

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС
ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ**

ГУЛИСТОН ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ

ФИЗИКА КАФЕДРАСИ

**Иманқулов Нурбекнинг 5140200-“Физика” таълим
йўналиши бўйича бакалавр даражасини олиш учун
«Арсенид галлий тагликка ўстирилган
(GaAs)_{1-x}(ZnSe)_x қаттиқ қотишманинг электрофизик
хоссаларига гамма нурланишнинг таъсири» мавзусидаги
битирув малакавий иши**

**Илмий раҳбар:
кат.ўқ.Гаймназаров Қ.**

ГУЛИСТОН – 2019

Мундарижа

Кириш.....	3
I-БОБ. ЯРИМ ЎТКАЗГИЧЛИ МОДДАЛАРНИ ЭПИТАКСИАЛ ЎСТИРИШ УСУЛЛАРИ	
1. §. Эпитаксиал ўстиришнинг асосий усуллари.....	6
2. §. Юпка яримўтказгич қатламларини суюқ фазали эпитаксия усулида ўстириш.....	9
3. §. Суюқ фазали эпитаксия усулида олинган қатламларнинг сифатига таъсир қилувчи асосий омиллар.....	14
4. §. Эпитаксиал усулда кремний ўстириш.....	15
II-БОБ. ЯРИМЎТКАЗГИЧЛИ (GaAS)_{1-x}(ZnSe)_x СТРУКТУРАСИНИНГ ОЛИНИШИ	
1 §.Эпитаксиал усулда мураккаб тизимли яримўтказгичли қатламларни ўстириш.....	19
2 §. (GaAS) _{1-x} (ZnSe) _x қаттиқ қоришмасини суюқ фазали эпитаксия усулида ўстириш технологик қурилмаси.....	21
3 §. (GaAS) _{1-x} (ZnSe) _x эпитаксиал қатламларни ўстириш.....	24
III Боб. СУЮҚ ФАЗАДАН ЎСТИРИЛГАН (GaAS)_{1-x}(ZnSe)_x ГЕТЕРОСТРУКТУРАСИНИНГ ХОССАЛАРИНИ ЎРГАНИШ	
1. §. (GaAS) _{1-x} (ZnSe) _x структуранинг 5K ҳароратда олинган фотолуминесценцияси.....	27
2. §. (GaAS) _{1-x} (ZnSe) _x структурасининг эпитаксиал қатламида компоненталарнинг тақсимланиши.....	30
3. §. (GaAS) _{1-x} (ZnSe) _x структуранинг спектрал фотосезгирлигининг хона ва азот температурларидаги хоссаси.....	32
4. §. (GaAS) _{1-x} (ZnSe) _x фотоэлектрик хоссасига γ-нурланишининг таъсири.....	35
ХУЛОСА.....	38
Фойдаланилган адабиётлар рўйхати	39

Кириш

Мавзунинг долзарблиги. O‘zbekiston Prezidenti Shavkat Mirziyoev 2017 yil 7 fevral kungi farmoni bilan 2017–2021 yillarda O‘zbekistonni rivojlantirishning beshta ustuvor yo‘nalishi bo‘yicha harakatlar strategiyasini tasdiqladi. 2017–2021 yillarda O‘zbekistonni rivojlantirishning beshta ustuvor yo‘nalishi bo‘yicha harakatlar strategiyasi loyihasi dolzarb hamda aholi va tadbirkorlarni tashvishga solayotgan masalalarni kompleks o‘rganish, qonunchilik, huquqni muhofaza qilish amaliyoti va xorijiy tajribani tahlil qilish yakunlari bo‘yicha ishlab chiqildi. Harakatlar strategiyasi besh bosqichda amalga oshirilib, ularning har biri bo‘yicha yil nomlanishidan kelib chiqqan holda alohida bir yillik davlat dasturini tasdiqlashni nazarda tutadi.

Strategiyaning I, V bobi “Ijtimoiy sohani rivojlantirishning ustuvor yo‘nalishlari” deb nomlangan bo‘lib, unda ta’lim va fan sohasini rivojlantirish (4.4) va yoshlarga oid davlat siyosatini takomillashtirish (4.5) masalalariga alohida e’tibor qaratilgan. Jumladan, kasb-hunar kollejlari o‘quvchilarini bozor iqtisodiyoti va ish beruvchilarning ehtiyojlariga javob beradigan mutaxassisliklar bo‘yicha tayyorlash, ta’lim va o‘qitish sifatini baholashning xalqaro standartlarini joriy etish asosida oliy ta’lim muassasalari faoliyatining sifati hamda samaradorligini oshirish, yosh avlodning ijodiy va intellektual salohiyatini qo‘llab-quvvatlash hamda amalga oshirish, bolalar va yoshlar o‘rtasida sog‘lom turmush tarzini shakllantirish, ularni jismoniy tarbiya va sportga keng jalb etish kabi masalalarni ustuvor masalalar sifatida ta’kidlangan.

O‘zbekiston Prezidenti Shavkat Mirziyoev 2017 yil 7 fevral kungi farmoni bilan 2017–2021 yillarda O‘zbekistonni rivojlantirishning beshta ustuvor yo‘nalishi bo‘yicha harakatlar strategiyasini tasdiqladi. 2017–2021 yillarda O‘zbekistonni rivojlantirishning beshta ustuvor yo‘nalishi bo‘yicha harakatlar strategiyasi loyihasi dolzarb hamda aholi va tadbirkorlarni tashvishga solayotgan masalalarni kompleks o‘rganish, qonunchilik, huquqni muhofaza qilish amaliyoti va xorijiy tajribani tahlil qilish yakunlari bo‘yicha ishlab chiqildi. Harakatlar

strategiyasi besh bosqichda amalga oshirilib, ularning har biri bo'yicha yil nomlanishidan kelib chiqqan holda alohida bir yillik davlat dasturini tasdiqlashni nazarda tutadi. Xususan, 2017 yil - Xalq bilan muloqot va inson manfaatlarini yili deb e'lon qilindi¹.

Strategiyaning I, V bobi "Ijtimoiy sohani rivojlantirishning ustuvor yo'nalishlari" deb nomlangan bo'lib, unda ta'lim va fan sohasini rivojlantirish (4.4) va yoshlarga oid davlat siyosatini takomillashtirish (4.5) masalalariga alohida e'tibor qaratilgan. Jumladan, kasb-hunar kollejlari o'quvchilarini bozor iqtisodiyoti va ish beruvchilarning ehtiyojlariga javob beradigan mutaxassisliklar bo'yicha tayyorlash, ta'lim va o'qitish sifatini baholashning xalqaro standartlarini joriy etish asosida oliy ta'lim muassasalari faoliyatining sifati hamda samaradorligini oshirish, yosh avlodning ijodiy va intellektual salohiyatini qo'llab-quvvatlash hamda amalga oshirish, bolalar va yoshlar o'rtasida sog'lom turmush tarzini shakllantirish, ularni jismoniy tarbiya va sportga keng jalb etish kabi masalalarni ustuvor masalalar sifatida ta'kidlangan.

Микро ва наноэлектроника, яримўтказгичли асбобларни ишлаб чиқаришнинг юқори суръатлар билан ривожланиши мукамал тузилишга эга бўлган материаллар олишнинг ўта аниқ технологияларини яратиш, кўпқатламли структуралардаги ток ташувчиларнинг генерация ва рекомбинация жараёнларини ва шу жараёнларга ташқи омилларнинг таъсир механизмларини аниқлашни вазифа қилиб қўймоқда. Олинган тажриба натижалари ва уларга назарий ёндошувлар таҳлили шуни кўрсатмоқдаки, монокристалл моддалар учун ушбу муаммонинг ечими ишлаб чиқарувчилар талабларини қониқтирарли даражада ҳал этилмаган.

$(\text{GaAs})_{1-x}(\text{ZnSe})_x$ қаттиқ қоришмаларининг хоссаларини тадқиқ этиш, арсенид галлий кристалл панжараси тугунларида изовалент таркиб – ZnSe молекулаларининг мавжудлиги ушбу материал ва у асосидаги структураларда юз берувчи генерация-рекомбинация жараёнларини ташқи

таъсирлар – ҳарорат ва гамма радиация орқали бошқаришга қулай шароит яратиши сабабли тадқиқотчилар эътиборини жалб қилмоқда.

Яримўтказгичли қаттиқ қоришмалар $(\text{GaAs})_{1-x}(\text{ZnSe})_x$ таъқиқланган зонасининг “х” катталиққа боғлиқ равишда ўзгариши ва шу билан боғлиқ фотовольтаик жараёнлар қонуниятларини аниқлаш ушбу материал асосида яратиладиган оптоэлектрон қурилмаларнинг функционал имкониятларини кенгайтиришга имкон беради.

Юқоридагиларни эътиборга олсак, зарурий параметрларга эга бўлган $(\text{GaAs})_{1-x}(\text{ZnSe})_x$ қаттиқ қоришмаларини ўстириш технологияларини ишлаб чиқиш, уларнинг электрофизик ва фотоэлектрик хусусиятларини ўрганиш ва ушбу жараёнларга ташқи омилларнинг таъсирини аниқлаш яримўтказгичлар физикаси ва техникаси ривожланишининг бугунги босқичида долзарб масалаларидан бири ҳисобланади.

Икки ва кўп таркибли мураккаб яримўтказгич материаллар ўстириш технологиясини ва физик хусусиятларини ўрганиш бўйича жаҳон олимлари томонидан илмий марказларда ўтказилган тадқиқотлар ушбу материалларнинг истиқболлилигини кўрсатмоқда. Хориж ва мамлакатимиз лабораторияларидаги тадқиқот натижаларида ушбу материалларнинг муайян таркиб ва қоришмалар билан бойитиш ёрдамида, уларнинг эксплуатацион ва функционал имкониятларини кенг миқёсда бошқариш мумкинлиги аниқланди [1-2]. Яна шуни таъкидлаш керакки, тадқиқотларда асосан уларнинг оптик [3-5], термодинамик [6-8] ва структуравий [9-10] хусусиятларига катта эътибор берилган.

Кўп таркибли яримўтказгич материаллар ва структураларда юз берувчи физик жараёнларни ойдинлаштиришда уларда кузатилаётган эффектларнинг ягона ва ишончли физик механизмини яратиш бу материаллардан амалий фойдаланиш учун замин яратади.

Шу сабабли янги экспериментал натижалар ва уларнинг назарий моделлари кўрсатилган тажрибалар ушбу муаммони ечишда муҳим ҳисса бўлиши мумкин.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. $(\text{GaAS})_{1-x}(\text{ZnSe})_x$ қаттиқ қоришмалари арсенид галлий тагликларига ўстирилган бўлиб, уларнинг структураси рентген микрозонди ва рентген дифракцияси асосида текширилган, $(\text{GaAS})_{1-x}(\text{ZnSe})_x$ структурасининг фотолюминесценцияси ҳамда фотосезгирлик оралиги ва буларга гамма радиациянинг, температуранинг таъсири ўрганилган.

БМИнинг мақсади. Ушбу БМИ да яримўтказгичлик хоссасига эга бўлган янги типдаги моддани ўстириш технологиясини ва унинг тузилиши, электрофизик хоссаларини ўрганиш **мақсад** қилиб қўйилган. Бундай модда арсенид галлий монокристалидан иборат тагликда суюқ фазадан эпитаксия усули билан ўстирилган арсенид галлий цинк селен, қаттиқ қоришмаси қатламларидан иборат $(\text{GaAS})_{1-x}(\text{ZnSe})_x$.

Мавзунинг илмий янгилиги шундаки, $(\text{GaAS})_{1-x}(\text{ZnSe})_x$ қаттиқ қоришмалари ўрганилмаган. Улар асосидаги тузилмалар ҳозирги пайтда назарий, ҳам амалий жиҳатдан микро ва оптоэлектроника учун муҳим аҳамиятга эга бўлиши кўрсатиб берилмоқда.

$(\text{GaAS})_{1-x}(\text{ZnSe})_x$ қаттиқ қоришмалари чегараланган ҳажмга эга бўлган қалайли суюқ фазадан эпитаксия йўли билан ўстирилади. Шу сабабли ушбу ишда яримўтказгичли кристаллар, уларни ўстиришнинг усуллари ва технологиялари батафсил ёритиб берилади. Эпитаксиал қатламларнинг тузилиши ва унда таркибловчи моддаларнинг тақсимоли ўрганиб чиқилади. Ишнинг сўнгги қисмларида $(\text{GaAS})_{1-x}(\text{ZnSe})_x$ қаттиқ қоришмасини ўстириш технологияси ва унинг кимёвий таркибини ўрганиш усуллари баён қилинади. Шунингдек, ўстирилган қатламларнинг электрофизик хоссаларини ўрганиш бўйича ўтказилган тажрибалар натижалари таҳлил қилинади.

