

Заключение

диссертационного совета 24.2.331.06, созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 27 апреля 2022 г. № 5

О присуждении Никулиной Ольге Владимировне, гражданке РФ, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Радиационное упрочнение и оптические свойства материалов на основе SiO_2 » по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния принята к защите 31.01.2022 г. (протокол заседания № 2) диссертационным советом 24.2.331.06, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 105005, г. Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1, приказ № 105/нк от 11.04.2012 г., полномочия которого установлены приказом Минобрнауки России № 561/нк от 03 июня 2021 г. на срок действия номенклатуры научных специальностей.

Соискатель Никулина Ольга Владимировна, 23 декабря 1988 года рождения, в 2013 году окончила с отличием федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» по направлению подготовки 011200 Физика. В 2019 году соискатель освоила программу подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» по очной форме обучения по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия, в настоящее время работает начальником сектора научно-производственной лаборатории в акционерном обществе «Обнинское научно-производственное предприятие «Технология» им. А.Г. Ромашина» Государственной корпорации «Ростех».

Диссертация выполнена в Отделении лазерных и плазменных технологий Обнинского института атомной энергетики – филиала федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук Степанов Владимир Александрович, Обнинский институт атомной энергетики – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», начальник и профессор Отделения лазерных и плазменных технологий.

Официальные оппоненты:

Рогожкин Сергей Васильевич, доктор физико-математических наук, федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», начальник отдела,

Хрячков Виталий Алексеевич, доктор физико-математических наук, акционерное общество «Государственный научный центр Российской Федерации – Физико-энергетический институт имени А.И. Лейпунского», начальник управления перспективных исследований дали положительные отзывы на диссертацию.

Однако имеется ряд замечаний, наиболее значимыми из которых являются следующие:

Рогожкин С.В.: «Для анализа рентгеноструктурных данных в работе используется подход Релея, в котором коэффициент рассеяния пропорционален четвертой степени размера рассеивателей ($\sim d^4$). Однако в работе не представлен анализ достоверности этой зависимости для полученного в работе набора значений d для различных стекол. В работе установлено, что величина механических напряжений в результате радиационно-индуцированного кулоновского упрочнения может достигать значений до 400 МПа. При этом не отмечается, что этот результат получен именно для выбранных условий облучения. Во второй главе при расчете потерь на рассеяние Релея не учтено отличие показателей преломления центров рассеяния и среды (стекла). Прочностные характеристики образцов композиционного материала (КМ) представлены без указания ошибок измерения».

Хрячков В.А.: «В главе 3, в параграфе 3.4 представлены исследования акустомеханических свойств чистых кварцевых стекол КУ-1. Для подтвер-

ждения связи между механическими свойствами и наноструктурой было бы важно исследовать влияние примесного состава на акустомеханические свойства легированных стекол. Во второй главе делается вывод о соответствии полученных из рентгеноструктурного анализа размеров областей когерентного рассеяния (ОКР) со значениями ОКР света, рассчитанных для облученных стекол по теории Релея. Однако не приведены результаты рентгенографических исследований стекол после облучения. В четвертой главе делается вывод о том, что композиционный материал не подвержен радиолизу, однако не приведены исследования структуры КМ после облучения».

Ведущая организация – Акционерное общество «Высокотехнологический научно-исследовательский институт неорганических материалов имени академика А.А. Бочвара», г. Москва, в своем положительном отзыве, подписанном Черновым Вячеславом Михайловичем, доктором физико-математических наук, профессором, главным научным сотрудником и утвержденном Карпюком Леонидом Александровичем, генеральным директором, указала, что диссертация Никулиной О.В., посвященная актуальной научно-технической проблеме – установлению взаимосвязи между радиационно-индуцированными процессами и механизмами структурных изменений и их влияния на оптические, электрофизические и физико-механические свойства кварцевых стекол и изделий на их основе, представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, выполненную на высоком уровне. Научная новизна полученных результатов заключается в том, что Никулиной О.В. обнаружено соответствие между размерами доменов в нанонеоднородной структуре кварцевых стекол и размерами областей когерентного рассеяния света в облучённых стёклах. Оптические потери в гамма-облучённых стёклах пропорциональны четвертой степени размера доменов. Никулиной О.В. предложен механизм радиационного упрочнения кварцевых стёкол за счёт механических напряжений, возникающих при кулоновском взаимодействии радиационно-индуцированного разделения электрических зарядов на структурных нано-неоднородностях. Экспериментально показано увеличение предела прочности композиционного материала на основе кварцевого волокна и неорганического связующего после гамма-облучения. Ведущая организация считает, что теоретическая и практическая значимость работы заключается в том, что соискателем предложен способ рентгеноструктурного анализа кварцевых стёкол для предсказания радиационных изменений их свойств, предложен способ оценки радиационного упрочнения

кварцевых стёкол за счёт механических напряжений, возникающих при кулоновском взаимодействии между областями с разделёнными электрическими зарядами, разработан высокотемпературный, радиационно-стойкий композиционный материал на основе наполнителя из кварцевого волокна и неорганического связующего. Достоверность научных положений и выводов обеспечена использованием комплекса различных экспериментальных методов исследований (рентгенография, оптическая спектроскопия, физико-механические измерения, в том числе непосредственно в условиях ионного облучения), современного теоретического обоснования. Отмечено, что в диссертационной работе соблюдается системность исследований.

