

Əlyazması hüququnda

MİKAEL İSMAİL OĞLU ABAFAT YEGANEH

**SƏTHİ POTENSİAL ÇƏPƏRLİ METAL-SİLİSİUM
KEÇİDLƏRİNDƏ CƏRƏYAN AXINININ
XÜSUSİYYƏTLƏRİ**

2211.01 – Bərk cisim fizikası
2222.01 – Nanoquruluşların fizikası və texnologiyası

Fizika üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi
almaq üçün təqdim olunmuş dissertasiyanın

AVTOREFERATI

BAKİ – 2013

Dissertasiya işi Bakı Dövlət Universitetinin «Optika və molekulyar fizika» kafedrasında yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbər: fizika-riyaziyyat elmləri doktoru,
professor R.Q. MƏMMƏDOV

Rəsmi opponətlər: – fizika-riyaziyyat elmləri doktoru
professor T.M. PƏNAHOV,
– fizika üzrə elmlər doktoru,
S.S. RƏHİMOV.

Aparıcı təşkilat: Azərbaycan Texniki Universiteti
(*Fizika kafedrası və Nanostrukturların Fizikası və Texnikası elmi-tədqiqat laboratoriyası*)

Dissertasiyanın müdafiəsi " __23__ " 01__ 2014-cü il saat " ____ " -da Bakı Dövlət Universitetinin nəzdində fəaliyyət göstərən D.02.012 Dissertasiya şurasının iclasında keçiriləcəkdir.

Ünvan: AZ 1148, Bakı şəh., Z. Xəlilov küç. 23, BDU, əsas bina 310 saylı auditoriya.

Dissertasiya ilə Bakı Dövlət Universitetinin elmi kitabxanasında tanış olmaq olar.

Avtoreferat " ____ " _____ 2013-cü ildə göndərilmişdir.

**D.02.012 Dissertasiya
Şurasının elmi katibi:**

dos. M.R. RƏCƏBOV

ИШИН ЦМУМИ ХАРАКТЕРИСТИКАСЫ

Мювзунун актуальдыгы. Мцасир электрон техникасынын еля ышаз ва гурьуларыны тапмаг мцмкцн дейил ки, онларда метал-йарымкечиригы контактлар (МЙК) йа дцзляндиригы, йа да омик контакт кими эениш истифады едилмьсин. МЙК-ларын беля эениш истифады олунмасына сябьби одур ки, чох заман Шоттки диоду (ШД) ва йа сятци потенсиал чьпярли метал-йарымкечиригы кечид (СПЧ МЙК) кими адланан дцзляндиригы МЙК ейни функционал имкана малик п-н кечидляря нисбьтян бир чох цстцнлцкляря маликдирляря. Щазьрланма технолэийасынын садылийи, униполляр кечиригылийи, йцксяктезликлийи, майа дьйяринин аз олмасы, енержи сьрфинин кичик олмасы, интеграл схемляря уйьунлуьу ва дьзьяр хцсусийьятляри онларын цстцн ышьятляри шесаб олунур.

СПЧ МЙК шьям сады йарымкечиригы ышаз, о ыцмлядян дцзляндиригы диод, параметрик диод, фотодиод, ишыгдиоду, эцняш елемементи, температур чевирьгьиси, тензочевирьгьи ва с. кими, шьям дя мцрякькьб йарымкечиригы ышазларын тяркиб елемементляри, о ыцмлядян, би-полляр транзисторларда коллектор, МОЙ транзисторларда сток ва исток, тристор ва динисторларда физики элемент ва с. кими эениш истифады олунма имканларына маликдирляря. Ейни заманда СПЧ МЙК-ларын характеристикаларыны тьдгиг етмякля йарымкечиригылярин шььями хасьяляри юйрянилир. Тяяссцфляр олсун ки, практикада СПЧ МЙК-ин чохфунксийалы имканларындан истифады олунмасында бир сыра мцщцм чьтинликляря мейдана чьхьр. Мцьяйян едилмишдир ки, СПЧ МЙК-ин электрофизики, фотоэлектрик, термоэлектрик параметрляри бир сыра щалларда конструктив-техноложи факторлардан ва иглим шьраитиндян асылы олараг бьрпасы мцмкцн олмайан дьйишиклиья мяруз галырлар.

МЙК-ларда дцзляндирмя (диод) ефекти шьяля 1874-ыц илдя Ф. Броун тяряфиндян ашкар едилмишдир. Физики мащийьятинин айдын олмамасына бахмайараг, бу эффект ясасында чох сайда мцхтялиф дьтекторлар ихтира едилмиш ва онлар ХХ ясрин явьялляриндя радиотехниканын инкишафында мцщцм рол ойнамышдырлар. Икингы дцнйа мцщарибьси илляриндя кичик шььмли радиоышазлара ыдди ещгийьаь йарандьындан СПЧ МЙК-да баш верьян электрон щадисья-ринин дьриндян юйрянилмьсиньа башланьлмышдыр. 1940-ыы иллярдя бир-бириндян асылы олмайараг В.Шоттки ва Б.Давидов МЙК-ларын енерэетик гурулушларыны ишляйиб щазьрламыш ва МЙК-ларын дцзляндирмя ва омик хасьяляринин реаллашма шьртлярини нязьри олараг мцьяйян етмишляря.

1942-ыи илдя Щ.Бете СПЧ МЙК-да ьряйан ахьнынын хцсу-

сийьятлярини мцьяйян едян термоэлектрон эмиссийа нязьрийьясини йаратмышдыр. Бу нязьрийьяьэюря СПЧ МЙК-да ьряйан ахьны метал-вакуум сьрщьдиндя баш верьян электронларын термоэлектрон эмиссийа механизми кими мцьяйян олунур. Сонракь иллярдя ися, СПЧ МЙК цццн термосащья ва сащья нязьрийьяляри ишляниб щазьрланмышдыр.

В.Шотткинин нязьри енерэетик модели ва Щ.Бетенин термоэлектрон эмиссийа нязьрийьяси реал МЙК-да баш верьян электрон просеслярини цмьмян йахшы изащ етди. Лакин бир сыра щалларда реал МЙК-ларда бу фундаментал нязьрийьялярдьн ыдди кьнара чьхмалар мцщашидья олунду. Щьмин дьврдя технолэийа йцксяк сьвийьядя инкишаф етмя-дийиндян беля щадисья МЙК технолэийасынын мцкьямьял олмамасы иля ялагьялндирилирди.

1959-ыу илдя электрон техникасынын ва технолэийасынын йцксяк инкишафы сайьсиндя Америкада интеграл схемляря ихтира едилди ва микроэлектрониканын инкишафында илк аддым атылды. Мцасир литография технолэийалары иля щазьрланан реал МЙК-ларын хасьяляри ящатяли олараг интенсив тьдгиг едилди. Б.Стриха, Е.Бузаньова, Е.Родерик, В.Ридоут ва с. тяряфиндян мцьяйян едилди ки, реал МЙК-ларда контакт аралььында назик диэлектрик тябьгьясинин ва йцксяк сьхлыглы сьтцц енержи сьвийьяляринин мьвьудлуьу онун идеаллыг ямсалынын ващиддян чох фьрглянмьсиньа сьбьб ола билир. Дьзьяр тьдгигатларда В.Ъонсон, Ш.Ясэряров, Р.Тунэ ва с. тяряфиндян ашкар едилди ки, реал МЙК-ларын контакт сьтццлярини гейри-бирьинс олмасы ньятььясиндя онларын электрофизики характеристикалары дьградасийаьа уьрайьр, потенсиал чьпярин щцндцрлцщ контакт материалларынын тябьятиля биргийьмятли тьйин олунмур. Бунларла йанашь о да мялум олду ки, реал СПЧ МЙК-ларда практикь олараг шьями-шья вахтындян явьял электрик дьшилмьси баш верир. Беля негатив щаллары арадан галдырмаг цццн контактын периферийа щиссьясинин тььрид олунмасыны тьмин едян мцхтялиф СПЧ МЙК конструксийа-лар ихтира едилмишдир.

