

**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.

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

“ ____ ” _____ 2011 жыл

Нөкис - 2011 жыл

М А З М У Н Ы

КИРИСИҢ	3
I БАП. ӘДЕБИЙ ШОЛЫҢ	
1.1. Металл-ярымөткізгішлер контакты	6
1.2. Сыртқы тасирлердің металл-ярымөткізгіш диодлық структурасы электрофизикалық қасиетіне тәсири.....	12
1.3. Металл-ярымөткізгіш контактлерінде 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 ТАЛЫҚЛАНЫҢЫ	
3.1. Шоттки диодларының электрофизикалық қасиетлеріне микротолқынның тәсирін изертлеу.....	35
3.2. $\text{TiB}_x\text{-GaAs}$ диодлық структураның микротолқынның ишки механикалық кернеуге тәсирін үйрениу	41
Жууымақлау	46
.....	
Пайдаланған әдебиетлар	47

К И Р И С И Ў

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

Биз елимиздиң келешегин нәзерде тутқан ҳалда, бүгинги күнде раўажланған мәмлекетлер илимий жәмийетшилигиниң дыққат орайында турған, ең алдынғы, перспективалы илимий излениў хам изертлеў ислерин раўажландырыў мақсетинде Илимлер академиясы хам жоқары оқыў орынлары курамында жаңа лаборатория шөлкемлестириў, олардың раўажланған 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 берий, сырт ел мәмлекетлеринен заманагөй илимий үскенелерди алып келиў, ең талантлы, зийрек жасларымызды бул иске бағдарлаў хам хошаметлеў мақсетинде илим хам технологияларды раўажландырыўды муўапықластырыў комитети жанында айырым қор дүзий хам 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-оқытушынын ен баслы уазыйпасы болып табылады. Солай екен бизлер усы магистрлик диссертация жумысымызда металл-ярымоткизгиш тийкарында таярланған диодлык структуралардын касиетин изертледик.

Жумыстың актўальлығы. Ярымөткизгишли әспаблардың исенимлилигин хам сапалығын арттырыў кейинги ўақытлар технологлар алдында турған ең баслы ўазыйпалардың бир болып табылады. Арсенид гаилйиден исленген приборлар хам приборлык структураларға сыртқы тәсирлерди изертлеў бул бириншиден усы приборлардың деградация механизмин изертлеўге, екиншиден олардың электрофизикалык параметрлерин басқара алыў мүмкиншилигин береди.

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

Усы тәсирлердің 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 электрофизикалық қәсийетин жақсылаў, ярымөткізгішли материал-ярымөткізгіш материал таярлаў техникасында қолланыў мүмкиншилигин береді. Себеби бул металл-ярымөткізгіш приборлық структуралар қурамалы технологиялық операция ўақтында хәр қыйлы дефектлер пайда болады, бул дефектлерди усы микро толқын нурланыўы тәсири нәтийжесинде узайтыўға хәм усы дефектлерди басқарыўға болады.

Жәнеде ең баслы мәселелрдің бири бул GaAs ярымөткізгішликтен таярланған эспабларға сыртқы тәсир соның ишинде радиация тәсирин, ультрасес тәсирин хәм микротолқын нурланыўының тәсирин сүўртелеўде баслы мәселелрдің бири. Себеби бул GaAs ярымөткізгішлердің таярлаў технологиясы жүдә қурамалы хәм жоқары температурада алып барылатуғын болғанлықтан таярлаў технологиясы ўақтында ярымөткізгіш составына айырым элемент атомлары жайласып қалады. Нәтийжеде бул атомлар (дефектлер) ярымөткізгіш эспабының электрофизикалық қәсийетинің төменлеўине алып келеді. Соның ушын усы унамсыз тәсирлерди азайтыў ушын жоқарыдағы аты аталған сыртқы тәсирлер қолланылады.

Биз усы питкеріў жумысында бизлер Au-TiB_x-GaAs диодлық структурасының электрофизикалық қәсийетин микро толқын нурланыўының тәсирин карастырдық.

Изертлеў объекти. Бул жумыста изертлеў объекти сыпатында Шоттки барьерли Au-TiB_x-GaAs диодлық структурасы алынды.

Изертлеу предмети. Бул Шоттки барьерли Au-TiB_x-GaAs диодлық структуралар электрофизикалық характеристикасына сыртқы тәсир, соның ишінде микротолқын тәсири нәтижесінде параметрлерінің өзгерісін изертлеу.

Проблеманың изертленіу дәрежесі. Металл-ярымөткізгіш контактерине сыртқы тәсир етіу нәтижесінде олардың параметрлерін жақсылау бул бириншиден сыртқы тәсир арқалы приборлардың параметрлерін жақсылауға, екиншиден сыртқы тәсир арқалы приборлардың параметрлерін басқару мұмкиншилигін туўдырып береді.

Жұмыстың махсети хәм ўазыйпалары. Металл-ярымөткізгіш контактлери электрофизикалық параметрлерінің сыртқы тәсир нәтижесінде өзгерісін изертлеу.

Жоқарыдағы қойылған махсетке жетиу ушын, төмендеги ўазыйпалар орынланыўы керек;

1. Металл-ярымөткізгіш контактлери электрофизикалық параметрлери болған барьер бийиклигинің фв хәм сапа коэффициентинің n сыртқы тәсир нәтижесінде өзгериўин изертлеу.
2. Металл-ярымөткізгіш контактлери электрофизикалық параметрлери менен ишки механикалық кернеу параметрлери арасындағы байланысты анықлау.

Изертлеудің илимий жаңалығы.

1. Сыртқы тәсир нәтижесінде Шоттки барьерли диодлық структура параметрлерінің жақсыланыўы.
2. Шоттки барьерли диодлық структураға сыртқы тәсир ете отырып ондағы ишки механикалық кернеу шамасының азайыўы.
3. Шоттки барьерли диодлық структураларда ишки механикалық кернеу менен диодлық структура параметрлери арасындағы байланысты анықлау.

I БАП. ӘДЕБИЙ ШОЛЫҰ

1.1. Металл-ярымөткізгіштер контакты

Ярымөткізгіштің металл менен тутасқан қалы зәрүр мәселелерден бири, соның ушын бундай контакттер электрон әспаблар ислеп шығарыўда үлкен орын тутады. Контакт қатламында жүз беретугын әжайып ҳәдийселер еки зат шегарасы арқалы еркин заряд тасыўшылар алмасыўына байланыслы.

Сол себептен контактдеги ҳәдийселердің себебин үйрениўди заттан электронлардың шығыўын тексерийден баслаймыз.

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

Түрли затлардан электронлардың шығыў иси түрли мәнислерге ийе болады.

Термодинамикалық шығыў иси өткізгішликтің Ферми қәддиден вакуум қәддине дейин болған энергиялық аралықты билдиреди. Және басқа сыртқы шығыў иси яки электрон жақынлаў деп аталған бирлик өткізгіштің өткізйішеңлик зонасы түбинен вакуум қәддине дейин есапланған энергиялық аралықты билдиреди. Өткізгіш сырты арқалы шығып атырған электронлар ағымын термодинамикалық шығыў жумысы 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 $\chi_{\text{я}}$ -ярымөткізгіштің термодинамикалық шығыў жумысы (1.1-сүўрет).

Металлдан вакуумға шығып атырған электронлар ағымы ушын ҳәм соған уқсас аңлатпа жаза аламыз:

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

бунда $\chi_{\text{м}}$ -металлдың термодинамикалық шығыў жумысы.

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

$$\varphi_{\text{к}} = \chi_{\text{м}} - \chi_{\text{я}} \quad (5)$$

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

Бул қатламның кеңлигин контактде $\varphi_{\text{к}}$ контакт потенциаллар айырмасы пайда етиў ушын усы ярымөткізгіштен қанша электронды металл сыртына өткізиў кереклигин анықлайды. Себеби металлға өткен электронлар ярымөткізгіштин 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, ярымөткізгіштин көлемдеги n_0 хәм сыртындағы n –электронлар тығызлығы арасында

$$n = n_0 \exp(-\varphi_{\text{к}} / kT) \quad (6)$$

байланыс бар.

Бундай қатламның салыстырма қарсылығы жоқары хәм оны бекитиўши қатлам делинеди.

Егер $\chi_{\text{м}} < \chi_{\text{я}}$ болса, яғный металлдың шығыў иси ярымөткізгішдикинен киши болса, ол ҳалда $j_{\text{м}} > j_{\text{я}}$ 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

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

аңлатпа анықлайды.

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

$$\varphi = \varphi_{\kappa} - eV \quad (7)$$

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

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

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

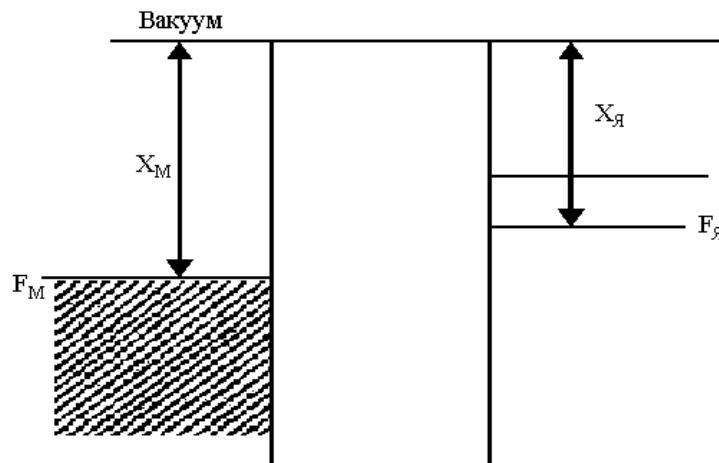
Егер ярымөткізгішке оң, металлға терис полюслары жалғанған энергиядан V кернеў берилсе, бул ҳалда $V < 0$ болады, потенциал тосық бәлендлиги артады:

$$\varphi = \varphi_{\kappa} + (-V).$$

Электронлардың ярымөткізгіштен металл таманға ағымы кемейеди, бирақ ярымөткізгіш таманға кемейеди, бирақ металлдан ярымөткізгіш таманға алдынғыша (көлеми киши) қалабереди. Бул ағымлар парқы киши ҳәм пайда болған ток күши ҳәм киши болады. Бундай күшлениў *тескери күшлениў*, оған мас контакт келиўши ток куши *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 өткізiedi, тескери жолланғанда жаман өткізiedi. Демек, бундай контакт өзгериўшең токты туўырлағышы болып ислей алады (1.2-сүўрет). Биз қараған контакт Шоттки контакти ҳәм оның тийкарында таярланған диоддлар Шоттки диодлары деп аталады.

