

СТЕКЛООБРАЗОВАНИЕ В ТРОЙНОЙ СИСТЕМЕ $\text{La}_2\text{O}_3\text{-As}_2\text{S}_3\text{-Pr}_6\text{O}_{11}$

И.Б. Бахтиярлы, Г.М. Фатуллаева, О.Ш. Керимли

Ихтияр Бахрам оглы Бахтиярлы, Гульнар Мехман кызы Фатуллаева, Орудж Шамхал оглы Керимли
Институт катализа и неорганической химии им. акад. М. Нагиева НАНА, пр. Г. Джавида, 113, г. Баку,
Азербайджанская Республика, AZ1143
E-mail: ibbakhtiyarli@mail.ru; gulnarfatullayeva@gmail.com

Методами физико-химического анализа (ДТА, ДТГ, РФА, МСА) определены границы области стеклообразования в тройной системе $\text{La}_2\text{O}_3\text{-As}_2\text{S}_3\text{-Pr}_6\text{O}_{11}$. Установлено, что в области стеклообразования интервал концентрации охватывает со стороны $\text{As}_2\text{S}_3\text{-La}_2\text{O}_3$ 15 мол.%, а со стороны $\text{As}_2\text{S}_3\text{-Pr}_6\text{O}_{11}$ - 13 мол.%. По нашему мнению, уменьшение области стеклообразования Pr_6O_{11} по сравнению с La_2O_3 связано с кристаллической структурой оксида, т.е. с изменением координационного числа лантаноидов. В системе область прозрачного стеклообразования ограничена областью непрозрачного. Причиной непрозрачности стекла является образование в составе первичных центров кристаллизации, что было доказано результатами РФА и СЭМ. Изучен Рамановский спектр прозрачного стекла состава $(\text{La}_2\text{O}_3)_{0,07}(\text{As}_2\text{S}_3)_{0,90}(\text{Pr}_6\text{O}_{11})_{0,03}$. Интенсивность полос, характеризующих связи As-S, La-O, Pr-O в Рамановском спектре и сдвиг энергии волн в большую сторону, связана с увеличением прочности. При нагревании стекла состава $(\text{La}_2\text{O}_3)_{0,07}(\text{As}_2\text{S}_3)_{0,90}(\text{Pr}_6\text{O}_{11})_{0,03}$ в инертной атмосфере (He) при 224,61 °C происходит его размягчение, сопровождаемое эндоэффектами. Наблюдаемый при 315,80 °C экзотермический эффект отвечает кристаллизации стекла, а при 380,80 °C начинается термическое разложение. Образцы в области стеклообразования устойчивы при 300 К к воздуху, воде и органическим растворителям. Стекла при нагревании растворяются в хромовой смеси. Разлагаются в минеральных кислотах и щелочах.

Ключевые слова: стеклообразование, As_2S_3 , стехиометрический состав, дифрактограмма, спектр

GLASS FORMATION IN TERNARY SYSTEM $\text{La}_2\text{O}_3\text{-As}_2\text{S}_3\text{-Pr}_6\text{O}_{11}$

I.B. Bakhtiyarly, G.M. Fatullayeva, O.Sh. Kerimli

Ikhtiyarly B. Bakhtiyarly, Gulnar M. Fatullayeva, Orudg Sh. Kerimli
Institute of Catalysis and Inorganic Chemistry named after academician M. Nagiyev of ANAS, H. Javid ave., 113,
Baku, AZ1143, Azerbaijan.
E-mail: ibbakhtiyarli@mail.ru; gulnarfatullayeva@gmail.com

Boundaries of glass formation in ternary system $\text{La}_2\text{O}_3\text{-As}_2\text{S}_3\text{-Pr}_6\text{O}_{11}$ were studied using methods of physical-chemical analysis (DTA, DTG, X-ray analysis, MSA). It was established that in glass formation region the range of concentration covers from $\text{As}_2\text{S}_3\text{-La}_2\text{O}_3$ 15 mol%, but from $\text{As}_2\text{S}_3\text{-Pr}_6\text{O}_{11}$ it is 13 mol%. To our opinion the decrease in glass formation region of Pr_6O_{11} comparing to La_2O_3 is related to crystalline structure of oxide, i.e. to the change in coordination number of lanthanides. Because properties of compounds of lanthanide are more sensitive to the change in coordination numbers relative to radii of ion. In the system the region of transparent glass formation is limited with the region of non-transparent one. The reason of non-transparency of a glass is the formation of primary centers of crystallization, which was confirmed by the results