ХХ ясрин ахьрларына гьдьяр реал МЙК-да баш верьян электрон просесляринин тьдгигинин апарьлмьсы сайьсиндя яды едилан уьурлар бахмайараг, мялум олду ки, реал СПЧ МЙК-ын характеристикаларында мцщашидья олунан мьвьуд нязьрийья ва моделлярдьн кьнара чьхмаларын айдынлашдырьлмьсы цццн дьрин елми-тьдгигат ишляринин апарьлмьсына ещгийьаь вардыр. Щьмин дьврдя Р. Мьмьядов тяряфиндян реал МЙК-да ялавья электрик сащьсинин йаранма щадисьясинин ашкар едилмьси мцщцм ящьмийьят кьсб етмишдир. О, шьям нязьри, шьям дя электрофизики, термоэлектрик, конструктив-техноложи экспериментал цсулларла мцьяйян етмишдир ки, реал МЙК-ларда контакт сьтццинин ва

онунла електрик ялагясиндя олан метал в ярымкечириѳинин сярбаст сятщяринин арасында контакт потенциаллар фяргинин йаранмасы щесабына контакт ятрафында в ярымкечириѳинин контакталты щиссясиндя ялава електрик сачяси (ЯЕС) ямяля эялир. Бу ЯЕС реал МЙК-да щям потенциал чяпярин формалашмасында, щям дя ѳярйан ахыны просесиндя мщщм рол ойнайыр. Сон иллярдя реал МЙК-ларда ЯЕС-нин йаранмасы щадисяси мщасир Атом-Гщввя Микроскопу васитяси иля Томск Дювлят Университетинин в Русийа Йарымкечириѳи Ёищазлар Елми Тядгигат Институтунун ямякдашлары тяряфиндя эениш тядгиг едилмйя башланьлмышдыр. Онлар тяряфиндя галлиум арсенид ясаслы МЙК-ларын ЯЕС-си илк дяфя олараг АГМ васитясиля билаваситя юлчщмщ в онун характерик хщсусийятлары мщяййан едилмищдир.

Беяликля диссертасийа ишиндя, метал-силисиум ясаслы СПЧ МЙК-дя ѳярйан ахынынын хщсусийятларинин ЯЕС-ля ялагядар йени елми истигамятдя в мщасир методларла тядгиг едилмьси сайясиндя ядя едилмиш нятиѳяляр мщасир электрон техникасы, о ѳцмлядян микроэлектроника в нанотехнологийа цщцн мщщм елми-практики ящямийят кьсб едир.

Ишин мягсяди реал сятщци потенциал чяпярли метал-силисиум кечидляриндя контакт сятщци бойунѳа локал потенциал чяпярлярин щцндцрщцкляринин гейри-бярэярлийи в контакт сятщци иля ону ящятя едян метал в ярымкечириѳинин сярбаст сятщяри арасында йаранан потенциаллар фярги щесабына ямяля эялян ялава електрик сачясини нязяря алмагла, щямин кечидлярдя ищляк потенциал чяпярин формалашмасынын в ѳярйан ахынынын хщсусийятларинин мщасир атом-гщввя микроскопийа методикасынын тятбиги иля тядгиг едилмьсидир.

Ищдя гарщыйа гойулан мягсядя чатмаг цщцн ащаьыдакылар йериня йетирилмищдир:

Метал-силисиум ясасында СПЧ МЙК гурулушлу нщмунялярин щазырланмасы цщцн мщвафиг конструктив-технологжи ищлямяляр щяйата кечирилмиш, ени микрометрик юлчщя малик дщзбуьаглы золаг формалы, зярури узунлулары тямин едян паралел дщзбуьаглы золаглардан ибарят матрис формалы диаметри микрометрик юлчщдя ики тяртиб интервалында дяйищан даиряви СПЧ МЙК кими тядгигат объектлары мщяййан едилмищдир.

Мщхтялиф гурулушлары малик СПЧ МЙК ядя етмяк цщцн мщасир фотолитографийа технологийасынын тьялялярини тямин едян чох сайда мщвафиг олараг негатив в позитив фотошаблонлар лайищяляндирилмиш в щазырланмышдыр.

Кечириѳилийи н- в я п-тип олан назик силисиум лювщяляринин планар сятщяринин в онлар цзяриня чякилмиш бир сыра металл-

рын бщтов назик тьягяляринин сятщяринин Сканлайѳы Атом-Гщввя в Сканлайѳы Тунел Микроскопийа цсуллары иля ядя едилмиш релйеф, фаза, потенциал в ѳярйан тьсвирлярля топографик гурулушлары юйрянилмищдир.

Силисиум лювщясинин планар сятщиндя йерлящдирилмиш мщхтялиф микро-метрик юлчщярдя даиряви в дщзбуьаглы щяндяси формаля малик метал назик тьягялярдя ибарят контакт сятщяри в онлар ятрафында йаранан ЯЕС потенциалларынын пайланмасы Сканлайѳы Зонд Микроскопийа цсуллары иля тядгиг едилмищдир.

Кечириѳилийи н- в я п-тип олан силисиум лювщяри в чох сайлы назик метал тьягяляр ясасында щазырланмиш мщхтялиф конструксийалы СПЧ МЙК-ларын электрофизики, термоэлектрик в конструктив-технологжи характеристикалары мщасир юлчщ техникасы в ѳищазлары иля юлчщмщ, онларын мщвафиг параметрлары арасында гняятбьхщ коррелйасийалар мщяййан едилмищдир.

Елми йениликляр. АГМ тьсвирлярля эюстярилмищдир ки, метал-силисиум СПЧ МЙК-да метал назик тьягя хятти юлчщяри 50-200 нм олан нанощиссяьиклярдя ибарят олур в контакт сятщци бойунѳа потенциал дяйищмьси 100-300 мВ тяртибиндя олур.

Ялава електрик сачясинин потенциалынын дяйищмьси СПЧ МЙК-да даиряви в дщзбуьаглы формалы метал контактлар ятрафында йарымкечириѳинин сятщци бойунѳа мщяййан еня малик кечид зоналар йарадыр в бу зоналарын ени дахилиндя потенциал йарымкечириѳинин в металын сярбаст сятщяри арасында йаранан потенциаллар фярги щцдудунда хятти дяйищир.

АГМ юлчмялярля мщяййан едилмиш СПЧ МЙК-нын тьящил олундуьу наноконтактларын локал потенциал чяпяринин щцндцрщцц араларындакы фярг 200-300 меВ тяртибиндя олур в идеаллыг ямсалы локал потенциал чяпярин щцндцрщцц артдыгьа азальыр.

Контакт сятщинин ени микрометрик юлчщяря малик СПЧ МЙК-ларда якс ѳярйан ахыны эярэинлийин мщяййан гиймятляриндя баш верир в эярэинлийин сонракы артымьнда ВАХ бир нечя тяртиб ѳярйан интервалында йарымлогарифмик мигьасда хятти олур. Енсиз СПЧ МЙК-ын идеаллыг ямсалы в адсыз кямийятлары арасында коррелйасийа мьвьуддур.

Температурун артмасы иля СПЧ МЙК-ларын ищляк потенциал чяпяринин щцндцрщцц артыр в идеаллыг ямсалы азальыр. Бу параметрляр арасында асьлылыг хятти характер дащыйыр.

