Министерство науки и высшего образования Российской Федерации   
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования   
НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. Р.Е. АЛЕКСЕЕВА

СТЕНОГРАММА

заседания Диссертационного совета 24.2.345.01  
ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет   
им. Р.Е. Алексеева»  
16 июня 2022г., протокол № 8.

Защита  
Морозовым Никитой Сергеевичем  
диссертации   
«Цифровая коррекция фазовых и дисперсионных искажений в каналах связи»,

представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук  
  
специальности:

2.2.13 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения»

г. Нижний Новгород  
2022 г.Председательствующий – председатель диссертационного совета, д.т.н., профессор, Раевский Алексей Сергеевич  
Учёный секретарь диссертационного совета – д.т.н., профессор, Белов Ю.Г.

Список присутствующих членов диссертационного совета

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Фамилия Имя Отчество | учёная степень | шифр научной специальности, отрасль науки |
| 1 | Мякиньков Александр Валерьевич | доктор технических наук | 05.12.04, технические науки |
| 2 | Белов Юрий Георгиевич, (ученый секретарь) | доктор технических наук | 05.12.07, технические науки |
| 3 | Андриянов Александр Владимирович | доктор технических наук | 05.11.13, технические науки |
| 4 | Бабанов Николай Юрьевич | доктор технических наук | 05.12.04, технические науки |
| 5 | Бирюков Владимир Валерьевич | доктор технических наук | 05.12.04, технические науки |
| 6 | Гунько Юрий Леонидович | доктор технических наук | 02.00.04, технические науки |
| 7 | Есипенко Валентин Иванович | доктор физико-математических наук | 05.12.04, технические науки |
| 8 | Заборонкова Татьяна Михайловна | доктор физико-математических наук | 05.12.07, технические науки |
| 9 | Зенькович Алексей Вячеславович | доктор технических наук | 05.11.13 технические науки |
| 10 | Казаков Вячеслав Вячеславович | доктор технических наук | 05.11.13, технические науки |
| 11 | Куркин Андрей Александрович | доктор физико-математических наук | 05.11.13, технические науки |
| 12 | Кутьин Александр Михайлович | доктор химических наук | 02.00.04, технические науки |
| 13 | Ларцов Сергей Викторович | доктор технических наук | 05.12.04, технические науки |
| 14 | Малахов Василий Алексеевич | доктор технических наук | 05.12.07, технические науки |
| 15 | Мельников Владимир Иванович | доктор технических наук | 05.11.13, технические науки |
| 16 | Михаленко Михаил Григорьевич | доктор технических наук | 05.11.13, технические науки |
| 17 | Моругин Станислав Львович | доктор технических наук | 05.12.04, технические науки |
| 18 | Никулин Сергей Михайлович | доктор технических наук | 05.11.13, технические науки |
| 19 | Плужников Анатолий Дмитриевич | доктор технических наук | 05.12.04, технические науки |
| 20 | Радионов Александр Алексеевич | доктор технических наук | 05.12.07, технические науки |
| 21 | Рогожин Вячеслав Вячеславович | доктор технических наук | 02.00.04, технические науки |
| 22 | Рындык Александр Георгиевич (заместитель председателя) | доктор технических наук | 05.12.04, технические науки |
| 23 | Рязанцева Ирина Прокофьевна | доктор физико-математических наук | 05.12.04, технические науки |
| 24 | Щитов Аркадий Максимович | доктор технических наук | 05.12.07, технические науки |

Список отсутствующих членов диссертационного совета

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Фамилия Имя Отчество | учёная степень | шифр научной специальности, отрасль науки |
| 1 | Раевский Алексей Сергеевич | доктор физико-математических наук | 05.12.07, технические науки |
| 2 | Кашин Александр Васильевич | доктор технических наук | 05.12.07, технические науки |
| 3 | Козлов Валерий Александрович | доктор технических наук | 05.12.07, технические науки |
| 4 | Орлов Игорь Яковлевич | доктор технических наук | 05.11.13, технические науки |
| 5 | Пашев Герман Петрович | доктор технических наук | 05.11.13, технические науки |
| 6 | Титаренко Алексей Александрович | доктор технических наук | 05.12.07, технические науки |

**ПРЕДСЕДАТЕЛЬСТВУЮЩИЙ:** Здравствуйте, уважаемые коллеги! Мы начинаем заседание нашего диссертационного совета номер 24.2.345.01 на базе Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, который учрежден приказом министерства образования науки Российской Федерации №714/нк от 02.11.2012 в составе 24 человек. Сегодня на заседании присутствуют 19 членов диссертационного совета, в том числе по профилю рассматриваемой диссертации 7 докторов наук по специальности 05.11.13 – «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий», дополнительно введенных в совет членов нет. Таким образом, у нас имеется кворум и заседание совета правомочно. На повестке дня сегодня защита Морозовым Никитой Сергеевичем диссертации на тему: «Цифровая коррекция фазовых и дисперсионных искажений в каналах связи», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук. Диссертация соответствует специальности 2.2.13 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

**Научный руководитель:**

Бугров Владимир Николаевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры радиотехники радиофизического факультета ННГУ им.Н.И.Лобачевского.

Официальные оппоненты:

1. Самойлов Александр Георгиевич, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» (ВлГУ), кафедра радиотехники и радиосистем Института информационных технологий и радиоэлектроники, профессор,
2. Фадеев Роман Сергеевич, кандидат технических наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева», кафедра «Информационные радиосистемы» Института радиоэлектроники и информационных технологий, доцент

**Ведущая организация:** Ведущая организация «Российский Федеральный ядерный центр – Всероссийский  научно-исследовательский институт экспериментальной физики, «Научно-исследовательский институт измерительных систем им. Ю.Е. Седакова», г.Н.Новгород.

Слово представляется ученому секретарю.

**УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ:** Уважаемые коллеги, соискатель Морозов Никита Сергеевич, 1987 года рождения, гражданин Российской Федерации. В 2004 году соискатель окончил радиофизический факультет государственного образовательного учреждения «Нижегородский государственный университет им. Н.И.Лобачевского», окончил аспирантуру Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» в 2020г., работает в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» старшим преподавателем кафедры радиотехники радиофизического факультета. Соискатель имеет 13 опубликованных работ, в том числе 13 по теме диссертации, опубликованных в рецензируемых научных журналах. В деле соискателя имеются все документы, которые предусмотрены «Положением о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук». Имеется заявление соискателя, заверенные в установленном порядке копии документов государственного образца высшего профессионального образования, справки о сдаче кандидатских экзаменов, диссертация и авторефераты в необходимых количествах, отзывы научных руководителей, заключение организации, где выполнялась диссертация. Диссертация размещена на сайте НГТУ 21 октября 2020 года. Распечатка с сайта НГТУ прилагается в документах. Все представленные документы соответствуют установленным образцам. Объявления о защите и автореферат диссертации размещены на официальном сайте министерства науки и высшего образования Российской Федерации в сети Интернет 23 декабря 2020 года. Защита работы проводится впервые.

