



**НПО
ЛАВОЧКИНА**

Акционерное общество
«Научно-производственное объединение им. С.А. Лавочкина»
(АО «НПО Лавочкина»)

Ленинградская ул., д. 24, г. Химки, Московская область, 141402, ОГРН 1175029009363, ИНН 5047196566
тел.: +7 (495) 573-56-75, факс: +7 (495) 573-35-95, e-mail: npol@laspaces.ru, www.laspaces.ru

«___» _____ 20__ г. № _____

На № _____ от _____

Ученому секретарю диссертационного
совета РХТУ Р.10,
д.т.н., профессору Потаповой Е. Н.
125993, г. Москва, Миусская площадь, 9,
e-mail: potapova.e.n@muctr.ru

Отзыв

официального оппонента, доктора технических наук,

Сысоева Валентина Константиновича

на диссертацию Алексева Романа Олеговича

на тему: «Высокопреломляющие стекла с высоким содержанием оксида лантана», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.11 – Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов

Создание современных оптико-электронных приборов, связанные с необходимостью разработки новых оптических приборов, для которых требуется использование высококачественных оптических материалов, в первую очередь стекол. Использование стекол с высокими значениями показателя преломления имеет ряд преимуществ, поскольку предоставляет возможность создания широкоугольных объективов высокого и сверхвысокого разрешения, использования меньшего числа составных элементов (линз) оптических систем, в результате чего оптическая аппаратура становится, компактнее, легче, а зачастую и дешевле.

Оксид лантана широко используются для получения стекол с уникальным набором физико-химических свойств, например с показателем преломления n_d более 1,7, с высоким коэффициентом дисперсии ($v_d > 35$), с пониженной по сравнению со свинец-содержащими стеклами плотностью ($\rho < 5 \text{ г/см}^3$) и большой прозрачностью в видимом и ближнем ИК диапазоне длин волн ($T > 95\%$). Анализ ведущихся работ в области оптического стекла говорит о высоком потенциале оксида лантана как важного компонента высокопреломляющих стекол, используемых в новейших системах оптики, оптоэлектроники и фотоники. Тем не менее, процесс разработки новых оптических стекол подразумевает итерационный подбор химического состава и температурно-временных режимов варки, что часто является малоэффективным. Поэтому для ускорения процесса разработки весьма желательно использовать новые подходы, основанные на минимальном количестве эмпирических данных и адекватных теоретических моделях.

В диссертации Алексева Романа Олеговича представлен классический путь разработки составов и технологии получения оптического стекла на примере систем $\text{La}_2\text{O}_3\text{--Al}_2\text{O}_3\text{--B}_2\text{O}_3\text{--SiO}_2$ (LABS) и $\text{La}_2\text{O}_3\text{--Nb}_2\text{O}_5\text{--B}_2\text{O}_3$ (LNB) с высоким содержанием оксида лантана, разработка структурной модели лантаноборатных стекол, модифицированных оксидами высокополяризуемых элементов, а также подбор оптимальных параметров лазерного излучения для создания в объеме стекол волноводных структур. Несомненно, диссертационное исследование является актуальным в сфере оптического материаловедения, оно охватывает традиционные и оригинальные подходы к разработке оптических стекол с высоким показателем преломления.

Диссертация Алексева Р.О. представляет собой законченную исследовательскую работу, которая состоит из введения, литературного обзора, методической части, результатов исследований и их анализа, заключения и списка литературы. Работа изложена на 154 страницах машинописного текста, содержит 12 таблиц, 76 рисунков и 152 библиографических источника.

Во введении автор обстоятельно обосновывает выбор темы диссертации, отмечая актуальность темы и степень разработанности проблемы. Формулируется цель и ключевые задачи исследования.

Научная новизна работы показана в следующих пунктах:

1. Определены области стеклообразования в системе LABS с высоким содержанием La_2O_3 27 мол.% и системе LNB, а также определены области составов, перспективные для последующего модифицирования;

2. Методами XANES и EXAFS определены основные структурные единицы LNB стекол и доказана стабильность ближнего порядка вблизи атомов Nb, что обеспечивает приемлемую стеклообразующую способность расплавов с низким содержанием B_2O_3 ;

3. Определены оптимальные параметры фемтосекундного лазерного излучения, обеспечивающие стабильное формирование структур в объеме многокомпонентного стекла LABS-MK1 с локальным изменением показателя преломления $\Delta n = -5 \times 10^{-3}$, что подтверждает возможность записи в объеме этих стекол оптических волноводов.

Теоретическая и практическая значимость работы также выражена в следующих положениях:

1. С помощью модифицирования LABS и LBN матриц разработаны многокомпонентные стекла с показателями преломления n_d в диапазоне значений 1,81–2,04 и плотностью не более 4,8 г/см³;

2. Разработана экспериментальная лабораторная технология получения многокомпонентных высокопреломляющих стекол оптического качества на основе LABS системы;

3. Предложены модели структуры для высокопреломляющих лантан-содержащих стекол.

На защиту автор выносит шесть положений, которые отражают решение поставленных задач диссертационной работы, в которых последовательно показаны результаты проведенных исследований.

Первая глава диссертации Алексева Р.О. посвящена обзору научной литературы и патентных источников по теме высокопреломляющих оптических стекол. Следует отметить большое количество ссылок как на фундаментальные исследования, так и современные прикладные работы. Большое число ссылок на современные исследования, опубликованные в течение последних пяти лет, в очередной раз доказывает актуальность выбранной темы диссертации.

