

**ЎЗБЕКСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ЖОҚАРЫ ҲАМ Орта
АРНАЎЛЫ БИЛИМ МИНИСТИРЛИГИ**

**БЕРДАҚ АТЫНДАҒЫ
ҚАРАҚАЛПАҚ МӘМЛЕКЕТЛИК УНИВЕРСИТЕТИ**

Қолжазба ҳуқықында

Қайпназаров Сражатдинниң

Металл-ярымөткизгиш контактине сыртқы тәсир нәтийжесинде
оның электрофизикалық кәсийетлериниң өзгерисин изертлеў

**5A440103 «Ярым өткизгишлер физикасы»
қәнигелиги бойынша магистр дәрежесин алыў ушын**

МАГИСТРЛИК ДИССЕРТАЦИЯ

Магистрлик диссертация
“Ярымөткизгишлер физикасы”
кафедрасында көрип шығылды
хәм қорғаўға усынылды.
Кафедра баслығы:
ф.м.-и.к., _____

доц. Камалов А.Б.

“ ____ ” _____ 2011 жыл

Илимий басшысы
Ф.м.и.к., доц. Камалов А.Б.

Нөкис - 2011 жыл

М А З М У Н Ы

КИРИСИҰ	3
I БАП. ӘДЕБИЙ ШОЛЫҰ	
1.1. Металл-ярымөткізгішлер контакты	6
1.2. Сыртқы тасирлердің металл-ярымөткізгіш диодлық структурасы электрофизикалық қасиетіне тәсири.....	12
1.3. Металл-ярымөткізгіш контакттерінде гамма нурының тасирінде болып отетугын процесслер.....	19
II. ЭКСПЕРЕМЕНТ МЕТОДИКАСЫ	
2.1. Шоттки барьерлі диодлардың электрофизикалық характеристикаларын изертлеу методлары.....	25
2.2. Модуляциялық дифференциалау	25
2.3. Микроплазмалық характерограф.....	29
III. БАП ЭКСПЕРИМЕНТТИҢ НӘТИЙЖЕЛЕРІ ХӘМ ОЛАРДЫҢ ТАЛЫҚЛАНЫҰЫ	
3.1. Шоттки диодларының электрофизикалық қасиетлеріне микротолқынның тәсирін изертлеу.....	35
3.2. $\text{TiB}_x\text{-GaAs}$ диодлық структураның микротолқынның ишки механикалық кернеуіге тәсирін үйрениу	41
Жууымақлау	46
.....	
Пайдаланған әдебиетлар	47

К И Р И С И Ў

Президентимиз Ислам Каримов озинин Ўзбекистан Республикасы Конституциясы қабыл етилгенлигиниң 17 жыллығына бағышланған салтанатлы мәресимдеги «2010-жыл баркамал аулад жылы Ўзбекистан Республикасы Конституциясы-бизлер ушын демократиялык рауажланыудын хам пукаралык жамият курыудын беккем тийкары» баянатында бүгинги күнде рауажланыў ҳаққында сөз болғанда, илимниң орны ҳәм әҳмийети ҳаққында артықмаш сөйлеўдиң қажети жоқ екенин әлбетте, ҳәммемиз жақсы түсинемиз.

Биз елимиздиң келешегин нәзерде тутқан ҳалда, бүгинги күнде рауажланған мәмлекетлер илимий жәмийетшилигиниң дыққат орайында турған, ең алдынғы, перспективалы илимий излениў ҳәм изертлеў ислерин рауажландырыў мақсетинде Илимлер академиясы ҳәм жоқары оқыў орынлары курамында жаңа лаборатория шөлкемлестириў, олардың рауажланған еллердеги илим орайлары менен нәтийжели бирге ислесиў байланысларын орнатыўына ерисиўимиз керек.

Бул мәселени ҳәзирги ўақытта алдымызда турған әҳмийетли ўазыйпалардан бири сыпатында көриўди бүгин заманның өзи талап етпекте.

Бул бағдардағы ислерге жаңадан түртки бериў, сырт ел мәмлекетлеринен заманагөй илимий үскенелерди алып келиў, ең талантлы, зийрек жасларымызды бул иске бағдарлаў ҳәм хошаметлеў мақсетинде илим ҳәм технологияларды рауажландырыўды муўапықластырыў комитети жанында айырым қор дүзиў ҳәм оны жеткиликли дәрежеде валюта қаржылары менен тәмийнлеў йигиликли мақсет-нийетлеримизге жуўап беретугын бир ис болар еди деп атап отти. Президентимиз айткандай жас кадрларды билимли хам илимге инталы кылып тарбиялау хар бир профессор-оқытыушынын ен баслы уазыйпасы болып табылады.

Солай екен бизлер усы магистрлик диссертация жумысымызда металл-ярымөткізгіш тийкарында таярланган диодлык структуралардын касиетин изертледик.

Жумыстың актуальлыгы. Ярымөткізгішли әспаблардын исенимлилигин хәм сапалығын арттырыў кейинги ўақытлар технологлар алдында турған ең баслы ўазыйпалардын бир болып табылады. Арсенид гаилйиден исленген приборлар хәм приборлык структураларға сыртқы тәсирлерди изертлеў бул бириншиден усы приборлардын деградация механизмин изертлеўге, екиншиден олардын электрофизикалык параметрлерин басқара алыў мүмкиншилигин береди.

Бундай тәсирлер қатарына өзиниң ярымөткізгіш көлемине хәм металл-ярымөткізгіш шегара бойынша кириў уқыбына ийе γ - β -радиация, микро тоқын нурланыў, ультрасес тәсирлери жатады.

Усы тәсирлердиң ишинде ең аз изертленгени бул ярым өткізгіш материалларға микро толқын тәсири болып табылады.

Дәслепки ўақытлары микро толқын тәсири тек температуралық писириў (отжиг) сыпатында қолланылып келген болса, кейинги ўақытлары микро толқын тәсирин γ - β нурланыўлары хәм ультрасес тәсири менен бир қатарда прибордың параметрлерин жақсылаў ушында қолланылып келинбекте.

Бул микро толқын нурланыў усы металл-ярымөткізгішли материалларға тәсирин изертлеў, усы тәсир нәтийжесинде электрофизикалык қәсийетин жақсылаў, ярымөткізгішли материал-ярымөткізгіш материал таярлаў техникасында қолланыў мүмкиншилигин береди. Себеби бул металл-ярымөткізгіш приборлык структуралар қурамалы технологиялык операция ўақтында хәр қыйлы дефектлер пайда болады, бул дефектлерди усы микро толқын

нурланыуы тәсири нәтийжесинде узайтыуға хәм усы дефектлерди басқарыуға болады.

Жәнеде ең баслы мәселелрдің бири бул GaAs ярымөткізгішліктен таярланған әспабларға сыртқы тасир соның ишинде радиация тәсирин, ультрасес тәсирин хәм микротолқын нурланыуының тәсирин сүүртелеуде баслы мәселелрдің бири. Себеби бул GaAs ярымөткізгішлердің таярлау технологиясы жүдә қурамалы хәм жоқары температурада алып барылатуғын болғанлықтан таярлау технологиясы ўақтында ярымөткізгіш составына айырым элемент атомлары жайласып қалады. Нәтийжеде бул атомлар (дефектлер) ярымөткізгіш әспабының электрофизикалық қәсийетинің төменлеуине алып келеди. Соның ушын усы унамсыз тәсирлерди азайтыу ушын жоқарыдағы аты аталған сыртқы тәсирлер қолланылады.

Биз усы питкеріу жұмысында бизлер Au-TiB_x-GaAs диодлық структурасының электрофизикалық қәсийетин микро толқын нурланыуының тасирин карастырдық.

Иззертлеу объекти. Бул жұмыста иззертлеу объекти сыпатында Шоттки барьерли Au-TiB_x-GaAs диодлық структурасы алынды.

Иззертлеу предмети. Бул Шоттки барьерли Au-TiB_x-GaAs диодлық структуралар электрофизикалық характеристикасына сыртқы тәасир, соның ишинде микротолқын тәсири нәтийжесинде параметрлеринің өзгерисин изертлеу.

Проблеманың изертлениу дәрежеси. Металл-ярымөткізгіш контаклерине сыртқы тәсир етиу нәтийжесинде олардын параметрлерин жақсылау бул бириншиден сыртқы тәсир арқалы приборлардың параметрлерин жақсылауға, екиншиден сыртқы тәсир

арқалы приборлардың параметрлерін басқарыу мүмкіншілігін туұдырып береді.

Жұмыстың махсети хәм ұазыйпалары. Металл-ярымөткізгіш контактлери электрофизикалық параметрлериниң сыртқы тәсир нәтийжесинде өзгерисин изертлеу.

Жоқарыдағы қойылған махсетке жетиу ушын, төмендегі **ұазыйпалар** орынланыуы керек;

1. Металл-ярымөткізгіш контактлери электрофизикалық параметрлери болған барьер бийиклигиниң ϕ_B хәм сапа коэффициентиниң n сыртқы тәсир нәтийжесинде өзгериуін изертлеу.
2. Металл-ярымөткізгіш контактлери электрофизикалық параметрлери менен ишки механикалық кернеу параметрлери арасындағы байланысты анықлау.

Изертлеудің илимий жаңалығы.

1. Сыртқы тәсир нәтийжесинде Шоттки барьерли диодлық структура параметрлериниң жақсыланыуы.
2. Шоттки барьерли диодлық структураға сыртқы тәсир ете отырып ондағы ишки механикалық кернеу шамасының азайыуы.
3. Шоттки барьерли диодлық структураларда ишки механикалық кернеу менен диодлық структура параметрлери арасындағы байланысты анықлау.

I БАП. ӘДЕБИЙ ШОЛЫҰ

1.1. Металл-ярымөткізгішлер контакты

Ярымөткізгіштің металл менен тутасқан қалы зәрүр мәселелерден бири, соның ушын бундай контактлер электрон әспаблар ислеп шығарыұда үлкен орын тутады. Контакт қатламында жүз беретуғын әжайып хәдийселер еки зат шегарасы арқалы еркин заряд тасыұшылар алмасыұына байланыслы.

Сол себептен контактдеги хәдийселердің себебин үйрениұди заттан электронлардың шығыұын тексеріұден баслаймыз.

Зат вакуум менен шегараланған болсын. Мәлим болғанындай, заттан электронның вакуумға шығып кетиұине қарсылық көрсететуғын потенциал (энергиялық) тосық бар. Бул тосықтың бийиклигин электронның сырт арқалы сыртқа шығып кете алыұы зәрүр болған энергия анықлайды. Оны шығыұ иси деп атайды.

Түрли затлардан электронлардың шығыұ иси түрли мәнислерге ийе болады.

Термодинамикалық шығыұ иси өткізгішликтің Ферми қәддиден вакуум қәддине дейин болған энергиялық аралықты билдиреди. Және басқа сыртқы шығыұ иси яки электрон жақынлаұ деп аталған бирлик өткізгіштің өткізиұшеңлик зонасы түбинен вакуум қәддине дейин есапланған энергиялық аралықты билдиреди. Өткізгіш сырты арқалы шығып атырған электронлар ағымын термодинамикалық шығыұ жұмысы анықлайды [1].

Ярымөткізгіш сыртынан, энергиялық тосықты жеңип, вакуумға шығып атырған электронлар ағымы термоэлектрон эмиссияның усы аңлатпасы менен анықланады:

$$j_{\text{я}} = \frac{4\pi m (kT)^2}{h^3} \exp\left(-\frac{\chi_{\text{я}}}{kT}\right) \quad (3)$$

бунда $\chi_{я}$ -ярымөткізгіштің термодинамикалық шығыу жұмысы (1.1-сүрет).

Металлдан вакуумға шығып атырған электронлар ағымы үшін хәм соған уқсас аңлатпа жаза аламыз:

$$j_m = \frac{4\pi m(kT)^2}{h^3} \exp\left(-\frac{\chi_m}{kT}\right) \quad (4)$$

бунда χ_m -металлдың термодинамикалық шығыу жұмысы.

Егер ярымөткізгіш пенен металлды тутастырсақ, (3) аңлатпа менен анықланатуғын электрон ағымы ярымөткізгіштен металлға, (4) аңлатпа менен анықланатуғын электрон ағымы болса металлдан ярымөткізгішке өтеди. Егер $\chi_{я} < \chi_m$ деп алсақ, бул ҳалда $j_{я} > j_m$ болады, яғный ярымөткізгіштен металлға көбирек электронлар өтеди хәм металл сырты терис, ярымөткізгіш сырты болса оң зарядланып қалады. Пайда болған электр майдан $j_{я}$ хәм j_m ағымлар парқына контактдеги майдан потенциал энергиясы (контакт потенциаллар айырмасы) шығыу жұмыстары айырмасына тең болып қалады

$$\varphi_k = \chi_m - \chi_{я} \quad (5)$$

Металл сыртында топланған электронлар, демек, контактте пайда болған майдан хәм оның ишкерисине дийерли кирмейди. Демек усы майдан ярымөткізгіштің сыртына жақын қатламда жайласқан болады (1.2-сүрет).

Бул қатламның кеңлигин контактде φ_k контакт потенциаллар айырмасы пайда етиу үшін усы ярымөткізгіштен қанша электронды металл сыртына өткізиу кереклигин анықлайды. Себеби металлға өткен электронлар ярымөткізгіштің сырт қатламынан кеткен хәм бул қатламда кириспе ионларынан ибарат көлемлик заряд хәм ол менен байланыслы электр майдан пайда болады. Бул қатламда электрон тығызлығы кемейеди хәм энергия зонасы жоқарыға иймейеди.

Демек, ярымөткізгіштің көлемдегі n_0 хәм сыртындағы n – электронлар тығызлығы арасында

$$n = n_0 \exp(-\varphi_k / kT) \quad (6)$$

байланыс бар.

Бундай қатламның салыстырма қарсылығы жоқары хәм оны бекитиўши қатлам делинеди.