**ПРЕДСЕДАТЕЛЬСТВУЮЩИЙ:** Прошу соискателя изложить суть и основные положения Вашей диссертации.

*В течение 20 минут соискатель излагает основное содержание и основные положения диссертационной работы.*

**ПРЕДСЕДАТЕЛЬСТВУЮЩИЙ:** Назовите, пожалуйста, возможные области применения ваших исследований.

**МОРОЗОВ Н.С.:** Первое и самое очевидное — это гидроакустика, где имеются существенные фазовые искажения в гидроакустических каналах. Также каротажные сигналы, которые являются широкополосными, и их искажения, вызванные дисперсионной характеристикой среды, весьма негативно сказываются на результатах. Второе — это широкополосные и многоканальные системы связи. Как радиоканалы, так и, как было показано, оптоволоконные, где различное время прохождения частотных составляющих сигнала может искажать передаваемую информацию на длинных линиях. И третья, по которой я еще не провел полноценных исследований, — ультразвуковое сканирование объектов.

**ПРЕДСЕДАТЕЛЬСТВУЮЩИЙ:** А есть ли у вас критерии, по которым вы можете определить, способны ли вы, с помощью предлагаемой вами методики,восстановить сигнал, или это уже сделать не представляется возможным? Есть такой критерий?

**МОРОЗОВ Н.С.:** Первый из критериев — в работе я рассматривал только линейные искажения. То есть, если рассматриваемые сигналы будут иметь нелинейные искажения, как, например, квадратурные сигналы, то представленные мной результаты не способны восстановить сигнал после нелинейных искажений, только после линейных. Если же мы рассматриваем только линейные искажения, то как такового критерия предельной сложности решаемой задачи нет в абсолютном значении. Однако сложность ограничена при практической реализации: синтез технического решения всегда опирается на аппаратную платформу для дальнейшей реализации. При использовании низкопроизводительных микроконтроллеров, например, во встраиваемых системах, мы будем ограничены его вычислительными возможностями. Однако сама предлагаемая методика синтеза априорно таких ограничений не накладывает, так как способна находить решения в пространстве большой размерности.

**МОРУГИН С.Л.:** Фильтры фазовой коррекции не портят амплитудную характеристику?

**МОРОЗОВ Н.С.:** Нет. Показанные в работе фазовые (или же all-pass) фильтры имеют строго единичный модуль коэффициента передачи на всем частотном интервале Найквиста.

**МОРУГИН С.Л.:** А дискретизация сигналов, она же у вас проводится?

**МОРОЗОВ Н.С.:** Да, в составе каждой аналого-цифровой системы сигнал и дискретизируется и впоследствии восстанавливается.

**МОРУГИН С.Л.:** А сама процедура дискретизации, портит ли она сигнал?

**МОРОЗОВ Н.С.:** Сама процедура дискретизации имеет свои шумовые характеристики, это вносит негативный вклад в сигнал. А при использовании неравномерной дискретизации величина шумов будет варьироваться из-за процедур сжатия-расширения сигнала.

**МОРУГИН С.Л.:** Были бы они такими же, если бы вы не применяли свой алгоритм коррекции?

**МОРОЗОВ Н.С.:** Они были бы такими же. Тоже самое можно сказать и про восстановление сигнала. Цифрово-аналоговое преобразование тоже имеет свою амплитудно-частотную характеристику вида *sin x / x*. И она тоже вносит искажения в сигнал. Зачастую при проектировании цифровых фильтров с частотой среза, приближающейся к частоте Наквиста, ставится дополнительное требование на подъём амплитудно-частотной характеристики в верхней части спектра для компенсации вклада цифрово-аналогового преобразования.

**ЩИТОВ А.М.:** У вас диапазон частот

**ПРЕДСЕДАТЕЛЬСТВУЮЩИЙ:** Коллеги, предлагается на этом остановиться в части вопросов. Мне кажется, что все профильные специалисты получили достаточно подробные ответы. Коллеги, рассматривается вопрос о том, проводить ли нам перерыв? И если это необходимо, можно устроить технический перерыв. Если необходимости в этом нет, то предлагается работать далее. Если нет возражений, то продолжаем работу. По причине болезни сегодня отсутствует один из руководителей Раевский Алексей Сергеевич, поэтому Юрий Георгиевич зачитает его отзыв.

**УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ:**Уважаемые члены диссертационного совета, зачитываю отзыв научного руководителя Раевского Алексея Сергеевича.

*Полностью зачитывает отзыв научного руководителя (отзыв прилагается).*

**ПРЕДСЕДАТЕЛЬСТВУЮЩИЙ:** Спасибо, Юрий Георгиевич. Слово предоставляется научному руководителю по второй специальности доктору химических наук, член-корреспонденту РАН, профессору, руководителю лаборатории технологии волоконных световодов Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт химии высокочистых веществ им. Г.Г. Девятых» Гурьянову Алексею Николаевичу.

*Гурьянов А.Н. излагает отзыв научного руководителя* **(***отзыв прилагается).*

**ПРЕДСЕДАТЕЛЬСТВУЮЩИЙ:** Спасибо, Алексей Николаевич. Слово предоставляется ученому секретарю для оглашения заключения организации, где выполнялась диссертационная работа, отзыва ведущей организации и других, поступивших в диссертационный совет отзывов на диссертацию и автореферат.

**УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ:** Уважаемые коллеги, имеется заключение организации, где выполнялась диссертация, в виде выписки из протокола объединенного заседания кафедр: «Физика и техника оптической связи»; «Компьютерные технологии в проектировании и производстве»; «Информационные радиосистемы»; «Электроника и сети ЭВМ»; «Общая и ядерная физика»; «Технология электрохимических производств и химии органических веществ» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» с участием представителей «Институт химии высокочистых веществ им Г.Г. Девятых РАН». Эта выписка подписана председателем заседания доктором технических наук, профессором Михаленко Михаилом Григорьевичем и секретарем профессором кафедры «Физика и техника оптической связи» Беловым Юрием Георгиевичем и утверждена проректором по научной работе НГТУ Куркиным Андреем Александровичем 1 октября 2020 года. В заключении имеются все разделы, предусмотренные п.16 «Положения о присуждении учёных степеней», где отражено личное участие автора в получении результатов изложенной диссертации, степень достоверности результатов проведенного исследования, их новизна, практическая значимость, целостность научной работы соискателя, полнота изложения в диссертации работ, выполненных соискателем. Диссертация характеризуется положительно, в заключении даются рекомендации защиты диссертации по специальностям: 05.11.13 – «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий» (технические науки) и 02.00.04 – «Физическая химия» (технические науки).

*(Заключение прилагается)*

Имеется отзыв ведущей организации - Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва» (республика Мордовия, г. Саранск). Отзыв подготовлен профессором кафедры общей физики, доктором физико-математических наук Рябочкиной Полиной Анатольевной и заведующим кафедрой общей физики МГУ им. Н.П. Огарева, кандидатом физико-математических наук Нищевым Константином Николаевичем, и утвержден проректором по научной работе «МГУ им. Н. П. Огарева», доктором технических наук, профессором Сениным Петром Васильевичем 8 февраля 2021 года. Отзыв положительный.