of X-ray analysis and SEM. Raman spectra of transparent glass containing $(La_2O_3)_{0.07}(As_2S_3)_{0.90}(Pr_6O_{11})_{0.03}$ were studied. Intensity of bands which characterize the bonds of As–S, La–O, Pr–O in Raman spectrum and shift of energy of waves in the big party are related to the strengthening of bonds and probably, appearance of new bonds in glasses. When heating glasses of the composition $(La_2O_3)_{0.07}(As_2S_3)_{0.90}(Pr_6O_{11})_{0.03}$ in inert atmosphere (He) at 224,61 °C it softens which is followed by endoeffects. Observed exoeffect at 315,80 °C satisfies crystallization of glass, but at 380,80 °C thermal decomposition begins. Samples in the region of glass formation are stable at 300 K to air, water and organic solvents. When heated, glasses are dissolved in chromic mixture. They decompose in mineral acids and alkalies.

Key words: glassformation, As_2S_3 , stoichiometric composition, diffractogram, spectrum

Для цитирования:

Бахтиярлы И.Б., Фатуллаева Г.М., Керимли О.Ш. Стеклообразование в тройной системе La_2O_3 – As_2S_3 – Pr_6O_{11} . *Иzv. вузов. Химия и хим. технология*. 2018. Т. 61. Вып. 4-5. С. 43–48

For citation:

Bakhtiyarly I.B., Fatullayeva G.M., Kerimli O.Sh. Glass formation in ternary system La_2O_3 – As_2S_3 – Pr_6O_{11} . *Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.* 2018. V. 61. N 4-5. P. 43–48

ВВЕДЕНИЕ

Стекла, изготовленные на основе сульфида мышьяка, используются в электрофотографических цилиндрах для получения изображений без дефекта и трубках типа «видикон». Фоторезисторы, изготовленные на поверхности органических полимеров на основе этих стекол, очень чувствительны к длинноволновым лучам. Фототермопластические стекла используются при изготовлении голографической памяти и при снятии высококачественных микрофильмов. Японские ученые Й. Онмачи, Н. Учидо предложили использовать эти стекла для модуляции лазерных лучей и ультразвуков [1-11]. В связи с этим изучение свойств полученных образцов, обнаружение областей стеклообразования в тройной системе La_2O_3 – As_2S_3 – Pr_6O_{11} вызывает большой интерес.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В наших экспериментах в качестве исходных компонентов были использованы As_2S_3 , $A-La_2O_3$ и $B-Pr_6O_{11}$. As_2S_3 был синтезирован ампульным методом из элементов (As –000, сера–«ос.ч») [12-14]. As_2S_3 кристаллизуется в моноклинной сингонии и кристаллографические показатели (параметры элементарной ячейки) равны $a = 1,147$; $b = 0,957$; $c = 0,424$ нм, $\beta = 90,27^\circ$; $Z = 4$; пространственная группа $P2_1/n$ [15,16]. $A-La_2O_3$ кристаллизуется в гексагональной сингонии, параметры элементарной ячейки $a = 0,3937$; $c = 0,6130$ нм; $Z = 1$; пространственная группа Pc/mmm .

Pr_6O_{11} кристаллизуется в моноклинной сингонии и кристаллографические показатели равны $a = 0,6687$; $b = 1,1602$; $c = 1,5470$ нм, $\beta = 125,25^\circ$; пространственная группа Pn [17,18]. Степень чистоты обоих оксидов эквивалентна «ос.ч».

В исследуемой системе синтез образцов, состоящих из исходных компонентов, проводили следующим образом. Взвешивали компоненты в области стеклообразований в концентрационных треугольниках, измельчали в агатовой ступке в порошок, который транспортировали в стеклографитовый тигель, предварительно помещенный в кварцевую ампулу. Ампулу откачивали до давления 0,133 Па и запаивали в пламени газовой горелки. Синтез проводили поэтапно. Вначале кварцевую ампулу выдерживали 3 ч при температуре 875 К. Затем температуру повышали до 1375 К, синтез продолжали в течение 4 ч. Последующую закалку проводили на воздухе [19-21]. Один из полученных образцов показан на рис. 1.