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

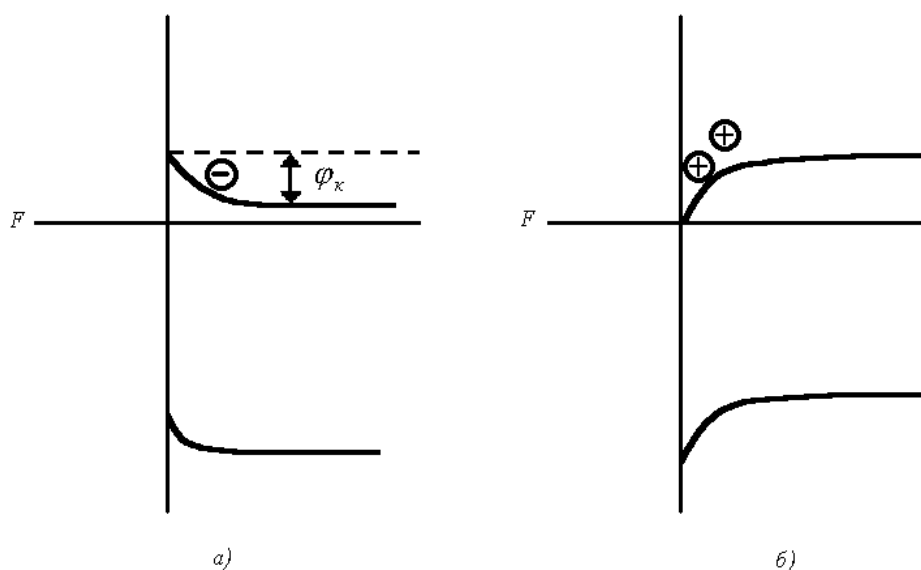


1.1-сүўрет. Металл-ярымөткізгіш контакты

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

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

аңлатпа менен анықланады. Бирақ, сыртқы V күшлениў қуйылғанда, (7) аңлатпасына сәйкес, $\varphi = \varphi_k - eV$ 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, вариаклар атлы әспаблар жасаў мүмкин.

1.2. Сыртқы тасирлердиң металл-ярымөткизгиш диодлық структурасы электрофизикалық қәсийетине тәсири

Сыртқы тәсирдиң ярым өткизгиш приборлар менен тәсир етисиўи тийкарғы үш механизм тийкарында болып өтеди булар, фотоэффект, комптон эффект хәм жуплар пайда болыў эффекти болып табылады. Мәселен гамма нурланыўы нәтийжесинде ярым өткизгиш ишинде байланысқан атомларды пайда етиўши

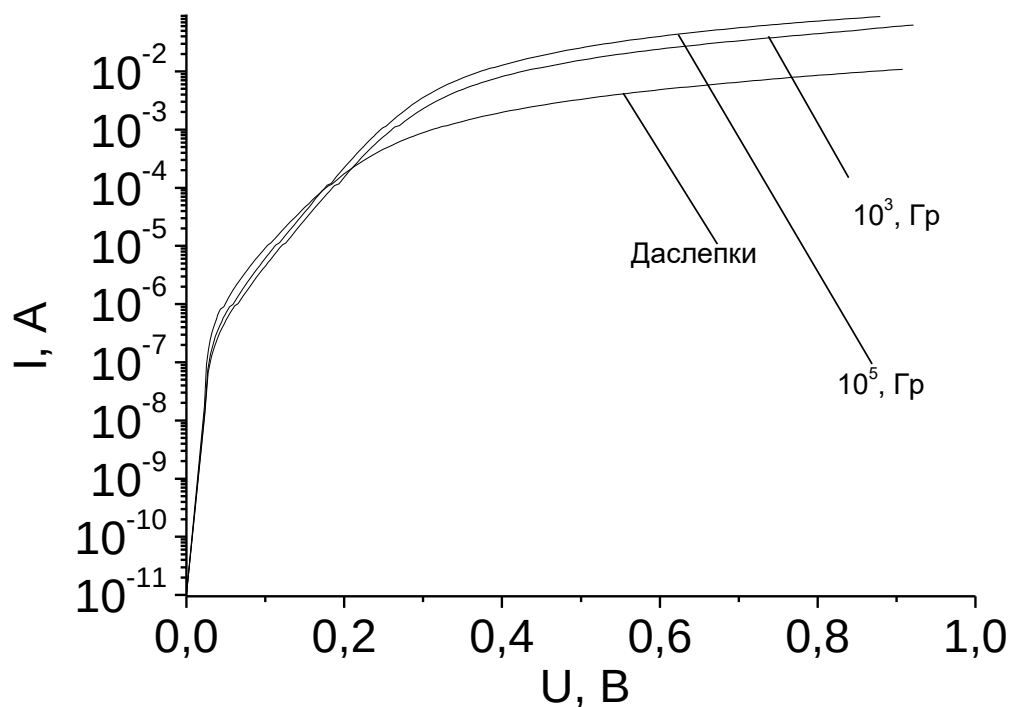
электронлар пайда болады. Нәтижеде нурланыў ўақтында пайда болған электронлар энергиясының бир бөлеги атомларды ионизацилаўға, ал қалған бөлеги атомлар менен тәсир етисиў нәтижесинде кристалл решеткада Френкель дефектлериниң пайда болыўына жумсалады.

Ярымөткізгишли приборларды гамма-нуры менен тасир етиў айырым жағдайда ярымөткізгиш прибордың параметрлериниң өзгериўине алып келеди.

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

80-жылларға келип ярымөткізгишти аз дозада нурландырыў менен ярымөткізгиштеги ток тасыўшылардың қозғалаңшылығын арттырыў ҳам терең генерация-рекомбинация орайлары концентрациясын азайтыў мүмкин екенлиги айырым аворлар жумысында өз сәўлелениўин тапты. Ал усыған дейин гамма нурланыў тек ғана прибордың характеристикасын өзгертиў яғный радиациялық дефектлер пайда етиў ушын қолланылып келген еди.

[2] жумысқа 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-нурланыуына дейінгі және кейінгі ВАХ-сы

Бұл диодлық структура химиялық тазаланған арсенид галлий $n-p^+$ -структура бетіне вакуумда термикалық парландырылу менен Al кейін избытокте Au омырылған, диодлық структуралардың рабочий областы диаметрі 500 мкм. n -GaAs пленкасының легирлеуші примес концентрациясы $4 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$, подложкада 10^{18} см^{-3} , n және p^+ қабатлар қалыңлығы сәйкес түрде 20 және 300 мкм. Бұл диодлық структураларға омдық контакт Au-Ge тийкарында таярланған.

Бұл диодлық структура MRX- γ -25 М үскенесінде γ -кванты ^{60}Co пенен нурландырылған, нурлануы интенсивлігі 100 Р/с.

Au-Al-GaAs диодлық структурасының гамма-нурланыуынан кейінгі және нурланыуға дейінгі ВАХ-сы өлшенілген (1.3. сурет), туыра бағыттағы вольт-амперлік характеристикадан структура параметрлері барьер биіктілігі ϕ_B және сапа факторы n анықланған.

Авторлар пикирі бойынша нурландырудың дәслепкі дозасында диодлық структура параметрлерінің жақсыланғанлығы анықланған.

1.1-таблицада Au-Al-GaAs диодлық структураның $10^4 \div 10^7$ Р интервалында гамма нуры өзгерісі менен тәсір етіу нәтижесінде параметрлерінің өзгерісі көрсетілген. Таблицадан көрініп тұрғанындай 10^5 дозадан бастап структура параметрінің жақсыланғанлығын көріуімізге болады. Бул структураның ^{60}Co гамма квант пенен тәсір еткенде параметрлерінің жақсыланыуы $10^5 \div 10^6$ Р интервал аралығында диодлық структураның электрофизикалық характеристиканың жақсыланыуын көрсетеді.

Авторлар изерлеу нәтижесін төмендегіше тәрийіпледі, диодлық структураны гамма кванты менен тәсір еткенде белгили бир интервал доза аралығында параметрлерін жақсылауға болады.

Бул бириншіден диодлық структура электрофизикалық қасиетін жақсыланғанын көрсетті, екінші жақтан усы диодлық структураның радиацияға шыдамлылығын анықлауға мүмкіншилик береді. Бул өзгерістер [3] жұмыста көрсетілгеніндей металл GaAs шегара бөлімінде структуралық примеслердің тәртіплескенінің нәтижесі болып табылады. Бундай аз мұғдардағы γ -кванты менен тәсір етіу нәтижесінде диодлық структуралардың параметрлерінің жақсыланғанлығы көп ғана жұмыстарда талықланған. Мәселен [3] жұмыста авторлар тәрәпинен Cr-GaAs диодлық структурасына γ -кванты тәсірі изертленген. Олар Cr-GaAs диодлық структурасын комната температурасында $10^5 \div 10^8$ Р интервалында γ -кванты менен тәсір етіу нәтижесінде диодлық структура параметрлерінің өзгерісін анықлаған, яғнай $10^5 \div 10^8$ Р интервалында гамма-кванты менен Cr-GaAs тәсір етіуде бул структураның параметрлерінің жақсыланғанлығы байқалған, яғнай барьер бийиклиги дәслепки шамасынан артқан, сапа факторы п дәслепкиге салыстырғанда азайған хәм кери ток шамасының тәсір еткеннен кейін азайғанлығы байқалған. Авторлар кери ток шамасының азайғанын генерация-рекомбинация орайлар концентрациясының азайуы нәтижесі деп қарастырады.

