

AZƏRBAYCAN MİLLİ ELMLƏR AKADEMİYASI
RADİASİYA PROBLEMLƏRİ İNSTİTUTU

Əlyazması hüququnda

UOK 537.226.4.

MÜSLÜM RƏHİM OĞLU QƏZƏNFƏROV

**QAMMMA-KVANTLARLA ŞÜALANDIRILMIŞ TlInSe_2
KRİSTALLARINDA ELEKTRON PROSESLƏRİ**

**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

BAKİ – 2014

İş Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Radiasiya Problemləri İnstitutunda yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbər:

Fizika –riyaziyyat elmləri
doktoru, professor
K.e.d.

R.S.Mədətov

A.İ.Nəcəfov

Rəsmi opponentlər:

Fizika –riyaziyyat elmləri
doktoru, professor

R.M.Sərdarlı

Fizika –riyaziyyat elmləri
doktoru

Y.Nurullayev

Aparıcı təşkilat:

AMEA-nın Fizika İnstitutunun “Səthin diaqnostikası, epitaksial və metal-keramik strukturlar” lab.

Dissertasiyanın müdafiəsi «___» __may___ 2014-ci il tarixdə saat «___» -da Azərbaycan MEA Radiasiya Problemləri İnstitutunun nəzdindəki D.01.221 Dissertasiya Şurasının iclasında keçiriləcəkdir.

Ünvan: AZ1143, Bakı, B. Vahabzadə küçəsi, 9, Azərbaycan MEA Radiasiya Problemləri İnstitutu.

Dissertasiya ilə Azərbaycan MEA Radiasiya Problemləri İnstitutunun kitabxanasında tanış olmaq olar.

Avtoreferat göndərilmişdir: «___» __aprel___ 2014-ci il

İxtisaslaşdırılmış Şuranın Elmi katibi:
fizika –riyaziyyat elmləri doktoru

O.Ə.Səmədov

GİRİŞ

Mövzunun aktuallığı: Mikroelektronikanın, nüvə energetikasının və nüvə texnikasının sürətli inkişafı yarımqeçiricilər fizikasının qarşısında yeni problemlər qoyur. Həmin problemlərdən biri, ionlaşdırıcı şüalara və yüksək temperatur dözümlüynə və sıxlığa malik bircinsli mükəmməl yarımqeçirici birləşmələrin alınmasıdır. Bu istiqamətdə aparılan tədqiqat işləri göstərir ki, belə materialların alınma texnologiyasının yaradılması, eyni zamanda onların fiziki parametrlərinin məqsədyönlü idarə edilməsinə imkan verir və geniş praktiki tətbiq imkanları yaradır.

Son illər dar zolaqlı bəsit maddələrlə (Si, Ge, Se və s.) yanaşı, geniş qadağan olunmuş zonaya malik $A^{III}B^V$ və $A^{II}B^{VI}$ tipli birləşmələr əsasında yaradılan müxtəlif strukturlar intensiv tədqiq edilsə də, müəyyən praktiki şəraitlərdə onların fiziki parametrlərinin dayanıqsızlığı, yeni quruluşlu materialların alınmasını tələb edir. Bu məqsədlə spesifik şəraitlərdə radiasiyaya davamlı materialların alınması, fiziki xassələrinin öyrənilməsi və onlar əsasında stabil xarakteristikalara malik cihazların hazırlanması istiqamətində tədqiqat işlərinin aparılması elmi və praktiki cəhətdən əhəmiyyətlidir.

Hazırda tədqiqatçıların geniş tədqiqat obyektinə çevrilmiş materiallardan biri də laylı və zəncirvari quruluşa malik $A^{III}B^{III}C_2^{VI}$ (A-Tl; B-Ga,In; C-S,Se,Te) tipli yarımqeçirici birləşmələr sinfinə daxil olan, fundamental xüsusiyyətlərə malik və praktiki cəhətdən xüsusi maraq doğuran birləşmələrdən biri də TlInSe₂-dir. Bu materialların defektli quruluşa malik olmasına baxmayaraq, onların ultrabənövşəyi, görünən, infraqırmızı, rentgen və γ -şüalarına qarşı özünəməxsus yüksək həssaslığa malik olması səbəbindən bu materiallara maraq durmadan artır. Müəyyən edilmişdir ki, TlInSe₂ birləşməsində "C" oxuna nəzərən müxtəlif istiqamətlərdə defektlərin paylanma konsentrasiyasının (10^{16} - 10^{17} sm⁻³) müxtəlifliyi, onlarda kimyəvi və fiziki xassələrin anizotropluğuna səbəb olur. Həmin işlərdə defektlərin təbiəti və onların elektrik, optik və fotoelektrik xassələrinə təsiri tam aydınlaşdırılmamışdır. Qeyd olunan mexanizmlərin verilməsi üçün nizamlı quruluşa malik monokristalların alınması və müxtəlif xarici şəraitlərdə onların fiziki xassələrinin öyrənilməsi vacibdir. Məhz, bu problemin həllinin bərk cisimlər fizikası, o cümlədən radiasiya materialşünaslığı üçün aktual olduğunu nəzərə alaraq təqdim edilən dissertasiya işinin mövzusu ona həsr edilmişdir.

Dissertasiya işinin məqsədi - TlInSe_2 monokristallarında cərəyanın keçmə mexanizminə və lokal səviyyələrin dolub-boşalma prosesinə γ -kvantların təsirinin xüsusiyyətlərini və mexanizmini aşkar etmək və bu kristalların yeni praktiki tətbiq imkanlarını müəyyənləşdirməkdir.

Bu məqsədə nail olmaq üçün **aşağıdakı məsələlərin həlli qarşıya qoyulmuşdur**:

- TlInSe_2 monokristalların elektrik, optik və fotoelektrik xassələrinə, həmçinin kontakt hadisələrinə xarici amillərin təsirinə dair mövcud elmi ədəbiyyatın analitik təhlilinin aparılması;

- TlInSe_2 monokristallarında müxtəlif xarici şəraitlərdə elektrik keçiriciliyini, qaranlıq volt-ampere xarakteristikasını (VAX) tədqiq etmək;

- TlInSe_2 monokristallarının müxtəlif xarici şəraitlərdə elektrik keçiriciliyinə, qaranlıq volt-ampere xarakteristikasına (VAX) γ -kvantların təsir xüsusiyyətlərini müəyyən etmək;

-Radiasiya defektlərinin termik dərəcələnmə prosesinin TlInSe_2 monokristallarının elektrofiziki xassələrinə təsirini tədqiq etmək;

-Alınmış təcrübə nəticələrinin müqayisəli təhlilini aparmaqla müşahidə edilən xüsusiyyətlərin səbəblərini və mexanizmini aydınlaşdırmaq və onların praktikada tətbiq edilmə imkanlarını araşdırmaq.

Tədqiqat obyektini olaraq Bricsmen-Stokbarger üsulu ilə alınmış TlInSe_2 monokristallarını xüsusi temperatur ($600-700^\circ \text{C}$) rejimində dərəcələnməklə alınmış monokristallar götürülmüşdür.

