

## О Т З Ы В

официального оппонента по диссертации С.Ю. Миронова  
«Формирование трехмерного пространственно-временного распределения  
интенсивности излучения фемтосекундных лазеров», представленной на  
соискание ученой степени доктора физико-математических наук  
по специальности 01.04.21 – лазерная физика

Диссертационная работа С.Ю. Миронова посвящена разработке нелинейно-оптических методов временного сжатия и повышения контраста ультракоротких лазерных импульсов высокой интенсивности, а также методов их пространственно-временного профилирования с помощью жидкокристаллических пространственных модуляторов света и объемных чирпирующих решеток Брэгга. Тематика работы относится к одному из наиболее актуальных направлений лазерной физики – развитию технологий создания сверхмощных лазерных систем. Предложенные в диссертации методы представляют практический интерес для целей управления пространственными и спектрально-временными характеристиками ультракоротких оптических импульсов тераваттного и петаваттного уровня мощности.

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и списка литературы, включающего работы по диссертации. Во введении обоснована актуальность темы и сформулированы цели работы, кратко описано содержание работы по главам и приведены основные положения, выносимые на защиту.

Первая глава диссертации посвящена исследованию возможностей временного сжатия фемтосекундных оптических импульсов в результате их фазовой самомодуляции при распространении в среде с керровской нелинейностью и последующей коррекции квадратичной составляющей спектральной фазы внешними устройствами. Показано, что наличие у спектральной фазы составляющих третьего и четвертого порядка практически не влияет на достижимую степень сжатия импульса. Экспериментально продемонстрировано сжатие импульса субпетаваттного комплекса PEARL (ИПФ РАН, Нижний Новгород) с 79 фс до 34 фс и с 57 фс до 22 фс при использовании в качестве корректора фазы диэлектрических чирпирующих зеркал. Для обеспечения однородного уширения спектра импульса по поперечному сечению лазерного пучка предложено использовать в качестве нелинейной среды дефокусирующую линзу. Работоспособность

такой схемы продемонстрирована на лазерном комплексе ALLS (INRS, Монреаль) на тераваттном уровне мощности. Показана перспективность использования в качестве нелинейной среды полимеров, в частности, полиэтилентерефталата. Для петаваттных лазерных систем с кДж уровнем энергии импульса предсказана возможность достижения пиковой мощности  $\sim 10$  ПВт при использовании предложенных методов.

Во второй главе исследованы возможности повышения временного контраста и сокращения длительности мощных лазерных импульсов в условиях генерации второй гармоники. С помощью численного моделирования показано, что наличие у кристалла-удвоителя частоты не только квадратичной, но и кубичной нелинейности приводит к фазовой модуляции импульсов основной частоты и второй гармоники, что дает возможность сжать импульсы после кристалла путем компенсации квадратичной составляющей фазы при отражении от чирпирующих зеркал. Интересным и практически важным является вывод о том, что импульс второй гармоники может обладать большей пиковой мощностью и большим контрастом, чем исходный импульс на основной частоте. К сожалению, сделанные выводы не подтверждены экспериментально, хотя в работе и была реализована эффективная генерация второй гармоники импульсов миллиджоульного уровня энергии в кристалле KDP. Перспективной представляется предложенная во второй главе схема повышения временного контраста импульса на основной частоте в условиях каскадной генерации второй гармоники в двух последовательно расположенных одноосных кристаллах.

В третьей главе представлены, в основном, экспериментальные результаты по генерации профилированных в пространстве и времени лазерных импульсов с применением жидкокристаллических пространственных модуляторов света и пространственно-неоднородной чирпирующей решетки Брэгга. Получены импульсы с прямоугольным и треугольным распределением интенсивности во времени, а также импульсы с эллипсоидальным распределением интенсивности в пространстве. Полученные результаты имеют практическое значение применительно к задаче разработки управляемых фотоинжекторов электронов, в частности, для лазеров на свободных электронах.

В заключении сформулированы основные результаты диссертации.

