

**AZƏRBAYCAN MİLLİ ELMLƏR AKADEMİYASI
RADIASIYA PROBLEMLƏRİ İNSTİTUTU**

Əlyazması hüququnda

UOK 537.226.4

RAYİHƏ ŞƏMSƏDDİN QIZI AĞAYEVA

**$TlInTe_2$ ZƏNCİRVARİ KRİSTALIN DİELEKTRİK VƏ
ELEKTRİK XASSƏLƏRİNƏ γ -KVANTLARININ TƏSİRİ**

2225.01 – Radiasiya materialşünaslığı

**fizika üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi
almaq üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın**

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

BAKI– 2014

Dissertasiya işi AMEA-nın Radiasiya Problemləri İnstitutunda
yerinə yetirilmişdir

Elmi rəhbərlər:

Fizika-riyaziyyat elmləri doktoru, professor **R.M. Sərdarlı**
Fizika-riyaziyyat elmləri doktoru, professor **O.Ə. Səmədov**

Rəsmi opponətlər:

Fizika-riyaziyyat elmləri doktoru, professor **R.S. Mədətov**
Fizika-riyaziyyat elmləri doktoru, dos. **N.M. Nəsrullayev**

Aparıcı təşkilat: AMEA-nın Fizika İnstitutunun “İnfraqırmızı
fotoelektronika və plazma hadisələri” laboratoriyası

Dissertasiyanın müdafiəsi “30 _____” _06 _____ 2014 cü il saat
_____ -da AMEA-nın Radiasiya Problemləri İnstitutu nəzdində
D.01.221 sayılı Dissertasiya Şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: AZ1143, Bakı ş. B. Vahabzadə küç. 9.

Dissertasiya işi ilə AMEA-nın Radiasiya Problemləri İnstitutunun
kitabxanasında tanış olmaq olar.

Avtoreferat “ _____ ” _____ 2014 cü ildə göndərilmişdir.

Dissertasiya Şurasının Elmi katibi,

fizika-riyaziyyat elmləri doktoru **A.M. Məhərrəmov**

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı. Müasir dövrdə elektron sənayesinin inkişafı ilə əlaqədar olaraq yarımkeçiricilər texnologiyasının sürətli inkişafı elektron çeviriciləri, elektrik qidalandırıcı mikrobatareyaları, nanoelektronika üçün superkondensatorlar, ifrat yüksək tutumlu kondensatorlar (ionistorlar), yaddaş elementləri və müxtəlif təyinətli cihazların yaradılması üçün tələbləri artırır. Yarımkeçirici materialların müasir texnikanın müxtəlif sahələrində, o cümlədən nanotexnikada geniş praktiki tətbiqi tərkibində müxtəlif xarakterli aşqarlar, radiasiya defektləri və digər qeyri-bircinsliliklər olan kristalların öyrənilməsinə tələb edir. Kristallarda mövcud olan müxtəlif növ defektlər kristalın dielektrik xassələrinə və elektrik keçiriciliyinin temperatur asılılığına və o cümlədən kristalların ion keçiriciliyinə güclü təsir edir.

Hal-hazırda, yüksək ion keçiriciliyinə malik olan bərk elektrolitlər sintez olunaraq onların bəzi xassələri tədqiq olunmuşdur. Belə elektrolitlər bütövlükdə istilik elementlətinin, qaz və maye sensorlarının, miniatur akkumulyatorların yaradılmasında əvəz olunmazdır. Məhz buna görə də belə maddələrin effektiv axtarılması kondensasiya olunmuş mühütlərdə və müasir texnologiyanın inkişafında sürətli ion köçürmələrinin öyrənilməsinə yeni nəzəri baxışlar tələb edir. Bu da, fizika, bərk cisimlər kimyası, elektronika, kristalloqrafiya, qeyri-üzvi kimya, materialşünaslıq və energetika sahəsində yeni növ bərk cisimlər ionikasının yaranmasına əsaslanır. Superior keçiricilərinin qeyri-adi xassələri həm bərk cisimlər fizikasının fundamental problemləri cəhətindən, həm də praktik tətbiq cəhətdən xüsusi əhəmiyyət kəsb edir.

Hazırda yüksək ion keçiriciliyinə malik olan materiallar müxtəlif qurğularda funksional elektrodlar kimi istifadə olunur. Hazırda bu materiallardan müxtəlif sensorların tərkibində və günəş elementlərində kiçik ölçülü enerji tutumlu cərəyan mənbələri kimi istifadə olunur. Bu materialların tətbiq sahələrinin perspektivliyindən biri də istilik enerjisini elektrik enerjisinə çevirən qurğularda istifadə etməyin mümkünlüyüdür. Lakin bu məsələlərin həllində müəyyən problemlər vardır. Onlardan başlıcası, müəyyən temperatur intervalında və verilmiş mühütdə stabil xarakterli yüksək ion keçiricilikli materialların alınmasıdır. Müasir mikroelektronikanın inkişafı eyni zamanda həm elektron, həm də ion keçiriciliyinə malik olan yeni yarımkeçirici materialların alınmasına ehtiyac duyur. Lakin çoxlu sayda mürəkkəb quruluşlu halkogenid birləşmələrin nisbətən aşağı temperaturu ion

keçiriciliyinə malik olduqlarına baxmayaraq, bu xassələr ədəbiyyatda az az öyrənilib. Hal-hazırkı, dövrdə materialşünaslıq üçün vacib olan materialların həm elektron, həm də ion keçiriciliyinin eyni zamanda geniş temperaturunda öyrənilməsi vacibdir.

Son illərdə Radiasiya Problemləri İnstitutunun “Seqnetoelektriklərin radiasiya fizikası” və “Nizamsız bərk cisimlərin radiasiya fizikası” laboratoriyalarında üçqat TlInSe_2 və TlGaTe_2 birləşmələrinin ion keçiricilikləri tədqiq olunub və göstərilib ki, bu birləşmələr superior keçiriciliyinə malik olan birləşmələr sinifinə aiddirlər. Axırını on illikdə zəncirvari quruluşlu $\text{A}^3\text{B}^3\text{C}_2^6$ qrup yarımkəçirici birləşmələrin tədqiqinə geniş maraq yaranmışdır. Bu kristalların praktiki tətbiqi üçün geniş imkanların olmasına baxmayaraq, onların fiziki xassələri kifayət qədər ətraflı öyrənilməmişdir.

Müasir mikroelektronika üçün yeni superior birləşmələrin alınması və onların fiziki xassələrinin hərtərəfli tədqiqi vacibdir. Bu baxımdan mürəkkəb quruluşlu halkogenidlərin həm elektron, həm də ion keçiriciliyi öyrənilməci vacibdir. Superior birləşmələr qeyri-nizamlı materiallar sinifinə aiddirlər. Ədəbiyyatdan həmçinin məlumdur ki, şüalanma nəticəsində yaranan radiasiya defeklləri materialların nizamsızlığını artırır. Ona görə də ionlaşdırıcı şüaların maddələrin superior xassələrinə təsirinin öyrənilməsi radiasiya materialşünaslığı üçün xüsusi əhəmiyyət kəşf edir.

Yuxarıda qeyd olunan məsələlər və qoyulan problemlər bu tədqiqatın məqsədini təşkil edir.

Dissertasiya işi Azərbaycan MEA Radiasiya Problemləri İnstitutunun «Seqnetoelektriklərin radiasiyası fizikası» laboratoriyasında laboratoriyanın uyğun planına əsasən yerinə yetirilmişdir (Qeydiyyat № 0101AZ00363)

Dissertasiya işinin məqsədi γ -kvantların təsirinə məruz qalmış TlInTe_2 kristalında elektron və ion keçiriciliyinin, Pul-Frenkel effektinin, dielektrik relaksasiyanın, kompleks impedans spektrinin xüsusiyyətlərinin öyrənilməsindən ibarətdir.

