

KREMNIY TAGLIKGA CdTe QATLAMINI O‘STIRISH VA YARATILGAN GETEROSTRUKTURANING ELEKTOFIZIK XOSSALARINI VA NAMLIKGA TA‘SIRINI O‘RGANISH

Sapayev Bayramdurdi

Alfraganus universiteti f.m.f.d. professor

Yo‘ldashev Qodirjon Abdumutalib o‘g‘li

Namangan davlat texnika universiteti o‘qituvchisi

Po‘latov Axrorbek Akmal o‘g‘li

Namangan davlat texnika universiteti talabasi

Obitov Doniyorbek Davronbek o‘g‘li

Namangan davlat texnika universiteti talabasi

^{a)} qodirjonyoldashev52@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0008-4173-8753>

<https://doi.org/10.5281/zenodo.18979110>

Annotatsiya: Ushbu maqolada – yarimo‘tkazgichli materialshunoslik, Si – taglikga olingan kadmiy tellurid plyonkasi asosida geterostrukturalar yaratish va yaratilgan tizimga kontaktlar olish masalalari ko‘rilgan. Olingan qoplamalarni morfologiyasi, qoplama tarkibidagi elementlar miqdori ularning taqsimoti hamda polikristall zarralar o‘lchamlari zamonaviy qurilmalar yordamida tadqiqot qilingan. Olingan struktura volit-amper xarakteristikalarining namlik miqdoriga bog‘liq holda o‘zgarishi o‘rganilgan.

Kalit so‘zlar: materialshunoslik, yarimo‘tkazgich, fundamental, metallar, kremniy, texnika, kadmiy tellur, qattiq eritma, texnologiya, vakuum elektronikasi, namlik, datchik, epitaksial qatlam, diffuziya

Аннотация: Данная статья посвящена материаловедению полупроводников, кремнию. Рассматриваются вопросы создания гетероструктур на основе пленки теллурида кадмия и получения контактов к созданной системе. С помощью современных приборов изучены морфология полученных покрытий, количество элементов в покрытии, их распределение и размер поликристаллических частиц. Исследовано изменение вольт-амперных характеристик полученной структуры в зависимости от влажности.

Ключевые слова: материаловедение, полупроводники, фундаментальные, металлы, кремний, технология, теллурид кадмия, твердый раствор, технология, вакуумная электроника, влажность, датчик, эпитаксиальный слой, диффузия

Annotation: This article is about semiconductor materials science, Si- The issues of creating heterostructures based on a cadmium telluride film and obtaining contacts to the created system are considered. The morphology of the obtained coatings, the amount of elements in the coating, their distribution, and the size of polycrystalline particles were studied using modern devices. The change in the voltage-ampere characteristics of the obtained structure depending on the moisture content was studied.

Keywords: materials science, semiconductor, fundamental, metals, silicon, technology, cadmium telluride, solid solution, technology, vacuum electronics, humidity, sensor, epitaxial layer, diffusion

Kirish. Hozirgi paytda yarimo‘tkazgichlar asbobsozligida asosan yarimo‘tkazgichlarning tipik vakillari bo‘lmish kremniy (Si), germaniy (Ge) kabi fundamental materiallar, hamda yarimo‘tkazgichli birikmalar A^3B^5 va A^2B^6 , masalan, arsenid galliy (GaAs), fosfid galliy (GaP), antimonid indiy (InSb), kadmiy tellurid (CdTe), kadmiy sul‘fid (CdS) va boshqa qator birikmalar va ularning qattiq eritmaları qo‘llanilib kelinmoqda. Ba‘zi bir hollarda ularning o‘rnini birini – ikkinchisi bilan almashtirish mumkin, lekin qator hollarda ularni bir – biri bilan almashtirishning umuman imkoniyati yo‘q.