В отзыве анализируется актуальность избранной темы диссертации, новизна и значимость научных результатов, степень их обоснованности.

В качестве замечаний отмечается следующее:

1. Автор диссертационной работы отмечает (стр. 47), что концентрация хрома оценивалась по известному коэффициенту экстинкции из работы [47]. Не ясно, как это можно сделать корректно, если далее авторы утверждают, что ионы Cr находятся в стеклянной матрице в различных валентных состояниях.
2. При описании методик проведения люминесцентных измерений корректно использовать термин «возбуждение люминесценции», а не «накачка люминесценции», который использует автор. Термин «накачка» уместен при описании процесса лазерной генерации.
3. На стр. 84 диссертационной работы приводится утверждение: «Сильное, относительно стекла, электростатическое поле сформированных отжигом кристаллов в окружении ионов хрома переводит их в оптически активные центры и с помощью оптического возбуждения можно по увеличению интенсивности люминесценции судить об увеличении доли кристаллической фазы в стекле сердцевины», которое не представляется корректным.
4. В работе встречаются стилистические неточности и грамматические ошибки (например, стр. 66, 67, 69, 80, 90 и др.)

В заключении отмечается, что работа удовлетворяет требованиям, изложенным в «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Абрамов А.Н. заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальностям 05.11.13 – «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий» и 02.00.04 – «Физическая химия».

На автореферат диссертации поступило 9 отзывов. Все отзывы положительные. В отзывах отмечается актуальность темы диссертации, научная новизна и практическая ценность полученных результатов. Во всех отзывах делается заключение, что Абрамов Алексей Николаевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальностям 05.11.13 – «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий» и 02.00.04 – «Физическая химия».

Обзор отзывов с указанием в них замечаний:

1. *Отзыв из Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук», г. Н.Новгород, подписан старшим научным сотрудником лаборатории экстремальной нелинейной оптики, кандидатом физико-математических наук Анашкиной Е.А.*

Замечание:

1. На рисунке 1 автореферата приведены спектры потерь волоконных световодов с различным содержанием Al2O3 в сердцевине в диапазоне 6,5 – 22,7 мол.%, а в тексте сказано о получении образцов с концентрацией 6,5 – 29 мол.%, т.е. отсутствуют спектры потерь для самых высоких концентраций.
2. *Отзыв ПАО «Пермская научно-производственная приборостроительная компания», г. Пермь, подписан заместителем директора НТЦ – начальником управления волоконных компонентов – главным конструктором ВОК, кандидатом физико-математических Шевцовым Д.И.*

Замечание:

1. По оформлению: точки вместо запятых в некоторых дробных числах; отсутствуют запятые после формул 2.3, 3.1-3; в тексте отсутствует ссылка на графики рис.2.
2. *Отзыв АО «Научно-производственное объединение Государственный оптический институт им. С.И. Вавилова», г. Санкт-Петербург, подписан ведущим научным сотрудником Научного отделения №6 «Волокно», кандидатом технических наук Тер-Нерсесянцем Е.В.*

Замечания:

1. Согласно термодинамическому расчету помимо фазы муллита, могут формироваться дополнительные кристаллические фазы, например кристобалит. Автором не сказано, как это повлияет на оптические свойства объекта исследования.
2. Использовались разные единицы измерения концентрации для алюминия и хрома.
3. Указано время остывания волоконного световода после вытягивания примерно 1 секунда от температуры вытягивания около 2000°С до комнатной температуры, но стоит отметить, что время остывания зависит от диаметра вытягиваемого световода. Диаметр вытягиваемых световодов автором в автореферате указан не был.
4. Измерение коэффициента поглощения «методом «облома» правильнее было бы назвать общеупотребимым «методом «обрыва».
5. В тексте автореферата отсутствуют ссылки на рисунки 6, 7, 8 и 12.
6. Ряд опечаток: стр. 10, вместо «В реальном в MCVD процессе…» следует писать «В реальном MCVD процессе..»; стр. 12, в фразе «На рисунке 5. …» лишний знак препинания (точка).
7. *Отзыв ФГБУН «Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова» РАН, г. Москва, подписан научным сотрудником лаборатории оптоэлектронных и волоконно-оптических систем, кандидатом физико-математических наук Рыбалтовским А.А.*

Замечания:

1. В тексте не указана информация о внешнем покрытии световодов, для которых проводилась высокотемпературная термообработка. Известно, что стандартное полимерное покрытие разрушается уже при значениях температуры порядка 250 °C, а в настоящей работе эксперименты с отжигом световодов проводились в диапазоне температур 900-1000 ºC.
2. При температурах ~ 1000 °C механическая прочность волоконных световодов также существенно ухудшается, что может оказаться дополнительным препятствием для создания на их основе лазерных резонаторов. Проблемы термической стойкости материала световодов и внешнего покрытия напрямую касаются перспективы практического использования и поэтому на них следовало бы обратить особое внимание в тексте автореферата.
3. *Отзыв ФГБУН Ордена Трудового Красного Знамени Института химии силикатов им. И.В. Гребенщикова РАН, г. Санкт-Петербург, подписан старшим научным сотрудником лаборатории физической химии стекла, кандидатом химических наук Гирсовой М.А.*

Замечания:

1. В автореферате (с. 3) при изложении актуальности работы автором не указаны современные работы (вышедшие в 2016-2021 г.г.), посвященные изучению оптических свойств муллитовой стеклокерамики, легированной ионами хрома.
2. Чем обусловлен выбор длины волны источника возбуждения (λнак=457 нм)?
3. В автореферате показано, что концетрация оксида алюминия в сердцевине световода варьировалась от 6,5 мол.% до 29 мол.%, что приводит к увеличению количества ионов Cr3+ и одновременному уменьшению концентрации ионов Cr4+ в матрице стекла. Каковы были концентрационные пределы обнаружения ионов Cr3+ и Cr4+ в сериях полученных световодов в зависимости от их состава (вариация концентрации оксида алюминия) и режима термообработки (температура и длительность термообработки)?
4. Указанная в автореферате концентрации хрома на уровне ~10-3 масс.% характерна для всех полученных автором диссертации волоконных световодов, легированных ионами хрома? Каким методом было определено содержание хрома (Cr3+?) в материале?
5. Проводились ли исследования оптических свойств (спектры пропускания, спектры оптических потерь, спектры люминесценции, спектры возбуждения люминесценции, временные зависимости спада люминесценции (кинетика затухания люминесценции)) волоконных алюмосиликатных световодов с сердцевиной из муллитовой стеклокерамики (до легирования хромом)? Каковы различия в оптических свойствах волоконных алюмосиликатных световодов с сердцевиной из муллитовой стеклокерамики до легирования хромом и после?
6. Каков механизм формирования фазы муллита в алюмосиликатных волоконных световодах, активированных ионами хрома?
7. *Отзыв ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики», г. Самара, подписан заведующим кафедрой «Линии связи и измерения в технике связи», доктором технических наук, профессором Бурдиным В.А.*

