ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.166.07, СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Н.И. ЛОБАЧЕВСКОГО», ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 21.12.2018 г. № 30

О присуждении Ларюшину Ивану Дмитриевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21 –лазерная физика.

Диссертация «Ионизационный механизм генерации низкочастотных токов в плазме, создаваемой двухцветными лазерными импульсами» по специальности 01.04. 21 –лазерная физика принята к защите 19 октября 2018 г., протокол № 28, диссертационным советом Д 212.166.07, созданным на базе Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского», 603950, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, д. 23, приказом Рособрнадзора № 1990-1015/130 от 4 сентября 2007 г.

Соискатель, Иван Дмитриевич Ларюшин, 1991 года рождения, окончил факультет «Высшая школа общей и прикладной физики» ННГУ в 2014 году и аспирантуру радиофизического факультета ННГУ в 2018 году. Диссертация выполнена на кафедре электродинамики радиофизического факультета ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского».

Научный руководитель - кандидат физико-математических наук Введенский Николай Вадимович, доцент, старший научный сотрудник отдела физики плазмы ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук», доцент кафедры электродинамики радиофизического

факультета ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского».

Официальные оппоненты:

1. Рыжков Сергей Витальевич, гражданин Российской Федерации, доктор физико-математических наук (специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ и 01.04.08 – физика плазмы), профессор кафедры теплофизики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана»

2. Фролов Михаил Владимирович, гражданин Российской Федерации, доктор физико-математических наук (специальность 01. 04. 02 – теоретическая физика), заведующий кафедрой теоретической физики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный университет»

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук, г. Москва, в своем положительном отзыве, подписанном 30.11.2018 г., составленном 28.11.2018 г. на научном семинаре кафедры теоретического отдела ИОФ РАН, доктором физико-математических наук, ведущим научным сотрудником В.В. Стрелковым, указала, что диссертация Ларюшина Ивана Дмитриевича удовлетворяет требованиям п. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней (Постановление Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842), предъявляемым к кандидатским диссертациям, и ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21 – лазерная физика.

Соискатель имеет 27 опубликованных научных работ по теме диссертации, из них 5 опубликованных в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ВАК. Основные результаты диссертации были представлены на международных и всероссийских конференциях. Личный вклад автора состоит в выполнении численных расчетов и получении аналитических формул для спектральных компонент и волновых форм генерируемых низкочастотных импульсов тока свободных электронов,

в работе с литературными источниками по теме исследований, а также в подготовке результатов к публикации.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Ionization-induced multiwave mixing: terahertz generation with two-color laser pulses of various frequency ratios / V. A. Kostin, I. D. Laryushin, A. A. Silaev, N. V. Vvedenskii // Physical Review Letters. – 2016. – Vol. 117, no. 3. – P. 035003.

2. Ионизационный механизм генерации ультракоротких частотно-перестраиваемых импульсов в среднем ИК-диапазоне / А. А. Силаев, В. А. Костин, И. Д. Ларюшин, Н. В. Введенский // Письма в ЖЭТФ. – 2018. – Т. 107, № 3. – С. 160–165.

3. Возбуждение низкочастотных остаточных токов на комбинационных частотах ионизующего двухцветного лазерного импульса / Н. В. Введенский, В. А. Костин, И. Д. Ларюшин, А. А. Силаев // Квантовая электроника. – 2016. – Т. 46, № 5. – С. 419–425.

4. Low-frequency generation by ionizing femtosecond laser pulse supplied by its second or half-harmonic / I. D. Laryushin, L. S. Kuznetsov, V. A. Kostin, A. A. Silaev, N. V. Vvedenskii // Problems of Atomic Science and Technology. – 2015. – Vol. 98, no. 4. – P. 270–273.

5. Analytical study of residual-current excitation during gas ionization by two-color laser pulse / A. A. Silaev, V. A. Kostin, I. D. Laryushin, N. V. Vvedenskii // Journal of Physics: Conference Series. Vol. 594. – 2015. – P. 012020–012026.