Мщдафийя чьхарылан ясас мщдяалар. Диссертасийа ишиндя мщдафия цщцн ащаьыдакы мщдяалар тяддим олунур:

Реал СПЧ МЙК-ларын бир-бириля гарщылыглы тьсирдя олан 50-200 нм хятти юлчщя малик наноконтактлардан тьящил олунмасынын

Зонд Микроскопийа цсуллары иля ядья едилмиш рельеф, фаза, потенциал вь яряян топографик тьсвирляри.

Метал-силисиум ясаслы даиряви вь дцзбуъаглы щяндяси гурулуша малик СПЧ МЙК-ларда Ялава Электрик Сащясинин йаранмасы, онун АГМ иля билаваситя юлчцлмщш потенциальнын дяйишмяси иля контакт ятрафында йарымкечириъинин сятщи бойунъа кечид зонасынын йаранмасы, кечид зонасынын енинин контактын йан сятщинин ййрилик радиусу иля дцз мцтянасиб олмасы.

Метал-силисиум ясаслы СПЧ МЙК-ларын тяшкил олундуъу нано-контактларын ВАХ-лары онларын ясас электрофизики параметрляри вь бу параметрляр арасында мювъуд олан коррелйасийаларын АГМ иля юлчцлмщш нятиъяляри.

Енли СПЧ МЙК-ларын электрофизики параметрляри вь контакт диаметри арасында мювъуд асылылыглар, енсиз СПЧ МЙК-ларда яряян ахынын дцз истигамятдя мцстяви СПЧ МЙК-ларда ахынына охшар, лакин якс истигамятдя ися там фяргли характера малик олмасы вь якс яряянын ялава электрик сащясинин тьсири щесабына эярэинлийин мцййян гиймятляриндя башлайараг ахмасы.

Фяргли щцндцрлщйя малик локал потенциал чяпярляря малик нано-контактлардан ибарят СПЧ МЙК-ларын интеграл электрофизики параметрляринин температурдан асылылыглары вь онлар арасында мювъуд коррелйасийалар.

Метал-силисиум ясаслы СПЧ МЙК-ларда яряян ахынын Зонд Микроскопийа цсуллары иля экспериментал ашкар едилмиш хцсусийятляринин вь онларын электрофизики параметрлярин конструктив-иглим параметрлярдя асылылыгларынын ялава электрик сащяли МЙК-ларын енерэетик модели вь яряян ахма механизмляри иля биргиймятли интерпретасийа едилмяси.

Ишин практики ящямийяти. Метал-силисиум ясаслы СПЧ МЙК-лар щазырда щям дискрет йарымкечириъи щящазлар, щям дя микро вь наносхемлярин компонентляри кими эениш истифадя олунур. Ейни заманда беля гурулушларда баш верян электрофизики просесляр мцасир юлчц техникасында истифадя олунмагла эениш тядгиг едилер. Ищдя Зонд Микроскопийа цсуллары иля мцййян едилмиш СПЧ МЙК-ларын бир-бириля электрики ялагядя олан мцхтялиф параметрли наноконтактлардан ибарят олмасы нятиъяси онларын тятбиг имканларынын эенишляндирилмясиня имкан верир вь экспериментал олага мцййян едилмиш нятиъялярин даща обьектив интерпретасийасына ясас йарадыр.

Реал СПЧ МЙК-да ялава электрик сащясинин контакт ятрафында потенциал пайланышынын АГМ тьсвирляря билаваситя ашкар едилмяси вь онун щям ишляк потенциал чяпярин формалашмасында, щям дя яряян ахынында фяал рол ойнамасынын ашкар едилмяси онлар-

дан микро вь наносхемлярин интеграсийа дяряъясинин йцксялдилмясиндя истифадя олунмасыны зярури едир.

Енсиз СПЧ МЙК-ларын якс истигамятдя эярэинлийин илк гиймятляриндя яряян ахынын мювъуд олмасы, онлардан йени хассяляря малик дискрет йарымкечириъи щящазларын щазырланмасында истифадя олуна билар. Онларда баш верян вахтындан яввял электрик дешилмясинин тьбиятинин айдынлашмасында вь йцксяк кейфийятли СПЧ МЙК ясаслы чевириъиярин йарадылмасында йарарлы ола билар.

Алынан нятиъялярин дцрцстлщйц. Диссертасийа ишини йериня йетирилмясиндя кифайят гядяр фундаментал ясаса малик елми нязари материаллардан истифадя олунмушдур. Нцмунялярин щазырланмасында мцасир электрон техникасынын фотолитографийа технолоэийасындан истифадя едилярк вь йцксяк кейфийятли нцмуняляр щазырланмышдыр. Нцмунялярин характеристикаларынын ятрафлы экспериментал тядгиги просесиндя мцасир АГМ вь СТМ кими зонд микроскопийасы эениш истифадя едилмиш, электрик параметрляринин юлчцлмясиндя Кейзли серийаларына дахил олан мцасир электрик юлчц щящазларындан истифадя едилмишдир. Щесабламалар мцасир компцтерля щяйата кечирилмишдир. Ищдя СПЧ МЙК-ларын тьърцби тядгигиндя алынан нятиъяляр ялава электрик сащяли МЙК-ларын енерэетик моделляри вь яряян ахма механизмляриля бир гиймятли интерпретасийа олунмушдур. Садалананлар ищдя алынан елми нятиъялярин дцрцстлщйцня тьминат йарадыр.

Ишин апробасийасы. Диссертасийа ишиндя ядья олунан елми нятиъяляр бир сыра Республика вь Бейнялхалг мигйаслы конфрансларда эениш мцзакиря едилмишдир. Онлардан ашаъыдакылары гейд етмяк олар: БДУ-нун 90 иллийиня щяср олунмуш Бейнялхалг Елми Конфранс, (Бакы, 2009); «Физиканын актуал проблемляри» Республика елми конфрансы (Бакы 2010); «Физиканын вь Астрономийанын актуал проблемляри»: Эянь алимлярин Республика конфрансы (Бакы, 2011), «Физиканын Мцасир проблемляри» Республика елми конфрансы (Бакы, 2009, 2011) «Фотоэлектроника и прибору ночного видение» ХХЫ Международная Научно-техническая Конференция (Москва, 2010, 2012), «Материалс оф Нанотехнолоэй Платформ фор Электронийс анд Пщотонийс» Ынтернационал Воркщоп (Баку, 2011).

Няшрляря. Диссертасийа мювзусу цзря 10 мягала Елми журналларда дярь едилмишдир ки, онларын сийащысы айрыъа верилмишдир. Ищдя ядья олунан ясас елми нятиъяляр ашаъыдакы журналларда дярь олунмушдур: «Ж. Мийроелеътронийс Релиабилити», Ж. Пщйсиъа Б. Ыонденсед маттер», «Ж. Материал Съиенъе ин Семийондуътор Проэессинэ», «Ж. Суперлаттиъес анд Мийроструътурес», «Ж. Ад-

ванъед Миърсоьопй Ресеаръш», «Ж. Ђшин Пщисъ Б» вѧ «Жоурнал оф Семъондурторс».

Диссертасийанын гурулушу вѧ щѧъми. Диссертасийа иши эириш, беш фѧсил, ѧсас нятиъѧляр, дѧръ олунмуш ишлярин вѧ истифада олунмуш 157 адда мянѧянин дахил олдуъу ѧдѧбийѧат сийащыларын-дан ибарѧтдир. Нятиъѧляр 72 щѧкил вѧ 5 ѧдѧвѧлѧа верилмишдир.

