

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.358.03,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «ПЕРМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» ПО ДИССЕРТАЦИИ НА
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № 02

решение диссертационного совета от 29 мая 2025 г., протокол № 8

О присуждении Стариковой Виктории Александровне, гражданке РФ, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Исследование структур микрополостей в кварцевом оптическом волокне при оптическом пробое» по специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния принята к защите 19 февраля 2025 г., протокол заседания № 5, диссертационным советом № 24.2.358.03, созданным на базе Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет»: 614068, Пермский край, г. Пермь, ул. Букирева, 15. Диссертационный совет создан приказом Минобрнауки России №2134/нк от 27 ноября 2023 г.

Соискатель, Старикова Виктория Александровна, 20 сентября 1996 г. рождения. Окончила «Пермский государственный национальный исследовательский университет» с присвоением квалификации «магистр» по направлению подготовки 03.04.03 «Радиофизика».

С 2020 по 2024 г. обучалась в очной аспирантуре Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет». С 01.10.2020 г. по 09.01.2022 соискатель обучалась по специальности 1.1.9 «Механика жидкости, газа и плазмы», а с 10.01.2022 перевелась на специальность 1.2.2 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ». По итогам обучения в аспирантуре Виктории Александровне присвоена квалификация «Исследователь. Преподаватель-исследователь».

В настоящее время работает начальником лаборатории в научном техническом центре ПАО «Пермская научно-производственная приборостроительная компания» (г. Пермь).

Диссертация выполнена на кафедре Общей физики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет».

Научный руководитель – Перминов Анатолий Викторович, доктор физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой Общей физики ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет».

Официальные оппоненты:

Шандаров Станислав Михайлович, доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры электронных приборов Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» (г. Томск).

Пономарев Роман Сергеевич, кандидат физико-математических наук, заведующий молодежной лабораторией интегральной фотоники Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет» (г. Пермь).

Ведущая организация Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ «ЛЭТИ»), в своем положительном отзыве, утвержденном проректором по научной и инновационной деятельности СПбГЭТУ «ЛЭТИ», доктором технических наук, Семеновым Александром Анатольевичем, подготовленным и подписанным ученым секретарем кафедры лазерных измерительных и навигационных систем, к.т.н. Николаевым Максимом Сергеевичем, профессором кафедры лазерных измерительных и навигационных систем, профессором, д.ф.-м.н. Венедиктовым Владимиром Юрьевичем и заведующим кафедрой лазерных измерительных и навигационных систем, профессором, д.т.н. Филатовым Юрием Владимировичем указала, что диссертационная работа «Исследование структур микрополостей в кварцевом оптическом волокне при оптическом пробое» является законченной квалификационной работой и представляет собой актуальное исследование, направленное на развитие управляемости оптического пробоя в кварцевом оптическом волокне, что в свою очередь, представляет практический интерес для изготовителей волоконных устройств.

Основные научные положения, содержащиеся в работе и научных журналах, отражают положения, выносимые на защиту. Автореферат отражает содержание диссертации, а выводы автора являются обоснованными.

Диссертационная работа соответствует следующим пунктам паспорта специальности 1.3.8 Физика конденсированного состояния (физико-математические науки):

- п. 1. Теоретическое и экспериментальное изучение физической природы и свойств неорганических и органических соединений как в кристаллическом (моно- и поликристаллы), так и в аморфном состоянии, в том числе композитов и гетероструктур, в зависимости от их химического, изотопного состава, температуры и давления.

- п. 2. Теоретическое и экспериментальное исследование физических свойств упорядоченных и неупорядоченных неорганических и органических систем, включая классические и квантовые жидкости, стекла различной природы, дисперсные и квантовые системы, системы пониженной размерности.

Диссертационная работа Стариковой Виктории Александровны на тему «Исследование структур микрополостей в кварцевом оптическом волокне при оптическом пробое», представленная на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния, полностью соответствует требованиям п. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 N 842 (ред. от 25.01.2024) «О порядке присуждения ученых степеней», а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 Физика конденсированного состояния.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

- в изданиях из перечня рекомендованных ВАК, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по специальности 1.3.8 Физика конденсированного состояния:

1. Старикова В.А., Конин Ю.А., Петухова А.Ю., Перминов А.В. Математическое моделирование температурных полей при пробое оптического волокна // Вестник Пермского университета. Физика. – 2024. – №. 1. – С. 24-32. (6/9 стр.)