Екінші жақтан авторлар усы параметрлердің өзгерісін диффузия процессі менен де байланыстырады.

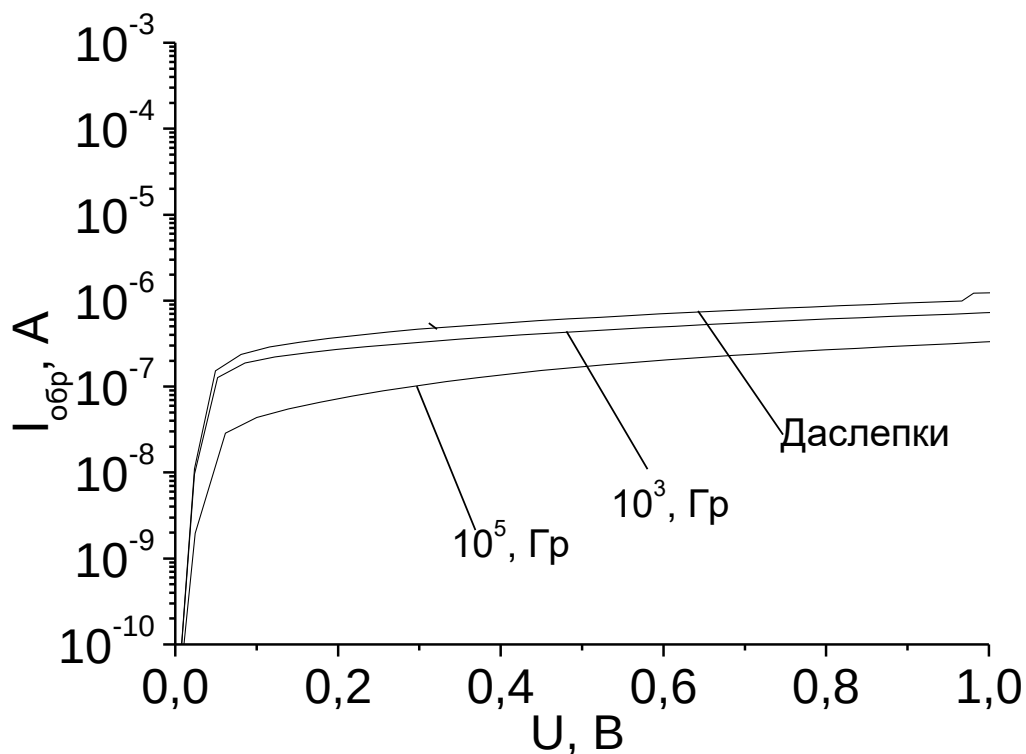
Бизің жоқарыда қарастырылған жағдайымызда да параметрлерді гамма-кванты менен тәсір етіу нәтижесінде жақсыланыуы диффузия процессі нәтижесі деп қарастыруға болады. [2] авторлары гамма-квант пенен тәсір етіу хәм тәсір еткеннен кейінги металл хәм GaAs компонентлерінің

бөлистирилиўи электронлық Оже-спектраскопия методы жәрдеминде 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
$I_{керн}$, 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, екинши жақтан қайсы дозаға дейин усы диодлық структураның радиацияға шыдамлылығын анықлаўға мүмкиншилик береди. 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, екінши жақтан таярлаў технологиясы ўақтында пайда болған технологиялық дефектлер ҳалына байланыслы болады.

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. Бул бириншиден сол структураға отырғызылған металл контакт тәбиятына байланыслы болса, екінши жақтан

таярлау технологиясы уақытында пайда болған технологиялық дефектлер халына байланыссы болады.

[2] жұмыс жағдайында яғный Au-Al-GaAs диодлық структурасын $10^4 \div 10^6$ Р интервалында гамма кванты менен тәсир ету нәтижесінде параметрлерінің жақсыланыуы менен бирге доза 10^6 Р тен асқан жағдайда кері процесстің байқалатуы көріледі.

Таблицадан көриніп тұрғанындай параметрлерінің жақсыланыуы тек ғана 10^6 Р ге шекем ғана болып өтеді. Егер доза 10^6 Р нен асса кері процесс, барьер бийиклігінің азайғанын, сапа факторының артқанын хәм кері ток шамасында дәлелкіге салыстырғанда артқанын көріуімізге болады. Буннан сондай жууға келсек болады, яғный Au-Al-GaAs диодлық структурасы 10^6 Р ге шекем радиация шыдам бере алады екен.

Жоқарыда айтып өткеніміздей металл GaAs диодлық структуралардың хәм GaAs тийкарындағы ярымөткізгіш приборлардың радиацияға шыдамлылығы жәнеде параметрлерінің жақсыланыуы усы диодлық структуралардың ямаса приборлардың дәлелкі халына хәм қандай металл менен ярымөткізгіш контактке кіріскеніне байланыссы болады.

Жоқарыдағы айтылғанларды 1.4-сүрөттен Au-Al-GaAs диодлық структурасы кері бағыттағы ВАХ ының гамма-кванты тәсир еткеннен кейінгі хәм тәсіреткенге дейінгі мәнісінің өзгерісінен көріуімізге болады.

Мәселен [4] авторлар изертлеген Au-Ti-GaAs диодлық структуралардың параметрлерінің жақсыланыуы $10^5 \div 10^7$ Р интервал доза аралығында болып өткен, ал $5 \cdot 10^7$ Р дозада прибор параметрлерінің бузылуы яғный барьер бийиклігі ϕ_b ның артуы, кері ток шамасының арта баслағаны байқалған.

Демек бул приборлық структура ушын параметрлердің жақсыланыуы доза интервал $10^5 \div 10^7$ Р болса, ол радиацияға шыдамлылығы $5 \cdot 10^7$ 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 бөлиний шегерасындагы процесслер менен байланыслы екенлиги әдебиятларда көрсетилген [5]. Соның ушын фазалар аралық шегера хэм металл-ярымөткізгіш контактиндеги өтиў қатламының қәсийетлерин басқарыў әҳмийетли физикалық-технологиялық мәселе болып, Шоттки барьерли арсенид галлийли структураларды жаратыўдың хәзирги күнде бар болған технологияларды жақсылаў хэм жаңаларын пайда етиўди талап етеди.

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

Әдетте бундай максетлерде әсбап характеристикаларын үйрениў ушын тестлик структуралардан пайдаланылады. Сыртқы тәсир сыпатында көбинше әсбапдың 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, контактлердеги бетине келтирилген хәм олар арқалы тезлестирилген фазалар аралық өз-ара тасирди хәм деградация қубылысларын үйрениў хәм, усы кайта ислеўлерден әсбаптың өзинде бөлинбе шегерасы қәсийетлерин басқарыў ушын да пайдаланыў мүмкинб. Бундай экспериментлердин нәтийжелери өткен асирдин 80-жылларында мәлим еди хәм И.П.Черновтын жумысларында баспаға шыққан еди [7]. Олардың жумысларында 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 қатар 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 айтканда, лазерли тәсир хәм микротолқынлы радиация арқалы жүзеге келген геттерлеўши эффектлер ҳаққында экспериментлер бар [8].

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

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

Омлық контактлерге қойылатуғын тийкарғы шәртлердин бири бул – олар ярымөткизгишли әсбаплардың ислеўине кесент бермеўи ямаса оған белгили дәрежеде тәсир етпеўи тийис. Басқаша айтқанда ярымөткизгиш хәм металлдан ибарат системаның вольтамперлик характеристикасы (ВАХ) туўры сызықтан туратугын болыўы керек (яғный Ом нызамы орынлаўы шәрт), ал контакттың өзи қосышма айтарлықтай қарсылық қоспаўы керек. Ярымөткизгишли әсбаплардың раўажланыўы менен омлық контактлерге қойылатуғын 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 коэффиценти, T -температура, S -барьер майданы, A^* -Ричардсонның эффективлык турақлысы, әдетте улыўма қабыл етилген Ричардсон турақлысынан киши) $A=120 \text{ А} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{К}^{-2}$

Жоқарыдағы теңлемеден көринип турғанындай, киши R_C салыстырмалы қарсылыққа ийе болыу ушын, киши барьер бийиклигине ийе болған контактлерди пайда етиу керек.

Жоқары қаддили легирленген металл-ярымөткізгіш контактинде токтың туннельлік компонентасына ийе болып, ол төмендегі 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 туннеллеудің характеристикалық энергиясы), ол төмендегіге 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, туннельлік областьта контакттың салыстырмалы қарсылығы $\varphi_{Bn} / \sqrt{N_D}$ дан экспоненциаль түрде ғәрезли болады.

Солай етип киши салыстырмалы қарсылыққа ийе ярмөткізгішлерди алыу ушын жоқары дәрежеде легирлеу ямпса киши барьер бийиклигине ийе болған материалларды алыу керек.

Авторлар [11] GaAs и GaP кристалларының бетлік областларының қасиетлерине импульслик лазерлик нурландырыудың (ИЛН) тәсирин изертлеген. ИЛН рубин $h\nu_1=1.8$ эВ (GaAs ушын) хәм эксимер $h\nu_2=4$ эВ (GaP ушын) моноимпульслары ($\tau=15 \div 20$ нс) менен оптикалық квантлық генератор

жәрдеминде орынланған. Еки оптикалық квантлық генератор ушында интенсивликтің бир тексизлиги 5% тен аспаған. Авторлар тийкарғы дыққатты үлгинің бетинің ериуі ушын жетерли болмаған лазерлик импульстің энергиясын алыуға аударған. Лазерлик тәсирден кейин бетлик 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 импульслик лазерлик нагрев усылы болып есапланады. З.Ю. Готра, С.А.Осередьколардың көрсетиўинше [12] жоқары атап өтилген усыл менен контактлерди алыў ярымөткізгішли приборлардың сапалығын хәм шыдамлығын арттырады. Авторлар Джаманбадин К.К., Дмитриев А.Г. [13] лазер нуры жәрдеминде ярымөткізгішли эсбапларға омлық контактлерди алыў өзиниң эпиўайылығы 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.

