

**ЎЗБЕКСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ЖОҚАРЫ ҲӘМ ОРТА АРНАЎЛЫ
БИЛИМ МИНИСТРЛИГИ**

***БЕРДАҚ АТЫНДАҒЫ*
ҚАРАҚАЛПАҚ МӘМЛЕКЕТЛИК УНИВЕРСИТЕТИ**

Қолжазба ҳуқықында

Турдымуратов Саламаттың

**Металл-GaAs диодлық структуралардағы ишки
механикалық кернеўди изертлеў**

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

МАГИСТРЛИК ДИССЕРТАЦИЯ

**Магистрлик диссертация
“Ярымөткизгишлер
физикасы” кафедрасында
көрип шығылды ҳәм қорғаўға
усынылды.
Кафедра баслығы:
ф.м.-и.д. проф. Исмайллов К.А.**

**Илимий басшысы
Ф.м.и.д., доц. Камалов А.Б.**

“ _____ ” _____ 2012 жыл

Нөкис - 2012 жыл

М А З М У Н Ы

КИРИСИҰ	2
I БАП. ӘДЕБИЙ ШОЛЫҰ	
1.1. Металл ярымөткізгішли контактлеріндеги ишки механикалық кернеу	5
1.2. Сыртқы тәсирдин металл-ярымөткізгіш контактиниң электрофизикалық қәсийетине тәсири	8
1.3. Металл-ярымөткізгіш структуралардағы дефектлер	15
II. ЭКСПЕРЕМЕНТ МЕТОДИКАСЫ	20
2.1. Микроплазмалы характернограф жәрдемінде модуляциялық дифференциаллау методикасының айрықша өзгешелиги	20
2.2. Модуляциялық дифференциалау	20
2.3. Микроплазмалық характернограф	24
III. БАП. ЭКСПЕРИМЕНТТЕ АЛЫНҒАН НӘТИЙЖЕЛЕРДИ ТАЛҚЫЛАҰ	30
3.1. Шоттки диодларының электрофизикалық параметрлерине хәм ишки механикалық кернеуге микротолқынның тәсирин изертлеу	30
3.2. Гамма нурының Au-TiVx-InP диодлық структурасы электрофизикалық қәсиетине тәсири	39
3.3. Au-TiVx-InP диодлық структурасының гамма кванты тәсирінде иймеклик радиусының өзгеріуи	45
Жуўмақлау	49
Пайдаланған әдебиятлар	50

К и р и с и ъ

Жұмыстың актуальлығы. Шоттки барьерли диодлық структуралар өзінің электрофизикалық қасиеттері бойынша басқа ярымөткізгішлі диодлық структуралардан айырылып тұрады. Шоттки барьерли диодлар хәр қыйлы радиациялық жағдайда істейтуғын схема техникалық үскенелерде кеңнен қолланылады. Усы Шоттки барьерли диодлық структуралардың сапасы хәм шыдамлылығы олардың хәр қыйлы сыртқы тәсірлерге шыдамлылығы менен анықланады.

Сонлықтанда ярымөткізгішлі материаллардың соның ішінде Шоттки барьерли диодлардың сыртқы тәсірлерден кейінгі электрофизикалық қасиетін ізертлеу хәм оның бул қасиеттерін басқару мүмкіншілігін жаратуу үлкен илимий әхимийетке ийе болып табылады.

Бул әспаблардың ісенімлілігін хәм сапалығын арттыруу кейінгі ұақытлары технологлар алдында тұрған ең баслы ұазыйпалардың бир болып есапланады. Металл-ярымөткізгіш приборлар хәм приборлық структуралардың сыртқы тәсірлердің натийжесінде параметрлерінің өзгерісін ізертлеу бул биріншіден усы приборлардың деградация механизмін ізертлеуге, екіншіден олардың электрофизикалық параметрлерін басқара алуу мүмкіншілігін береді.

Бундай тәсірлер қатарына өзінің ярымөткізгіш көлеміне хәм металл-ярымөткізгіш шегара бойынша кириу уқыбына ийе γ - β -радиация, микро тоқын нурланыу, ультрасес тәсірлері жатады.

Усы тәсірлердің ішінде ең аз ізертленгені бул ярым өткізгіш материалларға микро толқын тәсірі болып табылады.

Дәслепкі ұақытлары микро толқын тәсірі тек температуралық писириу (отжиг) сыпатында қолланылып келген болса, кейінгі ұақытлары микро толқын тәсірін γ - β нурланыулары хәм ультрасес тәсірі менен бир

қатарда прибордың параметрлерін жақсылау ушында қолланылып келинбекте.

Бул микро толқын нурланыуы усы металл-ярымөткизгишли материалларға тәсирін изертлеу, усы тәсир нәтийжесинде электрофизикалық қәсийетін жақсылау, ярымөткизгишли материал-ярымөткизгиш материал таярлау техникасында қолланыуы мүмкиншилигин береді. Себеби бул металл-ярымөткизгиш приборлық структуралар курамалы технологиялық операция уақтында хәр қыйлы дефектлер пайда болады, бул дефектлерди усы микро толқын нурланыуы тәсири нәтийжесинде узайтууға хәм усы дефектлерди басқарууға болады.

Бизлер усы магистрлик диссертация жумысында металл-ярымөткизгиш диодлық структурасының срытқы тасирден кейинги электрофизикалық параметрлары менен ишки механикалық кернеу арсындагы байланысты изертледик.

Изертлеу объекти. Бул жумыста изертлеу объекти сыпатында Шоттки барьерли $Au-TiB_x-InP$ диодлық структурасы алынды.

Изертлеу предмети. Бул Шоттки барьерли $Au-TiB_x-InP$ диодлық структуралар электрофизикалық характеристикасына сыртқы тәсир, соның ишинде микротолқын тәсири нәтийжесинде электрофизикалық параметрлериниң хам ишки механикалық кернеуди характерлеуши параметр беттин иймеклик радиусынын өзгерисин изертлеу.

Проблеманың изертлениу дәрежеси. Металл-ярымөткизгиш контактлерине сыртқы тәсир етиу нәтийжесинде олардын параметрлерин жақсылау бул бириншиден сыртқы тәсир арқалы приборлардың параметрлерин жақсылауға, екиншиден сыртқы тәсир арқалы приборлардың параметрлерин басқаруу мүмкиншилигин туудырып береді.

Жумыстың махсети хәм уазыйпалары. Металл-ярымөткизгиш контактлери электрофизикалық параметрлериниң хам ишки механикалық

кернеуді характерлеуші параметр бетінің ийемділік радиусының сыртқы тәсір нәтижесінде өзгерісін зерттеу, олар арасындағы корреляцияны анықтау.

Жоғарыдағы қойылған мақсатке жетіу үшін, төмендегі **ұазыйпалар** орынланыуы керек;

1. Металл-ярымөткізгіш контакттері электрофизикалық параметрлері болған барьер бийіктігінің ϕ_B және сапа коэффициентінің n сыртқы тәсір нәтижесінде өзгерісін зерттеу.
2. Металл-ярымөткізгіш контакттері ішкі механикалық кернеуді характерлеуші параметр бетінің ийемділік радиусының сыртқы тәсір нәтижесінде өзгерісін зерттеу.
3. Электрофизикалық параметрлер менен ішкі механикалық кернеу параметрлері арасындағы байланысты анықтау.

Изерттеудің илимий жаңалығы.

1. Сыртқы тәсір нәтижесінде Шоттки барьерлі диодлық структура параметрлерінің жақсыланыуы.
2. Шоттки барьерлі диодлық структураға сыртқы тәсір ете отырып ондағы ішкі механикалық кернеу шамасының азайыуы.
3. Шоттки барьерді диодлық структураларда ішкі механикалық кернеу менен диодлық структура параметрлері арасындағы байланысты анықтау.

I БАП. ӘДЕБИЙ ШОЛЫҰ

1.1. Металл ярымөткізгішли контактлеріндегі ишки механикалық кернеу

Ярымөткізгішли приборлардың хәм приборлық структуралардың тийкарғы қәсийетлериниң бири бул ишки механикалық кернеудиң бар болыуы болып табылады. Бул ишки механикалық кернеу кристаллдың зоналық спектрин, ток тасыушылардың қозғалаңшылығын өзгертиуи мүмкин хәм ең баслысы, ишки механикалық кернеу релаксациялануи уқыбына ийе.

Сонлықтанда ишки механикалық кернеудиң пайда болуи себеплерин хәм оны азайтуи усулларын излеп табуи хәзирги заман ярымөткізгішли технологиясының ең баслы ұазыйпаларының бири болып табылады.

Ишки механикалық кернеу мәниси хәм шамасы плёнка қалыңлығына, подложка температурасына, конденсация тезлигине, плёнка составына хәм структураны сақлау ұақтына тәсир етеди. Металл ярымөткізгішли приборларда тийкарынан ишки механикалық кернеу, металл менен ярымөткізгішли материаллардың өз-ара тәсирлесуи нәтийжесинде материаллардың көлеминиң өзгеруинен хәм металл хәм ярымөткізгішли материаллардың решетка параметрлериниң сәйкес келмеуи себепинен келип шығады. Ярымөткізгішли приборларда хәм приборлық структураларда ишки механикалық кернеу сол приборлардың электрофизикалық параметрлерине, қадаған етилген зона кеңлигине, ток тасыушы зарядлар концентрациясына, тийкарғы емес ток тасыушылардың жасау ұақтына хәм қозғалаңшылығына тиккелей тәсир етеди.

Жәнеде ишки механикалық кернеу ярымөткізгішли бетлик заряд халын өзгертиуи мүмкин, бул өз гезегинде ярымөткізгішли приборлардың тийкарғы параметрлери болған барьер бийиклиги хәм идиаллық коэффициентиниң өзгеруине алып келеди. [1, 2]

Мына [3] жұмыс авторлары есаплау методы менен металл-ярымөткізгішлі диодлық структураларда ишки механикалық кернеудің диодтың вольт-амперлік характеристикасына (ВАХ) тәсірін изертлеген. Авторлар ишки механикалық кернеу тийкарынан тууры токтың шамасының өзгерісіне алып келеді екен деген жууамаққа келеді.

[4] жұмыс авторлары арсенидгаллий тийкарғы Шоттки барьерлі структуралардың ВАХын изертлей отырып, ишки механикалық кернеудің диодлық структуралардың барьер бийіклігіне тәсір ететуғынлығын анықлаған. Сонны айтып өтіу керек металл ярымөткізгішлі приборлардың деградацияға ушырауының белгілі бір себеплерінің бири бул, усы приборларда ишки механикалық кернеудің бар болуы, себебі ишки механикалық кернеу релаксациясы деффектлердің пайда болуы менен жүзеге келеді.

Релаксация барлық уақытта прибордың деградациясына алып келе бермейді [5].

Ишки механикалық кернеуді релаксациялануы механизмі-бул металл ярымөткізгіші шегара бөлегінде массоперенос болып табылады. [5] жұмыс авторлары тәрәпинен Шоттки диодына гамма кванты 60 Со менен тәсір етіу нәтижесінде ишки механикалық кернеу релаксациясы анықланған. Жәнеде усы гамма кванты тәсірі нәтижесінде Шоттки диоды параметрлерінің жақсыланғанлығы хәм ишки механикалық кернеу шамасының азайғанлығы бақланған.

Ал [6] жұмыс авторлары тәрәпинен Gr-InP диодлық структурасына гамма кванты менен тәсір етіу нәтижесінде контакт шегарасында фазалар аралық тәсірлесіудің, диодлық структурасының электрофизикалық характеристикасына тәсірін изертлеген. Авторлар пикири бойынша изертленіп атырған диодлық структурада параметрлердің өзгеріуінде тийкарғы ролді ишки механикалық кернеу релаксациясы атқарады. Авторлар изертлеулер тийкарында сондай пикирге

келеді, яғни плёнка хәм подлодканың қандай усылда таярланыўына хәмде отырғызылған металлдың химиялық составына қарамастан структурада хәр қыйлы ишки механикалық кернеў дереги пайда болады екен.

Солай етип жоқарыда авторлардың изертлеўлери соны көрсетеди металл–ярымөткизгишли приборларда ишки механикалық кернеў усы прибордың физикалық қәсийетине тиккелей тәсир етеди екен, ал сыртқы тәсир нәтийжесинде приборлық структураларда ишки механикалық кернеў шамасын азайтыўға болады екен.

1.2. Сыртқы тәсирдин металл-ярымөткізгіш контактининг электрофизикалық қасиетине тәсири

Металл-ярымөткізгіш контакты параметрлери усы металл-ярымөткізгіш технологиялық таярлау нәтижесинде металл-ярымөткізгіш шегара бөлиминде болып өтетугын физико-химиялық процесслерге байланыслы болады. Жәнеде металл-ярымөткізгіш контакти приборлардын сапасы хәм сыртқы тәсирге шыдамлылығы оның контакт бөлими шегарасындағы физико-химиялық қасиети менен анықланады.

