

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

Əlyazması hüququnda

Ca(Al_xGa_{1-x})₂S₄:Eu²⁺ BƏRK MƏHLULLARININ LÜMİNESSENSİYA XASSƏLƏRİ

İxtisas: 2220.01 – yarımkəçiricilər fizikası

Elm sahəsi: Fizika

İddiaçı: **Elşən Qabil oğlu Əsədov**

Fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi
almaq üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın

AVTOREFERATI

Bakı – 2021

Dissertasiya işi Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası Fizika İnstitutunun “Yarımqeçiricilərdə tarazlıqda olmayan elektron prosesləri” laboratoriyasında yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbər: AMEA-nın həqiqi üzvü,
fizika-riyaziyyat elmləri doktoru, professor
Bahadır Hüseyn oğlu Tağıyev

Rəsmi opponentlər: Fizika-riyaziyyat elmləri doktoru, professor
Tofiq Qambay oğlu Məmmədov

Fizika-riyaziyyat elmləri doktoru, professor
Eldar Mehralı oğlu Qocayev

Fizika-riyaziyyat elmləri doktoru, professor
Yusif Quşu oğlu Nurullayev

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının AMEA Fizika İnstitutu nəzdində fəaliyyət göstərən ED 1.14 Dissertasiya şurası

Dissertasiya şurasının sədri:

AMEA-nın həqiqi üzvü,
fizika-riyaziyyat elmləri doktoru, professor
Nazim Timur oğlu Məmmədov

Dissertasiya şurasının elmi katibi:

Fizika elmləri doktoru, dosent
Rəfiqə Zabil qızı Mehdiyeva

Elmi səmmanın sədri:

Fizika-riyaziyyat elmləri doktoru, professor
Tələt Rzaqulu oğlu Mehdiyev



İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi. Son zamanlar yarımkeçirici materialşünaslıqda binar birləşmələrdən çoxkomponentli mürəkkəb birləşmələrə keçid sürətlə davam edir. Bu birləşmələr elm və texnikanın müxtəlif sahələrində istifadə etmək üçün yüksək effektiv materiallar əldə etməyə imkan verir. Belə materialların optoelektronikada, kvant elektronikasında və lazer texnikasında geniş istifadə perspektivləri mövcuddur. Həmçinin, informasiyanın təsvir olunması, enerjiyə qənaət edən işıq mənbələri, yüksək faydalı iş əmsalına malik çoxməqsədli yarımkeçirici lazerlərin hazırlanmasına böyük imkanlar yaranır.

Müasir işıqlandırma sistemlərində elektrik enerjisinə qənaət məqsədi ilə yüksək parlaqlıqlı ağ işıq mənbələri tələb olunur. Göy işıq diodları əsasında yaradılan ağ işıq mənbələrini almaq üçün göy işığı ağ işığa çevirən yüksək effektivli lüminessent maddələrə ehtiyac vardır. Belə lüminessent maddələrin əsası kimi mürəkkəb quruluşa malik qələvi-torpaq xalkogenidlərindən istifadə edilməsi perspektivlidir. Qeyd edək ki, bu günə qədər istifadə olunan ənənvi işıqlandırma metodlarından fərqli olaraq lüminofor materiallardan istifadə olunaraq ağ işıq mənbələrinin yaradılması və təkmilləşdirilməsinə böyük maraq vardır. Belə materiallar əsasında hazırlanan işıq mənbələri həm enerjiyə qənaət, davamlılıq və həm də ekoloji baxımdan təmizliyinə görə ənənəvi işıqlandırma vasitələrindən çox fərqlənir.

Nadir torpaq elementləri (NTE) ilə aktivləşdirilmiş MGa_2S_4 ($M = Ca, Ba, Sr$) tipli yarımkeçirici birləşmələrdən lüminofor qismində geniş istifadə olunur və güclü qeyri-koherent şüa mənbələrinin yaranması üçün çox perspektivlidir. NTE bu birləşmələrin qadağan olunmuş zonasında dərin lokal səviyyələr və işıqlanma mərkəzləri yaradır ki, bu da yüksək fotohəssaslığa və ultrabənövşəyi, görünən və infraqırmızı oblastlarda effektiv lüminessensiyaya səbəb olur. Bu baxımdan NTE ilə aktivləşdirilmiş MGa_2S_4 ($M = Ca, Ba, Sr$) tipli yarımkeçirici maddələrin əsasında yeni lüminoforların işlənilməsi, hazırlanması və lazerlə həyəcanlanmanın fotolüminessensiya (FL) spektrinə, sönmə kinetikasına və effektivliyinə təsirinin müəyyən

edilməsi həm elmi, həm də praktiki cəhətdən çox aktual məsələdir. Bu məsələnin həlli həmin maddələrin lüminofor qismində yeni şüa mənbələrinə istifadə edilməsi üzrə mühüm informasiya əldə etməyə imkan verəcəkdir.

Məlumdur ki, kristallarda defektlər haqqında mühüm informasiyanı optik və radiospektroskopiya metodları ilə yanaşı termoaktivləşmə spektroskopiyasının köməyi ilə də almaq olar. Termoaktivləşmə spektroskopiyası metodlarından biri olan termolüminessensiya (TL) materialların qadağan olunmuş zonasında tələ səviyyələrinin tədqiq edilməsi üçün ən səmərəli üsullardan biridir. Termolüminessensiya hadisəsindən radiasiya dozimetrlərində, geologiyada arxeoloji qazıntıların yaşlarının təyininə və bir çox sahələrdə çox geniş istifadə olunur.

$\text{M}\text{Ga}_2\text{S}_4$ ($\text{M} = \text{Ca}, \text{Ba}, \text{Sr}$) tipli üçqat birləşmələrin FL və TL xassələri dünya alimləri tərəfindən bu günə kimi kifayət qədər geniş öyrənilmişdir. Son zamanlar bu tip birləşmələr daxilində ion radiusları yaxın olan qələvi-torpaq metallarının bir-biri ilə qismən əvəz edilməsi ilə yaradılan $\text{M}\text{Ga}_2\text{S}_4\text{-M}'\text{Ga}_2\text{S}_4$ ($\text{M}, \text{M}' - \text{Ba}, \text{Sr}, \text{Ca}$) tipli mürəkkəb birləşmələrdən istifadə olunmaqla, işığın dalğa uzunluğunun geniş intervalında idarə olunması üçün bir sıra təcrübələr aparılmışdır. Lakin, belə mürəkkəb birləşmələrin FL və TL xassələrinin tədqiqi üzrə aparılmış işlər kifayət qədər deyil və bu istiqamətdə daha geniş profilli tədqiqatların aparılmasına ehtiyac duyulur.

Dissertasiya işi Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının akademik H.M. Abdullayev adına Fizika İnstitutunun elmi-tədqiqat planına uyğun olaraq yerinə yetirilmişdir.

Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri:

Dissertasiya işinin əsas məqsədi $\text{Ca}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ ($x=0; 0,1\dots 1$) bərk məhlullarının fotolüminessensiya spektrlərinə müxtəlif dalğa uzunluğuna malik mənbələrin, geniş temperatur ($10\div 300$ K) və güc sıxlığı ($3,5\cdot 10^2\div 1,4\cdot 10^6$ Vt/sm^2) intervalında Eu^{2+} ionlarının təsirini, həmin bərk məhlullarda foto-termolüminessensiya mexanizmini və elektron keçidlərini müəyyənləşdirməkdir.

