

AZƏRBAYCAN MİLLİ ELMLƏR AKADEMİYASI
RADİASİYA PROBLEMLƏRİ İNSTİTUTU

Əlyazması hüququnda

UOK 537.226.4.

MOSƏDDEQ SOJODİ SƏMƏD OĞLU

**ALGAAS/GAAS ƏSASLI GÜNƏŞ ELEMENTLƏRİNİN ELEKTRİK
VƏ FOTOELEKTRİK XASSƏLƏRİNƏ SÜRƏTLƏNMİŞ
ELEKTRON ŞÜALARININ TƏSİRİ**

**01.04.24 - Radiasiya materialşünaslığı
fizika üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi
almaq üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın**

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

BAKI - 2013

İş Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Radiasiya Problemləri İnstitutunda yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbər:

Fizika –riyaziyyat elmləri
doktoru, professor

R.S.Mədətov

Rəsmi opponentlər:

Fizika –riyaziyyat elmləri
doktoru, professor

N.M.Mehdiyev

Fizika –riyaziyyat elmləri
doktoru

Ş. M.Həsənlı

Aparıcı təşkilat:

Bakı Dövlət Universitetinin Fizika problemləri
İnstitutunun “Yarımkəçiricilər
fizikası” şöbəsi.

Dissertasiyanın müdafiəsi « 31 ___ » ___ may ___ 2013-ci il tarixdə saat « ___ » -da Azərbaycan MEA Radiasiya Problemləri İnstitutunun nəzdindəki D.01.221 Dissertasiya Şurasının iclasında keçiriləcəkdir.

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

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

Avtoreferat göndərilmişdir: « ___ » ___ aprel ___ 2013-ci il

İxtisaslaşdırılmış Şuranın Elmi katibi:
fizika –riyaziyyat elmləri doktoru

O.Ə.Səmədov

GİRİŞ

Mövzunun aktuallığı: Yarımkəçirici materiallar əsasında hazırlanan fotoelektrik çeviricilər ekoloji cəhətdən təhlükəsiz, dayanıqlı, işləmə müddətinin uzun müddətli olmasına və praktiki istifadə edilməsinin sadəliyinə görə əlverişli enerji mənbələrindən biridir. Məhz, bu üstünlüklərə görə yarımkəçirici fotoçeviricilərdən kosmik tədqiqat işlərində və Yer şəraitində avtonom enerji mənbəyi kimi geniş istifadə edilir.

Hazırda istifadə olunan çoxkeçidli günəş elementlərinin faydalı iş əmsalı (FİƏ) 30%, p-n keçidli strukturlarda isə 20% -dir. Fotoçeviricilər radiasiya sahələrində, xüsusən kosmik tədqiqat işlərində istifadə olunan zaman, onların effektivliyi, o cümlədən f.i.ə. kəskin azalır. Bu səbəbdən onların tətbiq imkanları məhdudlaşır. Günəş elementlərinin effektivliyinin artırılması istiqamətində aparılan tədqiqat işləri göstərir ki, yüksək bircinsliliyə malik yarımkəçirici materialların alınması və onların radiasiya şüalarına qarşı davamlılığının artırılması, onlar əsasında hazırlanan fotoçeviricilərin faydalı iş əmsalının 35% -ə qaldırılmasına imkan verə bilər.

Məlumdur ki, radiasiya şüalarının təsiri nəticəsində yarımkəçirici monokristalların qadağan olunmuş zonasında dayaz və dərin energetik səviyyələr yaranır. Bu səviyyələr fotoyükdaşıyıcılar üçün rekombinasiya mərkəzi rolunu oynayır və nəticədə onların yaşama müddətini, həmçinin onlar əsasında yaradılan fotocihazların effektivliyini və işləmə müddətini azalmasına səbəb olur. Bu görə də, radiasiya şüalarının təsiri nəticəsində yarımkəçirici cihazlarda müşahidə edilən radiasiya effektlərinin yaranma səbəblərinin materialların xüsusiyyətlərindən asılılığının öyrənilməsi elmi və praktiki cəhətdən əhəmiyyətlidir. Qeyd olunan effektlərin öyrənilməsi yarımkəçirici materialların, o cümlədən onlar əsasında yaradılmış cihazların radiasiyaya davamlılığının artırılma yollarının müəyyənləşdirilməsində mühüm rol oynaya bilər.

Yarımkəçirici strukturlarda radiasiya effektlərinin öyrənilməsinə dair geniş elmi məlumatlar mövcuddur. Alınan elmi nəticələr və təklif edilən modellər sadə yarımkəçirici materiallar (Si, Se, Ge və s.) üçün müəyyən şərtlər daxilində ödənilsə də, mürəkkəb yarımkəçirici materiallar (GaAs, GaP, Ge-Si və s.) üçün qeyri müəyyən olaraq qalır. Digər tərəfdən yarımkəçirici cihazların real şəraitdə işləmə şəraitini (məs: eyni zamanda müxtəlif xarici amillərin birgə təsirləri : elektrik sahəsi –ışıqlanma, elektrik

sahəsi temperatur və s.) tədqiqat zamanı yaradılan şərait ilə uzlaşmaması da alınan nəticələrin reallığını azaldır. Bu səbəbdən radiasiya şüalarının təsiri nəticəsində günəş elementlərinin energetik parametrlərinin deqradasiya sürəti kəskin yüksəlir. Qeyd olunan faktları nəzərə almaqla radiasiya şüalarının və digər xarici faktorların birgə təsiri zamanı defektlərin yaranma və dəmlənmə mexanizmlərinin öyrənilməsi aktual məsələlərdən biridir.

Son illər bu istiqamətdə müəyyən tədqiqat işlərinin aparılmasına baxmayaraq, tədqiqatların kompleks xarakter daşmadığından və tədqiqat obyektlərinin ilkin quruluşu və xassələri nəzərə alınmadan aparıldığından müəyyən proseslərə aydınlıq gətirə bilməmişdir. Alınmış nəticələr, şüalanma zamanı yaranan defektlərin ilkin defektlərlə qarşılıqlı təsir mexanizmi və defektlərin təbiəti ilə bağlı məlumatları lazımınca əks etdirmir. Bu problemin radiasiya materialşünaslığı üçün aktuallığını nəzərə alaraq təqdim edilən dissertasiya işi məhz həmin proseslərin tədqiqinə həsr edilmişdir.

Tədqiqat obyektinin AlGaAs/GaAs heterostrukturunun seçilməsi, onların alınma texnologiyasının müasir tələblərə uyğun olması, heteroqəçidlərin quruluşu və xassələri haqqında dürüst məlumatların və geniş praktiki tətbiq sahələrinin olması ilə bağlıdır.

Dissertasiya işinin məqsədi AlGaAs/GaAs heterostrukturlarına elektron şüalarının ($E=4$ MeV) təsiri nəticəsində defektlərin yaranma, dəmlənmə proseslərinin qanunauyğunluqlarını, radiasiyanın təsiri ilə energetik parametrlərin deqradasiya mexanizminin müəyyən edilməsi və materialların radiasiyaya davamlılığının artırılma imkanlarını aşkar etməkdir.

Bu məqsədə nail olmaq üçün aşağıdakı məsələlərin həlli qarşıya qoyulmuşdur:

- AlGaAs-GaAs əsasında hazırlanmış heteroqəçidlərin elektrik və fotoelektrik xassələrini, eləcə də bu xassələrə radiasiya şüalarının təsirinə dair mövcud məlumatları araşdırmaqla, dissertasiya işinin mövzusunun aktuallığını əsaslandırmaq;
- AlGaAs/GaAs əsasında heteroqəçidlərin alınma üsullarının və onların ilkin xarakteristikalarının təhlili əsasında tədqiqat üçün nümunələri hazırlamaq;
- AlGaAs/GaAs əsasında hazırlanmış heteroqəçidlərin qaranlıq volt-ampere xarakteristikalarına elektron şüalarının təsirini 100-300 K temperatur intervalında tədqiq etmək;

- AlGaAs/GaAs əsasında hazırlanmış heterostrukturlarının volt-ampere xarakteristikalarına elektron və işıq şüalarının təsirini 100-300 K temperatur intervalında tədqiq etmək;
- Şüalandırılmış AlGaAs/GaAs əsasında hazırlanmış nümunələrdə radiasiya defektlərinin termik dəmləmə prosesinin tədqiqi;
- Termik dəmləmə prosesində işıqlanmanın və temperaturun defektlərin dəmlənmə prosesinə birgə təsirini tədqiq etmək.

Tədqiqat obyektini olaraq AlGaAs/ GaAs əsasında hazırlanmış heterostrukturlar götürülmüşdür. Tədqiqat üçün hazırlanmış heteroqeyidlər diod rejimində parametrləri: $U = 1$ V gərginlikdə $I_f / I_q = 10^2$, qısa qapanma rejimində $P = 100$ mVt/sm², işıqlanma zamanı $I_{qq} = 30$ mA/sm² və $U_{ad} = 0,9$ V olmuşdur.

İşin elmi yeniliyi. İlk dəfə olaraq enerjisi 4 MeV olan elektronlarla şüalandırılmış AlGaAs/GaAs heteroqeyidlərdə:

- cərəyanın axma mexanizminin şüalanma dozəsindən, temperatur – işıqlanma, temperatur - elektrik sahəsi rejimində dəmləmə sürətindən asılılığının səbəbləri izah edilmişdir;
- radiasiya defektlərinin dəmləmə sürətinin şüalanma dozəsindən asılılıq qanunauyğunluğu və stabil defektlərin parametrləri müəyyən edilmişdir;
- fotohəssaslığın spektrin uzundalğa oblastında azalması şüalanma zamanı p-n keçidinin baza oblastında yaranan radiasiya defektlərinin konsentrasiyasının artması ilə bağlıdır;
- AlGaAs/GaAs heteroqeyidlərdə U_{ad} – açıq dövrə gərginliyinin şüalanma dozəsindən asılılığı həcmi yüklər oblastında yaranan radiasiya defektlərinin konsentrasiyasından və onların paylanma qanunauyğunluğundan asılıdır.
- heteroqeyidlərin volt-ampere xarakteristikalarına elektron şüalarının təsir mexanizmi aydınlaşdırılmış və $I_{q,q}$ (qısa qapanma cərəyanı), $U_{a.d}$ (açıq dövrə gərginliyi) və η (faydalı iş əmsalının) şüalanma dozəsindən asılılıq xarakteri müəyyən edilmişdir;
- yüksək şüalanma dozalarında (10^{16} sm⁻²) spektrin qısdalğa oblastında fotocərəyanın azalması heteroqeyid sərhəddində yaranan mərkəzlərin konsentrasiyasının artması ilə bağlıdır;
- şüalandırılmış AlGaAs/GaAs heteroqeyidlərində parametrlərin deqradasiya sürətinin şüalanma dozəsindən asılılığı və kritik dozanın qiyməti müəyyən edilmişdir.