Замечания:

1. Следовало бы пояснить выбор способа изготовления преформ волоконных световодов, для которого выполнены исследования, и оценить потенциальные возможности использования полученных в диссертации результатов при применении других способов.
2. Имеют место опечатки, не на все рисунки есть ссылки.
3. *Отзыв ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева - КАИ», г. Казань, подписан профессором кафедры радиофотоники и микроволновых технологий, доктором технических наук Сахабутдиновым А.Ж.*

Замечания:

1. На рисунке 4 отсутствуют пояснения к описаниям горизонтальной и вертикальной осей.
2. На рисунке 12 в легенде на самом рисунке температура указана по шкале Кельвина. В тексте нет ссылки на рисунок 12.
3. На странице 19 в первом абзаце сказано, что «при температуре регистрации 77 К», хотелось бы узнать как автору удалось обеспечить температуру в 77 К.
4. *Отзыв ФГБУН Ордена Трудового Красного Знамени Института химии силикатов им. И.В. Гребенщикова РАН, г. Санкт-Петербург, подписан ведущим научным сотрудником, доктором химических наук Голубевой О.Ю.*

Отзыв без замечаний.

1. *Отзыв АО «Научно-производственного предприятия «Салют», г. Нижний Новгород, подписан начальником научно-производственного отделения материалов электронной техники, кандидатом химических наук Котковым А.П.*

Отзыв без замечаний.

Обзор отзывов закончен.

**ПРЕДСЕДАТЕЛЬСТВУЮЩИЙ:** Слово предоставляется соискателю для ответов на замечания, содержащиеся в поступивших отзывах.

**АБРАМОВ А.Н.:** Ответы на замечания ведущей организации:

1. Концентрация хрома в образцах была ниже предела обнаружения метода рентгеновского микроанализа, поэтому оценивалась по коэффициенту экстинкции из статьи: Schultz, P. Optical Absorption of the transition elements in Vitreous Silica, где расчет концентрации проводился по поглощению ионов Cr3+ для световода AS23 (в котором отсутствовало поглощение Cr4+). При получении заготовок волоконных световодов поток прекурсора хрома поддерживался постоянным, кроме заготовки AS10, где концентрация хрома заведомо задавалась на порядок выше. Поэтому предполагаем, что концентрация хрома в заготовках (кроме AS10) была одного порядка.
2. Согласен. Правильно использовать термин «возбуждение» люминесценции.
3. Согласен, что не корректно использовать термин «оптически активный центр» только в отношении кристаллов, т.к. он применим и для стекол. В данном утверждении подразумевалось увеличение интенсивности люминесценции хрома, находящегося в окружении кристаллов, относительно интенсивности люминесценции хрома в стекле.
4. С замечанием согласен.

*Ответы на замечания, содержащиеся в отзывах на автореферат диссертации.*

Ответ на замечание отзыва Анашкиной Е.А.:

1. В ходе измерения оптических потерь исходных световодов «методом обрыва» осуществляется сварное соединение с волоконными выходами спектроанализатора и лампы. К сожалению, из-за проблем, связанных с сильным фазовым разделением стекла сердцевины в местах сварного соединения волокон, нам не удалось измерить спектр оптических потерь для образца с 29 мол.% Al2O3 в сердцевине световода.

Ответ на замечание отзываШевцова Д.И.:

1. С замечанием согласен.

Ответы на замечания отзываТер-Нерсесянца Е.В.:

1. Известно, что температура кристаллизации фазы кристобалит ~1200 ºС, а термообработка световодов при исследовании оптических свойств проводилась до 1050 °С.
2. С замечанием согласен. В литературе для макрокомпонентов используются мольные проценты, а для небольших добавок, например РЗЭ или переходных элементов, используются разные единицы измерения (атомные, массовые, мольные проценты).
3. С замечанием согласен. Диаметр исследуемых волокон всегда был стандартным: 125 мкм.
4. С замечанием согласен, но в технической литературе этот метод известен как cut back (англ.) и в русскоязычной литературе встречаются оба названия.
5. С замечанием согласен. В тексте диссертации ссылки на эти рисунки присутствуют.
6. С замечанием согласен.

Ответы на замечания отзыва Рыбалтовского А.А.:

1. Отжиг световодов проводился без защитного покрытия.
2. С замечанием согласен. В дальнейшем планируется использовать металлическое покрытие, а именно медное (Тпл=1085 °С), а также планируется солегирование сердцевины добавкой В2О3, что по литературным данным может привести к снижению температуры кристаллизации фазы муллит и к снижению температуры отжига соотвественно.

Ответы на замечания отзыва Гирсовой М.А.:

1. В последнее время в литературе интенсивно исследуются другие виды стеклокерамики (не муллитовая) для «окна прозрачности» кварцевого стекла 1,31 мкм.
2. Согласно спектрам возбуждения, эффективность возбуждения люминесценции максимальна в полосы поглощения иона Cr3+, вблизи 450 нм и вблизи 600 нм.
3. Концентрация ионов хрома была ниже предела обнаружения используемого метода рентгеновского микроанализа.
4. В заготовке волоконного световода AS10 концентрация ионов оценивается как 10-2 масс.%. Концентрация хрома в образцах была ниже предела обнаружения метода рентгеновского микроанализа, поэтому концентрация хрома оценивалась по коэффициенту экстинкции из статьи Schultz, P. Optical Absorption of the transition elements in Vitreous Silica, где расчет концентрации проводился по поглощению.
5. Так называемые «холостые» опыты проводились для исследования спектров пропускания во время отжига световодов, спектров люминесценции при оценке величины квантового выхода люминесценции, а также при проведении дифференциально-термического анализа. Согласно ДТА увеличенная концентрация хрома в заготовке AS10 заметно не повлияла на образование фазы муллит.
6. В рамках проведенного исследования механизм формирования фазы муллит в стекле не исследовался. Известно, что с увеличением содержания оксида алюминия ион Al3+ заменяет ион Si4+, и создаются кислородные вакансии для поддержания нейтральности заряда. Ион алюминия А13+ имеет в муллите как шестерную [АlO6], так и четверную [AlO4] координацию. Таким образом, решетка муллита построена из групп [AlO4], [АlO6] и островных групп [SiO4]. Эти полиэдры образуют цепи, вытянутые вдоль оси с.

Ответы на замечания отзыва Бурдина В.А.:

1. Применение MCVD технологии (в особенности полностью газофазной) позволяет получать более чистые стекла, а, соответственно, и более низкие оптические потери относительно стекол, получаемых варкой в тиглях, где высокие оптические потери обусловлены поглощением примесями, вносимыми технологией. Разработанные в диссертационной работе методики контроля оптических свойств волоконных световодов при их термообработке подходят для волоконных световодов, полученных известными способами изготовления.
2. С замечанием согласен.

Ответы на замечания отзыва Сахабутдинова А.Ж.:

1. Рентгенограмма представляет собой зависимость интенсивности дифракционной картины от угла отражения.
2. С замечанием согласен. На рисунке температура 300 К соответствует комнатной температуре, а 77 К температуре жидкого азота. Ссылка на рисунок имеется в тексте диссертации.
3. Температура регистрации 77 К достигается размещением исследуемого световода в дьюар с жидким азотом.