Qarşıya qoyulan məqsədə çatmaq üçün aşağıdakı məsələlərin həlli nəzərdə tutulmuşdur:

- TlInTe_2 birləşməsinin monokristalını almaq,
- alınan kristalı rentgenoqrafiya, differensial-termik analiz (DTA) və difraktometriya metodları ilə tədqiq etmək;

- TlInTe_2 kristalının, elektrik sahəsinin və γ -radiasiyanın təsiri şəraitində geniş temperatur intervalında (100-250K) elektron keçiriciliyini tədqiq etmək;

- γ -kvantlarla şüalandırılmış TlInTe_2 kristalında volt-ampere xarakteristikalarını, çevirmə və yaddaş effektlərini tədqiq etmək;

- γ -kvantlarla şüalandırılmış TlInTe_2 kristalında cərəyan sıxlığının elektrik sahəsinin intensivliyindən asılılığını və Pul-Frenkel effektini öyrənmək;

- TlInTe_2 kristalının superion keçiriciliyinin xüsusiyyətlərini tədqiq etmək;

- γ -kvantlarla şüalandırılmış TlInTe_2 kristalında dielektrik və elektrik relaksasiya mexanizmlərini müəyyənləşdirmək;

- γ -kvantlarla şüalandırılmış TlInTe_2 birləşməsinin superion keçiriciliyini tədqiq etmək.

- γ -kvantlarla şüalandırılmış TlInTe_2 kristalının impedans spektrini tədqiq etmək

İşin elmi yeniliyi. İlk dəfə olaraq:

- γ - kvantlarla şüalandırılmış və şüalandırılmamış TlInTe_2 kristalında dielektrik nüfuzluğunun, elektrik keçiriciliyinin və itki bucağının tangensinin temperaturdan və tezlikdən asılılığının relaksasiyası müşahidə olunmuş və onun təbiəti müəyyənləşdirilmişdir;

- γ - kvantlarla şüalandırılmış və şüalandırılmamış TlInTe_2 kristalında polyarizasiyanın tipi təyin olunmuşdur;

- γ - kvantlarla şüalandırılmış və şüalandırılmamış TlInTe_2 kristalının kompleks impedans spektri öyrənilmiş və ekvivalent sxemi təklif olunmuşdur. Elektrik xassələri 100-450 K temperatur intervalında sabit və dəyişən elektrik sahələrində tədqiq olunmuş və keçiricilikdə elektron və ion yükdaşıyıcıların payı qiymətləndirilmişdir;

- müəyyən olunmuşdur ki, 250 K-dən aşağı temperaturalarda γ -şüalanmanın müxtəlif dozalarının (0÷100 Mrad) təsirinə məruz qalmış TlInTe_2 kristalında $\sigma(T)$ asılılığı sıçrayışlı xarakter daşıyır və Mott yaxınlaşması ilə təyin olunur;

- müəyyən olunmuşdur ki, TlInTe_2 kristalında superion halına keçid temperaturunu elektrik sahəsinin qiymətini dəyişməklə idarə etmək olar. Bu da praktik baxımdan kifayət qədər əlverişli temperaturalarda (məsələn, otaq temperaturunda) superion halının reallaşdırmağa imkan verir;

- TlInTe_2 kristalının $\sigma \sim E^{1/2}$ asılılığında istilik-sahə Pul-Frenkel effekti nəzərə almaqla, şüalanmamış və γ -şüalarla şüalanmış TlInTe_2

kristalının VAX-ın qeyri-xətti oblastının zəif sahə effekti ilə uyğunluğu müəyyən olunaraq, potensial çəpərinin forması və dərinliyi təyin olunmuşdur;

- göstərilmişdir ki, həm şüalanmamış, həm də şüalanmış TlInTe_2 kristalının keçiriciliyinin tezlikdən asılılığı $\sigma(\omega) \sim \omega^{0.8}$ münasibətini ödəyir və dielektrik nüfuzluluğunun xəyali hissəsinin həqiqi hissəsindən asılılığı $\varepsilon''(\varepsilon')$ (Koul-Koul diaqramları) tipik qövsü təsvir etmir və xətti qanuna tabe olur;

Müdafiəyə çıxarılan əsas elmi müddəalar:

1. TlInTe_2 kristalının elektrik xassələri 100-450 K temperatur intervalında sabit və dəyişən elektrik sahələrində tədqiq olunmuşdur. Sabit elektrik sahənin təsiri altında elektrik keçiriciliyinin (σ) kinetik dəyişməsindən ion payı həm şüalanmış, həm də şüalanmamış hal üçün qiymətləndirilmişdir. $Z^*(f)$ kompleks impedans spektri 10^2 – 10^6 Hz tezlik intervalında ölçülüb və ekvivalent sxem təklif olunmuşdur. (Z'' – Z') kompleks müstəvi diaqramları analiz olunmuş, yüksək tezlikli oblastın sərhəddi və polarizasiyanın tipi müəyyən olunmuşdur.

2. γ -şüalanmanın təsirinə məruz qalmış TlInTe_2 kristallarında $\sigma(T)$ asılılığı sıçrayışlı xarakter daşıyır və Mott yaxınlaşmasında təsvir olunur. Lokallaşmış halların N_F sıxlığının, E_a aktivləşmə enerjisinin, sıçrayışların R uzunluğunun, Fermi səviyyəsi yaxınlığında halların enerjisi arasındakı ΔE fərqlərinin və dərin tələlərin N_t konsentrasiyasının qiymətləri hesablanmışdır.

3. Müəyyən olunmuşdur ki, $\sigma \sim (E^{1/2})$ asılılığında istilik-sahə Pul-Frenkel effekti nəzərə alınmaqla, şüalanmamış və γ -kvantlarla şüalanmış TlInTe_2 kristallarının VAX-ın qeyri-xətti oblastı zəif sahə effekti ilə xarakterizə olunur. İonlaşmış mərkəzlərin konsentrasiyası N_t , sərbəst qaçış yolunun uzunluğu (λ), Frenkel əmsalının (β) qiyməti, potensial çuxurun forması şüalanmadan əvvəl və sonra təyin edilmişdir. Göstərilmişdir ki, γ -kvantların təsirindən sonra TlInTe_2 kristallarının potensial çəpərinin dərinliyi azalır.

4. TlInTe_2 kristalında mövcud olan defektlər arasında elektronların sıçrayışı hesabına dipollar meydana gəlir. Yaranan dipollar maddənin dielektrik nüfuzluluğunun qiymətinin artmasına səbəb olur. Şüalanmamış və şüalanmış TlInTe_2 kristalının keçiriciliyinin tezlikdən asılılığı üçün 10^4 ÷ 10^6 Hz tezlik intervalında $\sigma(\omega) \sim \omega^{0.8}$ münasibəti ödənilir. Kompleks dielektrik nüfuzluluğunun xəyali hissəsinin həqiqi

hissəsindən asılılığı isə $\epsilon''(\epsilon')$ (Koul-Koul diaqramları) tipik qövsü təsvir etmir və xətti qanuna tabe olur.

5. TlInTe₂ kristalının dielektrik nüfuzluluğu və keçiriciliyinin tezlikdən asılılığında güclü dielektrik relaksasiyası mövcuddur. Bu relaksasiyalara səbəb olan mexanizm araşdırılmışdır.

6. TlInTe₂ kristalı şüalanmaya məruz qaldıqdan sonra dielektrik nüfuzluğunun maksimal qiyməti şüalanmamış hala nəzərən artır. Sıçrayışın aktivləşmə enerjisi, onun rəqslərinin tezliyi təyin olunmuş və göstərilmişdir ki, bu tezlik kristalın fonon rəqslərinin tezlik oblastı ilə üstə-üstə düşür.

