

AZƏRBAYCAN MİLLİ ELMLƏR AKADEMİYASI
akademik H.M. ABDULLAYEV adına FİZİKA İNSTİTUTU

Əlyazması hüququnda

NURANƏ ƏLİSLAM QIZI ƏLİYEVƏ

**(TLINSE2)1-X(TLGATE2)X BƏRK MƏHLULLARINDA
ELEKTRİK DAYANIQSIZLIĞI HALLARININ, SUPERİON
KEÇİRİCİLİYİNİN VƏ DİELEKTRİK RELAKSASIYANIN
XÜSUSİYYƏTLƏRİ**

2220.01 – yarımkəçiricilər fizikası

Fizika üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi
almaq üçün təqdim olunmuş dissertasiyanın

A V T O R E F E R A T I

BAKİ -2015

İş Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının H.M. Abdullayev adına Fizika İnstitutunda və Radiasiya Problemləri İnstitutunda yerinə yetirilmişdir

Elmi rəhbərlər:

Fizika-riyaziyyat elmləri doktoru, professor

R.M. Sərdarlı

Fizika-riyaziyyat elmləri doktoru, professor

E.M. Kərimova

Rəsmi opponentlər:

Fizika-riyaziyyat elmləri doktoru, professor

S.İ. Mehdiyeva

Fizika-riyaziyyat elmləri doktoru, professor

Z.Ə. İsgəndərzadə

Aparıcı təşkilat: Bakı Dövlət Universitetinin “Yarımkeçiricilər fizikası” kafedrası

Dissertasiyanın müdafiəsi “30___” 09__ 2015 ci il saat ___ -da AMEA-nın H.M. Abdullayev adına Fizika İnstitutu nəzdində D.01.011 sayılı Dissertasiya Şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: AZ1143, Bakı ş. H. Cavid prospekti 131.

Dissertasiya ilə Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası H.M. Abdullayev adına Fizika İnstitutunun kitabxanasında tanış olmaq olar.

Avtoreferat “___” _____2015 ci ildə göndərilmişdir.

Disseratasiya Şurasının elmi katibi:

fizika-riyaziyyat elmləri doktoru, professor



D.H. ARASLI

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı. Bərk cisim elektronikasının müasir qurğularına qarşı tələblərin durmadan artması dəyişən elektrik sahələrində nəhəng dielektrik nüfuzluluğu və nəhəng elektrik keçiriciliyinə, xassələri sahənin tezliyi ilə idarə oluna bilən unikal fiziki xüsusiyyətlərə malik materialların işlənilib hazırlanması problemini aktuallaşdırır. Bu baxımdan relaksasiya polyarlaşması proseslərindən, o cümlədən komponent və ya fazaların heterogenliyi ilə bağlı proseslərdən istifadə etmək imkanı ön plana çıxır. Bu, öz növbəsində, dielektriklərin təsvir olunan fiziki xüsusiyyətlərinin yaranmasına səbəb olan relaksasiya polyarlaşması prosesləri haqqında informasiyanın əldə edilməsini tələb edir.

Müasir nano- və mikroelektronikanın inkişafının xüsusiyyəti materialların aşağı ölçülü xarakteri ilə, eləcə də aşağı ölçülü effektlərlə bağlı meta xassələrinə əsaslanan prinsipə yeni fiziki hadisələrdən istifadə olunması təmayüllərindən ibarətdir. Meta xassələr əsasən nizamsız heterogen sistemlərdə, mezoskopik quruluşlu kompozit materiallarda, bərk məhlullarda və s. müşahidə olunur. Bərk məhlulların quruluşunun xüsusiyyəti ondan ibarətdir ki, bu sistemlərdə ideal kristalloqrafiya simmetriyası saxlanılmaqla, kristal matrisinin düyünlərinin nizamsız dolması (translyasiya nizamsızlığı) hesabına yaranır. Bu halda kristal alt-qəfəslərin bəziləri nizamsızlaşmış olur, digərləri isə nizamlı olaraq qalır (mövqe nizamsızlığı) və s.

Nizamsız materialların enerji spektrlərində spesifik xüsusiyyətlər özünü göstərir: həmin materiallarda dielektrik xassələrin relaksasiya proseslərinin mexanizmi dəyişir, yük daşınması prosesində səciyyəvi xüsusiyyətlər meydana çıxır.

Son illərdə fəal tədqiq olunan məhdud ölçülü keçirici materiallar, topoloji nizamsız sistemlər, nano-kompozit materiallarda (aşağı ölçülü sistemlər) kvant Holl effekti, nəhəng maqnit müqaviməti, nəhəng dielektrik relaksasiyası, nəhəng pyezomodul qiymətləri, relaksor hadisələri və s. müşahidə olunur.

Dissertasiya işinin məqsədi: TlInSe_2 - TlGaTe_2 sisteminin fiziki-kimyəvi xassələrinin tədqiqi, bərk məhlulların geniş temperatur-tezlik intervalllarında və elektrik sahə altında, elektrik keçiriciliyinin və dielektrik relaksasiyanın mexanizmlərinin müəyyənəşdirilməsi.

Qarşıya qoyulan məqsədə çatmaq üçün aşağıdakı məsələlər həll edilməli idi:

- TlInSe_2 - TlGaTe_2 sisteminin fiziki-kimyəvi xassələrinin kompleks

tədqiqi və sistemin hal diaqramının qurulması;

- müvafiq texnoloji rejim seçməklə $(\text{TiInSe}_2)_{1-x}(\text{TiGaTe}_2)_x$ sistemi bərk məhlulların sintezi və monokristallarını yetişdirməsi;

- alınan kristalların rentgenquruluş, differensial-termik analiz (DTA) metodları ilə tədqiqi;

- $(\text{TiInSe}_2)_{1-x}(\text{TiGaTe}_2)_x$ sistemi bərk məhlullarının elektrik keçiriciliyinin geniş temperatur (100-450 K) və tezlik ($25 \cdot 10^6$ Hz) intervalında tədqiqi;

- $(\text{TiInSe}_2)_{1-x}(\text{TiGaTe}_2)_x$ sistemi bərk məhlulların superion keçiriciliyinin tədqiqi;

- $(\text{TiInSe}_2)_{1-x}(\text{TiGaTe}_2)_x$ sistemi bərk məhlulların Volt-Amper xarakteristikalarının, çevirmə və yaddaş effektlərinin tədqiqi;

- $(\text{TiInSe}_2)_{1-x}(\text{TiGaTe}_2)_x$ sistemi bərk məhlulların sahə təsiri altında cərəyan sıxlığının və Pul-Frenkel effektinin tədqiqi;

- $(\text{TiInSe}_2)_{1-x}(\text{TiGaTe}_2)_x$ sistemi bərk məhlullarında dielektrik relaksasiyasıya hadisələrinin tədqiqi;

- $(\text{TiInSe}_2)_{1-x}(\text{TiGaTe}_2)_x$ sistemi bərk məhlulların impedans spektrinin tədqiqi.

İşin elmi yeniliyi:

1. TiInSe_2 - TiGaTe_2 sisteminin xəlitələri tədqiq olunaraq hal diaqramı qurulmuş və sistemin bərk halda məhdud həll olmaya malik evtektik tipli kvazibinar diaqramlara aid olduğu müəyyən edilmişdir.

