

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС
ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ
ЗАҲИРИДДИН МУҲАММАД БОБУР НОМЛИ
АНДИЖОН ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ

Қўлёзма ҳуқуқида

Дадамирзаев Муҳаммаджон Ғуломқодирович

**ЎТА ЮҚОРИ ЧАСТОТАЛИ ЭЛЕКТРОМАГНИТ МАЙДОННИНГ p-n-ЎТИШ
РЕКОМБИНАЦИЯ
ТОҚЛАРИГА ТАЪСИРИ**

01.04.10. «Яримўтказгичлар ва диэлектриклар физикаси» ихтисослиги бўйича физика-математика фанлари номзоди илмий даражасини олиш учун тақдим этилган диссертация

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т И

Андижон -2001

Иш Наманган мухандислик-педагогика институти ва
Наманган Давлат Университетида бажарилган

Илмий рахбар: физика-математика
фанлари доктори **Ғ.Ғуломов**

Расмий оппонентлар: физика-математика
фанлари доктори **З.М.Хакимов**
физика-математика
фанлари доктори **Р.Я.Расулов**

Етакчи илмий муассаса: Ўзбекистон Республикаси ФА «Физика-
Қуёш» ИИЧБ Физика-техника институти

Ҳимоя 2002 йил «____» _____ соат _____ да
Андижон Давлат Университети қошидаги К067.28.02 ихтисослашган кенгаш йиғилишида
ўтказилади. Манзил: 710020, Андижон шаҳри, Университет кўчаси 129-уй.

Диссертация билан Андижон Давлат Университети кутубхонасида танишиш
мумкин.

Автореферат 2001 йил «____» _____ да тарқатилди.

Ихтисослашган кенгаш илмий котиби:
Физика-математика фанлари номзоди **Р.Алиев**

ИШНИНГ УМУМИЙ ТАВСИФИ

Ишнинг долзарблиги: Ҳозирги замон микроэлектроникасининг ривожланиши
натижасида яримўтказгич асбобларнинг ўлчамлари микроннинг улушлари даражасигача
қисқариб бормоқда. Одатдаги иш шароитида бундай асбобларда кучли электр майдонлари
юзага келади. Бунда электронларнинг қизиши ва бу қизишни фононларга узатилиши

натижасида ишлаб турган яримўтказгич асбобини мувозанат ҳолатидан кучли четлашишига олиб келади. Бундан ташқари, намунанинг чекли эканлигини ҳисобга олсак, ҳар қандай анизотропия чекли намунада уюрмالي тоқларни юзага келтиради. Бир жинсли бўлмаган яримўтказгичда ички электр майдонларининг мавжудлиги уюрмالي тоқларнинг юзага келишига сабаб бўлади. Уюрмالي тоқларнинг р-п-ўтиш ҳарактеристикаларига таъсири ҳозирги пайтгача батафсил ўрганилмаган. Уюрмالي тоқларни ҳисобга олиш кучли электромагнит майдонларда ишлайдиган р-п-ўтишларнинг мукамал назариясини яратиш имкониятини юзага келтиради.

Чекли намуналарда электрон ва ковақларнинг қизишини ҳисобга олиш кўп ҳолларда р-п-ўтишнинг кучли электромагнит майдондаги ҳоссаларини тушунтириш имконини беради. Бир жинсли бўлмаган чекли намуналардаги тоқларга кучли майдонларнинг таъсирини ўрганиш сиртнинг таъсирини ҳам ҳисобга олишни тақозо этади. Кейинги йилларда бажарилган изланишлар кучли ўта юқори частота (ЎЮЧ)ли электромагнит майдондаги намуна сиртида содир бўладиган рекомбинация жараёнлари яримўтказгич сиртининг ҳолатига кучли боғлиқлигини кўрсатди. Бироқ сирт ҳолатларининг ЎЮЧли электромагнит майдондаги р-п-ўтишга таъсири назарий ва амалий томондан ҳанузгача батафсил ўрганилмаган. Шундай қилиб, кучли ЎЮЧли электромагнит майдонда жойлашган р-п-ўтишни ўрганиш долзарб масала бўлиб, катта илмий ва амалий аҳамиятга эгадир.

Ишнинг мақсади:

1. Кучли ЎЮЧли электромагнит майдон таъсиридаги р-п-ўтиш ҳажмий заряд соҳаси ва намуна сиртидаги рекомбинация тоқларини ўрганиш.
2. ЎЮЧли электромагнит майдондаги р-п-ўтишда юзага келувчи уюрмالي тоқларни р-п-ўтишда юзага келувчи ток ва ЭЮКларга таъсирини ўрганиш.
3. Чуқур энергетик сатҳларнинг спектрини заряд боғланишли асбоб ёрдамида ўрганиш усулларини такомиллаштириш.