İşin praktiki əhəmiyyəti:

Dissertasiyada alınan nəticələr elektron çeviricilər, elektrik qida mikrobatareyaları, nanoelektronika üçün superkondensatorlar, ionistorlar (ifrat yüksək tutumlu kondensatorlar), yaddaş elementləri hazırlamaq üçün yararlı materiallar kimi istifadə oluna bilər.

Tədqiqatlar həmçinin xarici sahə kəsildikdən sonra uzun müddət ərzində aşağı müqavimətli halını saxlanmaqla özünü göstərən “yaddaş effektinin” mövcud olmasını göstərmişdir. Tədqiq olunan TlInTe₂ kristalı üçün bu müddət 48 saatdan çoxdur.

Elektrik sahəsi ilə induksiyanlanmış sıçrayışlı nizamsızlaşma prinsipcə TlInTe₂ kristalında tətbiqi baxımından kifayət qədər əlverişli temperaturalarda superior halını reallaşdırmağa imkan verir ki, bu da onun praktiki istifadəsi üçün maraqlı imkanlar açır.

İşin aprobasiyası. Dissertasiyanın nəticələri aşağıdakı konfranslarda məruzə edilmişdir: «Beynəlxalq Konfrans (Nüvə enerjisinin dinc məqsədlərlə istifadəsi)» (Azərbaycan, Bakı, 2010 r.), «Fizikanın müasir problemləri, IV Respublika elmi-praktik konfransı» (Azərbaycan, Bakı, 2010 r.), «Alternativ və bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadənin perspektivləri. Respublika konfransı» (Azərbaycan, Bakı, 2011 r.), «8th International Conference on Technical and Physical Problems of Power Engineering» (Norway, 2012 r.), «International Conference Nuclear Science and Its Application» (Samarkand, Uzbekistan, 2012 r.). Proceedings of the International Conference on Nanotechnology: Fundamentals and Applications Toronto, Ontario, Canada, 12-14 August 2013, 9-я Международная конференция Ядерная и Радиационная Физика, 24-27 сентября 2013 года Алматы, Республика Казахстан. Radiasiya tədqiqatları və onların praktiki aspektləri, VIII konfrans, 20-21 Noyabr, Bakı,

Nəşrlər. Dissertasiyanın əsas məzmunu 18 elmi əsərdə, o cümlədən xarici və respublika jurnallarında 7 məqalə formasında dərc olunmuşdur.

Dissertasiyanın strukturu və həcmi. Dissertasiya işi 143 səhifəlik kompyüter mətnində şərh olunmuşdur, İş girişdən, dörd fəsildən, əsas nəticələrdən, istinad olunan 178 adda ədəbiyyat siyahısından ibarətdir. İşdə 43 şəkil və 1 cədvəl vardır.

Girişdə dissertasiyanın mövzusunun aktuallığı əsaslandırılmış, görülən işin məqsədi, elmi yeniliyi, praktiki əhəmiyyəti ifadə edilmiş, müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar, aprobasiya dərəcəsi və nəşrlər barədə məlumat verilmiş, işin fəsillər üzrə əsas məzmunu qısa formada şərh olunmuşdur.

Birinci fəsildə qısa ədəbiyyat icmalı verilmişdir. Qöstərilmişdir ki, axırıncı on illikdə zəncirvari quruluşlu $A_3B_3C_6^2$ qrup yarımkeçirici birləşmələrin tədqiqinə geniş maraq var. Bu kristalların praktiki tətbiqi üçün geniş imkanların olmasına baxmayaraq, onların fiziki xassələri haqqında ədəbiyyatda ətraflı məlumat yoxdur.

Tədqiqat məqsədi üçün $TlInSe_2$, $TlInTe_2$ и $TlGaTe_2$ üçqat birləşmələrin sintezi və monokristallarının yetişdirilməsi metodları təklif olunmuşdur. İşdə effektiv yetişdirilmə metodu kimi zona yenidən yetişdirilmə metodu hesab olunmuşdur. Alınmış monokristallarda akustik fotovoltaiik effekti tədqiq olunmuşdur, otaq temperaturundan yuxarıda $TlInTe_2$ kristallında Holl effekti və elektrik keçiriciliyinin tədqiqatları aparılmışdır. Alınan nəticələr $TlInTe_2$ monokristallının zona strukturu üçün hesablanmış nəticələrlə üst-üstə düşür. $TlInTe_2$ zəncirvari quruluşlu yarımkeçiricisinin həm zəncirlərə perpendikulyar, həm də zəncirlər boyunca nümunənin xüsusi müqavimətinin temperatur asılılığı öyrənilmişdir. Aşqar keçiriciliyin aktivləşmə enerjisi təyin olunmuşdur. Fermi səviyyəsi yaxınlığında lokallaşma radiusu və hal sıxlıqları təyin olunaraq, zona strukturuna əsaslanaraq kritik nöqtələrin təhlili aparılmış və spektrin fundamental udma kənarında $TlInTe_2$ kristallının optik keçidləri izah olunmuşdur.

Superion kristallarında ion keçiriciliyin fiziki və termodinamik əsaslarına baxılmışdır. Göstərilmişdir ki, superion keçiricilərin əsas fərqləndirici xassəsi, onların termodinamik xüsusiyyətləri ilə bağlı və öz təbiətləri ilə əlaqəli anomal yüksək ion keçiriciliyinə malik olmasıdır. Bərk cisimlərdə ion keçiriciliyi nöqtəvi defektlərin (məsələn düyünlər arası ionlar) miqراسiyası hesabına yarandığından, keçiriciliyi təyin edən əsas faktorlardan biri bu defektlərin konsentrasiyasıdır. O termodinamik

hesablama metodlarından təyin olunur. İlk dəfə adi ion kristallarında ion keçiriciliyinin mexanizmini Frenkel vermişdir. Hazırda superior keçiricilərin termodinamik və kinetik xassələrini izah etmək üçün müasir təsəvvürlərdə çoxlu sayda ideyalardan istifadə olunur.

İkinci fəsildə nümunələrin alınma və onların fiziki-kimyəvi və fiziki xassələrin tədqiqi metodikası təsvir olunmuşdur. Hər bir konkret halda birləşmələrin sintezi və kristalların göyərilməsi üçün tətbiq olunmuş metodların üstünlüyü əsaslandırılmışdır. $TlInTe_2$ yarımkeçiricisinin məlum sintez metodikalarına, sintez prosesinin idarə olunmasını və təhlükəsizliyini yüksəldən, alınan materialların təmizliyini artıran və təkmil monokristallar böyütməyə (yetişdirməyə) imkan verən yollar şərh olunmuşdur. Bu fəsilə həmçinin $TlInTe_2$ yarımkeçiricisinin elektrik və dielektrik xassələrini tədqiq etmək üçün qurğuların sxemi və onların işləmə prinsipi verilmişdir.

Bu fəsilə γ -şüalarının bərk cisimlərə təsirinin tədqiqat metodikası araşdırılmışdır. Yarımkeçirici birləşmələrdə nöqtəvi defektlərin əmələ gəlməsi nəzəriyyəsi bircinsli yarımkeçiricilərə nisbətən xeyli mürəkkəbdir. Mövcud ədəbiyyatda olan təcrübə məlumatları göstərir ki, ionlaşdırıcı şüaların təsiri altında kristallarda əksər hallarda həm donor, həm də akseptor mərkəzləri əmələ gəlir. Radiasiya defektlərin miqdarı artdıqca yükdaşıyıcıların konsentrasiyasının tarazlığı dəyişir və Fermi səviyyəsinin son həddinə yaxınlaşır. Şüalanma zamanı defektlərin miqdarı çoxaldıqca birləşmənin elektrik keçiriciliyinin fiziki-kimyəvi, optik xüsusiyyətləri dəyişir, o cümlədən diffuziya dəyişir və s. Buna görə də tədqiq edilən birləşmənin xüsusiyyətlərini qəfəsdə gedən dəyişikliklərin tipini yoxlamaq mümkün olur.

