

## ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

Фотиади Андрея Александровича,  
на диссертационную работу Пржиялковского Дмитрия Владимировича  
«Особенности формирования волоконных брэгговских решёток методом многопроходной  
фемтосекундной поточечной записи»,  
представленную на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук по специальности  
1.3.8 – «Физика конденсированного состояния»

Волоконная брэгговская решётка (ВБР) является важным структурным элементом многих современных приборов, широко используется в качестве оптических фильтров и зеркал, является частью резонаторов волоконных лазеров, используется в качестве чувствительных и вспомогательных элементов современных сенсорных, в том числе рефлектометрических, систем. Это делает исследования, направленные на развитие технологии изготовления ВБР и улучшения их потребительских характеристик (температурной устойчивости, прочности, воспроизводимости при изготовлении), актуальными и практически значимыми.

Диссертационная работа Пржиялковского Дмитрия Владимировича, несомненно, удовлетворяет этим критериям. Она посвящена развитию поточечных методов создания волоконных брэгговских решёток и изучению особенностей физических процессов, лежащих в основе их записи в кварцевых оптических волокнах с помощью излучения фемтосекундного лазера, изучению свойств получаемых брэгговских структур. Предложенный в диссертационной работе многопроходный метод записи ВБР позволяет получать волоконные брэгговские решётки с высокой степенью соответствия заданным параметрам, а также является новым инструментом исследования механизмов воздействия фемтосекундного излучения на материал оптического волокна. Представленные в работе результаты исследования прочностных и термических характеристик позволяют оптимизировать параметры ВБР, для отдельных приложений. Впервые обнаружено явление регенерации волоконных брэгговских решёток, записанных поточечным методом с помощью излучения фемтосекундного лазера в низколегированном германосиликатном волокне без применения молекулярного водорода.

Диссертация хорошо структурирована, должным образом оформлена и проиллюстрирована. Полный объем составляет 111 страниц, 26 рисунков, 2 таблицы, список используемой литературы составляет 198 наименований. Структурно диссертация состоит из списка условных обозначений и сокращений, введения, четырех глав, заключения и списка литературы.

**Первая глава** является обзором литературы, в котором приводится современное состояние дел в отраслях науки, связанных с основным объектом исследования данной диссертационной работы - волоконной брэгговской решёткой (ВБР), а также вопросами взаимодействия фокусированного фемтосекундного излучения с кварцевым стеклом. Помимо этого, приводится общепринятая на сегодняшний день типология волоконных брэгговских решёток, основные методы записи и свойства решёток, в зависимости от метода и условий их создания.

**Во второй главе** рассматриваются экспериментальные методы записи и исследования волоконных брэгговских решёток, использованные в работе. Автор особо уделяет внимание новому предложенному многопроходному методу записи решеток и его реализации в виде экспериментального комплекса на основе фемтосекундного лазера. Кроме этого, глава содержит описания экспериментальных установок и методов исследования термических и прочностных характеристик брэгговских решеток.

**Третья глава** содержит результаты экспериментов по записи образцов волоконных брэгговских решеток, анализируется динамика их формирования. Автором обнаружен коротковолновый сдвиг брэгговской длины волны записываемых решёток при увеличении количества итераций записи. Предложена качественная модель комбинированной



структуры штриха решётки. Наблюдаемый коротковолновый сдвиг характерен для записи ВБР в волокнах с различным составом легирования сердцевины и свидетельствует о снижении среднего эффективного показателя преломления структуры. Данный феномен объясняется в рамках предложенной в работе модели.

**В четвёртой главе** представлены результаты экспериментов по изотермическому отжигу и испытаний механической прочности образцов полученных решеток. Обнаружено явление регенерации у решёток, записанных по предложенной технологии в низколегированном телекоммуникационном германосиликатном волокне SMF-28. Данное явление объясняется в рамках предложенной качественной модели структуры штриха образованием зародышевых центров кристаллизации на границах сформированных в процессе записи нанопор. Исследования механической прочности показали, падение механической прочности записанных образцов при увеличении энергии импульса записывающего излучения. Вид этой зависимости имеет степенной характер, показана хорошая линейная аппроксимация прочности структуры от корня четвёртой степени из энергии импульса записывающего излучения.

**В заключении** автор кратко формулирует полученные в диссертационной работе результаты.

В целом, диссертация написана в хорошем стиле, снабжена большим количеством рисунков, делающих изложение более понятным и наглядным. Она представляет собой законченную научную работу и содержит указания на перспективные направления дальнейших исследований.