Малакавий битирув иши кириш, учта боб, хулоса ва фойдаланилган адабиётлар рўйхатидан иборат.

I-Боб.

ЯРИМЎТКАЗГИЧЛИ МОДДАЛАРНИ ЭПИТАКСИАЛ ЎСТИРИШ УСУЛЛАРИ

1. §. Эпитаксиал ўстиришнинг асосий усуллари.

Яримўтказгичли асбоблар ва ИМС лар тайёрлаш технологиясида яримўтказгич материалга баъзи қарама-қарши талаблар қўйилади. Масалан, импульсли диодларда тешилиш кучланишини ошириш учун яримўтказгич пластинанинг солиштирма қаршилигини ошириш керак, у эса иккинчи томондан, ёйилма оқим қаршилиги ўсишига, асбобнинг импульс хоссалари ва тезкорлигини ёмонлаштиради. Транзисторлар тайёрлаш технологиясида ҳам муаммолар мавжуд. Масалан, коллектор соҳасининг солиштирма қаршилигини катта бўлиши юқори тешилиш кучланиши олишига имкон беради, бироқ коллектор ҳажмида катта миқдордаги зарядлар тўпланишига олиб келиб, транзистор тезкорлигини камайтиради ва коллекторнинг катта кетма-кет қаршилиги транзистор қувватини чегаралаб қўяди. Худди шундай муаммолар бошқа яримўтказгичли асбоблар ва ИМС лар тайёрлашда ҳам учрайди. Эпитаксия усули яратилиши бундай муаммоларни ечишда анчагина имконият берди.

Эпитаксиал жараённинг уч гуруҳи: авто-, гетеро- ва хемоэпитаксия кўринишлари маълум.

Автоэпитаксия (гомоепитаксия)- таглик моддадан кимёвий фарқ қилмайдиган, тузилиши бўйича бир хил бўлган таглик сиртида йўналиши кристалл қатлам ўстириш жараёнидир. Бу жараёнда гомоген электрон-ковак тузилма пайдо бўлиши имкони яратилади.

Гетероэпитаксия-кристаллокимёвий ўзаро таъсир натижасида таглик модда таркибидан фарқ қиладиган модда қатламининг йўналишли ўсиши жараёнидир. **Хемоэпитаксия**- ташқи муҳитдан келувчи модда билан тагликнинг ўзаро кимёвий таъсиридан янги фаза ҳосил бўлагани ҳолда модданинг йўналиши ўсиши жараёнидир. Ҳосил бўлган хемоэпитаксиал

катлам, таркиби бўйича, таглик моддадан ва сиртга келувчи моддадан фарк қилади.

Ўсувчи қатлам ҳосил бўлишидаги физик-кимёвий ҳодисалар табиати фарқи бўйича эпитаксиянинг учта асосий технологик усуллари мавжуд:

- 1) вакуумда молекулалар оқимидан молекулар-нур эпитаксия;
- 2) газ ёки буғ-газ аралашмасида кимёвий ўзаро таъсир оқибатида юз берадиган газ фаза эпитаксия;
- 3) эритиш ёки суюқ фазадан рекристалланиш йўли билан суюқ фазада эпитаксия.

Энди қисқача бу учта усулнинг асосий хусусиятларини кўриб чиқамиз.

Молекуляр-нур эпитаксияси. Вакуумда молекуляр-нурлар оқимидан ҳосил қилинадиган эпитаксия модданинг тўғри кўчишидан содир бўлади. Модда-манба юқори вакуумда фокусланган электрон нур оқими ёрдамида молекулар заррачалар оқимини узлуксиз буғлатиб (оралик ўзаро таъсирсиз) тагликка етказиб берилади. Таглик сиртга ўтирган яримўтказгич зарралари молекулар ўзаро таъсир остида яримўтказгич кристали йўналишини аниқловчи тўғри тизимни ҳосил қилади. Эпитаксиал қатлам ўсиши сирт бўйлаб юз беради ва ўсувчи қатлам таглик тизимини қайтаради.

Молекуляр-нур эпитаксиясининг бошқа тури –бу субримация усулидир. Бу усулда тагликдан бир неча юз микрометр нарида жойлашган яримўтказгични элеткр токида қиздириш билан буғлантириб эпитаксиал қатлам ҳосил қилинади. Бу ҳолда намуна-манба суюлмайди, фақат буғланиш ва унинг тагликка кўчиши юз беради. Олинган қатлам ўта юқори солиштирма қаршиликка эга бўлади, Чунки вакуумли камерада киришмалар кам бўлади. Бироқ, бу усулнинг унумдорлиги кичик бўлганлиги учун ишла чиқаришда қўлланилмайди.

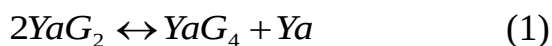
Газ фазада эпитаксия. Газ фазада яримўтказгич атомлари кимёвий бирикмалар таркибида кўчиб, кимёвий ўзаро таъсир ёрдамида ажралиб тагликка ўтиради.

Кимёвий бирикмада элементар яримўтказгичлар-германий ва кремний катнашиши мумкин. Ишлаб чиқариш шароитида эпитаксиал қатламларни олишда кимёвий усуллар анча кенг қўлланилади.

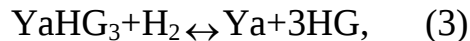
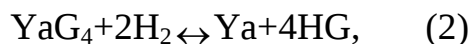
Газ фазада эпитаксиал ўсишнинг механизмларидан иккитасини кўриб ўтиш мумкин. Биринчи механизмга асосан, тагликда яримўтказгич таглик сиртида катализ диссоциация реакцияси натижасида ҳосил бўлади. Иккинчисига асосан, тагликдан юқорироқда яримўтказгич бирикмалари парчаланиши содир бўлади. Газ фазада диффузия йўли билан яримўтказгич заррачалар тагликка етиб боради.

Яримўтказгич атомларнинг ажралиб чиқиш кимёвий реакцияларни тўртта гуруҳга ажратиш мумкин:

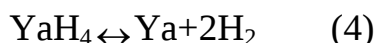
1. Галоид бирикмаларнинг диссоциацияланиши



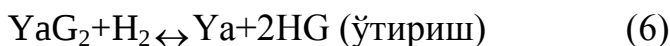
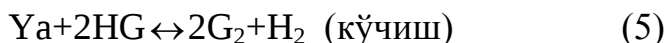
2. Галоид бирикмаларни водород билан тиклаш реакцияси



3. Қиздириш натижасида бирикмаларнинг парчаланиши-пиролиз (иссиқ сочилиш)



4. Иккита босқичда ўтувчи кимёвий кўчиш реакцияси



Бу ердаги барча реакциялар қайтравчи. Реакция қайтиши йўналиши ва ўтириш тезилиги бошланғич моддалар зичлиги ва жараён режимида боғлиқ.

Суюқ фазада эпитаксия. Суюқ фазада эпитаксия усули тўйинган яримўтказгич материал эритмасидан яримўтказгич монокристалл қатламини ўстиришдан иборат. Эритмага чўктирилган яримўтказгич таглик сиртида уни совитиш натижасида кристалланиши юз беради. Кўпчилик ҳолларда суюқ фазадан кристалланишда эритувчи сифатида яримўтказгич суюқ ҳолатида эрувчанлиги юқори бўлган металл, масалан, Al-Si ёки Au-Si тизимдан

фойдаланилади. Яримўтказгич бирикмаларининг суюқ фазада эпитаксиясини олиш учун эритувчилар сифатида осон эрувчи бирикма таркибловчилари, масалан, GaAs ва GaP учун Ga қўлланилади. Бу эса кристалланиш температураси камайишига, таглик-эритма чегарасида температура градиенти камайишига олиб келади ва ўстирилган қатлам тозалигини оширади.

2. §. Юпқа яримўтказгич қатламларини суюқ фазали эпитаксия усулида ўстириш

Кўп қатламли структураларга эга булган яримўтказгич приборларини ишлаб чиқаришда метал қотишма-қоришма воситасидаги суюқ фазали эпитаксия усули кенг кулланилади [1-3]. Бу ҳолат қуйидаги факторларга асосланади:

- газ фазали, молекуляр-нур ва бошқа эпитаксия усулларига нисбатан ишлатиладиган жиҳозларнинг соддалиги ва қулайлиги;
- яримўтказгич бирикмаларини кристалланиш температурасининг пастлиги;
- юқори легирланган, маълум электрофизик хоссаларга эга бўлган кўп қатламли гетероструктураларни олиш имконияти;
- ката юзага эга бўлган юқори сифатли p-n ўтишларни олиш имконияти.

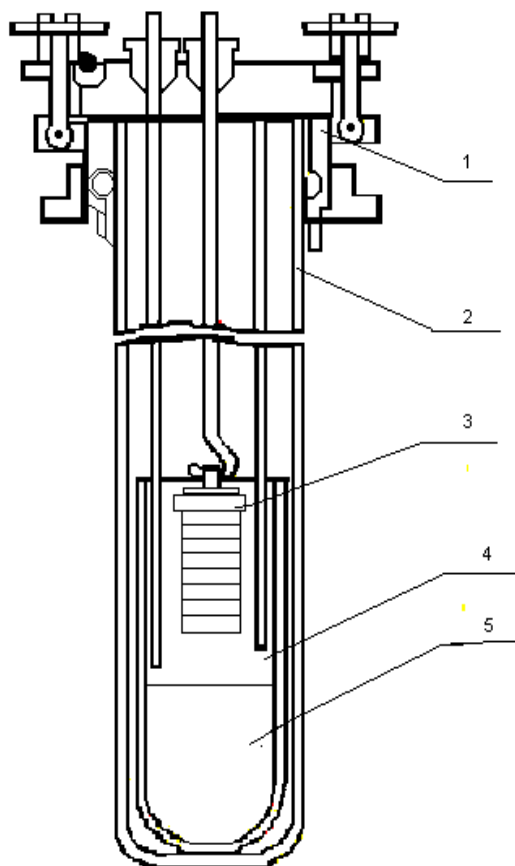
Чегараланган ҳажмли метал қоришма-қотишмадан эпитаксиал қатламларни ўстириш усули [4] ишда ёритилган. Муаллиф [5] ишда арсенид-галлий ва фосфид-галлий қатламларини капилляр пленка воситасида ўстириш усулини таклиф этган. Тагликлар бир-биридан 100 мкм масофада ўзаро параллел равишда тагликларни тутқичга ўрнатилади. Тагликлар арсенид ёки фосфидлар билан тўйинтирилган галлий томчиларига тегиб туради. Қоришма-қотишма сирт таранглик кучи таъсирида тагликлар оралигига сурилади. Тагликлар горизонтал ёки вертикал ҳолатларда жойлаштирилиши мумкин. Тагликлар оралиги қоришма-қотишма билан тўлганидан сўнг совиш натижасида икала тагликка ҳам эпитаксиал қатламлар кристалланади. [4-6] ишларнинг муаллифларини таъкидлашича бу усулда

олинган эпитаксиал қатламлар силлиқ кўзгусимон сиртга эга бўлади. Кўпқатламли структуралар тагликлар оралигидаги қоришма-қотишмани алмаштириш воситасида ҳосил қилинади [7].

Россия Фанлар академиясининг Иоффе номли Физика-техника институтида Ж.И. Алфёров илмий ходимлари билан биргаликда $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ қаттиқ қоришмалари асосидаги гетероструктураларни чегараланган ҳажмдаги қоришма-қотишмадан ўстиришни таклиф этишди [7-8]. Эпитаксиал қатлам ўстирилганидан кейин қоришма-қотишма поршен ёрдамида алмаштирилади. Текис секинланувчан кристалланиш жараёни воситасида юза қисмида кенг зонали дарча ҳосил қилинган қатламлар олинди [9]. Бунда бошланғич кристалланиш тезлиги 87 мкм/соат, тезлашган жараёнда 113,9 мкм/соат ва охириги кристалланиш тезлиги 7,3 мкм/соатга тенг бўлган. Фазавий таркибнинг градиенти 1 мол.% мкм ни ташкил этган. Эпитаксиал қатламда градиентнинг мавжудлиги инжекцияланган ток ташувчилари учун ҳаракатлантирувчи майдонни ҳосил қилади. Ўз вақтида бундай ҳолат оптоэлектрон қурилмаларини ишлаб чиқаришда р-п- ўтиш чуқурлигининг жойлашишига бўлган талабни енгиллаштиради.

