

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

Əlyazması hüququnda

**γ -KVANTLARLA VƏ ELEKTRONLARLA
ŞÜALANDIRILMIŞ A^3B^6 LAYLI KRİSTALLARIN
VƏ ONLARIN ÜÇQAT ANALOQLARININ
ELEKTROFİZİKİ XASSƏLƏRİ**

İxtisas: **2220.01 –yarımkeçiricilər fizikası**

Elm Sahəsi: **Fizika**

İddiaçı: **Ələkbər Əliheydər oğlu İsmayılov**

Elmlər doktoru dərəcəsi
almaq üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın

AVTOREFERATI

Bakı – 2024

Dissertasiya işi Azərbaycan Respublikasının Elm və Təhsil Nazirliyi Fizika İnstitutunun “Kristallofizika” laboratoriyasında yerinə yetirilmişdir.

Elmi məsləhətçilər: Fizika-riyaziyyat elmləri doktoru,
dosent **Solmaz Nəriman qızı Mustafayeva**
Fizika-riyaziyyat elmləri doktoru,
professor **Qüdrət İsaq oğlu İsaqov**

Rəsmi opponentlər: AMEA-nın müxbir üzvü,
fizika-riyaziyyat elmləri doktoru,
professor **Oqtay Əbil oğlu Səmədov**
Fizika-riyaziyyat elmləri doktoru,
professor **Rəna Cümşüd qızı Qasımova**
Fizika elmləri doktoru, dosent
Mehriban Şirin qızı Həsənova
Fizika elmləri doktoru, dosent
Rəşad Nizaməddin oğlu Rəhimov

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi Fizika İnstitutunun nəzdində fəaliyyət göstərən ED 1.14 Dissertasiya şurası

Dissertasiya şurasının sədri:

Akademik
Arif Məmməd oğlu Həşimov

Dissertasiya şurasının elmi
katibi:

Fizika elmləri doktoru, dosent
Rəfiqə Zabil qızı Mehdiyeva

Elmi seminarın sədri:

Fizika-riyaziyyat elmləri doktoru,
dosent **Tələt Rzaqulu oğlu Mehdiyev**

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi. Son zamanlar A^3B^6 (A-Ga, In, Tl; B-Se, S) laylı kristallar və onların üçqat analoqlarının fiziki xassələrinə xarici amillərin təsiri intensiv surətdə öyrənilir. Bu kristallar geniş qadağan zolağa, kiçik yürüklüyə və güclü anizotropiyaya malikdirlər. Belə ki, bu monokristallarda atomlar arasında ion-kovalent, laylar arasında isə Van-der-Vaals əlaqələri mövcuddur. Qadağan zolaqlarında lokal səviyələrin olması bu kristalların əsas xüsusiyyətlərindəndir. Lokal səviyələrin əmələ gəlməsinə səbəb kristallarda struktur defektlərinin olması ilə əlaqədardır. Qadağan zolaqlarında olan lokal səviyələrin sıxlığının böyük olması bu kristallarda deformasiya olunmuş və hətta qırılmış kimyəvi rabitənin mövcud olması ilə əlaqədardır. Bütün bunların məcmusu maddədə akseptor xüsusiyyətlərinin yaranmasına səbəb olur. Bu defektlər Fermi səviyyəsi yaxınlığında lokal səviyələrin sıxlıqlarını artırır. Maddədə müxtəlif defektlərin əmələ gətirdiyi səviyələr onların fiziki xassələrinin dəyişməsində böyük rol oynayır. A^3B^6 laylı kristalların və onların üçqat analoqlarının əsasında hazırlanmış cihazların işçi diapazonunu idarə etmək üçün kristallara müxtəlif amillərlə təsir olunur: bunlar aşqarlanır, γ -kvantları və elektron seli ilə şüalandırılır və s. Bu kristalların öyrənilməsinə səbəb onların fiziki xassələrinin maraqlı, tətbiq sahələrinin genişliyi və xarici təsirlərə qarşı həssas olmasıdır. A^3B^6 laylı kristalları və onların üçqat analoqları mikro-, nano-, və optoelektronikada müxtəlif funksional elementlərin hazırlanmasında perspektivli materiallardır. Bu kristallar unikal xüsusiyyətlərə malik olduqlarından onlardan optik modul-yatorların, günəş enerjisi çeviricilərinin, optik şüalanmada mənbə və qəbuledicilərin, lazer şüalanmasında detektorların, qeyri-xətti optik çeviricilərdə, kosmik aparatların ölçü sistemlərinin layihələndirilməsində, nüvə reaktorlarında radioaktiv ölçmələrin aparılması üçün lazım olan daha həssas

cihazların yaradılmasında, həmçinin uzun müddət soyudulma tələb etməyən cihazların hazırlanmasında və layihələndirilməsində istifadə oluna bilər. Bu qrupa daxil olan laylı kristalların hərtərəfli öyrənilməməsi üzündən onların bütün imkanlarından istifadə etmək mümkün olmamışdır. Bu qrupa daxil olan laylı kristalları aşqarlarla və digər defektlərlə idarə etmək çox mürəkkəbdir. Bu kristalların fiziki-kimyəvi xassələrini aşqar defektləri ilə idarə etmək aktual məsələdir.

Göstərilən yarımkeçirici materiallara γ -kvantlarla, elektron seli ilə və başqa yüksək enerjili hissəciklərlə təsir etdikdə ionların tarazlıq vəziyyətindən sürüşməsi onların tam və ya qismən ionlaşması ilə əlaqədardır. Belə şüalanmanın təsiri nəticəsində həyəcanlanmış ionların, elektronların kristaldakı aşqar atomları ilə qarşılıqlı təsiri nəticəsində müxtəlif dərəcəli defektlər, defektlər kompleksi və müxtəlif tip nizamsız oblastlar yaranır. Şüalanma müxtəlif yarımkeçirici maddələrə müxtəlif cür təsir edir. Məhz ona görə də son vaxtlar laylı kristalların fiziki xassələrinə yüksək enerjili şüaların təsiri geniş öyrənilməlidir. Şüalanmadan sonra yarımkeçiricinin elektrikkeçiriciliyi dəyişir. Buna səbəb yarımkeçiricilərin şüalanması zamanı onda radiasiya defektlərinin əmələ gəlməsidir. A^3B^6 laylı kristalları və onların üçqat analoqları fotokeçiriciliyinə görə $A^{IV}B^{VI}$ (CdS, CdSe və s.) kristallarına da bənzəyirlər.

Keçən əsrin 70-ci illərindən başlayaraq, A^3B^6 laylı kristalların və onların üçqat analoqlarının elektrik, dielektrik, fotoelektrik, optik və bir çox xassələri tədqiq edilmiş və mühüm nəticələr alınmışdır. Çoxsaylı təcrübələrlə təyin edilmişdir ki, monoklin modifikasiyaya malik $A^3B^3C^6_2$ qrupuna daxil olan $TlGaSe_2$ və $TlInS_2$ kristallarında temperatur aşağı düşdükcə, faza keçidi baş verir, yəni onlar seqnetoelektrik fazaya keçir ($T_c \sim 107K$ və $210K$ uyğun olaraq) aralıq temperatura uyğun olaraq nisbətən fazaya keçir ($T_f \sim 120K$ və $216K$ uyğun olaraq). Ona görə də monoklin

modifikasiyaya malik olan $TlGaSe_2$ və $TlInS_2$ kristallarının fiziki xassələrini öyrənmək xüsusi maraq kəsb edir. Dissertasiya işində məhz monoklin modifikasiyaya malik $TlGaSe_2$ və $TlInS_2$ kristallarının fiziki xassələri öyrənilmişdir. Bunlarla yanaşı, A^3B^6 (A-Ga, In, Tl; B-Se, S) laylı kristalları və onların üçqat analogları unikal xassələrə malik olduqlarına görə daima tədqiqatçıların diqqət mərkəzindədir. Bunlardan nüvə reaktorlarında radioaktiv ölçülərin aparılması üçün lazım olan daha həssas cihazların yaradılmasında da istifadə oluna bilər. Ancaq bu kristallar unikal xüsusiyyətlərə malik olduqlarına görə daim tədqiqatçıların diqqət mərkəzindədir.

Əvvəlki işlərdən fərqli olaraq, dissertasiya işində çox sayda monokristalların alınma texnologiyası və həmçinin alınan kristallara diferensial termik analiz (DTA), Rentgen faza analizi (PFA) və mikro struktur analizi (MSA) metodları ilə nəzarət edilmiş, ilk dəfə olaraq bütün tədqiqat işləri ancaq monokristallar üzərində, sabit və dəyişən elektrik sahəsində aparılmışdır. Dərc olunmuş ədəbiyyat materiallarında yuxarıda göstərilən kristalların dielektrik xassələrinin tezlik asılılığına, lokal səviyyələrin parametrlərinə müxtəlif aşqarların, γ -kvantları və elektron selinin, həmçinin şüalanmış kristalların xassələrinə elektromaqnit dalğalarının təsiri və s. öyrənilməmişdir. Bunlar arasında yaranan fərqli elmi surətdə əsaslı şəkildə öz izahını tapmışdır. İlk dəfə monoklin struktura malik TlS monokristallarının elektrofiziki xassələri tədqiq edilmişdir. Ona görə də dissertasiya işi bu problemlərin həllinə həsr edilmişdir.

Dissertasiya işinin aktuallığının əsas göstəricisi yuxarıda göstərilən problemlərin araşdırılmasıdır. Ona görə də dissertasiya işi bu problemlərin həllinə həsr edilmişdir.

Tədqiqatın obyektı və predmeti:

Tədqiqatın obyektı GaS , $GaSe$, $GaSe \langle Tl \rangle$, $InSe$, $InSe \langle Sn \rangle$, $TlGaS_2$, $TlGaSe_2$ və $TlInS_2$ monokristalları, predmeti isə alınmış kristalların sabit və dəyişən elektrik sahəsində

elektrofiziki xassələrinə γ -kvantların və elektron selinin təsirinin tədqiqidir.

Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri:

A^3B^6 laylı kristallarında və onların üçqat analoqlarında yükdaşıyıcıların köçürmə hadisələrinə və dielektrik əmsallarına aşqarların, temperaturun, elektrik sahəsinin gərginliyinin və tezliyinin, γ -kvantlarının və elektron selinin təsirinin və təcrübi materialların tətbiq sahələrinin tədqiqindən ibarətdir.

Bu məqsədə nail olmaq üçün aşağıdakı işlər görülmüşdür:

- A^3B^6 laylı kristalların və onların üçqat analoqlarının müxtəlif kimyəvi maddələrlə aşqarlanmış mükəmməl və bircins monokristalların yetişdirilməsi;

- Sabit elektrik sahəsində, 100-300K temperatur intervalında γ -kvantları və elektron seli ilə şüalanmış GaS, GaSe, GaSe<Tl>, InSe, InSe<Sn> və onların üçqat analoqları olan TlInS₂, TlGaSe₂, TlGaS₂ monokristallarının elektrik keçiriciliyinə təsirinin müəyyən edilməsi;

- Dəyişən elektrik sahəsində, otaq temperaturunda $f=5 \cdot 10^4 - 3,5 \cdot 10^7$ Hs tezlik intervalında şüalanmamış və $5 \cdot 10^4 - 2,25 \cdot 10^6$ rad dozalı γ -kvantları və $2 \cdot 10^{12} - 10^{13}$ el/sm² dozalı elektron seli ilə şüalanmış GaSe, GaSe<Tl>, TlInS₂, TlGaSe₂ və TlGaS₂ monokristallarının dielektrik əmsallarının və elektrik keçiricilik mexanizmlərinin müəyyən edilməsi;

- Sabit elektrik sahəsində TlS və TlInS₂ monokristallarında injeksiya və termoaktivləşmə cərəyanlarının tədqiqi və lokal səviyyələrin parametrlərinin tədqiqatları;

- Sabit elektrik sahəsində TlS monokristallarında otaq temperaturunda və $f=5 \cdot 10^4 - 3,5 \cdot 10^7$ Hs tezlik intervalında dielektrik xassələrinin və elektrik keçiriciliyinin tədqiqi;

- TlGaS₂ monokristallarında sabit elektrik sahəsində

cərəyanın uzunmüddətli azalma mexanizmi, termoaktivləşmə cərəyanı və izotermik cərəyanın relaksasiyasının tədqiqi.

Tədqiqat metodları:

Monokristalların Bricmen kristallaşma yoluyla yetişdirilməsindən, alınan monokristalların diferensial termik, Rentgen faza, mikrostruktur analiz üsulları ilə tədqiqindən, kristalların γ -kvantlarla, elektron seli ilə və ağ işıqla şüalandırılmasından, sabit və dəyişən elektrik sahəsində istifadə edilməsindən, dielektrik nüfuzluğunun, dielektrik itgi bucağının tangensinin, elektrik keçiriciliyinin tezlik asılılıqlarının ölçülməsindən, alınmış nəticələrin fəza yükləri ilə məhdudlaşmış cərəyan- yəni Lampert nəzəriyyəsi, tələli yarımkeçiricilərdə izotermik cərəyan- yəni Simmon nəzəriyyəsi, sabit və dəyişən elektrik sahəsində yükdaşıyıcıların köçürülməsi, materialşünaslıq və digər nəzəriyyələrdən istifadə edilməsindən ibarətdir.

Müdafiyyə çıxarılan əsas müddəalar:

1. Sabit elektrik sahəsində şüalanmamış və $2 \cdot 10^{12} - 10^{13}$ el/sm² dozalı elektron seli ilə şüalanmış laylı p-GaS monokristalında 140-238K temperaturlarda laylara perpendikulyar istiqamətdə Fermi səviyyəsi yaxınlığında lokallaşmış hallarda dəyişən uzunluqlu sıçrayışlı keçiriciliyin baş verməsi, T=116-140K temperatur intervalında aktivləşməmiş sıçrayışlı keçiriciliyin yaranması, dəyişən elektrik sahəsində GaS-i elektron seli ilə şüalandırıldıqda şüalanma dozasının artmasıyla, dielektrik nüfuzluğunun artmasının və elektrikkeçiriciliyinin azalmasının kiçik tezliklərdə ($\sim 10^4$ Hz) radiasiya defektlərinin dərin aşqar mərkəzlərlə kompensasiya olunmasının müəyyən edilməsi;
2. Aşqarlanmamış və aşqarlanmış GaSe (1,2 və 2,5 mol% TI) monokristallarında sabit elektrik sahəsində, laylara perpendikulyar istiqamətdə 167-250K temperatur intervalında Fermi səviyyəsi yaxınlığında lokallaşmış

- hallarda aktivləşmiş və 111-167K temperaturlarda aktivləşməmiş sıçrayışlı keçiriciliyin baş verməsi, GaSe-də talliumun miqdarının artmasının lokal halların sıxlığını artırmasının, sıçrayışların orta məsafəsini və onların aktivləşmə enerjisini isə azaltmasının müəyyən edilməsi;
3. $5 \cdot 10^4$ - $3,5 \cdot 10^7$ Hs intervalında γ -kvantlarla şüalanmış GaSe<Tl> monokristallarında relaksasiya itkilərinin baş verməsinin müəyyən edilməsi;
 4. T=111-200K temperatur intervalında aşqarlanmamış və (0,2 və 0,4 % Sn) ilə aşqarlanmış InSe monokristallarında sabit elektrik sahəsində laylara perpendikulyar istiqamətdə Fermi səviyyəsi yaxınlığında dəyişən uzunluqlu sıçrayışlı keçiriciliyin mövcudluğu, $D_\gamma=100$ krad dozalı γ -kvantlarla şüalandırıldıqda onların qadağan zolaqlarında lokallaşmış halların parametrlərin əhəmiyyətli dərəcədə dəyişməsinin müəyyən edilməsi;
 5. Laylı TlS monokristallarında sabit elektrik sahəsində, laylara perpendikulyar istiqamətdə T<230K temperaturlarında Fermi səviyyəsi yaxınlığında lokal hallarda dəyişən uzunluqlu sıçrayışlı keçiriciliyin baş verməsi, yüksək gərginliklərdə ($F>10^4$ V/sm) aktivləşməmiş sıçrayışlı keçiriciliyin müşahidə olunması;
 6. TlS monoklin kristallarında cərəyan keçiriciliyinin Lampertin injeksiya mexanizminə uyğunluğunun müəyyən edilməsi;
 7. Monoklin strukturlu TlS monokristallarında $f=5 \cdot 10^4$ - $3,5 \cdot 10^7$ Hs tezliklərində dielektrik itkilərinin elektrik keçiriciliyi hesabına baş verməsi, keçiricilik mexanizminin $\sigma_{ac} \sim f^{0,8}$ Mott qanununa uyğunluğunun müəyyən edilməsi;
 8. TlInS₂ monokristallarında VAX-ın kvadratik oblastının injeksiya mexanizmi ilə izah olunması;
 9. TlInS₂ monokristallarını 50 krad dozalı γ -kvantlarla şüalandırıldıqda 34-50V gərginliyində polyar domenlərin əmələ gəlməsi və kristalların VAX-da mənfi diferensial

- müqavimətin yaranması;
10. TlInS_2 monokristallarını 10^4 - $2,25 \cdot 10^6$ rad dozalı γ -kvantlarla və $6 \cdot 10^{12}$ el/sm² dozalı sürətlənmiş elektronlarla şüalandırıldıqda onların dielektrik nüfuzluğunun artmasının radiasiya defektlərinin artmasına görə, yüksək dozalarda isə (10^{13} el/sm²) azalmasının radiasiya defektlərinin miqrasiyasına görə baş verməsi;
 11. TlGaSe_2 -nin dielektrik nüfuzluluğunun γ -şüalanmanın dozasından və dəyişən elektrik sahəsinin tezliyindən ciddi asılılıqlarının onları varikaplar və γ -şüalanma dozimetrləri yaratmaq üçün perspektivli materiala çevirməsi;
 12. TlGaS_2 -də cərəyanın uzunmüddətli azalmasının dərinliyi $E_t=0,14$ eV olan lokal səviyyə hesabına yaranması.
 13. TlGaS_2 monokristallarını γ -kvantlarla və elektron seli ilə şüalandırıldıqda tezliyin $f=5 \cdot 10^4$ - $2 \cdot 10^7$ Hs intervalında dielektrik itgilərin elektrikkeçiciliyi hesabına baş verməsi, tezliyin $2 \cdot 10^7$ Hs qiymətindən sonra isə dielektrik itgilərinin relaksasiya itgiləri hesabına baş verməsinin müəyyən edilməsi.
 14. TlGaS_2 monokristallarının elektrik keçiriciliyinin γ -şüalanmaya dözümlülüüyü onların radiasiyaya davamlılığını göstərir və kosmik texnikada istifadə perspektivlərini yaradır.

