

Tojimirzayeva Ozoda Vohidjon qizi

Namangan Davlat universiteti magistranti

E-mail: ozodatojimirzayeva@gmail.com

YARIMO'TKAZGICH MATERIALLARNI EPITAKSIAL O'STIRISH TEKNOLOGIYALARI

Annotatsiya: *Hozirgi kunga kelib yuqori sifatli kristall materiallarni o'stirish texnologiyalari rivojlanmoqda. Ushbu maqolada kristallarni o'stirish texnologiyalaridan epitaksial o'stirish texnologiyalari, ularning turlari va afzalliklari haqida ma'lumotlar keltirilgan. Kristallarni o'stirish texnologiyalari asosida elektron va optoelektron qurilmalarda nanoo'lcham darajasida ishlab chiqarish imkoniyatiga ega bo'linadi.*

Kalit so'zlar: *Yarimo'tkazgichlar, epitaksiya, avtoepitaksiya, geteroepitaksiya, kimyoepitaksiya, avtolegirlash.*

Озода Тожимирзаева Вохиджон кизи

Магистрант Наманганский государственный университет

E-mail: ozodatojimirzayeva@gmail.com

ТЕХНОЛОГИИ ЭПИТАКСИАЛЬНОГО ВЫРАЩИВАНИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация: *На сегодняшний день технологии выращивания высококачественных кристаллических материалов динамично развиваются. В данной статье представлены сведения о технологиях эпитаксиального*

выращивания как части методов выращивания кристаллов, их видах и преимуществах. Технологии выращивания кристаллов позволяют производить электронные и оптоэлектронные устройства на наноразмерном уровне.

Ключевые слова: Полупроводники, эпитаксия, автоэпитаксия, гетероэпитаксия, хемоэпитаксия, автолегирование.

Ozoda V.Tojimirzayeva

Master's student of Namangan State University

E-mail: ozodatojimirzayeva@gmail.com

EPITAXIAL GROWTH TECHNOLOGIES OF SEMICONDUCTOR MATERIALS

Abstract: *To date, technologies for growing high-quality crystalline materials have been advancing rapidly. This article provides an overview of epitaxial growth technologies, their types, and advantages within the framework of crystal growth methods. Based on these crystal growth technologies, it has become possible to manufacture electronic and optoelectronic devices at the nanoscale level.*

Keywords: *Semiconductors, epitaxy, autoepitaxy, heteroepitaxy, chemoepitaxy, autodoping.*

Kirish.

Bugungi kunda zamonaviy elektron qurilmalar yarimo'tkazgich materiallardan tayyorlanadi. Epitaksiya usuli 60-yillar oralig'ida ishlab chiqariluvchi qurilmalardagi ko'plab muammolarni bartaraf qilish imkonini bergan. Yarimo'tkazgichlar odatda kristall, amorf va suyuq holatda bo'ladi. Epitaksiya usuli takomillashgan qurilmalarni yaratishdagi birmuncha

qiyinchiliklarni bartaraf qilishga yordam beradi. Epitaksiya jarayoni gaz, suyuq fazalarda va vakuumda amalga oshiriladi.

Epitaksiya yunoncha “epi”- “ustiga”, “taksis”- “tartibli o’rnatish degan ma’noni anglatadi. Epitaksiya bu kristall asos ustida yana bitta unga o’xshagan yupqa kristall qatlamini hosil qilish hisoblanadi. Epitaksiya avtoepitaksiya, geteroepitaksiya, kimyoepitaksiya kabi turlarga bo’linadi.

Avtoepitaksiyada taglik va o’stiriladigan qatlam uchun bir moddadan foydalaniladi.

Geteroepitaksiyada taglik va o’stiriladigan qatlam uchun turli moddalardan foydalaniladi hamda ular o’zaro kimyoviy ta’sirlashmaydigan moddalar hisoblanadi.

