

**O`ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O`RTA
MAXSUS TA`LIM VAZIRLIGI**

**ABU RAYXON BERUNIY nomidagi
TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI**

**ELEKTRONIKA VA AVTOMATIKA FAKULTETI
ELEKTRONIKA VA MIKROELEKTRONIKA KAFEDRASI**

Qo'lyozma huquqida

UDK 621.315

SATTOROV ABDUJALOL ABDUHAMIDOVICH

**MAVZU: KO'P FUNKSIONALLI DATCHIKLARNI OLIISH
TEXNOLOGIYASINI ISHLAB CHIQUISH VA ULARNING
XOSSALARINI TADQIQ QILISH**

5A310800 – “ELEKTRONIKA VA ELECTRON TEXNIKASI”

(sanoat elektronikasi)

Magistr akademik darajasini olish uchun

yozilgan dissertatsiya

KAFEDRA UDIRI:

prof. ILIYEV.X.M

IILMIY RAXBAR:

dots. AYUPOV. K.S

Toshkent 2016

MUNDARIJA

KIRISH	4
I. BOB ADABIYOTLAR TAXLILI	9
1.1 Nanoelektronika asoslari	9
1.2 Uglerodli nanostrukturalar	12
1.3 Uglerod nanostrukturasi mexanik xossasi	17
II. BOB NANOMATERILLARNING QO'LLANILISHI	19
2.1 kimyoviy va biokimyoviy sensorlar	19
2.2. Xisoblash tizimlari	19
2.3 Uglerodli nanotrubkadan elektron emissiyasi asosidagi asboblari	20
2.4 Nanoelektronika bugun va ertaga	21
2.5 Dunyo 2025 yilda: 9 yil oldinga qadam	25
2.6 Nanoelektromexanik sistemalar	29
III. BOB NAZARIY QISM. NANOSTRUKTURALAR VA ULARNING TURLARI, QO'LLANILISHI.	34
3.1. Geteroqatlamli tushunchasi	34
3.2. Geteroqatlamli tushunchaning zenergetik diagrammasi	35
3.3. Yarim o'tkazgichli materiallar asosidagi geteroqatlamliklar	36
3.4 Datchik tushunchasi, uning turlari va tavsifi	38
3.5 Datchik chiqish signallarining fizik tabiati	41
IV BOB NANOMATERIALLARNI TADQIQ QILISH VA OLISH TEXNOLOGIYASI, QURILMALARI	47
4.1 Atom kuch mikroskopiyasi (AKM)	47
4.2 Skanlovchi atom kuch mikroskopining ishlash prinsipi	50
4.3. Gaz fazasida nanozarralarni olish usuli. "Bug tashlab chiqish" jarayonida nanozarralarni olish	56
4.4 Ko'p funktsionallik datchiklarni olish texnologiyasini ishlab chiqish va ularning xossalari tadqiq qilish	62
4.4.1 Sirtga ishlov berish texnologiyasi	
4.4.2 Sirt elektro'itkazuvchanlikni aniqlash usuli	67

4.4.3 Kremniyda marganes kirishmalarning elektr maydon va harorat ta'sirida ko'chishi	72
XULOSA	81
Adabiyotlar	83

KIRISH

Mavzuning dolzarbligi. Bugungi kunda nanotexnologiya jadal rivojlanmoqda. Ushbu yo‘nalishda yaratilgan ilmiy ixtirolar iqtisodiyot, tibbiyot, biologiya, ekologiya, aviatsiya, radioelektronika kabi ko‘plab muhim sohalarda yuqori samaradorlik va tejamkorlikka erishish imkonini bermoqda.

Mamlakatimizda fan, ta‘lim va ishlab chiqarish integratsiyasini rivojlantirishga qaratilayotgan e‘tibor, intellektual salohiyatning qo‘llab-quvvatlanishi samarasida ilm-fanning ushbu zamonaviy yo‘nalishi ham izchil taraqqiy etmoqda.

