

Р. О. Алексеев, аспирант
Н. А. Романов, магистрант
В. И. Савинков, канд. техн. наук, гл. специалист МЦЛТ
В. Н. Сигаев, д-р техн. наук, проф.
(РХТУ им. Д.И. Менделеева, Москва)

**«ЛЕГКИЕ» ОПТИЧЕСКИЕ СТЕКЛА
С ВЫСОКИМИ ЗНАЧЕНИЯМИ ПОКАЗАТЕЛЯ
ПРЕЛОМЛЕНИЯ, НЕ СОДЕРЖАЩИЕ ОКСИДА СВИНЦА**

Номенклатура высокопреломляющих оптических стекол весьма ограничена, а хорошую стеклообразующую способность обнаруживают как правило составы, содержащие оксиды свинца, которые и обеспечивают высокие значения показателя преломления. Однако свинецсодержащие стекла характеризуются большими значениями плотности, что в совокупности с токсичностью соединений свинца обуславливает необходимость разработки, так называемых, «легких» (бессвинцовых) высокопреломляющих оптических стекол для применения в современных отраслях оптического приборостроения [1, 2].

В данной работе рассмотрены две системы:

- четырехкомпонентная лантан-алюмоборосиликатная система с фиксированным содержанием La_2O_3 27 мол.%;
- трехкомпонентная система $\text{La}_2\text{O}_3\text{--Nb}_2\text{O}_5\text{--B}_2\text{O}_3$ с высокими концентрациями нестеклообразующих оксидов.

Изучение стеклообразующей способности в системе $\text{La}_2\text{O}_3\text{--Al}_2\text{O}_3\text{--B}_2\text{O}_3\text{--SiO}_2$ (LABS) показало, что стекла могут быть получены в широком диапазоне составов, при граничных концентрациях компонентов матрицы: SiO_2 (7–30 мол.%), Al_2O_3 (8–25 мол.%), B_2O_3 (32–50 мол.%) [3].

Применение данной системы в качестве основы для получения высококачественных оптических стекол дает возможность с помощью модифицирования их составов значительно расширить номенклатуру стекол с высокими значениями показателя преломления и коэффициента дисперсии.

Нами установлено, что введение в состав LABS матрицы оксидов титана, ниобия, бария и галлия позволяет достигнуть более высоких значений оптических постоянных, и в то же время значительно улучшить технологические параметры синтеза.

На рис. 1 представлена диаграмма в координатах $n_D\text{--}v_D$ всего спектра разработанных стекол.

