

## NADİR TORPAQ ELEMENTLƏRİ İLƏ AŞQARLANMIŞ ŞÜŞƏ XALKOGENİDLƏRİN FOTOLÜMINESSENSİYA XASSƏLƏRİ

S.Q. ƏSƏDULLAYEVA, N.A. İSMAYILOVA

*Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Fizika İnstitutu*

*Az-1143, Bakı H.Cavid pr.131*

[Email.sasadullayeva@mail.ru](mailto:Email.sasadullayeva@mail.ru)

Təqdim olunan işdə otaq temperaturunda  $(\text{La}_2\text{O}_3)_{0.05}(\text{As}_2\text{S}_3)_{0.90}(\text{Er}_2\text{O}_3)_{0.05}$  birləşməsinin fotolüminessensiya xassələri öyrənilmişdir. Göstərilmişdir ki, iki aşqar elementinin  $(\text{La}_2\text{O}_3$  və  $\text{Er}_2\text{O}_3)$  eyni zamanda  $\text{As}_2\text{S}_3$  birləşməsinə daxil olması ilə 660 nm dalğa uzunluğunda lüminessensiyanın intensivliyinin kəskin artması müşahidə edilmişdir.

**Açar sözlər:** xalkogenid şüşə, nadir torpaq elementləri, fotolüminessensiya.

**UOT:** 42.55.Px,42.60.-v,52.70.Kz

### GİRİŞ

Nadir torpaq elementləri ilə aşqarlanmış xalkogenid şüşə əsaslı birləşmələr fotolüminessensiya xassələrinə görə tədqiq ediləcək materiallar arasında ən mühüm birləşmələrdəndir. Belə ki, bu birləşmələr əsasında yüksək həssaslığa malik foto və termoelementlərin, lazer şüa qəbuledicilərinin və modulyatorların, qeyri-xətti optik çeviricilərin, ağ işıq diodlarının və digər yarımkeçirici cihazların yaradılması imkanları onların optik xassələrinin öyrənilməsinə böyük maraq yaradır. Spekttrin yaxın və orta İnfraqırmızı (İQ) oblastında şəffaflıq imkanı, həmçinin sınıma əmsalının böyük intervalda dəyişməsi onların lifli və inteqral optika üçün perspektivli material olduğunu göstərir. Beləliklə, şüşələrdə (NTE) enerji ötürülməsi yüksək səmərəli şüalanma mənbələrinin yaradılmasına imkan verir [1-4].

Xalkogenid şüşələrindeki fotolüminessensiya (PL), Kolomiets qrupunun [5] işlərində öyrənilmiş və bu cür amorf yarımkeçiricilərdə bəzi unikal xüsusiyyətlər nümayiş etdirilmişdir. Müşahidə olunan rekombinasiya, Fermi səviyyəsinin yaxınlığında yerləşən dərin səviyyələrlə izah edilmişdir. Xalkogenid şüşələri içərisində PL xüsusiyyətlərinin tədqiqi üçün ən uyğun material digərlərinə nisbətən daha çox təkrar alınma bilən xüsusiyyətləri ilə seçilən As-xalkogenidləridir [6-8]. [9]-cu işdə göstərilmişdir ki,  $\text{As}_2\text{S}_3$  birləşməsinin qadağan zolağı spektrin görünən oblastında yerləşir ( $E_g \approx 2.4$  eV) və nadir torpaq ionlarının diskret səviyyələri səbəbindən keçirici zolaqlar və kənar quyruq vəziyyətlərini əhatə edən optik keçidlər bəzi udma/emissiya zonaları ilə üst-üstə düşür