Tədqiqatın elmi yeniliyi:

1. GaS monokristal enerji 4 MeV olan və $2 \cdot 10^{12}$ - 10^{13} el/sm² doza ilə şüalandırılması radiasiya defektlərinin əmələ gəlməsinə səbəb olur. Bu defektlər monokristallarda struktur defektlərini kompensasiya edir. GaS monokristallarında sürətli elektron dozası artdıqca, dielektrik nüfuzluğu artır, dielektrik itgi bucağının tangensi və dəyişən keçiricilik azalır.
2. InSe və monoklin modifikasiyalı TlS monokristalları üçün hesablamaların aparılmasında əhəmiyyətli fundamental

parametr olan lokallaşma radiusu tapılmışdır. Bu da InSe monokristal üçün $a=58\text{\AA}$ və monoklin modifikasiyalı TIS monokristal üçün $a=33\text{\AA}$ olmuşdur

3. Müəyyən edilmişdir ki, TIS monokristalında 10^4V/sm gərginlikdə və $T\leq 230\text{K}$ temperaturlarda Fermi səviyyəsi yaxınlığında sıçrayışlı keçiricilik baş verir, gərginliyin 10^4V/sm -dən böyük qiymətlərində aktivləşməmiş sıçrayışlı keçiriciliyə keçir.
4. TIS monokristalında $f=5\cdot 10^4\div 3\cdot 10^7\text{Hz}$ tezlik intervalında dielektrik nüfuzluğunun ~ 6 dəfə azalması, yükdaşıyıcıların relaksasiyası ilə əlaqədardır, dielektrik itkigisi tezliyin $f>10^6\text{Hz}$ -də elektrik keçiriciliyi hesabına, $f<10^6\text{Hz}$ -də relaksasiya itkiləri ilə əvəz olunur. $3,5\cdot 10^4\text{-}10^6\text{Hz}$ tezliyə kimi $\sigma_{ac}\sim f^{0,5}$, $10^6\div 3\cdot 10^7\text{Hz}$ tezlik intervalında Fermi səviyyəsi yaxınlığında lokallaşmış hallarda yük daşıyıcılarının sıçrayışlı keçiricilik $\sigma_{ac}\sim f^{0,8}$ qanunu ilə baş verməsi müəyyən olunmuşdur.
5. TlInS_2 və monoklin modifikasiyaya malik TIS monokristallarının volt-ampere xarakteristikalarının qeyri xətti hissələrində cərəyanın gərginlikdən asılı olaraq dəyişməsi sahə effektləri ilə əlaqədardır. Göstərilmişdir ki, hər iki monokristalda cərəyan keçiriciliyi monopolyar injeksiya mexanizmi ilə baş verir.
6. TlInS_2 monokristalını ağ işığın təsirinə məruz qoyduqda monopolyar injeksiya cərəyanı qüvvədə qalır və işığın təsiri fəza yükləri ilə məhdudlanmış cərəyanın artmasına səbəb olur ki, bu zaman, tələlərin tam dolduğu gərginlik yaxınlığında fotocərəyanın gərginlikdən asılılığı azalır və qaranlıqdakı volt-ampere xarakteristikası ilə fotocərəyanın kəsişməsi baş verir.
7. Şüalanmamış və γ -kvantlarla şüalandırılan TlInS_2 monokristallarında dielektrik itgi bucağının tangensi tezliyin $f<10^7\text{Hz}$ qiymətinə kimi hiperbolik azalır ki, bu halda itgi elektrik keçiriciliyi hesabına, $f>10^7\text{Hz}$

- qiymətlərində isə tezlikdən asılı olmur.
8. Şüalanmamış və γ -kvantlarla şüalandırılan TlInS_2 monokristallarında elektrik keçiriciliyi tezliyin $f < 10^7 \text{Hs}$ qiymətlərində $\sigma_{ac} \sim f^{0,8}$ sıçrayışlı keçiricilik mexanizmi ilə baş verir, tezliyin $f > 10^7 \text{Hs}$ qiymətlərində superxətti asılılıqla çevrilir.
 9. TlGaSe_2 monokristallarını $D \leq 50$ krad dozalı γ -kvantları ilə şüalandırdıqda elektrik keçiriciliyi azalır ki, bu şüalanma nəticəsində yaranan defektlərin kristalda olan ilkin defektlərlə kompensasiya edilməsi ilə əlaqədardır. Şüalanma dozası $D > 50$ krad olduqda isə yaranan radiasiya defektlərinin hesabına qeyri əsas yükdaşıyıcıların konsentrasiyasının artması elektrik keçiriciliyini artırır.
 10. Müəyyən edilmişdir ki, TlGaSe_2 monokristallarında elektron selinin dozası artdıqca, dielektrik nüfuzluğunun həqiqi və kompleks xəyalı hissələri, dielektrik itgi bucağı və dəyişən elektrik sahəsində elektrik keçiriciliyi azalır. Sürətli elektronlarla şüalanmadan əvvəl və sonra $f = 5 \cdot 10^4 - 3,5 \cdot 10^7 \text{Hs}$ tezlik intervalında dielektrik itgi bucağının maksimum ilə xarakterizə olunması hər iki halda (şüalanmadan əvvəl və sonra) relaksasiya itgisinin mövcud olmasını göstərir.
 11. Yüksək müqavimətli p-GaSe və p-InSe kristallarında elektrik keçiriciliyi γ -şüalanma dozasından asılı deyil. Mott nəzəriyyəsinə görə yüksək müqavimətli maddələrə defektlər daxil olduqca, lokal səviyyələrin sıxlığı artır və sıçrayışlar arası məsafə azalır. Deşik keçiriciliyinə malik olan GaSe monokristallarında isə şüalanma nəticəsində akseptor səviyyələr artır və 130 krad-da maksimal həddə çatır və kristalın aşağı müqavimətli haldan yüksək müqavimətli hala sıçrayışla keçidi baş verir. Elektron keçiriciliyinə malik InSe kristalında isə şüalanma nəticəsində yaranan akseptor səviyyələri donor səviyyələri 220 krad dozaya qədər kompensasiya edilir. 220 krad dozada akseptor səviyyələr

kritik hala çatır və kristal tədricən aşağı müqavimətli haldan yüksək müqavimətli hala keçir.

12. TlGaS_2 monokristallarını $2 \cdot 10^{12} \text{ e/sm}^2$ və $6 \cdot 10^{12} \text{ e/sm}^2$ dozalı elektron seli ilə şüalandırıldıqda tezliyin $f=5 \cdot 10^4 - 2 \cdot 10^7 \text{ Hz}$ intervalında dielektrik itgisi elektrik keçiriciliyi hesabına, tezliyin $f=5 \cdot 10^4 - 2 \cdot 10^7 \text{ Hz}$ intervalında dielektrik itgisi relaksasiya hesabına baş verir. Süalanma dozasının 10^{13} e/sm^2 qiymətində isə öyrənilən tezliyin bütün intervalında dielektrik itgisi elektrik keçiriciliyi hesabına baş verir.
13. $2 \cdot 10^{12} \text{ e/sm}^2$ və $6 \cdot 10^{12} \text{ e/sm}^2$ dozalı elektron seli ilə şüalandırılmış TlGaS_2 monokristallarında tezliyin $f=5 \cdot 10^4 - 2 \cdot 10^7 \text{ Hz}$ qiymətlərində elektrik keçiriciliyi $\sigma_{ac} \sim f^{0,8}$ sıçrayışlı keçiricilik mexanizmi ilə baş verir, tezliyin $f > 10^7 \text{ Hz}$ qiymətlərində isə xətti asılılığa keçir.

Tədqiqatın nəzəri və praktik əhəmiyyəti:

A^3B^6 laylı kristallar və onların üçqat analoqları haqqında əldə olunan yeni elmi-texniki məlumatlar elektron cihazlarının hazırlanmasında effektiv surətdə istifadə edilə bilər. Göstərilən kristalların sabit və dəyişən elektrik sahəsində elektrik ölçmələrindən alınmış xarakteristikaları, onların qadağan zolağını və digər əhəmiyyətli fiziki parametrlərini idarə etməyə imkan verir. O cümlədən, kristalların qadağan zolağında yerləşən lokal səviyyələrin parametrlərinə γ -kvantlarının, elektron selinin, temperaturun, müxtəlif faizli və tərkibli aşqarların, tezliyin, sabit və dəyişən elektrik sahəsinin təsirlərinin mexanizmlərinin seçilməsi və qanunauyğunlaqların müəyyən edilməsi sadalanan kristalların yarımkeçirici elektron cihazlarında və qurğularında aktiv elementlər kimi işlədilməsi üçün mühüm fiziki məlumatlardır. Bu tip kristallarda elektron proseslərinə xarici amillərin təsiri mexanizminin araşdırılmasından alınan məlumatlar və qanunauyğunluqlar

analoji sistemlərdə gedən fiziki prosesləri nəzəri tədqiq etməyə, xassələri əvvəlcədən görməyə və parametrlərin hesablanması üçün istifadə edilə bilər. Bu qruplara daxil olan kristallarlardan mikroelektronikada, optoelektronikada, nanoelektronikada, nanomateriallar kimi, radio- və fotoelektronikada, qeyri xətti optikada həssas cihazların hazırlanmasında, o cümlədən, fotoqəbuledicilərin, tezlik düzləndiricilərinin, həmçinin, uzunmüddətli soyudulma tələb etmədən işləyə bilən yarımkeçirici qeydedici cihazların, γ -kvantlarının, elektron seli detektorlarının hazırlanmasında aktiv material kimi istifadə edilə bilər.

Aprobasiya və tətbiqi:

İşin elmi və praktiki nəticələri xarici və respublika elmi jurnallarında və toplularında, aşağıda göstərilən simpozium və konfrans materiallarında dərc olunmuş, həmçinin laboratoriya və Azərbaycan Respublikasının Elm və Təhsil Nazirliyi Fizika İnstitutunun seminarlarında məruzə edilmişdir:

1. XX междун. науч.-тех. конфер. по фотоэлектронике и приборам ночного видения, Москва, 27-30 мая 2008, с.180-181.
2. 4th Euroasian Conference, Nuclear Science and its Application, Ankara, Turkey, 14-17 october 2008, p.180-181.
3. 4th Euroasian Conference, Nuclear Science and its Application, Ankara, Turkey, 14-17 october 2008, p.183-184.
4. 2nd International symposium on the manipulation of advanced smartmaterials, Osaka sangyo university-the80th anniversar, Japan, 28-29 may 2008, p-51.
5. 17th International Conference on Ternary and Multinary Compounds (ICTMC-17), 2010, p.77.
6. XXI междун.науч.-тех.конфер. по фотоэлектронике и приборам ночного видения, Москва, 25-28мая 2010,

- c.201.
7. 7th International Conference on “Technical and Physical Problems of Power Engineering”, Near East University Lefkosa, TR Northern Cyprus, 7-9 July 2011, c.321-323.
 8. 61 международная конференция по проблемам ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра, Саров, 10-14 октября 2011, с.199-200.
 9. 19th European conference on Thermophysical properties, Thessaloniki, Greece, 2011, p.372.
 10. 2012 IEEE International Conference on Oxide Materials for Electronic Engineering (OMEE 2012), Lviv, Ukraina, 3-7 September 2012, c.167-168.
 11. XXII International Materials Research Congress. Symposium 7E, Low-Dimensional Semiconductor Structures, Cancun, Mexiko, 11-15 August 2013, p.60.
 12. 8 Международный конферен. Фундаментальные и прикладные проблемы физики, Саранск, 21-23 окт. 2013, с.105-109.
 13. VI Международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы науки XXI века» Москва, 30 янв. 2016, с.106-108.
 14. II международна конференція «Зимові наукові читання» м. Київ 31 січня 2017, с.96-101.
 15. Radiation and chemical safety problems International Scientific- Practical Conference Abstracts book, Baku, 05-06 November, 2019, s.83.

Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilatın adı:

Dissertasiya işi Azərbaycan Respublikasının Elm və Təhsil Nazirliyi Fizika İnstitutunda yerinə yetirilmişdir.

Dissertasiyanın strukturu və həcmi:

Dissertasiya işi 353943 işarədən (ədəbiyyatla birgə 402260 işarə); girişdən 33070 işarə, altı fəsildən; I fəsil 42662

işarə, II fəsil 55447 işarə, III fəsil 49056 işarə, IV fəsil 77404 işarə, V fəsil 51392 işarə, VI fəsil 33634 işarə, nəticə 8104 işarə, ixtisarlının və şərti işarələrin siyahısı 3174 işarə və 288 istifadə edilmiş ədəbiyyat siyahısından, 111 şəkildən, 20 cədvəldən ibarətdir. Dissertasiya işinin məzmununa aid dərc olunan əsərlərin siyahısı avtoreferatın sonunda verilmişdir.

DİSSERTASIYANIN QISA MƏZMUNU

Girişdə mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi, tədqiqatın məqsəd və vəzifələri, məqsədə çatmaq üçün həll edilmiş məsələlər, tədqiqat metodları, müdafiyyə çıxarılan əsas müddəalar, tədqiqatın elmi yeniliyi, tədqiqatın nəzəri və praktik əhəmiyyəti, aprobeziya və tətbiqi, dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilatın adı, dissertasiyanın strukturu və həcmi eləcə də ayrı-ayrı fəsillərin qısa məzmununu barədə məlumatlar şərh edilmişdir.

Birinci fəsil A^3B^6 (A - Ga, In, Tl; B-Se, S) laylı kristalların və onların üçqat analoqlarının monokristallarının alınması və ölçmə üçün nümunələrin hazırlanmasına həsr edilmişdir: Burada yuxarıda qeyd olunan qruplara daxil olan laylı kristalların alınma üsulları haqqında məlumat verilmişdir. Qeyd olunmuşdur ki, monokristalların alınması üçün müxtəlif üsullar mövcuddur. Ancaq dissertasiya işində istifadə olunan monokristallar Bricmen-Stokbarqer və sabit qradiyentli zəif sürətli soyutma üsulları vasitəsi ilə alınmışdır. Alınmış monokristallardan tədqiqatların aparılması üçün nümunələr hazırlanmışdır.

A^3B^6 (A-Ga, In, Tl; B-S, Se) qrupuna daxil olan laylı kristalların və onların üçqat analoqlarının elektrik xassələrinə xarici amillərin təsiri öyrənilmişdir. Müxtəlif maddələr içərisində yarımkəçiricilər yüksək enerjili hissəciklərə daha çox həssasdırlar. Baxmayaraq ki, bu kristallar çoxlu defektlərə malikdirlər yenə də elektromaqnit, infraqırmızı, rentgen, γ - və

elektron şüalarına qarşı çox həssasdırlar. Bu kristallara maraq ona görə artmışdır.

Dissertasiya işində A^3B^6 (A-Ga, In, Tl; B-S, Se) laylı kristallara və onların üçqat analoqlarına γ -kvantları və elektron seli ilə şüalanmanın təsiri öyrənilmişdir. Nümunələr γ -kvantları ilə RXUND-20000 (Bilavasitə təsir edən radiasiya kimyəvi qurğusu)-nda şüalandırılmışdır. γ -kvantlarının orta enerjisi 1,25 MeV olub. γ -şüalanma işıq sürəti ilə yayılır, ondan yalnız qalın qurğuşun və ya beton qatı ilə qorunmaq olar. Işın gedişindən asılı olaraq, nümunələrə verilən şüalanmanın dozası $D_\gamma=5 \cdot 10^4 - 2,25 \cdot 10^6$ rad təşkil etmişdir. γ -şüaları kristallara hərtərəfli təsir edir.

Elektron selinin təsir mənbəyi olaraq, enerjisi 4 MeV olan ELU-4 (Elektron xətti sürətləndiricisi-4) qurğusundan istifadə olunmuşdur. A^3B^6 (A-Ga, In, Tl; B-S, Se) laylı kristalların və onların üçqat analoqlarının nümunələri $2 \cdot 10^{12}$, $6 \cdot 10^{12}$ və 10^{13} el/sm² dozalı elektron seli ilə şüalandırılmışdır. β -şüalanma və ya elektron seli böyük nüfuz etmə qabiliyyətinə malikdir. Müəyyən edilmişdir ki hər iki şüalanma nəticəsində kristalın qadağan zolağındakı lokal halların sıxlıqları artır və sıçrayışlar arası məsafə qısalır.

A^3B^6 (A-Ga, In, Tl; B-S, Se) laylı kristalları və onların üçqat analoqları yüksək müqavimətə malik olduqlarından özlərini dielektrik kimi aparırlar. Hər bir dielektrikdə zəif əlaqəsi olan yüklü hissəciklər olur. Elektrik sahəsinin təsiri ilə materiallarda olan hissəciklərin nizamlı hərəkəti nəticəsində elektrik cərəyanı yaradırlar. Bu da monokristalların fiziki xassələrinə təsir edir.

İkinci fəsil A^3B^6 (A-Ga, In, Tl; B-Se, S) laylı kristalların və onların üçqat analoqlarının sabit və dəyişən elektrik sahəsində elektrik, dielektrik və fotoelektrik xassələrinin öyrənilməsinə həsr olunmuşdur. Dissertasiya işində təcrübələrin aparılmasında sabit elektrik sahəsində kompensasiya üsulundan, dəyişən elektrik sahəsində isə

rezonans üsulundan istifadə olunmuşdur. Gərginliyin və cərəyanın dəqiqliyi 0,02-0,5 olan teztəsiredici yüksək müqavimətli RUÖC (rəqəmsal universal ölçü cihazı) ilə təyin edilmişdir. A^3B^6 (A-Ga, In, Tl; B-S, Se) qrupuna daxil olan laylı kristalların və onların üçqat analoqlarının xassələrinin sabit cərəyanda 77-411K temperatur intervalında elektrikkeçiriciliyi, Hol əmsalını, termo-e.h.q., dəyişən elektrik sahəsində otaq temperaturunda və $(5 \cdot 10^4 - 3,5 \cdot 10^7 \text{ Hz})$ tezlik intervalında isə dielektrik xassələri və elektrik keçiriciliyi öyrənilmişdir. Sabit elektrik sahəsində elektrik xassələri ölçülərkən xəta 3-4% tərtibində, dəyişən elektrik sahəsində isə yol verilən xəta isə 7% olmuşdur.

A^3B^6 (A-Ga, In, Tl; B-S, Se) qrupuna daxil olan laylı kristalların və onların üçqat analoqlarının qadağan zonlaqlarında yerləşən lokal halların parametrləri haqqında məlumat verən injeksiya cərəyanını, termostimullaşmış cərəyanı, termostimullaşmış depolyarizasiyanı və s. öyrənilmişdir.

Burada həmçinin dielektrik xassələrinin ölçmə metodları göstərilmişdir. Sabit və dəyişən elektrik sahəsində dielektrik əmsallarını ölçməklə yarımkəçiricilər haqqında mühüm məlumatlar əldə edilmişdir. Bərk dielektriklərin dielektrik nüfuzluğu aşağıdakı düstur ilə hesablanmışdır

$$\varepsilon = \frac{kd}{s} C_\varepsilon = \frac{C_\varepsilon}{C_0}, \quad (1)$$

d-dielektrik nümunənin qalınlığı, S-nümunələrin yan tərəfinin sahəsi, k-mütənasiblik əmsalı, C_0 -vakuumdakı tutum, C_ε -köynəklər arasında dielektrik yerləşdirildikdən sonrakı tutumdur.

Dielektrikin polyarizə olunması yüksək tezlikli sahədə sahənin dəyişmə tezliyindən geri qalırsa, relaksasiya itkisi baş verir. Relaksasiya itgisinin mexanizminə baxmaqla, qarşılıqlı əlaqəli maksimumları ilə fərqlənən $\text{tg}\delta$ -nın temperatur və tezlik asılılığını izah etməyə imkan yaranır.

