

*Ўзбекистон Республикаси олий ва ўрта
махсус таълим вазирлиги*

Гулистон давлат университети

Курс иши

*Яримутказгичлар
физикаси*

*МАВЗУ: $PSI - N(Si_2)_{1-x}(ZnSe)_x$ ГЕТЕРОСТРУКТУРАНИНГ
ВОЛЬТАМПЕР ХАРАКТЕРИСТИКАСИНИ ЎРГАНИШ*

Бажарди: Ашурматов Р

Қабулқилди: Саидов А

Гулистон 2016

Режа

- 1. Кремний ва рух селен моддаларининг электрофизик хоссалари*
- 2. Эпитаксиал ўстиришнинг асосий усуллари.*
- 3. Эпитаксиал қатламлар олиш қурилмалари.*

Кремний. Кремний (Si) – даврий системанинг ИВ гуруҳ элементи булиб, у табиатда кислороддан кейинги энг куп тарқалган элементдир. У ер массасининг $\frac{1}{4}$ қисмини эгаллайди. 25°C даги чизикли кенгайиш коэффециенти – $4,2 \cdot 10^{-6}$, иссиқлик ўтказувчанлиги $0,2 \text{ кал/с}\cdot\text{см}\cdot^{\circ}\text{C}$, эриш температураси – 1688 K , қайнаш температураси эса – 2623 K га тенг. Кремнийнинг эриш иссиқлиги – $50,6 \text{ кЖ/моль}$, буғланиш иссиқлиги эса – 183 кЖ/моль га тенг.

Унинг бир молининг ҳажми – $12,1 \text{ см}^3/\text{моль}$, зичлиг – $2,33 \text{ г/см}^3$. Кремние қуйидаги электрофизик хоссаларга эга, диэлектрик сингдирувчанлиги – $12, 300 \text{ K}$ ҳароратдаги электронларнинг дрейф ҳаракатчанлиги – $1350 \text{ см}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$, тешикларнинг дрейф ҳаракатчанлиги эса – $500 \text{ см}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$. Солиштирма қаршилиги хона ҳароратида, $99,99 \%$ тозаликдагиси – $10 \text{ Ом}\cdot\text{см}$ гача булади, эркин заряд ташувчилар концентрацияси эса – $1,5 \cdot 10^{10} \text{ см}^{-3}$. Кремний ҳозирги вақда жуда кенг ўрганилган, ва жуда кенг соҳаларга татбиқ этилган намунавий яримўтказгич ҳисобланади. Унинг фойдаланиш имконияти нафақат мекроэлектрон соҳага балки квант компьютерларда, алоқа соҳаларида ҳам жадал фойдаланилади.

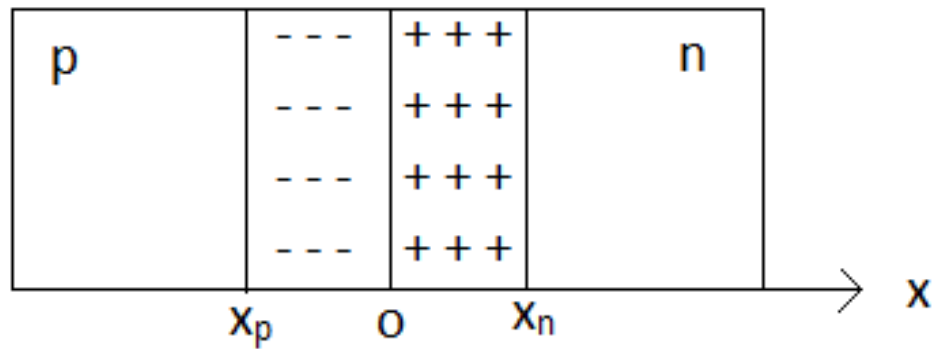
Рух селен. Рух селен Менделеев даврий жадвалида III ва VI гуруҳ элементлар бирикмаси ҳисобланади. Унинг зичлиги – $5,27 \text{ г/см}^3$ га тенг, эриш температураси – 1525°C , хона ҳароратида иссиқлик ўтказувчанлик коэффециенти – $18 \text{ Вт/м}\cdot\text{K}$, иссиқликдан чизикли кенгайиш коэффециенти эса – $7,1 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$ га тенг, унинг моляр массаси – $144,33 \text{ г/моль}$.