-контакт бөлим шегарасында анау ямаса мынау химиялық бирикпениң бар болыуы;

-контакт шегарасы бөлиминдеги өз-ара диффузия;

-ярымөткізгішли контакт областында дефектлердин бар болыуы;

Уақыт өтиуи менен бул контакттың физико-химиялық қасиети өзгереди хәм көпшилик жағдайда контакттың электрофизикалық параметрлериниң деградациясына алып келеди [6].

Соның менен бирге усы физико-химиялық қасиетлерде сыртқы факторлар нәтижесинде контакт хәм приборлық структура параметрлериниң жақынласыуы жүзеге келеди.

[8] жұмыс авторлары тәрәпинен A^3B^5 бирикпесинде хәр қыйлы металллар менен қапланған структураларда фазалар аралық тәсирлесіу процесси изертленген. Олардың изертлениуинше ярымөткізгіш бетине металлды жағылған металл қатламының тәбиятына ғәрезли болады. Жәнеде усы кубылыс тийкарында өтиу областы қасиетин ишки механикалық кернеу релаксациясы механизми, ярымөткізгіш подложка типі тәсири анықланған.

Сыртқы тәсирдин ярым өткізгіш приборлар менен тәсир етисіуи тийкарғы үш механизм тийкарында болып өтеди булар, фотоэффект,

комптон эффект хәм жуплар пайда болыу эффекти болып табылады. Мәселен гамма нурланыуы нәтийжесинде ярым өткизгиш ишинде байланысқан атомларды пайда етиуши электронлар пайда болады. Нәтийжеде нурланыу уақтында пайда болған электронлар энергиясының бир бөлеги атомларды ионизацилауға, ал қалған бөлеги атомлар менен тәсир етисиу нәтийжесинде кристалл решеткада Френкель дефектлеринин пайда болыуына жумсалады.

Ярымөткизгишли приборларды гамма-нуры менен тәсир етиу айырым жағдайда ярымөткизгиш прибордың параметрлеринин өзгериуине алып келеди.

Бул процесс бир тексиз металл-ярымөткизгишли структураларда тийкарынан фазаның гейпара бөлиминде интенсив болып өтип, өз гезегинде прибордың электрофизикалық қәсийетине өз тәсирин тийгизеди. Белгили бир оптимал дозада бул процесс ярымөткизгишли контакт областында структуралық примесслердин тәртиплесии алып келеди, бул прибордың характеристиканың жақсыланатуғын жүзеге келиреді.

80-жылларға келип ярымөткизгишти аз дозада нурландыруу менен ярымөткизгиштеги ток тасыушылардың қозғалаңшылығын арттыруу хәм терең генерация-рекомбинация орайлары концентрациясын азайтуу мүмкин екенлиги айырым аворлар жумысында өз сәулелениуин тапты. Ал усыған дейин гамма нурланыу тек ғана прибордың характеристикасын өзгертиу яғнай радиациялық дефектлер пайда етиу ушын қолланылып келген еди.

[9] жумысна Au-Al-GaAs диодлық структурасына гамма кванты ^{60}Co тәсири изертлеленген, изертлеу обекти етип Au-Al-GaAs диодлық структурасын алынған. Бул диодлық структура химиялық тазаланған арсенид галий n-p⁺-структура бетине вакуумда термикалық парландыруу менен Al кейин избе-изликте Au оырғызылған, диодлық структуралардың рабочий областы диаметри 500 мкм. n-GaAs пленкасының легирлеуши

прмес концентрациясы $4 \cdot 10^{15} \text{ см}^3$, подложкада 10^{18} см^3 , n хәм n⁺ қабатлар қалыңлығы сәйкес түрде 20 хәм 300 мкм. Бул диодлық структураларға омлық контакт Au-Ge тийкарында таярланған.

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

Au-Al-диодлық структурасының гамма-нурланыўынан кейинги хәм нурланыўға дейинги ВАХ сы өлшенілген, туўры бағыттағы вольт амперлик характеристикадан структура параметрлери барьер бийиклиги ϕ_3 хәм идеаллык коэффициенти 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 ⁶⁰Co гамма квант пенен тәсир еткенде параметрлериниң жақсыланыўы $10^5 \div 10^6$ P интервал аралығында диодлық структураның электрофизикалык 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 электрофизикалык қәсийетин жақсыланғанын көрсетти, екинши жақтан усы диодлық структураның радиацияға шыдамлылығын анықлаўға мүмкиншилик береді. Бул өзгерислер [9] жумыста көрсетилгениндей металл GaAs шегара бөлиминде структуралық примеслердиң тәртиплескениниң нәтийжеси болып табылады. Бундай аз муғдардағы γ -кванты менен тәсир етиў нәтийжесинде

диодлық структуралардың параметрлерінің жақсыланғанлығы көп ғана жұмыстарда талықланған. Мәселен [10] жұмыста авторлар тәрепіннен Cr-GaAs диодлық структурасына γ -кванты тәсири изертленген. Олар Cr-GaAs диодлық структурасын комнатта температурасында $10^5 \div 10^8$ P интервалында γ -кванты менен тәсир етиў нәтийжесинде диодлық структура параметрлерінің өзгерисин анықлаған, яғный $10^5 \div 10^8$ P интервалында гамма-кванты менен Cr-GaAs тәсир етиўде бул структураның параметрлерінің жақсыланғанлығы байқалған, яғный барьер бийиклиги дәслепки шамасынан артқан, идеаллык коэффициентин n 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 параметрлердің 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. [11] жұмыс авторлары гамма-квант пенен тәсир етиў хәм тәсир еткеннен кейинги металл хәм GaAs компонентлерінің бөлистрилиўи электронлық Оже-спектраскопия методы жәрдемінде изертленген. Алынған нәтийжеде 10^6 P дозада тәсир еткеннен кейин Al-GaAs шегарасында металл хәм GaAs компонентлерінің 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 $10^5 \div 10^6$ P интервалы аралығында тәсир етиў нәтийжесинде параметрлерин жақсылаўға болатуғынлығы келип шығады.

1.1. Таблица. Au-Al-n-n+-GaAs диодлық структурасы параметрлеринин гамма кванты нурланыуына 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
$I_{кери}$, 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 параметрлеринин жақсыланыуы, екінши жақтан қайсы дозаға дейин усы диодлық структураның радиацияға шыдамлылығын анықлауға мүмкиншилик береди. Себеби хәр қыйлы металлар менен контактке ийе диодлық структуралардың радиацияға шыдамлылығы хәм параметрлеринин жақсыланыу интервал дозасы хәр қыйлы болады. Бул бириншиден сол структураға отырғызылған металл контакт тәбиятына байланыслы болса, екінши жақтан таярлау технологиясы уақтында пайда болған технологиялық дефектлер халына байланыслы болады.

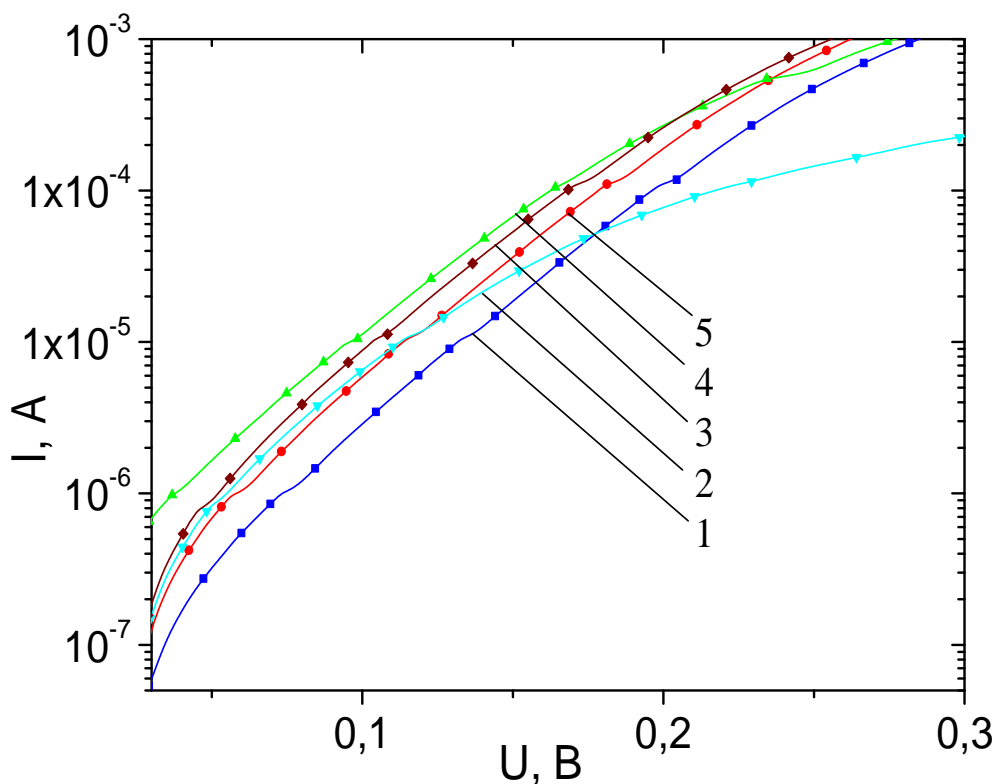
[9] жұмыс жағдайында яғный Au-Al-GaAs диодлық структурасын $10^4 \div 10^6$ Р интервалында гамма кванты менен тәсир етиу нәтийжеиснде параметрлеринин жақсыланыуы менен бирге доза 10^6 Р тен асқан жағдайда кери процесстин байқалатуғы көриледи.

Таблицадан көринип турғанындай параметрлеринин жақсыланыуы тек ғана 10^6 Р ге шекем ғана болып өтеди. Егер доза 10^6 Р нен асса кери процесс, барьер бийиклигинин азайғанын, идеаллык коэффициентинин артқанын хәм кери ток шамасында дәслепкиге салыстырғанда артқанын көриуимизге болады. Буннан сондай жуумаққа келсек болады, яғный Au-

Al-GaAs диодлық структурасы 10^6 Р ге шекем радиация шыдам бере алады екен.

Жоқарыда айтып өткениміздей металл InP диодлық структуралардың хам InP тийкарындағы ярымөткізгіш приборлардың радиацияға шыдамлылығы жәнеде параметрлериниң жақсыланыуы усы диодлық структуралардың ямаса приборлардың дәслепки халына хэм қандай металл менен ярымөткізгіш контактке кирискенине байланыслы болады.

Жқарыдағы айтылғанларды төмендеги 1.1-сүўреттен Au-Al-GaAs диодлық структурасы ВАХ ының гамма-кванты тәсир еткеннен кейинги хэм тәсиреткенге дейинги мәнисиниң өзгерисинен кориўимизге болады.



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

Жәнеде [11] авторлар изертлеген Au-Ti-GaAs диодлық структуралардың параметрлериниң жақсыланыуы $10^5 \div 10^7$ Р интервал доза аралығында болып өткен, ал $5 \cdot 10^7$ Р дозада прибор параметрлериниң

бузылыўы яғный барьер бийиклиги ϕ_{β} ның артыўы, кери ток шамасының арта баслағаны байқалған.

Демек бул приборлық структура ушын параметрлердиң жақсыланыўы доза интервал $10^5 \div 10^7$ Р болса, ал прибордын радиацияға шыдамлығы $5 \cdot 10^7$ Р ге шекем деп айтыўымызға болады.

1.3. Металл-ярымөткізгіш структуралардағы дефектлер

Қөлеген кристаллық решетканың периодтылығының бұзылуы бул кристалл дефекти болып табылады. Дефектлер тийкарынан точкалық сызықлы, бетлик хәм көлемлик болып бөлинеди. Точкалық дефектлер решетканың геометриясының бұзылуына алып келеди. Әпиұайы куб решеткадағы точкалық дефектти қарастырсақ. Дефект решетка түйини арасында r точкада жайлассын. Бул дефект решетканы деформациялайды хәм бул деформацияда кублық симметрияға ийе болады. Усы деформация нәтижесинде кристалл көлеми өзгериуи төмендегише анықланады.

$$\Delta V = \frac{1}{3K} \int r \cdot f dV \quad (1)$$

Бул жерде K -хәр тәреплеме қысылуы модули, f -дефект тәрепинен бирлик кириспе тәсир етиудиң орташа күши.

Әлбетте ΔV шамасы хәм белгиси дефекттиң тәбиятына байланыслы болады.