2. $(\text{TiInSe}_2)_{1-x}(\text{TiGaTe}_2)_x$ ($x=0; 0,1; 0,2; 0,8; 0,9; 1,0$) sistemi bərk məhlullarında aşağı temperaturalarda (100-300 K) elektrik keçiriciliyinin sıçrayışlı xarakter daşdığı müəyyən edilmiş və Mott yaxınlaşması çərçivəsində izah edilmişdir.

3. Göstərilmişdir ki, $(\text{TiInSe}_2)_{1-x}(\text{TiGaTe}_2)_x$ ($x=0; 0,1; 0,2; 0,8; 0,9; 1,0$) sistemi bərk məhlulları nümunələrinin elektrik keçiriciliyinin temperatur asılılığında ($\sigma(T)$) 300 K-dən yuxarı temperaturalarda müşahidə olunan xüsusiyyətlər kristalın superion halına keçidi ilə bağlıdır.

4. Müəyyən edilmişdir ki, $(\text{TiInSe}_2)_{1-x}(\text{TiGaTe}_2)_x$ ($x=0; 0,1; 0,2; 0,8; 0,9; 1,0$) sistemi bərk məhlullarının $\sigma \sim (E^{1/2})$ asılılıqlarında istilik-sahə Pul-Frenkel effekti nəzərə alınmaqla, VAX-ın qeyri-xətti hissəsi zəif sahə effekti ilə şərtlənir.

5. Müəyyən edilmişdir ki, $(\text{TiInSe}_2)_{1-x}(\text{TiGaTe}_2)_x$ ($x = 0; 0,1; 0,2; 0,8; 0,9; 1,0$) sistemi bərk məhlullarında mövcud olan defektlər arasında yükdaşıyıcıların sıçrayışlı mübadiləsi dipolların yaranmasına və bu da dielektrik nüfuzluluğunun qiymətinin artmasına gətirib çıxarır. Kompleks dielektrik nüfuzluluğunun xəyali hissəsinin həqiqi hissəsindən asılılığı ($\epsilon''(\epsilon')$)

tipik qövsü təsvir etmir, xətti qanuna tabe olur.

6. $(\text{TlInSe}_2)_{1-x}(\text{TlGaTe}_2)_x$ ($x=0,8; 0,9; 1$) sistemi bərk məhlulları nümunələrində “S”-şəkilli çevirmə və yaddaş effekti müşahidə olunur.

7. Sabit elektrik sahəsində TlInSe_2 və TlGaTe_2 kristallarında elektrik keçiriciliyinin zaman keçdikcə azalması aşkar edilmiş və keçiricilikdə elektron və ion yükdaşıyıcılarının payı qiymətləndirilmişdir. Bərk məhlulların kompleks impedans spektri öyrənilmiş və ekvivalent sxem təklif edilmişdir.

Müdafiəyə çıxarılan əsas elmi müddəalar:

1. TlInSe_2 - TlGaTe_2 sistemin hal diaqramı bərk halda məhdud həll olmaya malik evtektik tip kvazibinar sistemdir və evtektikanın koordinatları 973 K və 55,0 mol.% TlGaTe_2 -dir.

2. $(\text{TlInSe}_2)_{1-x}(\text{TlGaTe}_2)_x$ ($x=0; 0,1; 0,2; 0,8; 0,9; 1,0$) bərk məhlullarında, 100-300 K temperatur intervalında elektrik keçiriciliyi sıçrayışlı xarakter daşıyır və Mott yaxınlaşması çərçivəsində izah olunur.

3. $(\text{TlInSe}_2)_{1-x}(\text{TlGaTe}_2)_x$ ($x=0; 0,1; 0,2; 0,8; 0,9; 1,0$) bərk məhlulları 300 K-dən yuxarı temperaturlarda sistem superior hala keçir.

4. $(\text{TlInSe}_2)_{1-x}(\text{TlGaTe}_2)_x$ ($x=0,8; 0,9; 1,0$) bərk məhlullarının Volt-Amper xarakteristikasının qeyri-xətti hissəsində cərəyan zəif sahə effekti ilə şərtlənir və Frenkelin istilik-sahə nəzəriyyəsi çərçivəsində izah olunur.

5. $(\text{TlInSe}_2)_{1-x}(\text{TlGaTe}_2)_x$ ($x=0; 0,1; 0,2; 0,8; 0,9; 1,0$) bərk məhlullarında olan defektlər arasında yükdaşıyıcıların sıçrayışla yenidən yüklənməsi dielektrik nüfuzluluğunun artması ilə yanaşı, dielektrik itkilərinə də gətirir.

6. Tədqiq olunan bərk məhlulların nümunələrində “S”-şəkilli çevirmə və yaddaş effekti müşahidə olunur. Keçiriciliyin ion payının 300 K-dən yuxarı temperaturlarda üstünlük təşkil etdiyi müəyyən edilmişdir.

7. Tədqiq edilən temperatur və tezliklər intervalında $(\text{TlInSe}_2)_{1-x}(\text{TlGaTe}_2)_x$ ($x=0; 0,1; 0,2; 0,8; 0,9; 1,0$) sistemi bərk məhlulların elektrik xassələri sıçrayışlı keçiriciliklə və bloklayıcı elektrodların yaxınlığında yükdaşıyıcıların yığılması ilə müəyyən edilir.

İşin praktiki əhəmiyyəti:

Dissertasiyada alınmış nəticələr elektron çeviricilərinin, qidalanma mikrobatareyalarının, 0,5-voltlu nanoelektronika üçün superkondensatorların, ionistorların (ifrat böyük tutuma malik kondensatorların), yaddaş özəklərinin hazırlanması üçün münasib material kimi istifadə edilə bilər.

Tədqiqatlar göstərdi ki, $(\text{TlInSe}_2)_{1-x}(\text{TlGaTe}_2)_x$ ($x = 0; 0,1; 0,2; 0,8; 0,9; 1,0$) bərk məhlullarında özünü aşağı müqavimətli halın uzun müddət

(~50 saat) saxlanılması kimi büruzə verən “yaddaş effekti” mövcuddur. Bu, tədqiq edilmiş bərk məhlullardan fiziki parametrləri faza tərkibi dəyişməklə idarə olunan perspektivli yaddaş özləkləri kimi istifadə etməyə imkan verir.

İşin approbasiyası. Dissertasiyanın nəticələri aşağıdakı konfranslarda məruzə edilmişdir: “Fizikanın Müasir Problemləri, IV Respublika elmi-praktik konfransı” (Bakı, 2010 il.); “Fizikanın Müasir Problemləri, V Respublika elmi-praktik konfransı” (Bakı, 2011 il.); “AMEA-nın doktorantlarının elmi konfransı” (Bakı, 2011 il.); “7th International Conference on Technical and Physical Problems of Power Engineering” (Cyprus, 2011); “Gənc alimlərin II Respublika İnnovativ İdeya Yarmarkası çərçivəsində Gənc alimlərin elmi konfransı” (Bakı 2012); “3rd International Conference on Nanotechnology: Fundamentals and Applications” (Canada, 2012); “International Conference on Nanotechnology: Fundamentals and Applications” (Canada, 2013); “Fizikanın Müasir Problemləri, VII Respublika elmi-praktik konfransı” (Bakı, 2013); Akademik B.M. Əsgərovun 80 illik yubleyinə həsr olunmuş “Fizikanın aktual problemləri Beynəlxalq elmi konfransı” (Bakı, 2013); “1st International scientific conference of young scientists and specialists, The role of multidisciplinary approach in solution of actual problems of fundamental and applied sciences (Bakı, 2014); “Fizikanın Müasir Problemləri, VIII Respublika elmi-praktik konfransı” (Bakı, 2014).

