

LANTANOİDLƏRLƏ AŞQARLANMIŞ A^{III}B^{VI} BİRLƏŞMƏLƏRİ TİPLİ
LAYLI QURULUŞLU QİSMƏN NİZAMSIZ KRİSTALLARDA
ELEKTROLÜMİNESSENSİYANIN XÜSUSİYYƏTLƏRİ

Ə.Ş.ABDİNOV, R.F.BABAYEVA

Bakı Dövlət Universiteti
Babaeva-Rena@yandex.ru

Təqdim olunan işdə təmiz, eləcə də qadolinium, holmium, disprozium kimi lantanoidlərlə müxtəlif səviyyədə aşqarlanmış p-GaSe və n-InSe kristallarında elektrolüminessensiyanın bəzi xüsusiyyətləri kompleks şəkildə tədqiq edilmişdir.

Müəyyən edilmişdir ki, p-GaSe<Ld> və n-InSe<Ld> kristallarında elektrolüminessensiyanın daxil edilən lantanoid atomlarının kimyəvi təbiətindən deyil, əsasən atom faizi ilə miqdarından asılı olması, baxılan element atomlarının p-GaSe və n-InSe kristallarına həssaslaşdırıcı və ya işıqlanma mərkəzləri kimi daxil olmadığından irəli gəlir. Bəlkə də bu kimyəvi elementlərin kiçik radiuslu ionları laylara və ya onların arasına girərək, son nəticədə tədqiq edilən kristalları aşqarlanmış kristallardan daha çox kompozit materiala çevirir.

Laylı A^{III}B^{VI} kristallarında elektrolüminessensiyaya dair maraqlı məlumatlar əvvəlki işlərdə [1-3] mövcud olsa da, problemin bir sıra məqamlarının, daha doğrusu, elektrolüminessensiyanın nümunənin ilkin qaranlıq xüsusi müqavimətinin qiymətindən və ölçmələrdən əvvəlki halından, temperaturdan, həyəcanlaşmanın təbii laylara nəzərən istiqamətindən, kristalların nizamsızlıq dərəcəsindən və aşqarlanmasından asılılığının ətraflı tədqiqə ehtiyacı var.

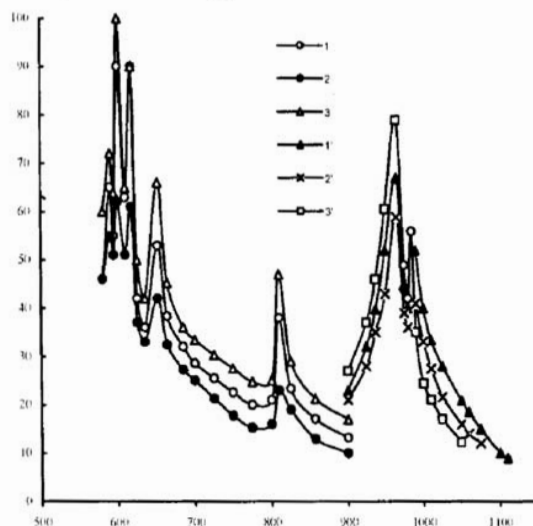
Bu işdə təmiz (xüsusi olaraq aşqarlanmamış), eləcə də qadolinium (Gd), holmium (Ho), disprozium (Dy) kimi lantanoidlərlə (Ld) müxtəlif səviyyədə aşqarlanmış p-GaSe və n-InSe monokristallarında elektrolüminessensiyanın bəzi xüsusiyyətləri kompleks şəkildə tədqiq edilmişdir.

Müəyyənləşdirilmişdir ki, təmiz p-GaSe və n-InSe kristallarında şüalanmanın baş vermə ehtimalı və parlaqlığı bir qayda olaraq, ilkin qaranlıq xüsusi müqaviməti (ρ_{TO}) kiçik olan nümunələrdə daha böyük, alışma gərginliyi (E_{al}) isə kiçik olur.

Həyəcanlaşdırılmanın kristalın «C» oxuna nəzərən yönəlmə istiqamətindən asılı olaraq, hər iki materialda elektrolüminessensiya şüalanmasının spektrləri tərkibinə görə fərqlənməsə də, maksimumlarının vəziyyətinə və şüalanmanın inteqral parlaqlığına görə bir-birindən fərqlənir. ρ_{TO} -böyük olan nümunələrdə bu fərq özünü daha aydın göstərir. Laylar istiqamətində həyəcanlaşdırıldıqda şüalanma spektrinin maksimumu laylara perpendikulyar istiqamətdəki həyəcanlaşdırılma halındakı ilə müqayisədə ~ 0.10 eV-a qədər uzun dalğalar oblastına doğru sürüşmüş olur. n-InSe-də

