

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

Решение диссертационного совета от 19 октября 2023 г. № 16

О присуждении Рожко Михаилу Викторовичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Широкополосное нелинейно-оптическое преобразование мощных сверхкоротких лазерных импульсов среднего инфракрасного диапазона» по специальности 1.3.19. Лазерная физика (физико-математические науки) принята к защите диссертационным советом МГУ.013.4 «18» мая 2023 г., протокол № 8.

Соискатель Рожко Михаил Викторович 1994 года рождения, в 2018 году окончил магистратуру физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, в 2022 году окончил аспирантуру физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова по специальности «Лазерная физика».

С 2022 года по настоящее время соискатель работает в должности младшего научного сотрудника в Российском квантовом центре (ООО «МЦКТ»).

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

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор Желтиков Алексей Михайлович, временно не работает, до 23 марта 2023 г. работал в должности профессора в МГУ имени М.В. Ломоносова, физический факультет, кафедра общей физики и волновых процессов.

Официальные оппоненты:

- 1) Моисеев Сергей Андреевич, доктор физико-математических наук, профессор, Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ, Казанский квантовый центр, директор;

- 2) Головань Леонид Анатольевич, доктор физико-математических наук, доцент, Физический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, кафедра общей физики и молекулярной электроники, профессор;
- 3) Селезнев Леонид Владимирович, доктор физико-математических наук, доцент, Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, и.о. заведующего лабораторией фемтосекундной нелинейной оптики, ведущий научный сотрудник; –

дали положительные отзывы на диссертацию.

Соискатель имеет 20 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 11 работ, из них 11 статей, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности 1.3.19. Лазерная физика (физико-математические науки):

[1] Митрофанов А.В., Рожко М.В., Назаров М.М., Серебрянников Е.Е., Федотов А.Б., Сидоров-Бирюков Д.А. Генерация высоких оптических гармоник при взаимодействии фемтосекундных лазерных импульсов среднего ИК диапазона с поверхностью твердотельных мишеней // Журнал экспериментальной и теоретической физики – 2023 – Т. 163 (4), С. 488-495; ИФ РИНЦ: 0.793; вклад соискателя 16.7%.

[2] Mitrofanov A.V., Sidorov-Biryukov D.A., Rozhko M.V., Erukhimova N.V., Voronin A.A., Nazarov M.M., Fedotov A.B., Zheltikov A.M. Broadband ultrawide-angle laser-plasma microwave antennas // Physical Review A – 2022 – V. 105 (5), 053503 (2022); JIF WoS: 2.971; вклад соискателя 12.5%.

[3] Mitrofanov A.V., Voronin A.A., Rozhko M.V., Sidorov-Biryukov D.A., Nazarov M.M., Fedotov A.B., Zheltikov A.M. Polarization and Spatial Mode Structure of Mid-Infrared-Driven Terahertz-to-Microwave Radiation // ACS Photonics – 2021 – V. 8 (7), P. 1988-1996; JIF WoS: 7.077; вклад соискателя 14.3%.

[4] Mitrofanov A.V., Sidorov-Biryukov D.A., Rozhko M.V., Voronin A.A., Glek P.B., Nazarov M.M., Fedotov A.B., Zheltikov A.M. Ultrabroadband Characterization of Microwave-to-Terahertz Supercontinua Driven by Ultrashort Pulses in the Mid-Infrared // Journal of Lightwave Technology – 2021 – Vol. 39 (24), P. 7862-7868; JIF WoS: 4.439; вклад соискателя 12.5%.

[5] Mitrofanov A.V., Rozhko M.V., Voronin A.A., Sidorov-Biryukov D.A., Fedotov A.B., Zheltikov A.M. High-harmonic-driven inverse Raman scattering //

Optics Letters – 2021 – V. 46 (13), P. 3219-3222; импакт-фактор JIF WoS: 3.56; вклад соискателя 16.7%.

[6] Mitrofanov A.V., Sidorov-Biryukov D.A., Nazarov M.M., Voronin A.A., Rozhko M.V., Fedotov A.B., Zheltikov A.M. Coherently enhanced microwave pulses from midinfrared-driven laser plasmas // Optics Letters – 2021 – V. 46 (5), P. 1081-1084; JIF WoS: 3.56; вклад соискателя 14.3%.

