

RADİOAKTİV ŞÜALANMANIN $TlIn_{1-x}Eu_xSe_2(x;0,01;0,03;0,05)$ BƏRK MƏHLUL KRİSTALININ QƏFƏS İSTİLİKKEÇİRMƏSİNƏ TƏSİRİ

¹N.S. SƏRDAROVA, ²N.F. QƏHRAMANOV, ²A.A. AĞABALAYEVA, ²E.S. QARAYEV,
²Y.Q. NURULLAYEV, ¹K.M. HÜSEYNOVA

¹Sumqayıt Dövlət Universiteti, Sumqayıt, Azərbaycan

²Bakı Dövlət Universiteti, Bakı, Azərbaycan

İşdə nadir torpaq element atomları daxil edilmiş $TlInSe_2$ bərk məhlul kristalının 100-600 K temperatur intervalında istilik-keçirmə əmsali tədqiq olunmuşdur. Kristal Bricsen-Stokbarqer üsulu ilə alınmışdır. İstilikkeçirmə əmsali stasionar metodla paralelopiped formalı nümunələrdə ölçülmüşdür. $TlInSe_2$ bərk məhlul kristalına əlavə olunan nadir torpaq element atomlarını γ – şüaları ilə şüalandırdıqda maddənin həm istilik keçirməsinin temperatur asılılığı, həm də onun ədədi qiyməti kəskin dəyişir. Aşağı temperaturda istilikkeçirmədə akustik fononlar, nisbətən yüksək temperaturalarda isə optik fononlar iştirak edir.

Müəyyən olunmuşdur ki, γ - kvantlarla şüalanmış kristallarda 400K-dən yuxarı temperatura artır. Artım kristalda defekt-lərin konsentrasiyasının azalması ilə əlaqədardır.

Açar sözlər: bərk məhlul kristalı, anizotrop kristal, radioaktiv şüalanma, qamma kvantlar, elektrik keçiriciliyi, elektrik keçiricilik, istilik keçirmə, qəfəs istilikkeçirməsi, istilik müqaviməti, fonon səpilməsi, defektli quruluş.

DOI:10.70784/azip.2.2026103

Yarımkeçiricilər elektronikasısı qarşısında xarici təsirlərə davamlı, γ – şüalara qarşı həssas, yüksək temperaturda fiziki xassələrini saxlayan davamlı bircins kristalların alınma problemi müasir dövrdə mikroelektronikanın və nüvə energetikasının sürətli inkişafı zamanı həmişə aktualdır. Son vaxtlar $A^{III}B^{III}C_2^{VI}$ qrupuna aid olan müxtəlif tərkibli bərk məhlul kristalları alınaraq, onların fiziki xassələri geniş tədqiq olunur. Bu sahədə tədqiqatlar və praktik araşdırmalar üçün xüsusi əhəmiyyət kəsb edən materiallardan biri də $A^{III}B^{III}C_2^{VI}$ qrup yarımkeçiricilər sinfinə daxil olan $TlInSe_2$ və $TlInS_2$ tipli üçqat birləşmələrdir. [1, 2, 3.]

$TlInSe_2$ bərk məhlul kristalı $A^{III}B^{III}C_2^{VI}$ tip birləşmələr qrupuna daxil olan, fundamental xüsusiyyətlərə malik anizotrop xassəli kristaldır. Ədəbiyyatdan [1, 2] məlumdur ki, kristalda "c" kristalloqrafik oxla nəzərən müxtəlif kristalloqrafik oxlar istiqamətlərində defektlərin paylama konsentrasiyasının dəyişir. Bu dəyişmə (10^{16} - $10^{17}sm^{-3}$) tərtibindədir. Bu tip kristallarda mövcud defektlərin xüsusiyyətləri və onların bir sıra xassələrə (elektrik, istilik, optik) təsirinin araşdırılması bu tip kristalların praktik tətbiqində xüsusi əhəmiyyət kəsb edir.

Elektronikada spektrin infraqırmızı oblastında işləyən optik cihazlarda və müxtəlif təyinatlı detektorlarda $TlInSe_2$ bərk məhlul kristallarından geniş istifadə olunur. Bu kristallardan hazırlanmış cihazların parametrlərinin təcrübi şəraitdə onların parametrlərinin pozulmasına səbəb maddənin tərkibində müxtəlif strukturalı defektlərinin və kristalda mövcud aşqarların konsentrasiyalarının yüksək olmasıdır. Belə çatışmamazlığı aradan qaldırmaq üçün əsas matrisaya müəyyən faizli nadir torpaq element atomları daxil edilir. Amma bu halda kristalın tərkibində yeni xassəli struktur defektləri yaranır.

