GÜCLÜ AĞ İŞIQ SAÇAN DİODLAR ÜÇÜN KRİSTALLİK ƏSASLI ÜZVİ LÜMİNOFORLARIN OPTİK VƏ LÜMİNESSENT XASSƏLƏRİNİN TƏDQİQİ

B.H.TAĞIYEV, R.S. MƏDƏTOV , N. CƏLİLOVA, R.M. MƏMİŞOVA
Milli Aviasiya Akademiyası, AZ1045, Bakı, Mərdəkan qəs., 30
msrahim@mail.ru
narmin.calilova@azalsecurity.az

Kristallik $CaGa_2S_7:Eu^{2+}$ əsaslı üzvi lüminoforların otaq temperaturunda optik və lüminessent xassələrinin araşdırılması göstərilmişdir. Kristal əsaslı üzvi birləşməli kompozit lüminoforun optik xassələrinin kompozitdə doldurucu üzvi birləşmənin miqdarından asılı olduğu müəyyən edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, kompozit lüminoforu 3,05 mkm dalğa uzunluqlu işıqla həyəcanlandıqda spektrin 600-700 nm oblastında yüksək intensivlikli şüalanma müşahidə olunur və onun intensivliyi lüminoforun qalınlığı azaldıqca azalır. $CaGa_2S_7:Eu^{2+}$ kristalına üzvi birləşmə əsaslı doldurucu əlavə etdikdə şüalanma spektrinin uzundalğa oblastına tərəf sürüşməsi müəyyən olunmuşdur.

Açar sözlər: Lüminofor maddə, kristallik maddə, lümunisensiya, lüminesent kvant səmərəliliyi, buraxma əmsalı, udulma əmsalı, işıqəksetdirmə.
DOI:10.70784/azip.2.2024307

Giriş

Müasir texnologiyada optik cihazların, o cümlədən isıq saçan diodların effektivliyini artırmaq məqsədi ilə yüksək işıqvermə qabiliyyətinə malik lüminofor materiallardan geniş istifadə edilir. Ağ işıq saçan diodlar optoelektron sistemlərində və işıq texnikasında istifadə olunan əsas elementlərdən biridir. Belə elementlərin texnikanın müxtəlif sahələrində istifadə olunması enerjiyə qənaət olunmasına və işıqvermə qabiliyyətinin yüksəldiməsinə imkan yaradır [1]. Onların çatışmayan cəhəti isə diodların bir dalğa uzunluqlu şüaları (qırmızı, yaşıl, göy) buraxmasıdır [2]. Hazırda diodlardan bircins ağ işıq şüası almaq məqsədi ilə lüminofor tərkibli kristallik kompozit materiallardan istifadə olunur [4]. Məqalədə göstərilir ki, kristallik lüminofor tərkibli materialların istifadə olunması işıq saçan diodların effektivliyini və spektral oblastının genişləndirilməsinə imkan yarada bilər.

Lüminofor materialların xassələrinin geniş öyrənilməsinə baxmayaraq, onların diod sisteminə tətbiqi zamanı enerjinin çevrilmə effektivliyi lüminofor-kristal qarşılıqlı təsirindən asılı olur [3]. Məqalədə göstərildiyi kimi, ağ işıq saçan diodların effektivliyi lüminofor qatının enerji çevirmə xarakteristikasından və lüminifor materialın tərkib komponentlərinin xüsusiyyətlərindən asılı olur.

Hazırda lüminofor materialın enerji çevirmə qabiliyyəti ilə diod strukturlarından çıxan işıq enerjisi arasında əlaqə mexanizmı kifayət qədər öyrənilməyib. Bu səbəbdən şüalanan enerjisinin effektivliyinin qiymətləndirilməsi üçün yeni modelin işlənilməsi vacib məsələlərdən biridir [5-8]. Bu məqsədlə hazırlanan məqalədə kristallik madə və lüminofor əsasında alınmış kompozit materialın optik və lüminisent xassələrinin tədqiqindən alınan nəticələr təqdim edilir.

