

О Т З Ы В

официального оппонента на диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук Львова Кирилла Вячеславовича на тему «Динамика носителей заряда и генерация когерентного излучения фемтосекундными лазерными полями в газовых и конденсированных средах» по специальности 1.3.19. Лазерная физика

Диссертационная работа Львова Кирилла Вячеславовича посвящена исследованию нелинейно-оптических взаимодействий фемтосекундного лазерного излучения с газовыми и конденсированными средами. Изучаются механизмы возбуждения и динамики связанных и свободных носителей заряда под действием интенсивного лазерного излучения фемтосекундной длительности и генерация излучения гармоник и суперконтинуума при распространении такого излучения в среде. Эти исследования касаются как фундаментальных аспектов взаимодействия лазерного излучения с веществом, так и имеют прямое практическое применение в задачах по управлению характеристиками генерируемого излучения, а также по микроструктурированию поверхности и объема твердых тел. Кроме того, интерес представляет физика взаимодействия с веществом лазерного излучения среднего инфракрасного диапазона, что также отражено в диссертационном исследовании. В этой связи актуальность выбранной темы не вызывает сомнений, а полученные в диссертационном исследовании результаты представляют научную и практическую значимость.

Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, заключения и списка цитируемой литературы. Полный объем диссертации составляет 126 страниц, включая 28 рисунков. Список цитируемой литературы содержит 224 наименования.

Во введении обосновывается актуальность темы исследований, проводимых в рамках данной диссертационной работы, и степень ее разработанности, формулируется цель и основные задачи работы, описывается объект и предмет исследования, излагается научная новизна, теоретическая и практическая значимость диссертации, формулируются положения, выносимые на защиту, описывается степень достоверности и апробация результатов работы, а также личный вклад автора.

В первой главе содержится обширный обзор современного состояния исследований нелинейно-оптических взаимодействий фемтосекундного лазерного излучения с газовыми и конденсированными средами.

Во второй главе приводится описание метода численного расчета распространения лазерного излучения в нелинейной среде, возбуждения в ней свободных носителей заряда и генерации когерентного излучения.

В третьей главе разрабатывается усовершенствованная модель динамики свободных носителей заряда (EMRE), которая за счет введения в рассмотрение дополнительного усредненного уровня энергии в зоне проводимости и замены феноменологических параметров на аналитические рассчитываемые выражения с более высокой степенью точности применима для исследования возбуждения вещества лазерными источниками среднего инфракрасного диапазона. Анализируется влияние дисперсионного слагаемого уравнения Фоккера-Планка на особенности динамики свободных носителей заряда и проводится внедрение дисперсионного слагаемого в модель EMRE для увеличения ее точности при сохранении малого (по сравнению с уравнением Фоккера-Планка) времени вычислений.

В четвертой главе содержится анализ роли внешней фокусировки в трансформации спектра суперконтинуума в среде с аномальной дисперсией групповой скорости и предлагается модернизация дисперсионного соотношения, описывающего положение антистоксова крыла спектра суперконтинуума, в случае ионизационного режима распространения лазерного излучения. Проводится анализ условий фазового синхронизма при генерации гармоник в газовой среде с учетом изменения волновой расстройки, вызванной модуляцией интенсивности лазерного излучения при его распространении в газовой среде. Кроме того, на основе непертурбативной теории отклика атома на лазерное поле получено аналитическое выражение для нелинейных восприимчивостей произвольного порядка газовой среды, значение которых необходимо при расчете нелинейной поляризации в моделях распространения лазерного излучения.

В заключении сформулированы основные результаты диссертационного исследования.

В рамках диссертационной работы получен ряд результатов, безусловно обладающих научной новизной. Предложена усовершенствованная модель динамики свободных носителей заряда (EMRE) в диэлектриках и полупроводниках под действием лазерного излучения и продемонстрирована необходимость ее применения в среднем инфракрасном диапазоне длин волн. Получено аналитическое выражение, позволяющее рассчитать смещение коротковолновой границы спектра суперконтинуума при изменении жесткости

внешней фокусировки лазерного излучения. Проанализированы условия фазового синхронизма при генерации третьей гармоники в газовой среде с учетом изменения расстройки волновых векторов основной частоты и гармоники вследствие модуляции интенсивности лазерного излучения при его распространении. Получено аналитическое выражение для нелинейной восприимчивости произвольного порядка газовой среды.

Достоверность и обоснованность представленных в диссертации результатов подтверждается публикациями в рецензируемых высокорейтинговых научных журналах и успешной апробацией на всероссийских и международных профильных конференциях.

Диссертация «Динамика носителей заряда и генерация когерентного излучения фемтосекундными лазерными полями в газовых и конденсированных средах» представляет собой целостную научную работу, выполненную на высоком уровне. Материалы диссертации изложены понятным научным языком и хорошо проиллюстрированы. Автореферат в полной мере отражает содержание диссертационной работы.

В качестве замечаний к диссертации выделю следующие:

1. В разделе 2.1 выводится модель однонаправленного распространения лазерного импульса (UPPE). Эта модель использует приближение медленно меняющейся амплитуды. Однако в тексте диссертации это важное допущение не подчеркивается.
2. В разделе 3.3 усовершенствованная модель динамики свободных носителей (EMRE) применяется для расчета объемной плотности энергии, переданной объему кремния фемтосекундным лазерным излучением. При этом показывается, что фемтосекундный импульс способен создать в электронной подсистеме такую плотность энергии, которая при дальнейшей релаксации носителей превысит порог плавления кристаллической решетки кремния. Интересно было бы исследовать эффективность генерации гармоник и суперконтинуума в среде с такой степенью возбуждения носителей.
3. В тексте работы под генерируемым когерентным излучением понимается излучение гармоник и излучение суперконтинуума. Однако суперконтинуум обладает широким спектром, и степень его когерентности может значительно отличаться от единицы. В разделе 4.1 было бы полезным указать степень когерентности изучаемого суперконтинуума.

4. В разделе 4.4 приводятся значения нелинейной восприимчивости 3-го и 5-го порядков от длины волны, рассчитанные по полученной в работе аналитической формуле. Следовало бы сравнить данные значения с известными экспериментальными результатами.

Вместе с тем, высказанные замечания не влияют на общую высокую оценку и значимость диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует специальности 1.3.19. Лазерная физика (по физико-математическим наукам), удовлетворяет критериям, определенным пп. 2.1 – 2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова, а также оформлена согласно требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Таким образом, считаю, что соискатель Львов Кирилл Вячеславович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.19. Лазерная физика.

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук,
профессор кафедры общей физики
физического факультета ФГБОУ ВО
«Московский государственный университет
имени М.В. Ломоносова

МАНЦЫЗОВ Борис Иванович


« 18 » сентября 2024

Контактные данные:

тел. +7(495)939-14-89, e-mail: mantsyzov@phys.msu.ru,
специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация:
01.04.05. Оптика.

Адрес места работы:

119991, г. Москва, ул. Ленинские горы, д. 1, с. 2, ФГБОУ ВО
«Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»,
физический факультет, кафедра общей физики
Тел.: +7 495 939 16 82; e-mail: info@physics.msu.ru

Подпись доктора физико-математических наук,
профессора Манцызова Бориса Ивановича 
заверяю:

« 18 » сентября 2024 г.