Әдебиятларда Воронков, Вяткин хәм тағы басқалар [14], Шоттки барьериниң параметрлерине лазерлик тәсирди изертлей отырып, лазерлик тәсири Pd-GaAs контактиниң барьер бийиклигиниң өзгерисине алып келетуғынлын анықлады.

Авторлар барьер бийиклигиниң өзгериўин арсенид галлий бетинде палладий менен легирленген жиңишке жуқа қатламның пайда болыў менен түсиндиреди. Тәжирийбеде 1.06 мкм толқын узынлығына хәм 10^{-6} с тәсир еттиў ўақытан ийе лазер нуры пайдаланылды. Үлги ретинде электронлық типтеги эпитаксиальлық арсенид галлий қолланып, оның концентрациясы $(1-3) \cdot 10^{16} \text{см}^{-3}$ хәм концентрациясы $2 \cdot 10^{16} \text{см}^{-3}$ ға тең болған тесикшелик арсенид галлий қолланылды. 0.5 мкм қалыңлыққа ийе палладийдің пленкасы электрохимиялық SiO_2 ди травить етиў усылы менен алынды.

Тәжирийбеде алынған нәтийжелер соны көрсетеди, Pd-GaAs контактиниң электрлик қәсийетлериниң энергияның тығызлығына байланыслы өзгериси шегералық характерге ийе. энергияны $E > 0.2 \text{ Дж/см}^2$ дан көбейтиў контакттиң кери тогының артыўына алып келсе, ал пробойдың кернеуі өзгериссиз қалады.

II БАП. ЭКСПЕРИМЕНТ МЕТОДИКАСЫ

2.1. Шоттки барьерли диодлардың электрофизикалық характеристикаларын изертлеу методлары

Статикалық вольт-амперлик характеристиканы изертлеу жетерли дәрежеде әпйұайы орынланады, жеңил автоматластыру арқалы ярым өзкизгишли диодтың актив қабатының қәсийетлери ҳаққында кең мағлыұматлар береді.

Вольт-амперлик характеристиканың туұры бағыттағы шақасы избе-из қарсылық ҳаққында мағлыұмат береді, ал Шоттки диодында болса, онда ол металл ярым өткизгиш барьериниң бийиклиги ҳәм өткен қабатының характеристикалары ҳаққында да билдиреди. Пробой кернеўиниң мәниси бойынша ярым өткизгишли диодтың актив областы бойлап электр майданы ҳәм майда қәддилер бөлистирилиуи ҳаққында айтыу мүмкин.

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

2.2. Модуляциялық дифференциалау

Ярым өткізгіштің зоналық структурасының айрықшалығы вольт-амперлік характеристикадағы сызықты емесліктерді үйреніу ярым өткізгіштің зоналық структурасы хәм заряд тасыушылардың тәсиріндегі қызыу процессілері хәкқында бахалы мағлыуатларға мүмкіншилик береді. Бирақ хәтте салыстырмалы жоқары майданларда вольт-амперлік характеристиканың көрсетілген сызықты емесліктері хәлсіз ажыралады. Буннан тысқары, бундай сызықты емесліктер параметрлерінің жийиликли ғәрезиликлері үлкен қызығыушылық туудырады. Бундай изертлеу үшін тийкарынан хәр қыйлы модуляциялық методлар, мысалы екінші, үшінші гармоникалы өлшеу, гармониканың ауысыуы, синхронлы детекторлау қолланылады. Бул методлардың бәрінің мазмунында вольт-амперлік характеристиканы дифференциялауға алып келді. [15] Көпшилик жағдайларда ярым өткізгіштерді изертлеуде экспотенциал участкалар параметрлерін анықлау зәрүр. Бул экспонентаның көрсеткішіне пропорционал болған характеристикалары бойынша модуляциялық дифференциялау методы арқалы аңсат әмелге асырылады.

$(I'/I) (U) : (I''/I) (U)$ хәм $I (U)$ характеристикалары улыуымалық түрге ийе, оның ярымөткізгіштер физикасында ушырасатуғын бөлегі:

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

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

функциясын изертлеу жәрдемінде анализленіуі мүмкін. Бул изертлеулер модуляциялық методлар жәрдемінде әмелге асырылады.

Модуляциялық дифференциялау методы қадаған етилген зонадағы кәддилерді, характерлік жоғалтыулар хәм сол бойынша бетлік қатламдағы қосымталар болыуын хәм ярымөткізгіштің зоналық структурасының айрықшалықтарын анықлауға мүмкіншилик береді.

Ярым өткізгішли диодлардың кші докал сызықты емесліктерін анықлаудың сезгир методы модуляциылқ дифференциялау болып табылады. Вольт-амперлік характеристикада бундай сызықты емесліктердің болыуы ток өтиу механизмлерінің алмасыуы, локал ток өтиуші участкаларының қосылуы (МП), ток өтиудің бир теклигиінің бузылуын билдириуі мүмкін. Сонлықтан вольт амперлік характеристиканың сызықты емесліклерін есапқа алыу деградация процесслердің мүмкіншиликтері хәм тезлигі хәкқында жуумақ

шығарыуға, яғный вольт-амперлік характеристиканың пробой участкасында ислейтуғын диодлардың исенимлилигин анықлауға мүмкиншилик береді.

Метод идеясы диод арқалы өтиуші I_{nw} тоги гармоникасын диодқа U_0 ауысыу кернеуі менен бирликте избе-из модилациялаушы 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 пропорцилналь, екинши амплитудасы I 27 вольт-амперлік характеристиканың екинши тууындысына пропорционал. Бул тууындылар модуляциясыз өлшенген тууры вольт-амперлік характеристикадан алыныуы да мүмкин еди. Бирақ ловинли пробойды үйрениуде бул ҳәр бир микроплазманың қосылыуында жоқарылап баратуғын шаўқымның ҳәдден тыс жоқары қәддиде болыуы себепли қыйын мәселе болып табылады ҳәм тек ғана модуляциялық метод бул мәселени шешиуге мүмкиншилик береді.

Микроплазмалық пробойды модуляциялық изертлеу ушын қолланылатуғын электрнолық схема 2.1-сүүретте көрсетилген. Ол избе-из тутастырылған, барлығы бирге сигнал дереги блогин пайда ететуғын развертка генераторы ($U_0(+)-1$), турақлы ауысыу дереги U_0-2 , ис жийилигиниң модуляциясының генераторы 3 тен турады U_0 мәниси U_0 пробой кернеуине жақын орнатылыуы мүмкин ҳәм соңынан микроплазмалардың дифференциал иймекликлерин ҳәм вольт-амперлік характеристикасын алыу ушын U_0 киши интервалда толқынлы түрде жайылады. Бунда ΔU еки кординаталы «Самописец»-8 диң X координатасын басқарыу ушын қолланылады.

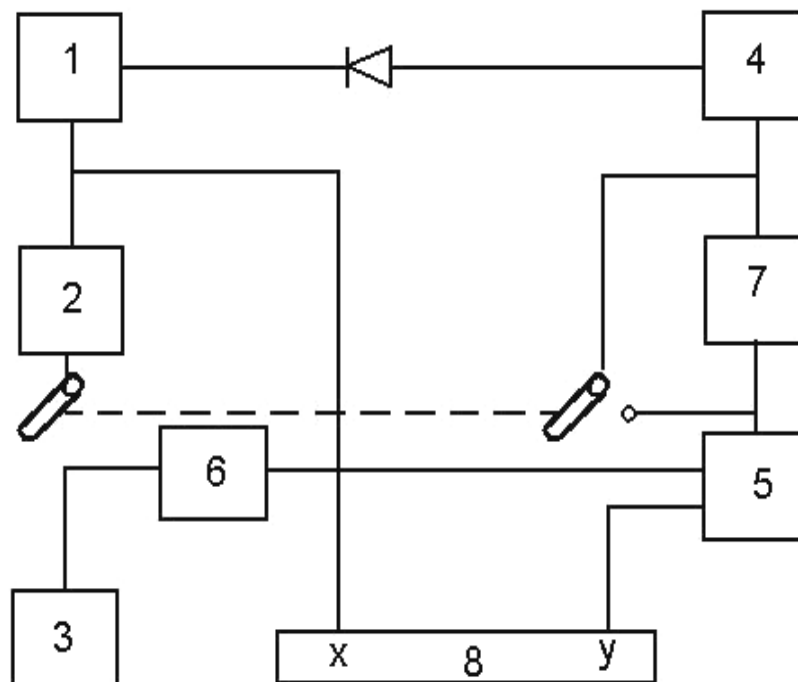
Ток үлгиси жер менен сигнал дерегиниң шығыуы арасында өлшенетуғын үлгидеги кернеуде минимал қәтеликке ийе болатуғын 4-операцион көрсеткиш пенен өлшенеди. Операцион көрсеткиштиң шығыу сигналы статикалық вольт-амперлік характеристиканы дүзиу ушын қолланыу мүмкин ямаса синхронлы детектор -5 жәрдемінде қайта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

Развертка кернеуі X самописец кернеуине барады. Кернеудің киши модуляциялық мәниси микроплазмалық шаўқымның статистикалық қәсийетлерине күшли тәсир етеди.

Вольт-амперлик характеристиканың екінші туғындысының графиги хәр бир жаңа микроплазманың қосылыуына сәйкес келетуғын ушқыр «пик»лерден турады. Бул «пик»лердің 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»лердің аңсат ажыратлыған болыуы мүмкин.