Qoyulan məqsədə çatmaq üçün aşağıdakı məsələlər həll edilmişdir:

- $\text{Ca}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ bərk məhlullarının $x = 0, 0.1, \dots, 0.9, 1$ qiymətlərində sintezi.
- $\text{Ca}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ bərk məhlullarının fotolüminessensiya spektrlərinə Eu^{2+} ionunun müxtəlif konsentrasiyalarının təsirinin tədqiqi.
- $\text{Ca}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ bərk məhlullarının otaq temperaturunda fotolüminessensiya və həyəcanlanma spektrlərinin tədqiqi.
- $\text{Ca}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ bərk məhlullarının geniş temperatur intervalında ($10 \div 300\text{K}$) fotolüminessensiya spektrlərinin tədqiqi.
- Xarici mənbənin güc sıxlığının geniş intervalında ($3,5 \cdot 10^2 \div 1,4 \cdot 10^6 \text{ Vt/sm}^2$) $\text{Ca}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ bərk məhlullarının fotolüminessensiya spektrlərinin tədqiqi.
- Xarici mənbənin güc sıxlığından asılı olaraq $\text{Ca}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ bərk məhlullarının FL-nin kinetikasının tədqiqi.
- $\text{Ca}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ bərk məhlullarında fotolüminessensiyanın davam etmə müddətinin təyini və temperaturun yaşama müddətinə təsirinin tədqiqi.
- 20 və 300 K temperaturda $\text{Ca}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ bərk məhlullarında fotolüminessensiyanın effektivliyinin təyini.
- $\text{Ca}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ bərk məhlullarının termolüminessensiya spektrlərinin tədqiqi.

Tədqiqat metodları: Dissertasiya işinin yerinə yetirilməsində tədqiqat obyektini kimi $\text{Ca}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ ($0 \leq x \leq 1$; $\text{Eu}^{2+} - 3; 5; 7 \text{ at.}\%$) bərk məhlulları seçilmişdir. Bu materialların sintezi üçün bərk cisim reaksiyası metodundan istifadə olunmuş və alınan bərk məhlul sistemlərinin tədqiqində rentgen difraksiyası və differensial termik analiz metodlarından istifadə edilmişdir. Nümunələrin FL xassələrinin tədqiqi zamanı həyəcanlandırıcı mənbə kimi kəsilməz şüalanmaya malik ksenon lampasından ($230 \div 550 \text{ nm}$), 3-cü harmonika Nd:YAG-lazeri (355 nm) və N_2 lazerindən ($337,1 \text{ nm}$) istifadə olunmuşdur. TL xassələrinin analizi TЛГ-69M qurğusunda aparılmış və həyəcanlandırıcı mənbə kimi

ППК-4 civə lampasından istifadə edilmişdir. TL spektrlərinin tədqiqi üçün Luşik metodu, Urbax metodu, Rendal metodu və Qarlik-Qibson metodu tətbiq edilmişdir.

Müdafiyə çıxarılan əsas müddəalar:

- $\text{Ca}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ bərk məhlullarında Al kationunun miqdarı artdıqca FL spektrlərinin qısa dalğalara tərəf sürüşməsinin səbəbi kristal sahənin təsiri ilə Eu^{2+} ionunun 5d ağırlıq mərkəzinin sürüşməsidir.
- $\text{Ca}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ bərk məhlullarında FL spektrləri Eu^{2+} ionlarının $4f^65d$ həyəcanlanma səviyyələrindən $^8S_{7/2}$ əsas səviyyəsinə elektron keçidləri hesabına baş verir və Eu^{2+} ionlarının miqdarının 3% -dən 7%-ə qədər artması FL spektrlərinin intensivliyini üç dəfəyədək artırır. Lakin x -in hər bir qiyməti üçün FL spektrlərinin maksimumlarının yeri və forması Eu^{2+} ionlarının konsentrasiyasının artması ilə dəyişmir. Bunun səbəbi kristallarda Eu^{2+} ionunun ətrafında kristal mühitinin sabit qalmasıdır.
- $\text{Ca}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ bərk məhlullarında FL-nın intensivliyinin temperaturun artması ilə azalması və FL spektrinın yarımının genişlənməsinin səbəbi əsas (m) və həyəcanlanmış (n) halların rəqs enerjilərinin artması hesabına $n \rightarrow m$ enerji keçidlərinin artmasıdır.
- Xarici həyəcanlandırıcı mənbənin güc sıxlığının ($3,5 \cdot 10^2 \div 1,4 \cdot 10^6$ Vt/sm^2) artması ilə $\text{Ca}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ bərk məhlullarının FL spektrlərinin maksimumlarının vəziyyəti və spektrlərin forması dəyişmir. FL-nın effektivliyi güc sıxlığının $3 \cdot 10^2 \div 2 \cdot 10^4$ Vt/sm^2 intervalında sabit qalır, $2 \cdot 10^4$ Vt/sm^2 qiymətindən sonra isə azalmağa başlayır.
- $\text{Ca}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ bərk məhlullarında FL-nın sönmə kinetikasi xarici həyəcanlandırıcı mənbənin güc sıxlığının kiçik qiymətlərində ($3 \cdot 10^2 \div 2 \cdot 10^4$ Vt/sm^2) monoeksponensial qanuna tabe olsa da, güc sıxlığının $2 \cdot 10^4$ Vt/sm^2 -dan böyük qiymətlərdə həyəcanlanma səviyyəsindən udulma hesabına FL-nın sönmə kinetikasında yavaş komponentlərin fonunda əlavə sürətli komponentlər meydana gəlir.

- Eu^{2+} ionu $\text{Ca}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{S}_4$ bərk məhlullarına daxil olduqda və Al ionları Ga ionları ilə tədricən əvəz edildikdə, TL spektrlərində dəyişikliklər yaranır və əlavə TL pikləri müşahidə olunur.

Tədqiqatın elmi yeniliyi:

- $\text{Ca}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ bərk məhlullarında x -in qiymətini dəyişməklə ($x=0; 0.1, \dots, 1$) FL spektrlərinin maksimumlarında 44 nm mavi sürüşmə əldə olunmuş və göstərilmişdir ki, bu sürüşmənin səbəbi kationların konsentrasiyasının dəyişməsi ilə kristal sahəsinin enerjisinin dəyişməsidir.
- Temperaturdan ($10 \div 300$ K) və xarici həyəcanlandırıcı mənbənin güc sıxlığından ($3.5 \cdot 10^2 \div 1,4 \cdot 10^6$ Vt/sm^2) asılı olaraq $\text{Ca}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ bərk məhlullarının FL-nın maksimumlarının vəziyyətinin dəyişmədiyi müəyyən edilmişdir.
- Xarici həyəcanlandırıcı mənbənin güc sıxlığının $2 \cdot 10^4$ Vt/sm^2 qiymətindən böyük qiymətlərində $\text{Ca}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{S}_4$ bərk məhlullarında Eu^{2+} ionlarının $4f^65d$ həyəcanlanmış hallarında yaşama müddətinin yavaş komponentinin fonunda sürətli komponentin yaranması müəyyən olunmuşdur.
- $\text{Ca}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ bərk məhlullarının FL effektivliyinin güc sıxlığından asılı olaraq sabit qaldığı ($3 \cdot 10^2 \div 2 \cdot 10^4$ Vt/sm^2) və həyəcanlanmış səviyyədən udulma nəticəsində azaldığı interval ($2 \cdot 10^4 \div 10^6$ Vt/sm^2) müəyyənləşdirilmişdir.
- Tədqiq olunan $\text{Ca}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ bərk məhlullarında şüalanmaya səbəb olan Eu^{2+} ionlarının elektron keçidləri müəyyən edilmiş və kristal matrisdə Eu^{2+} ionlarının energetik vəziyyətini göstərən diaqram qurulmuşdur.
- $\text{Ca}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{S}_4$ və $\text{Ca}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ bərk məhlullarında TL əyrilərinin öyrənilməsi ilə dayanıqlı lüminessensiyanın mexanizmləri araşdırılmış və bu dayanıqlı lüminessensiya müddətinin Eu^{2+} ionunun, eləcə də defektlərin hesabına artırılmasının mümkünlüyü göstərilmişdir.

Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti:

Dissertasiya işində müəyyən olunmuşdur ki, $\text{Ca}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$

bərk məhlulları işığın dalğa uzunluğunun yaşıl oblastından sarı oblastına keçid intervalında idarə olunan lazerlərin yaradılmasında, bərk cisim elektronikasında, işıqlandırmada, elektron-şüa borularında, sahə emissiya ekranlarında, fotodioidlarda (FD) və işıq emissiya diodlarında (İD), eləcə də yeni nəsil bərk cisim lazerlərinin yaradılması və təkmilləşdirilməsində istifadə oluna bilər.

