



Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования

**«Волгоградский
государственный университет»
(ВолГУ)**

пр-кт Университетский, 100,
Волгоград, 400062, Россия
Телефон (8442) 46-02-63, факс: (8442) 46-18-48
E-mail: ob.otdel@volsu.ru
ОКПО 05264367, ОГРН 1023404237669,
ИНН/КПП 3446500743/344601001

02 06 201 *6* № *06.17-5-1408*



УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор ВолГУ

А.Э. Калинина

2016 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

**Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный университет»
о диссертации Пластуна Александра Сергеевича
«Влияние изменений поперечного профиля на пропускание и дисперсионные характеристики оптических волокон и фотонно-кристаллических волноводов»,
представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21 – Лазерная физика**

Диссертационная работа Пластуна А.С. направлена на решение группы задач лазерной физики по прогнозированию физических свойств фотонно-кристаллических волноведущих структур, имеющих сложное строение, оптические свойства и состав, и выявлению влияния ряда физико-структурных факторов на дисперсионные и спектральные свойства подобных структур и явлений, возникающих вследствие изменений волноведущей структуры сложного состава (например, волокон с изменяющимся диаметром).

Актуальность данного диссертационного исследования обусловлена рядом факторов. Важнейшим вопросом современной оптики фотонных кристаллов является управление их свойствами и дисперсионными характеристиками, для чего необходима разработка методов, математических моделей и алгоритмов расчета дисперсионных свойств подобных структур.

Одной из характерных особенностей фотонных кристаллов является высокий уровень потерь, поэтому весьма актуальной является задача разработки метода или модели, учитывающей влияние потерь в подобной структуре.

С другой стороны, при разработке устройств на основе нелинейно-оптических эффектов актуальной является задача по управлению дисперсией групповых скоростей оптических импульсов в ИК диапазоне длин волн.

Кроме того, при управлении лазерными импульсами и в ходе оптической обработки информации возникает проблема учёта взаимодействия оптических солитонов в волокнах, поскольку это взаимодействие оказывает значительное влияние на характеристики поля, распространяющегося в волноводе. В качестве решения подобного рода проблем используют волокна с переменной дисперсией, в которых поведение солитонов можно описать на основе неавтономного нелинейного уравнения Шредингера с переменными коэффициентами нелинейности и дисперсии. Большинство подходов к

000054

получению аналитических решений нелинейного уравнения Шредингера с периодически изменяющимися коэффициентами не учитывает резонансный характер распространения солитонов в среде с осциллирующей дисперсией (и/или нелинейностью), хотя в резонансном режиме амплитуды солитонов, их скорости и даже число солитонов могут изменяться, что делает задачи учёта влияния неупругого взаимодействия солитонов в оптическом волокне весьма актуальными

Соответствие специальности.

Материалы диссертации соответствуют специальности 01.04.21 – лазерная физика (физико-математические науки). Тема диссертации соответствует следующим областям исследований паспорта специальности «Лазерная физика»: физические аспекты волоконно-оптической связи, интегральной оптики, оптической обработки и передачи информации; процессы генерации и преобразования когерентного оптического излучения, физические методы управления свойствами и параметрами лазерного излучения.

Научная значимость результатов.

К числу наиболее важных научных результатов, полученных в диссертационной работе можно отнести:

1. Разработаны программные комплексы для численного моделирования распространения лазерного излучения в фотонно-кристаллическом волокне (ФКВ), предназначенные для расчёта спектров пропускания и дисперсионных характеристик двумерных ФКВ различных типов. Данные комплексы, основанные на векторном методе распространяющихся пучков с реализацией «широкоугольной» численной схемы, строящейся на пространственном преобразовании Фурье поперечного распределения полей, позволяют учесть влияние высших мод и деформаций структуры волокна на его пропускание, дисперсионные и спектральные характеристики.
2. Моделирование параметрического усиления в ФКВ на основе оптического стекла позволило подобрать оптимальные характеристики ФКВ, при которых минимизируется влияние дисперсии и расширяется спектральный диапазон параметрического усиления. Для этого предложено использовать структуру, имеющую центральный ряд воздушных отверстий с уменьшенным диаметром. ФКВ с оптимизированными параметрами позволяет усиливать оптические сигналы на длинах волн 1,2–2,1 мкм.
3. Показано, что субмикронная деформация поперечной структуры элементов фотонно-кристаллического волокна приводит к сдвигу полос пропускания и изменению их ширины.
4. Предложен механизм формирования полос пропускания внутри запрещенных зон ФКВ за счет изменений диаметров элементов поперечного профиля структуры, прилегающих к сердцевине волокна. Такой механизм может применяться при изготовлении оптических фильтров на основе ФКВ
5. Предложено использовать фотонно-кристаллическую оболочку для управления полем в щелевых волноводах. Показано, что щелевые волноводы с фотонно-кристаллической оболочкой могут направлять ТМ-волны, локализованные в нанометровом зазоре, и их можно использовать для локального повышения интенсивности и управления дисперсией.
6. Для управления солитонным взаимодействием предложено использовать периодическую модуляцию диаметра волокна. Рассмотрены три типа режимов: образование связанного состояния двух солитонов, разделение и объединение солитонной пары. Реализация определенного режима осуществляется за счет выбора периода модуляции. Эффекты, возникающие при взаимодействии солитонов, могут найти практическое применение в области управления лазерными импульсами и при оптической обработке сигналов
7. В ходе численного моделирования показано, что разделение солитонной пары в волокне с периодическим изменением дисперсии позволяет создать последовательность пикосекундных импульсов с двумя несущими частотами, а объединение двух солитонов

позволяет получить импульс со сравнительно высокой пиковой мощностью. Этот эффект можно использовать для преобразования последовательности близко расположенных импульсов (цуга импульсов) в новые импульсы с повышенной пиковой мощностью.

8. Предложено использовать волокно с периодическим изменением дисперсии для увеличения дистанции, на которой происходит столкновение солитонов, что приводит к реализации связанных состояний двух солитонов и позволяет предотвращать их столкновения в случае солитонов, распространяющихся на небольшом расстоянии друг от друга

Практическая значимость работы состоит в том, что основные научные результаты, полученные в диссертационной работе, обладают практической ценностью при решении задач расчета и проектирования устройств на основе оптических фотонно-кристаллических волокон, а также телекоммуникационных систем.

Полученные в ходе выполнения диссертационного исследования результаты могут найти применение в областях науки, связанных с оптической обработкой информации, при изготовлении и проектировании нелинейных оптических устройств, фотонно-кристаллических структур и волокон, например, преобразователей частоты, фотонно-кристаллических фильтров.

Программный комплекс на основе предложенной математической модели позволяет рассчитывать потери при распространении излучения в маломодовых волокнах с фотонной запрещенной зоной, что даёт возможность по заданной конфигурации торца оптического фотонно-кристаллического волновода получить данные о пропускании и дисперсионных и характеристиках волокна. При изготовлении ФКВ методом вытяжки эти данные позволяют оптимизировать структуру волокна при изготовлении оптических фильтров и параметрических усилителей на основе ФКВ.

Предложенное в диссертации использование фотонно-кристаллической оболочки для управления полем в волноводах с нанометровой (щелевой) сердцевиной позволяет добиться управления дисперсией ТМ-волн, что может найти применение при создании зондов для ближнепольной оптической микроскопии, нелинейных оптических устройств и волоконных лазеров.

Обнаруженные в ходе диссертационного исследования сдвиги полос пропускания фотонно-кристаллического волокна и изменение их ширины без увеличения общего уровня потерь должны быть учтены при разработке и изготовлении оптических фильтров. При этом деформации, сравнимые с радиусами элементов структуры, вызывают появление полос поглощения внутри фотонных запрещенных зон и существенное изменение их ширины.

Предложенный в диссертации механизм формирования полос пропускания внутри запрещенных зон волокна может найти свое применение при изготовлении фильтров на основе ФКВ, обладающих низким уровнем потерь.

Неупругое взаимодействие оптических солитонов может быть использовано для изменения несущей частоты импульсов, их амплитуд и групповых скоростей. Для неупругого взаимодействия оптических солитонов предложено использовать среду с периодическим изменением дисперсии или нелинейности. Выявленные эффекты могут быть использованы в оптических линиях связи, при оптической обработке сигналов и изготовлении усилителей.