Солай етип модуляциялық метод микроплазмалардың қосылыуында кернеуді хәм олардың санын анықлауға хәм хәр бир бөлек микроплазмаға сәйкес келетуғын ток басқышлары хәм өткізгішшилигин анықлауға мүмкиншилик береді. Микроплазмалық пробой диодтың бираз дефектлі точкаларында болатуғынлығы себепли микроплазмалар саны хәм пробойдың дифференция иймекликлеринің улыума формасы диодтың жұмыс областының дефегитлигин хәкерлейді. Бул тийкарда бираз қызған микроплазмаларды бөлип шығарыуға, олардың температурасын хәм деградация интенсивлигин бахалау мүмкин болғанлықтан бул мағлаұматларды диод исенимлигин хәм сапасын болжау ушын қолланыуға болады.

Туғынды вольт-амперлик характеристикаларды анықлау методы диодта пробойдың хәр қыйлы кернеуине ийе областларды анықлауға мүмкиншилик береді. Хәр бир бундай областқа $\partial^2 I / \partial u^2 (U_0)$ ғәрезлигиндеги максимумлар хәм $d I / du (U_0)$ ғәрезлигиндеги басқышлар сәйкес.



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

Усы характеристикалары бойынша пробой бир тексизлигин жұмыс режиміндеги ең қызғын областтың температурасын баҳалаўға болады ҳәм потенциал исенимли емес болған диодларды ажыратыўға мүмкиншилик береді.

2.3. Микроплазмалық характерограф

Изертлеулердің көрсетуінше үлкен геометриялық өлшемлердегі Шоттки барьерінің вольт-амперлік характеристикасының кері шақасын тийкарынан микроплазмалар деп аталушы киші пробой областлары анықлайды. Олар кристаллық пәнжередегі дефектлер менен байланыссы болады.

Микроплазмалар хәтте Шоттки тосқынында үлкен токлардың өтип кетиуіне себепші болады. Сондай-ақ улыума Шоттки барьерінің пробойлық кернеуінен көп киші кернеулерде айырым микроплазмалар пайда болуы мүмкін. Шоттки пробойының пробойлық кернеуіне жақынлаған сайын жоқарыда айтып өтилген микроплазмалар арқалы белгили бир шамадағы ток өтеди. Бул ток Шоттки барьерінде қосымталардың диффузиясы болып өтетуғын хәм сәйкес әсбаптың электрлік характеристикасының өзгериуіне алып келетуғын температураға шекем локаллық қызуын пайда етеди.

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

Соңғы уақытлары микроплазмалық кубылыстарды айрықша мақсетте қолланыуларды басламақта:

Наносекундлы импульсели жақтылық дереги ретинде, гамма нурларының детекторы ретинде хәм тағы басқалар. Усыларға байланыссы микроплазма сапаларын, порометрлерин анықлау өз алдына қызығушылық туудырмақта.

Айтып өтилген мәселелерди орынлау үшін микроплазмалық характерограф тийкарына токлардың пульсациялануын хәм секириулерин пайда ететуғын микроплазма қасиетлери қойылған. Соның нәтижесинде вольт-амперлік характеристиканың тиклиги өлшенеди. Вольт-амперлік характеристикадағы өзгерислер корпусқа орнатылған ярым өзкизгишлерде, яғный таяр ярым өткизгишли әсбапларда бақлау мүмкін.

Турақлы кернеуге киші амплитудадағы жарғы тис тәризли кернеуді қоса отырып электрон осциллограф экранында Шоттки барьерінің вольт-амперлік характеристикасының кері шақасының үлкен болмаған областын бақлау мүмкін. Бул усы областты үлкейтилген масштабта көриуге мүмкиншилик береді хәм соның менен биргеликте микроплазманың «секириу» хәм үзилислерин

характерлейтуғын вольт-амперлик характеристикасының микроструктураларын анықлауға мүмкиншилик береді.

Турақлы кернеу шамасын өзгерте отырып осциллограф экранында Шоттки барьеринің вольт-амперлик характеристикасының кери шақасын үлкейтілген масштабта бөлек-бөлек көріуге болады. Микроплазма пайда болуы менен келип шығатуғын токтың секириулері 10-100 мкН шамасында болады, ал микроплазма арқалы кирітілген қосымша қарсылықты характерлейтуғын вольт-амперлик характеристиканың өсіуі 10 кОм шамасында болады.

Қурылманың әпiуайыластыруына алып келетуғын тийкарғы факторлар төмендегилерден ибарат:

1. Микроплазманың вольт-амперлик характеристикасы осциллограф экранында келтірілген координаталық көшерлерде созылады, бұл вольт-амперлик характеристиканың берілген участкасының шамасын бақалауға мүмкиншилик береді.

2. Басланғыш утечка тогының вольт-амперлик характеристикаға тәсир етиуін конфенциялау мүмкинлишин береді, сондай-ақ алдын төмен кернеулерде пайда болған микроплазма арқалы өтиуши токты конфенциялауға мүмкиншилик береді. Булар Шоттки барьеринің басқа микроплазмаларының тәсирін есапқа алмағанда қалеген (тек ғана биринши емес) микроплазманың вольт-амперлик характеристикасын көріуге мүмкиншилик береді.

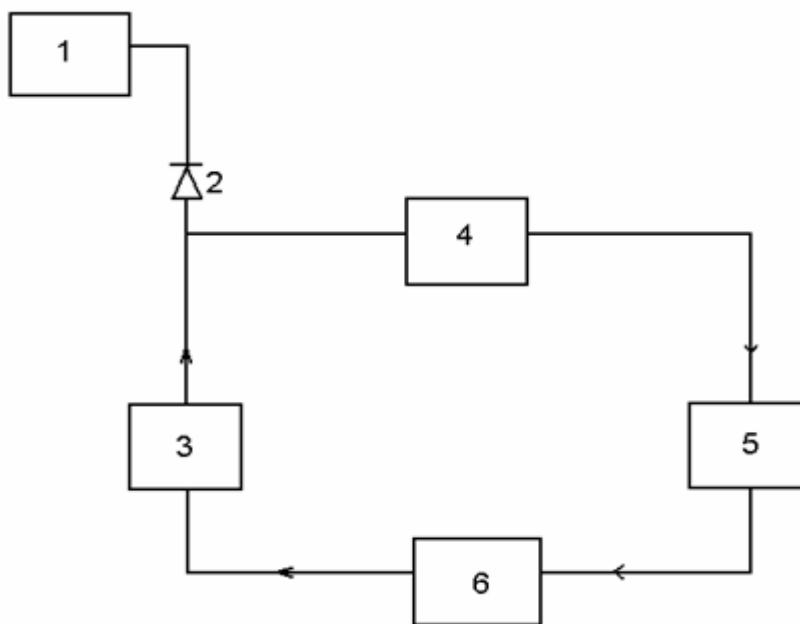
3. Микроплазманың вольт-амперлик характеристикасының параметрлерін (микроплазманың пробойлық кернеуінің шамасын, микроплазманың тогының секириу шамасын, микроплазма қарсылығын) изертлеудің қолайлы илажлары көрілген. Микроплазмалық характериограф микроплазмалардың жеке характеристикаларын (дифференциал қарсылығын R_c жұмыс ислеу режиміндегі микроплазма арқалы өтетуғын токты ΔI) анықлауға мүмкиншилик береді. 1-ши микроплазманың дифференциал қарсылығы вольт-амперлик характеристиканың сызықлы участкасының иймейиуі бойынша анықланады. Егер $R_{s1}, R_{s2}, \dots, R_{si}$ вольт-амперлик характеристикасының избе-из участкаларының қарсылықтары болса, онда сәйкес микроплазмалардың қарсылықтары төмендегеше болады.

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

Жұмыс іслеу режимінде микроплазма арқалы өтиуі токты вольт-амперлик характеристиканың сәйкес участкасын жұмыс іслеу кернеуіне ($U_{ж}$) шекем экстрополяциялау жолы менен анықлауға болады.

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

Микроплазмалық характериографтың блок схемасы 2.2-сүүретте көрсетилген. Ол төмендегише іслеиди: тұрақлы кернеу дереги 1 ден диод 2 ге кернеу бериледи. Сондаң-ақ, диодқа жарғы тис тәризли ток генераторы 3-ден жийилиги жарғы тис тәризли ток импульслары бериледи. Ол осциллографтың шығыу точкасы менен синхронланған болады. Диодтағы кернеу шығыу қарсылығы жоқары болған ҳәм аз сыйымлылыққа ие болған кең поласалы күшейткиш 4-ши жәрдемінде күшейтиледи. Соң усы сигнал амплитудалы-жийиликли характеристикасын күшейтетуғын күшейткиш 5-ге болады.



2.2 -сүүрет. Микроплазмалық характериографтың блок схемасы. 1 - тұрақлы кернеу дереги; 2-диод; 3-жарғы тис тәризли ток генераторы; 4-күшейткиш; 5-амплитудалы жийиликли характеристиканы күшейткиш; 6 – осциллограф.

Усы ўақытта осциллограф 6 экраныда вольт-амперлик характеристиканың участкалары сүўретленеди. Ўақыт көшери (абсцисса) үлги арқалы өтетуғын точка сәйкес келеди, ал ордината үлгидеги кернеўге сәйкес келеди. Амплитудалы жийиликли характеристиканың жоқарылаўы вольт-амперлик характеристикаға тәсир етпейди, бирақ жоқары жийиликли кернеў қураўшылары бар жерлерде, яғный микроплазмалардың қосылыў орынларында вольт-амперлик характеристикада жайылыўлардың пайда болыўына алып келеди.