Рух селен кенг тақиқланган соҳали яримўтказгич бўлиб, унинг тақиқланган соҳа кенглиги $2,7 \text{ эВ}$ га тенг. Унинг 300 K ҳароратдаги электронлар дрейф ҳаракатчанлиги – $700 \text{ см}^2/\text{В}\cdot\text{с}$ га, тешикларнинг дрейф ҳаракатчанлиги эса – $15 \text{ см}^2/\text{В}\cdot\text{с}$ га тенг. Рух селен $0,5 - 13 \text{ мкм}$ соҳада инфрақизил оптик асбобларда жуда кенг фойдаланилади.

2-§. Электрон – ковак ўтиш

Яримўтказгичнинг физикавий моделини ўрганиш жараёнида кўрсатилганидек, яримўтказгич кристаллари икки тур: донор киришмалар мавжудлиги туфайли вужудга келадиган электрон (н-тур) ва акцептор киришмалар туфайли вужудга келадиган ковак (р-тур) ўтказувчанликка эга бўлиши мумкин. Ҳар хил ўтказувчанликка эга бўлган иккита яримўтказгич орасидаги контактни кўриб чиқайлик. Бири р-тур ва иккинчиси н-тур ўтказувчанликка эга бўлган яримўтказгичларўзаро контактга келтирилса, электрон-ковак ўтиш ёки қисқача қилиб айтилганда, р-н ўтишосил бўлади. Ом қонуни ўринли бўлган бир жинсли яримўтказгичлардан фарқли равишда, электрон-ковак ўтиш ночизиий вольт-ампер тавсифномага эга бўлади. Ўзининг шу ва бошқа қатор хусусиятларига кўра р-н ўтиш ҳозирги замон кўпчилик яримўтказгич асбоблар диодлар, биқутбий ва майдоний транзисторлар, динистор, тиристор, ёрулик қабулқилгич ва бошқаларнинг ишлаш тамойилларига асосланади. Ўз-ўзидан равшанки, р-н ўтиш ҳосил қилиш учун яримўтказгичларни оддий механик контактга келтиришининг ўзи кифоя қилмайди. Бунинг учун яримўтказгич яхлит кристаллида р- ва н-соҳалари оралигида етарли даражада кескин чегара мавжуд бўлган тузилма олишни таъминловчи мураккаб технология зарурдир.

Электрон-ковак ўтишининг ҳосил бўлиши: п-н ўтиш ҳосил бўлишида юзага келадиган физик жараёнларни кўриб чиқайлик. Фараз қилайлик, яримўтказгичнинг р- ва н-соҳалари $0 = x$ текислик билан ажралган бўлсин (1-расм). Чап соҳада асосан акцептор киришмалар бўлиб, у ковак ўтказувчанликка, ўнг соҳада эса, асосан донор киришмалар бўлиб, у электрон ўтказувчанликка эга бўлсин. $0 = x$ текисликда контакт бўлмаган шароитда р- ва н-соҳалардаги коваклар ва электронлар концентрацияси бир-биридан кескин фарқ қилади: р-соҳадаги коваклар концентрацияси уларнинг н-соҳадаги концентрациясига қараганда анча кўп, н-соҳадаги электронларнинг концентрацияси уларнинг р-соҳадаги концентрациясидан анча кўп бўлади.