ИШИН ГЫСА МЯЗМУНУ

Диссертасийа ишинин «*Эуриш*» щиссеѧсинѧа тѧдгигат ишинин актуаллыбы ѧсасландырылмыш, ишин ѧсас мягсеѧи, мѧдафийѧа чыхарылан ѧсас мѧдѧѧалар, алынан нятиъѧлярин елми йенилийи, нѧзѧри вѧ практики ѧщѧмийѧѧи шаггынѧа мялумат верилмишдир.

Диссертасийанын **биринъи фѧслинѧа** сон илѧярин ѧдѧбийѧат мялуматлары ѧсасынѧа мѧхѧѧлиф характерли метал-ѧарымкечириъи кечидлярин електрѧфизики вѧ термоелектрик хассѧляринин тѧдгигинин нятиъѧлярѧи тѧщилил едилмишдир.

Сѧрщѧд сѧтщи биръинс вѧ гейри-мящдуд олан метал вѧ ѧарымкечириъинин нѧзѧри оларѧг идеал гѧбул едилѧн кечидляринин омик вѧ дѧзлѧндирмѧ хассѧлярѧ малик олмасынын физики мащѧийѧѧинин айдынлащдырылмасы цѧцн 1940-ъи илѧрѧа бир сыра алимлярин фундаментал тѧдгигатларынын нятиъѧлярѧи верилмишдир. Идеал метал-ѧарымкечириъи кечидлярин (МѧК) омик вѧ дѧзлѧндирмѧ хассѧляринѧ малик олмаларыны мѧѧѧѧѧ еѧа биѧн енерѧетик моделляр, онлардан да ѧн мѧкъямѧѧи В.Шоттки трѧѧфинѧн тѧклиф олунан енерѧетик модел щѧрщ олунмушдур. Бу модел, МѧК-ы ѧмѧѧѧ эѧтирѧн метал вѧ ѧарымкечириъинин дахили контакт потенциаллар фѧргинин ѧаранмасына ѧсасланмыш вѧ ѧарымкечириъинин кечирѧѧилик типинѧн асылы оларѧг контакт сѧтщѧляринин чыхыш ишляри илѧ мѧѧѧѧѧ олунан потенциал чѧпѧрин формалашмѧ щѧртлярини мѧѧѧѧѧ етмишдир.

Сѧтщи потенциал чѧпѧрли идеал метал-ѧарымкечириъи кечидлярѧа ѧрѧѧѧн ахыны механизмляри тѧщилил едилмиш вѧ эюстѧрилмишдир ки, кечѧн ѧсрин орталарынѧан башлайѧрѧг идеал МѧК-ѧа ѧрѧѧѧн ахынынын хѧсусийѧѧѧлярини мѧѧѧѧѧ еѧн мѧкъямѧѧ нѧзѧрийѧѧляр ишляниб щѧзырланмышдур. Онлардан эениш ѧѧѧѧѧ вѧ практики ѧщѧѧѧн юзцнѧ доьрулдан Бете трѧѧфинѧн щѧзырланмыш термоелектрон емиссийѧ нѧзѧрийѧѧидир. Бир сыра хѧсуси щѧллар цѧцн нѧзѧрѧа тутулан диффузийѧ нѧзѧрийѧѧи, термосащѧ, сащѧ нѧзѧрийѧѧлярѧи вѧ эенерасийѧ-рекомбинасийѧ нѧзѧрийѧѧи практики оларѧг эениш ѧѧѧѧѧмаса да, кифѧѧѧ гѧдѧр елми ѧсасларѧ малик олѧб бѧзи характерик тѧърцби нятиъѧлярин айдынлащдырылмасы цѧцн истифада олунур.

Реал метал-ѧарымкечириъи кечидлярин Р. Мѧмѧѧдов трѧѧфинѧн щѧзырланмыш енерѧетик моделляр вѧ ѧрѧѧѧн ахыны механизмляри ѧк олунмушдур. Реал метал-ѧарымкечириъи контактынн конфигурацийѧсы, контактн ишлямѧ режимѧи вѧ онун дѧврѧѧѧ гошулма характерѧи илѧ тѧѧѧн олунур. Истѧниѧн конфигурацийѧѧа малик олан метал-ѧарымкечириъи кечид щѧзырланаркъѧ онун контакты гейрибиръинс вѧ мящдуд сащѧѧи айырма сѧрщѧѧинѧа малик олур.

Метал илѧ ѧарымкечириъи билѧваситѧа контакта эѧтирилдикѧа, щѧм онларын чыхыш ишляри 4-5 еВ олан контакт сѧтщѧляринин потенциаллар фѧрги, щѧм дѧ потенциал чѧпѧрин щѧндѧрлѧѧѧ тѧхминѧн 1 еВ олан контакт сѧтщи илѧ метал вѧ ѧарымкечириъинин сѧрбѧѧ сѧтщѧлярѧ арасынѧа ѧаранан потенциаллар фѧрги щесѧбына ѧарымкечириъинин актив контактѧлты щиссеѧсинѧа ѧсас електрик сащѧѧи илѧ ѧанашы, ѧлѧѧа електрик сащѧѧи (ѧЕС) ѧараныр.

Контакт сѧтщѧляринин потенциаллар фѧрги щесѧбына ѧаранан ѧсас електрик сащѧѧи ѧарымкечириъинин актив контактѧлты областы там ѧщѧѧа едир. Лѧкин, ѧлѧѧа електрик сащѧѧи ѧарымкечириъинин актив контактѧлты областыны вѧ периферийѧа щиссеѧсинѧи ѧщѧѧа едир. Мящдуд контакт сѧтщѧинѧа малик цѧмуми контакт мѧхѧѧѧѧѧ емиссийѧа параметрляринѧа малик вѧ електрик гаршылыглы тѧсирѧа олан щиссеѧлярин паралел бирлящмясинѧн ибарѧт олур.

Реал метал-ѧарымкечириъи контактларѧа термоелектрон емиссийѧа нѧзѧрийѧѧи ѧсасынѧа олан ѧрѧѧѧн эѧрѧнликѧн асылылыбы дѧз истигѧмѧѧѧа ашаъѧѧа дѧстур илѧ ифада олунур:

$$I_F = AT^2 \exp\left(-\frac{\Phi_B + \Delta\Phi_B}{kT}\right) \left[\exp\left(\frac{qU}{kT}\right) - 1 \right] = AT^2 \exp\left(-\frac{\Phi_B + \Delta\Phi_{B0} + \beta_1 qU}{kT}\right) \times \\ \times \left[\exp\left(\frac{qU}{kT}\right) - 1 \right] = AT^2 \exp\left(-\frac{\Phi_{B0}}{kT}\right) \left[\exp\left(\frac{(1-\beta_1)qU}{kT}\right) - \exp\left(-\frac{\beta_1 qU}{kT}\right) \right] = \\ = AT^2 \exp\left(-\frac{\Phi_{B0}}{kT}\right) \left[\exp\left(\frac{qU}{n_1 kT}\right) - \exp\left(-\frac{(1-n_1)qU}{n_1 kT}\right) \right] \approx AT^2 \exp\left(-\frac{\Phi_{B0}}{kT}\right) \exp\left(\frac{qU}{n_1 kT}\right).$$

Бурада

$$\Phi_{B0} = \Phi_B + \Delta\Phi_{B0} \text{ вѧ } n_1 = \frac{1}{1-\beta_1}$$

ѧк истигѧмѧѧѧа ѧарымкечириъинин контактлы щиссеѧсинѧа хѧриъи сащѧѧин вѧ ѧлѧѧа сащѧѧин интенсѧвликляри гаршы-гаршыѧа ѧюнѧлдилѧбляр. Эѧрѧнлийн $U_{кр}$ гѧдѧр артмасы илѧ ѧлѧѧа сащѧа гисмян хѧриъи сащѧа илѧ компенсѧа олунур. Бу о демѧкдир ки, $U \leq U_{кр}$, бурада ($\beta \geq \beta_0$), контакт васитѧѧи илѧ ѧк ѧрѧѧѧн кечмир. $U > U_{кр}$, ($\beta < \beta_0$) олдуъу щѧлѧа, контакт васитѧѧи илѧ ѧк ѧрѧѧѧн кечмѧѧѧа башлайыр. Эѧ-