Егер $\chi_m < \chi_y$ болса, яғный металлдың шығыў иси ярымөткізгішдикинен киши болса, ол ҳалда $j_m > j_y$ хәм металл бети оң зарядланған, ярымөткізгіш бет қатламы терис зарядланған болады. Демек, ярымөткізгіш сыртқы қатламында (металлдан өткен электронлар есабына) электронлар тығызлығы артып кетеди, энергия зонасы пәске иймейеди (1.2 б- сүүрет). Бундай контакт қатламның салыстырмалы қарсылығы киши болады хәм оны антиберкитиўши қатлам делинеди.

Беркитиўши қатламлы металл-ярымөткізгіш контактлери өзгериўшең токты туўырлағышлары болып хызмет қыла алады.

Беркитиўши қатламның тең салмақлылық жағдайындағы кеңликти

$$L = \left(\frac{\varepsilon \varphi_k}{2\pi e^2 n_0} \right)^{1/2} \quad (6)$$

аңлатпа анықлайды.

Егер сол контктке оң полюси металлға, терис полюс ярымөткізгішке жалғанған деректен V кернеў берилсе, контакт потенциаллар айырмасы кемейип,

$$\varphi = \varphi_k - eV \quad (7)$$

болып қалады. Демек, ярымөткізгіштен металлға таман электронлар ушын потенциал тосық пәсейеди, сол бағдарда электронлар ағымы артып кетеди, металлдан ярымөткізгішке таман

ағымы болса, бұрынғысынша қалады (бул бағдарда электронлар ушын потенциал тосық жоқ). Егер электр шынжыр жаўық болса, электронлардың ярымөткізгіштен металлға таман артықша ағымы есабынан контакт арқалы ток өтеди. Егер берілген кернеў арттырып барылса, ток жүдә тез (көрсеткішли функция бойынша) ашып береді. Бул ҳалда $V > 0$ деп есапланады, оны туўры күшлениў, оған мас келиўши ток күши болса *туўры ток* делинеди. Жоқарыдағы (6) формулаға тийкарланып, контакт беркитиўши қатламның кеңлиги ҳәм өзгериўи, яғный

$$L(V) = \left[\frac{\varepsilon(\varphi_k - eV)}{2\pi e^2 n_0} \right]^{1/2} \quad (8)$$

болып қалыўыкелип шығады. Демек, $V > 0$ болғанда бул қатлам тараяды.

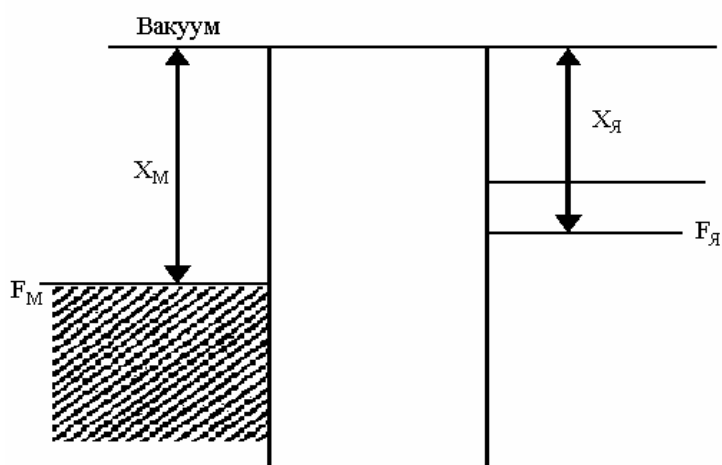
Егер ярымөткізгішке оң, металлға терис полюслары жалғанған энергиядан V кернеў берілсе, бул ҳалда $V < 0$ болады, потенциал тосық бәлендлиги артады:

$$\varphi = \varphi_k + (-V).$$

Электронлардың ярымөткізгіштен металл таманға ағымы кемейеди, бирақ ярымөткізгіш таманға кемейеди, бирақ металлдан ярымөткізгіш таманға алдыңғыша (көлеми киши) қалабереди. Бул ағымлар парқы киши ҳәм пайда болған ток күши ҳәм киши болады. Бундай күшлениў *тескери күшлениў*, оған мас контакт келиўши ток күши *тескери ток* делинеди. $V < 0$ болғанда контакт қатлам кеңейеди. Тескери күшлениў шамасы асқан сайын ярымөткізгіштен металл таман электронлар ағымы кемейип барып, үлкен шамасыне металлдан ярымөткізгіш таманға жолланған ағым белгилейди, бирақ ол киши болады.

Туўры ток тескери токтан бир неше тәртипке дейин үлкен болады. Демек, беркитиўши (электронлардан кәмбағалланған) металл-ярымөткізгіш контакты токты бир жолланғанда жақсы өткізиеди, тескери жолланғанда жаман өткізеди. Демек, бундай контакт өзгериўшең токты туўырлағышы болып ислей алады (1.2-сүүрет). Биз қараған контакт Шоттки контакти ҳәм оның тийкарында таярланған диоддлар Шоттки диодлары деп аталады.

Енди металл-ярымөткізгіш контактың және бир әжайып қәсийетин баян қыламыз.

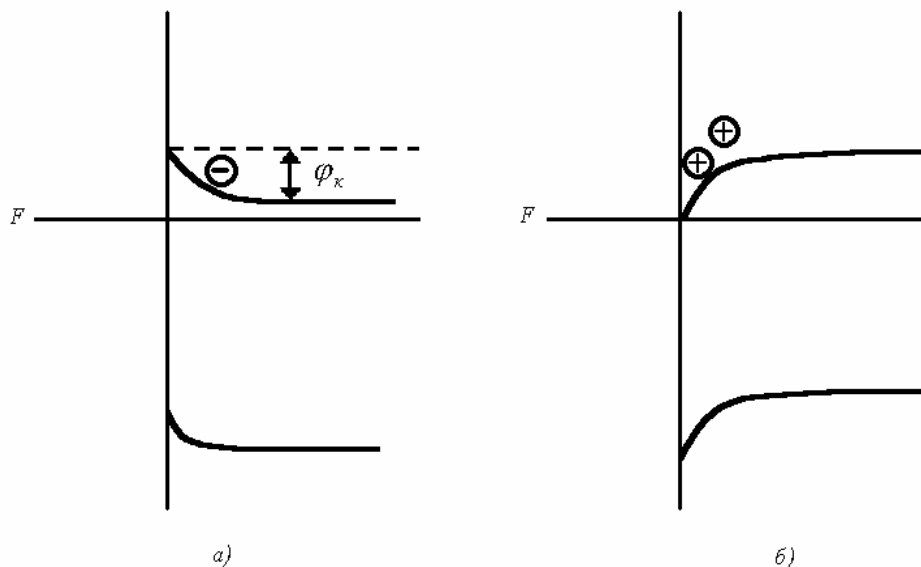


1.1-сүүрет. Металл-ярымөткізгіш контакты

Металл-ярымөткізгіш контакты электр сыймлығы тегис конденсатор деп қаралыўы мүмкин, оның сыйымллығы

$$C = \frac{\varepsilon}{4\pi L} = \left(\frac{e^2 n_0}{8\pi\phi} \right)^{1/2} \quad (9)$$

аңлатпа менен анықланады. Бирақ, сыртқы V күшлениў қуйылғанда, (7) аңлатпасына сәйкес, $\varphi = \varphi_{\kappa} - eV$ болады.



1.2-сүўрет. Ярымөткизгиштиң энергия зоналары.

Демек, металл-ярымөткизгиш контактының электр сыйымлығы (оны басқалардан парықлап, зарядлы сыйымлық хәм делинеди) сыртқы байланыс түрде

$$C = \left[\frac{e_2 n_0}{8\pi(\varphi_{\kappa} - eV)} \right]^{1/2} \quad (10)$$

нызам бойынша өзгереді. Металл-ярымөткизгиш контакты сыйымлылығының бул қәсийетине тийкарлана отырып, вариациялар атлы әспаблар жасаў мүмкин.

1.2. Сыртқы тасирлердің металл-ярымөткізгіш диодлық структурасы электрофизикалық қасиетіне тәсіри

Сыртқы тәсирдің ярым өткізгіш приборлар менен тәсир етисіуі тийкарғы үш механизм тийкарында болып өтеди булар, фотоэффект, комптон эффект хәм жуплар пайда болыу эффектi болып табылады. Мәселен гамма нурланыуы нәтижесинде ярым өткізгіш ишинде байланысқан атомларды пайда етиуши электронлар пайда болады. Нәтижеде нурланыу уақтында пайда болған электронлар энергиясының бир бөлеги атомларды ионизацилауға, ал қалған бөлеги атомлар менен тәсир етисіу нәтижесинде кристалл решеткада Френкель дефектлериниң пайда болыуына жумсалады.

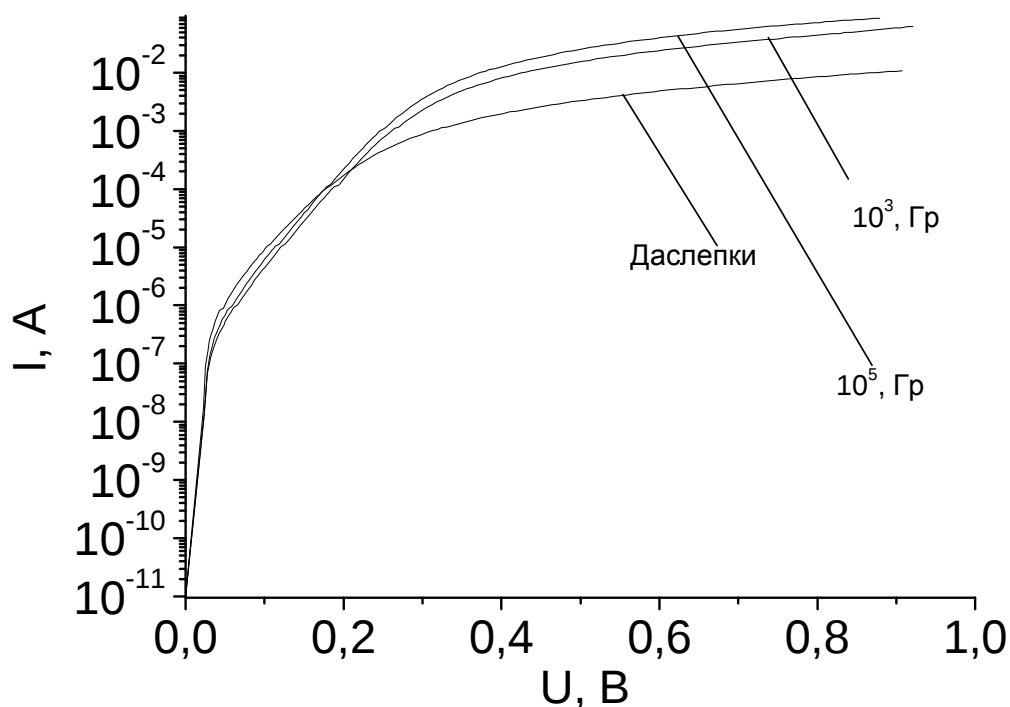
Ярымөткізгішли приборларды гамма-нуры менен тасир етиу айырым жағдайда ярымөткізгіш прибордың параметрлериниң өзгериуіне алып келеди.

Бул процесс бир тексиз металл-ярымөткізгішли структураларда тийкарынан фазаның гейпара бөлиминде интенсив болып өтип, өз гезегинде прибордың электрофизикалық қасиетіне өз тәсирин тийгизеди. Белгили бир оптимал дозада бул процесс ярымөткізгішли контакт областында структуралық примесслердің тәртіплесіуін алып келеди, бул прибордың характеристиканың жақсыланатуғын жүзеге келиреди.

80-жылларға келип ярымөткізгішти аз дозада нурландыруы менен ярымөткізгіштеги ток тасыушылардың қозғалаңшылығын арттыруы хәм терең генерация-рекомбинация орайлары концентрациясын азайтуы мүмкин екенлиги айырым аворлар жумысында өз сәулеленіуін тапты. Ал усыған дейин гамма нурланыу тек ғана

прибордың характеристикасын өзгертиў яғный радиациялық дефектлер пайда етиў ушын қолланылып келген еди.

[2] жумысна Au-Al-GaAs диодлық структурасына гамма кванты ^{60}Co тәсири изертлеленген, изертлеў обекти етип Au-Al-GaAs диодлық структурасын алдынған



1.3. Au-Al-GaAs диодлық структурасының гамма-нурланыўына дейинги ҳам кейинги ВАХ сы

Бул диодлық структура химиялық тазаланған арсенид галий n - p^+ -структура бетине вакуумда термикалық парландырыў менен Al кейин избе-изликте Au оырғызылған, диодлық структуралардың рабочий областы диаметри 500 мкм. n -GaAs пленкасының легирлеўши примес концентрациясы $4 \cdot 10^{15} \text{ см}^3$, подложкада 10^{18} см^3 , n ҳәм p^+ қабатлар

калыңлығы сәйкес түрде 20 хәм 300 мкм. Бул диодлық структураларға омлық контакт Au-Ge тийкарында таярланған.

Бул диодлық структура MRX- γ -25 М үскенесинде γ -кванты ^{60}Co пенен нурланыдырылған, нурланыў интенсивлиги 100 P/c.

Au-Al-GaAs диодлық структурасының гамма-нурланыўынан кейинги хәм нурланыўға дейинги ВАХ сы өлшенилген (1.3. сүўрет), туўры бағыттағы вольт амперлик характеристикадан структура параметрлери барьер бийиклиги ϕ_3 хәм сапа факторы n анықланған.

Авторлар пикири бойынша нурландырыўдың дәслепки дозасында диодлық структура параметрлериниң жақсыланғанлығы анықланған.

1.1-таблицада Au-Al-GaAs диодлық структураның $10^4 \div 10^7$ P интервалында гамма нуры өзгериси менен тәсир етиў нәтийжесинде параметрлериниң өзгериси көрсетилген. Таблицадан көринип турғанындай 10^5 дозадан баслап структура параметриниң жақсыланғанлығын көриўимизге болады. Бул структураның ^{60}Co гамма квант пенен тәсир еткенде параметрлериниң жақсыланыўы $10^5 \div 10^6$ P интервал аралығында диодлық структураның электрофизикалық характеристиканың жақсыланыўын көрсетеди.