Shu paytga kelib ba‘zi bir qattiq eritmalarıni imkoniyat va xossalarini o‘rganish o‘zining boshlang‘ich holatida bo‘lsa, nazariy jihatdan aytilgan ba‘zi bir yarimo‘tkazgichli qattiq eritmalar sinfi amaliy jihatdan (tajriba yo‘li bilan) umuman olinmagan. Shundan kelib chiqqan holda, hozirgi paytgacha ma‘lum yarimo‘tkazgichli qattiq eritmalarıni, ularni o‘stirish metodikasini mukammallashtirish va fizikaviy xossalarini boshqarishni osonlashtirish - soddallashtirish hamda ularni

“Ilmiy tadqiqotlarni amaliyotga joriy qilishning muammo va yechimlari” mavzusidagi onlayn xalqaro ilmiy-amaliy anjuman materiallar to‘plami. NamDU - 2026-yil 20-21-fevral

yangi qo‘llanish sohaslarini aniqlashtirish maqsadida yarimo‘tkazgich xususiyatiga ega bo‘lgan qattiq eritmalarini izlash nihoyatda dolzarb yo‘nalish hisoblanadi.

Mavzuning dolzabligi. A^2B^6 birikmalari ichida yarimo‘tkazgichli asboblarni yaratishda (yadro nurlanish detektorlari, fotoqabulqilgichlar va umuman turli xildagi datchiklar) kelajagi porloq – istiqbolli materiallardan biri kadmiy tellurid va kadmiy sulfididir. Yarimo‘tkazgichlar quyosh elementlari fizikasi nuqtai nazaridan Si-CdTe, Si-CdS tizimlar – plyonkali geterostrukturalar – yangi o‘rganish ob’ekti sifatida o‘ziga xos ahamiyat kasb etadi. Ta’kidlash joizki kremniy Yer qa’rida eng ko‘p tarqalgan element hisoblanadi.

Eksperimental qism

Kremniy asosidagi yarimo‘tkazgichli materiallarning birikma va qattiq eritmalarini keng sinfini olish, shubhasiz yarimo‘tkazgichlar fizikasi va yarimo‘tkazgichli asbobsozlikda muhim rol o‘ynaydi.

Shu sababli mazkur ishda, turli tipdagi poli- va mono kristall kremniy taglikga vakuumda uchirish usuli yordamida $\sim 10^{-4}$ Torr bosimda tellurid kadmiy plyonka qatlami olinishi va uning asosida geterostruktura yaratilishi haqida gap boradi. Taglikning qalinligi 350 – 400 mkm [5-6].

Kremniy taglikga olingan CdTe qatlamning rentgenostrukturalari tahlili o‘tkazildi hamda, elektrofizik va fotoelektrik xususiyatlari, namlikka sezgirliigi tadqiqotlari o‘tkazilib, natijalari tahlil qilindi.

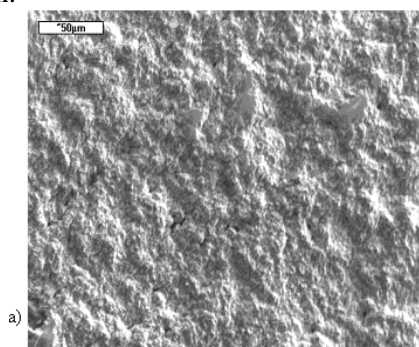
Tellurid kadmiy qatlamini kremniy taglikga vakuumda uchirish usuli bilan o‘stirish uchun texnologik shartlar (taglik va uchirish kerak bo‘lgan manbaning temperaturasi, temperatura intervali, taglik va manba orasidagi oraliq masofa, manba va legirlovchi primes materiali nisbatlari va boshqa parametrlari) eksperimental usul bilan aniqlandi. O‘stirish jarayonigacha ham poli- ham mono kremniy tagliklar tegishli mexanik va kimyoviy ishlovdan o‘tkazildi. Demak, taglik sifatida ham n – tip, ham p – tip kremniy taglikdan foydalanildi.

Mazkur vaziyat uchun yarimo‘tkazgichli kremniy tagliklar (poli- yoki mono- kremniy), geterostruktura va ular asosidagi yarimo‘tkazgich asboblarning tarkibiy qismi bo‘lib xizmat qiladi.