Nümunələrin alınması və ölçmə metodikası

Təqdim edilən məqalədə işıq saçan mənbələrin kvant effektivliyini artırmaq məqsədi ilə nanohissəcikli $CaGa_2S_7:Eu^{2+}$ lüminofor materialından istifadə edilmişdir və bu birləşmənin alınma texnologiyası və lüminesent xassələri haqqında məlumatlar verilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, $Ca_4Ga_2S_7:Eu^{2+}$ birləşməsi n-tip keçiriciliyə malikdir, yəni əsas elektrik yükdaşıyıcıları elektronlardır. Elektronların yürüklüyü 28 $sm^2/v\cdot san$-ə yaxındır. Birləşmə enli zolaqlı yarımkeçiricidir (E_g=2,5÷2,7 eV), xüsusi müqaviməti $10^9 \div 10^{10}$ Om·sm tərtibindədir. $Ca_4Ga_2S_7$ birləşməsi kubik quruluşa malikdir, qəfəs parametrləri a=5,17Å. Məqalədə göstərilmişdir ki, Eu atomu $Ca_4Ga_2S_7$ birləşməsində effektiv şüalanma mərkəzləri yaradır. Sintez olunmuş $Ca_4Ga_2S_7:Eu^{2+}$ birləşməsinin fotoelektrik və lüminessent xassələri tədqiq edilmişdir. Üzvi maddə olaraq aromatik tərkibli karbohidrogenlərdən (neft məhsulundan) istifadə edilmişdir. Sintez texnologiyası aşağıdakı kimi aparılmışdır: ölçüsü 50~μm olan homogen toz halına gətirilən $Ca_4Ga_2S_7:Eu^{2+}$ kristalı tələb olunan nisbətlərdə üzvi birləşmənin mikrohissəcikləri ilə qarışdırılır və suspensiya halına gətirilir. Alınmış homogen suspensiya işıq saçan şüşə üzərinə tozlandırıcının köməyi ilə 5-10 mkm qalınlıqda çəkilir. Alınan nümunələr 100°C temperaturda 30 dəq. sintez olunmuş və otaq temperaturunda havada soyudulmuşdur.

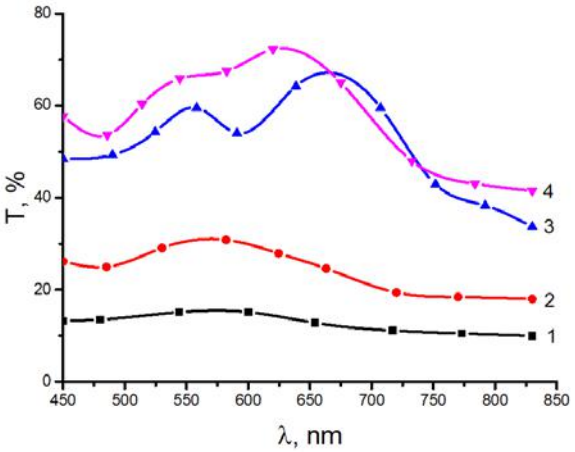
Sintez edilmiş nümunələrin fotolüminessens spektrləri 465 nm həyəcanverici işıq dalğa uzunluğunda "Horiba Scientific" spektrofotometrindən istifadə edilməklə qeydə alınmışdır. Nümunələrin lüminessent xassələrinin tədqiqi "ФЛЮОРАТ-02-ПАНОРАМА" cihazında aparılmışdır. Şüalanma spektrini müşahidə etmək üçün həmin kristal 405 nm dalğa uzunluğuna malik göy lazerlə həyəcanlandırılmışdır.