Жоқарыда айтқанымыздай дефектлердиң пайда болуы сериппели кернеуде келтирип шығарады. Бул кернеу концентрациялық типке ийе болып, ол металлдың ярымөткізгіш тәрепке диффузиясы менен анықланады. Металл атомының ярымөткізгіш тәрепке өтиуи нәтижесинде ярымөткізгіштиң кристалл решеткалары бұзылады. Бул процесс төмендеги Вегард нызамына бойсынады

$$a = a_0 (1 + \beta c) \quad (2)$$

бул жерде C -металл концентрациясы, a -ярымөткізгіштиң решетка параметри $\beta = \frac{1}{a} \cdot \frac{da}{dc}$ -ярымөткізгіштиң примеске салыстырғанда сызықлы созылуы коэффициенті.

Ярымөткізгіштиң меншикли деформациясы төмендегидей теңлеме менен анықланады

$$\varepsilon^0(x) = \beta c(x) \quad (3)$$

x -диффузиялық бөлистирилиуі болып өтетүғын координата.

$$\varepsilon(x) = \varepsilon_{zz} = \varepsilon_{yy} = -\varepsilon^0(x) \quad (4)$$

$$\sigma = 2G \frac{1+\nu}{1-\nu} \varepsilon \quad (5)$$

G -жылысыу модули;

ν -ярымөткизгиш ушын Пуассон коэффициенті.

Солай етип (4) хәм (5) формулалардан көринип турғанындай металлдың концентрациялық профили ярымөткизгиштиң өтиу қабатында механикалық бөлистирилиуі нызамы менен анықланады.

Ярымөткизгиш кристалларда дефектлерге байланыслы болып физикалық процесслерди үйрениуі үлкен әһмийетке ийе, себеби дефектлер ярымөткизгиш материаллардың хәм приборлардың физикалық қәсийетине өз тәсирин тийгизеди.

Ярымөткизгиш приборды технологиялық өсириуі уақтында пайда болған структуралық дефектлер булар прибордың ислеуі уақтында кері токтың артыуына алып келеди. Кері токтың артыуының ең баслы себепиниң бири дәслепки дислокациялардың ярымөткизгигишли приборды таярлау уақтында пайда болып дефектлеринен менен тәсирлесіуі болып табылады.

Басқада ең баслы себеплериниң бири-бул ярымөткизгиште термокомпрессия уақтында пластикалық деформацияланған областлардың пайда болыуы болып табылады.

Бирақ кейинги уақытлары ярымөткизгишлерди таярлау технологиясында өсириуі температурасы менен басымды сәйкес услап туруі нәтийжесинде пластикалық доформацияны болдырмау жоллары ислеп шығылған. Соған қарамастан A_3B_5 типиндеги ярымөткизгишлерде технологиялық операция уақтында пластикалық деформациядан қутылыу

қыйын, себеби A_3B_5 типіндегі ярымөткізгіштерде кремний хәм германий ярымөткізгішлікке қарағанда Пайерлс энергиясы аз болады. Сол себепли локаллық кернеудің релаксациясы процесси ұақытында пайда болған дислокация тек тийкарғы емес ток тасыўшылардың жасаў ұақтың хәм кеңіслик заряд областының эффектив енин азайтатуғын рекомбинация-генерация орайлары болып қоймастан күшли электр майданыны локализациялаўшы область болыпта табылады.

Структуралық дефект нәтийжесинде ярымөткізгішли приборлардың хаарктеристикасының бузылыўы яки түрде иске асады.

Бириншиси-бул приборды таярлаў ұақытында пайда болған дефектлердің нәтийжесинде хаарктеристикасының өзгеріўи.

Екиншиси –бул приборды сақлаўда яки жұмыс ислеў ұақытында пайда болған дефектлер буларда өз гезегинде хаарктеристиканың бузылыўына хәм прибордың деградациясына алып келеди. Ярымөткізгіш приборлардың хаарктеристикасының бузылыўының хәм деградацияланыўының тийкарғы себеплериниң бири бул дефектлердің пайда болыўы менен релаксацияға ушырайтуғын ишки механикалық кернеудің пайда болыўы болып табылады. Соны айтып өтиў керек хәр қыйлы сыртқы тасирлер усы ишки механикалық кернеудің релаксациясын активлестириўи де мүмкин.

Солай етип Шоттки диодына сыртқы тәсир ете отырып атермикалық (жыллылық емес) қайта ислеў жолы менен яғный температураны арттырмай дерлик комната температурасында ультрасес толқынлардың эффектив тәсир етиў нәтийжесинде ярым өткізгішли әсбаплардың хәм әсбаплық структуралардың сапасын жақсылаўда кеңнен қолланыўға болады деген жуўмаққа келдик. Жоқары да айтылғанларға қосымша соны еслетип өтиў керек, басқа сыртқы тәсирлерге (электротренировка, радиациялық, лазерине, х.т.б.) салыстырғанда ультрасес толқынлары менен тәсир етиў - бул арзан, әпиўайы, термикалық емес хәм әпиўайы

эффективли болып табылады. Ал термикалық тәсир етиў бул көпшилик авторлардың көрсеткениндей қурамалы болып есапланады, қурамалылығы соннан ибарат температура үлкейген сайын көп қатламлы структура менен ислесиў қыйынласып барады. Солай етип ультрасес толқынларын Шоттки диодларының электрофизикалық параметрлерин жақсылаўда термикалық емес эффектив тәсир етиўши сыртқы тәсир ретинде ярымөткізгішлер электроникада кеңнен қолланыўға болатуғынлығын айрықша атап өтиўге болады.

Жанеде диодлардың вольт-амперлик характеристикасын изертлеў арқалы бираз мағлыўматлар алыўға болады. Мысалы, деградацияның диффузиялық механизми орнатылған болса, онда потенциаллық исенимли емес диодларды ажыратып алыўда қайта ислеў мүмкин. Бул жағдайда ажыратып алыў критериясы болып белгили ўақыт даўамында жұмыс режиміндеги генерацион - рекомбинацион ток қәдилериниң өзгериўи хызмет етеди, эксперимент көрсетиўинше жұмыс режиміндеги генерацион-рекомбинацион ток қәддин күшлирек өзгертсек диод соншелли исенимсиз болады. Потенциаллық исенимли болмаған приборларды ажыратыў ушын тунельлик токлардың қадағаланыўы, қолланылыўы мүмкин. Бул приборлар ушын бираз улыўмалық эффект деградациялық процесслердиң интенцификациясы болып табылады. Жақыйқатында да, температура хәм оның градиент пайда еткен механикалық кернеў токтың жоқарылатылған тығызлығы областындағы диод майданы бойынша орташа мәнислерди жоқарылатады. Прибордың истен шықпай жұмыс ислеўин болжаў ушын деградацион процесслерди стимулластыратуғын факторларды билиў керек хәм токтың биртексиз бөлистирилиўин анықлаўға мүмкиншилик бериўши методларды есапқа алыў жүдә әхмийетли. Бул методлар хәр қыйлы ярым өткізгішли диод типлери ушын улыўмалық болып табылатуғынлығы ушын айрықша әхмийетке ийе хәм деградацияны анықлайтуғын микромеханизмнен

ғәрезсиз олардың истен шықпай жұмыс ислеўин болжаўға мүмкиншилик береди. Бундай методларға: шаўқымлы микроплазманың характеристикаларды өлшеў методы, туўынды вольт амперлик характеристикаларды анықлаў методы, өткеннің жыллылық характеристикаларын анықлаў методы. Пробой участкасында ислеўши диодлардың исенимлилигин микроплазмалардың характеристикалары бойынша болжаўлар микроплазмалар бираз жоқары температураға ийе токтың жоқары тығызлығы областы болатуғынлығына тийкарланған. Бундай областларда деградациялық процесслердиң интенсив ағысы болыўы итимал. Ең қызған микропалазмаларда температура жоқарылаған сайын деградациялық процесслер сонша тезирек болып өтеди ҳәм прибор исенимлилиги сондай-ақ ислеў мүддети кемейе береди.

II БАП. ЭКСПЕРИМЕНТ МЕТОДИКАСЫ

2.1. Шоттки барьерли диодлардың электрофизикалық характеристикаларын изертлеу методлары

Статикалық вольт-амперлік характеристиканы изертлеу жетерли дәрежеде эпиұайы орынланады, жеңил автоматластыру арқалы ярым өткізгішли диодтың актив қабатының қасиетлери хаққында кең мағлыұматлар береди.

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

Туннеллик кери токтың бар болыуы Шоттки барьериндеги контактлы қабаттағы параметрлерди анықлауға мүмкиншилик береди. Статикалық вольт амперлік характеристикалардан алынған мағлыұматлар хәм пробойдың анық конструкциясының мәниси хәм 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 хәм заряд тасыушылардың тәсириндеги қызыу процесслери хаққында бақалы мағлыұматларға мүмкиншилик береди. Бирақ хәтте салыстырмалы жоқары майданларда вольт-амперлік характеристиканың көрсетилген сызықлы емесликлери хәлсиз ажыралады. Буннан тысқары, бундай сызықлы емесликлер параметрлериниң жийиликли ғәрезлиликлери үлкен қызығыушылық туудырады. Бундай

изертлеу үшін тийкарынан хәр қыйлы модуляциялық методлар, мысалы екинши, үшінши гармоникалы өлшеу, гармониканың аўысыуы, синхронлы детекторлау қолланылады. Бул методлардың бәринин мазмунында вольт-амперлик характеристиканы дифференциялауға алып келди. [12] Көпшилик жағдайларда ярым өткизгишлерди 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 улыўмалық түрге ийе, оның ярымөткизгишлер 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 ярымөткизгиштиң зоналық структурасының айрықшалықларын анықлауға мүмкиншилик береди.

Ярым өткизгишли диодлардың кши докал сызықлы емесликлерин анықлаудың сезгир методы модуляциылқ дифференциялау болып табылады. Вольт-амперлик характеристикада бундай сызықлы емесликлердиң болыуы ток өтиу механизмлериниң алмасыуы, локал ток өтиуши участкаларының қосылыуы (МП), ток өтиудиң бир теклигиниң бузылыуын билдириуи мүмкин. Сонлықтан вольт амперлик характеристиканың сызықлы емесликле-рин есапқа алыу деградация процесслердиң мүмкиншиликлери хәм тезлиги хәкқында жуўмақ шығарыуға, яғный вольт-амперлик характеристиканың пробой

участкасында істейтуғын диодлардың ісенімлілігін анықлауға мүмкіншілік береді.

Метод идеясы диод арқалы өтіуші I_{nw} тоғи гармоникасын диодқа U_0 аўысыў кернеуі менен бірлікте ізбе-із модилациялаўшы жарғы тис тәрізлі сигнал берілгенде анықлаудан ибарат. Егер $U_\infty \ll U_0$ болса, онда $I_0(U_0)$ биринши гармоника амплитудасы $\partial I / (\partial u / U_0)$ биринши туўындыға пропорциональ, екинши амплитудасы I_{27} вольт-амперлік характеристиканың екинши туўындысына пропорциональ. Бул туўындылар модуляциясыз өлшенген туўры вольт-амперлік характеристикадан алыныўы да мүмкін еді. Бирақ ловинли пробойды үйрениўде бул ҳәр бир микроплазманың қосылыўында жоқарылап баратуғын шаўқымның хәдден тыс жоқары қәддиде болыўы себепли қыйын мәселе болып табылады хәм тек ғана модуляциялық метод бул мәселени шешиўге мүмкіншілік береді.

Микроплазмалық пробойды модуляциялық изертлеў ушын қолланылатуғын электрнолық схема 2.1-сүўретте көрсетилген. Ол ізбе-із тутастырылған, барлығы бирге сигнал дереги блогин пайда ететуғын развертка генераторы $(U_0(+)-I)$, турақлы аўысыў дереги U_0-2 , ис жийилигиниң модуляциясының генераторы 3 тен турады U_0 мәниси U_0 пробой кернеуіне жақын орнатылыўы мүмкін хәм соңынан микроплазмалардың дифференциал иймекликлерин хәм вольт-амперлік характеристикасын алыў ушын U_0 киши интервалда толқынлы түрде жайылады. Бунда ΔU еки кординаталы «Самоцисең»-8 диң X координатасын басқарыў ушын қолланылады.

Ток үлгиси жер менен сигнал дерегиниң шығыўы арасында өлшенетуғын үлгидеги кернеўде минимал қәтеликке ийе болатуғын 4-операцион көрсеткиш пенен өлшенеди. Операцион көрсеткиштиң шығыў сигналы статикалық вольт-амперлік характеристиканы дүзиў ушын қолланыў мүмкін ямаса синхронлы детектор -5 жәрдемінде қайта

ислеуден соң дифференциал ғәрезлилик дүзиў ушын қолланылады. Биринши туўынды өлшенетуғын жағдайда аўысыў кернеўи жийиликти көбейткиште 6 түрлендирилген еки еселенген жийиликтеги U_2 сигнал менен модуляцияланады $U_{2\infty}$ еки жағдайда да сигнал сыпатында қолланылады.