Dissertasiya işi üzrə aparılmış təcrübələrin bir hissəsi aşağıdakı grant layihələri çərçivəsində yerinə yetirilmişdir.

1. EİF-BGM-2-BRFTF-1-2013 “Təsadüfi generasiyalı lazerlər, genişzolaqlı yarımkeçirici və nadir torpaq elementli halkogenid kristalların, nano- və mikroovuntularının optik və elektron həyəcanlamada lümensensiya və optik xassələri.”

2. EİF-BGM-3-BRFTF-2+(2017)-393 "Nadir torpaq elementləri ilə aşqarlanmış enlizolaqlı xalkoqenid və II-VI tipli yarımkeçiricilər əsasında koherent və qeyri-koherent monoxromotik və ağ işıq mənbələri".

Aprobasiyası və tətbiqi:

Dissertasiya işində alınmış əsas tədqiqat nəticələri, aşağıda göstərilən Respublika və Beynəlxalq səviyyəli elmi konfranslarda məruzə edilmişdir:

- ✓ VII международная конференция «Аморфные и микрокристаллические полупроводники», Санкт-Петербург, 2014;
- ✓ VII международная конференция «Аморфные и микрокристаллические полупроводники», Санкт-Петербург, 2016;
- ✓ Ümummilli lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 91-ci ildönümünə həsr olunmuş Gənc Tədqiqatçıların II Beynəlxalq Elmi Konfransı, 18-19 Aprel 2014, Bakı, Azərbaycan;
- ✓ XXIII международная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых, “Ломоносов-2016”, Секция «Физика», 11–15 апреля, 2016 г., Москва, Россия;
- ✓ “Opto, nanoelektronika, kondensə olunmuş mühit və yüksək enerjilər fizikası” üzrə Beynəlxalq konfrans, 25-26 dekabr 2015, Bakı, Azərbaycan;
- ✓ Modern trends in physics, International conference, 20–22 april, 2017, Baku, Azerbaijan;

✓ Akademik H.B. Abdullayevin 100 illiyinə həsr olunmuş beynəlxalq konfrans və məktəb, 24-26 sentyabr, 2018, Bakı, Azərbaycan.

Nəşr olunmuş elmi işlər: Dissertasiyanın əsas materialları 17 publikasiyada dərc edilmişdir ki, onlardan 10-u məqalə (onlardan 5-i SCI siyahısına daxil olan impakt faktorlu jurnallarda) və 7-i konfrans materialıdır.

Dissertasiya işinin quruluşu, həcmi və əsas məzmunu

Dissertasiya işi girişdən, dörd fəsildən, nəticələrdən və 158 sayda istinad edilmiş ədəbiyyat siyahısından ibarətdir. İşin həcmi şəkillər, cədvəllər, qrafiklər, əlavələr və ədəbiyyat siyahısı istisna olunmaqla 201139 işarədən, 5 cədvəl, 38 şəkildən ibarətdir.

İŞİN MƏZMUNU

Girişdə mövzunun aktuallığı əsaslandırılmış, işin məqsədi, işdəki elmi yeniliklər, müdafiəyə təqdim olunan əsas elmi müddəalar şərh olunmuş, aparılan tədqiqatdan alınan nəticələrin müzakirə olunduğu beynəlxalq və ölkədaxili konfranslar haqqında məlumat verilmişdir. Həmçinin dissertasiyanın elmi və praktiki əhəmiyyəti göstərilərək fəsillərin qısa məzmunu şərh edilmişdir.

Birinci fəsil xülasə səciyyəlidir. Bu fəsildə $A^{II}B_2^{III}C_4^{VI}$ tipli qələvi-torpaq tioqallatlarının sintezinə, struktur və lüminessensiya xassələrinin tədqiqinə aid ədəbiyyat məlumatları verilmişdir. Bu fəsildə həmçinin NTE ionları ilə aktivləşdirilmiş $MGa_2S_4-M'Ga_2S_4$ tipli bərk məhlulların lüminessensiya xassələrinin araşdırılması ilə bağlı ədəbiyyat materialları təhlil olunmuşdur.

İkinci fəsildə CaS , Ga_2S_3 və Al_2S_3 binar birləşmələri və $Ca(Al_xGa_{1-x})_2S_4:Eu^{2+}$ bərk məhlullarının sintez olunma metodları təqdim edilmişdir. Sintez prosesinin birinci mərhələsində $Ca(Al_xGa_{1-x})_2S_4:Eu^{2+}$ bərk məhlullarının alınmasında istifadə olunan binar birləşmələr sintez olunmuşdur. CaS , Ga_2S_3 və Al_2S_3 birləşmələrinin əldə olunması üçün bəzi kimyəvi proseslər aparılmışdır. CaS binar birləşməsi kvars ampulada Ar təsirsiz qazının atmosferində narın dispers kalsium karbonat ($CaCO_3$) tozunun hidrogen sulfid (H_2S) və karbon sulfid (CS_2) buxarı ilə qarşılıqlı

təsiri nəticəsində 24 saat gedən prosesin nəticəsində alınmışdır. H_2S və CS_2 buxarı NH_4SCN -in (ammonium tiosianat) $250\text{ }^{\circ}C$ temperaturda parçalanmasından alınmışdır. Ga_2S_3 və Al_2S_3 birləşmələri isə kvars ampulada, yüksək temperaturda və yüksək vakum şəraitində 2 saat müddətində bərk cisim reaksiyası ilə təmizlik dərəcəsi $Ga-99,999\%$, $Al-99,999$ və $S-99,999\%$ olan ilkin komponentlərdən sintez olunmuşdur. Növbəti mərhələdə fotolüminessent materialın tərkibinin komponentləri olan CaS , Al_2S_3 və Ga_2S_3 ikiqat birləşmələri narın toz halına salınmış və bu tozlar məsamələri $25 \times 25 \mu m$ olan ələkdən keçirilmişdir, daha sonra isə onlar stexiometrik nisbətdə diqqətlə qarışdırılıb bircins hala gətirilmişdir. Alınmış bircins qarışıq kvars ampulaya doldurulmuş, ampula vakuum sisteminə qoşularaq havası 10^{-4} mm.c.st. qalıq təzyiqə qədər sorulmuş, daha sonra ampulanın ağzı qaz odluğunun alovunda əridilərək bağlanmışdır. İçərisində komponentlərin qarışığı olan ampula əvvəlcədən $1100 \pm 10^{\circ}C$ temperatura qədər qızdırılmış boruşəkili elektrik sobasına yerləşdirilmişdir. Sobanın temperaturu BPT-2 tipli yüksək dəqiqliyə ($\Delta t \pm 0,5^{\circ}C$) malik temperatur tənzimləyicisi vasitəsilə tənzimlənmişdir. Reaksiya müddəti 1 saat təyin olunmuşdur və 1 saatlıq sintez prosesindən sonra temperatur tədricən $650 \pm 5\text{ }^{\circ}C$ -yə qədər azaldılmış və alınmış materiallar bu temperaturda 24 saat müddətində tabalma prosesindən keçirilmişdir. Bu proses alınan polikristalların kristallik xassələrinin daha da yaxşılaşmasına gətirib çıxarır. Qeyd edək ki, Eu nadir torpaq elementi bu matrisə EuF_3 şəklində daxil edilmişdir.

Bu fəsildə həmçinin kristal quruluşlarının tədqiq edilməsində istifadə olunan difraktometr haqqında məlumatlar, eləcə də FL, FL-nın həyəcandırılması, FL-nın kinetikasi və TL spektrlərinin ölçülməsində istifadə olunan qurğular haqqında məlumatlar da verilmişdir.

Üçüncü fəsildə CaS , Ga_2S_3 və Al_2S_3 birləşmələrinin, həmçinin $Ca(Al_xGa_{1-x})_2S_4$ ($x = 0,1 \div 0,9$) bərk məhlullarının rentgen quruluş analizlərinin nəticələri və həmçinin $Ca(Al_xGa_{1-x})_2S_4:Eu^{2+}$ kristallarının fotolüminessensiya spektrlərinin tədqiqinin nəticələri şərh olunmuşdur. Birləşmələrin rentgen-faza analizləri (RFA) “XRD-D8 ADVANCE” difraktometrində toz halındakı birləşmələrin

spektrlərinin çəkilməsi üçün yaradılmış optimal şəraitdə aparılmışdır. Struktur analizlərinin nəticələrinin təhlili göstərmişdir ki, sintez olunmuş CaS , Ga_2S_3 və Al_2S_3 birləşmələrinin rentgen-faza spektrləri bu birləşmələr üçün səciyyəvidir. Hər bir birləşmə üçün kristal parametrlərinin qiymətləri cədvəl şəklində təqdim olunmuşdur.