Alınmış kompozit birləşmənin optik və lüminessent xarakterisrtikalarının optimal parametrlərini müəyyən etmək məqsədi ilə $Ca_4Ga_2S_7:Eu^{2+}$ kristallik tozu müxtəlif (0-5at%) miqdarda doldurucu ilə qarışdırılmış və şüşə lövhə üzərinə çəkilmişdir (d=1-10mkm). Alınmış nümunələrin optik və lüminessent xarakteristikaları otaq temperaturunda tədqiq edilmişdir.

Təcrübi nəticələr və onların izahı

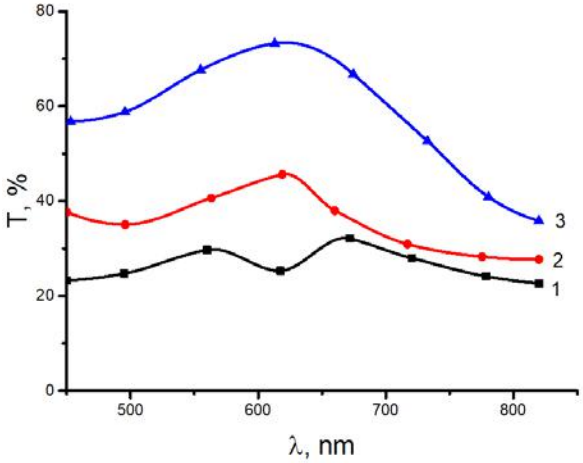
131, H.Javid ave, AZ-1073, Baku
Institute of Physics
E-mail: jophphysics@gmail.com

Alınmış $Ca_4Ga_2S_7:Eu^{2+}$ əsaslı kompozitlərin buraxma spektrləri müxtəlif qalınlıqlı nümunələr üçün tədqiq edilmişdir. Şəkil 1-dən görünür ki, nümunənin qalınlığının azalması ilə buraxma əmsalı qanunauyğun olaraq artır. Ancaq buraxma spektrinin müxtəlif oblastlarında spesifik xüsusiyyətlər müşahidə olunur. Belə ki, qalınlığı 50 və 100 mkm olan təbəqələrdə spektrin 600-700 nm intervalında sarı-qırmızı şüalanması müşahidə olunur. Digər qalınlıqlarda isə (200; 300mkm) müşahidə olunmur.



Şəkil 1. Buraxma spektri: 1- 300mkm, 2- 200mkm, 3- 100mkm, 4- 50 mkm.

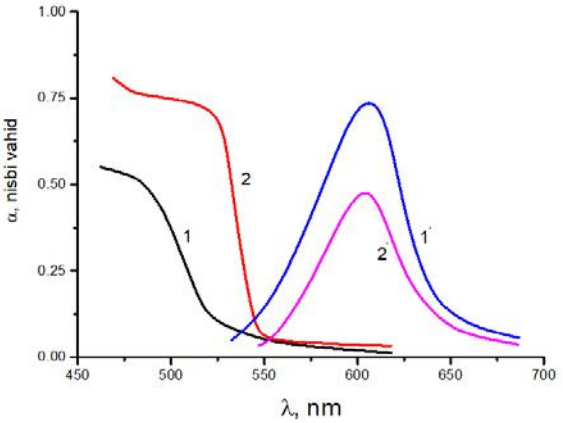
Şəkil 2-də müxtəlif tərkibli (1- 1at%; 2-5 at%; 3- 3at%.) kompozit (d~50 mkm) lüminifor üçün buraxma spektri göstərilmişdir. Şəkildən görünür ki, buraxma spektri kompozit materialda üzvi birləşmənin miqdarından asılıdır və 3at% (3-əyri) lüminofor üçün buraxma əmsalı spektrin 600-700 nm oblastında yüksək qiymətə malik olur. Alınmış nəticələrin müqayisəsindən görünür ki, 3at% kompozit material spektrin 600-700 nm oblastında yüksək enerji ötürmə qabiliyyətinə malikdir.



Şəkil 2. Buraxma spektri müxtəlif tərkib üçün - 1- 1at%; 2-3 at%; 3- 5at%.