[7] Mitrofanov A.V., Rozhko M.V., Sidorov-Biryukov D.A., Voronin A.A., Fedotov A.B., Zheltikov A.M. Near-infrared-to-vacuum-ultraviolet high-harmonic Raman and plasma emission spectroscopy with ultrashort mid-infrared laser pulses // Journal of Raman Spectroscopy – 2021 – V. 52 (12), P. 2089-2099; JIF WoS: 2.727; вклад соискателя 16.7%.

[8] Митрофанов А.В., Сидоров-Бирюков Д.А., Воронин А.А., Рожко М.В., Глек П.Б., Назаров М.М., Серебрянников Е.Е., Федотов А.Б., Желтиков А.М. Усиление плазменных нелинейностей и генерация СВЧ-ТГц-суперконтинуума в поле субтераваттных импульсов среднего инфракрасного диапазона // Письма в Журнал экспериментальной и теоретической физики – 2021 – V. 113 (5), P. 304-310; ИФ РИНЦ: 0.43; вклад соискателя 11.1%.

[9] Mitrofanov A.V., Sidorov-Biryukov D.A., Nazarov M.M., Voronin A.A., Rozhko M.V., Shutov A.D., Ryabchuk S.V., Serebryannikov E.E., Fedotov A.B., Zheltikov A.M. Ultraviolet-to-millimeter-band supercontinua driven by ultrashort mid-infrared laser pulses // Optica – 2020 – V. 7 (1), P. 15-19; JIF WoS: 10.44; вклад соискателя 10%.

[10] Mitrofanov A.V., Sidorov-Biryukov D.A., Glek P.B., Rozhko M.V., Stepanov E.A., Shutov A.D., Ryabchuk S.V., Voronin A.A., Fedotov A.B., Zheltikov A.M. Chirp-controlled high harmonic and attosecond-pulse generation via coherent-wake plasma emission driven by mid-infrared laser pulses // Optics Letters – 2020 – V. 45 (3), P. 750-753 (2020); JIF WoS: 3.56; вклад соискателя 10%.

[11] Митрофанов А.В., Сидоров-Бирюков Д.А., Рожко М.В., Воронин А.А., Глек П.Б., Рябчук С.В., Серебрянников Е.Е., Федотов А.Б., Желтиков А.М. Релятивистские нелинейно-оптические явления в поле субтераваттных лазерных импульсов // Письма в Журнал экспериментальной и теоретической физики – 2020 – V. 112 (1), P. 22-29 (2020); ИФ РИНЦ: 0.43; вклад соискателя 11.1%.

На диссертацию и автореферат поступил 1 дополнительный отзыв, положительный.

Выбор официальных оппонентов обосновывался тем, что они являются специалистами в области лазерной физики, оптики и фотоники,

а также взаимодействия излучения с веществом и имеют публикации по схожей тематике. Указанные оппоненты 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 содержится решение задачи, имеющей значение для лазерной физики. Продемонстрирована генерация суперконтинуума при взаимодействии сверхкоротких лазерных импульсов с длительностью порядка 80 фс на центральной длине волны 3.9 мкм с молекулярным азотом. Показано, что спектральная структура сгенерированного излучения состоит из гармоник высокого порядка в диапазоне 125-850 нм. Установлена немонотонная зависимость интенсивности высоких гармоник дальнего УФ диапазона от давления азота. Исследован эффект вынужденного комбинационного рассеяния в поле гармоник высокого порядка при взаимодействии лазерного излучения среднего ИК диапазона с двухатомной колебательной системой молекулярного азота. В частности, показано, что в высокочастотном крыле 11-й гармоники на длине волны 350 нм ясно видны черты вынужденного комбинационного усиления и вынужденного комбинационного поглощения вблизи частоты колебательного перехода второй положительной системы азота на соответствующей длине волны 337.1 нм. Также показано проявление некогерентного излучения плазмы вблизи колебательных переходов азота 317 нм и монооксида азота 237 нм и 215 нм. Показано, что когерентное кильватерное излучение плазмы, индуцированное высокоинтенсивными (до 10^{17} Вт/см²) сверхкороткими лазерными импульсами среднего ИК диапазона при фокусировке на поверхность твердотельной мишени, порождает мультиоктавное излучение гармоник высокого порядка. Зарегистрированы гармоники 2-51 порядка от лазерного излучения на центральной длине волны 3.9 мкм. Обнаружено, что спектр гармоник крайне чувствителен к чирпу импульсов накачки среднего ИК спектрального диапазона ввиду излучения гармоник цугами аттосекундных импульсов с переменным временным интервалом между отдельными импульсами внутри цуга. Положительное чирпирование лазерных импульсов способно частично компенсировать варьирование этого интервала, реализуя генерацию гармоник высших порядков в спектре излучения плазмы вплоть до экстремального УФ диапазона. Показано, что наиболее высокие порядки гармоник наблюдаются при взаимодействии лазерного излучения с поверхностью мишени из полистирола. Экспериментально продемонстрировано, что плазменные токи,