рэнлиийн артмасы илчлэгчид шиддирлийн азалмасы ашаадыда-
кы дцстур илчлэгчид олуур:

$$\Delta\Phi_B = \Delta\Phi_{BO} - \beta_2 qU$$

Онда термоэлектрон эмиссийн нязрийн ясыан B_p якс зярй-
анын U -дан олан асылылыгы ашаадыдакы дцстур илчлэгчид олуур:

$$\begin{aligned} I_R &= AT^2 \exp\left(-\frac{\Phi_B + \Delta\Phi_B}{kT}\right) \left[1 - \exp\left(-\frac{q(U - U_c)}{kT}\right)\right] = \\ &= AT^2 \exp\left(-\frac{\Phi_B + \Delta\Phi_{BO} - \beta_2 qU}{kT}\right) \left[1 - \exp\left(-\frac{q(U - U_c)}{kT}\right)\right] \approx \\ &\approx AT^2 \exp\left(-\frac{\Phi_{BЭ}}{kT}\right) \exp\frac{q(U - U_{кр})}{n_2 kT}, \end{aligned}$$

бурада

$$\Phi_{BЭ} = \Phi_B + \Delta\Phi_{BO}; n_2 = \frac{1}{\beta_2}; B_p = 0 \text{ в } U \leq U_{кр} \text{ в } B_p \neq 0 \text{ в } U > U_{кр}.$$

Сон дцстурда, $U = U_b$ хариы ээрэнлик йарымкечирийн $l > d_0$
шиссэсэндэ чяпярин шиддирлийн артмасыны явз едир. $U = U_b \leq U_{кр}$
олдугда якс зярйан контактдан ахмыр.

Енсиз МЙК-ларын цмуми ВАХ-нын илчлэгчид ашаадыдакы дцстур илч-
лэгчид вериллэр:

$$I = AT^2 \exp\left(-\frac{\Phi_{BЭ} + \beta qU}{kT}\right) \left[\exp\frac{q(U - U_c)}{kT} - 1\right]$$

Ялава електрик саяа йарымкечирийн $l \leq d_0$ дяринлийн дахил олду-
гда, критик ээрэнлик $U_{кр} = 0$ ($U_b = 0$) в енсиз МЙК-лардан шям дцз, шям
дэ якс зярйанлар бирбаша ээрэнлийн сыфырдан башланмасы илч-
лэгчид башлайрлар.

Диссертасийанын *икинги фяслиндэ* метал-йарымкечирийн кечид
нцмуняларинин шазырланма технологийасы в экспериментал юлчмя-
лар верилмишдир.

Сятци потенциал чяпярли МЙК-лар шазырда мювзуд олан бцтцн
йарымкечирийлар в мцвафиг металлар ясыанда шазырланмыш, он-
ларын хассялари юрйянилмишдир. Лакин, практикэ зящядэ буюцк
ящямийят кясб етдийн ццн силисий в галлий арсенид йарымке-
чирийлар ясыанда шазырланан МЙК-ларын тядгиги даща эениш
мигйасда апарылмышдыр в онларын характеристик хцсусийятлари ят-
рафлы мцййян едилмишдир. Бу бахымдан, мятбуатда олдугэ аз мя-
лумат верилмиш ялава електрик саяали МЙК-ларда баш верян элект-
рон просесларин даща долун интерпретасийа етмийн мцмкцн олма-
сы ццн в шазырда электрон зыщаз гайырмада эениш илчлэгчид олу-

нан н в я п тип силисий ясыанда МЙК нцмуняларин сечилмасы мяг-
саяа уйбун шесаб едилмишдир.

Тядгиг ишиндэ йарымкечирийн зыщазларын истешсалы ццн ня-
зрэдэ тутулан, кечирийлийн н в я п-тип, олан, планар сятци йцксяк
дярэядэ зыланмыш силисий назик лувщялардэ в йцксяк тямиз-
лик дярэясинэ (99,999%) малик Ау, Ни, Аэ в Ал металлардан исти-
фадэ олуунмушдир. Нцмуняларин конструктив гурулушларын асы-
лы олараг мцхтялиф сайда технологи мярщялардэ истифадэ олуун-
мушдир.

МЙК шазырланмасынын ваыб мярщялариндэ бири метал назик
тябгясинэ йарымкечирийн сятцинэ цюкцрмяздэ яввал онун планар
сятци тябии цох назик оксид тябгясиндэ, кянар атом в ионлардан
тямизлянмасыдир. Бу мягсаяа стандарт РЪА методундан истифадэ
едилмишдир.

Силисий лувщясинин сятцинэ SiO_2 диелектрик в метал тябгя-
лар вакуумда бухарландырма цсулу илчлэгчид кечирилмишдир. Цох-
функсийалы имканлара малик бу гурьуда йарадылан 10^{-6} Торр тярти-
биндэ вакуумда электрон топу в йа РФ тозландырыгысы илчлэгчид
Си лувщяси цяринэ 0,1-0,3 мкм интервалында назик тябгя 1-4 А/с
сцрцтлэ цюкцрцлмцшдир.

Нцмуняларин шазырланма просесиндэ стандарт фото-литографийа
технологийасындэ истифадэ олуунмушдир.

Тядгиг олуан МЙК-ларын электрофизики параметрларинэ онла-
рын контакт сятцинин юлчлэгчид тясиринэ юрйянямэ ццн ейни
технологии шярйтдэ мцхтялиф диаметрли (5-100 мкм) МЙК-лар шазы-
рланмышдыр. Бу мягсаяа золаг формалы в матрикс формалы, ени
1-100 мкм, узунлуу 200 мкм олан МЙК-лар шазырланмышдыр.

Нцмуняларин вольт-ампер (В-В) в вольт-фарад (В-В) характери-
стикаларыны юлчмяк ццн стандарт гурьулардан в зыщазлардан исти-
фадэ едилмишдир. Вольт-фарат характеристикаларыны юлчмяси учун
Инстек ЛЪР-821 в ЛЪР-Метер зыщазындэ истифадэ олмушдир.

Мцхтялиф температурда дцзлмиш зыщазларын електрик хцсу-
сийятларин юлчлэмасы ццн Криостат зонд гурьусу ЕМПХ-ЩФ исти-
фадэ олуунмушдир.

Бу ишдэ Сканидийн зонд микроскопу (СЗМ) васитясиля контакт
едилэн метал в йарымкечирийларин сярбаст сятцларинин в онла-
рын контакт сятцларинин мцхтялиф тясвирларэ (рельеф, фаза, по-
тенциал в зярйан) топографийасынын алынмасы илчлэгчид Ду-
алсьопе/Растерсьопе Ъ26, ДМЕ, Денмарк Тешниэль спешифицатионс
фор ДС 95-50-Е истифадэ едилмишдир.

Диссертасийанын *ццнги фяслиндэ* метал-силисий контактларын
зонд микроскопийа цсуллары илчлэгчид тядгигинин нятигялари верилмиш-

дир.