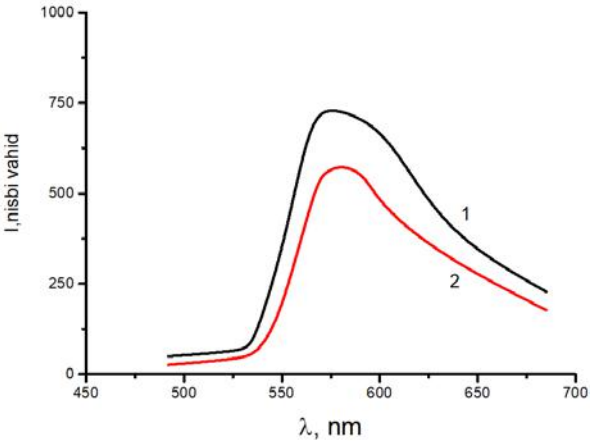
Beləliklə, $Ca_4Ga_2S_7:Eu^{2+}$ tərkibli lüminofor birləşmələrin spektrlərinin təhlili göstərir ki, 3at% üzvi birləşməli kompozitin buraxma əmsalı 200 mkm qalınlıqlı nümunə üçün ən kiçik qiymət alır. Bu isə, düşən enerjinin çevrilmə əmsalının yüksək olduğunu göstərir.

Şəkil 3-də müxtəlif tərkibli kompozit birləşmənin udulma əmsalının və fotolüminessensiya xarakteristikasının dalğa uzunluğundan asılılığı göstərilmişdir. Buraxma əyrilərinin kompozitin tərkibindən və qalınlığından asılılıqlarının müqayisəsi əsasında iki qalınlıqlı nümunə tədqiq edilmişdir. Şəkil 3-dən görünür ki, qalınlığı 200 mkm və tərkibi 3at% $Ca_4Ga_2S_7:Eu^{2+}$ kompoziti üçün udulma əyrisi daha yüksəkdir (2-əyri). Şəkil 3-də eyni zamanda udulma əyrisi ilə müqayisə üçün fotolüminessensiya xarakteristikası da göstərilir. Əyrilərin müqayisəsindən görünür ki, yüksək udma qabiliyyətinə malik qalınlıqda və tərkibdə yüksək şüalanma müşahidə olunur və spektrin 610 nm oblastına uyğun gəlir.



Şəkil 3. Udulma və fotolüminessensiya: 1- 50mkm, 2-200mkm, həyəcanlandırma enerjisi-3.06eV.

Şəkil 4-də müxtəlif qalıqlı 3at% $Ca_4Ga_2S_7:Eu^{2+}$ kompozit birləşmə üçün həyacanlanma spektrləri göstərilmişdir. Qrafikdən görünür ki, qalınlığı 200mkm olan 3at% $Ca_4Ga_2S_7:Eu^{2+}$ kompozit birləşmədə yüksək şüalanma müşahidə olunur. Alınan nəticələrin qanunauyğunluğu mürəkkəb tərkibli lüminofor maddələrdə müşahidə olunan mexanizmlərlə uzlaşır.



Şəkil 4. Fotolüminessensiyanın həyəcanlanma spektri: 1- 200mkm, 2-50 mkm

Nəticə

Beləliklə, alınmış təcrübi nəticələrin müqayisəsi əsasında, demək olar ki, toz şəkilli $Ca_4Ga_2S_7:Eu^{2+}$ kristala üzvi birləşmə əsaslı doldurucu əlavə etməklə kompozit birləşmənin şüalanma spektrini məqsədyönlü idarə etmək mümkündür. Müəyyən edilmişdir ki, kompozit lüminoforun optik xassələri kompozitdə doldurucu üzvi birləşmənin miqdarından asılıdır və 3at% $CaGa_2S_7:Eu^{2+}$ kompozit lüminoforu 3,05 mkm dalğa uzunluqlu işıqla həyəcanlandırdıqda spektrin 600-700nm oblastında yüksək intensivlikli şüalanması müşahidə olunur, onun intensivliyi lüminoforun qalınlığı azaldıqca azalır. $CaGa_2S_7:Eu^{2+}$ kristalına üzvi birləşmə əsaslı doldurucu əlavə etdikdə şüalanma spektri uzundalğa oblastına tərəf sürüşür.