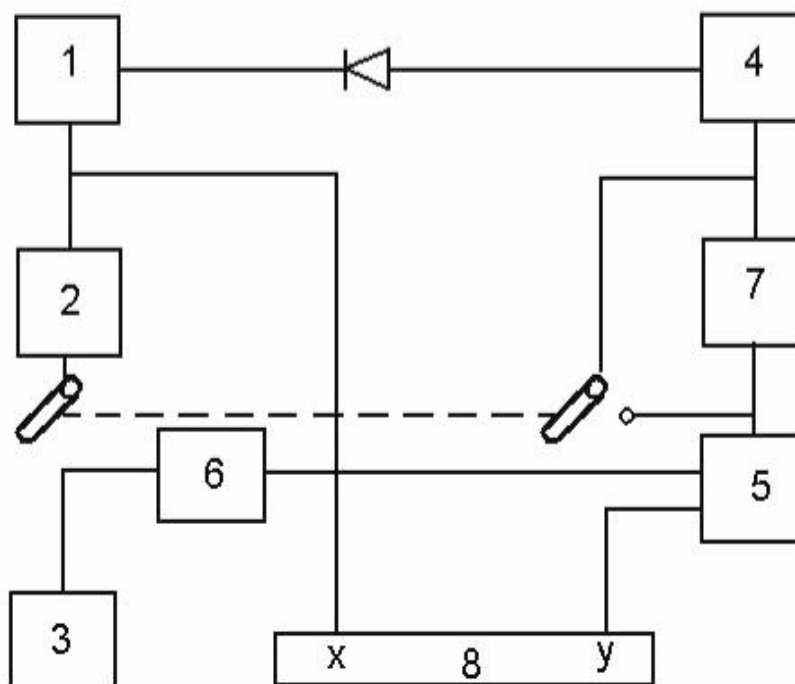
Развертка кернеўи X самописец кернеўине барады. Кернеўдиң киши модуляциялық мәниси микроплазмалық шаўқымның статистикалық қәсийетлерине күшли тәсир етеди.

Вольт-амперлик характеристиканың екинши туўындысының графиги хәр бир жаңа микроплазманың қосылыўына сәйкес келетуғын ушқыр «пик»лерден турады. Бул «пик»лердиң санын үлгидеги микроплазмалардың толық жыйнағы анықлайды. I_{27} шығыў сигналы диодтың микроплазма менен байланыспаған дифференциал қарсылығы болыў себебинен қосымша жарғы тис тәризли сигналдан турады. Бул сигнал 16 функциясы болып ол микроплазмалық «пик»лердиң аңсат ажыратлығы болыўы мүмкин.

Солай етип модуляциялық метод микроплазмалардың қосылыўында кернеўди хәм олардың санын анықлаўға хәм хәр бир бөлек микроплазмаға сәйкес келетуғын ток басқышлары хәм өткизгишлилигин анықлаўға мүмкиншилик береді. Микроплазмалық пробой диодтың бираз дефектли точкаларында болатуғынлығы себепли микроплазмалар саны хәм пробойдың дифференция иймекликлериниң улыўма формасы диодтың жұмыс областының дефегитлилигин характерлейди. Бул тийкарда бираз қызған микроплазмаларды бөлип шығарыўға, олардың температурасын хәм деградация интенсивлилигин бахалаў мүмкин болғанлықтан бул мағлаўматларды диод исенимлилигин хәм сапасын болжаў ушын қолланыўға болады.

Туўынды вольт-амперлик характеристикаларды анықлаў методы диодта пробойдың хәр қыйлы кернеўине ийе областларды анықлаўға

мүмкіншілік береді. Хәр бир бундай областка $\partial^2 I / \partial y^2 (Y_0)$ ғәрезлилигиндеги максимумлар хәм д $I / \partial y (Y_0)$ ғәрезлилигиндеги 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 бахалаўға болады хәм потенциал исенимли емес болған диодларды ажыратыўға мүмкіншілик береді.

2.3. Микроплазмалық характерограф

Изертлеўлердиң көрсетиўинше үлкен геометриялық өлшемлердеги Шоттки барьериниң вольт-амперлик характеристикасының кери шақасын

тийкарынан микроплазмалар деп аталыўшы киши пробой областлары анықлайды. Олар кристаллық пәнжередеги дефектлер менен байланыслы болады.

Микроплазмалар ҳәтте Шоттки тосқынында үлкен тоқлардың өтип кетиўине себепши болады. Сондай-ақ улыўма Шоттки барьериниң пробойлық кернеўинен көп киши кернеўлерде айырым микроплазмалар пайда болыўы мүмкин. Шоттки пробойының пробойлық кернеўине жақынлаған сайын жоқарыда айтып өтилген микроплазмалар арқалы белгили бир шамадағы ток өтеди. Бул ток Шоттки барьеринде қосымталардың диффузиясы болып өтетуғын ҳәм сәйкес әсбаптың электрлик характеристикасының өзгериўине алып келетуғын температураға шекем локаллық қызыўын пайда етеди.

Шоттки барьериниң сапасын характерлеў ушын биринши микроплазманы пайда етиўши кернеў шамасын, сондай-ақ микроплазманың басқа да параметрлерин анықлаў керек.

Соңғы ўақытлары микроплазмалық кубылысларды айрықша мақсетте қолланыўларды басламақта:

Наносекундлы инпульсели жақтылық дереги ретинде, гамма нурларының детекторы ретинде ҳәм тағы басқалар. Усыларға байланыслы микроплазма сапаларын, порометрлерин анықлаў өз алдына қызығыўшылық туўдырмақта.

Айтып өтилген мәселелерди орынлаў ушын микроплазмалық характернограф тийкарына тоқлардың пульсацияланыўын ҳәм секириўлерин пайда ететуғын микроплазма қәсийетлери қойылған. Соның нәтийжесинде вольт-амперлик характеристиканың тиклиги өлшенеди. Вольт-амперлик характеристикадағы өзгерислер корпусқа орнатылған ярым өзкизгишлерде, яғный таяр ярым өткизгишли әсбапларда бақлаў мүмкин.

Турақлы кернеўге киши амплитудадағы жарғы тис тәризли кернеўди қоса отырып электрон осциллограф экранында Шоттки барьериниң вольт-амперлик характеристикасының кери шақасының үлкен болмаған областын бақлаў мүмкин. Бул усы областты үлкейтилген масштабта көриўге мүмкиншилик береді хәм соның менен биргеликте микроплазманың «секириў» хәм үзиліслерин характерлейтуғын вольт-амперлик характеристикасының микроструктураларын анықлаўға мүмкиншилик береді.

Турақлы кернеў шамасын өзгерте отырып осциллограф экранында Шоттки барьериниң вольт-амперлик характеристикасының кери шақасын үлкейтилген масштабта бөлек-бөлек көриўге болады. Микроплазма пайда болыўы менен келип шығатуғын токтың секириўлери 10-100 мкН шамасында болады, ал микроплазма арқалы киритилген қосымша қарсылықты характерлейтуғын вольт-амперлик характеристиканың өсиўи 10 кОм шамасында болады.

Қурылманың әпиўайыластырыўына алып келетуғын тийкарғы факторлар төмендегилерден ибарат:

1. Микроплазманың вольт-амперлик характеристикасы осциллограф экранында келтирилген координаталық көшерлерде созылады, бул вольт-амперлик характеристиканың берилген участкасының шамасын бақалаўға мүмкиншилик береді.

2. Басланғыш утчқа тогының вольт-амперлик характеристикаға тәсир етиўин конфенциялаў мүмкинлишигин береді, сондай-ақ алдын төмен кернеўлерде пайда болған микроплазма арқалы өтиўши токты конфенциялаўға мүмкиншилик береді. Булар Шоттки барьериниң басқа микроплазмаларының тәсирин есапқа алмағанда қәлеген (тек ғана биринши емес) микроплазманың вольт-амперлик характеристикасын көриўге мүмкиншилик береді.

3. Микроплазманың вольт-амперлік характеристикасының параметрлерін (микроплазманың пробойлық кернеуінің шамасын, микроплазманың тогының секиріуі шамасын, микроплазма қарсылығын) изертлеудің қолайлы илажлары көрілген. Микроплазмалық характериограф микроплазмалардың жеке характеристикаларын (дифференциал қарсылығын R_c жұмыс іслеу режиміндегі микроплазма арқалы өтетұғын токты ΔI) анықлауға мүмкіншілік береді. 1-ші микроплазманың дифференциал қарсылығы вольт-амперлік характеристиканың сызықлы участкасының иймейіуі бойынша анықланады. Егер $R_{s1}, R_{s2}, \dots, R_{si}$ вольт-амперлік характеристикасының ізбе-из участкаларының қарсылықтары болса, онда сәйкес микроплазмалардың қарсылықтары төмендегіше болады.

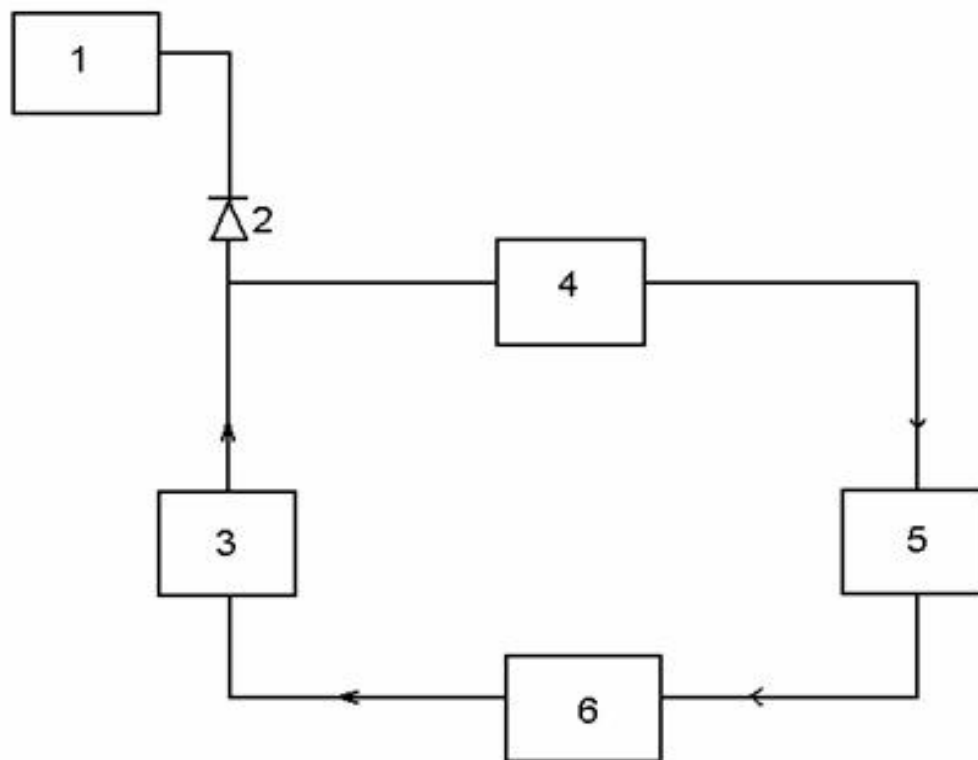
$$R_{mn} = R_{Si} R_{Si} / (R_{Si-1} - R)$$

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

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

Микроплазмалық характериографтың блок схемасы 2.2-сүўретте көрсетілген. Ол төмендегіше іслейді: тұрақлы кернеуі дерегі 1 ден диод 2 ге кернеуі бериледі. Сондаң-ақ, диодқа жарғы тис тәрізлі ток генераторы 3-ден жийилигі жарғы тис тәрізлі ток импульстары бериледі. Ол осциллографтың шығыуі точки менен синхронланған болады. Диодтағы кернеуі шығыуі қарсылығы жоқары болған хәм аз сыйымлылыққа ие болған кең поласалы күшейткиш 4-ші жәрдемінде күшейтиледи. Соң

усы сигнал амплитудалы-жйиликли 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 жйиликли характеристиканы күшейткиш; 6 – осциллограф.

Усы ўақытта осциллограф 6 экраныда вольт-амперлик характеристиканың участкалары сүүретленеди. Ўақыт көшери (абсцисса) үлги арқалы өтетуғын точка сәйкес келеди, ал ордината үлгидеги кернеўге сәйкес келеди. Амплитудалы жйиликли характеристиканың жоқарылаўы вольт-амперлик характеристикаға тәсир етпейди, бирақ жоқары жйиликли кернеу кураўшылары 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 хәм диодлардың вольт-амперлик характеристикасын оператив қадағалап барады, ал микроплазмалардың характеристикалары арасындағы корреляцияны есапқа ала отырып үлгилердің сапасы, исенимлилигин хәм де пробой участкасында ислеўши, мысалы, лавинли-пролетлы диодлардың узақ ислеўшилигин болжап бере алады.

