

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ФАНЛАР АКАДЕМИЯСИ
С.А.АЗИМОВ номли «ФИЗИКА-ҚУЁШ» ИИЧБ
С.В.СТАРОДУБЦЕВ номли ФИЗИКА-ТЕХНИКА ИНСТИТУТИ

Қўлёзма ҳуқуқида
УДК 621.315.592

ЗОИРОВА ЛОЛА ХАМИДОВНА

**ГАЛЛИЙ АРСЕНИДИ АСОСИДАГИ УЧ ТЎСИҚЛИ ФОТОДИОДНИНГ
ЭЛЕКТРОФИЗИК ВА СПЕКТРАЛ ХАРАКТЕРИСТИКАЛАРИ**

01.04.10 – Яримўтказгичлар физикаси

Физика-математика фанлари номзоди илмий
даражасини олиш учун ёзилган диссертация

АВТОРЕФЕРАТИ

Тошкент-2010

Диссертация иши ЎзР ФА С.А.Азимов номидаги «Физика-Қуёш» ИИЧБ С.В.Стародубцев номидаги Физика-техника институтида бажарилди.

Илмий раҳбар: физика-математика фанлари доктори, профессор
Каримов Абдулазиз Вахитович

Расмий оппонентлар: физика-математика фанлари доктори, профессор
Бахадырханов Мухаммадкабир Саидхонович
физика-математика фанлари номзоди, с.н.с.
Матчанов Нураддин Азатович

Етакчи ташкилот: Ўзбекистон Миллий университети

Диссертация химояси ЎзР ФА Физика-техника институти “Физика-Қуёш” ИИЧБсида 2010 йил «_____» _____ куни соат_____да Д.015.08.01 Ихтисослашган кенгашнинг йиғилишида бўлиб ўтади.

Манзил: 100084, Тошкент, Бодомзор йўли, 2“б” - уй
Тел: (8-10-99871)-235-12-71. Факс: (8-10-99871)-223-42-91.
E-mail: karimov@uzsci.net

Диссертация иши билан ЎзР ФА “Физика-Қуёш” ИИЧБ сининг Физика-техника институти кутубхонасида танишиш мумкин.

Автореферат 2010 йилнинг «_____» _____да тарқатилди.

Авторефератга тақризлар муҳр билан тасдиқланган икки нусхада шу манзилга Ихтисослашган Кенгаш илмий котиби номига юборилишини сўралади.

Ихтисослашган кенгаш илмий котиби в.б., т.ф.д

Турсунов М.Н.

1. ДИССЕРТАЦИЯНИНГ УМУМИЙ ТАВСИФИ

Мавзунинг долзарблиги. Оптоэлектроника ва телекоммуникация тизимлари замонавий ривожланиш босқичида жисм электронлари ва оптик нурланиш орасидаги ўзаро таъсир эффектларини ўрганиш билан боғлиқ, шунингдек, оптоэлектрон асбобларни яратиш (ишлаб чиқиш) муаммоларини қамраб олади, қайсики ушбу эффектлар маълумотларни қабул қилиш, узатиш, сақлаш ва қайд қилишда ишлатилади. Телекоммуникация тизимлари ва оптоэлектроникада қилиниши лозим бўлган масалалар - элемент базасининг миниатюризацияси, элементлар ва функцияларни бир бутун ҳолга келтириш, махсус технология ва материалларга йўналтириш. Гетероструктуралар оптоэлектроникада ниҳоятда муҳим ва истиқболли, уларда ягона структура ичида турли хил қийматли таъқиқланган соҳа кенглигига эга яримўтказгичлар контактлашади. Гетероўтишларни қўллаш ҳисобига гомоўтиш асосида олиш мумкин бўлган асбобларнинг сотуви амалга оширилади. Шундай қилиб, гомо p - n -ўтишда ўтиш соҳаси кенглигини диффузион узунликдан кичик қийматда ҳосил қилиш ёки берилган йўналишда ташувчилар инъекциясини амалга ошириш, p - n -соҳалардаги электр майдон кучланганлигини қайта тақсимлаш, фотонларнинг ютилиш коэффицентини бошқариш амалий жиҳатдан деярли мумкин эмас.

Электр майдон ва потенциалининг тақсимооти гетероўтиш учун фазовий заряд соҳасида p - n -ўтиш ҳолатидаги кабидир, аммо p - ва n -соҳалар учун турли хил қийматли диэлектрик доимийликлар (ϵ_s) билан. Электр майдон билан гетероўтишнинг фазовий заряд соҳасидаги потенциалнинг координатага функционал боғлиқлиги p - n -ўтишдаги каби чизикли ва квадратли бўлади. Диэлектрик доимийликларнинг ϵ_1 ва ϵ_2 турли хил қийматлари гетероўтишнинг металлургик чегарасида электр майдоннинг сакрашига олиб келади. Бу ҳолатда Гаусс теоремасига биноан $\epsilon_1 E_{1\max} = \epsilon_2 E_{2\max}$, яъни оптоэлектроника учун истиқболли бўлган таркибида индий мавжуд гетерокатламларда гетероўтишларни ҳосил қилувчи соҳа параметрларини ўзгартириш орқали унинг асосидаги яримўтказгичли асбобларнинг функционал хусусиятларини бошқариш мумкин. Бунда фотоқабулқилувчи гетерокатлам қалинлигининг ўзаро боғлиқлиги ҳисобидан танланган спектрал ишлаш диапазони учун максимал ютилиш соҳасига чиқиш мумкин.

Шуларни ҳисобга олиб, галлий арсениди ва унинг асосидаги гетероўтишлар ҳажмий заряд соҳасидан оқиб ўтувчи жараёнларнинг физик табиатини ўрганиш, шунингдек, тўғрилагич тўсиқларнинг турли таркибли гетерокатламга эга уч тўсиқли структуралар токли ва спектрал характеристикаларига таъсирини тадқиқ этиш долзарб ҳамда илмий ва амалий томондан зарур масаладир.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Ҳозирги пайтга қадар A^3B^5 бирикмалари асосидаги гетероструктуралар ва гетероўтишларнинг электрофизик хусусиятлари тадқиқотига бағишланган илмий ишлардан анчагина йиғилиб қолган, лекин уларда аниқ бирор гетероўтиш (масалан, $AlGaInAs$ - $GaAs$) асосидаги кетма-кет 2-3 потенциал тўсиқ уланган ҳолдаги юз берадиган электрон жараёнлар кўриб чиқилмаган. Хусусан [1,2] ишларда галлий арсениди асосидаги Шоттки тўсиқли структураларнинг электрик характеристикалари билан Pd , $Pd+Ni+W$ дан иборат

тўсиқли контакт ҳосил қилувчи материал орасидаги боғлиқлик ўрганилган ва яримўтказгичларнинг металл билан исталган ўзаро таъсири Шоттки тўсиқли асбобларнинг электрик характеристикаларидаги хатолиги учун «жавобгар»лиги кўрсатиб берилган. [2] ишда Шоттки тўсиғига ҳимоя халқасининг яратилиши *p-n*-ўтишга кетма-кет уланган *p*-тип соҳа билан металл орасида қўшимча Шоттки тўсиғи пайдо бўлишига олиб келиши кўрсатилган. Натижада сарфланган кучланишнинг катта қисми қўшимча Шоттки тўсиғида бўлади. Ишда таъкидланганидек, *GaInAs* гетероқатламга металл-яримўтказгич-металл тўғрилагич контактининг олиниши МПМ фотодиоднинг ишлаш тезлигининг пасайишига таъсир этувчи кучли (ўта) бир жинсли бўлмаган электр майдони ҳосил бўлади [3]. *nAlGaAs-pGaAs* гетероўтишларга эга 3-тўсиқли m_1 -*n-p*- m_2 -структуранинг фотоэлектрик характеристикаларини тадқиқ этиш асосида тескари уланган гетероўтиш ҳажмий зарядининг гетероқатлам квазинейтрал соҳаларини қамраб олиши 0.5-0.9 мкм кўзга кўринадиган соҳа фотосезгирлигининг ошишига олиб келади. Лекин бу ишларда гетероқатлам таркибининг ўзгариши ҳамда қўшимча равишда уланган металл-яримўтказгич потенциал тўсиқларнинг фотодиодли структура гетеро *p-n*-ўтиши босқичма-босқич амалга оширилишининг электрон жараёнларга таъсир кўрсатиш қонунияти очиб берилмаган.

Шундай қилиб, ҳозиргача маълум бўлган ишларда гетероўтиш ҳажмий заряд соҳаларида содир бўлувчи жараёнлар ва махсус қўллаш учун мўлжалланган структураларни физик-технологик жиҳатдан яратиш усуллари ҳақидаги, потенциал тўсиқлар миқдори ва турли хил таркибли гетероқатламга эга фотодиодли структуралар спектрал ва токли характеристикалари табиатини аниқлаш учун фойдали бўлган маълумотлар кўрсатилмаган

Диссертация ишининг ИТИ мавзувий режалари билан боғлиқлиги. Диссертация иши ЎзРФА «Физика-Қуёш» ИИЧБ Физика-техника институтида ГНТП №А-6-049 «Танланган фотосезгирликка эга яримўтказгичли фотоэлектрўзгартиргичларни ишлаб чиқиш технологияси» ва ФПФИ № 01-06 «Майдон эффектларининг потенциал тўсиқлардаги физик жараёнларга таъсирини тадқиқ этиш» Давлат грантлари дастури доирасида бажарилган тадқиқотлар доирасида олиб борилган. Муаллиф ушбу лойиҳаларда ижрочи сифатида бевосита иштирок этган.

Тадқиқот мақсади галлий арсениди ва унинг бирикмалари асосидаги гетероўтишнинг ҳажмий заряд соҳасида содир бўлувчи жараёнларнинг физик табиатини аниқлаш, тўғрилагич тўсиқларнинг турли хил гетероқатламга эга 3-тўсиқли структура токли ва спектрал характеристикаларига таъсирини тадқиқ этишдан иборат.

Тадқиқот масалалари. Ишни бажаришда қўйилган мақсадга эришиш учун қуйидаги масалаларни ҳал этиш зарур эди:

- ёруғлик нурланиши таъсир эттирилганда бир бутун қилиб бирлаштирилган $(Al_x Ga_{1-x})_y In_{1-y} As$ -*GaAs*-гетероўтиш ҳамда металл-яримўтказгичли тўсиққа эга галлий арсенидли диодли структураларда содир бўлувчи физик жараёнларни ўрганиш;

- кетма-кет уланган потенциал тўсиқли $p(Al_x Ga_{1-x})_y In_{1-y} As$ -*nGaAs* гетероструктуранинг спектрал сезгирлиги ва ток ташиш механизмларини аниқлаш.

Тадқиқот объекти ва предмети. Тадқиқот объектлари сифатида суяк эпитакия усули билан тайёрланган $Au-nAl_xGa_{1-x}As-pGaAs-Ag$, $Au+Zn-p(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}As-nGaAs-Au$, $Au-p(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}As-nGaAs-Ag$ -фотодиодли структуралар олинган. Тадқиқот предмети сифатида физик жараёнлар ва ток ташиш механизмлари, шунингдек, 3-тўсиқли фотодиодли структуранинг спектрал характеристикаларидан ташкил топган қонуниятларини ўрганиш танланган.