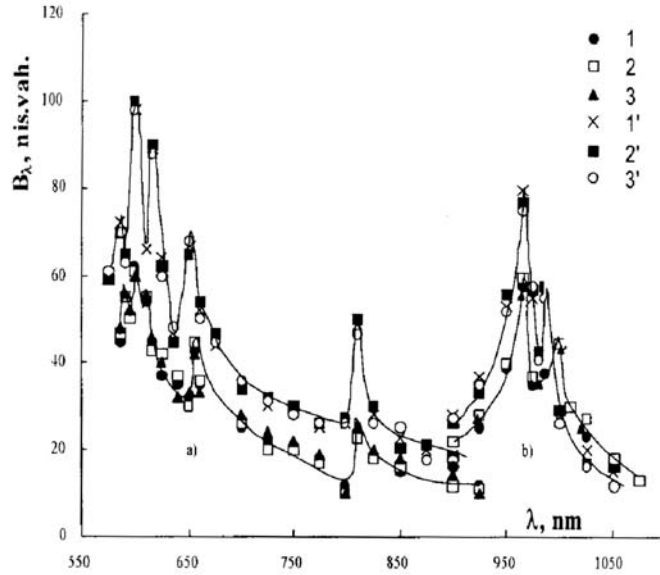
olmasa da, oxşar nəticələr p-GaSe kristallarında digər tədqiqatçılar tərəfindən də qeydə alınmış [1, 2] və kristalın «C» oxuna nəzərən müxtəlif istiqamətlərində optik keçidlərin təbiətinin fərqlənməsi ilə bağlı ola bilməsi fərz edilmişdir.

Təzəcə göyərdilmiş təmiz n-InSe monokristallarında elektrolüminessensiyanın xarakteristika və parametrləri dayanıqlı olmayıb, zaman keçdikcə dəyişir. Bu kristallar uzun müddət, hətta otaq temperaturunda belə açıq havada saxlanıldıqda, onların şüalanma parametrlərinin asta da olsa, dəyişməsi və son nəticədə özlərinin müəyyən stabil qiymətlərini alması baş verir. Bu kristalları $\sim 10^{-4}$ mm civə sütunu tərtibində vakuumda 550÷600 K-ə qədər qızdırıb, sonra $\sim 25\div 30$ saat ərzində 300 K-nə qədər soyutduqda, müşahidə olunan dayanıqsızlıq, demək olar ki, tamamilə aradan qalxır (daha izotermik relaksiası getmir). Bu xüsusiyyət elektrik, fotoelektrik xassə və parametrlərin ölçülməsi zamanı da müşahidə edildiyindən, əksər hallarda həmin kristalları göyərtmə rejimində (külçəni soyudarkən) termik işləmək lazımdır. Təcrübələr göstərir ki, termik işlənmə və izotermik dəmləmə son nəticədə kristalın qaranlıqdakı xüsusi müqavimətinin qiymətini artırır.



Şəkil 1. Təmiz p-GaSe (1), n-InSe (1') və müxtəlif səviyyədə aşqarlanmış p-GaSe<Gd> (2, 3), n-InS<Ho> (2', 3') kristallarında elektrolüminessensiyanın spektri. N, at. %: 1, 1' - 0; 2, 2' - 10^{-4} ; 3, 3' - 10^{-1} . $i=30$ mA; $T=77$ K.

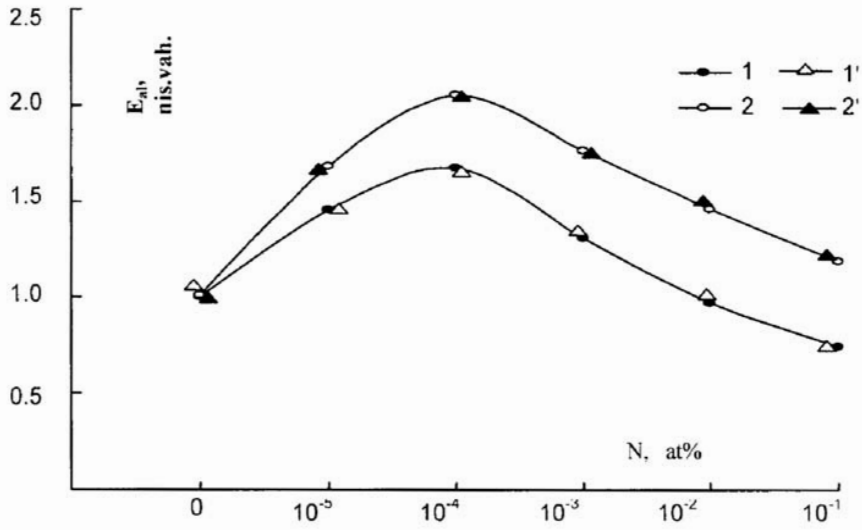
77K-dən başlayaraq temperaturu yüksəltəndə isə tədqiq olunan kristallarda elektrolüminessensiyanın parlaqlığı ilə yanaşı, spektrində də dəyişikliklər baş verir. Bu zaman spektrin uzun dalğalar tərəfdəki maksimumu qısa dalğalar tərəfə sürüşür və bu maksimuma uyğun şüalanmanın parlaqlığı azalır. Spektrin əsas maksimumu isə, temperaturun yüksəlməsi ilə bir qədər qısa dalğalar tərəfə (77 K-də 1.21 mkm-dən 130 K-də 1.18 mkm-ə qədər) sürüşür.



