

ОТЗЫВ

Официального оппонента, к. ф.-м. н. Пономарева Р.С.

На диссертацию **Стариковой Виктории Александровны**

«Исследование структур микрополостей в кварцевом оптическом волокне при оптическом пробое», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния

Актуальность темы

Диссертационная работа В.А. Стариковой направлена на исследование процессов формирования периодических дефектов, образующихся в объеме оптического волокна при его оптическом пробое излучением высокой интенсивности. В исследовании использовались современные технологические подходы и методы, которые позволили автору получить новые научные результаты, имеющие важное прикладное значение для разработки новых типов волоконно-оптических устройств, использующих считавшиеся ранее крайне негативным физическое явление. В своих выводах диссертант приводит объяснения физических явлений, наблюдаемых при пробое оптического волокна, в том числе с учетом влияния магнитного поля. Эти объяснения вносят существенный вклад в понимание процессов, происходящих в оптических волокнах и их покрытиях, и имеют практическую ценность для специалистов, работающих в области волоконной оптики, сенсорики, квантовых коммуникаций.

Общая характеристика и структура диссертационной работы

Диссертационная работа включает введение, обширный и полный литературный обзор, три содержательных главы и заключение.

Во введении приводится актуальность темы работы и наиболее важные публикации, касающиеся явления оптического пробоя в волоконных световодах, из которых следует формулировка цели и задач исследования, его новизны, научной и практической значимости, обоснования применяемых

методов и подходов. Также введение содержит положения, выносимые на защиту, сведения об апробации результатов, личном вкладе автора, публикациях по теме работы, грантовой поддержке работы, структуре диссертации и достоверности полученных результатов.

Литературный обзор включает описание моделей оптического пробоя на основе экзотермической реакции, самофокусировки излучения, тепловой линзы и обмена энергиями при реакции фотозамещения, а также описание механизмов формирования микрополостей, включая модель отрицательного поверхностного натяжения, модель неустойчивости Рэля-Тейлора и модель теплопроводности.

Вторая глава работы посвящена экспериментальному исследованию влияния магнитного поля на распространение плазменного очага и формирование микрополостей внутри оптического волокна. Рассматривается влияние направления и величины магнитного поля на скорость распространения заряда и структуру микрополостей, включая данные об их разделении на две неравные части.

Третья глава посвящена исследованию прочности оптического волокна после формирования в нем цепочки микрополостей. Примененные автором работы методы двухточечного изгиба и осевого растяжения оптического волокна показали, что для волокон с акрилатным и полиимидным покрытием формирование микрополостей приводит к существенно различным изменениям прочности, причем для волокна в полиимидном покрытии снижение прочности составляет около 80 %, что является критическим повреждением.

Четвертая глава диссертации включает описание построенной автором математической модели возникновения плазменной искры на торце оптического волокна с учетом тепловых свойств волокна и материала-инициатора, включая также оценки механизма формирования плазменной искры при неидеальном контакте торца оптического волокна с материалом-инициатором.

Научная новизна полученных результатов

В диссертационной работе впервые продемонстрирован ряд эффектов, интересных и важных для понимания физики процесса распространения оптического пробоя в оптическом волокне и особенностей формирующихся при этом структур. Прежде всего сюда следует отнести надежно подтвержденные данные о расщеплении внутриволоконных дефектов под действием магнитного поля, а также данные о влиянии направления и напряженности магнитного поля на скорость движения фронта образования дефектов.

Также хочется отметить разработанные впервые математические модели начала оптического пробоя в зависимости от прилегания к торцу волокна материала-инициатора. Особенно важно здесь отметить результаты оценки пороговой мощности оптического пробоя и влияние теплофизических свойств материала-инициатора, что позволяет сформировать более глубокое понимание начала оптического пробоя и управления этим процессом в технологическом цикле.

Обоснованность и достоверность полученных результатов

Научные положения, выносимые на защиту, основаны на корректном анализе результатов экспериментальных исследований и корректных математических расчетах, поэтому являются вполне обоснованными. Экспериментальные данные получены с использованием современного поверенного оборудования известных производителей и согласуются с проведенными расчетами. Испытания оптического волокна с разными защитно-упрочняющими покрытиями проводились по стандартной для данной области исследований методике в специальной лаборатории, специализирующейся на испытании различных видов оптических волокон и имеющей безупречную репутацию. Полученные результаты согласуются с данными других исследователей в тех случаях, когда такое сопоставление

возможно. Выводы и заключения являются логичными, последовательными и в полной мере отражают суть проведенных исследований.

