых при смещении свободных зарядов под действием силы светового давления и пондеромоторной силы.
2. Угловое распределение терагерцового излучения, генерируемого в воздухе плазменным каналом, находящимся в однородном внешнем электростатическом поле, меняется от унимодального с плоской вершиной на частоте ~ 0.3 ТГц к кольцевому на частотах более 8 ТГц. Образование кольца на высоких частотах обусловлено деструктивной интерференцией терагерцовых волн, излучаемых фронтом ионизации, распространяющимся со сверхсветовой скоростью.

3. Энергия распространяющегося в кольцо низкочастотного (0.3–1 ТГц) излучения не зависит от начальной фазы между гармониками оптической двухцветной накачки и существенно превышает энергию терагерцового излучения на оси филамента, протяженность которого больше длины дефазировки основной и второй гармоник накачки.
4. Для различных соотношений частот оптической затравки и накачки в двухцветном филаменте максимальная эффективность преобразования оптического излучения в терагерцовое достигается при половинной или удвоенной частоте затравки по сравнению с частотой накачки. В случае половинной частоты затравки энергия терагерцового излучения оказывается на порядок ниже, чем в случае удвоенной частоты, вследствие расходимости длинноволнового излучения затравки на самонаведенной плазме и уменьшения области перекрытия оптических импульсов.

На заседании 26 февраля 2025 г. диссертационный совет принял решение присудить Николаевой Ирине Алексеевне учёную степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве **17** человек, участвовавших в заседании (из них 7 докторов наук по специальности 1.3.19. Лазерная физика, физико-математические науки), участвовавших в заседании, из **24** человек, входящих в состав совета, проголосовали: «за» — **16**, «против» — **0**, недействительных бюллетеней — **1**.

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

Андреев Анатолий Васильевич

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

Коновко Андрей Андреевич

Дата оформления заключения: 26 февраля 2025 года.