İşin elmi yenilikləri. İlk dəfə olaraq alınmış TlInSe_2 monokristallarında :

-həcmi yüklə məhdudlaşmış cərəyana xarici amillərin (elektrik sahəsi və temperaturun) təsirinin xüsusiyyətləri aydınlaşdırılmış və mexanizmləri müəyyənləşdirilmişdir;

-elektrik sahəsinin $E < 10^3 \text{ V/sm}$ qiymətlərində TlInSe_2 monokristallarında cərəyanın keçmə mexanizmi yükdaşıyıcıların monopolyar injeksiyası ilə müəyyən edilir, $E > 10^3 \text{ V/sm}$ sahələrdə isə Frenkelin termo-sahə effektinə tabe olur;

-radiasiya defektlərinin təbiəti, yarama mexanizmi və onların ilkin defektlərlə qarşılıqlı təsir qanunlarına uyğunluğu müəyyən edilmişdir;

- TlInSe_2 monokristallarında müşahidə edilən fotocərəyanın termik və optik sönmə effektlərinin, radiasiya defektlərinin generasiya sürətindən və ilkin defektlərin kompensasiya dərəcəsi ilə asılı olduğu müəyyən edilmişdir;

-lokal enerji səviyyələrinin parametrlərinin qiymətləri, onların şüalanma səviyyəsindən asılılığının xüsusiyyətləri müəyyənləşdirilmiş və səbəbləri aydınlaşdırılmışdır;

-spektrin 0,3-1,3 mkm oblastında yüksək fətohəssaslığa, və γ -kvantlara davamlı $\text{TlInSe}_2/\text{TlSe}(\text{Ge})$ heteroqəçidli fətoqəbuledicilərin işlənilmə texnologiyası yaradılmışdır.

İşin praktiki əhəmiyyəti. Alınmış nəticələr əsasında TlInSe_2 monokristallardan γ -şüalarına davamlı diod tipli fətoqəbuledicilərin, yaddaş elementlərinin və çeviricilərin hazırlanmasında istifadə oluna bilər.

Müddəfəyə çıxarılan əsas müddəalar aşağıdakılardır:

- TlInSe_2 monokristallarında həcmi yüklə məhdudlanmış cərəyan, yaddaş və çeviricilik effektləri, məxsusi fətoçərəyanın termik və optik sönmələri həmin kristalların qadağan olunmuş zonasında mövcud olan müxtəlif tipli t-tutma və r- və s-rekombinasiya mərkəzlərinin mərhələli dolub-boşalması ilə bağlıdır;

- TlInSe_2 monokristallarının qadağan olunmuş zonasında yerləşən akseptor tipli tutma mərkəzinin mövcud olması qaranlıq cərəyanın 320-370 K temperatur intervalında termik sönməsinə şərait yaradır və termik sönmə dərinliyi şüalanma dozasından asılı olaraq eksponensial qanunla azalır;

- TlInSe_2 monokristallarında γ - kvantların təsiri nəticəsində yaranan defektlərin vakansiya xarakterli olduğu müəyyən edilmiş, onların ilkin defektlərlə qarşılıqlı təsir mexanizmi və həmçinin elektrik keçiriciliyində rolu aydınlaşdırılmışdır;

- TlInSe_2 monokristallarında çeviricilik, termik və optik sönmə effektləri müşahidə olunmuş və onların mexanizmi, eləcə də radiasiya defektlərinin konsentrasiyasından asılılığının səbəbləri aydınlaşdırılmışdır;

- γ -kvantların təsiri ilə TlInSe_2 monokristallarında radiasiya defektlərinin yaranma və dəmləmə proseslərinin mexanizmləri aydınlaşdırılmış;

-dayaz və dərin tutma tələlərinin konsentrasiyasının γ -kvantların intensivliyindən asılı olaraq dəyişməsi şəraitində injeksiya olunmuş sərbəst yükdaşıyıcıların defektlərlə qarşılıqlı təsir mexanizmi müəyyən edilmişdir.

İşin aprobeasiyası. Dissertasiya işinin əsas nəticələri aşağıdakı elmi konfrans və seminarlarda müzakirə olunmuşdur:

1. Влияние ионизирующего излучения на токопрохождение в монокристаллах TlInSe_2 . Nüvə enerjisinin dinc məqsədlərlə istifadəsi perspektivləri. Beynəlxalq konfrans. 8-10 noyabr 2010. Bakı.

2. Влияние ионизирующего излучения на токопрохождения в монокристаллах TlInSe_2 . 8-я между. Конференция- ядерная и радиационная физика. 20-23 сентябрь, 2011, Алматы.

3. The impact of ionizing radiation on the mechanism of current transition in TlInSe_2 monocrystals. This year the 4th International Conference on Manufacturing Engineering Qualitative and Production systems was held in Barcelona, Spain, September 15-17, 2011.

Elmi nəşrlər: Dissertasiya işinin əsas nəticələri müxtəlif elmi jurnallarda (6) və konfrans materiallarında (2) dərc olunmuşdur.

Dissertasiya işi 2007-2012 illərdə AMEA-nın Radiasiya Problemləri İnstitutunun “Yarımkəçiricilərin radiasiya fizikası” laboratoriyasında plana uyğun yerinə yetirilmiş.

Dissertasiya işinin tərtibat quruluşu və həcmi. Dissertasiya işi giriş, 4 fəsil, əsas nəticələr və istinad olunmuş 107 adda elmi ədəbiyyatın bibliografik siyahısından ibarətdir. Dissertasiya işi 138 səhifədən və 36 illüstrasiyadan ibarətdir.

Girişdə dissertasiya işinin mövzusunun aktualığı əsaslandırılmış, işin məqsədi, bu məqsədə nail olmaq üçün həll ediləcəyi qarşıya qoyulan məsələlər, alınmış nəticələrin yeniliyi və praktiki əhəmiyyəti, müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar, işin aprobeşiyası və nəşrlər, tərtibat quruluşu, həcmi, yerinə yetirildiyi tədqiqat planı haqqında məlumatlar verilir və ayrı-ayrı fəsillərin qısa məzmunu şərh olunur.

Dissertasiya işinin **birinci fəsl**i icmal xarakterlidir. Burada $\text{A}^{\text{III}}\text{B}^{\text{III}}\text{C}_2^{\text{VI}}$ tipli birləşmələrinin alınma texnologiyası, quruluş xüsusiyyətləri, əsas fiziki parametrləri, elektrik, fotoelektrik və optik xassələrinə həsr edilmiş elmi ədəbiyyatın qısa icmalı şərh olunmuşdur. Aparılan təhlil əsasında göstərilmişdir ki, TlInSe_2 birləşmələri zəncirvari quruluşa malikdir, yarımkəçiricilər sinfinə daxildir və bir çox maraqlı xüsusiyyətlərə malikdirlər. $\text{A}^{\text{III}}\text{B}^{\text{III}}\text{C}_2^{\text{VI}}$ tipli birləşmələrin zona quruluşunun öyrənilməsi empirik psevdopotensial üsulu ilə aparılmışdır. Bu tip birləşmələrin nümayəndələrindən biri olan TlInSe_2 kristallarının TlSe –lə eyni kristal quruluşa malik olması haqqında məlumatlar nəzəri və təcrübi faktlar əsasında göstərilmişdir. Bu kristalların kristal və zona quruluşu haqqında müxtəlif elmi nəticələrin təhlili aparılmış və göstərilmişdir ki, TlInSe_2 kristalları TlSe kimi kristallik quruluşu D_{18}^{4h} (I4/mcm) fəza qrupuna daxil olan tetraqonal simmetriyaya malikdir və qəfəs parametrləri $a=b=8,02\text{Å}$, $c=6,79\text{Å}$, $z=4$ –dir. Üç və bir valentli Tl müxtəlif kristallik düyünlərdə yerləşir. Tl^{+3} kationu Tl-Se əlaqəsi üçün (sp^3) kovalent rabitə yaradır və