Тадқиқот методлари: вольтампер, вольт-сигим ва спектрал характеристикаларни ўлчашнинг экспериментал услублари. Тажиба ўтказиш негизида йиғилган маълумотлар асосида токли, спектрал ва сигимларни ўлчашнинг характеристик параметрларини аниқлаш услубиёти, шунингдек, олинган экспериментал маълумотларнинг таҳлили.

Тадқиқот гипотезаси 3-тўсиқли фотодиодли структура гетерокатламининг таркиби ва кетма-кет уланган потенциал тўсиқлар миқдорининг ошиши ҳисобидан спектрал характеристикасининг ўзгариш имкониятларига асосланган.

Ҳимояга олиб чиқилаётган асосий ҳолатлар мазмуни:

1. гетерокатламдаги индий миқдорини ўзгартириш асосидаги физик-технологик мезонлар бинафша, инфрақизил, шунингдек, 2 В дан 70 В гача ишчи кучланишли оптик тизимларнинг зич жойлашган диапазонли спектрлари учун фотоқабулқилгичлар яратиш имкониятини таъминлайди.
2. гетерокатламга тўғриловчи тўсиқ яратиш ҳисобидан аралашмали фототокнинг хусусий фототок устидан устунлигига эришиш, $pAlGaInAs-nGaAs$ -гетероўтишдаги ташувчилар инжекциясини йўқотиш имконини берувчи галлий арсениди асосидаги алюминий-индий таркибли гетерокатламларни олиш технологияси.
3. 3-тўсиқли $Au-pAlGaInAs-nGaAs-Ag$ -структурада ток ташиш механизмининг база соҳасидаги электронлар миқдорининг камайиши ва аралашмали катламлар иштироки билан амалга ошувчи генерацион жараёнлар, шунингдек, асосий бўлмаган ташувчиларнинг берк барьерларнинг ҳажмий заряд соҳаларига генерацияси билан тушунтирилади.
4. кетма-кет уланган потенциал тўсиқлардаги гетероўтиш ўзгариши ва гетерокатлам таркибига бевосита алоқадор спектрал характеристикаларнинг ўзгариш динамикаси.

Ишнинг илмий янгилиги:

1. илк маротаба $pAlGaInAs-nGaAs$ -гетероўтиш асосидаги уч тўсиқли структуралар ишлаб чиқилди ва тўғриловчи тўсиқларнинг спектрал диапазони узун тўлқинли соҳага қараб кенгайишидаги роли аниқланди.
2. илк маротаба турли вазифа учун мўлжалланган гетерокатламдаги индий миқдорининг ўзгартирилишига асосланган 3-тўсиқли фотодиодли $Au-pAlGaInAs-nGaAs:O-Ag$ -структураларни тайёрлаш қонун-қоидалари таклиф этилди.
3. $Au-pAl_{0.08}Ga_{0.82}In_{0.1}As-nGaAs-Ag$ -структура гетерокатлам томонидан ёритилганда фототокнинг юқори қийматлари ҳосил бўлади, фототашувчилар бўлиниш соҳасининг кичик қийматли жойлашиши ва ҳажмий заряд соҳаси қалинлигига пропорционал равишда фототок ошиб борганда, берк ўтишларнинг ҳажмий заряд қатлами томонидан гетерокатлам квазинейтрал қисмининг навбатма-навбат торайиши билан тушунтирилади.

4. металл-яримўтказгич чегарасининг яхшиланиши ва термоэлектрон механизмининг генерационга алмашиниши билан тушунтирилувчи, фотодиодли структурада гетерокатлам қалинлигининг ўлчамлари диффузион узунликдан икки барабар миқдоргача ортиши гетероўтиш тескари токига нисбатан металл-яримўтказгичли ўтиш тескари токининг кичик қийматларига олиб келиши мумкинлиги экспериментал равишда кўрсатиб берилган.

Ишнинг илмий ва амалий аҳамияти. Диссертация хулосалари ва натижалари физик дунёқарашларнинг ҳажмий заряд соҳасида оқиб ўтувчи жараёнларнинг металл-яримўтказгич ўтишли бир ва икки асосли гетероўтишга эга структураларнинг майдон ва оптик таъсирларига хизмат қилади. Ушбу натижалар асосида оптик сигналлар қайта ишланиши ва қабул қилиниши учун истиқболли бўлган инфрақизил ва кўзга кўринадиган спектр соҳаларида $p(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{As-nGaAs}$ гетероўтиш асосидаги фотодиодли структуранинг спектрал сезгирлигини бошқариш имконияти таклиф этилган. Олинган натижаларнинг амалий аҳамияти шундан иборатки, таклиф қилинаётган тавсиялар телекоммуникация тизимлари ва оптоэлектроник фотоқабулқилувчи асбоблар кучайтириш оқимининг қирувчи параметрлари билан фотоқабулқилгичнинг чиқувчи параметрларининг ўзаро мутаносиблик жараёнини осонлаштиради.

Иш натижаларининг амалиётга қўлланилиши. Олинган натижалар ЎЗР ФА илмий ишлаб чиқариш бирлашмалари ва бошқа асбобсозлик ташкилотларида оптик сигналларни қабул қилувчи ва узатувчи фотоқабулқилгич асбобларни ишлаб чиқариш учун асос бўлиб хизмат қилади.

Ишнинг апробацияси: диссертация ишининг асосий натижалари қуйидаги Республика ва халқаро илмий-амалий конференциялар ва семинарларида маъруза қилинган: «Ломоносов-2006» (Москва, 2006); «Современные информационные и электронные технологии (СИЭТ)» (Одесса, 2006); «Оптическая и беспроводная связь» (Ташкент, 2006); «Радиационно-термические эффекты и процессы в неорганических материалах» (Томск, 2006); «Неравновесные процессы в полупроводниках и в полупроводниковых структурах» (Ташкент, 2007); «Ломоносов-2007» (Москва, 2007); «Фундаментальные и прикладные проблемы современной физики» (Ташкент, 2007); «Современные информационные и электронные технологии (СИЭТ)» (Одесса, 2008); «Ломоносов-2008» (Москва, 2008) ҳамда яримўтказгич йўналишидаги лабораториялар семинарларида ва ЎЗР ФА «Физика-Қуёш» илмий ишлаб чиқариш бирлашмаси Физика-техника институтидаги Ихтисослашган кенгашнинг бирлашган семинарида маъруза қилинган.

Чоп этилган мақолалар: ишнинг асосий натижалари бўйича 14 та илмий иш чоп этилган: шулардан: 5 та мақола илмий журналларда (улардан 3 таси чет элда) ҳамда 9 та илмий-амалий анжуманлар тўпламида тезис-маърузалар. Илмий ишлар рўйхати автореферат охирида келтирилган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми: диссертация кириш қисми, тўртта боб, хулосадан иборат. Иш 117 саҳифада баён қилинган бўлиб, 59 та расм, 8 та жадвал, 103 манбани ўз ичига олган фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан ташкил топган.

2. ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида мавзунинг ва муаммонинг долзарблиги асослаб берилган, ишнинг мақсади ва қўйилган вазифалар, натижалар янгилиги ва амалий аҳамияти ёритиб берилган, ҳимояга олиб чиқилувчи асосий ҳолатлар келтириб ўтилган.

Биринчи бобда функционал вазифасига боғлиқ ҳолда гетероўтишлар ташкил топган жараёнларининг таҳлили бўйича адабиётлардаги маълумотлар шарҳи келтирилган. Шу пайтгача маълум бўлган ишларда яримўтказгичли асбобнинг вазифасига қараб асосий эътибор ютилиш коэффиценти ва ташувчиларнинг йиғилиш коэффиценти, шунингдек, ёруғликнинг оптик нурланишини ўтказиш коэффицентларининг танланишига қаратилган. *p-n*-ўтишли яримўтказгичли асбоблар ҳолатида унинг параметрларини бошқариш имконияти чекланган. Қўйилган мақсадга эришишнинг йўллари - яримўтказгичли асбобларнинг функционал имкониятларини кенгайтириш бўйича ҳозиргача маълум ишларда турли усуллар билан амалга ошириб келинмоқда. Ж.И.Алфёров мактабида гетероўтишларни қўллаш ҳисобидан фотодиодлар, лазерлар, светодиодлар, эффектив яримўтказгичли қуёш элементларини яратиш бўйича кенг миқёсдаги ишлар амалга оширилмоқда [5]. С.В.Аверин, Ушаковлар гуруҳи томонидан лойиҳавий ўзгаришлар киритиш йўли билан фототок кучайишининг эффектлари ва ток ташиш механизмлари ўрганилувчи металл-яримўтказгич-металл, металл-яримўтказгич ўтиши асосидаги фотодиодли структуралар яратилмоқда [3]. Металл-яримўтказгич ҳамда яримўтказгичли *p-n*-ўтишни яхлит ҳолга келтириш ҳисобига А.В.Каримов гуруҳи томонидан ишчи кучланиш орқали база соҳасининг ўзгариш жараёнлари, фотодиодли, транзисторли структураларнинг қоронғиликдаги тоқларини камайтиришга бағишланган тадқиқотлар олиб борилмоқда [6]. SiGe қаттиқ қотишмалари асосидаги металл-яримўтказгич тўсиқларнинг хусусиятини ўрганиш бўйича И.Г.Атабаев гуруҳи томонидан маълум натижаларга эришилган [7].

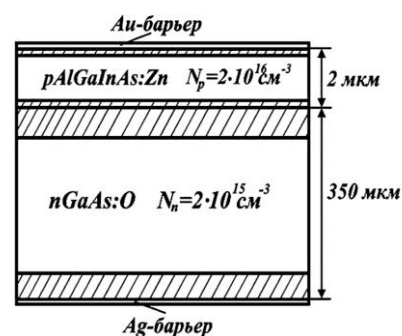
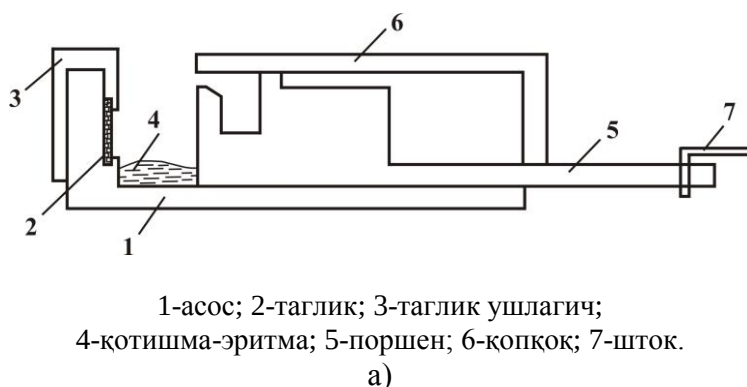
Юқорида кўрсатиб ўтилган ишлардаги натижалар шуни кўрсатадики, инжекцион кучайтиришларга асосланган фотодиодли структураларда спектрал характеристикалар база соҳасининг аралашмали сатҳи билан аниқланади. Лекин оптоэлектроника учун зарур бўлган диапазонда уларнинг спектрал соҳасини раво бошқаришнинг амалий жиҳатдан имкони йўқ. Бундан ташқари, инжекцион фотодиодларда қоронғиликдаги тоқларнинг талаб этилган кичик қийматлари уларни хона ҳароратидан кичик ҳароратларда ишлатиш (қўллаш) ҳисобига ҳосил бўлади. Бунда 3-тўсиқли m_1 -*p-n*- m_2 -структурада гетероқатлам таркибининг кенг соҳадан қисқа соҳага қараб ўзгариши спектрал сезгирлик соҳасининг ўзгаришига олиб келади.