$\text{Ca}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{S}_4$ yarımkeçirici bərk məhlullarının struktur xassələri otaq temperaturunda tədqiq olunmuşdur. Göstərilmişdir ki, $\text{Ca}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{S}_4$: Eu^{2+} bərk məhlullarının kristal quruluşları Al^{3+} kationunun konsentrasiyasından asılı olaraq dəyişmir və x parametrinin artması ilə faza keçidi müşahidə olunmur, yəni bütün materiallar vahid fazaya malikdir.

Bərk məhlulların və birləşmələrin həyəcanlanma və FL spektrlərinin tədqiqi zamanı xarici həyəcanlandırıcı mənbə kimi kəsilməz şüalanmaya malik ksenon lampası (230 ÷ 550 nm), Nd:YAG-lazeri (355 nm) və N_2 lazerindən (337,1 nm) istifadə olunmuşdur. Göstərilmişdir ki, $\text{Ca}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{S}_4$: Eu^{2+} bərk məhlulların FL spektrlərinin forması və maksimumlarının vəziyyəti həyəcanlandırıcı şüanın dalğa uzunluğundan asılı deyil. Deməli fotolüminessensiya mənzərəsi istifadə olunan mənbədən asılı deyil və bu, nümunənin lüminofor kimi stabillik göstəricisindən biridir.

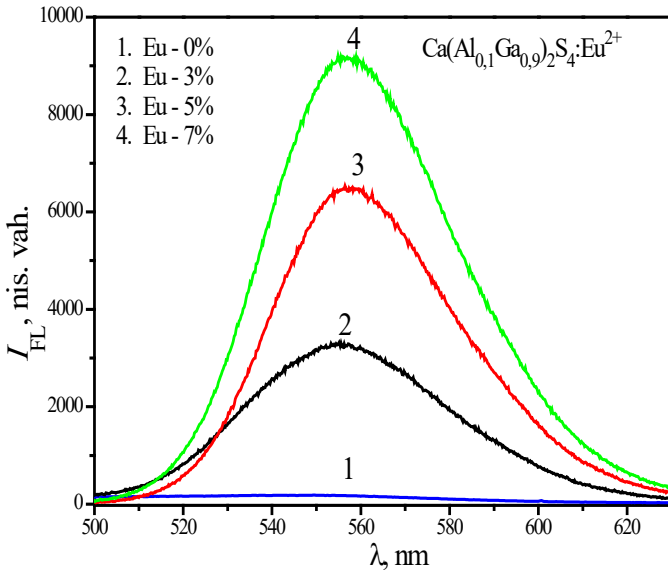
Aktivator kimi kristala daxil edilən lantanoid ionlarının fotolüminessensiya spektrləri əsasən $4f \rightarrow 4f$ və $4f \rightarrow 5d$ elektron keçidləri ilə əlaqədardır. $4f \rightarrow 4f$ keçidi xətti şüalanma spektri yaratdığı halda, $4f \rightarrow 5d$ elektron keçidləri isə geniş şüalanma zolağı yaradır. Qeyd etmək olar ki, nadir torpaq elementləri arasında Eu^{2+} ionları geniş tətbiq olunur və müxtəlif birləşmələrin tərkibində dalğa uzunluğunun ultrabənövşəyi, görünən və infraqırmızı oblastında intensiv və geniş şüalanma zolağı yaradır. $4f^6 5d^1$ həyəcanlanma səviyyəsinin enerjisi kristal sahəsindən asılıdır, çünki 5d elektronları xarici təbəqə ilə yaxşı örtülmədiyindən, qəfəslə güclü qarışıqlı təsirdə olur, 4f elektronları isə yaxşı ekranlaşdığından qəfəs daxilində elektron-fonon qarşılıqlı təsirinə məruz qalmır və buna görə də $4f - 4f$ keçidlərinə uyğun olan maksimumların əmələ gəlməsi əhəmiyyət kəsb etmir. $4f \rightarrow 5d$ keçidləri geniş zolaqların yaranmasına səbəb olur. Çünki $4f^6 5d^1$ səviyyələri kristal sahənin təsiri ilə parçalanır və qəfəs

fononları ilə güclü qarışılıqlı təsirdə olur ki, bu da geniş udulma və şüalanma zolağının yaranmasına səbəb olur.

$\text{Ca}(\text{Al}_{0,1}\text{Ga}_{0,9})_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ bərk məhlulunun otaq temperaturunda ksenon lampasından istifadə olunmaqla çəkilməmiş həyəcanlanma və fotolüminessensiya spektrlərinə baxılmışdır. Həyəcanlanma spektri Eu^{2+} ionlarının $4f^7 \rightarrow 4f^65d$ elektron keçidləri ilə əlaqədar olub dalğa uzunluğunun 310 nm-dən 520 nm-ə qədər intervalını əhatə edən geniş zolaqdan ibarətdir. Göstərilən bərk məhlulda Eu^{2+} ionlarının $5d \rightarrow 4f$ elektron keçidi ilə bağlı müşahidə olunan geniş zolaqlı şüalanma spektri isə işığın görünən oblastında dalğa uzunluğunun 480 ÷ 650 nm oblastını əhatə edir. Qırmızı sürüşmənin (D) və Stoks sürüşməsinin (ΔS) təyin edilməsi zamanı həyəcanlanma spektrinin uzundalğalı hissəsi ilə şüalanma spektrinin qısa dalğalı hissəsinin kəsişməsinə güzgü əksi qaydası tətbiq edilərək udulma spektri qurulmuşdur. Udulma və fotolüminessensiya spektrlərinin maksimumuna uyğun gələn enerjilərin fərqinə əsasən isə Stoks sürüşməsinin qiyməti hesablanmışdır. Udulma və fotolüminessensiya spektrlərinin maksimumlarına uyğun gələn enerjilərdən və Stoks sürüşməsindən istifadə edilərək qırmızı sürüşmənin qiyməti təyin olunmuşdur.

$\text{Ca}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ bərk məhlullarında Eu^{2+} ionlarının konsentrasiyasının 3%-dən 7%-ə qədər artırılması dalğa uzunluğunun 500 ÷ 630 nm intervalında FL-nın intensivliyinin 3 dəfəyə qədər artmasına səbəb olur (şəkl.1). Şəkildən aydın görünür ki, FL spektrlərinin maksimumlarının yeri $\text{Ca}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{S}_4$ matrisində Eu^{2+} ionlarının artması ilə dəyişmir və bütün faizlərdə FL spektrinin maksimumu ~558 nm dalğa uzunluğunda yerləşir, deməli FL spektrinin forması aşqarlanma səviyyəsindən asılı deyil, lakin aşqarın konsentrasiyası FL spektrinin intensivliyinə güclü təsir edir. FL spektrində maksimumların sürüşməməsinin səbəbi $\text{Ca}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{S}_4$ bərk məhlullarında Eu^{2+} ionunun ətrafında kristal mühitin dəyişməz qalmasıdır. Yəni Eu^{2+} aşqarının miqdarı dəyişsə də, onun daxil olduğu kristal matrisi dəyişmir. Bu bir daha sübut edir ki, NTİ aktivator kimi bərk məhlulların lüminessensiya xassələrinə ancaq birbaşa təsir edir.