Ишнинг илмий янгилиги:

1. ЎЮЧли электромагнит майдон таъсиридаги р-п-ўтишда қизиган электрон ва ковақларнинг рекомбинация тоқларига сирт потен-циалини ЎЮЧли электромагнит майдон томонидан модуля-цияланишининг таъсири ўрганилган .
2. Бир жинсли бўлмаган яримўтказгичга ЎЮЧли электромагнит майдон таъсир қилганда уюрмالي тоқларни юзага келиши аниқланган.

3. Чуқур энергетик сатҳларнинг спектроскопиясини зарядли боғланган асбоб ёрдамида такомиллаштириш услуби таклиф қилинган.

Ҳимояга қуйидагилар олиб чиқилади:

1. ЎЮЧли электромагнит майдондаги р-п-ўтиш ва намуна сирти потенциалининг модуляциясини ҳисобга олган рекомбинация тоқларини аниқлашнинг янги назарий усули.
2. Юпқа яримўтказгич пардаларда реактив фотоЭЮКлар ва сирт микрорельефининг ҳисобига юзага келувчи аномал катта фотоЭЮКларни юзага келиш механизми.
3. р-п-ўтишга ЎЮЧли электромагнит майдон таъсир қилганда юзага келувчи уюрмалли тоқлар диодда генерацияланадиган тоқлар ва ЭЮКларни камайитириши.
4. Энергетик ҳолатларнинг зарядли боғланган асбоб ёрдамида аниқлаш усуллариини такомиллаштириш йўллари.

Ишнинг амалий аҳамияти:

- Кучли ЎЮЧли электромагнит майдондаги р-п-ўтишда юзага келувчи рекомбинация тоқларини ҳисобга олиб чиқарилган тоқ ва кучланишнинг аналитик ифодалари р-п-ўтишли диодлар характеристикаларини янада аниқроқ ҳисоблашга имкон беради.
- р-п-ўтишда кучли электромагнит майдон таъсирида юзага келувчи уюрмалли тоқларни ҳисобга олиш, диоднинг асосий характеристикаларини тўғри аниқлаш имконини беради.

Ишнинг муҳокамадан ўтказилганлиги (апробацияси):

Ишнинг асосий натижалари «Қаттиқ жисм электроникаси» (1994й, Наманган шаҳри); «Назарий физика ва қаттиқ жисм физикаси муаммолари» (1997й, Бухоро шаҳри); «Яримўтказгичлар физикасининг амалий муаммолари» (1999й, Тошкент шаҳри); «Яримўтказгичлар материалшунослиги муаммолари» (1999й, Андижон шаҳри); «Яримўтказгичли плёнкаларда фото-, тензо- ва термо -электрик ҳодисалар» (1999й, Фарғона шаҳри) мавзуларидаги анжуманларда, ҳамда Ўзбекистон Республикаси ФА «Физика-Қуёш» ИИЧБ, ЎзМУ, АндДУ, ФарДУ, НамДУ, НамМПИ илмий семинарларида муҳокама қилинган.

Ишнинг тузилиши ва ҳажми:

Диссертация иши кириш, тўртта боб, олинган натижалар ва хулосалар, 110 номдаги фойдаланилган адабиётлар рўйхатидан иборат. Диссертациянинг умумий ҳажми 156 бет, шу жумладан 43 та расми ўз ичига олади.

ИШНИНГ ҚИСҚАЧА МАЗМУНИ

Кириш қисмида диссертация мавзусининг долзарблиги асосланган, ишнинг мақсади ва вазифаси белгилаб берилган. Ишнинг илмий янгилиги ва амалий аҳамияти кўрсатилган.

Биринчи бобда ЎЮЧли электромагнит майдондаги р-п-ўтишни ўрганишга бағишланган ишлар муҳокама қилинган. Мавжуд адабиётларнинг таҳлилидан р-п-ўтишдаги электр токлари ва ЭЮКнинг юзага келиш шартлари танқидий ўрганилган. Бунда аввал бажарилган ишлардаги камчиликлардан қуйидагилари кўзга ташланади: ЎЮЧли майдондаги р-п-ўтиш тоқларини ҳисоблашда ўтказувчанлик ва силжиш тоқларининг диодда генерацияланаётган ўртача ток ва ЭЮКларга қўшадиган ҳиссалари аниқланмаган. Кучли ЎЮЧли майдондаги ЭЮКнинг пайдо бўлиш механизмлари охиригача ўрганилмаган. ЎЮЧли майдонда юзага келувчи тоқларга рекомбинациянинг таъсири тўла ўрганилмаган. Электромагнит тўлқин таъсиридаги р-п-ўтишларда уюрмали тоқларни юзага келиш имкониятлари ўрганилмаган. Мавжуд ишларнинг танқидий таҳлилидан диссертацияда қилинадиган ишларнинг долзарблиги, унинг вазифаси, илмий ва амалий аҳамияти кўрсатиб берилган.