III. БАП. ЭКСПЕРИМЕНТТЕ АЛЫНҒАН НӘТИЙЖЕЛЕРДИ ТАЛҚЫЛАҰ

§3.1. Шоттки диодларының электрофизикалық параметрлерине хәм ишки механикалық кернеуге микротолқынның тәсирин изертлеу

Соңғы жылларда ярымөткізгішли материалларға, приборлық структураларға хәм приборларға сыртқы тәсирлерден кейинги болып өтетугын өзгеріслерди изертлеуге болған қызығушылық сезилерли дәрежеде арттып бармақта. Бул болса ярымөткізгішли приборлардағы сыртқы тәсирлердің (температура, күшли электр хәм магнит майданлары, радиация, ЖЖЖ нурландырыу х.т.б.) нәтижесинде пайда болатуғын деградация механизмлерин изертлеудің жаңа технологияларын табыу менен байланысly. Ярымөткізгішли материаллардың хәм олар тийкарында исленген әсбаплардың параметрлеринің өзгеріс себеплеринің бири бул ишки механикалық кернеу (ИМК) болып, ол [10, 11] жумыста көрсетилгениндей барлық уақытта ярымөткізгішли әсбаплардың деградациясына алып келиуи мүмкин емес.

Бирақта ярымөткізгішли әсбаплардағы хәм кристаллардағы релаксациялық процесслердің кең түрде изертлениуине карамастан (соның ишинде TiV_x-n-n^+InP бетлик-барьерлик структурасының), ЖЖЖ нурландырыу тәрепинен стимулланған ИМК дің релаксациясы жетерли дәрежеде изертленбеген. Сонлықтан бизің магистрлик диссертация жумысымыздың мақсети Шоттки диодларына қысқа толқынлы тәсирдің нәтижесинде электрофизикалық параметрлер өзгерісин хәм ИМК дің релаксациясын үйрениуден ибарат.

Усы мақсетте қысқа толқынлы тәсирге дейин хәм кейин П201 профилометр-профилографында TiV_x-n-n^+InP структурасының иймеклик радиусы R өлшенди. TiV_x -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 тәрәпинен жазылды.

ИМК TiV_x - InP - еки қатламлы моделине жуўықтастырылған Стоун формуласы жәрдеминде есапланды [12-14]

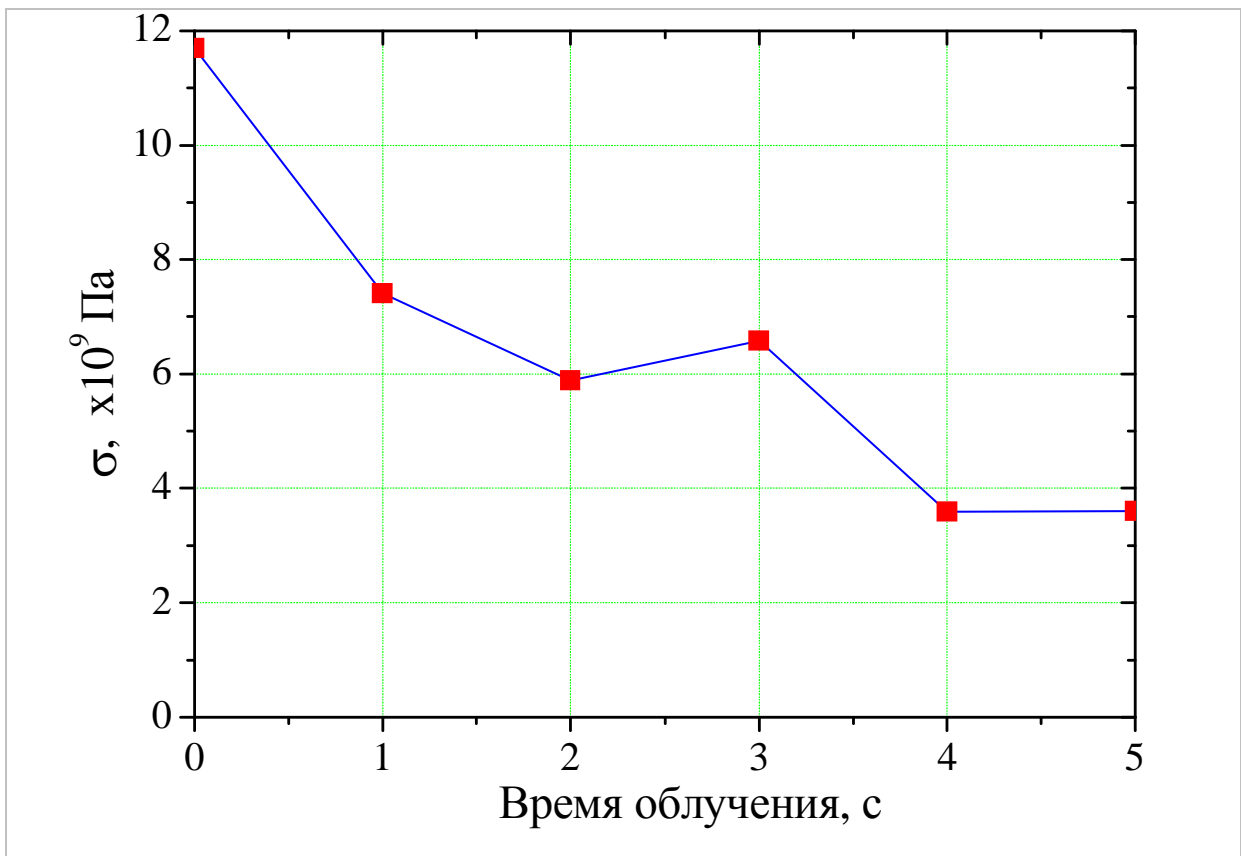
$$\sigma = \frac{E \cdot d^2}{6 \cdot (1 - \nu) \cdot R \cdot t},$$

бунда $t=0,14$ мкм- TiV_x қатламының калыңлығы, $d=400$ мкм - n^+ -InP подложкасының калыңлығы $E=1,4 \cdot 10^{11}$ Па InP подложкасының Юнг

модули, $\nu=0,27$ Пуассон коэффициенті, $R = \frac{l^2}{8m}$ - иймеклик радиусы

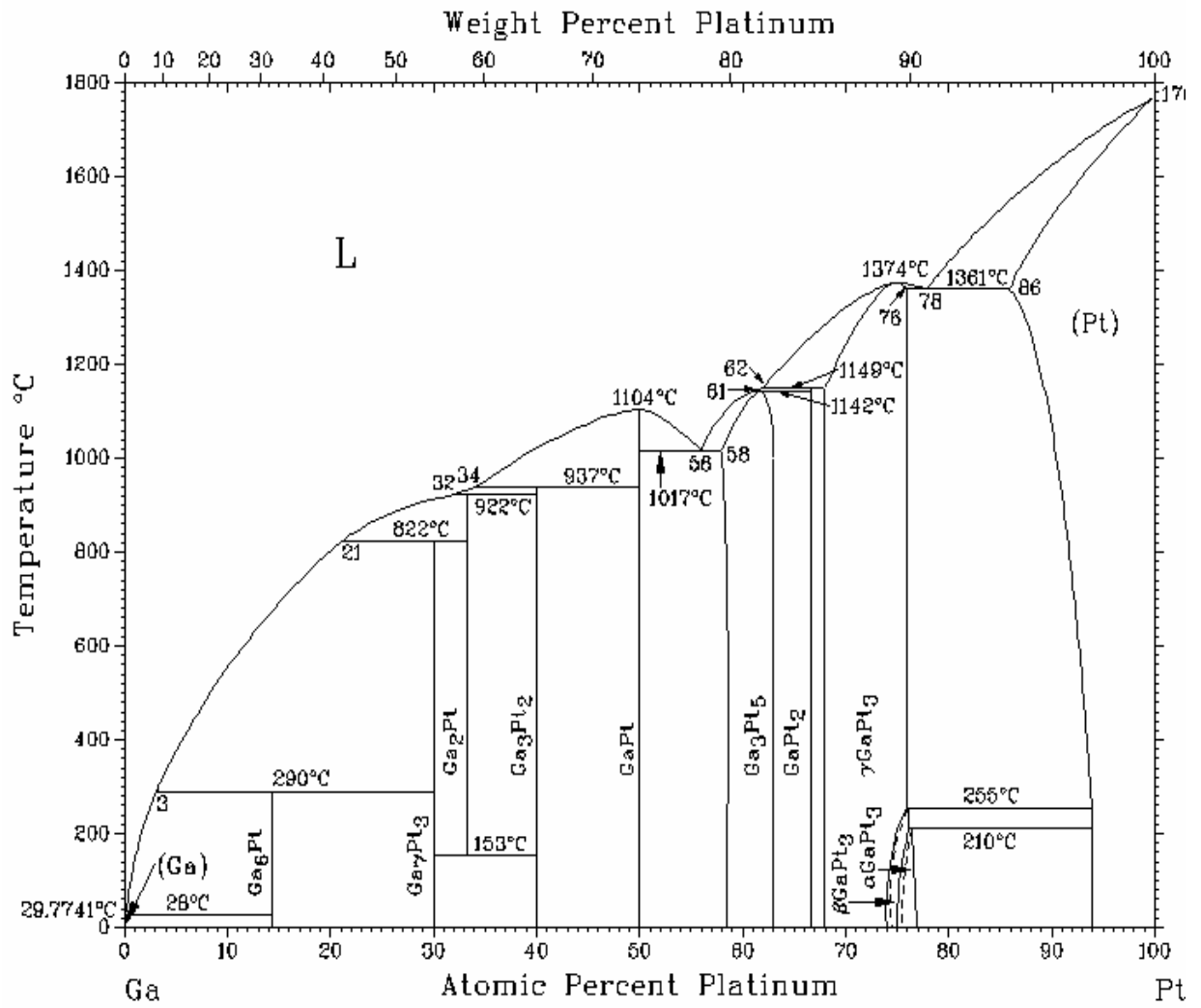
$f=2,45$ ГГц жийиликли хәм шығыў қуўатлылығы 160Вт (салыстырмалы қуўатлылығы $\sim 1,5$ Вт/см²) болған қысқа толқынлы нурландырыўдан кейин, 1-5 с ўақыт ишинде иймеклик радиусы хәр қыйлы үлгилерде 3-4 есе дәслепкиге қарағанда өзгериске ушырады.

Дәслепки структура киши иймеклик радиусына ийе еди. Қысқа толқынлық тәсирден кейин 5 с ишинде иймеклик радиусының артыўына, демек ИМК дин кемеийўине алып келди (3.1.-сүўрет).

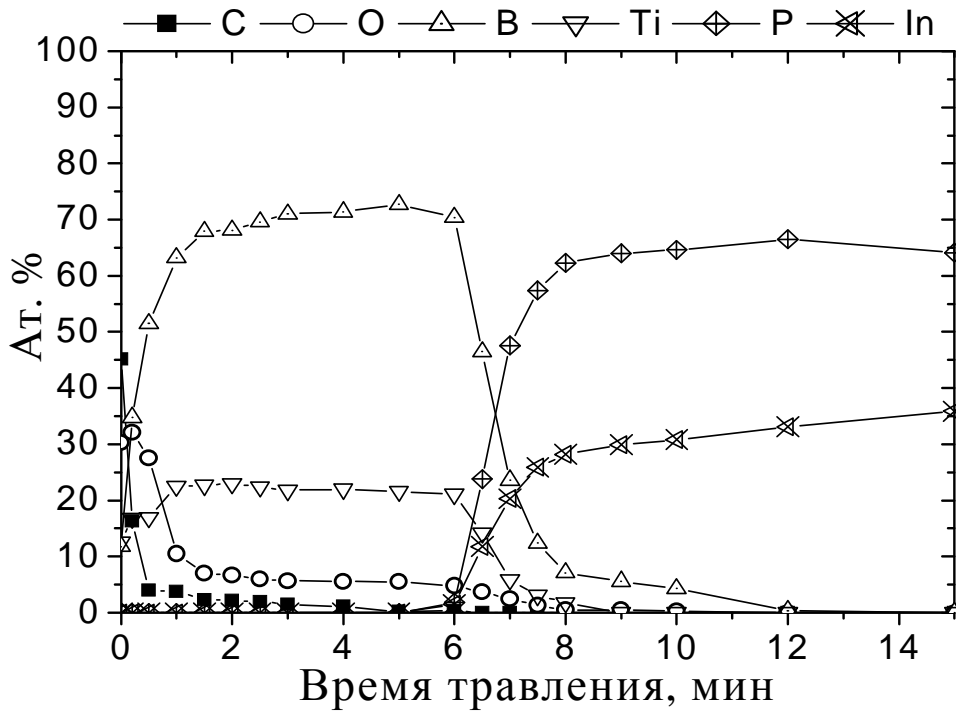


3.1.-сүүрет. TiB_x - n - n^+ InP структурасында ИМК диң σ микротолқынлык тәсир ўақтынан ғәрезлилиги