Рис. 1. $(La_2O_3)_{0.07}(As_2S_3)_{0.90}(Pr_6O_{11})_{0.03}$ – фотоизображение прозрачного стекла
Fig. 1. $(La_2O_3)_{0.07}(As_2S_3)_{0.90}(Pr_6O_{11})_{0.03}$ – photo image of clear glass

Синтезированные образцы были исследованы современными комплексными методами физико-химического анализа–РФА на автоматическом рентгеновском дифрактометре «D2 PHASER» немецкой фирмы «BRUKER», ДТА на STA-6000 фирмы "PERKIN ELMER", а спектральный анализ проводили на спектрометре Nanofinder 30 3D Raman microscope Tokyo INSTRUMENTS, INC Японии. Плотность сплавов определена пикнометрическим методом (наполнитель–толуол) при 300 К.

Измерение микротвердости проводили микротвердомером ПМТ-3.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Комплексными методами физико-химического анализа определены границы области стеклообразования в тройной системе $\text{La}_2\text{O}_3\text{--As}_2\text{S}_3\text{--Pr}_6\text{O}_{11}$ (рис. 2). Установлено, что в области стеклообразования интервал концентрации охватывает со стороны $\text{As}_2\text{S}_3\text{--La}_2\text{O}_3$ 15 мол.%, а со стороны $\text{As}_2\text{S}_3\text{--Pr}_6\text{O}_{11}$ – 13 мол.%. По нашему мнению, уменьшение области стеклообразования Pr_6O_{11} по сравнению с La_2O_3 связано с кристаллической структурой оксида.

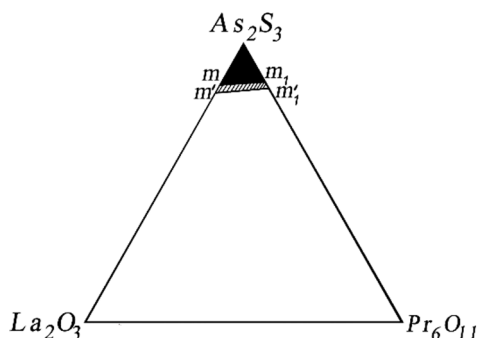


Рис. 2. Зависимость области стеклообразования в тройной системе $\text{La}_2\text{O}_3\text{--As}_2\text{S}_3\text{--Pr}_6\text{O}_{11}$ от концентрации компонентов
 Fig. 2. The dependence of glass formation region in ternary system $\text{La}_2\text{O}_3\text{--As}_2\text{S}_3\text{--Pr}_6\text{O}_{11}$ on the component concentrations

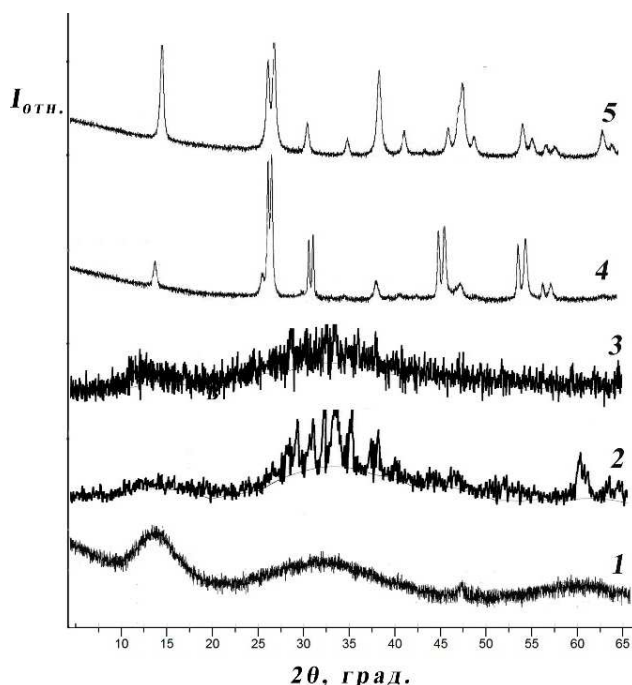


Рис. 3. Дифрактограмма сплавов и исходных компонентов в системе $\text{La}_2\text{O}_3\text{--As}_2\text{S}_3\text{--Pr}_6\text{O}_{11}$
 Fig. 3. Diffractogram of alloys and primary components in the system $\text{La}_2\text{O}_3\text{--As}_2\text{S}_3\text{--Pr}_6\text{O}_{11}$

На рис. 2 точки m и m_1 ограничивают область стеклообразования в системах $\text{La}_2\text{O}_3\text{--As}_2\text{S}_3\text{--Pr}_6\text{O}_{11}$. Затухающая область соответствует прозрачным устойчивым стеклам. Заштрихованные полосы на рисунке mm_1 и $m'm_1'$ соответствуют непрозрачным устойчивым стеклам, образование которых и объясняется наличием в них центров кристаллизации, что подтверждается РФА (рис. 3).