1973 йилдан бошлаб Марончук И.Е. ўзининг илмий ходимлари билан бирга $\text{A}^{\text{III}}\text{B}^{\text{V}}$ яримўтказгич бирикмалари ва улар асосидаги қаттиқ қоришмаларни чегараланган ҳажмли қоришма-қотишмадан суяқ фазали эпитаксия усулида ўстириш услубини ривожлантиради. Марончук И.Е. ишларини давом эттириб ўз шогирдлари билан Масенко Б.П. ва Лисовенко В.Д. лар қаттиқ қоришмаларнинг бирқатламли, биржинсли варизон р-п- ва кўпқатламли структураларини ўстиришни ишлаб чиқариш салоҳияти юқори бўлган комплекс ишлаб чиқариш қурилмасини яратишди. Асосий эътибор самарадорлиги юқори бўлган ИҚ нурланиш манбаларини, Ганн генераторларини, видиконларни, қуёш энергиясини ўгиртгичларни ишлаб чиқариш учун яроқли бўлган $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ қаттиқ қоришмалари асосидаги структураларни олиш технологиясини ривожлантиришга қаратилди [10].

Чегараланган ҳажмли қоришма-қотишма воситасида эпитаксиал р-п-структураларни олишнинг юқори смарадорликдаги технологияси ва унинг жиҳозлари [11-14] ишларда ёритиб берилган. Эпитаксиал қатламларни ўстириш қурилмаси: реактор, иситкич, иссиқлик режимини бошқариш блоки ва газтозалагич тизимидан иборат (1-расм). Реакторнинг юқори қисми махсус қурилма воситасида герметик маҳкамланади ва у орқали тагликлар жойлаштирилган кассетани маҳкамлаб қуювчи ҳаракатчан шток, ҳамда реактор ичига кирувчи ва ундан чиқувчи газ трубалари ўтказилади. Реакторнинг тагига қоришма-қотишма солинган тигл жойлаштирилади. Реактор уч зонали иситкич ичига жойлаштирилади. Иситкич зоналарининг алоҳида иситилиши бир хил температурали (150-200 мм) профилга эга бўлган температура майдонини олиш имконини беради. Температуранинг ўзгариши бўлакли-чизиқли аппроксимация бўйича дастурланади, температуранинг камайиш тезлиги 0.1-1.2 град/мин га тенг бўлади, температурани ушлаб туриш аниқлиги эса 0.1 °С га тенг. Ўстириш жараёнидан олдин реактор 15-20 мин давомида аргон билан пуфланади, кейин эса шудринг нуқтаси – 60 °С дан паст бўлмаган палладийда тозаланган водород берилади. Тагликлар жойлаштириладиган кассета тирқишлари бўлган цилиндрик корпусдан, тагликларни ажратиб турувчи прокладка ва колцолардан иборат. Тагликлар кассетага горизонтал ҳолатида жойлаштирилади. Тагликларнинг ишчи юзалари бўйлаб колцолар шундай жойлаштириладикки, улардаги уйиқлар кассета корпусидаги уйиқларга мос келтирилади. Тагликнинг орқа қисмига қоришма тушмаслиги учун узлуксиз прокладка билан ёпилади. Тахланган тагликлар пакети винт ёки юк ёрдамида қотириб қўйилади. Кассетанинг қисмлари графит, кварц, углеродли шиша ёки азотли бордан тайёрланади. Кассетага 40-50 донагача тагликларни ўрнатиш имконияти мавжуд.



1 – расм. Чегараланган ҳажли қоришма-қотишмадан эпитаксиал р-п-структураларани олиш реакторининг схемаси:

1-юклаш қурилмаси, 2-кварц реактори,
3-кассета тагликлар билан, 4-тигел, 5-қоришма-қотишма.

Қатламларнинг сифатини ошириш ва уларни ишлаб чиқариш самарадорлигини ошириш мақсадида мукаммал қурилма ишлаб чиқилган [14]. Қурилма қиздирилувчи реактор, тагликларни ушлаб турувчи қисм, қоришма-қотишма учун контейнерлардан иборат.

Қоришма-қотишма тайёрлаш учун унинг таркибий қисмлари контейнерга жойлаштирилади, тахланган 40-50 дона тагликлар кассета билан биргаликда уларни тутиб турувчи ускунага жойлаштирилади.

Ускуни температура бўйича керакли режимга чиқиб кассета маълум вақт шу режимда ушлаб турилганидан сўнг у қоришма-қотишмага бўктирилади, натижада тагликлар оралигига қоришма-қотишма оқиб киради. Температура пасайтирилишидан олдин тагликлар билан биргаликда кассета реакторнинг юқори қисмига кўтарилади. Температуранинг дастурланган режим бўйича камайиши оқибатида эпитаксиал қатлам ўса бошлайди. Қатламни ўстириш жараёнининг тўхтатиш учун электродвигател айланма ҳаракатга келтирилади. Қоришма-қотишма марказдан қочма куч таъсирида тагликлар оралигидан чиқиб кетади ва реакторнинг деворлари бўйлаб қонейнерга оқиб тушади.

Таклиф қилинган қурилма технологик жараённинг қуйидаги параметрларининг кенг оралиқда ўзгартириш имконининг беради: кристалланишнинг бошланғич ва охириги температураси, тагликлар оралигидаги масофа, совитиш тезлиги ва қоришма-қотишманинг таркиби. Бу параметрларни бирвақтда ўзгартириб эпитаксиал қатламларнинг қалинлигини ва уларнинг сифатини бошқариш мумкин.

Пленкаларни ўстиришда уларга қўйиладиган асосий талаблар қуйидагилар: мукамал структурага эгаллиги, сиртининг силлиқ ва кўзгусимон бўлишлиги, дислокацияларнинг минимал бўлишлиги, иккинчи фаза бирикмаларининг минималлиги, пленка таркибини бошқариш имконияти, легирлаш турини ва легирлаш даражасини бошқариш, пленка қалинлигини бошқариш имкониятининг мавжудлиги.

Технологик қурилмага қўйиладиган асосий талаблар: бошқаришда қулайлиги, кам энергиялилиги, экологик тозаллиги, қоришма-қотишмани ишлатишда тежамкорлиги (кўп марталаб фойдаланишлиги), натижаларнинг такрорланиши, бирвақтнинг ўзида бирқанча яримўтказгич пленкаларини ўстириш имконияти.

3. §. Суюқ фазали эпитаксия усулида олинган қатламларнинг сифатига таъсир қилувчи асосий омиллар.

Чегараланган ҳажмли қоришма-қотишмадан суюқ фазали эпитаксия усулида ўстирилган эпитаксиал қатламларнинг структура мукамаллигига ва уларнинг электрофизик хоссаларига технологик жараённинг қуйидаги омиллари таъсир қилади: қоришма-қотишманинг совиш тезлиги - $v_{охл}$, пастки ва устки тагликлар орасидаги масофа - h , ўстиришнинг бошланғич ва охириги температуралари, қоришма-қотишманинг таркиби, таглик юзасининг ҳолати, жараёнда ишлатиладиган материаллар ва водороднинг тозалиги, технологик қурилма қисмларининг герметизацияси.

Суюқ фазали эпитаксияда ишлатиладиган металл эритувчига қўйиладиган асосий талаблар:

- ўстириладиган яримўтказгич қатламига нисбатан нейтраллиги ёки керакли даражада уни легирлаш хусусиятига эга бўлишлиги;
- берилган температурада керакли қалинликни ҳосил қилиши учун ўстириладиган қаттиқ қоришма таркибий қисмларини керакли даражада юқори эрувчанлигини таъминлаши;
- қаттиқ қоришма таркибий қисмлари буғлари босимининг пастлигини ва уларни металл эритувчидаги эриш температурасини алоҳида ўзларининг эриш температурасига нисбатан пастлигини таъминлаганлиги;
- қоришма-қотишма таркибида ёд элементлар концентрациясининг пастлиги.

A^3B^5 яримўтказгич бирикмаларини ўстиришда Менделеев Даврий жадвалининг III ёки V гuruhларнинг металл эритувчиларидан фойдаланилади. Биз тажрибаларимизда металл эритувчи вазифасида осон эрувчи қалай эритувчисидан фойдаландик.

Маълум электрофизик хоссаларга эга бўлган мукамал структурали эпитаксиал қатламларини олиш учун айниқса ишлатиладиган газ, реактор ва кассета материалларининг тозалиги муҳим рол ўйнайди. Бизнинг

тажрибаларда ишлатилган водород палладий воситасида тозаланган бўлиб шудринг нуқтаси – 70 °C га тенг.

Суюқ фазали эпитаксияда кўп ҳолларда алюминий ишлатилади, алюминий эса кварц билан таъсирлашади, шу сабабли контейнер ва кассеталар юқори сифатли графитдан тайёрланади [8, 9, 10].

Реактор, кассета ва контейнерларга ишлатилишидан олдин махсус ишлов берилади ва улар синчковлик билан олдин оддий сўнгра дистерланган сувда ювилади ва улардаги ифлослар тозаланади. Шундан сўнг жараён температурасидан 100-150 °C юқори температурада қиздирилиб тозаланади.

Тагликларни тайёрлаш ҳам муҳим рол ўйнайди. Ўстириладиган эпитаксиал қатламларнинг сифати таглик юзасининг сифатига жуда ҳам катта боғлиқ [10]. Шу сабабли ишлатилишидан олдин тагликларга махсус химиявий ишлов берилади. Технологик жараён қоришма-қотишманинг совиш тезлигини кичик қийматларида олиб борилади, чунки юқори тезликларда пленкада иккинчи фазанинг ҳосил бўлишига олиб келади.

4. §. Эпитаксиал усулда кремний ўстириш.

Эпитаксиал қатламларни кремний ва германий асосида ўстириш усуллари ичида кенг тарқалган моносоллин SiH_4 ва мономерман GeH_4 ларни тетрахлорид водородда тикланиш ва иссиқлик парчаланишидир. Кремний ва германий монокристалл қатламлари қизиган тагликлар орқали хлоридли ёки гидридли бўғли водород газини ва легирланувчи киришмалар ҳайдалиб таглик сиртида ўстирилади.

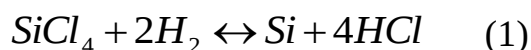
Эпитаксиал ўстириш жараёни қуйидаги амаллардан иборат:

1. реакторга пластинкаларни жойлаштириш;
2. инерт газ ва водородни реактор орқали ўтказиш (пуркаш билан);
3. пластинларни тозалаш учун пластинкаларни қиздириш ва газли едириш учун реагентларни бериш;

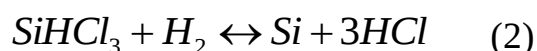
4. едиришни тўхтатиш ва ўстириш учун керак бўлган температурани таъминлаш;
5. эпитаксиал қатлам ва легирлаш учун реагентларни бериш;
6. реагентларни беришни тўхтатиш ва қисқа вақт давомида водородни хайдаш;
7. қиздириш, водород ва инерт газларни беришни тўхтатиш;
8. реакторни бўшатиш.

Ишлаб чиқаришда кремний эпитаксиал қатлами олиш кенг қўланилмоқда.

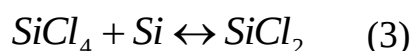
Эпитаксиал кремнийни хлоридли олиш усули. Бу усулни кенг қўлланилишига унинг етарли даражада соддалиги ва ишлатиладиган материаллар қулайлиги сабаб бўлмоқда. Кремний тетрахлорид буғлари ва водород реакторга берилиб, у ерда асосан кремнийнинг тикланиш реакцияси юз беради:



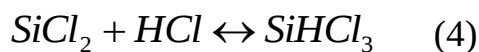
Баъзан тетрахлорид ўрнига трихлорсилан SiHCl_3 дан фойдаланиб, бу ерда реакцияда асосан тикланиш юз беради:



Ўнг ва чап йўналишда бўладиган реакция натижасида қолдиқ водород хлоридидан HCl кремний сиртидаги ифлосликлар, SiO қолдиқлари, кремний таглик сиртидан тизим бузилишларини олиб ташлашда газли едириш учун фойдаланилади. SiCl_4 тикланиш жараёни $\text{SiCl}_4 + 2\text{H}_2 \leftrightarrow \text{Si} + 4\text{HCl}$ ифодага нисбатан анча мураккаб. Оралиқ ўзаро таъсир реакцияси икки усулда рўй беришини инобатга олиш керак. Биринчи тизимга асосан, тикланиш кремний дихлорид SiCl_2 , HCl ва H_2 ларни қатнашиши реакцияси билан бирга боради:



Бу реакцияга қўшимча водородда тетрахлорид концентрацияси ошиши эпитаксиал қатлам ўсиш тезлигини камайтиришга олиб келади. Бундан ташқари қуйидаги реакция ҳам содир бўлади:



Ҳосил бўлувчи кремний водород хлорид бирикмаси водород билан соф кремний ҳосил бўлгунича тикланади.

