

ОТЗЫВ 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**

Актуальность исследований. Диссертационная работа Львова Кирилла Вячеславовича посвящена исследованию нелинейно-оптического взаимодействия фемтосекундного лазерного излучения с прозрачными газовыми и конденсированными средами. В работе изучена динамика связанных и свободных носителей заряда в диэлектриках и полупроводниках под воздействием фемтосекундных лазерных полей и сопутствующая генерация когерентного излучения. Предложен способ управления уширением спектра фемтосекундных импульсов среднего инфракрасного диапазона путем изменения фокусировки. Установлены законы масштабирования фазовой модуляции лазерного излучения в газовой среде при изменении макропараметров взаимодействия, что может быть использовано для увеличения эффективности генерации гармоник. Выбранная тема диссертации без сомнений является актуальной, а полученные в диссертационном исследовании результаты отличаются научной и практической значимостью.

Достоверность выполненных автором исследований не вызывает сомнений и подтверждается использованием современных методов исследования. Результаты работы опубликованы в высокорейтинговых научных изданиях из списка ВАК и Перечня изданий МГУ и представлены на научных конференциях.

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

Во введении обоснована актуальность работы, сформулирована цель и основные задачи диссертационного исследования, а также научная новизна, теоретическая и

практическая значимость работы, сформулированы положения, выносимые на защиту, определен личный вклад автора.

Первая глава посвящена обзору современного состояния исследований нелинейно-оптических взаимодействий фемтосекундного лазерного излучения с газовыми и конденсированными средами.

Во второй главе приведено скалярное уравнение однонаправленного распространения лазерного импульса в среде с керровской и плазменной нелинейностью и схема его численного решения методом конечных разностей. Ионизация среды в предложенной модели описывается формализмом Келдыша для периодического электромагнитного поля.

В третьей главе предложена уточненная многоскоростная модель динамики свободных носителей заряда, учитывающая нагрев электронов до энергий выше критической энергии, необходимой для начала ударной ионизации, что позволяет учесть запаздывание развития электронной лавины под воздействием ультракоротких лазерных импульсов среднего инфракрасного диапазона. Учет дисперсионного слагаемого, описывающего «расплывание» плотности распределения электронов по зоне проводимости, позволило повысить точность многоскоростной модели, сохранив скорость вычислений.

В четвертой главе исследовано влияние внешней фокусировки на спектр суперконтинуума, генерируемого при нелинейном режиме 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. Применение квантово-механического непerturbативного подхода позволило получить аналитические выражения для тензоров нелинейной восприимчивости произвольного порядка газовых сред.

В заключении сформулированы основные результаты диссертационного исследования.

Замечания по диссертационной работе.

Как и любое большое исследование, диссертационная работа содержит несколько недостатков:

1. Формула (96), полученная из известного дисперсионного уравнения (95), описывающего положение антистоксова крыла суперконтинуума, учитывает изменение показателя преломления за счет керровской и плазменной нелинейности, что по мнению автора приводит к более точному положению максимума антистоксового крыла. Однако при этом в (96) не учитывается отклонение групповой скорости v_g импульса от начальной, которое согласно рисунку 4.4 а и б зависит от режима фокусировки и ключевым образом влияет на условие синхронизма.

2. Не ясен критерий определения положения антистоксова крыла, отмеченного на рисунке 4.7 черными точками. Спектральные зависимости, приведенные на рисунке 4.5, для фокусных расстояний 6 и 10 см в коротковолновой области не имеют ярко выраженного максимума — спектральная интенсивность практически монотонно уменьшается с уменьшением длины волны. При этом, согласно рисунку 4.7, для всех приведенных фокусных расстояний длина волны антистоксова крыла превышает 350 нм, в то время как из рисунка 4.5 следует, что для фокусных расстояний 14 и 20 см, наблюдаемое глазом антистоксово крыло расположено на меньших длинах волн, чем вертикальная штриховая линия, обозначающая рассчитанное по формуле (95) значение $\lambda_{АСК} = 340$ нм.

3. В разделе 4.4 проводятся аналитические вычисления нелинейной восприимчивости газовых сред справедливые при давлении 1 бар и менее (условие достаточной разрежённости среды). При этом не обсуждается, возможно ли с помощью данного подхода, рассчитать нелинейный показатель преломления для газов при давлении более 1-го бара, а также для твердых кристаллических сред.

Отмеченные замечания носят рекомендательный характер, не снижают целостности и качества работы, и не влияют на положительную оценку.

Заключение. Диссертация выполнена автором самостоятельно на высоком научном уровне, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты. Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Считаю, что по актуальности, научной новизне и практической значимости диссертационная работа отвечает всем требованиям, установленным Московским

государственным университетом имени М.В. Ломоносова. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 1.3.19. Лазерная физика (по физико-математическим наукам), удовлетворяет критериям, определённым пп. 2.1 – 2.5 Положения о присуждении учёных 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. Львов Кирилл Вячеславович, как автор работы, заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.19. Лазерная физика.

Официальный оппонент:

кандидат физико-математических наук, начальник
научно-исследовательского отдела
Федерального государственного унитарного предприятия
«Всероссийский научно-исследовательский институт
автоматики им. Н.Л. Духова»

Александр Евгеньевич Дормидонов

« 16 » сентября 2024 г.

Контактные данные: тел. _____, e-mail: AEDormidonov@vniia.ru,
специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация:
01.04.21 — «Лазерная физика».

Адрес места работы:

Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский
научноисследовательский институт автоматики им Н.Л. Духова»
ул. Сущевская, д. 22, Москва, 127030
Тел.: (499) 978-78-03
E-mail: vniia@vniia.ru

Подпись начальника отдела ФГУП «ВНИИА» А.Е. Дормидонова заверяю

Начальник группы отдела кадров

Н.В. Бондарева