Соискатель имеет 10 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 10 работ, из них в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ и индексируемых в международных базах Scopus и Web of Science опубликованы 3 работы. Получено два патента РФ на изобретения. Общий объем опубликованных работ по теме диссертации 5,44 п.л., из которых 2,02 п.л. принадлежат лично соискателю. Требования п.п. 11 и 13 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (в редакции постановления Правительства РФ от 20.03.2021 г. № 426), предъявляемые к публикации основных научных результатов диссертации, выполняются. Требования, установленные п. 14 действующего Положения о присуждении ученых степеней, соблюдаются. Сведения об опубликованных работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации, достоверны.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Разработка высокотемпературных композиционных материалов теплозащитного и радиотехнического назначения / О.В. Шуткина (О.В. Никулина) [и др.] // Перспективные материалы. 2014. № 10. С. 17-21 (0,58 п.л. / 0,19 п.л.).

2. Никулина О.В., Степанов В.А., Деменков П.В. Радиационное упрочнение и оптические свойства материалов на основе SiO₂ // Известия высших учебных заведений. Ядерная энергетика. 2021. № 1. С. 143-153 (1,28 п.л. / 0,43 п.л.).

3. Никулина О.В., Степанов В.А. Радиационные изменения оптических и механических свойств материалов на основе SiO₂ // Российский химический журнал. 2021. Т. 65. № 3. С. 51-56 (0,7 п.л. / 0,3 п.л.).

4. Способ получения радиотехнического материала: патент № 2544356 РФ / О.В. Шуткина (О.В. Никулина) [и др.]. Заявл. 05.03.2014; опубл. 20.03.2015. Бюл. № 8 (0,21 п.л. / 0,08 п.л.).

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от: **Паршикова Ю.Г.**, доктора технических наук, доцента, директора Межведомственного центра аналитических исследований в области физики, химии и биологии при Президиуме Российской академии наук; **Баскова П.Б.**, кандидата технических наук, главного научного сотрудника АО «Красная звезда» ГК «Росатом»; **Резника С.В.**, доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой «Ракетно-космические композиционные конструкции» ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э.Баумана (национальный исследовательский университет)»; **Плаксына О.А.**, доктора физико-математических наук, доцента, главного специалиста по науке по направлению активных зон Отделения инновационных реакторных материалов и технологий АО «Государственный научный центр Российской Федерации – Физико-энергетический институт имени А.И. Лейпунского»; **Кочнова О.Ю.**, доктора технических наук, главного инженера АО «НИФХИ им. Л.Я. Карпова»; **Дуба А.В.**, доктора технических наук, профессора, первого заместителя генерального директора АО «Наука и инновации» ГК «Росатом».

Все отзывы положительные, но имеется ряд замечаний.

В работе проводились исследования механических свойств на чистых беспримесных стеклах. Также, как были проведены исследования связи масштабов нано-структуры и радиационных оптических свойств, необходимо экспериментально подтвердить такую же связь для механических свойств легированных стекол (Басков П.Б.). В таблице 1 автореферата, в которой приведены значения полученных размеров нано-доменов стекол, нужно было бы указать погрешности (Паршиков Ю.Г.). Из автореферата не ясно, какие методы математического моделирования использованы для прогнозирования характеристик изучаемых материалов при радиационном воздействии (Резник С.В.). Не показано влияние связующего (матрицы) на прочностные свойства композиционного материала (Дуб А.В.).

В то же время все специалисты, представившие свои отзывы, считают, что указанные замечания не снижают общей значимости диссертационной работы Никулиной О.В. В отзывах сделан вывод о том, что диссертация Никулиной Ольги Владимировны отвечает требованиям, предъявляемым ВАК Минобрнауки РФ к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает при-

суждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния.

Выбор официальных оппонентов обоснован тем, что они являются компетентными специалистами в области физики конденсированного состояния. Хрячков Виталий Алексеевич является специалистом в области материалов и экспериментальных методов ядерной физики. Рогожкин Сергей Васильевич – специалист в области физики радиационного материаловедения.