Nəşrlər. Dissertasiya işinin mövzusunə aid Respublika və xarici elmi jurnallarda 19 elmi əsər, o cümlədən 8 məqalə, 11 konfrans materialı nəşr olunmuşdur.

Dissertasiyanın strukturu və həcmi. Dissertasiya işi girişdən, dörd fəsildən, əsas nəticələrdən və istinad edilmiş ədəbiyyat siyahısından ibarətdir. İş 190 səhifədə şərh olunmuşdur və işdə 70 şəkil, 9 cədvəl vardır. İstinad olunmuş ədəbiyyat siyahısına 134 adda iş, o cümlədən müəllifin şəxsi məqalələri daxildir.

Girişdə dissertasiyanın mövzusunun aktuallığı əsaslandırılmış, görülən işin məqsədi, elmi yeniliyi, praktiki əhəmiyyəti göstərilmişdir, müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar, aprobasiya dərəcəsi, nəşrlər barədə məlumat verilmiş, həmçinin işin fəsilər üzrə əsas məzmunu qısaca şərh olunmuşdur.

Dissertasiya işinin **I fəslində** $A^3B^3C^6$ tip zəncirvari quruluşlu birləşmələrin elektrofiziki xassələri, bu qrup birləşmələr əsasında alınan kristalların ion keçiriciliyinin nəzəri əsasları, yarımkeçirici birləşmələrdə ion və superior halına faza keçidi, yarımkeçirici birləşmələrdə çevirmə və

yaddaş effektinə, $A^3B^3C_2^6 - A^3B^3C_2$ tipli sistemlərdə kimyəvi qarşılıqlı təsirə aid ədəbiyyat materialları toplanaraq təhlil edilmişdir.

Dissertasiya işinin **II fəsilində** $(TlInSe_2)_{1-x}(TlGaTe_2)_x$ sistemi bərk məhlullarının sintezi və monokristallarının yetişdirilməsi metodu şərh olunmuş, fiziki - kimyəvi və fiziki xassələrin tədqiqi metodikası təsvir olunmuşdur. Bundan başqa bu fəsildə $(TlInSe_2)_{1-x}(TlGaTe_2)_x$ sistemi bərk məhlulların elektrik və dielektrik xassələrini tədqiq etmək üçün qurğuların sxemi və onların işləmə prinsipi verilmişdir. Fəsildə həmçinin impedans spektrinin ölçülməsi metodikası şərh edilmişdir.

Dissertasiyanın **üçüncü fəsl** $TlInSe_2-TlGaTe_2$ sisteminin fiziki-kimyəvi xassələrinin kompleks tədqiqinə, $(TlInSe_2)_{1-x}(TlGaTe_2)_x$ ($x=0; 0,1; 0,2; 0,8; 0,9; 1,0$) sistemi bərk məhlulların elektrik keçiriciliyinin temperatur asılılığına, superion keçiriciliyinin, çevirmə və yaddaş effektinin və eləcə də dielektrik relaksasiyanın tədqiqinə həsr olunmuşdur.

$A^3B^3C_2^6 - A^3B^3C_2$ tipli sistemlərin hal diaqramlarının təhlili nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, bu tip sistemlərin bərk məhlullarında geniş həllolma sahələri mövcuddur.

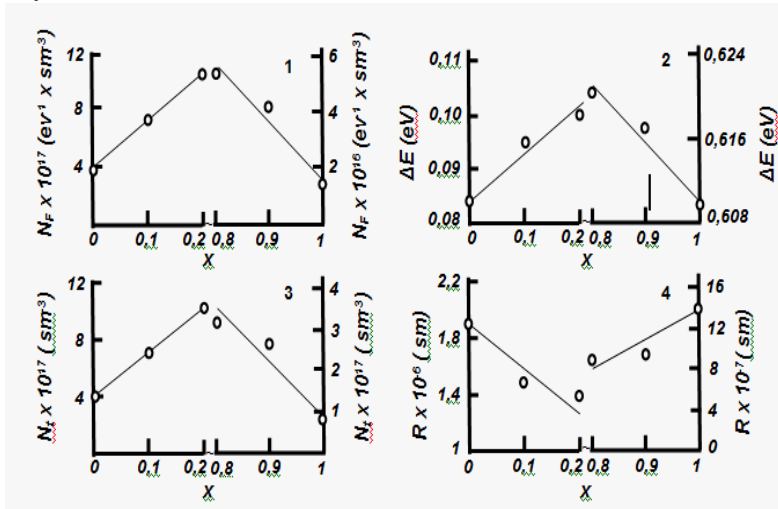
Ədəbiyyatdan məlumdur ki, qeyri-məhdud bərk məhlullar $TlGaS_2 - TlInS_2$, $TlGaS_2-TlGaSe_2$, $TlInTe_2 - TlGaTe_2$, $TlInSe_2 - TlInTe_2$ sistemlərində yaranır. Bu sistemlərdə iştirak edən birləşmələrin elementar özəyinin a parametrinin fərqlənməsi $\Delta a = 1,0-6,4\%$ arasında dəyişməsinə baxmayaraq, c parametridə dəyişmə (Δc) isə son dərəcə zəifdir. $A^3B^3C_2^6 - A^3B^3C_2$ tipli sistemlərin bazisində likvidus əyrisində minimumun yaranması müşahidə olunur, mövcud diaqramlar üzrə apardığımız təhlil göstərmişdir ki, bu hal qəfəs parametrləri kiçik olan komponentin əvəzləmə zamanı parametrləri böyüdüüyü halda hal diaqramında ona yaxın sahələrdə baş verir.

$A^3B^3C_2^6$ tip birləşmələrdə anion və kation əvəzlənməsinin əsas xassələri kifayət qədər öyrənilmişdir. Belə bərk məhlullarda əvəz edən atomun ölçülərindən asılı olaraq, qəfəs tipi saxlanmaqla elementar özəyin parametrlərinin qismən dəyişməsi baş verir. Bu zaman qəfəsin düyünlərində atomların statik paylanması nəticəsində kristalların transilyasiya ardıcılığı pozulur və belə qarışıq kristallar nizamsız sistemlərinin analoquna çevrilir.

Beləliklə, $TlInSe_2 - TlGaTe_2$ sistemi xəlitələrinin fiziki-kimyəvi xassələrinin kompleks tədqiqatlarının nəticələrinə əsasən hal diaqramı verilmişdir və sistemin bərk halda məhdud həll olmaya malik evtektik tipli kvazibinar kəsik olduğu aşkar olunmuşdur. Tədqiq olunan sistemdə $TlInSe_2$ əsasında həllolma 30,0 mol.%, $TlGaTe_2$ əsasında isə 25,0 mol.% təşkil

etdiyi və sistemdə evtektikanın 55,0 mol.% TlGaTe_2 – də və 973K temperaturda yarandığı müəyyən olunmuşdur.

