

## ОТЗЫВ

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

Диссертационная работа К.В. Львова посвящена теоретическому исследованию механизмов возбуждения и динамики связанных и свободных носителей зарядов, а также генерации когерентного излучения при нелинейном режиме распространения мощного фемтосекундного лазерного излучения в газовых и конденсированных средах. Актуальность выбранной тематики диссертации обусловлена фундаментальным интересом к проблемам, связанным как с управлением поглощением лазерного излучения при распространении в среде для обеспечения контролируемого энерговыклада, так и с генерацией когерентного излучения в различных спектральных диапазонах.

При описании распространения лазерного излучения в веществе К.В. Львов использовал модель однонаправленного распространения лазерного импульса, которая учитывает дифракцию излучения, дисперсию среды, наличие керровской и плазменной нелинейностей, а также поглощение лазерного излучения в среде вследствие фотоионизации. Для моделирования динамики свободных носителей заряда К.В. Львовым был предложен ряд усовершенствований многоскоростной модели (Multiple Rate Equation, MRE). Так, модель MRE была дополнена усредненным уровнем энергии, расположенным выше всех дискретных уровней. Это, в частности, позволило получить в численных исследованиях экспериментально наблюдаемые значения флюенса лазерного излучения, при котором достигается порог плавления кристаллической решетки кремния. Кроме того, модель MRE была дополнительно усовершенствована путем добавления дисперсионного слагаемого, что позволило повысить точность расчетов, приблизив ее к точности, получаемой в рамках кинетических моделей, с сохранением скорости проводимых расчетов (по сравнению с моделью Фоккера-Планка).

Интересные результаты получены при исследовании генерации когерентного излучения в газовых и конденсированных средах. Так, в диссертации К.В. Львовым предложено модифицированное уравнение, которое описывает положение антистокосова крыла спектра суперконтинуума с учетом фазовой самомодуляции и

плазменной фазовой модуляции, проведен анализ условий фазового синхронизма при генерации гармоник в газовой среде с учетом изменения волновой расстройке, вызванной модуляцией интенсивности лазерного излучения при его распространении. Изучены законы масштабирования поглощения и фазовой модуляции от параметров взаимодействия (интенсивности лазерного поля, давления среды и степени ее ионизации) с точки зрения оптимизации эффективности генерации гармоник.


Кроме того, К.В. Львовым с помощью непертурбативного теоретического подхода к расчету отклика одиночного атома на воздействие многочастотных интенсивных лазерных полей, развиваемого в научной группе, получены аналитические выражения для нелинейных восприимчивостей произвольного порядка газовой среды. При этом, им была предложена и использована оригинальная идея, которая позволила существенно упростить расчет суммарного поля, создаваемого различными атомами среды, в выбранной точке пространства. Полученные выражения удобны для использования в расчетах нелинейной поляризации среды в моделях распространения лазерного излучения. Кроме того, с помощью этих аналитических выражений удастся проводить систематический анализ различных каналов генерации гармоник в рамках нелинейных восприимчивостей различных порядков при вариации параметров лазерного излучения.

Полученные в диссертации результаты обладают всеми признаками научной новизны, они были представлены на ряде международных конференций лично К.В. Львовым и опубликованы в ведущих научных журналах. К.В. Львов несомненно является талантливым молодым ученым, способным решать новые сложные физические задачи. Для проведения численных исследований и получения результатов диссертационной работы он использовал написанные им компьютерные программы, которые выполнены, в том числе, с помощью технологий параллельного программирования. Ключевые результаты, вошедшие в диссертационную работу, получены автором диссертационной работы лично, все публикации по теме диссертации подготовлены при его определяющем вкладе.

Диссертация отвечает всем требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова к работам подобного

рода, соответствует специальности 1.3.19. Лазерная физика (физико-математические науки), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова.

К.В. Львов несомненно заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.19. Лазерная физика. Я высоко оцениваю написанную им диссертацию и рекомендую ее к защите.

Доктор физико-математических наук,  доцент,  
профессор кафедры оптики, спектроскопии  
и физики наносистем  
физического факультета МГУ

С.Ю. Стремоухов

18.06.2024