Контакт материалы кими истифады олунан н-в-п тип силисиум лувщяларинин планар сятци, илк технологи пиля олан кимйяви ишлянмя ямйлийатына башламаздан яввял кечириги зонд атом гцвва микроскопу (КЗ-АГМ) васитяси иля тядгиг едилмишдир. Мцййян олунмушдур ки, беля сятцларин мцхтялиф йерлариндя потенциалын дйишмяси 0,2 В гядяр олур. Юлчцляри 5×5 мкм² олан н-тип йарымкечириги сятцинин кимйяви ишлянмядян яввялки релйефи вя локал щиссяляр ццнн ъяряян пайланмасы эюстярилмиш, сятцин нащамарлыг хятти юлчцларинин 0-200 нм тяртиблярдя олдуьу мцййян олунмушдур. Сятц бойунъа ъяряян ахынынын пайланмасы тядгиг едилмиш, мялум олмушдур ки, сятцин яксяр щиссялариндя дейил, анъаг локал щиссялярдян ъяряян ахыр.

Силисиум лувщясинин планар сятциня галынлыгы 0,1-0,2 мкм олан никел назик тябгяси термики бухарландырма цсулу иля чюкдцрцлмщдир. Бу тябгянин сятци КЗ-АГМ васитяси иля тядгиг едилмишдир. Сятцин $0,5 \times 0,5$ мкм² сачяли щиссясинин топографик тясвири верилмиш, никел назик тябгясинин наношиссяикларинин юлчцларинин сятц бойунъа пайланмасы юйрянилмишдир.

Гейри-биръинслийн физики мянщяйини аращдырмаг ццнн Пщиллипс аналитик Х-Рай БВ ъищазы иля Ни кристаллографийа апарылмыш вя тящлил едилмишдир.

Силисиум лувщясинин планар сятциня галынлыгы 0,1-0,2 мкм олан метал (Ау, Ал) назик тябгяси термики бухарландырма цсулу иля чюкдцрцлмщдир.

Метал-силисиум контакт сятцлариндя ялавя електрик сачяси АГМ иля тядгиг едилмишдир. Яввялки параграфда АГМ тядгигатларын нятиъяси олараг эюстярилди ки, силисиум лувщясинин планар сятци кифайят гядяр биръинс олса да онун цзяриня чякилмиш Ни, Ау, Ал, Аэ кими металларын назик тябгяляри поликристаллик гурулуша малик олур. Беля назик метал тябгялярин сятциндя наношиссяикляр бойунъа кяскин потенциал дйишмяси баш верир.

Диссертасийа ишиндя кечиригилийи н-тип, планар сятцинин кристаллографик ориентасийасы (111), донор ашгарларынын консенсасийасы $N_d = 6 \cdot 10^{16}$ см⁻³ олан силисиум лувщяси цзяриндя галынлыгы 0,12 мкм олан назик никел металындан щазырланмыш диаметри 15, 30, 40 вя 100 мкм олан даиряви контактларда вя галынлыгы 0,1 мкм олан назик никел тябгясиндя щазырланмыш узунлуьу 200 мкм вя ени 5, 15, 30 вя 50 мкм олан дцзбуьаглы контактларда йаранан ЯЕС-си тядгиг едилмишдир.

Щяр бир кристал дянъийинин чыхыш иши мцхтялиф олдуьундан онлар арасында контакт потенциаллар фярги йараныр вя ейни заманда

ялавя електрик сачяси йараныр. Бу ялавя електрик сачяси щяр бир наношиссяийин силисиумун контактында йаратдыгы потенциал чяпярин формалашмасына тясир эюстярир. Бу тясир мцййян етмяк ццнн Ни-нСи контактлары СТМ васитяси тядгиг едилмишдир.

Диссертасийанын *дюрдцнъу фяслиндя* метал-силисиум кечидлярдя потенциал чяпярин формалашмасы вя ъяряян ахыны хцсусийятляри якс олунмушдур.

Ишдя мцхтялиф металларла (Ни, Ау, Аэ, Ал) н-в-п-тип силисиум контактлары ясасында щазырланмыш диаметри (5-100 мкм) интервалында дйишян Шоттки диодлары тядгиг едилмишдир. Диаметри э-ниш интервалда дйишян ШД-ларин дцз вя якси истигамятдя волтампер характеристикаларынын тядгиги эюстярди ки, беля гурулушлу ШД-лярдя ъяряян ахынынын тятбигиня щяр олунмуш ядйбийятларда дяръ олунан нятиъялярдя эюстярилдийин кими, ъяряян ахыны термоэлектрон эмиссийа механизми иля мцййян олунур. Лакин, идеал ШД-ляр ццнн мювъуд олан термоэлектрон нязрийясиндя фяргли олараг, реал ШД-ларындан ъяряян ахыны контакт диаметриндя асылы олараг мцййян счйийяви хцсусийятляря малик олур. Бу ися реал ШД-да йаранан ялавя електрик сачясинин интеграл ъяряян ахынына тясиринин контактын конструктив гурулушундан асылылыгыны якс етдирир.

Экспериментал мялуматлара уйьун олараг мцщашидя олунур ки, ъищазларда идеаллыг ямсалы вя потенциал чяпяр щцндцрлцкляри арасында хятти асылылыг вардыр.

Енли контакт сятци Соттки диодларында ялавя електрик сачясинин тясир ясаян контактын периферийа областында баш верир. ШД-нин электрофизики параметрларинин контакт диаметриндя асылы олмасы ону эюстярди ки, контакт диаметри азалдыгъа ялавя електрик сачясинин ШД-ларин интеграл характеристикаларына тясир артыр. Контакт диаметринин тяхминян бир неча микрометр гиймятляриндя ШД-нин якс истигамятиндя ВАХ-сы тамамия периферийа ъяряянындан ибарят олур ки, бу да билаваситя ялавя електрик сачясинин тясирини айдын якс етдирир.

Ау-пСи ШД-лариндя чяпяр щцндцрлццнц Ъ-В характеристикасынын тйининдя сятцин кристаллографик ориентасийасы (100), хцсуси мцгавимяти 1 Ом-см, галынлыгы 400 мкм олан Си кристал лувщясиндя истифады едилмишдир.

Диссертасийанын *бешинъи фяслиндя* метал-силисиум кечидлярин характеристикаларынын вя электрофизики параметрларинин температура асылылыгы верилмишдир.

Стандарт фотолитографийа технологийасындан истифады едлярк Аэ вя Ни металы иля Си контактлары ясасында щазырланмыш 350 мкм

диаметрли ШД тядгиг едилмишдир. Нцмунялярин шазырланмасы ццн хцуси мцгавимяти 4 Ом·см вя галынлыбы 300 мкм олан н-тип силисиум лювщясинин (100) кристаллография ориентасийалы сятщиндя 0,3 мкм галынлыгы назик оксид (SiO_2) тябгясиндя ачылмыш йувалара $\sim 10^{-6}$ Торр вакуумда термик бухарландырма цсулу иля галынлыбы 0,2 мкм олан назик метал тябгя чякилмишдир. Метал назик тябгянин конфигурацийасы еля сечилмишдир ки, о йуваларын периферийа бойунъа ятраф оксид тябгясини 100 мкм ениндя юртцр. Юлчмяляр нцмунялярин температурунун 190-380 К интервалында апарылмышдыр.

Тядгиг олунан нцмунялярин ВАХ-ларынын тядгиги нятигясиндя мцяййян едилмишдир ки, ШД-лярдя температурун 300-380 К интервалында ъряйян ахыны термоэлектрон эмиссийасы механизми иля мцяййян едилдир. Онларын ВАХ-ы термоэлектрон эмиссийа нязриййасы иля тясвир олунур. ШД-лярин структур вя электрон эмиссийасы бахымындан тядгиги СПМ-ДС 950 модели АГМ иля апарылмышдыр.

Мцяййян едилмишдир ки, ШД-да потенциал чяярин щндцрлщцнц Ъ-В вя Т-В цсуллары иля юлчцлмщ гиймяляринин вя онларын температур асылылыгыларынын характеръа бир-бириндя фярглямяси контактын гейри-биринъилик дярягясиндя асылыдыр. Потенциал чяярин щндцрлщц артдыгъа онун идеалыг ямсалынын азалмасы да контактда йаранан ялава электрик сащясинин потенциал чяярин формалашмасына тясир иля мцяййян олур.