Ədəbiyyatdan [4,5] məlumdur ki, müxtəlif faizli nadir torpaq element atomları daxil edilmiş $TlIn_{1-x}Ln_xSe_2$ (Ln, La, Dy, Eu, Ho və s.) bərk məhlul kristallarının elektrofiziki xassələri kəskin dəyişir. Bu halda yeni texnoloji proseslərin işlənməsi mühüm əhə-

miyyət kəsb edir ki, bu da bərk məhlul kristalının elektrofiziki xassələrinin dəyişməsi və stabil qalmasını təmin etmək üçündür. Bu məqsədlə istifadə olunan metodlardan biri də bərk məhlul kristalının qamma kvantlarla şüallandırılmasıdır. $TlIn_{1-x}Ln_xSe_2$ tip bərk məhlullarda fiziki xassələrin radiasiya şüalarının (γ) təsirdən və aşqar atomlardan asılı olaraq idarə olunması modelinin hazırlanması həm elmi, həm də təcrübi cəhətdən əhəmiyyətlidir. Ədəbiyyatlardan [4, 5] məlumdur ki, radiasiya şüalarının (γ) təsiri nəticəsində yarımkeçirici kristalların strukturunda dayaz və dərin səviyyələr yaranır. Bu səviyyələr yükdaşıyıcılar üçün rekombinasiya rolunu oynayır ki, bu da nəticədə onların işləmə qabiliyyətini, yaşama müddətini, həmçinin onlar əsasında yaradılan termo-fotoçeviricilərin effektivliyinin azalmasına gətirir. Bu baxımdan, radiasiya şüalarının təsiri nəticəsində yarımkeçirici cihazlarda radiasiya effektlərinin öyrənilməsi elmi və təcrübi cəhətdən mühüm əhəmiyyət daşıyır. Qeyd olunan effektlərin öyrənilməsi yarımkeçirici materialların, o cümlədən, onlar əsasında hazırlanan cihazların radiasiya davamlılığının artırılması yollarının müəyyənləşdirilməsində mühüm rol oynaya bilər. Yaxın infraqırmızı şüalanma, rentgen, qamma (γ), neytron, şüalanmalarının detektorları, güncəş enerji çeviriciləri, termoelementlər, yaddaşlı çeviricilər və s. kiimi cihazlar işlənilib hazırlanmasında halogenid əsaslı birləşmələr əsasında alınan bərk məhlul kristallarından perspektivli materiallar kimi hesab edilir. [6,7].

İşdə məqsəd müxtəlif faizli Eu (lantanoid) atomları əlavə olunmuş $TlIn_{1-x}Eu_xSe_2$ sistem bərk məhlul kristallarının struktur formalaşması xüsusiyyətlərini, onların istilikkeçirmə xassələrini araşdırmaq, bu tip bərk məhlullarda istilik keçirmənin mexanizminə müxtəlif təbiətli defektlərin, radiasiya şüalarının təsirini araşdırmaq və öyrənmək, eləcə də bu materialların tətbiq sahələrini müəyyənləşdirməkdir.

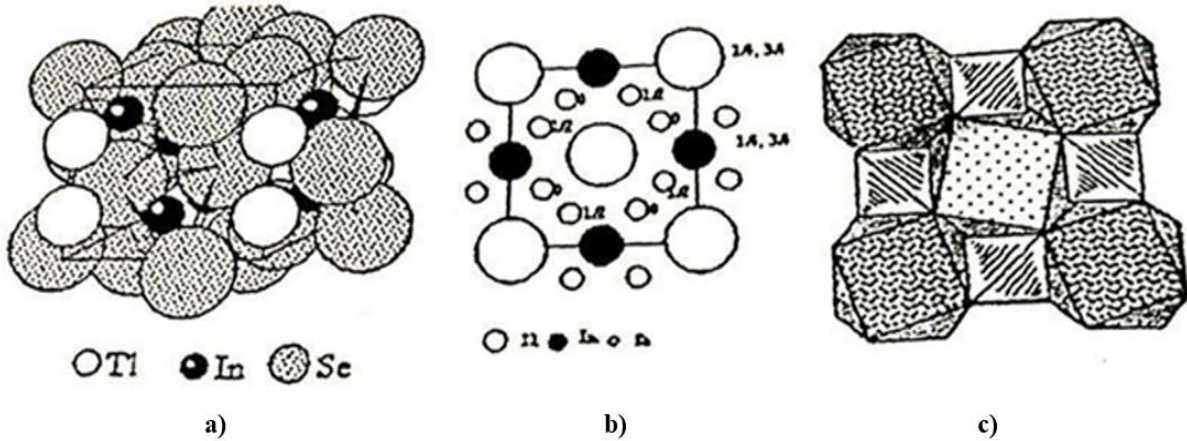
Frenkel defekti kristalda radioaktiv şüalanma zamanı yaranır [8]. Kristala γ -kvantlarla və rentgen şüaları ilə təsir etdikdə kristal daxilində elektronların hə-

yəcanlaşması və ionlaşma baş verir və maddənin daxilində sürətli elektronlar selinin yaranmasına səbəb olur. Kristal daxilində elektronun elastiki toqquşması zamanı atomun yerdəyişməsi (öz vəziyyətindən sürüşməsi) baş verir.