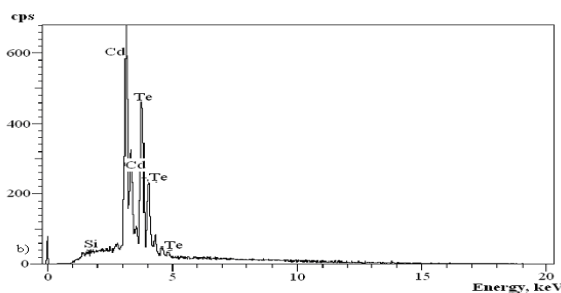
Shu sababli o‘shish jarayonida shakllangan fazalararo kremniy taglik va A^2B^6 birikma qatlami bo‘lim chegarasi (o‘tish sohasi), kremniy taglik va o‘sayotgan qatlamlarga nisbatan ayniqsa muhim ahamiyatga ega bo‘ladi, ya’ni olinayotgan qatlamlarning keying xarakteristikalarini aniqlab beradi.

Amaliy jihatdan Si – CdTe – geterostrukturalardan foydalanish bizning taxminimizcha keng ma’noda turli xil yarimo‘tkazgichli asbob va qurilmalarni, shu jumladan namlik datchiklarini yaratishda istiqbolli tizim sanaladi.

Olingan qatlam yuzasining sirti bo‘yicha kimyoviy elementlarning tarkibiy taqsimoti tadqiq qilindi. Tahlil mikroanalitik kompleksi Jeol – JXA – 8900 da EDS LINK ISIS (energiya – dispersion spektrometri) yordamida amalga oshirildi, o‘lchash xatoligi $\pm 2\%$. S‘yomka sharti $V = 20kV, I = 10nA$. Etalonlar sof holdagi Si, Te va Cd. O‘lchash natijalari va mikrofotografiyalar 1-rasmda keltirilgan.



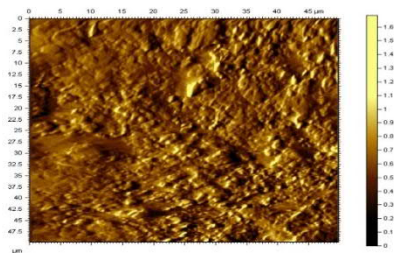
1a – rasm. Qatlam sirtining mikrofotografiyasi



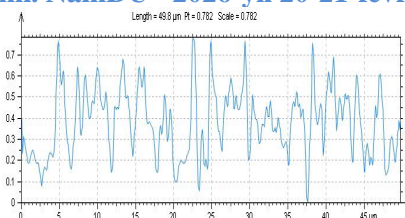
1b – rasm. Qatlam elementlarining o‘lchashlardan olingan sirt bo‘yicha taqsimot spektri

Olingan qatlamlarni yaqqol tushunish maqsadida “Agilent Technologies 5500 AFM – Mode III – komplet BA210” atom kuch mikroskopida qatlam yuzasi, qatlamning yon tomonidan olingan relef ko‘rinishi, 3D fotografiyasi hamda qatlamdagi polikristall zarrachalarning o‘lchamlari va ularning taqsimoti tadqiqotlarining natijalari keltirilgan (2 – rasm).

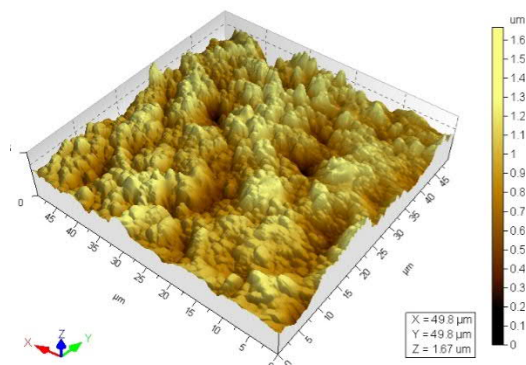
“Ilmiy tadqiqotlarni amaliyotga joriy qilishning muammo va yechimlari” mavzusidagi onlayn xalqaro ilmiy-amaliy anjuman materiallar to‘plami. NamDU - 2026-yil 20-21-fevral