Həmçinin bu fəsildə, $(\text{TlInSe}_2)_{1-x}(\text{TlGaTe}_2)_x$ ($x=0; 0,1; 0,2; 0,8; 0,9; 1,0$) sistemli bərk məhlulların elektrik keçiriciliyinin 80-300 K temperatur intervalında ($\sigma(T)$) tədqiqinin nəticələrinə əsasən sıçrayışlı keçiriciliyin mövcudluğunun temperatur və tezlik intervalları müəyyən edilmişdir. Həmçinin müxtəlif tərkibli bərk məhlullarda lokallaşmış hallar üzrə keçiriciliyin müşahidə olunduğu sərhəd tezliyinin aşağı qiymətləri müəyyən edilmişdir. Keçiriciliyin sıçrayışlı xarakteri üçün səciyyəvi olan əlavə səbəblər (başlanğıc tərkiblərlə müqayisədə) nəzərdən keçirilmişdir. Fermi səviyyəsi yaxınlığında lokallaşmış halların sıxlığı (N_F), dərin tələlərin konsentrasiyası (N_t), eləcə də yükdaşıyıcıların sıçrayışlarının orta uzunluğu (R) qiymətləri hesablanmış və bu qiymətlərin bərk məhlulların qatılılıqından asılılığı qrafikləri qurulmuşdur (Şəkil 1). Bərk məhlulda enerji hallarının lokallaşmasına gətirən əlavə səbəblər nəzərdən keçirilmişdir.



Şəkil 1. $(\text{TlInSe}_2)_{1-x}(\text{TlGaTe}_2)_x$ ($x=0; 0,1; 0,2; 0,8; 0,9; 1$) bərk məhlullarının Fermi səviyyəsi yaxınlığında:

1 - lokallaşmış halların sıxlığının (N_F), 2 - lokallaşmış halların enerji səpilməsi (ΔE), 3 - dərin tələlərin konsentrasiyası (N_t), 4 - sıçrayışın uzunluğunun (R) konsentrasiyadan asılılığı.

(TlInSe₂)_{1-x}(TlGaTe₂)_x (x=0; 0,1; 0,2 və x=0,8; 0,9; 1,0 olduqda) sistemi bərk məhlullarının dəyişən elektrik sahələrində elektrik keçiriciliyinin tədqiqi əsasında müəyyən edilmişdir ki, nisbətən aşağı tezliklər oblastında $\sigma_{ac} \sim f^{0.8}$ asılılığında kənara çıxma müşahidə olunur və bu, ədəbiyyat məlumatlarına əsasən, Fermi səviyyəsi ətrafında lokallaşmış hallar üzrə sıçrayışlı keçiricilik mexanizminə uyğundur. Tədqiq edilən bərk məhlul nümunələri üçün $\sigma_{ac} \sim f^{0.8}$ asılılığının ödənilməsi göstərilmişdir.

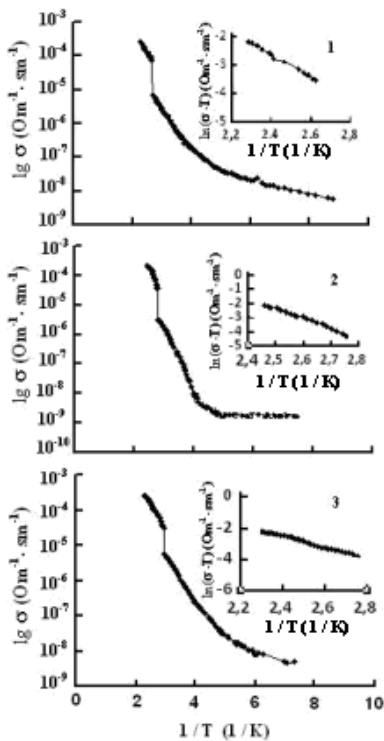
Eyni zamanda bu fəsilə (TlInSe₂)_{1-x}(TlGaTe₂)_x (x=0,8; 0,9; 1,0) sistemi bərk məhlullarının 100-300 K temperatur intervalında VAX-nın tədqiqinin nəticələri verilmişdir. VAX-da iki oblast müşahidə edilir, omik və cərəyanın kəskin artdığı oblastlar. Tədqiq olunan bərk məhlulların VAX-da cərəyanın kəskin artma oblastı üçün $\ln \sigma \sim E^{1/2}$ kordinantlarında elektrik keçiriciliyinin elektrik sahəsindən asılılıqları hesablanıb qurulmuşdur. Asılılıqdan alınmış düz xəttin meyli bucağına görə β -nın qiymətləri hesablanmışdır. Müəyyən edilmişdir ki, tədqiq olunan bərk məhlulların nümunələrində β -nın $1/T$ -dən asılılığı xətti qanuna tabe olur və uzantıları kordinant başlanğıcından keçir.

Təcrübi nəticələrdən istifadə edərək tədqiq olunan bərk məhlullar üçün potensial çuxurun forması müəyyən edilmişdir. Pul-Frenkel yaxınlaşmasında ionlaşmış mərkəzlərin konsentrasiyası (N_F), sərbəst qaçış yolunun uzunluğunun (λ) qiymətləri hesablanmış və xəlitələrin tərkibindən asılı olaraq dəyişməsi cədvəldə verilmişdir.

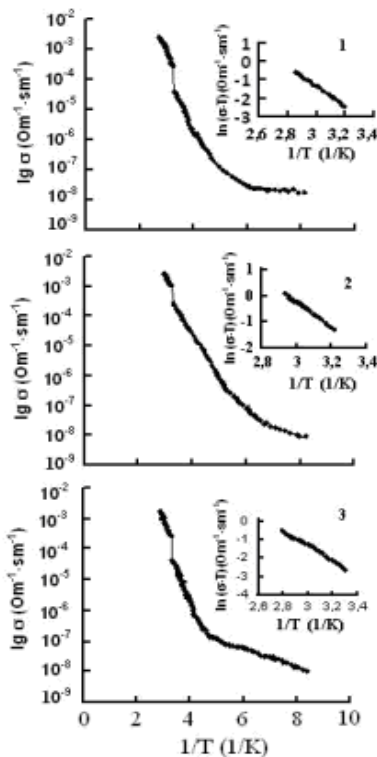
Müəyyən edilmişdir ki, (TlInSe₂)_{1-x}(TlGaTe₂)_x (x=0; 0,1; 0,2; 0,8; 0,9; 1,0) bərk məhlullarının $\sigma \sim (E^{1/2})$ asılılıqlarında istilik-sahə Pul-Frenkel effekti nəzərə alınmaqla, VAX-ın qeyri-xətti hissəsi zəif sahə effekti ilə şərtlənir.

Bu fəsil həmçinin (TlInSe₂)_{1-x}(TlGaTe₂)_x (x=0; 0,1; 0,2; 0,8; 0,9; 1,0) sistemi bərk məhlulların superior keçiriciliyinin tədqiqinə həsr olunmuşdur.