Авторлар изерлеў нәтийжесин төмендегише тәрийиплейди, диодлық структураны гамма кванты менен тәсир еткенде белгили бир интервал доза аралығында параметрлерин жақсылаўға болады.

Бул бириншиден диодлық структура электрофизикалық қәсийетин жақсыланғанын көрсетти, екинши жақтан усы диодлық структураның радиацияға шыдамлылығын анықлаўға мүмкиншилик береди. Бул өзгерислер [3] жумыста көрсетилгениндей металл GaAs шегара бөлиминде структуралық примеслердиң тәртиплескениниң нәтийжеси болып табылады. Бундай аз муғдардағы γ -кванты менен тәсир етиў нәтийжесинде диодлық структуралардың параметрлериниң

жақсыланғанлығы көп ғана жұмыстарда талықланған. Мәселен [3] жұмыста авторлар тәрепинен Cr-GaAs диодлық структурасына γ -кванты тәсири изертленген. Олар Cr-GaAs диодлық структурасын комната температурасында $10^5 \div 10^8$ Р интервалында γ -кванты менен тәсир етиў нәтийжесинде диодлық структура параметрлериниң өзгерисин анықлаған, яғный $10^5 \div 10^8$ Р интервалында гамма-кванты менен Cr-GaAs тәсир етиўде бул структураның параметрлериниң жақсыланғанлығы байқалған, яғный барьер бийиклиги дәслепки шамасынан артқан, сапа факторы п дәслепкиге салыстырғанда азайған хәм кери ток шамасының тәсир еткеннен кейин азайғанлығы байқалған. Авторлар кери ток шамасының азайғанын генерация-рекомбинация орайлар концентрациясының азайыўы нәтийжеси деп қарастырады.

Екинши жақтан авторлар усы параметрлердиң өзгерисин диффузия процесси менен де байланыстырады.

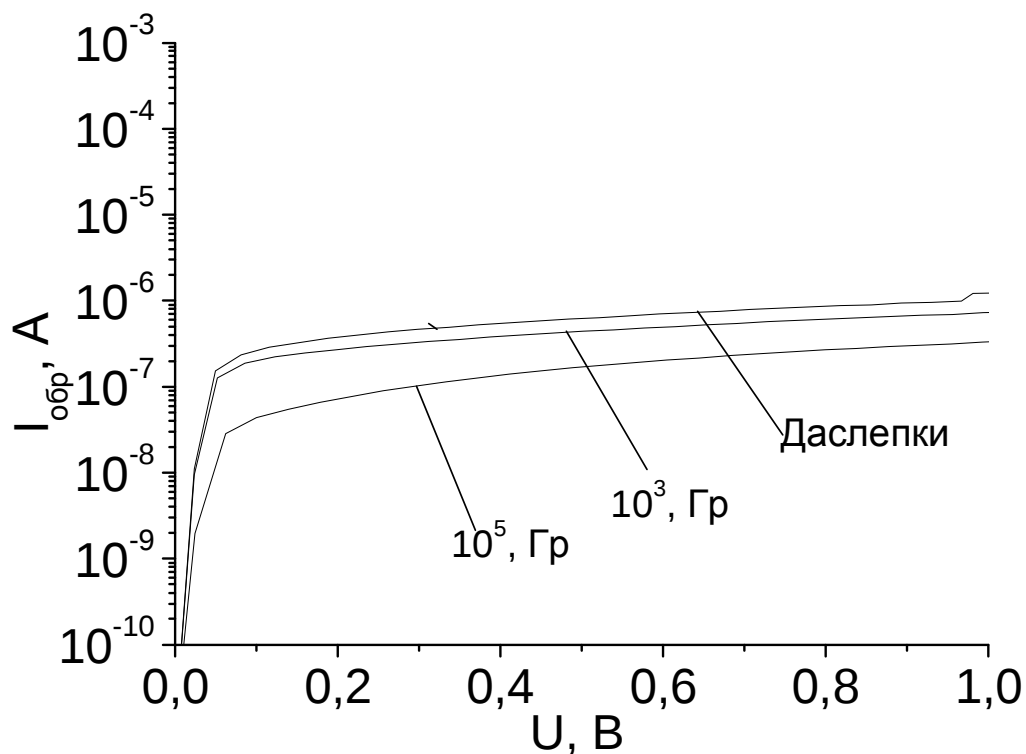
Бизиң жоқарыда қарастырылған жағдайымызда да параметрлерди гамма-кванты менен тәсир етиў нәтийжесинде жақсыланыўы диффузия процесси нәтийжеси деп қарастырыўға болады. [2] авторлары гамма-квант пенен тәсир етиў хәм тәсир еткеннен кейинги металл хәм GaAs компонентлериниң бөлистирилиўи электронлық Оже-спектраскопия методы жәрдемінде изертленген. Алынған нәтийжеде 10^6 Р дозада тәсир еткеннен кейин Al-GaAs шегарасында металл хәм GaAs компонентлериниң дәслепкиге қарағанда өзгергени көрсетилген, бул өз гезегинде диффузиялық процесстиң жүзеге келгенин билдиреди. Бундай өзгеристи туўры вольт-амперлик характеристикасында байқасақ болады. Буннан Au-Al-GaAs диодлық структурасын гамма-кванты менен $10^5 \div 10^6$ Р интервалы аралығында

тәсир етиў нәтийжесинде параметрлерин жақсылаўға болатуғынлығы келип шығады.

1.1. Таблица. Au-Al-n-n⁺-GaAs диодлық структурасы параметрлериниң гамма кванты нурланыўына байланыслылығы

Au-Al-n-n ⁺ -GaAs						
Доза, Р						
	дәслепки	5×10^3	10^4	10^5	10^6	10^7
φ_B , В	0,87	0,87	0,87	0,89	0,95	0,87
n	1,23	1,23	1,21	1,20	1,19	1,23
$I_{\text{кери}}$, А	9×10^{-7}	9×10^{-7}	8×10^{-7}	3×10^{-7}	1×10^{-7}	4×10^{-7}
R, м	2		10		20	15

Бул бириншиден Au-Al-GaAs диодлық структурасының қайсы интервал доза аралығында параметрлериниң жақсыланыўы, екінши жақтан қайсы дозаға дейин усы диодлық структураның радиацияға шыдамлылығын анықлаўға мүмкиншилик береді. Себеби хәр қыйлы металлар менен контактке ийе диодлық структуралардың радиацияға шыдамлылығы хәм параметрлериниң жақсыланыў интервал дозасы хәр қыйлы болады.



1.3-сүўрет. Au-Al-n-n+-GaAs диодлық структурасының хәр қыйлы дозадағы вольт-амперлик характеристикасының туўры шақасы

Бул бириншиден сол структураға отырғызылған металл контакт тәбиятына байланыслы болса, екинши жақтан таярлаў технологиясы ўақтында пайда болған технологиялық дефектлер ҳалына байланыслы болады.

Бул бириншиден Au-Al-GaAs диодлық структурасының қайсы интервал доза аралығында параметрлериниң жақсыланыўы, екинши жақтан қайсы дозаға дейин усы диодлық структураның радиацияға шыдамлылығын анықлаўға мүмкиншилик береді. Себеби хәр қыйлы металлар менен контактке ийе диодлық структуралардың радиацияға

шыдамлылығы хәм параметрлериниң жақсыланыў интервал дозасы хәр қыйлы болады. Бул бириншиден сол структураға отырғызылған металл контакт тәбиятына байланыслы болса, екинши жақтан таярлаў технологиясы ўақтында пайда болған технологиялық дефектлер ҳалына байланыслы болады.

[2] жұмыс жағдайында яғный Au-Al-GaAs диодлық структурасын $10^4 \div 10^6$ Р интервалында гамма кванты менен тәсир етиў нәтийжеиснде параметрлериниң жақсыланыўы менен бирге доза 10^6 Р тен асқан жағдайда кери процесстиң байқалатуғы көриледі.

Таблицадан көринип турғанындай параметрлериниң жақсыланыўы тек ғана 10^6 Р ге шекем ғана болып өтеді. Егер доза 10^6 Р нен асса кери процесс, барьер бийиклигиниң азайғанын, сапа факторының артқанын хәм кери ток шамасында дәслепкиге салыстырғанда артқанын көриўимизге болады. Буннан сондай жуўмаққа келсек болады, яғный Au-Al-GaAs диодлық структурасы 10^6 Р ге шекем радиация шыдам бере алады екен.

Жоқарыда айтып өткенимиздей металл GaAs диодлық структуралардың хәм GaAs тийкарындағы ярымөткізгиш приборлардың радиацияға шыдамлылығы жәнеде параметрлериниң жақсыланыўы усы диодлық структуралардың ямаса приборлардың дәслепки ҳалына хәм қандай металл менен ярымөткізгиш контактке кирискенине байланыслы болады.

Жоқарыдағы айтылғанларды 1.4-сүўреттен Au-Al-GaAs диодлық структурасы кери бағыттағы ВАХ ының гамма-кванты тәсир еткеннен кейинги хәм тәсиреткенге дейинги мәнисиниң өзгерисинен кориўимизге болады.

Мәселен [4] авторлар изертлеген Au-Ti-GaAs диодлық структуралардың параметрлериниң жақсыланыўы $10^5 \div 10^7$ Р интервал

доза аралығында болып өткен, ал $5 \cdot 10^7$ Р дозада прибор параметрлерінің бузылуы яғни барьер бийиклігі ϕ_B ның артуы, кері ток шамасының арта бастағаны байқалған.

Демек бул приборлық структура үшін параметрлердің жақсылануы доза интервал $10^5 \div 10^7$ Р болса, ол радиацияға шыдамлығы $5 \cdot 10^7$ Р ге шекем деп айтуымызға болады.

1.3. Металл-ярымөткізгіш контакттерінде гамма нурының тасирінде болып отетугын процесслер

Шоттки барьерли GaAs аспаплардың деградациясына себепши бир қатар кубылыслар металл-GaAs фазалары бөлиниў шегерасындагы процесслер менен байланыслы екенлиги әдебиятларда көрсетилген [5]. Соның ушын фазалар аралық шегера хәм металл-ярымөткізгіш контактиндеги өтиў қатламының қәсийетлерин басқарыў әхмийетли физикалық-технологиялық мәселе болып, Шоттки барьерли арсенид галлийли структураларды жаратыўдың хәзирги күнде бар болған технологияларды жақсылаў хәм жаңаларын пайда етиўди талап етеди.

Металл – GaAs контакттеріндеги өз-ара тәсирлерди анықлаў, сондай-ақ Шоттки барьерли аспаплардың жаң типоминалларын ислең шығыў мүддетлерин қысқарттырыў ушын фазалардың бөлиниў шегерасындагы физикалық-химиялық процесслерди жақсылаўшы сыртқы тәсирлерден пайдаланылады [6].

Әдетте бундай максетлерде аспап характеристикаларын үйрениў ушын тестлик структуралардан пайдаланылады. Сыртқы тәсир сыпатында көбинше аспапдың қысқа мүддетли аса жүклениўлерин имитациялаўшы жоқары тезликли термикалық ислеўлер, ^{60}Co γ -квантлары хәм жоқары тезликли электронлар менен нурландырыў усаған тәсирлерден пайдаланылады [7].

Усыған уқсас ислеўлер параметрлерин таңлап алып, контакттердеги бетине келтирилген хәм олар арқалы тезлестирилген фазалар аралық өз-ара тасирди хәм деградация кубылысларын үйрениў хәм, усы кайта ислеўлерден аспаптың өзінде бөлинбе шегерасы қәсийетлерин басқарыў ушын да пайдаланыў мүмкинб. Бундай экспериментлердиң нәтийжелери өткен асирдиң 80-жылларында

мәлім еді хәм И.П.Черновтын жұмысларында баспаға шыққан еді [7]. Олардың жұмысларында радиацияның салыстырмалы киши дозалары менен бир катарда (мәселен, $N_D=10^{16}\text{см}^{-3}$ болған Шоттки барьерли GaAs структурасы ушын $10^8 \div 2 \cdot 10^8$ Рад киши доза болып есапланады) структураның параметрлерине γ — кванттың жүдә киши дозалары $^{60}\text{Co} \sim 10^4 \div 5 \cdot 10^4$ Рад хәм тәсир көрсететуғынлығы атап көрсетилген. Бунда бир катар жағдайларда GaAs п- қатламында тийкаргы болмаған заряд тасыўшылардың жасаў ўақтының артыўы, кери тоқларының кемейиўи ҳапққында сөз етилген, сондай-ақ структура-араласпаның дурыс жайласыўы хәм GaAs дың контакт алды бөлиминде радиациялық – бетине келтириўши геттерлеў идеялары ҳаққында пикирлер келтирилген. Соның менен биргеликте Si хәм GaAs да басқа түрдеги электромагнит нурланыўлар, анығырақ айтқанда, лазерли тәсир хәм микротолқынлы радиация арқалы жүзеге келген геттерлеўши эффектлер ҳаққында экспериментлер бар [8].

Соңғы жыллары микроэлектроникада үлкен дыққат $A^{\text{III}}B^{\text{V}}$ байланысына ийе болған киши омлық контактлерди алыўға қаратылған [9]. [10] жұмыстағы авторлардың көрсетиўинше метал-ярымөткізгиш контакти омлық контакт төмендеги жағдайларда болады:

- ярымөткізгишке сәйкес металлды сайлап алған ўақытта контакттеги барьер - шығыў жұмысы айырмасы менен анықланып, бул ўақытта металл менен шегепада барьер болмаса;
- барьер областында тийкаргы емес ток тасыўшылардың жасаў ўақты жүдә аз болып, жыллылық теңсалмақлығы бузылмаса;

Омлық контактлерге қойылатуғын тийкаргы шәртлердин бири бул – олар ярымөткізгишли әсбаплардың ислеўине кесент бермеўи ямаса оған белгили дәрежеде тәсир етпеўи тийис. Басқаша айтқанда

ярымөткизгиш хәм металлдан ибарат системаның вольтамперлик характеристикасы (ВАХ) туўры сызыктан туратугын болыўы керек (яғный Ом нызамы орынлаўы шәрт), ал контакттың өзи қосышма айтарлықтай қарсылық қоспаўы керек. Ярымөткизгишли әсбаплардың раўажланыўы менен омлық контактлерге қойылатугын талаплар күшейип бармақта.