Yarimo‘tkazgich materiallarning kiristall panjasida kirishma atomlarining konsentratsiyasi va strukturasi boshqariladigan nanoklasterlarini shakllantirish, nanoo‘lchamdagi sturukturalarni olishda tubdan yangi yondashuv xisoblanadi. Nanoo‘lcham strukturalarni elektronika sanoatidagi mavjud qimmat qurilmalarda, texnologik jarayonlarning murakkab bosqichlarida oliydan farqli, kirishma atomlarining nanoklasterlarini past xaroratli diffuzion usulidan foydalanib shakllantirishning ma‘lum afzalliklari mavjud. Bularga, yarim o‘tkazgich kiristalining butun hajmi bo‘yicha teng taqsimlangan nanoo‘lcham strukturalarini xosil qilish, ularning o‘lchami va strukturasi boshqarib hamda magnitli va ko‘p zaryadli nanoklasterlarni olish imkoniyatlarini misol qilish mumkin.

Yarim o‘tkazgichlar fizikasida, yarimo‘tkazgich materallarida nanoklasterlarning shakillanish xolatlarini va bu materiallarning elektrofizik xususiyatlari shu kungacha deyarli o‘rganilmagan. Yarimo‘tkazgich materiallarning kiristal panjarasida magnit xususiyatli va ko‘p zaryadli nanoklasterlarning shakillanish texnologiyasini yaratish va ularning elektrofizik xususiyatlarini o‘rganish katta ilmiy va amaliy ahamiyatga ega bo‘lib, hozirgacha fanda noma‘lum bo‘lgan fizik xususiyatlarni va elektronikada qo‘llashdagi yangi qirralarni ochishga imkon beradi.

Dissertatsiya ishi mazkur murakkab ilmiy-texnik vazifani yechishga bag‘ishlangan.

Yarimo'tkazgich materiallarning kristall panjarasida magnit momentli kirishma atomlarining, turli zaryad xolatidagi nanoklasterlarni shakillantirish va kirishma atomlarining holatini boshqarish yangi texnologik va termodinamik yondashuvni talab etadi. Ko'p zaryadli va magnit xususiyatli nanoklasterlarni yarim o'tkazgich materiallarida olish, bu yangi ilmiy yo'nalish hisoblanib, bunday materiallarni elektronika sanoatida amaliy foydalanishda ham katta imkoniyatlarni ochib beradi. Hozirgi vaqtda sanoat, fan yoki ishlab chiqarishning elektron asboblari qo'llanilmaydigan qandaydir bir sohasini topish mushkuldir. Shuning bilan birga ushbu sohalarning yanada rivojlanishi elektron asboblari hissasi ortishi bilan chambarchas bog'liqdir. Elektron asboblarning biror sohada samarali qo'llanilishi va ulardan foydalanish ushbu asboblarning ishlash tamoyillarini, asosiy ko'rsatkichlari va tavsifnomalarini, shuningdek tayyorlash usullarini bilmasdan mumkin emas. Har bir ushbu bo'limlar bo'yicha fizikaning mos fanlari mavjud: yarim o'tkazgichlar va yarim o'tkazgich materiallar fizikasi, yarim o'tkazgich asboblari fizikasi, integral mikrotuzilmalar, mikroelektronika, yarim o'tkazgich tuzilmalar texnikasi va boshqalar. zamonaviy qattiq jisimli elektron asboblarning asosi o'ziga xos xususiyatlarga ega yarim o'tkazgich materialdir. Kremniyda marganets atomlarining past haroratli gaz xolatidan legirlashning diffuzion texnologiyasini yaratish hamda kremniy panjarasida marganets atomlari nanoklasterlarining shakillanishidagi qulay (maqbul) termodinamik shart-sharoitlarni aniqlash eng dolzarb muammolardan biridir.

Bugungi kun muhandislari zamonaviy texnologiya va texnikadan foydalanishga, texnologik jarayonlar avtomatik boshqaruvini joriy etishga, jahon bozorida raqobatbardosh bo'lgan, yuqori sifatli mahsulotlar ishlab chiqarishni jadallashtirishga xizmat qilishlari kerak. Ular oldida fan-texnikaning eng so'ngi yutuqlarini ishlab chiqarishga olib kirishdek ma'suliyatli vazifa turibdi. Elektronika sohasining mutaxassislari ham bundan mustasno emas.