Eu^{2+} ilə aktivləşdirilmiş $\text{Ca}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{S}_4$ bərk məhlullarında FL spektrlərinin maksimumları x -in 0-dan 1-ə kimi dəyişməsi ilə 560 nm-dən 516 nm-ə qədər sürüşür. Spektrlər 44 nm qısa dalğalara tərəf sürüşür ki, bu da $\text{Ca}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ bərk məhlullarının spektrin yaşıl-sarı oblastında intensiv fotoluminessensiyaya malik olduğunu göstərir. Eu^{2+} ionlarının $4f^65d \rightarrow 4f^7$ keçidləri hesabına baş verən FL spektrlərinin qısa dalğalara tərəf sürüşməsi əsas matrisdə Ga atomunun Al ilə tədricən əvəz olunması nəticəsində matrisə daxil edilmiş Eu^{2+} ionlarının energetik vəziyyətinin dəyişməsi ilə əlaqədardır. Belə ki, Ga-un eyni valentliyə malik Al ilə əvəz olunması kationların elektromənfilik effektinin artmasına və anion və Eu^{2+} ionları arasında polyarlaşma kovalentliyinin azalmasına gətirir. Bu isə sentroid sürüşməsinin (5d ağırlıq mərkəzləri arasındakı enerji fərqi) kiçilməsinə səbəb olur. Sentroid sürüşməsinin kiçilməsi şüalanma spektrində mavi sürüşmə ilə özünü göstərir.



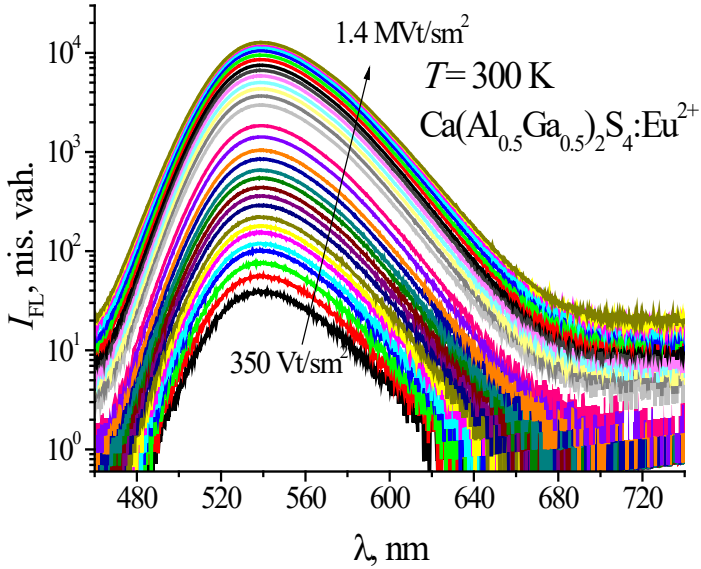
Şəkil 1. 300 K-də 0, 3, 5 və 7% Eu^{2+} ilə aktivləşdirilmiş (1, 2, 3 və 4) $\text{Ca}(\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9})_2\text{S}_4$ bərk məhlulunun fotoluminessensiya spektrləri.

Temperaturun 10 K-dən 300 K-ə qədər geniş intervalında FL spektrlərinin tədqiqindən müəyyən olunmuşdur ki, $\text{Ca}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ bərk məhlulları göstərilən temperatur intervalında yüksək stabillik nümayiş etdirir. Spektrlərin forması və maksimumlarının yerləşmə vəziyyəti dəyişmir. Həmçinin göstərilən temperatur intervalında FL inteqral intensivliklərinin azalması x -in bütün qiymətləri üçün 35%-dən aşağı olur. Temperaturun artması ilə $\text{Ca}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ bərk məhlullarında həyəcanlanmış haldan əsas hala keçidlərin sayı artır və nəticədə x -in bütün qiymətləri üçün FL spektrləri monoton olaraq 18 nm genişlənilir.

Bu fəsildə həmçinin $\text{Ca}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ bərk məhlullarının FL-na γ -şüalarının təsirinin araşdırılmasının nəticələri də təqdim olunmuşdur. Araşdırmadan aydın olmuşdur ki, ionlaşdırıcı şüaların təsiri ilə müxtəlif materiallarda həm donor, həm də akseptor mərkəzləri yaranır. İonlaşdırıcı şüalar, öz növbəsində maddənin bir çox fiziki və kimyəvi xassələrinin dəyişməsinə səbəb olur və maddələrin xassələrini idarə etmək üçün imkan yaradır. $\text{Ca}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ bərk məhlullarının FL-na γ -şüalarının təsiri ilk dəfə tədqiq ediliyindən, maraq doğurur. $\text{Ca}(\text{Al}_{0,1}\text{Ga}_{0,9})_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ bərk məhlulu 250÷1250 krad intervalında enerjisi 1,33 Mev olan γ -şüaların təsirinə məruz qalmışdır. γ -şüalarının təsirindən sonra şüalanmanın, 250÷1000 krad intervalında tədqiq olunan bərk məhlulun FL spektrlərinin intensivliyi ~ 2 dəfə artır və spektrlərin yarımni genişlənilir. Sonrakı şüalanma dozalarında isə FL-nın intensivliyinin azalması müşahidə olunur. γ -kvantları ilə şüalandırma nəticəsində $\text{Ca}(\text{Al}_{0,1}\text{Ga}_{0,9})_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ kristalında yaranan radiasiya defektləri kristaldakı aşqar atomları ilə komplekslər yaradır ki, bu komplekslər fotohəyəcanlanmış yükdaşıyıcılar üçün tutma mərkəzi rolunu oynayan mərkəzləri aradan qaldırır. Bu isə kristalda FL-nın intensivliyinin $D_\gamma=250-1000$ krad intervalında artmasına səbəb olur. Şüalanma dozasının sonrakı qiymətlərində defektlərin konsentrasiyasının artması hesabına kristalın FL-nın intensivliyi azalır.

$\text{Ca}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ bərk məhlullarının FL spektrləri xarici həyəcanlandırıcı şüanın güc sıxlığının geniş intervalında ($3,5 \cdot 10^2 \div 1,4 \cdot 10^6$ Vt/sm²) ölçülmüşdür (şək. 2). Şəkildən görüldüyü kimi, göstərilən güc sıxlığı intervalında spektrlərin forması və

maksimumların yerləşmə vəziyyəti dəyişmir. FL spektrlərinin integral intensivliyi və yarımənı xarici həyəcanlandırıcı mənbənin güc sıxlığının artması ilə artır. Güc sıxlığının çox böyük qiymətlərində intensivliyin belə artmasının, Eu^{2+} ionlarının $\text{Ca}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{S}_4$ matrisi daxilində yaxşı həll olması və təcrid olunmuş şüalanma mərkəzlərinin əmələ gəlməsi ilə bağlı olduğunu güman edirik.

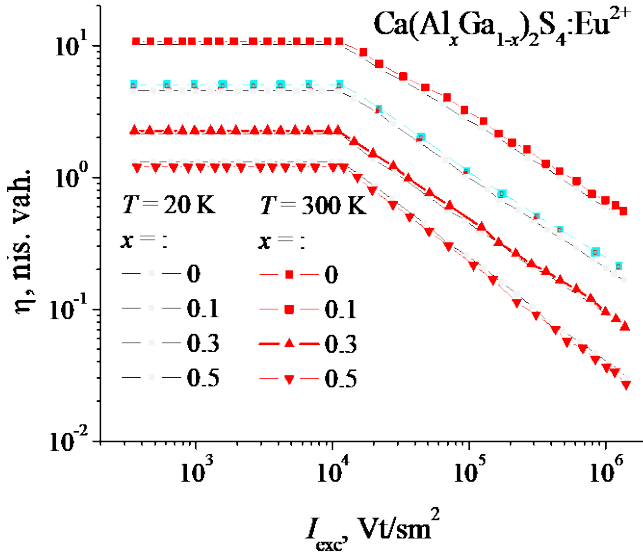


Şəkil 2. Həyəcanlanma səviyyəsinin müxtəlif qiymətlərində $\text{Ca}(\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5})_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ bərk məhlulunun FL spektri ($\lambda=337,1$ nm, N_2 -lazer)

Dalğa uzunluğu $\lambda = 337,1$ nm olan şüa ilə həyəcanlanmış $\text{Ca}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ bərk məhlullarının FL effektivliyinin (η_{FL}) xarici həyəcanlanma mənbəyinin güc sıxlığından asılı olaraq sabit qaldığı və azaldığı interval təyin edilmişdir (şək. 3).