Иккинчи бобда ЎЮЧли электромагнит майдондаги р-п-ўтиш токлари ўрганилган.

2.1-§ да ЎЮЧли электромагнит майдон таъсирида р-п-ўтишда юзага келувчи конвекция ва силжиш токлари солиштирилган. А.И.Вейнгер ишидаги тажриба натижаларини таҳлил қилинганда силжиш токлари конвекция тоқларига нисбатан 10^3 - 10^5 марта катта бўлиши аниқланди. Бу фактга асосланиб А.И.Вейнгер ва унинг ходимлари диодда генерацияланаётган ток фақат заряд ташувчиларнинг қизиши ҳисобига юзага келади деб ҳисоблашган ва ўзгарувчан электр майдонининг конвекция тоқини ҳисобга олишмаган. Бу параграфда силжиш тоқининг ўртача қиймати ҳар доим ноль бўлиши ва диодда генерацияланаётган $\bar{J}$ ўртача ток фақат $J_c(t)$ конвекция тоқи билан аниқланиши кўрсатиб берилган:

$$\bar{J} = \frac{1}{2\pi} \int_{\varphi}^{\varphi+2\pi} J_c(\omega t) d\omega t$$

Бу ерда ω - электромагнит майдон частотаси.

2.2-§ да р-п-ўтишдан ўтадиган ўртача токни ҳисоблаш диоддаги рекомбинация тоқларини ҳисоблашга олиб келишини кўрсатиб берилган. Рекомбинация тоқини ҳисоблаш учун қуйидаги умумий формула топилган:

$$\bar{J} = \frac{e}{T} \int_t^{t+T} dt \int_V dV \left(\frac{\partial n}{\partial t} \right)_r$$

Бу ерда $\left(\frac{\partial n}{\partial t}\right)_r$ -диод ҳажми ва сиртида содир бўлаётган рекомбинация жараёнлари ҳисобига эркин зарядлар концентрациясининг ўзгариш жадаллиги.

2.3-§ да р-п-ўтишда юзага келувчи ЭЮКни рекомбинация тоқлари билан боғланганлигини кўрсатилган. Ташки майдондаги р-п-ўтишда генерацияланаётган ЭЮК диффузия табиатига эга эканлиги аниқланган. Ҳар қандай рекомбинация ва генерация жараёни р-п-ўтишли диодда электр юритувчи кучни юзага келтириши кўрсатиб берилган.

2.4-§ да заряд ташувчиларнинг қизишини рекомбинация тоқларига таъсири ўрганилган. Рекомбинация марказларининг тутиш коэффициентларини электрон ва ковакларнинг ҳароратига боғлиқлиги даражали кўринишда бўлган ҳол учун рекомбинация тоқлари ҳисоблаб топилган. Тўғри йўналишдаги тоқлар учун тутиш коэффициентларининг ҳарорат ва электр майдон кучланганлигига боғлиқлиги ҳал қилувчи бўлиб, бўшалиш коэффициентларининг ҳарорат ва майдонга боғлиқлиги катта аҳамиятга эга эмасдир. Диодга етарлича катта тескари кучланишлар қўйилганда рекомбинация марказларининг ионлашиш эҳтимолликларини электр майдон кучланганлигига боғлиқлиги муҳим аҳамиятга эга бўлади. Бу ҳолда р-п-ўтиш ВАХ нинг тескари тоқи рекомбинация марказларининг кучли электр майдонидаги ионлашиш механизмлари билан аниқланади. Бўшалиш коэффициенти электр майдон кучланганлигига боғлиқ равишда ортиб борганда, кучли майдонда р-п-ўтиш ўртасида янги генерацияланувчи канал юзага келади.