(TlInSe₂)_{1-x}(TlGaTe₂)_x (x=0; 0,1; 0,2; 0,8; 0,9; 1) sistemi bərk məhlulların keçiriciliyinin temperaturdan asılılıqlarını təhlil edərkən 300K-dən aşağı temperaturalarda elektrik keçiriciliyinin elektron toplananı payının üstünlük təşkil etdiyi müəyyən edilmiş və temperaturun sonrakı yüksəlməsinin isə (300K-dən yuxarı) keçiriciliyin sıçrayışşəkilli artımına gətirib çıxartdığı, bu artımda isə ion toplananının payının üstünlük təşkil etdiyi aydın edilmişdir (şəkil 2 və şəkil 3). İon toplananının Tl⁺ ionlarının tallium altqəfəsində vakansialar üzrə (Ga³⁺)In³⁺(Te²⁻)Se₂²⁻ nanozəncirləri arasında diffuziyası ilə əlaqədar olduğu güman olunur.



Şəkil 2. $(\text{TlInSe}_2)_{1-x}(\text{TlGaTe}_2)_x$ ($x=0;0,1;0,2$) sistemi bərk məhlulların elektrik keçiriciliyinin $(\sigma(T))$ temperatur asıllığı (1 - $x=0$; 2 - $x=0,1$; 3 - $x=0,2$. Şəkil üstü əlavədə $\ln(\sigma \cdot T)/(1/T)$ asıllığı verilmişdir.



Şəkil 3. $(\text{TlInSe}_2)_{1-x}(\text{TlGaTe}_2)_x$ ($x=1;0,9;0,8$) sistemi bərk məhlulların elektrik keçiriciliyinin $(\sigma(T))$ temperatur asıllığı (1 - $x=1$; 2 - $x=0,9$; 3 - $x=0,8$). Şəkil üstü əlavədə $\ln(\sigma \cdot T)/(1/T)$ asıllığı verilmişdir.

Ədəbiyyatda, sadalanan şərtləri ödəyən kristalların kristallik quruluşunda bir və ya bir neçə qrup atomlar üçün fəza yerləşməsində periodikliyin pozulması və ya nizamsızlığın olması araşdırılmış, ion və superion keçiriciliyin əslində nizamlı quruluşa malik olmayan kristallarda mümkünlüyü aydınlaşdırılmışdır.

İon keçiricilik üçün əhəmiyyət kəsb edən şərtlərdən biri də bu ionların düyünlər arasındakı birindən digərinə diffuziya etməsi üçün

lazım olan aktivasiya enerjisi (E_a) ki, bu da təcrübi nəticələrin əsasında $(\text{TlInSe}_2)_{1-x}(\text{TlGaTe}_2)_x$ ($x=0; 0,1; 0,2; 0,8; 0,9; 1,0$) sistemi bərk məhlulları üçün hesablanmış və superior keçiriciliyə malik maddələrin ədəbiyyat qiymətləri ilə müqayisə edilmişdir. Aşkar olunmuşdur ki, aktivləşmə enerjilərinin bu qiymətləri ilkin tərkiblərlə müqayisədə kiçikdir.

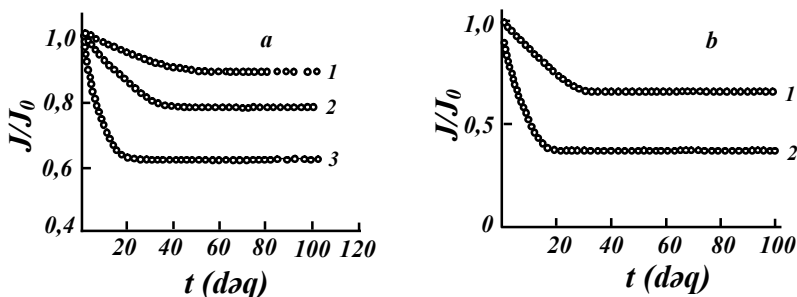
Beləliklə, $(\text{TlInSe}_2)_{1-x}(\text{TlGaTe}_2)_x$ ($x=0; 0,1; 0,2; 0,8; 0,9; 1,0$) sistemi bərk məhlullarında otaq temperaturdan yuxarı temperaturalarda ion keçiriciliyinin üstünlük təşkil etdiyi aşkar edilmişdir və buna səbəb düyünlər arası böyük boşluqların və aktivasiya enerjilərinin qiymətinin kiçik olmasıdır.

Bu fəsilə həmçinin bərk məhlulların dielektrik nüfuzluluğunun və dielektrik itgi bucağının tangensinin müxtəlif tezliklərdə temperatur asılılıqları tədqiq olunmuşdur.

$tg\delta(T)$ asılılığından müəyyən edilmişdir ki, ölçü sahəsinin tezliyinin artması ilə $tg\delta \approx f(T)$ maksimumları yüksək temperatura doğru sürüşür, dielektrik itgi bucağının tangensinin qiyməti isə azalır. Alınmış məlumatlar bizə, $\lg(f_{\max})$ -un $1/T$ -dən asılılıqlarını quraraq bərk məhlulların nümunələrində zərrəciyin potensial çuxurdan çıxma tezliyini tapmağa imkan vermişdir. Düz xəttin $1/T \rightarrow 0$ ekstrapolyasiyası potensial çuxurdan çıxmaq üçün mümkün olan rəqslərin tezliyini müəyyən edir. Bu tezliklər $\sim 10^{12}$ Hs oblastına düşür. Bu isə, ədəbiyyatdan məlum olan TlInSe_2 və TlGaTe_2 birləşmələrin fonon rəqslərinin tezliklərinə təsadüf edir. Tezliyin bu qiyməti elektron prosesləri üçün çox aşağıdır. Deyilənlər təsvir olunan rəqs prosesinin TI^+ kationlarına aid etməyə imkan verir.

Müəyyən olunmuşdur ki, $(\text{TlInSe}_2)_{1-x}(\text{TlGaTe}_2)_x$ ($x=0; 0,1; 0,2; 0,8; 0,9; 1,0$) sistemi bərk məhlullarının dielektrik itgi bucağının tangensinin ($tg\delta(\nu, T)$) temperatur-tezlik xarakteristikası tədqiq olunan temperatur intervalında Debay tipli relaksasiya proseslərinə xas xüsusiyyətlərə malikdir. Bu fakt kristal qəfəsdə zəif əlaqəli elektrik yüklərinin olmasını fərz etməyə imkan verir.

Dördüncü fəsilə $(\text{TlInSe}_2)_{1-x}(\text{TlGaTe}_2)_x$ ($x=0; 0,1; 0,2; 0,8; 0,9; 1,0$) sistemi bərk məhlulların kompleks impedans spektri ($Z^*(f)$) $25 - 10^6$ Hs tezliklər intervalında, elektrik xassələri isə sabit və dəyişən elektrik sahələrində $100-450\text{K}$ temperatur intervalında gümüş və platin elektrodlardan istifadə edilməklə tədqiq olunmuşdur. TlInSe_2 və TlGaTe_2 kristallarda sabit elektrik sahəsinin təsiri altında elektrik keçiriciliyinin (σ) kinetik dəyişməsindən ion payının qiyməti müəyyənləşdirilmişdir: TlInSe_2 kristalında 397K temperaturda 50%-dən artıq, TlGaTe_2 kristalında isə 385K temperaturda 60%-dən artıq təşkil etmişdir (şəkil 4).