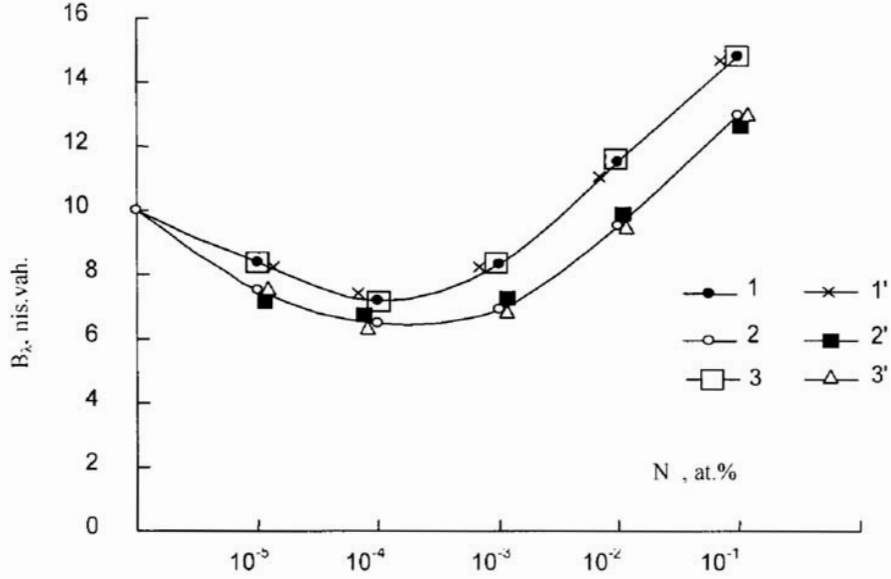
Şəkil 2. Müxtəlif səviyyədə Gd (1, 1'), Ho (2, 2'), Dy (3, 3') atomları ilə aşqarlanmış p-GaSe (1-3) və n-InSe (1'-3') kristallarında elektrolüminessensiyanın spektri. N, at.%,: 1, 2, 3 - 10^{-4} ; 1', 2', 3' - 10^{-1} . T= 77 K.

Müəyyənləşdirilmişdir ki, p-GaSe<Ld> və n-InSe<Ld> kristallarında da aşağı temperaturlarda ($T \leq T_{\lambda N}$) müəyyən $E \approx E_{al}$ -da elektrolüminessensiya şüalanması başlayır və nümunəyə tətbiq edilən xarici gərginliyin qiyməti çeviricilik gərginliyinə çatdıqda nümunədə baş verən çeviricilik effekti nəticəsində şüalanma sönür [4]. Bu kristallarda da E_{al} və B_{λ} -in qiymətləri zəif də olsa, hər halda hiss olunacaq dərəcədə, cərəyan kontaktlarının materialından asılıdır. Belə ki, In, Sn, Ga, Ag, akvadak sırasında ən yaxşı nəticələr (kiçik E_{al} və böyük B_{λ}) indium kontaktlı nümunələrdə təmin olunur. p-GaSe<Ld> və n-InSe<Ld> kristallarında da elektrolüminessensiya şüalanması $E \approx E_{al}$ olduqda sabit və bir istiqamətli impuls elektrik sahələri halında qeyri-əsas yükdaşıyıcıların injeksiya olunduğu, sinusoidal dəyişən sahə halında isə hər iki kontakta bitişik hissədən başlayıb, xarici gərginliyin sonrakı artması ilə tədricən nümunə boyunca yayılır. Eyni zamanda aşkar edilmişdir ki, tədqiq edilən asılılıqların xarakteri və keyfiyyəti başlıca olaraq daxil edilən aşqar atomlarının (lantanoidin) faizlə miqdarından (N) asılıdır, onların kimyəvi təbiətindən, demək olar ki, asılı deyil (şəkil 1-5).

Aşqarlanma səviyyəsinin dəyişməsi elektrolüminessensiya şüalanmasının nümunənin ölçmədən əvvəlki halından asılılığına da təsir göstərir və bu təsirin qiyməti qeyri-monoton xarakterlidir. Belə ki, N-nin nisbətən kiçik qiymətlərində elektrolüminessensiya nümunənin ölçmədən əvvəlki halına daha çox həssasdır. Yüksək səviyyəli aşqarlanmalarda ($N > 10^{-4}$ at.% olduqda) isə, bu həssaslıq kəskin şəkildə azalır. Bəzi nümunələrdə $N \approx 10^{-2} \div 10^{-1}$ at.% qiymətlərində, hətta elektrolüminessensiya şüalanmasının əsas parametrlərinin (B_{λ} , E_{al} , E_{qev}) ədədi qiymətlərinin, eləcə də $B_{\lambda}(\lambda)$, $B_{\lambda}(T)$ və $B_{\lambda}(i)$ asılılıqlarının gedişinin nümunənin ölçmədən əvvəlki halından asılılığı müşahidə olunmur.



Şəkil 3. p-GaSe (1, 1') və n-InSe (2, 2') kristallarında elektrolüminessensiyanın alışma gərginliyinin lantanoid atomları (1, 2 – Gd, 1', 2' - Dy) ilə aşqarlanma səviyyəsindən (N-dən) asılılığı. T=77 K.



Şəkil 4. p-GaSe (1, 1', 3) və n-InSe (2, 2', 3') kristallarında elektrolüminessensiyanın əsas şüalanma zolağının parlaqlığının Gd (1, 2), Ho (1', 2') və Dy (3, 3')-lə aşqarlanma səviyyəsindən asılılığı. T=77K, $i=30$ mA.