В отзыве Голубевой О.Ю. замечания отсутствуют.

В отзыве Коткова А.П. замечания отсутствуют.

**ПРЕДСЕДАТЕЛЬСТВУЮЩИЙ:** Слово предоставляется официальному оппоненту доктору технических наук, профессору кафедры «Радиофотоника и микроволновые технологии» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева - КАИ» Нурееву Ильнуру Ильдаровичу.

*Официальный оппонент Нуреев Ильнур Ильдарович излагает отзыв и зачитывает критические замечания.*

Замечания официального оппонента:

1. На стр. 65 диссертации сказано, что спектральные зависимости (пропускание, люминесценция) должны регистрироваться одновременно во всем диапазоне длин волн в силу изменения оптических свойств со временем термообработки и для учета данного аспекта в экспериментах использовался анализатор спектра HR4000 (Ocean Optics, США). Однако в самой диссертационной работе требования, которые предъявляются к характеристикам и параметрам анализатора спектра, не сформулированы и, соответственно, выбор марки анализатора спектра не обоснован.
2. На стр. 68 диссертации сказано, что оптические потери в исходных образцах волоконных световодов определялись стандартным способом («методом облома»), основанном на сравнении спектров пропускания излучения через короткий и длинный отрезки световода. Для этого использовались анализатор спектра HP 70952B (Agilent, США), анализатор спектра HR4000 (Ocean Optics, США), комбинированный источник излучения DH 2000 (Ocean Optics, США). Однако, как и в предыдущем замечании, в самой диссертационной работе требования, на основании которых были выбраны именно данные марки анализаторов спектр и источника излучения, отсутствуют.
3. На рис. 3.1.3 приведена схема установки для измерения спектров пропускания в световодах в процессе их термообработки. Показано, что для регистрации спектров пропускания в образце волоконного световода ввод оптического излучения от источника света и вывод оптического излучения на анализатор спектра осуществляется с помощью германосиликатного волокна. Однако в тексте самой диссертационной работы не упомянуто о диаметрах исследуемых образцов волоконных световодов. При несоответствии величин диаметров исследуемого волоконного световода и германосиликатного волокна очевидно необходимо в расчетах учитывать потери на ввод оптического излучения в исследуемый волоконный световод и вывод оптического излучения из исследуемого волоконного световода.
4. При оценке выбора длины волны источника возбуждения на стр.84 диссертационной работы показано, что наиболее эффективным из источников накачки оказался DPSS лазер мощностью 100 мВт с рабочей длиной волны 457 нм. Однако в работе не указаны оценки, согласно которым определялась эффективность того или иного источника возбуждения и не приведены характеристики, предъявляемые к источнику возбуждения. Несомненно, при наличии таких оценок диссертационная работа смотрелась бы более выигрышно.
5. В п. 3.4 диссертационной работы анализируется погрешность работы источника излучения и на рис. 3.4.1. приведена временная стабильность лазера DPSS (λ=457 нм). Однако в работе не указано, как данная временная стабильность лазера DPSS учитывается. Возможно, необходимо предусмотреть учет данного фактора в цепи обратной связи.
6. В диссертационной работе рассматриваются вопросы получения алюмосиликатных световодов, легированных ионами хрома, с использованием режимов термообработки. Однако, в работе не представлены точностные характеристики поддержания режимов термообработки. Особый выигрыш в представлении результатов диссертационной работы, на мой взгляд, был бы в разработке практических рекомендаций при создании волоконных световодов, легированных ионами хрома, на основе плавленого кварца с высокой концентрацией оксида алюминия в сердцевине.
7. Представленная работа не свободна от издержек стилистического характера. Кроме того, присутствует и ряд погрешностей в оформлении результатов работы, которые были доведены до автора.

**ПРЕДСЕДАТЕЛЬСТВУЮЩИЙ:** Спасибо, Ильнур Ильдарович. Алексей Николаевич, Вам предоставляется слово для ответа на замечания.

**АБРАМОВ А.Н.:**

1. Выбор спектрометра HR4000 обоснован совокупностью его метрологических, эксплуатационных и экономических показателей. В тексте диссертации сказано, что блок регистрации спектрометра имеет линейный ПЗС-детектор (3648 элемента), являющийся частью полихроматора, применяемого для одновременной регистрации спектральных зависимостей (пропускание, люминесценция) во всем измеряемом диапазоне длин волн.
2. Имеющаяся приборная база достаточна для получения надежных результатов в проведенном исследовании. Использование приборов обосновано их техническими характеристиками. При выборе анализатора спектра учитывались рабочий диапазон длин волн, динамический диапазон измерения, разрешение и т.п. При выборе источника света учитывались диапазон работы, временная стабильность мощности излучения, наличие волоконного выхода для простоты соединения с измеряемым световодом.
3. Из-за большого различия в показателях преломления стекла сердцевины заготовок, диаметры сердцевины одномодовых световодов также имели большие различия. Поэтому для каждого из световодов подбирались согласованные световоды из германосиликатного стекла.
4. При выборе источника возбуждения учитывались такие характеристики, как параметр качества пучка для обеспечения необходимых условий фокусировки излучения на торец световода, длина волны и достаточная мощность для возбуждения люминесценции по всей длине световода.
5. Минимизация вклада погрешности измерения, вносимой временной нестабильностью лазера, осуществлялась контролем введенной мощности излучения через свободный порт МПО-световода или с выходного торца исследуемого световода.
6. Точность измерения температуры с помощью хромель-алюмелевой термопары в изотермической зоне печи составила ±2 ºС, неоднородность температурного поля при измерении зависимости оптических потерь составила ±5 ºC.
7. С замечанием согласен.

**ПРЕДСЕДАТЕЛЬСТВУЮЩИЙ:** Спасибо. Слово предоставляется официальному оппоненту доктору химических наук, профессору, декану химического факультета Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского" Князеву Александру Владимировичу, пожалуйста.

*Официальный оппонент Князев Александр Владимирович излагает отзыв и зачитывает критические замечания.*

Замечания официального оппонента:

1. В главе 2 диссертации (2.2 Исходные материалы и реагенты) указана чистота использованных исходных соединений для синтеза стекол: SiCl4 (Научно-производственное предприятие «САЛЮТ») и AlCl3 (ООО «ЛАНХИТ»); однако степень чистоты для Cr(TMHD)3 не приводится, не указан и производитель прекурсора.
2. Проводилась ли количественное определение соотношения Cr3+ и Cr4+, и какие химические процессы приводят к образованию ионов Cr4+?
3. В таблице 2.3.1 концентрация Al2O3 приведена в мольных процентах, а концентрация хрома – в массовых. Логичнее было бы указывать все концентрации в одних величинах. При этом в этой же таблице для всех экспериментальных образцов концентрация хрома указана лишь приблизительная.
4. На стр. 95 диссертации автор указывает на сложности при сварке световодов с высокой концентрацией Al2O3 и возможном влиянии дефектов сварки на измерения, однако не указано, учитывался ли этот эффект.