Şəkil 4. TlInSe_2 (a) və TlGaTe_2 (b) kristallarının müxtəlif temperaturalarda elektrik keçiriciliyinin zamandan asılılığı. (TlInSe_2 1-330K, 2-347K, 3-397 K; TlGaTe_2 1-300K, 2-385K)

Bu fəsildə $(\text{TlInSe}_2)_{1-x}(\text{TlGaTe}_2)_x$ ($x=0; 0,1; 0,2; 0,8; 0,9; 1,0$) sistemi bərk məhlulların $Z^*(f)$ kompleks impedansının həqiqi və xəyalı hissələrinin 200Hz-1MHz tezliklər intervalında temperaturdan asılılıq qrafikləri verilmişdir. Tədqiq olunan bütün tərkiblərdə impedansın Z' - həqiqi hissəsinin maksimal qiymətinin ölçmə tezliyinin artması ilə yuxarı temperaturlar oblastına doğru sürüşməsi və onun amplitud qiymətinin azalması aşkar edilmişdir. Eyni zamanda, impedansın Z'' -xəyalı hissəsinin temperaturdan asılılıq ayrılmasının pilləli şəkildə olması, ölçmə tezliyinin artması ilə “pillənin” amplitud ədədi qiymətinin azalması aşkar olunmuşdur. Eyni zamanda $25 \cdot 10^6$ Hz tezlik intervalında $(\text{TlInSe}_2)_{1-x}(\text{TlGaTe}_2)_x$ ($x=0,1; 0,2; 0,8; 0,9$) sistemi bərk məhlullarının $Z^*(f)$ kompleks impedans spektrinin analizindən ion keçiriciliyi prosesləri və həcmi yüklərin polyarizasiyası effektləri öyrənilmişdir.

$(\text{TlInSe}_2)_{1-x}(\text{TlGaTe}_2)_x$ ($x=0; 0,1; 0,2; 0,8; 0,9; 1,0$) sistemi bərk məhlulların $(Z' - Z'')$ kompleks müstəvisində qodoqramma $(Z'(Z''))$ ayrıləri qurulmuşdur. Bərk məhlullarının $(Z'' - Z')$ kompleks müstəvisində qodoqrammasından yüksək tezlikli oblastların sərhəddi təyin olunmuşdur. Bərk məhlulların $x = 0,1$ qiymətində 300K-də 1kHz; 350K-də 10kHz; 410K-də 100kHz; $x = 0,2$ olduqda isə 301K-də 500Hz; 321K-də 1kHz; 382K-də 10kHz; 412K-də 100kHz; $x = 0,8$ olduqda 300K-də kHz; $x = 0,9$ olduqda 300K-də 1kHz tezlik qiymətləri müəyyən edilmişdir.

Öldə edilmiş məlumatlar bərk məhlulların $Z^*(f)$ spektrlərini təsvir etməyə imkan verən ekvivalent sxem təklif etməyə imkan verir. $(Z' - Z'')$ müstəvisində ion keçiriciliyinə yarımçevrələr uyğun gəlir. Əgər yükün daşınması və həcmi-yük polyarlaşması eyni tip daşıyıcılar ilə təmin

olunursa, elektrodyanı oblastlarda yığılan həcmi yüklərin tutumu paralel RC-halqası ilə ardıcıl birləşdirilmiş C_{sc} kimi təsvir etmək olar. Bloklayıcı elektrodlu bərk elektrolitlərin impedans spektrlərinin modelləşdirilməsi üçün istifadə edilən belə ekvivalent sxem ($Z'-Z''$) müstəvisində yarımçevrə və şaquli şüa şəklində diaqram verir.

Beləliklə, kompleks impedans spektrinin öyrənilməsi göstərmişdir ki, tədqiq edilən temperatur-tezlik intervalında $(TlInSe_2)_{1-x}(TlGaTe_2)_x$ ($x=0; 0,1; 0,2; 0,8; 0,9; 1,0$) bərk məhlulların elektrik xasələri iki əsas prosesin mövcudluğu ilə müəyyən edilir. Proseslərdən biri düyünlərarası Tl^+ ionlarının sıçrayışı, digəri isə Pt təcridedici elektrodların yaxınlığında yükdaşıyıcıların yığılması ilə bağlıdır.

ƏSAS NƏTİCƏLƏR

1. $TlInSe_2-TlGaTe_2$ sisteminin xəlitələri kompleks fiziki-kimyəvi tədqiq edilmiş və sistemin hal diaqramı qurulmuşdur. Müəyyən olunmuşdur ki, sistemin hal diaqramı bərk halda məhdud həllolmaya malik evtektik tip kvazibinar sistemlərə aiddir. Sistemdə $TlInSe_2$ əsasında həllolma 30,0 mol.%, $TlGaTe_2$ əsasında isə 25,0 mol.% təşkil edir. Evtektika 55,0 mol.% $TlGaTe_2$ və 973 K temperaturda yaranır.

2. $(TlInSe_2)_{1-x}(TlGaTe_2)_x$ ($x=0; 0,1; 0,2; 0,8; 0,9; 1,0$) sistemi bərk məhlullarında 300-100K temperatur intervalında yük daşınması prosesi yükdaşıyıcıların Fermi səviyyəsi ətrafında yerləşən lokallaşmış hallar üzrə sıçrayışı ilə baş verir və Mott yaxınlaşması çərçivəsində izah edilir.

3. Müəyyən edilmişdir ki, $(TlInSe_2)_{1-x}(TlGaTe_2)_x$ sistemi bərk məhlulları nümunələrinin ($x=0; 0,1; 0,2; 0,8; 0,9; 1,0$) 300 K-dən yuxarı temperaturalarda $\sigma(T)$ asılılıqlarında kristalın superior halına keçidi ilə bağlı xüsusiyyətlər meydana çıxır. Keçiriciliyin müşahidə edilən xarakterini izah edən mexanizm təklif edilmiş və göstərilmişdir ki, müşahidə edilən ion keçiriciliyi Tl^+ ionlarının tallium altqəfəsində vakansiyalar üzrə, $(Ga^{3+})In^{3+}(Te^{2-})Se_2^{2-}$ nanözəncirləri arasında diffuziyası ilə əlaqədardır.

4. Müəyyən edilmişdir ki, $(TlInSe_2)_{1-x}(TlGaTe_2)_x$ ($x=0,8; 0,9; 1,0$) sistemi bərk məhlulların volt-ampere xarakteristikalarının qeyri-xətti hissəsində cərəyan zəif sahə effekti ilə şərtlənir və Frenkelin istilik-sahə effekti çərçivəsində izah edilir. Bərk məhlullar üçün ionlaşmış mərkəzlərin konsentrasiyası (N_i), sərbəst qaçış yolunun uzunluğu (λ), Frenkel əmsalının qiyməti (β) hesablanmış və potensial çuxurun forması müəyyən edilmişdir.

5. Müəyyən edilmişdir ki, $(\text{TlInSe}_2)_{1-x}(\text{TlGaTe}_2)_x$ ($x=0; 0,1; 0,2; 0,8; 0,9; 1,0$) sistemi bərk məhlullarında olan defektlər arasında yükdaşıyıcıların sıçrayışlı mübadiləsi dipolların yaranmasına, və beləliklə, dielektrik nüfuzluluğunun artmasına gətirir. Onların sıçrayışla yenidən yüklənməsi dielektrik nüfuzluluğunun artması ilə yanaşı, dielektrik itkilərinə də səbəb olur. Kompleks dielektrik nüfuzluğunun xəyali hissəsinin həqiqi hissəsindən asılılığı $\varepsilon''(\varepsilon')$ (Koul-Koul diaqramları) tipik qövsü təsvir etmir və xətti qanununa tabe olur. Parametrlərin əhəmiyyətli dərəcədə fərqli olması relaksatorların böyük dəstinin mövcudluğu ilə şərtlənir.

