

ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на диссертацию Шилова А.В. «Расчет оптических полей в микроструктурных волокнах», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 – «Оптика»

Диссертация посвящена развитию методов расчета оптических полей в микроструктурных волокнах и исследованию таких полей в режимах транспортировки излучения вдоль волокон и поперечного освещения волокон естественным светом. Решение соответствующих дифракционных задач необходимо для оптимального проектирования передающих и сенсорных структур, использующих импульсное и непрерывное излучение, волоконно-оптических рефрактометров, сенсоров давления, сенсоров концентрации водорода в атмосфере, фотонно-кристаллических волокон со структурной окраской. Об актуальности и научной значимости проведенных исследований свидетельствует то, что полученные соискателем результаты достаточно широко опубликованы в авторитетных научных изданиях и прошли апробацию на научных конференциях и семинарах. Они выполнены в рамках финансируемых научных программ - двух проектов БРФФИ-РФФИ, аспирантского гранта министерства образования РБ, двух ГПНИ «Фотоника, опто- и микроэлектроника», «Фотоника и электроника для инноваций», а также международного контракта.

Значительное внимание соискателем уделено развитию метода функций Грина в теории микроструктурных волокон. Этот метод обобщен на случаи микроструктурных волокон с полыми сердцевинами сложной конфигурации, имеющими мультикапиллярную и гофрированную границы, а также полых волокон с металлизированной границей. Полученные соотношения пригодны для расчета как волноводных, так и вытекающих мод. Это позволило автору найти оптимальные конфигурации микроструктурных полимерных волокон для транспортировки терагерцового излучения и объяснить наличие в спектрах пропускания данных волокон дискретных окон прозрачности. Исследованы возможности частотной и пространственной фильтрации излучения терагерцового квантово-каскадного лазера, пропускаемого через микроструктурное волокно. Показано, что за счет выбора толщин стенок капилляров данного волокна возможно селективное выделение одной из частот излучения квантово-каскадного лазера и формирование пространственного распределения его излучения, близкого к гауссову. Полученные результаты подтверждены экспериментально российскими коллегами из НИЦ «Курчатовский институт» (Москва). На основе разработанной в диссертации техники

суммирования модовых импульсов определены оптимальные условия возбуждения оптических волокон с поллой сердцевиной и металлизированной границей широкополосными терагерцовыми импульсами и проанализированы ограничения, возникающие при волноводной терагерцовой спектроскопии во временной области газовой среды, заполняющей сердцевину таких волокон. Показано, что основным источником шумов при названной спектроскопии является интерференция импульсов мод, распространяющихся с различной групповой скоростью. Определены возможности подавления этих шумов за счет использования пленочного диэлектрического покрытия на поверхности металла.

В диссертации развита теория продольно-нерегулярного микроструктурного волокна со сплошной сердцевиной, содержащего в передающем тракте локальное сужение (тейпер). Предложена электродинамическая модель тейпера, учитывающая возможный коллапс его внутренних воздушных каналов, основанная на представлении оптического поля в микроструктурном волокне в виде разложения по локальным модам волокна. Сформулирован алгоритм экспериментального определения параметров модели. Полученные соотношения применены для описания передаточных характеристик тейпера с наноразмерным палладиевым покрытием, выполняющего роль чувствительного элемента волоконно-оптического сенсора концентрации водорода в атмосфере. Дана интерпретация экспериментальных данных для спектров пропускания сенсора водорода, полученных коллегами из Centro de Investigaciones en Optica (Leon, Mexico) и определены возможности максимизации чувствительности сенсора. Получены оценки чувствительности сенсоров показателей преломления и давления на основе микроструктурных волокон, в которых используется эффект резонансной связи основной моды волокна с вытекающими модами тонкопленочного полимерного покрытия, нанесенного на боковую поверхность волокна.

Существенное научное и практическое значение имеют результаты соискателя по разработке теории структурной окраски микроструктурных волокон. Им исследована корреляция между сечениями рассеяния оптического поля при поперечном освещении микроструктурного волокна и структурой запрещенных зон двумерного фотонного кристалла, сформированного заполняющими волокно воздушными каналами. Показано, что для достижения выраженной структурной окраски волокна его параметры должны выбираться в соответствии с конфигурацией данных запрещенных зон. Для фотонного кристалла гексагональной симметрии получены оценки его оптимального периода и контраста окраски волокна.

Автором разработан макет экспериментальной установки и методика измерения на ней распределений интенсивности дифракционных полей, возникающих при возбуждении микроструктурных волноводов. Представлены результаты измерения интенсивности темных m -линий при возбуждении мод Ценнека слоистой среды и распределений дальнего поля, формируемого при поперечной дифракции гауссова пучка на микроструктурном волокне.

Во время работы над диссертацией Шилов А.В. проявил глубокие знания в областях физики и математики и умение творчески решать сложные научные задачи с использованием современных методик научных исследований, что характеризует его как квалифицированного научного работника. Квалификация и степень подготовки соискателя способствует проведению на уровне требований высшей школы лекций и практических занятий в Могилевском государственном университете им. А.А. Кулешова, где он работает в должности старшего преподавателя после окончания аспирантуры в 2019 году.

Представленная к защите работа по совокупности новых научных результатов и их оформлению удовлетворяет требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям. Диссертация представляет собой законченную квалификационную работу, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 – «Оптика» за

- формулировку методов расчета оптических полей и передаточных характеристик в импульсном и непрерывном режимах для микроструктурных волокон с полыми сердцевинами сложной конфигурации, определение оптимальных параметров таких волокон для транспортировки, фильтрации терагерцового излучения и сенсорных приложений;

- разработку метода расчета пропускания тейпера в фотонно-кристаллическом волокне со сплошной сердцевиной в условиях коллапса воздушных каналов, интерпретацию экспериментальных данных для спектрального отклика волоконно-оптического сенсора концентрации водорода в атмосфере с чувствительным элементом в виде наноразмерной палладиевой пленки, нанесенной на поверхность тейпера и оценки возможностей максимизации чувствительности как названного сенсора, так и сенсоров давления и показателя преломления, использующих микроструктурные волокна;

- формулировку характеристического уравнения для расчета запрещенных зон двумерного фотонного кристалла с гексагональной симметрией, установление корреляции между зонной структурой двумерного фотонного кристалла в поперечном сечении микроструктурного волокна и контрастом структурной окраски волокна при его

поперечном освещении естественным светом, определение конфигурации сечения микроструктурного волокна с круговой внешней границей, позволяющей достичь его выраженной структурной окраски.

Научный руководитель

д. ф.-м. н., профессор

А.Б. Сотский

Подпись *А.Б. Сотского*
заверяю
И.В. Денева дела кадров
учреждения образования
«Могилёвский государственный
университет имени А.А. Луцешова»
И.В. Денева