Gd, Ho, Dy atomlarından hər hansı biri ilə aşqarlanması, tətqiq edilən kristallarda elektrolüminessensiyanın spektrində «C» oxuna nəzərən müşahidə olunan anizotropluğu da təsir göstərir. Belə ki, aşqarlanma səviyyəsi yüksəldikcə, «C» oxu istiqamətinə uyğun spektrin strukturu və maksimumlarının vəziyyəti laylar istiqamətindəkinə yaxınlaşır.

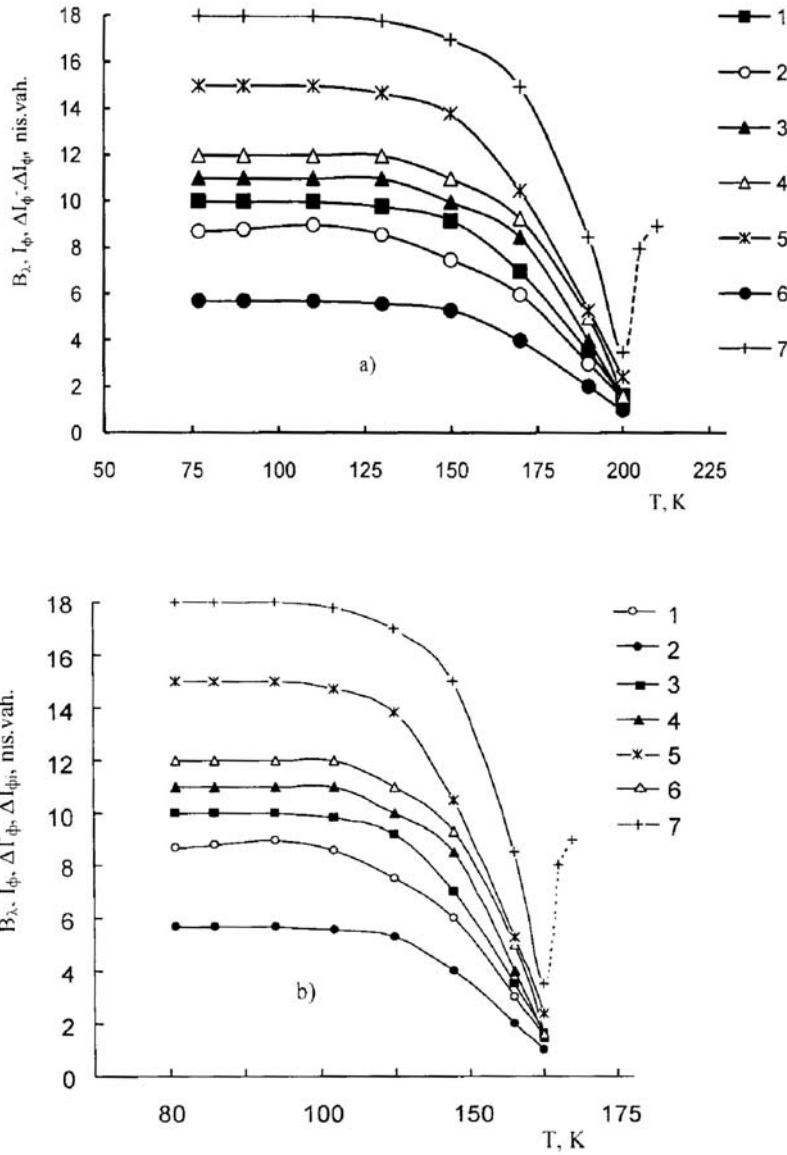
Aşqarlanma səviyyəsi yüksəldikcə E_{al} -in qiyməti əvvəlcə ($N \approx 10^{-4}$ at.%-nə qədər) təmiz kristallardakına nəzərən bir qədər böyüyür, sonra isə ($10^{-4} < N \leq 10^{-1}$ at.% olduqda) kiçilərək, alçaqomlu kristallara xas olan qiymətə yaxınlaşır (şəkil 3). $N > 10^{-4}$ at.% olan kristallarda aşqarlanma səviyyəsinin yüksəlməsi ilə ρ_{TO} kimi, E_{al} da müəyyən bir qiymətə, adətən E_{al} -nin alçaqomlu təmiz kristallardakı qiymətinə, yaxınlaşır. Hər iki qrup kristallarda elektrolüminessensiya şüalanmasının B_λ parlaqlığının N-dən asılılığının da qeyri-monoton xarakterli olduğu aşkar edilmişdir (şəkil 4). Müəyyənləşdirilmişdir ki, N artdıqca əvvəlcə ($N \approx 10^{-4}$ at.% qiymətinə qədər) B_λ kiçilir, sonra isə ($N > 10^{-4}$ at.% olduqda) alçaqomlu kristallardakı qiymətə çatmaqla yanaşı, həm də şüalanma parlaqlığının, onun temperatur və gərginlikdən asılılığının, eləcə də digər parametr və xarakteristikalarının təkrarlanma dərəcəsi də yüksəlir.

Lantanoidlərlə aşqarlanmanın $B_\lambda(T)$ asılılığına təsirinin xüsusiyyətləri də maraqlıdır (şəkil 5). Belə ki, N-nin kiçik qiymətlərində temperaturun yüksəlməsi ilə B_λ əvvəlcə, öz başlanğıc qiymətinə nəzərən bir qədər (optimal şəraitdə 1.10÷1.15 dəfə) artır, sonra isə eksponensial qanunla azalır. p-GaSe<Ld> və n-InSe<Ld> kristallarında uyğun olaraq $T \geq 200K$ və $T \geq 160K$ -də elektrolüminessensiya şüalanması tamamilə sönür. $B_\lambda(N)$ asılılığının ekstremumuna uyğun qiymətdən sonra N-in artması ilə $B_\lambda(T)$ asılılığındakı qeyri-monotonluq tədricən aradan qalxır və $N \geq 10^{-2}$ at.% qiymətində tamamilə yox olur.

