

Si TAGLIKLARI VA $(Si_2)_{1-x}(CdS)_x$ EPITAKSIAL QATLAMLARIGA SIFATLI OMIK KONTAKTLAR OLISH USULI

Karimov Xasan Narzullayevich

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti

Asfandiyorov Ma'rufjon Mansur o'g'li,

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti

Xoliqov Kamoliddin Abdug'ani o'g'li

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti

Axmadov Majidjon Ashraf o'g'li

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti

<https://doi.org/10.5281/zenodo.7437531>

Annotatsiya. Ushbu ishda yarimo'tkazgichli moddalarning yupqa epitaksial qatlamlarini o'stirishning zamonaviy usullari: molekulyar-nur epitaksiyasi, gaz fazali epitaksiya va suyuq fazali epitaksiya to'g'risida qisqacha ma'lumotlar keltirilgan. Qalayning suyuq fazasidan (111) kristallografik yo'nalishga ega bo'lgan monokristall kremniy tagliklariga o'stirilgan $(Si_2)_{1-x}(CdS)_x$ qattiq qorishmasining va $p-Si-n-(Si_2)_{1-x}(CdS)_x$ ($0 \leq x \leq 0.01$) strukturasining elektrofizik xossalari va spektral fotosezgirliги bo'yicha aniqlangan tajriba natijalari va ularning tahlillari, shuningdek $p-Si$ ustiga $Al-Ni$ hamda $n-(Si_2)_{1-x}(CdS)_x$ ustiga $Ag-Ni$ larni vakuumda termik changlatish orqali omik kontaktlar olish bo'yicha tajriba natijalari tahlil qilingan.

Kalit so'zlar: vakuumli purkash usuli, epitaksial qatlam, Omik kontakt, suyuqfazali epitaksiya usuli, VAX, elektrofizik xususiyat, fotoelektrik xususiyat, yarimo'tkazgichlar, molekulyar-nur epitaksiyasi, gaz fazali epitaksiya, monokristall.

МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ КАЧЕСТВЕННЫХ ОМИЧЕСКИХ КОНТАКТОВ К ОСНОВАМ Si И ЭПИТАКСИАЛЬНЫМ СЛОЯМ $(Si_2)_{1-x}(CdS)_x$

Аннотация. В данной работе представлена краткая информация о современных методах выращивания тонких эпитаксиальных слоев полупроводниковых материалов: молекулярно-лучевой эпитаксии, газофазной эпитаксии и жидкофазной эпитаксии. Твердой смеси $(Si_2)_{1-x}(CdS)_x$ и $p-Si-n-(Si_2)_{1-x}(CdS)_x$ ($0 \leq x \leq 0.01$) результаты экспериментов по электрофизическим свойствам и спектральной фоточувствительности структуры и их анализа, а также $Al-Ni$ на $p-Si$ и $Ag-Ni$ на $n-(Si_2)_{1-x}(CdS)_x$ в вакууме термически проанализированы результаты опытов по получению омических контактов путем опыления.

Ключевые слова: метод вакуумного напыления, эпитаксиальный слой, омический контакт, метод жидкофазной эпитаксии, VAX, электрофизические свойства, фотоэлектрические свойства, полупроводники, молекулярно-лучевая эпитаксия, газофазная эпитаксия, монокристалл.

METHOD OF OBTAINING QUALITY OHMIC CONTACTS TO Si BASES AND $(Si_2)_{1-x}(CdS)_x$ EPITAXIAL LAYERS

Abstract. In this work, brief information on modern methods of growing thin epitaxial layers of semiconductor materials: a brief overview of molecular-light epitaxy, gas-phase epitaxy and phase epitaxy. A solid mixture of $(Si_2)_{1-x}(CdS)_x$ grown on monocrystalline silicon bases with a crystallographic orientation from phase (111) of tin and $p-Si-n-(Si_2)_{1-x}(CdS)_x$ ($0 \leq x \leq 0.01$) Experiments and forensic analyzes on the electrophysical properties and spectral

photosensitivity of the structure ($0 \leq x \leq 0.01$), p-Si quality Al-Ni and $n(\text{Si}_2)_{1-x}(\text{CdS})_x$ settings Ag-Ni thermal in vacuum. experimental experience in obtaining omic contacts through dusting.