Расм 1. *p-n* ўтишида зарядларнинг жойлашиши

Масалан,

яримўтказгич моддаси фатида хусусий кремний кристалли шлатиладиган бўлса, *p-n* ўтиши ҳосил қилиш учун, одатда, унинг бир соҳасига тахминан $N_a = 10^{17} \text{ см}^{-3}$ аконцентрацияда акцептор киришма, иккинчи соҳасига эса, $N_d = 10^{15} \div 10^{16} \text{ см}^{-3}$ аконцентрацияда донор киришма кирилади. Демак, хона температураси ($T = 300 \text{ K}$) шароитида соҳадаги аксосий заряд ташувчилар коваклар аконцентрацияси $p = 10^{17} \text{ см}^{-3}$ га, аксосий заряд ташувчилар электронлар аконцентрацияси тахминан $n = 10^{13} \text{ см}^{-3}$ га тенг, *n*-соҳадаги аксосий заряд ташувчилар электронлар аконцентрацияси $10^{15} - 10^{16} \text{ см}^{-3}$ га, шу соҳадаги коваклар аконцентрацияси эса, мос равишда $10^5 - 10^4 \text{ см}^{-3}$ га тенг бўлади. *p-n* ўтиши олиш учун аксо сифатида германий олинадиган бўлса, букатталикларнинг сон қиймати қуйидагича бўлади:

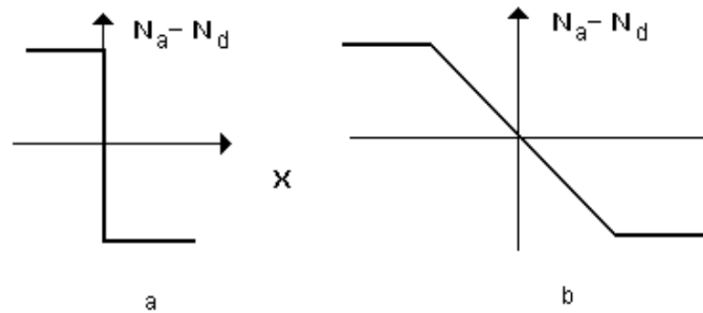
$$n_p = 10^{17} \text{ см}^{-3}, n_n = 10^9 \text{ см}^{-3}; n_n = 10^{15} \text{ см}^{-3}, n_n = 10^{11} \text{ см}^{-3}.$$

Аксосий ва аксосий заряд ташувчилар аконцентрациялари нима учун шундай сон қийматларига эга эканлигини билиш учун, тегишли яримўтказгич учун берилган температурада уларнинг кўпайтмаси ўзгармас катталикка тенг эканлигини, яъни $n_p n_n = n_n n_n = n_n^2$ канлигима лум. Маълумки, кремний учун $n_n = 2 \cdot 10^{10} \text{ см}^{-3}$ га, германий учун эса $n_n = 2,5 \cdot 10^{10} \text{ см}^{-3}$. Келтирилган мисоллардан кўринишича, ҳоҳ кремний, ҳоҳ германий бўлсин, *p*- ва *n*-соҳалардаги коваклар аконцентрацияси ва шу солардаги электронлар аконцентрацияси ўзаро кескин-кремний учун $10^{11} - 10^{12}$ марта, германий учун эса 10^6 марта фарқ қилади. *p*- ва *n*-соҳалардаги заряд ташувчилар аконцентрациясининг бундай фарқи, заряд ташувчиларнинг иссиқлик ҳаракати натижасида одир бўладиган диффузия жараёнини-ковакларнинг,