Lantanoidlərlə $N \leq 10^{-1}$ at.% miqdarlarında aşqarlanma laylı $A^{III}B^{VI}$ kristallarında elektrolüminessensiyanın spektrinin tərkibinə, demək olar ki, təsir göstərmir. Bu zaman yalnız $B_\lambda(\lambda)$ ayrılərindəki uzundalğalı əlavə şüalanma zolaqlarının intensivliyinin bir qədər böyüməsi, eninin isə – kiçilməsi müşahidə olunur (şəkil 1).

Alınmış təcrübi nəticələrin izahına keçərkən, ilk növbədə, qeyd etmək lazımdır ki, lantanoidlərlə (Gd, Ho, Dy) kiçik ($N \approx 10^{-5} \div 10^{-1}$ at.%) miqdarda aşqarlanmanın laylı $A^{III}B^{VI}$ monokristallarında elektrolüminessensiyaya təsiri bilavasitə həmin elementlərin atomlarının elektron quruluşu (konfigurasiyası) ilə, başqa sözlə, bu aşqar atomlarında baş verən daxili (mərkəzdaxili) proseslərlə bağlı deyil. Çünki, həmin elementlərdən birinin (qadoliniumun) elektron konfigurasiyasının digər iki elementin (holmium və disproziyumun) elektron konfigurasiyasından əhəmiyyətli şəkildə fərqlənməsinə baxmayaraq [5], $A^{III}B^{VI}$ <Gd>, $A^{III}B^{VI}$ <Ho>, $A^{III}B^{VI}$ <Dy> kristalları üçün alınmış nəticələr, ölçmə xətalrı hüdudlarında bir-birindən, demək olar ki, fərqlənmir.

Hələ təmiz p-GaSe və n-InSe kristallarında elektrolüminessensiyanın müşahidə olunduğu ilk işlərdə [1-3] bu şüalanmanın cərəyan kontaktından nümunənin həcminə injeksiya olunmuş qeyri-əsas yükdaşıyıcıların müvafiq lokal (r-rekombinasiya) səviyyələr vasitəsilə rekombinasiyası nəticəsində baş verdiyi fərz olunmuşdur.



Şəkil 5. p-GaSe<Gd> (a) və n-InSe<Ho> (b) kristallarında elektrolüminessensiyanın (1-4), məxsusi fotokeçiriciliyin infraqırmızı sönməsinin (5), mənfi fotokeçiriciliyin (6) və məxsusi fotokeçiriciliyin (7) temperaturdan asılılığı.

N , at.‰: 1 - 0; 2 - 10^{-5} ; 3, 5-7 - 10^{-3} ; 4 - 10^{-1} .

$\lambda_s = \lambda_{sm}$; $\lambda_a = \lambda_{amax}$; $\Phi_s = \Phi_{smax}$; $\Phi_a = \Phi_{amax}$.

Eyni nümunələrdə elektrolüminessensiyanın parlaqlığının və məxsusi fotokeçiriciliyin infraqırmızı sönməsinin temperaturdan asılılığının, eləcə də məxsusi fotokeçiriciliyin temperatur sönməsinin və şüalanma rejimində olan nümunəyə aşqar udma oblastından olan işıqla təsir edərkən alınmış nəticələrin (şəkil 5) müqayisəli təhlili də göstərir ki, bu kristallarda elektrolüminessensiya şüalanmasını təmin edən lokal səviyyələr r-asta rekombinasiya səviyyələridir. Məhz bu səviyyələrin tarazlıqda ol-

mayan qeyri-əsas yükdaşıyıcıları tutma kəsiyi və sürəti, əsas yükdaşıyıcılarından qat-qat böyükdür [6]. Alınmış təcrübə nəticələri eyni zamanda göstərir ki, həmin rekombinasiya mərkəzləri tədqiq edilən kristalların qadağan olunmuş zonasında kəskin şəkildə (monosəviyyələr kimi) lokallaşmayıb. Çox güman ki, həmin bu lokal səviyyələr müəyyən böyük sıxlıqlı xətt ətrafında paylanmış nisbətən enli zolaqdan təşkil olunub. Məhz bu səbəbdən də temperaturun yüksəlməsi ilə həmin səviyyələrin əsas yükdaşıyıcılardan termik boşalması və ya qeyri-əsas yükdaşıyıcılarla dolması nəticəsində, elektrolüminessensiyanın baş verməsini təmin edən rekombinasiyanın ehtimalı kiçilir. Temperatur yüksəldikcə r-səviyyələr zolağının qeyri-əsas yükdaşıyıcılarla dolması daha dayaz səviyyələrdən başlayaraq, tədricən daha dərin səviyyələrə doğru davam etdiyindən, şüalanma spektrinin qısa dalğalar tərəfdən sərhədi cüzi də olsa, uzun dalğalar oblastına doğru sürüşür. Məsələn belə yanaşma, müşahidə olunan elektrolüminessensiya şüalanmasının parlaqlıq spektrinin qısa dalğa tərəfinin sürüşməsinin qiymətinə görə, şüalanmanın baş verməsində birbaşa cavabdeh olan rekombinasiya səviyyələrinin qadağan olunmuş zonada ~ 0.10 eV enə malik zolaq şəklində paylandığını deməyə imkan verir. Bu fikir tədqiq edilən kristallarda elektrolüminessensiya və fotokeçiricilik hadisələrinin vəhdətdə tədqiqindən alınmış nəticələrlə də təsdiqlənir. Aşkar edilmişdir ki, əgər elektrolüminessensiyanın baş verdiyi şəraitdə eyni zamanda nümunə məxsusi fotokeçiriciliyin infraqırmızı sönməsinə və ya mənfi fotokeçiricilik yaradan aşqar işıqla işıqlandırılırsa, şüalanmanın spektri və parlaqlığı dəyişir. Bu zaman elektrolüminessensiya bəzən, hətta tamamilə sönür.

