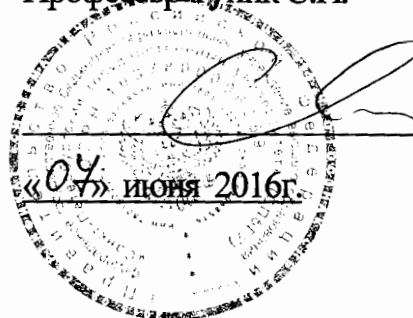


«Утверждаю»

Проректор по научной работе
Федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный
Университет» (ФГБОУ ВО СПбГУ)

Профессор Туник С.П.



ОТЗЫВ

официального оппонента
на диссертацию Пластуна Александра Сергеевича
**«ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ ПОПЕРЕЧНОГО ПРОФИЛЯ НА
ПРОПУСКАНИЕ И ДИСПЕРСИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
ОПТИЧЕСКИХ ВОЛОКОН И ФОТОННО-КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ
ВОЛНОВОДОВ»**,
представленную на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук по специальности
01.04.21 – Лазерная физика

Диссертационная работа А.С. Пластуна посвящена исследованию дисперсионных характеристик и параметров пропускания оптических волокон и фотонно - кристаллических волноводов, а также выявлению особенностей и закономерностей функционирования подобных структур, вызванных изменениями их поперечного профиля. Тема диссертации является, безусловно, **актуальной** в связи с необходимостью совершенствования методов расчета и развитию методов целенаправленного управления характеристиками фотонно-кристаллических структур. **Научная новизна** работы заключается в предложении и развитии новой математической модели распространения лазерного излучения в

распространения и взаимодействия солитонов. Это взаимодействие для одних задач является нежелательным, для других – необходимым. **Практическая ценность работы** заключается в возможности применения полученных результатов при изготовлении и проектировании нелинейных оптических устройств, например, преобразователей частоты, фотонно-кристаллических фильтров, волоконных лазеров. Как известно, широкое применение в настоящее время получили устройства на основе микроструктурированных волокон для частотного расширения спектров излучения фемтосекундных лазеров – так называемых комб-генераторов. Применение комб-генераторов и микроструктурированных волокон произвело революцию в технике прямого измерения оптических частот, в оптических часах и прецизионной комб-спектроскопии. Результаты работы также могут быть применены в системах передачи и обработки информации.

Достоверность результатов обеспечена применением апробированных математических методов, сравнением с известными экспериментальными результатами, а также широкой апробацией результатов на международных и отечественных конференциях.

Для решения поставленных задач были построены и разработаны математические модели, вычислительные схемы, и программные комплексы, предназначенные для проведения численного моделирования распространения лазерного излучения в волноведущих структурах различного типа, найдены новые соотношения и выявлены новые закономерности в изменении оптических характеристик лазерного излучения, проходящего сквозь микроструктурированные волокна и фотонно-кристаллические волноводы.

Структурно диссертационная работа делится на две части – исследование оптических характеристик фотонно – кристаллических волокон и построенных на их основе волноведущих структур, которому посвящены первая, вторая и третья главы диссертации, и изучение особенностей распространения оптических солитонов в волноводах с изменяющимся диаметром, которое проводится в четвёртой главе.

Обе части представляют собой весьма актуальные направления современной нелинейной оптики, фотоники и лазерной физики.

Первая и вторая главы диссертации посвящены эффектам, связанным с параметрическим усилением оптического сигнала и управлением дисперсией групповой скорости в фотонно-кристаллических волноводах (ФКВ).

На основе математического моделирования с использованием метода матриц передачи и метода плоских волн было проанализировано

прохождение лазерного излучения в планарном фотонно-кристаллическом волноводе с активной сердцевиной и был сделан вывод о том, что существуют такие конфигурации оболочки и сердцевины ФКВ, которые позволяют достичь параметрического усиления сигнала в заданном диапазоне длин волн. Кроме того, использование фотонно-кристаллической оболочки для управления дисперсией, позволяет изменять дисперсионные свойства волокна в широком диапазоне параметров. Предлагается использование планарного ФКВ для управления дисперсионными свойствами щелевых волноводов с нанометровой сердцевиной.