На диссертацию и автореферат поступило 3 отзыва от:

1. Костюков И.Ю., доктор физико-математических наук, заведующий отделом сверхбыстрых процессов ИПФ РАН, член-корреспондент РАН.

2. Попруженко С.В., доктор физико-математических наук, профессор НИЯУ МИФИ.

3. Чернов В.Е., доктор физико-математических наук, профессор кафедры математической физики ФГБУ ВО «Воронежский государственный университет».

Все отзывы положительные. В отзывах отмечается актуальность темы исследования, новизна полученных результатов и их значимость для науки и практики. В отзывах на диссертацию и автореферат содержатся следующие замечания:

Замечания из отзыва ведущей организации:

– В постановке задачи автору работы следовало бы уделить более пристальное внимание описанию условий применимости используемой им в численных расчетах формулы (1.29) для вероятности туннельной ионизации. Хорошо известно, что применимость данной формулы имеет весьма жесткие ограничения на величину интенсивности лазерного поля, как сверху, так и снизу. Что касается данной работы, то вопрос о применимости этой формулы еще более усложняется, поскольку автор рассматривает двухцветные импульсы с существенно различающимися интенсивностями составляющих их одноцветных компонент.

– Используемая в диссертации модель для расчета плотности тока не учитывает ряд эффектов, которые в определенных условиях могли бы оказаться существенными. Например, не учитывается влияние кулоновского поля иона на электрон непосредственно после его отрыва от атома, влияние эффектов перерассеяния электрона на родительском ионе, а также возможное влияние многоэлектронных эффектов на рассматриваемое в работе многоволновое смешение. Автору следовало хотя бы на качественном уровне пояснить, когда перечисленные эффекты мало влияют на параметры рассчитанных в диссертации низкочастотных токов.

Замечания из отзыва официального оппонента Рыжкова С.В.:

– Используемая в диссертации модель для расчета низкочастотных токов опирается на уравнение гидродинамики плазмы для плотности тока свободных электронов, в котором отброшены все нелинейные по полю слагаемые. Однако при определенных условиях эти нелинейные слагаемые могут существенным образом влиять на процессы генерации низкочастотных токов. Диссертанту следовало бы привести область значений параметров, в которой вклад нелинейных слагаемых в генерацию низкочастотных токов в самом деле оказывается пренебрежимо малым.

– Модель для расчета низкочастотных токов связана с представлениями автора только об однократной ионизации атомов газа в интенсивном лазерном импульсе. Хотя известно, что в сильных полях происходит многократная

ионизация атомов и молекул, что, разумеется, может оказать значительное влияние на рассматриваемые в диссертации процессы генерации низкочастотных токов. Диссертанту следовало бы обсудить применимость используемого им подхода для расчетов низкочастотных токов, возбуждаемых при взаимодействии интенсивных лазерных импульсов с газами, допускающими многократную ионизацию атомов и молекул.

– Диссертация содержит ряд опечаток и небрежностей. Например, в формуле для τ на странице 22 вместо $t = 0$ стоит $t = t_0$, а на странице 30 – одна запятая лишняя, и при этом сразу в двух местах они пропущены.

Замечания из отзыва официального оппонента Фролова М.В.:

– Переход от формулы 1.1 к 1.7 не выглядит очевидным, так как при этом, фактически, отбрасываются некоторые слагаемые, вклад которых в низкочастотный ток не обсуждается. Автор должен показать, при каких условиях данный переход является корректным.

– Во второй главе диссертации найдены оптимальные поляризации одноцветных компонент при их оптимальных интенсивностях. Однако может возникнуть вопрос об оптимальной поляризационной структуре двухцветного импульса и при других значениях интенсивности, не отвечающих оптимальным значениям. Автору следовало бы обосновать выбранный им путь решения задачи оптимизации поляризационной структуры ионизирующего импульса и применимость сделанных им выводов для более широкого диапазона значений интенсивностей одноцветных компонент в двухцветном импульсе.