tetraedrin mərkəzində yerləşir. Tl^{+1} kationu 8 xalkogen atomu ilə əhatə olunmuşdur. $Tl^{+1} - Se$ məsafəsi $3,43\text{Å}$ və Tl ($1,59\text{Å}$) və Se ($1,49\text{Å}$) -nin ion radiuslarının cəmindən azdır. $Tl^{+1} - Tl^{+1}$ və $Tl^{+3} - Tl^{+3}$ həlqəsindəki məsafəsi $3,47\text{Å}$, ancaq $\langle 001 \rangle$ müstəvisində həmin atomlar arasındakı məsafə isə $5,67\text{Å}$ –dir. Hər bir Tl^{+1} ionunun qonşuluğunda və $4,1\text{Å}$ məsafədə Tl^{+3} ionu yerləşir, və əksinə hər bir Tl^{+3} ətrafında 4 Tl^{+1} yerləşir. $TlGaTe_2$, $TlInSe_2$ və $TlInTe_2$ izoquruluşludur və kristal quruluşun anizotropluğu kristallarda rabitə qüvvələrinin anizotropluğunu yaradır. Qeyd olunmuşdur ki, müxtəlif kation atomlarının kristalloqrafik vəziyyətinin müəyyənləşdirilməsi kristalların parametrlərini idarə etmək baxımından praktiki əhəmiyyətə malikdir. Eyni zamanda elmi ədəbiyyatda mövcud olan nəticələrin fərqli cəhətləri, tətbiq olunan metodiki və texnoloji üsulların çatışmazlıqları haqqında məlumatlar verilmişdir.

Fəslin sonunda elmi ədəbiyyatda aparılan təhlilə əsaslanaraq dissertasiya işinin məqsədi elmi və praktiki cəhətdən əsaslandırılmışdır.

Dissertasiya işinin **ikinci fəsl**i metodiki üsullara həsr edilmişdir. Bu fəsilə tədqiq olunan kristalların yetişdirilməsi və onlar əsasında heteroqecidlərin işlənməsi, təcrübi ölçmələrdə istifadə olunan nümunələr və ölçü qurğusu, tətbiq olunan ölçmə və təhlil üsulları haqqında məlumatlar verilir.

$TlInSe_2$ monokristalları Brimen-Stokbarger üsulu ilə xüsusi temperatur ($780\pm 1^\circ\text{C}$) rejimində istiqamətlənmiş kristallaşma üsulu ilə alınmışdır. Yetişdirilmiş kristalların monokristallığı, quruluşu və kimyəvi tərkibi rentgen-quruluş və kimyəvi analiz üsulları ilə yoxlanılmışdır. Monokristallar tetraqonal quruluşa malik olmuş və kristal qəfəsin parametrləri- $a=8,061\text{Å}$, $c=6,822\text{Å}$ olmuşdur. Kristalların keçiricilik tipi termo-e.h.q.–nin işarəsinə görə müəyyən edilmiş və p-tip keçiriciliyə malik olması aşkar olunmuşdur. İlk nümunələrin elektrik və fotoelektrik xassələrini tədqiq etmək üçün keçirici elektrik kontaktları olaraq indiumdan və gümüş pastasından istifadə edilmişdir. Tədqiqat məqsədilə istifadə olunan nümunələrin ölçüləri $0,2\times 2\times 8\text{mm}^3$ olmuşdur. Qurğunun gücü 40 rad/s olmuşdur. Şüalanma vaxtına əsasən udulma dozası təyin edilmişdir. Nümunələrin ilkin xarakteristikaları ölçüldükdən sonra şüalandırılmışdır və hər ölçmədən sonra yenidən şüalanmaya verilmişdir. Şüalanma dozası $0,2\div 10\text{ Mrad}$ intervalında olmuşdur.

Heteroqecidlərin işlənməsi məqsədi ilə ölçüləri $0,2\times 2\times 8\text{mm}^3$ olan paralelepiped formalı altlıq ($TlInSe_2$) hazırlanmış və BYII-5 tipli qurğunun kamerasında yerləşdirilmişdir. Xüsusi qrafit sobanın köməyi ilə $TlSe(Ge)$

birlişməsi altlıq üzərinə 30÷50 dəqiqə müddətində çökdürülür. Alınmış nümunələr 350-400 °C temperaturunda dəmlənmiş, kristal təbəqə alınmış və onun quruluşu və tərkibi rentgenfaz analizinin köməyi ilə analiz edilmişdir. Qalınlığı 5-10 mkm olan nazik TlSe(Ge) təbəqə n-tip keçiriciliyə, $\rho=10^3\div 10^4$ Om·sm xüsusi müqavimətə malik olmuşdur. Omik kontaktlar almaq üçün indiumdan istifadə edilmiş və nümunənin qarşı səthlərinə nöqtəvi formada çəkilməmişdir.

Üçüncü fəsilə p-TlInSe₂ monokristallarında zəif və yüksək elektrik sahələrində injeksiya cərəyanlarının və keçiriciliyin xüsusiyyətlərini tədqiq etməklə, kristalların qadağan olunmuş zonasındakı lokal enerji səviyyələrinin dolub-boşalma proseslərinin xarici elektrik sahəsindən və radiasiya defektlərinin ilkin defektlərlə qarşılıqlı təsirindən asılılığının aydınlaşdırılmasına həsr edilmişdir.

p-TlInSe₂ monokristallarının VAX-nın T=300K temperaturunda və elektrik sahəsinin $1,2\cdot 10^2\div 3\cdot 10^5$ V/sm qiymətlərində tədqiqi zamanı xətti və yüksək xətti oblastlarda $I\sim U^n$ qanununa tabe olur və üst əmsalı $n=1\div 4,0$ olur. I-hissə Om qanununa, II-hissə kvadratik qanuna tabe olur ($I\sim U^2$) və III-hissədə isə cərəyanın kəskin artması müşahidə olunur. Alınmış nəticələr bərk cisimlərdə injeksiya cərəyanı və aktivləşməmiş keçiricilik nəzəriyyələri əsasında təhlil edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, otaq temperaturunda tələlərin konsentrasiyası və tutma əmsalı $N_t \approx 2,5 \cdot 10^{16} \text{ sm}^{-3}$ və $\theta \approx 2 \cdot 10^{-6}$ olmuşdur. $\theta \sim f(I/T)$ asılılığından sərbəst yükdaşıyıcıların konsentrasiyası və tutma mərkəzinin aktivləşmə enerjisi hesablanmışdır ($n_t=2 \cdot 10^{13} \text{ sm}^{-3}$ və $\Delta E_t = 0,35 \text{ eV}$).