6. $(\text{TlInSe}_2)_{1-x}(\text{TlGaTe}_2)_x$ ($x=0; 0,1; 0,2; 0,8; 0,9; 1,0$) sistemi bərk məhlullarının VAX əyrilərində “S”-şəkilli çevirmə və yaddaş effekti müşahidə olunur. Göstərilmişdir ki, ~ 300 K-dən aşağı temperaturlarda keçiricilikdə elektron payı üstünlük təşkil edir. 300 K-dan yuxarı temperaturlarda keçiriciliyin ion payının sıçrayışlı artımı kation altqəfəsinin nizamsızlaşması ilə müşayiət olunur.

7. $(\text{TlInSe}_2)_{1-x}(\text{TlGaTe}_2)_x$ ($x=0; 0,1; 0,2; 0,8; 0,9; 1,0$) sistemi bərk məhlulların sabit elektrik sahəsində elektrik keçiriciliyinin kinetik dəyişməsindən ion payı qiymətləndirilmişdir: TlInSe_2 kristalında 397 K temperaturda 50% -dən artıq, TlGaTe_2 kristalında 385 K temperaturda isə 60% -dən artıq təşkil etmişdir. $25\cdot 10^6$ Hz tezliklər diapazonunda kompleks impedans spektrləri $Z^*(f)$ ölçülmüşdür və eksperimentə uyğun olaraq ekvivalent sxem təklif edilmişdir - elektrodyanı oblastlarda yığılan həcmi yüklərin tutumu paralel RC-halqası ilə ardıcıl birləşdirilmiş C_{sc} tutumu ilə təsvir edilmişdir.

Dissertasiyanın məzmunu üzrə aşağıdakı işlər dərc olunmuşdur:

1. Мустафаева С.Н., Керимова Э.М., Алджанов М.А., Джафарова С.Г., Алиева Н.А., Заманова А.К., Ахмедова Г.М., Исмайлова Л.А.. Электрические и диэлектрические свойства монокристаллов TlInSe_2 , TlGaTe_2 и твердых растворов на их основе / BDU, Fizika Problemləri İnstitutu: Fizikanın Müasir Problemləri, IV Respublika Konfransı, 2010, 24-25 dekabr, s. 213-215.

2. Сардарлы Р.М., Самедов О.А., Абдуллаев А.П., Салманов Ф.Т., Алиева Н.А., Агаева Р.Ш., Сеидов М.М. $\text{Tl}(\text{GaTe}_2)_x(\text{InSe}_2)_{1-x}$ / BDU, Fizika Problemləri İnstitutu: Fizikanın müasir problemləri V Respublika konfransı, 2011, 16-17 dekabr, s.27-29.

3. Алиева Н.А. Проводимость по локализованным состояниям, эффект Пула-Френкеля и суперионная проводимость твердого

раствора $(\text{TlInSe}_2)_{0,1}(\text{TlGaTe}_2)_{0,9}$ / AMEA doktorantlarının elmi konfransının materialları, may 2011, s. 10-12.

4. Mustafaeva S.N., Kerimova E.M., Aldjanov M.A., Nadjafzade M.D., Alieva N.A.. Dielectric and thermodynamic parameters of $(\text{TlGaTe}_2)_{0,8}(\text{TlInSe}_2)_{0,2}$ / 7th International Conference on Technical and Physical Problems of Power Engineering Near East University Lefkosa, TR Northern Cyprus, 2011, July 7-9, p. 341-343

5. Sardarly R., Samedov O., Aliyeva N., Aqayeva R., Musazade T., Sardarli A.. Superionic Conductivity and Specific Effects Induced by γ – Radiation in Nanofibrous TlGaTe_2 Crystals / 3rd International Conference on Nanotechnology: Fundamentals and Applications Montreal, Quebec, Canada, 2012, 7-9 August, p.297(1)-297(8)

6. Sardarly R., Samedov O., Aliyeva N., Aqayeva R., Musazade T., Sardarli A. Superionic Conductivity and Specific Effects Induced by γ – Radiation in Nanofibrous TlGaTe_2 Crystals // International Journal of Theoretical and Applied Nanotechnology, 2012, v.1, i.1, p. 20-28.

7. Алиева Н.А., Салманов Ф.Т. Суперионная проводимость кристаллов TlInSe_2 подвергнутых радиационному воздействию / Gənc alimlərin II Respublika İnnovativ İdeya Yarmarkası çərçivəsində Gənc alimlərin elmi konfransının materialları. 2012, Bakı 25-27 iyul, s.39-42.

8. Arif Pashaev, Arif Badalov, Rauf Sardarly, Oktay Samedov, Nurana Aliyeva, Rayiha Aqayeva, Aygun Orujova, Arzu Sardarli. Application prospective of $\text{A}^3\text{B}^3\text{C}^6_2$ type semiconductors in developing nano-size electronic devices / International Conference on Nanotechnology: Fundamentals and Applications. Canada, 2013, 12-14 August, pp.1-8

9. Сардарлы Р.М., Самедов О.А., Алиева Н.А., Гусейнов Е.К., Абдуллаев А.П., Гасанов И.С., Нуруллаев Ю.Г., Салманов Ф.Т. Поляризация, вызванная объемными зарядами, и ионная проводимость в кристаллах TlInSe_2 // AMEA Xəbərlər, Fizika-texnika və riyaziyyat elmləri seriyası, fizika və astronomiya. 2013, XXXIII, 2, s. 57-65.

10. Алиева Н.А., Наджафов А.И., Мамедов Т.Г., Эюбова Н.А. Особенности химического взаимодействия в системе TlInSe_2 - TlGaTe_2 // AMEA Xəbərlər, Fizika-texnika və riyaziyyat elmləri seriyası, fizika və astronomiya. 2013, 5, səh. 41-48.

11. Бадалов А.З., Сардарлы Р.М., Самедов О.А., Алиева Н.А., Абдуллаев А.П. Проводимость по локализованным состояниям в системе твердых растворов $(\text{TlInSe}_2)_{1-x}(\text{TlGaTe}_2)_x$ // Milli Aviasiya Akademiyasının elmi əsərləri, 2013, №2, s.103-121.

12. Абдуллаев А.П., Алиева Н.А., Салманов Ф.Т., Самедов С.Ф., Фатализаде Х.З. Эффект Пула-Френкеля в твердого раствора $(\text{TlInSe}_2)_{1-x}(\text{TlGaTe}_2)_x$ ($x = 0,8; 0,9; 1,0$) / BDU, Fizika Problemləri İnstitutu: Fizikanın Müasir Problemləri VII Respublika konfransı, 2013, s.183-186.

13. Алиева Н.А. Спектры комплексного импеданса в кристаллах TlInSe_2 / Akademik B.M. Əsgərovun 80 illik yubleyinə həsr olunmuş "Fizikanın Aktual Problemləri" Beynəlxalq Elmi Konfransının Materialları. Bakı, 2013, 6 dekabr, s.70.