İşin praktiki əhəmiyyəti ondan ibarətdir ki, dissertasiya işində həll edilən məsələlər fotoçeviricilərin effektivliyinin artırılma üsulunun işlənilməsinə həsr edilmişdir. Qeyd olunan məsələnin həlli radiasiya sahəsində işləyən mürəkkəb yarımkeçiricilər əsasında yaradılan heteroqəçidli strukturların davamlılığını və eyni zamanda energetik parametrlərin stabilliyini artırmağa imkan verəcəkdir.

Müdafiyyə çıxarılan əsas müddəalar aşağıdakılardır:

- AlGaAs/GaAs heteroqəçidlərdə energetik parametrlərin şüalanma dozasından asılılığının xüsusiyyətlərinin aşkar edilməsi;
- Enerjisi 4 MeV olan sürətli elektron şüalarının təsiri nəticəsində AlGaAs/GaAs heteroqəçidlərdə yaranan radiasiya defektlərinin dəmləmə temperaturundan asılılığının xüsusiyyətlərinin aşkar edilməsi;
- Şüalanma zamanı yaranan radiasiya defektlərinin təbiətinin və onların cərəyanın keçmə mexanizminə təsirinin müəyyən edilməsi;
- Xarici təsirlərin (elektrik sahəsinin və işıqlanmanın) radiasiya defektlərinin dəmləmə prosesinə təsirinin araşdırılması.

İşin aprobeşiyası. Dissertasiya işinin materialları aşağıdakı konfranslarda məruzə edilmişdir:

1. "The fourth and fifth Eurasian conference on nuclear science and its application" (Turkey-Ankara - 2008).
2. "6th International Conference on Technical and Physical Problems of Power Engineering" (Tabriz-2010).
3. "Nüvə enerjisinin gələcəyin enerji təminatında rolu" Beynəlxalq konfransı (Bakı - 2008, 2009);
4. "6th International Conference on Technical and Physical Problems of Power Engineering" (Tabriz-2008).

Dissertasiya işi Azərbaycan MEA Radiasiya Problemləri İnstitutunun elmi seminarında, Azərbaycan MEA Fizika İnstitutunun mütəxəsislərinin iştirakı ilə müzakirə olunmuş və müdafiyyə şurasına təqdim olunması tövsiyə edilmişdir.

Dissertasiyanın elmi və praktiki nəticələri xarici və respublika elmi-texniki jurnallarında və məcmuələrdə, eləcə də yuxarıda göstərilən konfrans və simpoziumların materiallarında dərc edilmişdir.

Nəşr. Dissertasiya işinin əsas nəticələri 5-xarici və yerli periodik elmi jurnallarda dərc edilmiş və 4 konfransda məruzə edilmişdir.

Dissertasiya işinin tərtibat quruluşu və həcmi. Dissertasiya girişdən, 4-fəsildən, nəticələrdən və 110 ədəbiyyat siyahısından ibarətdir. Dissertasiya işinin ümumi həcmi 120 səhifədən, 32- qrafikdən və 1- cədvəldən ibarətdir.

Dissertasiya işində təqdim edilən materiallar haqqında qısa məlumat aşağıdakı formada təqdim edilmişdir:

Girişdə dissertasiya mövzusunun aktuallığı, işin məqsədi və qarşıya qoyulan məsələlər haqqında məlumatlar verilmişdir.

I fəsildə yarımkeçirici materiallar əsasında yaradılan fotoçeviricilərin alınma üsulları, onların parametrləri və xarakteristikaları, həmçinin heteroqəçidlərdə baş verən radiasiya prosesləri haqqında məlumatlar verilmişdir. Göstərilmişdir ki, günəş enerjisinin elektrik enerjisinə çevirmə üsulları arasında fotoelektrik üsulu xüsusi yer tutur. Bu üsulun tətbiq edilməsi, onun sadəliyi və iqtisadi cəhətdən səmərəliliyi ilə bağlıdır. Hazırda kosmik tədqiqatlar və yerüstü işlər zamanı tətbiq edilən fotoçeviricilərin faydalı iş əmsalı ~ 17- 30 % təşkil edir. Qeyd edilən fotoçeviricilər Si və GaAs monokristalları əsasında hazırlanmışdır. Si fotoçeviricilərinin f.i.ə.-i GaAs -ə nəzərən aşağı (~ 17 %) olmasına baxmayaraq, onlardan enerji mənbəyi kimi daha geniş istifadə olunur. Belə fotoelementlər p-n- keçidlidir və xarakteristikaları spektrin 0,4-1,0 mkm oblastında yüksək fotohəssaslığa malikdirlər. Radiasiya şüalarına davamlığını artırmaq məqsədi ilə Si monokristalları Li- atomları ilə aşqarlanır.

GaAs əsaslı monokristallar əsasında bir və çoxkeçidlilə fotoelementlər hazırlanır ki, onların f.i.ə.-i 22-30 % təşkil edir. Belə fotoelementlər spektrin 0,4- 0,8 mkm oblastında yüksək fotohəssaslığa malikdirlər. Fotoelementlərin hazırlanması zamanı yaradılan heterostrukturlarda geniş qadağan olunmuş zonaya malik olan material kimi AlGaAs bərk məhlullarından geniş istifadə olunur.

Müasir təcrübi və nəzəri işlərin araşdırılması verilmiş və göstərilmişdir ki, fotoçeviricilərin effektivliyi - qısa qapanma cərəyanı- $I_{q.q.}$, açıq dövrə gərginliyi- $U_{a.d.}$, yükdaşıyıcıların toplanma əmsalı (FF-faktor), faydalı iş əmsalı- η və volt-ampere xarakteristikasının dolma əmsalı - α ilə müəyyən edilir. Fəslin sonunda fotoelementlərin f.i.ə.-nin yüksəldilməsi yolları və onların parametrlərinə ionlaşdırıcı şüaların və yüklü zərrəciklərin təsiri haqqında məlumatlar verilmişdir. Alınmış nəzəri və təcrübi nəticələr əsasında dissertasiya işinin aktuallığı və qarşıya qoyulan məsələlər müəyyən edilmişdir. Ədəbiyyat məlumatlarının araşdırılması nəticəsində

dissertasiya işinin məqsədi və həll ediləgək məsələlər müəyyənləşdirilmişdir.

II fəsilə fotoçeviricilərin alınma üsulu, elektrik, fotoelektrik və volt-tutum xarakteristikalarının ölçmə üsulları, həmçinin onların energetik parametrlərinin təyin olunma qaydaları göstərilmişdir.

Dissertasiya işində tədqiq olunan AlGaAs/GaAs heteroqəçidləri V qrup elementləri ilə doyurulmuş GaAs monokristalları üzərində maye epitaksiya üsulu ilə yetişdirilmişdir. Epitaksiya üsulu ilə alınmış layın kristallaşma temperaturu 700- 750 C və qalınlığı ~ 2,0-3,0 mkm olmuşdur. Omik kontaktlar Ni:Sn ərintisinin çökdürülməsi nəticəsində alınmışdır.

Göstərilir ki, heteroqəçidlərin yaradılması üçün Tl- atomu ilə aşqarlanmış (10^{18} sm^{-3}) n^+ GaAs monokristallarından istifadə edilmişdir. Altıq üzərində epitaksiya prosesinin aparılması iki mərhələdə həyata keçirilir. Birinci mərhələdə n^+ GaAs üzərində $n\text{-Al}_x \text{Ga}_{1-x}\text{As}$ bufer layı yetişdirilir və yükdaşıyıcıların konsentrasiyasının $n \sim 10^{17} \text{ sm}^{-3}$ olması üçün konsentrasiyası $N_d \sim 10^{18} \text{ sm}^{-3}$ Tl atomu ilə aşqarlanmışdır. İkinci mərhələdə isə $p\text{-Al}_x \text{Ga}_{1-x}\text{As:Zn}$ ($x=0,8-0,95$) layı yetişdirilir və onun qalınlığı 0,6-1.5 mkm təşkil edir. Bu proses zamanı qalınlığı 2-7 mkm olan $p\text{-GaAs}$ aralıq layı almaq üçün Zn –atomunun diffuziyası da həyata keçirilir. Alınmış heterostrukturanın volt-tutum xarakteristikalarının təhlili nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, $p\text{-n}$ keçidin qalınlığı 3-4 mkm təşkil edir. $P\text{-n}$ keçidin, müəyyən edilmiş daxil olma dərinliyi kənar axıntılarının baş verməsinin qarşısını alır və rekombinasiya proseslərinin azaldılmasına imkan yaradır. Fotoelementlərin parametrlərini hesablamaq üçün aşağıda göstərilən hesablama üsulundan istifadə edilmişdir:

$$I_f = I_d + I, \text{ burada } I_d = I_0[\exp(qU/kT) - 1], \quad (1.1)$$

burada: I_0 –doyma cərəyanı, q - elektronun yükü, T -mütləq temperatura, k -Bolsman sabiti, U -gərginlikdir. Əgər dövrə açıqdırsa, onda $I=0$ olar və açıq dövrə gərginliyi belə təyinin olunar: $U_{ad} = \ln(I_f / I_0) kT/q$. Real fotoelementlərdə ardıcıl R_a –müqaviməti olduğundan ümumi VAX belə ifadə olunar:

$$I = I_f - I_0 [\exp(q(U + IR_y) / AkT) - 1] \quad (1.2)$$

Dövrənin qısa qapanma halında $I=0$, $U=U_{ad}$ olduğundan və $I_f = I_{qq}$ olar. Onda

$$\ln I_{qq} = \ln I_0 + qU_{ad} / AkT \quad (1.3)$$

$\ln I_{qq} \sim U_{ad}$ asılılığından I_0 parametri və A –hesablanır.

