

УТВЕРЖДАЮ

И.о. проректора по НИР

ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский

государственный университет

им. Х.М. Бербекова»

д.х.н., профессор

С.Ю. Ханирова

«16» 06 2022 г.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова»

Диссертация «Влияние изотермического отжига на структуру, электрические и оптические свойства стекол для электронной техники» выполнена на кафедре электроники и цифровых информационных технологий федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова».

В период подготовки диссертации соискатель Молоканова Ольга Олеговна работала в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова», на кафедре электроники и цифровых информационных технологий, в должности старшего преподавателя.

В 1996 году окончила Кабардино-Балкарский государственный университет по специальности «Микроэлектроника и полупроводниковые приборы». В 2019 году окончила магистратуру ФГБОУ ВО «Кабардино-

Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова» по направлению 03.04.02 Физика.

Справка о сдаче кандидатских экзаменов выдана 13 марта 2021 г. федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова».

Научный руководитель – Кармоков Ахмед Мацевич, доктор физико-математических наук, профессор кафедры электроники и цифровых информационных технологий института информатики, электроники и робототехники, ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова».

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Цель работы: выявление закономерностей и теоретический анализ структурных, электрических и оптических изменений при изотермическом отжиге специальных стекол, применяемых в электронной технике: свинцово-силикатных С87-2, С78-4 и боратно-бариевого С78-5.

Актуальность темы обусловлена тем, что в современной электронной технике широко применяются стекла со специальными функциональными свойствами. Например, свинцово-силикатные стекла на основе оксидов кремния и свинца используют в производстве оптических кабелей для систем передачи данных, микроканальных пластин для регистрации и усиления пространственно-распределенных потоков фотонов и заряженных частиц, в рентгеновских линзах для фокусировки рентгеновских пучков и др. Стабильность и долговечность работы приборов назначения зависят от структурных изменений в стеклах, происходящих при различных физико-химических воздействиях в технологических процессах изготовления и условий эксплуатации.

Фазообразование и изменение физико-химических свойств стекол связано с диффузионными процессами в стеклах, протекающими при нагреве, отжиге и пропускании электрического тока. Характер изменения свойств ма-

териалов определяется, в основном, возрастающей подвижностью катионов и анионов при повышении температуры. Процессы фазовой дифференциации приводят к изменениям важных для практического применения функциональных свойств материалов. Например, микроканальные пластины для регистрации пространственного распределения заряженных частиц чувствительны к малым флуктуациям внешних параметров.

Под влиянием температуры и электрического поля в стекле происходит массоперенос компонентов, который оказывает серьезное влияние на ионную проводимость стекла. В производстве стекла, содержащего нанокристаллические фазы, используются процессы разделения фаз и кристаллизации. Преобладание одной из стадий этих процессов будет задавать для каждого материала физико-химические свойства и структуру каждой конкретной стеклообразующей системы.

Стабильность выходных параметров, сроки эксплуатации конечных изделий существенно зависят от малых изменений электропроводности, диэлектрических, оптических, эмиссионных свойств.

Областью применения результатов этих исследований станут разработки новых и модификации существующих технологических процессов производства электронных компонентов и устройств на основе функциональных стекол.

Таким образом, актуальность работы не вызывает сомнений.

Личное участие автора в получении научных результатов заключается в том, что представленные в диссертационной работе данные получены автором самостоятельно. Постановка цели и задач диссертации, планирование работы проводилось совместно с научным руководителем, который также принимал участие в обсуждении полученных результатов.

Достоверность полученных результатов подтверждена воспроизведимостью экспериментальных результатов и использованием для их получения общепризнанных и широко известных методов, таких как: электрометрия, рентгенодифракционный фазовый анализ, оптическая микроскопия,

спектрофотометрия, сканирующая атомно-силовая микроскопия. Полученные в работе данные экспериментальных измерений и выводы физически обоснованы и согласуются с известными теоретическими представлениями и экспериментальными данными.

Научная новизна исследований представлена следующими положениями:

1. Впервые исследовано изменение удельной электропроводности в процессе изотермического отжига стекол свинцово-силикатной системы С87-2 и С78-4 и боратно-бариевой системы С78-5, и выявлены закономерности изменения электромассопереноса и электродиффузии в процессе изотермического отжига стекол при различных температурах.

2. Впервые обнаружено образование и рост новых кристаллических фаз в результате изотермического отжига исходно аморфных стекол С87-2, С78-4 и С78-5, и рассчитаны характерные размеры нанообразований.

3. В исследованных стеклах впервые установлены закономерности структурных изменений в новых наноразмерных фазах в процессе изотермического отжига.

4. Впервые изучено влияние электромассопереноса и изменений фазового состава на электропроводимость исследованных стекол.

5. Впервые по результатам измерения оптических свойств стекол С87-2, С78-4 и С78-5 определены значения ширины запрещенной зоны наноразмерных фаз, формирующихся в результате высокотемпературного изотермического отжига этих стекол.