2.5-§ да кучли ЎЮЧ электромагнит майдондаги сирт потенциали модуляциясининг р-п-ўтишда генерацияланувчи қизиган электронларнинг тоқларига таъсири ўрганилган. Кучли электромагнит майдон яримўтказгич билан таъсирлашиб ўзининг қийматини ва йўналишини ўзгартиради. Бунинг натижасида электрон ва ковакларнинг қизиши билан бир қаторда р-п-ўтиш потенциал тўсиғи ва сирт потенциали ўзгарувчи майдон частотасига мос равишда тебраниб туришга мажбур бўлади. Бу ерда электрон ва ковакларнинг қизиши ва сирт потенциалининг модуляциясини ҳисобга олган ҳолда р-п-ўтишда ЎЮЧли майдон таъсирида генерацияланадиган тоқлар ҳисобланган.

Диод қиска туташув режимида ишлаганда сирт потенциали-нинг ЎЮЧли майдон таъсирида модуляцияланиши р-п-ўтиш потенциал тўсиғи эффектив баландлигини камайтишига олиб келар экан:

$$\varphi_{\phi} = \varphi_0 - \bar{U}_{\sim v}$$

Бу ерда φ_0 - мувозанатдаги потенциал тўсиқ баландлиги, $\bar{U}_{\sim v}$ -р-п-ўтиш потенциал тўсиғини ЎЮЧли электромагнит майдон томонидан модуляцияланиши. Сирт потенциали

ва p-n-ўтиш баландлигининг ЎЮЧли электромагнит майдон томонидан модуляцияланиши сирт рекомбинация тезлигини кескин ортишига олиб келади. Бу эса тўғри ва тескари тоқларни кескин ортиб кетишига сабаб бўлади. Ҳақиқатдан ҳам А.И.Вейнгер ва унинг ходимлари томонидан ЎЮЧли электромагнит майдондаги p-n-ўтишнинг қисқа туташув тоқлари ўрганилганда p-n-ўтишнинг эффектив баландлигини камайиши ҳамда тўғри ва тескари тоқларни кескин ортиб кетиши кузатилган. ЎЮЧли майдондаги p-n-ўтишда салт юриш кучланиши ўрганилганда сирт потенциалининг модуляцияланиши диодда генерацияланадиган ЭЮК ни ортишига олиб келиши куйидагича кўрсатилган:

$$U_{xx} = -\left(\frac{T_e}{T} - 1\right)\varphi_0 - \bar{U}_{\sim v} + \frac{kT_e}{e} \ln\left(1 + \frac{e\bar{q}_s^0/(1+d/L_s)}{j_s + en_p\bar{s}/(1+d/L_s)}\right)$$

Бу ифодада биринчи ҳад $-(T_e/T - 1)\varphi_0$ – p-n-ўтишда заряд ташувчиларнинг қизиши ҳисобига ҳосил бўлаётган ЭЮК ни ифодалайди. Иккинчи ва учинчи ҳад эса, заряд ташувчиларнинг сиртдаги рекомбинацияси ва сирт потенциалининг модуляцияси билан боғлиқдир. Тажрибада кузатилган аномал катта ЭЮК ва тоқлар айнан диод сирт потенциалининг модуляцияси орқали тушунтирилади.

Шундай қилиб ЎЮЧли электромагнит майдон таъсирида p-n-ўтиш сирт потенциалининг модуляцияланиши қисқа туташув режимида p-n-ўтиш потенциал тўсик эффектив баландлигини камайишига ва салт юриш режимида аномал катта ЭЮК ларни генерацияланишига олиб келар экан.

2.6-§ да электромагнит майдонда жойлашган Шоттки тўсиғидаги қизиш ва тўғриланиш ўрганилган. Бу ерда диоддан ўтаётган ўртача ток учун интеграл ифода олинган. Олинган натижаларнинг таҳлили паст частоталарда ($\omega \ll \omega_0$, ω_0 -плазма частотаси) электромагнит тўлқин ҳисобига қизишни ҳисобга олмаса ҳам бўлишини ва ўзгармас ток асосан тўғриланиш ҳисобига пайдо бўлишини кўрсатди. Юқори частоталарда ($\omega \gg \omega_0$) қисқа туташув токи ва салт юриш кучланишлари электронларнинг қизиши ҳамда потенциал тўсикдаги тўғриланиш билан аниқланиши мумкин экан. Салт юриш кучланиши икки қисмдан иборат бўлиб, биринчи қисм потенциал тўсикда қизиган электронларнинг ЭЮКни берса, иккинчи қисми тўғриланиш ҳисобига юзага келган кучланишни ифодалайди. ЎЮЧли майдондаги Шоттки тўсиғида электромагнит майдон тақсимотини таҳлил қилиб, қизиш ва тўғриланишни ҳисобга олган ҳолда ЎЮЧли электромагнит майдон носимметрик потенциал тўсикда ҳар доим ўзгармас электр юритувчи кучни юзага келтириши кўрсатилган. ЭЮК ни юзага келиш сабаби қизиш ва тўғрилаш бўлиб, улар ҳар доим бир томонга йуналган токни генерациялайди.