Laylı $A^{III}B^{VI}$ kristallarında elektrolüminessensiyanın əvvəllərdə də müşahidə edilən, lakin öz izahını tapa bilməyən məqamlarına dair qeyd etmək lazımdır ki, bunlar bilavasitə həmin kristalların qismən nizamsızlığı [6] və müəyyən şəraitdə ikiçəpərli enerji modelinə tabe olan yarımkeçirici [7] kimi aparması ilə bağlıdır.

Bu model çərçivəsində fərz etmək olar ki, ilkin nizamsızlıq dərəcəsindən asılı olaraq ölçmələrin aparıldığı nümunələrdə dreyf və rekombinasiya çəpərlərinin ölçüləri də fərqlənir. r-mərkəzlərin yüksəkəmlü əlavələrdə lokallaşdığı belə, yəni ρ_{TO} yüksək olan kristallarda böyük hündürlüyə və enə malik rekombinasiya çəpərləri injeksiya olunmuş qeyri-əsas yükdaşıyıcıların r-səviyyələri vasitəsilə rekombinasiyasına maneçilik törədir. Ona görə də həmin səviyyələr vasitəsilə rekombinasiya edə bilmək üçün, qeyri-əsas yükdaşıyıcılar ya rekombinasiya çəpərini aşağı bilməyə kifayət edən enerjiyə malik olmalı, ya da çəpərin hündürlüyü kiçilməlidir. İnjesiyanın səviyyəsi artdıqca və temperatur yüksəldikcə bu hündürlük kiçilir. Ona görə də yüksəkəmlü nümunələrdə E_{al} -nin qiyməti aşağıqəmlü nümunələrdəkindən böyükdür. Yüksəkəmlü nümunələrdə tətbiq edilən xarici gərginliyin qiymətini əvvəlcə o həddə qədər artırmaq lazımdır ki, rekombinasiya çəpərlərinin hündürlüyü injeksiya olunmuş qeyri-əsas yükdaşıyıcıların aşağı bilməyə qədər kiçilsin. Yalnız bundan sonra elektrolüminessensiyanın alışıması baş verir və məhz bu səbəbdən də E_{al} -nin qiyməti yüksəkəmlü kristallarda aşağıqəmlülərdəkindən böyük olur. Bu model çərçivəsində yüksəkəmlü kristallarda dreyf çəpərlərinin mövcudluğu injeksiya olunmuş qeyri-əsas yükdaşıyıcıların yürüklüyünü də kiçildir [8] və buna görə də həmin qrup nümunələrdə şüalanma özəyinin cərəyan kontaktları arasında yayılması prosesi aşağıqəmlü kristallardakından hiss olunacaq dərəcədə ləng gedir. O ki, qaldı tədqiq edilən kristallarda elektrolüminessensiya hadisəsini xarakterizə edən parametrlərin nümunənin ölçmələrdən əvvəlki halından asılılığına, fərz etmək olar ki, ölçmədən əvvəl nümunəyə

məxsusi və ya ağ işığın təsir etməsi, kristalda potensial relyefi hamarlayır [9]. Nümunəyə spektrin müvafiq diapazonundan olan aşqar işıqla təsir etdikdə, yaxud da nümunəni əvvəlcə ~350K-ə qədər qızdırıb, sonra 77K-ə qədər soyutduqda sərbəst zonada müxtəlif təsirlərlə yaradılmış tarazlıqda olmayan yükdaşıyıcıların yox olması nəticəsində, potensial relyefin ilkin vəziyyətinin bərpası baş verir.

Temperaturun yüksəlməsi isə kristalda potensial relyefin "temperatur hamarlanması" gətirir. Nəticədə, əvvəlcə şüalanmanın parlaqlığı artır, sonra isə r-mərkəzlərin termik dolması hesabına elektrolüminessensiyanın temperatur sönməsi başlayır və B_λ -nin artma sürəti kəçilir.