Arsen sulfid şüşələrinin və nadir torpaq elementləri ( $\text{Pr}^{3+}$ ,  $\text{Sm}^{3+}$ ,  $\text{Er}^{3+}$  və  $\text{Dy}^{3+}$ ) ilə aşqarlanmış liflərin optik udulması və fotolüminessensiyasına dair eksperimental nəticələr bir çox işlərdə tədqiq edilmişdir. Nadir torpaq elementlərinin  $\text{As}_2\text{S}_3$  şüşəsinə təsirini araşdıraraq müəyyən edilmişdir ki,  $\text{Pr}^{3+}$ ,  $\text{Sm}^{3+}$ ,  $\text{Er}^{3+}$  və  $\text{Dy}^{3+}$  ionları ilə aşqarlanmış  $\text{As}_2\text{S}_3$  birləşməsində dalğa uzunluğu 1,3, 1,5  $\mu\text{m}$  olan şüalanma ( ${}^6\text{F}_{7/2} \rightarrow {}^6\text{H}_{13/2}$  və  ${}^6\text{F}_{5/2} \rightarrow {}^6\text{H}_{11/2}$  ( $\text{Dy}^{3+}$ ) və  ${}^1\text{G}_{4/1} \rightarrow {}^3\text{H}_6$  və  ${}^3\text{F}_3 \rightarrow {}^3\text{H}_4$  ( $\text{Pr}^{3+}$ ) keçidləri ilə əlaqədardır [10].  $\text{As}_2\text{S}_3$  birləşməsinin bəzi optik keçidlərinin nadir torpaq elementlərinin şüalanma xətləri ilə eyni dalğa uzunluğuna düşdüynə görə,

$\text{As}_2\text{S}_3$  birləşməsinin geniş diapazonunda udulmuş fotonun enerjisi nadir torpaq elementlərinə ötürülür ki, bu da fotolüminessensiyanın effektivliyinin artmasına səbəb olur. Bu mühüm fakt birləşməni fiber-optik gücləndiricilər üçün praktiki olaraq faydalı edir [11, 12].

Nadir torpaq elementləri ilə aşqarlanmış şüşələrin özünü praktik tətbiqdə maraqlı birləşmələr kimi göstərdiyini nəzərə alaraq, bu işdə  $(\text{La}_2\text{O}_3)_{0.05}(\text{As}_2\text{S}_3)_{0.90}(\text{Er}_2\text{O}_3)_{0.05}$  birləşmələrin fotolüminessensiya xassələri geniş tədqiq edilmişdir.

### METOD

Nümunələrin  $(\text{La}_2\text{O}_3)_{0.05}(\text{As}_2\text{S}_3)_{0.90}(\text{Er}_2\text{O}_3)_{0.05}$  sintezi üçün təmizlik dərəcəsi yüksək olan elementlərdən istifadə edilmişdir: 6N (As, S),  $\text{Er}_2\text{O}_3$  (99,9%) və  $\text{La}_2\text{O}_3$  (99,9%) oksidləri. Nümunələr 9-15 mm diametrlili silindrik kvarts ampulalarda sintez edilmişdir. Ampulalar  $10^{-5}$  Torr təzyiqə qədər vakumlaşdırılmışdır. Şüşələrin sintezi temperatur tənzimləmə sistemi  $\pm 5$  K dəqiqliyində olan sobada aparılmışdır İlk öncə temperatur 850 K-ə qədər qızdırılmış və reaksiya aparılmışdır. Sonra temperatur tədricən 875-1050K-ə qədər artırılmış və 4sa-at davam etmişdir.

PL ölçmələri PL/PLE/Raman spektrometrindən (Tokyo Instruments, Inc.) aparılmışdır. Həyəcanlanma mənbəyi kimi dalğa uzunluğu 532nm (NdYAG) və 325nm (HeCd) nm olan lazerlərdən istifadə edilmişdir.