Bu fəsilə həmçinin kristalların dielektrik xassələrinin tədqiqi yolları və impedansın təyini metodikası verilmişdir.

Dissertasiyanın **üçüncü fəsil** $TlInTe_2$ kristalında ion keçiriciliyinin və çevirmə effektivliyinin tədqiqinə, eləcə də dielektrik relaksasiyasının tədqiqinə həsr olunmuşdur. Bu fəsilə $TlInTe_2$ birləşməsində dielektrik nüfuzluğunun və keçiriciliyin temperatur-tezlik xarakteristikalarının, dielektrik və elektrik xassələrinin eksperimental tədqiqatlarının nəticələri təqdim olunmuşdur. Güclü dielektrik relaksasiyasının mövcudluğu aşkar olunmuşdur. Göstərilmişdir ki, dielektrik relaksasiyasına gətirən mexanizm yüklər, sistemin superior halına keçməsi nəticəsində yaranan yüklü mərkəzlər arasında sıçrayışı ilə əlaqədardır. Müəyyən olunmuşdur ki, $TlInTe_2$ kristalında keçiriciliyinin sıçrayışlı xarakteri və dielektrik relaksasiyasının mexanizmi eyni təbiətə malikdir.

Dielektrik nüfuzluluğunun və dielektrik itki bucağının tangensinin müxtəlif tezliklərdə temperatur asılılıqları TlInTe_2 birləşməsinin kristalloqrafik “c” oxuna həm paralel, həm də perpendikulyar istiqamətlərdə tədqiq olunmuşdur. $\text{tg}\delta(T)$ üzrə təqdim olunan eksperimental nəticələr göstərir ki, ölçü sahəsinin tezliyinin artması ilə $\text{tg}\delta \approx f(T)$ maksimumları daha yüksək temperaturalara doğru sürüşür, $\text{tg}\delta$ -nın qiyməti isə azalır. Alınmış məlumatlar $\lg(f_{\max})$ -un $1/T$ -dən asılılığını quraraq, TlInTe_2 kristalında zərrəciyin potensial çuxurdan çıxma tezliyini tapmağa imkan verir. Düz xəttin $1/T \rightarrow 0$ ekstrapolyasiyası potensial çuxurdan çıxmaq üçün mümkün olan rəqslərin tezliyini müəyyən edir ($f_{\parallel} = 2 \cdot 10^{12}$ Hz və $f_{\perp} = 4 \cdot 10^{12}$ Hz); bu, infraqırmızı spektrin orta hissəsinə təsadüf edir. Tezliyin bu qiyməti elektron prosesləri üçün çox aşağıdır. Deyilənlər təsvir olunan rəqs prosesini Tl kationlarının hesabına yazmağa imkan verir.

Beləliklə, kristalın struktur quruluşu və $\lg(f_{\max})$ -in temperatur asılılığına əsaslanaraq hesab edilir ki, TlInTe_2 kristalında superion keçiricilik Tl^+ kationlarının mütəhərrikliliyi ilə əlaqədardır. Alınan nəticələr göstərir ki, TlInTe_2 kristalında, 320K-dən aşağı temperaturda keçiricilikdə, elektron keçiriciliyi üstünlük təşkil edir. Temperaturun sonrakı artması ilə (320 K-dən yuxarı), Tl^+ alt qəfəsində kationların nizamsızlığı hesabına, ion toplananının artması ilə əlaqədar olaraq keçiriciliyin sıçrayışlı artımı müşahidə olunur. Göstərilən temperatur intervalında ion keçiriciliyinin elektron keçiriciliyindən çox olması müşahidə olunur. Həmçinin müəyyən olunmuşdur ki, TlInTe_2 kristalında 320K-dən yuxarı temperaturalarda superion keçiriciliyinin olması, nanozəncirlər (nanorods) $(\text{In}^{3+}\text{Te}^{2-}_2)$ arasındakı tallium alt qəfəsində Tl^+ ionlarının vakansiyalar üzrə diffuziyası ilə əlaqədardır. Beləliklə, alınan nəticələr 320 K-dən aşağı temperaturalarda elektrik keçiriciliyinin elektron toplananının üstünlük təşkil etdiyini göstərir. Temperaturun sonrakı artması ilə (300 K-dən yuxarı) keçiriciliyin sıçrayış şəkili artımı müşahidə olunur ki, bu da ion toplananının, Tl^+ kation alt qəfəsinin nizamsızlaşması ilə bağlı artımı ilə əlaqələndirilir.

TlInTe_2 kristalı üçün $\sigma(T)$ elektrik keçiriciliyinin elektrik sahəsinin intensivliyindən asılılığı öyrənilmişdir. Kristalın keçiriciliyinin temperaturdan asılılığı $\sigma(T)$ həm tetraqonal «c» oxu istiqamətində, həm də «c» oxuna perpendikulyar istiqamətdə, elektrik sahəsinin intensivliyinin $E = 160$ V/sm qiyməti üçün tədqiq edilmişdir. Keçiriciliyin sıçrayışlı dəyişməsi $T = 260$ K (tetraqonal ox istiqamətində) və $T = 250$ K (ona perpendikulyar) temperaturalarında müşahidə olunur.

Xarici elektrik sahəsinin təsiri altında TlInTe_2 kristalında keçiricilik superion halına keçid zamanı tetraqonal ox istiqamətində ≈ 1500 və ona perpendikulyar istiqamətində isə ≈ 1200 dəfə artır. Alınan nəticələr göstərir ki, xarici sahənin intensivliyini artırmaqla daha aşağı temperaturlarda TlInTe_2 birləşməsində superion keçiriciliyi halını almaq olar.

Tədqiqatdan müəyyən olunmuşdur ki, TlInTe_2 kristalında dielektrik itgi bucağının tangensinin $\text{tg}\delta(\nu, T)$ temperatur-tezlik xarakteristikası, bütün tədqiq olunan temperatur intervalında Debay tipli relaksasiya proseslərinə xarakterik olan xüsusiyyətlərə malik olur. Bu fakt kristal qəfəsdə, onunla zəif əlaqəli elektrik yüklərinin olmasını fərz etməyə imkan verir.

TlInTe_2 kristalının elektrik xassələri $100\div 450$ K temperatur intervalında sabit və dəyişən elektrik sahələrində tədqiq olunaraq, həmçinin TlInTe_2 birləşməsinin kompleks impedans spektri öyrənilmişdir. Sabit elektrik sahənin təsiri altında elektrik keçiriciliyinin (σ) kinetik dəyişməsindən ion payı qiymətləndirilmişdir (80%). ($Z^*(f)$) kompleks impedans spektri tezliyin $10^2\div 10^6$ Hz intervalında aparılıb. Göstərilmişdir ki, tədqiq olunan temperatur və tezlik intervalında TlInTe_2 birləşməsinin elektrik xassələri Pt təcridedici elektrodu yaxınlığında yığılmış yükdaşıyıcıların və Tl ionlarının sıçrayışı ilə təyin olunur.