Güç sıxlığının $3 \cdot 10^2 \div 2 \cdot 10^4$ Vt/sm^2 intervalında FL-nın effektivliyi öz sabit qiymətini saxlayır. Güc sıxlığının $2 \cdot 10^4$ Vt/sm^2 qiymətindən böyük qiymətlərdə FL-nın effektivliyi düşməyə başlayır

və güc sıxlığının 10^6 Vt/sm^2 qiymətinə kimi effektivliyin əhəmiyyətli dərəcədə azalması baş verir. Xarici həyəcanlanma mənbəyinin güc sıxlığının 10^6 Vt/sm^2 qiymətindən $3 \cdot 10^2 \text{ Vt/sm}^2$ qiymətinə qədər azalması intensivliyin əvvəlki səviyyəsinin bərpasına gətirib çıxarır ki, bu da materialda degradasiyasının olmadığını göstərir. Şəkildən də aydın görünür ki, Həm 20 K, həm də 300 K temperaturda effektivliyin aşağı düşməsi yalnız həyəcanlandırıcı mənbənin güc sıxlığının $2 \cdot 10^4 \text{ Vt/sm}^2$ qiymətindən sonra başlayır.

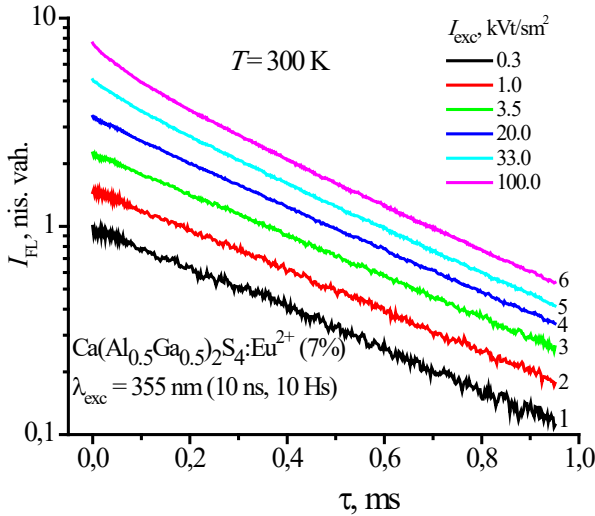


Şəkil 3. $\text{Ca}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ bərk məhlullarının 20 və 300 K-də FL-nın effektivliyinin həyəcanlanma səviyyəsindən asılılığı

Qrafik asılılıqda FL effektivliyinin enmə səbəbinin aydınlaşdırılması məqsədilə $\text{Ca}(\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5})_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ üçün həyəcanlandırıcı şüanın dalğa uzunluğunun 355 nm qiymətində FL kinetkası öyrənilmişdir (şək. 4). Şəkildən də görüldüyü kimi FL-nın sönməsinə uyğun olan hissələr xarici həyəcanlandırıcı mənbənin güc sıxlığının $2 \cdot 10^4 \text{ Vt/sm}^2$ qiymətinə kimi düz xətt olur (şək.4, əyri 1-4) yəni sönmə zamanı monoeksponensial qanuna tabedir. Güc sıxlığının $2 \cdot 10^4 \text{ Vt/sm}^2$ -dan böyük qiymətlərində isə FL-nın sönmə əyriləri öz formasını dəyişir (şək. 4, əyri 5 və 6). Bu isə sönmə kinetkasında

yavaş komponentin fonunda sürətli komponentin yaranmasında özünü göstərir.

Xarici həyəcanlanma səviyyəsinin güc sıxlığı $2 \cdot 10^4$ Vt/sm²-dən böyük olduqda Ca(Al_xGa_{1-x})₂S₄:Eu²⁺ bərk məhlullarının sönmə kinetkasında sürətli komponentin yaranması FL-nın effektivliyinin azalması ilə müşahidə olunur. Hansı ki, bu komponentlərin yaranmasının səbəbi yükdaşıyıcıların həyəcanlanmış səviyyədən udulmasıdır.



Şəkil 4. Ca(Al_{0.5}Ga_{0.5})₂S₄:Eu²⁺ bərk məhlulunun 300 K temperaturda FL-nın sönmə kinetikasi

Ca(Al_xGa_{1-x})₂S₄:Eu²⁺ bərk məhlullarında x=0 olduqda alınan CaGa₂S₄:Eu²⁺ birləşməsinin müxtəlif temperaturalarda və $\lg I \sim t$ koordinatlarında kinetikasi tədqiq olunmuşdur. CaGa₂S₄:Eu²⁺ birləşməsinin FL-nın sönmə kinetikasına temperaturun təsirini öyrənmək üçün həyəcanlandırma mənbəyi kimi 355 nm dalğa uzunluqlu, 10 nanosaniyə tərtibli impuls şüalanmasına malik idarə olunan Nd:YAG lazerindən istifadə edilmişdir. Temperaturun 20 K, 200 K və 300 K qiymətlərində FL-nın sönmə kinetikasını tədqiq etmək üçün xarici həyəcanlandırıcı mənbənin güc sıxlığının

3,5 kVt/sm² qiymətindən istifadə olunmuşdur. Müəyyən olunmuşdur ki, FL-nın sönməsinə uyğun olan hissələr düz xətt olur, yəni lüminessensiyanın sönməsi $I = I_0 \cdot e^{-t/\tau}$ eksponensial qanununa tabe olur və sönmə zamanının qiymətləri 463 ÷ 512 ns intervalında dəyişir. Bu da onu göstərir ki, CaGa₂S₄:Eu²⁺ birləşməsinin FL-nın kinetikasi temperaturdan zəif asılıdır.

Temperaturun 20 K, 200 K və 300 K qiymətlərində CaGa₂S₄:Eu²⁺ birləşməsinin FL-nın sönmə kinetikasına həmçinin güc sıxlığının 100 kVt/sm² qiymətində də baxılmışdır. Müəyyən olunmuşdur ki, yüksək güc sıxlıqlarında sönmə əyriləri bütün temperaturlarda düz xətt olmur, formasını dəyişir. Bu isə özünü sönmə zamanının yavaş komponentinin fonunda sürətli komponentlərin yaranmasında özünü göstərir. Qeyd edək ki, güc sıxlığının 100 kVt/sm² qiymətində sönmə zamanının yavaş komponenti temperaturun artması ilə 435 ns-dən 489 ns-yə qədər artır. Sönmə zamanının sürətli komponenti isə 106 ns-dən 96 ns-yə qədər azalır. Güc sıxlığının böyük qiymətlərində sönmə zamanı monoeksponensial olmur, əlavə sürətli komponentlər yaranır. FL-nın kinetikasında, yaşama müddətinin yavaş komponentinin fonunda sürətli komponentin meydana çıxmasının səbəbi həyəcanlanmış səviyyədən tutulmadır.

Dördüncü fəsildə ilk dəfə olaraq tədqiq olunan Ca(Al_xGa_{1-x})₂S₄və Ca(Al_xGa_{1-x})₂S₄:Eu²⁺ kristallarının termolüminessensiya xassələrinə aid nəticələr təqdim olunmuşdur. Kristalın qadağan olunmuş zonasında mövcud olan tələ səviyyələrini tədqiq etmək üçün termolüminessensiya (TL) spektrlərinin tədqiqi ən əlverişli üsullardan biridir. Tələ səviyyələri lüminessensiyanın davamiyyəti müddətinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir edir. Belə ki, tələ səviyyələri yükdaşıyıcıları zəbt edərək onların lüminessensiya mərkəzlərinə rekombinasiyasının qarşısını alır və lüminessensiya müddətini ləngidir.

TL temperaturun 80 ÷ 350 K intervalında həm aşqarlı, həm də aşqarsız nümunələr üçün qızdırılma sürətinin və həyəcanlanma müddətinin müxtəlif qiymətlərində öyrənilmişdir. Alınan TL spektrləri geniş zolaq şəkilindədir və qızdırılma sürətindən (β) asılı olaraq spektrlərin yarımını və maksimumlarının vəziyyəti dəyişir.