ДТА показывает, что при нагревании в инертной атмосфере стекла состава $(\text{La}_2\text{O}_3)_{0,07}(\text{As}_2\text{S}_3)_{0,90}(\text{Pr}_6\text{O}_{11})_{0,03}$ при $224,61^\circ\text{C}$ происходит его размягчение, сопровождаемое эндоэффектами. Экзоэффект, наблюдаемый при $315,80^\circ\text{C}$, отвечает за кристаллизацию стекла, а при $380,80^\circ\text{C}$ начинается термическое разложение.

На рис. 5 изображен Рамановский спектр стекла состава $(\text{La}_2\text{O}_3)_{0,07}(\text{As}_2\text{S}_3)_{0,90}(\text{Pr}_6\text{O}_{11})_{0,03}$ (возбуждение длинноволновым лазером 532 нм).

Выявлено, что стекло состава $(\text{La}_2\text{O}_3)_{0,07}(\text{As}_2\text{S}_3)_{0,90}(\text{Pr}_6\text{O}_{11})_{0,03}$ устойчиво к влиянию лазерных лучей. Полосы, относящиеся к As-S , La-O и Pr-O в исследованных составах при $180, 226, 340\text{ см}^{-1}$ испытывают сдвиг в сторону больших длин волн в Рамановских спектрах по сравнению с полосами индивидуальных компонентов, что свидетельствует об упрочнении этих связей.

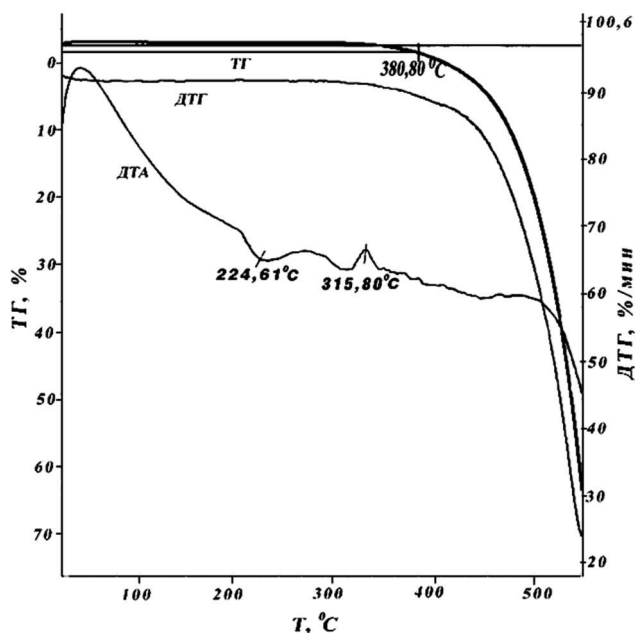


Рис. 4. Термограмма стекла состава $(\text{La}_2\text{O}_3)_{0,07}(\text{As}_2\text{S}_3)_{0,90}(\text{Pr}_6\text{O}_{11})_{0,03}$ в инертной атмосфере
 Fig. 4. Thermograms of glasses of the composition $(\text{La}_2\text{O}_3)_{0,07}(\text{As}_2\text{S}_3)_{0,90}(\text{Pr}_6\text{O}_{11})_{0,03}$ in an inert atmosphere

Зависимость плотности и микротвердости от состава образцов стекол показана в таблице.