Контакттың ең әхмийетли характеристикаларының бири бул оның салыстырмалы қарсылығы R_C болып есапланады. Ол төмендеги туўындының кери шамасы менен анықланады

$$R_C = \left(\frac{\partial I}{\partial V} \right)_{V=0}^{-1} \quad (1)$$

бул жерде V - кернеў, I – ток.

Жақсы омлық контакт $R_C \leq 10^{-7} \text{ Ом} \cdot \text{см}^2$ шамасында салыстырмалы қарсылыққа ийе болыўы керек. Киши қәддили легирленген металл-ярымөткизгиш контактинде токтың термоэлектронлық компонентасына ийе болады.

Бул жағдайда контакттың қарсылығы төмендегиге тең болады.

$$R_C = \frac{k}{q \cdot A^* \cdot T} \cdot \exp \left(\frac{q \cdot \varphi_{Bn}}{k \cdot T} \right) \quad (2)$$

бул жерде $k=1.38 \cdot 10^{-23}$ Дж/град – Больцман турақлысы, $q=1.6 \cdot 10^{-9}$ Кл - электрон заряды, n – идеальлық коэффициент, T -температура, S -барьер майданы, A^* - Ричардсонның эффективлык турақлысы, әдетте

улыўма қабыл етилген Ричардсон турақлысынан киши) $A=120\text{A}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{K}^{-2}$

Жоқарыдағы теңлемеден көринип турғанындай, киши R_c салыстырмалы қарсылыққа ийе болыў ушын, киши барьер бийиклигине ийе болған контактлерди пайда етиў керек.

Жоқары қәддили легирленген металл-ярымөткізгіш контактинде токтың туннельлик компонентасына ийе болып, ол төмендеги формула менен анықланады

$$J_t \approx \exp\left(\frac{-q \cdot \varphi_{Bn}}{E_{00}}\right) \quad (3)$$

бул жерде E_{00} - Падовани хәм Стреттон параметри болып(яғный туннеллеўдиң храктеристикалық энергиясы), ол төмендегиге тең:

$$E_{00} \equiv \frac{q \cdot \hbar}{2} \sqrt{\frac{N_D}{\varepsilon_s \cdot m^*}} = 18.5 \cdot 10^{-15} \cdot \sqrt{\frac{N_D}{\varepsilon_s \cdot m^*}} \quad (4)$$

бунда N_D - донорлардың концентрациясы. Сонда биз мынаған ийе боламыз:

$$R_c \sim \exp\left(\frac{q \cdot \varphi_{Bn}}{E_{00}}\right) = \exp\left[\frac{2 \cdot \sqrt{\varepsilon_s \cdot m^*}}{\hbar} \cdot \left(\frac{\varphi_{Bn}}{\sqrt{N_D}}\right)\right] \quad (5)$$

Жоқарыдағы (5) теңлемеден көринип турғанындай, туннельлик областьта контакттың салыстырмалы қарсылығы $\varphi_{Bn} / \sqrt{N_D}$ дан экспоненциаль түрде ғәрезли болады.

Солай етип киши салыстырмалы қарсылыққа ийе ярымөткізгіштерді алыу үшін жоғары дәрежеде легирлеу ямпа киши барьер бийиклигіне ийе болған материалларды алыу керек.

Авторлар [11] GaAs и GaP кристалларының бетлік областларының қасиетлеріне импульсик лазерлик нурландырудың (ИЛН) тәсирин изертлеген. ИЛН рубин $h\nu_1=1.8$ эВ (GaAs үшін) хәм эксимер $h\nu_2=4$ эВ (GaP үшін) моноимпульсары ($\tau=15\div 20$ нс) менен оптикалық квантлық генератор жәрдемінде орынланған. Еки оптикалық квантлық генератор ушында интенсивликтің бир тексизлиги 5% тен аспаған. Авторлар тийкарғы дыққатты үлгинің бетинің ериуі үшін жетерли болмаған лазерлик импульстің энергиясын алыуға аударған. Лазерлик тәсирден кейин бетлік қатламларда точкалық дефектлер пайда болатуғынлығы анықланған. ИЛН да дефектлердің генерациясы жыллылық пенен де, атермикалық жол менен де өтетуғынлығы көрсетилген.

Соңғы ўақытлары металл-ярымөткізгіш контактиналыўдың технологияларының бири импульсик лазерлик нагрев усылы болып есапланады. З.Ю. Готра, С.А.Осередьколардың көрсетиўинше [12] жоғары атап өтилген усул менен контакттерді алыу ярымөткізгішли приборлардың сапалығын хәм шыдамлығын арттырады. Авторлар Джаманбадин К.К., Дмитриев А.Г. [13] лазер нуры жәрдемінде ярымөткізгішли эсбапларға омлық контакттерді алыу өзинің әпиўайылығы хәм бир қатар артықмашлықларына ийе деп есаплайды. Басқа тәсирлерге қарағанда лазерлик тәсир қысқа тәсир етиў ўақты менен айрылып турады, яғный бул ўақыт ишинде ярымөткізгіш материалы қызып үлгермейди хәм оның ишинде айтарлықтай өзгерис жүз бермейди.

Әдебиеттерде Воронков, Вяткин және тағы басқалар [14], Шоттки барьерінің параметрлеріне лазерлік әсерді зерттей отырып, лазерлік әсері Pd-GaAs контактінің барьер биіктігінің өзгерісіне алып келетіндігін анықлады.

Авторлар барьер биіктігінің өзгерісін арсенид галлий бетінде палладий менен легирленген жиңішке жуқа қатламның пайда болуы менен түсіндіреді. Тәжірибеде 1.06 мкм толқын ұзындығына және 10^{-6} с әсер етудің уақытан ие лазер нуры пайдаланылды. Үлгі бетінде электрондық типтегі эпитаксиальдық арсенид галлий қолланып, оның концентрациясы $(1-3) \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$ және концентрациясы $2 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$ ға тең болған тесікшелік арсенид галлий қолланылды. 0.5 мкм қалыңдыққа ие палладийдің пленкасы электрохимиялық SiO_2 диэлектрик етің ұсылы менен алынды.

Тәжірибеде алынған нәтижелер соны көрсетеді, Pd-GaAs контактінің электрлік қасиеттерінің энергияның тығыздығына байланысты өзгерісін шегералық характерге ие. энергияны $E > 0.2 \text{ Дж/см}^2$ дан көбейтудің контактің кері тогының артуына алып келсе, ал пробойдың кернеуі өзгеріссіз қалады.

II БАП. ЭКСПЕРИМЕНТ МЕТОДИКАСЫ

2.1. Шоттки барьерли диодлардың электрофизикалық характеристикаларын изертлеу методлары

Статикалық вольт-амперлік характеристиканы изертлеу жетерли дәрежеде әпiуайы орынланады, жеңил автоматластырыу арқалы ярым өткізгішли диодтың актив қабатының қасиетлери ҳақында кең мағлыұматлар береди.

Вольт-амперлік характеристиканың тууры бағыттағы шақасы избе-из қарсылық ҳақында мағлыұмат береди, ал Шоттки диодында болса, онда ол металл ярым өткізгіш барьериниң бийиклиги ҳәм өткен қабатының характеристикалары ҳақында да билдиреди. Пробой кернеуиниң мәниси бойынша ярым өткізгішли диодтың актив областы бойлап электр майданы ҳәм майда қәдилер бөлистирилиуи ҳақында айтыу мүмкин.

Туннеллик кери токтың бар болыуы Шоттки барьериндеги контактлы қабаттағы параметрлерди анықлауға мүмкиншилик береди. Статикалық вольт амперлік характеристикалардан алынған мағлыұматлар ҳәм пробойдың анық конструкциясының мәниси ҳәм оның ислеу режими потенциал исенимли диодлардың ажыратып алыуына кепиллик бериуди ислеп шығыуда кең мүмкиншиликлер береди.

2.2. Модуляциялық дифференциалау

Ярым өткізгіштиң зоналық структурасының айрықшалығы вольт-амперлік характеристикадағы сызықлы емесликлерди үйрениу ярым өткізгіштиң зоналық структурасы ҳәм заряд тасыушылардың

тәсиріндегі қызығу процесстері хакқында бахалы мағлыұматларға мүмкиншилик береді. Бирақ хәтте салыстырмалы жоқары майданларда вольт-амперлик характеристиканың көрсетилген сызықлы емесликлері хәлсиз ажыралады. Буннан тысқары, бундай сызықлы емесликлер параметрлериниң жийиликли ғәрезлиликлері үлкен қызығушылық туұдырады. Бундай изертлеу ушын тийкарынан хәр қыйлы модуляциялық методлар, мысалы екінши, үшінши гармоникалы өлшеу, гармониканың ауысыуы, синхронлы детекторлау қолланылады. Бул методлардың бәриниң мазмунында вольт-амперлик характеристиканы дифференциялауға алып келді. [15] Көпшилик жағдайларда ярым өткізгішлерди изертлеуде экспотенциал участкалар параметрлерин анықлау зәрүр. Бул экспонентаның көрсеткишине пропорционал болған характеристикалары бойынша модуляциялық дифференциялау методы арқалы аңсат әмелге асырылады.

$(I'/I) (U) : (I''/I) (U)$ хәм $I (U)$ характеристикалары улыұмалық түрге ийе, оның ярымөткізгішлер физикасында ушырасатуғын бөлеги:

$$I = U^n \exp(U'/U_0)m$$

$$\varphi(U)U(U)d\varphi/dU = (I''/I' - I'/I)_n + 1$$

функциясын изертлеу жәрдемінде анализлениуи мүмкин. Бул изертлеулер модуляциялық методлар жәрдемінде әмелге асырылады.

Модуляциялық дифференциялау методы қадаған етилген зонадағы кәддилерди, характерлик жоғалтыулар хәм сол бойынша бетлик қатламдағы қосымталар болыуын хәм ярымөткізгіштиң зоналық структурасының айрықшалықларын анықлауға мүмкиншилик береді.

Ярым өткізгішли диодлардың кши докал сызықлы емесликлерин анықлаудың сезгир методы модуляциылқ дифференциялау болып табылады. Вольт-амперлик характеристикада бундай сызықлы

емесликлердің болыуы ток өтиу механизмлеринің алмасыуы, локал ток өтиуші участкаларының қосылуы (МП), ток өтиудің бир теклигиінің бузылуын билдириуі мүмкин. Сонлықтан вольт амперлик характеристиканың сызықлы емесликлерін есапка алыу деградация процесслердің мүмкиншиликлери хәм тезлиги хаққында жуумақ шығарыуға, яғный вольт-амперлик характеристиканың пробой участкасында ислеитугын диодлардың исенимлилигин анықлауға мүмкиншилик береді.

Метод идеясы диод арқалы өтиуші I_{nw} тоги гармоникасын диодқа U_0 ауысу кернеуі менен бирликте избе-из моуляциялаушы жарғы тис тәризли сигнал берилгенде анықлаудан ибарат. Егер $U_\infty \ll U_0$ болса, онда $I_0(U_0)$ биринши гармоника амплитудасы $\partial I / (\partial U / U_0)$ биринши тууындыға пропорциональ, екинши амплитудасы I_{27} вольт-амперлик характеристиканың екинши тууындысына пропорциональ. Бул тууындылар модуляциясыз өлшенген тууры вольт-амперлик характеристикадан алынуы да мүмкин еді. Бирақ ловинли пробойды үйрениуде бул хәр бир микроплазманың қосылуында жоқарылап баратуғын шауқымның хәдден тыс жоқары қәддиде болуы себепли қыйын мәселе болып табылады хәм тек ғана модуляциялық метод бул мәселени шешиуге мүмкиншилик береді.

Микроплазмалық пробойды модуляциялық изертлеу ушын қолланылатуғын электролық схема 2.1-сүүретте көрсетилген. Ол избе-из тутастырылған, барлығы бирге сигнал дереги блогин пайда ететуғын развертка генераторы ($U_0(+)-1$), турақлы ауысу дереги U_0-2 , ис жийилигинің модуляциясының генераторы 3 тен турады U_0 мәниси U_0 пробой кернеуіне жақын орнатылуы мүмкин хәм соңынан микроплазмалардың дифференциал иймекликлерин хәм вольт-амперлик характеристикасын алыу ушын U_0 киши интервалда

толқынлы түрде жайылады. Бунда ΔU еки координаталы «Самописец»-8 диң X координатасын басқарыу ушын қолланылады.

Ток үлгиси жер менен сигнал дерегиниң шығыуы арасында өлшенетуғын үлгідеги кернеуде минимал қәтеликке ийе болатуғын 4-операцион көрсеткиш пенен өлшенеди. Операцион көрсеткиштин шығыу сигналы статикалық вольт-амперлик характеристиканы дүзиу ушын қолланыу мүмкин ямаса синхронлы детектор -5 жәрдемінде қайта ислеуден соң дифференциал ғәрезлилик дүзиу ушын қолланылады. Биринши тууынды өлшенетуғын жағдайда аұысыу кернеуи жийиликти көбейткиште 6 түрлендирилген еки еселенген жийиликтеги U_2 сигнал менен модуляцияланады $U_{2\infty}$ еки жағдайда да сигнал сыпатында қолланылады.