Шундай қилиб, ҳозиргача маълум ишлар айна пайтда долзарб масала ҳисобланган турли таркибли гетероқатлам ва ҳар хил миқдорли потенциал тўсиқларга эга бўлган фотодиодли структураларнинг тоқли ва спектрал характеристикалари табиатини аниқлаш учун фойдали бўлган гетероўтишнинг ҳажмий заряд соҳаларида оқиб ўтувчи жараёнлар ва махсус вазифали структураларни яратиш (ишлаб чиқиш)нинг физик-технологик йўллари ҳақидаги маълумотларни камраб олмаган.

Иккинчи бобда гетероқатлам таркибининг гетероўтишнинг камбағаллашган қатламлари қалинлиги ва электр майдон қайта тақсимланишига таъсири, берк

тўсиқларнинг ток ташиш механизмига таъсири, шунингдек, 3-тўсиқли структуралар спектрал диапазонининг гетероқатлам таркибига боғлиқлиги тадқиқ этилган.

Галлий арсениди асосидаги индий ва алюминийли гетероқатлам ташкил этишнинг физик-технологик аспектларини ўрганиш асосида суяқ эпитекция усули ва махсус лойиҳали мослама танланди. Таркибида оз микдор индий мавжуд бўлган берилган ҳажмга эга қотишма-эритмали гетероқатламни ўстириш жараёни махсус графитли кассетада амалга оширилди. Унда таглик вертикал жойлаштирилган бўлиб, қотишма-эритма горизонтал ҳаракатланувчи поршен ёрдамида таглик билан контактга келтирилади (1.а-расм), яъни таглик сирти билан ишончли қотишма-эритмали контактни таъминлайди. Ушбу усулнинг афзалликлари яққол намоён, масалан, қотишма-эритманинг ўсиш жараёнини тўхтатиш учун поршен вертикал ҳолатдан дастлабки ҳолатига силжитиш орқали горизонтал ҳолатга олиб ўтилади, яъни сирт (юза) морфологиясининг бузилишига олиб келувчи қотишма-эритма излари умуман қолмайди. Айтилишича бу усул ўсиш жараёни тўхтатилиши (туғаш) билан тирқишда қотишма-эритма излари қолувчи капилляр суяқ эпитекция усулига ўхшаш бўлиб, тақлиф қилинаётган усулда эса - ҳеч қандай изларни қолдирмасдан бутунлигича (тўлалигича) сиртдан чекинади. Шуларнинг ҳаммаси дастурий совитиш тизими ёқилгандан сўнг совитиш жараёнини ҳар 1°C га тўхтатиш орқали $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_{1-y}\text{In}_y\text{As}-\text{GaAs}$ тизимида гетероўтишлар олиш имконини берди.



1-расм. Вертикал жойлаштирилган тагликка эга силжийдиган графитли кассета кесими (а) ва $\text{Au-pAl}_{0.05}\text{Ga}_{0.9}\text{In}_{0.05}\text{As-nGaAs:O-Ag}$ -структуранинг геометрик лойиҳаси (б).

Ушбу усул ёрдамида шунингдек диэлектрик сингдирувчанликларнинг гетерочегарада электр майдонларнинг тақсимланиши билан боғлиқлигини аниқлаш мақсадида алоҳида олинган индийли $(\text{In}+\text{GaAs})$ қотишма-эритмадан $p\text{In}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{As}$ гетероқатлам ўстирилди. Гетероқатлам ўзгаришининг фотоэлектрик ҳодисаларга таъсирини қиёсий таҳлил қилиш мақсадида эса [8] ишда келтирилган комбинацияланган мослама ёрдамида алоҳида олинган алюминийли $(\text{Al}+\text{GaAs})$ қотишма-эритма асосида анча кенг зонавий соҳали $n\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{As}$ гетероқатламлар ўстирилди. Кейинчалик ҳосил бўлган гетероўтишлар асосида 3-тўсиқли фотодиодли структуралар махсус тайёрланди (№90; №7ФК1И; № 17ФК5А намуналар).

№ 90-намунани тайёрлаш учун фойдаланилган гетероқатламни ташувчилар концентрацияси $N_p=2\cdot 10^{16}\text{ см}^{-3}$ бўлган $n\text{GaAs:O}$ тагликка $N_n=2\cdot 10^{15}\text{ см}^{-3}$ ли Zn билан легирланган $p(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{As}$ ни ўстириш йўли билан ҳосил қилдик. Пленка

қалинлиги $\sim 1-2$ мкм ташкил қилади. [9] ишда келтирилган услубиёт бўйича баҳоланган гетерокатламдаги индий ва алюминий улушлари унинг қатламдаги таркибига $pAl_{0.05}Ga_{0.9}In_{0.05}As$ мувофиқлигини кўрсатди. Кейин гетерокатламга қалинлиги ($70 \text{ \AA}$) олтин ва кумушни вакуумда $nGaAs:O$ орқа сиртига учуриш орқали диодли m_1 - p - n - m_2 -структурани олдик (1.б-расм), бунда металл-яримўтказгич ўтишлар $Au-p(AlGa)_{0.95}In_{0.05}As$ ва $nGaAs-Ag$ га мувофиқ $\phi_1^{m_1-p} = 0.42 \text{ эВ}$, $\phi_2^{n-m_2} = 0.88 \text{ эВ}$. Гетерокатламнинг ман этилган соҳа кенглиги, $E_g = 1.37 \text{ эВ}$. Потенциал тўсиқлар ($\phi_1^{m_1-p}$ и $\phi_2^{n-m_2}$) баландлигини [10] ишда келтирилганлар билан мос келувчи фототок квадрат илдиздан чиқадиган қийматининг фотон энергиясининг 1 та фотонга қайта тақсимланган боғлиқлиги орқали аниқладик. Структуралар юзалари сиилликлаштириш йўли билан $5 \times 5 \text{ мм}^2$ гача келтирилган.

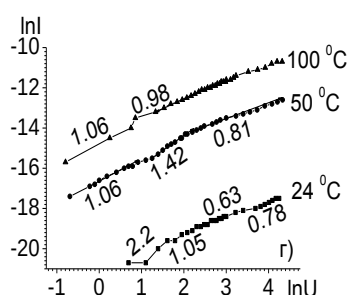
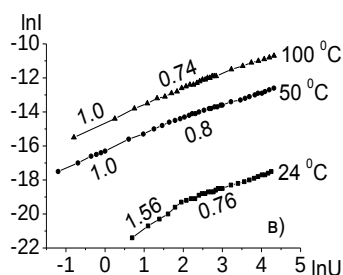
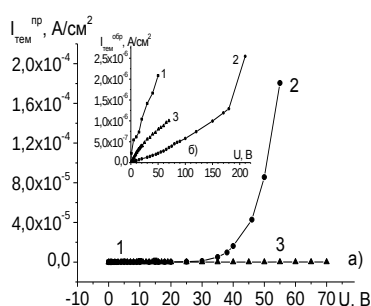
1-жадвал

Турли таркибли гетерокатламга эга 3-тўсиқли структураларнинг ҳисобланган ва паспорт маълумотлари асосидаги характеристик параметрлари.

Характеристик параметрлар	$Au-pAl_{0.08}Ga_{0.82}In_{0.1}As-nGaAs:O-Ag$	$Au-pIn_{0.05}Ga_{0.95}As-nGaAs-Au$	$Au-nAl_{0.2}Ga_{0.8}As-pGaAs-Ag$
$\phi^{m_1-p}, \text{ эВ}$	0.72	0.67	0.62
$\phi^{n-m_2}, \text{ эВ}$	0.8	0.68	0.68
$V_k^{m_1-p}, B$	0.57	0.49	0.444
$V_k^{n-m_2}, B$	0.643	0.54	0.554
V_k^{p-n}, B	1.12	1.05	1.13
$W^{m_1-p}, \text{ мкм}$	0.189	0.318	0.277
$W^{n-m_2}, \text{ мкм}$	0.881	0.572	0.474
$W^{p-n}, \text{ мкм}$	1.21	0.924	0.742
$(E_C - E_F), \text{ эВ}$	0.157	0.139	0.126
$(E_V - E_F), \text{ эВ}$	0.15	0.18	0.176
$N_p, \text{ см}^{-3}$	$2 \cdot 10^{16}$	$6 \cdot 10^{15}$	$7 \cdot 10^{15}$
$N_n, \text{ см}^{-3}$	$1 \cdot 10^{15}$	$2 \cdot 10^{15}$	$3 \cdot 10^{15}$
m_1	Au	Au	Au
m_2	Ag	Au	Ag
$E_g^{\text{гетерослой}}, \text{ эВ}$	1.38	1.37	1.67
$E_g^{GaAs}, \text{ эВ}$	1.43	1.43	1.43
ε^{GaAs}	11	11	11
$\varepsilon^{\text{гетерослой}}$	11.05	11.2	10.9

Тадқиқ этилаётган 3-тўсиқли фотодиодли структуралар маълум бўлган анъанавий диодли структуралардан ташувчилар инжекцияси билан тушунтирилувчи қисмларининг йўқлиги ҳамда иккала йўналишда ҳам кетма-кет уланган берк тўсиқлар ҳисобига генерацион жараёнларнинг пайдо бўлиши билан фарқланади. Берк тўсиқларнинг хусусиятлари билан бевосита алоқадор бўлган гетерокатлам таркибининг фарқи гетероўтишнинг тўғри иш режимидаги токли

характеристикаларнинг турли хил силжишларига олиб келади, гетероўтишнинг тескари иш режимида эса кучланишларнинг кенг диапазонида (токнинг шиддатли ўсиш қисмини ҳисобга олмаган ҳолатда) 2.а,б-расмда кўрсатилганидек, кичик қийматларга эга бўла туриб, тоқлар айнан бир хил хусусият бўйича ўзгаради. Ушбу ўзаро алоқадорлик таҳлили ва ВАХларнинг ҳароратга боғлиқлиги тадқиқотларидан $pAl_{0.05}Ga_{0.9}In_{0.05}As$ гетерокатламга эга 3-тўсиқли структуралар учун ток ташиш механизми белгиланди, 2.в,г-расмлар. Гетероўтишнинг тўғри йўналишдаги иш режимида кучланишнинг кичик қийматларидан бошлаб ҳажмий заряд соҳасида генерацион тоқлар билан алмашинувчи термоэлектрон эмиссия билан тушунтирилувчи тоқлар пайдо бўлади. Гетероўтишнинг тескари иш режимида дастлаб металл-яримўтказгич ўтишлари орқали акцептор сатҳларнинг электронлар томонидан эгаллаб олиниши ҳисобидан ток ўсишининг секинлашуви билан алмашинувчи термоэлектрон эмиссияга эга бўламиз. Кейинчалик ҳароратнинг ортиши ташувчиларнинг металл-яримўтказгич тўсиқлар орқали термоэлектрон эмиссияга олиб келади.