уларнинг концентрацияси кўп бўлган p-соҳадан концентрацияси кам бўлган соҳага ва электронларнинг, улар концентрацияси кўп бўлган n-соҳадан концентрацияси кам бўлган p-соҳага диффузиявий ўтишини вужудга келтиради. Коваклар ва электронларнинг ундай диффузияси p-соҳада акцептор киришмалар ионларининг манфий ҳажмий зарядини, n-соҳада эса, донор киришмалар ионларининг мусб ҳажмий зарядини ҳосил қилади. Ундан ташқари диффузия йўли билан мос равишда p-соҳадан n-соҳага ҳамда n-соҳадан p-соҳага оқиб ўтган коваклар ва электронлар ҳам асосан p-n ўтиш соҳасига муҳассамлашган. Ана шу айтилган зарядлар иккала соҳа чегарасидаги юпқа қатламларда – ҳажмларда жойлашади. Шунинг учун уларни ҳажмий зарядлар деб атайдилар. Бундай ҳажмий зарядлар n-яримўтказгичдан p-яримўтказгичга қараб йўналган электрик майдонни вужудга келтиради. Бу майдон асосий заряд ташувчиларнинг бир соҳадан иккинчи соҳага диффузия йўли билан ўтишига қаршилик қилади ва ноасосий заряд ташувчиларнинг дайдиш токини электронларнинг p-соҳадан n-соҳага ва ковакларнинг n-соҳадан p-соҳага кўчишини вужудга келтиради. Майдон ҳали етарли даражада катта бўлмаган ҳолларда электрон коваклар диффузияси ва иккиламчи қатлам зарядининг орттириш давом этади. Бу жараён заряд ташувчилар диффузияси ва дайдиши ўртасида мувозанат юзага келгунча давом этади. Бунда диффузиявий тоқлар нолга айланмайди, балки уларнинг таъсири дайдиш тоқлари туфайли бетарафлашади, шунинг учун бу мувозанат динамик мувозанат деб аталади. Ушбу ҳолатга ҳажмий заряд қатламининг маълум кенглиги, ички электрик майдоннинг аниқ қиймати мос келади. Шундайқилиб, p- ва n- соҳалар орасида, яъни ҳажмий зарядлар қатламларининг чегаралари орасида маълум потенциаллар фарқи вужудга келади. У p-n ўтишидаги контакт потенциаллар фарқи деб аталади. Шундайқилиб, электрон-ковак ёки p-n ўтиш бу турли хил ўтказувчанликка эга бўлган иккита яримўтказгич чегарасида ҳажмий заряд ва ички электрик майдон жойлашган қатламдир. I-расмда p – n ўтиш тузилмаси ва унинг ҳосил бўлиш жараёнлари кўрсатилган. Унда координата боши $0 = x$ ўтишининг технологик чегарасига жойлашган $x = -x_n$ ва $x = x_n$ координаталар эса, мос равишда ўтишининг p- ва n- соҳалардаги чегараларини ифодалайди.

п-нўтиш турлари

Юқорида таъкидлаганимиздек, аксари кўпчилик яримўтказгич асбобларнинг ишлаш тамойили асосида электрон-ковак ўтишининг хусусиятлари ётади. Бу хусусиятлардан асосийси р-н ўтиш электр ўтказувчанлигининг тўғри ва тескари йўналишларда (р-н ўтиш электрик занжирга тўғри ва тескари уланганда) турлича эканлигида бўлиб, у кўп жиҳатдан р- ва н- соҳалар орасидаги чегаравий қатлам кенглигига боғлиқдир.



Расм 2. п-н ўтиш (а-кескин ўтиш; б- силлиқ ўтиш)дакиришмалар концентрациясининг тақсимооти

Агар киришмалар концентрациясининг ўзгариши асосан р-н ўтиш кенглигига нисбатан кичикроқ масофадаюз берса, ўтиш кескин ҳисобланади. Бунда киришмалар концентрацияси 2а-расмда кўрсатилганидек деярли сакрабўзгаради. Бошқа хил р-н ўтишларда киришмалар концентрацияси аста секин силлиқ (2б-расм) ўзгаради. Шунинг учун уларнинг тўғрилаш хусусияти яхши бўлмайди. п-н ўтишда киришмалар концентрациясининг тақсимооти ўтишлар, шунингдек, р-н соҳалардаги асосий заряд ташувчилар концентрацияларинингўзаро нисбатига қарабам турларга ажратилади. Бунда н- ва р-соҳалардаги асосийзаряд ташувчилар концентрациялари бир хил бўлган симметрик ўтишларгаҳамда н- ва р- соҳалардаги асосийзаряд ташувчилар концентрациялари турлича($n \gg p$ ёки $p \gg n$) бўлган носимметрикўтишларга ажралади. Соҳалардаги асосий заряд ташувчиларконцентрацияси бир-биридан бир неча тартибга(масалан, $10^2 \div 10^3$ марта) фарқ қилувчи ўтишлар энг кўп қўлланилади.