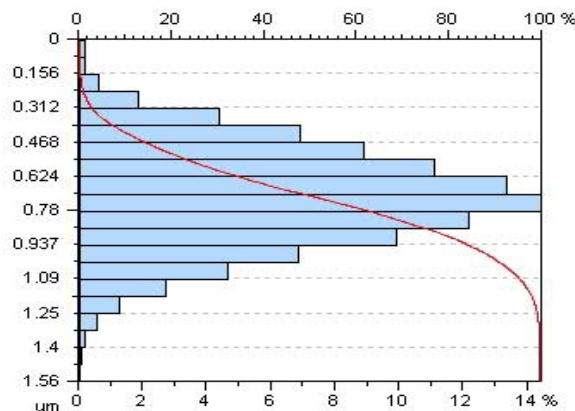
2a – rasm. Si –taglikga o‘stirilgan polikristall plyonkani topografiyasi (yuqoridan ko‘rinishi)



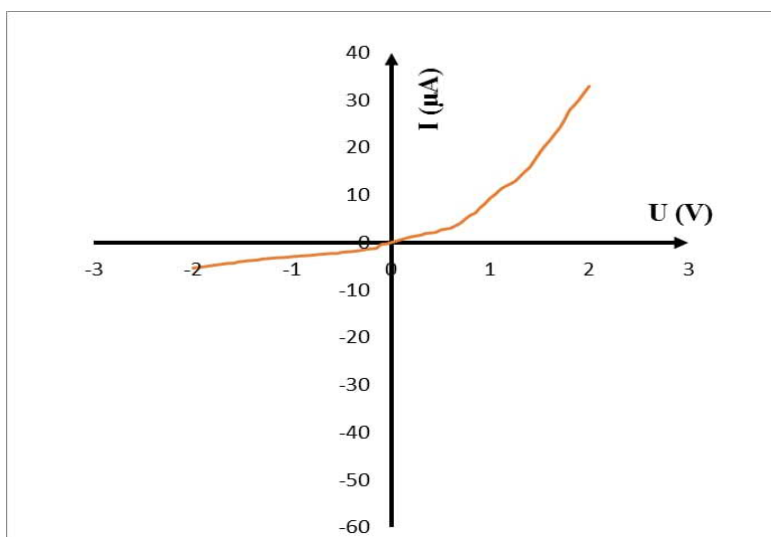
2b – rasm. Si –taglikga o‘stirilgan polikristall plyonkani yon tomondan relief ko‘rinishi



2d – rasm. Si –taglikga o‘stirilgan polikristall qatlamning 3D ko‘rinishi



2e – rasm. O‘stirilgan polikristall donachalarining o‘lchamining taqsimoti (eng katta o‘lcham 780 nm)



4 – rasm. p – Si – pCdTe geterostrukturaning xona temperaturasidagi VAX

Suv, bizni o‘rab olgan, atrofimizdagi atmosferaning tarkibiy qismlaridan biri bo‘lib: barcha tirik mavjudotning: insonlar, hayvonlar va o‘simliklar dunyosi uchun eng zarur bo‘lgan komponentlardan hisoblanadi.

Namlilikning qarshilik sensorlari

Ko‘pgina nometall o‘tkazgichlarning qarshiligi, ular tarkibidagi suvning miqdoriga bog‘liq bo‘ladi. Ushbu prinsip asosida namlilikning qarshilik datchiklari yaratiladi.

O‘stirilgan qatlamga suv molekulasining yutilishi, elektrodlar (kontaktlar) orasidagi qarshilikni o‘zgarishiga olib keladi, bu jarayon elektron sxema yordamida qayd qilinadi. Bu tipdagi birinchi namlilik datchigi F.V. Danmor tomonidan 1935 yilda yaratilgan edi, uning suv shimadigan (nam tortadigan) qatlami *LiCl* – ning suvdagi (2 – 5)% li eritmasidan iborat bo‘lgan. Mazkur holda qatlamni suv shimish xossasidan foydalaniladi. Gigroskopik *LiCl* qatlam suv molekularini shimib, o‘zini tok