возбуждаемые мощным лазерным излучением среднего ИК диапазона на центральной длине волны 3.9 мкм, являются источником вторичного широкополосного ТГц и СВЧ излучения в диапазоне от 0.1 ТГц до 17 ТГц. Для характеристики генерируемого низкочастотного суперконтинуума применен комплексный подход с использованием взаимодополняющих измерительных методик, включающих в себя инструменты сверхбыстрой оптики, ТГц фотоники и СВЧ электроники. Экспериментально обосновано, что спектральные, пространственные и поляризационные свойства полученного широкополосного излучения описываются моделями импульсной антенны и черенковского излучения. Такие лазерно-индуцированные антенны способны генерировать СВЧ импульсы с энергией порядка десятков мкДж, а их сверхширокая диаграмма направленности простирается до углов $\theta > 125^\circ$ далеко за пределами поперечной плоскости генерации относительно направления распространения лазерного пучка.

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. При фокусировке мощных фемтосекундных лазерных импульсов на центральной длине волны 3.9 мкм в газовую среду молекулярного азота происходит широкополосная генерация высоких гармоник в спектральной области 125-850 нм. Взаимодействие поля высоких гармоник с колебательными переходами второй положительной системы азота и монооксида азота приводит к вынужденному комбинационному рассеянию, обеспечивая реализацию химически селективной однопучковой и одноимпульсной спектроскопии возбужденных газов.
2. Когерентное кильватерное излучение плазмы, генерируемое р-поляризованными фемтосекундными лазерными импульсами среднего инфракрасного диапазона на центральной длине волны 3.9 мкм при фокусировке на поверхность толстой твердотельной полистироловой мишени до субрелятивистской интенсивности 10^{17} Вт/см², становится источником высоких гармоник вплоть до 51 порядка в диапазоне 75-2000 нм в геометрии на отражение.
3. Плазменные токи, возбуждаемые мощными фемтосекундными лазерными импульсами с энергией до 10 мДж на центральной длине волны 3.9 мкм в атмосферном воздухе, являются источником когерентного терагерцового и СВЧ излучения в диапазоне от 0.1 ТГц до 17 ТГц. В случае одноцветной накачки продемонстрирована генерация широконаправленного

низкочастотного излучения продольными плазменными токами. В случае двухцветной накачки вторичное низкочастотное излучение генерируется преимущественно поперечными плазменными токами и имеет узкую угловую диаграмму по направлению распространения лазерных импульсов. Наблюдаемые пространственно-спектральные особенности СВЧ излучения согласуются с моделями черенковского излучения и импульсной антенны.

На заседании 19 октября 2023 г. диссертационный совет принял решение присудить Рожко Михаилу Викторовичу ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве **17** человек, из них **6** докторов наук по специальности 1.3.19. Лазерная физика (физико-математические науки), участвовавших в заседании, из **24** человек, входящих в состав совета, проголосовали: «за» – **17**, «против» – **0**, недействительных бюллетеней – **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: 19 октября 2023 г.

После проведения заседания по защите в диссертационный совет поступил еще 1 дополнительный отзыв на автореферат – положительный.