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 хемозпитаксия кўринишлари маълум.

Автоэпитаксия (гомоэпитаксия)- 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.

Гетерозпитаксия-кристаллокимёвий ўзаро таъсир натижасида таглик модда таркибидан фарқ қиладиган модда қатламининг йўналиши ўсиши жараёнидир. **Хемозпитаксия**- ташқи муҳитдан келувчи модда билан тагликнинг ўзаро кимёвий таъсиридан янги фаза ҳосил бўлагани ҳолда модданинг йўналиши ўсиши жараёнидир. Ҳосил бўлган хемозпитаксиал қатлам, таркиби бўйича, таглик моддадан ва сиртга келувчи моддадан фарқ 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 фазали эпитаксия;
- 3) эритиш ёки суюқ фазадан рекристалланиш йўли билан суюқ фазада эпитаксия.

Энди қисқача бу учта усулнинг асосий хусусиятларини кўриб чиқамиз.

Молекулалар-нур эпитаксияси. Вакуумда молекулалар-нурлар оқимидан ҳосил қилинадиган эпитаксия модданинг тўғри кўчишидан содир бўлади. Модда-манба юқори вакуумда фокусланган электрон нур оқими ёрдамида молекулар заррачалар оқимини узлуксиз буғлатиб (оралиқ 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 солиштира қаршиликка эга бўлади, Чунки вакуумли камерада киришмалар кам бўлади. Бироқ, бу усулнинг унумдорлиги кичик бўлганлиги учун ишла чиқаришда қўлланилмайди.

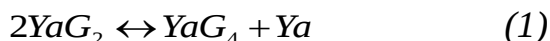
Газ фазада эпитаксия. Газ фазада яримўтказгич атомлари кимёвий бирикмалар таркибида кўчиб, кимёвий ўзаро таъсир ёрдамида ажралиб тагликка ўтиради.

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

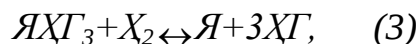
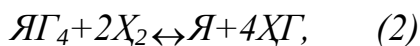
Газ фазада эпитаксиал ўсишининг механизмларидан икkitасини кўриб ўтиш мумкин. Биринчи механизмга асосан, тагликда яримўтказгич таглик сиртида катализ диссоциация реакцияси натижасида ҳосил бўлади. Иккинчисига асосан, тагликдан юқорироқда яримўтказгич бирикмалари парчаланиши содир бўлади. Газ фазада диффузия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

Яримўтказгич атомларнинг ажралиб чиқиш кимёвий реакцияларни тўртта гуруҳга ажратиш мумкин:

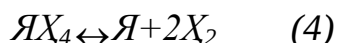
1. Галоид бирикмаларнинг диссоцияланиши



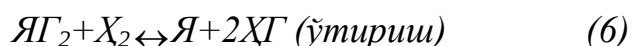
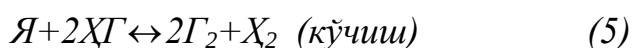
2. Галоид бирикмаларни водород билан тиклаш реакцияси



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



4. Иккита босқичда ўтувчи кимёвий кўчиш реакцияси



Бу ердаги барча реакциялар қайтрувчи. Реакция қайтиши йўналиши ва ўтириш тезилиги бошлангич моддалар зичлиги ва жараён режимига боғлиқ.