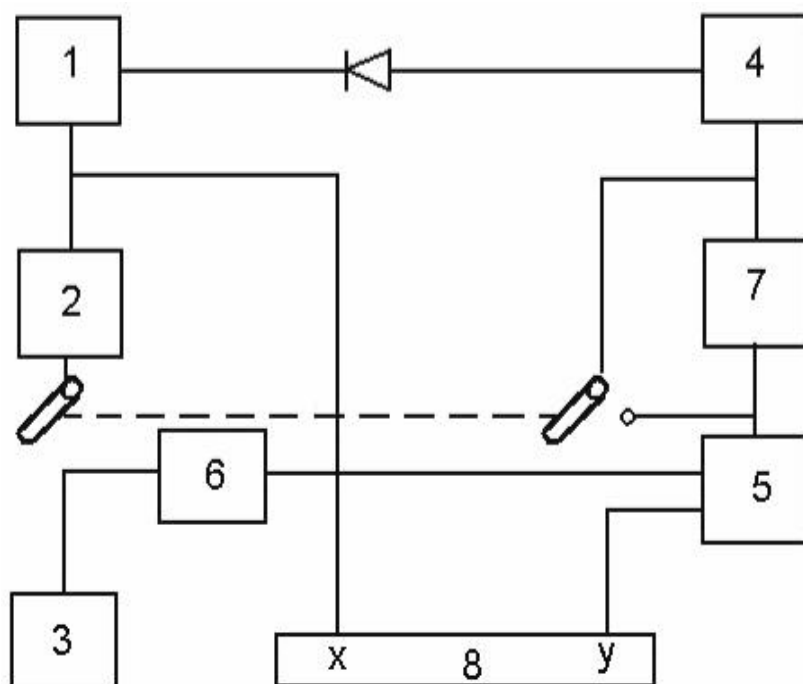
Развертка кернеуи X самописец кернеуине барады. Кернеудин киши модуляциялық мәниси микроплазмалық шаұқымның статистикалық қәсийетлерине күшли тәсир етеди.

Вольт-амперлик характеристиканың екинши тууындысының графиги ҳәр бир жаңа микроплазманың қосылыуына сәйкес келетуғын ушқыр «пик»лерден турады. Бул «пик»лердин санын үлгідеги микроплазмалардың толық жыйнағы анықлайды. I_{27} шығыу сигналы диодтың микроплазма менен байланыспаған дифференциал қарсылығы болыу себебинен қосымша жарғы тис тәризли сигналдан турады. Бул сигнал 16 функциясы болып ол микроплазмалық «пик»лердин аңсат ажыратлығы болыуы мүмкин.

Солай етип модуляциялық метод микроплазмалардың қосылыуында кернеуди хәм олардың санын анықлауға хәм ҳәр бир бөлек микроплазмаға сәйкес келетуғын ток басқышлары хәм өткизгишлилигин анықлауға мүмкиншилик береді. Микроплазмалық пробой диодтың бираз дефектли точкаларында болатуғынлығы

себеппи микроплазмалар саны хэм пробойдың дифференция иймекликлериниң улыўма формасы диодтың жумыс областының деффегитлигиин характерлейди. Бул тийкарда бираз қызған микроплазмаларды бөлип шығарыўға, олардың температурасын хэм деградация интенсивлигиин баҳалаў мүмкин болғанлықтан бул мағлаўматларды диод исенимлигиин хэм сапасын болжаў ушын қолланыўға болады.

Туўынды вольт-амперлик характеристикаларды анықлаў методы диодта пробойдың хәр қыйлы кернеўине ийе областларды анықлаўға мүмкиншилик береді. Хәр бир бундай областқа $\partial^2 I / \partial y^2 (V_0)$ ғәрезлигииндеги максимумлар хэм $d I / dy (V_0)$ ғәрезлигииндеги басқышлар сәйкес.



2.1-сүўрет. Микроплазмалық пробойды модуляциялық изертлеў ушын қолланылатуғын электронлық схема

Усы характеристикалары бойынша пробой бир тексизлигин жумыс режиминдеги ең қызғын областтың температурасын баҳалаўға болады хәм потенциал исенимли емес болған диодларды ажыратыўға мүмкиншилик береди.

2.3. Микроплазмалық характерограф

Изертлеулердің көрсетіуінше үлкен геометриялық өлшемлердегі Шоттки барьеринің вольт-амперлік характеристикасының кері шақасын тийкарынан микроплазмалар деп аталыушы киші пробой областлары анықлайды. Олар кристаллық пәнжередегі дефектлер менен байланысly болады.

Микроплазмалар хәтте Шоттки тосқынында үлкен токтардың өтип кетіуіне себепші болады. Сондай-ақ улыуа Шоттки барьеринің пробойлық кернеуінен көп киші кернеулерде айырым микроплазмалар пайда болыуы мүмкін. Шоттки пробойының пробойлық кернеуіне жақынлаған сайын жоқарыда айтып өтилген микроплазмалар арқалы белгили бир шамадағы ток өтеди. Бул ток Шоттки барьеринде қосымталардың диффузиясы болып өтетугын хәм сәйкес әсбаптың электрлік характеристикасының өзгериуіне алып келетугын температураға шекем локаллық қызыуын пайда етеди.

Шоттки барьеринің сапасын характерлеу ушын биринши микроплазманы пайда етиуші кернеу шамасын, сондай-ақ микроплазманың басқа да параметрлерин анықлау керек.

Соңғы ўақытлары микроплазмалық қубылыстарды айрықша мақсетте қолланыуларды басламақта:

Наносекундлы инпуьлели жақтылық дереги ретинде, гамма нурларының детекторы ретинде хәм тағы басқалар. Усыларға байланысly микроплазма сапаларын, порометрлерин анықлау өз алдына қызығыушылық туўдырмақта.

Айтып өтилген мәселелерди орынлау ушын микроплазмалық характерограф тийкарына токтардың пульзацияланыуын хәм секириулерин пайда ететугын микроплазма қәсийетлери қойылған.

Соның нәтижесінде вольт-амперлік характеристиканың тиклиги өлшенеді. Вольт-амперлік характеристикадағы өзгерістер корпусқа орнатылған ярым өзкізгіштерде, яғни таяр ярым өткізгішлі әсбаптарда бақылау мүмкін.

Турақлы кернеуге киші амплитудадағы жарғы тис тәрізлі кернеуді қоса отырып электрон осциллограф экранында Шоттки барьерінің вольт-амперлік характеристикасының кері шақасының үлкен болмаған обласын бақылау мүмкін. Бұл усы облас ты үлкейтілген масштабта көріуге мүмкіншілік береді хәм соның менен биргелікте микроплазманың «секириў» хәм үзіліслерін характерлейтуғын вольт-амперлік характеристикасының микроструктураларын анықлауға мүмкіншілік береді.

Турақлы кернеу шамасын өзгерте отырып осциллограф экранында Шоттки барьерінің вольт-амперлік характеристикасының кері шақасын үлкейтілген масштабта бөлек-бөлек көріуге болады. Микроплазма пайда болыуы менен келип шығатуғын токтың секириўлері 10-100 мкН шамасында болады, ал микроплазма арқалы киритілген қосымша қарсылықты характерлейтуғын вольт-амперлік характеристиканың өсиуі 10 кОм шамасында болады.

Қурылманың әпиўайыластырыуына алып келетуғын тийкарғы факторлар төмендегилерден ибарат:

1. Микроплазманың вольт-амперлік характеристикасы осциллограф экранында келтирилген координаталық көшерлерде созылады, бұл вольт-амперлік характеристиканың берілген участкасының шамасын бақылауға мүмкіншілік береді.

2. Басланғыш утечка тогының вольт-амперлік характеристикаға тәсир етиўін конфенциялау мүмкіншілигин береді, сондай-ақ алдын төмен кернеулерде пайда болған микроплазма арқалы өтиўши

токты конфенциялауға мүмкиншилик береді. Булар Шоттки барьеринің басқа микроплазмаларының тәсірін есепке алмағанда қалеген (тек ғана биринши емес) микроплазманың вольт-амперлик характеристикасын көриўге мүмкиншилик береді.

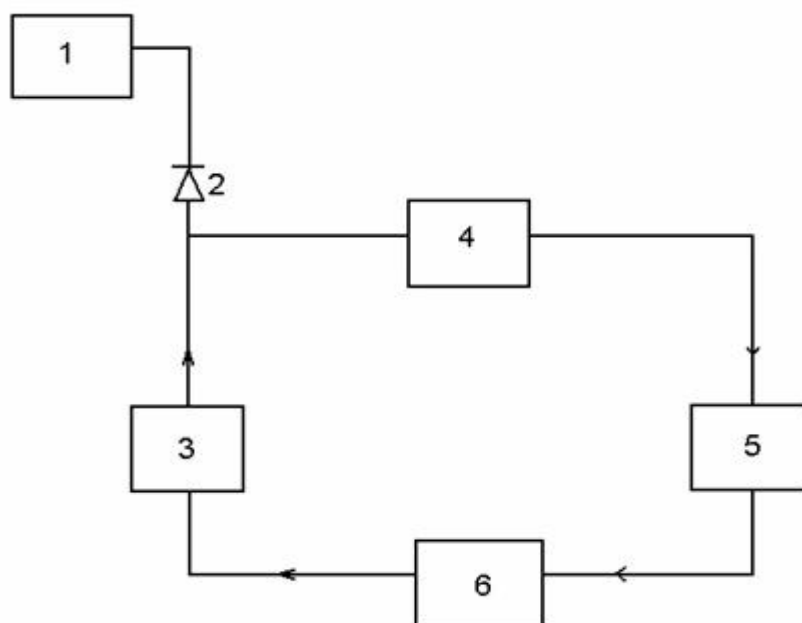
3. Микроплазманың вольт-амперлик характеристикасының параметрлерин (микроплазманың пробойлық кернеўиниң шамасын, микроплазманың тогының секириў шамасын, микроплазма қарсылығын) изертлеўдиң қолайлы илажлары көрилген. Микроплазмалық характериограф микроплазмалардың жеке характеристикаларын (дифференциал қарсылығын R_c жумыс ислеў режиминдеги микроплазма арқалы өтетугын токты ΔI) анықлауға мүмкиншилик береді. 1-ши микроплазманың дифференциал қарсылығы вольт-амперлик характеристиканың сызықлы участкасының иймейиўи бойынша анықланады. Егер $R_{s1}, R_{s2}, \dots, R_{si}$ вольт-амперлик характеристикасының избе-из участкаларының қарсылықлары болса, онда сәйкес микроплазмалардың қарсылықлары төмендегише болады.

$$R_{mn} = R_{Si} R_{Si} / (R_{Si-I} - R)$$

Жумыс ислеў режиминде микроплазма арқалы өтиўши токты вольт-амперлик характеристиканың сәйкес участкасын жумыс ислеў кернеўине ($U_{жс}$) шекем экстрополяциялаў жолы менен анықлауға болады.

$$I_{mn} = (U_{жс} - \Gamma_{mni}) / R_{mn}$$

Микроплазмалық характериографтың блок схемасы 2.2-сұйретте көрсетилген. Ол төмендегіше істейді: тұрақты кернеу дерегі 1 ден диод 2 ге кернеу беріледі. Сонда-ақ, диодқа жарғы тис тәрізлі ток генераторы 3-ден жиілігі жарғы тис тәрізлі ток импульстары беріледі. Ол осциллографтың шығуы нүктесі менен синхронланған болады. Диодтағы кернеу шығуы қарсылығы жоқары болған хәм аз сыйымлылыққа ие болған кең поласалы күшейткіш 4-ші жәрдемінде күшейтіледі. Соң усы сигнал амплитудалы-жиіліктілі характеристикасын күшейтетуғын күшейткіш 5-ге болады.



2.2 -сұйрет. Микроплазмалық характериографтың блок схемасы. 1 - тұрақты кернеу дерегі; 2-диод; 3-жарғы тис тәрізлі ток генераторы; 4-күшейткіш; 5-амплитудалы жиіліктілі характеристиканы күшейткіш; 6 – осциллограф.

Усы уақытта осциллограф 6 экранында вольт-амперлік характеристиканың участкалары сұйретленеді. Уақыт көшери (абсцисса) үлгі арқалы өтетүгын нүкте сәйкес келеді, ал ордината

үлгідегі кернеуге сәйкес келеді. Амплитудалы жийиікли характеристиканың жоқарылауы вольт-амперлик характеристикаға тәсир етпейди, бірақ жоқары жийиікли кернеу құраушылары бар жерлерде, яғный микроплазмалардың қосылуы орынларында вольт-амперлик характеристикада жайылулардың пайда болуына алып келеді.

Жоқарыда айтып өтилген характериограф тек ғана микроплазма характеристикаларын өлшеп қоймастан микроплазмалардың бар екенлиги хәм диодлардың вольт-амперлик характеристикасын оператив қадағалап барады, ал микроплазмалардың характеристикалары арасындағы корреляцияны есапқа ала отырып үлгілердің сапасы, исенимлилигин хәм де пробой участкасында ислеуши, мысалы, лавинли-пролетлы диодлардың узақ ислеушилигин болжап бере алады.

III. Бап. Экспериментте алынған нәтижелерди талқылау

3.1. Шоттки диодларының электрофизикалық қасиетлеріне микротолқынның тәсірін изертлеу

Соңғы жылдарда микротолқынлық ярымөткізгіш материалларға, приборлық структураларға хәм приборларға тәсірине болған қызығыушылық сезилерлі дәрежеде артты [17-19]. Бул болса ярымөткізгіш приборлардағы ишки тәсірлердің (температура, күшли электр хәм магнит майданлары, радиация, ЖЖЖ нурландыруы х.т.б.) нәтижесінде пайда болатуғын деградация механизмлерін изертлеудің жаңа технологияларын табыу менен байланысly. Ярымөткізгіш материаллардың хәм олар тийкарында исленген әсбаплардың параметрлерінің өзгеріс себеплерінің бири бул ишки механикалық кернеу (ИМК) болып, ол [17] жумыста көрсетилгеніндей барлық уақытта ярымөткізгіш әсбаплардың деградациясына алып келиуі мүмкін емес.