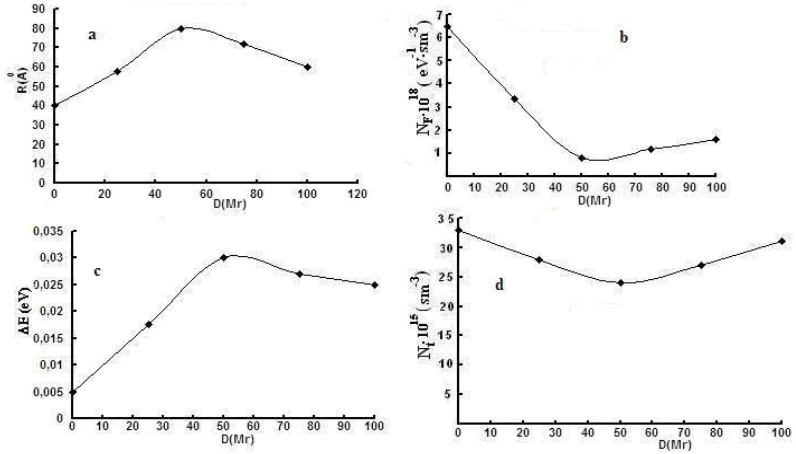
Sadə rezistor və tutum əsasında ekvivalent sxem bütün tədqiq olunan tezlik oblastında eksperimental nəticələri təsvir etmir. Eksperimental nöqtələr ideal yarımçevrədən kənara çıxır. Bu kənara çıxmalar diffuziya impedans ilə əlaqədardır. Yəni aşağı tezliklərdə yükdaşıyıcıların qradienti əmələ gəlir. Dreyfin əks istiqamətində diffuziyanın artması impedansın həqiqi hissəsinin Z' qiymətini artırır. Bu yanaşma, eyni zamanda eksperimental nəticələrdə ideal yarım dairənin alınmamasını, yəni təhrif olunmasına gətirib çıxarır. Bu yanaşma, eyni zamanda eksperimental nəticələrdə ideal yarım dairənin alınmamasını təsvir etmək üçün imkan verir. TlInTe_2 kristalının ($Z''-Z'$) kompleks müstəvisində qodoqramasından yüksək tezlikli oblastın sərhəddi təyin olunmuşdur (320 K-də 10 kHs; 360 K- də 12.5 kHs və 404 K-də 50 kHs).

Alınan nəticələr TlInTe_2 kristalının $Z^*(f)$ spektrini yazmaq üçün ekvivalent sxem təklif etməyə imkan verir. ($Z'-Z''$) müstəvisində ion keçiriciliyinə yarım dairə uyğun gəlir. Əgər yük daşınması və həcmi-yük polyarizasiyası eyni tip daşıyıcılarla təmin olunursa, elektrod

yaxınlığındakı oblastda yığılan həcmi yüklərin elektrik tutumunu RC -paralel dövrəsilə ardıcıl birləşmiş C_{sc} kimi yazmaq olar. Oxşar ekvivalent sxem tədric edici elektrodlu bərk elektrolitlərin impedans spektrini modelləşdirmək üçün istifadə olunur. Beləliklə kompleks impedans spektrlərinin öyrənilməsi göstərdi ki, tədqiq olunan temperatur – tezlik intervalında $TlInTe_2$ kristallarının elektrik xassələri iki əsas amilin olması ilə müəyyən olunur. Bunlardan biri düyünlər arası ionların sıçrayışlı keçiriciliyinə, digəri isə təcrid olunmuş elektrodlar yaxınlığında yükdaşıyıcıların toplanmasına uyğundur.

Dördüncü fəsil γ -kvantların $TlInTe_2$ zəncirvari quruluşlu kristalının elektrik, dielektrik və impedans spektrinə göstərdiyi təsirin araşdırılmasına həsr olunmuşdur.

$TlInTe_2$ kristalının elektrik keçiriciliyi $90\div 300$ K temperatur intervalında ölçülmüşdür. İlk $\sigma_{||}(T)$ və $\sigma_{\perp}(T)$ ölçmələrindən sonra nümunələr standart Co^{60} mənbəyindən γ – kvantlarla şüalandırılmışdır. Şüalanma dozası tədqiq olunan nümunələrin hər birində ardıcıl olaraq γ –kvantlarla 100 Mrad qiymətinə qədər tədricən artırılmışdır. Bu zaman keçiriciliyin $\sigma_{||}(T)$ və $\sigma_{\perp}(T)$ ölçmələri hər bir şüalanma ekspozisiyasından sonra aparılmışdır. Şəkil 1-də 200 K temperaturda lokal səviyələrin hal sıxlığı N_F , səviyələr arasında enerji fərqi ΔE , sıçrayışın uzunluğunun R və dərin tələlərin konsentrasiyasının N_t dozadan asılıqları verilmişdir. Şəkildən görüldüyü kimi 50 Mrad-a kimi sıçrayışın uzunluğunun R və səviyələr arasında enerji fərqi ΔE artır. Lokal səviyələrin sıxlığı N_F və dərin tələlərin konsentrasiyası N_t isə azalır. Mott yaxınlaşmasında lokallaşmış halların N_F sıxlığının, E_a aktivləşmə enerjisinin, sıçrayışların R uzunluğunun, Fermi səviyyəsi yaxınlığında halların enerjisi arasındakı ΔE fərqinin və dərin tələlərin N_t konsentrasiyasının qiymətləri müxtəlif şüalanma dozalarında hesablanmışdır. Müəyyən olunmuşdur ki, 50 Mrad şüalanma dozasında sıçrayışların uzunluğunun kəskin artımı müşahidə olunur, belə ki, sıçrayışın uzunluğu 112 Å təşkil edir. Bu doza və eksperimentin bu həndəsi istiqaməti üçün hesablamalar lokallaşmış hallar sıxlığının minimal konsentrasiyası üçün $2,97 \cdot 10^{18} \text{ eV}^{-1} \cdot \text{sm}^{-3}$ qiymətini verir.



Şəkil1. TIInTe₂ kristallı üçün sıçrayışın uzunluğunun R (a), səviyyələr arasında enerji fərqi ΔE (b), local səviyyələrin hal sıxlığının N_F (c) и dərin tələlərin konsentrasiyasının N_t (d) 200K temperaturunda şüalanma dozasından asılılığı (0;25;50;75;100Mr)

Beləliklə, 100 Mrad dozasına qədər zəncirvari (birölçülü – 1D) nizamsızlaşmanın yaratdığı defektlərin yox olması baş verir (yəni –TI–Te₂–In–Te₂– zəncirlərinin translyasiya nizamlanmasına gətirən radiasiya təbalməsi baş verir), radiasiyanın böyük dozalarında isə məxsusi (nöqtəvi) radiasiya defektləri yaranır. Güclü elektrik sahəsində (VAX-ın qeyri-xətti oblastlarında), elektronun potensial enerjisinin dəyişməsi $R(T)$ səciyyəvi sıçrayış uzunluğunda sıçrayışlar baş verdiyi Fermi səviyyəsinin ətrafındakı enerji zolağının eni ilə bərabərləşəndə elektron hər bir sıçrayış zamanı fonon buraxaraq sahə istiqamətində hərəkət edə bilər. Məttə görə, bu halda cərəyan temperaturdan asılı olmur və sahə artdıqca $I(E) \sim \exp \{-E_0/E\}^{1/2}$ qanunu üzrə artır.

TIInTe₂ kristalının VAX-da cərəyanın kəskin artma oblastı üçün $\sigma \sim (E^{1/2})$ koordinatlarında 90 K və 300 K temperaturlarda elektrik keçiriciliyinin elektrik sahəsindən asılılıqları hesablanıb qurulmuşdur.

Qrafik asılılıqda düz xətlərin meyl bucağına görə keçiriciliyin (σ -nın) qiymətləri təyin edilmişdir. σ -nın $10^3/T$ asılılığı xətti asılılığa tabe olmaqla yanaşı onların uzantıları koordinat başlanğıcından keçir. Məlumdur ki, elektrik sahəsinin $\Delta(E)$ -nin qeyri-xətti asılılığının başlanğıcına uyğun olan qiyməti istilik-sahə ionlaşması və kristalların

keçiriciliyinə kəskin təsir edən defektlərin konsentrasiyası haqqında müəyyən məlumatlar verir..