Çıxış gücü (P), əlavə müqavimət (R_a) və faydalı iş əmsalı (η) belə hesablanır:

$$P = \eta I_{q0} U_{ad} \quad (1.5)$$

$$R_q = \Delta U_d / \Delta I_d \quad (1.6)$$

$$f.i.ə. = \eta I_{q0} U_{ad} / P \quad (1.7)$$

Yuxarıda göstərilən (1.5), (1.6) və (1.7) ifadələrdən istifadə etməklə GaAs-GaAlAs heteroqəçidlərinin energetik parametrləri hesablanmışdır.

III-fəsilə AlGaAs/GaAs heteroqəçidlərinin qaranlıq volt-ampər xarakteristikalarına enerjisi 4 MeV olan sürətlənmiş elektron şüalarının təsiri öyrənilmişdir. Alınmış təcrübə nəticələr əsasında heteroqəçidlərdə cərəyanın keçmə mexanizmi aydınlaşdırılmış və heteroqəçidlərin parametrləri hesablanmışdır.

Heteroqəçidlərin volt-ampər xarakteristikaları şüalanmadan əvvəl və sonra müxtəlif temperaturalarda tədqiq edilmişdir. Alınmış nümunələrin volt-ampər xarakteristikaları (VAX) xüsusi qurğunun köməyi ilə yoxlanılmış və tədqiqat üçün seçilmişdir. Qeyd etmək lazımdır ki, tədqiqat üçün seçilmiş nümunələr aşağıdakı parametrlərə malik olmuşlar:

$U = 1V$ gərginlikdə $I_q = 0,1- 0,8$ mkA ; $I_f = 25$ mA ($P = 80$ mVt/sm²), $I_{q0} = 20-25$ mA/sm², $U_{aa} = 0,82- 0,96$ V ($P = 80$ mVt/sm²)

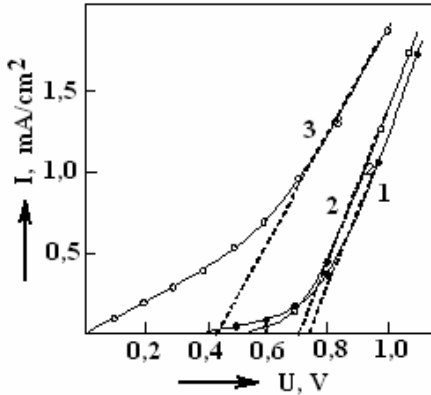
A³B⁵ birləşmələri və onların bərk məhlulları əsasında hazırlanmış günəş elementləri (GE) texnikanın müxtəlif oblastlarında istifadə edilməsinə baxmayaraq, onların radiasiya şüalarına davamlılıq problemi aktual olaraq qalır. Müəyyən edilmişdir ki, GE uzun müddət şüalanma sahəsində işlədiyi zaman energetik parametrlərin deqradasiyası müşahidə edilir və bu işə onların işləmə müddətini azaldır. Buna səbəb işə daxili kvant effektivliyinin azalması, qəçid oblastında generasiya və rekombinasiya proseslərinin və səth rekombinasiya sürətinin artması göstərilir. Digər tərəfdən struktur parametrlərin (A , R və j_0) deqradasiyasının struktur defektlərin təbiətindən, komplekslərin yaranma ehtimalından və defektlərin qarşılıqlı təsirindən asılı olduğunu nəzərə almaq lazımdır. Məhz bu səbəbdən, ilkin materialın radiasiyaya davamlılığını artırmaq üçün müxtəlif üsullardan istifadə edilsə də, problem öz həllini tapa bilməmişdir. Bu məqsədlə AlGaAs-GaAs əsasında hazırlanmış GE –nin diod rejimində elektrik xassələrinə sürətlənmiş elektron şüalarının təsiri öyrənilmişdir.

AlGaAs/GaAs heteroqəçidlərinin qaranlıq VAX düz və əks istiqamətlərdə 100-300 K temperatur intervalında şüalanmadan əvvəl və sonra tədqiq edilmişdir.

Tədqiqatlar göstərmişdir ki, heteroqəçidə tətbiq edilən gərginliyin kiçik qiymətlərində ($U < 5 \div 7$ kT/q) cərəyan omik qanuna tabe olur. Klassik Şokli və Sa-Noysa-Şokli nəzəriyyələri əsasında p-n qəçidin

müqaviməti hesablanmış və təcrübi nəticələrlə müqayisə edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, təcrübi nəticələr əsasında alınmış qiymətlər Sa-Noysa-Şokli nəzəriyyəsinə uyğun gəlir və şüalanma dozasının aşağı qiymətlərində p-n keçidin müqaviməti artır. Bu isə, cərəyanın həcmi yüklər oblastında baş verən rekombinasiya prosesi ilə bağlı olduğunu göstərir.

VAX-nın təhlili nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, düz istiqamətdə tətbiq edilmiş gərginliyin kiçik qiymətlərində volt-ampər xarakteristikası (VAX) xətti qanuna tabe olur. Gərginliyin 0,6 V –dan yüksək qiymətlərində isə nümunənin baza müqavimətinin yüksək olması nəticəsində VAX-nın xəttliliyi pozulur. VAX-dan kəşimə gərginliyinin qiyməti təyin edilmiş və 0,75 V olmuşdur. $\lg J \sim f(\lg U)$ asılılığı qurulmuş və onun xətti hissələrini gərginlik oxuna nəzərən ekstrapolyasiyasından doyma cərəyanının J_0 –ın qiymətləri müəyyən edilmişdir. Əyrilərdən hesablanmış diod əmsallarının qiyməti (A və j_0) uyğun olaraq 1,35-2,0 və $2 \cdot 10^{-10}$ до $1 \cdot 10^{-9}$ A/sm² intervalında dəyişir. A və j_0 –nin dəyişmə dinamikası cərəyanın keçmə mexanizminin həcmi yüklər oblastında baş verən generasiya-rekombinasiya prosesi ilə bağlı olduğunu göstərir. Elektron şüalanması zamanı (10^{12} - 10^{16} el/sm²) A və I_0 –nin uyğun olaraq qiymətləri 1,5- 2,6 və 10^{-8} - 10^{-7} A/sm² dəyişir. Bu isə şüalanma zamanı hetero keçidin kontakt sərhədində rekombinasiya mərkəzlərinin yarandığını göstərir.



Şəkil 3.1. Süalandırılmış AlGaAs-GaAs hetero keçidlərinin düz istiqamətdə volt-ampər xarakteristikaları: 1- 0; 2- $2 \cdot 10^{15}$ el./sm²; 3- $2 \cdot 10^{17}$ el./sm².

J_0 və A –nın alınmış qiymətlərinin Şottki və Şokli -Noysa–Saa modelləri ilə müqayisəsi əsasında cərəyanın axma mexanizmi müəyyən edilmiş və göstərilmişdir ki, AlGaAs/GaAs hetrokeçidlərində cərəyanın keçmə mexanizmi həcmi yüklər və kvazineytral oblastlarda baş verən generasiya-rekombinasiya prosesləri ilə müəyyən edilir və şüalanma dozasının 10^{12} - 10^{16} el/sm² intervalda dəyişməsi zamanı artır. J_0 və A –nın alınmış qiymətlərinin Şottki və Şokli -Noysa–Saa modelləri ilə müqayisəsi əsasında cərəyanın axma mexanizmi müəyyən edilmiş və göstərilmişdir ki, AlGaAs/GaAs hetrokeçidlərində cərəyanın keçmə mexanizmi həcmi yüklər və kvazineytral oblastlarda baş verən generasiya-rekombinasiya prosesləri ilə müəyyən edilir və şüalanma dozasının 10^{12} - 10^{17} el/sm² intervalda dəyişməsi zamanı artır.

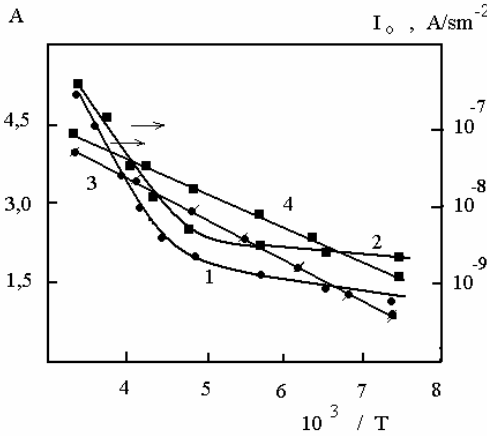
Tədqiqat nəticəsində alınmış nəticələrin Sa-Noysa-Şokli nəzəriyyəsi əsasında təhlili göstərir ki, düz istiqamətdə AlGaAs/GaAs hetrokeçidlərinin VAX iki hissədən ibarətdir. Birinci hissədən hesablanmış parametrlər $1,35$ - $2,0$ və $2 \cdot 10^{-10}$ до $1 \cdot 10^{-9}$ A/sm² cərəyanın həcmi yüklər oblastında baş verən rekombinasiya prosesləri ilə, ikinci hissədən təyin edilmiş parametrlər isə $1,0$ - $1,2$ və $2 \cdot 10^{-8}$ до $1 \cdot 10^{-8}$ A/sm² cərəyanın diffuziya komponenti ilə təyin edildiyini göstərir. Düz istiqamətində cərəyanın temperatur asılılığından təyin edilmiş aktivləşmə enerjisi uyğun olaraq $0,22$ və $0,38$ eV olmuşdur. Nəzəri işlərdə verilən nəticələrə istinad edərək demək olar ki, $E_i = E_g/2 \pm 2$ kT şərti daxilində $A = 2$ (diod əmsalı) olması $\Delta E_i \sim 0,22$ eV səviyyəsinin aşağı temperaturlarda rekombinasiya mərkəzi rolu oynadığını göstərir və cərəyan rekombinasiya komponenti ilə təyin olunur. Şüalanma zamanı isə həcmi yüklər oblastının sərhədyanı oblastında yaranan defektlərin hesabına rekombinasiya komponenti diffuziya komponentini üstələyir və cərəyan rekombinasiya prosesləri ilə müəyyən olunur.

Fotoaktiv mərkəzlərin konsentrasiyasını və aşqar atomlarının həcmi yüklər oblastında paylanmasını müəyyən etmək üçün hetrokeçidlərin volt-tutum xarakteristikaları tədqiq edilmişdir. $1/C^2 \sim f(V_{aks})$ asılılığının xətti hissəsindən istifadə edilmiş və müəyyən edilmişdir ki, şüalanmadan əvvəl və sonra mərkəzlərin konsentrasiyası uyğun olaraq $4,5 \cdot 10^{15}$ sm⁻³ və $1,1 \cdot 10^{15}$ sm⁻³ ($\Phi = 10^{16}$ el/sm²) bərabərdir. Alınmış qiymətlər əsasında potensial çəpərin hündürlüyü, aşqar səviyyələrin konsentrasiyası (V_D , N_A və N_D) hesablanmışdır ($0,9$ V ; $1,5 \cdot 10^{19}$ sm⁻³; $2 \cdot 10^{17}$ sm⁻³). Alınmış qiymətlərin təhlili bir daha göstərir ki, elektron şüalarının təsiri nəticəsində həcmi yüklər oblastında aşqar atomlarının

paylanma profili az dəyişir. $N_A - N_D < N_f$ olması rekombinasiya mərkəzlərinin p-GaAs layında yarandığını təsdiq edir.