В третьей главе диссертационной работы проводится детальное описание свойств ФКВ и исследуется влияние изменений (дефектов) формы и размеров поперечной структуры, возникающих или вносимых при изготовлении волокна, на пропускание и дисперсионные характеристики ФКВ.

Для выявления вклада потерь, возникающих при изготовлении волокна, были рассчитаны характеристики и проанализированы свойства фотонной запрещенной зоны для ФКВ с деформациями и для волокна без структурных деформаций. В ходе математического моделирования, проводимого на основе решения системы векторных уравнений распространения для поперечных компонент вектора магнитного поля, получаемой из уравнений Максвелла, был использован подход, позволяющий построить ортогональную систему мод волновода и при этом учесть зависимость показателя преломления материала от длины волны распространяющегося излучения.

На основе проведённых расчётов было показано, что деформация формы и размера поперечной структуры элементов фотонно-кристаллического волокна вызывает сдвиг полос пропускания и изменение их ширины, при этом общий уровень потерь меняется незначительно. Кроме того, было обнаружено, что увеличение диаметров отдельных элементов структуры на величину, сравнимую с их радиусом, вызывает появление дополнительных линий поглощения на длинах волн, соответствующих фотонным запрещенным зонам.

Как следует из текста диссертации, полученные результаты демонстрируют хорошее согласие с экспериментальными данными.

Продолжая исследования свойств волноводящих структур, в четвёртой главе диссертационной работы рассматриваются особенности распространения оптических солитонов в волноводах с изменяющимся диаметром. Как отмечено в диссертации, взаимодействие оптических

солитонов, распространяющихся в волноводе, вызывает ряд нелинейных эффектов, которые существенно ограничивают сферу применения оптических волокон в линиях связи. Для снижения межсолитонного взаимодействия в работе на основе нелинейного уравнения Шредингера проводились расчеты эффектов взаимодействия солитонов в волокне, и для управления ими было предложено использовать волокно с изменяемым диаметром.

Были исследованы три типа режимов: связанное состояние солитонов, разделение солитонной пары и объединение двух солитонов. Реализация определенного режима осуществляется за счет выбора периода модуляции диаметра волокна. Обнаруженные при реализации этих режимов изменения несущей частоты импульсов, их амплитуд и групповых скоростей, как отмечено в диссертации, могут найти практическое применение в области управления лазерными импульсами и при оптической обработке сигналов.

К основным научным достижениям диссертационной работы, новизна которых не вызывает сомнений, относятся следующие:

- Предложена новая математическая модель для решения задач распространения лазерного излучения в оптических волокнах с переменными диаметрами и формой элементов поперечного профиля, позволяющая корректно учитывать векторный характер электромагнитного поля и интерференцию мод. На основе предложенной модели были разработаны вычислительные схемы и программные комплексы, предназначенные для проведения численного моделирования распространения лазерного излучения в волноводных структурах различного типа.
- Обнаружено, что для управления полем в волноводах с нанометровой (щелевой) сердцевиной можно использовать фотонно-кристаллическую оболочку, что за счёт локализации поля в сердцевине позволяет повысить плотность мощности и компенсировать нормальную дисперсию материала.
- Показано, что деформация формы и размера поперечной структуры элементов фотонно-кристаллического волокна вызывает сдвиг полос пропускания и изменение их ширины, а увеличение диаметров отдельных элементов структуры на величину, сравнимую с их радиусом, вызывает появление дополнительных линий поглощения на длинах волн, соответствующих фотонным запрещенным зонам.