2.7-§ да кучли ЎЮЧли майдондаги p-n-ўтиш ВАХсининг ноидеаллик коэффиценти ўрганилган. Кучли электромагнит майдон таъсирида заряд ташувчилар

ўртача энергияларининг ўзгариши электрон ва ковакларнинг қизишлари орқали ҳисобга олинган. Бундан ташқари электромагнит майдон бевосита рекомбинация марказларига таъсир этиб, бу марказларнинг ионланиш эҳтимоллигини ўзгартириши мумкин. Бундай таъсир Френкель эффекти ҳисобига амалга оширилиши мумкин. Кучли электр майдонда чуқур энергетик сатҳлардан электронларнинг бўшалиш эҳтимоллиги ортиб кетади. Ушбу жараён р-п-ўтиш ВАХнинг ноидеаллик коэффициентига таъсир қилади. Кучли майдон соҳасида Френкель эффекти ҳисобига генерацион ток ўсади. А.И Вейнгер ва бошқаларнинг ишидаги кремнийли р-п-ўтишларда тўйиниш мавжуд эмас, бу эса генерация токининг ташқи майдонга боғлиқлигидан далолат беради. Умуман олганда, кучли электр майдонининг қизиш ва рекомбинация марказларига таъсири бир пайтда содир бўлади ва тажриба натижаларини таҳлил қилишда буларнинг қайси бири биринчи даражали эканлигини аниқлаш энг муҳим вазифа ҳисобланади. Шунинг учун ҳам 2.8-§ да тажриба натижалари билан назарий ҳисоблар батафсил солиштирилган ва олинган натижалар ҳар томонлама таҳлил қилинган.

Назарий ҳисобларнинг кўрсатишича, ЎЮЧли майдондаги кремнийли р-п-ўтишларда ноидеаллик коэффициенти асосан ковакларнинг ҳарорати билан аниқланар экан. Биринчи қарашда бу натижа тушунарсизроқ кўриниши мумкин. Чунки кремнийда ташқи майдон таъсирида асосан электронлар қизийди, коваклар эса нисбатан камроқ қизийди. Лекин масалага чуқурроқ ёндошилганда диоднинг ноидеаллик коэффициенти электрон ва ковакларнинг ҳарорати билан эмас, балки уларнинг токлари билан аниқланиши маълум бўлади. Диффузия йўли билан олинган р-п-ўтишларда ковакларнинг р-соҳадаги концентрацияси электронларнинг п-соҳадаги концентрацияларидан кўп марта катта бўлганлиги сабабли р-п-ўтишдаги асосий ток коваклар ҳарорати билан аниқланиб, коваклар ҳарорати ортиши билан ноидеаллик коэффициенти ҳам ортиб борган. ЎЮЧли майдондаги кремнийли р-п-ўтишда электронларнинг ҳарорати ковакларникидан юқори бўлишига қарамасдан диоднинг ноидеаллик коэффициенти ковакларнинг ҳарорати билан аниқланар экан.

Учинчи бобда ўта юқори частотали электромагнит майдондаги р-п-ўтишда ҳосил бўладиган уюрмали тоklar ҳамда уларнинг диодда юзага келувчи электр юритувчи кучларига ва диоднинг характеристикаларига таъсири ўрганилган.

3.1-§ да реал тажриба шароитини ҳисобга олган ҳолда ЎЮЧли электромагнит майдон билан р-п-ўтиш намунасини нотекис қиздирганда уюрмали тоklarнинг юзага келиши муқаррар эканлиги кўрсатиб берилган. Намунанинг реал шаклини ҳисобга олган ҳолда р-п-ўтишнинг вольт-ампер характеристикаси ҳисобланган.

3.2-§ да р-п-ўтишдаги уюрмали тоқларни ҳисобга олган ҳолда ЎЮЧли электромагнит майдон таъсирида диодда генерацияланувчи салт юриш кучланиши таҳлил қилинган. Уюрмали тоқлар ҳар доим салт юриш кучланишини камайитириши кўрсатилган.

3.3-§ да ўта юқори частотали электромагнит майдондаги реал р-п-ўтишнинг эквивалент схемаси ишлаб чиқилган.

3.4 -§ да уюрмали тоқларнинг р-п-ўтишда юзага келувчи турли механизмлари кўриб чиқилган.

