

2. Zaid M. H. M. et al. Synthesis, mechanical characterization and photon radiation shielding properties of ZnO–Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>–Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>–B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glass system //Optical Materials. 2021. Т. 122. С. 111640.
3. Sailaja B. et al. Physical, structural and spectroscopic investigations of Sm<sup>3+</sup> doped ZnO mixed alkali borate glass //Journal of Molecular Structure. 2015. Т. 1096. С. 129-135М.
4. В. Курушкин, А. В. Семенча, Л. Н. Блинов, М. Д. Михайлов Свинцовсодержащие оксигалогенидные стекла // Физика и химия стекла. 2014. Т. 40. № 4. С. 558-565.
5. Urbach F. The long-wavelength edge of photographic sensitivity and of the electronic absorption of solids //Physical Review. 1953. Т. 92. №. 5. С. 1324.

*Работа была выполнена при поддержке гранта Президента РФ для молодых ученых кандидатов наук № МК-2869.2021.1.2.*

## **СИЛИКАТНЫЕ СТЕКЛА, АКТИВИРОВАННЫЕ ИОНАМИ ПЕРЕХОДНЫХ И РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ**

Терещук А.М.<sup>1</sup>, Ларионов П.С.<sup>1</sup>, Ветчинников М.П.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет», Минск, Беларусь*

<sup>2</sup>*Российский химико-технологический университет им. Д.М. Менделеева, Москва, Россия*

*e-mail: an.tereshchuk@gmail.com*

*The present work is devoted to the synthesis and investigation of the properties of luminescence glasses when the additions are in the form of combinations of transition and rare earth metals ions.*

Стекла и стеклокерамика, активированные ионами переходных и редкоземельных металлов в последние годы, набирает все большую популярность для применения их в качестве люминофоров, преобразующих УФ или ИК излучение в видимый диапазон для оптоэлектроники и лазерной техники. Основным преимуществом таких материалов является: широкий диапазон составов; гибкие технологии их производства; способность изготавливать образцы как в виде монолитов, так и стекловолокон.

Силикатные стекла являются наиболее широко используемой группой стекол, спектрально-люминесцентными свойствами которых можно управлять путем подбора состава самой матрицы, типа и концентрации ионов-активаторов [1–3]. Переходные и редкоземельные элементы, вводимые в силикатное стекло, могут находиться в виде ионов и хромофорных центров различного состава или образовывать небольшие кластеры атомов или нанокристаллических фаз.

Настоящая работа посвящена синтезу и исследованию свойств силикатных стекол, допированных комбинаций ионов переходных и редкоземельных металлов в широком диапазоне.

Исследуемые стекла изготовлены на основе барий-алюмосиликатной матрицы с введением комбинаций оксидов Sc<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CeO<sub>2</sub>, LnO<sub>2</sub>, MnO<sub>2</sub>, Eu<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Sm<sub>2</sub>O<sub>3</sub> при различных соотношениях. Стекла синтезированы в газовых печах при 1450–1500 °С с выдержкой при максимальной температуре 1 ч. Стекла отжигали при 600 °С в течение 5 ч в муфельных электрических печах. Полученные стекла имеют плотность 3105–4027 кг/м<sup>3</sup>, показатель преломления в интервале 1,621–1,629, температурный коэффициент линейного расширения (81,2–99,5)·10<sup>-7</sup> К<sup>-1</sup>. Структура стекол изучена методом рамановский спектроскопии. Установлено влияние пар ионов-активаторов при различных их концентрациях на спектрально-люминесцентные свойства стекол.

Следует отметить наличие интенсивной люминесценции при различном сочетании ионов церия / марганца / европия / самария в стекле при возбуждении УФ светом. Расширены знания о валентном и структурном состоянии ионов переходных и редкоземельных металлов. Определено оптимальное соотношение оксидов переходных и редкоземельных металлов для получения стекол с заданными люминесцентными свойствами и физико-техническими свойствами.