14. Arif Pashaev, Arif Badalov, Rauf Sardarly, Oktay Samedov, Nurana Aliyeva, Rayiha Aqayeva, Aygun Orujova, Arzu Sardarli. Prospective application of $\text{A}^3\text{B}^3\text{C}^6$ type semiconductors for developing nano-size electronic devices // International Journal of Theoretical and Applied Nanotechnology. 2014, v. 2, i. 1, p 9-17.

15. Sardarly R.M., Samedov O.A., Abdullayev A.P., Aqayeva R.Ş. Salmanov F.T., Aliyeva N.A. Orujova A.A. Superionic conductivity and specific effects induced by γ -radiation nanofibrous $\text{A}^3\text{B}^3\text{C}^6$ type crystals // Journal of Radiation Reserchers. 2014, 1, № 1, p.38-50.

16. Salmanov F.T., Aliyeva N.A., Samedov S.F., Abdullayeva İ.A. $(\text{TlInSe}_2)_{1-x}(\text{TlGaTe}_2)_x$ ($x=1; 0,8; 0,9$) bərk məhlullarının Volt-Amper xarakteristikası və Pull-Frenkel effekti / 1st International scientific conference of young scientists and specialists "The role of multidisciplinary approach in solution of actual problems of fundamental and applied sciences (earth, technical and chemical), 2014, 15-16 October, c.278-280.

17. Сардарлы Р.М., Абдуллаев А.П., Алиева Н.А., Абдуллаев И.А., Оруджова А.А., Исмаилова Т.И., Менсимов А.С., Джаббаров Дж.Г., Рагимов Р.Ш. Электрические свойства TlInSe_2 на переменном токе / BDU, Fizika Problemləri İnstitutu: Fizikanın Müasir Problemləri VIII Respublika konfransı, 2014, s. 76.

18. Sərdarlı R.M., Səmədov O.Ə., Əliyeva N.Ə., Abdullayev A.P., Hüseynov E.K., Həsənov İ.S., Salmanov F.T. TlInSe_2 kristalında həcmi yüklərin yaratdığı polyarlaşma və ion keçiriciliyi // Fizika, 2015, XXI, №1, s. 23-26, sec: Az.

19. Сардарлы Р.М., Самедов О.А., Алиева Н.А., Гусейнов Е.К., Абдуллаев А.П., Салманов Ф.Т., Керимова Э.М. Проводимость по локализованным состояниям системы твердых растворов $(\text{TlInSe}_2)_{1-x}(\text{TlGaTe}_2)_x$ // ФТП, 2015, т.49, в.12, с.1704-1709.



**ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ НЕУСТОЙЧИВОСТИ,
СУПЕРИОННОЙ ПРОВОДИМОСТИ И ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ
РЕЛАКСАЦИИ В ТВЕРДЫХ РАСТВОРАХ
(TlInSe_2)_{1-x}(TlGaTe_2)_x**

РЕЗЮМЕ

В представленной работе изучены температурные зависимости электропроводности ($\sigma(T)$) и диэлектрической проницаемости, эффект переключения и памяти, эффект Пула-Френкеля и спектры комплексного импеданса в твердых растворах (TlInSe_2)_{1-x}(TlGaTe_2)_x.

Показано, что зависимость $\sigma(T)$ измеренная в омической области ВАХ имеет прыжковый характер и описывается в приближении Мотта. Рассчитаны значения плотности локализованных состояний N_F , энергии активации E_a , длины прыжков R , разность между энергиями состояний ΔE вблизи уровня Ферми и концентрации глубоких ловушек N_t . Исследованы ВАХ кристаллов (TlInSe_2)_{1-x}(TlGaTe_2)_x в области нелинейной зависимости ВАХ. Показано, что эта область ВАХ описывается в рамках термополевого эффекта Пула-Френкеля. Определены значения концентрации ионизованных центров N_F , длина свободного пробега λ , значения коэффициента Френкеля β , форма потенциальной ямы. Обнаружена суперионная проводимость в кристаллах (TlInSe_2)_{1-x}(TlGaTe_2)_x, которая связывается с диффузией ионов Tl^+ по вакансиям в подрешетке таллия между нанопочками (nanorods) $(\text{In}^{3+}\text{Te}_2^-)$ и $(\text{In}^{3+}\text{Se}_2^-)$. Обнаружен эффект “S”-образного переключения в твердых растворах, а также, вольтовые осцилляции в области отрицательного дифференциального сопротивления. Делается предположение, что эффект переключения и вольтовые осцилляции, связаны с переходом кристаллов твердого раствора в суперионное состояние, сопровождаемое “плавлением” Tl подрешетки. Обнаружен эффект индуцированного полем перехода кристаллов (TlInSe_2)_{1-x}(TlGaTe_2)_x в суперионное состояние.

Изучены спектры комплексного импеданса $Z^*(f)$ в частотном диапазоне 10^1 - 10^6 Гц.

**FEATURES OF ELEKTRICAL INSTABILITY, SUPERIONIC
CONDUCTIVITY AND DIELECTRIC RELAXATION IN
(TlInSe₂)_{1-x}(TlGaTe₂)_x SOLID SOLUTIONS**

SUMMARY

Feature of development modern nano - and microelectronics is the tendency to use of essentially new physical phenomena based on meta-properties of these materials, connected with low-dimensional character of structure, and also with nanodimensional effects. Meta - properties are observed basically in disorder heterogeneous systems, in composite materials with mezosopic structures, in solid solutions in which transmitting orderliness is broken, etc.

Temperature dependences of conductivity ($\sigma(T)$), and effect of switching and memory in (TlInSe₂)_{1-x} (TlGaTe₂)_x solid solutions are investigated.

It is shown, that $\sigma(T)$ dependence measured in ohmic area of VC characteristics has hopping character and is described in approach of Morr. Values of density of localized conditions N_F , energy of activation E_a , length of jumps R , a difference between energy conditions ΔE near to Fermi's level and concentration of deep traps N_t are calculated. Are investigated of VC characteristics of (TlInSe₂)_{1-x}(TlGaTe₂)_x crystals in the field of nonlinear dependence. It is shown, that this area of VC characteristics is described within the limits of thermo field effect of Pool-Frenkel. Values of concentration ionize centers (N_f), length of free run (λ), values of Frenkel factor (β), the form of a potential hole are defined. Superionic conductivity in (TlInSe₂)_{1-x}(TlGaTe₂)_x crystals is found out. The effect "S" - figurative switching in solid solutions, and also, volt- oscillation in the field of negative differential resistance is found out. The effect of the transition of crystals induced by a field (TlInSe₂)_{1-x} (TlGaTe₂)_x in a superionic condition is found out.

Spectra of complex impedance $Z^*(f)$ in a frequency range of 10^1 - 10^6 Hz are investigated.

Format 60x80 1/16 1,25 ş.ç.v.
AMEA-nın mətbəəsində çap olunub.
Sayı: 100 nüsxə.

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНА
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ им. Академика Г.М. Абдуллаева**

На правах рукописи

АЛИЕВА НУРАНА АЛИСЛАМ кызы

**ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ НЕУСТОЙЧИВОСТИ,
СУПЕРИОННОЙ ПРОВОДИМОСТИ И ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ
РЕЛАКСАЦИИ В ТВЕРДЫХ РАСТВОРАХ
 $(\text{TlInSe}_2)_{1-x}(\text{TlGaTe}_2)_x$**

2220.01 – физика полупроводников

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
доктора философии по физике

БАКУ -2015