ЯСАС НЯТИГЯЛЯР

Диссертацийа ишиндя ашаъыдакы мщцм нятигяляр алынмышдыр.

1. АГМ юлчмялярля мцяййян едилмишдир ки, кечиригилии п- вя н-тип олан назик силисиум лювщялярин нащамарлыбы 4-5 нм олан планар сятщина термики бухарландырма цсулу иля чякилмиш Ни, Ау вя Аэ металларын 100-300 нм галынлыгы назик тябгяляри, хятти юлчяляри 50-300 нм интервалында олан наношисъяклярдя ибарят олур вя онларын сятщ бойунъа потенциал дйишмяси 100-300 мВ тяртибиндя олур.

2. АГМ юлчмялярля ашкар едилмишдир ки, диаметри $15 \div 100$ мкм олан даиряви вя ени $5 \div 50$ мкм олан 200 мкм узунлуглу дцзбуаглы формаи малик н тип силисиум ясасы СПЧ МЙК-ларда ялава электрик сащясинин тясир иля контакт сятчинин ятрафында силисиумун сятщи бойунъа щялгяви вя чярчивя формалы кечид зоналары йараныр. Кечид зоналарынын ени бойунъа ялава электрик сащясинин потенциалы метал вя силисиумун сярбяс сятщяринин потенциаллары фярги (250÷700 мВ) интервалында хятти дйишир.

3. Мцяййян едилмишдир ки, даиряви метал-силисиум СПЧ МЙК-ларын контакт диаметри 15 мкм-дя 100 мкм-я кими дйишдикдя ЯЕС-нин йаратдыбы щялгяви кечид зонасынын ени 1,5 мкм-дя 10 мкм кими артыр, дцзбуаглы СПЧ МЙК-ларын контакт сятчинин ени 15 мкм-дя 50 мкм-я кими артдыгда кечид зонасынын ени 1,5 мкм-дя 4,5 мкм-я кими артыр.

4. Мялум олмушдур ки, даиряви метал-силисиум СПЧ МЙК-ларын контакт диаметри 15 мкм-дя 50 мкм-я кими дйишдикдя ЯЕС-нин йаратдыбы щялгяви кечид зонасында потенциал дйишмяси 400 мВ-дан 700 мВ-а кими артыр, контакт диаметринин даща буюцк гиймяляриндя ися стабилляшир. Дцзбуаглы СПЧ МЙК-ларын контакт сятщяринин ени 15 мкм-дя 50 мкм-я кими дйишдикдя кечид зонасында потенциал дйишмяси 250 мВ-дан 400 мВ-а кими артыр.

5. Хятти юлчяляри 50-200 нм интервалында олан наношисъяклярдя тяшкил олунмуш галынлыбы 120-150 нм олан Ау, Ни, Аэ метал назик тябгялярля н- вя п-тип Си контакты ясасында шазырланан СПЧ МЙК-ларда наноконтактларынын ВАХ-ларынын АГМ васитяси иля юлчцлмяляри эюстярди ки, онларын локал потенциал чяярляринин щндцрлщцляри фярги 100-300 меВ вя идеаллыг ямсалларынын фярги ися 0,3-0,8 интервалында дйишир вя наноконтактлар ццн потенциал чяярин щндцрлщц иля идеаллыг ямсалы арасында тярс мцянасиб асылылыг мщшащидя олунур.

6. Диаметри 5-100 мкм интервалында дйишян вя назик метал тябгяси 100-200 мкм наноконтактдан ибарят олан метал-Си СПЧ МЙК-ларын ВАХ цсулу иля тйин олунмуш потенциал чяярляринин щндцрлщц 0,622 эВ-дан 0,785 эВ-а кими артыр, идеаллыг ямсалы ися 1,40-дан 1,02-я кими азалыр. Волт-фарад цсулу иля тйин едилмиш потенциал чяярин щндцрлщц ВАХ цсулу иля тйин едилмиш потенциал чяярин щндцрлщцндян кичик олур ($\Phi_{Б,Ы-В} > \Phi_{Б,Ъ-В}$).

7. Мцяййян едилмишдир ки, контакт сятчинин ени 1-4 мкм олан СПЧ МЙК-ларын ВАХ-лары дцз истигамятдя яняняви мцстяви СПЧ МЙК-ларын ВАХ-лары кими 7-8 тяртиб ъряйян интервалында хятти характерли олур вя онларын идеаллыг ямсалы ващидя йахын олур. Якс истигамятдя ися енсиз СПЧ МЙК-ларын ВАХ-лары мцстяви СПЧ МЙК-ларын ВАХ-дан характеръа къскин фярглянирляр: якс ъряйян эярэинлийин 3-4 В гиймятиндя ахмаъа башлайыр вя эярэинлик артдыгъа экспоненсиал артыр.

8. Ашкар едилмишдир ки, СПЧ МЙК-ларда ялава электрик сащясинин вя йарымкечиригинин контакталты щяъми йцкляр сащясинин суперпозицийа нятигясиндя формалашан ищляк потенциал чяяринин щндцрлщцнц эярэинликдя асылылыбы хятти характер дащыйыр вя ВАХ-ын дцз истигамятдя идеаллыг ямсалы иля якс истигамятдяки

адсыз ямсалынын тярс гиймятляринин ъями вашидя бярабяр олур.

9. Назик метал тябгясинин хятти юлчцляри 50-200 нм олан нано-щиссягиклярдян ибарят олан Аэ-Си СПЧ МЙК-ларын температуру 300К-дян 380К-я кими артырдыгда ишляк потенсиал чяпяринин щндцрлщц 300-400 меВ тяртибиндя артыр, идеаллыг ямсалы ися 0,7-0,9 тяртибиндя азалыр. СПЧ МЙК-ын потенсиал чяпяринин щндцрлщц артмасы иля идеаллыг ямсалынын азалмасы хятти характер дашыйыр.

10. Атом-Гцввя Микроскопийа цсулу иля билаваситя юлчцлмщщ ЯЕС-на малик метал-силисиум ясаслы СПЧ МЙК-ларын экспериментал мцяййян едилмиш электрофизики, термоелектрик, конструктив-технологичи характеристикалары ЯЕС-ли МЙК-ларын енерэетик модели вя ъярйян ахыны механизмляри иля бир гиймятли изащ олунурлар.

Dissertasiyanın mövzusu üzrə çap olunmuş elmi işlərin siyahısı:

1. *Yeganeh M.A., Mamedov R.K., Rahmatallahpur Sh.* Studying of barrier height and ideality factor relation in the nano sized Au-n type Si Schottky diodes // *Superlattices and Microstructures*, 2011, 50, pp. 59-68.
2. *Yeganeh M.A., Rahmatallahpur Sh., Sadighi-Bonabi R., Mamedov R.* Dependency of barrier height and ideality factor on identically produced small Au/p-Si Schottky barrier diodes // *Physica, B*, 2010, 405, pp. 3253-3258.
3. *Mamedov R.K., Yeganeh M.A.* Current transport and formation of energy structures in narrow Au/n-GaAs Schottky diodes // *Microelectronics Reliability*, 2012, 52 pp. 418-424.
4. *Yeganeh M., Rahmatallahpur Sh., Mamedov R.K.* Investigation of nano patches in Ni/n-Si micro Schottky diodes with new aspect // *Materials Science in Semiconductor Processing*, 2011, 14, pp.266-273.
5. *Yeganeh M.A., Mamedov R.K.* Difference in the electric behavior of micro- and nano Schottky diodes // *Superlattices and Microstructures*, 2012, 51, pp.792-798.
6. *Rahmatallahpur Sh., Yeganeh M.* Effect of nanopatches on electrical behavior of Ni/n-type Si Schottky diode // *Physica B*, 2011, 406, pp. 1351-1356.
7. *Yeganeh M.A., Rahmatallahpur Sh., Nozad A. and Mamedov R.K.* Effect of diode size and series resistance on barrier height and ideality factor in nearly ideal Au/n type-GaAs micro Schottky contact diodes // *Chin.*

Phys B, 2010, 19 (10), pp.107201-107207.