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

III. Бап. Экспериментте алынған нәтийжелерди талқылаў

3.1. Шоттки диодларының электрофизикалық қәсийетлерине микротолқынның тәсирин изертлеў

Соңғы жылларда микротолқынлық ярымөткізгішлі материалларға, приборлық структураларға хәм приборларға тәсиринеболған қызығыўшылық сезилерли дәрежеде артты [17-19]. Бул болса ярымөткізгішлі приборлардағы ишки тәсирлердин (температура, күшли электр хәм магнит майданлары, радиация, ЖЖЖ нурландырыў х.т.б.) нәтийжесинде пайда болатуғын деградация механизмлерин изертлеўдин жаңа технологияларын табыў менен байланысly. Ярымөткізгішлі материаллардың хәм олар тийкарында исленген әсбаплардың параметрлеринин өзгерис себеплеринин бири бул ишки механикалық кернеў (ИМК) болып, ол [17] жумыста көрсетилгениндей барлық ўақытта ярымөткізгішлі әсбаплардың деградациясына алып келиўи мүмкин емес.

Бирақта ярымөткізгішлі әсбаплардағы хәм кристаллардағы релаксациялық процесслердин кең түрде изертлениўине қарамастан (соның ишинде $\text{TiVx-n-p}^+\text{GaAs}$ бетлик-барьерлик структурасының), профессорлар Ю.А.Тхорик хәм Қ.И.Исмайловлардың илимий хызметкерлери тәрепинен кең көлемде жумыслардың [20] орынланыўына қарамастан, бул жумысларда [20] ЖЖЖ нурландырыў тәрепинен стимулланған ИМК дин релаксациясы изертленбеген. Сонлықтан бизин питкерий жумысымыздың мақсети Шоттки диодларына қысқа толқынлы тәсирдин нәтийжесинде ИМК дин релаксациясын үйрениўден ибарат.

Усы мақсетте қысқа толқынлы тәсирге дейин хәм кейин П201 профилометр-профилографында $\text{TiVx-n-p}^+\text{GaAs}$ 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» дифрактометринде рентгенлик дифрактометр жәрдеминде металлизацияның фазалық курамы өлшенди. Сондай-ақ планарлық технологияны қолланып фотолитография жәрдеминде вольтамперлик характеристикасы өлшенди. Профилограммалар пленка тәрепинен 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- TiBx 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 үлгилерде 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-сүўрет).

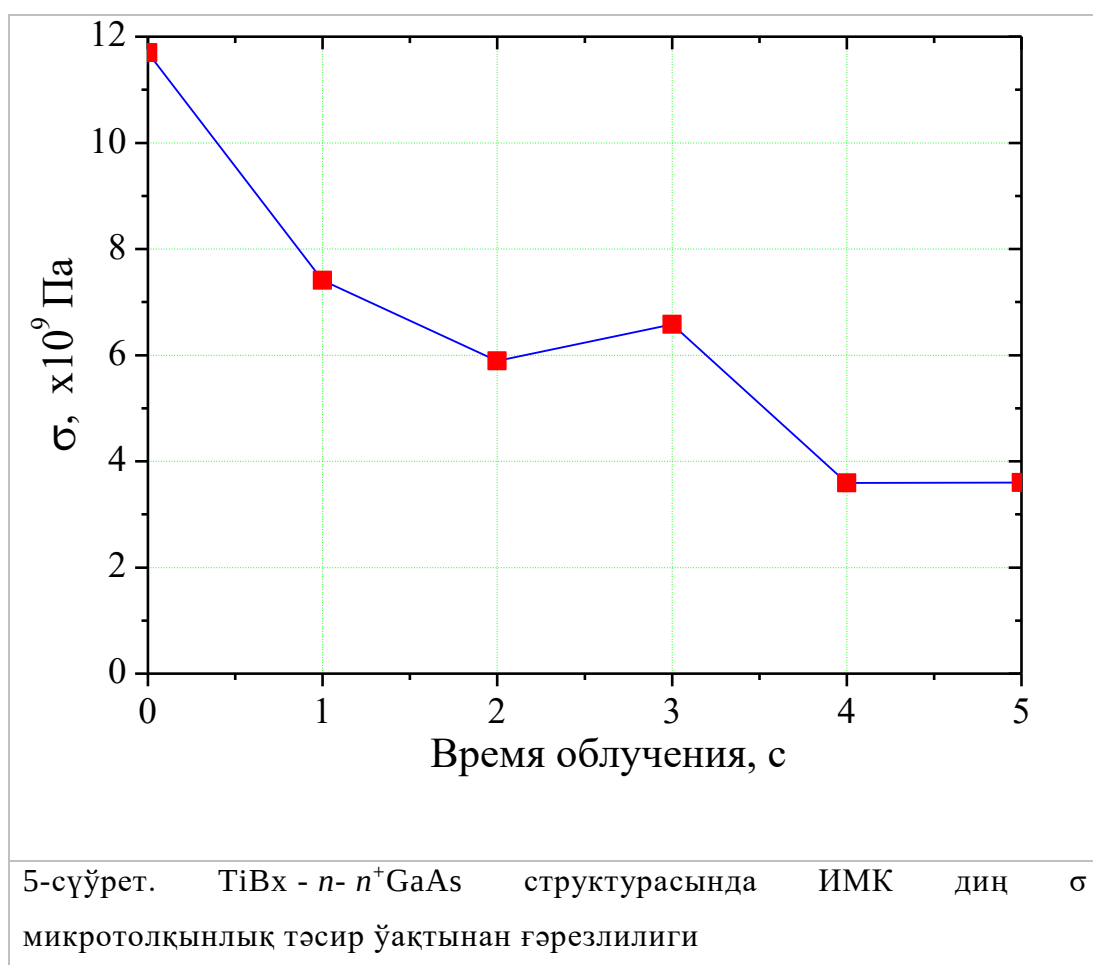
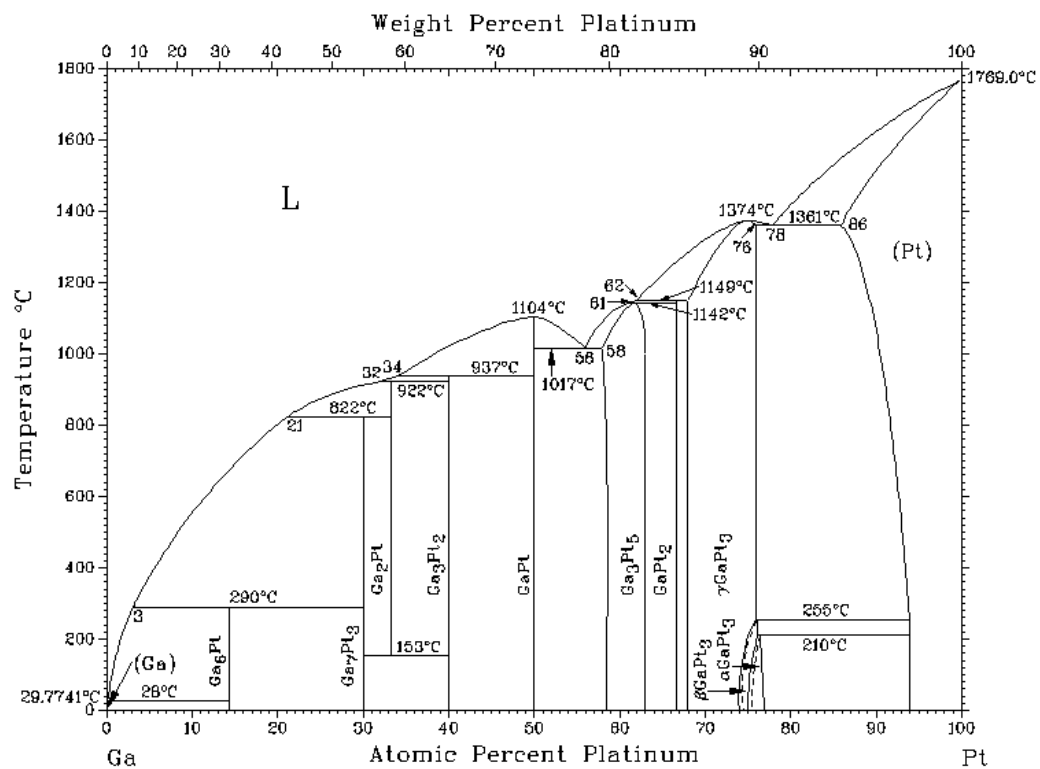


Таблица 3.

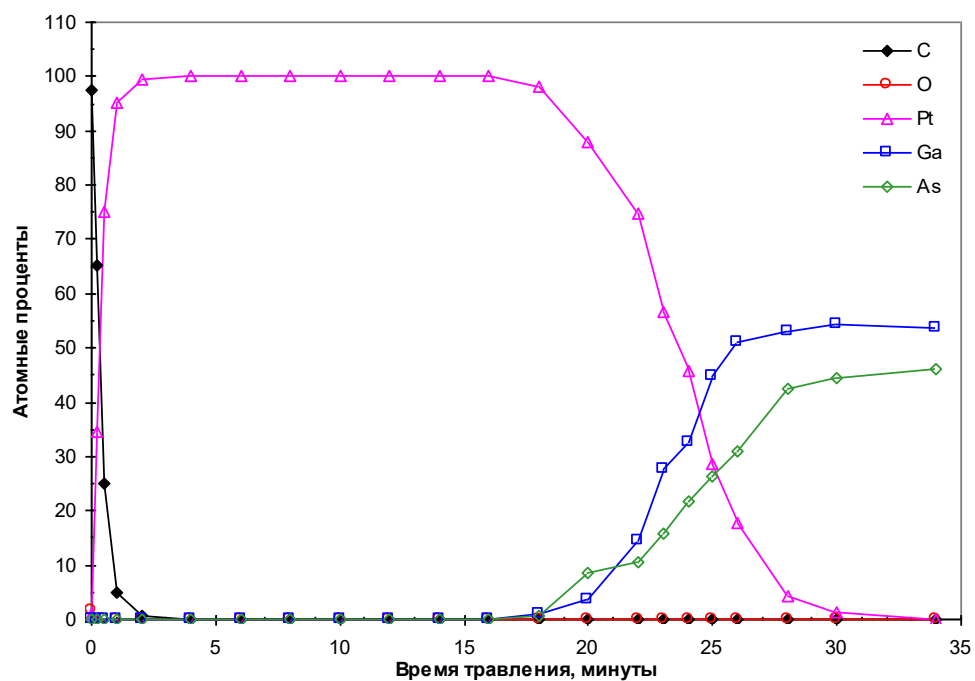
ЖЖЖ қайта ислеўге дейин хәм кейин $\text{TiVx-n-p}^+\text{GaAs}$ Шоттки барьерли диодлық структура параметриниң өзгерислери

