

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе,
Председатель диссертационного совета
Университета ИТМО
д.т.н., профессор Владимир Олегович
Никифоров




« 02 » сентября 2021 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию Худякова Дмитрия Владимировича
«Волоконные иттербиевые лазеры ультракоротких импульсов, методы
генерации и усиления импульсов»,
представленную на соискание учёной степени доктора физико-
математических наук по специальности 01.04.21 — лазерная физика

Актуальность темы диссертации обусловлена необходимостью разработки эффективных и надежных лазерных источников излучения с фемтосекундной длительностью импульсов для применения в промышленности, в научных исследованиях и в медицине. Бурное развитие волоконных источников сверхкоротких импульсов диктует необходимость разработки новых средств управления дисперсией и нелинейностью в оптических световодах, а также поиск новых материалов в качестве насыщающихся поглотителей для пассивной синхронизации лазерных мод, что является актуальной задачей и темой данного диссертационного исследования

Новизна полученных результатов и выводов заключается в следующем:

- 1) Выполнено сравнительное исследование нелинейных оптических свойств углеродных нанотрубок, графена и дисульфида молибдена с точки зрения использования этих наноматериалов в качестве широкополосных насыщающихся поглотителей в лазерах ультракоротких импульсов .
- 2) Определены зоны стабильной генерации импульсов в зависимости от глубины модуляции насыщающегося поглотителя и величины полной дисперсии резонатора .
- 3) Определена и разработана оптимальная геометрия волоконного резонатора для волоконных источников сверхкоротких импульсов, использующих нелинейное вращение эллипса поляризации как метод синхронизации лазерных мод.
- 4) Выполнено численное моделирование распространения ультракороткого импульса в волоконном лазере с нелинейным волоконным зеркалом, найдена зависимость длительности импульса от физических параметров нелинейного волоконного зеркала.
- 5) Разработаны и исследованы схемы волоконных лазерных генераторов импульсов с широкополосными насыщающимися поглотителями на основе одномерных и двумерных наночастиц, где используется комбинированная синхронизация мод для получения сверхкоротких импульсов.
- 6) Определены зоны модификации показателя преломления в прозрачных материалах при фемтосекундной записи в тепловом режиме накопления импульсов.
- 7) Предложена и исследована гибридная (волноводно-твердотельная) схема усиления лазерных импульсов, основанная на волноводах с депрессированной оболочкой с большим диаметром моды, полученных методом фемтосекундной модификации показателя преломления активной среды.

Апробация работы проведена на многих Международных и Всероссийских научных конференциях. Материалы диссертации опубликованы в 26 печатных работах, из которых 17 работ в журналах, из списка

рекомендованных ВАК. Следует особо отметить, что автором зарегистрированы 5 патентов по теме диссертационного исследования.

Диссертация состоит из Введения, пяти глав, Заключение, а также Списка цитированной литературы. Объем диссертации состоит из 300 страниц, 177 рисунка и 5 таблиц. Список цитированной литературы состоит из 321 наименования.

Во Введении формулируется цель и задачи работы, показана научная новизна и обоснована значимость полученных результатов, перечислены защищаемые положения и кратко рассмотрено содержание диссертационной работы по главам.

В Главе 1 рассмотрено строение световода и сформулированы условия для прохождения оптического излучения в световоде. Рассмотрены характеристики спектрально-ограниченных и chirпированных импульсов, а также математические способы их описания

В Главе 2 изложены методы генерации сверхкоротких импульсов, основанные на принципах быстрой модуляции коэффициента преломления в оптическом световоде. Дано подробное описание работы волоконного иттербиевого импульсного лазера с нелинейным волоконным зеркалом.

В Главе 3 представлено детальное исследование оптических свойств широкополосных насыщающихся поглотителей на основе одномерных и двумерных наночастиц, таких как одностенные углеродные нанотрубки, графен и тонкие слои дисульфида молибдена. Разработаны и изучены экспериментальные схемы волоконных иттербиевых лазеров УКИ, а также определены зоны стабильности импульсных волоконных генераторов в зависимости от глубины модуляции насыщающегося поглотителя и полной величины дисперсии резонатора

В Главе 4 рассмотрены методы усиления фемтосекундных импульсов до энергий в несколько мкДж на длине волны 1 мкм в компактных волоконных схемах. Показано применение использование световода с W-профилем

показателя преломления в качестве стретчера для последующего усиления и сжатия ультракоротких импульсов в полностью волоконном лазере.