Иккинчи схемага асосан, газ фазада SiCl_4 тикланиш қуйидаги реакциялардан бирида юз берди:



ёки



SiCl_4 қисман тикланиши тағликда атомлар кремний ҳосил бўлиши билан хлоридлар тикланиши ёки диспропорцияланиш бўйича кетади SiCl_4 .

Молекуласига нисбатан SiHCl_3 молекуласининг анча енгил сочилиши SiCl энергия боғланишига нисбатан Si-H боғланиш энергиясини кичиклиги билан аниқланади.

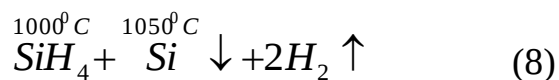
Водородда кремний тетрахлоридни кичик зичликларда (1) реакцияга асосан ўсиш тезлиги SiCl_4 зичлигига чизиқий боғланишга эгалиги кузатилади. SiCl_4 зичлиги кейинги ошиши ўсиш тезлигини камайтиради ва (3) реакция кучайиб тағлик едирилишига олиб келади. Кремнийни ўтқазишни 1150⁰-1250⁰С температуралар оралиғида водородда тетрахлорид концентрация сатҳини 0,5%-1%, газ оқим тезлигини 0,1-1 м/с ушлаган ҳолда амалга ошириш мумкин. Шу шароитда қатлам ўсиш тезлиги 1 мкм/мин га яқин. Унча юқори бўлмаган температураларда ва буғда катта миқдордаги тетрахлоридларда, аморф ёки поликристалл кремний қатлами ҳосил бўлади. Тағликда температура ошиши ва газ аралашмасида тетрахлориднинг мол камайиши қатлам зичлашишига ва кристалланишига олиб келади.

Кремний эпитаксия қатламлари олишнинг гидрид усули.

Юқоридаги эпитаксиянинг хлорид усулида таглик температураси 1200^0 га яқин. Шунинг учун юқори легирланган пластинка-тагликдан киришмаларнинг ўсаётган кучсиз легирланган эпитаксия қатлам томон диффузияланиши юз беради. Бу ҳодисани автолегирлаш дейилади. Автолегирлашда ўсаётган қатламдан тагликка тескари томонга киришмалар диффузияси рўй бериши ҳам мумкин. Автолегирлаш эпитаксиал қатламда киришмалар зичлигини, қатлам-таглик чегарасида киришмалар зичлигини ва эпитаксиал қатламда берилган зичликдаги киришма соҳаси қалинлигини ўзгартиради.

Тагликка киришмалар диффузияланишини чегаралаш учун диффузия коэффиценти кичик бўлган киришмалар, масалан, n^* -тагликларда фосфор ўрнига Sb ва As танланди.

Киришмалар диффузиясини чегаралашнинг бошқа имконияти бу жараён температурасини камайтиришдир. Кремний эпитаксиясида температурани 1000^0C гача камайтириш учун ўстириш вақтида тагликни ултрабинафша нурлари билан нурлашдан фойдаланиш мумкин. Ултрабинафша нурланиш газ фазада адсорбирлашган киришмалар таъсирини камайтиради. Бу эса, кремний таглик атомларининг сирт бўйлаб ҳаракатчанлигига таъсир қилади. Автолегирлашни анча юқори даражада чегаралаш жараён температурасини камайтириш имконини берувчи эпитаксиянинг гидрид усулидан фойдаланишдир. Бу усулда моносилаи пиролиз бўлганлиги учун уни баъзан силанли усул дейилади. Силанли усул силаннинг термик парчаланиши қайтмас реакциясига асосланган



Силан усулида эпитаксиал қатламларни ўстириш қурилмасининг тузилиши хлорид усулига яқин ва моносилаи билан ишлаганда эҳтиёткорлик учун қурилма ҳаво ва нам қолдиқларни ҳайдаш учун мосламалар билан таъминланган бўлиши керак.

Монокристалл қатламларни 1000^0 - 1050^0 С температураларда моносила парчаланиши ҳисобига олинади. Манба сифатида 4%-5% ли моносила таркиб топувчи аралашма ва юқори тозаликдаги 95%-96% *He*, *Ar* ёки H_2 газидан фойдаланилади. Жараёни ўтказиш даврида моносила зичлиги 0,05%-0,1%, газ оқими тезлиги 30 см/с – 50 см/с. Шу шароитда ўсиш тезлиги 0,2 дан 1 мкм гача ўзгаради.

Усулнинг камчиликлари моносиланинг ўз-ўзидан ва портлаши бўлганлиги учун, махсус чоралар кўриш керак. Шунинг учун амалда моносила водородли аралашмада қўлланилади. 5% ли моносила аралашмаси ўз-ўзидан ёнмайди. Аралашма билан ишлаш хавфсизлик қоидаси водород билан ишлашдагидек.

II-БОБ.

ЯРИМ ЎТКАЗГИЧЛИ $(GaAs)_{1-x}(ZnSe)_x$ СТРУКТУРАСИНИНГ ОЛИНИШИ

2.1 §. Эпитаксиал усулда мураккаб тизимли яримўтказгичли қатламларни ўстириш.

Кейинги йилларда арсенид, галлий ва унинг бирикмаларининг монокристалларини анъанавий усуллар бўйича ўстириш билан бирга эпитаксиал усуллар ҳам кенг қўлланилмоқда. GaAs нинг монокристаллик қатламларини ўстиришда айниқса газ ҳайдаш ва суюқликдан эпитаксиялаш усуллари кўп тарқалган. Газ ҳайдаш эпитаксиялаш усулининг ҳар ёқламалиги, ихчамлиги ва кристалл ўстириш жараёнини бажаришининг қулайлигига қарамасдан газ оқимини тозалаш ва бошқаришда турли қийинчиликлар билан боғлиқ. Шунингдек анча мураккаб асбоб ва ускуналардан фойдаланилади.

Монокристалл қатламларни эриган металллардаги эритмалардан ўстиришда (суюқликдан эпитаксиялаш) анча тез ва содда йўл билан тоза ва

назорат билан аралашмалар киритилган пардаларни ҳосил қилиш имконини беради.

Суюқ фазали эпитаксия усули тўйинган яримўтказгич материал эритмасидан яримўтказгич монокристалл қатламини ўстиришдан иборат. Эритмага чўктирилган яримўтказгич таглик сиртида уни совитиш натижасида кристалланиши юз беради. Кўпчилик ҳолларда суюқ фазадан кристалланишда эритувчи сифатида яримўтказгич суюқ ҳолатида эрувчанлиги юқори бўлган металл, масалан, Al-Si ёки Au-Si тизимдан фойдаланилади.

Яримўтказгич бирикмаларининг суюқ фазада эпитаксиясини олиш учун эритувчилар сифатида осон эрувчи бирикма таркибловчилари, масалан, GaAs ва GaP учун Ga қўлланилади. Бу эса кристалланиш температураси камайишига, таглик-эритма чегарасида температура градиенти камайишига олиб келади ва ўстирилган қатлам тозалигини оширади.

Бу усулларга нисбатан анча истиқболли бўлган газ ва суюқ эпитаксиал усул ҳам бор. Яримўтказгич таглик сиртига эффектив таркибли суюқ фазани ҳосил қилувчи юпқа металл қатлам суркалади. Бу паст температураларда эпитаксиал қатламларни олиш имконини беради.

Яримўтказгич атомлари суюқ қатлам билан таглик ҳосил қилган чегара орқали газ фаза орқали ўтиради ва уларнинг диффузияланиши натижасида кристалланиш юз беради. Бу ерда эритма қатлами 1 мкм дан ошмайди ва амалда эпитаксиал қатлам ўсиш тезлиги эритмада диффузияланиш вақтига боғлиқ бўлмайди.

Ўсувчи эпитаксиал қатламлар сифати кўп жиҳатдан температура ва газодинамик шароитларига боғлиқ. Шунинг учун ўстириш усулларига юқори талаблар қўйилади. Эпитаксиал ўстириш жараёни амалга етаётган қурилмадаги реакторлар тузлишига боғлиқ. Уларнинг горизонтал ва вертикал хиллари бор.

Суюқ фазадан эпитаксиялаш йўли билан кристалл ўстириш усулини Вольф таклиф этган эди [11]. Унга кўра суюқ эпитаксиялаш усули

системанинг очик ва ёпиқ ҳолатида ошиши мумкин. 1963-йилда эса Нельсон [12] очик системада қалай устига GaAs ни ўстириш имкониятига эга бўлди. Бу технологияда қаттиқ, суюқ ва буғ фазалар орасида фазовий мувозанат юзага келмаган бўлса, ҳам унинг оддийлиги уларнинг тез тарқалишига сабабчи бўлди. Ёпиқ эпитаксиялаш усулида очик усулнинг тез тарқалишига сабабчи бўлди. Ёпиқ эпитаксиялаш усулида очик усулнинг камчиликлари бўлмаган тақдирда ҳам, ёпиқ усулга хос қатор камчиликлар мавжудки, улар туфайли кўп ҳолларда бу усулдан кристалл ўстиришда фойдаланилмайди. Масалан, ўстириш жараёнида бутунлай тозаликга эришиб бўлмайди. Ёпиқ эпитаксиялаш усулида кристалл ўстириш кавшарланган кварц ампула ичида амалга ошади. Ампула маълум юқори ҳароратгача қиздирилиб, шу ҳароратда бироз муддат сақланади. Бу пайтда кварц шишадан суюқ эритмага турли газ атомлари сўрилиб ўтади. Бундан ташқари, кавшарланган ампула билан ишлаш анча машаққатлар туғдиради, чунки унинг ичида бир жинсли эритма юзага келиши учун у силкитиб турилиши керак, бунга эса ампуланинг тўла герметикланиши ҳалақит беради.

2.2 §. $(\text{GaAs})_{1-x}(\text{ZnSe})_x$ қаттиқ қотишмасини суюқ фазали эпитаксия усулида ўстириш технологик қурилмаси.

“ЭПОС” вертикал жойлашган реакторли қурилма асосида эпитаксиал қатламларнинг қаттиқ қоришма-қотишмасини устириш қурилмаси таёрланилди (расм. 2). Қурилма қуйидаги блоклардан ташкил топган: 1-иссиқлик блоки, 2-реактор, 3-бошқарув блоки, 4-газни тозалаш блоки, 5-центрифуга. Иссиқлик блоки, уч зонали печкадан таркиб топган бўлиб уларнинг ҳар бирини алоҳида бошқариш мумкин. Бошқарув блоки юқори температурали ВРТ (Р-111, И-102) дан иборат бўлиб у олдиндан бериладиган дастур асосида температурани бошқаради. Водород “Палладий-2” қурилмаси асосида тозаланади. Тагликлар маҳкамланадиган графит кассетаси (расм. 3) қуйдагилардан таркиб топган: ички томонида тирқишлари бўлган

цилиндирик корпус, тагликларни ажратиб турувчи колцолар, ва прокладкалар. Кассета тоза графитдан таёрланган. Кассета юқори штокга кистирилади, ҳамда ўзининг ўқи атрофида айлантририлиши мумкин. Аралашма-қоришма кварц тигель ичига жойлаштирилади, тигель эса реакторнинг пастки қисмига жойлаштирилади. Суюқ фазали эпитақсиянинг муҳим жиҳати кристаланиш жараёни ўз вақтида тугатиш ва тагликлар устида қолган аралашма-қоришмани чиқариб ташлашдан иборат. Шунинг учун устириш қурилмасига электродвигател ўрнатилган. Кристалланиш жараёни тугагандан кейин электродвигател ёрдамида қассета уз уқи атрофида 2500айл/мин тезликда айлантририлади. Натижада марказдан қочма қуч эвазига эпитақсиал қатлам сиртидаги аралашма-қориманинг қолдиқлари тозаланади.

Қаттиқ қоришма-қотишмани ўстириш жараёни қуйдаги этаплардан иборат.