Практическая значимость результатов проведенных исследований состоит в следующем:

Полученные экспериментальные данные по исследованию температурной и временной зависимости электропроводности, структурных и фазовых изменений в процессе отжига стекол С87-2, С78-4 и С78-5 рекомендованы для внедрения на предприятии Владикавказский технологический центр «Баспик».

Созданная экспериментальная установка для исследования при температурах 20–600 °C электрических свойств диэлектрических и слабопроводящих материалов используется в КБГУ для изучения электрических свойств материалов в процессе выполнения научно-исследовательских работ аспирантами и студентами, а также для выполнения лабораторных работ в учебном процессе. Кроме этого, результаты работы используются в учебном процессе при чтении лекций по дисциплинам «Физика конденсированного состояния» и «Физическая химия материалов и процессов электронной техники».

Основные результаты диссертационного исследования представлены в 17-и научных работах, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 4:

1. Karmokov, A.M. Stabilizing the electrical properties of glasses used in vacuum electronics / A.M.Karmokov, O.A.Molokanov, **O.O.Molokanova**, Z.V.Shomakhov // Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics. – 2018. – T. 82. – № 7. – C. 850–852
2. Shomakhov, Z.V. Diffusion in S78-5 glass under the effect of electric current at high temperatures / Z.V.Shomakhov, A.M.Karmokov, O.A.Molokanov, V.K.Lyuev, M.M.Karmokov, **O.O.Molokanova** // Russian Physics Journal. – 2019. – T. 62. – № 5. C. 805–809.
3. Shomakhov, Z.V. Conductivity studies of glasses for electronics / Z.V.Shomakhov, O.A.Molokanov, A.M.Karmokov, **O.O.Molokanova**, A.O.Ozhiganova, Yu.Yu.Goncharenko // Nano Hybrids and Composites. – 2020. – T. 28. – C. 9–13.
4. Shomakhov, Z.V. Investigations of crystalline phases in glasses under various annealing conditions / Z.V.Shomakhov, A.M.Karmokov, O.A.Molokanov, **O.O.Molokanova** R.Yu.Karmokova, L.V.Tretyakova, O.V.Matuzaeva // Nano Hybrids and Composites. – 2020. – T. 28. – C. 14–19.

Публикации полностью соответствуют теме диссертационного исследования и раскрывают ее основные положения.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах, в которых изложены основные полученные результаты диссертации.

Результаты диссертационного исследования докладывались на 10 научных конференциях: Международной научно-технической конференции «Микро- и нанотехнологии и фотоэлектроника» (Нальчик, 2008 г.); на Международных научно-технических конференциях «Микро- и нанотехнологии в электронике»: II (Нальчик, 2009 г.), VII (Нальчик, 2015 г.), VIII (Нальчик, 2016 г.), IX (Нальчик, 2017 г.), X (Нальчик, 2018 г.), XI (Нальчик, 2019 г.), XII (Нальчик, 2021 г.); на Международных междисциплинарных симпозиумах «Физика поверхностных явлений, межфазных границ и фазовые переходы» (п. Южный, 2013, 2017 гг.).

Научная специальность, которой соответствует диссертация: 01.04.15 – физика и технология наноструктур, атомная и молекулярная физика (физико-математические науки), области исследования: п. 2. Структурные, морфологические и механические свойства наноматериалов и композитных структур на их основе, п. 6. Оптические и фотоэлектрические явления в наноматериалах и композитных структурах, 10. Диагностика наноматериалов и наноструктур, 11. Методы исследования наноматериалов и композитных структур.

Диссертация Молокановой Ольги Олеговны является законченной научной квалификационной работой, соответствующей п.п. 9–14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 (в действующей редакции), в которой содержатся научно обоснованные результаты по влиянию высокотемпературных воздействий в различных газовых средах и в вакууме на структуру, электрические и оптические свойства стекол для электронной техники.

Текст диссертации представляет собой самостоятельную научно-квалификационную работу, не содержит заимствованного материала без ссылки на автора и (или) источник заимствования.

Диссертация «Влияние изотермического отжига на структуру, электрические и оптические свойства стекол для электронной техники» рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.15 – Физика и технология наноструктур, атомная и молекулярная физика.

Заключение принято на расширенном заседании кафедры электроники и цифровых информационных технологий ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова».

Присутствовало на заседании 22 человека. Результаты голосования: «за» – 22 человека, «против» – нет, «воздержалось» – нет.

Протокол № 9 от 06 апреля 2022 г.

Председатель заседания,
зав. кафедрой электроники
и цифровых информационных технологий,
д-р техн. наук, профессор

Р.Ш. Тешев



Подпись Тешева Р.Ш. заверяю	
Начальник управления кадрового и правового обеспечения КБГУ	
Т.К. Дышков	
«16»	06
2022 г.	