В Главе 5 рассмотрены методы оптической записи световодов в прозрачном материале, определены характерные параметры световых импульсов и рабочих зон для перманентного изменения показателя преломления.

В Заключение представлены основные результаты диссертационной работы

Обоснованность научных положений и достоверность результатов исследований подтверждается согласованностью результатов теоретических расчетов с данными, полученными экспериментальным путем автором и другими исследователями. Полученные автором результаты соответствуют проведенным ранее исследованиям. Принятые в работе допущения и ограничения обоснованы и отражены в полном объеме. Проведенные научные исследования можно характеризовать как научно обоснованные разработки, обеспечивающие решение важных прикладных и фундаментальных научных задач в области фемтосекундной лазерной физики и волоконной оптики.

Научная значимость результатов исследований заключается в том, что теоретические расчеты и экспериментальные исследования позволили определить

- оптимальную геометрию и режимы работы для волоконных импульсных лазеров на эффекте нелинейного вращения эллипса поляризации и с нелинейным волоконным зеркалом.
- зоны стабильной импульсной генерации в зависимости от общей дисперсии волоконного резонатора и глубины модуляции насыщающегося поглотителя.
- оптимальные условия для лазер-индуцированной записи оптических волноводов в прозрачных средах в режиме теплового накопления импульсов

Практическое значение работы определяется тем, что решенные задачи нашли применение в реальном коммерческом устройстве – фемтосекундном лазере для офтальмологии. Результаты исследования зон стабильности для волоконных генераторов ультракоротких импульсов необходимы для создания эффективных и надежных источников лазерных импульсов фемтосекундной

длительности. Разработанные методы лазер-индуцированной записи оптических волноводов могут быть использованы для создания световодов с большим диаметром сердцевины и применяться для создания гибридных лазерных усилителей с повышенной оптической эффективностью.

Как замечание по диссертационной работе отмечаем, что в работе, несмотря на перечисленные автором альтернативные методы компрессии и расширения импульсов, ценность работы могла бы возрасти при сравнительном анализе использования волокон W-типа и фотонно-кристаллических волокон, а также чирпированных волоконных брэгговских решеток в устройствах расширения и сжатия импульсов. Замечание имеет рекомендательный характер и может быть учтено автором в дальнейших публикациях по теме исследования.

Заключение

Работа выполнена автором самостоятельно на высоком научном уровне, написана литературным языком, грамотно, стиль изложения доказательный. Диссертационная работа содержит достаточное количество исходных данных, имеет пояснения, рисунки, графики, подробные расчеты. По каждой главе и работе в целом имеются выводы. Основные этапы работы, выводы и результаты представлены в автореферате. Автореферат соответствует основному содержанию диссертации

Таким образом, диссертационная работа Худякова Дмитрия Владимировича «Волоконные иттербиевые лазеры ультракоротких импульсов, методы генерации и усиления импульсов», является законченным трудом, в котором на основании выполненных автором исследований и разработок осуществлено решение научных проблем устойчивой генерации и усиления ультракоротких импульсов в полностью волоконных иттербиевых лазерах, а также проблемы прямой фемтосекундной записи в тепловом режиме накопления импульсов, имеющих важное значение для лазерной физики, и соответствует, на наш взгляд, требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября

2013 года № 842, предъявляемым к докторским диссертациям, а её автор заслуживает присуждения учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.21 — лазерная физика

Отзыв подготовил доктор технических наук, профессор, Заведующий Научно-исследовательским центром световодной фотоники Национального исследовательского университета ИТМО

Мешковский Игорь Касьянович

Отзыв рассмотрен и одобрен на заседании Научно-исследовательского центра световодной фотоники Национального исследовательского университета ИТМО, протокол № 1а от «17» мая 2021_ года.

Сведения о ведущей организации: Научно-исследовательский центр световодной фотоники Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики» (НИЦ световодной фотоники университета ИТМО)

Адрес: Санкт-Петербург, Кронверкский пр. 49

Тел.: (812) 233-63-88

Электронная почта: igorkm@niuitmo.ru

Сайт: sf.ifmo.ru

Руководитель

НИЦ световодной фотоники

Университета ИТМО

д.т.н., профессор

 Мешковский Игорь Касьянович