Весомость личного вклада автора, состоящего в планировании и постановке экспериментов с применением новых технических решений, получении экспериментальных данных, обработке и интерпретации результатов, не вызывает сомнений. Достоверность результатов диссертации обеспечивается тщательностью проведения экспериментов, использованием известных экспериментальных методик и современного оборудования, применением современных теоретических представлений и методов обработки при анализе данных. Полученные данные не противоречат существующим теоретическим представлениям о природе явлений и имеющимся литературным данным.

Научные положения и выводы, сформулированные в диссертации, опираются на полученные в ней результаты и являются полностью обоснованными. Научная новизна результатов не вызывает сомнений, они были представлены на пяти международных и российских научных конференциях, а также опубликованы в рецензируемых российских и международных научных изданиях: 1 статья в издании, входящем в Перечень ВАК, 1 публикация в журнале, входящем РИНЦ, 4 публикации в зарубежных рецензируемых журналах, входящих в системы цитирования Scopus и Web of Science, 4 публикации в трудах международных и российских конференций. Автореферат соответствует диссертации по содержанию.

В качестве **замечаний** можно выделить следующие:

1 В описание установки для записи ВБР не упомянуты некоторые технические характеристики, которые важны для реализации многопроходной записи. Это, например, точность позиционирования и/или ее воспроизводимость при многократной записи. Также, хотелось бы знать из текста, как осуществлялся контроль глубины записи при фокусировке лазерного пучка внутрь волокна. Картинка с камеры с пояснениями была бы полезна в таком описании. Каковы поперечные и продольные размеры модифицированной области волокна при одиночной и многопроходной записи?

2 В тексте диссертации предложена модель комплексного штриха решётки, в которой в центре фокальной области происходит отрицательное изменение показателя преломления вещества за счёт образования пористой структуры стекла. Однако прямых исследований микроскопии данного объекта не приводится. Для полноты исследования



полезно было бы дополнить работу этими данными. То же касается эффекта регенерации ВБР, которые автор объясняет процессами кристаллизации кварца внутри фотоиндуцированных дефектов.

3 В главе 4 не указаны параметры исследуемых решеток. Не понятно, это те же решетки, которые описаны в главе 3 или другие?

4 В той же главе, на рис. 4.2 приведены результаты отжига решеток, полученных поточечной записью (чёрные кривые). Хорошо видно, что результаты и динамика процесса регенерации этих решеток несколько отличаются. Автор никак не комментирует это различие. Здесь дело в разнице параметров этих решеток или это разброс, который характеризует степень воспроизводимости результатов?

5 При описании метода исследования механической прочности автор не приводит схемы экспериментальной установки.

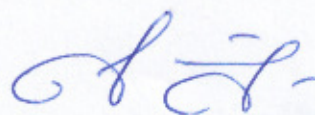
6 В тексте диссертации присутствуют грамматические, пунктуационные ошибки и стилистические неточности, а также небольшие огрехи в оформлении графиков и рисунков.

Перечисленные недостатки не умаляют значимости полученных результатов и не снижают общий высокий научный уровень работы. Диссертация Пржиялковского Дмитрия Владимировича «Особенности формирования волоконных брэгговских решёток методом многопроходной фемтосекундной поточечной записи» представляет собой законченное научное исследование и по объёму результатов, достоверности, научной и практической значимости выводов удовлетворяет требованиям (пп. 9-14. «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением правительства РФ № 842 от 24.09.2013, с изменениями от 25 января 2024 г.), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Пржиялковский Дмитрий Владимирович, заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – «Физика конденсированного состояния».

Официальный оппонент:  
Ведущий научный сотрудник  
Ульяновского государственного университета,  
кандидат физико-математических наук  
(специальность 01.04.10. - физика твердого тела)

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Ульяновский государственный университет»  
Адрес: 432017, Российская Федерация, г. Ульяновск, ул. Льва Толстого, дом 42  
Тел.: +7-925-7132303, электронный адрес: [fotiadi@mail.ru](mailto:fotiadi@mail.ru)

Выражаю согласие на обработку моих персональных  
данных, связанных с защитой диссертации



Фотиади Андрей Александрович

« 2 » декабря 2024 г.

Подпись кандидат физ.-мат. наук  
А. А. Фотиади заверяю:

Ученый секретарь УдГУ  
кандидат педагогических наук



Литвинко Ольга Александровна