“Ilmiy tadqiqotlarni amaliyotga joriy qilishning muammo va yechimlari” mavzusidagi onlayn xalqaro ilmiy-amaliy anjuman materiallar to‘plami. NamDU - 2026-yil 20-21-fevral

o‘tkazish qobiliyatiga ega bo‘lgan elektrolit kabi tutadi. Datchikga joylashtirilgan *LiCl* gigroskopik qatlami atmosfera tarkibidagi suv bug‘ini yutadi va elektrodlar orasida o‘tkazuvchanlikni yuzaga keltiradi, natijada elektrodlar orasida elektr toki hosil bo‘ladi.

Shishaga ostirilgan yarimo‘tkazgichli qatlam tizimi asosida yaratilgan datchik qarshiligining nisbiy namlikga nisbatan o‘zgarishi [7] ishda ko‘rib chiqilgan. Ushbu ishda yarimo‘tkazgich qatlamining qalinligi 330 nm bo‘lib o‘lchashlar turli xil chastotalarda (120 Gts va 1 kGts) o‘tkazilgan. 120 Gts va 1 kGts larda o‘lchashlar otkazilganda, namlik oshishi bilan datchik qarshiligi 50 dan 95% gacha, ya’ni mos ravishda, 450 va 550 martagacha kamaygan. Qatlam qalinligi 400 nm bo‘lganda, yuqoridagi shartlar o‘zgarmagan holda o‘lchashlar o‘tkazilganda mos ravishda datchik qarshiliklari 60 va 140 martagacha kamayganligi keltirib o‘tilgan. Mualliflarning fikricha, yarimo‘tkazgichli qatlam qalinligi kichik bo‘lganda datchik sezgirligining yuqoriligi yupqa qatlamli namunalarda namlik konsentratsiyasining yuqoriligi bilan bog‘liqligi tushuntiriladi.

Mazkur holda datchik qarshiligi chastota oshishi bilan bor yo‘g‘i 1,2 martaga kamayar ekan. Namlik bilan birgalikda ta’sir qilganda qarshilik o‘rtacha 500 marta kamayishi yuz bergan. Shundan kelib chiqqan holda datchik qarshiligining kamayishi yoki yarimo‘tkazgichli qatlam elektr o‘tkazuvchanligining oshishi zaryad tashuvchilarning konsentratsiyasini oshishi bilan bog‘liq degan xulosaga olib keladi.

Zaryad tashuvchilarning effektiv konsentratsiyasi quyida keltirilgan omillar hisobiga oshishi mumkin:

- yarimo‘tkazgich qatlamga suv molekularini xuddi legirolovchi element kabi kirishi qatlam xossalari o‘zgartiradi;
- zaryadlarni ko‘chishi sababli, geterostruktura tarkibidagi yarimo‘tkazgich va suv molekulari orasida kompleks yuzaga kelishi;
- qutbli bog‘langan suv molekularining ushbu jarayonda ishtiroki ya’ni zaryadlarning tashilish jarayonida suv molekularining ishtiroki sababli, chunki o‘lchashlar o‘zgaruvchan tokda olib borilgan, bu esa qattiq jismlarda siljish tokining hosil bo‘lishiga olib keladi [8].

Polikristal qatlam tarkibidagi g‘ovaklar ko‘ndalang kesimining o‘rtacha qiymati o‘lchamlari suv molekularining o‘tishi uchun yetar‘li bo‘lishi kerak bo‘lati. Agar suv molekulasini shar shaklida deb olsak, uning o‘lchami $\approx 2,7 \cdot 10^{-10} m$ ga teng.

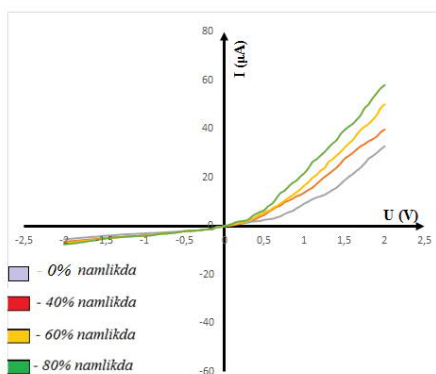
CdO – molekulasi suvda eriydi. Ma’lumotlar, qatlam va kremniy taglik tomondan *In* –yordamida olingan kontaktlarni siqib turuvchi elektrodlar yordamida olindi.