**ПРЕДСЕДАТЕЛЬСТВУЮЩИЙ:** Спасибо, Александр Владимирович. Алексей Николаевич, Вам предоставляется слово для ответа на замечания.

**АБРАМОВ А.Н.:**

1. С замечанием согласен. Производитель ООО «Синор». Содержание примесей переходных металлов в нем не превышает 10-3 - 10-4 масс.%.
2. Количественного определения соотношения ионов Cr3+ и Cr4+ не производилось. Известно, что встраивание ионов Al3+ в сетку кварцевого стекла затруднено из-за различия в степени окисления ионов Al3+ и Si4+ и происходит за счёт образования собственных кислородных дефектов сетки кварцевого стекла, которые способствуют вхождению иона Cr4+.
3. С замечанием согласен. В литературе для макрокомпонентов используются мольные проценты, а для небольших добавок, например РЗЭ или переходных элементов, используются разные единицы измерения (атомные, массовые, мольные проценты).
4. Контроль качества сварного соединения проводился с помощью рефлектометра. В случае отсутствия возможности учета влияния таких дефектов, экспериментальные данные не учитывались.

**ПРЕДСЕДАТЕЛЬСТВУЮЩИЙ:** Спасибо, присаживайтесь, Алексей Николаевич. Коллеги, объявляется дискуссия, в которой могут участвовать все присутствующие. Прошу Вас высказаться по поводу доклада диссертанта.

**РОГОЖИН В.В.:** Эта диссертация мне очень понравилась. Это очень трудоемкая работа, даже если мы просто посмотрим, как получается волокно. Сначала меня несколько смутило – в автореферате написано «Разработка методики получения…». Она впервые разработана? Или она уже была такая? Четырехстадийная методика получения оптоволокна: сначала получается трубка, сделанная из стекла, потом, за счет разложения хроморганики, на внутреннюю поверхность осаждается хром, затем идет сплавление пористого слоя и только потом из трубки формируется оптоволокно. Если эта методика разработана впервые, то, наверное, нужно было патентовать. Если используется известная методика, то значит, надо было сказать, что мы используем известную методику. Работа со стеклами – это достаточно трудоемкая работа. Как дозировать газы? Поскольку осаждение шло из газовой фазы, то точно дозировать для сохранения всех параметров получения оптоволокна достаточно сложно и поэтому это занимает много времени, и нужно анализировать действительно ли получаются те составы или нет. Термодинамический анализ, который здесь представлен, понятно, что дает, но только больше на качественном уровне. На количественном уровне он ничего не дает… И в конечном итоге тут задавали вопросы: лучше или хуже оптоволокно становится? Но здесь показана принципиальная возможность – можно ли сформировать оптоволокно так, чтобы в сердцевине была кристаллическая фаза. И еще один важный момент: в зависимости от температуры кристаллизации и аморфная фаза получается, и кристаллическая. В зависимости от температуры переохлаждения или от температуры охлаждения, как говорят металлурги, мы можем формировать различные размеры кристаллов. В зависимости от этого мы уходим в тот или иной диапазон, в котором волна огибает эти кристаллы, т.е. длина волны должна быть больше размеров кристаллов. Таким образом, расширяется возможность применения волокон для различных диапазонов при сохранении приемлемого поглощения света. В разработанной методике создается внутренний слой для генерации электромагнитной волны, а внешний слой играет роль среды, которая создает условия для отражения волны, поэтому сама по себе методика и отработка режимов термообработки позволяет использовать различные прекурсоры, такие как остальные d-элементы и p-элементы (висмут). Поэтому появляется очень широкое поле деятельности. Работа очень хорошая, трудоемкая и автор провел свои исследования на достаточно качественном уровне.

**ПРЕДСЕДАТЕЛЬСТВУЮЩИЙ:** Спасибо, Вячеслав Вячеславович.

**УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ:** Уважаемые коллеги, очень отрадно слушать работу, которая выполнена на стыке двух специальностей, как говорят, достигнут определенный синергетический эффект, когда мы имеем возможность слушать работу по получению перспективных видов световодов и одновременно по разработке методик измерения характеристик. Очень отрадно, что работа выполнена на нашей кафедре, руководителем которой является Алексей Сергеевич Раевский. Мы много раз слушали работу, были, естественно, определенные критические замечания, соискатель их учел. Сегодня работа представлена, на мой взгляд, достаточно хорошо, ответы на вопросы прозвучали уверенно и очень отрадно, что он также уверенно отвечал как на вопросы по методикам измерения, так и на вопросы по химическим проблемам. Поэтому я считаю, что сегодняшняя работа заслуживает одобрения с нашей стороны, и я предлагаю членам совета проголосовать за эту диссертацию.

**ПРЕДСЕДАТЕЛЬСТВУЮЩИЙ:** Спасибо, Юрий Георгиевич.

**КУТЬИН А.М.:** Когда работа выполняется на стыке наук, конечно, диссертант подвергает себя дополнительному риску. Но эта работа выглядит с одной стороны нестандартно, а с другой стороны возникает больше критики прибористов в плане кажущимся отсутствии элементов новизны, а физхимики «заваливают» весьма сложными и неоднозначными вопросами. В области создания нового типа волоконных световодов на стеклокерамике соискателю удалось сделать хорошую работу, которую можно считать пионерской. Я считаю, что соискатель, несомненно, заслуживает присуждения искомой ученой степени и мне кажется, нужно пожелать дальнейших успехов на его непростом поприще, тем более что он уже опытный и квалифицированный специалист. В лаборатории института химии, где работает, он является незаменимым специалистом: сколько технических деталей нужно знать и понимать в области диагностики, чтобы создавать новые уникальные световоды. Мне кажется, что мы все проголосуем «за». Спасибо.

**ПРЕДСЕДАТЕЛЬСТВУЮЩИЙ:** Спасибо, Александр Михайлович. Коллеги, будут ли еще желающие выступить? Со своей стороны тоже скажу несколько слов. Несмотря на то, что я не являюсь специалистом в той области, в которой представлена эта диссертация, в целом мне понравились как выступление диссертанта, так и его ответы на вопросы. Мне кажется, наши коллеги – химики на большинство вопросов ответы получили и мне кажется, что диссертация заслуживает, чтобы ее поддержать. Доклад сделан на достаточно высоком уровне, и я предлагаю поддержать эту диссертацию. Лично я буду голосовать за присуждение ученой степени.

Коллеги, далее у нас по регламенту предоставляется заключительное слово соискателю.

**АБРАМОВ А.Н.:** Хочется выразить слова благодарности диссертационному совету, оппонентам, своим руководителям, которые поддерживали эту работу, своим коллегам, которые поддерживали меня лично, сотрудникам трех институтов и университетов: НГТУ, НЦВО РАН и ИХВВ РАН.