В качестве замечания стоит сказать, что в обзоре литературы не представлены исследования, касающиеся лазерного модифицирования стекол, тогда как в диссертации этому эксперименту посвящен целый раздел.

Вторая глава содержит описание процессов подготовки шихты и технологии изготовления образцов стекол, а также описание методов исследования физико-химических свойств и структуры получаемых материалов. Весь комплекс взаимодополняющих методов подтверждает достоверность результатов исследования и сделанных по работе выводов.

Третья глава диссертации освещает результаты выполненных исследований и их анализ. В качестве объектов исследования автором были выбраны четырехкомпонентная система LABS с фиксированным содержанием оксида лантана, равным 27 мол.%, и трехкомпонентная система LNB. В обеих системах были определены области стеклообразования, в границах которых могут быть получены прозрачные стекла без признаков фазового разделения. На основании исследования оптических свойств стекол, а также данных ДСК и градиентного термического анализа определены области наиболее перспективных составов, которые могут быть модифицированы разнообразными компонентами с целью разработки новых высокопреломляющих оптических стекол.

Путем модифицирования исходных матриц LABS и LNB автором были разработаны многокомпонентные составы стекол с высокими значениями показателя преломления $n_d = 1,81-2,04$ и плотностью не более $4,8 \text{ г/см}^3$. Помимо разработки составов стекол, диссертантом проведена работа по освоению лабораторной технологии варки и выработки многокомпонентного стекла

оптического качества, что может служить основой для создания промышленных технологий получения данных стекол.

Важно отметить, что полученные оптически однородные образцы высокопреломляющих стекол автор стремится реализовать в конкретных приложениях. К примеру, проведено исследование по фемтосекундному лазерному модифицированию стекол LABS-MK1. Показано, что в диапазоне энергий импульса $E \approx 56-517$ нДж и скоростей записи $v = 0,1-1,6$ мкм/с возможно формирование треков с разницей показателя преломления между стеклом и модифицированной областью равной $\Delta n = -5 \times 10^{-3}$. Такая количественная характеристика подтверждает, что разработанное стекло перспективно для формирования оптических волноводов для применения в устройствах оптики и фотоники.

Тем не менее, к данному разделу имеется ряд замечаний:

1. В описании экспериментальных результатов по лазерному модифицированию отсутствует зависимость влияния параметров лазерного излучения на характеристики формируемых треков, а именно на величину Δn ;

2. Отсутствует описание предполагаемого механизма формирования треков в стекле с помощью фемтосекундного лазерного излучения, при котором достигается указанная величина Δn .

Подход автора к разработке единой согласованной структурной модели для высокопреломляющих лантан-содержащих стекол, подразумевающий связь структурных параметров ближнего порядка (длина связи, координационное число) со стеклообразующей способностью расплавов, является оригинальным и в перспективе дальнейшего развития будет способствовать упрощенной разработке и внедрению новых оптических стекол. Для большей наглядности стоило бы на примере конкретного состава стекла показать, как работает модель структуры ближнего порядка для высокопреломляющих лантан-содержащих стекол.

Заключение по работе представляет собой обобщенные выводы по проделанной работе и содержит рекомендации по использованию теоретических и практических результатов.

Используемые Алексеевым Р.О. подходы к решению исследовательских и практических задач доказывают свою состоятельность и характеризуют его как сформировавшегося исследователя и специалиста в области оптического материаловедения.

Диссертационное исследование является весьма комплексной работой от анализа состава стекол и технологии их получения до применения в оптических волноводах

В общем диссертационная работа отличается хорошей аналитической проработкой полученных результатов, изложена хорошим русским языком. Приведенные выше по тексту отзыва замечания носят в основном рекомендательный характер и не уменьшают общей положительной характеристики диссертационного исследования Алексеева Р.О.

Диссертационное исследование Алексеева Р.О. на тему «Высокопреломляющие стекла с высоким содержанием оксида лантана» является оригинальным научным трудом, посвященным исследованию и разработке высокопреломляющих стекол.

По теме диссертации были опубликованы 18 работ, 4 из которых являются научными публикациями в изданиях, индексируемых в международных базах данных. На разработанный состав стекла получен патент РФ № 2672367 на изобретение «Оптическое стекло». Результаты и положения диссертационной работы неоднократно представлялись на профильных научно-технических конференциях. Публикации и автореферат в полной мере отражают содержание диссертации.

Таким образом, диссертационная работа Алексеева Романа Олеговича, представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, соответствует паспорту заявленной специальности 2.6.14 Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.

По своей актуальности, научной новизне, теоретической и практической значимости, достоверности результатов и обоснованности выводов диссертация «Высокопреломляющие стекла с высоким содержанием оксида лантана» удовлетворяет всем критериям, определенным Положением о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», а ее автор – Алексеев Роман Олегович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.14 Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.

Официальный оппонент:

Начальник отдела,
доктор технических наук



Сысоев В.К.

Подпись начальника отдела, доктора
технических наук Сысоева В.К. удостоверяю

Заместитель генерального директора
по персоналу и общим вопросам



Шолохова И.В.

Акционерное общество «Научно-производственное объединение им. С.А. Лавочкина» (АО «НПО Лавочкина»)

Адрес: 141400, г. Химки, Московская область, ул. Ленинградская, д. 24

Тел.: (495) 573-56-75,

Эл. почта: npol@laspace.ru