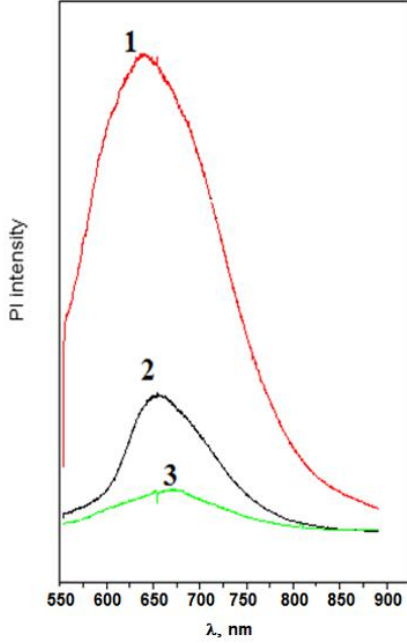
### NƏTİCƏ

Tədqiqat spektrin görünən oblastında otaq temperaturunda aparılmışdır. İlk mərhələdə  $\text{As}_2\text{S}_3$ ,  $\text{As}_2\text{S}_3:\text{Er}_2\text{O}_3$  və  $\text{As}_2\text{S}_3:\text{La}_2\text{O}_3$  birləşmələrinin lüminessensiya spektrləri tədqiq edilmişdir (şəkil 1). Müəyyən edilmişdir ki,  $\text{As}_2\text{S}_3:\text{Er}_2\text{O}_3$  və  $\text{As}_2\text{S}_3:\text{La}_2\text{O}_3$  birləşmələrinin lüminessensiya maksimumları ilə  $\text{As}_2\text{S}_3$  birləşməsinin maksimumları eyni dalğa uzunluğuna düşür. Belə ki,  $\text{As}_2\text{S}_3$  birləşməsinin maksimumunun 660nm-də olduğu böyük və intensiv lüminessensiya spektrinin fonda  $\text{Er}^{3+}$  ionunun hər hansı keçidi müşahidə olunmur.

Lakin, birləşməyə iki aşqarın birlikdə daxil edilməsi vəziyyəti tamamilə dəyişmişdir. Daxil edilən iki aşqar,  $(\text{La}_2\text{O}_3)_{0.05}(\text{As}_2\text{S}_3)_{0.90}(\text{Er}_2\text{O}_3)_{0.05}$  kombinasiyasında

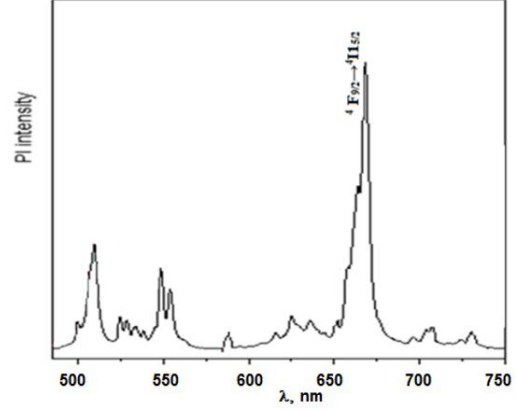
As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>-ə aid olan maksimumun tamamilə yox olmasına və Er ionlarının atomlararası <sup>4</sup>F<sub>9/2</sub>→<sup>4</sup>I<sub>15/2</sub> keçidi hesabına əmələ gələn fotoluminessensiya spektrinin intensivliyinin kəskin artmasına gətirib çıxarır (600-750nm oblastı əhatə edən), şəkil 2). Elmi ədəbiyyata nəzər saldıqda, Lantanın digər nadir torpaq elementləri üçün sensiblizator rol oynadığını görə bilirik [13-15].

elementi, elektron katod və sintillyatorlar)[16].Bu da lantanın digər elementlərlə münasibətdə sensiblizator rolu oynaması ilə bağlıdır Bu baxımdan aşqar kimi La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> birləşməsinin əlavə edilməsi, Er<sup>3+</sup> ionunun atomlararası keçidi ilə bağlı olan lüminessensiya maksimumunun intensivliyinin kəskin artmasına səbəb olmuşdur.



Şəkil 1. As<sub>2</sub>S<sub>3</sub> (1), As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>:Er<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (2) və As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>:La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (3) birləşmələrinin fotoluminesensiya spektri.

Məlumdur ki, aşqar kimi Lantan əlavə edilmiş materiallar bir çox tətbiqlər arasında böyük əhəmiyyətə malikdir (studiya işıqlandırılması və proyektor üçün karbon işıqlandırması, alışıqan və məşəllərdə alovlanma



Şəkil 2. (La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)<sub>0.05</sub>(As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>)<sub>0.90</sub>(Er<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)<sub>0.05</sub> birləşməsinin 300K temperaturda fotoluminesensiya spektri

Xüsusilə bu hal özünü 660nm-dəki maksimumda daha nəzərəçarpan göstərir. (<sup>4</sup>F<sub>9/2</sub>→<sup>4</sup>I<sub>15/2</sub>) PL effektivliyinin bu cür artmasının səbəbi, bir tərəfdən La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> birləşməsinin daxil edilməsi ilə, digər tərəfdən də, 660nm dalğa uzunluğunda As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>-ün optik keçidlərinin eyni enerjiddə Er<sup>3+</sup> ionunun şüalanma xətləri ilə üst-üstə düşməsi ilə bağlıdır. Beləliklə, As<sub>2</sub>S<sub>3</sub> birləşməsinin geniş oblastında, fotonun udulmuş enerjisi, Er<sup>3+</sup> atomlarının <sup>4</sup>F<sub>9/2</sub>→<sup>4</sup>I<sub>15/2</sub> keçidinə ötürülür. Enerjilərin superpozisiyası nəticəsində şüalanma nəzərəçarpacaq dərəcədə artır.