A^3B^6 (A-Ga, In, Tl; B-S, Se) laylı kristalları və onların üçqat analoqları yüksək müqavimətə malik olduqlarından özlərini dielektrik kimi aparırlar. Dielektrlərdə atomlar, molekullar və ionlar sərbəst olaraq böyük məsafəyə hərəkət edə bilmirlər. Eyni zamanda hər bir dielektrikdə bir neçə zəif əlaqəsi olan yüklü hissəciklər var. Elektrik sahəsinin təsiri ilə bu hissəciklərin nizamlı hərəkəti nəticəsində elektrik cərəyanı yaranır.

Işıq selinin təsiri ilə yarımkəçiricinin müqaviməti dəyişir və elektronların keçirici zolağa keçidi baş verir.

A^3B^6 (A-Ga, In, Tl; B-S, Se) laylı kristalların və onların üçqat analoqlarının elektrofiziki, dielektrik və fotoelektrik xassələrini ölçmək üçün hazırlanmış nümunələri xarici mühitin təsirlərindən qorumaq üçün o “UTREKS-RTR” kriostat sistemində yerləşdirilir. Kriostat-tədqiq olunan obyektin temperaturunun müxtəlif sürətlərdə soyudulma və qızdırılmasının tənzim edir. Bu cihaz vasitəsi ilə fiziki tədqiqatlar obyektin temperaturunu 80-300K temperatur intervalında ölçməyə imkan verir, dəqiqlik 0,01K təşkil edir.

Üçüncü fəsildə A^3B^6 (A-Ga, In, Tl; B-S, Se) laylı kristalların və onların üçqat analoqlarının sabit və dəyişən elektrik sahəsində elektrofiziki xassələrinin tədqiqinə həsr edilmişdir. Dissertasiya işində təcrübələrin analizi müqayisəli şəkildə aparıldığından bütün tədqiqatlar (təsirə qədər və sonra) aparılmışdır.

p-GaSe və p-InSe monokristallarında lokal halların parametrlərinə uyğun olaraq “Tl” və “Sn” aşqarlarının təsiri tədqiq edilmişdir. GaSe<Tl> (0; 1; 2; 2,5 at.% Tl) və InSe<Sn>(0,2; 0,4at%Sn) monokristalları aşqarlanmışdır. Onların elektrikkeçiriciliyinin 111-294K temperatur intervalında dəyişməsi tədqiq edilmişdir. Təcrübədən alınan nəticələr əsasında Arrhenus koordinatında elektrikkeçiriciliyinin temperatur asılılığı qurulmuşdur. Temperatur azaldıqca,

elektrikkeçiriciliyi də azalır. Sonra təcrübədən alınan nəticələr Mott koordinatında qurulmuşdur. Aşqarların miqdarından asılı olaraq bütün kristallar üçün elektrikkeçiriciliyinin temperaturdan asılılığı müəyyən mayilliklə düz xətt verir. Bu o deməkdir ki, aşqarların miqdarından asılı olmayaraq GaSe-də 250K, InSe-də isə 200K temperaturdan aşağı Fermi səviyyəsi yaxınlığında dəyişən uzunluqlu sıçrayışlı keçiricilik mövcuddur. GaSe monokristallarında 167K-dən aşağı temperaturlarda aktivləşməmiş sıçrayışlı keçiricilik mövcud olması müəyyən edilmişdir.

İlk dəfə monoklin modifikasiyaya malik tallium sulfid monokristallarının sabit elektrik sahəsində, 120-286K temperatur intervalında, müxtəlif gərginliklərdə elektrikkeçiriciliyinin dəyişməsi öyrənilmişdir. Gərginliyin qiymətindən asılı olmayaraq temperatur azaldıqca, elektrikkeçiriciliyi də azalır. Gərginliyin qiymətindən asılı olmayaraq TlS nümunələrində 230K temperaturundan aşağı elektrik keçiriciliyinin temperaturdan asılılığında müəyyən mailliklə düz xətt alınır. Bu onu göstərir ki, kristallarda 230K-dən aşağı temperaturlarda Fermi səviyyəsi ətrafında dəyişən uzunluqlu sıçrayışlı keçiricilik mövcuddur. Bu da sahənin gərginliyinin $F \sim 10^4$ V/sm qiymətində aktivləşməmiş sıçrayışlı keçiriciliyə keçir.

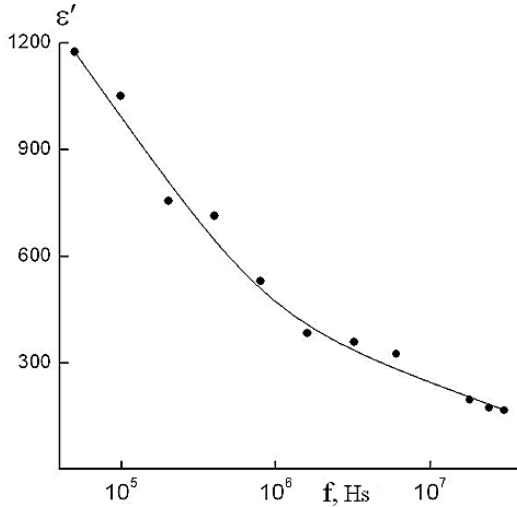
İşdə monoklin strukturaya malik TlS monokristallarının otaq temperaturunda və dəyişən elektrik sahəsində tezliyin $5 \cdot 10^4 - 3 \cdot 10^7$ Hs intervalında dielektrik əmsallarının tezlik asılılığı və həmçinin yükdaşıyıcıların köçürmə mexanizmləri tədqiq edilmişdir.

Dielektrik əmsalları 300K temperaturunda rezonans metodu ilə ölçülmüşdür. Şəkil 1-də TlS nümunəsinin dielektrik nüfuzluğunun tezlik asılılığı göstərilmişdir. Şəkildən görünür ki, öyrənilən bütün tezlik intervalında TlS nümunəsində dielektrik nüfuzluğunun dispersiyası baş $3 \cdot 10^7$ Hs dəyişməsi ilə dielektrik nüfuzluğunun həqiqi hissəsi (ϵ') 7 dəfə azalır. Tezlik artdıqca, TlS

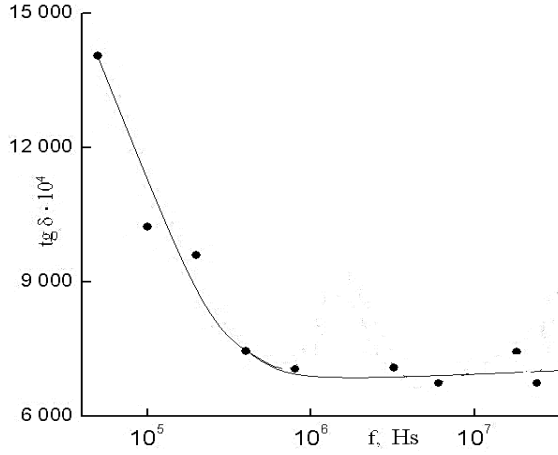
monokristallarında dielektrik nüfuzluğunun monoton olaraq, azalması relaksasiya dispersiyasının olduğunu göstərir. Şəkil 2-də TIS monokristallarının dielektrik itgi bucağının tangensinin tezlik asılılığı göstərilmişdir.

Şəkil 2-dən görüldüyü kimi $f=5 \cdot 10^4 - 3,5 \cdot 10^7$ Hs oblastında tezlik artdıqca, dielektrik itgi bucağının tangensi hiperbolik olaraq, azalır. Bu onu göstərir ki, dielektrik itgisi öyrənilən bütün tezlik intervalında elektrikkeçiriciliyinin hesabına baş verir.

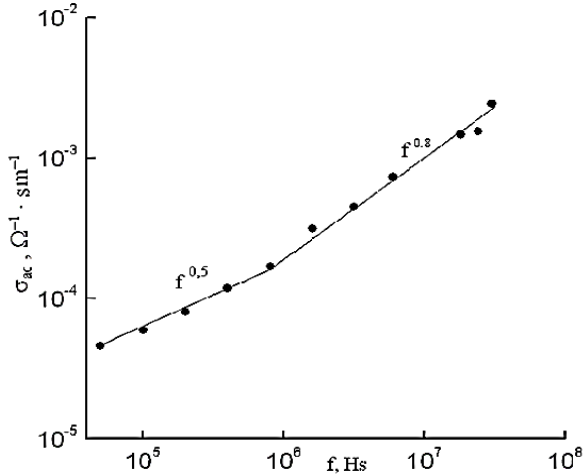
Şəkil 3-də təcrübi olaraq, TIS monokristallarının 300K-də elektrikkeçiriciliyinin tezlik asılılığı verilmişdir. TIS monokristallarının elektrikkeçiriciliyi tezliyin $f=5 \cdot 10^4 - 10^6$ Hs qiymətlərində $\sigma_{ac} \sim f^{0.5}$ və $f=10^6 - 3 \cdot 10^7$ Hs qiymətlərində $\sigma_{ac} \sim f^{0.8}$ qanunu ilə dəyişir.



Şəkil 1. TIS monokristallarının 300K temperaturunda dielektrik nüfuzluğunun dispersiyası



Şəkil 2. TIS monokristallarında dielektrik itgi bucağının tezlikdən asılılığı



Şəkil 3. TIS monokristallarının 300K temperaturda elektrikkeçiriciliyinin tezlikdən asılılığı

Bu onu göstərir ki, TIS-də elektrikkeçiriciliyi tezliyin $f=10^6-3 \cdot 10^7$ Hs diapazonunda qadağan zonada olan lokal hallarda yükdaşıyıcıların sıçrayışlı keçiriciliyi ilə əlaqədardır. Göstərilən yükdaşıyıcıların köçürülməsi aşağıdakı tənliklə ifadə olunur

$$\sigma_{ac}(f) = \left(\frac{\pi^3}{96}\right) \cdot e^2 k T N_F^2 a^5 f \left[\ln\left(\frac{v_{fon}}{f}\right) \right]^4, \quad (2)$$

e -elektronun yükü, k -Bolsman sabiti, N_F -Fermi səviyyəsi yaxınlığında lokal halların sıxlığı, $a=1/a$ –lokallaşma radiusu, a -lokallaşmış yükdaşıyıcıların dalğa funksiyasının düşmə sabiti $\Psi \sim e^{-ar}$; v_{fon} - fononun tezliyidir.

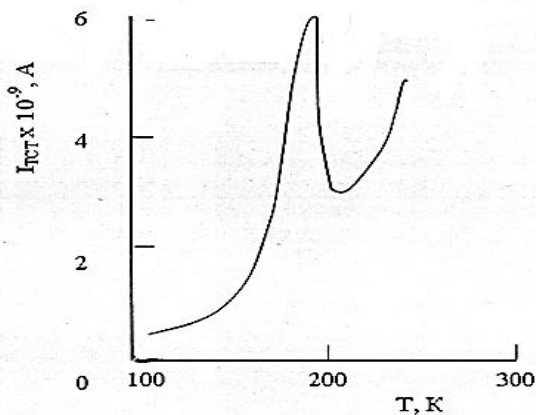
TIS nümunəsində tapılmış elektrikkeçiriciliyinin tezlik asılılığından $\sigma_{ac}(f)$ -dən Fermi səviyyəsi yaxınlığında hal sıxlığı hesablanmışdır: $N_F = 2,65 \cdot 10^{20} \text{ eV}^{-1} \cdot \text{sm}^{-3}$. TIS üçün N_F hesablanarkən lokallaşma radiusu $a = 33 \text{ \AA}$ götürülmüşdür, fononun tezliyi v_f üçün $\sim 10^{12}$ Hs qəbul edilmişdir. Sıçrayışlı keçiricilik nəzəriyyəsinə uyğun olaraq dəyişən elektrik sahəsində sıçrayışlar arası orta məsafə

$$R = \left(\frac{1}{2\alpha}\right) \ln\left(\frac{v_{fon}}{f}\right),$$

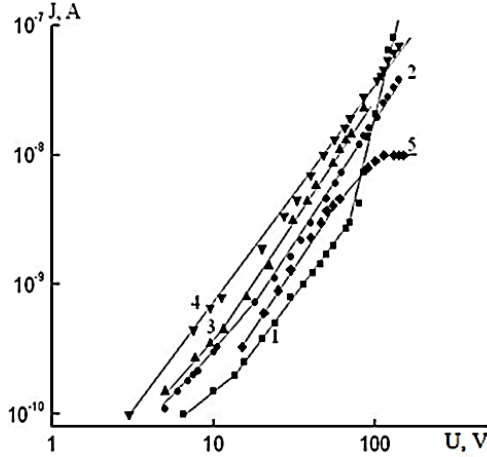
düsturu ilə müəyyən olunur: TIS nümunəsi üçün hesablanmış sıçrayışlar arası orta məsafənin qiyməti 78 \AA -ə bərabər olmuşdur. Öyrənilən TIS monokristallarında sıçrayışların orta müddəti $6,5 \cdot 10^{-8}$ s olmuşdur. Beləliklə, dielektrik əmsallarının tezlik dispersiyasının nəticəsi olaraq, dielektrik itgisinin təbiətini, yükdaşıyıcıların köçürülmə mexanizmini müəyyən etdik və Fermi səviyyəsi yaxınlığında halların sıxlığını, sıçrayışların orta müddətini və sıçrayışlar arası məsafəsini hesabladıq. Bu sabit elektrik sahəsində aparılan əvvəlki nəticələri təkzib etmir.

TlInS₂ monokristallarında LS və onun yerləşmə dərinliyini müəyyən etmək üçün TSC ölçülmüşdür. Şəkil 4-də TlInS₂ monokristallarının TSC spektri verilmişdir (nümunənin qızma

sürəti $b=0,3\text{K/S}$ və kvazistasionar hala gəlməsi və ya tələnin tam dolma müddəti 3 dəqiqə təşkil edir). TlInS_2 -nin TSC spektrində 198K temperaturda pik alınmışdır. Bu pikin yerləşmə dərinliyi $E_t=0,44\text{eV}$ -dur. Sabit elektrik sahəsində, aşağı temperaturlarda qadağan zonada yerləşən Fermi səviyyəsi yaxınlığında sıxlıqları böyük olan lokal hallarda keçiricilikdə əsas rol icazəverilən zonadakı termohəyacanlanmış yükdaşıyıcılar oynayır. TlInS_2 monokristalında icazəverilən zona boyu qeyri Omik keçiriciliyi tədqiq etmək və cərəyan keçiriciliyinin mexanizmini müəyyən etmək xüsusi maraq kəsb edir ki, bu da işin məqsədini təşkil edir. Elektrik ölçüləri sabit elektrik sahəsində və 293-381K temperatur intervalında aparılmışdır. Şəkil 5-də Ag- TlInS_2 -Ag sisteminin müxtəlif temperaturlarda qaranlıqda VAX-1 verilmişdir: 293, 307 və 341K temperaturlarında isə qısa Omik sahədən sonra kvadratik sahə görünmüşdür.



Şəkil4. TlInS_2 monokristallarının TSC spektri verilmişdir (nümunənin qızma sürəti $b=0,3\text{K/s}$ və kvazistasionar hala gəlməsi və ya tələnin tam dolma müddəti 3 dəqiqə təşkil etmişdir).



Şəkil 5. Ag–TlInS₂–Ag nümunəsinin qaranlıqdakı VAX-ı (1, 2, 3 və 4 ayrıləri) və fotocərəyanı , (əyri 5). Əyrilər 1 və 5 uyğun olaraq T, K: 1- 293; 2 – 307; 3 – 341; 4 – 381K

Tədqiq olunan 381K temperaturda ancaq kvadratik $I \sim U^2$ asılılıq mövcud olmuşdur. 293K temperaturda isə kvadratik sahə $I \sim U^2$ sərt qalxan sahə ilə əvəzlənmişdir $I \sim U^{6.5}$. Bu onu göstərir ki, tələlərin tam dolması temperaturun 293K qiymətindən başlayaraq müşahidə olunur. TlInS₂ monokristallarının VAX-ının temperatur asılılığından alınan nəticələr FYMC nəzəriyyəsi ilə izah edilmişdir.

Tələnin konsentrasiyası

$$N_t = 1,1 \cdot 10^6 \frac{\varepsilon V_{tt} d}{L^2}, \quad (7)$$

düsturu ilə hesablanmış və $N_t = 10^{12} \text{ sm}^{-3}$ olmuşdur. Tələnin konsentrasiyası hesablananda TlInS₂ monokristallarının dielektrik nüfuzluğunun qiyməti $\varepsilon = 10$ qəbul edilmişdir. Tarazlıqda olan əsas yükdaşıyıcıların konsentrasiyası

$$p_0 = \frac{N_t \cdot I(V_{\text{ttt}})}{I(2V_{\text{ttt}})}, \quad (8)$$

düsturu köməyi ilə hesablanmış və $p_0=1,67 \cdot 10^{10} \text{sm}^{-3}$ olmuşdur. TlInS₂ monokristallik nümunəsi üçün 293K temperaturunda

$$\theta = 1,8 \cdot 10^{-6} \frac{p_0 L^2}{\varepsilon V_x}, \quad (9)$$

düsturu vasitəsi ilə tutulma ədədinin qiyməti müəyyən edilmişdir və $\theta=0,17$ olmuşdur. 293K temperaturunda qaranlıqda məxsusi keçiriciliyi bilərək $\sigma_0=10^{-11} \text{Om}^{-1} \cdot \text{sm}^{-1}$, TlInS₂ monokristallik nümunəsinin Omik sahəsinə uyğun gərginlikdən dəşiklərin yürüklüklərini hesablayırıq: $\mu_0=3,7 \cdot 10^{-3} \text{sm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$.

Təcrübi nəticələrə əsasən VAX-ın kvadratik sahəsinin gərginliyinə uyğun olan qiymətindən hesablanmış: $\mu=3,3 \cdot 10^{-3} \text{sm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$. Göründüyü kimi hər iki qiymətlər təxminən bir-birinin üstünə düşür. N_t -kvant hallarının effektiv sıxlığını ($\sim 10^{19} \text{sm}^{-3}$) və θ -tutulma faktorunun ədədi qiymətlərini bilərək,

$$E_t = kT \ln \frac{N_p}{2\theta \cdot N_t}, \quad (10)$$

N_p – tarazlıqda olan dəşiklərin konsentrasiyasıdır

(10) düsturunun köməyi ilə injeksiya cərəyanına uyğun olan tələnin yerləşmə dərinliyi təyin edilmişdir: $E_t=0,44 \text{eV}$. TlInS₂ monokristal nümunəsində laylar istiqamətində Omik keçiriciliyin temperatur asılılığından, həmçinin fotocərəyanın spektrindən təyin edilmiş aktivləşmə enerjisi $\sim 0,4 \text{eV}$ -a bərabərdir. TlInS₂ monokristallarında FYMC rejiminin dürüstlüyünü bilmək üçün müxtəlif qalınlıqlardakı 100, 200 və 280 mkm olan 3 nümunənin VAX-ı $U=33 \text{V}$ (bu VAX-ın

kvadratik sahəsinə uyğundur) çıxarılmış və Lampert nəzəriyyəsinə görə FYMC-də cərəyanın sıxlığı L^3 -nün tərs qiyməti ilə mütənəsb olmuşdur.

$$I = \frac{9}{8} \varepsilon \varepsilon_0 \mu \theta \frac{V^2}{L^3}, \quad (11)$$

ε_0 –dielektrik sabiti; ε –kristalların dielektrik nüfuzluğu; θ –tutulma faktoru;

L – nümunənin qalınlığı; μ – yükdaşıyıcıların yürüklüyü; V – verilən elektrik sahəsinin gərginliyi.