Qızdırılma sürəti $0,17 \div 1,35$ K/s aralığında dəyişdikdə yarımən $35 \div 70$ K arasında dəyişir və spektrlərin maksimumları yüksək temperaturlara tərəf sürüşür.

$\text{Ca}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{S}_4$ və $\text{Ca}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ bərk məhlullarının TL spektrləri müqayisəli formada öyrənilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, Eu^{2+} ionları aktivator kimi matrisə daxil edildikdə $\text{Ca}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{S}_4$ bərk məhlullarının termolüminessensiya xassələrinə (həm TL əyrilərinə, həm də piklərin vəziyyətinə) əhəmiyyətli dərəcədə təsir edir və tamamilə müxtəlif effektlərin yaranmasına səbəb olur. Belə ki, $\text{Ca}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{S}_4$ matrisinə Eu^{2+} aktivatorunun daxil olması ilə TL əyrilərinin intensivliyi, piklərin vəziyyəti və piklərin sayı dəyişir. $x=0,2$ olan hal üçün $\text{Ca}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{S}_4$ və $\text{Ca}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ bərk məhlullarının TL spektrlərində uyğun olaraq iki və dörd maksimum müşahidə olunur və hər bir maksimum bir tələ səviyyəsinə uyğun gəlir. TL spektrlərində bir neçə maksimum müşahidə olunursa, deməli tələlər qadağan olunmuş zonada müxtəlif dərinlikdə yerləşir. Dayaz tələlərdən elektronların boşalması üçün az, dərin tələlərdən elektronların boşalması üçün isə daha çox enerji tələb olunur və ona görə də TL spektrlərində maksimumlar müxtəlif temperaturlarda meydana çıxır.

Tutma mərkəzlərinin parametrlərini təyin etmək üçün bir sıra metod və nəzəriyyələr vardır. Bəzi metodlarda TL əyrisinin aşağı temperaturu hissəsindən, bəzilərinə yuxarı temperaturu hissəsindən, bəzilərinə isə bütün əyridən istifadə edilir və buna görə də onlar fərqli dəqiqlik dərəcələrinə malik olur. Dissertasiya işində tələ səviyyələrinin parametrlərini təyin etmək üçün aşağıdakı metod və üsullardan istifadə olunmuşdur: Luşik metodu və Urbax metodu – bu metodlarda termolüminessensiya spektrinin yüksək temperaturu enmə hissəsindən istifadə edilir və tutma mərkəzlərinin parametrlərini təyin edərkən kinetikanın tərtibi nəzərə alınır. Qeyd edək ki, kinetika tərtibinin qiyməti bir və ya iki ola bilər. Elektronların tələlərə təkrar tutulması olmadıqda kinetikanın tərtibi bir, elektronların tələlərə təkrar tutulması iki və ikidən çox olduqda isə kinetikanın tərtibi iki sayılır. Termolüminessensiya prosesinin kinetikasının tərtibi spektrlərin formasına görə təyin edilə bilər. Belə ki spektrlərin yüksək temperaturu hissəsinin sahəsi aşağı

temperaturlu hissənin sahəsindən çoxdursa, kinetikanın tərtibi ikidir, əks halda isə kinetikanın tərtibi bir götürülür.

Rendal metodu və Qarlik-Gibson metodu ilə tələlərin aktivləşmə enerjisi təyin edilərkən kinetikanın tərtibi nəzərə alınmır. Belə ki, Rendalın təklif etdiyi metodda termolüminessensiya spektrinin maksimum temperaturunu bilməklə tələlərin aktivləşmə enerjisi təyin edilir: $E_a = AkT_m$, burada E_a - tələlərin aktivləşmə enerjisi, A – 15-30 arasında qiymət alan sabit, k - Bolsman sabiti ($0,86 \cdot 10^{-4} \text{eV}$), T_{\max} – termolüminessensiya əyrisinin maksimumuna uyğun gələn temperaturdur.

Qarlik–Gibson üsulunda isə termolüminessensiya intensivliyinin başlanğıc artması hissəsindən aktivləşmə enerjisini tapmaq mümkündür. Hesab edilir ki, aşağı temperaturlarda TL-nın intensivliyi kinetikanın tərtibindən asılı olmayaraq $I = I_0 e^{-\frac{E_a}{kT}}$ qanunu ilə dəyişir. Göstərilmişdir ki, TL-nın intensivliyi temperaturdan xətti asılıdır. $\ln I \sim 1/T$ asılılığından aktivləşmə enerjisi hesablanmışdır.

Bu metod və üsulların əsasında $\text{Ca}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{S}_4$ və $\text{Ca}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ bərk məhlullarında tələ səviyyələrinin parametrləri - aktivləşmə enerjisi (E_a), tezlik faktoru (S), tutma kəsiyi (S_t) və tələlərin konsentrasiyası (N_t) üçün uyğun olaraq $E_a = 0,2 \div 0,73 \text{ eV}$, $S = 1,1 \cdot 10^8 \div 5 \cdot 10^9 \text{ s}^{-1}$, $S_t = 2,5 \cdot 10^{-19} \div 4,0 \cdot 10^{-17} \text{ sm}^2$, $N_t = 1,5 \cdot 10^{16} \div 2 \cdot 10^{17} \text{ sm}^{-3}$ kimi qiymətlər alınmışdır.

ƏSAS NƏTİCƏLƏR

1. $\text{Ca}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ ($0 \leq x \leq 1$) bərk məhlullarında Eu^{2+} ionlarının elektron keçidləri hesabına yaranan fotolüminessensiya spektrlərinin maksimumları x -in dəyişməsi ilə 560 nm-dən 516 nm-ə qədər sürüşür. Müəyyən olunmuşdur ki, $\text{Ca}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ bərk məhlullarında Al^{3+} ionlarının miqdarının artması sentroid sürüşməsinə azaldır və nəticədə $5d \rightarrow 4f$ keçidlərinə uyğun olan enerjinin artması və FL spektrinin qısa dalğalara doğru sürüşməsi baş verir.
2. Müəyyən olunmuşdur ki, $\text{Ca}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{S}_4$ matrisində Eu^{2+} ionlarının konsentrasiyasının 3%-dən 7%-ə qədər artması ilə dalğa uzunluğunun 510÷630 nm diapazonunda FL-nın inteqral intensivliyi təqribən üç dəfə artır və maksimumların sürüşməsi müşahidə olunmur. FL-nın inteqral intensivliyinin artmasının səbəbi Eu^{2+} ionlarının kristal daxilində bərabər paylanması ilə bağlı lüminessensiya mərkəzləri arasında enerji ötürülməsinin azalmasıdır. FL-nın maksimumlarının sürüşməməsinin səbəbi isə Eu^{2+} ionunun ətrafında kristal mühitin sabit qalmasıdır.
3. $\text{Ca}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ bərk məhlullarında temperaturun FL-nın intensivliyinə təsiri öyrənilmişdir. Temperaturun 10 ÷ 300 K intervalında FL-nın inteqral intensivliyinin azalması x -in bütün qiymətləri üçün 35%-dən aşağı olur. Bu, temperaturun göstərilən intervalında kristal qəfəsin istilik rəqsləri zamanı yaranan fononların sayının artması ilə bağlıdır.
4. Göstərilmişdir ki, 20 K və 300 K temperaturunda $\text{Ca}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ bərk məhlullarının FL spektrlərinin forması və maksimumların vəziyyəti xarici həyəcanlanma mənbəyinin güc sıxlığının $3,5 \cdot 10^2 \div 1,4 \cdot 10^6$ Vt/sm^2 intervalında yüksək stabillik göstərir. Həmçinin müəyyən olunmuşdur ki, $\text{Ca}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ bərk məhlullarının FL effektivliyinin doyması xarici həyəcanlanma səviyyəsinin güc sıxlığının $2 \cdot 10^4$ Vt/sm^2 -dan böyük qiymətlərində müşahidə olunur.
5. Müəyyən olunmuşdur ki, $\text{Ca}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ bərk məhlullarında FL-nın kinetikasi güc sıxlığının $2 \cdot 10^4$ Vt/sm^2 qiymətinə qədər eksponensial qanunla dəyişir. Həyəcanlanma səviyyəsinin $2 \cdot 10^4$

Vt/sm²-dan böyük qiymətlərində FL-nın sönmə əyriləri öz formasını dəyişir və bu, sönmənin kinetikasında yavaş komponentin fonunda həyəcanlanmış səviyyədən tutulma (udulma) ilə bağlı qısa müddətli sürətli komponentin yaranması ilə əlaqədardır.