Ток зичлигининг тўғри (а) ва тескари (б) йўналишдаги кучланишларга боғлиқлиги:

1- $Au-pGa_{0.95}In_{0.05}As-nGaAs-Au$;

2- $Au-nAl_{0.2}Ga_{0.8}As-pGaAs-Ag$;

3- $Au-pAl_{0.08}Ga_{0.82}In_{0.1}As-nGaAs-O-Ag$

$Au-pAl_{0.08}Ga_{0.82}In_{0.1}As-nGaAs-O-Ag$ -структура гетероўтишининг тўғри (в) ва тескари (г) йўналишларидаги иккиланган логарифмик масштабда олинган токнинг кучланишга боғлиқлиги

2-расм. Галлий арсениди ва унинг бирикмалари асосидаги уч тўсиқли фотодиоднинг вольтампер характеристикалари.

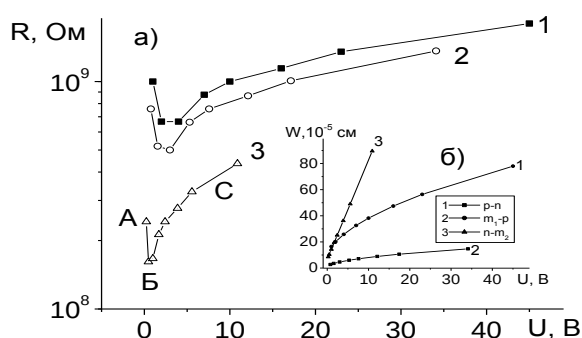
2-жадвалда кўрсатилганидек, уланиш режимида боғлиқ равишда бу структуранинг ҳар бир тўсиғидаги кучланишлар тақсимланишига қараб баҳоланган характеристик параметрлари ва алоҳида олинган ўтишдаги ток ташиш таҳлили умумий $Au-pAl_{0.05}Ga_{0.9}In_{0.05}As-nGaAs-O-Ag$ -структура учун чиқарилган хулосалар билан қониқарли равишдаги ҳамжиҳатликда топилган.

2-жадвал

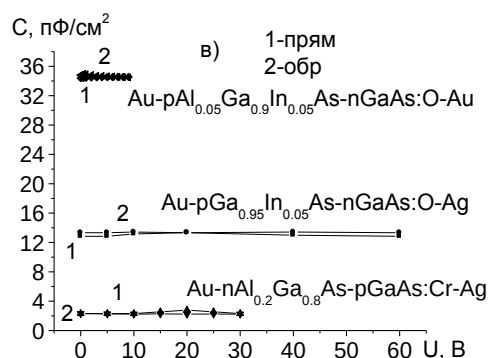
Қаршилиқнинг кузатилган кучланишга боғлиқлиги
(токнинг кучланишга боғлиқлиги $I \sim U^n$)

$U_{общ}, B$	$(+) m_1-p-n-m_2 (-)$				$(-) m_1-p-n-m_2 (+)$	
	$U_{обр}^{m_1-p}, B$	$\gamma_{обр}^{m_1-p}$	$U_{обр}^{n-m_2}, B$	$\gamma_{обр}^{n-m_2}$	$U_{обр}^{p-n}, B$	$\gamma_{обр}^{p-n}$
0 ÷ 2	0 ÷ 0.76	1.53	0 ÷ 0.24	1.6	0 ÷ 1	1.6
2 ÷ 5	0.76 ÷ 1.6	1.11	0.24 ÷ 0.48	0.95	1 ÷ 2	0.97
10 ÷ 70	3 ÷ 34	0.58	1 ÷ 10.89	0.6	4 ÷ 45	0.6

Тажрибавий ҳамда ҳисоб-китоб асосидаги маълумотларга биноан ишчи кучланишнинг исталган йўналишида ташувчилар инжекцияси йўқлигини тасдиқловчи қаршиликларнинг тушувчи кучланишларга боғлиқлиги баҳоланди, акс ҳолда қаршиликнинг кучланишга боғлиқ равишда камайишига эга бўлардик, 3,а-расм. Берк тўсиқларнинг ҳажмий заряд қатламига қалинлигининг ўсиш жараёнининг чекланиши ўрнатилди (3,б-расм), ишчи кучланишнинг исталган кутбланишида 3-тўсиқли структура сиғими катталикларининг ўзгармаслиги билан тушунтирилади (3,в-расм). Бунда таркибида индий мавжуд бўлган структураларга қараганда $nAl_{0.1}Ga_{0.9}As$ гетероқатлам асосидаги 3-тўсиқли структурада диэлектрик сингдирувчанликнинг паст қийматлари ҳисобига кичик қийматли сиғимлар ҳосил бўлади. Ушбу диодли структуралар сиғимининг ўзгармаслиги, [9] иш муаллифлари кўрсатганидек, берк тўсиқларда кучли майдон соҳасининг пайдо бўлиши билан боғлиқ.



$Au-pAl_{0.08}Ga_{0.82}In_{0.1}As-nGaAs:O-Ag$ -структура ҳар бир ўтишидаги кучланишнинг қаршиликка (а) ва ҳажмий заряд қатлами қалинлигига (б) боғлиқлиги

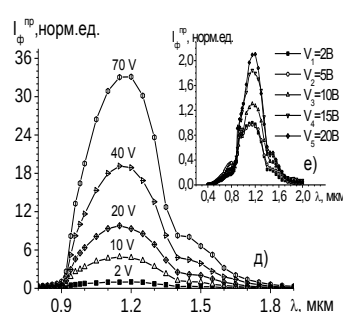


в) Уч тўсиқли структураларда солиштирма сиғимнинг уланиш режимида боғлиқлиги

3-расм. Иккала уланиш режимида турли таркибли гетероқатламга эга 3-тўсиқли структураларнинг қоронғиликдаги характеристикалари.

3-тўсиқли структураларнинг гетероқатлам таркиби ва тушувчи кучланишларга боғлиқлигини ифодаловчи спектрал характеристикаларни тадқиқ қилиш асосида спектрал диапазоннинг бинафшадан инфрақизилгача бўлган соҳаларини бошқариш имконияти кўрсатилди. 3-тўсиқли $Au-nAl_{0.2}Ga_{0.8}As-pGaAs:Cr-Ag$ -структурада гетероқатлам томонидан ёритилганда тескари кучланишга боғлиқ фототоклар қисқа тўлқинли спектр соҳасида ошиб боради, бу хусусий ютилиш соҳасида фототашувчилар бўлиниш эффективлиги юқори бўлган гетероўтишнинг оз микдордаги жойлашиши ва металл-гетероқатлам ўтишининг ҳажмий заряд соҳасидаги фототашувчилар бўлиниши ҳодисаси билан тушунтирилади. Бунда шунингдек, узун тўлқинли нурланиш чуқур сингиши хромнинг аралашмали сатҳида ташувчилар кўзғалиши кузатилади, 4.а,б-расм. Таркибида индий мавжуд 3-тўсиқли структураларда $Au-pIn_{0.05}Ga_{0.95}As-nGaAs:O-Au$ -гетероқатлам ёритилганда қисқа тўлқинли соҳадаги сезгирлик устунлиги намоён бўлади, шу билан бир вақтда гетероўтишнинг тескари режимида фототок спектрнинг аралашмали соҳасида юқори қийматларга эга бўлади, 4.в,г-расм. Фотодиодли $Au-pAl_{0.05}Ga_{0.9}In_{0.05}As-$

Спектрал характеристикадарни тадқиқ қилиш таҳлилидан гетероўтишга кетма-кет уланган тўсиқлар ва гетерокатлам таркибининг ўзгариши уланиш режимидан қатъий назар гетерокатлам ўзгаришининг чуқурлигини бошқаришга олиб келади. Бунда гетероўтиш ҳамда кўзгалувчи тўсиқ ҳажмий заряд соҳасидан электрон-тешикли жуфтликларнинг, шунингдек, аралашмали сатҳлар ва база соҳасидан электронларнинг генерацияси амалга оширилади. Шунини инобатга олиб, $Au-pAl_{0.05}Ga_{0.9}In_{0.05}As-nGaAs:O-Ag$ -структура спектрал характеристикасининг кўриниши ёритилаётган сирт алмаштирилганда қандай бўлса, ишчи кучланиш кутбланиши хусусийдан аралашмали кўзгалувчиларнинг устунлиги кузатилади. 3-тўсиқли $Au-nAl_{0.2}Ga_{0.8}As-pGaAs:Cr-Ag$ -структурада эса спектрнинг фақат қисқа тўлқинли соҳасидаги фотосезгирликни бошқаришга олиб келувчи гетерокатламдаги эффектив ўзгариши ($pGaAs:Cr$) таглик солиштира қаршилигининг кичик қиймати ҳисобидан амалга оширилади. Гетерокатлам томонидан ёритилганда ишлаш режимига боғлиқ равишда 3-тўсиқли $Au-pIn_{0.05}Ga_{0.95}As-nGaAs:O-Au$ -структурада навбатма-навбат гетерокатлам ва ўзгарувчи тагликдан фототашувчилар генерацияси амалга ошади.

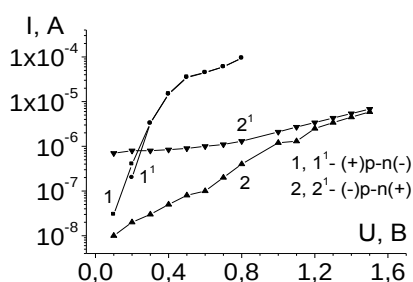


Au-pAl_{0.05}Ga_{0.9}In_{0.05}As-nGaAs:O-Ag
гетерокатлам (д) ва таглик (е)
томонидан ёритилганда

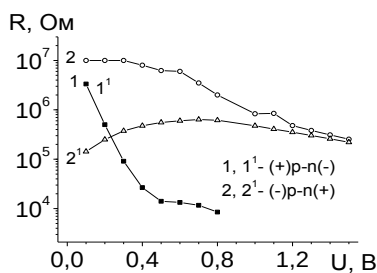
Турли хил ишлаш вазифасига мўлжалланган фотодиодли структуралар қиёсий таҳлилини ўтказиш мақсадида биз танлаган гетероқатлам таркиби бўйича вазияти асосланган. Яқин-яқингача қуйидаги йўналиш йиғилганки, спектрнинг қисқа

диапазонига мўлжалланган фотоэлектрик асбоблар учун алюминий таркибли гетерокатламга алоҳида эътибор қаратилган, узун тўлқинли спектр учун эса таркибида индий мавжуд галлий арсенидди гетерокатламдан фойдаланилади. Аммо физикавий нуқтаи-назардан олиб қараганда, $(Al_x Ga_{1-x})_{1-y} In_y As$ асосидаги гетерокатламга мурожаат қилиш ҳосил бўлувчи гетерокатламларнинг оптико-электроник параметрларини бошқариш бўйича катта эркинлик даражасини бериши мумкин эди. Бундан ташқари, агар индий галлий арсениди билан гетерочегарадаги механик кучланишлар ортишига олиб келса, алюминий - бу кучланишларни компенсациялайди. Диэлектрик сингдирувчанликлар билан берилган ҳар бир гетероўтиш соҳасидаги электр майдон кучланганликларини аниқловчи потенциал тақсимланишига келсак, индий ва алюминий миқдорини ўзгартириш асосида катта фарққа эга бўлиш ёки гомоўтишдаги каби муносабатни ҳосил қилиш мумкин. Шундай қилиб, галлий арсенидидаги галлийнинг алюминий билан тўлиқ эгалланишида диэлектрик сингдирувчанликнинг қиймати 11 дан 10.1 гача камаяди. Галлийнинг индий билан тўла алмашинуви ҳолатида эса диэлектрик сингдирувчанликнинг 11 дан 14.6 гача ортишига эга бўламиз. Айнан шу аспектлар талаб даражасидаги эътиборсиз қолади, шунинг учун фотодиодли структураларда гетерокатлам сифатида биз томондан $(Al_x Ga_{1-x})_{1-y} In_y As$ танлаб олинганди. Ҳосил бўлган $pAl_{0.05}Ga_{0.9}In_{0.05}As$ гетерокатламлар асосида $nGaAs:O$ тагликларда 1-тўсиқли (намуна № 90/1) ва 2-тўсиқли (намуна № 90/2) фотодиодли структуралар ишлаб чиқилди.