Kimyoepitaksiyada taglik va o’suvchi qatlam orasida kimyoviy ta’sirlashuv yuz beradi.

Epitaksiyaning o’sayotgan qatlam shakllanishining fizik-kimyoviy tabiatlarini hisobga olgan holatda uchta texnologik o’stirish usuliga ajratishimiz mumkin. Ular molekulyar nur epitaksiyasi, gaz fazali epitaksiya, suyuq fazali epitaksiya hisoblanadi.

Vakuumda molekulyar nurlardan molekulyar nur epitaksiyasida foydalaniladi. Manba moddasi yuqori vakuum orqali fokuslangan nurlar yordamida intensiv bug’lantirilib, to’g’ridan-to’g’ri taglikka yetib boruvchi molekulyar oqim hosil bo’lishiga sababchi bo’ladi. Molekulyar ta’sir natijasida taglik sirtida yarimo’tkazgich zarralari ma’lum bir strukturani hosil qiladi. Epitaksial qatlam taglik sirti bo’ylab o’sib, o’suvchi qatlam va taglik kristall tuzilishlari bir hil bo’ladi.

Gaz yoki bug’ fazali epitaksiyada gaz kirishma tarkibidagi kimyoviy o’zaro ta’sirlardan foydalaniladi hamda ular gaz yoki kimyoviy epitaksiya deb ataladi. Kimyoviy epitaksiya usulida yarimo’tkazgich atomlari kimyoviy ta’sirlashuv

natijasida taglik ustiga keladi va kimyoviy birikma taglik yuzasida dissotsiatsiyalanadi.

Suyuq fazali epitaksiyalarda eritmaning suyqulikdagi to'yingan kirishmasidan monokristalli yarimo'tkazgichlarni yaratishda foydalaniladi. Eritma sovigach, eritmaga botirilgan taglik yuza qismida yarimo'tkazgich epitaksial kristallanishi ro'y beradi. Suyuq fazali epitaksial o'stirish usulida eritma sifatida past haroratlarda ham erish husussiyatga ega komponentlardan foydalaniladi. Ularga Ga, GaAs va GaP ni misol qilib keltirishimiz mumkin. Kristallanish paytidagi haroratni kamaytirish orqali taglik va eritma orasidagi harorat muvofiqlashtirilib, o'sayotgan qatlam tozalik sifati oshishiga erishish mumkin bo'ladi. Suyuq fazali epitaksiyada qurilma tuzilishiga ko'ra ochiq hamda yopiq jarayon kabi turlarga bo'linadi. Ochiq jarayonlar inert gaz yokida qaytaruvchi muhitlarda sodir bo'ladi. Ochiq jarayonlardan nisbatan ko'proq foydalaniladi. Yopiq jarayonlar esa yopiq ampulada amalga oshiriladi.

Epitaksial o'stirish jarayonlari maxsus reaktorlarda amalga oshiriladi. Epitaksial o'stirish reaktorlari dizayniga ko'ra gorizontaal hamda vertikal turlarga bo'linadi. Gorizontaal reaktorlar konstruksiya jihatdan oddiy tuzilishga ega bo'ladi. Gaz kirishmasining oqimi taglikka parallel ravishda yo'nalgan bo'ladi. Bu orqali plastinka ustida oqim kamayib epitaksial qatlam qalinligi hamda qarshiligining o'zgarishi sodir bo'ladi. Jarayonda bir xil cho'kish hosil bo'lishi uchun 2 hil usuldan foydalaniladi. Birinchi usulda taglik gaz oqimi yo'nalishi bo'yicha ma'lum bir burchak ostida joylashtirilsa, ikkinchi usulda taglik ushlagichni butun uzunligi bo'ylab gaz kirishidan foydalaniladi.