6. Göstərilmişdir ki, Ca(Al_xGa_{1-x})₂S₄:Eu²⁺ bərk məhlullarında TL keçirici zonanın dibindən 0,2÷0,7 eV aşağıda yerləşən elektron tələləri ilə bağlıdır və elektron tələlərinin aktivləşmə enerjisi (E_a=0,20÷0,73 eV), tezlik faktoru (S=1,1·10⁸ ÷ 5,0·10⁹ s⁻¹), konsentrasiyası (N_t= 1.5·10¹⁶ ÷ 2·10¹⁷ sm⁻³) və tutma kəsiyi (S_t= 2,5·10⁻¹⁹ ÷ 4·10⁻¹⁷ sm²) kimi parametrləri təyin edilmişdir.

DİSSERTASIYANIN ƏSAS NƏTİCƏLƏRİ ÜZRƏ ÇAP OLUNMUŞ ELMİ İŞLƏRİN SİYAHISI

1. Elşən Əsədov. Eu Nadir torpaq elementi ilə aktivləşdirilmiş Ca(Al_xGa_{1-x})₂S₄ birləşməsinin sintezi və lüminessensiya xassələri / Ümummilli lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 91-ci ildönümünə həsr olunmuş Gənc Tədqiqatçıların II Beynəlxalq Elmi Konfransı, 18-19 Aprel 2014, Bakı, Azərbaycan, s.17-18
2. О.Б.Тагиев, С.А.Абушов, Е.Г..Асадов. Рентгенофазовый анализ и люминесцентные свойства соединения Ca(Al_xGa_{1-x})₂S₄ / VII международная конференция «Аморфные и микрокристаллические полупроводники», 7-10 июля 2014, Санкт-Петербург, с. 209
3. B.G. Tagiyev, S.A. Abushov, E.G. Asadov. Luminescence properties of Ca(Al_xGa_{1-x})₂S₄ compound // Journal of Physics, 2014, vol. XX, No.3, p.15-18.
4. B.G. Tagiyev, O.B. Tagiyev, S.A. Abushov, E.G. Asadov. The influence of temperature and excitation level on photoluminescence spectra of Ca(Al_{0.1}Ga_{0.9})₂S₄:Eu²⁺// Azerbaijan Journal of Physics, 2015, vol. XXI, No.3, p.40-42.
5. B.G. Tagiyev, S.A. Abushov, E.G. Asadov, F.A. Kazimova, O.B. Tagiyev, Excitation and Emission Spectra and Luminescence Kinetics of Ca(Al_xGa_{1-x})₂S₄: Eu²⁺ Crystals // Crystallography Reports, 2015, Vol. 60, No. 6, pp. 924–928.

6. Э.Г.Асадов, С.А.Абущов, Ф.А.Казимова, Т.Ш. Ибрагимова, К.О.Тагиев. Р.Ф. Мехтиев. Термостимулированная люминесценция кристалла $\text{Ca}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ / “Opto, nanoelektronika, kondensə olunmuş mühit və yüksək enerjilər fizikası” üzrə Beynəlxalq konfrans 25-26 dekabr 2015, Bakı, Azərbaycan, s. 54-58
7. Т.Г. Нагиев, О.Б.Тагиев, А.Н. Мамедов, Е.Г. Асадов. Синтез и термодинамическая стабильность твердых растворов $(\text{CaGa}_2\text{S}_4)_x(\text{BaGa}_2\text{S}_4)_{1-x}$ и $(\text{CaGa}_2\text{S}_4)_x(\text{CaAl}_2\text{S}_4)_{1-x}$ // АМЕА-нин xəbərləri, fizika-texnika və riyaziyyat elmləri seriyası, fizika və astronomiya, 2016, №5, s. 36-43.
8. Б.Г.Тагиев, О.Б.Тагиев, Е.Г.Асадов, Г.П.Яблонский, М.С. Леоненя. Спектры возбуждения, излучения и кинетика люминесценции кристаллов $\text{Ca}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ / VII международная конференция «Аморфные и микрокристаллические полупроводники», 4 - 7 июля 2016, Санкт-Петербург, с.333-334
9. Э.Г.Асадов. Термостимулированная люминесценция кристалла $\text{Ca}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ / XX международная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых, “Ломоносов-2016”, Секция «Физика», 11–15 апреля, 2016 г., Москва, Россия, с. 257
10. Б.Г. Тагиев, О.Б. Тагиев, Э.Г. Асадов. Фотолюминесценция соединений $\text{Ca}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ // Оптика и Спектроскопия, 2017, том 122, № 5, с. 780–786.
11. Е.Г. Асадов, Ф.А. Казимова, Т.Ш. Ибрагимова, К.О. Тагиев. Термостимулированная люминесценция кристалла $\text{Ca}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ // Письма в ЖТФ, 2017, том 43, вып. 4, с.39-46.
12. Э.Г. Асадов, Г.С. Гаджиева, А.Н. Мамедов, Ф.А. Казимова, Т.Ш.Ибрагимова, К.О.Тагиев. Определение некоторых параметров фотолюминесценции соединения $\text{Ca}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ / Modern trends in physics, international conference, 20–22 april 2017, Baku, Azerbaijan, p.156-159
13. E.G. Asadov, O.B. Tagiev, K.O. Tagiev, G.S. Hadjjeva, M.S. Leanenia, B.D. Urmanov, D.I. Babuskin, G.P. Yablonskii and N.T.

- Dang. Study of the photoluminescence properties of Eu^{2+} -doped $\text{Ca}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{S}_4$ solid solutions at high excitation intensity and low temperature // Modern Physics Letters B, 2018, v.32, No25, p.1850306-1-1850306-9.
14. Е.Г. Асадов, Г.С. Гаджиева, А.Н. Мамедов, Ф.А. Казымова, Т.Ш. Ибрагимова, К.О. Тагиев. Определение некоторых параметров фотолуминесценции соединения $\text{Ca}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{S}_4: \text{Eu}^{2+}$ // Письма в ЖТФ, 2019, том 45, вып. 3, с.20 – 22.
 15. E.Q. Əsədov. Eu^{2+} nadir torpaq elementi ilə aktivləşdirilmiş $\text{Ca}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{S}_4$ bərk məhlullarının fotolüminessensiyasının temperaturdan asılılığı // АМЕА-ның xəbərləri, fizika-texnika və riyaziyyat elmləri seriyası, fizika və astronomiya, 2019, cild. XXXIX, № 5, s. 150 – 154.
 16. E.Q. Əsədov. $\text{CaGa}_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ birləşməsində fotolüminessensiyanın kinetikasına və effektivliyinə xarici amillərin təsiri // Energetikanın problemləri 2019, cild. № 3, s. 90 – 94.
 17. E.Q.Əsədov, B.H.Тағйев, Т.Ş. İbrahimova, К.О.Тағйев. $\text{Ca}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ Bərk məhlullarının lüminessensiya xassələri / Akademik H.B. Abdullayevin 100 illiyinə həsr olunmuş beynəlxalq konfrans və məktəb 24-26 sentyabr 2018, Bakı,Azərbaycan,s.50



Dissertasiyanın müdafiəsi 05 may 2021-ci il tarixində saat 11⁰⁰-da Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası Fizika İnstitutunun nəzdində fəaliyyət göstərən ED 1.14 Dissertasiya şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: Bakı şəh., H. Cavid pr. 131, Az-1143.

Dissertasiya ilə Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası Fizika İnstitutunun kitabxanasında tanış olmaq mümkündür.

Dissertasiya və avtoreferatın elektron versiyaları Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası Fizika İnstitutunun rəsmi internet saytında yerləşdirilmişdir.

Avtoreferat 02 Aprel 2021-ci il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb: 02.04.2021

Kağızın formatı: A5

Həcm: 40870

Tiraj: 100