Aparılan tədqiqatlar nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, p-TlInSe₂ monokristallarının qaranlıq volt-ampere xarakteristikası (VAX) temperaturun və nümunəyə tətbiq edilən xarici elektrik sahəsinin dəyişməsinin çox geniş intervalında həcmi yüklə məhdudlaşmış cərəyanlara xas olan üstlü qanuna tabe olsa da, gərginliyin yüksək qiymətlərində ($E > 10^2$ V/sm) bu qanunauyğunluqdan kənara çıxmalar müşahidə olunur. Alınmış nəticələrin təhlili göstərmişdir ki, p-TlInSe₂ monokristallarında injeksiya olmuş yükdaşıyıcıların dayaz tutma səviyyələri ilə qarşılıqlı təsiri, daşınması və rekombinasiya prosesləri yüksək konsentrasiyaya malik vakansiya tipli defektlərin mövcud olduğu şəraitdə baş verir. Bu isə özünü yüksək elektrik sahələrində VAX-ın temperatur asılılığında və alınmış nəticələrin nəzəri müddəalarla uzlaşmamasında göstərir. Şəkil 1-də γ -şüalarla müxtəlif dozada şüalandırılmış TlInSe₂ monokristalının volt-ampere xarakteristikası göstərilmişdir. Təcrübi əyrilərin təhlili göstərir ki,

şüalanma dozasının $\Phi < 10^5$ rad qiymətlərində VAX-sı gərginliyin yüksək qiymətləri tərəfə, $\Phi > 10^5$ rad qiymətlərində isə, gərginliyin kiçik qiymətləri tərəfə sürüşür. Bu, VAX-da omik hissənin uzanmasına və onun sonunda cərəyanın kəskin artmasına səbəb olur. VAX-ın kvadratik hissəsindən hesablanan və təcrübi yolla alınan nəticələrin müqayisəsi ($j \sim L^{-3}$, burada L - nümunənin qalınlığı, $\theta \approx 2 \cdot 10^{-6}$ - tutma faktorudur) göstərir ki, şüalanma dozasının $\Phi < 2 \cdot 10^5$ rad və elektrik sahəsinin $E < 10^2$ V/sm qiymətlərində TlInSe₂ monokristallarında yükdaşıyıcıların daşınması monopolyar injeksiya ilə əlaqədardır və Lampert nəzəriyyəsinə uyğundur. Sahə intensivliyinin $E > 10^2$ V/sm qiymətlərində isə, cərəyanın gərginlikdən asılılığı Lampert nəzəriyyəsinə tabe olmur. Şüalanma dozasının $\Phi > 2 \cdot 10^5$ rad və elektrik sahəsinin $E < 10^2$ V/cm qiymətlərində VAX-da omik hissədən kvadratik hissəyə keçid gərginliyinin qiyməti kiçilir və VAX-sı kiçik gərginlik oblastına tərəf sürüşür (şəkil 1,3və 4-əyri). Sahə intensivliyinin $E > 10^2$ V/cm qiymətlərində isə, cərəyanın daha kəskin artması müşahidə olunur. Alınmış nəticələrin təhlili göstərir ki, TlInSe₂ kristallarını $\Phi < 2 \cdot 10^5$ rad dozalarda şüalandırıldıqda yaranan radiasiya defektləri donor təbiətli olduğundan, nümunələrin müqaviməri artır və nəticədə kristalın elektrik keçiriciliyi azalır. $\Phi > 2 \cdot 10^5$ rad dozalarda isə akseptor tipli defektlər yarandığından kristalların elektrik keçiriciliyi artır.

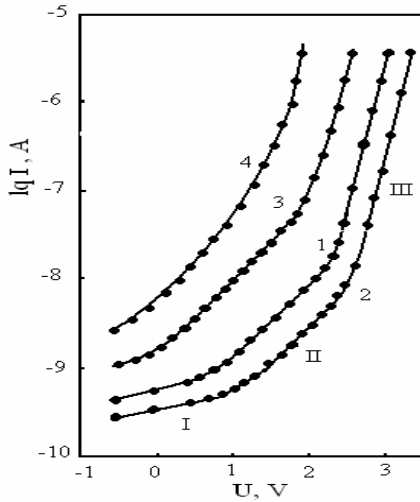
Beləliklə, müxtəlif temperaturlarda və zəif elektrik sahələrində ($E < 10^2$ V/cm) cərəyan sıxlığının elektrodlar arasındakı məsafədən və tutma əmsalının temperatur asılılığından müəyyən edilmişdir ki, TlInSe₂ monokristallarının VAX-sı Lampert nəzəriyyəsinə tabe olur və həcmi yüklə məhdudlaşmış cərəyanla müəyyən olunur.

Yüksək elektrik sahələrində cərəyanın kəskin artma səbəblərindən biri də, tutma mərkəzlərinin elektrik sahənin təsiri ilə ionlaşması ola bilər.

Bu məqsədlə TlInSe₂ monokristallarının müxtəlif temperaturlarda elektrik keçiriciliyinin elektrik sahəsindən (10^3 - 10^4 V/cm) asılılığı $I_g \sigma \sim f(\sqrt{F})$ koordinatlarında tədqiq edilmiş və müxtəlif temperaturlarda β -əmsalının (Frenkel əmsalı) qiymətləri təyin edilmişdir (şəkil 2). Müəyyən edilmişdir ki, temperaturun azalması ilə β - əmsalı xətti artır və Frenkel nəzəriyyəsinə uyğun gəlir. β -nın qiymətlərinə əsasən TlInSe₂ monokristallarının dielektrik nüfuzluğu hesablanmış ($\epsilon_0 \approx 10$) və ədəbiyyat məlumatları ilə uzlaşdığı müəyyən edilmişdir.

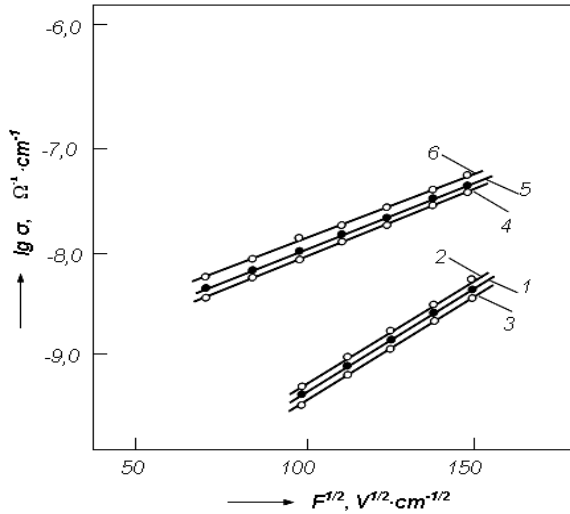
Frenkel nəzəriyyəsinə görə $I_g \sigma \sim f(\sqrt{F})$ asılılığının qeyri-xətti hissəsinin başlanğıcına qədər olan hissəsindən istilik-elektrik sahə effektinin təsiri

nəticəsində ionlaşmış səviyyələrin konsentrasiyası təyin edilmişdir ($N_i = 2,1 \cdot 10^{14} \text{ sm}^{-3}$).



Şəkil 1. Müxtəlif şüalanma dozalarında TlInSe₂ monokristallarının volt-ampere xarakteristikası (D_γ , rad): 1-0, 2- $1 \cdot 10^5$, 3- $5 \cdot 10^5$, 4- $1,5 \cdot 10^7$.