TlInS₂ monokristalları üçün $J \sim L^{-3}$ ödənildiyindən, təcrübədən alınmış nəticələri FYMC nəzəriyyəsi əsasında həll etmək olar.

Şəkil 5-də, əyri 5-dən görünür ki, TlInS₂ nümunəsini işıqlandırdıqda cərəyan monopolyar injeksiyanı saxlayır və işıq FYMC-ni artırır. Bu göstərir ki, kontaktlar tərəfindən injeksiya olunan və tələlər tərəfindən tutulan yükdaşıyıcılar foton udub icazə verilən zonaya keçirlər. Başqa sözlə işığın təsiri nəticəsində həcmi yüklərin köçürülməsi və yükdaşıyıcıların tutulması lokal hallar arasında paylanır. Bu halda tam olaraq kristallardakı həcmi yüklər dəyişməz qalır. O verilən gərginlikdən və nümunənin həndəsi ölçülərindən asılı olur. Şəkil 5-dən görünür ki, həm işığın təsiri altındakı, həm də qaranlıqdakı VAX U^2 qanunu ilə dəyişir ki, bu da FYMC nəzəriyyəsi ilə uyğunluq təşkil edir. Tələnin tam dolduğu gərginliyə yaxın fotocərəyanın gərginlikdən asılılığı zəifləyir və sonda qaranlıqdakı VAX fotocərəyanla kəsişir. TlInS₂ monokristallarında VAX-1 öyrənməklə belə qənaətə gəlirik ki, burada baş verən injeksiya hadisəsi monopolyar injeksiya hadisəsinə uyğundur.

Dördüncü fəsildə A^3B^6 (A-Ga, In, Tl; B-S, Se) laylı kristalların və onların üçqat analoqlarının elektrik və dielektrik xassələrinə sabit və dəyişən elektrik sahəsində γ -şüalarının təsiri öyrənilmişdir.

111-294K temperatur intervalında şüalanmamış və γ -kvantları ilə şüalanmış p-GaSe, p-GaSe<1at.%Tl>, p-GaSe<2at.%Tl>, p-GaSe <2,5at.%Tl> və p-InSe, n-InSe <0,2 at.% Sn , n-InSe <0,4 at.%Sn> monokristallarının sabit elektrik sahəsində elektrikkeçiriciliyinin temperatur asılılığı öyrənilmişdir. Şüalanmanın dozasından asılı olmayaraq GaSe-də 250K və InSe monokristallarında isə 200K-dən kiçik temperaturlarda Fermi səviyyəsi yaxınlığında ΔE enerjili dar zolaqda yerləşən hallarda dəyişən uzunluqlu sıçrayışlı keçiricilik mövcuddur. p-GaSe, p-GaSe<Tl>, monokristallarında 167K-dən kiçik temperaturlarda aktivləşməmiş sıçrayışlı keçiricilik mövcuddur. Burada keçiriciliyin temperaturdan asılılığı olduqca, zəifdir yəni aktivləşmə enerjisi tədricən sifıra yaxınlaşır.

p-GaSe, p-GaSe<Tl> monokristallarının dəyişən elektrik sahəsində dielektrik xassələrinə və elektrikkeçiriciliyinə γ -şüalarının təsiri öyrənilmişdir. 300K temperaturunda əvvəlcə şüalanmamış sonra isə uyğun olaraq, şüalanma dozası $5 \cdot 10^4$ və $2,25 \cdot 10^6$ krad olan γ -kvantları ilə şüalanmış nümunələrin dielektrik nüfuzluğunun $f=5 \cdot 10^4-3,5 \cdot 10^7$ Hs tezlik intervalında tezlərdən asılılığı öyrənilmişdir. $5 \cdot 10^4-4 \cdot 10^5$ Hs tezlik intervalında şüalanmamış GaSe nümunəsində tezlik artdıqca, dielektrik nüfuzluğunun qiyməti 8 dəfə azalır, sonra $f=3,5 \cdot 10^7$ Hs-ə kimi təxminən heç bir dəyişiklik baş vermir. Şüalanma dozası $5 \cdot 10^4$ və $2,25 \cdot 10^6$ krad olan γ -kvantları ilə şüalanmış nümunələrin dielektrik nüfuzluğunda $5 \cdot 10^4-3,5 \cdot 10^7$ Hs tezlik intervalında nəzərə çarpacaq dərəcədə dispersiya qeydə alınmamışdır. Monokristalları hər dəfə şüalandırırdıqda doza əvvəlki doza ilə toplanır. GaSe monokristallarında tezliyin artması ilə dielektrik nüfuzluğunun monoton olaraq, azalması relaksasiya dispersiyasının olduğunu göstərir. Nisbətən böyük tezliklərdə $f> 3,2 \cdot 10^6$ Hs şüalanma dozası $5 \cdot 10^4$ və $2,25 \cdot 10^6$ krad olan γ -kvantları ilə şüalanmış

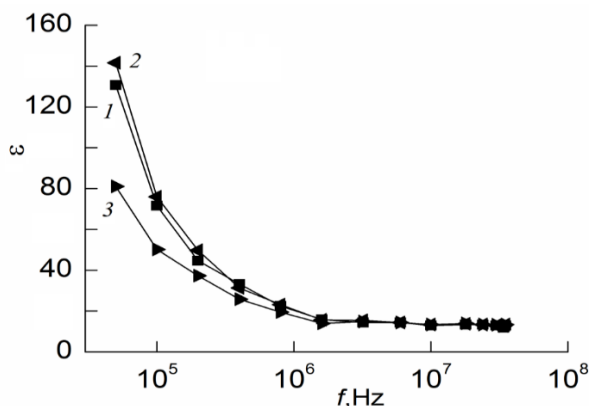
nümunələrin dielektrik nüfuzluğu tezlik artdıqca, dəyişmir. Aşağı tezliklərdə şüalanma dozası toplandıqca, dielektrik nüfuzluğu azalır. $f > 3,2 \cdot 10^6$ Hs tezliklərdə GaSe monokristallarının dielektrik nüfuzluğu nə tezlikdən, nə də γ -şüalanma dozasından asılı olmur. Həmçinin müxtəlif şüalanma dozasında GaSe monokristallarının kompleks dielektrik nüfuzluğunun xəyalı hissəsinin tezlik asılılığı öyrənilmişdir. Şüalanmamış və γ -kvantları ilə şüalanmış GaSe-də elektrikkeçiriciliyi pilləli şəkildə $\sigma_{ac} \sim f^{0,8}$ qanunu ilə artır ki, bu da sıçrayışlı keçiriciliklə xarakterizə olunur.

İşin məqsədi dəyişən elektrik sahəsində şüalanmamış və müxtəlif dozalarda γ -şüaları ilə şüalanmış p-GaSe <0,5 at.% Tl> monokristallarının elektrik və dielektrik xassələrinə təsirini müəyyən etməkdir.

0,5at.%Tl atomları ilə aşqarlanmış p-GaSe monokristallarının, 300K temperaturunda və $5 \cdot 10^4$ - $3,5 \cdot 10^7$ Hs tezlik intervalında elektrik xassələri ölçülmüşdür. Alınan nəticələri müqayisəli şəkildə izah etmək üçün ölçülər şüalanmaya qədər və şüalanmadan sonra aparılmışdır.

Əvvəlcə şüalanmamış p-GaSe<0,5 at.% Tl> nümunəsinin elektrik və dielektrik xassələri $5 \cdot 10^4$ - $3,5 \cdot 10^7$ Hs tezlik intervalında ölçülmüşdür. Şəkil 4.3.1-dən görüldüyü kimi şüalanma dozası 50 krad olduqda dielektrik nüfuzluğunun həqiqi hissəsi cüzi artır. Bu hadisə aşqarlanmamış monokristallarda baş verən hadisənin tərsidir. Şüalanmamış p-GaSe<0,5at.%Tl> nümunəsinin dielektrik nüfuzluğunun həqiqi hissəsi aşağı tezliklərdə ($5 \cdot 10^4$ – $2 \cdot 10^6$ Hs) 4,33 dəfə azalır. Sonra həmin nümunə 50 krad dozaya malik γ -kvantları ilə şüalandırılmışdır. Yenidən şüalanmış p-GaSe<0,5at.%Tl> monokristallarının elektrik və dielektrik xassələri $5 \cdot 10^4$ - $3,5 \cdot 10^7$ Hs tezlik intervalında ölçülmüşdür və bu vaxt şüalanmamış p-GaSe<0,5at.%Tl> nümunəsinin dielektrik nüfuzluğunun həqiqi hissəsi aşağı tezliklərdə ($5 \cdot 10^4$ - $2 \cdot 10^6$ Hs) 4,33 dəfə azaldığını görürük. Şəkil 6.-dən görünür ki, p-

GaSe<0,5 at.% Tl> monokristallarını $D_\gamma=2,05 \cdot 10^6$ rad dozasa ilə şüalandırdıqda dielektrik nüfuzluğunun həqiqi hissəsi $2 \cdot 10^6$ Hs tezliyinə kimi azalır. Monokristalları hər dəfə şüalandırdıqda doza əvvəlki doza ilə toplanır. Nümunənin yenidən elektrik və dielektrik xassələri $5 \cdot 10^4$ – $3,5 \cdot 10^7$ Hs tezlik intervalında ölçülmüşdür. Tezliyin $f > 2 \cdot 10^6$ Hs qiymətlərindən sonra şüalanmamış kristalların ε -nu ilə birləşərək eyni gedir. Bu zaman dozanın toplanması hadisəsindən istifadə etmişik. Şüalanma dozası artdıqca, Şəkil 6-da göstərilmiş şüalanmamış p-GaSe monokristallardakının əksinə olaraq kompleks dielektrik nüfuzluğunun xəyalı hissəsinin qiyməti $5 \cdot 10^4$ – $3,5 \cdot 10^7$ Hs tezlik intervalında Şəkil 6-da aşqarlanmamış monokristallarda olduğu kimi hiperbolik olaraq azalır. γ -şüaları ilə şüalanmış p-GaSe<Tl> monokristallarının $5 \cdot 10^4$ – $3,5 \cdot 10^7$ Hs tezlik intervalında dielektrik xassələrinin ölçülərindən müəyyən edilmişdir ki, burada dielektrik nüfuzluğu relaksasiya xarakteri daşıyır.



Şəkil 6. p-GaSe<Tl> monokristallarının dielektrik nüfuzluğunun tezlik dispersiyası şüalanmamış (əyri 1) və şüalanmadan sonra (əyri 2 və 3) uyğun olaraq 50 və 2,05Mrad doza ilə γ -şüalanmadan sonra

Müxtəlif tezliklərdə və γ -şüalanmanın müxtəlif dozalarında statik dielektrik əmsalları və elektrikkeçiriciliyinin qiymətləri müəyyən edilmişdir. Göstərilmişdir ki, p-GaSe<0,5 at.% Tl> monokristallarını $D_{\gamma}=2,05 \cdot 10^6$ rad dozaya kimi şüalandırdıqda elektrikkeçiriciliyi aşqarlanmamış p-GaSe <0,5 at.% Tl> monokristallarından fərqli olaraq azalır.

Aşqarların sonrakı artımında p-GaSe monokristallarının xüsusi müqavimətləri azalır və onları γ -şüaları ilə şüalandırdıqda yenidən xüsusi müqavimətləri azalır və bu hadisə dielektrik xassələrini ölçməyə imkan vermir.

Beləliklə alınan nəticələr əsasında demək olar ki, dəyişən elektrik sahəsində tezliyi $5 \cdot 10^4$ – $3,5 \cdot 10^7$ Hz intervalında dəyişməklə p-GaSe<0,5 at.% Tl> monokristallarının dielektrik əmsallarını və elektrikkeçiriciliyini idarə etmək olar. Aşqarların <0,5 at.% Tl>-dən sonrakı artımında p-GaSe monokristallarının xüsusi müqavimətləri azalır və onlar γ -şüaları ilə şüalandırıldıqda yenidən xüsusi müqavimətləri azalır və bu hadisə dielektrik xassələrini ölçməyə imkan vermir. Bu əvvəllər aparılmış təcrübələrin nəticələri ilə uyğunluq təşkil edir.

GaSe və InSe monokristallarında öz-özünə kompensasiya hadisəsinə baxılmışdır. Otaq temperaturunda yüksək müqavimətli p-GaSe, p-InSe və aşağımüqavimətli p-GaSe <2,5 at.% Tl>, n-InSe<0,4 at.%Sn> monokristallarının elektrikkeçiriciliyinin γ -şüalanmanın dozasından asılılığı öyrənilmişdir. Yüksək müqavimətli p-GaSe və p-InSe monokristallarında şüalanma dozası artdıqca, elektrikkeçiriciliyi cüzi artır. Aşağı müqavimətli p-GaSe<2,5at.%Tl> monokristallarının elektrik keçiriciliyinin γ -şüalanmanın doza asılılığında 2 sahə müşahidə olunur: I sahədə p-GaSe <2,5 at.% Tl> monokristalları γ -şüalanma dozasının 0-130 krad intervalında radiasiya defektləri öz-özünü kompensasiya edir və yarımkəçiricidə keçiricilik məxsusi hala uyğun gəlir. Nəticədə Fermi səviyyəsi qadağan zolağın ortasına tərəf yerini

dəyişir. II sahədə γ - şüalanmanın 130 kraddan sonrakı artımında radiasiya defektləri artır. Beləliklə də defektlərin sonrakı artımında yarımkeçirici aşağı müqavimətli halından yüksək müqavimətli hala sıçrayışla keçir. Aşağı müqavimətli $n\text{-InSe}<0,4 \text{ at. \% Sn}>$ monokristallarında isə bu hadisə özünü fərqli şəkildə biruzə verir. Aşağımüqavimətli bu monokristalların elektrikkeçiriciliyinin γ -şüalanmanın doza asılılığında da 2 sahə müşahidə olunur:

II sahədə γ - şüalanmanın 220 krad-dan sonrakı artımında radiasiya defektləri böhran halına çatır. Beləliklə də defektlərin sonrakı artımında yarımkeçirici aşağımüqavimətli haldan yüksəkmüqavimətli hala tədricən keçir. $p\text{-GaSe}$ və $n\text{-InSe}$ monokristallarının γ -şüalanmasından alınan nəticələr göstərir ki, yüksəkmüqavimətli haldan aşağımüqavimətli hala keçid p -tip monokristallarda sıçrayışlı, n -tip monokristallarda isə tədricən keçir.

Şüalanmamış və γ -kvantları ilə şüalandırılmış $p\text{-GaSe}<\text{Tl}>$ və $n\text{-InSe}<\text{Sn}>$ monokristallarının energetik spektrləri öyrənilmişdir. Bu məqsədlə 111-294K temperatur intervalında şüalanmamış $p\text{-GaSe}$, $p\text{-GaSe}<1 \text{ at. \% Tl}>$, $p\text{-GaSe}<2 \text{ at. \% Tl}>$ və $p\text{-GaSe}<2,5 \text{ at. \% Tl}>$ və $p\text{-InSe}$, $n\text{-InSe}<0,2 \text{ at. \% Sn}>$ və $n\text{-InSe}<0,4 \text{ at. \% Sn}>$ və $D_\gamma=100\text{krad}$ doza ilə şüalanmış $p\text{-GaSe}<1 \text{ at. \% Tl}>$, $p\text{-GaSe}<2 \text{ at. \% Tl}>$ və $p\text{-GaSe}<2,5 \text{ at. \% Tl}>$ və $n\text{-InSe}<0,2 \text{ at. \% Sn}>$ və $n\text{-InSe}<0,4 \text{ at. \% Sn}>$ nümunələrində elektrikkeçiriciliyinin temperatur asılılığı ölçülmüşdür. Alınan təcrübə nəticələrinə əsasən yükdaşıyıcıların aktivləşmə enerjisi təyin edilmişdir. $p\text{-GaSe}<1 \text{ at. \% Tl}>$, $p\text{-GaSe}<2 \text{ at. \% Tl}>$, $p\text{-GaSe}<2,5 \text{ at. \% Tl}>$, $n\text{-InSe}<0,2 \text{ at. \% Sn}>$ və $n\text{-InSe}<0,4 \text{ at. \% Sn}>$ monokristalların aktivləşmə enerjisi müəyyən edilmişdir.

TlInS_2 monokristallarının VAX-na γ -kvantları ilə şüalanmanın təsiri öyrənilmişdir. Əvvəlcə şüalanmamış $\text{Ag-TlInS}_2\text{-Ag}$ sisteminin 293K temperaturda VAX-1 ölçülüb. VAX üç hissədən ibarətdir: xətti ($I\sim V$), kvadratik ($I\sim V^2$) və cərəyanın kəskin qalxma sahəsindən ($I\sim V^5$). Sonra isə 50krad

dozada şüalanmış həmən monokristalların VAX-1 ölçülür. Bu uyğun olaraq qamma şüalanmadan 24, 48, 120, 144 və 192 saatdan sonra ölçülmüşdür. Şüalanmadan sonrakı zaman artdıqca, nümunənin VAX-1 sola sürüşür və tədricən şüalanmamış nümunənin VAX-na yaxınlaşır. Beləliklə də pikin hündürlüyü tədricən azalır və 192 saatdan sonra çox az nəzərə çarpır və 240 saatdan sonra şüalanmamış və şüalanma dozası $D_\gamma=50$ krad olan şüalanmamış Ag-TlInS₂-Ag sisteminin VAX-1 üst-üstə düşür. Bu aşağı dozanın monokristalların fiziki xassələrinə təsiri hadisəsi ilə uyğundur. Yəni bu doza deyilən kristallar üçün dayanıqsızdır yaxud proses dönər prosesdir.

TlInS₂ monokristallarının dəyişən elektrik sahəsində dielektrik xassələrinə və elektrikkeçiriciliyinə γ -şüalarının təsiri öyrənilmişdir. Müxtəlif tezliklərdə dielektrik nüfuzluğunun şüalanma dozasından asılılığına baxılmışdır. Bütün tezlik intervalında şüalanmanın $1 \cdot 10^4$ rad dozasında dielektrik nüfuzluğu maksimum qiymət alır. Bu dozalarda defektlərin dəmlənməsi baş verir. Şüalanmanın $1 \cdot 10^4$ rad dozadan sonra ölçülən tezliklərdə dielektrik nüfuzluğunun qiyməti azalır ki, bu da defektlərin miqrasiyası və bölünməsi ilə əlaqədardır. Dielektrik itgi bucağının tangensinin tezlikdən asılılığının xarakterinə görə həm şüalanmamış, həm də 10^4 - $2,25 \cdot 10^6$ rad doza ilə şüalanmış TlInS₂ monokristallarında itgi tezliyin $f=10^7$ Hs qiymətinə kimi elektrikkeçiriciliyi hesabına, $f>10^7$ Hs qiymətində isə relaksasiya itgisi hesabına keçir. Tezliyin $f<10^7$ Hs qiymətlərinə kimi $\sigma_{ac} \sim f^{0,8}$ Fərmi səviyyəsi yaxınlığında lokal hallarda yükdaşıyıcıların sıçrayışlı keçiriciliyi mövcud olur. Tezliyin $f>10^7$ Hs qiymətində isə super xətti sahə $\sigma_{ac} \sim f^{1,3}$ yaranır.