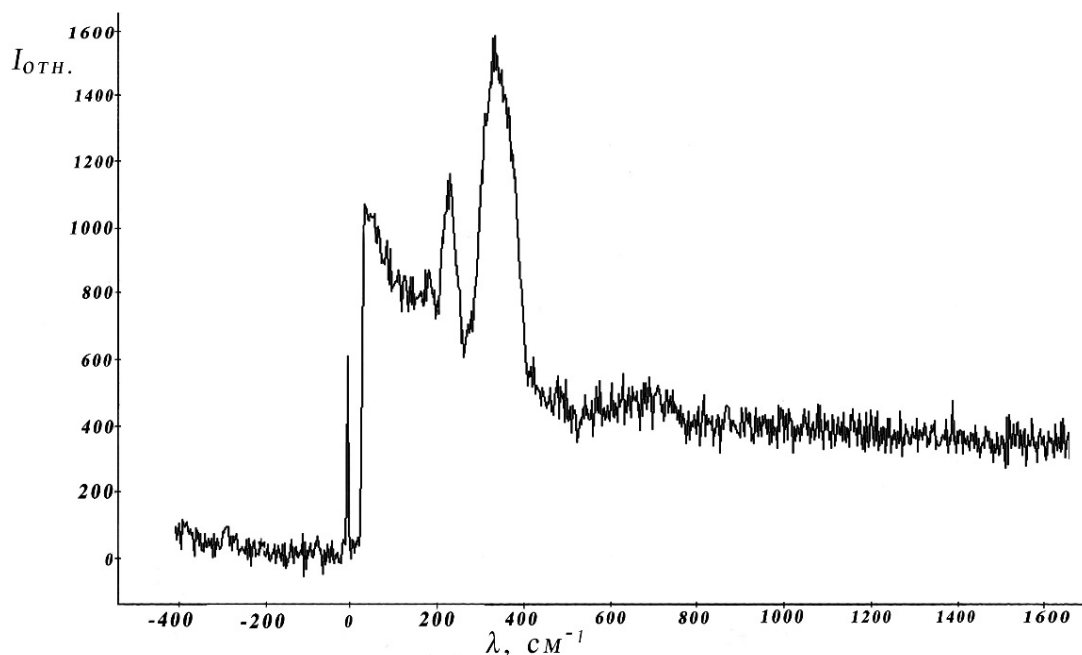


Рис. 5. Рамановский спектр стекла состава $(\text{La}_2\text{O}_3)_{0.07}(\text{As}_2\text{S}_3)_{0.90}(\text{Pr}_6\text{O}_{11})_{0.03}$
 Fig. 5. Raman spectrum of glass of the composition $(\text{La}_2\text{O}_3)_{0.07}(\text{As}_2\text{S}_3)_{0.90}(\text{Pr}_6\text{O}_{11})_{0.03}$

Таблица

Зависимость плотности и микротвердости от состава образцов стекол, $(\text{As}_2\text{S}_3)_{1-(x+y)}(\text{La}_2\text{O}_3)_x(\text{Pr}_6\text{O}_{11})_y$
 Table. Dependence of density and micro hardness on the composition of glasses, $(\text{As}_2\text{S}_3)_{1-(x+y)}(\text{La}_2\text{O}_3)_x(\text{Pr}_6\text{O}_{11})_y$

№	Состав образцов	Плотность, г/см ³	Микротвердость, МПа
1	$(\text{La}_2\text{O}_3)_{0.05}(\text{As}_2\text{S}_3)_{0.90}(\text{Pr}_6\text{O}_{11})_{0.05}$	3,608	1551
2	$(\text{La}_2\text{O}_3)_{0.03}(\text{As}_2\text{S}_3)_{0.90}(\text{Pr}_6\text{O}_{11})_{0.07}$	3,611	1552
3	$(\text{La}_2\text{O}_3)_{0.07}(\text{As}_2\text{S}_3)_{0.90}(\text{Pr}_6\text{O}_{11})_{0.03}$	3,605	1550
4	$(\text{La}_2\text{O}_3)_{0.10}(\text{As}_2\text{S}_3)_{0.85}(\text{Pr}_6\text{O}_{11})_{0.05}$	3,700	1605
5	$(\text{La}_2\text{O}_3)_{0.05}(\text{As}_2\text{S}_3)_{0.85}(\text{Pr}_6\text{O}_{11})_{0.10}$	3,708	1607

Цвет образцов в области стеклообразования изменяется от светло-красного до темно-красного. Тройные стекла при нагревании растворяются в хромовой смеси. Они устойчивы при комнатной температуре к воздуху, воде и органическим растворителям. Разлагаются в минеральных кислотах и щелочах.

ВЫВОДЫ

Методами физико-химического анализа определена область стеклообразования в тройной системе $\text{La}_2\text{O}_3\text{--As}_2\text{S}_3\text{--Pr}_6\text{O}_{11}$. Определены их границы и построена диаграмма зависимости области стеклообразования от состава.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Виноградова Г.З.** Стеклообразование и фазовые равновесия в халкогенидных системах. М.: Наука. 1984. 176 с.

В системе область прозрачного стеклообразования ограничена областью непрозрачного стеклообразования. Причиной непрозрачности стекла является образование в его составе первичных центров кристаллизации, что было доказано результатами РФА.