Həcmi yüklər oblastında aşqar atomlarının paylanma qanunauyğunluğunun və kontakt potensiallar fərqi temperaturdan və radiasiya şüalarının dozəsindən asılılığının tədqiqinə aid nəticələr verilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, enerjisi 4,0 MeV olan sürətlənmiş elektron şüalarının təsiri nəticəsində həcmi yüklər oblastında aşqar atomlarının paylanma qanunauyğunluğu dəyişir. Təcrübi nəticələr əsasında alınmış qrafiklərin təhlili göstərir ki, temperaturun artması ilə AlGaAs-GaAs heteroqəşidlərində tutum xətti qanunla azalır və gərginlik oxu ilə kəsişmə nöqtələrinə uyğun qiymətlər əsasında kəsişmə gərginliyinin temperaturdan asılılığı təyin edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, GaAs təbəqəsinin qadağan olunmuş zonasının temperatur asılılığına uyğun olaraq U_0 –gərginliyi temperaturun artması ilə azalır.

Elektron şüalarının nümunələrin struktur parametrlərinə və xarakteristikalarına təsirini müəyyən etmək məqsədilə düz istidamətdə volt-ampər xarakteristikası şüalanmadan əvvəl və sonra 300 K temperaturda tədqiq



Şəkil 2. AlGaAs-GaAs heteroqəşidlərində I_0 və A -əmsallarının temperatur asılılığı: 1-0; 2- 10^{16} el./sm² (I_0); 3-0; 4- 10^{16} el./sm² (A).

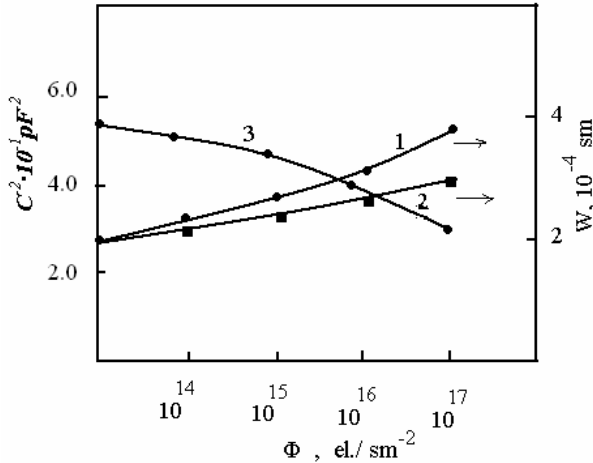
edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, $I(V)$ asılılığında kiçik şüalanma dozəsində ($2 \cdot 10^{14}$ el./sm²) və gərginliyin $U \geq U_d$ qiymətlərində müəyyən

anomaliyar müşahidə olunur. Bu isə, şüalanma zamanı ilkin struktur defektlərin dəmlənməsi hesabına baş verdiyini göstərir və ədəbiyyatda olan tədqiqat işlərinə uyğundur. Şüalanma dozasının yüksək qiymətlərində isə (10^{16} - 10^{17} el./sm²) VAX –da, xüsusən $U < U_d$ qiymətlərində dəyişikliklər baş verir. Bu faktları araşdırmaq üçün $I(U)$ və $C(U)$ asılılıqları əsasında cərəyanın keçmə mexanizmi öyrənilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, şüalanmadan sonra strukturanın bazasında gərginlik düşgüsü artır, volt-tutum xarakteristikasının meyliyi isə azalır. Müşahidə olunan fakt şüalanma nəticəsində həcmi yüklər oblastında yükdaşıyıcıların paylanma xarakterinin dəyişdiyini göstərir.

AlGaAs-GaAs heteroqəçidlərində kəsişmə gərginliyi $C \sim f(U, T)$ asılılığından qrafikin düzxətli hissəsinin gərginlik oxu ilə kəsişməsinə ekstrapolyasiyasının köməyi ilə təyin edilmiş və $0,8 \div 0,92V$ intervalında olmuşdur. Şüalanma dozasının artması ilə kəsişmə gərginliyinin azalması müşahidə olunmuşdur. $U_0 \sim f(T)$ asılılığından kəsişmə gərginliyinin temperatur əmsalı təyin edilmişdir. Hesablama nəticəsində temperatur əmsalının qiymətinin şüalanma dozasından asılı olaraq azaldığı müşahidə edilmişdir: $\alpha_T \sim 2,3 \cdot 10^{-4} \div 6 \cdot 10^{-3}$ V/dər. Təcrübi nəticələr göstərir ki, $U_0 \sim f(T)$ asılılığı temperaturun aşağı qiymətlərində xətti qanunla azalır, temperaturun yüksək qiymətlərində isə qeyri-xətti azalma müşahidə olunur. Qrafikin xətti hissəsindən $U_c = U_{c0} - \alpha_c T$ tənliyindən istifadə etməklə $\alpha_c = 2,1 \cdot 10^{-3}$ V/dər təyin edilmişdir. α_c –nin qiymətinin $E_g \sim f(T)$ asılılığından alınan əmsalla müqayisəsi $U_c(T)$ asılılığının temperaturdan asılı olaraq sürüşməsi qadağan olunmuş zonanın temperatur asılılığı ilə izah olunduğunu göstərir.

Alınan nəticələr əsasında şüalanmadan əvvəl və sonra mərkəzlərin konsentrasiyası hesablanmış və uyğun olaraq $4,5 \cdot 10^{15}$ sm⁻³ və $1,1 \cdot 10^{15}$ sm⁻³ ($\Phi = 10^{16}$ el./sm²) olduğu müəyyən edilmişdir. Şüalanma nəticəsində ilkin defektlərin konsentrasiyasının azalması donor tipli mərkəzlərin yarandığını göstərir. Bu faktı şüalanma nəticəsində potensial çəpərin hündürlüyünün azalması da, sübut edir. Təcrübi nəticələrə əsasən potensial çəpərin hündürlüyü, aşqar səviyyələrin konsentrasiyası (N_D , N_A və N_D) hesablanmış və uyğun olaraq $0,9$ V ; $1 \cdot 5 \cdot 10^{19}$ sm⁻³; $2 \cdot 10^{17}$ sm⁻³ olmuşdur. Alınmış qiymətlərin təhlili bir daha göstərir ki, şüalanma dozasının $\Phi < 10^{16}$ el./sm² qiymətlərində elektron şüalarının təsiri nəticəsində həcmi yüklər oblastında aşqar atomlarının paylanma profili zəif dəyişir. $N_A - N_D > N_f$ olması rekombinasiya mərkəzlərinin həcmi yüklər oblastında və p-GaAs layının səthində yaratdığını təsdiq edir. $N_A - N_D < N_f$ olması isə $\Phi > 10^{16}$

el./sm² qiymətlərində radiasiya defektlərinin əsasən həcmi yüklər oblastında yarandığını göstərir. Bu faktı, şüalanma dozasının artması ilə potensial məpərin hündürlüyünün azalması təsdiq edir. AlGaAs-GaAs heteroqəçidlərində tutum (C) və həcmi yüklər oblastının eninin (W) elektron dəstəsinin intensivliyindən asılılığı (şəkil 3) göstərir ki, həcmi yüklər oblastında aşqar atomlarının paylanması, öcümlədən enu sətəyanı oblasda yaranan defektlərin konsentrasiyasından asılıdır.



Şəkil 3. AlGaAs-GaAs heteroqəçidlərində tutum (C) və həcmi yüklər oblastının enini (W) elektron dəstəsinin intensivliyindən asılılığı: 1- termik dəmləmədən əvvəl ; 2,3- termik dəmləmədən sonra.

AlGaAs-GaAs heteroqəçidlərinin hazırlanması və enerjisi 4,0 MeV olan elektron dəstəsi ilə şüalandırılması haqqında məlumatlar 11 fəsildə geniş verilmişdir. Şüalandırılmış heteroqəçidlərin dəmlənməsi U8 tipli termostatda aparılmış və dəmləmə temperaturunun xətası $\pm 0,1^\circ$ olmuşdur. İzoqron dəmləmənin müddəti 30 dəqiqə seçilmişdir. Hər dəmləmə prosesindən sonra nümunələrin volt-ampere xarakteristikaları ölçülmüşdür.

Müxtəlif dozalarda şüalandırılmış AlGaAs-GaAs heteroqəçidlərinin düz istiqamətdə volt ampere xarakteristikalarının dəmləmə temperaturundan asılılığı tədqiq edilmişdir ($\Phi_1 = 10^{15}$ el./sm², $\Phi_2 = 10^{17}$ el./sm², $T_{\text{şüal.}} = 300$ K, $T_1 = 100-600^\circ$ S; $t = 30$ dəqiqə). Müəyyən edilmişdir ki, dəmləmə

temperaturundan asılı olaraq volt –amper xarakteristikalarının tədricən bərpası müşahidə olunur. Alınmış nəticələrin təhlili göstərir ki, ilkin şüalanma selində yaranan radiasiya defektləri Frenkel cütündən ibarətdir və onların dəmlənməsi elektron selinin intensivliyindən asılı olaraq iki mərhələdə müşahidə olunur. Müəyyən edilmişdir ki, I- mərhələdə $\Phi_1 < 10^{15}$ el./sm² doza ilə şüalandırılmış nümunələrdə yaranan defektlərin dəmlənməsi temperaturun 150-200⁰ S intervalında, II- mərhələ isə - 500 - 550 S temperatur intervalında müşahidə olunur.

