

практически постоянными после достижения концентрации Na_2MoO_4 около 75 мМ и составляет $\approx 91\%$.

Выполнение исследований финансировалось в рамках гранта Президента Республики Беларусь на 2024 год и в рамках гранта БРФФИ Х24МВ-008 «Экологически безопасные ингибиторы коррозии литийсодержащих сплавов магния на основе растворимых соединений молибдена (VI)»

Список использованных источников

1. M.K. Kulekci, Magnesium and its alloys applications in automotive industry, Int. J. Adv. Manuf. Technol. 39 (2008) 851–865.
2. M. Esmaily, J.E. Svensson, S. Fajardo, N. Birbilis, G.S. Frankel, S. Virtanen, R. Arrabal, S. Thomas, L.G. Johansson, Fundamentals and advances in magnesium alloy corrosion, Prog. Mater. Sci. 89 (2017) 92–193.

УДК 666.221.37

Ю.Г. Павлюкевич, Л.Ф. Папко, А.П. Кравчук, М.В. Панцевич
Белорусский государственный технологический университет
Минск, Беларусь

ОПТИЧЕСКИЕ СТЕКЛА С ПОВЫШЕННЫМ ПОКАЗАТЕЛЕМ ПРЕЛОМЛЕНИЯ

***Аннотация.** Рассмотрены технологические аспекты синтеза стекол системы $\text{RO-B}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ ($\text{RO} - \text{BaO}, \text{MgO}, \text{CaO}, \text{ZnO}$) с повышенным показателем преломления. Разработаны режимы синтеза стекол типа тяжелых кронов, востребованных в оптическом приборостроении.*

Yu.G. Pavlyukevich, L.F. Papko, A.P. Kravchuk, M.V. Pantsevich
Belarusian State Technological University
Minsk, Belarus

OPTICAL GLASSES WITH HIGH REFRACTIVE INDEX

***Abstract.** Technical aspects of the synthesis of glasses with high refractive index in the $\text{RO-B}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ system ($\text{RO} - \text{BaO}, \text{MgO}, \text{CaO}, \text{ZnO}$) are considered. Synthesis conditions of heavy crown type glasses, which are require in optical instrument making, are developed.*

Одной из актуальных задач оптического материаловедения является разработка новых составов с оптическими постоянными, которые расширяют известные области составов на диаграмме Аббе. К таким материалам относятся оптические стекла с высокими показателями преломления и коэффициента дисперсии для оптических систем, в которых исправлены сферическая и хроматические aberrации. Ряд марок оптических стекол содержат оксид свинца, замена которого с сохранением высокопреломляющих свойств стекол является одним из приоритетных направлений исследований в области оптического стекловарения [1, 2].

Востребованными в приборостроении являются оптические стекла типа тяжелых кронов, показатель преломления которых составляет 1,55–1,66 при коэффициенте дисперсии 50–64 [3].

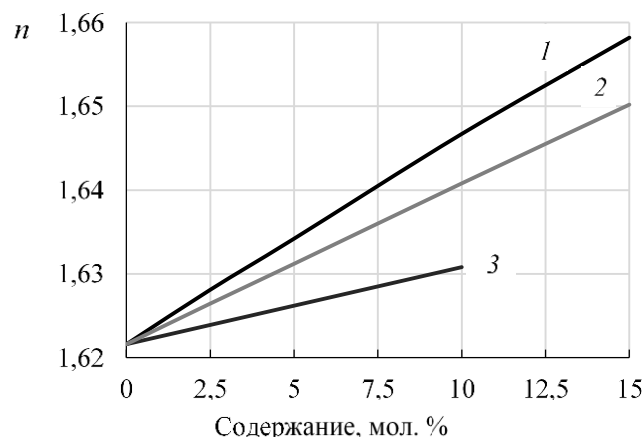
Целью работы является разработка бессвинцового оптического стекла с повышенным показателем преломления на основе системы $RO-B_2O_3-SiO_2$, где $RO - BaO, CaO, MgO, ZnO$. Освоение производства оптических стекол требует достижения высоких показателей однородности стекла и воспроизводимости оптических постоянных. Однородность оптического стекла, поглощение, пузырность и другие нормируемые параметры определяются технологией производства: выбором основных и вспомогательных сырьевых материалов, режимами варки и отжига. В связи с этим при разработке оптических стекол необходимо уделять внимание данным технологическим факторам.

Система $BaO-B_2O_3-SiO_2$ является базовой при разработке стекол с повышенным показателем преломления. При синтезе стекол, содержащих, мол. %: SiO_2 40–60, B_2O_3 20–40, BaO 20–40, уставлена их склонность к фазовому разделению ликвационного типа стекол при молярном соотношении $BaO/B_2O_3 \leq 1$. Показатель преломления стекол составляет 1,5880–1,6750 и закономерно возрастает с ростом содержания оксида бария [4].