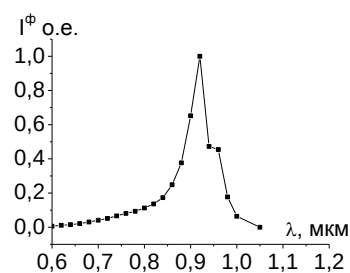
Бир $pAl_{0.05}Ga_{0.9}In_{0.05}As-nGaAs:O$, икки $pAl_{0.05}Ga_{0.9}In_{0.05}As-nGaAs:O-Au$ ва уч тўсиқли фотодиодли $Au-pAl_{0.05}Ga_{0.9}In_{0.05}As-nGaAs:O-Ag$ -структураларнинг электрофизик ва фотоэлектрик характеристикаларининг қиёсий таҳлилидан биринчидан, омик контактли гетероўтишнинг фототашувчилар бўлиниши кузатиладиган гетерочегарада кучли майдон соҳасининг тўпланиши ва кучланиш ортиши билан генерацион тоқлар фотосезгирликни пасайтирган ҳолда ортиб боради. Бунда структура қаршилиги кучланишга боғлиқ равишда камаяди, гетерокатлам томонидан ёритиш эса хусусий ютилиш соҳасидагина фототок максимумининг ҳосил бўлишига олиб келади, 5-расм.



а) вольтампер характеристика



б) қаршилиқнинг кучланишга боғлиқлиги

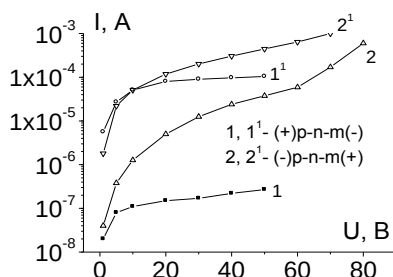


в) спектрал характеристика

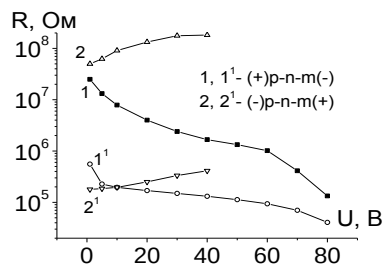
5-расм. $pAl_{0.05}Ga_{0.9}In_{0.05}As-nGaAs:O$ гетероўтиш асосидаги диодли структураларнинг қоронғилик ва ёруғликдаги характеристикалари.

Иккинчидан, таглик томонидан тўғриловчи тўсиқнинг ҳосил қилиниши инъекцион тоқларни камайитиришга ва бу структураларнинг функционал имкониятларини кенгайтиришга имкон яратади. Улар икки томонлама сезгирликка

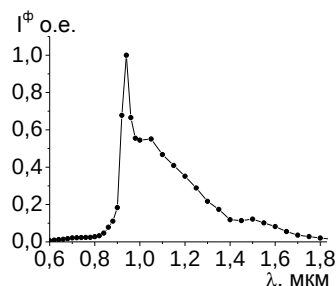
ва исталган иш режимида ишлаш қобилиятига эга эканлигини ҳисобга олиб, структуранинг қаршилиги юқори қийматларга эга бўлган ҳолда ташувчилар инжекцияси ҳисобидан тўғри иш режимида камаяди, тескари йўналишда эса генерацион жараёнлар ҳисобидан ортади. Гетерокатлам томонидан ёритилганда сезгирлик база соҳасининг кислород аралашмали сатҳлари билан ўзгариши ҳисобидан кенг диапазонда вужудга келади, таглик томонидан ёритилганда эса ҳажмий заряд соҳасидаги ташувчиларнинг бевосита генерацияси ҳисобидан аралашмали соҳадаги фототок устунлик қилади, 6-расм. Бу ҳолатда берилган структура гетероўтишнинг тўғри режимдаги йўналишида инжекцион фотодиодлар каби, гетероўтишнинг тескари режимида эса майдонли (полевой) фотодиод каби ишлайди.



а) вольтампер характеристика



б) қаршилиқнинг кучланишга боғлиқлиги



в) спектрал характеристика

6-расм. Икки тўсиқли фотодиодли $pAl_{0.05}Ga_{0.9}In_{0.05}As-nGaAs:O-Au$ структураларнинг электрофизик характеристикалари.

Учинчидан, гетероўтишнинг иккала сирт юзасига потенциал тўсиқларнинг ташкил қилиниши гетероўтишнинг тўғри ва тескари иш режимида ташувчилар инжекциясини инкор этиб, уни икки асосли структурага айлантиради. Бунда коронғиликдаги тоқлар икки тартибга кескин камаяди, қаршилиқлар қиймати эса ортади ва бутун кучланишлар диапазонидаги юқори қийматлар сақланади. Структуранинг гетерокатлам томонидан кўзғалиши ҳолатида потенциал тўсиқ заряд соҳасининг фототашувчилари бевосита кўзғалиши ҳисобидан ҳосил бўлувчи аралашмали спектр соҳасидаги максимал фототок билан биргаликда спектрнинг хусусий дефектлари билан тушунтирилувчи [11] 0.7 дан 1.7 мкм гача бўлган диапазонни қамраб олади, 7-расм. Берилган 3-тўсиқли фотодиодли структура иккала уланиш режимида ҳам зичлашган спектрал диапазонда майдонли (полевой) фотодиод каби ишлайди.

3-жадвалда келтирилганидек, 3-тўсиқли структура сиғимининг кичик қийматлари ҳар бир ўтиш сиғимларининг кетма-кет уланганлиги билан тушунтирилиши экспериментал равишда кўрсатиб берилди. Ушбу структураларнинг зонавий диаграммаларини тадқиқ қилиш асосида тўсиқлар миқдорига боғлиқ равишда асос соҳалари ҳамда ҳажмий заряд соҳасидаги генерацион жараёнлар белгиланди. 1-тўсиқли структурада ташувчилар фотогенерацияси гетеротўсиқ ҳажмий заряд соҳасидан амалга оширилади, таглик томондан ёритилганда эса ёруғлик ҳажмий заряд соҳасигача етиб бормайди, 8.а-расм. 2-тўсиқли структурада гетерокатлам ёритилганда ташувчилар генерацияси гетерокатламдаги каби, гетероўтишнинг ҳажмий заряд соҳасидан, шунингдек, база ($nGaAs:O$) соҳасининг квазинейтрал соҳасидан амалга оширилади. Фототоклар

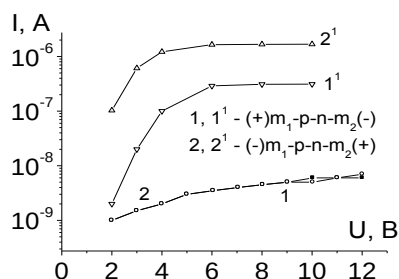
хусусий соҳадаги каби, аралашмали спектр соҳасида ҳам ҳосил бўлади. Таглик томонидан ёритилганда қоронғиликдаги генерацияланган тоқларга тўсиқнинг ҳажмий заряд соҳасида ҳосил бўлувчи электрон-тешиқ жуфтликлари ва ўзгарувчи базанинг квазинейтрал соҳасидан кўзгалувчи электронлар кўшилади, 8,б-расм. 3-тўсиқли икки базали структура гетероқатлам томонидан ёритилганда, шунингдек, гетероўтиш ва потенциал тўсиқ ҳажмий заряд қатлами билан ажратилувчи аралашмали сатҳлардаги электрон-тешиқ жуфтликлари ҳисобидан фототоклар ҳосил қилади. Таглик томонидан ёритилганда ташувчилар генерацияси потенциал тўсиқ ҳажмий заряд соҳасидан ва квазинейтрал соҳада жойлашган кислороднинг аралашмали сатҳларидан амалга ошади, қоронғиликдаги тоқларга фототоклар кўшилади, 8.в-расм.

Диссертация ишининг **тўртинчи боби** алюминий ва индий аралашмаларининг турли микдордаги $p(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_{1-y}\text{In}_y\text{As}-n\text{GaAs:O}$ гетероўтишлар тайёрлашнинг физик-технологик аспекти, турли қийматли кучланишда олинган спектрал характеристикаларнинг ҳароратга асосланган тадқиқотлари, ҳамда оптик тизимларнинг зичлашган спектрал диапазондаги фототокнинг ўзини тутиши таҳлилига бағишланган.

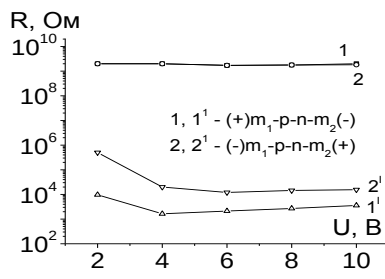
3-жадвал

Тўсиқлар микдорига боғлиқ равишда $p\text{Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.9}\text{In}_{0.05}\text{As}-n\text{GaAs:O}$ гетероўтишнинг вольт-сиғим характеристикаларининг экспериментал маълумотлари.