1. Trusova E., Vaitkevicius A., Tratsiak Y., Korjik et al. Barium and lithium silicate glass ceramics doped with rare earth ions for white LEDs // Optical Materials. 2018. Vol. 84. P. 459–465.

2. Tratsiak Y., Korzhik M., Fedorov A., et al. On the stabilization of Ce, Tb, and Eu ions with different oxidation states in silica-based glasses // *Alloys and Compounds*. 2019. Vol. 797. P. 302–308.

3. Tratsiak Y., Fedorov A., Dosovitskiy G., Moretti F., Trusova E. MO–SiO<sub>2</sub> and MO–SiO<sub>2</sub>–Gd<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (M = Ca, Ba) Scintillation Glasses // *Engineering of Scintillation Materials and Radiation Technologies. Proceedings of ISMART 2016* / M. Korzhik, A. Gektin eds. – Springer proceedings in Physics. Springer International Publishing AG., 2017. P. 160–166.

*Работа выполняется при поддержке гранта БРФФИ–РФФИ М № T21PM-156.*

## ВЛИЯНИЕ СУЛЬФИДА ГЕРМАНИЯ НА СУПЕРИОННУЮ СИСТЕМУ GeS<sub>2</sub>-Sb<sub>2</sub>S<sub>3</sub>-AgI

Фарзиев Т.В.<sup>1</sup>, Марков В.А.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский Политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup>Институт химии силикатов им. И.В. Гребенникова Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия

*e-mail: talibfarziyev@gmail.ru*

*The influence of germanium sulfide on the physicochemical properties of the glass GeS<sub>2</sub>-Sb<sub>2</sub>S<sub>3</sub>-AgI has been investigated. Such glasses will use in ion-beam technologies and in aerospace engineering.*

На сегодняшний день разработка твердотельных источников тяжелых ионов является актуальной задачей науки и техники. Такие источники могут быть в будущем использованы в ионно-лучевых установках в качестве катода и в аэрокосмической промышленности в качестве двигательных систем для аппаратов формата CubeSat.

Типичный твердотельный ионный источник представляет собой заостренный электрод из серебра с нанесенными на него твердотельным электролитом, мобильными ионами которого являются ионы серебра, и вытягивающий электрод. Однако существуют требования к твердотельному электролиту для его применения в ионных источниках: высокое значение удельной ионной проводимости, малое значение энергии активации ионной проводимости, отсутствие токсичных элементов и большая масса испускаемых ионов. Данным требованиям удовлетворяет стеклообразный суперионный электролит GeS<sub>2</sub>-Sb<sub>2</sub>S<sub>3</sub>-AgI, мобильными ионами которого являются катионы серебра. В данном электролите сульфид сурьмы является стеклообразователем, сульфид германия стабилизирует систему и открывает дополнительные каналы проводимости для подвижных ионов, тем самым увеличивая удельную ионную проводимость системы, а за счет йодида серебра система является суперионной.

Целью работы было оценить влияние сульфида германия на физико-химические характеристики (удельная ионная проводимость, энергия активация и др.) системы xGeS<sub>2</sub>-27.5Sb<sub>2</sub>S<sub>3</sub>-(70-x)AgI, где x = 5, 7.5, 12.5, 17.5. Синтез стекол осуществляли в предварительно вакуумированных кварцевых ампулах, помещенных в высокотемпературную трубчатую печь при температуре 985 °С в течение 6 часов. Закалялось стекло в охлажденной воде до 1-2 °С. Для уменьшения механических напряжения полученные стекла отжигались в печи на 20-30 °С ниже температуры стеклования.

С помощью дифференциально термического анализа была получена термограмма синтезированных стекол со скоростью нагрева 5 градусов в минуту (рисунок 1). Судя по термограмме, температуры стеклования (T<sub>g</sub>) и кристаллизации (T<sub>x</sub>) увеличиваются с уменьшением содержания йодида серебра, температура плавления (T<sub>m</sub>) уменьшается. С увеличением содержания сульфида германия в системе длина пиков кристаллизации сужается.