Vertikal reaktorlar konstruksiyasi o'q bo'yicha simmetriyaga ega bo'lganligi sababli gaz kirishmasini isitish hamda oqim uchun qulay sharoitga ega bo'lish mumkin bo'ladi. Vertikal reaktorlarda taglik ushlagichining aylana olishi orqali termal hamda gaz-dinamik maydonlar muvozanat holatiga erishiladi.

Epitaksial o'sish jarayoni plastinkani reaktorga joylash; reaktorni inert gaz va vodorod yordamida tozalash; plastinkani qizdirib gaz bilan yemirib tozalash

uchun tayyorlash va reagentlarni jo'natish; o'sish uchun mos haroratni rostlash va yemirilishni to'xtatish; epitaksial qatlamni o'stirish va kirishma atomlari bilan legirlash uchun reagentlarni yuborish; reagentlar yuborishni to'xtatib qisqa muddatli vodorod bilan tozalash; qizdirgichni o'chirish va vodorod hamda inert gazlar yordamida tozalash; reaktorlarni plastinkadan chiqarish kabi bosqichlarni o'z ichiga oladi. Yarimo'tkazgichli qurilmalar ishlab chiqarishda eng ko'p kremniy epitaksiya jarayonlaridan foydalaniladi. Kremniy xloridlarni vodorod bilan tiklash ya'ni xloridli epitaksiya usuli amaliyotda keng qo'llaniladi. Kremniy epitaksiyaning xloridli usuli soddaligi hamda boshlang'ich materiallarning mavjudligi sabab keng foydalaniladi. Xloridli usulda taglik harorati 1200 °C qiymatga ega bo'ladi. Buning natijasida kirishma atomlari miqdori ko'p bo'lgan plastinkada taglikda o'sayotgan epitaksial qatlam bilan diffuziya hodisasi ro'y beradi. Bu jarayon avtolegirlash hodisasi hisoblanadi. Avtolegirlash tufayli taglik ustidagi epitaksial qatlamdagi kirishma atomlar konsentratsiyasi va ushbu konsentratsiyaga ega soha qalinligi, epitaksial qatlam va taglik chegarasidagi kirishma atomlar taqsimoti o'zgartiriladi. Kirishma atomlarida diffuziyani cheklash uchun haroratni pasaytirish kerak. Diffuziyani cheklash uchun kremniy epitaksial o'stirishda ultrabinafsha nurlanish yordamida haroratni 1000 °C gacha kamaytirish mumkin. Ultrabinafsha nurlar kirishma atomlarini taglik yuzasidagi harakatchanligini kamaytiradi.

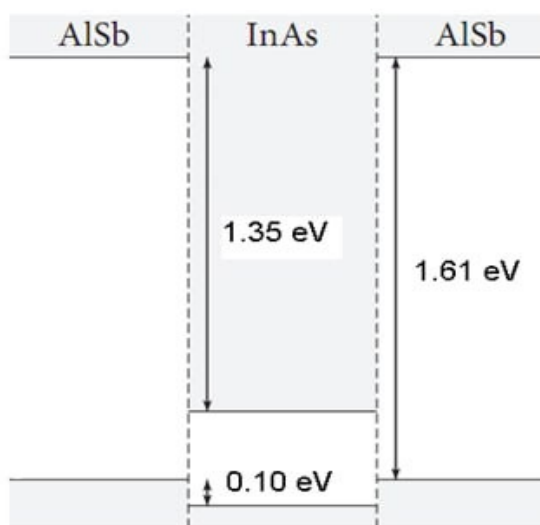
Epitaksial qatlam sifatini ko'rsatadigan omillardan ya'na biri bu jarayon harorati hamda gazning dinamik holatlari hisoblanadi. Epitaksial o'stirish qurilmalariga yuqori talablar qo'yiladi.

Yarimo'tkazgich qurilmalar va integral mikroshemalar ishlab chiqarishda epitaksial qatlam yaroqlilik sifatini aniqlash muhim omillardan biri hisoblanadi. Qatlam yaroqliligining asosiy parametrlari bu qatlam qalinligi, nuqsonlar zichligi hamda zaryad tashuvchilar konsentratsiyasi hisoblanadi.