- Обнаружено, что периодическое изменение диаметра оптического волокна приводит к неупругому взаимодействию солитонов, вызывающему изменения несущей частоты импульсов, их амплитуд и групповых скоростей, что может существенно сказываться на распространении лазерного излучения в оптическом волноводе.

Результаты представленной диссертационной работы имеют практическую значимость и могут быть использованы в областях науки, связанных с оптической обработкой информации, при изготовлении и проектировании нелинейных оптических устройств, фотонно-кристаллических структур и волокон, в частности, фотонно - кристаллических фильтров и преобразователей частоты. 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, а 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.

Оценивая диссертацию в целом, можно отметить ее высокий научный уровень и разнообразие решаемых научных задач,

Выполненные автором исследования, несомненно, актуальны. Полученные результаты имеют безусловное фундаментальное и практическое значение.

Достоверность полученных данных, как следует из текста работы, подтверждается численными оценками и прямым сравнением результатов расчетов с экспериментальными данными.

Содержание диссертационной работы полностью соответствует специальности 01.04.21 – лазерная физика.

Вместе с тем, по содержанию и оформлению диссертационной работы имеются следующие замечания:

1. В работе не приводятся результаты по проверке устойчивости солитонных решений по Ляпунову, не всегда проводится количественное сравнение оценок точности расчетов примененных различных методов.

2. Известно, что для солитонных решений нелинейного уравнения Шредингера выполняются законы сохранения для энергии, импульса, гамильтониана [см., например, главу 2 из книги Н.Н. Ахмедиев, А. Анкевич, Солитоны. Нелинейные импульсы и пучки. ФИЗМАТЛИТ. 2003]. В работе не указано, выполняются ли законы сохранения при взаимодействии солитонов, рассмотренных в главе 4.

3. При рассмотрении дисперсионных характеристик планарных волноводов с фотонной запрещенной зоной (Глава 2) использовался метод матриц передачи, метод плоских волн. При этом не указано число слоев фотонно-кристаллической структуры, число гармоник, используемых в расчетах.

4. Имеется небольшое количество опечаток и технических помарок.

Все вышеперечисленные недостатки не влияют на основные научные результаты диссертационной работы, и, таким образом, не изменяют ее общей положительной оценки.

Основные научные результаты диссертации опубликованы в 17 печатных работах, включающих 8 статей в периодических изданиях, входящих в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов ВАК при Минобрнауки РФ, и в иностранных периодических изданиях, входящих в системы Scopus и Web of Science, а также получены 2 авторских свидетельства Роспатента о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Автореферат диссертации полностью отражает её содержание.

Результаты работы прошли достаточную апробацию, о чём свидетельствует обсуждение результатов работы на различных международных и всероссийских научных конференциях, научных школах и семинарах.

Таким образом, на основании анализа данных, приведённых в диссертации, можно заключить, что диссертационная работа Пластуна Александра Сергеевича по актуальности и новизне, научному уровню и практической значимости полностью удовлетворяет требованиям п.п. 9-14 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 20.09.2013 № 842 в части соискания учёной степени кандидата наук и представляет собой законченную научно-

квалификационную работу, обладающую внутренним единством, в которой содержится решение задач, имеющих значение для лазерной физики, оптики волноводов и фотоники.

Автор работы, Пластун Александр Сергеевич, заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21 – Лазерная физика.

Официальный оппонент:

профессор кафедры «Общая физика 1»

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет»

доктор физ.-мат. наук



С. А. Пулькин

199034, Санкт-Петербург,
Университетская наб. д.7-9.
Тел: +7 (812) 328-20-00
Эл.почта: spbu@spbu.ru
сайт: spbu.ru

Подпись д.ф.-м.н. Пулькина Сергея Александровича заверяю:

ЛИЧНУЮ ПОДПИСЬ
ЗАВЕРЯЮ. НАЧАЛО
ОТДЕЛА КАДРОВ
Н. И. МАШТЕПА



08.06.2016

**Документ подготовлен
в порядке исполнения
трудовых обязанностей**