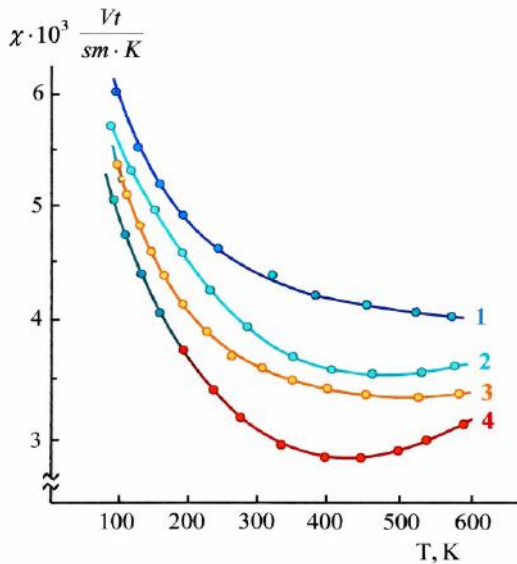
Bərk cisimlərdə yaranan defektlərin təbiəti haqqında daha qiymətli məlumat şüalandırılmış kristalların termik işlənməsindən (termik tablaşdırılmasından) alınır. Radiasiya defektləri olan kristal dayanıqsız sistemdir. Müəyyən təsirdən sonra kristalda defektlərin müəyyən hissəsi kompensasiya olunur, nəticədə defektlərin sayı azalır və kristal öz ilkin tarazlıq halına qaydır. γ - kvantlarla şüalanmadan sonra istilikkeçirmənin temperatur asılılığının xarakteri dəyişir.

TlInSe₂ kristalı γ - kvantlarla şüalandırıldıqda radiasiya-stimullaşma prosesləri baş verir. Bu proseslərin idarə olunması kristalların elektrik parametrlərini məqsədyönlü şəkildə dəyişməyə imkan verir. TlInSe₂ bərk məhlul kristalına əlavə olunan nadir torpaq element atomlarını γ - şüaları ilə şüalandırıldıqda maddənin həm istilik keçirməsinin temperatur asılılığı, həm də onun ədədi qiyməti kəskin dəyişir. Aşağı temperaturda istilikkeçirmədə akustik fononlar, nisbətən yüksək temperaturalarda isə optik fononlar iştirak edir.

Şəkil 1-də TlInSe₂ bərk məhlul kristalının kristal qəfəsi (a), atomların bazis müstəvisində proyeksiyaları (b) və atomların yerləşmələri (c) göstərilmişdir.



Şəkil 1. (a), kristal qəfəsi, (b) atomların bazis müstəvisində proyeksiyaları, (c) atomların yerləşmələri .

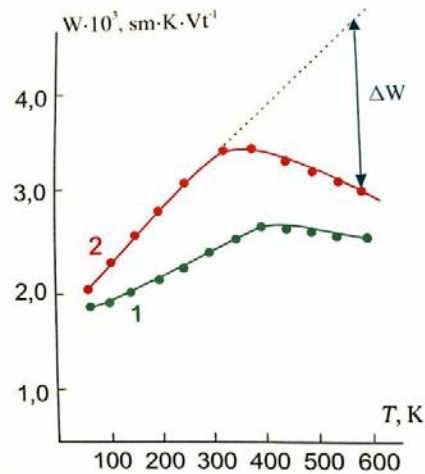


Şəkil 2. İstilikkeçirmə əmsalının temperatur asılılığı. TlInSe₂ üçün: 1- şüalanma olmayanda; (2) - 50kQrey γ - ilə şüalanma olanda (3) - 100 kQrey γ - kvantlarla; (4) - 150 kQrey γ - kvantlarla şüalanmış nümunələr üçün.

Şəkil 2-də radioaktiv şüalanmamış (1) və uyğun olaraq, müxtəlif dərəcədə şüalanmış 50 kQrey: (2) - 100 kQrey, (3) - 150 kQrey (4) - γ - kvantlarla şüalanmış nümunələr üçün istilikkeçirmə əmsalının temperatur asılılığı verilmişdir.