2. Старикова В.А., Перминов А.В. Оптический пробой волокна при неидеальном контакте с инициатором // Вестник Пермского университета. Физика. – 2024. – №. 4. – С. 5-13. (8/9 стр.)

- в изданиях, индексируемых в WoS и Scopus:

1. Konin Y.A., Shcherbakova V.A. (Старикова В.А.), Perminov A.V., Petukhova A.Y. Study of micro-cavities formed by optical breakdown under the influence of a magnetic field // Optics Communications. – 2022. – Т. 517. – С. 128242. (4/5 стр.)

2. Konin, Y.A., Scherbakova, V.A. (Старикова В.А.), Bulatov, M.I., Malkov, N.A., Lucenko, A.S., Starikov, S.S., Petrov, A.A. Structural characteristics of internal microcavities produced in optical fiber via the fuse effect // Journal of Optical Technology. – 2021. – Т. 88. – №. 11. – С. 672-677. (4/6 стр.)

3. *Starikova V.A., Konin Y.A., Petukhova A.Y., Aleshkina S.S., Petrov A.A., Perminov A.V., Mathematical Model of Fuse Effect Initiation in Fiber Core // Algorithms. – 2023. – Т. 16. – №. 7. – С. 331. (16/20 стр.)*

4. *Старикова В.А., Перминов А.В. Влияние материала инициатора на процесс возникновения оптического пробоя в оптическом волокне // Изв. вузов. Приборостроение. – 2024. – Т. 67. – № 10. – С. 853-866. (11/14 стр.)*

- в других изданиях:

3. Конин Ю. А., Щербакова В.А. (Старикова В.А.), Булатов М.И., Мальков Н.А., Луценко А.С., Стариков, С.С., Петров АА. Исследование характеристик оптического волокна с внутренней структурой микронеоднородностей, сформированной с помощью эффекта плавления // Оптический журнал. – 2021. – Т. 88. – №. 11. – С. 80-89. (7/10 стр.)

4. *Старикова В.А., Петухова А.Ю., Конин Ю.А., Перминов А.В. Возникновение плазменной искры при оптическом пробое оптического волокна // Фотон-экспресс. – 2023. – №. 6. – С.396-397. (1,5/2 стр.)*

5. Конин Ю.А, Щербакова В.А. (Старикова В.А.), Петухова А.Ю. и др. Способ изготовления волоконно-оптических рассеивателей излучения // Патент на изобретение №2021137590 от 26.09.2023 г. (9/14 стр.)

Основные положения диссертационной работы и результаты исследований обсуждались на Международной конференции «Asia-Pacific Conference on Fundamental Problems of Opto- and Microelectronics» (Владивосток, 2022 г.); Всероссийской школе-конференции молодых ученых «Математическое моделирование в естественных науках» (Пермь, 2022, 2023 г.); Международном конгрессе «Optics and photonics international Congress» (Иокогама, Япония, 2023 г.); Международном симпозиуме «Fundamentals of Laser Assisted Micro- and Nanotechnologies» (Санкт-Петербург, 2022 г.); Двадцать третьей Международной конференции по Вычислительной механике и современным прикладным программным системам (пос. Дивноморское, 2023 г.); Всероссийской Диановской конференции по волоконной оптике (Пермь, 2021, 2023 г.); Международном симпозиуме «Неравновесные процессы в сплошных средах» (Пермь, 2024 г.); научном семинаре по теоретической физике ПГНИУ (рук., д.ф.-м.н. В.А. Демин, Пермь, 2024 г.); научном семинаре ИМСС ПФИЦ УрО РАН (Пермь, 2024 г.); научном семинаре кафедры общей физики ПНИПУ (Пермь, 2024 г.).

В работах, опубликованных соискателем ученой степени, в которых изложены основные научные результаты диссертации, недостоверных сведений, заимствований материалов или отдельных результатов без указания ссылок не выявлено.

На автореферат диссертации поступило 6 отзывов, все положительные. Среди них 4 отзыва с замечаниями:

1. *Жирнов Андрей Андреевич, к.т.н., старший научный сотрудник лаборатории волоконно-оптических систем Научно-образовательного центра «Фотоника и ИК-техника» Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана, г. Москва:*

– В автореферате говорится о множестве полученных зависимостей, но они представлены в автореферате крайне скудно.

– Формулировка «измерено 10 отдельных дефектов» не является технически точной. Обычно измеряется какой-либо параметр. Что было измерено? Лучше написать «исследовано».