Keywords: *vacuum deposition method, epitaxial layer, ohmic contact, liquid-phase epitaxy method, CVC, electrophysical properties, photoelectric properties, semiconductors, molecular beam epitaxy, gas-phase epitaxy, single crystal.*

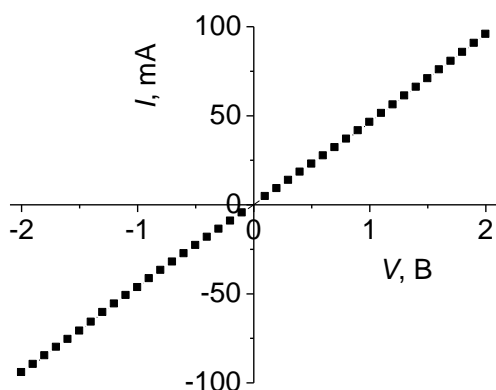
Kirish. Ushbu tadqiqot ishida strukturalarga vakuumli purkash usulida taglikning ostki tomoniga to'liq, epitaksil qatlam tamoniga yo'l-yo'l shaklda kumushdan omik kontakt olinishi yoritib berilgan. CARL ZEISS JENA (germaniya) firmasining monoxromatorni tekshiruvchi moslamasida fototokni spektral bog'lanishi o'rganildi. Yorug'lik manbai sifatida quvvati 100 W bo'lgan galogenli lampadan foydalanildi.

Bizga ma'lumki Si tagliklariga suyuq epitaksiya usulida o'stirilgan $(\text{Si}_2)_{1-x}(\text{CdS})_x$ strukturali namuna parametrlarining o'lchash xususiyatlarini o'rganish uchun sifatli kontakt olishimiz zarur bo'ladi. Omik kontakt olish uchun $(\text{Si}_2)_{1-x}(\text{CdS})_x$ qattiq qorishmani keraksiz moddalardan tozalash kerak. Uning uchun HF ftorid kislotaga HNO_3 nitrat kislotasi 1:3 nisbatda tayyorlangan aralashma travitel yordamida kimyoviy ishlov beriladi. Kimyoviy ishlov berishdan oldin mikrometr yordamida namunaning qalinligini o'lchanadi va ishlov berilganidan keyin yana qalinligi o'lchanib natijalar solishtiriladi[1-3]. Agar kimyoviy ishlov berish jarayoni 1 minut davom etganda natijani solishtirsak qatlam qalinligi taxminan 1 μm ga kamayib namuna qalinligi 6 μm bo'lishini ko'rishimiz mumkin. Endi kontakt olish uchun VUP-4 qurulmasidan foydalanamiz. Qurulmani dastlab toza texnik spirt yoki boshqa tozalovchi vositalar yordamida yaxshilab tozalab olamiz va namunani unga joylashtiramiz. "p-n" tipli kontakt hosil qilish uchun namunaning bir tomoniga kumush ikkinchi tomoniga esa alyuminiy metallaridan belgilangan miqdorda qurilmaga joylashtirib olamiz.