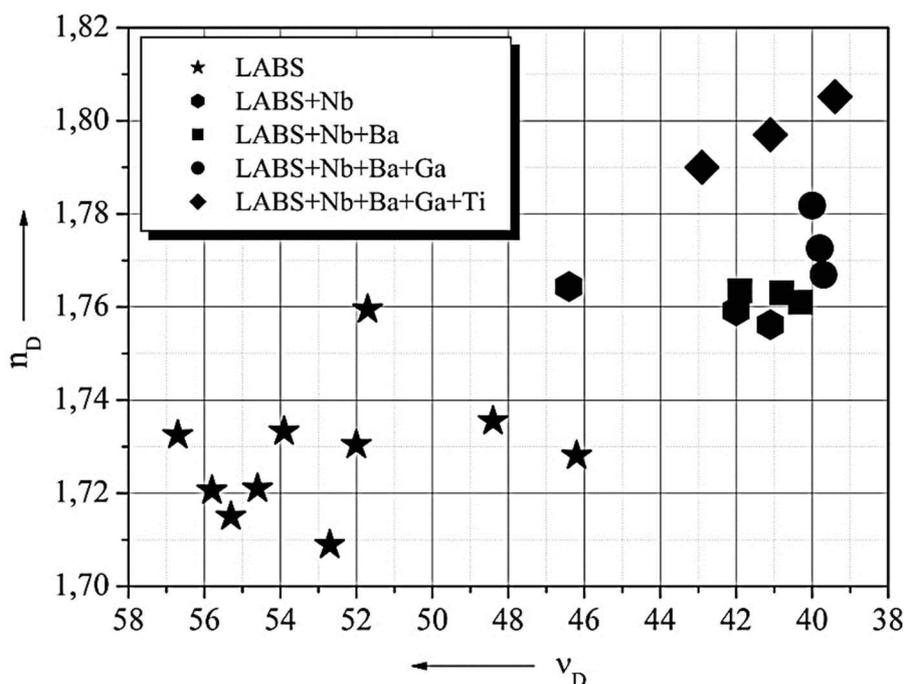


Рисунок 1 – Диаграмма разработанных составов стекол системы LABS в координатах n_D - v_D

В трехкомпонентной системе La_2O_3 - Nb_2O_5 - B_2O_3 (LNB) был осуществлен ряд лабораторных варок и установлены границы устойчивого стеклообразования (в мол.%): (22,5–30) La_2O_3 ; (0–32,5) Nb_2O_5 ; (78–47,5) B_2O_3 . Установлено также соответствие области стабильной ликвации в исследуемой системе с литературными данными [4–5].

Показатель преломления в LNB стеклах возрастает по мере увеличения содержания оксида лантана и ниобия от минимальных значений 1,69 (22 La_2O_3 -78 B_2O_3) и 1,73 (28 La_2O_3 -72 B_2O_3), указанных авторами работы [5], до максимального показателя преломления 1,99 для стекла с мольным соотношением компонентов 22,5 La_2O_3 – 32,5 Nb_2O_5 – 47,5 B_2O_3 . Коэффициент дисперсии с увеличением содержания оксида лантана и ниобия уменьшается.

В области содержаний компонентов (мол.%): (20–25) La_2O_3 , (15–25) Nb_2O_5 , (57,5–67) B_2O_3 по данным ДТА наблюдается максимум значений температурного интервала между температурой стеклования и температурой начала кристаллизации до 159 °С, что свидетельствует о наименьшей склонностью к кристаллизации стекол этих составов.

Таким образом, в системах LABS и LNB определены составы стекол, которые характеризуются высокими показателями преломления $n_D > 1,7$ в совокупности с малыми значениями плотности $\rho \leq 4,5$ г/см³, определяющие перспективность их применения в современном оптическом приборостроении.

На основе данных составов планируется осуществлять разработку целого ряда бессвинцовых, «легких» высокопреломляющих стекол с различным сочетанием оптических характеристик как путем варьирования содержания основных компонентов, так и модификацией составов высокополяризуемыми компонентами.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования России (грант FSSM-2020-0003)

Литература

1. Directive 2011/65/EU of the European Parliament and of the Council of 8 June 2011 on the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment (recast) // Official Journal of the European Union. 8 June 2011.

2. Optical glass and glass ceramic historical aspects and recent developments: a Schott view / P. Hartmann [et al.] // Applied optics. – 2010. – Vol. 49, № 16. – P. 157–176.

3. Алексеев, Р. О. Исследование стеклообразования и свойств стекол в лантан-алюмоборосиликатной системе с высоким содержанием оксида лантана / Р. О. Алексеев, В. И. Савинков, В. Н. Сигаев // Стекло и керамика. – 2019. – № 2. – С. 3–7.

4. Fragoso, W. D. A structural model of $\text{La}_2\text{O}_3\text{--Nb}_2\text{O}_5\text{--B}_2\text{O}_3$ glasses based upon infrared and luminescence spectroscopy and quantum chemical calculations / W. D. Fragoso, C. de Mello Donegá, R. L. Longo // Journal of non-crystalline solids. – 2005. – Vol. 351, № 37–39. – P. 3121–3126.

5. Chakraborty, I. N. Properties and structure of lanthanum borate glasses / I. N. Chakraborty, J. E. Shelby, R. A. Condrate // Journal of the American Ceramic Society. – 1984. – Vol. 67, № 12. – P. 782–785.