[1] *B.D.Urmanov,M.S.Leanenia, G.P.Yablonskii, O.B. Taghiyev,K.O.Taghiyev,F.A.Kazimova, T.Sh. Ibragimova.* Photoluminescence of $Ca_4Ga_2S_7:Eu^{2+}$ in wide excitation intensity and temperature range. Modern Physics Letters B, 2021, (https://doi.org/10.1142/S0217984921503929) IF.1.7

[2] *Arif Mirjalal Pashayev, Bahadir Guseyn Tagiyev, Said Abush Abushov, Ogtay Bahadir Tagiyev, Fatma Agaverdi Kazimova.* Photoluminescence of $EuGa_2Se_4:Nd^{3+}$. Optics and photonics journal, 2, p. 59-63, 2012

[3] *A. Anedda, C.M. Carbonaro, R. Corpino, M. Marceddu , O.B. Tagiev , A.N. Georgobini.* Low-temperature termoluminescence in $CaGa_2S_4:Eu^{2+}$. J. of Luminescence 128, 2008, 1496-1500.

[4] *B.G. Tagiev, S.A. Abushov, E. Asadov.* Excitation and Emission Spectra and Luminescence Kinetics of $Ca(Al_xGa_{1-x})_2S_4:Eu^{2+}$ Crystals. Crystallography Reports, 2015, Vol. 60, № 6, pp. 924–928.

[5] *Maksim Leanenia, Evgenii Lutsenko, Mikalai V. Rzheutski, O.B. Tagiev.* High photoluminescence stability of $CaGa_4O_7:Eu^{3+}$ red phosphor in wide excitation intensity interval.

[6] *D.T. Khan, N.T. Dang, S.H. Jabarov.* Study on luminescent properties of Tb^{3+} and Sm^{3+} co-doped $CaSiO_3$ phosphors for white light emitting diodes, Materials Research Express, Volume 7, Issue 1, id.016507, DOİ10.1088/2053-1591/ab5ab8

[7] *G.P.Yablonskii, V.Z.Zubialevich, E.V.Lutsenko, A.M. Pashaev, B.G. Tagiev, O.B. Tagiev and S.A. Abushov.* "Luminescence Propetties of Barium Thio- and Seleno-gallates Doped with Eu, Ce, and Eu+Ce," Japanese Journal Applied Physics, Vol. 50, № 5, 2011, pp. 05FG02-05FG02-2.

[8] *A.N.Georgobiani, S.A.Abushov, F.A.Kazymova, B.G. Tagiev, O.B. Tagiev, P.Benalloul and C.Barthou.* Luminescent Properties of $EuGa_2S_4:Er^{3+}$, Inorganic Materials, vol. 42, № 11, 2006, pp.11881192. doi:10.1134/S0020168506110033

B.H.Tagiyev, R.S. Madatov, N. Jalilova, R.M. Mamishova

STUDY OF OPTICAL AND LUMINESCENT PROPERTIES OF CRYSTAL-BASED MEMBER LUMINOPHORES FOR STRONG WHITE LIGHT EMITTING DIODES

The investigation of the optical and luminescent properties of crystalline $CaGa_2S_7:Eu^{2+}$-based member luminophores at room temperature is given. It was determined that the optical properties of the composite luminophore with crystal-based member compound depends on the amount of filler member compound in the composite. High-intensity radiation is observed in the region of -700 nm, and its intensity decreases as the thickness of the luminophore decreases. When adding a compound-based filler to the $CaGa_2S_7:Eu^{2+}$ crystal, the emission spectrum shifts to the long-wave region.

Qəbul olunma tarixi: 22.07.2024