Для регулирования оптических и технологических свойств стекол проведено модифицирование стекол системы $BaO-B_2O_3-SiO_2$ оксидами группы RO (CaO, MgO, ZnO). Экспериментальные составы стекол включают, мол. %: SiO_2 45–50; B_2O_3 7,5–22,5; BaO 25–30, RO 2,5–15. Синтез стекол проводился в газовой тигельной печи при температуре 1400 °С. Для повышения окислительного потенциала стекломассы до 30 мас. % BaO вводится нитратом бария.

По результатам определения показателя преломления стекол установлена зависимость данного показателя от вида и содержания модификаторов (рис. 1). Введение в качестве модификаторов в состав стекла, содержащего 45 мол. % SiO_2 и 30 мол. % BaO , оксидов CaO и

ZnO обуславливает повышение показателя преломления от 1,62 до 1,65–1,66. MgO в гораздо меньшей степени повышает показатель преломления.



Модификаторы: 1 – CaO; 2 – ZnO; 3 – MgO

Рис.1 - Влияние модификаторов на оптические свойства стекол

В результате исследования влияния модификаторов на технологические свойства стекол установлено, что введение CaO и ZnO ускоряет процессы стекловарения, в частности сокращает время, необходимое для получения однородного расплава. Однако введение оксида кальция усиливает агрессивность расплава, выраженная коррозия тиглей наблюдается при его содержании более 5 мол. %.

Кристаллизационная способность оптических стекол является важным технологическим фактором, определяющим возможность использования различных способов и режимов формования. Стекла системы RO–B₂O₃–SiO₂ проявляют пониженную склонность к кристаллизации, которая проявляется в образовании кристаллической пленки при длительной термической обработке в градиентной электропечи. Однако введение 35–45 мол. % оксидов группы RO при снижении содержания B₂O₃ обуславливает повышение верхней температуры кристаллизации и скорости роста кристаллов.

По результатам исследования оптических и технологических свойств стекол для промышленной апробации определены следующие составы стекол (мол. %): 25BaO·22,5B₂O₃·47,5SiO₂ (состав 1) и 10ZnO·30BaO·7,5B₂O₃·45SiO₂ (состав 2). Стекла содержат также добавки CaO и высокопреломляющих оксидов Sb₂O₃ и ZrO₂. Показатель преломления данных стекол составляет 1,6230 (состав 1) и 1,6575 (состав 2), что отвечает типу тяжелых кронов.

По данным градиентной термической обработки с выдержкой от 1 до 6 ч стекло состава 1 характеризуется высокой устойчивостью

стеклообразного состояния: признаки поверхностной кристаллизации проявляются при термической обработке в течение не менее двух часов в температурном интервале 800–970 °С. При увеличении содержания модификаторов за счет оксида бора в составе 2 температурный интервал кристаллизации расширяется и составляет 790–1020 °С, признаки кристаллизации усиливаются. По данным рентгенофазового анализа кристаллическая фаза в продуктах термической обработки представлена силикатом бария BaSi_2O_5 .

На рис. 2 представлены температурные зависимости вязкости стекол составов 1 и 2 в интервале температур 1000–1360 °С, полученные с помощью вискозиметра RSV-1600. Для расплава состава 1 в температурном интервале 1120–1340 °С динамический коэффициент вязкости η снижается от 10 до 1 Па·с. Замена B_2O_3 на ZnO в расплаве состава 2 обуславливает повышение показателей вязкости: η составляет 1,36–10 Па·с в интервале температур 1360–1165 °С. Исследуемые стекла характеризуются низкими показателями вязкости в области температур 1300–1400 °С, что ускоряет процессы осветления при варке стекол.