3.5-§ да юпқа яримўтказгич пардаларда реактив фотоэлектр юритувчи кучлар ҳисобига аномал катта фотокучланишларнинг юзага келиши ўрганилган. Аномал катта фотокучланишларнинг юзага келишига юпқа пардалар сирти микрорельефининг таъсири назарий томондан таҳлил қилинган.

Ёруғлик кучли ютилганда ва парданинг қалинлиги электронларнинг эркин югуриш йўли тартибида бўлганда намунада аномал катта фотоэлектр юритувчи кучларнинг юзага келиши кўрсатиб берилган.

3.6-§ да тоқлар ва кучланишларни ҳисоблашда намуна ўлчамларининг чекли эканлигини ҳисобга олиш муҳим эканлиги таҳлил қилинган. Чекли намуналар учун бажарилган ҳисоблашларда уюрмали тоқларни ҳисобга олиш яримўтказгичлар-даги тоқларнинг мукамал назариясини яратиш имконини бериши кўрсатиб берилган.

Тўртинчи боб зарядли боғланган асбоблар ёрдамида энергетик ҳолатлар зичлигини аниқлаш усулларини янада ривожлантиришга бағишланган.

4.1-§ да заряд ташувчиларнинг сирт ҳолатларидан ўтказувчан-лик зоналарига генерацияланиши ўрганилган. Чизикли регистрдан заряд узатилганда заряднинг камайиши билан сирт ҳолатлар зичлиги орасидаги боғланиш топилган.

4.2-§ да зарядли боғланган асбоб (ЗБА) ёрдамида сирт ҳолатлар зичлигини аниқлашнинг усуллари таҳлил қилинган ва ривожлантирилган .

4.3-§ да зарядли боғланган асбоб ёрдамида энергетик спектрни аниқлашнинг бошқа усуллардан афзалликлари ҳақидаги мулоҳазалар келтирилган.

4.4-§ да намуна ҳароратини ўзгартириш йўли билан сирт ҳолатлар зичлигини аниқлашнинг усули таклиф қилинган.

4.5-§ да зарядли боғланган асбоб бошқарувчи импульслар такт частоталарини ўзгартириш йўли билан сирт ҳолатлар зичлигини аниқлашнинг имкониятлари очиб берилган.

4.6-§ да ҳажмий ҳолатлар энергияси ва зичлигини зарядли боғланган асбоб ёрдамида аниқлашнинг физик асослари муҳокама қилинган. 4.6.1-§ да чуқур энергетик ҳолатларнинг ЗБА спектроскопияси атрофлича таҳлил қилинган. Бу ерда ҳар хил

энергетик сатҳлар бўлганда зарядларнинг регистрдан ўтишдаги камайишини вақтга боғлиқлиги график равишда таҳлил қилинган. Заряднинг камайиши $N(t)$ дан «нол»лар сонининг логарифми бўйича ҳосила олиш йўли билан тақиқланган зонадаги энергетик сатҳларнинг спектрини аниқлаш усули ривожлантирилган. «Нол»лар сони ва намуна ҳароратини ўзгартириш йўли билан тақиқланган зонанинг деярли ҳамма қисмида энергетик спектрни аниқлаш мумкинлиги кўрсатиб берилган.

4.7-§ да намуна ҳароратини ўзгартириш йўли билан зарядли боғланган асбоб каналидаги энергетик ҳолатларни аниқлаш усули муҳокама қилинган. Чуқур энергетик ҳолатлар спектрини аниқ-лашнинг зарядли боғланган асбоб ёрдамида аниқлаш усули такомиллаштирилган.