Keçiriciliyin xaric elektrik sahəsindən (σ -nın $E^{1/2}$ -dən) qeyri-xətti asılılığının başladığı minimal elektrik sahəsinin E_C qiymətini bilərək, TlInTe_2 -də ionlaşmış mərkəzlərin N_F konsentrasiyasını qiymətləndirmək olar.

Potensial çuxurun formasının müəyyən olunması mühüm əhəmiyyət kəsb edir, çünki onun formasını bilərək mərkəzin yaxınlığında yükün fəzada paylanmasını (Puasson tənliyini nəzərə almaqla) müəyyən etmək olar. $\varphi(x)$ funksiyası – aşqar mərkəzinə və ya tələyə qədər məsafədən asılı olan potensial enerjidir (burada x -təbiiq olunan sahə boyunca istiqamətdir), o, elektrik sahəsinin təsiri altında dəyişilir.

İşdə təcrübi məlumatlardan istifadə edərək, TlInTe_2 -də potensial çuxurun, yükdaşıyıcıların tutma mərkəzlərinin parametrlərini qiymətləndirməyə imkan verən forması müəyyən olunmuşdur. Bu, yalnız elektronun sərbəst qaçış yolu potensial çuxurun effektiv ölçülərindən böyük olduğu hallarda baş verir. Həmçinin Pul-Frenkel yaxınlaşmasında ionlaşmış mərkəzlərin N_F konsentrasiyasının, λ sərbəst qaçış yolunun uzunluğunun qiymətləri hesablanmışdır.

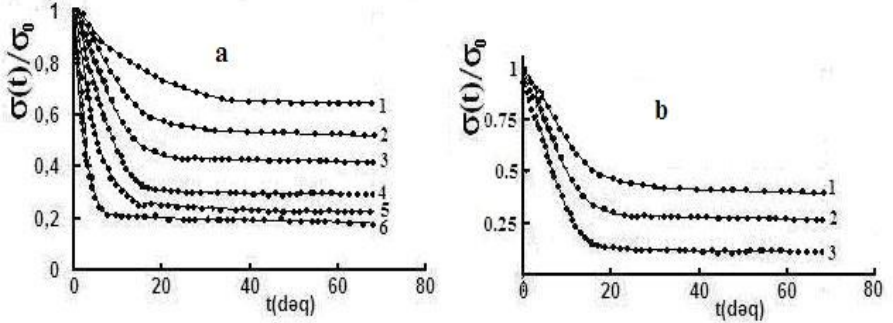
Keçiriciliyin xarici sahə intensivliyindən ($\sigma \sim (E^{1/2})$) asılılıqlarının təhlili göstərir ki, asılılığın qeyri-xətti hissəsində cərəyan tetraqonal TlInTe_2 kristalının kristalloqrafik oxuna həm paralel, həm də perpendikulyar istiqamətlərdə zəif sahə effekti ilə müşayiət olunur.

Bu fəsilə həmçinin γ - kvantlarla şüalanmış TlInTe_2 kristalında superior keçiriciliyin və çevirmə effektinin, eləcə də dielektrik və elektrik relaksasiyanın tədqiqinə həsr olunmuş təcrübi nəticələr də verilmişdir. Tədqiqat zamanı güclü dielektrik relaksasiyasının mövcudluğu aşkar olunaraq göstərilmişdir ki, dielektrik relaksasiyasına səbəb olan mexanizm yüklərin, sistemin superior halına keçməsi nəticəsində yaranan yüklü mərkəzlər arasında sıçrayışı ilə əlaqədardır. Həmçinin müəyyən olunmuşdur ki, TlInTe_2 -də keçiriciliyin sıçrayışlı xarakteri və dielektrik relaksasiyasının mexanizmi eyni təbiətə malikdir.

Şəkil 2(a,b)-də TlInTe_2 kristalının keçiriciliyinin zamandan asılılığı verilmişdir. Şəkildən görüldüyü kimi elektrik keçiriciliyi əvvəlcə eksponensial qanunla azalır və müəyyən zamandan sonra dəyişməz qalır. Elektrik keçiriciliyinin qeyri-xəttli azalması nisbətən yuxarı temperaturalarda sürətlə baş verir. Sabit elektrik sahəsində

cərəyanın zamandan asılı olaraq azalması təcridedici elektrodların yaxınlığında həcmi yüklərin qarşılıqlı kompensasiyası hesabına olur.

Alınan təcrübi nəticələrdən aydın olur ki, 50 Mrad dozada γ -kvantlarla şüalanmış TlInTe₂ kristalında keçiriciliyin ion payı 90%-ə qədər artır. Halbu ki, şüalanmamış nümunələrdə elektrik keçiriciliyin ion payı 80% təşkil edir.



Şəkil.2. TlInTe₂ kristalı üçün elektrik keçiriciliyinin kinetikasi: a-şüalanmamış (1-200 K;2-240 K;3-270 K;4-300 K;5-340 K;6-38 K),b-50Mrad dozada şüalanmış (1-270 K;2-300 K;3-340 K;4-380 K).

Bu fəsildə həmçinin γ -kvantlarla şüalanmış TlInTe₂ kristalının kompleks impedans spektri də öyrənilmişdir. Alınan nəticələrdən aydın olur ki, həm şüalanmış, həm də şüalanmamış TlInTe₂ birləşməsində RC ekvivalent sxemi eynidir. Lakin qodoqrammanın maksimumuna uyğun gələn tezliyin qiyməti şüalanmış nümunələrdə şüalanmamış nümunələrə nisbətən artır. Bu fakt şüalanma nəticəsində kristalda radiasiya defekllərinin artması ilə izah olunur. Müəyyən olunmuşdur ki, həm şüalanmış həm də şüalanmamış TlInTe₂ kristalında polyarizasiyanın tipi ion-pelaksasiya polyarizasiyasıdır.

ƏSAS NƏTİCƏLƏR

1. γ - kvantlarla şüalanmış TlInTe_2 kristalının itki bucağının tangensinin temperaturdan asılılığının tədqiqindən, aktivləşmə enerjisi ($W^a=0.5\text{eB}$, $W^a=0.37\text{eB}$ ($D=50\text{Mrad}$)), onun rəqslərinin tezliyi ($\nu=7\cdot 10^{12}$ Hs, $\nu=10^{11}$ Hs (50Mrad)) təyin olunmuş və göstərilmişdir ki, bu tezlik kristalın fonon rəqslərinin tezlik oblastı ilə üstə-üstə düşür.

2. TlInTe_2 kristalının elektrik xassələri 100-450 K temperatur intervalında sabit və dəyişən elektrik sahələrində tədqiq olunmuşdur. Sabit elektrik sahəsinin təsiri altında elektrik keçiriciliyinin (σ) kinetik dəyişməsindən ion payı qiymətləndirilmişdir (80%). ($Z^*(f)$) kompleks impedans spektri 10^2 – 10^6 Hs tezlik intervalında ölçülüb. Ekvivalent sxem əvəzləmələri üsulundan istifadə etməklə (Z'' – Z') kompleks müstəvi diaqramları təhlil olunmuşdur və yüksək tezlikli oblastın sərhəddi təyin olunmuşdur (320K-də 10kHs; 360K-də 12.5kHs və 404K-də 50kHs).