Hozirgi kunda texnika sohasida o'lchashga doir axboratni uzatish, o'zgartirish, ishlov berish va saqlash uchun qulay bo'lgan, ammo kuzatuvchi

bevosita idrok qilish mumkin bo'lmaydigan shakildagi signalni ishlab chiquvchi o'lchash vositasi o'lchash o'zgartkichi deb yuritiladi. Inson o'zining sezgi organlari bilan o'lchash o'zgartkichi signallarni qabul qila olmaydi. O'lchash o'zgartkichlari o'lchash asboblarning, turli o'lchash tizimlarining, biror jarayonlarni avtomatik nazorat qilish yoki boshqarish tizimlarining tarkibiy qismi hisoblanadi. O'lchanayotgan kattalik berilgan o'lchash o'zgartkichi birlamchi o'zgartkich (datchik)lardan foydalanish, ularni takomillashtirish jadal suratlar bilan rivojlanmoqda. Jumladan haroratlarni termodatchiklar yordamida o'lchash ko'plab sohalarda: texnik yo'nalishlarda, ishlab chiqarishda, ilmiy tekshirish institutlarida keng miqyosda foydalanib kelinmoqda.

Termodatchiklarning parametrlarini va ishlash tezligini tadqiq qiluvchi qurilmalarni takomillashtirish hozirgi kunning eng dolzarb masalalaridan biri hisoblanadi. Chunki haroratni aniqlikda o'lchash, o'lchash mobaynida o'lchash aniqligining yuqoriligi termodatchikning holatiga bogliq.

Hozirgi kunga kelib bu yo'nalishda ko'plab yangiliklar qilinmoqda, bu esa ishlab chiqarish samaradorligini oshirishga, inson ehtiyojlarini qondirish maqsadida yaratilayotgan kashfiyotlar sonining ko'payishiga asos bo'lmoda.

Tadqiqot maqsadi. Hozirgi kunda mazkur muammoni yangi texnologiyada muvaffaqiyatli hal qilinishi konsentrasiyasi boshqariladigan turli xil tabiatli va turli xil tarkibli nanoo'lchamli strukturalar – nanoklasterlarni shakllantirishga hamda fotonika, spintronika va nanoelektronika sohalari uchun yangi avlod materiallari olinishiga xizmat qiladi.

Tadqiqot usullari. Ishda namunalarni qalinligi va kirishma atomlarini qayta taqsimlanishi (raspad) bo'yicha harorat gradiyenti shakllanishini imkonini beruvchi dastlabki qurilma tajriba sinovdan o'tkaziladi. Berilgan parametr bo'yicha harorat gradiyentini boshqarish sistemasini ishlab chiqiladi. Bunday qurilmalarda qayta legirlash usulini ishlab chiqiladi. Qurilmaning texnologik imkoniyatlarini aniqlanadi.

Dissertatsiya tadqiqotining ilmiy yangiligi. Ishdagi muammo yechimini muvaffaqiyatli hal qilinishi har xil kirishmalarning yarim o'tkazgichli

materiallarda yuqori konsentrsiyali, ko'p atomli va binar nanoo'lchamli strukturalar hosil qilinishining yangi usullarini ishlab chiqish hamda bunday materiallarni funksional imkoniyatlarini kengaytirish va ulardan zamonaviy mikro va nanoelektronikada qo'llash imkoniyatini beradi. Ishning natijasi sifatida asosiy xossalari boshqariladigan yarim o'tkazgich materiallar yangi avlodini hosil qilishning texnik yechimi ko'rsatib beriladi.

Dissertatsiyani bajarish jarayonida quyidagi ilmiy natijalar olindi:

– Tajriba qurilmasining proyeksi ishlab chiqildi va kirishma atomlarining qaytadan taqsimotini (raspad) namuna qalinligi bo'yicha harorat gradiyenti orqali boshqarish imkoniyatini beruvchi qurilma maketi ishlab chiqildi.

-Tajriba qurilmasi yaratildi va konstruksiyasi ishlab chiqildi. Kirishma atomlarining qaytadan taqsimotini (raspad) namuna qalinligi bo'yicha harorat gradiyenti orqali boshqarish imkoniyatini beruvchi qurilma yig'ildi.