Таково, в общих чертах, содержание диссертации С.Ю. Миронова, свидетельствующее о большой работе, проделанной автором. Диссертация является законченным научным трудом и обладает внутренним единством. Наличие в диссертации всего



лишь трех глав говорит о цельности работы. Основные научные положения работы являются новыми и соответствуют передовому мировому уровню. Сделанные выводы и предложенные рекомендации достаточно хорошо обоснованы, так что их достоверность не вызывает сомнений.

Безусловным достоинством диссертации является подтверждение ряда теоретических предсказаний данными экспериментов. Хотя предложенные в диссертации методы управления параметрами лазерных импульсов и основаны на хорошо известных идеях (фазовая самомодуляция при распространении в среде с кубичной нелинейностью и в процессе генерации второй гармоники, дисперсионная компрессия чирпированных импульсов и т.п.), тем не менее, экспериментально продемонстрированная работоспособность этих методов на тераваттном и субпетаваттном уровне мощности производит сильное впечатление.

Диссертация написана достаточно понятно, но имеющиеся недостатки в оформлении зачастую затрудняют восприятие, а иногда просто возмущают. Прежде всего, отмечу слишком мелкие рисунки или подписи на многих рисунках, например, 3, 11, 13, 20, в которых сложно разобраться. На рисунке 20 и при его обсуждении на стр. 49 перепутаны  $V$ ,  $v$  и бета. Неправильно указаны интервалы в формуле (38). Допущены неправильные утверждения типа «Эффективность преобразования во вторую гармонику пропорциональна квадрату интенсивности» (стр. 64). В список литературы одни и те же работы автора входят под разными номерами (12 и 119, 13 и 118, 30 и 120). Даже цели диссертации автору не удалось сформулировать грамотно (стр. 11 введения и стр. 4 автореферата), что несколько портит впечатление об общем культурном уровне диссертанта.

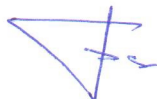
По существу же работы имеются следующие замечания.

1. Значительная часть результатов диссертации получена с помощью численных расчетов. В то же время, практически отсутствует описание использованных при этом методов и, как правило, не приводятся графики динамики полей в кристалле, а дается лишь рассчитанное значение некоторой величины на выходе из кристалла. Это не позволяет судить о надежности расчетов. Например, при численном моделировании генерации второй гармоники неясно, контролировалось ли сохранение суммарной энергии волн.

2. В диссертации практически отсутствует содержательное обсуждение полученных результатов в сравнении с результатами работ других авторов. Работы других авторов упоминаются, как правило, лишь на уровне введения. Например, это относится к результатам по генерации второй гармоники.
3. При теоретическом рассмотрении генерации второй гармоники в кристалле с квадратичной и кубической нелинейностями не учитываются каскадные процессы оптической ректификации и линейного электрооптического эффекта. Между тем, их вклад в нелинейный показатель преломления может конкурировать с керровской нелинейностью, см., например, C. Bosshard et al., Phys. Rev. Lett. 74, 2816 (1995); D.N. Christodoulides et al., Adv. Opt. Photon. 2, 60 (2010). Было бы полезно сделать соответствующие оценки.
4. Неясно, почему во второй главе в экспериментах по генерации второй гармоники не были проверены предсказанные эффекты сжатия импульсов.

Указанные недостатки не являются принципиальными. Работа удовлетворяет требованиям Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к докторским диссертациям, и соответствует специальности 01.04.21 – лазерная физика. Основные результаты работы опубликованы в ведущих научных журналах. Автореферат правильно отражает содержание диссертации. Автор работы Миронов С.Ю. заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.21 – лазерная физика.

Заведующий кафедрой общей физики  
Нижегородского государственного  
университета им. Н.И. Лобачевского,  
доктор физико-математических наук,  
профессор



Бакунов Михаил Иванович

Адрес: 603950 Нижний Новгород, проспект Гагарина, 23, ННГУ

Тел.: (831) 462-32-71

E-mail: bakunov@rf.unn.ru