[1] J.S.Sanghera, I.D.Aggarwal, L.B.Shaw, C.M.Florea, P. Pureza, V.G. Nguyen, F. Kung. „J. Optoelectronics and Advanced materials 8, (2006), 2148-2155.  
 [2] A. Zakery and S. Elliott. J. Non-Cryst, 2003, 330, 1-12.  
 [3] I.V. Fekeshgazi, K.V. May, N.I. Mateleshko, V.M. Mitsa, E.I. Borkac. Semiconductor, 2005, 39, 986-990.  
 [4] S.Q.Asadullayeva and Q.Y.Eyyubov. Modern Physics Letters B 33(5) 2019, p.1950348.  
 [5] B.T.Kolomiets, T.N.Momontova and A.A.Babaev. J. Non-Cryst. Solids 4, 1970, 289  
 [6] T.Tada and T.Nimomiya. J. Non-Cryst. Solids, 114, 88, 1989; Rev. Solid State Sci. 4, 1990, 669.  
 [7] T. Aoki, D. Saito, K. Ikeda, S. Kobayashi, and K. Shimakawa. J. Optoelectron. Adv. Mater. 7, (2005) 1749.  
 [8] S.P. Depinna, B.C. Cavenett and W.E. Lamb. Philos. Mag. B 47, 1983, 99.  
 [9] S.G.Bishop, D.A. Turnbull, B.G. Aitken. J. of Non-Cryst.Solids 876, 2000, 266-269.

[10] D. Hewak. (ed.) Properties, processing and applications of glass and rare earth-doped glasses for optical fibres, 1998, 376.  
 [11] J.Y. Li. Luminescent Materials of Rare Earths and Their Applications, Chemical Industry Beijing, 2003, 8.  
 [12] R A Street, T M Searle and I G Austin. J. Phys. C:vol. 6, 1973, 1830.  
 [13] Chiharu Hidaka, Jun Hodotsuka, and Takeo Takizawa. Phys. Status Solidi C 6, 2009, p.1170–1173.  
 [14] Reza Zamiri, Avito Rebelo, Hossein Abastabar Ahangar, Michael ScottBelsley. J.M.F. Ferreira Ceramics International 40,8, Part B, 2014, 12947-12951.  
 [15] Hailin Si, Fang Zhao and Huan Cai. Luminescence 28, 5, 2013, 510–515.  
 [16] Moore R.J. Lanthanum: Compounds, Production and Applications, Chemistry Research and Applications. New York: (2011). 349-363

**S. Q. Asadullayeva, N. A. Ismayilova**

**PHOTOLUMINESCENCE PROPERTIES OF GLASS CHALCOGENIDES ALLOYED WITH RARE EARTH ELEMENTS**

In the presented work, were studied the photoluminescence properties of the  $(La_2O_3)_{0.05}(As_2S_3)_{0.90}(Er_2O_3)_{0.05}$  compound at room temperature . It was shown that with the simultaneous incorporation of two additive elements ( $La_2O_3$  and  $Er_2O_3$ ) into the  $As_2S_3$  compound, a sharp increase in luminescence intensity at a wavelength of 660nm was observed

**.С. Г. Асадуллаева, Н. А. Исмаилова**

**ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ СВОЙСТВА ХАЛЬКОГЕНИДОВ СТЕКОЛ, ЛЕГИРОВАННЫХ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ**

В представленной работе исследованы фотолюминесцентные свойства соединения  $(La_2O_3)_{0.05}(As_2S_3)_{0.90}(Er_2O_3)_{0.05}$  при комнатной температуре. Показано, что при одновременном введении в соединение  $As_2S_3$  двух элементов-аддитивов ( $La_2O_3$  и  $Er_2O_3$ ) наблюдается резкое увеличение интенсивности люминесценции на длине волны 660нм.