Qurulma ishga tushurilgach qopqoq qismi yopilib vakuumli nasos ishga tushuriladi va vakuum hosil qilinadi, chunki namina havodagi molekulalar bilan oksidlanib sifatsiz qatlam hosil qilinishi mumkin. Namuna turgan taglik kumush bilan qo'shib kontakt hosil qilish uchun qizdiriladi. Taglik temperatura 470 °C ga yetganda dastlab 2 daqiqa davomida kumush purkab sepiladi. Aluminiy pardalarni qoplash uchun vakuumda ($5 \cdot 10^{-3}$ Pa) termik bug'lantirish usuli keng qo'llaniladi. Sifatli pardani elektron-nur qizdirgichda aluminiy simlarini qizdirish bilan olish mumkin. Bunda aluminiyda bug'lanish tezligini elektron oqim quvvatini o'zgartirish bilan keng oraliqda o'zgartirish kerak. Quvvat oshishi bilan metall kondensirlash tezligi chiziqli o'sib boradi. Elektron nur quvvati 6 kW va taglik bilan osilgan sim orasidagi masofa 0,25 m bo'lganda kondensatsiya tezligi taxminan 0,15 $\mu\text{m/s}$ ni tashkil qiladi. Ma'lumki hosil bo'lgan parda tuzilmasi va kontaktning sifati taglik sirti sifatiga va temperaturaga bog'langan. Shuning uchun aluminiy qatlamni kremniy taglikka o'tqazishda temperatura 600 dan 820 K gacha bo'lgan oraliq tanlanadi. Temperaturaning oshishi aluminiy qatlamning katta donador bo'lishiga olib keladi. Undan tashqari temperaturaning 770 dan 820 K oraliq'ida aluminiyning kremniyga yopishqoqligi ancha oshib ketadi. Kristall bilan qatlam o'rtasida erigan suyuqlik hosil bo'lishidan saqlanish uchun taglik temperaturasi 950 K dan oshmasligi kerak. Qatlamni hosil qilishdan oldin taglik yuqori darajada tozalangan bo'lishi kerak. Buning uchun ular ftorid kislota (HF) (aseton bilan (1:10) aralashmada) va toza asetonda uch marta yuviladi. Elektr

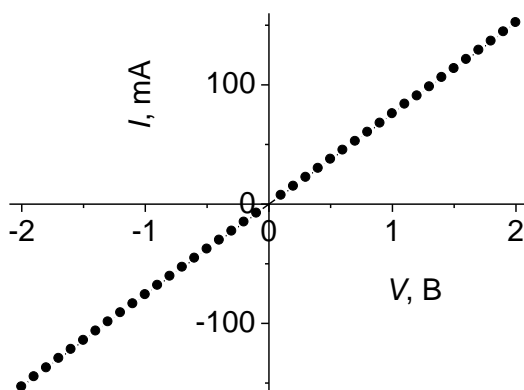
o'tkazuvchanligi n -tur bo'lgan kremniyda omik kontakt qarshiligini kamaytirish uchun oltindan hosil qilingan yupqa qatlam bilan qoplanadi[4-7].

Ushbu ishda biz suyuqfazali epitaksiya usulidan foydalanib $(\text{Si}_2)_{1-x}(\text{CdS})_x$ asosidagi qattiq qorishmani o'stirdik va u asosida yaratilgan p - n - strukturalarning volt-amper xarakteristikasi (VAX)ni tekshirdik. Buning uchun (111) kristall yo'nalishiga ega bo'lgan monokristall Si tagliklariga qalayli (Sn) qorishma-eritmasidan (Sn+Si) chegaralangan hajmda suyuq fazali epitaksiya usulida n - $(\text{Si}_2)_{1-x}(\text{CdS})_x$ qattiq qorishmalarini o'stirdik. O'stirish jarayoni vertikal joylashgan kvarsli kamerada tozalangan vodord oqimi ostida amalga oshirildi[19]. Bunda qorishma-eritma qalinligi 1 mm, qorishma-eritmaning sovish tezligi 1 gradus/minut, kristallanishning boshlang'ich temperaturasi 1150 °C ni tashkil etdi. 20 minut davomida shu temperaturada ushlab turiladi (termootjig) bunda Aluminiyni havoda oksidlanib qolishini oldini olish uchun uning ustiga Ni sepildi. O'stirilgan epitaksial qatlamlari elektron o'tkazuvchanlikka ega bo'lib ularning qalinligi $\sim 25 \mu\text{m}$ ni, solishtirma elektr qarshiligi esa $\sim 0,016 \Omega\cdot\text{cm}$ ni tashkil qildi. 1-rasmda Ni-Al- p -Si-Al-Ni strukturasi VAX ko'rsatilgan.