Выбор ведущей организации обусловлен тем, что акционерное общество «Высокотехнологический научно-исследовательский институт неорганических материалов имени академика А. А. Бочвара», являющееся одним из ведущих научно-исследовательских институтов и головной организацией Госкорпорации «Росатом» по проблемам материаловедения, известно своими экспериментальными и теоретическими исследованиями свойств конденсированных сред.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана концепция, позволяющая объяснить взаимосвязь между радиационно-индуцированными процессами и структурной нано-неоднородностью стекол и их влияние на оптические и механические свойства кварцевых стекол;

предложен механизм радиационного упрочнения кварцевых стекол за счет кулоновских напряжений, возникающих в результате радиационно-индуцированного разделения электрического заряда на структурных нано-неоднородностях. Величина механических напряжений в результате радиационно-индуцированного кулоновского упрочнения может достигать значений до 400 МПа;

доказано существование предельной дозы облучения для кварцевых стекол, порядка 1 МГр, при которой завершается радиационное окрашивание и кулоновское упрочнение кварцевых стекол;

введены новые подходы в понимании радиационно-индуцированных процессов в кварцевых стеклах.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана связь между исходной наноструктурой кварцевых стекол и материалов на их основе и радиационным изменением их оптических и механических свойств;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использованы современные методы физики конденсированного состояния, физики радиационного повреждения материалов, вычислительной физики;

изложены основные закономерности механизмов радиационного окрашивания и упрочнения кварцевых стекол за счет разделения электрического заряда на структурных микро- и нано-неоднородностях;

раскрыт механизм радиационного упрочнения в результате разделения электрического заряда и наведения кулоновских напряжений в нано-неоднородной структуре кварцевых стекол;

изучена взаимосвязь между размерами областей когерентного рассеяния рентгеновского излучения, определяющими величину нано-неоднородностей структуры, и областей когерентного рассеяния света, определяющими оптические потери, в облученных легированных кварцевых стеклах;

проведено расчётное и экспериментальное определение предельной дозы и величины радиационного упрочнения кварцевого стекла и материала на его основе.

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

разработан высокотемпературный, радиационно-стойкий композиционный материал на основе наполнителя из кварцевого волокна и неорганического связующего;

определено направление использования результатов рентгеноструктурного анализа кварцевых стекол для предсказания радиационных изменений их свойств;

предложен способ оценки индуцированных гамма-облучением кулоновских напряжений, являющихся причиной радиационного упрочнения кварцевых стекол, и **представлены** результаты значений увеличения предела прочности композиционного материала.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

экспериментальные результаты получены с помощью комплекса различных современных экспериментальных методов исследований (рентгенография, оптическая спектроскопия, физико-механические измерения, в том числе непосредственно в условиях ионного облучения);

теория построена на основе корректного использования методов физики конденсированного состояния, данных с использованием методов экспери-

ментальной физики;

идеи базируются на обобщении современных литературных данных и на анализе результатов, полученных экспериментальными методами;

использовано сравнение полученных результатов с ранее опубликованными теоретическими, вычислительными и экспериментальными результатами (в том числе, при сопоставлении результатов с работами П.Б. Баскова, П.В. Деменкова, О.А. Плаксина и других авторов);

установлено количественное и качественное совпадение полученных в работе результатов с независимыми источниками;

использованы современные методы обработки полученных результатов.

Личный вклад соискателя состоит в: постановке задач, подготовке и проведении экспериментов, проведении расчетов и обработке полученных результатов, а также их анализе и интерпретации. Все представленные результаты получены автором лично либо при его непосредственном участии.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания: не учитывались процессы, происходящие на поверхности доменов; предложенная модель, описывающая упрочнение стекол при облучении, требует дополнительной доработки и обоснования.

Соискатель Никулина О.В. ответила на вопросы, задаваемые ей в ходе заседания членами диссертационного совета: д.т.н. Косушкиным В.Г., д.ф.-м.н. Стреловым В.И., д.ф.-м.н. Шагаевым В.В., д.т.н. Андреевым В.В.; согласилась с замечаниями к.т.н. Баскова П.Б., д.т.н. Паршикова Ю.Г., официальных оппонентов д.ф.м.н. Хрячкова В.А. и д.ф.-м.н. Рогожкина С.В., а также привела собственную аргументацию на замечания д.т.н. Резника С.В. и д.т.н. Дуба А.В.

Диссертационным советом сделан вывод о том, что диссертационная работа Никулиной О.В. «Радиационное упрочнение и оптические свойства материалов на основе SiO_2 » является самостоятельной завершенной научно-квалификационной работой. Она соответствует критериям, установленным п.п. 9 и 10 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г. (в редакции постановления Правительства РФ от 20.03.2021 г. № 426) и п.п. 2 и 4 паспорта научной специальности 1.3.8. «Физика конденсированного состояния» (отрасль науки – физико-математические).

На заседании 27 апреля 2022 года диссертационный совет принял решение – за решение важной для физики конденсированного состояния науч-

ной задачи, связанной с установлением взаимосвязи между радиационно-индуцированными изменениями оптических и механических свойств кварцевых стекол и материалов на их основе с учетом их реальной наноструктуры – присудить Никулиной О.В. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 13 докторов наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 14, против 0, недействительных бюллетеней 0.

И.о. председателя
диссертационного совета

Андреев Владимир Викторович

Ученый секретарь
диссертационного совета

Лоскутов Сергей Александрович

Дата оформления заключения 27 апреля 2022 года.