Биракта ярымөткізгіш әсбаплардағы хәм кристаллардағы релаксациялық процесслердің кең түрде изертлениуіне қарамастан (соның ишінде $\text{TiBx-n-p}^+\text{GaAs}$ бетлик-барьерлик структурасының), профессорлар Ю.А.Тхорик хәм Қ.И.Исмаиловлардың илимий хызметкерлері тәрепинен кең көлемде жумыслардың [20] орынланыуына қарамастан, бул жумысларда [20] ЖЖЖ нурландыруы тәрепинен стимуланған ИМК дің релаксациясы изертленбеген. Сонлықтан бизің питкеріу жумысымыздың мақсети Шоттки диодларына қысқа толқынлы тәсірдің нәтижесінде ИМК дің релаксациясын үйрениуден ибарат.

Усы мақсетте қысқа толқынлы тәсірге дейін хәм кейін П201 профилометр-профилографында $\text{TiBx-n-p}^+\text{GaAs}$ структурасының

иймеклик радиусы R өлшенди. TiVx-металлының қалыңлығы 0,14 мкм ге тең болып, ол электрон-нурлы метод пенен алынды. Усы структурада хәр бир иймеклик радиусын өлшегеннен кейин «X'Pert PRO MRD» дифрактометрінде рентгенлик дифрактометр жәрдеминде металлизацияның фазалық курамы өлшенди. Сондай-ақ планарлық технологияны қолланып фотолитография жәрдеминде вольтамперлик характеристикасы өлшенди. Профилограммалар пленка тәрөпинен жазылды.

Ишки механикалық кернеў TiVx- GaAs - еки қатламлы моделине жуўықластырылған Стоун формуласы жәрдеминде есапланды

$$\sigma = \frac{E \cdot d^2}{6 \cdot (1 - \nu) \cdot R \cdot t},$$

бунда $t=0,14$ мкм- TiVx қатламының қалыңлығы, $d=400$ мкм - n^+ -GaAs подложкасының қалыңлығы $E=1,4 \cdot 10^{11}$ Па GaAs подложкасының Юнг модули, $\nu=0,27$ Пуассон коэффициенті, $R = \frac{l^2}{8m}$ - иймеклик радиусы

$f=2,45$ ГГц жийиликли хәм шығыў қуўатлылығы 160Вт (салыстырмалы қуўатлылығы $\sim 1,5$ Вт/см²) болған қысқа толқынлы нурландырыўдан кейин, 1-5 с ўақыт ишинде иймеклик радиусы хәр қыйлы ўлгилерде 3-4 есе дәслепкиге қарағанда өзгериске ушырады. [21] жумыста көрсетилгениндей, диодлық стуктураның параметлери жақсыланды.

Дәслепки стуктура киши иймеклик радиусына ийе еди. Қысқа толқынлық тәсирден кейин 5 с ишинде иймеклик радиусының артыўына, демек ИМК дин кемейиўине алып келди (5-сўўрет).

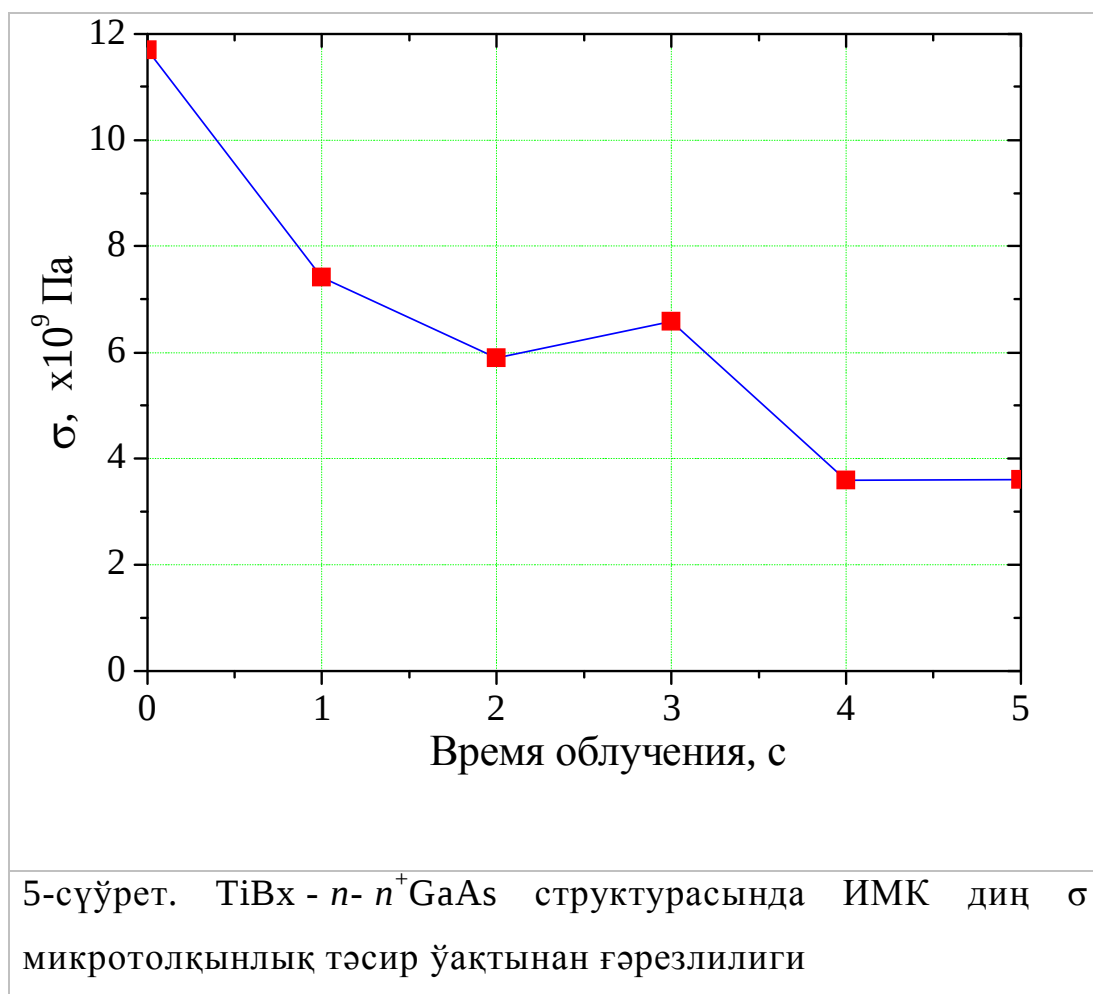
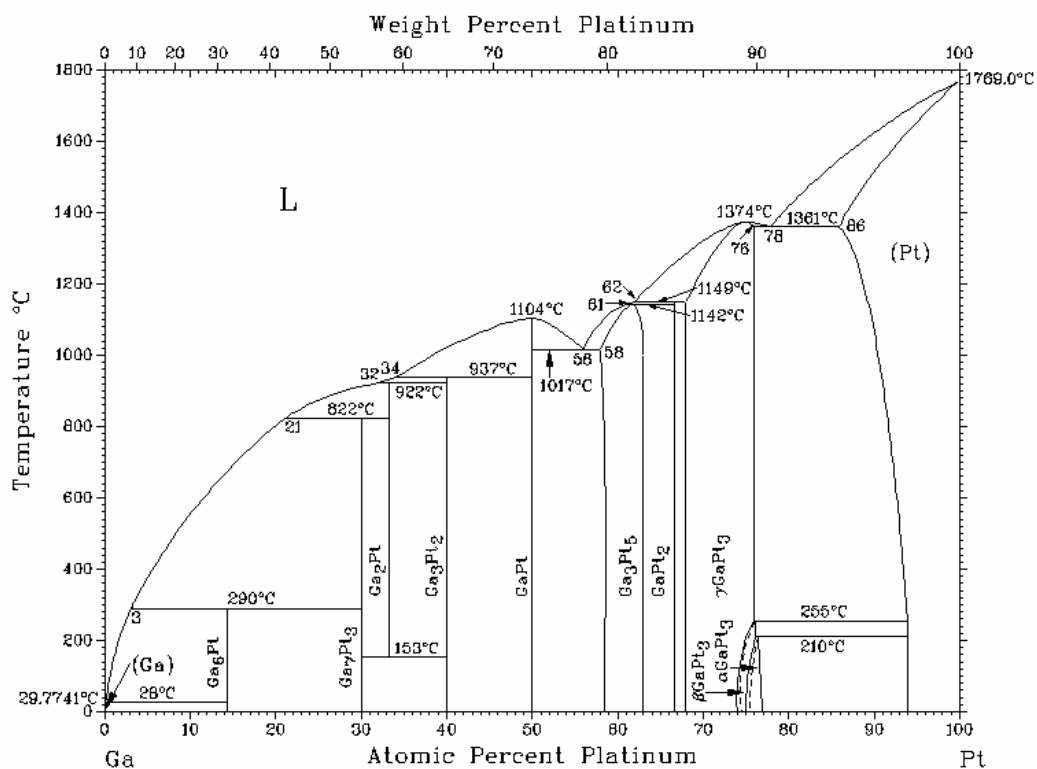


Таблица 3.

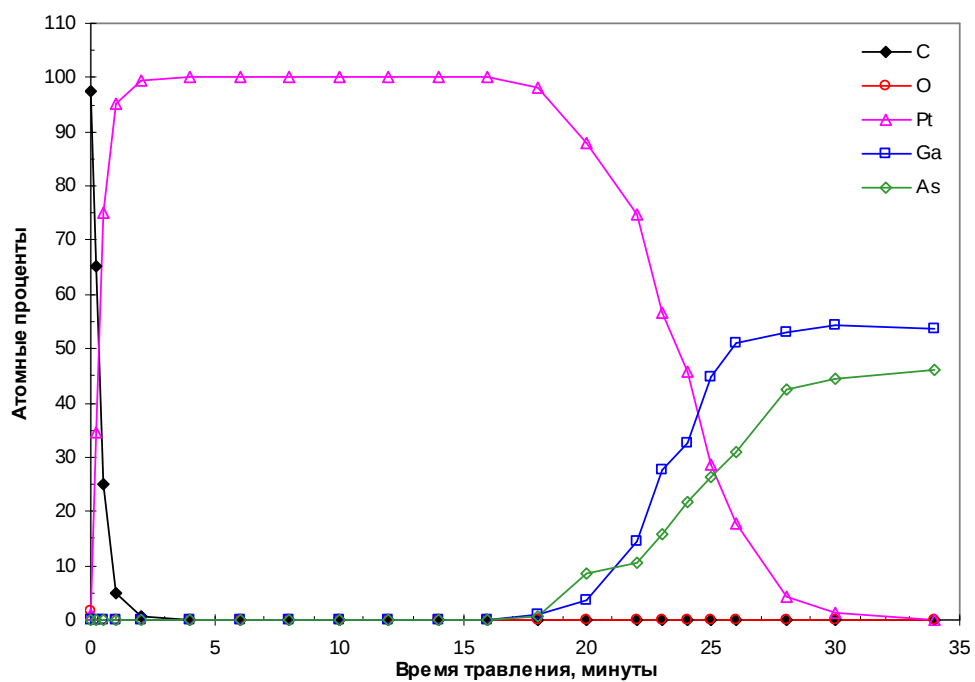
ЖЖЖ қайта ислеўге дейин хәм кейин TiBx- n - n^+ GaAs Шоттки барьерли диодлық структура параметриниң өзгерислери

	Нурланыў уақты, с					
Структура параметрлери	0	10	20	30	40	50
$R, \text{ м}$	2.72	4.32	5.43	4.86	8.91	8.89
$\sigma \times 10^9, \text{ Па}$	11.70	7.41	5.89	6.58	3.60	3.59
n	1.15	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
$\varphi_B, \text{ В}$	0.74	0.78	0.78	0.8	0.8	0.8

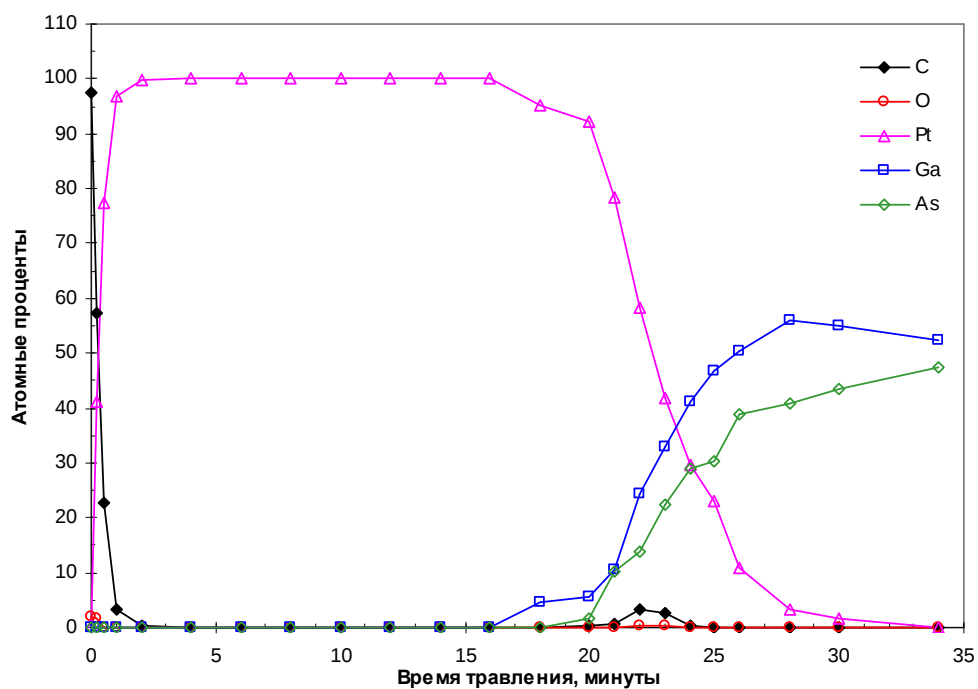
Структураның ишки механикалық кернеуиниң нурланыў уақтынан ғәрезлилиги үлгиде релаксациялық процесслердиң бирдей өлшемли емеслигин көрсетеди. Буның бир себеплериниң бири реал структураның, яғный күшли легирленген подложканы, эпитаксиал пленканы ҳәм пленка-металл шегерасында өтиў қатламын ҳәм TiVx қатламын өз ишине алатуғын структураның пайда болғанлығы болып есапланады. Бул өз гезегинде көп қатламлы модель менен түсиндириледи.