1-rasm. Ni-Al- p -Si-Al-Ni strukturasi VAX xarakteristikasi.

1-rasmdan ko'rinib turibdiki Ni-Al- p -Si-Al-Ni strukturasi VAX chiziqi ko'inishga ega bo'lib u diod xarakteristikasiga ega emas, ya'ni strukturada energetik to'siqqa ega bo'lgan o'tish mavjud emas. Aluminiy p -Si bilan omik kontaktlar hosil qilgan. Xuddi shunga o'xshash, p -Si- n - $(\text{Si}_2)_{1-x}(\text{CdS})_x$ strukturasi n - $(\text{Si}_2)_{1-x}(\text{CdS})_x$ qatlamiga kumush (Ag) va Ni lardan foydalangan holda omik kontaktlar hosil qilinadi. Buning uchun qatlam ustiga vakuumda (10^{-5} Torr) 470 °C temperaturada Ag uchirildi (issiqlik ta'sirida bug'latish yo'li bilan) va u 20 min davomida shu temperaturada ushlab turildi (termootjig). Kumushni havoda oksidlanib qolishini oldini olish uchun uning ustiga Ni uchirildi. 2-rasmda Ni-Ag- n - $(\text{Si}_2)_{1-x}(\text{CdS})_x$ -Ag-Ni strukturasi VAX ko'rsatilgan.



2-rasm. Ni–Ag– n –(Si₂)_{1-x}(CdS)_x–Ag–Ni strukturasi uchun volt-ampere xarakteristikasi.

Yuqorida Ni–Al– p –Si–Al–Ni strukturasi uchun ta’kidlangani kabi, 2-rasmdan ko’rinib turibdiki, kumush n –(Si₂)_{1-x}(CdS)_x qatlami bilan omik kontaktlar hosil qilishim mumkin.

p –Si– n –(Si₂)_{1-x}(CdS)_x strukturasi uchun epitaksial n –(Si₂)_{1-x}(CdS)_x qatlamida ya’ni yuza qatlamida omik kontaktlar to’rtburchak shaklida bo’lib, uning yuzasi 4 mm² ga, strukturaning orqa tomonidagi kontaktlar, ya’ni p –Si tagligidagi kontaktlar esa namunaning butun yuzasi bo’ylab uzluksiz tarzda hosil qilinadi. Tekshirilgan namunalar R_{Ω} – p – n – R_{Ω} ko’rinishidagi diod strukturalaridan iborat bo’lib, bunda R_{Ω} – omik metall kontakt vazifasini o’taydi[8-10]. Diod strukturasi uchun asosi p – Si – n – (Si₂)_{1-x}(CdS)_x ($0 \leq x \leq 0.01$) tizimidan iborat bo’lib, n qatlam solishtirma elektr qarshiligi $\sim 0,016 \Omega\cdot\text{cm}$, qalinligi esa $d \approx 25 \mu\text{m}$ bo’lgan qattiq qorishmadan, r qatlam esa solishtirma elektr qarshiligi $10 \Omega\cdot\text{cm}$ va qalinligi $400 \mu\text{m}$ bo’lgan Si tagligidan iborat[6,11].

Vakuumba joylashgan (10^{-5} Torr) p Si taglik ustidagi Al keyin Ni 470 °C temperaturagacha qizdiriladi va purkash yo’li bilan elektronlar yig’ib olinib tok o’tkazuvchi omik kontaktlar hosil qilindi. Al va Ni metallari uchirilganidan so’ng namunalar shu temperaturada 7-8 minut davomida ushlab turiladi va metallarni (Si₂)_{1-x}(CdS)_x epitaksial qatlami bilan adgeziyasi yaxshilandi[12].