ДТА показывает, что, при нагревании в инертной атмосфере в стеклах состава $(\text{La}_2\text{O}_3)_{0.07}(\text{As}_2\text{S}_3)_{0.90}(\text{Pr}_6\text{O}_{11})_{0.03}$ при 224,61 °С происходит их размягчение, сопровождаемое эндоэффектами. Экзоэффект, наблюдаемый при 315,80 °С, отвечает за кристаллизацию стекла, а при 380,80 °С начинается термическое разложение.

Изображен Рамановский спектр стекла состава $(\text{La}_2\text{O}_3)_{0.07}(\text{As}_2\text{S}_3)_{0.90}(\text{Pr}_6\text{O}_{11})_{0.03}$ возбуждением длинноволнового лазера 532 нм. Показано, что стекло состава $(\text{La}_2\text{O}_3)_{0.07}(\text{As}_2\text{S}_3)_{0.90}(\text{Pr}_6\text{O}_{11})_{0.03}$ устойчиво к влиянию лазерных лучей. Полосы, относящиеся к As–S, La–O и Pr–O в исследованных составах при 180, 226, 340 см⁻¹ испытывают сдвиг в сторону больших длин волн в Рамановских спектрах по сравнению с полосами индивидуальных компонентов, что свидетельствует об упрочнении этих связей.

Образцы в области стеклообразования устойчивы при 300 К к воздуху, воде и органическим растворителям. Стекла при нагревании растворяются в хромовой смеси. Разлагаются в минеральных кислотах и щелочах.

REFERENCES

1. **Vinogradova G.Z.** Glassformation and phase equilibrium in chalcogenide systems. M.: Nauka. 1984. 176 p. (in Russian).