ОЛИНГАН НАТИЖАЛАР ВА ХУЛОСАЛАР

1. Электромагнит майдондаги диодда генерацияланадиган ўртача ток фақат конвекция токи билан аниқланиши кўрсатилган.
2. Ташки электромагнит майдон таъсирида р-п-ўтишда юзага келувчи ўртача тоқлар диоддаги рекомбинация жараёнлари билан аниқланиши кўрсатилган. Рекомбинация ва генерация жараёнининг ўзгариши р-п-ўтишда электр юритувчи кучларни юзага келтириши аниқланган.
3. Катта тўғри тоқларда рекомбинация асосан рекомбинация марказларининг тутиш коэффициентлари билан аниқланиши кўрсатилган. Етарлича катта тескари кучланишларда бўшалиш коэффициентининг электр майдон кучланганлигига боғлиқлиги ҳал қилувчи роль ўйнаши аниқланган. Электронларнинг рекомбинация марказларидан бўшалиш эҳтимоллиги электр майдон кучланганлигининг ортиши билан экспоненциал равишда ортиб борганда р-п-ўтиш ўртасида янги эркин зарядларни генерацияловчи канал вужудга келиши кўрсатилган.
4. Сирт потенциалининг ЎЮЧ ли майдон томонидан модуляцияланиши р-п-ўтиш эффектив баландлигини камайтиради. Бунинг натижасида диодда қисқа туташув режимида аномал катта тоқлар, салт юриш режимида эса аномал катта ЭЮКларнинг юзага келиши аниқланган.
5. Носимметрик потенциал тўсиққа ЎЮЧли майдон таъсир қилганда ҳар доим ўзгармас электр юритувчи куч юзага келади. ЭЮКнинг юзага келишига сабаб заряд ташувчиларнинг қизиши, ЎЮЧ тоқининг тўғриланиши бўлиб, улар бир-бирларини кучайтириши кўрсатилган.

6. ЎЮЧли майдонларда электрон ва ковакларни қизиши m ноидеаллик коэффициентига кучли таъсир қилади. Ноидеаллик коэффициенти p - n -ўтишда асосий токни қайси заряд ташувчилар ташкил қилиши билан аниқланади. $p_p \gg n_n$ бўлганда кремнийли p - n -ўтишлар учун электронларнинг ҳарорати ковакларниқидан юқори бўлишига қарамай диоднинг ноидеаллик коэффициенти коваклар ҳарорати билан аниқланиши кўрсатилган.
7. ЎЮЧли майдон таъсирида p - n -ўтишда уюрмали тоқлар пайдо бўлади. Сирт потенциалининг модуляцияси U_{xx} салт юриш кучланишини оширса, уюрмали тоқлар U_{xx} ни камайтиради. Чеқли намуналар учун уюрмали тоқларни ҳисобга олиш яримўтказгичлардаги тоқларнинг мукамал назариясини яратиш имконини бериши кўрсатиб берилган.
8. Реактив фотоэлектр юритувчи куч ва сирт микрорельефи-нинг шаклига боғлиқ равишда яримўтказгич юпка парда-ларда юзага келувчи аномал катта фотоэлектр юритувчи кучларнинг пайдо бўлишининг янги механизми таклиф қилинган.
9. Зарядли боғланган асбоб (ЗБА) дан фойдаланган ҳолда яримўтказгич чуқур энергетик ҳолатлар зичлигини аниқлашнинг янги ЗБА спектроскопия усули ривожлантирилган.

Диссертациянинг асосий натижалари қуйидаги ишларда чоп этилган:

1. Г.Гулямов, М.Г.Дадамирзаев, С.Р.Бойдедаев. ЭДС горячих носителей, обусловленная модуляций поверхностного потен-циала в сильном СВЧ поле. ||ФТП, 2000, т.34, в.5,С. 572-575.
2. Г.Гулямов, М.Г.Дадамирзаев. Влияние эффекта Френкеля на коэффициент неидеальности p - n -перехода в сильном СВЧ поле. ||Узбекский Физический Журнал. 1998, №3, С.48-50.
3. Г.Гулямов, С.Р.Бойдедаев, М.Г.Дадамирзаев. Аномально большие фотонапряжения в пленках Si обусловленнѐе реактивной фотоЭДС. ||Узбекский Физический Журнал. 1999, №3, С. 192-196.
4. Г.Гулямов, К.Б.Умаров, М.Г.Дадамирзаев. Рекомбинация ва ионизация коэффицентларининг электр майдонига боғлиқлигини ўта юқори частотали майдондаги p - n -ўтиш вольт-ампер характеристикасига таъсири. ||Тез. докл. Межд. конф. молодѐх физиков «Твердотельная электроника» Наманган. 1994, 5-7октября, С.84.