Суюқ фазада эпитаксия. Суюқ фазада эпитаксия усули тўйинган яримўтказгич материал эритмасидан яримўтказгич монокристалл қатламини ўстиришдан иборат. Эритмага чўктирилган яримўтказгич тағлик сиртида уни совитиш натижасида кристалланиши юз беради. Кўпчилик ҳолларда суюқ фазадан кристалланишда эритувчи сифатида яримўтказгич суюқ ҳолатида эрувчанлиги юқори бўлган металл, масалан, Ал-Си ёки Ау-Си 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, тағлик-эритма чегарасида температура градиенти камайишига олиб келади ва ўстирилган қатлам тозалигини оширади.

Эпитакциал қатламлар олиш қурилмалари.

Ўсувчи эпитаксиал қатламлар сифати кўп жиҳатдан температура ва газодинамик шароитларига боғлиқ. Шунинг учун ўстириш усулларига юқори талаблар қўйилади. Эпитаксиал ўстириш жараёни у амалга оширадиган

қурилмадаги реакторлар тузилишига боғлиқ. Уларнинг горизонтал ва вертикал хиллари бор.

Горизонтал реактор анча содда тузилишига эга. Бунда буг – газ аралашма оқими таглик ушлагичга параллел ўтади ва эпитоксиал қатламлар қалинлиги ҳамда солиштирма қаришилиқни ўзгартиришига олиб келади. Бунда текис ўстиришни ҳосил қилиш учун иккита усулдан фойдаланилади: 1) таглик ушлагич газ оқими йўналишига маълум бир бурчак остида жойлаштирилади. 2) таглик ушлагич узунлиги бўйича газни тақсимлаб киритиш.

Вертикал реакторлар конструкцияси яхшилиги қиздириш ва аралашма газ оқими учун анча яхши шароитни таъминлайди. Таглик ушлагичнинг айлантриши иссиқлик ва газодинамик майдонларининг текис тақсимланишига олиб келади. Тўрт қиррали таглик ушлагич ва газ – буг аралашмани вертикал киритишининг вертикал реактор қурилмаси кўрсатилган. Юқори унумдорликка эга бўлган ишчиаралашмани горизонтал киритишининг баробан кўринишидаги вертикал реактори кўрсатилган. Тўрт қиррали графикли таглик ушлагични қиздириш юқори частотали ток индуктори билан амалга оширилади, реактор кварс найдан иборат. Баробанли таглик ушлагични занглас пўлатдан тайёрланган реактор ичида резистив элементлар ёрдамида қиздирилади. Бу қиздириш баъзан реакторнинг камчилиги деб аталади.

Халорид усулида эпитаксиал қатламларни олиш қурилмаси берилган.

Легирланган эпитаксиал қатламни олиш учун тетрахлорид кремний ёки легирловчи қўшимчалар n -турни BBr_3 ёки n -турни PCl_3 ҳосил қилувчи легирловчи қўшимча таркибли аралашма $SiCl_4 + BBr_3$ ёки $SiCl_4 + PCl_3$ термостат идишида тетрахлорид температураси юқори аниқликда ушлаб турилади. Бу эса, зарурий буг босимини таъминлайди. Одатда бу температура $0^\circ C$ дан паст, чунки $SiCl_4$ жуда учувчи суюқлик.

Системага палладий тозаловидан ўтган водород берилади. Чунки палладий тозалови нам ва кислород қолдиқларидан водородни тозалайди. Палладий ёки платинали тозалов системаси $400^\circ C - 450^\circ C$ қиздирилган диафрагмадан иборат. Бу диаграмма орқали юқори тезликда атомар водород диффузияланади ва унинг сарфи $1 м^3/соат$ ни ташиқил қилиб бошқа

моддалар бу диафрагма орқали умуман ўтмайди, чунки уларнинг диффузия коэффициентлари кичик. Тозалов нуқтаси шудрингдан сўнг -70°C ни ташиқил этади. Водород 1 крандан - водород сарфини ўлчовчи ротаметр орқали ўтади. 2, 3, 4 кранлар ётиқ ҳолатда бўлади. Кремнийли тагликлар $1000^{\circ}\text{C} - 1200^{\circ}\text{C}$ гача қиздирилади ва уларнинг сирти водород оқимида тозаланади. 1 кран ётилади, 2 ва 3 кранлар очилади. Водород SiCl_4 ли идиши орқали ўтади ва реакторга тетрахлорид буғи билан тўйиниб элементар кремний тикланади.