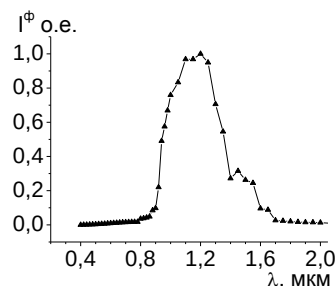
$p\text{Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.9}\text{In}_{0.05}\text{As} - n\text{GaAs:O}$				$p\text{Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.9}\text{In}_{0.05}\text{As} - n\text{GaAs:O-Au}$				$\text{Au-Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.9}\text{In}_{0.05}\text{As} - n\text{GaAs:O-Ag}$			
(+) p-n (-)		(-) p-n (+)		(+) p-n-m (-)		(-) p-n-m (+)		(+)m-p-n-m(-)		(-)m-p-n-m(+)	
U, В	C, пФ	U, В	C, пФ	U, В	C, пФ	U, В	C, пФ	U, В	C, пФ	U, В	C, пФ
0	60	0	60	0	11.9	0	11.49	0	8.6	0	8.7
0.057	60	0.055	60	0.1	11.93	0.4	11.39	1	8.61	0.5	8.74
0.5	60	0.5	60	0.5	12.3	1.0	11.22	4	8.63	2	8.7
0.6	60	0.6	60	1.0	12.16	1.6	10.96	7	8.637	4	8.67
0.7	60	0.7	60	2.0	12.18	2.0	10.8	9	8.639	6	8.65
				3.0	12.18	6.0	9.76			8	8.63
						10.0	8.8			10	8.61
						20.0	8.55				



а) вольтампер характеристика

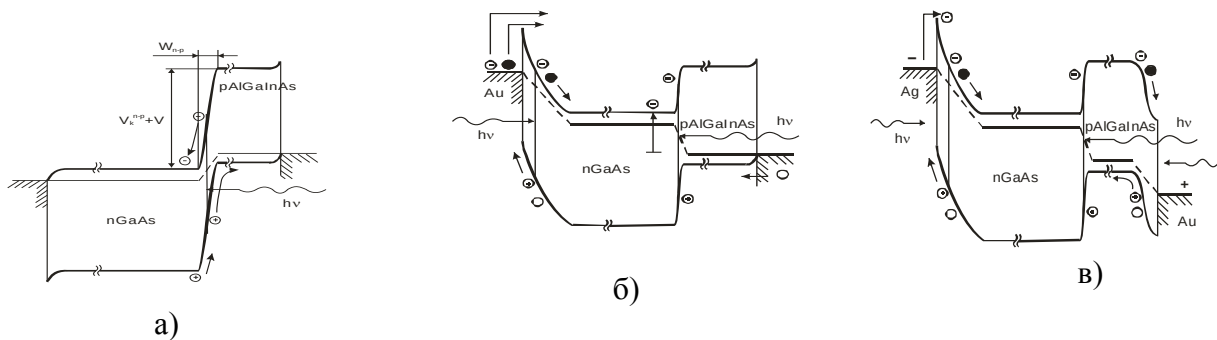


б) қаршилиқнинг кучланишга боғлиқлиги



в) спектрал характеристика

7-расм. Уч тўсиқли фотодиодли $\text{Au-p Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.9}\text{In}_{0.05}\text{As}-n\text{GaAs:O-Ag}$ -структуранинг фотоэлектрик характеристикалари.



8-расм. Тўсиқлар миқдорига боғлиқ равишда $pAl_{0.05}Ga_{0.9}In_{0.05}As-nGaAs:O$ гетероўтиш асосидаги фотодиодли структуралар берк ўтишларининг ҳажмий заряд соҳасидаги фотогенерацион жараёнлар.

$p(Al_xGa_{1-x})_{1-y}In_yAs$ гетерокатлам ҳосил қилишнинг физик-технологик аспектларини ўрганиш асосида 4-жадвалда таркиблари келтирилган турли миқдордаги алюминий ва индий аралашмали фотодиодли структураларнинг технологик жиҳатдан тайёрланиши ишлаб чиқилди (намуна №97 - $pAl_{0.07}Ga_{0.85}In_{0.08}As-nGaAs:O-Au$; намуна № 100 - $pAl_{0.08}Ga_{0.82}In_{0.1}As-nGaAs:O-Au$). Бу ерда таъкидлаш керакки, индий миқдорининг ортиб бориши билан гетерокатламлар ўстирилган мослама (графитли кассета) гетерокатлам сиртининг сифатини сақлаб қолиш мақсадида [8] ишда келтирилган бошқа мосламага алмаштирилди.

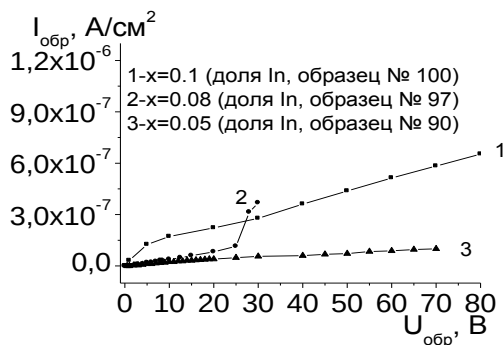
4-жадвал

Алюминий ва индийнинг қаттиқ ва суюқ фазадаги рентгенофазади тадқиқотлар натижалари

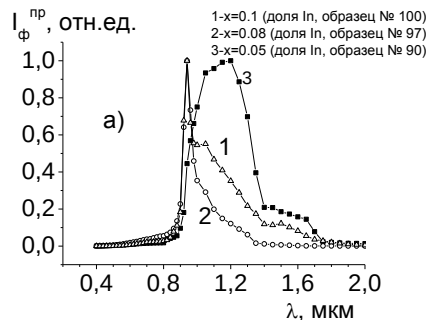
Al (x) нинг қаттиқ фазадаги таркиби	0.05	0.07	0.08
(1-x)GaAl нинг қаттиқ фазадаги таркиби	0.9	0.85	0.82
Суюқ фазадаги Al массаси, мг/г	1/2.5	1.6/2.5	2/2.5
(y)In нинг қаттиқ фазадаги таркиби	0.05	0.08	0.1
(1-y)GaIn нинг қаттиқ фазадаги таркиби	0.95	0.92	0.9
Суюқ фазадаги In массаси, мг/г	5/2.5	36/2.5	41/2.5

Бундан ташқари, тўғриловчи контактлар олиш жараёнларига таъсир этувчи шартлар аниқланди. Экспериментал жиҳатдан индий таркибининг таъсир зичлиги қоронғиликдаги тоқларнинг тескари кучланишга боғлиқлигини тадқиқ қилиш асосида $p(Al_xGa_{1-x})_{1-y}In_yAs-nGaAs:O$ -гетероўтишнинг фақат берк режимида пайқаш мумкинлиги кўрсатиб берилган. Шундай қилиб, гетероўтишнинг тўғри йўналишида бу боғлиқлик индий мавжуд бўлмаган база ($nGaAs:O-Ag$) соҳаси орқали оқиб ўтувчи тоқдан далолат беради, 9.а-расм. Уланиш режимида қатъий назар ёруғликда олинган характеристикалар тадқиқоти асосида индий таркибининг

спектрал диапазонга таъсирини гетерокатлам томонидан кўзғалиш ҳолатидагина пайқаш мумкин, 9.б-расм.



а) қоронғиликдаги ток зичлигининг тескари кучланишга боғлиқлиги

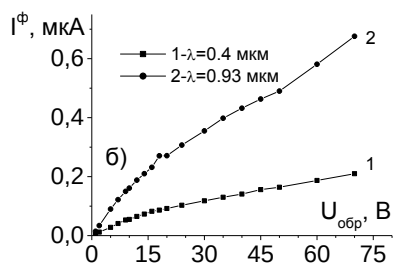


б) спектрал характеристика

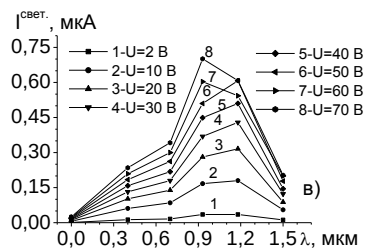
1-Al_{0.08}Ga_{0.82}In_{0.1}As; 2-Al_{0.07}Ga_{0.85}In_{0.08}As; 3-Al_{0.05}Ga_{0.9}In_{0.05}As

9-расм. Гетерокатлам таркибидаги индий миқдорининг боғлиқлигига асосланган фотодиодли $p(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_{1-y}\text{In}_y\text{As-nGaAs:O}$ -структуранинг қоронғилик ва ёруғликда олинган характеристикалари.

Ушбу натижалар таҳлилидан қалинлиги диффузион узунликка тенг бўлган гетерокатлам томонидан гетероўтиш ёритилганда кислород сатҳларидаги ташувчилар кўзғалиши билан тушунтирилувчи аралашмали соҳа қамраб олинган хусусий ютилиш соҳасида максимал фототок ҳосил қилиши белгиланди, 9,б-расм. Гетерокатлам қалинлигининг икки мартага ошиши p - n -ўтишнинг жойлашиш чуқурлигининг ортиши ҳисобидан аралашмали фототокнинг камайишига олиб келади. Индийнинг кам миқдорларида гетероўтиш берк гетерокатлам томонидан ёритилиши аралашмали фототокнинг устунлигига спектрнинг узун тўлқинли соҳасидаги фототашувчилар генерациясига олиб келади. Таглик томонидан ёритилганда спектрнинг бинафша ва инфрақизил соҳаларида фототоклар кучланишга боғлиқ равишда бир хил (монотон равишда) ортиб боради, ёруғликдаги токлар ҳам ўз навбатида спектрнинг берилган диапазонларида кучланишга боғлиқ равишда ортади, 10.а,б-расм.



Гетероўтишнинг берк режимида фототокларнинг кучланишга боғлиқлиги

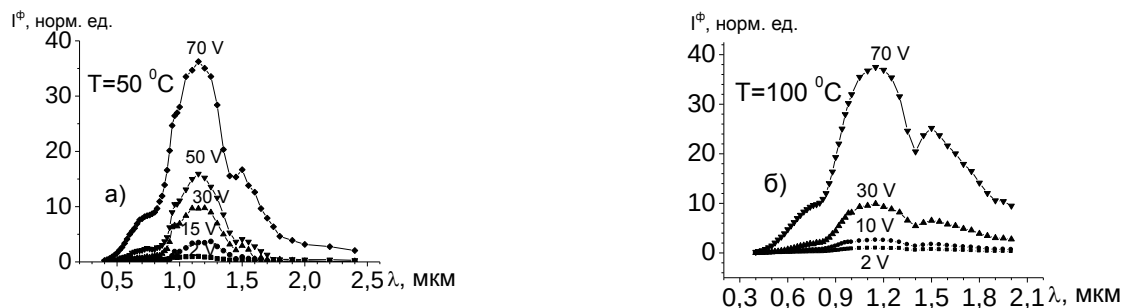


Гетероўтишнинг берк режимида ёруғликдаги токларнинг кучланишга боғлиқлиги

10-расм. Уч тўсиқли фотодиодли m_1 - $p\text{Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.9}\text{In}_{0.05}\text{As-nGaAs:O-m}_2$ -структураларнинг фотозлектрик характеристикалари.