Alınmış nəticələrin təhlili göstərir ki, $E > 10^3 \text{ V/sm}$ sahələrdə cərəyanın kəskin artması Frenkel nəzəriyyəsinə görə yükdaşıyıcıların konsentrasiyasının artması ilə bağlıdır. Qeyd olunan hadisə iki faktla - $\beta \sim f(1/T)$ asılılığı və $\lambda > r_m$ (λ -elektronun sərbəst qaçış məsafəsinin uzunluğu, r_m -potensial çəpərin effektiv hündürlüyü) sübut olunur. Alınmış təcrübə nəticələri və elmi ədəbiyyatda olan parametrlər əsasında TlInSe₂ monokristalları üçün elektronun sərbəst qaçış məsafəsinin (λ) və tələdən potensial çəpərin maksimumuna qədər olan məsafənin (r_m) hesablanmış qiymətləri $\lambda \sim 7,9 \cdot 10^{-6} \text{ sm}$ və $r_m \sim 4,3 \cdot 10^{-6} \text{ sm}$ olmuşdur. Təcrübə nəticələrinin hər iki şərti ödədiyini nəzərə alaraq deyə bilərik ki, TlInSe₂ monokristallarında yüksək elektrik sahələrində ($E > 10^3 \text{ V/sm}$), sahənin təsiri ilə lokal səviyyələrin ionlaşmanın müşahidə olunur və bu Frenkel nəzəriyyəsinə uyğundur.



Şəkil 2. Müxtəlif şüalanma dozalarında TIInSe₂ monokristallarının elektrik keçiriciliyinin elektrik sahəsinin intensivliyinin kvadrat kökündən asılılığı (D_{γ} , rad): 120 K (1-0, 2- $1 \cdot 10^5$, 3- $5 \cdot 10^5$), 300K (4-0, 5- $1 \cdot 10^6$, 6- $1.5 \cdot 10^7$).

Beləliklə, TIInSe₂ monokristallarının VAX-nın araşdırılması nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, cərəyanın keçmə mexanizmi elektrik sahəsinin zəif qiymətlərində ($E < 10^2$ V/sm) həcmi yüklərlə məhdudlanmış injeksiya cərəyanı ilə, yüksək $E > 10^2$ V/sm sahələrdə isə lokal səviyyələrin ionlaşması nəticəsində dəşiklərin konsentrasiyasının artması nəticəsində cərəyanın kəskin yüksəlməsi müşahidə olunur. Qeyd olunan təcrübi nəticələrə əsaslanaraq demək olar ki, γ -kvantların təsiri nəticəsində TIInSe₂ monokristallarında yaranan defektlər təbiətə ilkin defektlərə oxşardır və onlar ikinci radiasiya prosesləri nəticəsində yaranır. Belə ki, şüalanmanın ilkin mərhələsində quruluş defektlərinin nizamlanması və sonrakı mərhələdə isə təkrar radiasiya prosesləri hesabına quruluş defektlərinin radiasiya defektləri ilə qarşılıqlı təsiri nəticəsində neytral defektlərin yaranması prosesi baş verir. Bu proseslərin şüalanma dozası ilə idarə edilməsi kristalların elektrik parametrlərinin məqsədyönlü dəyişməyə imkan verir.

Dördüncü fəsil $\text{TlInSe}_2/\text{TlSe}(\text{Ge})$ heteroqəçidlərinin kompleks tədqiqinə həsr edilmişdir. Burada $\text{TlInSe}_2/\text{TlSe}(\text{Ge})$ heteroqəçidlərinin volt-ampər, volt-farad və fotoqəçiriciliyin spektral paylanması geniş temperatur intervalında tədqiq edilmişdir. Bu fəsildə, həmçinin heteroqəçidlərin qeyd olunan xarakteristikalarına γ -kvantların təsiri aydınlaşdırılmış və mexanizmi müəyyən edilmişdir. Bu tədqiqatlarda məqsəd həm $\text{TlInSe}_2/\text{TlSe}(\text{Ge})$ heteroqəçidlərin elektrik və fotoelektrik xarakteristikalarının baza materiallarının xüsusiyyətlərindən asılılığın müəyyən edilməsi, həm də kontakda baş verən proseslərə γ -kvantların təsirinə aydınlaşdırılmasıdır.

Tədqiqatlar nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, p- TlInSe_2 və n- $\text{TlSe}(\text{Ge})$ kristalları əsasında işlənmiş strukturlar diod xüsusiyyətinə malik kəskin heteroqəçidlərdir optimal şəraitdə strukturun düzlənmə əmsalı ~ 10 tərtibindədir. $\text{TlInSe}_2/\text{TlSe}(\text{Ge})$ heteroqəçidlərinin düz və əks istiqamətlərdə volt-ampər xarakteristikaları müxtəlif temperaturalarda tədqiq edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, heteroqəçidlərin düz istiqamətdə volt-ampər xarakteristikalarında ($U < 6kT/q$) cərəyanın axma mexanizmi yükdaşıyıcıların kontaktdan injeksiyası hadisəsi ilə ($n=1, I_0 = 1 \cdot 10^{-8} \text{ A/sm}^2$) bağlıdır. Alınmış nəticələr Şokli və Şokli-Noysa-Saa nəzəriyyələri ilə izah edilir. $\ln I_0 - 1/T$ asılılığından lokal energetik səviyyənin aktivləşmə enerjisi təyin edilmiş və 0,20 eV bərabərdir. BAX-nın araşdırmaları nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, $0,4 < U < 1,5$ B gərginlik intervalında qaranlıq cərəyan $J = (U - U_0)R_0$ qanununa tabe olur ($n=1,6, I_0 = 5 \cdot 10^{-8} \text{ A/sm}^2$).

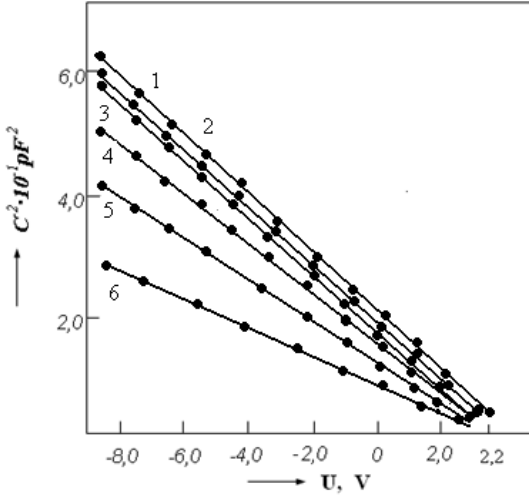
Müəyyən edilmişdir ki, şüalanma dozasının $\Phi < 2 \cdot 10^5$ rad qiymətlərində qaranlıq cərəyanın qiyməti azalır və həcmi yüklər oblastında gərginlik düşgüsünün qiyməti artır. Bu isə VAX-nın gərginliyin yüksək oblastına tərəf sürüşməsinə səbəb olur. VAX-nın ayrıxətli hissəsinin gərginlik oxuna nəzərən ekstropolyasiyasından təyin olunan kəsişmə gərginliyinin qiymətinin güzi dəyişdiyi müşahidə olunur (1,1÷ 1,2 V). Cərəyanın I_0 - əmsalının VAX-dan təyin olunmuş qiyməti isə, şüalanmadan sonra $1,5 \cdot 10^{-9} \text{ A/sm}^2$ olmuşdur. Şüalanma dozasının $\Phi > 2 \cdot 10^5$ rad qiymətlərində isə, şüalanma dozasının artması ilə qaranlıq cərəyanın artması müəyyən olunmuşdur ($I_0 = 1 \cdot 10^{-8} \text{ A/sm}^2$). Heteroqəçidin keyfiyyət əmsalı (n) isə, şüalanma dozasının artması ilə zəif, yəni 1,6÷2,0 intervalında dəyişir. Aparılmış araşdırmalar göstərir ki, γ - kvantların təsiri nəticəsində $\text{TlInSe}_2/\text{TlSe}(\text{Ge})$ heteroqəçidlərində qaranlıq cərəyanın keçmə mexanizmi saxlanılır.