3. Müəyyən olunmuşdur ki, γ - kvantlarla şüalanmış TlInTe_2 kristalının (Z'' – Z') kompleks müstəvi diaqramlarında yüksək tezlik oblastının sərhəddi tezliyin artması istiqamətinə doğru sürüşür və keçiriciliyin ion payı 90%-ə çatır. Göstərilmişdir ki, həm şüalanmış həmdə şüalanmamış TlInTe_2 kristalında polyarizasiyanın tipi ion–pələksasiya polyarizasiyasıdır.

4. Müəyyən olunmuşdur ki, 200K-dən aşağı temperaturalarda γ - şüalanmanın müxtəlif dozalarının ($0\div 100$ Mrad) təsirinə məruz qalmış TlInTe_2 kristallarında keçiricilik sıçrayışlı xarakter daşıyır və Mott yaxınlaşması ilə təsvir olunur. Lokallaşmış halların N_F sıxlığının, E_a aktivləşmə enerjisinin, sıçrayışların R uzunluğunun, Fermi səviyyəsi yaxınlığında halların enerjisi arasındakı ΔE fərqlinin və dərin tələlərin N_t konsentrasiyasının qiymətləri hesablanmışdır. Kritik doza 50Mr olduğu müəyyən olunmuşdur. Göstərilmişdir ki, həm şüalanmamış, həm də şüalanmış TlInTe_2 kristalının keçiriciliyinin tezlikdən asılılığı $10^4\div 10^6$ Hs tezlik oblastında $\sigma(\omega) \sim \omega^{0.8}$ münasibəti ödənilir. Kompleks dielektrik nüfuzluluğunun xəyali hissəsinin həqiqi hissəsindən asılılığı isə $\varepsilon''(\varepsilon')$ (Koul-Koul diaqramları) tipik qövsü təsvir etmir və xətti qanuna tabe olur.

5. Müəyyən olunmuşdur ki, TlInTe_2 kristalında $T=260\text{K}$ -də (tetraqonal “C” oxu istiqamətində) və $T=250\text{K}$ -də (ona perpendikulyar istiqamətdə) çevirmə effekti müşahidə olunur. Sahə intensivliyinin $E=160\text{V/sm}$ qiymətində keçiriciliyin ion xarakterli artımı aşkar

olunmuşdur, bu zaman keçiricilik 1200 dəfə artır. Sistemin superior halına sahənin induksiyaladığı keçidindən ibarət olan həmin effekt, bu halı TlInTe_2 kristalında tətbiqi baxımdan kifayət qədər əlverişli temperaturalarda (məsələn, otaq temperaturunda) reallaşdırmağa imkan verir. γ -şüalanma nəticəsində isə çevirmə effektinin baş verdiyi gərginliyin kritik qiyməti azalır.

6. Müəyyən olunmuşdur ki, $\sigma \sim (E^{1/2})$ asılılığında istilik-sahə Pul-Frenkel effekti nəzərə almaqla, şüalanmamış və γ -şüalarla şüalanmış TlInTe_2 kristallarının VAX-ın qeyri-xətti oblastı zəif sahə effekti ilə şərtlənir. İşdə həmçinin ionlaşmış mərkəzlərin konsentrasiyası N_t , sərbəst qaçış yolunun uzunluğu (λ), Frenkel əmsalının (β) qiyməti, potensial çuxurun forması şüalanmadan əvvəl və sonra təyin edilmişdir. Göstərilmişdir ki, γ -şüalarının təsirindən sonra TlInTe_2 kristalının potensial çəpərinin dərinliyi azalır.

DİSSERTASIYANIN MƏZMUNU ÜZRƏ ÇAP OLUNMUŞ İŞLƏRİN SİYAHISI

1. O.A. Самедов, Э.М. Керимова, А.П. Абдуллаев, С.Ф. Самедов, Р.Ш. Агаева, Н.А. Алиева. Влияние γ -облучение на прыжковую проводимость кристаллов TlInSe_2 и TlInTe_2 . Nüvə Enerjisinin Dinc Məqsədlərlə İstifadəsi Perspektivləri, IV Beynəlxalq Konferansı, 23-25 noyabr, 2011, Bakı, Azərbaycan, səh.79.

2. R.M. Sardarly, O.A. Samedov, N.A. Aliyeva, R.Sh. Agayeva, A.P. Abdullayev, F.T. Salmanov, S.F. Samedov. Features of Conduction and Poole-Frenkel Effect in Chain of TlInTe_2 and TlInSe_2 . 8th International Conference on “Technical and Physical Problems of Power Engineering” 5-7 September 2012. Ostfold University College Fredrikstad, Norway, p.327-331.

3. R.M. Sardarly, O.A. Samedov, R.Sh. Agayeva, A.P. Abdullayev, F.T. Salmanov. Electric properties of γ – irradiated TlInTe_2 crystals. Nüvə Enerjisinin Dinc Məqsədlərlə İstifadəsi Perspektivləri 5-ci Beynəlxalq konfransi 19-21 Noyabr 2012 AMEA Radiasiya Problemləri İnstitutu, Azərbaycan, Bakı.

4. Sardarly R.M., Samedov O.A., Agayeva R.Sh., Abdullayev A.P., Salmanov F.T., Jabbarov J.H. Dielectric properties of γ – irradiated

TlInTe₂ crystals. International Conference Nuclear Science and ITS Application Samarkand, Uzbekistan, September 25-28, 2012, p.188-189.

5. Бадалов А.З., Сардарлы Р.М., Самедов О.А., Агаева Р.Ш., Салманов Ф.Т., Самедов С.Ф. Ионная проводимость, диэлектрическая релаксация и эффект переключения в кристаллах TlInTe₂. *Elmi Məcmuələr, Aviasiya Elektronikasi*, 2013, cild 15, № 1, s.24-32.

6. A. Pashayev, A. Badalov, R. Sardarly, O. Samedov, N. Alieva, R. Agayeva, A. Orujova, A. Sardarly. Application Prospective of A³B³C₆² type semiconductors in developing nano-size electronic devices. Proceedings of the International Conference on Nanotechnology: Fundamentals and Applications Toronto, Ontario, Canada, 12-14 August 2013. Paper No. XXX1-XXX8.

7. Сардарлы Р.М., Самедов О.А., Агаева Р.Ш., Абдуллаев А.П., Нуруллаев Ю.Г., Салманов Ф.Т., Сеидов М.М. Эффект Пула-Френкеля в γ -облученных кристаллах TlInTe₂. 9-я международная конференция Ядерная и Радиационная физика 24-27 сентября 2013 г., Алматы, Казахстан. стр.106.

8. Сардарлы Р.М., Самедов О.А., Агаева Р.Ш., Абдуллаев А.П., Салманов Ф.Т., Самедов С.Ф., Асланов И.И., Оруджева А.А. Проводимость по локализованным состояниям в кристаллах TlInTe₂ подвергнутых γ - воздействию. 9-Я Международная Конференция Ядерная и Радиационная Физика 24-27 сентября 2013 г., Алматы, Казахстан. стр.100-101.

9. R.M. Sərdarlı, O.Ə. Səmədov, R.Ş. Ağayeva, A.P. Abdullayev, O.Z. Ələkbərov, A.İ. Nəcəfov. TlInTe₂ Kristallinin kompleks impedans spektri *Azerbaijan Journal of Physics*, 2013, Vol. XIX №3, Səh.10-14.

10. A.Z. Bədəlov, R.M. Sərdarlı, O.Ə. Səmədov, R.Ş. Ağayeva, A.P. Abdullayev, İ.İ. Aslanov. γ -kvantlarla şüalanmış TlInTe₂ kristalında Pul-Frenkel effekti. *Milli Aviasiya Akademiyasının elmi əsərləri* 2013, №2, səh.133-143.