- Kirishma atomlarining qaytadan taqsimotini boshqaruvchi qurilma yaratildi va asosiy xossalari boshqariladigan yarim o'tkazgich materiallar yangi avlodini hosil qilishning texnik yechimi ko'rsatib berildi.

-Yangi qurilma asosida olingan nanomaterialning ko'p funksiyali datchik sifatida ishlatish mumkinligi ko'rsatib berildi.tajriba sinovlari o'tkazildi.

Tadqiqotning natijalari. Amaliy ahamiyati namunalarni qalinligi va kirishma atomlarini diffuziyasi bo'yicha harorat gradiyenti shakllanishini imkonini beruvchi dastlabki qurilmani loyihalash va yaratish. Berilgan parametr bo'yicha harorat gradiyentini boshqarish sistemasini ishlab chiqish. Bunday qurilmalarda legirlash usulini ishlab chiqish. Qurilmaning texnologik imkoniyatlarini aniqlash.

Tadqiqot natijalarining nazariy Boshqa metodlardan farqli juda arzon kam xarajat asosida konsentrsiyasi boshqariladigan turli xil tabiatli va turli xil tarkibli nanoo'lchamli strukturalar – nanoklasterlarni shakllantirishga hamda fotonika, spintronika va nanoelektronika sohalari uchun yangi avlod materiallari olinishiga olib keladi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligining 2015 yil "6" martdagi № 84 -son buyrug'iga muvofiq tuzilgan A-3-73 Yarim o'tkazgichli materiallarda klasterli kirishma atomlarini taqsimoti va konsentrasiyasini boshqarish qurilmasini yaratish va ishga tushirish amaliy tadqiqotlari ilmiy loyihasi asosida bajarilgan.

Tadqiqot natijalari va ishlanmalari TDTUning "Elektronika va mikroelektronika" kafedrasida "Nanoelektronika", "Sirt fizikasi va nanolchamli strukturalar texnologiyasi asoslari", "nano va mikpoelektronika" fanlari bo'yicha laboratoriya va amaliy mashg'ulotlarida foydalanilishi mumkin.

Ishning aprobatsiyasi. Tadqiqot natijalari TDTUning "Elektronika va mikroelektronika" kafedrasining uslubiy ishlarida ma'ruza qilingan (2014-2016 y.). TDTU «Rol intellektualnoy molodeji v razvitii nauki i texniki» konferensiyasida, Texnika yulduzlari jurnalida muohama qilingan.

Natijalarning e'lon qilinganligi. Dissertatsiyaning ilmiy va amaliy natijari 5 ilmiy ishlarda aks ettirilgan.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya kirish, 4 ta bob, xulosa, adabiyotlar ro'yxati, __ta ilovadan hamda ___ ta matn betidan tashkil topgan, __ ta rasm va ___ ta jadvaldan iborat.

bo‘lib, qurollanmagan ko‘z bilan uni ko‘rib bo‘lmaydi. Taqqoslash uchun shuni aytish kerakki, odam sochi tolasi sekundiga 10 nm tezlik bilan o‘sar ekan. Soch tolasining qalinligi esa $\sim 10^4$ nm ni tashkil etadi.

Nanoo‘lchamli masshtab eng kichik o‘lchamli ob’ektlarni, masalan, atom va molekulalarni xarakterlash uchun qo‘llaniladi. Kremniy atomi o‘lchami 0,24 nm, fulleren S_{60} (60 ta uglerod atomidan tuzilgan “futbol koptogi”) ning o‘lchami 0,75 nm. Nanodunyo vakili bo‘lib yana bir necha yuz atomni o‘zida mujassamlashtirgan nanoklasterlar, o‘lchamlari bir necha o‘n nanometr dan katta bo‘lmagan nanostrukturalar kiradi.

Nanoo‘lchamli masshtab eng kichik ob’ektlar, masalan, atomlar va molekulalarni xarakterlash uchun qo‘llaniladi. Kremniy atomining o‘lchami 0,24 nm. Nanometr yorug‘lik to‘lqin uzunligini o‘lchov birligidir. Masalan, ko‘zga ko‘rinuvchi nur to‘lqin uzunligi 400 dan 700 nm gacha. Yana nanometrlarda mikroorganizmlar o‘lchamlari, to‘qimalar va ularning qismlari, biomolekulalar o‘lchanadi.