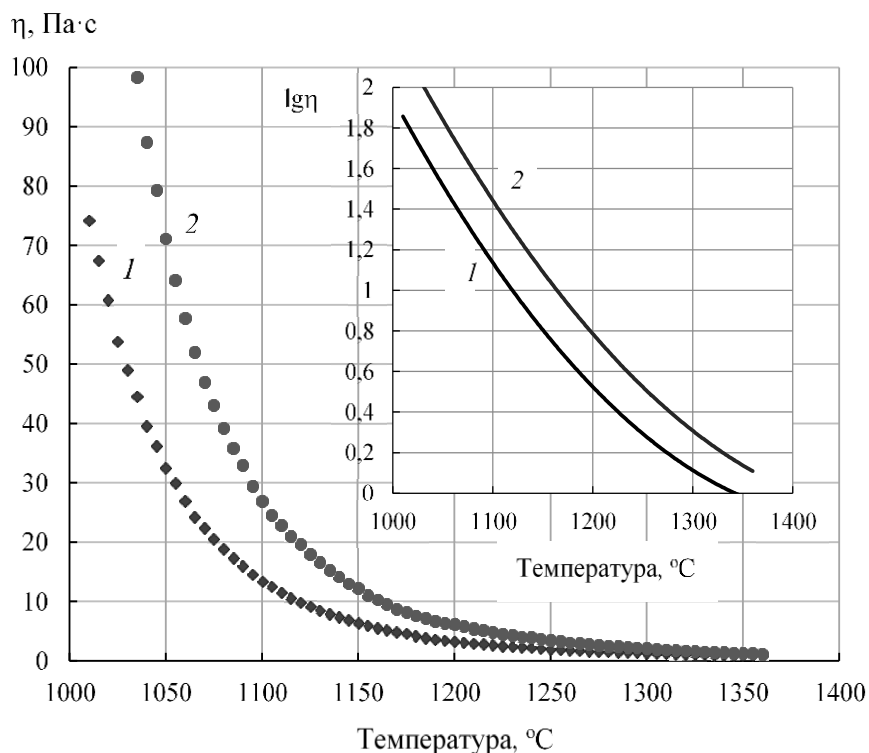


Рис. 2 - Температурная зависимость вязкости стекол

Кривые изменения температурной зависимости вязкости в координатах $\lg\eta$ – T имеют симбатный характер. Следует отметить большой градиент вязкости расплавов, что увеличивает скорость твердения стекломассы в процессе формования. Исследование

высокотемпературной вязкости расплавов позволяет наиболее рационально разработать режимы варки стекол в промышленных условиях, а также формования заготовок.

По дилатометрическим кривым опытных стекол определены характеристические температуры, отвечающие фиксированным значениям низкотемпературной вязкости (рис.3).

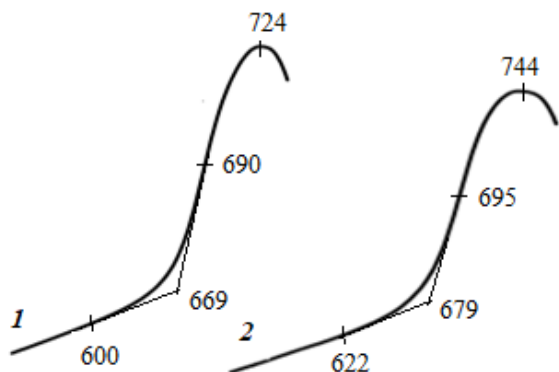


Рис.3 -Дилатометрические кривые стекол

Так, температура стеклования опытных стекол составляет 669 и 679 °С.

Определены температурные интервалы стадии ответственного отжига: 600–690 °С для состава 1 и 622–695 °С для состава 2.

Показатели низкотемпературной вязкости стекол возрастают с ростом содержания модификаторов в их составе.

Таким образом, по результатам исследования стеклообразующей системы $RO-B_2O_3-SiO_2$, где $RO - BaO, CaO, MgO, ZnO$, разработаны составы бессвинцовых стекол с повышенным показателем преломления, относящиеся по оптическим характеристикам к типу тяжелых кронов. Проведенное исследование технологических свойств стекол такого типа позволяет разработать практические рекомендации по технологическим режимам их производства для расширения ассортимента продукции и обеспечения потребностей оптического приборостроения.

Список использованных источников

1. Вострикова Н.О., Клименко Н.Н., Сигаев В.Н. Бесцветное бессвинцовое высокопреломляющее оптическое стекло с пониженной плотностью // Успехи в химии и химической технологии. – 2017. – Т. 31, № 1. – С.34–36.
2. Wu J.-M., Huang H.-L. Microwave properties of zinc, barium and lead borosilicate glasses // Journal of Non-Crystalline Solids. – 1999. – Vol.260, N 1-2. – P. 116–124.
3. Немилов С.В. Оптическое материаловедение. Оптическое стекло. СПб: СПбГУ ИТМО. – 2011. – 175 с.

4. Pauliukevich Y., Papko L., Trusova E. Optical glass with increased refractive index based BaO–B₂O₃–SiO₂ system // Chemistry and Chemical Engineering. – 2024, N 2. – P.3–8.

УДК 621.762:538.245

В.В. Паньков¹, И.Ю. Полин¹, Д.В. Ивашенко², И.С. Окунев³

¹ Белорусский государственный университет

² Белорусский государственный институт метрологии

Минск, Беларусь

³ Петербургский институт ядерной физики

Санкт-Петербург, Россия

МИКРОСФЕРЫ ГЕКСАФЕРРИТА БАРИЯ: СВОЙСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ

***Аннотация.** Методом распылительного термолиза синтезированы микросферы гексаферрита бария. Проанализированы возможность поглощения микроволнового излучения композитами микросферы Ва-феррит - фуллереновая сажа.*

V.V. Pankov¹, I.Yu. Polyn¹, D.V. Ivashenko², I.S. Okunev³

¹ Belarusian State University

² Belarusian State Institute of Metrology

Minsk, Belarus

³ Petersburg Nuclear Physics Institute

St. Petersburg, Russia

BARIUM HEXAFERRITE MICROSPHERES: PROPERTIES AND APPLICATIONS

***Abstract** Microspheres of barium hexaferrite were synthesized by spray thermolysis. The possibility of microwave radiation absorption by composites of Ba-ferrite microspheres - fullerene soot was analyzed.*

В настоящее время все большее распространение получают магнитные частицы, форма которых является сферической. Они обычно имеют более сложную микроструктуру и в зависимости от своих свойств (полые частицы или сплошные, внутреннее деление, степень анизотропии формы, направление магнитного момента), могут