8. *Məmmədov R.Q., Yeganeh M.A., Yusifova K.Ə.* Nanoölçülü kontaktlarla Au-nSi Şottki diodlarının qeyri-bircinsliyinin tədqiqi / *Fizika Problemləri İnstitutu: «Fizikanın Müasir Problemləri» III Respublika Konfransı*, 2009, s.30-32
9. *Yeganeh M.A., Aslanova A.R.* Studying of in homogeneity of the Shottki barrier of height of diodes with atomic force microscopy / *XXI International Scientific and Engineering Conference on Photo electronics and Night Vision Devices*, 2010. Moscow, Russia, pp. 45-46.
10. *Yeganeh M.A., Mamedov R.K., Novinrooz A.J.* Investigation of Nano Patches Distribution and Their A.J. Effects on the Current Transport Properties of Ni/n-Si Schottky Diode // *J. Adv. Microsc. Res.* 7 (2012) pp.44-50.
11. *Aslanova Ə.R., Yeganeh M.A.* Qeyri-bircins kontakt səthli şottki diodunun potensial çəpərinin hündürlüyünün temperatur asılılığı / *Respublika elmi konfransının materialları*, 20 may, 2011, s.30.
12. *Aslanova Ə.R., Yeganeh M.A.* Şottki diodunun (Ag-NSi) potensial çəpərinin temperatur asılılığının və emissiya qeyri-bircinsliyinin AQM ilə tədqiqi / *Fizikanın müasir problemləri IV Respublika konfransı*, 2011 s.34.
13. *Məmmədov R.Q., Yeganeh M.A.* Qızıl-silisiyum şottki diodunda kontakt səthi boyunca qeyri-bərabər cərəyan axınının atom qüvvə mikroskopu ilə tədqiqi / *BDU-nun 90-illik yubileyinə həsr olunmuş Beynəlxalq elmi konfransın materialları*, Bakı, 2009, s. 219.
14. *Yeganeh M.A., Mamedov R.K. and Novinrooz A.J.* Nano inhomogeneity effects on small Ag/n-Si Schottky diode parameters at high temperature 2013 // *Journal of Semiconductors*, Vol. 34, No. 8, pp.8-15.
15. *Yeganeh M.A., Mamedov R.K.* Operation potential barrier and current transport in Nano scale Ni-nSi Schottky diodes 2013 // *Superlattices and Microstructures*, 2012, 51, pp. 792-798.



FEATURES OF THE CURRENT TRANSPORT IN THE METAL-SILICON SURFACE-BARRIER CONTACTS

Summary

The results of studies using atomic force microscopy (AFM) of formation of the potential barrier and the current transport in metal - silicon surface-barrier contacts (MS SBC) with the additional electric field (AEF), formed as a result of emission inhomogeneity interference and of the potential difference between contact surface and the free surfaces of the metal and semiconductor.

Was determined that the thin film of metal Ni, Au and Ag, 100-300 nm thick deposited on a planar surface of the silicon plates consists of nanoparticles in size of 50-300 nm in the linear and the change of the surface potential is of the order of 100-300 mV. With the change in the diameter of the circular MS SBC from 15 microns to 100 microns and the width of the transition zone increases from 1.5 microns to 10 microns, and the variation of the rectangular shape of the contact surface MS SBC width from 15 micron to 50 micron width of the transition zone increases from 1.5 microns to 4.5 microns. Across the width of the transition zone potential linearly less range (250-700 mV), the potential difference of the free surface of the metal and silicon. The results of AFM measurements I-V characteristics of nano MS SBC shows that the value of the height difference of their local potential barriers varies in the range of 100-300 meV, and the difference ideality factor varies in the range of 0.3-0.8 observed inversely proportional relationship there between.

Reverse I-V characteristics MS SBC wide contact surface 1-4 microns differs sharply from I-V characteristics of plane SB MSC: reverse current begins to flow at a voltage of 3.4 V and increases exponentially with increasing voltage.

Experimentally determined AFM, electrophysical, thermoelectrical, structural-technological characteristics of MS SBC uniquely explained energy model and mechanisms of current flow in the MSC with the AEF.

ОСОБЕННОСТИ ТОКОПРОХОЖДЕНИЯ В МЕТАЛЛ-КРЕМНИЙ ПОВЕРХНОСТНО-БАРЬЕРНЫХ ПЕРЕХОДАХ

Резюме

В работе представлены результаты исследований с применением Атомно-Силовой Микроскопии (АСМ) особенностей образования потенциального барьера и токопрохождения в металл-кремний поверхностно-барьерных переходах (МК ПБП) с учетом дополнительного электрического поля (ДЭП), сформированного в результате эмиссионной неоднородности границы раздела и возникновения разности потенциалов между контактной поверхностью и свободными поверхностями металла и полупроводника.

Была определена, что тонкие пленки металлов Ni, Au и Ag, толщиной 100-300 нм, нанесенные на планарную поверхность кремниевых пластин состоит из наночастиц линейными размерами 50-300 нм и изменение их потенциала по всей поверхности составляет порядка 100-300 мВ. С изменением контактного диаметра кругового МК ПБП металл-кремний от 15 мкм-а до 100 мкм ширина кольцевой переходной зоны, созданной дополнительным электрическим полем увеличивается от 1,5 мкм до 10 мкм, а с изменением ширины контактной поверхности прямоугольной формы МК ПБП от 15 мкм до 50 мкм ширина переходной зоны увеличивается от 1,5 мкм до 4,5 мкм. По ширине переходной зоны потенциал линейно меняется в интервале (250-700 мВ) разности потенциалов свободных поверхностей металла и кремния. Результаты АСМ измерений ВАХ nano МК ПБП показывает, что значение разницы высот их локальных потенциальных барьеров изменяется в интервале 100-300 мэВ, а разница коэффициентов идеальности изменяется в интервале 0,3-0,8 и наблюдается обратно-пропорциональная зависимость между ними.

ВАХ в обратном направлении МК ПБП с шириной контактной поверхности 1-4 мкм резко отличается от ВАХ плоских МК ПБП: обратный ток начинает протекать при напряжении 3-4 В и экспоненциально возрастает с увеличением напряжения.

Экспериментально определенные АСМ, электрофизические, термоэлектрические, конструктивно-технологические характеристики МК ПБП однозначно объясняются энергетической моделью и механизмами токопрохождения в ПМП с дополнительным электрическим полем.

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ
АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ
БАКИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

На правах рукописи

МИКАЕЛЬ ИСМАИЛ оглы АБАФАТ ЕГАНЕХ

**ОСОБЕННОСТИ ТОКОПРОХОЖДЕНИЯ
В МЕТАЛЛ-КРЕМНИЙ ПОВЕРХНОСТЬНО-
БАРЬЕРНЫХ ПЕРЕХОДАХ**

2211.01 – Физика твердого тела
2222.01 – Физика и технология наноструктур

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
доктора философии по физике

Подписано к печати: 19.11.2013
Формат 60x84 1/16. Тираж: 100.

Издательство «Бакинский Университет»
AZ-1148, Ваку, ул. З. Халилова, 23

БАКУ – 2013