Materiallar- bular predmetlar, moddalar, nimadir ishlab chiqarish uchun ishlatiladigan xom ashyodir. SHunga muvofiq nanomateriallar, bular struktura elementlari o‘lchami “nanodiapazon” da yotuvchi ixtiyoriy ob’ektlar, moddalar yoki ularning kompozitsiyalaridir. Demak nanomateriallar – inson uchun foydali bo‘lgan narsalarni ishlab chiqarishda qo‘llaniladigan moddalarning keng sinfini birlashtiruvchi yig‘uvchi termindir.

Nanomateriallar bir nechta asosiy tuzilishlari bilan boshqa materiallardan farqlanadilar:

Birinchi, hamma nanomateriallar ko‘zga ko‘rinmaydigan juda kichik qismlardan iboratdir. Bundan superminiaturizatsiya imkoniyati kelib chiqadi, ya’ni birlik yuzada funksional nanoqurilmalarning ko‘pini joylashtirish mumkin bu nanoelektronikada yoki informatsiyani o‘tazich magnit yozuvini yaratish uchun muhim rol o‘ynaydi. Bunda 1 kvadrat santimetrga 10 Terabit informatsiya kiritish mumkin. Bunday nanomateriallar, ya’ni nanoqurilmalarni

inson tanasining joylashtirilishi qiyin bo'lgan qismlariga oson joylashtirish mumkin.

Ikkinchidan, nanomateriallar yuzaning katta nisbiy maydoniga ega bo'lib, bu uni u joylashgan muxit bilan o'zaro ta'sirini tezlashtiradi. Masalan, katalitik aktiv materiallar kimyoviy va biologik reaksiyalarni o'n, yuz va hattoki, ming, million marotaba tezlashtiradi. Yana dioksid titan nanozarrasi ishtirokida suvning vodorod va kislorodga ajralib ketishini misol tariqasida ko'rsatish mumkin.

Uchinchidan, nanomateriallar ularda moddalar "nanoo'lchamli" xolatda joylashganligi bilan buyukdir. Asosiy xarakteristikalarining o'zgarishi ular o'lchamining kichikligidagina emas, ularda kvantovo mexanik effektlarning xosil bo'lishida hamdir. Nanozarralarning xarakterli xususiyatlaridan biri – ularda strukturaviy nuqsonlarning yo'qligidir. Individual uglerod nanotrubbkalar eng yaxshi po'lat mustahkamligidan ham o'n marotaba ortiq bo'lgan mustahkamlikka egadir. Bu bilan ular nisbiy og'irlik tomonidan ham po'latdan kq marotaba engildir. Bundan ko'rinib turibdiki, nanomaterialning grami oddiy moddaning tonnasidan ham samaraliroqdir. "Nanozarra" yoki "nanoo'lchamli zarra" termini ilmiy leksikonga 20 yillar oldin kirib keldi, ammo nanoo'lchamlilik kriteriysi hozirgacha ko'pgina ilmiy diskussiyalarning predmeti bo'lib kelmoqda. Keyingi yillarda nanozarralarni aniqlashda ularning o'lchamlariga emas, ularda hajmiy faza xossalariidan farqli yangi xossalarning namoyon bo'lishiga e'tibor berish kerak.