Heteroqeçidlərin əks istiqamətdə VAX-nın, $\text{TlInSe}_2/\text{TlSe}(\text{Ge})$ heteroqeçidlərində əks cərəyanın xüsusiyyətlərinin γ -kvantların şüalanma dozasından asılılığı geniş temperatur və elektrik sahələrində tədqiq edilmişdir. Təhlili nəticəsində qaranlıq cərəyanın nümunəyə tətbiq edilən gərginlikdən asılılığının $I=U^m$ qanununa tabe olduğu göstərilmişdir. İn $I \sim f(U)$ asılılığından m -üst əmsalının qiyməti təyin edilmişdir. Alınmış asılılığın qrafiki təsvirinin araşdırılması nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, tətbiq edilən əks gərginliyin $U < 6,8 \text{ B}$ qiymətlərində $m=1$, $U > 6,8 \text{ B}$ qiymətlərində isə $m=1,1$ və daha yüksək qiymətlər almışdır. Bu fakt bizə, həcmi yüklər oblastında baş verən generasiya–rekombinasiya proseslərinin mövcud olduğunu təsdiq edir. Müəyyən edilmişdir ki, əks qaranlıq cərəyanın gərginlikdən asılılığı üstlü xarakter daşıyır və şüalanma dozasından zəif asılıdır.

Beləliklə müəyyən edilmişdir ki, γ -kvantların təsiri nəticəsində yaranan defektlər həcmi yüklər oblastında aşqar atomların paylanma qanunauyğunluğuna təsir göstərir. Digər tərəfdən, heteroqeçidlərin keyfiyyətini xarakterizə edən parametrlərin (I_0 , n , m) həcmi yüklər oblastının həndəsi parametrlərindən (W , C -həcmi yüklər oblastının eni və tutumu) asılı olduğunu nəzərə alaraq $\text{TlInSe}_2/\text{TlSe}(\text{Ge})$ heteroqeçidlərində tutum-farat xarakteristikasına γ -kvantların təsiri öyrənilmişdir. Alınmış təcrübi qiymətlər əsasında heteroqeçidin potensial çəpərin hündürlüyü hesablanmış və uyğun olaraq $3,45 \text{ eV}$ olmuşdur. Alınmış qrafiklərin təhlili göstərir ki, temperaturun artması ilə $\text{TlInSe}_2/\text{TlSe}(\text{Ge})$ heteroqeçidlərində tutum xətti qanunla azalır. Müəyyən edilmişdir ki, TlInSe_2 monokristalının qadağan olunmuş zonasının temperatur asılılığına uyğun olaraq U_0 – gərginliyi temperaturun artması ilə azalır. Kəsişmə gərginliyinin temperatur əmsalı $6 \cdot 10^{-3} \text{ B/dər}$. Alınmış təcrübi nəticələrə görə həcmi yüklər oblastında aşqar atomlarının paylanma qanunauyğunluğu və onun eni təyin edilmiş və uyğun olaraq $3 \cdot 10^{14} \text{ sm}^{-3}$, $W=3,5 \cdot 10^{-4} \text{ sm}$ olmuşdur. Heteroqeçidlərin volt-farat xarakteristikasına γ -kvantların təsiri araşdırılmış və müəyyən edilmişdir ki, $C^{-2} \sim f(U)$ asılılığında, şüalanmadan sonra ilkin müşahidə olunan qanunauyğunluq saxlanılır, ancaq heteroqeçidin tutumu eksponensial qanunla qanunla azılır. Alınmış əyrilərin gərginlik oxuna nəzərən ekstropolzasiyasından təyin olunan tutumun kəsişmə gərginliyinin azalması müşahidə olunur.

Belə ki, həcmi yüklər oblastının eninin dəyişməsi aşqar atomların paylanmasına və p-n keçidin eninin artmasına səbəb olur. $\text{TlInSe}_2/\text{TlSe}(\text{Ge})$ heteroqeçidlərinin volt-amper və volt-tutum xarakteristikalarında müşahidə

edilən effektlərin təhlili göstərir ki, γ -kvantlarla şüalanma dozasının $\Phi < 2 \cdot 10^5$ rad qiymətlərində anion qəfəsaltında yaranan

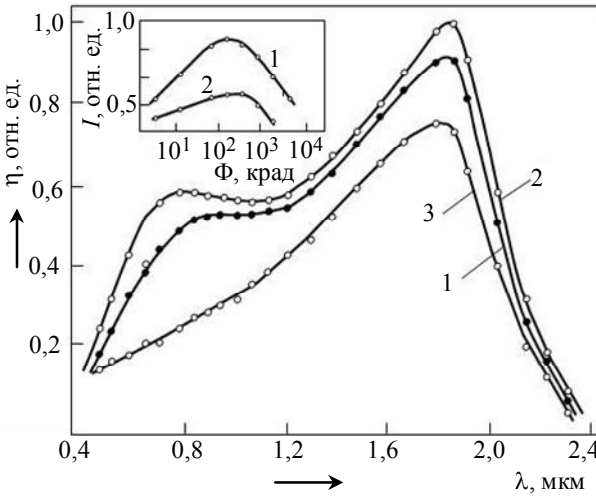


Şəkil 4. TIInSe₂/TlSe(Ge) heteroqəçidlərinin volt-farad xarakteristikalarının müxtəlif şüalanma dozalarında göstərilmişdir (T= 300 K) : 1-50 ; 2 – 100; 3- 150 ; 4- 200 ; 5- 250; 6- 500 krad.

V_{se}^+ və V_{In}^+ vakansiyaları, həmçinin onların iştirakı ilə yaranan komplekslər ($V_{Tl}Se_i$) və ($V_{Tl} I_i$) heteroqəçid sərhəddində toplanaraq potensial çəpərin hündürlüyünü artırır. $\Phi > 2 \cdot 10^5$ rad dozalarda isə, V_{Tl} vakansiyasının iştirakı ilə yaranan komplekslərin dissosiasiyası nəticəsində potensial çəpərin hündürlüyü azalır və nəticədə sərbəst yükdaşıyıcıların konsentrasiyası artır.

TIInSe₂/TlSe(Ge) heteroqəçidlərinin fotoelektrik xassələrinin tədqiqi şüalanmadan əvvəl və sonra aparılmışdır (şəkil 3). Müəyyən edilmişdir ki, şüalanmadan əvvəl spektrin $\lambda_1=0,70$ mkm və $\lambda_2=1,80$ mkm hissələrində maksimumlar müşahidə olunur. $\lambda_1=0,70$ mkm TIInSe₂ monokristalının, $\lambda_2=1,80$ mkm isə TlSe təbəqəsinin udulma oblastına uyğun gəlir. Qeyd etmək lazımdır ki, spektrdə müşahidə edilən maksimumların amplitud qiymətləri işıq şüalarının hansı səthə düşməsindən asılıdır. Belə ki, TlSe(Ge) səthini işıqlandırdıqda $\lambda_2=1,80$ mkm maksimumunun amplitud

qiyməti, $\lambda_2 = 1,80$ mkm müşahidə olunan maksimuma nəzərən daha yüksək olur. Müşahidə etdiyimiz fakt göstərir ki, enli qadağan olunmuş zonaya malik komponent tərəfdən işıqlandırıldıqda fətohəssaslığın spektrində iki maksimumun müşahidə edilməsi heteroqəçidlərin xarakterik xüsusiyyəti ilə bağlıdır. Dar zolaqlı səth işıqlandırıldıqda fətohəssaslığın kəskin dəyişməsi isə, materialın udma qabiliyyətinin kəskin dəyişməsini göstərir.