Beləliklə, tədqiq edilən p-GaSe və n-InSe kristallarının fəzaca qismən nizamsız olmasının nəzərə alınması və belə yarımkeçiricilər üçün məlum ikiçəpərli enerji modelindən istifadə edilməsi, həmin kristallarda elektrolüminessensiyanın da kvazibircins yarımkeçiricilər üçün mövcud olan nəzəri mülahizələr əsasında izah edilə bilməyən bir sıra xüsusiyyətlərini keyfiyyətcə qaneedici şəkildə izah etməyə imkan verir. Bizim fikrimizcə, hər iki qrup kristallarda laylar və laylara perpendikulyar istiqamətdə elektrolüminessensiyanın spektrinin bir-birinə nəzərən ~0.1 eV-a qədər sürüşməsi qonşu laylar arasında təqribən elə həmin tərtibdə (~0.1 eV) potensial çəpərin mövcud ola bilməsi [10] ilə əlaqədardır və qonşu laylar arasındakı kimyəvi əlaqənin zəifliyindən irəli gəlir.

p-GaSe kristallarında n-InSe-dəki ilə müqayisədə qonşu laylar arasındakı əlaqənin güclü, qadağan olunmuş zonasının eninin ~1.5÷1.6 dəfə böyük, öz-özünə kompensasiya dərəcəsinin isə çox kiçik olması, bu kristallarda (p-GaSe-də) qadağan olunmuş zonadakı müxtəlif lokal səviyyələrlə bağlı olan effektlərin, qismən-nizamsızlıq və öz-özünü kompensə hesabına yaranan effektlərin fonunda zəif də olsa, təzahürünə imkan yaradır. Görünür məhz buna görə də, p-GaSe kristallarında elektrolüminessensiyanın spektrində əsas şüalanma zolağı ilə yanaşı, nisbətən zəif intensivlikli bir neçə əlavə şüalanma zolağı da müşahidə olunur və lantanoid atomları ilə aşqarlandıqda həmin zolaqlar daha aydın təzahür edir.

Deyilənlər, Gd, Ho, Dy tipli lantanoidlərlə aşqarlanmanın laylı $A^{III}B^{VI}$ kristallarında elektrolüminessensiyaya təsirlərini də izah etməyə imkan verir. Fərz olunur ki, p-GaSe<Ld> və n-InSe<Ld> kristallarında da elektrolüminessensiyanın mexanizmi tamamilə təmiz kristallardakı kimi olsa da, aşqarlanma həmin prosesin baş verdiyi kristaldaxili şəraiti bir qədər dəyişdirir. Belə ki, daxil edilmiş lantanoid ionları əvvəlcə ($N \leq 10^{-4}$ at.% olduqda) kristalda əmələ gələn irimiqyaslı defektlərin yaratdığı potensialın təsiri altında həmin qeyri-bircinsliklərin ətrafında toplanır və klasterlər əmələ gətirərək onların ölçü və təsirlərini təmiz kristallardakı ilə müqayisədə daha da böyüdür. Ona görə də p-GaSe<Ld> və n-InSe<Ld>-də elektrolüminessensiyanın kristalın qismən-nizamsızlığı ilə bağlı olan xüsusiyyətləri təmiz kristallarda müşahidə olunanlarla müqayisədə daha da güclüdür. Aşqarlanma səviyyəsinin sonrakı böyüməsi ilə ($10^{-4} < N \leq 10^{-1}$ at.% qiymətlərində) daxil edilən lantanoid ionlarının yaranan qeyri-bircinsliklər ətrafında toplanması prosesinin doyması nəticəsində, onların nümunənin alçaqomlu matrisasında müntəzəm (bircins) paylanması başlayır və N-in qiyməti böyüdükcə vəziyyət kvazibircins kristallardakına daha çox yaxınlaşır. Buna görə də N-in qiymətinin sonrakı artırılması zamanı p-GaSe<Ld> və n-InSe<Ld> kristallarında vəziyyət daha təkmil olan alçaqomlu təmiz kristallardakına yaxınlaşır.

Bu zaman kristalın qonşu laylarındakı lantanoid ionları arasındakı rabitə cütlərinin sayının böyüməsi ilə laylararası əlaqə də güclənir [11]. Nəticədə, N-in belə qiymətlərində müşahidə olunan elektrolüminessensiyanı xarakterizə edən parametr və xarakteristikalar daha da stabilləşir, şüalanmanın parlaqlığı böyüyür, E_{a1} -nin qiyməti kiçilir, şüalanmanın spektrində həm əsas, həm də əlavə maksimumların intensivliyi və aydınlığı yüksəlir. Aşqarlanma səviyyəsinin belə qiymətlərində kristalın «C» müstəvisi və «C» oxu istiqamətlərindəki şüalanma spektrlərinin bir-birinə nəzərən dalğa uzunluğuna görə sürüşməsi də xeyli azalır. Bu nəticə doğrudan da, həmin sürüşmənin baxılan hər iki materialın təmiz kristallarında qonşu laylar arası rabitənin zəif olması ilə bağlılığı və N-in böyük qiymətlərində bu rabitənin güclənməsi haqqında irəli sürdüyümüz mülahizənin doğruluğuna dəlalət edir.

