

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию

Егоровой Ольги Николаевны

на тему: Структура волоконных световодов, образованных элементами из

стекла различного состава

по специальности 01.04.21 Лазерная физика

на соискание ученой степени доктора физико-математических наук

Актуальность темы

Актуальность диссертационной работы Егоровой О.Н. обусловлена недостаточным изучением закономерностей формирования фотоннокристаллических композиций, созданных на основе кварца и многокомпонентных стекол, которые позволяют существенно расширить возможности построения новых волоконнооптических элементов и элементов для построения одномодовых лазеров, а также квантовых усилителей, обладающих повышенными энергетическими характеристиками.

Тонкое управление показателями преломления применяемых материалов для построения фотоннокристаллических элементов, позволившее существенно расширить зону генерации при сохранении «одномодовости», открывает новые перспективы существенного увеличения мощности квантовых генераторов, что, несомненно, позволит, например, увеличить высотность ветровых лидаров. А повышение мощности квантовых усилителей должно привести к увеличению длины линий связи между усилителями, а это, в свою очередь, существенно снизит стоимость строительства линий.

До появления работ Егоровой О.Н. было выполнено много попыток построения и применения дырчатых фотоннокристаллических волоконных элементов. Уже в течение многих десятков лет большие коллективы ученых и технологов пытаются использовать композиционные волоконные световоды с синтезированной фотонной запрещенной зоной, главным образом, используя

дырчатую структуру в кварце, построить на их основе различные элементы линий связи и квантовые приборы. Однако дело не доходит до сколь-нибудь широких внедрений.

Можно предположить, что вариации низкого показателя преломления дырок и существенно более высокого показателя преломления кварца оказываются слишком не гибкими условиями для подбора параметров фотонной запрещенной зоны.

Диссертация Егоровой О.Н. указывает путь существенного расширения возможностей управления фотонной запрещенной зоной композиционного волоконного элемента.

Она посвящена поиску и исследованию новых структур волоконных световодов, не содержащих дырчатую структуру в поперечном сечении, волноводные свойства которых обусловлены образованными цилиндрическими элементами из стекол различных составов.

Научная новизна и практическая значимость исследований

Егоровой О.Н. представлены следующие результаты исследований, обладающие научной новизной и имеющие практическую значимость:

1. Исследованы особенности распространения оптического излучения по фотоннокристаллическому волоконному световоду из кварцевого стекла со стержневыми элементами из многокомпонентного стекла с повышенным показателем преломления с вариацией расстояний между элементами. Показано, что минимальные оптические потери таких световодов не превышают 20-30 дБ/км.

2. Установлено, что фотокристаллический световод с отношением диаметра элемента к расстоянию между центрами соседних стержней из многокомпонентного стекла, равным 0,4 с отсутствующим одним центральным стержнем обеспечивает одномодовое распространение света в пределах всего спектрального диапазона фундаментальной запрещенной зоны. Благодаря этому

«одномодовость» сохраняется, например, вблизи длины волны 1000 нм при достаточно большом диаметре поля моды (до 20 мкм).

3. Удачной оригинальной технологической находкой является использование известного приема изготовления световодов «стержень в трубке» с сердцевинной из фосфатного стекла и кварцевой оболочкой.

4. На основе теоретической и экспериментальной работ основан новый метод борьбы с перекрестным взаимодействием световодов в многосерцевинных волокнах за счет создания барьерного слоя.

5. Несомненно, интересными для волоконной оптики являются результаты по созданию и исследованию многосерцевинных оптических волокон прямоугольного сечения.

6. Представляет значительный интерес создание линий задержки на основе многосерцевинных волокон. Особо стоит отметить интересные конструкции устройства межсерцевинной коммутации световодов.

Обоснованность и достоверность научных положений и выводов

Результаты диссертации получены благодаря использованию современных аналитических и программных методов и средств. Они были обсуждены на многих (не менее 10) крупных, в том числе международных, конференциях. Автором получено несколько патентов.

Все это указывает на несомненную обоснованность и достоверность результатов диссертации.