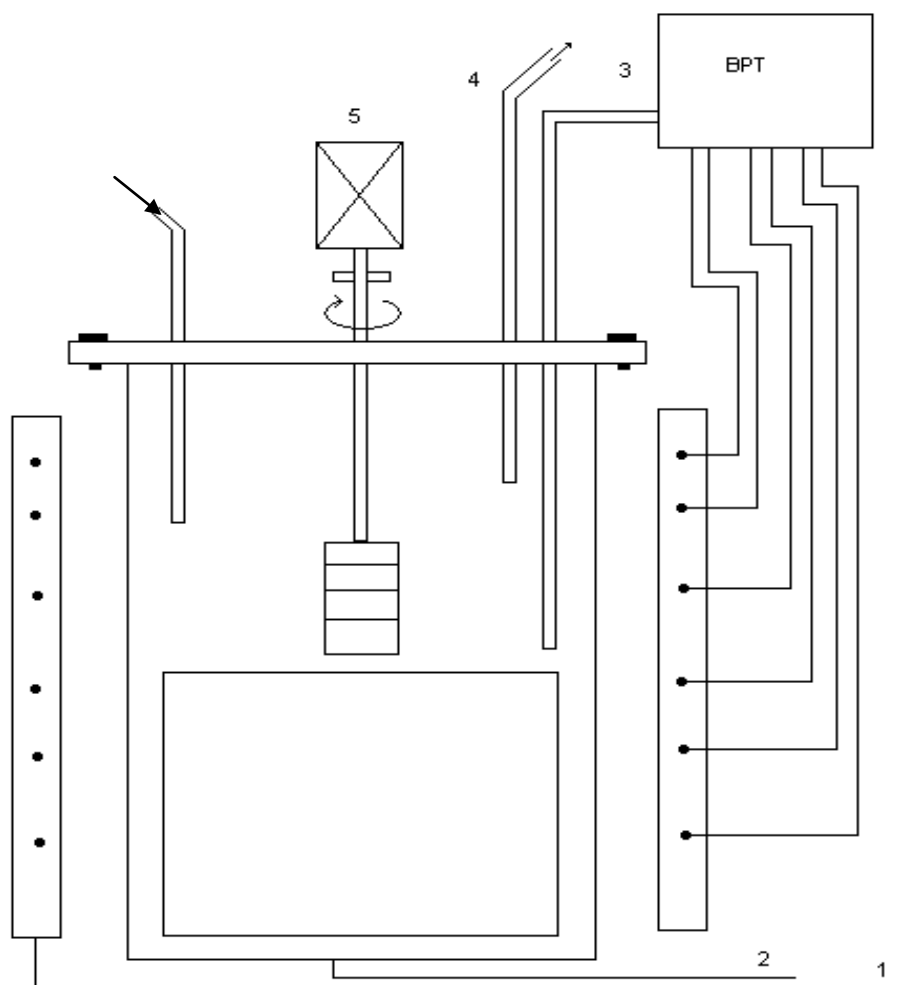
1. Аралашма-қоришманинг таркибий қисмларини тарозида аниқлаш.
2. Кремний таглигини тайёрлаш ва уни қассетага жойлаштириш.
3. Аралашма-қоришманинг таркибини тарозига қўйиш
4. Аралашма-қоришманинг таркибий қисмларини тигелга жойлаштириш.
5. Системани вакуум ҳолатига келтириш ва ундан тоза вадародни ўтказиш.
6. Қассеталарни вертикал тигелларга малум масофаларда жойлаштириш.
7. Аралашма-қоришмани гомогенизация қилиш учун системани эпитақсия ўстириш температурасига нисбатан бир неча ўн градус юқори температурагача қиздириб бир неча дақиқа шу температурада ушлаб туриш.
8. Аралашма-қоришманинг қирисгалланиш температурасига совитиш, ва уни шу температурада бир неча дақиқа ушлаб туриш.
9. Қиздириш блокининг қушимча чўлғамларини ишлатиб, бир хил температуралаи зонанинг кенглигини ошириш ва қассетанинг бирча қисмини қамраб олиш.
10. Қассеталарни аралашма-қоришма тубига чўктириш умумий ҳажм бўйлаб горизонтал йуналишда падложкаларни жойлаштириш. Махсус графит

падборкалар ёрдамида тагликлар оралигини 0.25-2.5 мм интервалиди ўзгартириш мумкин. Маълумки [19], чегараланган ҳажмда ўстиришда аралашма-қоришманинг эриган қисмларининг ортиқчаси тўлиғича тагликлар устига кристалланади. Бу бизга ўстирилаётган қатламнинг қалинлигини бошқариш имконини беради.

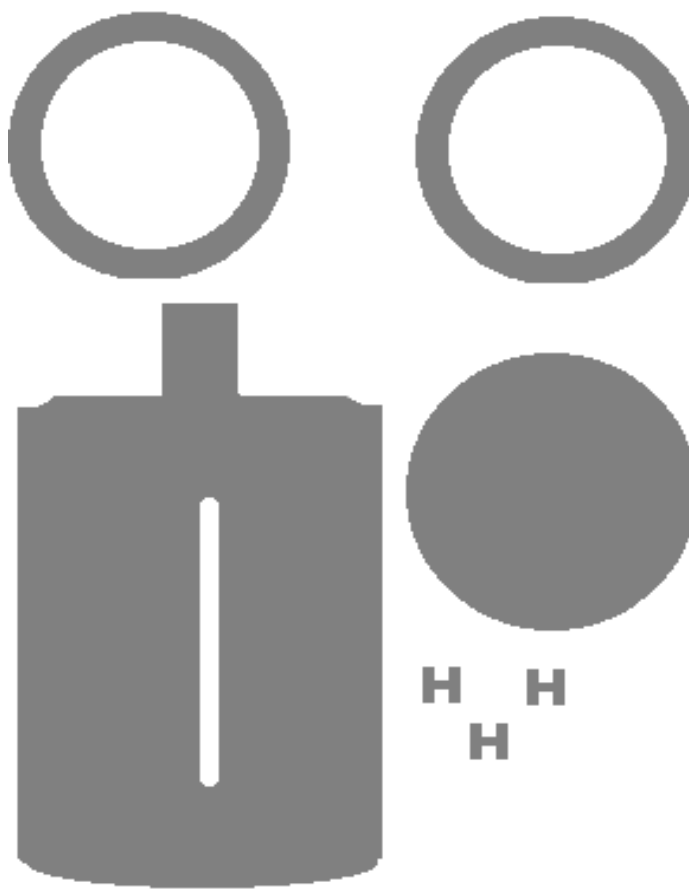
11. Кассетани аралашма-қоришмадан чиқариб ундан маълум масофада жойлаштириб маҳкамлаб қўйиш.

12. Олдиндан берилган дастур асосида аралашма-қоришмани мажбурий совитиш системасини ишга тушириш. Бунда горизонтал жойлашган пастки ва устки тагликларда каттиқ қоришманинг кристалланиш жараёни юз беради.

13. Температура маълум қийматига келганида центрифуга ишга туширилади ва марказдан қочма куч ҳисобига тагликлар оралигидаги қотишма-қоришма чиқариб ташланади ва шунинг билан кристалланиш жараёни тўхтатилади.



Расм 2. “ЭПОС” туридаги суюқ фазали эпитаксия қурилмаси. 1 - иссиқлик блоки, 2 - реактор, 3 – бошқарум блоки, 4 – газни тозалаш блоки, 5 - центрифуга.



Расм 3. Графитли кассета, графитли ва кварцли прокладкалар (айлана).

4. §. $(\text{GaAS})_{1-x}(\text{ZnSe})_x$ эпитаксиал қатламларни ўстириш.

Ҳар қандай атомларнинг аралашмасидан кристалл қаттиқ жисм ҳосил қилинганда атомларнинг жойлашишида узлуксизлик шартларига амал қилинади. Акс ҳолда атомлар жойлашишида кристалл панжарага хос бўлган тартиб бузилади ва турли дислокациялар юзага чиқади. Мураккаб

бирикмаларнинг қаттиқ қотишмаларини ҳосил қилишда ҳам шу тартиб бузилмаслиги керак. Бунинг кристалл ўстиришда кристаллокимёнинг термодинамик принципларига амал қилинади. Бу принципларга кўра таркибловчилари кимёвий элементлар атомларидан иборат бўлган ҳар қандай тизимда элементларнинг миқдорлари қандай бўлишидан қатъий назар атомлар орасида кимёвий ўзаро таъсир юзага келади. Паст ҳароратларда атомлар эффектив зарядлари ва ўлчамларига мос ҳолда бир –бирига нисбатан ўзаро таъсир энергияси минимал бўладиган ҳолатни егаллашга ҳаракат қиладилар. Лекин атомларнинг бундай жойлашишига кристалл тузилиш имкониятлари тўсқинлик қилади. Юқори ҳароратларда эса бу тўсқинликда атомларнинг иссиқлик ҳарорати ҳам кўшилади. Шунга қарамай, маълум иссиқлик шароитларида энтропиянинг ўзгариши ҳисобига тизимнинг термодинамик потенциалнинг намоёниши кузатилади. Бу эса энергетик жиҳатдан тузилиш тўсиқлари мавжуд бўлган ҳолда ҳам турли таркибловчи элементлар(бирикмалар) нинг ўзаро ўрин алмашишидан ҳосил бўладилар қаттиқ қотишмалар ўстириш мумкинлигини кўрсатади.

Яримўтказгич моддалар ўзининг хоссаларини ёруғлик таъсирида сезиларли ўзгартириш хусусиятига эга. Масалан, кремнийнинг электр ўтказувчанлиги ёруғлик таъсирида 10^5 мартагача ўзгариши мумкин. Лекин унинг сезгирлиги $\lambda - 1$ мкм тўлқин узунлигидаги нур учун максимумга эга. Тўлқин узунлиги $\lambda - 1$ мкм дан катта нурлар учун кремний кристалли деярлик шаффоф, яъни жуда кам ютилади. Тўлқин узунлиги $\lambda - 1$ мкм дан кичик нурлар эса асосан кристаллнинг сирт қатламларида ютилиб қолади ёки қайтиб сочилади. Бундай турлар яримўтказгич ҳажмида эркин ток ташувчи зарядларни (электрон ва ковакларни) жуда кам ҳосил қилади.

Германий кристалли учун максимум ютилиш соҳаси тўлқин узунлиги $\lambda - 1,72$ мкм, галлий арсениди учун $\lambda - 0,87$ мкм бўлган нурларга тўғри келади. Яъни бу асосий яримўтказгич моддаларнинг фотосезгирлиги узок инфрақизил нурлар соҳасига тўғри келади.

Ҳозирги замон оптоэлектроникаси учун эса инфрақизил ($\lambda \ll 1$ мкм) ва кўринувчи нурлар ($\lambda = 0,76 \div 0,36$ мкм) соҳасида ишловчи сезгир асбоблар керак. Фотосезгирлиги бу диапазонга тўғри келган яримўтказгич асбобларни яратиш муҳим долзарб масалалардан ҳисобланади.

Яримўтказгич моддаларнинг ҳоссаларини ўрганиш бўйича олиб борилган илмий тадқиқот ишлари эпитаксиялаш усуллари билан турли яримўтказгич моддаларнинг турли тартибдаги қатламларини ҳосил қилиш имкониятларини кўрсатади. Эпитаксиал ўстириш усули билан ҳоссалари яхши ўрганилган моддалардан юқори фотоэлектрик параметрларга эга бўлган янги типдаги қаттиқ қотишмали яримўтказгич модданинг мукаммал монокристалларини ўстириш мумкин. Шундай моддалар қаторига $(\text{GaAs})_{1-x}(\text{ZnSe})_x$ таркибли тузилмаларни ҳам киритиш мумкин. Бу модда таркибидаги ZnSe, Si, ва GaP мукаммал ўрганилган моддалар сирасига киради. Шу сабабдан улар асосидаги мураккаб бирикмани ўстириш ҳам илмий, ҳам амалий жиҳатдан катта эътиборга эга. Келтирилган ишда p- турдаги монокристал арсенид галлий тагликга $(\text{GaAs})_{1-x}(\text{ZnSe})_x$ n-тирдаги эпитаксиал қаттиқ қоришмаларни чегараланган суюқ фазадан чегараланган ҳажмдаги суюқ қалайдан суюқ фазали эпитаксия усули билан ўстирилган эди бу ерда суюқ аралашманинг таркиби қуйидагилардан иборат Sn–GaAs –ZnSe. Ўстирилган эпитаксиал қатламлар монокристал структурага эга юза бўйича ва кўндаланг кесим бўйича ўтказилган рентгеноструктур микроанализ натижалари шуни курсатдики таглик ва плёнка орасида юпқа ўтивчи қатлам (буфер қатлам) ҳосил бўлиб бу ерда кремнийнинг моляр концентрацияси 99% -ни ташкил қилади. Эпитаксиал қатламдаги ZnSe, нинг чуқурлик бўйича тақсимланиши деярли бир хил қатлам юзасида галлийнинг моляр таркиби 3,7 ат.%, селена –42,2 ат.%, цинка –45,8 ат.% .