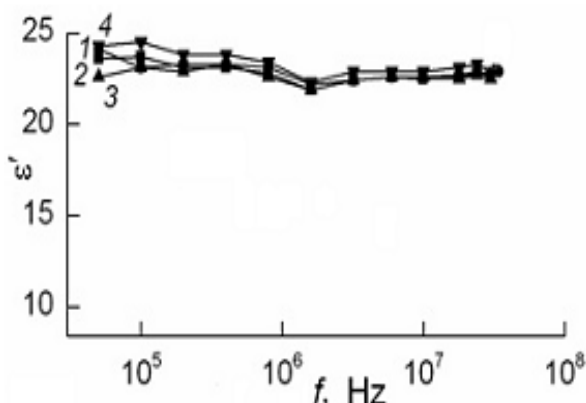
Sabit elektrik sahəsində TlGaSe₂ monokristallarının qadağan zonasında yerləşən lokal halların parametrlərinə γ -şüalarının təsiri öyrənilmişdir. Şüalanmamış və 30krad, 80 krad dozalı şüalanmış monokristalların voltamper xarakteristikası ölçülmüşdür. VAX hər üç hal üçün Omik I~U, tələli kvadratik

$I \sim U^2$ və yüksək gərginliklərdə cərəyanın kəskin qalxma hissəsindən $I \sim U^n$ ibarət olur. Təcrübədən tapdığımız qiymətləri izah etmək üçün fəza yükləri ilə məhdudlaşmış cərəyan (FYMC) nəzəriyyəsinə istifadə etmişik. TlGaSe₂ monokristallarında FYMC rejiminin dürüstlüyünə əmin olmaq üçün kristalların müxtəlif qalınlıqlardakı 3 nümunəsinin VAX-ını müəyyən etmişik. FYMC-də cərəyan sıxlığı L^3 -nün tərs qiyməti ilə mütənəsb olur. Monokristallarda göstərilən şərt ödənilir. Kiçik dozalı (30krad) şüalanmada cərəyan şiddəti şüalanmamış nümunənin cərəyan şiddətinə nəzərən az olur. Kiçik dozalı şüalanmaya nəzərən fərq kristallardakı quruluş defektlərinin sıxlıqlarının yüksək olmasındadır. TlGaSe₂ monokristallarını daha böyük doza ilə şüalandırıqda elektrikkeçiriciliyinin artmasına səbəb, ancaq yükdaşıyıcıların sıxlığının artmasıdır.

TlGaSe₂ monokristallarında dəyişən elektrik sahəsində radiasiya effektləri öyrənilmişdir. $D_\gamma = 3 \cdot 10^4$ rad doza ilə şüalanmış nümunənin dielektrik nüfuzluğu $5 \cdot 10^4 - 3,5 \cdot 10^7$ Hz tezlik intervalında 12,8-dən 7,5-ə qədər azalmışdır. $2,25 \cdot 10^6$ rad doza ilə şüalanmış nümunənin dielektrik nüfuzluğu şüalanmamış nümunə ilə $D_\gamma = 3 \cdot 10^4$ rad doza ilə şüalanmış nümunənin dielektrik nüfuzluğu arasında aralıq vəziyyətdə olur. γ -şüalanmanın aşağı dozalarında öyrənilən tezlik intervalında nümunənin dielektrik nüfuzluğu azalır, nisbətən yüksək doza ilə şüalandırıldıqda isə artır. Ancaq həmişə şüalanmış nümunənin dielektrik nüfuzluğu şüalanmamış nümunənin dielektrik nüfuzluğundan az olur. $f > 2 \cdot 10^5$ Hz-də şüalanmış nümunələrin keçiriciliyi $\sigma_{ac} \sim f^{0,8-0,9}$ qanununa tabe olurlar. Şüalanma dozası artdıqca dəyişən elektrik sahəsindəki keçiricilik də artır. Alınan $\sigma_{ac} \sim f^{0,8-0,9}$ qanunauyğunluğu Fermi səviyyəsi yaxınlığında lokal hallarda sıçrayışlı keçiriciliyə uyğundur.

İşdə dəyişən elektrik sahəsində yüksəkmüqavimətli ($\rho_{ac} = 10^{10} \text{Om} \cdot \text{sm}$) TlGaS₂ monokristallarının kompleks

dielektrik nüfuzluğunun və elektrikkeçiriciliyinin tezlikdən asılılığına γ -şüalanmanın təsiri öyrənilmişdir. Elektrik xassələri dəyişən elektrik sahəsində otaq temperaturunda və $5 \cdot 10^4$ - $3,5 \cdot 10^7$ Hs tezlik intervalında aparılmışdır. TlGaS₂ monokristallarında şüalanmadan əvvəl və müxtəlif doza ($D\gamma=5 \cdot 10^4$; $1,5 \cdot 10^5$ və $2,15 \cdot 10^6$ rad) ilə şüalanmadan sonra dielektrik nüfuzluğunun həqiqi hissəsinin tezlik asılılığının cüzi dəyişməsinə gətirib çıxarır şəkil 7 $D\gamma=5 \cdot 10^4$ rad qiymətində ϵ' demək olar ki, dəyişmir (əyri 2). $D\gamma=1,5 \cdot 10^5$ raddan sonra (əyri 3) şüalananda ϵ' şüalanmamışınkına nisbətən (əyri 1) azalır. Bu aşağı tezliklərdə özünü göstərir. γ -şüalanmanın yüksək dozalarında ($D\gamma=2,15 \cdot 10^6$ rad) ϵ' -nin qiyməti əyri 1-ə nisbətən artır. Tezliyin $f \geq 10^7$ Hs qiymətlərində bütün dozalarda ϵ' qiymətləri bir-birindən cüzi fərqlənirlər. $D\gamma = 10^6$ rad dozalı γ -şüalanmadan sonra 10^4 - 10^6 Hs tezliklərində ϵ' -nin qiymətinin artması göstərilmişdir. Lakin ϵ'' tezlikdən asılı olaraq monoton azalır.



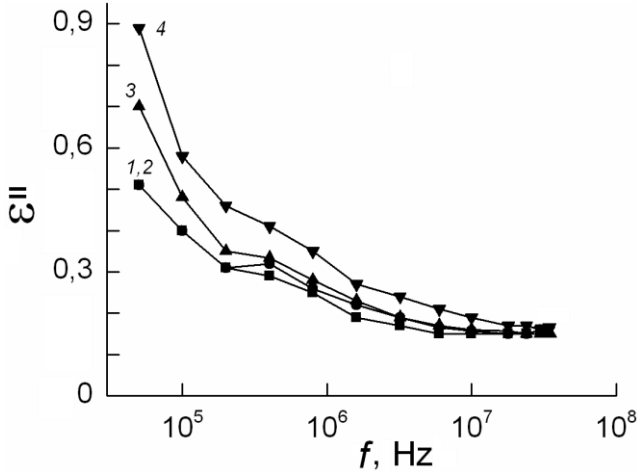
Şəkil 7. TlGaS₂ monokristallarının kompleks dielektrik nüfuzluğunun həqiqi hissəsinin tezlikdən asılılığı γ -şüalanmadan əvvəl (əyri 1) və sonra. Şüalanma dozaları uyğun olaraq $D\gamma$, rad: 2 – $5 \cdot 10^4$; 3 – $1,5 \cdot 10^5$; 4 – $2,15 \cdot 10^6$

Alınan əyrlər dielektrik nüfuzluğunun dispersiyası ilə əlaqədardır (şəkil 7). Şəkil 7 və şəkil 8-də γ -kvantları ilə şüalanmanın müxtəlif dozalarında $D_{\gamma}=0; 5 \cdot 10^4; 1,5 \cdot 10^5$ və $2,15 \cdot 10^6$ rad TlGaS₂ monokristallarının dielektrik nüfuzluğunun həqiqi və xəyali hissələrinin tezlik asılılıqları göstərilmişdir. Yüksək tezliklərdə γ -şüalanmanın müxtəlif dozalarında ϵ'' -ə əsasən dəyişiklik müşahidə olunmayıb. TlGaS₂ monokristallarında şüalanma dozası toplandıqca, ϵ'' dispersiyasının artmasına səbəb olur. Şəkil 6-dan görüldüyü kimi TlGaS₂ monokristallarında tezliyin 50 kHs–35 MHs intervalında ϵ'' kimi ϵ' -də dispersiya baş verir. Şəkil 8-dən görüldüyü kimi 300K temperaturda γ -şüalanmadan əvvəl və sonra $\sigma_{ac} \sim f^s$, yəni $f=2 \cdot 10^7$ Hs-ə qədər $s=0,8$ və $f=2 \cdot 10^7-3,510^7$ Hs qədər $s>1$ olur. $\sigma_{ac} \sim f^{0,8}$ olması Fermi səviyyəsi yaxınlığında lokal səviyyələr arasında sıçrayışlı keçiriciliyin olmasını göstərir. Fermi səviyyəsi yaxınlığında lokal səviyyələrin konsentrasiyaları $D_{\gamma}=0 - 2,15 \cdot 10^6$ rad dozada, Fermi səviyyəsi yaxınlığında lokallaşmış halların sıxlığı $N_F=(7,0-8,4) \cdot 10^{18} \text{ eV}^{-1} \cdot \text{sm}^{-3}$. Hesabat aparılarkən lokallaşma radiusu 14 \AA götürülmüşdür. Lokal səviyyələr arası sıçrayışların orta müddəti $\tau=10^{-7} \text{ s}$ şüalanmamış kristalda $D_{\gamma}=0$ və $\tau=6,7 \cdot 10^{-8} \text{ s}$ $D_{\gamma}=2,15 \cdot 10^6$ rad olduqda TlGaS₂ monokristalında sıçrayışlar arasında orta məsafə R-in qiyməti təyin edilmişdir. Şüalanmamışdan əvvəl 81 \AA , $D_{\gamma}=2,15 \cdot 10^6$ rad şüalandırıldıqdan sonra isə 78 \AA olur. TlGaS₂ monokristallarında Fermi səviyyəsi yaxınlığındakı lokal halların energetik yayılması qiymətləndirilmiş və $\Delta E = 0,12-0,13 \text{ eV}$ olmuşdur.

TlGaS₂ monokristallarında $5 \cdot 10^4-3,5 \cdot 10^7$ Hs tezlik intervalında dielektrik əmsallarına və ac-keçiriciliyinə γ -şüalarının təsiri öyrənilmişdir. Göstərilmişdir ki, TlGaS₂ monokristallarını müxtəlif dozalı γ -şüaları ilə şüalandırıdığında dielektrik nüfuzluğunun həqiqi hissəsi və ac-keçiriciliyi bir

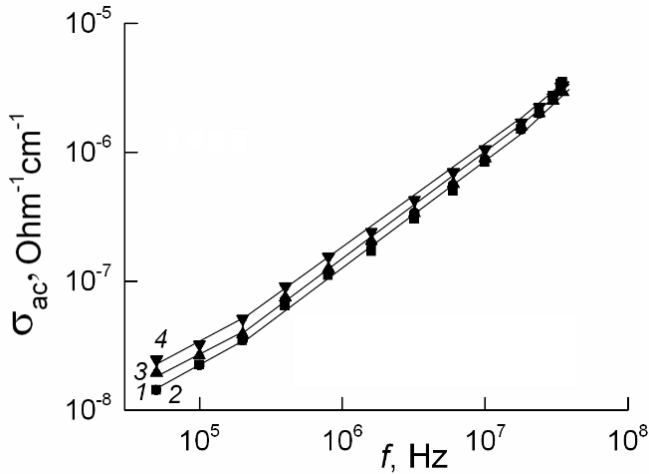
qədər dəyişir. Dielektrik nüfuzluğunun xəyalı hissəsi isə şüalanmadan sonra nəzərə çarpacaq dərəcədə artmır.

Beləliklə də TlGaS_2 monokristallarında dəyişən elektrik sahəsində aşağı tezliklərdə ϵ' $D\gamma=5 \cdot 10^4$ raddan $D\gamma=1,5 \cdot 10^5$ rada kimi dəyişmişir. $D\gamma=1,5 \cdot 10^5$ rad-dan sonra isə ϵ' şüalanmamış kristala nisbətən azalır. Yüksək dozalarda isə $D\gamma=2,15 \cdot 10^6$ rad-da ϵ' -in qiyməti artır. Tezliyin $f \geq 10^7 \text{ Hz}$ qiymətlərində bütün dozalarda ϵ' qiymətləri bir-birindən cüzi fərqlənir. Lakin ϵ'' tezlikdən asılı olaraq monoton azalır ki, bu da relaksasiya dispersiyası ilə əlaqədardır. 300 K temperaturda γ -şüalanmadan əvvəl və sonra $f=2 \cdot 10^7 \text{ Hz}$ -ə qədər $\sigma_{ac} \sim f^s$, $s=0,8$ və $f=2 \cdot 10^7 - 3,5 \cdot 10^7 \text{ Hz}$ arasında $s > 1$ olur. $\sigma_{ac} \sim f^{0,8}$ olması Fermi səviyyəsi yaxınlığında LS arasında sıçrayışlı keçiriciliyin olmasını göstərir. Geniş zolaqlı monokristallar üçün zona keçiriciliyi tezliyin $f > 10^{10} - 10^{11} \text{ Hz}$ qiymətlərində tezlikdən asılı olur.



Şəkil 8. TlGaS_2 monokristallarının γ -kvantları ilə şüalanmanın müxtəlif dozalarında kompleks dielektrik nüfuzluğunun tezlik asılılıqları $D\gamma = (1) 0 (2) 5 \cdot 10^4, (3) 1,5 \cdot 10^5$, və $(4) 2,15 \cdot 10^6$, rad .

s. şüalanmamış və $D\gamma = 5 \cdot 10^4$ -dan $2,15 \cdot 10^6$ rad dozaya kimi γ -kvantları ilə şüalanmış TlGaS₂ monokristallarında dielektrik nüfuzluğunun həqiqi (ϵ') və xəyalı (ϵ'') hissələri, həmçinin elektrikkeçiriciliyi $f = 5 \cdot 10^4 - 3,5 \cdot 10^7$ Hz tezlik intervalında öyrənilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, dəyişən elektrik sahəsində TlGaS₂ monokristallarında radiasiya dozası toplandıqca ϵ' artmasına gətirib çıxarır və ϵ'' -in dispersiyası artır. TlGaS₂ monokristallarında yüksək tezlikli sahələrdə şüalanmadan əvvəl və sonra lokal halların əsas parametrləri təyin edilmişdir. Bu özündən əvvəlki nəticələrlə uyğunluq təşkil edir. Şəkil 9-da dəyişən cərəyanda TlGaS₂ monokristallarının elektrikkeçiriciliyinin tezlikdən asılılığı verilmişdir.



Şəkil 9. 300-K temperaturda dəyişən elektrik sahəsində TlGaS₂ monokristallarının γ -şüalanmanın müxtəlif dozalarında $D\gamma = (1) 0$ (2) $5 \cdot 10^4$, (3) $1,5 \cdot 10^5$ və (4) $2,15 \cdot 10^6$ rad elektrikkeçiriciliyin tezlik asılılığı.

Bəşinci fəsildə A^3B^6 (A-Ga, In, Tl; B-S, Se) laylı kristalların və onların üçqat analoqlarının sabit və dəyişən elektrik sahəsində elektrofiziki xassələrinə sürətli elektronların təsiri öyrənilmişdir.

GaS, GaSe və InSe monokristallarında sabit elektrik sahəsində elektrik ölçüləri 111-294K temperatur intervalında aparılmışdır. Nümunələr $2 \cdot 10^{12}$ - 10^{13} el/sm² dozalı elektron seli ilə şüalandırılır. Şüalandırılmamış və müxtəlif dozalarda şüalanmış monokristalların elektrikkeçiriciliyinin temperatur asılılığında temperatur azaldıqca elektrikkeçiriciliyi azalır.

Şüalanma dozasından asılı olmayaraq, GaS monokristallarında sabit elektrik sahəsində 140–238K temperatur intervalında Fermi səviyyəsi ətrafında dəyişən uzunluqlu sıçrayışlı keçiricilik baş verir ki, bu da öz növbəsində $T < 140K$ temperaturalarda aktivləşməmiş sıçrayışlı keçiriciliyə keçir. GaSe və InSe monokristallarında isə təbii laylara perpendikulyar istiqamətdə yönəlmiş elektron seli ilə şüalanma dozasından asılı olmayaraq uyğun olaraq 250K və 200K temperaturdan başlayaraq Fermi səviyyəsi ətrafında dəyişən uzunluqlu sıçrayışlı keçiricilik baş verir ki, GaSe monokristallarında elektrikkeçiriciliyinin temperatur asılılığından görünür ki, 167K temperaturdan sonra yükdaşıyıcıların aktivləşmə enerjisi 0-ra yaxınlaşır, yəni 167-111K temperatur intervalında aktivləşməmiş sıçrayışlı keçiricilik baş verir.

Şüalanmamış və $\Phi_{el} = 2 \cdot 10^{12} - 10^{13}$ el/sm² elektron seli ilə şüalandırılmış TlInS₂, TlGaSe₂, TlGaS₂ monokristallarında temperatur 294K-dən 111K-nə qədər azaldıqca, elektrikkeçiriciliyi azalır və kimyəvi maddəin tərkibindən asılı olaraq müxtəlif temperaturlarda temperaturdan asılı olmur. Müəyyən edilmişdir ki, hər 3 monokristallarda 200K-dən aşağı temperaturlarda Fermi səviyyəsi ətrafında dəyişən uzunluqlu sıçrayışlı keçiricilik baş verir.

Sürətlənmiş elektronların dəyişən elektrik sahəsində TlInS₂ monokristallarının dielektrik xassələrinə və

elektrikkeçiriciliyinə təsiri öyrənilmişdir. TlInS_2 monokristallarının dielektrik nüfuzluğunun qiyməti şüalanmanın $2 \cdot 10^{12} \text{el/sm}^2$ dozasına kimi artır. Burada kiçik doza effekti baş verir, yəni defektlərin dəmlənməsi $2 \cdot 10^{12} \text{el/sm}^2$ dozadan sonra azalır defektlərin miqrasiyası, yəni paylanması baş verir. Şüalanmamış və müxtəlif doza ilə şüalanmış TlInS_2 monokristallarının dielektrik itgi bucağının tangensinin dəyişməsi itginin elektrikkeçiriciliyinin ikitərəfli olmasını göstərir. Tezliyin $f=10^7 \text{Hs}$ qiymətlərində $\sigma_{ac} \sim f^{0,8}$, tezliyin $f > 10^7 \text{Hs}$ qiymətlərində isə super xətti $\sigma_{ac} \sim f^{1,3}$ asılılığı baş verir.

Sürətlənmiş elektronların dəyişən elektrik sahəsində TlGaSe_2 monokristallarının dielektrik xassələrinə və elektrikkeçiriciliyinə təsiri öyrənilmişdir. Dielektrik xassələri və elektrikkeçiriciliyi tezliyin $5 \cdot 10^4 - 3,5 \cdot 10^7 \text{Hs}$ intervalında öyrənilmişdir. Şüalanma dozası artdıqca dielektrik nüfuzluğu azalır. TlGaSe_2 monokristallarında elektron seli ilə şüalandırıldıqda bütün tezlik intervalında dielektrik itgi bucağının tangensinin maksimum ilə xarakterizə olunması hər iki halda (şüalanmamış və şüalanmış) itgi relaksasiya itgisidir. TlGaSe_2 monokristallarının elektron seli ilə şüalanma dozası artdıqca, elektrikkeçiriciliyi azalır. Kiçik dozalarda şüalanmış yarımqeçiricilərin elektrikkeçiriciliyinin azalması kristallarda ilkin elektrik aktiv dərin energetik aşqar mərkəzlərin radiasiya defektləri ilə kompensasiya edilməsi ilə əlaqədardır.

