

"УТВЕРЖДАЮ"

Директор Федерального государственного
бюджетного учреждения науки Институт

общей физики им. А.М.Прохорова Российской
академии наук (ИОФ РАН),



С.В.Гарнов
член-корреспондент РАН

2018 г.

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт общей физики им. А.М.Прохорова Российской академии наук на диссертационную работу Сергея Юрьевича Миронова "Формирование трехмерного пространственно-временного распределения интенсивности излучения фемтосекундных лазеров", представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.21 – лазерная физика.

Одним из важных направлений исследований взаимодействия когерентного излучения с веществом являются описание поведения вещества в экстремально сильных электромагнитных полях. Предельно высокая мощность лазерного излучения обычно достигается в импульсном режиме, как за счет повышения энергии импульса излучения, так и за счет сокращения его длительности. В настоящее время достигнуты длительности лазерных импульсов в несколько фемтосекунд, а пиковая мощность излучения достигает несколько петаВатт. Сейчас в мире существуют более десяти установок со столь высокой мощностью излучения, которые расположены в разных странах мира, среди которых США, Япония, Китай, Канада, ФРГ, Чехия и др.

Лазерные системы с таким уровнем мощности построены на усилении чирпированных импульсов с их последующим сжатием. Распространение импульсов фемтосекундной длительности с большой мощностью излучения в трактах установки и их доставка до мишени ставят перед экспериментаторами целый ряд задач. Среди этих задач можно выделить проблему повышения временного контраста излучения, а также проблему сохранения или сокращения длительности лазерных импульсов при их распространении в трактах усилителя.

Практические применения лазерного излучения фемтосекундной длительности формируют отдельные требования к этому излучению, связанные со спецификой конкретных условий применения. Например, для применения лазерных импульсов фемтосекундной длительности для формирования сгустков электронов определенной пространственной и временной формы (фотоинжектор) в лазерах на свободных электронах необходимы импульсы со специальным пространственным и временным распределением.

Работа Сергея Юрьевича Миронова посвящена решению указанных выше задач. Тема работы, несомненно, актуальна.

Диссертация состоит из трех глав, введения и заключения. Общий объем составляет 181 страницу, 109 рисунков, 159 ссылок.

Во Введении обосновывается актуальность темы диссертации. Дан краткий обзор литературы, сформулированы цели исследований, научная новизна и ключевые положения, выносимые на защиту.

В Главе 1 рассматриваются методы повышения пиковой мощности интенсивных лазерных импульсов с использованием эффекта самомодуляции фазы, возникающей при распространении импульса в нелинейной среде. В этой части работы поставлена и решена задача о распространении интенсивного лазерного импульса в среде с кубической нелинейностью. При этом используются известные нелинейные уравнения.

Показано, что фазовая самомодуляция интенсивного лазерного импульса, возникающая при его распространении в нелинейной среде, и последующая корректировка спектральной фазы позволяют сократить длительность импульса и увеличить его мощность.

Показано теоретически и подтверждено экспериментально пространственно однородное уширение спектра Гауссовых лазерных пучков при их прохождении через систему, состоящую из отрицательной линзы и параболического зеркала. Такая система с последующим использованием дисперсионных зеркал позволила почти в два раза сократить длительность импульса (с 33 фс до 16 фс).

Предложено проведение сокращения длительности лазерного импульса за счет уширения спектра при распространении его в прозрачной диэлектрике и последующей коррекции квадратичной составляющей фазы спектра. Расчет применительно к характеристикам лазера PETAL (г. Бордо, Франция) показал возможность сокращения длительности лазерного импульса почти в 5 раз (от 500 фс до 108 фс).

Численное моделирование показало возможность повышения пиковой мощности импульсов при последовательном двухкаскадном прохождении импульса через систему пространственный корректор – диэлектрик – корректор фазы. Расчет показал принципиальную возможность получить импульс с длительностью в один период осцилляций светового поля.

Для нелинейного уширения спектра лазерных импульсов предложено использовать полимеры, в частности, полиэтилентерефталат, образцы которого толщиной 0.7 мм оказываются стойкими к воздействию излучения с пиковой интенсивностью до 1.3 ТВт/см^2 .

Предложен метод нахождения коэффициента кубической нелинейности среды по зависимости от энергии лазерного импульса изменения ширины спектра при прохождении мощного импульса излучения через среду. Метод опробован на практике.

Глава 2 посвящена вопросам использования процесса генерации второй гармоники, а также каскадной квадратичной нелинейности, для решения задач по увеличению временного контраста и дополнительному сокращению длительности импульсов петаваттного уровня мощности.

Показано, что можно уменьшить длительность импульса второй гармоники и увеличить его мощность за счет коррекции квадратичной составляющей фазы спектра второй гармоники при наличии кубической нелинейности. Численным расчетом показана возможность сжатия импульса первой гармоники в кристалле KDP с 500 фс до 220 фс при совместном действии квадратичной и кубической нелинейности.