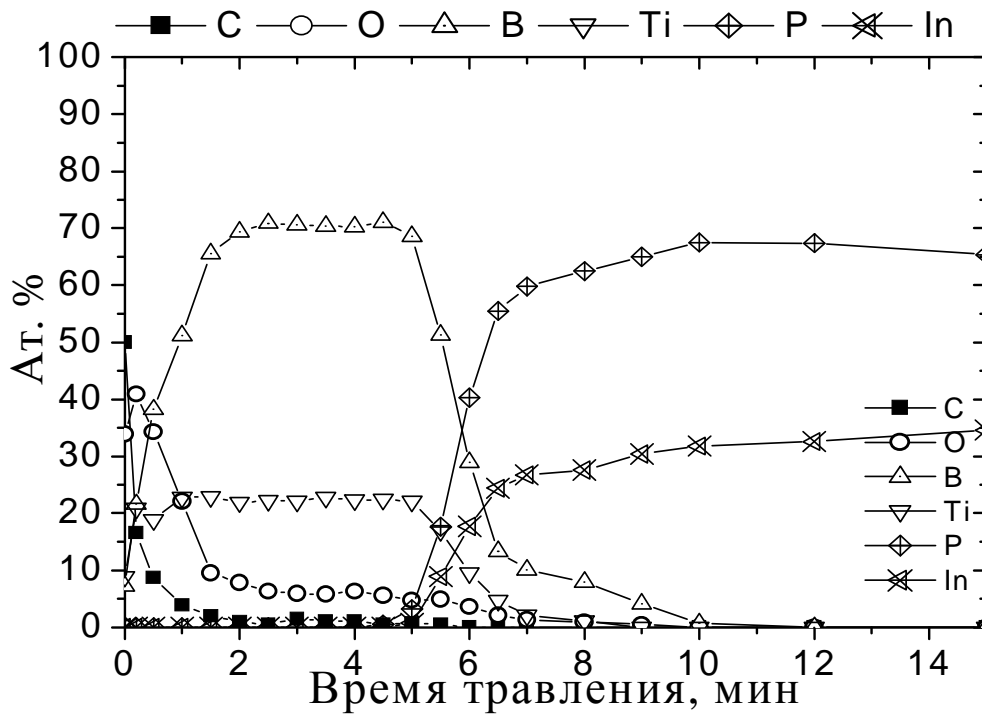
Структураның ишки механикалық кернеўиниң нурланыў ўақтынан ғәрезлилиги үлгиде релаксациялық процесслердиң бирдей өлшемли емеслигин көрсетеди. Буның бир себеплериниң бири реал структураның, яғный күшли легирленген подложканы, эпитаксиал пленканы хәм пленка-металл шегерасында өтиў қатламын хәм TiB_x қатламын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



3.2.-сүүрет. Ga-TiV_x системасының фазалық диаграммасы .



a)



б)

3.3.-сүүрет 24 с даўамында ЖЖЖ тәсирге дейин (а) хәм кейинги (б) TiB_x-n-n⁺InP контакти компонентлери бөлистирилиўиниң концентрациялык профиллери.

Соны айтып өтиу керек, InP ге платинлик барьерлерди пайда еткенде жийи гүзетилетуғын TiB_xIn_2 фазасы бизиң жағдайымызда бақланбады, себеби ол тан жоқары температурада пайда болады. Бул TiB_xIn_2 фаза P- TiB_x фазалық диаграммасына сәйкес $T=153$ °C температурада пайда болады. Бундай температураға InP бетлик қатламы электрон-нурлы напыление ўақтында ериседи, егер қызыўдың алдың аламасақ. 4с хәм 24с секунд ўақыт аралығындағы қысқа толқынлық тәсирлер TiB_x -InP контактинде фазалық өзгерислерге алып келмеди. Соның менен бирге TiB_xIn_2 фазасын өз ишине алатуғын металлизация бөлегиниң фазалық қурамыда өзгермеди. Бул үлгиниң сезилерли қызбағанлығынан дерек береди.

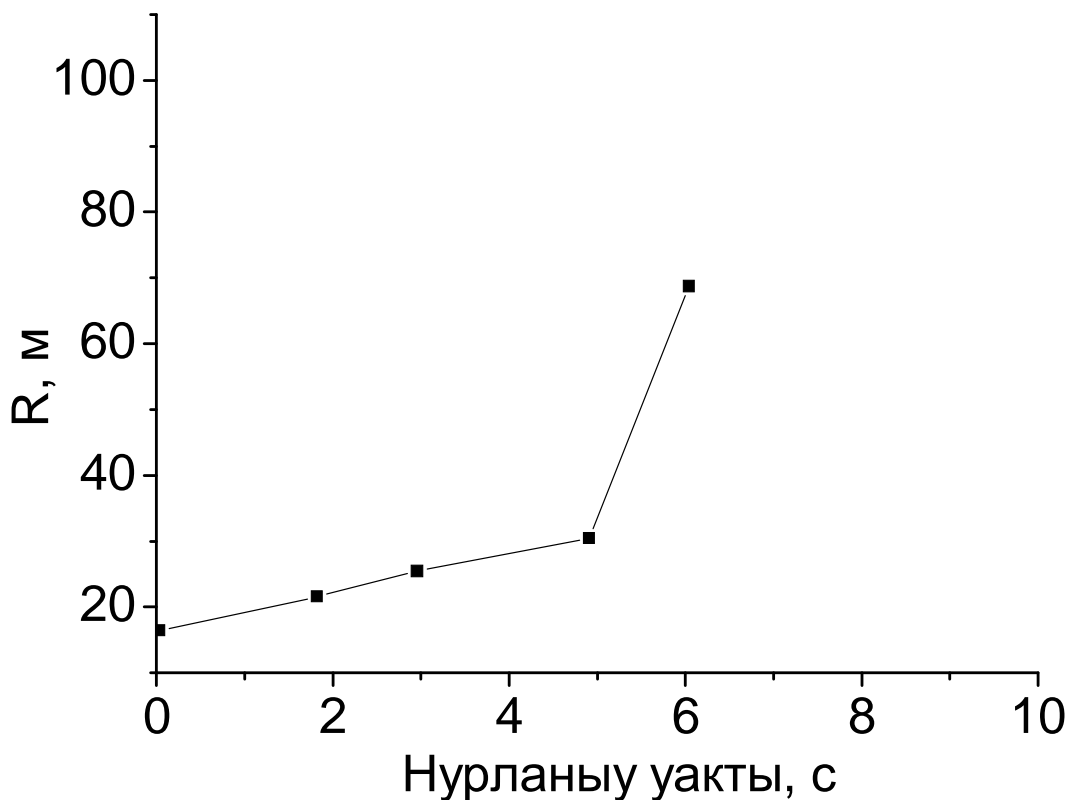
3.1-таблица Au- TiB_x - $n-n^+$ -InP диодлық структураның параметрлери φ_B , n хәм $I_{обр}$ микро толқын тәсир ўақтына байланыслығы

Параметр-лер	Нурланыў ўақты, с						
	0	1	2	3	4	5	6
φ_B , В	0.65	0.67	0.67	0.68	0.69	0.71	0.71
n	1.18	1.17	1.16	1.10	1.11	1.06	1.06
$I_{обр}$, А	9×10^{-8}	6×10^{-8}	5×10^{-8}	1.4×10^{-8}	1.4×10^{-8}	1.4×10^{-8}	1.4×10^{-8}

Таблицадан көринип турғанындай микро толқын нурланыўының дәслепки секндларында структура параметрлери жақсыланады хәм де усы параметрлери жақсыланған ўақыт аралығында иймеклик радиусы да артады, бул иймеклик радиусының артыўы ишки механикалық кернеўдиң

азайыўын көрсетеди. Демек параметрлердин жақсыланыўы ишки механикалық кернеў релаксациясы нәтийжеси болып табылады.

Усыған уқсас болған өзгерислер мына [11-22] жумыслар авторлары тәрәпиненде изертленген хәм дәлилленген.



3.3-сүүрет. Иймеклик радиусының микро толқын тасир етиу ўақтына байланыслы өзгериўи.

Соныда айтып өтиўимиз керек нурланыў ўақтының артыўы менен жоқарыдағы айтып өткен процеске кери процесстиң жүзеге келгенин көриўимизге болады. Яғный TiVx-InP диодлық структурасын жийлилиги $f=2,45$ ГГц қуўатлығы 16 Вт болған жағдайда нурланыў ўақты 6 секундтан

артқанда параметрлеринің бузыла басланғанын усы 6 секундтан кейин иймеклик радиусының өзгергенлигин көриўимизге болады.

Демек усы TiB_x-InP диодлық структураның 1÷6 секунд даўамында жийлиги $f=2,45$ ГГц хәм куўатлығы $W=16$ Вт микро толқын нурланыўы менен тәсир етиў нәтийжеиснде ишки механикалық кернеўди өзгертиўге болады, соның менен бирге структура параметрлери жақсыланады.

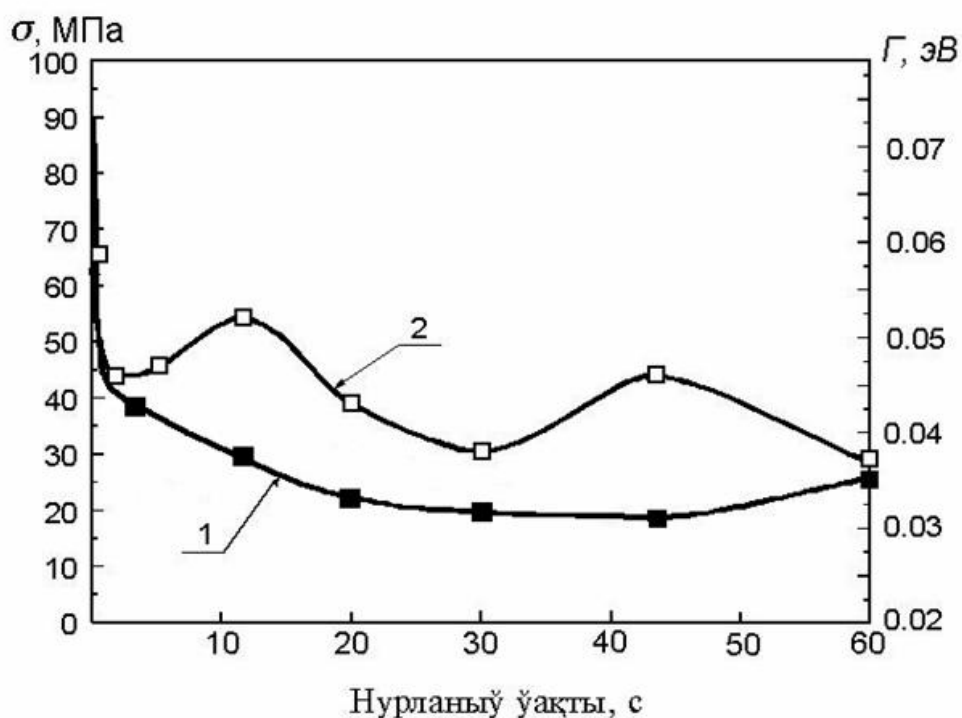
3.3-сүўретте иймеклик радиусының микро толқын нурланыўы ўақтына байланыслығы келтирилген. Сүўреттен коринип турғанындай микротолқын нурланыўының дәслепки моментлеринде ишки механикалық кернеўдиң төменлегенин көриўимизге болады, ал бирақ нурланыўы ўақты 4 секундтан кейин ишки механикалық кернеўи шамасы азғана артқанын көриўимизге болады. Нәтийжеде усы TiB_x-InP диодлық структурасының микро толқын тәсири нәтийжесинде параметрлеринің жақсыланыўы ўақыт аралығын анықлаўи менен бирге, усы тәсирге шыдамлылығында анықладық.

Яғный усы микро толқын тәсири нәтийжесинде TiB_x-InP диодлық структураның параметрлеринің жақсыланыўы ўақыт аралығы 0÷6 с хәм тәсирге шыдамлылық ўақты 6 с қа дейин.

Хәр қыйлы сыртқы тәсирлер нәтийжесинде усы ишки механикалық кернеўди релаксациялаўи мүмкин, нәтийжеде усы приборлық структура параметрлерин жақсылаўға болады. Себеби әдебий шолыўда айтып өтилгениндей ишки механикалық кернеўи приборлық структураны технологиялық таярлаўи процессинде хәм жұмыс ислеўи процессинде пайда болған дефектлер нәтийжесинде жүзеге келеди хәм бул ишки механикалық кернеўи концентрациялық характерге ийе.