Sürətlənmiş elektronların dəyişən elektrik sahəsində TlGaS_2 monokristallarının dielektrik xassələrinə və elektrikkeçiriciliyinə təsiri öyrənilmişdir. TlGaS_2 monokristallarını $2 \cdot 10^{12} - 2,4 \cdot 10^{13} \text{el/sm}^2$ dozaya malik elektron seli ilə şüalandırıldıqda tezliyin $f < 10^6 \text{Hs}$ qiymətlərində dielektrik nüfuzluğunun həqiqi hissəsi hiperbolik olaraq azalır. Bu relaksasiya dispersiyasının olduğunu göstərir. Yuxarı tezliklərdə ($f > 10^6 \text{Hs}$) bu fərq artır. Şüalanmamış və $2 \cdot 10^{12}, 6 \cdot 10^{12} \text{el/sm}^2$ elektron seli ilə şüalanan kristallarda tezliyin $2 \cdot 10^7 \text{Hs}$ qiymətlərinə kimi əyri hiperbolik azalır ki, bu da

dielektrik itgisinin elektrikkeçiriciliyi hesabına olduğunu göstərir. $f \geq 2 \cdot 10^7$ Hz-də dielektrik itgisi artıq relaksasiya itgisinə çevrilir. Şüalanma dozası $2,4 \cdot 10^{13}$ el/sm² olduqda bütün tezlik intervalında itgi ancaq elektrikkeçiriciliyi hesabına baş verir. Elektron seli ilə şüalanmadan əvvəl və sonra tezliyin $f = 2 \cdot 10^7$ Hz-ə qədər $\sigma_{as} \sim f^s$, $s = 0,8$ və $f = 2 \cdot 10^7 - 3,5 \cdot 10^7$ Hz arasında isə $s > 1$ olur. $\sigma_{ac} \sim f^{0,8}$ olması Fermi səviyyəsi yaxınlığında lokal səviyyələr arasında dəyişən uzunluqlu sıçrayışlı keçiriciliyin olmasını göstərir.

Altıncı fəsilə A^3B^6 (A-Ga, In, Tl; B-S, Se) laylı kristalların və onların üçqat analoqlarının elektrofiziki, xassələrinə işığın təsiri öyrənilmişdir. Əvvəlcə şüalandırılmamış GaS, GaSe, InSe monokristallarının elektrikkeçiriciliyinin 111-294K intervalında temperatur asılılığı öyrənilmişdir. Sonra elektron seli ilə şüalandırılmış GaS, GaSe, InSe monokristallarının elektrikkeçiriciliyinin temperatur asılılığı öyrənilmişdir. Daha sonra elektron seli ilə şüalandırılmış GaS, GaSe, InSe monokristallarının elektrikkeçiriciliyinin temperatur asılılığına işığın təsiri öyrənilmişdir. Şüalanmış monokristalların elektrikkeçiriciliyi şüalandırılmamış monokristalların elektrikkeçiriciliyinə nəzərən artır. Şüalandırılmış monokristalların üzərinə işıq seli düşdükdə isə elektrikkeçiriciliyi azalır. Şüalanma nəticəsində radiasiya defektləri yaranır. Şüalanmış kristalların üzərinə işıq düşdükdə, defektlərin əmələ gətirdiyi səviyyələr generasiya-rekombinasiya proseslərində aktiv iştirak edirlər. GaS, GaSe və InSe monokristallarında rekombinasiya prosesi generasiya prosesinə nisbətən üstünlük təşkil etdiyindən elektrikkeçiriciliyi azalır.

Əvvəlki işlərimizdən məlumdur ki, A^3B^6 laylı kristallarını və onların üçqat analoqlarını işıqla şüalandırıldıqda keçiricilik çoxalır, bu çoxalmanın hansı dalğa uzunluğunda baş

verdiyini müəyyən etmək üçün nümunənin fotokeçiriciliyinin spektral xarakteristikasını çıxarmışdır.

Bu işdə yüksəkmüqavimətli p-InSe və aşağımüqavimətli n-InSe<0,4at.%Sn> monokristallarının fotokeçiriciliyinin təcrübədən alınmış nəticələri verilmişdir. Cərəyandaşıyıcıların işarəsi termo-e.h.q.-nə görə müəyyən edilmişdir. Nümunələrin fotoelektrik xassələrini ölçmək üçün MDR-23 monoxramatorundan istifadə edilmişdir. Işıqlanma mənbəyi olaraq gərginliyi 17 Volt olan C300 spektral lampadan istifadə olunmuşdur. Nümunələr laylara paralel istiqamətdə işıqlandırılmışdır. Fotocərəyan kompensasiya metodu ilə ölçülmüşdür. Kristalları otaq temperaturunda işıqlandırdıqdan bir neçə dəqiqə sonra fotokeçiricilik stasionar hala çatır və həyəcanlanma kəsildikdən sonra isə keçiricilik qaranlıqdakı halını işıq verildiyi haldakından daha uzun müddətə bərpa edir. 200 lyukslə işıqlananda nümunənin xüsusi müqavimətinin dəyişməsi yüksəkmüqavimətli p-InSe 40-50 ma/lüm·v üçün $\frac{R_T}{R_C}=15-20$ və aşağımüqavimətli n-InSe+<0,4 at.%Sn> üçün 50-60 ma/lüm·v və $\frac{R_T}{R_C}=3-5$.

Şəkil 10-da otaq temperaturunda yüksəkmüqavimətli p-InSe və aşağımüqavimətli n-InSe+<0,4at.%Sn> monokristallarında fotocərəyanın spektral xarakteristikası göstərilmişdir. Spektral paylanma əyrisi düşən kvantların enerjilərinə görə hesablanmışdır.

Şəkildə əyri 1 aşağımüqavimətli n-InSe+<0,4 at.%Sn>, əyri 2 isə yüksəkmüqavimətli p-InSe kristallarına aiddir. Əyri 0,53; 0,80 və 1,03mk-a uyğun olan maksimumla xarakterizə olunur. Aşağımüqavimətli n-InSe+<0,4 at.%Sn>-də 1mk-da 1,2eV təşkil edən həmçinin uzun maksimum mövcuddur.

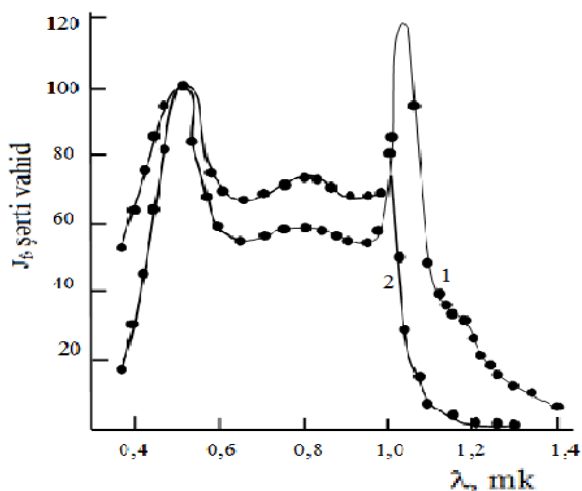
Şəkil 11-də termiki emal olunmuş nümunələrin qaranlıq və fotokeçiriciliklərinin 160-433K intervalında temperatur asılılığı göstərilmişdir. 160-370K temperatur intervalında fotokeçiricilik artır və 370K temperaturda maksimum

qiymətini alır. Sonra temperaturun 370-433K intervalında fotokeçiricilik tədricən azalır. Şəkildən görüldüyü kimi $\sigma_T \sim 10^3/T$ əyrisi iki sınıq xətdən ibarətdir. Bu əyrilərin meylinə görə lokal səviyyələrin aktivləşmə enerjiləri valent zonanın tavanından uyğun olaraq 0,2 və 0,5eV hesablanmışdır.

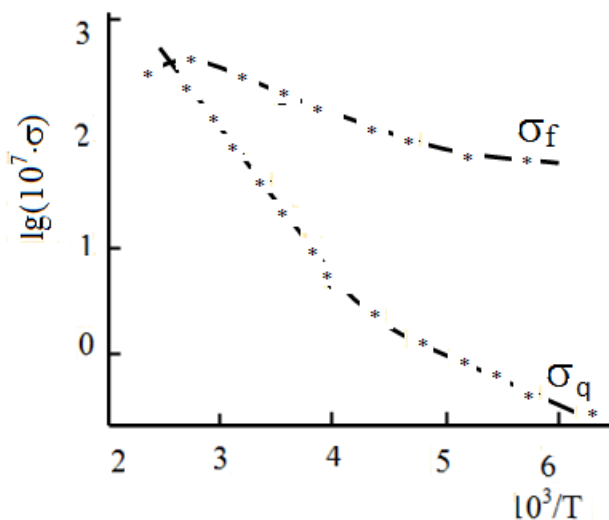
Cədvəl 1

Yüksəkmüqavimətli p-InSe və aşağımüqavimətli n-InSe+<0,4 at.%Sn> monokristallarının bəzi elektrofiziki əmsalları

| Aşqarlar | $\sigma, \text{om}^{-1} \cdot \text{sm}^{-1}$ | R, sm^3/Kl | $\mu, \text{sm}^2/\text{v} \cdot \text{s}$ | Keçiriciliyin tipi | Sıxlıq, sm^{-3} |
|----------|---|----------------------------|--|--------------------|--------------------------|
| 0 | $2,5 \cdot 10^{-4}$ | $3,5 \cdot 10^5$ | 8 | p | $1,8 \cdot 10^{13}$ |
| 0,4 | $3 \cdot 10^{-1}$ | $8 \cdot 10^2$ | $2 \cdot 10^1$ | n | $7,4 \cdot 10^{15}$ |



Şəkil 10. Fotokeçiriciliyin spektral paylanması: 1-ci yüksəkmüqavimətli p-InSe və 2-ci aşağımüqavimətli n-InSe+<0,4 at.%Sn> nümunələrinin əyriləri.



Şəkil 11. InSe monokristallarının temperaturla emal edilmiş nümunələrin qaranlıq və fotokeçiriciliyin temperatur asılılığı: σ_q -qaranlıqdakı elektrikkeçiriciliyi, σ_f – fotokeçiricilik

Təcrübədən alınan nəticələrə əsasən demək olar ki, onlar əsasında 0,3-2mkm spektral oblastda yüksək fotohəssaslığa malik ionlaşdırıcı qəbuledicilərin hazırlanması mümkündür.

İlk dəfə olaraq monoklin modifikasiyaya malik monosulfid tallium monokristallarında injeksiya və termoaktivasiya cərəyanları öyrənilmişdir. Bunun üçün Ag-TIS-Ag sisteminin VAX-ı 300-378K temperatur intervalında ölçülmüşdür. Alınan nəticələr FYMC nəzəriyyəsinə əsasən izah edilmişdir. Təcrübənin nəticələrinə görə TIS-də olan tələlərin qatılığı müəyyən olunmuşdur. $N_t=1,3 \cdot 10^{10} \text{ sm}^{-3}$. Tarazlıqda olan əsas yükdaşıyıcıların konsentrasiyası müəyyən edilmişdir $p_0=1,5 \cdot 10^8 \text{ sm}^{-3}$. Tutulma faktoru hesablanmışdır və TIS monokristalı üçün $\theta=0,12$ olmuşdur. 300K-də TIS

nümunəsinin qaranlıqda məxsusi elektrikkeçiriciliyinin qiymətini bilərək $\sigma_0=5,11 \cdot 10^{-5} \text{ Om}^{-1} \cdot \text{sm}^{-1}$ yükdaşıyıcıların yürüklüyü müəyyən edilmişdir. VAX-ın Omik sahəsindən dəşiklərin yürüklüyü hesablanmışdır və $\mu=2 \times 10^{-2} \text{ sm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ olmuşdur.

TIS kristallarında lokal səviyyələri aşkara çıxarmaq üçün və həmçinin onların yerləşmə dərinliklərinin qiymətlərini injeksiya cərəyanı üsulundan alınan qiymətlə müqayisə etmək üçün qızma sürəti $b=0,35\text{K/s}$ olmaqla termostimullaşmış cərəyan (TSC) öyrənilmişdir. TSC spektrində $T=250\text{K}$ temperaturunda pik alınmışdır. Bu pikin dərinliyi Mott nəzəriyyəsinə görə müəyyən edilmiş və $0,48 \text{ eV}$ olmuşdur.

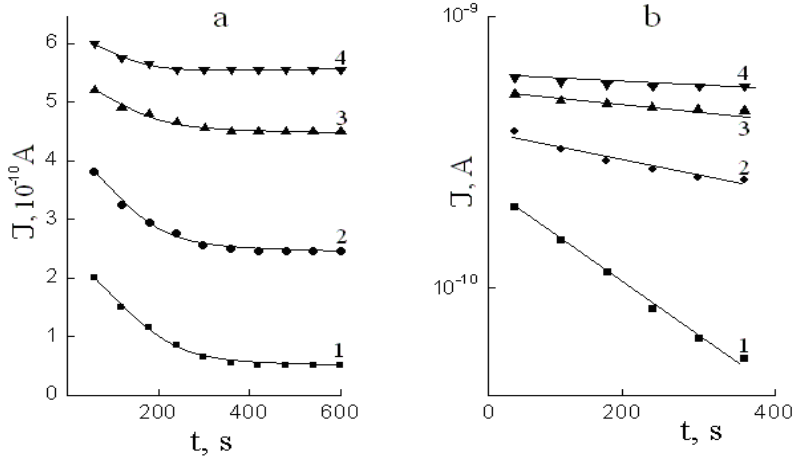
Sürətləndirilmiş elektron seli ilə şüalanmış TlInS_2 , TlGaSe_2 və TlGaS_2 monokristallarının elektrikkeçiriciliyinə işığın təsiri öyrənilmişdir. Bunun üçün $100\text{-}294\text{K}$ intervalında əvvəlcə şüalanmamış TlInS_2 , TlGaSe_2 və TlGaS_2 monokristallarının hazırlanmış nümunələrinin elektrikkeçiriciliyinin temperatur asılılığı öyrənilmişdir. Sonra isə bütün nümunələr 10^{13} el/sm^2 dozalı elektron seli ilə şüalandırılmışdır. Yenidən şüalanmış monokristalların elektrikkeçiriciliyinin temperatur asılılığı ölçülüb. Görünür ki, şüalanma nəticəsində yaranan defektlərin hesabına elektrikkeçiriciliyi artır. 10^{13} el/sm^2 dozalı elektron seli ilə şüalanmış TlInS_2 , TlGaSe_2 və TlGaS_2 monokristallarının üzərinə közərdilmiş spektral lampadan işıq salındıqda isə yenidən lokal mərkəzlər yaranır ki, bu da elektrikkeçiriciliyinin yenidən artımına səbəb olur.

Aşağıda TlGaS_2 monokristallarında relaksasiya cərəyanını tədqiqinin nəticələri verilib. TlGaS_2 -dən hazırlanmış nümunənin 293 K temperaturda xüsusi müqaviməti $\rho=2 \cdot 10^9 \text{ Om} \cdot \text{sm}$ olmuşdur. $\text{Ag-TlGaS}_2\text{-Ag}$ sistemində yükdaşıyıcıların köçürmə hadisələrini öyrənərkən müəyyən olunmuşdur ki, sabit elektrik sahəsində nümunədən keçən cərəyan zamandan asılı olaraq, dəyişir. Cərəyanın dəyişməsi verilən gərginlikdən asılıdır. Ona görə də verilən sabit elektrik sahəsi TlGaS_2 üçün Ag

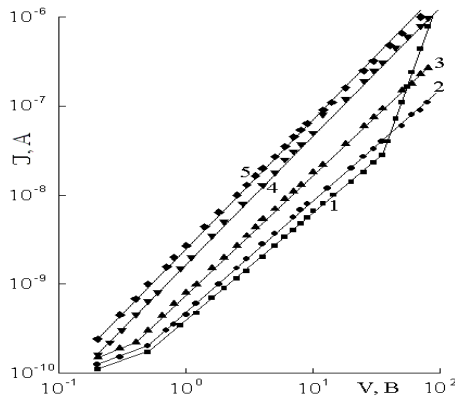
elektrodiffuziya rolunu oynayır və nümunənin xassələri dönməz olur. Təcrübi nəticələrdən müəyyən olunmuşdur ki, kontakt materialından olan elektrodiffuziya Ag-TlGaS₂-Ag strukturunun relaksasiya xarakteristikasına təsir etmir. Şəkil 12-də gərginliyin müxtəlif qiymətlərində Ag-TlGaS₂-Ag sistemindən keçən cərəyanın keçmə müddətindən asılılığı verilmişdir.

Şəkil 12-dən görünür ki, bütün gərginliklərdə cərəyan relaksasiyası baş verir və təxminən 6 dəqiqədən sonra cərəyan stasionar vəziyyətə gəlir. Əyri 1-4-dən görünür ki, gərginlik artdıqca, cərəyanın düşmə sürəti azalır. TlGaS₂ nümunəsinin VAX-1 öyrənilib və histerezis müşahidə olunub, başqa sözlə VAX-ın düz və tərs gedişləri üst-üstə düşməyib. Düz gediş gərginlik qalxanda, tərs keçid isə əksinə gərginlik düşəndə çıxarılıb.

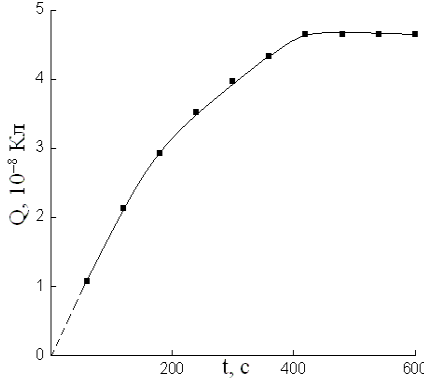
Şəkil 13-də Ag-TlGaS₂-Ag sisteminin VAX-1 cərəyanının stabil qiymətlərində və 293-393K temperatur intervalında çıxarılıb. 293, 320 və 350K temperaturlarında VAX qısa subxətti $I \sim V^{0.5}$, sahəsi ilə xarakterizə olunur. Sonra isə sahə $I \sim V^{1.2 - 1.3}$ keçir. 293K-də $I \sim V^{1.2}$ -dən sonra sahə $I \sim V^4$ dik cərəyan artımına keçir. Yüksək temperaturlarda (373 və 393K) VAX bir meyilliklə $I \sim V^{1.5}$ əyrisilə xarakterizə olunur. VAX 373 və 393K temperaturlarında uyğun olaraq əyri 4-5 ilə göstərilmişdir. TlGaS₂ monokristallarında cərəyanın relaksasiyası cərəyanın gərginlikdən asılılığına az təsir edir. Cərəyanın düşməsinə onunla izah etmək olar ki, nümunədən cərəyan axanda akkumulyasiya edilən yükdaşıyıcılar verilən xarici gərginliyin bir hissəsini kompensasiya edirlər. Şəkil 14-də təcrübi olaraq, Ag-TlGaS₂-Ag sistemində 0,1 V gərginlikdə və 293K-də yığılan yüklərin zamandan asılılığı verilmişdir. Zamana görə yükün qiyməti artır və 6-7 dəqiqədən sonra doyma halına gəlir. Ag-TlGaS₂-Ag sistemində yığılan yüklərin maksimal qiyməti $4,8 \cdot 10^{-8}$ Kl olub ki, bu da yüklərin sıxlıqlarının maksimal qiymətinə uyğun gəlir.