Biz tadqiqolarimiz davomida olingan geterostrukturaning namlikga ko‘rsatadigan reaksiyasini aniqlashimizga to‘g‘ri keldi. Olingan va o‘tkazilgan tajribalar hali birlamchi tadqiqotlar sanaladi.

Buning uchun tok qiymatining namlik foiziga bog‘liqligini birlamchi tekshirish ishlari olib borildi. Yaratilgan geterostrukturani VAX sini o‘lchash ishlari amalga oshirildi. Buning uchun o‘chash jarayonida namlikni miqdorini o‘zgarmasdan saqlash uchun maxsus qurilma yaratilib o‘lchash ishlari olib borildi.

Olingan natijalar bo‘yicha turli xil namlik bo‘yicha geterostrukturaning VAX chizildi (5 – rasm).

Bog‘lanishdan shu narsa ko‘rinadiki, kameradagi namlik miqdorining oshishi bilan tok kuchi qiymatining oshishini ko‘rish mumkin.



5 – rasm. Turli xil namlikda o‘lchangan VAX

“Ilmiy tadqiqotlarni amaliyotga joriy qilishning muammo va yechimlari” mavzusidagi onlayn xalqaro ilmiy-amaliy anjuman materiallar to‘plami. NamDU - 2026-yil 20-21-fevral

Rezistiv datchiklarning kamchiligi, agar suvda eriydigan qoplamadan foydalanisa, kondensatda ishlash jarayonida qiymatlarining siljishga moyilligi va yuqori o‘zgaruvchan temperaturali muhitda ishlayotgan bo‘lsa, temperaturaga yetarlicha katta bog‘liqligidir.

Rezistiv namli datchiklarning asosiy afzalliklari: kichik o‘lchamliligi, olinish usulining soddaligi, tufayli tannarxining pastligi, uzoq muddatli turg‘unligi. Ushbu datchiklarning xizmat ko‘rsatish davri 5 yil va undan ham yuqori bo‘lishi mumkin.

Xulosa. Eksperimental olingan va mikroanalizatorlar yordamida o‘tkazilgan hamda maxsus kamerada o‘tkazilgan elektrofizik xossalarni o‘lchash natijalarini ma’lumotlaridan shu narsani ko‘rish mumkinki, haqiqatdan ham kremniy tagligka kadmiy tellurid qatlami olingan. Taglik va qatlam o‘rtasida qalinligi 3 – 4 mkm bo‘lgan ushbu juftliklarning qattiq eritmasi shakllangan.

Si va *CdTe* juftligi asosida yaratilgan geterostrukturada o‘tkazilgan VAX ni o‘lchashlardan olingan ma’lumotlardan strukturani namlikga sezgirligini kuzatish mumkin. Agar bu tadqiqotlarni oxiriga yetkazib, mukammallashtirilsa halq xo‘jaligining turli xil sohalarida, jumladan qishloq xo‘jaligi sohasida keng qo‘llaniladigan namlik datchiklarini yaratish mumkin bo‘ladi.

Adabiyotlar

1. Chen Z., Lu C. – Sens. Lett, № 3, p. 274-281, Mach 2005.
2. Korvink J.G., Chandran L., Boltshauser T. – Sens. Mater., № 4, p.323-328, April. 1999.
3. Rittersma Z.M., Splinter A., Bodecker A., Benecke W. – Sens. Actuators, v. B 68, C. 210-217, January. 2000.
5. I.B. Sapaev, Sh.A. Mirsagatov and B. Sapaev. The fabrication and investigation of n/CdS-p/CdTe-n/Si// Applied Solar Energy (English translation of Geliotekhnika). 2011. № 4, pp.31-35.