Fərz edilir ki, lantanoidlərlə aşqarlanma zamanı laylı $A^{III}B^{VI}$ kristallarında elektrolüminessensiyanın spektrinin formasının dəyişməsi, ilk növbədə, yükdaşıyıcıların kristaldakı rekombinasiya çəpərlərindən tunel etməsi ehtimalının azalması və kristalın potensial relyefinin tədricən hamarlanması ilə bağlıdır. Bu hadisə aşqarlanmış kristallarda elektrolüminessensiyanın spektrinin maksimumlarının təmiz kristallardakına nəzərən daha qısa dalğalar tərəfə sürüşməsinə səbəb olur.

p-GaSe<Ld> və n-InSe<Ld> kristallarında elektrolüminessensiyanın daxil edilən lantanoid atomlarının kimyəvi təbiətindən deyil, əsasən atom faizi ilə miqdarından asılı olması, baxılan kimyəvi element atomlarının p-GaSe və n-InSe kristallarına həssaslaşdırıcı və ya işıqlanma mərkəzləri kimi daxil olmadığından irəli gəlir. Bəlkə də bu kimyəvi elementlərin kiçik radiuslu ionları laylara və ya onların arasına girərək, son nəticədə tədqiq edilən kristalları aşqarlanmış kristallardan daha çox kompozit materiala çevirir.

ƏDƏBİYYAT

1. Ахундов Г.А. Электролюминесценция в p-GaSe. // Оптика и спектроскопия. 1965, т. 28, № 4, с. 743-745.
2. Абдуллаев Г.Б., Багиров А.Г., Салаев Э.Ю. О новой инфракрасной полосе излучения в GaSe при 77 К. // Физ.и тех. полупроводников (ФТП). 1977, т.18, № 11, с. 2248-2249.
3. Ахундов Г.А., Абдинов А.Ш., Мехтиев Н.М., Кязым-заде А.Г. Электролюминесценция в монокристаллах селенида индия. // Оптика и спектроскопия. 1975, т. 38, № 5, с. 952-954.
4. Абдинов А.Ш., Бабаева Р.Ф., Багирова А.Т., Рзаев Р.М. Электрические и люминесцентные неустойчивости в легированных редкоземельными элементами кристаллах моноселенидов A_3B_6 со слоистой структурой. // Физика. 2007, т.13, №4, с.136-138.
5. Популярная библиотека химических элементов. М.: Наука, 1977, 519 с.
6. Абдинов А.Ш. Электронные явления в неоднородных полупроводниках типа соединений $A^{III}B^{VI}$ со слоистой структурой. Автореф. дисс. докт. физ.-мат. н. Баку: 1979, 48 с.
7. Шейнкман М.К., Шик А.Я. Долговременные релаксации и остаточная проводимость в полупроводниках. // ФТП, 1976, т.10, № 2, с.209-232.
8. Abdinov Ə.Ş., Allahverdiyev Ş.A., Babayeva R.F. Bəzi lantanoid atomları daxil edilmiş p-GaSe kristallarında Holl yürüklüyünün xüsusiyyətləri. // "Fizikanın müasir problemləri" II Respublika elmi konfransının materialları. Bakı, 2008, s. 172-174.

9. Кязым-заде А.Г., Байрамов Я.А., Тагиров В.И. Неравновесное спрямление зон в барьерах Шоттки под действием электрического поля. // ФТП. 1982, т.16, № 9, с. 1665-1667.
10. Ахундов Г.А., Абдинов А.Ш., Кязым-заде А.Г., Мехтиев Н.М. Об одном возможном механизме эффекта переключения в слоистых полупроводниковых соединениях $A^{III}B^{VI}$. // Микроэлектроника. 1975, в. 4, с. 465-467.
11. Абдинов А.Ш., Бабаева Р.Ф. К вопросу о механизме влияния легирования редкоземельными элементами на фотолюминесценцию монокристаллов соединений A_3B_6 со слоистой структурой // Прикладная физика, 2004, № 5, с. 74-78.

**ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ В ЧАСТИЧНО-
НЕУПОРЯДОЧЕННЫХ СЛОИСТЫХ КРИСТАЛЛАХ
СОЕДИНЕНИЙ $A^{III}B^{VI}$, ЛЕГИРОВАННЫХ ЛАНТАНОИДАМИ**

А.Ш.АБДИНОВ, Р.Ф.БАБАЕВА

РЕЗЮМЕ

В представленной работе даны результаты комплексного исследования некоторых особенностей электролюминесценции в чистых, а также легированных лантаноидами типа гадолиний, гольмий, диспрозий с различным процентным содержанием в кристаллах p-GaSe и n-InSe.

Установлено, что в кристаллах p-GaSe<Ld> и n-InSe<Ld> зависимость электролюминесценции от процентного содержания, а не от химической природы введенной примеси связана с тем, что атомы рассмотренных элементов не входят в кристаллы p-GaSe и n-InSe как центры олучствления или же свечения. Может ионы этих химических элементов, войдя в слои или же межслойное пространство, в конечном результате превращают исследуемые кристаллы в композитные материалы.

**FEATURES OF ELECTROLUMINESCENCE IN
PARTIALLY-DISORDER LAYERED CRYSTALS OF $A^{III}B^{VI}$ TYPE
ALLOYED BY LANTHANIDES**

A.Sh.ABDINOV, R.F.BABAYEVA

SUMMARY

In this paper some features of electroluminescence have been complexly investigated in pure and doped by Gd, Ho and Dy lanthanides with various concentrations, crystals of p-GaSe and n-InSe. It is established that the dependence of electroluminescence in crystals of p-GaSe<Ld> and n-InSe<Ld> on the atomic percentage but not on the chemical nature of the included lanthanide atoms, shows that lanthanide atoms are not the sensitive or light centers. The ions of chemical elements with little radius by entering layers and interlayers transform the crystals to composite materials.