2. *Салгаева Ульяна Олеговна, к.ф.-м.н, эксперт Автономной некоммерческой образовательной организации высшего образования «Сколковский институт науки и технологий», г. Москва:*

– В описании результатов второй главы, в пункте 2.1 указано, что «... значение пороговой мощности оптического пробоя для волокна SMF-28e составляет 1,3 Вт, при этом снижение оптической мощности замедляет плазменный очаг, и он полностью исчезает при мощности меньшей, чем 0,8 Вт», однако, не указаны условия окружающей среды, при которых проводился эксперимент, не указано, для какой длины волны получены указанные значения пороговой мощности, и при неидеальном соприкосновении с поверхностью инициатора не указан зазор между торцом волокна и поверхностью инициатора.

– Несколько некорректно автором используется качественная оценка полученных результатов: в описании результатов в пункте 3.2 указано, что «по результатам исследования предел прочности уменьшается в среднем на 0,4 ГПа или 5 – 8 % для обоих видов защитного покрытия при максимальной скорости нагружения по сравнению с результатами неповрежденных волокон. Это позволяет предположить, что оптический пробой в кварцевом волокне не приводит к значительным изменениям механических свойств защитных покрытий», но не указано, почему изменение прочности на 5 – 8 % является «незначительным», при этом в автореферате также фигурируют изменения на 5 – 7 % и 1 – 2 % (в части изменения поперечных размеров микрополостей в зависимости от величины магнитной индукции и структуры поля).

– В автореферате имеется ряд опечаток, например, «волоконных рассеивателей» (стр. 3).

3. *Шипунов Глеб Сергеевич, к.т.н., и.о. директора ЦК НТИ «Фотоника», заведующий лабораторией оптических технологий:*

– В тексте автореферата не приведены результаты статистической обработки экспериментальных данных по определению предела прочности при испытаниях на одноосное растяжение и двухточечный изгиб.

– Не представлена информация о практическом внедрении результатов диссертационного исследования на профильных промышленных предприятиях и/или научных институтах.

4. *Теплов В.С. к.ф.-м.н., младший научный сотрудник лаборатории магнитных полупроводников, Институт физики металлов им. М.Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург.*

– В автореферате не хватает ссылок на научные работы по теме диссертации.

– В положении 3, выносимом на защиту, кажется пропущено слово, возможно автор хотел сказать, тепловые математические модели разработаны или рассмотрены.

– На стр. 10 автореферата представлены обозначения, не имеющие расшифровки

– На стр. 10 автореферата, как и в самой диссертации говорится о влиянии силы тяжести на продольный размер микрополостей, но в основных выводах этот момент не обозначен и требует некоторого обсуждения.

– Проводился ли анализ прочностных характеристик волокна для образцов, полученных после воздействия сильных и слабых полей?

– Размер полученных полостей при оценке влияния магнитных полей соизмерим с размерами областей газообразного и жидкого состояний кварцевого стекла при моделировании плазменного очага на торце волокна в соприкосновении с инициатором. Была ли проведена оценка применимости полученной модели на уже имеющихся экспериментальных результатах?

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается общностью тематики исследования: *ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)* является одним из ведущих университетов России в области фундаментальных исследований и разработки приборов и систем инерциальной навигации, включая оптоволоконные системы передачи данных; *С.М. Шандаров* является признанным и известным специалистом в области фундаментальных исследований фотоиндуцированных эффектов в кристаллах, нелинейной оптики, нанофотоники и лазерных технологий; *Р.С. Пономарев* – ведущий специалист в области оптических кристаллов, оптических световодов, методов сборки и тестирования интегрально-оптических схем для телекоммуникаций и оптической навигации. Ведущая организация и официальные оппоненты имеют широкое признание, высокие научные компетенции, значительные достижения в данной области науки и способны определить научную и практическую значимость диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны математические модели, описывающие процесс возникновения оптического пробоя на торце оптического волокна при его идеальном и неидеальном соприкосновении с поверхностью инициатора;

проведены экспериментальные и теоретические исследования влияния мощности излучения, длины волны, теплофизических свойств инициатора, воздушного зазора между волокном и инициатором на процесс возникновения плазменной искры в кварцевом оптическом волокне, а также влияния магнитного поля различной интенсивности на скорость распространения плазменной искры и геометрию структур микрополостей, образующихся в сердцевине оптического волокна;