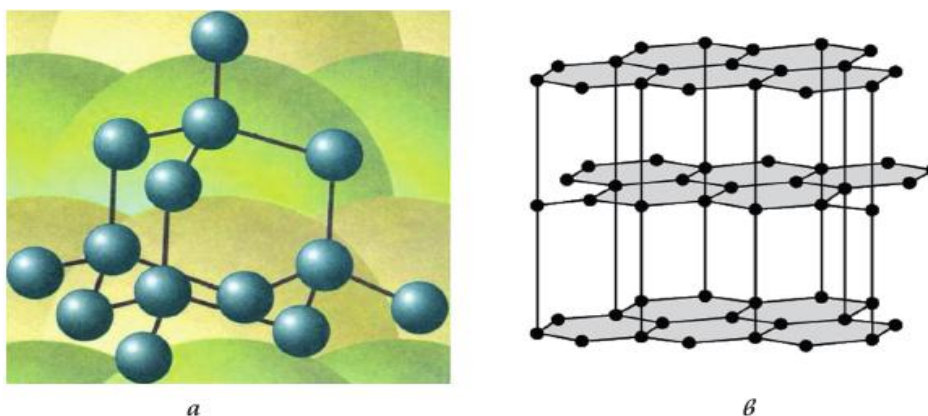
Nanozarralar ikki turga bo'linadi: nanoklasterlar yoki nanokristallar va xususan nanozarralar [8-12]. Birinchi turga mingtagacha atomni o'zida mujassamlashtirgan, o'lchamlari 1-5 nm bo'lgan tartibli tuzilishga ega bo'lgan zarralar kiradi. Ikkinchi turga- o'lchamlari 5-100 nm, 10^3 - 10^8 atomdan tuzilgan nanozarralar kiradi. Agar nanozarra murakkab forma va tuzilishga ega bo'lsa, u holda xarakteristik jixati sifatida zarrachaning chizig'iy o'lchami butunicha emas, uning strukturaviy elementi o'lchami qaraladi. Bunday zarrachalar

nanostrukturalar deb ataladi, ularning chiziqiy o'lchami 100 nm dan ortishi mumkin.

1.2 UGLERODLI NANOSTRUKTURALAR

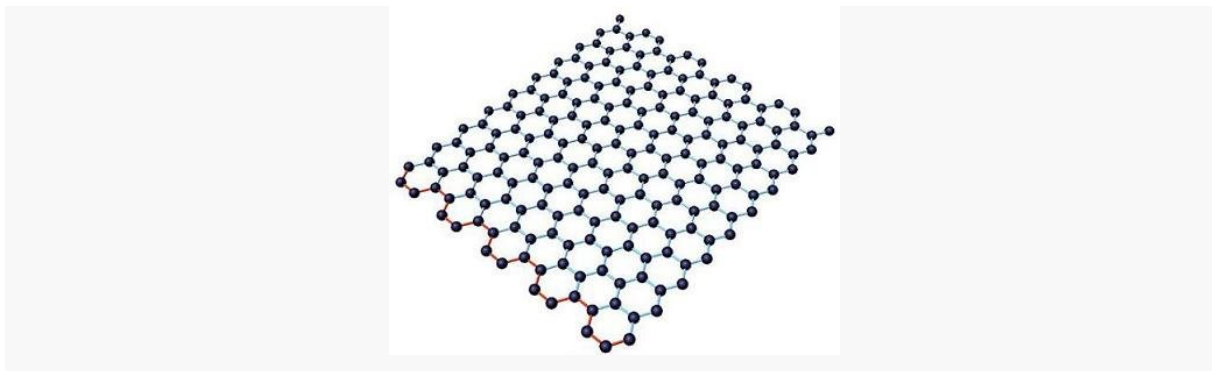
Uglerod D. U. Mendeleevning elementlarning davriy tizimida IV guruhining (C, Si, Ge, Sn, Pb) metall bo'lmagan kimyoviy elementidir. Shuning uchun uglerod 4 ta valent elektroniga egadir. U keng tarqalgan tirik tabiatning asosini tashkil qiladi. Biroq yer qarida uning miqdori atigi 0,19 % tashkil qiladi. "elementlardan hech birida uglerod kabi murakkablashishga qobilyati rivojlanmagan". Bitta kimyoviy elementlarning atomlarini bir biri bilan turli fazoviy konfiguratsiyani hosil qilgan holda turli xil usul bilan bog'lanishi allotropiya deb ataladi.

Uglerod bunday xossaga egadir. Darhaqiqat uglerodda to'rtta allotropik modifikatsiya mavjuddir – olmoz (1.1, a – rasm), grafit (1.1,b – rasm), karbin fullerin. So'nggi yillarda uglerodning yangi ko'rinishlari aniqlandi: fullerinlar, uglerodli nanotrubka, grafen. Ularning o'ziga xos bo'lgan xossalari nanotexnologiya soxasida katta imkoniyatlarni oladi. Olmozda uglerod atomlarining barcha to'rtta valent elektronlari yuqori mustaxkamlikdagi kovalent bog'ni C-C xosil qiladi. Ularni uzish qiyindir. Shuning uchun ularda elektron o'tkazuvchanlik mavjud bo'lmaydi xamda u dielektriklarga kiradi. Xuddi shu sababga ko'ra olmoz mustaxkamlikka va yuqori erishish xaroratiga (3550 °C) egadir.