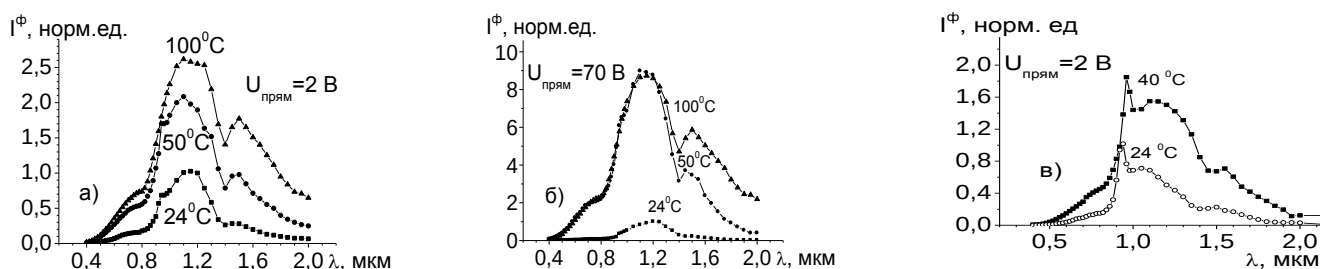
Турли қийматли кучланишларда спектрал характеристикаларнинг ҳароратга боғлиқлик тадқиқотлари асосида ҳароратнинг 50°C дан 100°C гача ортиши

кислород сатҳлари орқали юзага келувчи спектрнинг аралашмали соҳасида аниқ пайдо бўлувчи фототок билан спектрал характеристиканинг кенгайишига олиб келиши белгиланди, 11.а,б-расм. Бу каби йўналиш берилган берк қийматли кучланишларда ҳам сақланиб қолади, 12-расм. Лекин тўғри йўналишда уланган 70 вольт кучланишда 50°C даёқ хусусий дефектлар билан тушунтирилувчи фототок максимумга эришади, аралашмали соҳада эса пропорционал фототок генерацияланади.



11-расм. Таглик томонидан ёритилганда гетероўтишнинг тўғри иш режимида уч тўсикли $m_1 - \text{Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.9}\text{In}_{0.05}\text{As-nGaAs:O-m}_2$ -структуранинг спектрал характеристикаси.

Қалинлиги диффузион узунликнинг икки баравар қийматига эга гетерокатлам $p\text{Al}_{0.07}\text{Ga}_{0.85}\text{In}_{0.08}\text{As-nGaAs:O-Ag}$ -гетероўтиш томонидан ёритилганда хусусий ютилиш соҳасидаги максимал фототок билан $0.6-1.8$ мкм ли спектрнинг кенг диапазонида фототоклар генерацияланади, ҳарорат 40°C гача ортганда эса хусусий дефектлар, шунингдек, кислород аралашмаси билан боғлиқ дефектлар ҳисобидан хусусий ютилишга ва ташувчилар кўзғалишига тааллуқли учта максимум (пик) ҳосил бўлади, 12-расм.



$\text{Au-p Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.9}\text{In}_{0.05}\text{As-nGaAs:O-Ag}$

$p\text{Al}_{0.07}\text{Ga}_{0.85}\text{In}_{0.08}\text{As-nGaAs:O-Ag}$

12-расм. Подложка томонидан ёритилган уч тўсикли турли микдордаги индийли $m_1 - p(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_{1-y}\text{In}_y\text{As-nGaAs:O-m}_2$ -структуранинг спектрал характеристикаси

Шундай қилиб, кичик қийматли берк кучланишларда (2 вольт) $p(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_{1-y}\text{In}_y\text{As-nGaAs:O}$ -гетероўтишнинг ҳарорат ортиши билан 0.45 дан 2.0 мкм гача бўлган бутун спектрал диапазонида генерацияланувчи фототоклар ортади [12]. Бу ҳолат ҳароратнинг ташувчилар йиғилиши коэффициентига боғлиқлиги билан тушунтирилади.

3. ХУЛОСА

Ишнинг асосий натижалари ва хулосалар:

1. Гетероўтишли структураларда фазовий заряд соҳасида потенциал ва электр майдонларнинг тақсимланиш таҳлили ўтказилди.
2. Гетероқатлам таркибининг таъсири, тузилиши ва база соҳасидаги ташувчилар концентрациясининг гетероўтишли фотодиодли структураларнинг ушбу структуралар параметрларини бошқариш имконини берувчи фотоэлектрик характеристикаларига қараб ўзгариши кўрсатиб берилди.
3. Лойиҳавий ўзгартиришларга мутаносиб равишда киритилувчи элементлар сифати ва таркибига боғлиқ равишда $pAlGaInAs-nGaAs:O$ тизимида гетероқатламларни ташкил қилишнинг физик-технологик аспекти асослаб берилди.
4. Уч тўсикли фотодиодли $Au-p(AlGa)_{0.95}In_{0.05}As-nGaAs:O-Ag$ -структурада ток ташиш механизми аралашмали сатҳлар иштирок этувчи генерацион жараёнлар ва электронларнинг аралашмали марказлар томонидан эгалланиши ҳамда берк тўсиклар ҳажмий заряд соҳасидаги асосий бўлмаган ташувчилар генерацияси билан аниқланиши белгиланди.
5. Гетероқатламга тўғриловчи тўсикнинг қўлланилиши аралашмали фототокнинг хусусий фототокдан устунлигига олиб келувчи $pAlGaInAs-nGaAs$ гетероўтишдаги ташувчилар инжекциясини йўқотиши экспериментал равишда белгилаб берилди.
6. $pAlGaInAs-nGaAs$ гетероўтишнинг кетма-кет уланган потенциал тўсиклари ҳисобидан спектрал характеристикалар ўзгаришини бошқариш имконияти кўрсатиб берилди.
7. Илк маротаба функционал вазифасига қараб гетероқатламдаги индий микдорининг ўзгартирилиши асосида уч тўсикли фотодиодли $Au-pAlGaInAs-nGaAs-Ag$ -структураларни яратиш қонун-қоидалари тақлиф этилди.
8. Гетероўтишлар асосидаги уч тўсикли фотодиодли структураларни кўрсатиб ўтилган амалий чизмаларда қўллаш тавсия этилди.

ФОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ

1. Вяткин А.П., Максимова Н.К., Филонов Н.Г. Электрофизические свойства структур с барьером Шоттки на GaAs // Вестник Томского государственного университета. -Томск, 2005. -№ 1. С.121 –128.
2. Zettler R.A., Cowley A.M. Гибридный диод с барьером Шоттки и $p-n$ -переходом. JEEE Trans. ED., ED-16 58. 1969.
3. Аверин С.В. Импульсный отклик МПМ фотодиода с гетеробарьером // ЖТФ. – Санкт-Петербург, 2004. –Т.74. -№6. –С.51-56.
4. Karimov A.V., Karimova D.A. Three-junction Au/AlGaAs(n)-GaAs(p)/Ag photodiode/ Materials Science in Semiconductor Processing. Vol. 6, Issues 1-3, February-June 2003, P. 137-142.
5. Алферов Ж.И., Васильев М.Г., Гореленок А.Т. и др. Лавинные фотодиоды на основе гетероструктур InP/GaInAs с $p-n$ -переходом. Письма в ЖТФ, 1982, т.8, вып.12, стр.722.

6. Каримов А.В., Ёдгорова Д.М. Некоторые особенности получения фототока в одно- и многобарьерных фотодиодных структурах // ФТП. – Санкт-Петербург, 2010. -т. 44. - № 5. – С. 674-679.
7. Атабаев И.Г., Матчанов Н.А., Хажиев М.У., Пак В., Салиев Т.М. Влияние различных химических обработок поверхности на высоту барьеров Al-pSiGe, Au-nSiGe. ФТП, -Санкт-Петербург, 2010. Т.44, Вып.5. с.631-635.
8. Ёдгорова Д.М., Каримов А.В., Гиясова Ф.А., Саидова Р.А. Комбинированный способ выращивания эпитаксиальных слоев полупроводниковых соединений $A^{III}B^V$. // Технология и конструирование в электронной аппаратуре (ТКЭА). - 2007. -№3. –С.56-58.
9. Каримов А.В. Фотоэлектрическое усиление в трехбарьерной структуре // Лазерная техника и оптоэлектроника. Москва, 1993. -№3-4. –С. 83-85.
- 10.Х.Кейси, М.Паниш. Лазеры на гетероструктурах. Изд. Мир, Москва, 1981. В 2-х томах, Том 2. С.55-58.
- 11.Т.В.Безъязычная, В.М.Зеленковский, Г.И.Рябцев*, М.М.Соболев. Влияние содержания In и Al на характеристики собственных дефектов в квантовых точках на основе арсенида галлия. ФТП, 2004, том 38, вып. 2 . С.213-217.
- 12.Фотоприемники и фотопреобразователи. Сборник научных трудов. Л.Наука.1986. 290с.

4. ЧОП ЭТТИРИЛГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ

Дисертация ишининг асосий натижалари бўйича 14 та илмий иш чоп этилган. Шулардан 5 та макола илмий журналларда (улардан 3 таси чет элда) ҳамда 9 та илмий-амалий анжуманлар тўпламидаги тезис-маърузалар:

1. A.V. Karimov, D.M. Yodgorova, L.Kh. Zoirova. Determination of potential distribution of in a three-barrier structure. // Semiconductor Physics, Quantum Electronics & Optoelectronics. – Kyiv, 2006. –V.9. – № 3. –Р. 35-39.
2. Каримов А.В., Ёдгорова Д.М., Болтаева Ш.Ш., Зоирова Л.Х. Оценка перераспределения потенциала в трехбарьерной структуре // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. - Одесса, 2006. -№4. -С. 30-35.
3. Мамадалимов А.Т., Каримов А.В., Ёдгорова Д.М., Ашрапов Ф.М., Зоирова Л.Х., Бузруков У.М. Фотоприемники, чувствительные в ИК-области спектра, на основе арсенидов галлия и алюминия. // Доклады АН РУз. –Ташкент, 2007. -№3. -С. 15-17.
4. Зоирова Л.Х. Влияние электрического поля на спектральную чувствительность трехбарьерной структуры. // Узбекский физический журнал. –Ташкент, 2008. –V. 10. -№4-5. – С. 323-328.
5. Каримов А.В., Ёдгорова Д.М., Гиясова Ф.А., Зоирова Л.Х., Абдулхаев О.А., Джураев Д.Р. Исследование влияния последовательно соединенных барьеров на физические процессы, происходящие в $pAlGaInAs-nGaAs$ -гетеропереходе. // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. -Одесса, 2009. -№4. -С. 52-58.
6. Зоирова Л.Х. Влияние параметров эпитаксиальных слоев AlGaInAs на свойства перехода металл-полупроводник. // 13-Международная научная конференция «Ломоносов-2006» 12-15 апреля 2006. –Москва, 2006. 2-том. -С. 80.