Epitaksiya usuli $A^{\text{III}}B^{\text{V}}$ turdagi yarimo'tkazgichlarni o'stirish uchun keng qo'llaniladi.

Yarimo'tkazgichlarda turli dislokatsiya nuqsonlar uchrab turadi. Epitaksial o'stirish natijasida yarimo'tkazgich materialidagi dislokatsiya nuqsonlar epitaksial qatlamda ham o'sa boshlaydi. Dislokatsiyalar zichligini kamaytirish maqsadida qatlamga mexanik ishlov hamda gaz yoki inert gazlar yordamida tozalashlar olib boriladi.

Molekulyar nur epitaksial o'stirish usuli yarimo'tkazgichli optoelektron qurilmalarni yaratishda eng samarali usul hisoblanadi. Molekulyar nur epitaksion o'stirish usuli yordamida AlSb-InAs-AlSb geterotuzilmadagi chekli kvant o'rani atom qatlamlar darajasida nazorat qilish imkoniga ega bo'linadi. AlSb-InAs-AlSb geterotuzilmasining enegetik holati 1-rasmda keltirilgan. 15nm kenglikdagi InAs kvant o'rasi hamda 1.35eV balandlikdagi AlSb potensial to'siq asosidagi geterostrukturani amaliyotda Molekulyar nur epitaksiya usuli yordamida hosil qilish mumkin.



1-rasm. AlSb-InAs-AlSb geterotuzilmasining energetik zonalar diagrammasi

AlSb-InAs-AlSb geterostruktura uchun Shredinger tenglamasini sonli yechish orqali sathlararo o'tish energiyalari farqi $\Delta E_{21} \approx 0.0133$ eV ga tengligini aniqlashimiz mumkin. Bunda to'lqin uzunlik $\lambda \approx 9.3 \mu m$ ga tog'ri keladi. Ushbu

parametrli epitaksial qatlamlardan yuqori samarali infraqizil lazerlar va detektorlar ishlab chiqarish imkoniga ega bo'linadi. Molekulyar nur epitaksion o'stirish jarayonida InAs qatlamida chekli kvant o'ra hosil bo'ladi

Xulosa

Xulosa qilib aytish mumkinki, Epitaksial o'stirish texnologiyalari zamonaviy nanoelektronikaning ajralmas qismidir. Ushbu usullar yordamida kristall taglik ustida boshqa bir kristallni o'stirish va ularni atom darajasida nazorat qilish imkoniga ega bo'linadi. Epitaksial o'stirish usuli $A^{\text{III}}B^{\text{V}}$ turdagi yarimo'tkazgich materiallarni o'stirish uchun samarali usul hisoblanadi. Bu usul yordamida yuqori darajada toza hamda kam nuqsonli va bizga kerakli nanoo'lchamdagi materiallarni hosil qilish mumkin. Epitaksion o'stirish texnologiyalari orqali kvant nuqtalar va kvant o'ralar hosil qilish va bu orqali infraqizil lazerlar va yuqori sezuvchanlikka ega detektorlar samaradorligini oshirish imkoniyatiga ega bo'linadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Semiconductor Heterojunctions and Nanostructures. Omar Manasreh. Copyright © 2005 by The McGraw-Hill Companies, Inc.
2. D.R.Jurayev, A.A. Turayev, Sh.SH. Fayziyev, B.A. Hikmatov. Fizikaning zamonaviy tadqiqot usullari. 274 b.
3. Yarimo'tkazgichli asboblari va integral sxemalar texnologiyasi. Darslik. X.M. Illayev, Z.T. Kenjayev, S.V. Koveshnikov, V.B. Odjayev, V.S. Prosolovich. "Zamon poligraf" nashriyoti- Toshkent: 2025. 208b