**ПРЕДСЕДАТЕЛЬСТВУЮЩИЙ:** Коллеги предлагается следующий состав счетной комиссии из трех членов диссертационного совета: Андрианов Александр Владимирович, Бабанов Николай Юрьевич, Заборонкова Татьяна Михайловна. Нет ли возражений против такого состава? Предлагается голосовать за состав счетной комиссии. Кто «за»? Против? Нет. Воздержался? – Нет. Единогласно. Коллеги, приступайте к своей работе.

*Происходит процедура тайного голосования.*

**ПРЕДСЕДАТЕЛЬСТВУЮЩИЙ:** Коллеги, производится оглашение результатов работы счетной комиссии.

**ЗАБОРОНКОВА Т.М.:** Результаты счетной комиссии, избранной диссертационным советом Д 212.165.01 11 марта 2021 года. Состав комиссии: Андрианов А.В., Бабанов Н.Ю., Заборонкова Т.М. Комиссия избрана для подсчета голосов тайного голосования по вопросу о присуждении Абрамову Алексею Николаевичу ученой степени кандидата технических наук. Состав диссертационного совета утвержден в количестве 27 человек на период действия Номенклатуры специальностей научных работников. В состав диссертационного совета дополнительно введены 3 человека. Присутствовало на заседании 24 членов совета, докторов наук по специальности 05.11.13 – 7 человек, по специальности 02.00.04 – 3 человека. Роздано бюллетеней 24, осталось не розданных бюллетеней 6. Оказалось в урне бюллетеней 24. Результаты голосования по вопросу о присуждении ученой степени кандидата технических наук Абрамову А.Н.: за – 24, против – нет, недействительных – нет.

**ПРЕДСЕДАТЕЛЬСТВУЮЩИЙ:** Уважаемые коллеги, необходимо утвердить результаты голосования открытым голосованием. Кто «за»? Против? – Нет. Воздержался? – Нет. Единогласно результаты голосования утверждаются. Алексей Николаевич, разрешите поздравить Вас!

Уважаемые коллеги, приступаем к обсуждению заключения диссертации.

Члены диссертационного совета обсуждают проект заключения диссертационного совета. Члены диссертационного совета д.т.н. Плужников А.Д., д.т.н. Мельников В.И., д.т.н. Михаленко М.Г. вносят редакционные поправки.

**ПРЕДСЕДАТЕЛЬСТВУЮЩИЙ:** Если замечаний больше нет, то предлагается принять проект заключения с учётом внесенных поправок, прошу голосовать. Кто «за»? Против? – Нет. Воздержался? – Нет. Заключение принято единогласно.

*Заключение диссертационного совета принимается и оглашается в полном объеме.*

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д212.165.01, СОЗДАННОГО НА БАЗЕ

Федерального государственного бюджетного образовательного

учреждения высшего образования

«Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева»

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ

КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело №\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 11.03.2021 № 3

**О присуждении** Абрамову Алексею Николаевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

**Диссертация** «Оперативный контроль оптических свойств волоконных световодов с сердцевиной из муллитовой стеклокерамики, легированной хромом» по специальностям 05.11.13 – «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий» и 02.00.04 «Физическая химия» (технические науки) принята к защите 23.12.2020 (протокол заседания № 8) диссертационным советом Д212.165.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева», Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 603950, г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24, приказ №714/нк от 02.11.2012.

Соискатель Абрамов Алексей Николаевич 1984 года рождения в 2006 году закончил Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарева» по специальности «Физика» и ему присуждена квалификация физик. В 2009 году окончил очную аспирантуру Института химии высокочистых веществ РАН, работает в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки «Институт химии высокочистых веществ им. Г.Г. Девятых» в лаборатории технологии волоконных световодов в должности младшего научного сотрудника.

Диссертация выполнена на кафедре «Физика и техника оптической связи» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» и в лаборатории технологии волоконных световодов Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт химии высокочистых веществ им. Г.Г. Девятых РАН».

**Научные руководители:** доктор физико-математических наук, профессор Раевский Алексей Сергеевич, заведующий кафедрой «Физика и техника оптической связи» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» и член-корреспондент РАН, доктор химических наук, профессор Гурьянов Алексей Николаевич, заведующий лабораторией технологии волоконных световодов Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт химии высокочистых веществ им. Г.Г. Девятых РАН».

**Официальные оппоненты:**

**1.** **Нуреев Ильнур Ильдарович**, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Радиофотоника и микроволновые технологии» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева - КАИ» (г. Казань);

**2. Князев Александр Владимирович**, доктор химических наук, профессор, декан химического факультета Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского" (г. Нижний Новгород);

**дали положительные отзывы на диссертацию.**

**Ведущая организация** – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва» (г. Саранск) в своем положительном отзыве, подписанном Рябочкиной Полиной Анатольевной, доктором физико-математических наук, профессором, профессором кафедры общей физики; Нищевым Константином Николаевичем, кандидатом физико-математических наук, доцентом, заведующим кафедрой общей физики указала, что диссертационная работа Абрамова А.Н. является научно-квалификационной работой по актуальной проблеме. Научно значимая и принципиальная физико-химическая задача условий формирования легированной хромом сердцевины из муллитовой стеклокерамики в световоде на основе кварцевого стекла успешно решена посредством оригинальной приборной методики измерения оптических свойств световодов в процессе их высокотемпературного отжига. Практически значимый результат совмещения знаний по двум специальностям открывает перспективы разработок новых оптически активных волоконных устройств. Разработанные автором методики оперативного контроля оптических свойств волоконных световодов при их термообработке рекомендуется использовать при разработке специальных волоконных световодов для волоконных лазеров видимого диапазона спектра. Диссертационная работа Абрамова А.Н. удовлетворяет требованиям, изложенным в «Положении о присуждении ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Абрамов Алексей Николаевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальностям 05.11.13 – «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий» и 02.00.04 – «Физическая химия».

**Соискатель имеет 39 опубликованных научных работ**, в том числе по теме диссертации опубликовано 5 работ, из них 5 – в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК для опубликования научных результатов диссертаций, а также 7 публикаций – в материалах конференций. **Общий объем научных изданий составляет 17,2 усл. п. л. Авторский вклад составляет 4,6 усл. п. л.** Недостоверные сведения об опубликованных работах в диссертации отсутствуют.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Абрамов, А.Н. Анализ образования фазы муллита в стекле сердцевины алюмосиликатного волоконного световода, легированного хромом / А.Н. Абрамов, А.Д. Плехович, А.М. Кутьин, М.В. Яшков, А.Н. Гурьянов // Неорганические материалы. - 2018. - Т. - 54. - № 9. - С. 1–10.
2. Абрамов, А.Н. Методика исследования абсорбционных свойств алюмосиликатных световодов, активированных хромом / А.Н. Абрамов, А.Н. Гурьянов, А.С. Раевский, М.В. Яшков // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. – 2019. - Т.75. - №3. - С. 102-107.
3. Абрамов, А.Н. Разработка методики измерения спектров люминесценции в волоконных световодах с сердцевиной из муллитовой cтеклокерамики, активированной Cr3+ / А.Н. Абрамов, А.Н. Гурьянов, А.С. Раевский, М.В. Яшков // Датчики и системы. – 2019. - №3(234). - С. 14-19.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

– Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук», подписанный старшим научным сотрудником лаборатории экстремальной нелинейной оптики, кандидатом физико-математических наук Анашкиной Еленой Александровной;

– ПАО «Пермская научно-производственная приборостроительная компания», подписанный заместителем директора НТЦ – начальником управления волоконных компонентов – главным конструктором ВОК, кандидатом физико-математических Шевцовым Денисом Игоревичем;

– АО «Научно-производственное объединение Государственный оптический институт им. С.И. Вавилова», подписанный ведущим научным сотрудником Научного отделения №6 «Волокно», кандидатом технических наук Тер-Нерсесянцем Егишем Вавиковичем;

– ФГБУН «Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова» РАН, подписанный научным сотрудником лаборатории оптоэлектронных и волоконно-оптических систем, кандидатом физико-математических наук Рыбалтовским Андреем Алексеевичем;

– ФГБУН Ордена Трудового Красного Знамени Института химии силикатов им. И.В. Гребенщикова РАН, подписанный старшим научным сотрудником лаборатории физической химии стекла, кандидатом химических наук Гирсовой Мариной Андреевной;

– ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики», подписанный заведующим кафедрой «Линии связи и измерения в технике связи», доктором технических наук, профессором Бурдиным Владимиром Александровичем;

– ФГБУН Ордена Трудового Красного Знамени Института химии силикатов им. И.В. Гребенщикова РАН, подписанный ведущим научным сотрудником, доктором химических наук Голубевой Ольгой Юрьевной;

– ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева - КАИ», подписанный профессором кафедры радиофотоники и микроволновых технологий, доктором технических наук Сахабутдиновым Айратом Жавдатовичем;

– АО «Научно-производственное предприятие «Салют», подписанный начальником научно-производственного отделения материалов электронной техники, кандидатом химических наук Котковым Анатолием Павловичем;

**Все отзывы положительные** и содержат заключение о том, что Абрамов Алексей Николаевич достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальностям 05.11.13 – «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий» и 02.00.04 «Физическая химия».

В качестве основных критических замечаний отмечено:

– Автор диссертационной работы отмечает (стр. 47), что концентрация хрома оценивалась по известному коэффициенту экстинкции из работы [47]. Не ясно, как это можно сделать корректно, если далее авторы утверждают, что ионы Cr находятся в стеклянной матрице в различных валентных состояниях.

– Согласно термодинамическому расчету, помимо фазы муллита могут формироваться дополнительные кристаллические фазы, например кристобалит. Автором не сказано, как это повлияет на оптические свойства объекта исследования.

– Чем обусловлен выбор длины волны источника возбуждения (λнак=457 нм)?

– Каковы различия в оптических свойствах волоконных алюмосиликатных световодов с сердцевиной из муллитовой стеклокерамики до легирования хромом и после?

– В п. 3.4 диссертационной работы анализируется погрешность работы источника излучения и на рис. 3.4.1. приведена временная стабильность лазера DPSS (λ=457 нм). Однако в работе не указано, как данная временная стабильность лазера DPSS учитывается. Возможно, необходимо предусмотреть учет данного фактора в цепи обратной связи.

– Проводилась ли количественное определение соотношения Cr3+ и Cr4+, и какие химические процессы приводят к образованию ионов Cr4+?

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации** обосновывается их компетентностью и достижениями в научных исследованиях по тематике диссертации, наличием у оппонентов и сотрудников ведущей организации публикаций в рецензируемых журналах с высоким профессиональным уровнем.

**Диссертационный совет отмечает**, что на основании выполненных соискателем исследований:

**разработаны** новые экспериментальные методики, позволяющие проводить оперативный контроль оптических свойств алюмосиликатных волоконных световодов, легированных хромом, при формировании кристаллической фазы муллит в объеме стекла сердцевины под действием высокотемпературной обработки;

**предложена** технология получения (методом химического осаждения из паровой фазы) волоконных световодов, легированных ионами хрома, на основе высокочистого кварцевого стекла с высокой концентрацией (до 29 мол.%) оксида алюминия в сердцевине;

**показана** перспективность разработки новых оптически активных материалов для волоконных источников лазерного излучения.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

**доказана** возможность контроля оптических свойств волоконных световодов при формировании в них стеклокерамической сердцевины;

**применительно к проблематике диссертации результативно использованы** методы рентгенофазового анализа, дифференциально-сканирующей калориметрии, спектроскопического анализа, термодинамического моделирования;

**изучено** влияниеконцентрации оксида алюминия в сердцевине световода на перезарядку ионов хрома из состояния Cr4+ в состояние Cr3+ в матрице алюмосиликатного стекла.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:**

**разработаны** методики исследования температурных зависимостей спектрального коэффициента поглощения, спектров люминесценции волоконных световодов с сердцевиной из алюмосиликатного стекла, легированного хромом и **внедрены** в ИХВВ РАН и в АУ «Технопарк-Мордовия» при разработке специальных волоконных световодов, легированных различными активными добавками;

**создана** экспериментальная установка, предназначенная для контроля оптических свойств волоконных световодов в процессе высокотемпературной обработки;

**определен** диапазон оптимальных концентраций оксида алюминия для эффективного формирования фазы муллит в объеме стекла сердцевины волоконного световода.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

**экспериментальные результаты** получены на сертифицированном измерительном оборудовании;

**установлено** качественное соответствие данных, полученных автором результатов с результатами и данными в литературных источниках по исследованию муллитовой стеклокерамики, легированной хромом.

**Личный вклад соискателя** состоит в проведении экспериментов по получению волоконных световодов с сердцевиной на основе алюмосиликатного стекла, легированного хромом, с высокой концентрацией оксида алюминия и исследовании свойств как объемных образцов в виде заготовок волоконных световодов, так и самих волоконных световодов; в разработке методики регистрации спектров пропускания в световодах в процессе отжига; разработке методики, позволяющей оперативно проводить измерения спектров люминесценции в процессе формирования стеклокерамической сердцевины в алюмосиликатных волоконных световодах, активированных Cr3+; измерении эффективности и времени жизни люминесценции ионов хрома в муллитовой стеклокерамике.

На заседании 11.03.2021 г. диссертационный совет принял решение присудить Абрамову Алексею Николаевичу ученую степень кандидата технических наук, так как диссертация Абрамова Алексея Николаевича представляет собой научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842: в диссертации изложены новые научно обоснованные технические решения и разработки, имеющие существенное значение для развития страны, а именно экспериментальные методики, позволяющие расширить диапазон работы волоконных источников лазерного излучения в ближнюю инфракрасную и видимую области спектра.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 24 человек, из них 7 докторов наук по специальности 05.11.13 и 3 доктора наук по специальности 02.00.04, участвовавших в заседании, из 30 человек, входящих в состав совета, проголосовали за – 24, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Заместитель председателя

диссертационного совета Мякиньков Александр Валерьевич

Ученый секретарь

диссертационного совета Белов Юрий Георгиевич

11 марта 2021 г.