

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Федотова Андрея Борисовича на соискание ученой степени доктора физико-математических наук «Спектрально-временные преобразования лазерных импульсов в микроструктурированных световодах для нелинейно-оптической спектроскопии» по специальности 1.3.19. Лазерная физика

Волоконные световоды являются идеальной средой для реализации нелинейно-оптических преобразований лазерного излучения, поскольку обеспечивают сильную локализацию излучения в сердцевине малого диаметра и, в то же время, большую длину взаимодействия. Появление в 1996 году микроструктурированных световодов открыло для нелинейной волоконной оптики новые перспективы, обусловленные как широкими возможностями микроструктурированных световодов по управлению дисперсионным профилем, так и новыми механизмами локализации излучения в сердцевине, в том числе и в полой сердцевине. На сегодняшний день нелинейно-оптические эффекты в микроструктурированных световодах играют заметную роль в фундаментальных и прикладных исследованиях, а также находят коммерческие применения. Соответственно, область представленных в диссертации исследований являлась актуальной, и остается такой в настоящее время.

В автореферате работы кратко представлены результаты многолетних исследований, которые проводились А. Б. Федотовым в группе фотоники и нелинейной спектроскопии физического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова по широкому спектру направлений, связанных с исследованием линейных и нелинейных свойств микроструктурированных световодов.

В первой главе диссертации продемонстрировано, что микроструктурированные световоды обеспечивают новые режимы распространения и высокую эффективность нелинейно-оптических преобразований, что связано высокой степенью локализации поля в сердцевине и возможностью управлением дисперсионными свойствами таких световодов.

Во второй главе дан обзор современной техники и методов, используемых автором в экспериментах по исследованию нелинейных эффектов в волоконных средах. Прежде всего это фемтосекундные лазерные системы (титан-сапфировые, хром-форстеритовые и иттербиевые), различные типы микроструктурированных световодов и методика их изготовления, а также методика измерений спектрально-временных преобразований импульсов.

Третья, четвертая и пятая главы представляют основные результаты диссертационной работы. В частности, в третьей главе представлены результаты исследований солитонных механизмов распространения и нелинейно-оптического преобразования фемтосекундных импульсов накачки с центральной длины волны в области 1.25 мкм в различных типах микроструктурированных световодов с твердотельной сердцевиной. Продемонстрированы возможности формирования импульсов с различными уровнями пиковой мощности (до нескольких мегаватт) и управляемыми спектрально-временными параметрами, включая получение импульсов с длительностями до нескольких циклов поля, перестраиваемых в области 1.3 – 1.8 мкм, с возможностью расширения

области перестройки в видимый спектральный диапазон до 0.6 мкм. При этом наиболее технологичным является использование генераторов фемтосекундных импульсов с удлиненным резонатором, поддерживающих мегагерцовую частоту повторения импульсов и энергий импульсов до нескольких десятков наноджоулей.

Четвертая глава посвящена исследованию микроструктурированных световодов с полый сердцевиной. В частности, изучены особенности волноводного распространения высокоэнергетичных лазерных импульсов с нано-, пико- и фемтосекундными уровнями длительностей. Проведены детальные исследования процесса генерации суперконтинуума в полых антирезонансных световодах. Показано, что при накачке таких световодов, заполненных аргоном, фемтосекундным излучением ближнего и среднего инфракрасного диапазона происходит генерация суперконтинуума с шириной спектра более трех октав (300 – 4200 нм), что позволяет формировать предельно короткие импульсы с длительностью порядка одного цикла поля. Эксперименты демонстрируют не только высокий научный уровень и новизну представленных результатов, но и широкий спектр применений - от биомедицины до аттосекундной физики.

Пятая глава ярко демонстрирует возможные применения лазерных источников, основанных на нелинейно-оптических эффектах в различных микроструктурированных световодах. В частности, реализована платформа для нелинейно-оптической микроспектроскопии когерентного антистоксового рассеяния света (КАРС), работа которой продемонстрирована при исследовании объектов различной природы (кремний, алмазные пленки, биологические ткани). При этом использованы перестраиваемые лазерные источники, разработанные автором, описание которых приведено в третьей главе диссертационной работы. Кроме того, продемонстрированы возможности использования полых микроструктурированных световодов в качестве элементов, обеспечивающих повышение эффективности нелинейно-оптической КАРС спектроскопии газовых сред. В последних разделах пятой главы описана исключительно актуальная работа по реализации и оптимизации источника коррелированных фотонных пар и одиночных провозглашенных фотонов на основе векторного спонтанного четырехволнового взаимодействия (ЧВВ) в высоконелинейных двулучепреломляющих микроструктурированных световодах. Показано, что такие источники могут обеспечивать высокую скорость генерации коррелированных фотонных пар (порядка 10^6 Гц), а корреляционные свойства фотонов могут варьироваться от состояний яркого сжатого вакуума до антигруппировки. Также продемонстрированы возможности генерации широкополосных и междиапазонных коррелированных фотонных пар с использованием импульсных и непрерывных источников оптической накачки. Достигнутые результаты позволили автору диссертационной работы реализовать методику линейной фантомной спектроскопии с использованием частотно-коррелированных фотонных пар.

Работа выполнялась в группе фотоники и нелинейной спектроскопии физического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова. Научные достижения группы по этой тематике хорошо известны, они многократно представлялись на различных международных конференциях и в значительном количестве публикаций. Достоверность, новизна и высокий уровень представленных материалов не вызывает сомнений.

Автореферат диссертации А. Б. Федотова правильно оформлен, содержит необходимую информацию о результатах работ и отвечает требованиям, определённым Положением о присуждении ученых степеней в МГУ имени М. В. Ломоносова. Считаем, что диссертация А. Б. Федотова «Спектрально-временные преобразования лазерных импульсов в микроструктурированных световодах для нелинейно-оптической спектроскопии» является значимым научным исследованием, и соискатель Федотов Андрей Борисович заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.19. Лазерная физика.

Член-корреспондент Российской академии наук, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник лаборатории полых волоконных световодов Научного центра волоконной оптики им. Е.М. Дианова РАН – обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки ФИЦ «Институт общей физики им. А.М. Прохорова» Российской академии наук, г. Москва, 119991, ГСП-1, ул. Вавилова д.38, электронная почта: iabuf@fo.gpi.ru, телефон: 8-499-503-87-10

Буфетов Игорь Алексеевич
18 декабря 2024 г.

Подпись Буфетова И. А. заверяю