Соныда айтып өтиўимиз керек нурланыўы ўақтының артыўы менен жоқарыдағы айтып өткен процеске кери процесстиң жүзеге келгенин көриўимизге болады. Яғный $Au-TiB_x-InP$ диодлық структурасын жийлиги $f=2,45$ ГГц куўатлығы 160 Вт болған жағдайда нурланыўы ўақты

60 секундтан артқанда параметрлериниң бузыла басланғанын усы 60 секндтан кейин иймеклик радиусының өзгергенлигин көриўимизге болады. Бундай дәслепки секундларда параметрлердин параметрлердин жақсыланыўын 3.3-сүўретте кери вольт амперлик характеристикасындағы кери ток шамасының нурланыў ўақтына ғәрезлилигиненде көриўимизге болады. 3.3-сүўретте 0, 30 хәм 60 с даўамында микро толқын менен TiV_x - InP диодлық структураның кери вольт амперлик характеристиканың усы микро толқын нурларға байланыслылығы көрсетилген. 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 ўақты 60 секундтан артқан жағдайда бузылатуғынлығын кориўимизге болады.



3.4-сүўрет. Ишки механикалық кернеў σ ның хәм уширения параметри Γ ниң микро толқын ўақтына байланыслы өзгеріўи

Демек усы $\text{TiB}_x\text{-InP}$ диодлық структураның $1\div 60$ секунд даўамында жийлилиги $f=2,45$ 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-сүўретте ишки механикалық кернеўдиң хәм уширения параметриниң микро толқын нурланыў уақтына байланыслығы келтирилген Сүўреттен коринип турғанындай микротолқын нурланыўының дәслепки моментлеринде ишки механикалық кернеўдиң төменлегенин көриўимизге болады, ал бирақ нурланыў уақты 45 секундтан кейин ишки механикалық кернеў шамасы азғана артқанын көриўимизге болады.

Нәтийжеде усы $\text{TiB}_x\text{-InP}$ диодлық структурасының микро толқын тәсири нәтийжесинде параметрлериниң жақсыланыў уақыт аралығын анықлаў менен бирге, усы тәсирге шыдамлылығында анықладық.

Яғный усы микро толқын тәсири нәтийжесинде $\text{TiB}_x\text{-InP}$ диодлық структураның параметрлериниң жақсыланыў уақыт аралығы $0\div 50$ с хәм тәсирге шыдамлылық уақты 60 с қа дейин.

3.2. Гамма нурының Au-TiB_x-InP диодлық структурасы электрофизикалық қәсиетине тәсири

Әдебий шолыұда айтып өткенимиздей гамма нурының ярым өткізгіш приборлар менен тәсир етисиуи тийкарғы үш механизм тийкарында болып өтеди булар, фотоэффект, комптон эффект хәм жуплар пайда болыу эффектi болып табылады. Гамма нурланыуы нәтийжесинде ярым өткізгіш ишинде байланысқан атомларды пайда етиуши электронлар пайда болады. Нурланыу уақтында пайда болған электронлар энергиясының бир бөлеги атомларды ионизацилауға, ал қалған бөлеги атомлар менен тәсир етисиу нәтийжесинде кристалл решеткада Френкель дефектлериниң пайда болыуына алып келеди.

Ярымөткізгішли приборларды гамма-нуры менен тәсир етиу айырым жағдайда ярымөткізгіш прибордың параметрлериниң өзгериуине алып келеди.

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

80-жылларға келип ярымөткізгішти аз дозада нурландыруу менен ярымөткізгіштеги ток тасыушылардың қозғалаңшылығын арттыруу хәм терең генерация-рекомбинация орайлары концентрациясын азайтуу мүмкин екенлиги айырым аворлар жумысында өз сәулелениуин тапты. Ал усыған дейин гамма нурланыу тек ғана прибордың характеристикасын өзгертиу яғнай радиациялық дефектлер пайда етиу ушын қолланылып келген еди.

Сонлықтанда биз усы питкерийү қәнигелик жумысында Au-TiB_x-InP диодлық структурасына гамма кванты ⁶⁰Со тәсирин изертледик, изертлеў обекти етип Au-TiB_x-InP диодлық структурасын алдық

Бул диодлық структура химиялық тазаланған арсенид галий n-p⁺-структура бетине вакуумда термикалық парландырыў менен TiB_x кейин избе-изликте Au оырғызылған, диодлық структуралардың рабочий областы диаметри 500 мкм. n-InP точкасында легирлеўши прмес концентрациясы 4·10¹⁵ см³, подложкада 10¹⁸ см³, n хәм n⁺ кабатлар қалыңлығы сәйкес түрде 20 хәм 300 мкм. Бул диодлық структураларға омлық контакт Au-Ge тийкарында таярланған.

Au-TiB_x-InP диодлық структура өндирис жағдайында Киев қаласындағы Сатурн илимий изертлеў бирлеспесинде ислеп шығылған. Бул диодлық структура MRX-γ-25 М үскенесинде γ-кванты ⁶⁰Со пенен нурланыдырлады. Нурланыў интенсивлиги 100 P/с.

Au-TiB_x-диодлық структурасының гамма-нурланыўынан кейинги хәм нурланыўға дейинги ВАХ сы өлшенеди. Туўры вольт амперлик характеристикадан структура параметрлери барьер бийиклиги φ₃ хәм сапа факторы n анықланады.

Изертлеў нәтийжеси Au-TiB_x-InP нурландырыўдың дәслепки дозасында диодлық структура параметрлериниң жақсыланғанлығын көрсетеди.

3.3-таблицада Au-TiB_x-InP диодлық структураның 10⁴÷10⁷ P интервалында гамма нуры өзгериси менен тәсир етиў нәтийжесинде параметрлериниң өзгериси көрсетилген. Таблицадан көринип турғанындай 10⁵ дозадан баслап структура параметриниң жақсыланғанлығын көриўимизге болады. Бул структураның ⁶⁰Со гамма квант пенен тәсир еткенде параметрлериниң жақсыланыўы 10⁵÷10⁶ P

интервал аралығында диодлық структураның электрофизикалық характеристиканың жақсыланыуын көрсетеді.

Демек диодлық структураны гамма кванты менен тәсір еткенімізде белгили бир интервал доза аралығында параметрлерин жақсылауға болады.

Бул бириншиден диодлық структура электрофизикалық қәсіетин жақсыланғанын көрсетти, екінши жақтан усы диодлық структураның радиацияға шыдамлылығын анықлауға мүмкиншилик береді. Бул өзгеріслер [19] жұмыста көрсетілгеніндей металл InP шегара бөлімінде структуралық примеслердің тәртіплескенінің нәтижесі болып табылады. Бундай аз мұғдардағы γ -кванты менен тәсір етиу нәтижесінде диодлық структуралардың параметрлерінің жақсыланғанлығы көп ғана жұмыстарда талықланған. Мәселен [23] жұмыста авторлар тәрәпинен Cr-GaAs диодлық структурасына γ -кванты тәсіри изертленген. Олар Cr-GaAs диодлық структурасын комната температурасында $10^5 \div 10^8$ Р интервалында γ -кванты менен тәсір етиу нәтижесінде диодлық структура параметрлерінің өзгерісін анықлаған, яғнай $10^5 \div 10^8$ Р интервалында гамма-кванты менен Cr-GaAs тәсір етиуде бул структураның параметрлерінің жақсыланғанлығын байқалған.

Барьер бийиклігі дәслепки шамасынан артқан, сапа факторы n дәслепкиге салыстырғанда азайған хәм кері ток шамасының тәсір еткеннен кейін кейін азайғанлығы байқалған. Авторлар кері ток шамасының азайғанын генерация, рекомбинация орайлар концентрациясының азайыуы нәтижесі деп қарастырады.

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

Бизиң жоқарыда қарастырылған жағдайымызда да параметрлерді гамма-кванты менен тәсір етиу нәтижесінде жақсыланыуы диффузия

процесси нәтийжеси деп қарастырыўға болады. Себеби гамма-квант пенен тәсир етиў хәм тәсир еткеннен кейинги металл хәм InP компонентлериниң бөлистирилиўи электронлық Оже-спектраскопия методы жәрдемінде изертленди. Алынған нәтийжеге тийкарланып соны айтыў мүмкин 10^6 Р дозада тәсир еткеннен кейин TiB_x -InP шегарасында металл хәм InP компонентлериниң дәслепкиге қарағанда өзгергенин көриўге болады, бул өз гезегинде диффузиялық процесстиң жүзеге келгенин билдиреди. Бундай өзгеристи туўры вольт-амперлик характеристикасында байқасақ болады (3.4-сүўрет). Буннан Au-TiB_x-InP диодлық структурасын гамма-кванты менен $10^5 \div 10^6$ Р интервалы аралығында тәсир етиў нәтийжесинде параметрлерин жақсылаўға болатуғынлығы келип шығады.

Бул бизге бириншиден бул Au-TiB_x-InP диодлық структурасының қайсы интервал доза аралығында параметрлериниң жақсыланыўы, екинши жақтан қайсы дозаға дейин усы диодлық структураның радиацияға шыдамлылығын анықлаўға мүмкиншилик береди. Себеби хәр қыйлы металл 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 халына байланыслы болады.

Соныда айтып өтиў керек бизиң жағдайымызда яғный Au-TiB_x-InP 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 байқалатуғынын көриўимизге болады.

3.3.-Таблица. Au-TiB_x-n-n+-InP диодлық структурасы параметрлериниң гамма кванты нурланыуына байланыслылығы

Au-TiB _x -n-n+-InP						
Доза, Р						
	дәслепки	5×10 ³	10 ⁴	10 ⁵	10 ⁶	10 ⁷
φ _B , В	0,73	0,73	0,73	0,76	0,82	0,80
n	1,23	1,23	1,21	1,10	1,11	1,11
I _{кери} , А	9×10 ⁻⁸	9×10 ⁻⁸	8×10 ⁻⁸	3×10 ⁻⁸	1×10 ⁻⁸	4×10 ⁻⁸
R, м	2		10		20	15

Таблицадан көринип турғанындай параметрлериниң жақсыланыуы тек ғана 10⁶ Р ге шекем ғана болып өтеди. Егер доза 10⁶ Р нен асса кери процесс, барьер бийиклигиниң азайғанын, сапа факторының артқанын хәм кери ток шамасында дәслепкиге салыстырғанда артқанын көриуимизге болады. Буннан сондай жуўмаққа келсек болады, яғный Au-TiB_x-InP диодлық структурасы 10⁶ Р ге шекем радиация шыдам бере алады екен.

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

Мысалы [24] авторлар изертлеген Au-TiB_x-GaAs диодлық структуралардың параметрлерінің жақсыланыуы $10^5 \div 10^7$ P интервал доза аралығында болып өткен, ал $5 \cdot 10^7$ P дозада прибор параметрлерінің бузылуы яғни барьер бийиклігі ϕ_B ның артыуы, кері ток шамасының арта баслағаны байқалған.

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

3.3. Au-TiB_x-InP диодлық структурасының гамма кванты тәсирінде иймеклик радиусының өзгеріуі

Металл-InP диодлық структураларға сыртқы тәсірлердин нәтийжесинде параметрлериниң өзгеріуі структуралы примеслердин шегара бөлиминде тәртиплесиуі нәтийжеси болып табылады.

Әдебий шолыұда бөлиминде атап өткілгениндей бул ишки механикалық кернеу релаксациясы концентрациялық характерге ийе болып металлдың ярымөткізгішке диффузиясы менен анықланады. Себеби металл атомының ярымөткізгішке диффузиясы нәтийжесинде ярымөткізгіште решетка параметри өзгереді анығырақ айтқанда решетканың бузылыуына алып келеді бул дислокация пайда болады дегенди аңлатады.

Көп ғана авторлар пикири бойынша усы дефектлердин сыртқы тәсір нәтийжесинде анығырағы гамма-кванты менен нурландырғанда концентрациясы.

Демек усы дефектлердин концентрациясы азаятуғын болса онда өз гезегинде ишки механикалық кернеу шамасында азаяды яғный релаксация қубылысы жүзеге келеді.

Биз усы параграфта Au-TiB_x-InP диодлық структурасына $10^4 \div 10^7$ Р интервалында гамма кванты менен тәсір етиу нәтийжесинде беттиң иймеклик радиусының өзгерисин қарастырамыз. Беттиң иймеклик радиусы ишки механикалық кернеу менен төмендегіше байланысқан.

$$\sigma = \frac{Ed^2}{\sigma(1-\nu)Rt}$$

бунда E -юнг модули

R -беттиң иймеклик радиусы.

t -InP пленка қалыңлығы.