Şəkil 12. Ag–TlGaS₂–Ag elektrik gərginliyinin müxtəlif qiymətlərində keçən cərəyanın zamandan asılılığı U,V: 1–0,1; 2–0,5; 3–0,9; 4–1,2; a – adi koordinatlarda; b – yarımloqarifmik məşabəda; T = 293 K



Şəkil 13. TlGaS₂–Ag nümunəsinin müxtəlif temperaturlarda VAX-ı T, K: 1 – 293; 2 – 320; 3 – 350; 4 – 373; 5 – 393



Şəkil 14. Ag–TlGaS₂–Ag sistemində toplanmış yükün gərginliyin saxlama müddətindən asılılığı U= 0,1 V və T= 293 K

$Q_{\max}=2,4 \cdot 10^{-6} \text{ Kt/sm}^2$. Şəkil12(b)-də yarımləqorifmik miqyasda cərəyanın zamandan asılı olaraq düşmə əyriləri göstərilmişdir. Şəkildən görüldüyü kimi $\lg I$ –nin t-dən asılılığı düzxətli hala keçir, bu da I-t xarakteristik düşmələri aşağıdakı düstur ilə uyğunluq təşkil edir.

$$I(t) = \frac{q \mu \tau n_t S F}{\tau_d} \exp\left(-\frac{t}{\tau_d}\right), \quad (12)$$

q-elektronun yükü, μ -yükdaşıyıcının dreyf yürüklüyü, τ -yükdaşıyıcının yaşama müddəti, n_t -tələdəki yükdaşıyıcıların sıxlığı, S-kontakt altı sahə, F-elektrik sahəsinin verilən gərginliyi. (12) düsturu göstərilən sadə kinetik model əsasında alınmışdır. (12) düsturundan zamana görə cərəyanın düşməsi eksponensial olaraq, τ_d - zaman sabiti ilə azalır. Şəkil 12, (b)-də $\lg I$ -nin t-dən asılılıq meyliyindən müxtəlif gərginliklər üçün τ_d -zaman sabiti təyin edilmişdir. $\tau_d(V)$ asılılığı qrafik olaraq, (şəkil 15, əyri 1) göstərilmişdir. Şəkildən görünür ki, gərginlik artdıqca, τ_d xətti olaraq, artır. Şəkil 12(b)-də $\lg I(t)$ xəttindən C-ordinat oxu ilə kəsişməsindən ekstropolyasiya ilə hesablanmışdır və şəkil 15, əyri

2-də gərginlik artdıqca, xətti artır. Bu təcrübi fakt (13) düsturu ilə $t=0$ olanda uyğunluq təşkil edir.

$$I_0 = \frac{q \mu \tau n_t S F}{\tau_d}, \quad (13)$$

Həmçinin zaman sabiti τ_d -nin Ag – TlGaS₂ – Ag sistemində qaranlıq cərəyanının relaksasiyası öyrənilmişdir (şəkil 16., əyri 1). Şəkil 16-dan görünür ki, təcrübi nəticələr aşağıdakı qanunauyğunluqlara tabedir

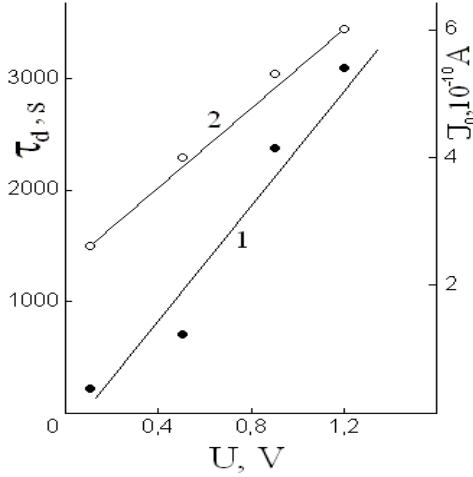
$$\tau_d = \exp\left(-\frac{E_t}{kT}\right), \quad (14)$$

lg τ_d -nın $10^3/T$ -dən asılılıq mailliyindən $E_t=0,14$ eV tapılmışdır. Müəyyən edilmişdir ki, TlGaS₂ nümunəsində cərəyanın uzunmüddətli relaksasiyası yükdaşıyıcıların $E_t=0,14$ eV səviyyəli tələlər tərəfindən tutulmasıdır.

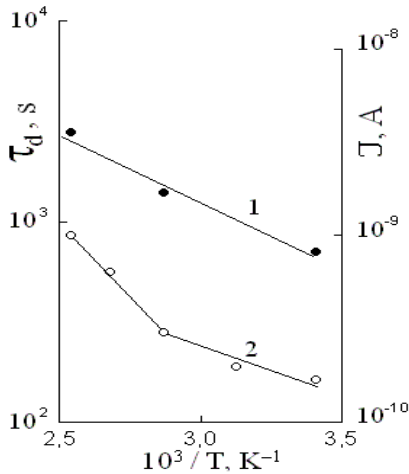
Ag–TlGaS₂–Ag sistemində qaranlıq cərəyanının temperatur asılılığında enerjiləri 0,10 və 0,32 eV olan 2 səviyyə aşkar edilmişdir. TlGaS₂ monokristallarında bu lokal səviyyələrin yerləşmə dərinliklərini müəyyən etmək üçün TSC öyrənilmişdir. Şəkil 17-dən görüldüyü kimi TlGaS₂ monokristalında TSC-nin spektrində $T_{m1}=80$ və $T_{m2}=160$ K temperaturlarında yerləşmə dərinlikləri $E_{t1}=0,16$ və $E_{t2}=0,32$ eV olan 2 pikə uyğun lokal səviyyələr alınmışdır.

$$E_t=23kT_m, \quad (15)$$

(15) düsturundan istifadə edərək E_t -lərin qiymətləri hesablanıb, başqa sözlə TlGaS₂ monokristalında cərəyanın və cərəyanın düşdüyü zaman sabitinin temperaturdan asılılığından, həmçinin TSC-nin spektrindən alınan tələlərin yerləşmə dərinliklərinin qiyməti bir-biri ilə uyğunluq təşkil edir.



Şəkil 15. 293K-də qaranlıq cərəyanın düşməsinin zaman sabitinin τ_a (əyri 1) və sızma cərəyanının I_0 (əyri 2) Ag – TlGaS₂ – Ag sistemində verilən gərginlikdən asılılığı



Şəkil 16. TlGaS₂ monokristallarında U=0,5V gərginlikdə cərəyanın düşməsinin zaman sabitinin τ_a (əyri 1) və qaranlıq cərəyanın (əyri 2) temperatur asılılığı

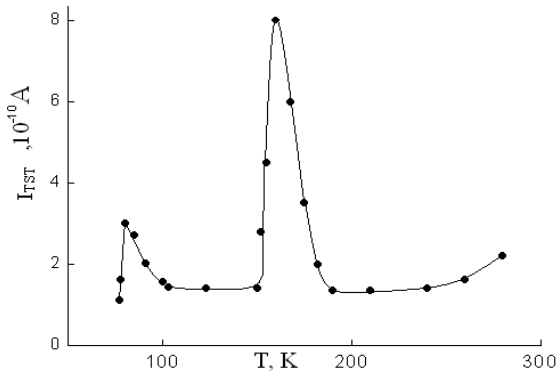
Tələli yarımkeçiricilərdə izotermik cərəyan nəzəriyyəsinə uyğun olaraq $I \cdot t$ -nin $\ln t$ –dən qrafiki asılılığından maksimum $t = \tau_d$.

$$(I \cdot t)_{\max} = q \mu \tau S F e^{-1} n_t, \quad (16)$$

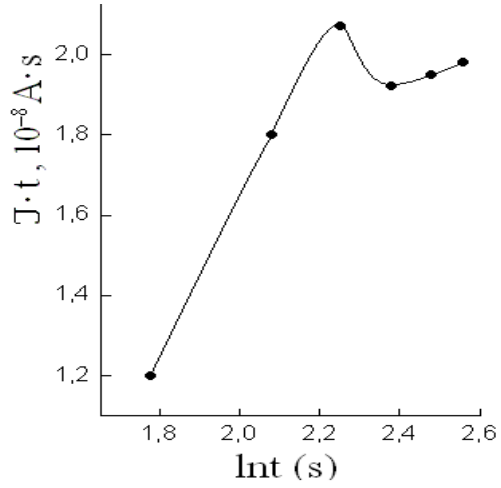
Şəkil 18-də TlGaS_2 monokristalları üçün $T=293\text{K}$ -də belə asılılıq göstərilmişdir.

Cərəyanın düşməsi gərginlik $U=0,1\text{V}$ olanda baş verir. Şəkil 18-dən görünür ki, $I \cdot t$ -nin $\ln t$ -dən asılılıq qrafikində maksimum $t=180$ s. baş verir. Başqa sözlə verilən qrafikdən cərəyanın düşməsinin zaman sabiti $\tau_d=180$ s-dir. Bütün bunlar gərginliyin $U=0,1\text{V}$ qiymətində 293K temperaturda $I \cdot t$ (şəkil 18) asılılığının meyilliyindən alınmış $\tau_d=217$ s. qiyməti ilə uyğunluq təşkil edir.

Beləliklə təcrübi tədqiqatlarımızın nəticəsi olaraq, müəyyən edilmişdir ki, TlGaS_2 -də cərəyanın uzunmüddətli relaksasiya dərinliyi $E_t=0,14\text{eV}$ olan tutulma səviyyəsi hesabına baş verir.



Şəkil 17. TlGaS_2 monokristallarının $b=0,34 \text{ K/s}$ qızma sürətində çıxarılmış TSC əyrisi



**Şəkil 18. TlGaS₂-də I·t – ln t xarakteristikası. U = 0,1 V;
T = 293 K**

NƏTİCƏLƏR

1. Müəyyən edilmişdir ki, sabit elektrik sahəsində şüalanmamış və $2 \cdot 10^{12} - 10^{13}$ el/sm² dozalı elektron seli ilə şüalanmış laylı GaS monokristalında şüalanma dozasından asılı olmayaraq 140-238K temperaturlarda laylara perpendikulyar istiqamətdə Fermi səviyyəsi yaxınlığında lokallaşmış hallarda dəyişən uzunluqlu sıçrayışlı keçiricilik baş verir. T=116-140K temperatur intervalında aktivləşməmiş sıçrayışlı keçiricilik yaranır. Dəyişən elektrik sahəsində GaS elektron seli ilə şüalandırıldıqda şüalanma dozası $2 \cdot 10^{12}$ el/sm²-dan 10^{13} el/sm²-ə qədər artdıqca, dielektrik nüfuzluğu artır və elektrikkeçiriciliyi azalır. Bu onunla əlaqədardır ki, dəyişən elektrik sahəsinin kiçik tezliklərində (10^4 Hz) elektronlarla şüalandırıldıqda radiasiya defektləri dərin aşqar mərkəzlərlə kompensasiya olunur, bu da elektrikkeçiriciliyini artmağa qoymur. Şüalanmış GaS-də $f=5 \cdot 10^4 - 10^7$ Hz tezlik intervalında Fermi səviyyəsi yaxınlığında lokal səviyyələrdə sıçrayışlı keçiricilik baş verir. $f=10^7 - 3,5 \cdot 10^7$ Hz tezliklərdə cərəyan şiddətinin tezlikdən asılılığı xətti olur [14, s.130-131], [28, s. 9-12].
2. Müəyyən edilmişdir ki, aşqalanmamış və aşqarlanmış GaSe (1,2 və 2,5 mol%TI) monokristallarda sabit elektrik sahəsində, laylara perpendikulyar istiqamətdə 167-250K temperatur intervalında Fermi səviyyəsi yaxınlığında lokallaşmış hallarda dəyişən uzunluqlu sıçrayışlı keçiricilik baş verir. 111-167K temperatur intervalında aktivləşməmiş sıçrayışlı keçiricilik baş verir. Göstərilmişdir ki, GaSe-də talliumun miqdarının artması Fermi səviyyəsi yaxınlığında lokal halların sıxlığını artırır, sıçrayışların orta məsafəsi və onların aktivləşmə enerjisini azaldır. Təcrübədən alınan nəticələr əsasında aşağıdakı parametrlər hesablanmışdır: Fermi səviyyəsi yaxınlığında lokallaşmış halların sıxlığı ($N_F=3,4 \cdot 10^{17} - 9,6 \cdot 10^{18} eV^{-1} sm^{-3}$) və onların energetik

- yayılması ($\Delta E=0,07-0,16\text{eV}$), aktivləşmə enerjisi ($\Delta W=0,06-0,14\text{eV}$) və orta sıçrayışların məsafəsi ($R=90-205\text{\AA}$) [29, 1040-1043].
3. Radiotezlik ($5\cdot 10^4-3,5\cdot 10^7$)Hs intervalında γ -kvantları ilə şüalanmış GaSe<Tl> monokristallarının dielektrik ölçmələri onlarda dielektrik itkilərinin xarakterini (relaksasiya itkiləri) müəyyən etməyə imkan verir: γ -şüalanma dozası $5\cdot 10^4 - 2,05\cdot 10^6$ rad intervalında relaksasiya müddəti $(3,7-4,5)\cdot 10^{-5}$ s. [11, s.180-181].
 4. Müəyyən edilmişdir ki, $T=111-200\text{K}$ temperatur intervalında aşqarlanmamış və (0,2 və 0,4 % Sn) ilə aşqarlanmış InSe monokristallarında sabit elektrik sahəsində laylara perpendikulyar istiqamətdə Fermi səviyyəsi yaxınlığında lokal hallarda dəyişən uzunluqlu sıçrayışlı keçiricilik mövcuddur. Fermi səviyyəsinə yaxın halların sıxlığı ($N_F = 5,36\cdot 10^{18} - 1,72\cdot 10^{19} \text{eV}^{-1} \cdot \text{sm}^{-3}$), onların energetik yayılması ($\Delta E=0,028-0,040 \text{eV}$), lokallaşma radiusu ($a=58 \text{\AA}$) və 100-200K temperatur intervalında sıçrayışların orta məsafəsi ($R = 99,5-130\text{\AA}$) hesablanmışdır [23, s. 394-397].
 5. Müəyyən edilmişdir ki, həm aşqarlanmamış p-InSe, həm də aşqarlanmış n-InSe <0,2 və 0,4 mol% Sn> $D_\gamma=100\text{krad}$ dozalı γ -kvantları ilə şüalandırıldıqda onların qadağan zolaqlarında lokallaşmış halların parametrləri əhəmiyyətli dərəcədə dəyişir: Fermi səviyyəsinin yaxınlığında lokallaşmış halların konsentrasiyasının artması, onların energetik sıxlığının və sıçrayışların orta məsafəsinin azalması, sıçrayışların ötürülməsinə cavabdeh olan dərin tələlərin konsentrasiyasının artması baş verir. Müəyyən edilmişdir ki, p-InSe və n-InSe<Sn> monokristallarında radiasiya defektlərinin konsentrasiyası artır ($5,18\cdot 10^{17} \text{sm}^{-3}$ və $2,48\cdot 10^{17}-2,71\cdot 10^{18} \text{sm}^{-3}$) [24, s.805-808].
 6. Laylı TIS monokristallarında sabit elektrik sahəsində, laylara perpendikulyar istiqamətdə 230K-dən aşağı temperaturlarda Fermi səviyyəsi yaxınlığında lokal hallarda dəyişən uzunluqlu sıçrayışlı keçiricilik baş verir. Yüksək gərginlikdə (10^4V/sm)

aktivləşməmiş sıçrayışlı keçiriciliyin olması müəyyən edilmişdir. Fermi səviyyəsi yaxınlığında lokallaşmış halların sıxlığı ($N_F=2,8 \cdot 10^{20} \text{ eV}^{-1} \cdot \text{sm}^{-3}$) və onların energetik yayılması ($\Delta W=0,02 \text{ eV}$), lokallaşma radiusu ($a=33\text{\AA}$), sıçrayışların orta məsafəsi ($R=40\text{\AA}$) təyin edilmişdir. Aktivləşməmiş sıçrayışlı keçiricilik oblastında F elektrik sahəsində yük daşıyıcılarının potensial enerji fərqi ($F=7,5 \cdot 10^3 \text{ V/sm}$ olduqda $eFR=0,006\text{eV}$ və $F=1,25 \cdot 10^4 \text{ V/sm}$ olduqda $eFR=0,009\text{eV}$) hesablanmışdır [10, s.1958-1960].

7. TIS monoklin kristallarında injeksiya və termoaktivasiya cərəyanları tədqiq edilmişdir. 250K temperaturda yerləşmə dərinliyi $E_t=0,43\text{eV}$ olan lokal səviyyə müəyyən edilmişdir. Cərəyan keçiriciliyinin mexanizmi izah olunmuş və lokal halların konsentrasiyası $N_t=1,3 \cdot 10^{10}\text{sm}^{-3}$; tarazlıqda olan yükdaşıyıcıların konsentrasiyası $p_o=1,5 \cdot 10^8 \text{ sm}^{-3}$; tutulma faktoru $\theta=0,12$; lokal halların yerləşmə dərinliyi $E_t=0,43 \text{ eV}$ hesablanmışdır [17, s.161-165].
8. Müəyyən edilmişdir ki, monoklin strukturlu TIS mono-kristallarında $f=5 \cdot 10^4 - 3,5 \cdot 10^7 \text{ Hs}$ tezliklərində dielektrik itkiləri elektrik keçiriciliyi hesabına baş verir. Müəyyən edilmişdir ki, $10^6 \div 3 \cdot 10^7 \text{ Hs}$ tezlik intervalında Fermi səviyyəsi yaxınlığında lokallaşmış hallarda yükdaşıyıcıların sıçrayışlı keçiricilik mexanizmi $\sigma_{ac} \sim f^{0,8}$ qanununa tabedir. Aşağıdakılar hesablanmışdır: Fermi səviyyəsinə yaxın halların sıxlığı ($N_F=2,65 \cdot 10^{20} \text{ eV}^{-1} \text{sm}^{-3}$), sıçrayışların orta məsafəsi ($R=78\text{\AA}$) və zaman müddəti ($6,5 \cdot 10^{-8}\text{s.}$) hesablanmışdır [6, s.234-235].
9. Müəyyən olunmuşdur ki, TlInS_2 monokristallarında VAX-ın qeyri xətti oblastında cərəyanın dəyişməsi sahə effektləri ilə əlaqədardır. Cərəyan keçiriciliyinin mexanizmi izah olunmuş və lokallaşmış halların konsentrasiyası $N_t=10^{12}\text{sm}^{-3}$, tarazlıqda olan yükdaşıyıcıların konsentrasiyası $p_o=1,67 \cdot 10^{10}\text{sm}^{-3}$, tutulma faktoru $\theta=0,17$, lokallaşmış halların yerləşmə dərinliyi $E_t=0,44 \text{ eV}$ müəyyən edilmişdir [5, s.82-84], [9, s.180-181].
10. TlInS_2 monokristallarını 50 krad dozalı γ -kvantlarla

şüalandırıldıqda 34-50V sərhəd gərginliyində, şüalanmamış monokristallardan fərqli olaraq, polyar domenlər yaranır ki, bu da kristalların VAX-da mənfi diferensial müqavimətin yaranmasına səbəb olur. γ -şüalanmadan sonra zaman keçdikcə, mənfi diferensial müqavimətin qiyməti azalır və tədricən yox olur ki, bu da γ -kvantları ilə şüalanma zamanı yaranan struktur defektlərinin dayanıqsızlığını göstərir [15, s.52-54].