Рекомендации по использованию результатов диссертации

Полученные диссертантом результаты могут быть использованы как базовые для разработки и широкого внедрения в производство элементов световодной фотоники и квантовой электроники.

Краткая характеристика основного содержания диссертации

Диссертация Егоровой О.Н. состоит из введения, пяти глав, заключения и списка цитированной литературы. Она содержит 231 страницу.

Во введении обосновывается актуальность работы; сформулирована цель работы и главные задачи исследования. Здесь же описывается предложенный оригинальный подход к решению поставленных задач; обосновывается степень новизны результатов работы и их практическая экспериментальная проверка.

Во введении сформулированы теоретическая и практическая значимость работы, а также положения, выносимые на защиту.

В первой главе автор достаточно подробно представляет и анализирует литературную информацию о структуре фотоннокристаллических волоконных световодов с увеличенным диаметром поля моды. Далее представлено описание аналогии распространения электромагнитного излучения в фотоннокристаллических волокнах и кристаллах твердого тела. Указывается, что среда с периодически изменяющимся показателем преломления будет взаимодействовать с модами распространяющегося электромагнитного излучения аналогично электронам, движущимся в периодическом потенциале атомной решетки. А если это так, то по аналогии с физикой твердого тела для фотонного кристалла может быть введено понятие обратной решетки в векторном пространстве и соответственно введение понятия зоны Бриллюэна, которая на границах соответствует условию Брегговского отражения. В этом случае можно построить зонную диаграмму с запрещенными зонами, которые определяют набор частот и волновых векторов, для которых отсутствуют возможные состояния при распространении электромагнитного излучения в фотонном кристалле.

Кроме того, в первой главе представлен обширный материал о работах по созданию фотонных кристаллов с некоторой вариацией материалов для построения фотонных кристаллов, их применений для построения лазеров. В

обзоре представлены работы по созданию волоконно-оптических линий задержки.

Во второй главе представлены теоретические исследования, а также экспериментальные результаты построения и исследования фотоннокристаллических волоконных световодов с увеличенным диаметром поля моды распространяющегося электромагнитного излучения.

Третья глава посвящена построению и экспериментальному исследованию фотоннокристаллических световодов с сердцевиной из фосфатного стекла и оболочкой из кварцевого стекла. В этой главе изложены принципы оригинальной технологии, предложенной автором, по созданию активных световодов, активированных ионами иттербия и эрбия.

Полученные результаты свидетельствуют о высокой концентрации оксида фосфора в сердцевине световода (порядка 30 мол. %). Такие концентрации не удается получить газофазным осаждением. На основе этих световодов, допированных эрбием и иттербием, были изготовлены резонаторы волоконных лазеров и получена достаточно эффективная генерация.

В четвертой главе исследовано перекрестное оптическое взаимодействие излучений, распространяющихся в различных сердцевинах многосердцевинных волокон, созданных автором, по разработанной технологии.

Автором предложен путь решения проблем, связанных с оптическими помехами взаимного влияния излучений, распространяющихся в соседних сердцевинах многоволоконных световодов, с помощью создания барьерного слоя с пониженным показателем преломления, что приводит к уменьшению коэффициента связи, который в свою очередь увеличивает длину биений мощности осцилляций в соседних сердцевинах.

В главе 4 автор представляет результаты экспериментального исследования созданных им многосердцевинных волоконных световодов, которые подтверждают высокую эффективность предложенных мер по

подавлению взаимных оптических помех при взаимодействии излучений в соседних сердцевинах. Здесь же представлены результаты исследования зависимости перекрестных оптических помех от величины диаметра изгиба волокна.

Автор разработал оригинальный метод снижения влияния пониженного диаметра изгиба многосердцевинных волокон на оптические помехи, изменив геометрию волокна с круглой на прямоугольную.

В пятой главе представлены результаты исследования созданных автором линий задержки на основе многосердцевинных волокон. Особый интерес, по моему мнению, является предложенный и созданный автором ключевой элемент конструкции задержки: устройство ввода-вывода в многосердцевинный волоконный световод.