İstilikkeçirmə əmsalının temperatur asılılığından görünür ki, γ - şüaları ilə şüalanma artdıqca istilikkeçirmə əmsalının qiyməti artır.

Nöqtəvi defektlər yüksək temperaturalarda istilik müqavimətində zəif əlaqə yaradır. Radiasiya nəticəsində yaranan defektləri olan kristal tarazlıqda olmayan sistemdir.[8]. Zaman keçdikcə kristal normal hala yaxınlaşır və defektlərin sayı azalır. Nəticədə kristalda fononların səpilməsi iki proseslə baş verir: optik və akustik fononlarla.



Şəkil 3. Şüalanmamış və şüalanmış nümunələr üçün istilik müqavimətinin temperatur asılılığı: 1- şüalanmamış, 2 - 150 kQrey şüalanmış nümunə üçün.

Şəkil 3-də $TlIn_{0.95}Eu_{0.05}Se_2$ kristal üçün şüalanmadan əvvəl və şüalanmadan sonra istilik müqavimətinin temperatur asılılığı verilmişdir. Şəkildən görünür ki, alçaq temperaturda (100-350K temperaturda) çox ehtimal ki, Ln-Se rabitəsi həyəcənlaşır. 250K-dən yuxarı temperaturalarda Se-Se rabitəsi həyəcənlaşır. Şüalanmış

kristallarda 400K-dən yuxarı temperaturalarda isə, oksidə istilikkeçirmə əmsalı artır. Bu fakt şüalanma nəticəsində defektlərin azalması ilə əlaqədardır. İstilikkeçirmə əmsalının temperatur asılılığı və ədədi qiyməti tədqiq olunan kristalda istilik enerjisinin fononlarla daşındığını təsdiq edir.

-
- [1] Э.М. Керимова. Кристаллофизика низкоразмерных халькогенидов. Баку, Элм, 2012, 708 с.
- [2] Н.С. Сардарова, Б.Ш. Бархалов, Ю.Г. Нуруллаев, Н.А. Вердиева, М.Б. Джафаров. Электрические свойства кристаллов твердых растворов $TlInS_2-TlEuS_2$ различного состава. Наука, техника и образование, Москва, 2016, № 11 (29), с.61-66 (Импакт-фактор РИНЦ 1,56)//
- [3] N.S. Sardarova, N.Ə. Verdiyeva, M.Ə. Cəfərov, Y.Q. Nurullayev. $TlIn_{1-x}Dy_xSe_2$ bərk məhlul kristalların elektron xassələrinə Dy atomlarının təsiri, Bakı Universiteti xəbərləri, Bakı, 2017, 3, səh. 136–142.
- [4] Н.С. Сардарова, Б.Ш. Бархалов, Ю.Г. Нуруллаев. Электронные свойства $TlInSe_2$, Ж. Наука, техника и образования. 2016, № 11 (29), с.6–9.
- [5] С.Н. Мустафаева, А.И. Гасанов. Релаксационные явления в монокристаллах $TlGa_{0.99}Fe_{0.01}Se_2$. ФТТ, 46, 11, 1937, 2004, с.1937.
- [6] Ф.В. Чудновский. Теплопроводность полупроводников, Наука, 1992, 603 с.
- [7] М.М. Зарбалиев. Теплопроводность твердых растворов системы $TlInTe_2 - TlNdTe_2$. Физика, Т. 3, № 4, 1997, с. 35-38.
- [8] В.С. Оскотский. Дефекты в кристаллах и теплопроводность. Л.: Наука, 2003, 110 с.

**N.S. Sardarova, N.F. Gahramanov, A.A. Agabalayeva, E.S. Garayev,
Y.G. Nurullayev, K.M. Guseinova**

**EFFECT OF RADIOACTIVE RADIATION ON THE CAGE HEAT CONDUCTIVITY OF
 $TlIn_{1-x}Eu_xSe_2(x:0.01;0.03;0.05)$ SOLID SOLUTION CRYSTAL**

In this work, the thermal conductivity of a $TlInSe_2$ solid solution crystal with rare earth element atoms incorporated in it was studied in the temperature range of 100-600 K. The crystal was obtained by the Bridgman-Stockbarger method. The thermal conductivity was measured on parallelepiped-shaped samples by the stationary method. When rare earth element atoms added to a $TlInSe_2$ solid solution crystal are irradiated with γ -rays, both the temperature dependence of the thermal conductivity of the material and its numerical value change sharply. At low temperatures, acoustic phonons participate in thermal conductivity, and at relatively high temperatures, optical phonons participate.

It was found that in crystals irradiated with γ -quanta, it increases to temperatures above 400 K. The increase is associated with a decrease in the concentration of defects in the crystal.

Qəbul olunma tarixi: 21.01.2026