1.1-rasm. Olmoz (a), grafit (b)

Grafenli tekisliklar orasida Van – der – Waals kuchlari tufayli yuzaga kelgan kuchsiz tortishish mavjuddir. Bu kuchlarning tabiati atom elektron qobig'ini kulon maydoni o'zining elektronlari bilan ekranlangan qo'shni atomning musbat zaryadlangan yadrosi bilan o'zaro ta'sirlashishi bilan tushuntiriladi. Tekisliklar orasidagi kuchsiz o'zaro ta'sirlashuv ularning bir biriga nisbatan onson sirpanishiga olib keladi. Natijada ular grafitdan qatlam bo'lib ko'chishi mumkin. Uglerodning boshqa allotropiga shakl grafit bo'lib, xossasi bo'yicha olmozdan kuchli farq qiladi. Grafit – grafen deb nomlanuvchi onson qatlamlashuvchi tekislikdan iborat bo'lgan yumshoq qora moddadir. Grafen tekislik doirasida uglerod atomlari kuchli kovalent bog' bilan bog'langan bo'ladi. Bu bog'lar asosida to'rg'ri oltiburchak (1.2 – rasm) yotgan ikki o'lchamli geksogonal panjarasini xosil qiladi. Biroq olmozdan farqli ravishda bog'ni xosil qilishda faqat 3 ta elektron ishtirok etadi.



1.2-rasm. *Grafen modeli geksogonal panjarada.*

Atomning to'rtinchi elektroni bo'sh bo'ladi. Bu esa grafen tekisligining yaxshi elektr o'tkazuvchanlik ega bo'lishiga olib keladi (elektr qarshilik 0,0014 Om). Grafit uzoq vaqtlardan beri ma'lum bo'lsada, izolyatsiyalangan grafen tekisligini faqat 2004 yilda olishni va tadqiq etishni o'rganib olishdi.

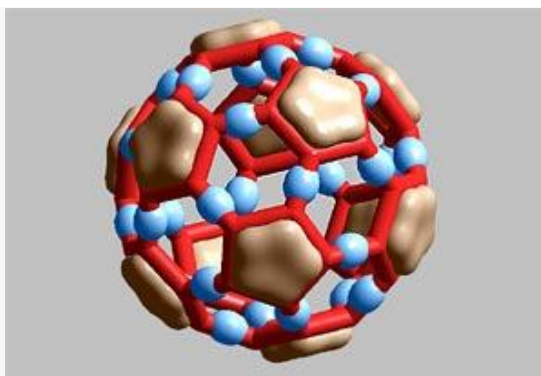
Professor A. Geym fan doktori K. S. Novoselov (Rossiya, Chernogolovka) guruxi bilan birgalikda bitta uglerod atom qalinlikdagi materialni olishga muvofiq bo'lishdi. Grafen deb nomlanuvchi bu material bir atom qalinlikdagi uglerod molekulasiining ikki o'lchamli yo'lakhasidir.

Grafen xossasi mutloqo ajoyib bo'lib chiqdi. Elektronlarning samarali massasi nolga intiladi. Shuning uchun bu elektron katta xarakatchanlikka ega

bo'ladi. Ularning xarakatchanligi zamonaviy mikroelektronika eng keng tarqalgan material bo'lgan kristall kremniydagi elektron va kovaklarning harakatchanligidan yuz maratta katta bo'ladi [13].