Достоверность результатов исследования обеспечивается использованием апробированных математических методов и моделей, сравнением расчётных и экспериментальных данных, сопоставления результатов, полученных различными численными методами, совпадения результатов расчётов с предсказаниями более простых приближений.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации.

Полученные в диссертации результаты рекомендуются к использованию в научных исследованиях и прикладных разработках в исследовательских центрах и вузах: Научном

центре волоконной оптики РАН (г. Москва), Международном лазерном центре Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова (г. Москва), Институт прикладной физики РАН (г. Нижний Новгород), НПО «Инжест» (г. Саратов), ФГОУ ВО «Университет информационных технологий, механики и оптики» (г. Санкт-Петербург), а также в учебном процессе федеральных государственных образовательных учреждений высшего образования при подготовке бакалавров и магистров по направлениям «Лазерная техника и лазерные технологии», «Фотоника и оптоинформатика», «Физика», «Оптотехника», «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» и другим направлениям, связанным с лазерной физикой и волоконной оптикой.

Целесообразно продолжение работ по развитию описанных в диссертационной работе математических моделей и расчетных схем, предназначенных для расчета и прогнозирования дисперсионных свойств сложных волноведущих структур с изменениям их элементов, фотонно-кристаллических структур и волокон с переменным диаметром.

Замечания по диссертационной работе.

1. В тексте диссертации достаточно небольшое внимание уделено сравнению полученных расчетных результатов с конкретными количественными экспериментальными данными. В большинстве случаев лишь указано, что подобные экспериментальные результаты есть (с соответствующими ссылками).

2. В главе 4, посвященной особенностям распространения солитонов в волноводе с изменяющимся диаметром, само исходное понятие солитонов введено весьма расплывчато. Желательно бы уточнить, какие солитоны и с какими параметрами использовались при расчетах.

3. Замечание к автореферату. Хотя он правильно и полно отражает содержание диссертационной работы, но получился очень кратким. Особенно это касается изложений постановок расчетных задач к 2-й и 4-й главам диссертации.

Приведенные замечания носят частный характер и не снижают оценку уровня проведенного исследования, значимости и ценности диссертационной работы в целом, её основных положений и результатов.

Заключение.

Диссертационная работа Пластуна А.С. «Влияние изменений поперечного профиля на пропускание и дисперсионные характеристики оптических волокон и фотонно-кристаллических волноводов» представляет собой научно-квалификационную работу, содержащую новые научные результаты, имеющие существенное значение для лазерной физики. Тема диссертации соответствует специальности 01.04.21 – лазерная физика (физико-математические науки).

Материал диссертации достаточно четко представлен и имеет внятную логическую структуру. Автореферат диссертации правильно и полно отражает содержание диссертационной работы. Результаты данной работы использованы в ходе выполнения: гранта РФФИ 09-02-01049, а также прошли апробацию в ходе 13 научных конференций различного уровня в форме устных и стендовых докладов, сделанных лично автором. Все основные результаты, полученные в диссертации, опубликованы в российской и зарубежной печати. По результатам диссертационной работы опубликовано 17 научных работ, 8 из которых – в реферируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК.

Диссертационная работа Пластуна А.С. представляет актуальное исследование, связанное с решением важных научных задач в области лазерной физики, и удовлетворяет требованиям п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (ред. от 30.07.2014 г.), предъявляемым к диссертациям, представляемым на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, а её автор, Пластун Александр Сергеевич, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21 – Лазерная физика.

Диссертация Пластуна Александра Сергеевича «Влияние изменений поперечного профиля на пропускание и дисперсионные характеристики оптических волокон и фотонно-кристаллических волноводов» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук рекомендуется к защите как удовлетворяющая критериям, определенным в п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» для кандидатских диссертаций.

Диссертация А.С. Пластуна обсуждена, и отзыв на нее заслушан и одобрен на заседании кафедры лазерной физики ФГАОУ ВО «Волгоградский государственный университет» 26 мая 2016 года, протокол № 6.

Заведующий кафедрой лазерной физики
ФГАОУ ВО «Волгоградский
государственный университет»
к.ф.-м.н., доцент

МХ

В.Н. Храмов

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Волгоградский государственный университет»
Адрес: 400062, г. Волгоград, проспект
Университетский, 100
Тел.: (8442) 46-08-09
E-mail: vladimir.khramov@volsu.ru