Структура параметрлери	Нурланыў ўақты, с					
	0	10	20	30	40	50
R , м	2.72	4.32	5.43	4.86	8.91	8.89
$\sigma \times 10^9$, 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
φ_B , В	0.74	0.78	0.78	0.8	0.8	0.8

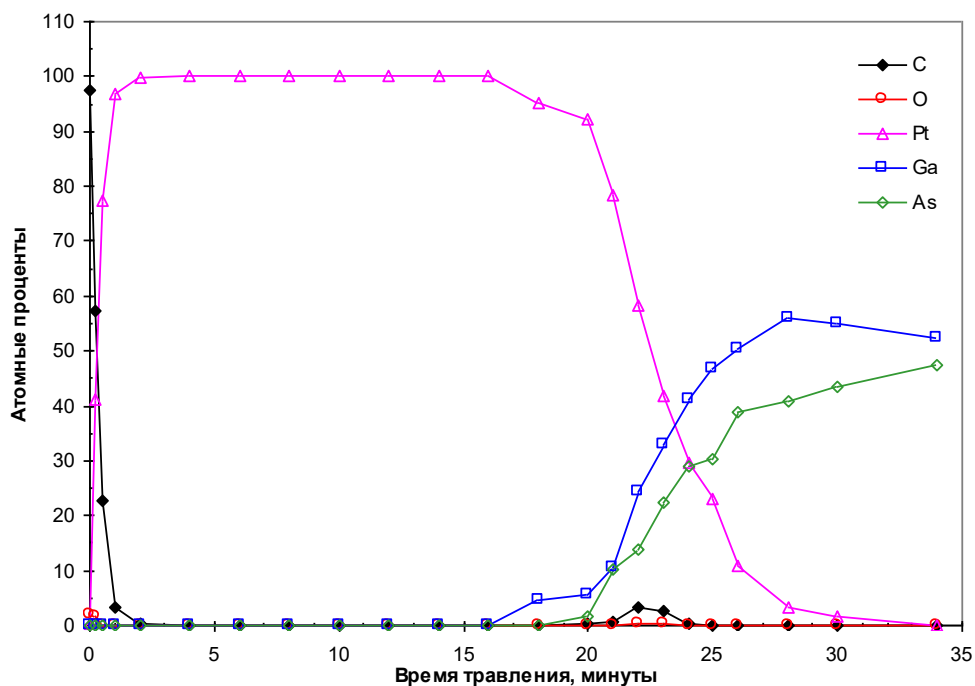
Структураның ишки механикалық кернеўиниң нурланыў ўақтынан ғәрезлилиги үлгиде релаксациялық процесслердиң бирдей өлшемли емеслигин көрсетеди. Буның бир себеплериниң бири реал структураның, яғный күшли легирленген подложканы, эпитаксиал пленканы хәм пленка-металл шегерасында өтиў қатламын хәм TiVx қатламын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



7-сүўрет. Ga-TiVx системасының фазалық диаграммасы.



a)



б)

8-сүүрет 24 с даўаында ЖЖЖ тәсирге дейин (а) хәм кейинги (б) $\text{TiB}_x\text{-}n\text{-}\text{GaAs}$ 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 хәм 24с секунд ўақыт аралығындағы қысқа толқынлық тәсирлер $\text{TiB}_x\text{-GaAs}$ контактинде фазалық өзгерислерге алып келмеди. Соның менен бирге TiB_xGa_2 фазасын өз ишине алатуғын металлизация бөлегиниң фазалық курамыда өзгермеди. Бул үлгиниң сезилерли қызбаганлығынан дерек береді.

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 нәтижесінде 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 ярымөткизгишлерине микро толқын нурланыўын изертлеген.

Олар бул ярымөткизгиш материалларды 1-60 с даўамында 5 kW қуўатлылықтағы магнитронда қайта ислеген. Микро толқын тәсирине дейинги хәм тәсиринен кейинги вольт-амперлик хәм вольт фарадалық характеристикаларын, тийкарғы емес ток тасыўшылардың диффузиялық узынлығы хәм металл-ярымөткизгишли контакты шегарасында компонентлердің бөлистирилиў профилин қарастырған.

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

Ярым өткизгиш приборлық структурадағы ишки механикалық кернеўдің өзгериси яғный релаксациясы өз гезегинде приборлық структураның электрофизикалық қәсийетиниң 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.

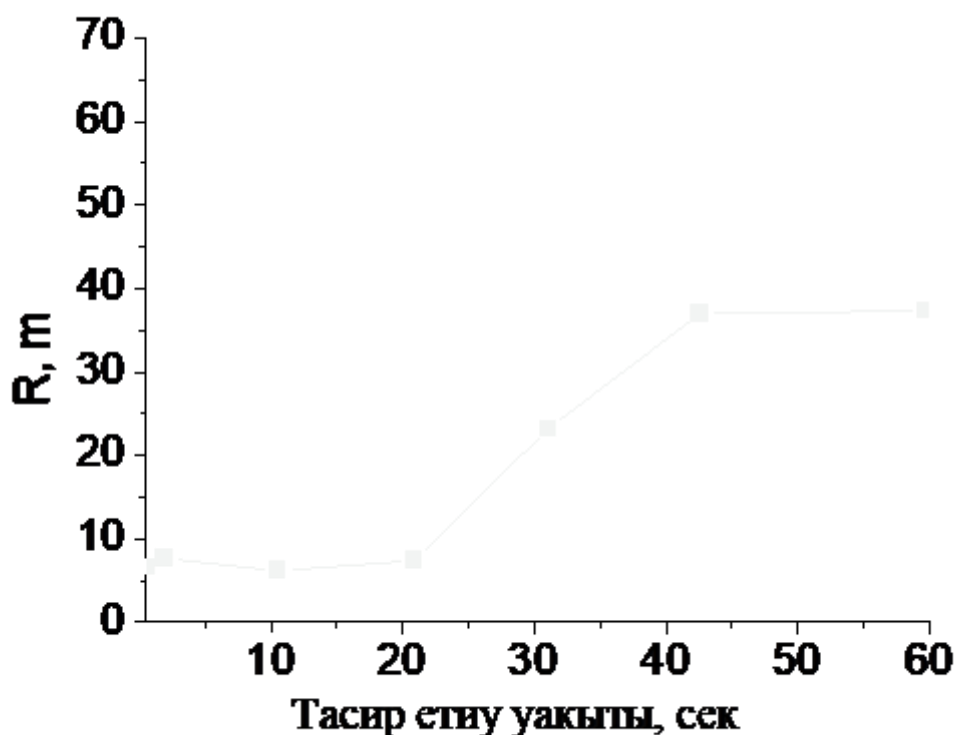
Сонлықтан биз усы питкериў қәнигелик жумысының усы параграфында ишки механикалық кернеўдің Au-TiVx-GaAs диодлық структура иймеклик радиусына тәсирин қарастырдық.

Бизің қарастырған жағдайымызда микро толқын нурланыуының дәслепки секундларында ишки механикалық кернеу релаксациясы диодлық структураның параметрлерінің жақсыланыуына алып келеді.

3.2. табица микро толқын нурланыуына дейинги хэм микро толқын нурланыуынан кейинги $\text{TiB}_x\text{-GaAs}$ диодлық структура параметрлерінің хам иймеклик радиусы R диң микро толқын нурланыуына ғәрезлиги көрсетилген.

Таблицадаң көринип турғанындай микро толқын нурланыуының дәслепки секундларында структура параметрлери жақсыланады хэм де усы параметрлери жақсыланған уақыт аралығында иймеклик радиусы да артады, бул иймеклик радиусының артыуы ишки механикалық кернеудің азайуын көрсетеди. Демек параметрлердің жақсыланыуы ишки механикалық кернеу релаксациясы нәтижеси болып табылады.

Соныда айтып өтиуимиз керек нурланыу уақтының артыуы менен жоқарыдағы айтып өткен процеске кери процесстиң жүзеге келгенин көриуимизге болады. Яғный $\text{Au-TiB}_x\text{-GaAs}$ диодлық структурасын жийилиги $f=2,45$ ГГц қууатлығы 160 Вт болған жағдайда нурланыу уақты 60 секундтан артқанда параметрлерінің бузыла басланғанын усы 60 секндтан кейин иймеклик радиусының өзгергенлигин көриуимизге болады. Бундай дәслепки секундларда параметрлердің параметрлердің жақсыланыуын 3.2-сүүретте кери вольт амперлик характеристикасындағы кери ток шамасының нурланыу уақтына ғәрезлилигиненде көриуимизге болады. 3.2-сүүретте 0, 30 хэм 60 с дауамында 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 радиусынын 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 корийимизге 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 кернеўди өзгертиўге болады, соның менен бирге структура параметрлери жақсыланады.

3.4-сүретте иймеклик радиусының микро толқын нурланыў уақтына байланыслығы келтирилген Сүреттен коринип турғанындай микротолқын нурланыўының дәслепки моментлеринде ишки механикалық кернеўдин

жоқарылағанлығын көріуимизге болады, ал бірақ нурланыу ұақты 45 секундтан кейін ишкі механикалық кернеу шамасы азғана артқанын көріуимизге болады. Нәтийжеде усы TiB_x -GaAs диодлық структурасының микро толқын тәсири нәтийжесінде параметрлериниң жақсыланыу ұақыт аралығын анықлау менен бирге, усы тәсирге шыдамлылығында анықладық.