выявлен новый эффект неустойчивости плазменной искры в сильном магнитном поле с величиной магнитной индукции 11,6 Тл, который приводит к разделению структуры микрополостей на две части: центральная цепочка больших микрополостей располагается вдоль оси сердцевины волокна, побочная цепочка малых микрополостей на некотором расстоянии от оси;

обоснована принципиальная возможность контролируемого влияния на структуру микрополостей, образованных при распространении плазменной искры по оптическому волокну, за счет управления размерами и формой плазменного очага в момент инициации оптического пробоя на торце кварцевого оптического волокна, изменения мощности распространяющегося по волокну излучения, выбора типа оптического волокна, величины магнитного поля вокруг волокна;

доказано, что механическая прочность кварцевого оптического волокна, с полученной в результате оптического пробоя внутренней структурой из микрополостей, в полиимидном покрытии критически снижается и такое волокно становится непригодно для эксплуатации, в отличие от волокна в акрилатном покрытии, для которого предел прочности остается в пределах ГОСТ.

Теоретическая значимость исследования определяется тем, что изучены новые методы управления оптическим пробоем, инициированным путем соприкосновения торца волокна с инициатором, исследовано влияние оптического излучения, параметров оптического волокна, теплофизических свойств инициатора и воздушного зазора на возникновение оптического пробоя.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что результаты диссертации позволяют определить способы управления процессом оптического пробоя. Это необходимо для разработки технологий создания перспективных волоконных рассеивателей, датчиков и фильтров, в которых не требуется нарушение защитно-упрочняющего покрытия, снижающего исходную прочность и компактность волокна, а также дорогостоящая прецизионная механика. На

основе оптического пробоя возможно создание комбинированных устройств, включающих в себя функционал датчика и рассеивателя излучения. Такие устройства могут пригодиться в медицинских приложениях, где при воздействии излучением существует необходимость контролировать температуру рассеивателя для предотвращения ожогов тканей человека.

Оценка достоверности результатов исследования:

Достоверность полученных результатов исследований обеспечивается использованием поверенных и калиброванных средств измерения, достаточно репрезентативной выборки образцов и режимов, проверенных методик обработки экспериментальных данных, известного программного продукта, применяемого для решения вычислительных задач, исследованием численной сходимости решения с уменьшением размера расчетной ячейки сетки и проведением качественного и там, где возможно, количественного сопоставления результатов работы с результатами других авторов опубликованных ранее в научных изданиях.

Личный вклад соискателя состоит в следующем: соискатель лично занималась сборкой экспериментальной установки, тестированием методик проведения экспериментальных исследований, получением и обработкой результатов экспериментов, посвященных определению влияния магнитного поля. В экспериментах, посвященных измерению предела прочности, подготовка образцов, измерения и обработка результатов осуществлялась соискателем самостоятельно. В ходе выполнения работы соискатель усовершенствовала теплофизическую математическую модель возникновения оптического пробоя на торце оптического волокна при соприкосновении с инициатором, проводила исследования сходимости результатов, получила все численные результаты и участвовала в их анализе.

В ходе защиты были высказаны следующие **критические замечания**:

- С чем связаны такие большие погрешности на рис. 2.4 в тексте диссертации (в ходе доклада этот рисунок представлен на слайде 6 презентации), где изображена зависимость скорости плазменного очага от вкачиваемой мощности оптического сигнала? Ведь аппаратная погрешность должна быть совсем маленькой. Экспериментатор должен отдавать себе отчет при представлении такого результата.

- Автором не сделаны оценки энергии, затрачиваемой на фазовые переходы, что позволило бы получить более аккуратное теоретическое описание теплофизической обстановки вблизи торца волокна в ходе инициации искры.

Соискатель В.А. Старикова ответила на задаваемые ей в ходе заседания вопросы, согласилась с замечаниями редакционного и стилистического характера и привела определенную аргументацию, отвечая на высказанные замечания по содержанию работы.

На заседании 29 мая 2025 г. диссертационный совет принял заключение: за решение научной задачи по экспериментальному и теоретическому описанию физических процессов, происходящих при оптическом пробое кварцевого оптического волокна, имеющей существенное значение для разработки волоконно-оптических устройств, присудить Стариковой Виктории Александровне ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 10 человек, из них 9 докторов наук по специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния (физико-математические науки), участвовавших в заседании, из 12 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 8; против – 2; недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного совета 24.2.358.03, доктор физико-математических наук, профессор

 Демин Виталий Анатольевич

Ученый секретарь диссертационного совета 24.2.358.03, кандидат технических наук

 Сосунов Алексей Владимирович

29 мая 2025 г.