7-сүўрет. Ga-TiVx системасының фазалық диаграммасы.



а)



б)

8-сүүрет 24 с даўамында ЖЖЖ тәсирге дейин (а) хәм кейинги (б)
 $\text{TiVx-}n\text{-}n^+\text{GaAs}$ контакти компонентлери бөлистирилиўиниң
 концентрациялық профиллери.

Соны айтып өтиў керек, GaAs ге платинлик барьерлерди пайда еткенде жийи гүзетилетуғын TiB_xAs_2 фазасы бизиң жағдайымызда бақланбады, себеби ол тан жоқары температурада пайда болады.

Бул TiB_xAs_2 фаза Ga-TiBx фазалық диаграммасына сәйкес $T=153^\circ\text{C}$ температурада пайда болады. Бундай температураға GaAs бетлик қатламы электрон-нурлы напыление ўақтында ериседи, егер қызыўдың алдың аламасақ. 4с ҳәм 24с секунд ўақыт аралығындағы қысқа толқынлық тәсирлер TiBx-GaAs контактинде фазалық өзгерислерге алып келмеди. Соның менен бирге TiB_xGa_2 фазасын өз ишине алатуғын металлизация бөлегиниң фазалық қурамыда өзгермеди. Бул үлгиниң сезилерли қызбағанлығынан дерек береди.

3.2. $\text{TiB}_x\text{-GaAs}$ диодлық структураның микротолқынның ишкі механикалық кернеуіге тәсірін үйреніу

Әдебий шолыуда айтып өткеніміздей микро толқын нурланыуы яғный аса жоқары жийликтегі (АЖЖ) нурланыу нәтийжесінде металл ярымөткізгіш контактте термикалық эффекттен басқа электромагнит толқын энергиясының қайта пайда болыуы менен бир қатарда атермикалық процесс әмелге асады. Бул АЖЖ нурланыуды белгили нурланыулар радиация, ультрасеслер менен бир қатарда екенлигин пайда етиу ушын технологиялық жағдайда хәм ярымөткізгіштен структуралардың теңсалмақсызлық дәрежесин азайтыуы мүмкин. АЖЖ нурланыуының жоқарыда аты аталған нурланыулардан артықмашылығы сонда бул нурланыудың жийлиги хәм электромагнит нурланыу қууатылылығын өзгерте отырып керрекли дозаны алыуға болады. Екинши жақтан бул эффектти ярымөткізгіш приборларды қайта ислеуде қолланыу мүмкиншлигин береді.

Кейинги ўақытлары микро толқын нурланыуын радиация хәм ультрасес пенен бир қатарда ярымөткізгіш приборды технологиялық операциядан кейин пайда болған дефектлерди гетерирлеу ушын кеңнен қолланылады. Ал алдыңғы ўақытлары микро микро толқын нурланыуы тек ғана термикалық писириу (отжиг) ретинде қолланылып келген еді. [21] жұмыс авторлары тар зоналы $\text{CdHg}_{1-x}\text{Te}$ хәм ең зоналы GaAs , GaAs хәм InP ярымөткізгішлерине микро толқын нурланыуын изертлеген.

Олар бул ярымөткізгіш материалларды 1-60 с даўамында 5 kW қууатлылықтағы магнитронда қайта ислеген. Микро толқын тәсірине дейинги хәм тәсіринен кейинги вольт-амперлик хәм вольт фарадалық характеристикаларын, тийкарғы емес ток тасыушылардың

диффузиялық ұзындығы хәм металл-ярымөткізгішли контакты шегарасында компонентлердің бөлістирилиў профилин қарастырған.

Олар пикири бойынша микро толқын нурланыўы тәсири ярымөткізгіш материалдың дәслепки ҳалына яғный технологиялық тазалығына байланысly болады. Яғный микро толқын ярымөткізгіш материалдың дефектлик структурасына тәсир етеди, басқаша сөз бенен айтқанда микро толқын нурланыўы нәтийжесинде дефектлердің жылжыўы пайда болады. Бул өз гезегинде ток тасыўшылардың жасаў уақты τ_p хәм Холла турақлысының өзгериўине алып келеди, бизиң қарастырып атырған жағдайымызда $1 \div 60$ с даўамында микро толқын менен нурландырғанда сўўретленип атырған барлық материалларды изертленип атырған барлық материалларда бул шамалардың артқаны байқалған.

Ярым өткізгіш приборлық структурадағы ишки механикалық кернеўдің өзгериси яғный релаксациясы өз гезегинде приборлық структураның электрофизикалық қасийетиниң өзгериўине өз тәсирин тийгизеди.

Хәр қыйлы сыртқы тәсирлер нәтийжесинде усы ишки механикалық кернеўди релаксациялаў мүмкин, нәтийжеде усы приборлық структура параметрлерин жақсылаўға болады. Себеби әдебий шолыўда айтып өтилгениндей ишки механикалық кернеў приборлық структураны технологиялық таярлаў процессинде хәм жумыс ислеў процессинде пайда болған дефектлер нәтийжесинде жүзеге келеди хәм бул ишки механикалық кернеў концентрациялық характерге ийе.

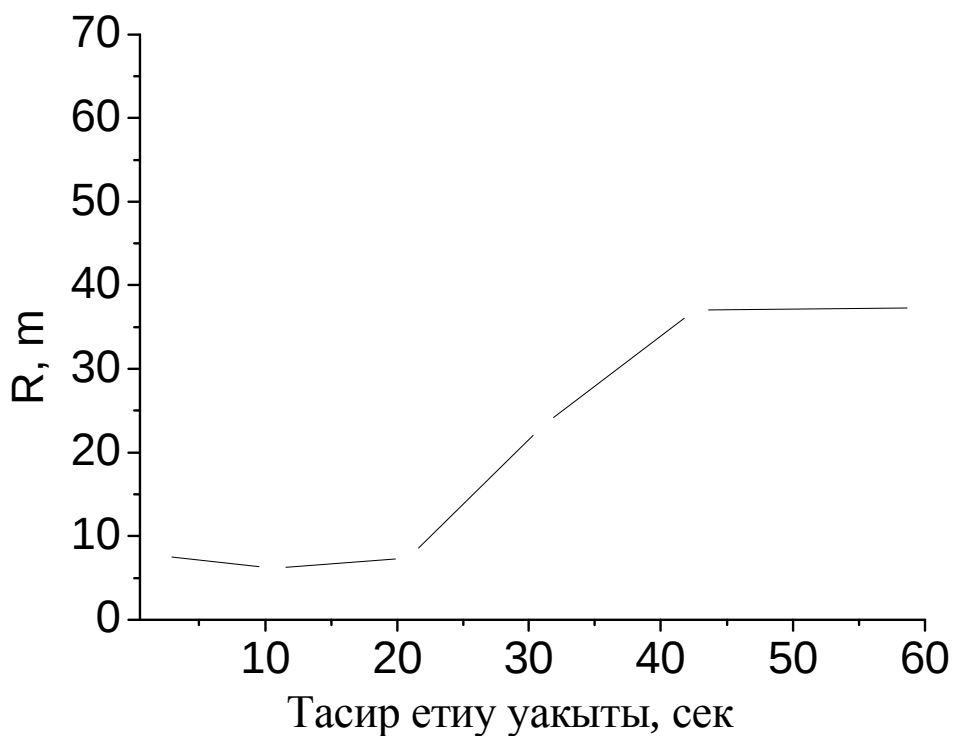
Сонлықтан биз усы питкерий қәнигелик жумысының усы параграфында ишки механикалық кернеўдің Au-TiBx-GaAs диодлық структура иймеклик радиусына тәсирин қарастырдық.

Бизиң қарастырған жағдайымызда микро толқын нурланыўының дәслепки секундларында ишки механикалық кернеў релаксациясы диодлық структураның параметрлериниң жақсыланыўына алып келеди.

3.2. таблица микро толқын нурланыўына дейинги хәм микро толқын нурланыўынан кейинги $\text{TiB}_x\text{-GaAs}$ диодлық структура параметрлериниң хам иймеклик радиусы R диң микро толқын нурланыўына ғәрезлиги көрсетилген.

Таблицадан көринип турғанындай микро толқын нурланыўының дәслепки секундларында структура параметрлери жақсыланады хәм де усы параметрлери жақсыланған ўақыт аралығында иймеклик радиусы да артады, бул иймеклик радиусының артыўы ишки механикалық кернеўдиң азайыўын көрсетеди. Демек параметрлердиң жақсыланыўы ишки механикалық кернеў релаксациясы нәтийжеси болып табылады.

Соныда айтып өтиўимиз керек нурланыў ўақтының артыўы менен жоқарыдағы айтып өткен процеске кери процесстиң жүзеге келгенин көриўимизге болады. Яғный $\text{Au-TiB}_x\text{-GaAs}$ диодлық структурасын жийилиги $f=2,45$ ГГц қуўатлығы 160 Вт болған жағдайда нурланыў ўақты 60 секундтан артқанда параметрлериниң бузыла басланғанын усы 60 секндтан кейин иймеклик радиусының өзгергенлигин көриўимизге болады. Бундай дәслепки секундларда параметрлердиң параметрлердиң жақсыланыўын 3.2-сүўретте кери вольт амперлик характеристикасындағы кери ток шамасының нурланыў ўақтына ғәрезлилигиненде көриўимизге болады. 3.2-сүўретте 0, 30 хәм 60 с даўамында микро толқын менен $\text{TiB}_x\text{-GaAs}$ диодлық структураның кери вольт амперлик характеристиканың усы микро толқын нурларға байланыслылығы көрсетилген.



3.4-сүрөт. $\text{TiB}_x\text{-GaAs}$ тестлик структурасы иймеклик бети радиусунын микро толқын нурланыў уақтына байланыслығы

Графиктен көринип турғанындай микро толқын нурының дәслепки секундларында кери ток шамасы азаяды бул азайыў 60 секундқа артқан жағдайда кери ток шамасы 30 секунд тағыда қарағанда артады.

Буннан усы диодлық структура характеристикасының нурланыў уақты 60 секундтан артқан жағдайда бузылатуғынлығын кориўимизге болады.

Демек усы $\text{TiB}_x\text{-GaAs}$ диодлық структураның 1÷60 секунд даўамында жийилиги $f=2,45$ ГГц хәм қуўатлығы $W=160$ Вт микро толқын нурланыўы менен тәсир етиў нәтийжеиснде ишки

механикалық кернеуді өзгертіуге болады, соның менен бірге структура параметрлері жақсыланады.

3.4-сүретте иймеклік радиусының микро толқын нурланыу уақытына байланысты келтірілген Сүреттен көрініп тұрғанындай микротолқын нурланыуының дәлелікі моментлерінде ішкі механикалық кернеудің жоғарылағандығын көріуімізге болады, ал бірақ нурланыу уақыты 45 секундтан кейін ішкі механикалық кернеу шамасы азғана артқандығын көріуімізге болады. Нәтижеде уы TiB_x -GaAs диодлық структурасының микро толқын тәсірі нәтижесінде параметрлерінің жақсыландыу уақыт аралығын анықлау менен бірге, уы тәсірге шыдамдылығында анықладық.

Яғный уы микро толқын тәсірі нәтижесінде TiB_x -GaAs диодлық структураның параметрлерінің жақсыландыу уақыт аралығы 0÷50 с хәм тәсірге шыдамдылық уақыты 60 с қа дейін.

Ж У Ы М А Қ Л А Ы

Бұл питкеріу қәнигелик жумысында $\text{TiB}_x\text{-GaAs}$ диодлық структурасына сыртқы тәсир соның ишинде микро толкын нурланыуынын усы диодлық структура электрофизикалық характеристикасына тәсирин қарастырып төмендегидей нәтийжелерге еристик.

1. $\text{TiB}_x\text{-GaAs}$ диодлық структурасын 0-20 с уакыт аралығында микро толкын нурландырыуа диодлық структура параметрлеринин жаксыланганлығы анықланды.

2. $\text{TiB}_x\text{-GaAs}$ диодлық структурасын микро толкын нәтийжесинде усы диодлық структураның температураға шыдамлылық шеги анықланды.

3. Усы сыртқы тәсирлер нәтийжесинде $\text{TiB}_x\text{-GaAs}$ диодлық структурасының параметрлеринин өзгериуи менен бирге беттиң иймеклик радиусы өзгерисиде анықланды.

ҚОСЫМША БАП. МИЙНЕТТИ ҚОРҒАҰ

Мийнет қәуипсизлигин сақлау қағыйдалары

Электр қәуипсизлиги

1. Күшлениушихәм жақтыртқыш электр тармақларын койылган шәртлерге мууапык орнатыу.
2. Электр тогынан жарақатланыуудан корганыу затлары менен тамийнлеу. Қорғаныу затларын көрсетилген уақытларда сынақтан өткерий.
3. СВЧ генератлары хәм установкаларының электромагнит болып шығарыу кууат агымының тығызлығын өлшеуди өткерий.
4. Механикалык устахана, техник хызметлердин хәм басқада жумысшыларының техника қәуипсизлиги талаптарын билиуи бойынша жыллылык аттестация өткерий.
5. Окуу орынлары хәм оның бөлимлеринде электр хожалығына жууапкер адамлардың бекитилгени ҳаққындагы буйрықлардың болыуы.