Далее в пятой главе изложены созданные и исследованные устройства: линии задержки на многосердцевинном волоконном световоде; одночастотные лазеры на фосфатном активном световоде, легированным эрбием; одночастотный волоконный лазер с резонатором на брегговских решетках, записанных в сердцевине активированного волоконного световода; интерферометр Фабри-Перо в сердцевине композитного световода.

Завершается диссертация заключением и списком работ по теме: 3 патента РФ, 22 публикации, входящих в список, рекомендованный ВАК. Далее представлен список публикаций в изданиях, не входящих в список, рекомендованных ВАК: 26 наименований. Кроме этого, представлен список цитированной в диссертации литературы: 262 наименования.

Представленная диссертация Егоровой О.Н. является законченным исследованием, представляет решение актуальных задач создания элементов и устройств фотоники и квантовой электроники на основе новых конструктивных идей, технологических приемов и решений, применений новых композиционных материалов.

В целом, диссертация написана ясным профессионально полноценным языком, но содержит, по моему мнению, некоторые неточности и описки.

Ошибки содержатся на стр. 6 (5-я строка сверху), стр. 22 (8-я строка снизу). На стр.25 (17-я строка сверху) говорится о сердцевине, но тут нет сердцевины, как таковой. На стр. 26 (3-я строка сверху) хорошо бы определить, что такое элементы оболочки. На стр. 29 (рис. 1.4) в сечении по горизонтали в центре 6 элементов, а в профиле — 8. На стр. 30-32 (рис 1.6) видны моды оболочки выше линии кварцевого стекла. На стр. 32 (10-я строка сверху) нужно, видимо, исправить «мода сердцевины» на «мода оболочки». На стр. 38 (1-я строка сверху), видимо, должно быть дБ/км. На стр.45 (14-я строка сверху) нужно уточнить, так как на рис. 1.2 нет кривой, а есть область. На стр. 45 (10-я и 11-я строки снизу) геометрическая оптика не очень подходит для одномодовых волноводов, тем более в сложной сердцевине. На стр. 73 (10-я и 11-я строки снизу), если показатель преломления это n_{eff} , то на рис. 2.22 нет n_{eff} , равного 0,0002. Дисперсионная кривая идет выше. На стр. 84 (12-я строка снизу) на рис. 2.28 нет этой линзы. На стр. 90 (1-я и 2-я строки снизу) для одномодовых волноводов числовая апертура не равна корню квадратному из разницы квадратов показателей преломления. На стр. 102, в формуле в середине страницы стоит натуральный логарифм. дБ — это 10 десятичных логарифмов. На стр. 188 (1-я строка снизу) — не только с ростом длины, но и с влиянием функции когерентности источника.

Кроме этого, мне хотелось бы задать диссертанту вопрос о влиянии внешних условий на стабильность оптических параметров полученных композиционных волоконных световодов. Было бы полезно представить зависимости основных оптических параметров от температуры и давления.

Некоторые недостатки, отмеченные выше, не снижают значимость диссертационной работы в целом.

Таким образом, диссертация Егоровой Ольги Николаевны является научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технические, технологические и иные решения, внедрение которых вносит значительный вклад в научно-техническое развитие страны, что соответствует требованиям п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор Егорова Ольга Николаевна заслуживает присуждения искомой ученой степени.

Официальный оппонент,
профессор, доктор технических наук,
директор Научного центра «Световодная фотоника» Университета ИТМО,
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»
Кронверкский пр., д.49, лит. А, Санкт-Петербург, Российская Федерация,
197101, +7(812) 232-97-04,
igorkm@niuitmo.ru
20.04.2021



/Мешковский Игорь Касьянович/

Подпись Мешковского И.К. заверяю



ПОДПИСЬ
УДОСТОВЕРЯЮ

ЗАМ, НАЧАЛЬНИКА ОК ИТМО
УСПЕНСКАЯ /О. В.

Мешковский И.К.