5. Г.Гулямов, М.Г.Дадамирзаев. Коэффициент неидеальности р-n-перехода в сильном СВЧ поле. //Тез. док. Меж. конф. «Проблемы теоретической физики и физика твердого тела. Бухоро. 1997, 24-26 апреля, С.50.
6. Г.Гулямов, С.Р.Бойдедаев, М.Г.Дадамирзаев. Вихревые токи в р-n-переходе в сильном СВЧ поле. //Сбор. Труд. Межд. конф. «Прикладные проблемы физики полупроводников». Ташкент, 1999, 15-17 сентября, С.22.
7. Г.Гулямов, С.Р.Бойдедаев, М.Г.Дадамирзаев. Методика определения плотности состояний использованием ПЗС с объёмным каналом. //Сбор. Труд. Межд. конф. «Прикладные проблемы физики полупроводников». Ташкент, 1999, 15-17 сентября, С. 41.
8. Г.Гулямов, С.Р.Бойдедаев, М.Г.Дадамирзаев, Ш.И.Набиев. Влияние ударной ионизации на ЭДС и токи р-n-перехода в сильных СВЧ полях. //Сбор. тез. док. науч.-прак. сем. сов. «Проблемы полупроводникового материаловедения». Андижан, 1999, 23-24 ноября, С. 27.
9. Г.Гулямов, С.Р.Бойдедаев, М.Г.Дадамирзаев, Х.О.Кучкоров. Фото ЭДС горячих носителей зарядов р-n-перехода в сильном СВЧ поле. //Сбор. тез. док. науч.-прак. сем. сов. «Проблемы полупроводникового материаловедения». Андижан, 1999, 23-24 ноября, С. 48.
10. Г.Гуломов, С.Р.Бойдедаев, М.Г.Дадамирзаев, Х.О.Кучкоров. Потенциал тўсиқли яримўтказгич пардаларда фотомагнит эффект. //Тез. док. Межд. конф. «Фото-, тензо- и термо- электрические явления в полупроводниковых пленках». Фергана, 1999, 17-19 декабря, С.15.
11. Г.Гулямов, Г.Дадамирзаев, С.Р.Бойдедаев, М.Г.Дадамирзаев. Кучли компенсацияланган яримўтказгич пардаларнинг тензокаршилиги. //Тез. док. Межд. конф. «Фото-, тензо- и термо- электрические явления в полупроводниковых пленках». Фергана, 1999, 17-19 декабря, С.19.

А Н Н О Т А Ц И Я

Диссертационной работы Дадамирзаева М.Г. на тему
«Влияние сильного сверхвысокочастотного поля на рекомбинационные токи р-n-перехода».

Работа посвящена исследованию механизмов возникновения токов и электродвижущих сил в р-n-переходах при воздействии сильных сверхвысокочастотных (СВЧ) электромагнитных полей.

Показано, что постоянные токи и электродвижущие силы (ЭДС) возникающие в p-n-переходах, помехенных в сильное СВЧ поля обусловлены рекомбинационными токами в области объемного заряда перехода и на поверхности образца. Установлено, что искажение электромагнитного поля внутри образца приводит к увеличению рекомбинационных токов в объеме и на поверхности образца. В результате колебаний поверхностного потенциала под действием внешнего СВЧ поля сильно возрастают постоянные токи и ЭДС, генерируемые диодом. Показано, что в режиме короткого замыкания эффективная высота потенциального барьера уменьшается и в режиме холостого хода генерируются аномально большие ЭДС.

Исследованы вихревые токи в образцах с p-n-переходом помехенных в неоднородное СВЧ поле. Показано, что вихревые токи приводят к уменьшению обхего тока и ЭДС диода.

Предложен новый механизм возникновения аномально больших фотонапряжений в тонких полупроводниковых плёнках, основанный на генерации реактивного фотоэдс на свободной поверхности образца с микрорельефом.

Развита методика определения энергии и концентрации поверхностных и объемных состояний в полупроводниках с использованием приборов с зарядовой связью.

ABSTRACT

The dissertation work of M.G.Dadamirzaev on a theme. "Influence of a high microwaave field on recombination currents on p-n-junction".

The work is devoted to investigate of mechanisms of occurrence of currents and of electromotive forces (EMF) in p-n- junction, at the influence of microwaave fields.

It is shown that the constant currents of electromotive force arising in p-n- junction placed on high microwaave field are caused by recombination currents in the field of a volumetric charge of transition and on a surface of a sample. It is established, that the distortion of electromagnetic field inside the the sample results in increasing of recombination of currents in volume and on a surface of a sample. As a result of fluctuations of surface of potential under the influenced external microwaave field increase constant currents and EMF, generated by the diode. It is shown, that in a regime of short circuit effective height of a potential barrier decreases in a mode of a single course are generated anomalous great EMF.

Vortical currents in samples by p-n- junction field, placed in a non-uniform microwave field is investigated in this work. It is shown, that the vortical currents reduce currents and EMF, generated of the diode.

The new mechanism of occurrence is of anomalous of the large photovoltage in thin semi-conductor films is offered in this investigation. It is arisen by jet photoEMF in view of a microrelief of a free surface of the sample.

The method of definition energy and concentration of surface and volumetric condition is advanced by the using of charge coupled devices.