11. Р.М. Сардарлы, О.А. Самедов, Э.М. Годжаев, Р.Ш. Агаева, А.П. Абдуллаев, Ф.Т. Салманов. Анизотропия проводимости в кристаллах TlInTe₂ подвергнутых γ - радиации. *Azərbaycan Texniki Universitetinin Elmi Əsərləri*, 2013, Cild 2, №2, 169-177.

12. Р.М. Сардарлы, О.А. Самедов, Р.Ш. Агаева, Дж.Г. Джаббаров, Ф.Т. Салманов, М.М. Сеидов. Особенности Диэлектрической релаксации и проводимости в кристаллах TlInTe₂ облученных γ –квантами. *Bakı Universitetinin Xəbərləri Fizika-Riyaziyyat Elmləri Seriyası*, 2 (2013) s.119-126

13. A. Pashayev, A. Badalov, R. Sardarly, O. Samedov, N. Alieva, R. Agayeva, A. Orujova, A. Sardarly. Application Prospective of $A^3B^3C_6^2$ type semiconductors in developing nano-size electronic devices. International Journal of Theoretical and Applied Nanotechnology 2014, v.2, Is.1, p.9-17.

14. R.M. Sardarly, O.A. Samedov, R.Sh.Agayeva, A.P. Abdullayev F.T. Salmanov, S.Ph. Samadov. Dielectric Relaxation and Conduction of $TlInTe_2$ Crystal Subjected to Radiation Exposure. Azerbaijan Journal of Physics, 2013, Vol. XIX №1, P.28-31.

15. Самедов О.А., Сардарлы Р.М., Агаева Р.Ш., Абдуллаев А.П., Салманов Ф.Т., S.F. Samedov. Анизотропия Проводимости и Локализация Носителей Заряда в Кристаллах $TlInTe_2$ Подвергнутых γ - Радиации Radiasiya Tədqiqatları və Onların Praktiki Aspektləri, VIII Konfrans, 20-21 Noyabr, Bakı, səh.37.

16. Р.М. Сардарлы, О.А. Самедов, Р.Ш. Агаева, А.П. Абдуллаев, Ф.Т. Салманов, Х.Фатализаде.Диэлектрическая релаксация в кристалле $TlInTe_2$ подвергнутого радиационному воздействию. Radiasiya Tədqiqatları və Onların Praktiki Aspektləri, VIII Konfrans, 20-21 Noyabr, Bakı, Səh.36.

17. Р.Ш. Агаева, Р.М. Сардарлы, О.А. Самедов, А.П.Абдуллаев, Ф.Т.Салманов, Е.З.Алиев. Диэлектрические свойства кристалла $TlInTe_2$ облученного γ – квантами. Radiasiya tədqiqatları və onların praktiki aspektləri, VIII Konfrans, 20-21 Noyabr, Bakı, səh.38.

18. R.M. Sardarly, O.A. Samedov, A.P. Abdullayev, R.Sh. Agayeva, F.T. Salmanov, N.A. Aliyeva, A.A.Orujova. Superionik conductivity and specifik effects induced by γ -radiation nanofibrous $A^3B^3C_6^2$ type crystals. Journal of Radiation Researches 2014, vol.1, №1, p.338-350.

RAHIYA AGAYEVA SHAMSADDIN
INFLUENCE OF γ -QUANTA ON DIELECTRIC AND
ELECTRIC
PROPERTIES OF CHAINED TlInTe_2 CRYSTALS

SUMMARY

Temperature dependences of electrical conductivity $\sigma(T)$ and permittivity $\varepsilon(T)$ of TlInTe_2 single crystals are investigated. The superionic conductivity observed at temperatures above 305 K is related to diffusion of Tl^+ ions via vacancies in the thallium sublattice between $\text{In}^{3+}\text{Te}_2^{2-}$ nanochains. A relaxation character of dielectric anomalies suggests the existence of electric charges weakly bound to the crystal lattice. Upon the transition to the superionic state, relaxors in the TlInTe_2 crystals are Tl^+ dipoles ($(\text{Ga}^{3+}\text{Te}_2^{2-})$ nanochains) that arise due to melting of the thallium sublattice and hops of Tl^+ ions from one localized state to another. The effect of a field-induced transition of the TlInTe_2 crystal to the superionic state is detected. The temperature dependences of $\sigma(T)$ and current-voltage characteristics subjected to various doses of γ -radiation in both geometries of the experiment, along nanochains parallel to the tetragonal axis of the crystal (σ) and perpendicular to these nanochains, are studied. It is shown that the dependence $\sigma(T)$ measured in the ohmic region of the current-voltage characteristic is the shape typical of the hopping mechanism.

Experimental results on the dielectric and electrical properties of the TlInTe_2 compound at temperatures above 300 K. Our choice was determined by the suggestion that due to its crystalline structure TlInTe_2 compound could be considered as promising materials with superionic conductivity. The presence of a pseudogap in the density of states and the existence of ultimately anisotropic (1D) and rodlike structure in the crystals of this class make it possible to expect specific features in electrical conductivity; these features are related to the low-dimensional type of the structure. Within the presented work we also studied the specific features of anisotropy of electrical conductivity in the TlInTe_2 crystals (both in the linear and nonlinear regions of the I - V characteristics) and relation of this anisotropy to both the structural features of the crystal and γ - radiation defects. We intended to analyze the conductivity of the crystal in terms of the Mott and Pool-Frenkel models.

АГАЕВА РАИХА ШАМСАДДИН КЫЗЫ
ВЛИЯНИЕ γ -КВАНТОВ НА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЦЕПОЧЕЧНЫХ
КРИСТАЛЛОВ $TlInTe_2$

РЕЗЮМЕ

Исследованы температурные зависимости электрической проводимости $\sigma(T)$ и диэлектрической проницаемости $\epsilon(T)$ кристаллов $TlInTe_2$. Суперионная проводимость, наблюдаемая в температурах выше 305 К, связана с диффузией ионов Tl^+ через вакансии в подрешетке таллия между цепочками $In^{3+}Te^{2-}$. Характер диэлектрической релаксации предполагает существование электрических зарядов, слабо связанных с кристаллической решеткой. Исследованы температурные зависимости $\sigma(T)$ и $\epsilon(T)$ кристаллов $TlInTe_2$ подвергнутых различным дозам γ - радиации в обеих конфигурациях эксперимента, вдоль цепочек, параллельно тетрагональной оси кристалла и перпендикуляр к ним.

Исследование температурной зависимости диэлектрической проницаемости кристаллов $TlInTe_2$ облученных γ - квантами, показали, что вдоль тетрагональной оси "с", максимальное значение диэлектрической проницаемости, облученных дозой $D=100$ Мрад, в 6 раза превышает исходное значение. Определена энергия активации перескока, его частота колебаний, которые попадают в частотную область фононных мод колебательного спектра этого кристалла. Исследованы температурные зависимости ВАХ, полевые и температурные зависимости диэлектрической проницаемости и электропроводности кристаллов $TlInTe_2$. При сравнительно низких электрических полях в кристаллах наблюдается явление порогового переключения с характерным S-образным ВАХ, содержащими участок с отрицательным дифференциальным сопротивлением. В области критических напряжений наблюдаются токовые и вольтовы осцилляции, а также наложенная на них модуляция. Обсуждаются возможные механизмы переключения, ионной проводимости, неупорядоченности и электрической неустойчивости в кристалле $TlInTe_2$.

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНА
ИНСТИТУТ РАДИАЦИОННЫХ ПРОБЛЕМ**

На правах рукописи

РАИХА ШАМСАДДИН КЫЗЫ АГАЕВА

**ВЛИЯНИЕ γ -КВАНТОВ НА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЦЕПОЧЕЧНЫХ
КРИСТАЛЛОВ TlInTe_2**

2225.01 – Радиационное материаловедение

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

доктора философии по физике

Б А К У - 2014