11. TlInS_2 -nin dielektrik xassələrinə və ac- keçiriciliyinə $5 \cdot 10^4$ – $3,5 \cdot 10^7$ Hz tezlik intervalında γ -şüalanmanın təsirinin tədqiqi göstərdi ki, 10^4 - $2,25 \cdot 10^6$ rad doza ilə şüalanmış monokristalların dielektrik itki bucağının tangensi ($\text{tg}\delta$), kompleks dielektrik nüfuzluğunun həqiqi (ϵ') və xəyalı (ϵ'') hissələrinin və ac-keçiriciliyinin əhəmiyyətli dərəcədə artmasına səbəb olur. Müəyyən edilmişdir ki, TlInS_2 monokristallarını sürətlənmiş elektronlarla şüalandırıldıqda $6 \cdot 10^{12}$ el/sm² dozaya kimi dielektrik nüfuzluğu artır, sonra isə azalır. Dielektrik nüfuzluğunun artması radiasiya defektlərinin artmasına, onların azalması isə radiasiya defektlərinin miqrasiyasına, yəni azalmasına səbəb olur [18, s. 2140-2143], [27, s. 199-200].
12. TlGaSe_2 monokristallarını $3 \cdot 10^4$ rad dozalı γ -kvantlarla şüalandırıldıqda onların dielektrik nüfuzluğunun qiyməti şüalanmamış hala nisbətən azalır. $2,25 \cdot 10^6$ rad doza ilə şüalandırıldıqda isə dielektrik nüfuzluğu artır. TlGaSe_2 monokristallarını elektron seli ilə şüalandırıldıqda $5 \cdot 10^4$ – $3,5 \cdot 10^7$ Hz tezlik intervalında dielektrik itgi bucağının tangensi maksimum ilə xarakterizə olunması hər iki halda (şüalanmamış və şüalanmış) itginin relaksasiya hesabına olmasını göstərir. TlGaSe_2 -nin dielektrik nüfuzluluğunun γ -şüalanmanın dozasından və dəyişən elektrik sahəsinin tezliyindən ciddi asılılıqları onları varikaplar və γ -şüalanma dozimetrləri yaratmaq üçün perspektivli materiala çevirir [19, s.1-2], [32, s.19-23].
13. 293-393K temperatur intervalında TlGaS_2 monokristalında

izotermik relaksasiya cərəyanları, VAX və TST xarakteristikalarının öyrənilməsinin nəticələri aktivləşmə enerjiləri $E_{t1}=0,14\pm 0,16$ eV və $E_{t2}=0,32$ eV olan iki tələ səviyyəsini müəyyən etməyə imkan verdi. Göstərilmişdir ki, TlGaS₂-də cərəyanın uzunmüddətli azalmasına yerləşmə dərinliyi $E_{t1}=0,14$ eV olan lokal səviyyə hesabına yaranır. Gərginliyin $U=0,1V$ qiymətində və 293K temperaturda cərəyanın düşməsinin zaman sabiti $\tau_d=180s$, yığılan yüklərin maksimal qiyməti $4,8 \cdot 10^{-8}$ Kl, yüklərin sıxlığının maksimal qiyməti isə $Q_{max}=2,4 \cdot 10^{-6}$ Kl/sm² olmuşdur [3, s.40-43].

14. Dəyişən elektrik sahəsində TlGaS₂ monokristallarında γ -şüalanma dozası toplandıqca, dielektrik nüfuzluğunun həqiqi (ϵ') və xəyalı (ϵ'') hissələrinin dispersiyası artır. Şüalanmanın $5 \cdot 10^4$ - $2,15 \cdot 10^6$ rad dozalarında tezliyin $2 \cdot 10^7$ Hz qiymətinə kimi dielektrik itgisi elektrikkeçiriciliyi hesabına baş verir. Tezliyin $2 \cdot 10^7$ Hz qiymətindən sonra isə relaksasiya itgiləri yaranır. TlGaS₂ monokristallarını elektron seli ilə şüalandırıldıqda $2 \cdot 10^{12}$ el/sm² və $6 \cdot 10^{12}$ el/sm² dozalarında tezliyin $2 \cdot 10^7$ Hz qiymətinə kimi dielektrik itgisi elektrikkeçiriciliyi hesabına baş verir, tezliyin $2 \cdot 10^7$ Hz qiymətindən sonra isə dielektrik itgisi relaksasiya itgisi hesabına baş verir. Yüksək dozalarda (10^{13} el/sm²) dielektrik itgisi $5 \cdot 10^4$ - $3,5 \cdot 10^7$ Hz tezlik intervalında yalnız elektrikkeçiriciliyi hesabına baş verir. Elektrikkeçiriciliyi isə tezliyin $2 \cdot 10^7$ Hz qiymətinə kimi Fermi səviyyəsi yaxınlığında sıçrayışlı mexanizm üzrə $\sigma_{ac} \sim f^{0,8}$, tezliyin $2 \cdot 10^7$ Hz qiymətindən $3,5 \cdot 10^7$ Hz qiymətinə kimi xətti asılıqla baş verir. TlGaS₂ monokristallarının elektrik keçiriciliyinin γ -şüalanmaya dözümlülüyü onların radiasiyaya davamlılığını göstərir və kosmik texnikada istifadə perspektivlərini yaradır. [20, s.77], [31, s.167-168], [31, s.167-168].

Dissertasiyanın mövzusu üzrə dərc olunmuş işlərin siyahısı:

1. Aliyev, V.P. The anomalies of the electric and dielectric properties of the TIS in the region of phase transitions / V.P. Aliyev, S.S. Babayev, Sh.G. Gasimov, A.A. Ismailov, T.G. Mammadov, Mir –Hasan Yu. Seidov, //J.Fizika, 2003, т. IX, №2, p.50-54.
2. Исмаилов, А.А. Электрические свойства селенида индия //Kimya problemləri jurnalı, 2005, №2, с.173-174.
3. Мустафаева, С.Н. Долговременная релаксация тока в монокристалле $TlGaS_2$ /С.Н. Мустафаева, А.А. Исмаилов //Известия НАН Азерб., серия ФМТН, 2006, т. XXVI, №2, с.40-43.
4. Ismailov, A.A. Injection currents TIS monoclinic crystal //АзТУ, Фундаментальная наука, 2006, с. 5, № 17, s.45-47.
5. Mustafaeva, S.N. Electric properties of $TlInS_2$ single crystals /S.N. Mustafaeva, A.A. Ismailov, N.D. Akhmedzade //J.Semiconductor Phys. Quantum electronics and optoelectronics, Kiev, 2006, v.9, №4, p.82-84. IF=0,583
6. Мустафаева, С.Н. Частотная дисперсия диэлектрических свойств монокристалла TIS / С.Н. Мустафаева, А.А. Исмаилов //J.Fizika 2007, т. XIII, с.234-235.
7. Исмаилов, А.А. Фотоэлектрические свойства в монокристаллах $TlGaSe_2$ и $TlInS_2$ / А.А. Исмаилов, М.М. Ширинов // J.Fizika, 2007, т. XIII, № 4, с.28-29.
8. Рзаев, С.Г. Особенности фотопроводимости в монокристаллах $TlGaSe_2$ / С.Г. Рзаев, А.А. Исмаилов //J.Fizika, 2007, т. XIII, № 1-2, с.178-179.
9. Исмаилов, А.А. Инжекционные и термоактивационные токи в монокристаллах $TlInS_2$ / XX междунауч.-тех. конфер. по фотоэлектронике и приборам ночного видения, Москва, 27-30 мая 2008, с.180-181.

10. Мустафаева, С.Н. Перенос заряда по локализованным состояниям в монокристалле TlS / С.Н. Мустафаева, М.М. Асадов, А.А. Исмаилов // ФТТ, Москва, 2008, т.50, в.11, с.1958-1960, IF=1.012
11. Mustafaeva, S.N., Ismailov, A.A. Effect of gamma irradiation on the ac-dielectric properties of GaSe single crystals / Abstracts of the 4th Euroasian Conference, Nuclear Science and its Application, Ankara, Turkey, 14-17 october 2008, p. 180-181.
12. Tagiyev, T.B., Ismailov, A.A., Akhmedzade, N.D., Shirinov, M.M. Influence of Γ -irradiation on electrophysical properties of indium selenide / Abstracts of the 4th Euroasian Conference, Nuclear Science and its Application, Ankara, Turkey, 14-17 october 2008, p.183-184.
13. Mustafaeva, S.N., Ismailov, A.A. Activationless hoppings in TlS single crystal / 2nd International symposium on the manipulation of advanced smartmaterials, Osaka sangyo university- the 80th anniversary, Japan, 28-29 may 2008, p-51.
14. Ismailov, A.A. Effect of electron irradiation on the DC-electrical properties of p- GaS single crystals // Проблемы энергетики 2009, № 3-4, с.130-131.
15. Мустафаева, С.Н. Специфика ВАХ γ -облученных монокристаллов TlInS₂ / С.Н. Мустафаева, А.А. Исмаилов // J. Fizika, 2009, № 2, с.52-54.
16. Abushev, S.A. Anomalies in electrical properties of the TlInS₂ single crystals in the region of a phase transition / S.A. Abushev, A.A. Ismailov, N.D. Achmedzade, M.M. Shirinov, U.A. Mamedova, A.A. Safar-zade // Milli Aviasiya Akademiyası, elmi əsərlər, 2009, №1, s.53-57.
17. Abushev, S.A.. Injection and thermoactivation currents in TlS monoclinic crystal / S.A. Abushev, A.A. Ismailov, N.D. Akhmedzade, M.M. Shirinov // Bakı Universitetinin Xəbərləri, 2009, №1, s.161-165.

18. Мустафаева, С.Н. Влияние γ -облучения на диэлектрические свойства и проводимость монокристалла TlInS_2 / С.Н. Мустафаева, М.М. Асадов, А.А. Исмаилов//ФТТ, Москва, 2009, т.51, в.11, с.2140-2143. IF=1.012.
19. Ismailov, A.A., Achmedzade, N.D., Shirinov, M.M., Agaliyeva, S.T. Influence of γ -irradiation on current voltage characteristics on TlGaSe_2 single crystal / A.A. Ismailov, N.D. Achmedzade, M.M. Shirinov, S.T. Agaliyeva//Functional Materials, Kharkov, 2009, т.16, № 4, p.1-2. IF=0,45
20. Ismailov, A.A., Ahmedzade, N.D., Shirinov, M.M. Influence of electron irradiation on current-voltage characteristics of TlGaS_2 single crystals / 17th International Conference on Ternary and Multinary Compounds (ICTMC-17), 2010, P2-12, p.77.
21. Мустафаева, С.Н., Асадов, М.М., Исмаилов, А.А. Радиационные эффекты в монокристаллах TlGaSe_2 / XXI междунауч.-тех. конфер. по фото электронике и приборам ночного видения, Москва, 25-28 мая 2010, с.201.
22. İsmayilov, Ə.Ə. Elektron seli ilə şüalanmış GaS, GaSe, TlInS_2 və TlGaS_2 kristallarının elektrikkeçiriciliyinin anizotropiyasına ağ işığın təsiri //J.Fizika 2010, v.XVI, №2, s.3-4.
23. Мустафаева, С.Н. Перенос заряда по локализованным состояниям в монокристалле InSe и $\text{InSe}<\text{Sn}>$ / С.Н. Мустафаева, М.М. Асадов, А.А. Исмаилов //Физика Низких Температур, 2010, т.36, №4, с.394-397, doi:10.1063/1.3388822, IF=0.923.
24. Мустафаева, С.Н.. Влияние γ -облучения на параметры локализованных состояний в монокристаллах $p\text{-InSe}$ и $n\text{-InSe}<\text{Sn}>$ / С.Н. Мустафаева, М.М. Асадов, А.А. Исмаилов //Физика Низких Температур 2010, т.36, №7, с.805-808, doi:1063/1.3479690, IF=0,923.
25. Исмаилов А.А. Влияние генерационно-рекомбинационных процессов на электропроводность монокристаллов GaS и GaSe облученных электронами / А.А.

- Исмаилов, Г.И. Исаков, Н.Д. Ахмедзаде, М.М. Ширинов, Анар А. Исмаилов //Международный журнал Альтернативная энергетика и экологии, Саров 2010, т . 44, №6, с.48-51.
26. Ismailov, A.A., Achmedzade, N.D., Jafarova, G.S., Jafarov, A.G., Shirinov, M.M. Effect of electron irradiation on the electric properties in GaSe single crystals / 7th International Conference on "Technical and Physical Problems of Power Engineering", №66, 04EEM04, Near East University Lefkosa, TR Northern Cyprus, 7-9 July 2011, p.321-323.
27. Мустафаева, С.Н., Асадов, М.М., Исмаилов, А.А. Влияние электронного облучения на диэлектрические свойства монокристалла TlInS₂ / 61 международная конференция по проблемам ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра, Саров, 10-14 октября 2011, с.199-200.
28. Мустафаева, С.Н., д-р. физ-мат. наук, Влияние электронного облучения на диэлектрические коэффициенты сульфида галлия / д-р. физ-мат. наук С.Н. Мустафаева, д-р. хим. наук М.М. Асадов, канд. физ-мат. наук А.А. Исмаилов //Энциклопедия инженера-химика, 2011, №2, с.9-12.
29. Мустафаева, С.Н. Влияние легирования таллием на параметры локализованных состояний в монокристаллах p-GaSe / С.Н. Мустафаева, М.М. Асадов, А.А. Исмаилов //Изв. РАН Неорганические материалы, 2011, т.47, №9, с.1040-1043, IF=0.94
30. Mustafaeva S.N., Asadov M.M., Ismailov A.A. Low-temperature charge transfer in thallium-doped GaSe single crystals / 19th European conference on Thermophysical properties, Thessaloniki, Greece, August 28-September1, 2011, p.372.
31. Mustafaeva, S.N., Asadov, M.M. Ismailov, A.A. Effect of Gamma irradiated on the properties of the TlGaS₂ single

- crystal / 2012 IEEE International Conference on Oxide Materials for Electronic Engineering (OMEE 2012) Lviv, 3-7 September 2012, p.167-168.
32. Мустафаева С.Н. Радиационные эффекты в монокристаллах $TlGaSe_2$ / С.Н. Мустафаева, М.М. Асадов, А.А. Исмаилов // Прикладная физика, 2012, № 3, с.19-23.
 33. Mustafaeva, S.N., Asadov, M.M., Ismailov, A.A. Influence of hydrostatic pressure on dc-conductivity of layered TlS single crystal / Book of Abstracts of the XXII International Materials Research Congress. Symposium 7E, Low - Dimensional Semiconductor Structures, Cancun, August 11-15, 2013, p.60.
 34. Ismailov, Ə.Ə. $GaSe$ və $InSe$ monokristallarında sabit cərəyanda lokallaşmış halların parametrlərinə sürətlənmiş elektron seli ilə şüalanmanın təsiri // J. Fizika, 2013, т. XIX, № 2, s.11-12.
 35. Мустафаева, С.Н., Асадов, М.М, Исмаилов, А.А. Диэлектрические характеристики γ -облученных монокристаллов $TlGaS_2$ /Сборник трудов 8 Межд. конферен. Фундаментальные и прикладные проблемы физики, Саранск, 21-23 окт. 2013, с.105-109.
 36. Ismailov, Ə.Ə. $TlInS_2$, $TlGaSe_2$ və $TlGaS_2$ monokristallarında sıçrayışlı keçiricilik mexanizminə sürətlənmiş elektron seli ilə şüalanmanın təsiri // J.Fizika, 2013, т.XVI, №4, s.3-5.
 37. Ismailov, Ə.Ə. $TlGaSe_2$ monokristallarının lokal hallar parametrlərinə γ -şüalanmanın təsiri / Ə.Ə. Ismailov, X.M., Əliyev, F.İ. Seyidov, Q.M. Əhmədov //Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyasının elmi əsərləri, Bakı-2013, №1, s.177-180.
 38. Исаков, Г.И. О явлении самокомпенсации в монокристаллах $p-GaSe$, $p-GaSe<Tl>$ və $p-InSe$, $n-InSe$ / Г.И. Исаков, А.А. Исмаилов, Ф.И. Сеидов, А.А.

- Исмаилов //Международный журнал, Альтернативная энергетика и экологии, Саров, 2014, т.44, №2, с.109-111.
39. Mustafaeva, S.N. Dielectric and baric characteristics of TIS single crystal/ S.N. Mustafaeva, M.M. Asadov, A.A. Ismailov// Physica B, 2014, v.453, p.158-160, <https://dx.doi.org/10.1016/j.physb.2014.03.095>, IF=2.436.
 40. Исмаилов, А.А., Сеидов, Ф.И., Исмаилов, Анар А. О Фотоэлектрических свойствах монокристаллов p-InSe и n-InSe+02,4at.%Sn / VI Международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы науки XXI века», Москва 30 янв. 2016, с.106-108.
 41. Исмаилов, А.А., Сеидов, Ф.И., Рахманов, Ф.Г., Исмаилов, А.А. Электрические свойства необлученных и облученных γ -квантами монокристаллов p-GaSe <Tl> и n-InSe<Sn>/II международна конференция «Зимові наукові читання» м. Київ 31 січня 2017, с.96-101.
 42. İsmayılov, A.Ə. TlGaS₂ və TlGaSe₂ monokristallarının elektrik xassələrinə γ -şüalarının təsiri /A.Ə. İsmayılov, E.M. Kərimova F.İ. Seyidov, Ə.Ə. İsmayılov // Journal of Radiation Research, 2018, c.5, №2, s.99-102.
 43. İsmayılov, A.A., Məhərrəmov, Ə.B. Electrophysical properties of A³B⁶ layered crystals and their ternary analogs radiated by gamma-quantum and electron / Radiation and chemical safety problems International Scientific-Practical Conference Abstracts book, Baku, 05-06 November, 2019, s.83.
 44. Керимова, Э.М. Влияние гамма облучения на электропроводность и природу радиационных дефектов, созданных облучением в монокристаллах InSe<Ag> / Э.М. Керимова, А.А. Исмаилов, А.А. Исмаилов, А.И.Гасанов, П.Г. Исмаилова//Проблемы Энергетики, 2021, №2, с.40-43.

Dissertasiyanın müdafiəsi _____
_____ il tarixində saat _____ da Azərbaycan Respublikası
Elm və Təhsil Nazirliyi Fizika İnstitutunun nəzdində fəaliyyət
göstərən ED 1.14 Dissertasiya şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: Az-1143, Bakı şəh., H. Cavid pr.131.

Dissertasiya ilə Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil
Nazirliyi Fizika İnstitutunun kitabxanasında tanış olmaq
mümkündür.

Dissertasiya və avtoreferatın elektron versiyaları Azərbaycan
Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi Fizika İnstitutunun rəsmi
internet saytında yerləşdirilmişdir.

Avtoreferat _____ 2024-ci il tarixində zəruri
ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb: _____

Kağızın formatı: A5

Həcm: 80911

Tiraj: 100