7. Каримов А.В., Ёдгорова Д.М., Болтаева Ш.Ш., Зоирова Л.Х. Оценка перераспределения потенциала в трехбарьерной структуре. // Современные информационные и электронные технологии (СИЭТ) 22-26 мая 2006. –Одесса, 2006. -С.143.
8. Каримов А.В., Ёдгорова Д.М., Кудрик Я.Я., Зоирова Л.Х. Влияние высокочастотного электромагнитного излучения на ВАХ активных элементов на основе AlGaInAs/GaAs структур. // V-Международная конференция: Радиационно-термические эффекты и процессы в неорганических материалах 28 июля-августа 2006. -Томск, 2006. -Стр. 364-365.
9. Арипов Х.К., Каримов А.В., Ёдгорова Д.М., Зоирова Л.Х., Абдулхаев О.А. Optic-electrical switches on the basis of modernized multifunctional photodiode structures. // 2-Интернациональная конференция по оптической и беспроводной связи 11-16 сентября 2006. -Ташкент, 2006. -С.56.
10. Каримов А.В., Ёдгорова Д.М., Саидова Р.А., Зоирова Л.Х. Механизмы токопрохождения в гетеро m_1 -pAlGaInAs-nGaAs- m_2 -структуре. // Интернациональная конференция: Неравновесные процессы в полупроводниках и в полупроводниковых структурах 2007. –Ташкент, 2007. -С. 179-181.
11. Зоирова Л.Х. Влияние температуры в трехбарьерной m_1 -pAlGaInAs-nGaAs- m_2 -структуре. // 14-Международная научная конференция «Ломоносов-2007» 11-14 апреля 2007. -Москва, 2007. www.lomonosov-msu.ru/archive/Lomonosov_2007
12. Каримов А.В., Ёдгорова Д.М., Зоирова Л.Х. Температурные эффекты в трехбарьерной m_1 -pAlGaInAs-nGaAs- m_2 -структуре. // Республиканская конференция: Фундаментальные и прикладные проблемы современной физики 18-19 мая 2007. -Ташкент, 2007. 2-том. -С.170-171.
13. Зоирова Л.Х. Спектральные характеристики при различных полярностях арсенидгаллиевых трехбарьерных структур. // 15-Международная научная конференция «Ломоносов-2008» 8-11 апреля 2008. -Москва, 2008. www.lomonosov-msu.ru/archive/Lomonosov_2008
14. Каримов А.В., Ёдгорова Д.М., Гиясова Ф.А., Зоирова Л.Х. Исследование физических процессов, происходящих в длинной базе многобарьерных арсенидгаллиевых структур. // Международная конференция: Современные информационные и электронные технологии (СИЭТ) 19-23 мая 2008, -Одесса, 2008. 2-том. -С.129.

Физика-математика фанлари номзоди даражасига талабгор Зоирова Лола
Хамидовнанинг 01.04.10 - яримўтказгичлар физикаси ихтисослиги бўйича
“Галлий арсениди асосидаги уч тўсиқли фотодиоднинг электрофизик ва спектрал
характеристикалари” мавзусидаги диссертациясининг

РЕЗЮМЕСИ

Таянч сўзлар: фотодиод, икки тўсиқли, уч тўсиқли, гетероўтиш, база соҳаси.

Тадқиқод объектлари: суюқ эпитаксия усули билан ўстириб тайёрланган фотодиодли $Au-nAl_xGa_{1-x}As-pGaAs-Ag$, $Au+Zn-p(Al_xGa_{1-x})_{1-y}In_yAs-nGaAs-Au$, $Au-p(Al_xGa_{1-x})_{1-y}In_yAs-nGaAs-Ag$ -структуралар,

Ишнинг мақсади: тўғрилагич тўсиқларнинг турли хил гетерокатламга эга 3-тўсиқли структуранинг токли ва спектрал характеристикаларга таъсирини тадқиқ этиш учун галлий арсениди ва унинг бирикмалари асосидаги гетероўтишнинг ҳажмий заряд соҳасида содир бўлувчи жараёнларнинг физик табиатини аниқлашдан иборат.

Тадқиқод методлари: вольтампер, вольт-сигим ва спектрал характеристикаларни ўлчашнинг экспериментал услублари, олинган экспериментал маълумотларнинг таҳлили.

Олинган натижалар ва уларнинг янгилиги: илк маротаба $pAlGaInAs-nGaAs$ гетероўтиш асосидаги кўп тўсиқли структуралар ишлаб чиқилди ва тўғрилагич тўсиқларнинг спектрал диапозони узун тўлқинли соҳага қараб кенгайишига роли аниқланди, илк маротаба турли вазифа учун мўлжалланган гетерокатламдаги индий миқдорининг ўзгаришига асосланган 3-тўсиқли фотодиодли $Au-pAlGaInAs-nGaAs:O-Ag$ -структураларни тайёрлаш конун-қоидалари таклиф этилди. $Au-pAl_{0.08}Ga_{0.82}In_{0.1}As-nGaAs-Ag$ -структура гетерокатлам томонидан ёритилганда фототокнинг юқори қийматлари ҳосил бўлади, фототашувчилар бўлиниш соҳасининг кичик жойлашиши ва ҳажмий заряд соҳаси қалинлигига пропорционал равишда фототок ошиб борганда, берк ўтишларнинг ҳажмий заряд қатлами томонидан гетерокатлам квазинейтрал қисмининг навбатма-навбат торайиши билан тушунтирилади. Металл-яримўтказгич чегарасининг яхшиланиши ва термоэлектрон механизмининг генерационга алмашиниши, фотодиодли структурада гетерокатлам қалинлигининг ўлчамлари диффузион узунликдан икки барабар миқдоргача ортиши олиб келиши мумкинлиги экспериментал равишда кўрсатиб берилган.

Амалий аҳамияти: таклиф қилинаётган тавсиялар телекоммуникация тизимлари ва оптоэлектроник фотоқабулқилувчи асбобларнинг поғонали кучайтирилиш қирувчи параметрлари билан фотоқабулқилгичнинг чиқувчи параметрларининг ўзаро мутаносиблик жараёнини осонлаштиради.

Татбиқ этиш даражаси ва иқтисодий самарадорлиги: олинган натижалар ЎЗР ФА илмий ишлаб чиқариш бирлашмалари ва бошқа асбобсозлик ташкилотларида фотоқабулқилгичли мосламаларни ишлаб чиқариш учун асос бўлиб хизмат қилади.

Қўлланилиш соҳаси: ахборотни қабул қилиш ва узатиш ҳамда телекоммуникация тизимларида, микро ва оптоэлектроникада электрон қурилмаларни технология ва лойиҳалашда ишлатилади.

РЕЗЮМЕ

диссертации Зоировой Лолы Хамидовны на тему: “Электрофизические и спектральные характеристики трехбарьерного фотодиода на основе арсенида галлия” на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.10 – Физика полупроводников.

Ключевые слова: фотодиод, двухбарьерный, трехбарьерный, гетеропереход, базовая область, модуляция базы, гетерограница.

Объекты исследования: фотодиодные $\text{Au-nAl}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As-pGaAs-Ag}$, $\text{Au+Zn-p}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_{1-y}\text{In}_y\text{As-nGaAs-Au}$, $\text{Au-p}(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_{1-y}\text{In}_y\text{As-nGaAs-Ag}$ -структуры, изготовленные методом жидкостной эпитаксии.

Цель работы: установление механизмов определяющих физические процессы, протекающие в областях объемного заряда гетероперехода на основе арсенида галлия и его соединений, а также изучение влияния выпрямляющих барьеров на токовые и спектральные характеристики трехбарьерной структуры с различным составом гетерослоя.

Методы исследования: экспериментальные методы снятия вольт-амперных, вольт-емкостных и спектральных характеристик, методики определения характеристических параметров на основе экспериментальных данных.

Полученные результаты и их новизна: впервые разработаны одно и многобарьерные структуры на основе гетероперехода $p\text{AlGaInAs-nGaAs}$ и установлена роль выпрямляющих барьеров в расширении спектрального диапазона в длинноволновую область. Впервые предложены принципы создания трехбарьерных фотодиодных $\text{Au-pAlGaInAs-nGaAs:O-Ag}$ -структур, основанные на варьировании количества индия в гетерослое для различного назначения. Установлено, что при возбуждении $\text{Au-pAl}_{0.08}\text{Ga}_{0.82}\text{In}_{0.1}\text{As-nGaAs-Ag}$ -структуры со стороны гетерослоя создаются высокие значения фототока, обусловленные мелким залеганием области разделения фотоносителей и поочередным сжатием квазинейтральной части гетерослоя слоем объемного заряда запираемых переходов. Экспериментально показано, что в фотодиодной структуре увеличение толщины гетерослоя до размеров в два раза больших диффузионной длины может привести к низким значениям обратного тока перехода металл-полупроводник по сравнению с обратным током гетероперехода, что объясняется улучшением границы металл-полупроводник и сменой термоэлектронного механизма генерационным.

Практическая значимость: предлагаемые в диссертационной работе рекомендации упрощают процесс согласования выходных параметров фотоприемника с входными параметрами усилительного каскада фотоприемных устройств оптоэлектроники и систем телекоммуникации.

Степень внедрения и экономическая эффективность: полученные результаты являются основой для разработки фотоприемных устройств для приема и передачи оптического сигнала в научно-производственных объединениях АН РУз и других приборостроительных организациях.

Область применения: технология и конструирование электронной аппаратуры для микро и оптоэлектроники, а также телекоммуникационных систем, средств передачи и приема информации.

RESUME

Thesis of Zoirova Lola Khamidovna on a theme: " The electrophysical and spectral characteristics of the three-barrier photodiode on a basis of arsenide gallium " on competition of a scientific degree of the candidate of physical-mathematical sciences on a speciality 01.04.10 - Physics of semiconductors.

Key words: the photodiode, two-barrier, three-barrier, heterojunction, base area, modulation of base.

Subject of research: the photodiode $Au-nAlGaAs-pGaAs-Ag$, $Au+Zn-p(AlGa)InAs-nGaAs-Au$, $Au-p(AlGa)InAs-nGaAs-Ag$ -structures, made by a method liquid of epitaxy.

Purpose of work: establishment of a physical nature of processes proceeding in the field of a volumetric charge heterojunction on a basis of arsenide gallium and its connections, and also research of influence of straightening barriers on amper`s and spectral characteristics of three-barrier structure with various structure heterowide.

Methods of research: experimental methods of removal volt-ampere`s, volt - capacitor and spectral characteristics, technique of definition of characteristic parameters on the basis of experimental data.

The results obtained and their novelty:

1. For the first time are developed multibarrier structures on a basis heterojunction $pAlGaInAs-nGaAs$ and the role of straightening barriers in expansion of a spectral range in area is established.

2. Principles of creation three-barrier photodiode $Au-pAlGaInAs-nGaAs:O-Ag$ -structures, quantities,(amounts,) based on a variation, Indium in heterowide for various purpose (appointment) for the first time are offered.

3. Is established, that at excitation $Au-pAl_{0.08}Ga_{0.82}In_{0.1}As-nGaAs-Ag$ -structure`s from the party heterослoя the high meanings (importance) of a photocurrent caused fine of area of division of photocarriers and serial compression cuasineytral of a part heterowide by a layer of a volumetric charge of locked transitions are created.

4. Is experimentally shown, that in photodiode to structure the increase of thickness heterowide up to the sizes twice large diffusion of length can result in low meanings (importance) of a return current of transition the metal - semiconductor in comparison with a return current heterojunction, that the metal - semiconductor and change of the thermionic mechanism generation is explained by improvement of border.

Practical value: offered in dissertation to job of the recommendation simplify process of the coordination of target parameters of the photoreceiver with entrance parameters of the intensifying cascade photocurrent of devices optoelectronics and systems of telecommunication.

Degree of embed and economic effectivity: the received results are a basis for development photocurrent of devices for reception and transfer of an optical signal in research-and-production associations Academican sciences of the Republic of Uzbekistan and other instrument-making organizations.

Field of application: technology and designing of the electronic equipment for micro and optoelectrnics, and also telecommunication systems, means of transfer and reception of the information.