2. **Ovshinsky S.R.** Electrical Switching Phenomena in Disordered Structures. *Phys.Rev. Lett.* 1968. V. 21. N 20. P. 1450.
3. **Zakery A., Elliot S.R.** Оптическая спектроскопия халькогенидных стекол $(As_4S_3Se_3)_{1-x}Sn_x$. *J. Non-Crystalline Solids.* 2003. V. 330 (1-3). P. 1-12.
4. **Tsendin K.D., Bogoslovskiy N.A.** Physics of Switching and Memory Effects in Chalcogenide Glassy Semiconductors. *Semiconductors.* 2012. V. 46(5). P. 559–590.
5. **Венгер Е.Ф., Мельничук А.В., Стронский А.В.** Фотостимулированные процессы в халькогенидных стеклообразных полупроводниках и их практическое применение. Киев: Академперіодика. 2007. 283 с.
6. **Seema Kandpal, Kushwaha R.P.S.** Photo acoustic spectroscopy of thin films of As_2S_3 , As_2Se_3 and $GeSe_2$. *Indian Academy of Sciences. PRAMANA journal of physics.* 2007. V. 69. N 3. P. 481 – 484.
7. **Бабаев А.А., Мурадов Р., Султанов С.Б., Асхабов А.М.** Влияние условий получения на оптические и фотолуминесцентные свойства стеклообразных As_2S_3 . *Неорган. материалы.* 2008. Т. 44. №11. С. 1187 – 1201.
8. **Чурбанов М.Ф., Ширяев В.С., Сучков А.И., Пушкин А.А.** Высокочистые As-S-Se и As-Se-Te оптических волокон. *Неорган. материалы.* 2007. Т. 43. №4. С. 506 – 512.
9. **Кертман А.В.** Оптическая сульфидная керамика. *Сорос. образоват. журн.* 2000. Т. 6. № 2. С. 93-98.
10. **Tveryanovich Yu.S.** Concentration Quenching of Luminescence of Rare-Earth Ions in Chalcogenide Glasses. *Class Physics and Chemistry.* 2003. V. 29. N 2. P. 166-168.
11. **Borisov E.N., Smirnov V.B., Tveryanovich A.S.** On the effect of composition on the Judd-Ofelt parameters of Sm^{2+} -doped chalcogenide glasses. *J. Non-Crystalline Solids.* 2003. P. 326-327.
12. **Фатуллаева Г.М., Бахтиярлы И.Б., Керимли О.Ш.** Физико-химические свойства стеклообразующих расплавов системе $La_2O_3-As_2S_3-Nd_2O_3$. VII Международной научно-практической конференции. Пенза. МЦНС «Наука и просвещение» 2017. С. 25-28.
13. **Фатуллаева Г.М., Бахтиярлы И.Б., Керимли О.Ш.** Физико-химические исследования стеклообразования в системе $As_2S_3-Er_2O_3$. *Журн. ученые записки.* 2017. № 2. С. 102-106.
14. **Бабанлы М.Б., Мурадова Г.В., Ильяслы Т.М., Бабанлы Д.М.** Термодинамические свойства сульфидов мышьяка, полученные с использованием метода ЭДС. *Неорган. материалы.* 2011. Т. 47. № 3. С. 276.
15. **Lovu M., Shutov S., Popescua M., Furnissb D., Kukkonenb L.** Structure and properties of As_2S_3 and As_2Se_3 Glasses modified with Dy, Sm and Mn. *J. Optoelectronics and Advanced Materials.* 1999. V. 1. N 2. P. 15 – 24.
16. **Лаврентьев А.А., Габрельян Б.В., Никифоров И.Я.** Электронно-электрическая структура полупроводниковых сульфидов As_2S_3 , $AsSi$, $AgAsS_2$ и TiS_2 . *Журн. структур. химии.* 2005. Т. 46. № 5. С. 835-842.
17. **Рябухин А.Г.** Кристаллоструктурные характеристики гексоганальных $A-La_2O_3$, LaF_3 и $LaCl_3$. *Вестн. ЮУрГУ.* 2009. № 23. С. 43-46.
18. **Глушкова В.Б.** Полиморфизм окислов редкоземельных элементов. Л.: Наука. 1967. 133 с.
2. **Ovshinsky S.R.** Electrical Switching Phenomena in Disordered Structures. *Phys.Rev. Lett.* 1968. V. 21. N 20. P. 1450.
3. **Zakery A., Elliot S.R.** Оптическая спектроскопия халькогенидных стекол $(As_4S_3Se_3)_{1-x}Sn_x$. *J. Non-Crystalline Solids.* 2003. V. 330 (1-3). P. 1-12.
4. **Tsendin K.D., Bogoslovskiy N.A.** Physics of Switching and Memory Effects in Chalcogenide Glassy Semiconductors. *Semiconductors.* 2012. V. 46(5). P. 559–590.
5. **Venger E.F., Melnichuk A.V., Stronskiy A.V.** Photostimulating processes in chalcogenide glassy semiconductors and their practical application. Kiev: Academperiodica. 2007. 283 p. (in Russian).
6. **Seema Kandpal, Kushwaha R.P.S.** Photo acoustic spectroscopy of thin films of As_2S_3 , As_2Se_3 and $GeSe_2$. *Indian Academy of Sciences. PRAMANA journal of physics.* 2007. V. 69. N 3. P. 481 – 484.
7. **Babaev A.A., Muradov P.S., Sultanov S.B., Askhabov A.M.** Influence of the preparation conditions on the optical and photoluminescent properties of glassy As_2S_3 . *Neorg. Materialy.* 2008. V. 44. N11. P. 1187 – 1201 (in Russian).
8. **Churbanov M.F., Shirayev V.S., Suchkov A.I., Pushkin A.A.** High-purity As-S-Se and As-Se-Te optical fibers. *Neorg. Materialy.* 2007. V. 43. N 4. P. 506 – 512 (in Russian).
9. **Kertman A.B.** Optical sulphide ceramics. *Soros Obraz.Zhurn.* 2000. V. 6. N 2. P. 93-98 (in Russian).
10. **Tveryanovich Yu.S.** Concentration Quenching of Luminescence of Rare-Earth Ions in Chalcogenide Glasses. *Class Physics and Chemistry.* 2003. V. 29. N 2. P. 166-168.
11. **Borisov E.N., Smirnov V.B., Tveryanovich A.S.** On the effect of composition on the Judd-Ofelt parameters of Sm^{2+} -doped chalcogenide glasses. *J. Non-Crystalline Solids.* 2003. P. 326-327.
12. **Fatullayeva G.M., Bakhtiyarly I.B., Kerimli O.Sh.** Physical and chemical properties of glass-forming melts system $La_2O_3-As_2S_3-Nd_2O_3$. VII International scientific conference. Penza. MCNS “Science and Education”. 2017. P. 25-28 (in Russian).
13. **Fatullayeva G.M., Bakhtiyarly I.B., Kerimli O.Sh.** Physical and chemical researches of glassformation in the system $As_2S_3-Er_2O_3$. *Zhurn. Uchen. Zapiski.* 2017. N 2. P. 102-106 (in Russian).
14. **Babanly M.B., Muradova G.V., Ilyasly T.M., Babanly D.M.** The thermodynamic properties of arsenic sulfides obtained using the EMF method. *Neorg. Materialy.* 2011. V. 47. N 3. P. 276 (in Russian).
15. **Lovu M., Shutov S., Popescua M., Furnissb D., Kukkonenb L.** Structure and properties of As_2S_3 and As_2Se_3 Glasses modified with Dy, Sm and Mn. *J. Optoelectronics and Advanced Materials.* 1999. V. 1. N 2. P. 15 – 24.
16. **Lavrentyev A.A., Gabrelyan B.V., Nikiforov I.Ya.** Electron electrical structure of semiconducting sulfides As_2S_3 , $AsSi$, $AgAsS_2$ and TiS_2 . *Zhurn. Strukt. Khim.* 2005. V. 46. N 5. P. 835-842 (in Russian).
17. **Ryabukhin A.G.** Crystallographic parameters of hexagonal $A-La_2O_3$, LaF_3 and $LaCl_3$. *Vest. YurGU.* 2009. N 23. P. 43-46 (in Russian).
18. **Glushkova V.B.** Polymorphism of oxides of rare earth elements. L.: Nauka. 1967. 133 p. (in Russian).