Şəkil 3. Müxtəlif şüalanma dozalarında TlInSe₂/TlSe<Ge> heteroqəçidlərində kvant effektivliyinin nisbi spektral xarakteristikası (p-TlInSe₂- tərəfdən işıqlanma zamanı): 1. $\Phi = 0$; 2. $\Phi = 10^5$; 3. $\Phi = 1 \cdot 10^7$ rad. Şəkilin üstü: 1. $\lambda_1 = 0,70$ мкм və 2. $\lambda_2 = 1,80$ мкм uyğun fotocərəyanın şüalanma dozəsindən asılılığı.

TlInSe₂/TlSe(Ge) heteroqəçidlərdə müşahidə olunan effektlərə γ -kvantların təsiri şüalanma dozasının $10^2 \div 10^7$ rad intervalında tədqiq edilmişdir. Təcrübə nəticələri göstərir ki, şüalanma dozasının $\Phi < 2 \cdot 10^5$ rad qiymətlərində spektrin 0,4÷2,4 mkm oblastında fətohəssaslıq artır və bu zaman, şüalanmadan əvvəl müşahidə edilən maksimumlarda sürüşmə baş vermir. Şüalanmanın yüksək dozalarında isə, spektr boyunca fətohəssaslığın azalması qeydə alınır. Qeyd edək ki, şüalandırılmış nümunələrin işıqlanma səthinin dəyişməsindən asılı olmayaraq

fotohəssaslığın şüalanma dozasından asılılığı eyni qanunauyğunluğa tabe olur. Bu isə, şüalanma zamanı yaranan defektlərin nümunənin həcmi boyunca bərabər paylandığını göstərir. Nümunələrin fotohəssaslığının şüalanma dozasından asılılığı radiasiya defektlərinin təbiətindən asılıdır. Belə ki, $\Phi < 2 \cdot 10^5$ rad şüalanma dozalarında yaranan defektlər donor tipli olduğundan, ilkin akseptor tipli səviyyələrin qismən kompensasiyası baş verir və nəticədə kecirici zonada olan yükdaşıyıcıların konsentrasiyasını azaldır. Bu isə fotohəssaslığın artmasına səbəb olur. Yüksək şüalanma dozasında isə, akseptor tipli səviyyələrin konsentrasiyasının artması nəticəsində sərbəst yükdaşıyıcıların konsentrasiyası artır və nümunələrin fotohəssaslığı azalır.

Ə S A S N Ə T İ C Ə L Ə R

1. TlInSe₂ monokristallarında VAX–nın müxtəlif temperaturalarda (100-350 K) araşdırılması nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, cərəyanın keçmə mexanizmi elektrik sahəsinin aşağı qiymətlərində ($E < 10^3$ V/sm) həcmi yüklə məhdudlanmış monopolyar injeksiya, elektrik sahəsinin yüksək qiymətlərində isə ($E > 10^3$ V/sm) tutma səviyyələrinin ionlaşma prosesi ilə bağlıdır.

2. TlInSe₂ monokristallarında γ - kvantlarla şüalanma zamanı yaranan defektlərin konsentrasiyası və təbiəti kristalların yetişdirilməsi zamanı yaranan struktur defektlərin təbiətindən asılıdır. Belə ki, ilkin şüalanma zamanı $\Phi < 1 \cdot 10^3$ rad dozalarda yaranan donor tipli defektlərin konsentrasiyası üstünlük təşkil etdiyindən akseptor tipli səviyyələrin qismən kompensasiyası baş verir və kristalların elektrik keçiriciliyi azalır. Yüksək şüalanma dozalarında ($\Phi > 5 \cdot 10^5$ rad) isə, ($V_{in} In_x$) tipli komplekslərin yaranması p-TlInSe₂ kristallarında dəşiklərin konsentrasiyasının artmasına səbəb olur və nəticədə elektrik keçiriciliyi artır.

3. TlInSe₂ monokristallarında fotocərəyanın T=350-370 K intervalında termik sönməsi 0,42 eV enerjili r- rekombinasiya mərkəzlərinin (V_{In}) termik boşalması ilə bağlıdır, γ - kvantlarla şüalandırılma zamanı yaranan radiasiya defektlərinin (V_{In}) idarə olunmayan aşqarlarla (X_i) qarşılıqlı təsiri nəticəsində yaranan komplekslər ($V_{In} X_i$) fotocərəyanın termik sönmə prosesini zəiflədir.

4. Müəyyən edilmişdir ki, γ -kvantlarla şüalandırılma zamanı TlInSe₂ monokristallarda yaranan defektlər nöqtəvi defektlərdir və onların ilkin defektlərlə qarşılıqlı təsiri zamanı mürəkkəb defektlər yaranır.

Şüalandırılmış kristalların termik dəmlənməsi iki mərhələdə baş verir. Birinci mərhələdə - 200-240⁰ C nöqtəvi defektlərin, 470-520⁰ C temperatur intervalında isə mürəkkəb defektlərin dissosiyası baş verir və defektlərin qismən dəmlənməsi reallaşır.

5. TlInSe₂/TlSe(Ge) heteroqəçidlərinin hazırlanma texnologiyası yaradılmış, onların elektrik, volt-farat və fotoelektrik xassələri tədqiq edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, şüalanmadan əvvəl və sonra TlInSe₂/TlSe(Ge) heteroqəçidlərinin düz istiqamətdə volt-ampər xarakteristikaları eksponensial qanuna tabe olur $I = I_{01} \exp(qV / n_1 kT)$ və $I = I_{02} \exp(qV / n_2 kT)$. Gərginliyin $U < kT/q$ qiymətlərində cərəyan həcmi yüklər oblastında baş verən generasiya prosesləri ilə, $U > kT/q$ qiymətlərində isə bazada (TlInSe₂) baş verən rekombinasiya prosesləri ilə müəyyən olunur. Şüalanma zamanı BAX-da müşahidə olunan anomaliyalar heteroqəçidin həcmi yüklər və elektroneytral oblastlarında baş verən qismən kompensasiya ilə müəyyən olunur və şüalanma dozasından asılıdır.

6. TlInSe₂/TlSe(Ge) heteroqəçidlərinin fotoelektrik xassələnin tədqiqi nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, γ -kvantların təsiri ilə yaranan akseptor və donor tipli defektlərin konsentrasiyasını dəyişməklə r- və s- mərkəzlinin iştirakı ilə baş verən rekombinasiya proseslərini idarə etmək mümkündür. Bu isə, ilkin kristallarda müşahidə olunan optik və termik sönmə effektlərinin xüsusiyyətlərini müəyyən etməyə imkan verir.

Dissertasiyanın nəticələri üzrə dərc olunan işlərin siyahısı

1. Мадатов Р.С., Наджафов А.И., Тагиев Т.Б., Газанфаров М.Р. Особенности механизма токопрохождения в кристаллах TlInSe₂. Электронная обработка материалов. №4, 2010, с. 120-125.