Рух селениди ҳамда галлий кўринувчи ва инфрақизил (ИК) (0,5-12 мкм) соҳада ишловчи оптоэлектрон асбобларни яратишда ишлатилади.

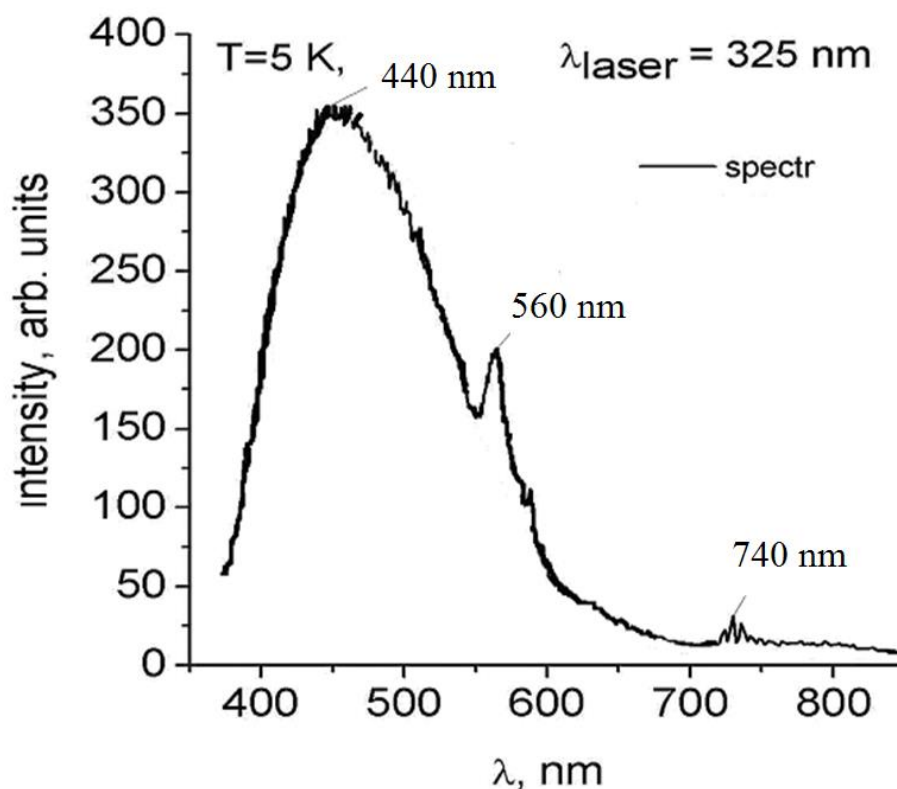
III Боб.

СУЮҚ ФАЗАДАН ЎСТИРИЛГАН $(\text{GaAS})_{1-x}(\text{ZnSe})_x$ ГЕТЕРОСТРУКТУРАСИНИНГ ХОССАЛАРИНИ ЎРГАНИШ

1. §. $(\text{GaAS})_{1-x}(\text{ZnSe})_x$ структуранинг 5K ҳароратда олинган фотолюминесценцияси.

Ўстириш ва кидирув кен қамровли материаллар пассив изотопли токли арашма тақиқланган худуд базавий ярим ўтказгич тубида ётувчи ток меёри билан актив бўлади шундай ярим ўтказгичли аралашмани олишнинг қулай бир усули суюқ фазали аралашма қоришма эпитаксия усулида олишдадир [17]. Бу ишда фотолюминесценцияси тажрибаси яхши натижа ҳисобланади. Структураси $(\text{GaAS})_{1-x}(\text{ZnSe})_x$ компонентанинг асосий сифатли бўлиши учун кенг қамровли ярим ўтказгич ZnSe, аралашманинг изовалент малекулалари сифати олинган. ZnSe, атом молекуласи радиусининг ковалентли йиғиндиси яқин маного эга, масалан $r_{\text{ZnSe}} = 2.45\text{\AA}$, ва уларнинг ўзаро алмаштириши кристалл панжараларини қаттиқ емирмайди ва қаттиқ арашама узлуксиз кузатилади. Қаттиқ бирикмалар $(\text{GaAS})_{1-x}(\text{ZnSe})_x$ чегараланган ҳажмдаги суюқ фазали аралашма қоришма қалайдаги аралашган, иш жараёнида келтирилган [18]. Диаметри 20мм бўлган р-типтаги арсенид галлий монокристал пластинкаси ишлатилди. Аралашма қоришманин бирикмаси Sn, ZnSe, GaAs компоненталардан таркиб топган, изланиш натижасида Sn-ZnSe-GaAs суюқ фазали система келиб чиққан ва қуйдаги адабиётда келтирилган [19-22]. Аралашма технологик жараёнига кўра қуйдаги босқичлардан ташкил топган: кристалана бошлидиган ҳарорат $-T_k$, совитиш тезлиги $-\nu$, падложкалар орасидаги қалинлик $-h$. Нормал тартиби, $T_k = 770^\circ\text{C}$ бўлса, $\nu = 1 \div 1,5$ град/мин ва $h = 1$ мм, юзаси текис юпқа ойнадек силлиқ таркиб топган аралашмали эпитаксиал қатлам. 4. Расмда устирилган $(\text{GaAS})_{1-x}(\text{ZnSe})_x$ каттик қотишманинг қотишма сиртининг фотолюминесценция спектри

кўрсатилган. Фотолюминесценцияни уйғотиш ГKKЛ–10УМ моделдаги галлий–кадмийли лазер ёрдамида амалга оширилди. Ўлчашлар "Уртекс" креостатида 5К температурада ўтказилди Фотолюминесценция спектрлари спектрал сезгирлиги 0.2 мэВ дан кам бўлмаган СДЛ–1С монохроматори асосида йиғилган қурилмада олинган. Сигналларни қайд қилиш



4 Расм. Эпитаксиал қатлам сиртининг $T=5\text{K}$ ҳароратда олинган Фотолюминесценцияси

фотонларни санаш режимида ишловчи S20 и типдаги фотокатотли фотоэлектрон кўпайтиргич ёрдамида ўтказилган.

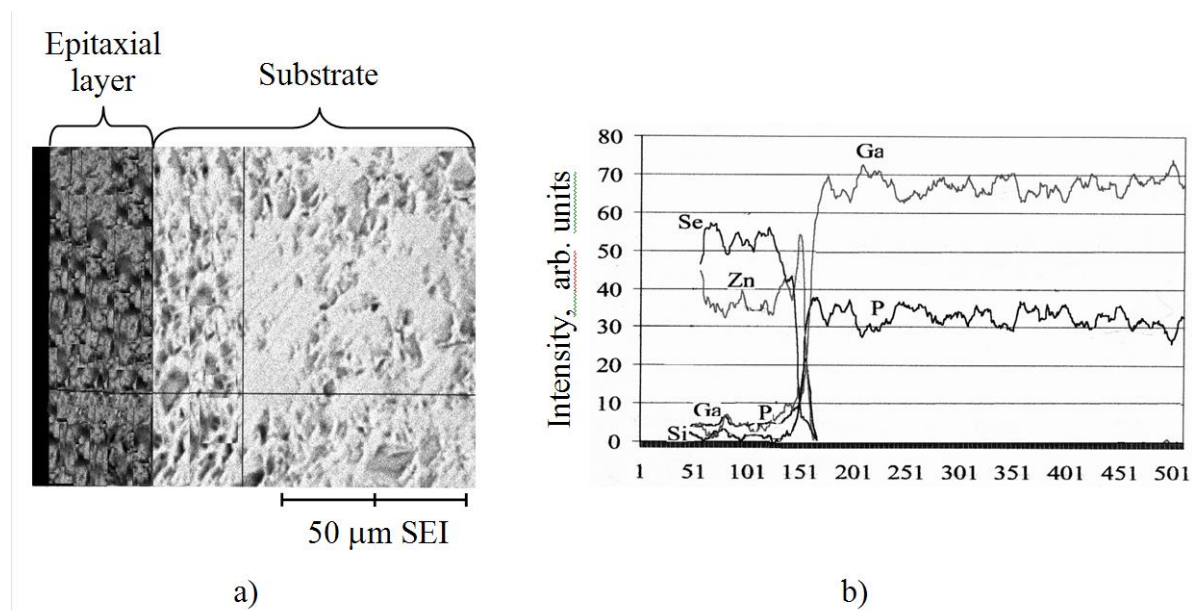
4 Расмда кўриниб турибдики Фотолюминесценцияда кенг чизикқа эга. Бу чизик деярли хамма диапазонларни беркитади энг катта чўққиси $\lambda = 440$ яримутказгич билан асосланган, моляр таркиби 88 мол% билан ташкил этган. Чўққининг муҳим натижаси $\lambda = 740\text{ nm}$ ($E_{ph} = 1.67\text{ эВ}$) ва $\lambda = 560\text{ nm}$ ($E_{ph} = 2.21\text{ эВ}$), қурилишининг изовалент бўйича боғланиши Si_2 , GaP пайдо бўлган ва қаттиқ аралашма ZnSe миқдори билан концентрацияланган. Унинг

тақиқланган зонаси билан ифодоланади ва 2.6 эВ га тенг бўлади. Шунингдек
пик чўқининг ҳолатига ZnSe нинг таъсири сезилмайди

2. §. $(\text{GaAs})_{1-x}(\text{ZnSe})_x$ структурасининг эпитаксиал қатламида компоненталарнинг тақсимланиши.

Самарадор фото-термо ва тепловолтаик элементларни яратиш фото ва теплоэнергетиканинг долизарб масаласи ҳисобланади бундай элементларнинг самарадорлигини оширишнинг йўларидан бири бу киритмали волтаик эффектдан фойдаланиш ҳисобланади. Киритмали волтаик эффектнинг [13] мазмуни шундан иборатки асосий ярим ўтказгич таркибига киритилган изовалентли киритма асосий ярим ўтказгич тақиқланган соҳасида энергетик сатҳлар ҳосил қилиб ёруғлик фотонларининг E_g дан кичкина қисми томонидан ҳам ёки иссиқлик таъсирида эркин электрон ва ковакларнинг ҳосил бўлишига ёрдам беради бу ерда изовалент киритмаларнинг концентрацияси тўлдирилиш даражаси ва ман қилинган соҳада ҳосил қилаётган энергетик сатҳининг жойлашиши муҳим аҳамиятга эга киритмали волтаикни амалга ошириш учун электрон ва ковакларнинг ҳосил бўлиш тезлиги бир бирига яқин бўлиши керак. [14, 15] адабиётда биз поликиристаллик кремний ва $(\text{Si}_2)_{1-x}(\text{ZnS})_x$ қаттиқ қоришмаси асосида тайёрланган p-n ўтишларда тепловолтаик эффектнинг юзага келишини кўрсатган эдик. Ушбу структуралар p- турдаги монокристал арсенид галлий тагликга $(\text{GaAs})_{1-x}(\text{ZnSe})_x$ n-турдаги эпитаксиал қаттиқ қоришмаларни чегараланган суюқ фазадан чегараланган ҳажмдаги суюқ қалайдан суюқ фазали эпитаксия усули билан ўстирилган эди бу ерда суюқ аралашманинг таркиби қуйдагилардан иборат Sn–GaAs–ZnSe. Ўстирилган эпитаксиал қатламлар монокристал структурага эга юза бўйича ва кўндаланг кесим бўйича ўтказилган рентгеноструктур микроанализ натижалари шуни кўрсатдики таглик ва плёнка орасида юпқа ўтивчи қатлам (буфер қатлам) ҳосил бўлиб бу ерда арсенид галлийнинг моляр концентрацияси 99% -ни ташкил қилади. Эпитаксиал қатлам «Jeol» JSM 5910 LV-Japan рентген микроанализаторида кимёвий таркибини аниқлаш учун тадқиқотлар ўтказилди ва эпитаксиаль қаттиқ қатлами эритмаси $(\text{GaAs})_{1-x}(\text{ZnSe})_x$ (5-

расм). Растров расмнинг устки катламдаги тадқиқотлари шуни кўрсатдики, қаттиқ кристаллизация $T_s < 800$ температурадан паст бўлганда, пленкалар кўп қояли дендрит кўринишига эга бўлган, унинг тагида жойлашган ва у билан қаттиқ боғланган, лекин $T_s > 800$ температура дендрит эгилишида йўқ бўлади. Натижада қоя бўйича олинган натижалар шуни кўрсатдики, подложка ва эпитаксиал катлам орасида жойлашган ўтиш майдони GaAs таркибидаги моллари секин аста тушади, бироқ ZnSe ошади, эпитаксиал катламда ZnSe, GaAs қисмлари текис чуқурликда таркалади (расм 2б).