19. **Бахтиярлы И.Б., Абдуллаева А.С., Фатуллаева Г.М.** Физико-химические свойства стеклообразующих расплавов $\text{Nd}_2\text{S}_3\text{-Ga}_2\text{S}_3\text{-EuS}$ и $\text{La}_2\text{O}_3\text{-As}_2\text{S}_3\text{-Eu}_2\text{O}_3$. Материалы Международной научной конференции. Томск: Изд. Дом ТГУ. 2015. Т. 1. 234 с.
20. **Фатуллаева Г.М., Бахтиярлы И.Б., Керимли О.Ш.** Стеклообразования в системе $\text{As}_2\text{S}_3\text{-Pr}_6\text{O}_{11}$. XVIII Международная научно-практическая конференция. Москва. Под общ. ред. А.В. Туголукова. 2017. С.1 73-175.
21. **Бахтиярлы И.Б., Абдуллаева А.С., Алиев А.Б.** Физико-химические свойства стекол составов $(\text{Ga}_2\text{S}_3)_{0,60}(\text{La}_2\text{S}_3)_{0,20}(\text{Sm}_2\text{S}_3)_{0,20}$ и $(\text{Ga}_2\text{S}_3)_{0,55}(\text{La}_2\text{S}_3)_{0,15}(\text{Sm}_2\text{S}_3)_{0,30}$. 1st International Chemistry and Chemical Engineering Conference. Abstracts and Proceedings. Baku: Qafqaz University Azerbaijan. 2003. P. 345-351.
19. **Bakhtiyarly I.B., Abdullayeva A.S., Fatullayeva G.M.** Physical-chemical properties of glassforming alloys $\text{Nd}_2\text{S}_3\text{-Ga}_2\text{S}_3\text{-EuS}$ and $\text{La}_2\text{O}_3\text{-As}_2\text{S}_3\text{-Eu}_2\text{O}_3$. Materials of International Sci. Conf. Tomsk: Publishing House TSU. 2015. V. 1. 235 p. (in Russian).
20. **Fatullayeva G.M., Bakhtiyarly I.B., Kerimli O.Sh.** Glassformation in the system $\text{As}_2\text{S}_3\text{-Pr}_6\text{O}_{11}$. VII International scientific conference. Moscow. Under the commonly. Red. A.V. Tugolukova. 2017. P. 173-175 (in Russian).
21. **Bakhtiyarly I.B., Abdullayeva A.S., Aliyev A.B.** Physical-chemical properties of $(\text{Ga}_2\text{S}_3)_{0,60}(\text{La}_2\text{S}_3)_{0,20}(\text{Sm}_2\text{S}_3)_{0,20}$ and $(\text{Ga}_2\text{S}_3)_{0,55}(\text{La}_2\text{S}_3)_{0,15}(\text{Sm}_2\text{S}_3)_{0,30}$ glasses. 1st International Chemistry and Chemical Engineering Conference. Abstracts and Proceedings. Baku: Qafqaz University, Azerbaijan. 2003. P. 345-351 (in Russian).

*Поступила в редакцию 25.12.2017
Принята к опубликованию 20.03.2018*

*Received 25.12.2017
Accepted 20.03.2018*