– Хотелось бы указать на некоторую небрежность при выводе формулы 3.2 в третьей главе диссертации для амплитуды низкочастотного тока, осциллирующего на частоте отстройки. Были без обсуждений отброшены некоторые слагаемые, которые могут быть существенными. Например, согласно формуле 3.2, при определенном знаке частоты отстройки и при достаточно больших по модулю ее значениях амплитуда тока обращается в нуль, что противоречит приведенным в 3 главе результатам численных расчетов. При таких значениях частоты отстройки исследуемый эффект оказывается конечно сильно подавленным и амплитуда генерируемого тока мала, но все же не равна нулю, а определяется как раз

отброшенными без всяких обсуждений слагаемыми. Я бы рекомендовал автору придерживаться большей строгости при выводе аналитических формул и более скрупулезно относиться к тем приближениям и строгим неравенствам, которые он фактически использует в своих аналитических выкладках.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается значительным опытом выполнения ими научно-исследовательских работ по тематике диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- Показано, что процесс возбуждения электронных токов в плазме, создаваемой двухцветным фемтосекундным лазерным импульсом с произвольным отношением частот его одноцветных компонент, может рассматриваться как проявление ионизационного многоволнового смешения, основные свойства которого определяются нелинейными свойствами ионизируемых частиц.
- Найдена область значений параметров двухцветных лазерных импульсов, образованных циркулярно поляризованными одноцветными компонентами, для которой возможна генерация остаточного тока вследствие ионизационного многоволнового смешения в образующейся плазме.
- Найдены оптимальные для генерации остаточных токов параметры ионизирующего двухцветного лазерного импульса при произвольных эллиптичностях поляризации его одноцветных компонент. Показано, что оптимальная эллиптичность определяется частотным отношением в двухцветном импульсе. Если это отношение близко к рациональной дроби, числитель и знаменатель которой отличаются на единицу, то оптимальным является использование сонаправленно вращающихся циркулярно поляризованных одноцветных компонент. При других частотных отношениях, используемых для генерации остаточного тока, оптимальным является использование коллинеарных линейно поляризованных одноцветных компонент.

– Найдены условия для эффективной генерации малоцикловых и субцикловых импульсов в среднем инфракрасном диапазоне в плазме, создаваемой при ионизации газа двухцветными лазерными импульсами.

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

– Полученные в диссертационной работе результаты могут быть использованы для объяснения известных экспериментальных данных, планирования новых экспериментов и разработки эффективных методов генерации широкополосного электромагнитного излучения в терагерцовом и среднем инфракрасном диапазонах частот.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

– Разработанный теоретический подход для описания ионизационного многоволнового смешения может быть использован как для исследования генерации токов в терагерцовом и среднем инфракрасном диапазонах, так и для исследования генерации более высокочастотных токов, возникающих в процессах ионизации различных сред двухцветными (или, в более общем случае, многоцветными) лазерными импульсами.

Оценка достоверности полученных результатов исследования выявила:

Проведенное исследование опирается на известные и апробированные методы, применяемые в лазерной физике. Результаты теоретических исследований согласуются с известными экспериментальными данными. Выполненные численные расчеты хорошо согласуются с аналитическими выводами. Также достоверность исследования подтверждается большим числом публикаций соискателя в авторитетных международных и российских научных изданиях. Сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты, достоверны.

Личный вклад соискателя состоит в выполнении численных расчетов и получении аналитических формул для спектральных компонент и волновых форм генерируемых низкочастотных импульсов тока свободных электронов.

На заседании 21.12.2018 г. диссертационный совет принял решение присудить Ларюшину И.Д. ученую степень кандидата физико-математических наук по

специальности 01.04.21 – лазерная физика, на основании того, что диссертация представляет собой научную квалификационную работу, в которой содержатся новые теоретические результаты, имеющие значения для развития лазерной физики, и которая соответствует критериям, установленным п. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г.№ 842.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 6 докторов наук по специальности 01.04.21 – лазерная физика, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение ученой степени - 18, против присуждения ученой степени – 0, недействительных бюллетеней - 0.

Председатель диссертационного совета — Гурбатов Сергей Николаевич

Ученый секретарь диссертационного совета — Клюев Алексей Викторович