2. R.S. Madatov, A.I. Nadzhafarov, T.B. Tagiev, and M.R. Gazanfarov. The mechanism of a current passing in TlInSe₂ monocrystals in strong fields. Engineering and Applied Electrochemistry, 2010, Vol. 46, No. 5, pp. 497- 501.

3. Мадатов Р.С., Наджафов А.И., Тагиев Т.Б., Газанфаров М.Р. Влияние ионизирующего излучения на механизм токопрохождения в монокристаллах TlInSe₂. ФТТ. 2011, Т.53, в.11, с.2097-2101.

4. А.З.Абасова, Р.С.Мадатов, А.И.Наджафов, М.Р.Газанфаров. Влияние γ -облучения на электрические и фотоэлектрические свойства гетерепереходов p-TlInSe₂/n-TlSe<Ge>. Прикладная физика.2011, №8, s.112-117.

5. Мадатова Р.С., Наджафов А.И., Тагиева Т.Б., Газанфаров М.Р. “Влияние ионизирующего излучения на механизм токопрохождения в монокристаллах TlInSe_2 . Перспективные материалы. №6, 2011., 20-24.
6. Мадатов Р.С., Газанфаров М.Р., Мустафаев Ю.М. Влияние ионизирующего излучения на токопрохождение в монокристаллах TlInSe_2 . 8-я межд. Конференция- ядерная и радиационная физика. 20-23 сентября, 2011, Алматы.
7. Мадатов Р.С., Газанфаров М.Р., Мустафаев Ю.М. Влияние ионизирующего излучения на токопрохождение в монокристаллах TlInSe_2 . Nüvə enerjisinin dinc məqsədlə istifadəsi perspektivləri. Beynəlxalq konfrans. 8-10 noyabr 2010. Bakı.
8. Мадатов Р.С., Газанфаров М.Р., Мустафаев Ю.М. Влияние γ -облучения на электрические свойства гетерепереходов $p\text{-TlInSe}_2/n\text{-TlSe}\langle\text{Ge}\rangle$. АМЕА-нын Nadzhafarov A. I., Tagiev T. B., and xəbərləri. VII5, 2010., 50-55.
9. Madatov R.S., Gazanfarov M. R. The Mechanism of a Current Passing in TlInSe_2 Monocrystals in Strong Fields. Surface Engineering and Applied Electrochemistry, 2010, Vol. 46, No. 5, pp. 497–500.
10. Madatov R.S., Nadzhafarov A. I., Tagiev T. B., and Gazanfarov M. R, The impact of ionizing radiation on the mechanism of current transition in TlInSe_2 monocrystals. Recent Advances in Manufacturing Engineering. 2010, pp. 69-75.

Электронные процессы в монокристаллах TlInSe_2 облученных гамма -квантами.

Цель диссертационной работы: Выявление закономерностей влияния γ -квантов на механизм прохождения тока и процессы заполнения - опустошения локальных уровней в монокристаллах TlInSe_2 , а также изыскания возможности практического применения исследованных кристаллов.

Монокристаллы TlInSe_2 выращивались в интервале температур ($600-700^\circ\text{C}$) методом направленной кристаллизации по Бриджмен-Стокбаргеру. Концентрация свободных носителей заряда измеренные на основе эффекта Холла составляют ($2 \cdot 10^{11} \text{см}^{-3}$), а собственное сопротивление равно ($10^5-10^7 \text{Ом} \cdot \text{см}$).

Исследовались вольтамперные характеристики монокристаллов TlInSe_2 до и после облучения гамма-квантами с дозой $10-10^7$ рад при различных температурах. Анализ полученных результатов проводился в соответствии с теорией Ламперта и Френкеля. Установлено, что механизм прохождения тока при низких напряжениях ($E < 10^2 \text{V/см}$) обусловлен монополярной инжекцией, а при высоких напряжениях ($E > 10^2 \text{V/см}$) ионизацией локальных центров. Проведенный анализ экспериментальных кривых показывает, что при низких дозах облучения ($\Phi < 10^5 \text{рад.}$) ВАХ смещается в сторону высоких напряжений, а при высоких дозах ($\Phi > 10^5 \text{рад.}$) в сторону низких уровней напряжений. Полученные результаты проанализированы с помощью теории Ламперта.

Электропроводность облученных монокристаллов TlInSe_2 исследована при низких и высоких уровнях электрических полей. Установлено, что механизм электропроводности при низких электрических полях ($E < 10^2 \text{V/см}$) ограничен током объемных зарядов и униполярной инжекцией, а при высоких уровнях электрических полей определяется ионизацией локальных уровней

Отработана технология создания гетероструктур основе $\text{TlInSe}_2/\text{TlInSe}(\text{Ge})$ и определено, что гетероструктуры обладают способностью выпрямления. Исследованы ВАХ и фотоэлектрические свойства гетероструктур на основе $\text{TlInSe}_2/\text{TlInSe}(\text{Ge})$ для широкого диапазона облучений.

MUSLIM RAHIM GAZANFAR

The electron processes in TlInSe₂ monocrystals irradiated with gamma-quantum

The dissertation work has been dedicated to the study of electrophysical and photoelectric properties of TlInSe₂ monocrystals at range temperature and in electric fields and submission of practical proposals on the basis of obtained results.

The purpose of the dissertation work: to reveal properties and mechanism of influence of γ -quantum to filling-relaxation process of local levels and transition mechanism of current in TlInSe₂ monocrystals and define new practical application possibilities of these crystals. The TlInSe₂ monocrystals have been obtained with Brichman-Stockbarger method at particular temperature range (600-700° C) with oriented crystallization method. Monocrystallinity, structure and chemical composition of the grown crystals have been tested with X-ray structure and electronography methods. It has been defined concentration ($2 \cdot 10^{11} \text{ cm}^{-3}$), resistivity (10^5 - $10^7 \text{ Ohm} \cdot \text{cm}$) of free charge carriers on the basis of electric conductivity and Hall effect.

In the process of investigation of p-TlInSe₂ monocrystals at T=300K temperature of VAC and $1,2 \cdot 10^2 \div 3 \cdot 10^5 \text{ V/cm}$ values of electric field and high linear fields it subjects to $I \sim U^n$ and top coefficient becomes $n=1 \div 4,0$. The analysis of practical curves show that at $F > 10^5$ rad of irradiation dose the high values of VAC slips toward high values of voltage and at $F > 10^5$ rad towards small values of voltage. The obtained results have been analyzed with Lampert theory.

The electric conductivity of the irradiated TlInSe₂ monocrystals has been studied at weak and high electric fields. It has been defined that transition mechanism of the current is determined at low values of electric field ($E < 10^3 \text{ V/cm}$) with monopolar injection limited with volume carrier and ionization of local levels at high electric field.

On the basis of TlInSe₂/TlSe(Ge) it has been elaborated the preperation technology of heterojunctions and defined that the heterojunctions has the property of flatterring. On the base of TlInSe₂/TlSe(Ge) it has been studied VAC and photoelectric properties of heterojunctions at large irradiation range.

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНА
ИНСТИТУТ РАДИАЦИОННЫХ ПРОБЛЕМ

На правах рукописи

ГАЗАНФАРОВ МУСЛИМ РАГИМ оглы

ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В МОНОКРИСТАЛЛАХ $TlInSe_2$
ОБЛУЧЕННЫХ ГАММА-КВАНТАМИ

2225.01 - Радиационное материаловедение

АВТОРЕФЕРАТ

Диссертации на соискание ученой степени
доктора философии по физике

Б А К У - 2014