Научная и практическая значимость работы

Практическая значимость работы не вызывает сомнений и относится к вопросам управления процессом оптического пробоя в оптическом волокне. Полученные результаты позволяют сделать шаг в направлении технологии формирования периодических внутриволоконных структур с заданными свойствами, что в данный момент является актуальной задачей, решение которой требует больших ресурсов в части применения интерферометрических методов или фемтосекундных лазеров с высокоточными системами позиционирования оптического волокна. Рассмотренный в работе способ формирования внутриволоконных структур, методы его модификации и управления является недорогим и не требует применения высокоточного оборудования.

Важно отметить, что работа имеет потенциально прикладную направленность и была поддержана рядом грантов Фонда поддержки инноваций (Фонда Бортника), и Российским Научным Фондом, что говорит о высоком уровне проведенных исследований.

Апробация, публикации и внедрение результатов работы

Результаты работы активно освещались автором на множестве международных и всероссийских конференций и симпозиумов самого высокого уровня, соответствующих направлению по теме диссертационной работы. Следует отметить, что среди конференций, представленных в автореферате, присутствуют как мероприятия из области фотоники и волоконной оптики, так и математического моделирования и физики конденсированного состояния.

Результаты работы опубликованы в 7 статьях в изданиях из списка ВАК, а способ изготовления оптических рассеивателей на основе эффекта оптического повреждения защищен патентом на изобретение.

Представленные в списке публикаций журналы являются признанными в профессиональном сообществе периодическими научными изданиями. Все защищаемые результаты работы опубликованы в полном объеме.

Замечания по диссертационной работе

1. Работа посвящена исследованию квазипериодических структур из микрополостей, очевидно, заполненных газом. Вопрос о том каким газом заполнены полости, и как он образуется, фактически не обсуждается. Для представленной относительно простой математической модели это, возможно, не так уж и важно. Однако, для развития математической модели эволюции и движения микрополости свойства газа, причины его появления, значения характерных давлений и температур в микрополости очевидно представляют интерес. Хотелось бы получить от автора пояснения.
2. Исследование направлено на выявление факторов, определяющих поведение плазменной искры и формирование внутриволоконных структур. Эти структуры рассматриваются как потенциальные компоненты оптических рассеивателей или сенсоров в датчиках. Обзор литературы демонстрирует применение аналогичных структур в датчиках давления, показателя преломления и температуры. Интересно, проводил ли автор собственные эксперименты для оценки практической применимости созданных структур в различных областях?
3. В представленной работе подробно описаны ключевые аспекты исследований. Однако, в части, касающейся влияния сильного магнитного поля, зафиксированы малые различия геометрических параметров микрополостей (порядка 1-2 %), на разных участках оптического волокна. Учитывая столь малую величину различий, важным фактором является повторяемость и воспроизводимость полученных результатов. Были ли проведены исследования, направленные на оценку этих характеристик?
4. Вызывает интерес дальнейшее развитие работы. Планируется ли продолжение экспериментальных исследований оптического пробоя с целью разработки технологий управления движением плазменной искрой

и формирования внутриволоконных структур? Рассматривается ли возможность продолжения математического моделирования второго этапа оптического пробоя – распространение плазменного очага по оптическому волокну? Возможно ли при этом оценить геометрию микрополостей при различных внешних условиях?

5. Есть ряд замечаний по стилю оформления и написания работы, присутствуют опечатки.

Автореферат

Автореферат диссертации в достаточной степени отражает содержание работы и наиболее важные полученные результаты, их новизну и практическую значимость. Автореферат отличается высоким качеством иллюстраций, что позволяет получить представление о предмете исследования, методах и полученных конкретных экспериментальных результатах, а также разработанной математической модели. В качестве замечания необходимо отметить неодинаковость начертания символов в формулах и тексте автореферата, что, впрочем, не влияет на их восприятие в рамках данной работы.

Заключение

Диссертационная работа Стариковой Виктории Александровны на тему «Исследование структур микрополостей в кварцевом оптическом волокне при оптическом пробое» полностью соответствует требованиям п. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 №842 (ред. 25.01.2024) «О порядке присуждения ученых степеней», а ее автор заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 «Физика конденсированного состояния».

Официальный оппонент:

Кандидат физико-математических наук, заведующий молодежной лабораторией интегральной фотоники Федерального государственного

автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет» (ПГНИУ)

 / Пономарев Роман Сергеевич

614068, г. Пермь,
ул. Букирева, д. 15
тел. +7 922 315 10 03
e-mail: kuperok2003@mail.ru

Подпись Пономарева Романа Сергеевича заверяю:

Я, Пономарев, Роман Сергеевич, даю согласие на включение персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

 / Пономарев Роман Сергеевич

30 апреля 2025 года



Подпись Р.С. Пономарева заверяю
секретарь совета