Yüksək şüalanma dozalarında şüalandırılmış AlGaAs-GaAs heteroqeyidlərində düz istiqamətdə volt amper xarakteristikalarının dəmlənməsi ($\Phi = 10^{17}$ el./sm², $T_{\text{şüal.}} = 300$ K) zamanı müəyyən edilmişdir ki, şüalanma nəticəsində yaranan sadə defektlərin aşqar atomları və vakansiyalarla qarşılıqlı təsiri nəticəsində mürəkkəb komplekslər yaranır. Həmin komplekslərin $T = 500-550$ S qismən dəmlənməsi müşahidə olunur. Dəmlənmiş nümunələrin VAX-sı gərginliyin kiçik qiymətləri oblastına sürüşür. Bu isə, şüalandırılmış nümunələrin dəmlənməsi prosesində yaranan komplekslərin təsiri nəticəsində qeyri-əsas yükdaşıyıcıların konsentrasiyasının artdığını göstərir.

Şüalandırılmış AlGaAs-GaAs heteroqeyidlərində əks istiqamətdə volt-amper xarakteristikasının dəmlənmə temperaturundan asılılığı müxtəlif dozalarda tədqiq edilmişdir ($10^{15} - 10^{17}$ el./sm², $T_{\text{şüal.}} = 300$ K). Müəyyən edilmişdir ki, əks qaranlıq cərəyanının qiyməti dəmlənmə temperaturundan asılıdır. $I_{\text{əks}} \sim U^n$ asılılığından təyin edilmişdir ki, $n = 2.5 \div 2.7$ intervalında dəyişir. $\Phi \geq 10^{17}$ el./sm² qiymətlərində şüalandırılmış nümunələrdə radiasiya defektlərinin dəmlənməsi sürətinin aşağı olması, yüksək dozalarda mürəkkəb komplekslərin ($V_{\text{Ga}} \text{ Te}_{\text{As}}$) V_{As} yaranması nəticəsində donor tipli defektlərin konsentrasiyası artır və cərəyanın qiymətinin kəskin artmasına səbəb olur. Alınmış təcrübi nəticələr əsasında demək olar ki, $\Phi \leq 10^{17}$ el./sm² qiymətlərində qaranlıq cərəyanın zəif azalması şüalanma nəticəsində akseptor tipli defektlərin yaranmasıdır və onların ilkin defektləri qismən kompensasiya etməsi nəticəsində qeyri-əsas yükdaşıyıcıların konsentrasiyası azalır. Bu isə əks cərəyanın azalmasına səbəb olur.

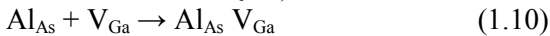
AlGaAs-GaAs heteroqeyidlərində izoxron dəmlənmənin kinetik ayrılıqları göstərilmişdir ($\Phi_1 = 10^{15}$ el./sm² və $\Phi_2 = 10^{17}$ el./sm²). Hər iki nümunədə müşahidə olunan dəmlənmənin birinci mərhələsi defektlərin eyni təbiətli olduğunu göstərir və izotermik dəmlənmə ayrılıqlarından radiasiya defektlərinin dəmlənməsinin aktivləşmə enerjisi hesablanmış və 0,25 eV

olmuşdur. Bu isə şüalandırılmış nümunələrdə doyma cərəyanının temperatur asılılığından müəyyən edilmiş mərkəzin aktivləşmə enerjisinə uyğun gəlir. Şüalandırılmış nümunələrin izoxron dəmlənməsi zamanı müəyyən edilmişdir ki, radiasiya defektlərinin stabilliyi elektron selinin miqdarından asılıdır. Aşağı şüalanma dozalarında yaranan radiasiya defektlərinin konsentrasiyası ilkin defektlərin konsentrasiyası tərtibində olduğundan dəmlənmənin birinci mərhələsində yox olur, yüksək şüalanma dozalarında isə defektlərin qismən yox olması müşahidə olunur və bu effekt stabil defektlərin yaranmasını göstərir.

Şüalandırılmış nümunələrin dəmləmə prosesi belə təsvir edilmişdir:



Təcrübi və nəzəri işlərin müqayisəsi zamanı nəzərə alınmışdır ki, $T \geq 300 \text{ K}$ As_i miqrasiya edir, V_{As} isə $T \leq 500 \text{ K}$ qədər hərəkətsizdir, V_{Ga} -isə hərəkət etmək qabiliyyətinə malikdir. Alınan nəticələr göstərir ki, V_{Ga} – vakansiyası donor tipli aşqar mərkəzi ilə (Te_{As}) qarşılıqlı təsirə girmək qabiliyyətinə malikdir, As_i düyünlər arası atom isə ($\text{V}_{\text{Ga}} \text{Te}_{\text{As}}$) V_{As} kompleksi ilə qarşılıqlı təsirə girərək ($\text{V}_{\text{Ga}} \text{Te}_{\text{As}}$) kompleksin konsentrasiyasını artırır və bu reaksiya aşağıdakı şəkildə baş verir (aşqar kimi Te atomundan istifadə edilmişdir):



Qeyd olunan mexanizm əsasında AlGaAs-GaAs heteroqəçidlərində şüalanma zamanı yaranan radiasiya defektlərinin dəmlənməsi prosesi izah edilmişdir.

Alınmış nəticələr nəzəri mülahizələrlə və təcrübi nəticələrlə uzlaşır və elektron şüalarının təsiri nəticəsində yaranan defektlər heteroqəçid sərhəddində və əsasən səthyanı oblastda yarandığından cərəyanın keçmə mexanizmi həcmi yüklər və kvazineytral oblastlarda baş verən generasiya- rekombinasiya prosesləri ilə izah edilir. Heteroqəçidlərin elektrik parametrlərinin dəyişməsinə səbəb şüalanma nəticəsində yaranan və aktivləşmə enerjisi 0,22 və 0, 35 eV olan akseptor və donor tipli səviyyələrdir.

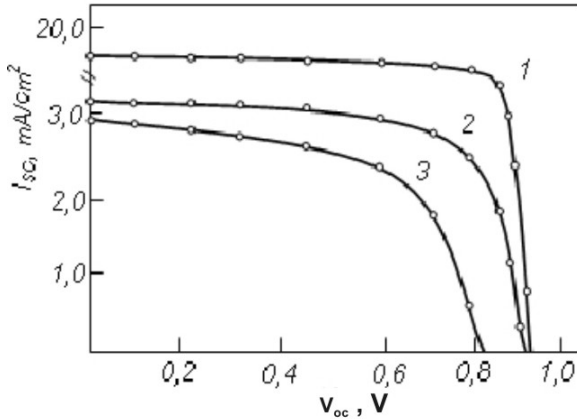
Dördüncü fəsilə GaAs-GaAlAs heteroqəçidlərinin fotoelektrik xassələrinə enerjisi 4,0 MeV olan sürətlənmiş elektron şüalarının təsiri araşdırılmışdır. Alınmış təcrübi nəticələr əsasında heteroqəçidlərdə fotocərəyanın keçmə mexanizmi aydınlaşdırılmış və lokal səviyyələrin parametrləri hesablanmış və alınmış nəticələr əsasında AlGaAs/GaAs

heterokeçidlərində energetik parametrlərin deqradasiyası müəyyən edilmişdir.

$A^3 B^5$ birləşmələri və onların bərk məhlulları əsasında hazırlanmış günəş elementləri (GE) texnikanın müxtəlif oblastlarında istifadə edilməsinə baxmayaraq, onların radiasiya şüalarına davamlılıq problemi aktual olaraq qalır. Müəyyən edilmişdir ki, GE uzun müddət şüalanma sahəsində işlədiyi zaman energetik parametrlərin deqradasiyası müşahidə edilir və bu işə onların işləmə müddətini azaldır. Buna səbəb işə daxili kvant effektivliyinin azalması, keçid oblastında generasiya və rekombinasiya proseslərinin və səth rekombinasiya sürətinin artması göstərilir. Digər tərəfdən struktur parametrlərin (A , R və j_0) deqradasiyasının struktur defektlərin təbiətindən, komplekslərin yaranma ehtimalından və defektlərin qarşılıqlı təsirindən asılı olduğunu nəzərə almaq lazımdır. Məhz bu səbəbdən, ilkin materialın radiasiyaya davamlılığını artırmaq üçün müxtəlif üsullardan istifadə edilsə də, problem öz həllini tapa bilməmişdir. Bu məqsədlə AlGaAs-GaAs əsasında hazırlanmış GE –nin fotoelektrik xassələrinə sürətlənmiş elektron şüalarının təsiri öyrənilmişdir.

Hazırlanmış GE –nin birbaşa günəş şüalanması altında ($P_g = 91 \text{ mWt/sm}^2$) qısa qapanma cərəyanı- $I_{qq} = 20 - 25 \text{ mA/sm}^2$, aşıq dövrə gərginliyi $U_{ad} = 0,92 - 0,95 \text{ V}$ və faydalı iş əmsalı $\eta = 16 - 20\%$ olmuşdur. Nümunələr enerjisi $4,0 \text{ MeV}$ elektronlarla şüalandırılması ELİT-6 qurğusunda aparılmışdır

AlGaAs/GaAs heterokeçidlərinin müxtəlif intensivlikli işıqlanma zamanı volt amper xarakteristikaları elektron dəstəsinin təsirindən əvvəl və sonra araşdırılmışdır. VAX-nın tədqiqi zamanı elementlər birbaşa günəş və közərmə lampasının işığı altında aparılmışdır. Nümunələrin şüalanmadan əvvəl və sonra alınmış təcrübi qiymətləri əsasında energetik parametrlər (I_{qq} ; U_{ad} ; P_y ; η) hesablanmış və f.i.ə- $25\% - 22\%$, $0,18 \text{ Vt} - 0,12 \text{ Vt}$ olmuşdur (şəkil 4). Müəyyən edilmişdir ki, şüalanma dozasının aşağı qiymətlərində I_{qq} –cərəyanın dəyişmə sürəti, U_{ad} - gərginliyinin dəyişmə sürətindən daha yüksəkdir. Şüalanma dozasının yüksək qiymətlərində işə U_{ad} - gərginliyinin dəyişmə sürəti cərəyanın dəyişməsinə üstələyir. Təcrübi nəticələr şüalanma zamanı defektlərin əsasən sərhədyanı oblasda yarandığını göstərir.



Şəkil 4. Müxtəlif dozalarda şüalandırılmış AlGaAs -GaAs heteroqəçidlərinin volt-ampər xarakteristikaları ($T=300$ K, $P=92$ mVt/ sm^2): 1- $\Phi=0$; 2- 10^{15} ; 3- $5 \cdot 10^{16}$ el./ sm^2 .