Xulosa. Si tagliklariga suyuq epitaksiya usulida o’stirilgan (Si₂)_{1-x}(CdS)_x strukturali namunamizni parametrlarini o’lchash xususiyatlarini o’rganish uchun sifatli kontakt olishning namunaning elektrosxemalarda sifatli ish olib borishini ta’minlaydi. Tadqiqot natijalari shuni ko’rsatdiki monokristall tagliklariga suyuq faza epitaksiyasi vositasida o’stirilgan yangi (Si₂)_{1-x}(CdS)_x qattiq qorishmasi elektrofizik va fotoelektrik xususiyatlari bo’yicha mikroelektronika asboblari yaratishda, xususan samarador fotoelementlar va fotodatchiklarni ishlab chiqarishda qo’llanilishi mumkin bo’lgan dolzarb yarimo’tkazgich materiallaridan biri hisoblanadi.

REFERENCES

1. Саидов А.С., А.Ю. Лейдерман, Усмонов Ш.Н. Холиков К. Т. Вольтамперная характеристика p - n структур на основе непрерывного твердого раствора (Si₂)_{1-x}(CdS)_x // ФТП. – Санкт-Петербург, 2009. –Т. 43. С. 436-438.
2. Саидов А.С., Усмонов Ш.Н, Сапаров Д. Холиков К.Т., Курмантаев А.Н. Получение и исследование некоторых электрофизических свойств p Si- n (Si₂)_{1-x}(CdS)_x структур //

- Физика и физическое образование: достижения и перспективы развития: Тез. докл. межд. науч. конф. – 7-9 сентября 2006. – Бишкек, 2006. – С.15.
3. Саидов А.С., Усмонов Ш.Н., Холиков К. Т., Сапаров Д. Спектральная чувствительность твердого раствора $(\text{Si}_2)_{1-x}(\text{CdS})_x$ ПЖТФ, 2007, том 33, выпуск 20, стр. 5-10.
 4. Э.З. Имамов Х.Н.Каримов, С.С.Халилов, А.Э.Имамов // Будущее за обучением с активным процессом самообразования студентов // “Science and innovation” international scientific journal. (ISSN: 2181-3337) 2022. № 5. -С. 479-482
 5. Х.Ш.Асадова, Ю.Н.Каримов // Янги замонвий технологиялар асосида ўқув жараёнини самарали ташкил этиш //«Science and innovation» international scientific journal. Volume 1 Issue 7. 2022. -С. 230-233
 6. Э.З. Имамов Х.Н.Каримов, С.С.Халилов, А.Э.Имамов // Янги ўзбекистонда қайта тикланувчи энергия манбаларини жорий этиш билан боғлиқ муаммолар //«Science and innovation» international scientific journal. (ISSN: 2181-3337) 2022. № 3. -С. 367-372
 7. E.Z.Imamov, R.A.Muminov, T.A.Jalalov, X.N.Karimov Ilmiy xabarnoma-Scientific Bulletin.№1 p. 25-27 (2019)
 8. E.Z.Imamov, R.A.Muminov, T.A.Jalalov, X.N.Karimov, G.Ergashev Uzbek journal of physics. No. 3. pp. 173 -179 (2019)
 9. E.Z.Imamov, R.A.Muminov, T.A.Jalalov, X.N.Karimov "Physics of semiconductors and microelectronics". No. 4 Pp. 14-21 (2019)
 10. E.Z.Imamov, R.A.Muminov, R.Kh.Rakhimov Scientific-technical journal (STJ FerPI, 2020, T.24, №5) pp 31-36 (2020)
 11. Imamov E.Z., Muminov R.A. Rakhimov R.Kh. /Analysis of the efficiency of a solar cell with nano-dimensional hetero transitions. Computational nanotechnology. Выпуск №5, - С.47-56. 2021.
 12. Усмонов Ш.Н. Температурная зависимость вольт–амперных характеристик $p\text{Si-n}(\text{Si}_2)_{1-x}(\text{CdS})_x$ структур. Материалы 2 – Международной конференции «Неравновесные процессы в полупроводниках и в полупроводниковых структурах», г.Ташкент, 12-14 ноября 2009 г., ст. 142-144.