5-расм. Кўндаланг кесим тасвири (а) ҳамда қаттиқ қотишманинг эпитаксиал $(\text{GaAs})_{1-x}(\text{ZnSe})_x$ компоненталарнинг ён томони бўйича тақсимланиши Ga, As, Zn, Se, Sn (б)

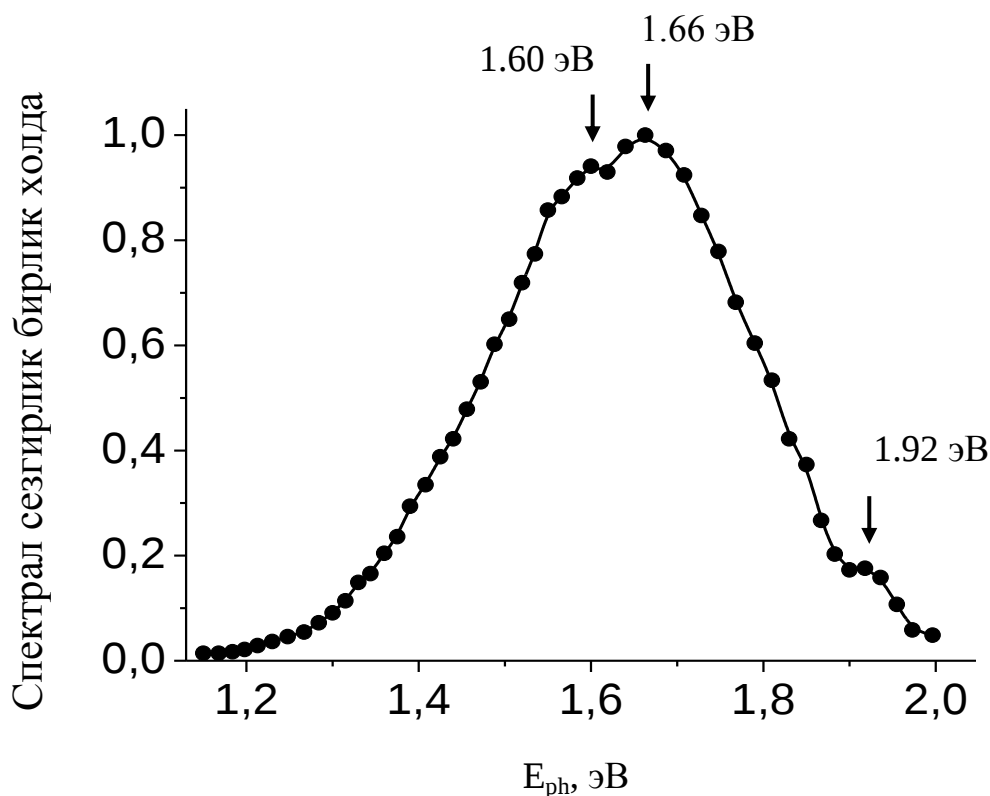
Қатлам устидаги молляр таркиби эса ZnSe, ва GaAs ларнинг чуқурлик бўйича тақсимланиши деярли бир хил қатлам юзасилда галлийнинг молляр таркиби 3.7% , селен 42,2 ат.%, цинк – 45,8 ат.% болади ва қаттиқ аралашма келиб чиқишга олиб келади ва натижада қуйдаги таркибда қаттиқ қотишма ҳосил бўлган $(\text{GaAs})_{1-x}(\text{ZnSe})_x$.

3. §. $(\text{GaAs})_{1-x}(\text{ZnSe})_x$ структуранинг спектрал фотосезгирлигининг хона ва азот температураларидаги хоссаси

Ўстириш ва қидирув кенг қамровли материаллар пассив изотопли аралашмали тақиқланган худуд базавий ярим ўтказгич тубида ётувчи ток меёри билан актив бўлади шундай ярим ўтказгичли аралашмани олишнинг қулай бир усули суюқ фазали аралашмали қоришмани эпитаксия усулида олишдир [17]. Бу ишда фотоэлектрик усули орқали структуранинг эгаллаши мумкин бўлган соҳаси текширилган. Структураси $p(\text{GaAs})_{1-x}(\text{ZnSe})_x$ компонентанинг асосий сифатли бўлиши учун кенг қамровли ярим ўтказгич ZnSe , аралашманинг изовалент молекулалари сифати билан GaAs олинган. ZnSe , GaAs атом молекуласи радиусининг ковалентли йиғиндиси яқинлиги учун, масалан $r_{\text{ZnSe}} = 2.45\text{\AA}$, ва уларнинг ўзаро алмаштириши кристалл панжараларини қаттиқ емирмайди ва қаттиқ аралашама узлуксиз кузатилади. Қаттиқ бирикмалар $(\text{GaAs})_{1-x}(\text{ZnSe})_x$ чегараланган хажмдаги суюқ фазали аралашма қоришма қалайдаги аралашган, иш жараёнида келтирилган [18]. Диаметри 20 мм бўлган р-типдаги кремний монокристал пластинкаси ишлатилди. Аралашма қоришманин бирикмаси Sn , ZnSe ва GaAs , компаненталардан таркиб топган, изланиш натижасида Sn-ZnSe-GaAs суюқ фазали система келиб чиққан ва қуйидаги адабиётда келтирилган [19-20]. Аралашма технологик жараёнига кўра қуйидаги босқичлардан ташкил топган: кристаллана бошлидиган ҳарорат $-T_k$, совитиш тезлиги $-\nu$, падложкалар орасидаги қалинлик $-h$. Нормал тартиби, $T_k = 770^\circ\text{C}$ бўлса, $\nu = 1\div 1,5$ град/мин ва $h = 1$ мм, юзаси текис юпқа ойнадек силлиқ таркиб топган аралашмали эпитаксиал қатлам.

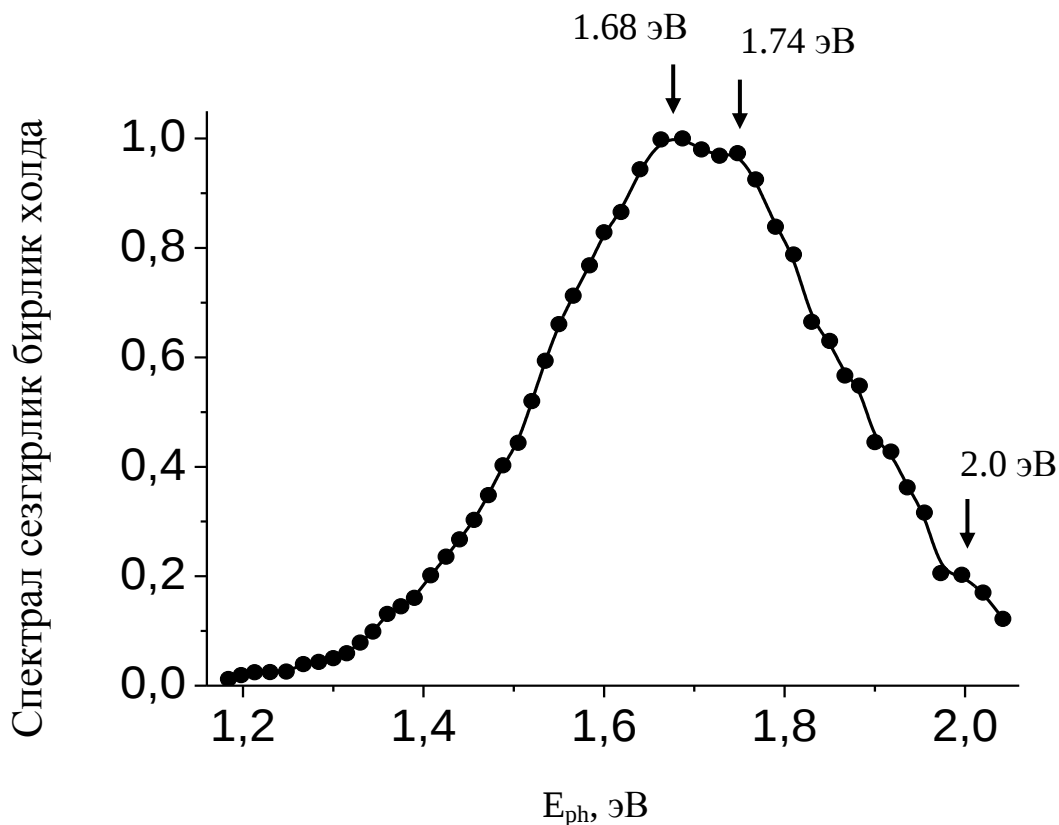
6-Расм. $p(\text{GaAs})_{1-x}(\text{ZnSe})_x$ структуранинг хона ҳамда азот температураларида спектрал фотосезгирлигининг боғланиши келтирилган. 7. Расмдан кўриниб турибтики фотон энергиясининг 1.2 дан 2 эВ гача бўлган сохалари эгалланган. Хона температурасида спектрал сезгирлиги 3 та эгри

чизикдан яъни фотоотклик фотон энергияси $E_{ph} = 1.60$ эВ, $E_{ph} = 1.66$ эВ и $E_{ph} = 1.92$ эВ, ташкил топган.



Расм. 6. $p(\text{GaAs})_{1-x}(\text{ZnSe})_x$ структуранинг хона тепературасида спектрал сезгирлиги.

Расм 7. Азот температурасида фототоклик эгри чизиклари сақланган ва бир хил паралел қисқа тўлқин томон кўчганлиги кузатилган $\Delta E = 0.8$ эВ. Қуйидаги энергиядаги $E_{ph} = 1.66$ ва 1.60 эВ эгри чизиклар, ташқи кўринишга кўра GaAs боғланишидаги электрон тешик иштирокида юзага келган, ZnSe $E_{ph} = 1.92$ эВ энергия эса GaAs қатнашувидаги боғланишга тўғри келади, ҳамда ZnSe боғланишининг ичида жойлашган.



Расм. 7. $p(\text{GaAS})_{1-x}(\text{ZnSe})_x$ структуранинг азот тепературасида спектрал сезгирлиги.

Спектрнинг тушиши қисқа тўлқинли соҳасида ажратилган p-n ўтиш баръерида эпитаксиал қатлам қалинчилигининг ~ 30 мкм соҳасида кузатилган. Яқин юзали тузилмаларида юқори энергияли фотонлар хоси қилиши электрон тешикли боғланишларга криб бормиди ажратилган баръер соҳасига фототок хосил қилишда қатнашмайди.