Получена высокоэффективная (73%) генерация второй гармоники фемтосекундного излучения с длиной волны 910 нм в нелинейном кристалле KDP толщиной 1 мм с пиковой интенсивностью второй гармоники 2 ТВт/см^2 .

Получено 50 % преобразование в излучение второй гармоники с использованием кристалла KDP толщиной 0.5 мм лазерных импульсов с длиной волны 800 нм и пиковой интенсивностью 3.5 ТВт/см^2 . В работе предложен метод увеличения временного контраста за счет применения каскадной квадратичной нелинейности в одноосных кристаллах.

В главе 3 описаны характеристики лазерного комплекса для генерации импульсов специальной формы, созданного в ИПФ РАН, предназначенного для управления формой электронных сгустков на фотоинжекторе DESY PITZ (Photo Injector Test Facility at DESY, Zeuthen).

Экспериментально получены импульсы пикосекундной длительности с прямоугольной и треугольной временной формой импульса излучения. Для модификации спектра чирпированных лазерных импульсов использовались жидкокристаллические модуляторы света. Получены импульсы длительностью 42 пс с распределением интенсивности в форме 3D квазиэллипсоида.

Получены импульсы ИК-диапазона пикосекундной длительности с распределением интенсивности в форме 3D эллипсоида с помощью объемной пространственно-неоднородной чирпирующей решетки Брэгга, записанной внутри эллипсоидального объема.

Экспериментально показана зависимость эффективности генерации второй и четвертой гармоники от углового chirpa у широкополосных лазерных импульсов с линейной частотной модуляцией.

Экспериментально получена эффективность преобразования излучения во вторую гармонику 53% и четвертую гармонику 21 % в 4 мм кристалле LBO (BBO). Разработан и введен в эксплуатацию лазерный комплекс для генерации импульсов специальной формы, предназначенных для управления формой электронных сгустков на фотоинжекторе DESY PITZ (Photo Injector Test Facility at DESY, Zeuthen).

Диссертация написана хорошим и грамотным языком. Постановка задач и результаты их решения описаны подробно и ясно.

Содержание диссертации правильно отражено в автореферате.

Диссертационная работа выполнена на высоком научном уровне. Достоверность полученных результатов не вызывает сомнений. Результаты диссертации опубликованы в 51 работе, из них 22 статьи в рецензируемых научных журналах, включенных в международные и российские научные базы цитирования, такие как Web of Science, Scopus и РИНЦ, получен 1 международный патент, написана 1 глава в книге.

Результаты диссертационной работы доложены на Международных конференциях и семинарах и хорошо известны специалистам.

Содержание диссертации было доложено на семинаре Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт общей физики им. А.М.Прохорова Российской академии наук 17 сентября 2018.

Диссертация Сергея Юрьевича Миронова представляет собой систематическое законченное научное исследование в области лазерной физики и нелинейной оптики.

Совокупность результатов и положений, содержащихся в диссертации, позволяют квалифицировать ее как значительное достижение в области лазерной физики и нелинейной оптики.

Основные результаты диссертации представляют большой интерес для фундаментальной науки. Результаты работы имеют также и практическую значимость, показывая пути улучшения характеристик существующих лазерных установок большой мощности.

Работа не свободна от недостатков.

Замечания, в основном, касаются оформления графического представления результатов.

Из данных, приведенных на рисунке 13, непонятно, где исходная и где восстановленная форма импульса. На этом же рисунке имеются надписи, как на русском, так и на английском языке.

Приведенная на странице 53 формула (17) для интенсивностей излучения на выходе интерферометра Маха-Цендера в стационарном случае не удовлетворяет закону сохранения энергии.

Схема интерферометра Маха-Цендера, приведенная на рис. 24, излишне упрощена, что не позволяет понять, как распространяется свет через проходные элемента интерферометра.

Приведенные выше замечания не умаляют научной значимости диссертации.

Диссертационная работа Сергея Юрьевича Миронова "Формирование трехмерного пространственно-временного распределения интенсивности излучения фемтосекундных лазеров", отвечает всем требованиям "Положения о порядке присуждении ученых степеней", предъявляемым ВАК Российской Федерации к диссертационным работам на соискание ученой степени доктора наук. Автор диссертации, Сергей Юрьевич Миронов, несомненно, заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.21 - лазерная физика.

Отзыв составил

д. ф.-м. н.



Н.Н.Ильичев

Ильичев Николай Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лабораторией отдела ВКИВ Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт общей физики им. А.М.Прохорова Российской академии наук.

108840 г. Москва, г. Троицк, Октябрьский проспект, д. 10, кв. 124.

Тел.: 499-135-0327, ilichev@kapella.gpi.ru