Яғный усы микро толқын тәсири нәтийжесінде TiB_x -GaAs диодлық структураның параметрлериниң жақсыланыу ұақыт аралығы $0 \div 50$ с хәм тәсирге шыдамлылық ұақты 60 с қа дейін.

Ж У Ы М А Қ Л А Ы

Бул питкеріу қәнигелик жумысында TiB_x -GaAs диодлық структурасына сыртқы тәсир соның ишінде микро толқын нурланыуынын усы диодлық структура электрофизикалық характеристикасына тәсирин қарастырып төмендегидей нәтийжелерге еристик.

1. TiB_x -GaAs диодлық структурасын $0-20$ с уакыт аралығында микро толқын нурландырыуда диодлық структура параметрлериниң жаксыланганлығы анықланды.

2. TiB_x -GaAs диодлық структурасын микро толқын нәтийжесінде усы диодлық структураның температураға шыдамлылық шеги анықланды.

3. Усы сыртқы тәсірлер нәтижесінде $\text{TiB}_x\text{-GaAs}$ диодлық структурасының параметрлерінің өзгеріуі менен бірге беттің иймеклік радиусы өзгерісінде анықланды.

ҚОСЫМША БАП. МИЙНЕТТИ ҚОРҒАҰ

Мийнет қәуіпсізлігін сақтау қағыйдалары

Электр қәуіпсізлігі

1. Күшленіушіхәм жақтыртқыш электр тармақларын қойылған шәртлерге мууапык орнатыу.

2. Электр тогынан жарақатланыуудан қорғаныу затлары менен тамийнлеу. Қорғаныу затларын көрсетілген уақытларда сынақтан откериу.

3. СВЧ генератлары хәм установкаларының электромагнит болып шығарыу кууат ағымының тығызлығын өлшеуди өткериу.

4. Механикалык устахана, техник хызметлердің хәм басқада жұмысшыларының техника қәуіпсізлігі талаптарын билиуі бойынша жыллылық аттестация өткериу.

5. Оқыу орынлары хәм оның бөлімлерінде электр хожалығына жууапкер адамлардың бекитілгени хәққындагы буйрықлардың болыуы.

Радияция қәуіпсізлігі

1. Ионлық бөліп шығарыу (источниги) менен ислеу уақтында керекли болған документлер дизими.

- Радиация қауіпсізлігі хызметін дбзиу хаккында бұйрық
 - ИБШИ менен іслеушілерді “А”, категориясына киргизиу хам оларға _____ жұмыс жағдайы үшін қосымша хакы толеу хаккындағы бұйрық.
 - ИИИ ді іслетиу үшін арналған орынларды қабыллап алыу актиі.
 - Жұмыстарды ИИИ ді іслетиуге рұхсат қағазы (мед. Көриктен өткени хаккында мағлыұматнама, радиация қауіпсізлігі бойынша билимин тексеріу, техникалық қауіпсізлік бойынша инструктаж).
 - ИИИ ді іслетиу ұақтындағы радиациялық хам техникалық қауіпсізлік бойынша көрсетпе.
 - Радиация қауіпсізлігі хызметі менен келісілген хам де оқыу орны баслықтары менен көрсетілген түрде тастыйықланған үскенелерді орнатуу жобасы (СЭС органлары тәрәпинен рентген үскенелери үшін 5 жылға бериледи).
 - Қорғаныу сигнализациясы системасы ҳа ескертиуші табло.
2. Ашық түрдегі дереклер менен іслескенде - радиация қауіпсізлігі сақлағышы ямаса арнаулы іслетілген сейфлер хамде ИИИ дереклериниң берілгенлигин регистрация кылыу журналы болыуы керек.

Биология лабораторияларында мийнет қауіпсізлігі.

1. Лабораторияда іслеуші химиялық хам биологиялық организмлердиң дизими, оларға 1 суткалық талап;
2. Лаборатория бөлмелеринде вентиляция системасының барлығы;
3. Сол лабораторияда іслетилетуғын бөлекшелер менен іслегендегі техникалық қауіпсізлік инструкциясы. Инструкция еәсиплик аўқам комитети хам мийнет қауіпсізлігі бөлими менен келісілип, оқыу орны меңгеріушілери тәрәпинен тастыйықланады.
4. Лабораторияда іслетилетуғын химиялық затлардың бирге сақланыу сәйкеслігі. Ыдысларда ишинде сақлаулы турған затлар хаккындағы жазыудың барлығы.
5. Лаборатория бөлмелеринде мебел хам инвентарларды талапқа муўапық жайластыруу.
6. Химиялық бөлекшелерди сақлау үшін арнаулы склад бөлмелердиң барлығы.

7. Болмелерде техника қауіпсізлігін сақтау қағыйдаларына хамде ортке қарсы жағдайларға жууапкер адамды белгилеу.
8. Лабораторияда ислегенде жеке корғануы затларын, медециналык антечка хам медицинаментлерден колланыу.
9. Ртут менен толықтырылган приборлар менен ислеу ушын инструкциянын болуы.
10. Бөлімлерде газлениў дәрежесін өлшеў 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 орт ошириу аспаплары менен тамийнлеу.
4. Өрт болган жағдайда жайдан эвакуация жобасының болуы.
5. Қымбат бахалы затлар апаратура, дакументлер сақланатугын болмелерге орттен сақлануы сигнализациясын орнату.
6. Агаштан болган жай хам қурылысларда ортке қарсы аспаптар.
6. Оқу орнында ортке қарсы қауіпсізлік ушын жууапкер адамның бекитілгені хақында бұйрықтың болуы.

Мәмлекетлик техникалық қадағалаўларға қараслы объектлерді қолланыўдағы қауіпсізлік қәделери

1. Жүк көтеріўши механизмлерді ислеткенде техник қауіпсізлік қағыйдаларын сақтау.
2. Басым астындағы ыдысларды ислеткенде талаптарды орынлау.
3. Лифтлерді эксплуатация кылу.
- Оларды эксплуатация кылууда жууапкерлі адамлардың болуы.
4. Газ тармақлары ҳәм үскенелерді эксплуатациялау.
- Олардың жұмысына жууапкер жұмысшылар.
5. Станок үстинде ислеу қауіпсізлігі.
6. Жарылғыш затлар менен ислегенде талаптарды сақтау.

Химиялык қауіпсізлік

1. Қатты тасир етиуші уәзі заттар менен іслеуді шолкемлестіріу.
2. Химиялық заттарды бериу хам сақлауды шолкемлестіріу тартиби.
3. Химиялық заттарды сақлаудың қысқартылған пармасы, оны орындау.
4. Ғауада химиялық болекшелердің концентрациясын контроллау. Өз уақытында олашу хам олардың орнатылған нормаларға сәйкеслігі.
5. Қышлы кислота ерітпелері хам сілтілердің концентрациясын қауіпсіз дәрежеге алып келиу хам метризациялау инструкциясының болуы.
6. Лабораторияда ісленетугын химиялық заттардың дізімі.
7. Қонкірет іс тәріздерін ашқанда хам бекенелерді техникалық іске тәсіргенде қолланылатугын міндет қауіпсізлігі болымы хам профсоюз комитеті менен келісіліп, оқыу орны менгеріушілері тәрізінен тастықланған техника қауіпсізлігі бойынша қорсетпенінг болуы.
8. Болымдердің қырыу есіклерінде техника қауіпсізлігі хам орт қауіпсізлігі бойынша жууапкер адамлар қорсетілген таблицалардың болуы.
9. Хызметшілер хам студенттер столында 3- санлы инструкция жуурналы.
10. Жылына бір мәрте лабораторияда шаңғаныуға, тат басқанлыққа хам керек жағдайда сес, вибрация, электромагниттік хам басқада нұрланыу қадділеріне олашулар жбргізіу.
11. Жабырлениушіге а- жардем қорсетіуде арнаулы қийим, арнаулы аяқ қийими, басқада жеке қорғаныу заттарын қолланыу.
12. Хызметкерлерге жабырлениушілерге реанимация іслерін хам басқада а- жардем қорсетіу ұсылларын бйретіу.
13. Қомунникация хам бекенелерде қорсеткіш белгілерінің болуы.
14. Үскенелерге, станокларға . қауіпсізлік белгілерін белгілеу.
15. Міндетлі тәрізде жұмыс орындарын аттестациядан ашқанды. Міндет жағдайын гигиеналық классификацияға тийкарланған зиянлы хам жоқары зиянлы тәріздерге болиу.

Тәжірийбе ашқандыде қауіпсізліктің сақланыуы

Биз тәжірийбе өткізген үскенелердің басым көпшилигінде хар кыйлы кернеуде ислейтуғын электр үскенелери пайдаланылды. Сонлықтан биринши гезекте электр қауипсизлигин саклауга керегинше итибар берилди. Барлык электр бскенелери сайкес откизгишлер аркалы жерменен тутастырылды. Жумыс орынланатугын бскенеолер жанында еденге резина ямаса тахтадан жасалган тосек тоселди. Тажирийбелерди орынлауга инструктаждан откен, ал жокары кернеудеги үскенелерде ислеуде арнаулы курсты оқып кадагалаулардан откен руксатнамасы бар канигелердинг катнасыуында жумыс 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 светофильтрлерменен жихазланган 1064,1 нм толкын узынлыгындагы нурды жутатугын коз айнеклерменен тамитийинленди.

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

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЯТЛАР

1. Зи С.М. Физика полупроводниковых приборов. В 2-х т. –М.: Мир. 1984. -912 с.
2. Исмаилов 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., Складаревич 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 International Conference on Microelectronics, Nis, Yugoslavia-2000. 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.