D- InP подложкасы қалыңлығы

ν -Пуассон коэффициенті

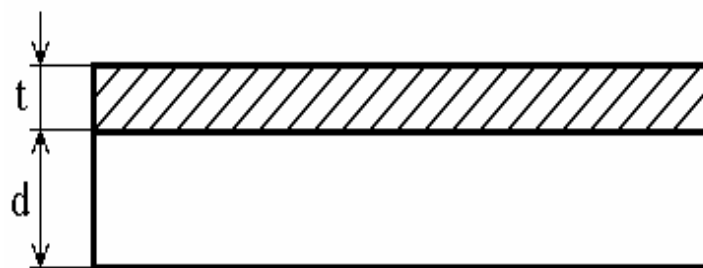
Биз бұл жұмыста иймеклик радиусын ийилиў менен алмастырып ийилиўди (кривизна) өлшеймиз ийилиў менен иймеклик радиусы төмендегише байланысқан:

$$\chi = \frac{1}{R}$$

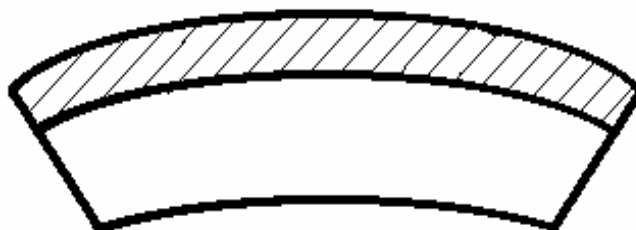
бунда χ -ийилиў, R -иймеклик радиусы. 6-сүўретте ийилиўден хәр қыйлы мәнисиндеги беттиң схематик сүўретлениўи көрсетилген.

Егер структурада ишки механикалық кернеў жоқ ўақытта егер $\chi=0$ болганда бет горизонтал тегис болады, егер $\chi>0$ болса бет дүңки, ал $\chi<0$ болса бет ойыс болады.

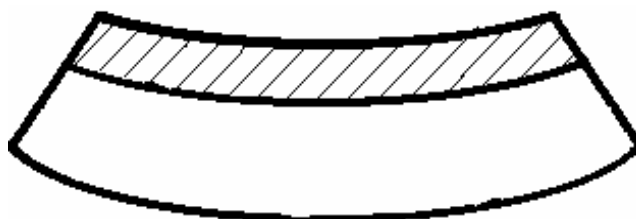
3.5. таблицада усы $\text{Au-TiB}_x\text{-InP}$ диодлықструктураның $10^4 \div 10^7$ Р интервалында гамма кванты менен тәсир еткенде иймеклик радиусы R диң, ийилиў (кривеуна) χ ның хәм ишки механикалық кернеў σ ный усы гамма радиацияға байланыслылығы келтирилген. Таблицадан көринип турғанындай нурланыдырыў дозасының артыўы менен иймеклик радиусының артқанлығын, нәтийжесинде ишки механикалық кернеў мәнисиниң кемейгенлигин көриўимизге болады. Бұл иймеклик радиусының артыўы 10^6 Р ге дейин даўам етиўи 10^6 Р жоқары дозада керисинше иймеклик радиусы R диң кемейгенлигин көриўимизге болады яғный 10^6 Р дозадан баслап жоқары дозаларда қайтадан ишки механикалық кернеў арта баслайды екен.



$$\chi = 0$$



$$\chi > 0$$



$$\chi < 0$$

3.5.-сүүрет. Йилиўдиң ҳәр қыйлы мәнисиндеги структура бетиниң көриниси.

3.5.-Таблица. Иймеклик радиусы R диң, иймеклик χ ның ҳәм ишки механикалық кернеў σ ның гамма кванты дозасына байланыслығы.

Параметрлер	Нурландырыў дозасы, Р				
	дәслеп	10^4	10^5	10^6	10^7
R, м	9,9	9,9	4,25	1,03	24
χ , м ⁻¹	0,1	0,1	0,23	0,97	0,04
$\sigma \times 10^9$, Н/м ²	0,69	0,69	1,63	6,74	0,17

Демек ишки механикалық кернеўдиң азайыўы яки релаксациясы $10^5 \div 10^6$ Р интервал доза аралығында болып өтеди екен. Үшинши бөлимниң биринши параграфында болып өтеди екен. Үшинши бөлимниң биринши параграфында қарастырғанымызда Au-TiVx-InP диодлық структурасының параметрлериниң жақсыланыўында усы $10^5 \div 10^6$ Р интервал доза аралығында болып өтип еди.

Демек усы интерваль доза аралығында структура параметриниң жақсыланыўы концентрациялық характерге ийе болып булл ишки механикалық кернеў релаксациясы нәтийжеси деп айтыўымызға болады.

Ж У Ы М А Қ Л А Ы

Бул магистрлик диссертация жұмысында металл-ярымоткизгіш диодлық структурларына сыртқы тәсір соның ишінде микро толқын нурланыуынын усы диодлық структура электрофизикалық характеристикасына хам ишки механикалық кернеу параметры иймеклик радиусына тәсірін қарастырып төмендегидей нәтижелерге еристик.

1. TiB_x-InP диодлық структурасын 0-20 с уакыт аралығында микро толқын нурландырыўда диодлық структура параметрлериниң жаксыланғанлығы анықланды.

2. TiB_x-InP диодлық структурасын микро толқын нәтижесинде усы диодлық структура параметрлериниң өзгериси анықланды.

3. Усы сыртқы тәсірлер нәтижесинде TiB_x-InP диодлық структурасының параметрлериниң өзгерийи менен бирге беттиң иймеклик радиусы өзгериси хәм усы еки параметр арасындағы корреляция анықланды.

ПАЙДАЛАНЫЛГАН ӘДЕБИЯТЛАР

1. Полякова А.Л. Деформация полупроводников и полупроводниковых приборов //М.: Энергия. -1979. 168 С.
2. Божков В.Г., Кашкан А.А. Влияние кривизны контакта металл-полупроводник с барьером Шоттки на прямую вольт-амперную характеристику //Электрон.техн. Сер.2 Полупроводниковые приборы. -1981. №7. С. 12-18.
3. Божков В.Г., Малаховский О.Ю. Влияние концентрации носителей заряда в полупроводнике на вольт-амперные характеристики диодов с барьером Шоттки при низких температурах //Известия Вузов. Физика. 1986. №10. С. 87-93.
4. Структурная релаксация в полупроводниковых кристаллах и приборных структурах //Под редакцией проф. Ю.А.Тхорика. Киев: Феникс.-1994. 247 С.
5. Бреза Ю., Конакова Р.В., Ляпин В.Г., Миленин В.В., Статов В.А., Тхорик Ю.А. Филатов М.Ю. О влиянии внутренних механических напряжений на механизм формирования и параметры барьерных структур Cr-GaAs //Поверхность. -1994. №6. С.103-109.
6. Межфазные взаимодействия и механизмы деградации в структурах металл InP и металл-InP. //Под общей редакцией д.т.н. Р.В. Конаковой и д.ф.м.н. Г.С. Коротченкова. Киев. Наукова думка. -1999. -233 с.
7. Ржанов А.В., Герасименко Н.Н., Васильев А.В., Ободников В.И. СВЧ нагрев как метод термообработки полупроводников. //Письма в ЖТФ. - 1981. –Т.7. Вып.20. –С.1221-1223.
8. Дмитрук Н.Л., Литовченко В.Г. Эффекты радиационно-стимулированного геттерирования на границах раздела A^3B^5 //Оптоэлектрон. и полупроводн. техн. -1983. №33. С.13-22.

9. 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. -2000. Вып.2. №79. С.63-65.
- 10.Бреза Ю., Конакова Р.В., Ляпин В.Г., Миленин В.В., Статов В.А., Тхорик Ю.А. Филатов М.Ю. О влиянии внутренних механических напряжений на механизм формирования и параметры барьерных структур Cr-GaAs //Поверхность. -1994. №6. С.103-109.
11. Konakova R.V., Lyarin V.G., Milenin V.V., Sklyarevich V.E., Soloviev E.A., Shevelov M.N., Statov V.A. Physico-chemical processes in the GaAs Schottky diodes stimulated by the gyrotron radiation. -Functional Materials. -1995. V. 2. № 4. P. 47-50.
12. Абдурахимов Д.Е., Верещагин В.Л., Калинушкин В.П., Никитин В.А., Плотта М.Г., Райзер М.Д. Влияние импульсных СВЧ полей на время жизни носителей тока в кремнии //Краткие сообщения по физике. -1991. №6. С.27-29.
13. Ржанов А.В., Герасименко Н.Н., Васильев А.В., Ободников В.И. СВЧ нагрев как метод термообработки полупроводников //Письма в ЖТФ.-1981. Т. 7. № 20. С. 1221-1223.
14. Винник Е.В., Гурошев В.И., Прохорович А.В., Шевелев М.В. Использование мощного СВЧ излучения для быстрого отжига арсенида галлия //Оптоэлектрон. и полупроводн. Техн. -1989. В.15. С. 48-50.
15. Беляев А.Е., Беляев А.А., Венгер Е.Ф., Ермолович И.Б., Комиренко С.М., Миленин В.В., Прокопенко И.В., Свечников С.В., Соловьев Е.А., Тхорик Ю.А., Шевелев М.В. Влияние СВЧ излучения на структурные, физико-химические и электрофизические свойства ряда полупроводниковых материалов и приборных структур //Материалы конференции “Крымико-96” 6^{ой} Международной Крымской

- конференции “СВЧ техника и телекоммуникационные технологии”.
Крым.: Севастополь. -1996. С.71-89.
16. Беляев А.А., Беляев А.Е., Ермолович И.В. 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. №12. С. 49-53.
 17. Ермолович И.Б., Миленин В.В., Конакова Р.В., Чайка Г.Е.. Влияние внешних радиационных и механических возбуждений на образование дефектов в неметаллических кристаллах //Вопросы атомной науки и техники. - 1998. Т. 1. №67. С. 37-39.
 18. Болтовец Н.С., Камалов А.Б., Колядина Е.Ю., Конакова Р.В., Матвеева Л.А., Миленин В.В., Ренгевич А.Е., Соловьев Е.А. Релаксация внутренних механических напряжений в тонкопленочных арсенидгаллиевых приборных структурах, стимулированная СВЧ излучением //Труды 12^{ого} Международного симпозиума "Тонкие пленки в электронике". Харьков Украина.- 2001. С.313-316.
 19. Болтовец Н.С., Камалов А.Б., Конакова Р.В., Колядина Е.Ю., Матвеева Л.А., Миленин В.В., Атанасова Е. Эффекты в полупроводниковых структурах стимулированные мощным электромагнитным излучением //Труды IV Международной конференции “Взаимодействие излучений с твердым телом”. Минск. Белорусия. -2001. С.114-116.
 20. Болтовец Н.С., Камалов А.Б., Колядина Е.Ю., Конакова Р.В., Литвин О.С., Литвин П.М., Матвеева Л.А., Миленин В.В., Ренгевич А.Е. Релаксация внутренних механических напряжений в арсенидгаллиевых приборных структурах, стимулированная

- микроволновой обработкой. //Письма в ЖТФ.-2002. Т. 28. №. 4. С. 57-64.
21. Kamalov A.B., Kolyadina E.Yu., Konakova R.V., Matveeva L.A., Milenin V.V., Lytvyn P.M., Prokopenko I.V., Lytvin O.S. Relaxation of Interinsic Stresses in Au-Ti(TiB_x)-n-n⁺-GaAs Surface-Barrier Structures Induced by Microwave Radiation //Abstracts 8th International Conference on the Formation of Semiconductor Interface. 8-10 June 2001, Sapporo, Japan.-2001.-P.118.
 22. Abdizhaliev S.K., Ismailov K.A., Kamalov A.B., Kudrik Ya, Ya. Effect of microwave treatment on the parameters of Au-TiB_x-GaAs(SiC 6H) surface-barrier structures. //SPQEO. -2003. V. 6. N 2. P. 202-204.
 23. Бреза Ю., Конакова Р.В., Ляпин В.Г., Миленин В.В., Статов В.А., Тхорик Ю.А. Филатов М.Ю. О влиянии внутренних механических напряжений на механизм формирования и параметры барьерных структур Cr-GaAs //Поверхность. -1994. №6. С.103-109.
 24. Бобыль А.В., Конакова Р.В., Кононов В.К., Малинин В.Г., Малышев М.М., Прокопенко И.В., Слуцкий М.И., Тхорик Ю.А. Взаимодействие арсенида галлия с ионизирующим излучением и проблемы радиационной стойкости арсенидгаллиевых приборов //Электрон. техн. Сер.8. Управление качеством, стандартизация, метрология, испытания. -1992. №3-4. С.31-40.
 - 25.