Хулоса қилиб шуни айтишимиз мумкин чегараланган ҳажмда қалайли қоришма-қотишмали суюқ фазадан эпитаксия услубида $(\text{GaAS})_{1-x}(\text{ZnSe})_x$ ($0 \leq x \leq 0.80$) қаттиқ қоришмаси pGaAs падложкасига ўстирилди. Ўстирилган эпитаксиал қатламнинг фотоэлектрик хоссаси хона ва азот температураларида текширилди. Текширишлар шуни кўрсатадики $p(\text{GaAS})_{1-x}(\text{ZnSe})_x$ структуранинг хона ва азот температураларида $E_{ph} = 1.60$ эВ, $E_{ph} = 1.66$ эВ и $E_{ph} = 1.92$ эВ, энергияга эга бўлган 3 та нурланиш чўққиси

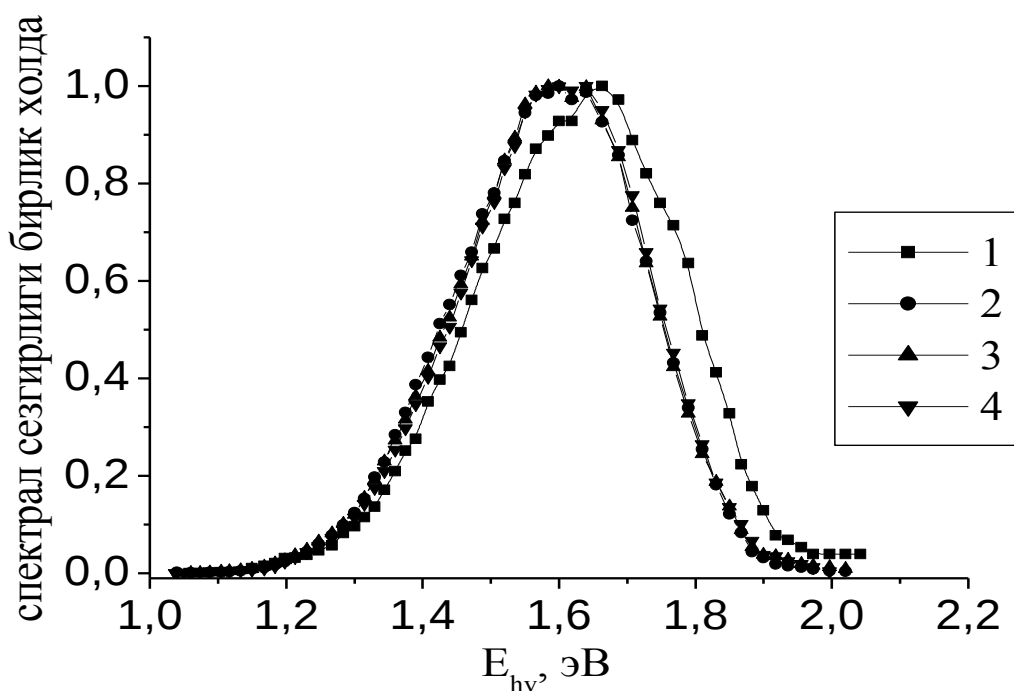
мавжудлиги ва азот температурасида бу чўққилар паралел холда узун тўлқин томон сурилганлиги кузатилди.

4. §. $(\text{GaAs})_{1-x}(\text{ZnSe})_x$ фотоэлектрик хоссасига γ – нурланишининг таъсири.

Бу параграфда $p(\text{GaAs})_{1-x}(\text{ZnSe})_x$ структуранинг спектрал сезгирлигига гамма нурланишининг таъсирининг натижаси келтирилган. Самарадор фото-термо ва тепловолтаик элементларни яратиш фото ва теплоэнергетиканинг долизарб масаласи ҳисобланади бундай элементларнинг самарадорлигини оширишнинг йўларидан бири бу киритмали волтаик эффектдан фойдаланиш ҳисобланади. Киритмали волтаик эффектнинг [16] мазмуни шундан иборатки асосий ярим ўтказгич таркибига киритилган изовалентли киритма асосий ярим ўтказгич тақиқланган соҳасида энергетик сатхлар ҳосил қилиб ёруғлик фотонларининг E_g дан кичкина қисми томонидан ҳам ёки иссиқлик таъсирида эркин электрон ва ковакларнинг ҳосил бўлишига ёрдам беради бу ерда изовалент киритмаларнинг концентрацияси тўлдирилиш даражаси ва ман қилинган соҳада ҳосил қилаётган энергетик сатҳининг жойлашиши муҳим аҳамиятга эга киритмали волтаикни амалга ошириш учун электрон ва ковакларнинг ҳосил бўлиш тезлиги бир бирига яқин бўлиши керак. [17, 20] адабиётда биз поликиристаллик кремний ва $(\text{Si}_2)_{1-x}(\text{ZnS})_x$ қаттиқ қоришмаси асосида тайёрланган p-n ўтишларда тепловолтаик эффектнинг юзага келишини кўрсатган эдик. Ушбу структуралар p- турдаги монокристал арсенид галлий тагликга $(\text{GaAs})_{1-x}(\text{ZnSe})_x$ n-турдаги эпитаксиал қаттиқ қоришмаларни чегараланган суюқ фазадан чегараланган ҳажмдаги суюқ қалайдан суюқ фазали эпитаксия усули билан ўстирилган эди бу ерда суюқ аралашманинг таркиби қуйдагилардан иборат Sn–ZnSe–GaAs. Ўстирилган эпитаксиал қатламлар монокристал структурага эга юза бўйича ва кўндаланг кесим бўйича ўтказилган рентгеноструктур микроанализ натижалари шуни кўрсатдики таглик ва плёнка орасида юпқа ўтивчи қатлам (буфер қатлам)

ҳосил бўлиб бу ерда кремнийнинг моляр концентрацияси 99% -ни ташкил қилади.

Структурани ўрганиш учун вакумли метод билан структурага кумушдан сепиш усули билан омик контанк олинди. Структуранинг эпитаксиал қатлам юзасига нуқта кўринишида ҳамда падложка томонига умумий юза куринишида контакт олинди. $p(\text{GaAS})_{1-x}(\text{ZnSe})_x$ структура қуввати 0.9 рад/с ҳамда энергияси 1.25 МэВ, ^{60}Co изотопли гамма нурланиш билан турли хил дозаларда нурлантирилди. Расм 7 да $p(\text{GaAS})_{1-x}(\text{ZnSe})_x$ юза қатлам соҳасига турли хил энергиядаги фотонларнинг тушишидаги сезгирлигининг боғлиқлиги келтирилган. Ёритиш эпитаксиал $p(\text{GaAS})_{1-x}(\text{ZnSe})_x$ қатлам томонидан амалга оширилди



Расм 8. $p(\text{GaAS})_{1-x}(\text{ZnSe})_x$ ($0 \leq x \leq 0.80$) структуранинг спектрал сезгирлигининг гамма нурланишлар 10^3 , 10^4 ва 10^5 рад таъсири

Расм 8 даги 1-эгри чизик нурлантирилмаган ҳолатдаги кўриниши 2,3 ва 4 $p(\text{GaAS})_{1-x}(\text{ZnSe})_x$ структуранинг гамма нурланиши орқали турли хил 10^3 , 10^4 ва 10^5 рад/с нурлантирилган ҳолати келтирилган. Расмдан куришиб турибтики $p(\text{GaAS})_{1-x}(\text{ZnSe})_x$ структуранинг спектрал сезгирлиги гамма нурланиш таъсиридан кейин узун тўлқин соҳаси томон сурилганлигини

кўришимиз мумкин. Фотооткликнинг максимум энергияси гамма нурланишгача $E_{ph} \approx 1,66$ эВ кузатилди, гамма нурланишдан кейин 10^3 , 10^4 ва 10^5 рад/с фотооткликнинг максимум энергияси $E_{ph} \approx 1,58$ эВ.

Спектрнинг тушиши қисқа тўлқинли соҳасида ажратилган р-п ўтиш баръерида эпитаксиал $n(\text{GaAS})_{1-x}(\text{ZnSe})_x$ қатлам қалинчилигининг ~ 30 мкм соҳасида кузатилган. Гамма нурланишдан кейин структуранинг сезгирлигининг сурилганлиги радиацион нуқсонлар билан боғлиқ бўлиши мумкин ёки асосий бўлмаган заряд ташувчиларнинг камайиши ҳисобига бўлиши ҳам мумкин.

ХУЛОСА

Хулоса қилиб шуни айтиш мумкинки чегараланган ҳажмда қалайли қоришма-қотишмали суюқ фазадан эпитаксия услубида $(\text{GaAs})_{1-x}(\text{ZnSe})_x$ ($0 \leq x \leq 0.80$) қаттиқ қоришмаси pGaAs падложкасига ўстирилди. Ўстирилган эпитаксиал қатламидаги Ga, As, Zn, Se ва Sn компоненталарининг қатлам бўйлаб тақсимланиши аниқланди. Асосий яримўтказгич ZnSe нинг таъқиқланган зонасида GaAs молекулалари киритмали сатҳлар ҳосил қилиш аниқланди. Структуранинг электролюминесцияси 440 ва 560 нм соҳада фотон энергиясини ўз ичига қамраб олдида ҳамда 740 нм максимал қийматга эришди. Ҳамда $(\text{GaAs})_{1-x}(\text{ZnSe})_x$ структуранинг спектрал сезгирлигига гамма нурининг таъсиридан ўрганилди. Фотооткликнинг максимум энергияси гамма нурланишгача $E_{ph} \approx 1,66$ эВ кузатилди, гамма нурланишдан кейин 10^3 , 10^4 ва 10^5 рад/с фотооткликнинг максимум энергияси $E_{ph} \approx 1,58$ эВ..

Фойдаланилган адабиётлар рўйхати:

1. Мирзиёев Ш.М. "Эркин ва фаровон демократик Ўзбекистон давлатини биргаликда барпо этамиз". Ўзбекистан Республикаси Президенти лавозимига киришиш тантанали маросимида бағишланган Олий Мажлис палаталарининг қўшма мажлисидаги нутқ. ТОШКЕНТ-«ЎЗБЕКИСТОН» - 2016, 56 бет
2. Saidov A.S., Razakov A.Sh. Liquid-phase epitaxy of solid solutions $(\text{Ge}_2)_{1-x}(\text{ZnSe})_x$ // Materials Chemistry and physics. – Elsevier, 2001.-Vol. 68. – P. 1-6.
3. Андреев В.М., Долгинов Л.М., Третьяков Д.Н. Жидкостная эпитаксия в технологии полупроводниковых приборов. – М.: Сов. Радио, 1975. – С.328.
4. Хасен М., Андерко К. Структуры двойных сплавов. – Москва, Металлургиздат, 1962.- том 1, 608с., том 2, 874 с.
5. Саидов А.С., Саидов М.С., Кошчанов Э.А. Житкостная эпитаксия компенсированных слоев арсенида галлия и твердых растворов на его основе. – Ташкент, «Фан», 1962. – с. 127.
6. Милнс А., Фойхт Д. Гетеропереходы и переходы металл – полупроводник. – М.: Изд. Мир, 1975. – С. 309.
7. Саидов А.С. Житкофазная эпитаксия твердых растворов $(\text{IV}_2)_{1-x}(\text{A}_3\text{B}^5)_x$ // Узбекский физический журнал. – Ташкент, 1993. - № 4. – С.48-51.
8. Э.И. Адирович, П.М. Карагергий-Алкалаев, А.Ю. Лейдерман. Токи двойной инъекции в полупроводниках. (М. Сов. радио, 1978).
9. Лейдерман А.Ю., Минбаева М.К., ФТП, т.30, №10, С.1729-1738, 1996.
10. Шалимова К.В. Физика полупроводников.– М.: Энергоатомиздат, 1985. – 392 с.

11. Саидов М.С. Твердые растворы кремния и возможность их использования для каскадных солнечных элементов //Гелиотехника.-Ташкент, 1997-№5-6.- с 57-67.
12. Саидов М.С. Электроактивность изовалентных примесей и фотовольтаический эффект // Гелиотехника.-Ташкент, 2005.-№3.-С. 67-72.
13. Saidov M.S. Valence band impurity photovoltaic effect // Гелиотехника.-Ташкент, 2001.- №1.- С. 3-6.
14. Стафеев В.И. Влияния сопротивления толщии полупроводника на вид вольтамперной характеристики диода // ЖТФ.-Ленинград, 1958.- т.28, в.8.- С.1631-1641.
15. Лейдерман А.Ю. Карагеоргий-Алкалаев П.М. К теории полупроводниковых приборов при высоких уровнях инжекции./ «Изв. АН РУз ССР. Сер.физ.мат.».-Ташкент,1965.-№5.-С.80-82.
16. Саидов М.С. // Гелиотехника. 2008, №2. С.3-10.
17. Саидов М.С., Саидов А.С., Усмонов Ш.Н. // Гелиотехника. 2007, №4. С.102-104.
18. Саидов М.С., Саидов А.С., Усмонов Ш.Н., Амонов К.А. // Гелиотехника. 2009, № 4. С.
19. Саидов А.С., Саидов М.С., Шамирзаев Т.С. Получение и фотолюминесценция твердого раствора $(\text{ZnSe})_{1-x-y}(\text{Si}_2)_x(\text{GaP})_y$. Гелиотехника, 2005, № 3, С.72-75.
20. Leiderman A.Yu. Phys. St. Sol. (a), 1979, 55, 661.
21. Карагеоргий-Алкалаев П.М., Лейдерман А.Ю. Фоточувствительность полупроводниковых структур с глубокими примесями. 1981, Ташкент, изд. «Фан», 200 ст.
22. нтернет адрес ; journals.ioffe.ru , fizika-i-tehnika.spb24.net