Реаксияда қатнашмаган SiCl_4 , H_2SiCl_2 ва бошқа маҳсулотлар 5 очиқ кран орқали скрибберга чиқади. Скриббернинг вазифаси заҳарли чиқиндиларни ушлаб қолиши ва водород алангасида ёндириб юборишдан иборат. Эпитаксиал ўстиришида газ едириши учун 1 кран орқали HCl эпитаксия жараёнидан олдин берилади.

Эпитаксиал ўстириши технологияси пластинкага қўйилган талаблардан келиб чиқади. Бу эпитаксиал қатлами қалинлиги ва легирланиш сатҳ қийматлари (аниқлиги $\pm 5\div 10\%$) ёмон бўлмаган ҳолда ечилади. Эпитаксиал қатлам қалинлиги талаб даражасидаги такрорийликка эришиши учун ўсиш тезлигининг доимийлигини сақлаш керак. Бунинг учун эса SiCl_4 , SiH_2 асосий моддалар концентрацияси сатҳини бу жараёнда температурани ўзгармас ушлаб туриши керак. Эпитаксиал қатлам солиштирма қаришлигининг бир хил бўлиши учун қиздириши текис бўлиши керак.

Германий эпитаксиясига қизиқиши германийни кам шовқинли ўта юқори частотали транзисторлар ва гемс яратиши муҳитлигидан келиб чиқади. Чунки, бу асбоблар кремнийни ИМС ларига нисбатан паст температураларда саралироқ ишлайди. Германий эпитаксиал қатламларини ўстиришининг хлорид усули яхши ўрганилган.

Ўтказиш 800°C да бажарилади ва германий титрохлориди зичлиги 0,2% га яқин бўлади. Аралашма орқали тезлиги танланган қиймати реактор тузилишига, оқим бериши усулига боғлиқ бўлиб, одатда тезлик катталиги 20 см/с дан ошмайди. Эпитаксиал қатламнинг 800°C да ўсиш тезлиги 0,5 мкм/мин ни ташиқил қилади. Германий эпитаксиал қатламларни ўстиришининг гидрид усулида олиши водород муҳитида германий (GeH_4) ёрдамида 700°C температура яқинида ва GeH_4 зичлиги

0,1%-0,2% бўлганида бажарилади. Ўсиш тезлиги 800°C гача ошиб боради, кейин газ фазада GeX_4 парчаланиши камаяди. GeX_4 нинг газ фазали парчаланишини пасайтириши учун юқори тезликдаги газ оқимидан фойдаланилади. Саноат етарли даражада тоза германий тетрахлоридидан фойдаланганлиги учун солиштирма қарлишиги 15-ҳажмдан катта бўлган эпитаксиал қатламни олиши имконини беради.

Яна камроқ қўлланиладиган усуллардан бири ёпик ҳавоси сўрилган кварц найда олишидир. Найда германий тетраэидиди GeI_4 бўлиб, бу зона 550°C - 700°C гача қиздирилади. Найнинг иккинчи зонасида германий таглик бўлиб унинг температураси 300°C - 400°C ни ташкил қилади. Биринчи зонада қуйидаги реакция кетади: $\text{GeI}_4 + \text{Ge} \rightarrow 2\text{GeI}_2$. Германий диодиди тагликка диффузияланиб, қуйидаги реакция содир бўлади:



Натижада германий тагликка ўтиради, буглари эса манба соҳасига диффузияланади ва реакция яна қайтарилади.