Qeyd olunan fakt, radiasiya defektlərinin həcmi yüklər və sərhədyanı oblasda paylanmasının şüalanma dozəsindən asılı olduğunu göstərir. VAX-dan energetik parametrlər- faydalı iş əmsalı və yükə ayrılan güc təyin olunmuşdur. Energetik parametrlərin dəyişmə səbəblərini aydınlaşdırmaq məqsədi ilə A- diod əmsalı və I_0 - doyma cərəyanı yük volt-ampər xarakteristikalarından təyin olunmuşdur.

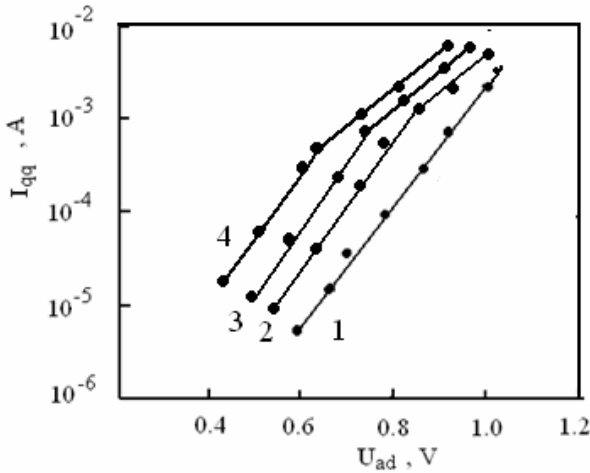
A - və I_0 təyin edilmiş qiymətləri qaranlıq volt-ampər xarakteristikalarından təyin olunmuş qiymətlərlə müqayisə edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, I_0 - doyma cərəyanının qiyməti şüalanma dozasının artması ilə artır ($1 \cdot 10^{-7}$ A/ sm^2 - $2 \cdot 10^{-8}$ A/ sm^2), A- əmsalı isə dəyişmir $I_{qq} \sim I_g U_{ad}$ asılılığından A və I_0 parametrlərinin təyin edilmiş qiymətləri əsasında demək olar ki, işıqlanma zamanı yük VAX -nı xarakterizə edən əyri bir meyldən ibarətdir və şüalanmadan sonra A - əmsalının ədədi qiyməti dəyişmir. Bu isə, bizə deməyə imkan verir ki, həcmi yüklər oblastında baş verən rekombinasiya prosesi kəmiyyətcə dəyişmir və cərəyan rekombinasiya prosesi ilə müəyyən edilir. Demək olar ki, yaranan radiasiya defektləri təbiətcə ilkin defektlərlə eynidir. Bu səbəbdən ayrılərin meyli dəyişmir və I_{qq} və U_{ad} parametrlərinin azalmasına səbəb yalnız rekombinasiya mərkəzi rolunu oynayan ilkin mərkəzlərin konsentrasiyasının artması ilə izah edilə bilər. Alınmış nəticələr əsasında

demək olar ki, şüalanma dozasının intensivliyindən asılı olaraq U_{ad} açıq dövrə gərginliyinin I_{qq} qısa qapanma cərəyanına nəzərən zəif dəyişməsi radiasiya defektlərinin əsasən kontaktyanı oblasda yarandığını göstərir.

Müxtəlif temperaturalarda və şüalanma dozalarında ($150-300\text{ K}$; $10^{14} - 10^{17}\text{ el.sm}^2$) VAX-nın energetik parametrləri və xarakteristikanın dolma əmsalı $-\alpha$ və faydalı iş əmsalı $-\eta$ hesablanmış ($P= 100\text{mVt/sm}^2$) və ədəbiyyat nəticələri ilə müayisə edilmişdir. Hesablanma zamanı nəzəri tədqiqat işlərdə göstərilən üsullardan istifadə edilmiş və $\alpha= 0,75$; $\eta= 24\%$ olmuşdur. Alınmış qiymətlər əsasında volt-ampere xarakteristikasının toplanma əmsalının işıq şüalarının intensivliyindən asılılığı müəyyən edilmişdir. Alınmış nəticələr göstərir ki, $\alpha \sim f(P)$ asılılığında α -nın azalması işıqlanma zamanı müxtəlif optik udulma dərinliklərində yaranan elektron-deşik cütünün həcmi yüklər oblastı tərəfindən tutulma sürətindən asılıdır və işığın intensivliyinin azalması ilə $0,75$ -dən $0,65$ qədər azalır. Alınmış qanunauyğunluqlar AlGaAs-GaAs heteroqurşaqlarında aparılan digər tədqiqat işləri ilə uzlaşdığı müəyyən edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, şüalanma dozasının $10^{12} \div 10^{17}\text{ el./sm}^2$ qiymətlərində tədqiq edilmiş heteroqurşaqların VAX-dan hesablanmış energetik parametrlərin (P , η) pisləşməsi elektron şüalarının təsiri nəticəsində yaranan mərkəzlər mühüm rol oynayır. Nəzərə alsaq ki, tədqiqat zamanı qeyd edilən faktı şüalanma dozasının artması ilə açıq dövrə gərginliyi $-U_{ad}$ və qısa qapanma cərəyanı $-I_{qq}$ azalması təsdiq edir. Bu isə, göstərir ki, energetik parametrlərin pisləşməsi məhz, radiasiya defektlərinin yaranması ilə bağlı olduğunu deməyə imkan verir. Həmin defektlərin aktivləşmə enerjisi $I_{qq} \sim f(T)$ və $U_{ad} \sim f(T)$ asılılıqlarından təyin edilmiş və uyğun olaraq $0,29$ və $0,35\text{ eV}$ olmuşdur. Eyni zamanda müəyyən edilmişdir ki, I_{qq} – qapanma cərəyanının şüalanma dozasından asılı olaraq dəyişmə sürəti, açıq dövrə gərginliyinin dəyişmə sürətindən daha yüksəkdir. Bu faktlar əsasında aparılan araşdırmalar göstərir ki, şüalanma zamanı yaranan radiasiya defektləri əsasən rekombinasiya mərkəzi rolunu oynayır və şüalanma dozasının artması ilə keçiricilikdə iştirak edən fotoyükdaşıyıcıların konsentrasiyasının azalmasına səbəb olur.

VAX-dan alınan qiymətlər əsasında $I_{g} I_{qq} \sim U_{ad}$ asılılığı tədqiq edilmişdir. Həmin asılılıqların düzxətli hissələrindən A -əmsalının və j_0 – doyma cərəyanının qiymətləri hesablanmışdır. Alınmış nəticələr qaranlıq VAX-dan hesablanmış A və j_0 əmsallarının qiymətləri ilə müqayisə edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, müxtəlif rejimlərdə təyin olunan diod

parametrlərinin fərlənməsi generasiya –rekombinasiya proseslərinin həcmi yüklər oblastında və elementin bazasında baş verməsi ilə bağlıdır.



Şəkil 5. Termik dəmlənmiş AlGaAs- GaAs heteroqəçidli nümunələrdə $\lg I_{qq} \sim U_{ad}$ asılılığı: 1- $1 \cdot 10^{15}$ el./sm²; 2- $5 \cdot 10^{15}$; 3- 10^{16} ; 4- $5 \cdot 10^{17}$ el./sm² (T=300 S, t= 30 dəq.).

Alınmış nəticələrin nəzəri və təcrübi işlərlə müqayisəsi, şüalanma nəticəsində yaranan radiasiya defektlərinin geniş yasaq zonasına malik olan n-GaAs oblastında əmələ gəldiyini göstərir. Bu faktı təcrübi yolla təsdiq etmək məqsədilə elementlərin spektral xarakteristikalarına elektron şüalarının təsiri öyrənilmişdir. Göstərilmişdir ki, şüalanmadan əvvəl AlGaAs/GaAs heteroqəçidlərində fotocərəyanın maksimumu spektrin $\lambda = 0,82$ mkm oblastında müşahidə edilir və uzundalğa oblastında isə fotocərəyanın kəskin azalması müşahidə olunur. Göstərilmişdir ki, şüalanmadan əvvəl AlGaAs/GaAs heteroqəçidlərində fotocərəyanın maksimumu spektrin $\lambda = 0,82$ mkm oblastında müşahidə edilir və uzundalğa oblastında isə fotocərəyanın kəskin azalması müşahidə olunur. Spektral xarakteristikaların temperatur asılılığından müəyyən edilmişdir ki, temperaturun artması ilə spektrin maksimal fəthəssaslıq uzundalğa oblastına tərəf sürüşür və fəthəssaslıq azalır. Alınmış nəticə enerjisi 1 MeV olan elektronlarla şüalandırılmış heteroqəçidlərdə alınmış nəzəri və

təcrübi faktlarla üzlaşır və qadağan olunmuş zonanın daralması ilə izah edilir. Elektron şüalarının təsiri nəticəsində AlGaAs/GaAs heteroqəçidlərində spektral xarakteristikanın kəskin dəyişməsi şüalanma dozasının 10^{17} el./sm² qiymətində müşahidə edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, şüalanma dozasının aşağı qiymətlərində spektrin qısdalğa oblastında ftohəssaslıq azalır, uzundalğa oblastında isə zəif dəyişir. Yüksək şüalanma dozalarında isə, əksinə, fotoeffektin sərhədi qısdalğa oblastına tərəf sürüşür və ftohəssaslıq kəskin azalır, qısdalğa oblastında isə ftohəssaslıq zəif azalır. Təcrübi və nəzəri işlərin müqayisəsi deməyə imkan verir ki, tədqiq edilən heteroqəçidlərdə ftohəssaslığın qeyd olunan şəkildə dəyişməsi fotoyükdaşıyıcıların yaşama müddətinin dəyişməsi ilə bağlıdır. Digər tərəfdən isə, yaşama müddətinin isə rekombinasiya mərkəzlərinin konsentrasiyasından asılı olduğunu nəzərə alsaq deyə bilərik ki, elektron şüalarının təsiri nəticəsində yaranan defektlər fotoyükdaşıyıcılar üçün rekombinasiya mərkəzi rolunu oynayır və ftohəssaslığın azalmasında başlıca rol oynayır. Spektrin müxtəlif oblastlarında ftohəssaslığın şüalanma dozasından asılı olaraq müxtəlif xüsusiyyətlərə malik olması isə defektlərin strukturada yaranma yerindən asılı olduğunu göstərir. Alınmış nəticələr göstərir ki, şüalanma dozasının aşağı qiymətlərində qısdalğa oblastında ftohəssaslığın azalması radiasiya defektlərinin səthyanı oblasda, yüksək dozalarda ftohəssaslığın uzundalğa oblastda kəskin azalması isə defektlərin strukturanın baza hissəsində yaranır.