Радияция қәуипсизлиги

1. Ионлық бөлип шығарыу (источниги) менен ислеу уақтында керекли болған документлер дизими.
 - Радияция қауипсизлиги хызметин дбзиу ҳаққында буйрық
 - ИБШИ менен ислеушилерди “А”, категориясына киргизуи хам оларға_____жумыс жағдайы ушын қосымша ҳақы толеу ҳаққындагы буйрық.
 - ИИИ ди ислетиу ушын арналған орынларды қабыллап алыу акти.
 - Жумысларды ИИИ ди ислетиуге рұхсат қағазы (мед. Көриктен өткени ҳаққында мағлыұматнама, радиация қәуипсизлиги бойынша билимин тексерий, техникалық қәуипсизлик бойынша инструктаж).
 - ИИИ ди ислетиу уақтындагы радиациялық хәм техникалық қәуипсизлик бойынша көрсетпе.

- Радиация қауіпсізлігі қызметі менен келісілген хәм де оқыў орны баслықлары менен көрсетілген түрде тастыйықланған үскенелерди орнатыў жобасы (СЭС органлары тәрәпинен рентген үскенелери ушын 5 жылға бериледи).

- Қорганыў сигнализациясы системасы хә ескертиўши табло.

2. Ашық түрдеги дереклер менен ислескенде - радиация қауіпсізлігі саклағышы ямаса арнаўлы ислетилген сейфлер хәмде ИИИ дереклериниң берилгенлигин регистрация кылыў журналы болыўы керек.

Биология лабораторияларында мийнет қауіпсізлігі.

1. Лабораторияда ислеўши химиялық хәм биологиялық организмлердиң дизими, оларға 1 суткалық талап;

2. Лаборатория бөлмелеринде вентиляция системасының барлығы;

3. Сол лабораторияда ислетилетуғын бөлекшелер менен ислегендеги техникалық қауіпсізлик инструкциясы. Инструкция еәсиплик аўқам комитети хәм мийнет қауіпсізлігі бөлими менен келісип, оқыў орны меңгериўшилері тәрәпинен тастыйықланады.

4. Лабораторияда ислетилетуғын химиялық затлардың бирге сакланыў сәйкеслиги. Ыдысларда ишинде саклаўлы турған затлар хаққындағы жазыўдың барлығы.

5. Лаборатория бөлмелеринде мебел хәм инвентарларды талапқа муўапық жайластырыў.

6. Химиялық бөлекшелерди саклаў ушын арнаўлы склад болмелердиң барлығы.

7. Болмелерде техника қауіпсізлігин саклау кағыйдаларына хамде ортке карсы жагдайларга жууапкер адамды белгилеу.

8. Лабораторияда ислегенде жеке корганыу затларын, медедциналык антечка хам медикаментлерден колланыу.

9. Ртут менен толықтырылған приборлар менен іслеу үшін инструкцияның болуы.

10. Бөлімлерде газлениу дәрежесін өлшеу актының болуы. Бул өлшемлердің санитар нормаларына сәйкеслігі.

Өрт қауіпсізлігі

1. Өртке қарсы профилактика жұмыстарын шолкемлестіру.
2. Жаныушы сұйықлық, газ хам басқада қауіпті затларды сақтау.
3. Болмелерді даслепки өрт өшіру аспаптары менен тамийнлеу.
4. Өрт болған жағдайда жайдан эвакуация жобасының болуы.
5. Қымбат бағалы затлар апаратура, дакументлер сақланатугын болмелерге өрттен сақлану сигнализациясын орнату.
6. Ағаштан болған жай хам қурылыстарда өртке қарсы аспаптар.
6. Оқу орнында өртке қарсы қауіпсізлік үшін жууапкер адамның бекітілгені хақында бұйрықтың болуы.

Мәмлекетлік техникалық қадағалауларға қараслы объектлерді қолланыудағы қауіпсізлік қаделері

1. Жүк көтеріуші механизмлерді іслеткенде техник қауіпсізлік қағыйдаларын сақтау.
2. Басым астындағы ыдыстарды іслеткенде талаптарды орынлау.
3. Лифтлерді эксплуатация кылу.
- Оларды эксплуатация кылууда жууапкерлі адамлардың болуы.
4. Газ тармақлары хам үскенелерді эксплуатациялау.
- Олардың жұмысына жууапкер жұмысшылар.
5. Станок үстінде іслеу қауіпсізлігі.
6. Жарылғыш затлар менен іслегенде талаптарды сақтау.

Химиялык кауипсизлик

1. Қатты тасир етиуши уўлы затлар менен ислеўди шолкемлестириў.
2. Химиялык затларды бериў хам саклауды шолкемлестириу тартиби.
3. Химиялык затларды саклаудынг кбнлик пармасы, оны орынлау.
4. Хауада химиялык болекшелердинг концентрациясын контроллау.

Өз уактында олшеу хам олардың орнатылган нормаларга сайкеслиги.

5. Күшли кислота еритпелери хам силтилердинг концентрациясын кауипсиз дәрежеге алып келиў хам метрализациялаў инструкциясының болыўы.

6. Лабораторияда исленетугын химиялык затлардың дизими.

7. Конкирет ис тбрлерин откергенде хам бскенелерди техникалык иске тбсиргенде колланылатугын мийнет кауипсизлиги болими хам профсоюз комитети менен келисилип, окыу орны менггериушилер тарепинен тастыйкланган техника кауипсизлиги бойынша корсетпенинг болыуы.

8. Болимлердинг кириу есиклеринде техника кауипсизлиги хам орт кауипсизлиги бойынша жууапкер адамлар корсетилген таблицалардың болыуы.

9. Хызметшилер хам студентлер столында 3- санлы инструкторал жуурналы.

10. Жылына бир марте лабораторияда шангланыўга, тат басканлыкка хам керек жагдайда сес, вибрация, электромагнитлик хам баскада нурланыу каддилерине олшеулер жбргизиу.

11. Жабирлениушиге а- жардем корсетиуде арнаулы кийим, арнаулы аяк кийими, баскада жеке корганыу затларын колланыу.

12. Хызметкерлерге жабирлениушилерге реаниймация ислерин хам баскада а- жардем корсетиу усылларын бйретиу.

13. Комунникация хам бскенелерде корсеткиш белгилерининг болыуы.

14. Үскенелерге, станокларга . қауіпсіздік белгілерін белгілеу.

15. Мийнетлі тбрде жұмыс орынларын аттестациядан откериу. Мийнет жағдайын гигиеналық классификацияға тийкарланган зиянлы хам жокары зиянлы тбрлерге болиу.

Тәжірийбе өткیزیўде қаўипсизликтиң сақланыўы

Биз тәжірийбе өткизген үскенелердиң басым көпшилигинде хар кыйлы кернеуде ислеитугын электр үскенелери пайдаланылды. Сонлыктан биринши гезекте электр қауіпсизлигин сақлауга керегинше итибар берилди. Барлык электр бскенелери сайкес откизгишлер аркалы жерменен тутастырылды. Жұмыс орынланатугын бскенеолер жанында еденге резина ямаса тахтадан жасалган тосек тоселди. Тәжірийбелерди орынлауга инструктаждан откен, ал жокары кернеудеги үскенелерде ислеуде арнаулы курсты окып қадағалаулардан откен руксатнамасы бар канигелердинг катнасыуында жұмыс алып барылды.

Лазер нуры менен ислескенде одан шашырап шыгыуы мбмкин ямаса изертлеп атырган объекттен шагылысып нур тбсиу мбмкин болган орынлар кара материаллар менен тосылды. Лазердың азыкландырыу системасының тосаттан косылып кетиуининг авлдын алыу ушын блакировка системасы хам нурланыушының ишине электромеханикалык тоскынлык (заслонка) койылган. Лазер менен ислесетуғын хызметкерлер СЗС-22 светофилтрлерменен жихазланган 1064,1нм толкын узынлыгындагы нурды жутатугын коз айнеклерменен тамитйинленди.

Улыума регистрациялаушы приборлардың дерлик бари кейнинде электр олшегиш аспабларменен пайдаланыуга молшерленген. Олардың биразы (1000 В) жокары кернеулерде ислеиди.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЯТЛАР

1. Зи С.М. Физика полупроводниковых приборов. В 2-х т. –М.: Мир. 1984. -912 с.
2. Исмайлов К.А., Камалов А.Б., Статов В.А. Радиационные эффекты в арсенидгаллиевых поверхностно-барьерных структурах, возникающие под воздействием гамма и бета излучения. //Вопросы атомной науки и техники. Сер. Физика радиационных повреждений и радиационное материаловедение.-2001.-№2(79).-С.63-65.
3. Межфазные взаимодействия и механизмы деградации в структурах металл InP и металл-GaAs. //Под общей редакцией д.т.н. Р.В. Конаковой и д.ф.м.н. Г.С. Коротченкова. Киев. Наукова думка. -1999. -233 с.
4. Груша С.А., Конакова Р.В., Миленин В.В., Наумовец А.А., Нестеренко Б.А., Синищук И.К. Об особенностях формирования барьеров Шоттки в структурах Au-Ti-GaAs, подвергнутых гамма-облучению и отжигу // ДАН УССР. 1989. -№11. -С. 51-54.
5. Миленин В.В., Конакова Р.В., Статов В.А., Складчев В.Е., Тхорик Ю.А., Филатов М.Ю., Шевелев М.В. Физико-химические процессы на границе раздела контактов Au/TiBx/Cr/TiBx/GaAs, подвергнутых СВЧ отжигу. //Письма в ЖТФ. -1994. –Т.20. – Вып.4. –С. 32-35.
6. Borkovskaya O.Ya, Dmitriuk N.N., Konakova R.V., Mamykin S.V., Milenin V.V., Soloviev E.A., Tagaev M.B., Voltsikhovskiy D.I. Effect of γ -irradiation on the electrophysical parameters of metal GaAs barrier structures with textured interfaces. –Proc. 22nd

- Internatibxonal Conference on Microelectronics, Nis, Yugoslavia-200. Proceedings, vol. 1. –P.367-369.
7. Камалов А.Б., Конакова Р.В., Миленин В.В., Исмаилов К.А., Попов В.Б., Статов В.А., Приходенко В.И. Влияние гамма-радиации и СВЧ излучения на электрофизические характеристики диодов с барьеров Шоттки на основе GaP и GaAs //Труды 11^{ого}Международного совещания “Радиационная физика твердого тела”. -Севастополь. 25-30 Июнь. 2001.- С. 176-180.
 8. Бланк Т.В., Гольдберг Ю.А., Константинов О.В., Никитин В.Г., Поссе Е.А. Особенности механизма протекания тока в омическом контакте к GaP // Письма в ЖТФ. 2004. Т. 30, № 19. -С. 17-24.
 9. Тагаев М.Б. и др. Взаимодействие и самоорганизация дислокаций и микроплазм в барьерах Шоттки и р-п переходах большой площади. - Материалы международная научно-практическая конференция “Структурная релаксация в твердых телах”, Винница, Украина, 2003, стр. 122.
 - 10.А.И.Шкретий, М.Б.Тагаев, С.И.Глущенко. О взаимосвязи микроплазменного пробоя с процессами деградации лавинных р-п переходов.- Вестник АН УзССР, 1989, стр.18-24.
 - 11.Абакумов В.Н., Алфёров Ж.И., Ковальчук Ю.В., Портной Е.Л. К вопросу о механизмах лазерного отжига полупроводников // ФТП. 1984.-Т. 18, №12. –С. 2224-2228.
 - 12.Готра З.Ю., Осередько С.А., Бобицкий Я.В. Импульсный лазерный отжиг ионноимплантированных полупроводниковых материалов //Зарубежная электронная техника. -1983. №6. С. 3-77.
 - 13.Джаманбаалин К.К., Дмитриев А.Г., Сокол-Номоконов Э.Н., Уханов Ю.И. Изменение морфологии поверхности InP, GaAs и InAs под

- действием лазерного излучения пороговой плотности потока // Физ. хим. обраб. матер. 1990. -№ 2. -С.20-23.
14. Воронков В.П., Вяткин А.П., Иванов Б.В., Кулешов С.М., Рухадзе З.А. Вольтамперные характеристики контактов Pd-GaAs подвергнутых лазерному отжигу //ФТП. -1989. Т. 23. Вып. 3. С. 562-564.
 15. Соловьев Е.А., Тагаев М.Б., Деревенко А.П. Исследование аномальных вольт-амперных характеристик ионно-легированных диодных структур Электронная техника, серия 7, 1990, вып.5 (100), стр.22-25.
 - 16.Файнберг В.И., Конакова Р.В., Крупнова И.В. Обратные токи в диодах Шоттки на основе Lo-Ni-Lo структур и в p⁺-п-п⁺ переходах на GaAs.// Оптоэлектроника и полупроводниковая техника. -1984. –Вып. 6. –С.73-82.
 - 17.Структурная релаксация в полупроводниковых кристаллах и приборных структурах. /Под редакцией проф. Ю.А.Тхорика. -Киев: Феникс. -1994. 247 с.
 - 18.Божков В.Г., Кашкан А.А. "Влияние кривизны контакта металл-полупроводник с барьером Шоттки на прямую вольтамперную характеристику // Электр.техн. Сер.2. Полупроводниковые приборы. 1981, -№7. -С. 12-18.
 - 19.Тхорик Ю.А., Хазан Л.С. Пластическая деформация и дислокации несоответствия в гетероэпитаксиальных системах. -Киев: Наукова думка, 1983. -303 с.
 20. Исмаилов К.А., Конакова Р.В., Тхорик Ю.А., Хазан Л.С. Эффекты релаксации внутренних напряжений в генераторных СВЧ диодах под влиянием сильных электрических полей // Электрон.

техн. Сер.2. Полупроводниковые приборы . 1989. -№.5(202). -С.23-27.

21. Бе­ляев А.А., Бе­ляев А.Е., Ер­мо­ло­вич И.Б., Ко­ми­рен­ко С.М., Ко­на­ко­ва Р.В., Ля­пин В.Г., Ми­ле­нин В.В., Со­ло­вь­ев Е.А., Ше­ве­лев М.В. Влияние сверхвысо­ко­частотной обра­ботки на элек­тро­физические ха­рак­те­рис­тики тех­ни­че­ски ва­жных по­лу­про­вод­ни­ков и по­верх­но­ст­но-барьерных струк­тур. //ЖТФ. - 1998. -Т.68. -Вып.12. -С.49-53.