GaAs kristallarının optik xassələri və nəzəri işlərin müqayisəsi deməyə imkan verir ki, tədqiq edilən heteroqəçidlərdə günəş şüalarının əsas hissəsi p-GaAs –p-AlGaAs layında udulduğundan L_n –nin (qeyri əsas yükdaşıyıcıların diffuziya yolu) şüalanma nəticəsində azalması (L_n şüalanmadan sonra 7,5 –dən 5 mkm -ə qədər azalır) fotoyükdaşıyıcıların yaşama müddətinin azalmasını göstərir və p-layında rekombinasiya prosesi zamanı itkilərin artmasına səbəb olur. Məlumdur ki, işıq kvantlarının maddə daxilinə nüfuz etmə qabiliyyəti səthə düşən kvantın enerjisindən asılıdır və GaAs –də maksimal udulma zolağına nüfuz etmə dərinliyi 4-6 mkm təşkil edir. Nəzərə alsaq ki, günəş elementinin maksimal effektivini təmin etmək məqsədilə p-Al_{0,75}Ga_{0,25}As qatının qalınlığı 10-16 mkm seçilmişdir. Bu faktların müqayisəsi və alınmış nəticələr radiasiya defektlərinin p-Al_{0,75}Ga_{0,25}As layında yarandığını bir daha sübut edir. Alınmış nəticə uyğun strukturanın protonlarla şüalanması zamanı verilmiş nəticəsindən fərqlənməsi də , bizim nəticəni təsdiq edir.

Şüalanma zamanı yaranan radiasiya defektlərinin təbiətini və ilkin defektlərlə qarşılıqlı təsirini tədqiq etmək məqsədi ilə, müxtəlif dozalarda şüalandırılmış nümunələr termik və termik-ışqlanma rejimlərində dəmlənilmişdir. Tədqiqat aparılan termik dəmlənmiş nümunələrdə $\lg I_{qq} \sim \lg U_{ad}$ asılılığı öyrənilmiş A və I_0 parametrlərinin təyin edilmiş və dəmlənməmiş nümunələr üçün alınmış $\lg I_{qq} \sim U_{ad}$ asılılığı ilə müqayisə olunmuşdur. Müəyyən edilmişdir ki, termik dəmləməyə məruz qalmayan şüalandırılmış nümunələrdə $\lg I_{qq} \sim U_{ad}$ asılılığı bir düzxətli oblastdan ibarət olduğu halda, termik dəmləmədən sonra $\lg I_{qq} \sim U_{ad}$ asılılığında iki oblast müşahidə olunur. Şüalanma dozası yüksək ($5 \cdot 10^{16}$ el./sm²) olan dəmlənmiş nümunələrdə I –oblastdan II-oblastda keçid gərginliyi şüalanma dozasının artması ilə gərginliyin kiçik qiymətlərinə doğru sürüşür (şəkil 5). Keçid gərginliyinin elektron dəstəsinin intensivliyindən asılı olaraq dəyişməsi yüksək şüalanma dozasında şüalandırılmış nümunələrin dəmlənməsi zamanı iki mərhələli prosesin baş verməsi ilə bağlıdır. Alınmış təcrübi nəticələr göstərir ki, şüalanma dozası $\Phi < 1 \cdot 10^{15}$ el./sm² olduqda $\lg I_{qq} \sim U_{ad}$ asılılığında, ancaq - I, $\Phi > 1 \cdot 10^{15}$ el./sm² olduqda isə iki oblast müşahidə olunur. Alınmış nəticələrin təhlili göstərir ki, elektron dəstəsinin intensivliyindən asılı olaraq dəmləmə prosesi zamanı strukturda radiasiya defektlərinin ilkin defektlərlə qarşılıqlı təsiri müşahidə olunur və mürəkkəb komplekslər yaranır. Aşağı şüalanma dozalarında yaranan defektlər sadə defektlər olduğundan tam dəmlənir, yüksək dozlarda yaranan defektlər isə mürəkkəb, yəni vakansiya- düyünlər arası atomdan ibarət kompleks halında olur. Belə defektlərin dəmlənməsi yüksək temperatur oblastında baş verir və qismən dəmlənmə müşahidə olunur. AlGaAs/GaAs heteroqəçidlərin volt-amper xarakteristikasına elektron şüalarının təsirinin araşdırılması zamanı müəyyən edilmişdir ki, şüalanma dozasının $\Phi \leq 10^{15}$ el./sm² qiymətlərində yaranan defektlərin dəmlənmə sürətinin aşağı olması sadə, yüksək dozalarda işə, mürəkkəb komplekslərin yaranması ilə bağlıdır. Alınmış təcrübi nəticələr əsasında demək olar ki, $\Phi \leq 10^{15}$ el./sm² qiymətlərində qaranlıq cərəyanın azalması ($V_{Ga} Te_{As}$) V_{As} tipli komplekslərin yaranması nəticəsində sərbəst yükdaşıyıcıların konsentrasiyasının azalması nəticəsində baş verir.

Alınmış nəticələr nəzəri mülahizələrlə və təcrübi nəticələrlə üzlaşır. Radiasiya şüalarının təsiri nəticəsində heteroqəçid sərhəddində və əsasən səthyanı oblastda rekombinasiya mərkəzlərinin konsentrasiyasının şüalanma dozasından asılı olaraq artması müşahidə olunur. AlGaAs/GaAs heteroqəçidliyində spektral xarakteristikaların qısdalğa oblastında

fotohəssaslığın şüalanma dozəsindən asılı olaraq kəskin azalması deyilən mülahizəni təsdiq edir. Digər tərəfgən, şüalanmış nümunələrin termik və termik-işıqlanma üsulları ilə dəmlənməsi zamanı radiasiya defektlərinin qismən və tam dəmlənməsi də, radiasiya defektlərinin mövcudluğunu göstərir. Tədqiq edilmiş nümunələrin VAX-nın şüalanma dozəsindən asılı olaraq yüksək gərginlik oxunun müxtəlif oblastlarına doğru sürüşməsi, yaranan defektlərin müxtəlif təbiətli olması ilə əlaqədardır. Bu faktı, şüalanmış nümunələrin termik dəmləmə prosesinin iki mərhələdə baş verməsi təsdiq edir. Qeyd olunan mülahizələr əsasında demək olar ki, AlGaAs/GaAs əsaslı fotoçeviricilərin energetik parametrlərinin deqradasiyası şüalanma zamanı yaranan tarazlıqda olmayan defektlərdir. Məhz onların xarici amillər (temperatur, elektrik sahəsi, işıqlanma) təsiri ilə miqrasiyası baş verir və stabil defektlər yaranır. Belə defektlər daha stabildir və onlar yeni yaranan defektlər üçün anniqilyasiya mərkəzi rolunu oynayaraq, materialın radiasiyaya davamlılığını artırır. Şüalandırılmış nümunələrin termik dəmləmədən sonra elektrik və fotoelektrik xarakteristikalarının stabil olması, onların elektron şüalarına qarşı davamlılığın artdığını göstərir.

Radiasiya defektlərinin dəmləmə prosesinə xarici amillərin birgə təsirinin araşdırılması zamanı müəyyən edilmişdir ki, termik-elektrik sahəsinin birgə təsiri dəmləmə prosesini sürətləndirir. Müəyyən edilmişdir ki, tətbiq edilən elektrik sahəsinin qiymətindən asılı olaraq, həcmi yüklər oblastında şüalanma zamanı yaranan yüklü defektlərin paylanması dəyişir və bu fakt tutum-volt asılılığından alınan nəticələr əsasında təsdiq edilir. Alınmış nəticələr nümunələrin termik dəmləndirilməsi zamanı müəyyən edilmiş nəticələrlə müqayisə edilmiş və gəstərilmişdir ki, radiasiya defektlərinin dəmlənməsi, dəmləmə prosesindən və defektlərin konsentrasiyasından asılıdır. Müəyyən edilmişdir ki, şüalandırılmış nümunələrin termik dəmlənməsi zamanı əks istiqamətdə gərginliyin ($U > 10$ V) tətbiq edilməsi radiasiya defektlərinin dəmləmə sürətini artırır və nümunələrin bərpa olunma prosesi sürətlənir. Müşahidə edilən effekt elektrik sahəsinin təsiri nəticəsində elektroaktiv mərkəzlərin diffuziya sürətinin artması izah edilir.

Beləliklə AlGaAs/GaAs əsaslı günəş elementlərinə sürətlənmiş elektron şüalarının təsiri nəticəsində yaranan defektlər fotoyükdaşıyıcılar üçün rekombinasiya mərkəzi rolunu oynayır və onların energetik parametrlərinin deqradasiyaya uğramasına səbəb olur. Şüalandırılmış nümunələrin termik və termik-elektrik sahəsi rejimlərində dəmlənməsi

zamanı defektlərin anniqiyasiyası müşahidə olunur. Bu səbəbdən deqradasiyaya uğramış nümunələrin energetik parametrlərinin bərpası baş verir.

ƏSAS NƏTİCƏLƏR

Dissertasiya işində, hazırda texnikanın müxtəlif sahələrində, o cümlədən fotoenergetikada geniş tətbiq sahəsi tapmış AlGaAs-GaAs fotoçeviricilərinin elektrik və fotoelektrik xassələrinə enerjisi 4,0 MeV olan sürətlənmiş elektron dəstəsinin təsiri geniş temperatur və işıq intensivliklərində tədqiqi zamanı alınmış nəticələr təqdim edilmişdir. Tədqiqat zamanı elektron dəstəsinin təsiri nəticəsində yaranan defektlərin fotoçeviricilərin energetik parametrlərinin dəyişmə qanununa uyğunluqlarının aşkar edilməsinə daha çox diqqət verilmişdir. Alınmış nəticələr p-n keçidli AlGaAs-GaAs heteroqəçidlərin öyrənilməsi zamanı alınmış nəticələrlə müqayisə edilmiş və tədqiqatların etibarlılığı müəyyən olunmuşdur. Tədqiqat nəticəsində alınmış əsas elmi nəticələrin qısa şərhı aşağıda verilmişdir:

1. Müəyyən edilmişdir ki, AlGaAs-GaAs heteroqəçidlərində diod parametrlərinin ($A ; I_0$) deqradasiya mexanizmi 4.0 MeV enerjili elektron dəstəsi ilə şüalandırma zamanı kontaktyanı və həcmi yüklər oblastında yaranan və pekombinasiya mərkəzi rolunu oynayan Frenkel cütləri ilə bağlıdır. Radiasiya defektlərinin izoxron rejimdə dəmlənməsi zamanı A-diod parametrinin I_0 -parametrinə nəzərən daha sürətlə bərpa olunması isə, həcmi yüklər oblastından yüklü radiasiya defektlərinin kontaktyanı oblasta diffuzuya etməsi nəticəsində baş verir.

2. 4,0 MeV enerjili elektron dəstəsinin təsiri nəticəsində AlGaAs-GaAs heteroqəçidlərinin düz istiqamətdə volt-ampere və volt-tutum xarakteristikalarında, o cümlədən fotehəssaslığın spektral paylanmasında müşahidə olunan dəyişmələr radiasiya stimullaşdırıcı proses zamanı Te atomunun GaAs monokristallarının sərhədyanı oblastına diffuzuyası zamanı yaranan və aktivləşmə enerjisi $E_v + 0,29$ eV olan lokal mərkəzlərin yaranması ilə izah edilir.

3. Müəyyən edilmişdir ki, heteroqəçidlərin parametrlərinin deqradasiya və bərpa olunma sürəti şüalanma dozasının intensivliyindən asılıdır. $\Phi < 10^{15}$ el/ sm^2 doza ilə şüalandırılmış nümunələrdə radiasiya defektlərinin izoxron dəmlənməsi 200-220⁰S temperatur intervalında baş verir və nümunələrin

ilkin xassələri bərpa olunur. $\Phi > 10^{15}$ el/ sm² dozalarda şüalandırılmış nümunələrin dəmlənmə prosesi 300-350⁰S baş verir və radiasiya defektləri qismən dəmlənir. Bu proses zamanı aktivləşmə enerjisi 0, 35 eV olan mərkəzlər yaranır.

4. Müəyyən edilmişdir ki, 4.0 MeV enerjili elektronlarla şüalandırılma zamanı aktivləşmə enerjisi 0,29 eV olan vakansiya xarakterli donor tipli mərkəzlər yaranır və onların konsentrasiyası şüalanma dozasından asılı olaraq eksponensial qanunla artır. Şüalanmış AlGaAs-GaAs fotoçeviricilərin xarakteristikaları, nümunələrin 200-220⁰S temperatur intervalında ($t = 30$ dəq.) dəmlənməsi zamanı radiasiya defektlərinin tam rekombinasiya edilməsi nəticəsində tam , 400-450⁰S temperatur intervalında dəmlənməsi zamanı isə (V_{Ga} Te_{As}) V_{As} tipli komplekslərin yaranması nəticəsində qismən bərpa olunur.

5. Enerjisi 4.0 MeV elektronlarla müxtəlif dozalarda şüalandırılmış nümunələrin termik və termik-elektrik sahəsində dəmləndirilməsi nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, radiasiya defektlərinin dəmlənməsi , dəmlənmə üsulundan və defektlərin konsentrasiyasından asılıdır. Müəyyən edilmişdir ki, şüalandırılmış nümunələrin termik dəmlənməsi zamanı əks istiqamətdə gərginliyin ($U > 10$ V) tətbiq edilməsi radiasiya defektlərinin dəmləmə sürətini artırır.

Dissertasiya işinin əsas nəticələrinin dərc edildiyi işlərin siyahısı:

1. M. Sojoudi , R. Madatov , T.Sojoudi تأثیر شعاع الکترونی شتاب یافته روی *AlGaAs-GaAs* خورشیدی از خواص فتوالکتریک سلولهای PSC Conference Tehran 2009.
2. M. Sojoudi , R. Madatov , T.Sojoudi Influence of Accelerated electron ray on photoelectric properties of *AlGaAs-GaAs* Solar cells and optimization of solar cells. IASTED conference. Asia PES, 2010, № , p 20-25.
3. M.Sojoudi , T.Sojoudi , P.Farhadi .Optimization of efficiency of solar cells by Accelerated electron Ray to have an optimal and Constant energy .2nd International Conference on Renewable energy Generation and Applications ICREGA 12 , United Arab Emirates, 2012.
4. M.Sojoudi , T.Sojoudi , P.Farhadi Achieving steady and stable energy from *AlGaAs-GaAs* solar cells .ETASR international journal engineering , technology and Applied science Research, 2011, №6, p.151-`154
5. M.Sojoudi , R. Madatov, T.Sojoudi , P.Farhadi. Applying an advanced technique on *AlGaAs-GaAs* solar cell to have an optimal and constant energy. European Journal of Scientific Research ,2011 ,V.66 ,No 4,p.510-516.
6. M.Sojoudi , R. Madatov, T.Sojoudi , P.Farhadi .Optimization of Efficiency of Solar Cells by Accelerateed Electron Ray to Have an Optimal and Constant Energy. IJTPE , 2011, p.68-71.
7. M.Sojoudi , R. Madatov . Simultaneously Improvement of Heterojunction Solar Cells Efficiency by Electron Irradiation and Varying Series and Parallel Resistances. Research Journal of Applied Science And Technology ,Maxwell Science publication (ISI Journal) , 2012, ISSN 2040-7467,p.5201-5205.
8. M.Sojoudi , R. Madatov, T.Sojoudi. Influence of Accelerated Electron Rays on Photo Electric Properties of *AlGaAs-GaAs* Solar Cells. TPE conference ,2010.
- 9.R.S.Mədətov,M.Sojoudi,A.M.Allahverdiyev, Y.M.Mystafayev.*AlGaAs/GaAs* günəş elementlərinin fotoelektrik xassələrinə sürətləndirilmiş elektronların təsiri.AMEA-nın xəbərləri, 2011,XXXI,№2, s.40-45.

МОШАДДЕГ СОЖОУДИ САМЕД оғлы

Исследование электрических и фотоэлектрических свойств гетеропереходов на основе AlGaAs/GaS облученных ускоренными электронами

Цель диссертационной работы: выявление закономерностей механизмов образования и отжига радиационных дефектов, созданных электронами с энергией 4,0 MeV и деградации энергетических параметров, а также изыскания возможности увеличения радиационной стойкости.

Исследовались электрические свойства гетеропереходов на основе AlGaAs/GaAs до и после облучения электронами с дозой $10^{15} \div 10^{17} \text{el/cm}^2$ при различных температурах. Определение диодных параметров гетеропереходов (A , J_0) в зависимости от дозы облучения. Установлено, что механизм прохождения тока при низких напряжениях обусловлено рекомбинация процессами происходящих в слое объемного заряда, а при высоких напряжениях определяющую роль играет диффузионная компонента тока. При облучении электронами низкими дозами в прохождении тока роль рекомбинационных процессов увеличивается, которая обусловлена увеличением концентрации рекомбинационных центров на границе раздела гетероперехода и в слое объемного заряда.

Исследование термических отжига в изохронном режиме показывают, что отжиг радиационных дефектов, созданный электронами происходит в двух этапах. Установлено, что при облучении низкими дозами, радиационные дефекты полностью отжигаются, а при высоких дозах отжигаются частично, что указывает созданию.

Исследование фотоэлектрических свойств сложных дефектов показывают, что фоточувствительность гетеропереходов зависит от дозы облучения. Показано, что при облучении низкими дозами фоточувствительность в коротковолновой области уменьшается сильнее, чем в области спектра длинных волн. При облучении высокими дозами наоборот, фоточувствительность уменьшается в длинноволновой области спектра, а край фоточувствительности смещается в сторону коротких волн.

Определены причины деградации энергетических параметров (η , P) гетеропереходов. Установлено, что при облучении электронами создаются дефекты с энергией 0,22 и 0,35eV, что является причиной деградации энергетических параметров солнечного элемента, сопровождающееся уменьшением фоточувствительности гетеропереходов на основе AlGaAs/GaAs.

Установлено, что приложение к гетеропереходу во время термического отжига обратного напряжения приводит к увеличению скорости восстановления энергетических параметров облученных гетеропереходов, что связано с инжекционным отжигом радиационных дефектов. При этом стабильность солнечных преобразователей к действию облучения увеличивается по сравнению с облученными без отжига.

MOSADDEQ SOJOUĐI SAMED

Study of electric and photoelectric properties of heterojunctions based on AlGaAs/GaAs irradiated with accelerated electrons

The aim of the thesis: reveal of regularities of formation mechanism and annealing of radiation defects created by electrons with an energy of 4,0 MeV and degradation of energy parameters, as well as research of increase possibility of radiation resistance.

It has been studied the electric properties of heterojunctions based on AlGaAs/GaAs before and after electron irradiation at a dose of $1015 \div 10^{17} \text{el}/\text{sm}^2$ at different temperatures. Diode parameters of heterojunctions (A, J_0) have been defined depending on irradiation dose. It is established that the mechanism of current transmission at low voltages is caused by recombination of the processes occurring in a space-charge layer, and at high voltages the defining role is played by a diffusion component of the current. Within electron irradiation at low doses in current transmission the role of recombination processes increases, which is caused by the increase in the concentration of recombination centers at heterojunctions interface and also in space-charge layer.

Study of thermal annealing in isochronous mode shows that radiation defect annealing created by electrons occurs in two stages. It is established that within the low dose irradiation the radiation defects are fully annealed, but at high doses - partly annealed, which indicates to the formation.

Study of photoelectric properties of complex defects show that the photosensitivity of heterojunctions depends on the irradiation dose. It is shown that at low dose irradiation the photosensitivity at short-wave region decreases more strongly than in long-wave spectrum. At high dose irradiation on the contrary, the photosensitivity decreases in long-wavelength range, and the edge of the photosensitivity is shifted towards short-wavelength.

It is defined the degradation reasons of energy parameters (η, P) of heterojunctions. It is established that within electron irradiation, defects with an energy of 0,22 and 0,35eV are created, which is the cause of energy parameter degradation of a solar cell with a decrease in photosensitivity of heterojunctions based on AlGaAs/GaAs.

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНА
ИНСТИТУТ РАДИАЦИОННЫХ ПРОБЛЕМ

На правах рукописи

МОШАДДЕГ СОЖОУДИ САМЕД оглы

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ
СВОЙСТВ ГЕТЕРОПЕРЕХОДОВ НА ОСНОВЕ AlGaAs/GaAs
ОБЛУЧЕННЫХ УСКОРЕННЫМИ ЭЛЕКТРОНАМИ

01.04.24- Радиационное материаловедение

Диссертации на соискание ученой степени
доктора философии по физике

Б А К У - 2013