Grafen juda kichik o'lchamlardagi (bir necha nanometr) tranzistor va boshqa yarimo'tkazgichli asboblarni yaratishga imkon beradi. Tranzistor o'lchamlarini kichiklashtirilishi uning xossalarini o'zgarishiga olib keladi. O'lchamlarni kichiklashtirilishi bilan kvant effektlar o'rni kuchayadigan nanoolamga o'tish yuz beradi. Elektronlar kanallar bo'ylab de Broyl to'lqini kabi xarakatlanadi. Bu esa to'qnashishlar miqdorini (sochilishlar) kamaytiradi. Mos ravishda elektronlar sochilishida mavjud bo'ladigan energiya yo'qotilishlar kamayganligi uchun tranzistor samaradorligi oshadi. Uglerodning uchunchi allotropik shakli XX asrning 60 yilda kashf qilingan karbindir. Karbin chiziqli struktura bo'lib, uglerod atomlari ikkitali bog' ($=C=C$) yoki navbatma-navbat bir va uchali bog'lar bilan bog'langan bo'ladi. Shunday qilib, karbin strukturasi bir o'lchamlidir. Bu iplar katta mustahkamlikka va o'tkazuvchi xossaga ega bo'lgan uglerod tolani shakllantiradi. Karbin iplari aylanaga tutashadi.

1985 yilda ilgari noma'lum bo'lgan uglerod shakli – fullerenlar (1.3 – rasm) kashf qilindi. Fulleren uglerodning yangi allotropik shaklidir. Fullerenda uglerodning xar bir atomi boshqa atomlar bilan uchta mustaxkam bog' bilan bog'langandir.



1.3-rasm. *Fulleren modeli*

Bu grafen tekisligida xam mavjud bo'ladi. Biroq grafendan farqli ravishda fulleren to'g'ri olti va besh burchakdan tashkil topgan, bo'rtgan, berk yuzasini xosil qiladi. Ko'rinishi bo'yicha futbol to'pini eslatadi. Fulleren qurilayotgan

binolarda shunga o'xshash gumbaz yaratgan arxitektor B. Fulleren nomiga qo'yilgan. Fulleren shakli yetarlicha turli ko'rinishlarda bo'lishi mumkin.

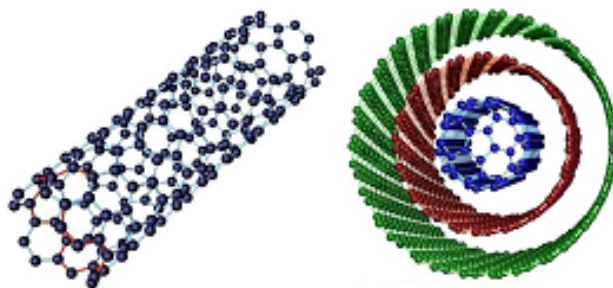
Bir vaqtning o'zida kvant kimyoviy xisoblar ularning qurilishi ma'lum bir qoidalarga bo'ysunishini ko'rsatadi. Uglerodning turg'un klasterlari poliedr ko'rinishiga ega bo'lib, ularda uglerodning xar bir atomi 3 koordinatsion songa ega bo'ladi. Faqat besh va olti sonli siklga ega bo'lgan korboliedrlar yanada turg'un bo'ladi. 60 ta atomdan tashkil topgan va C_{60} bilan belgilanadigan fulleren molekulari eng ko'p tadqiq etilgan. C_{60} struktura 20 ta olti burchakdan va 12 ta besh burchakdan iboratdir. Har bir olti burchak 3 ta besh burchak va 3 ta olti burchak bilan chegaralansa, besh burchak faqat olti burchak bilan chegaralanadi. Bunday struktura C_{60} molekulaga noodatiy mustaxkamlikni ta'minlaydi. Berk xajmiy geometrik figurani qurishda besh burchakni mavjud bo'lishi majburiydir. Aynan u grafit qatlamining bukilishini ta'minlaydi. C-C bog' uzunligi u qaysi chegarada joylashishiga bog'liq bo'ladi: olti burchak – olti burchak chegarasidagi C-C bog' uzunligi 0,139 nm ga teng bo'lsa, olti burchak – besh burchak chegarasidagi C-C bog' uzunligi 0,144 nm ga teng.

Yuqorida aytilganidek fulleren strukturasini xosil qilishda 3 ta elektron ishtirok etadi. To'rtinchi elektron bo'sh kimyoviy bog'da mavjud bo'ladi. Shuning uchun mazkur molekular muxim kimyoviy xossaga ega bo'ladi. Ular polimer strukturasini xosil qilishi mumkin, shuningdek vodorod (gidrirlangan fulleren), ftor (ftorlangan fulleren) va boshqa boshqa atomlarni qo'shib olishi mumkin.

Fulleren asosidagi qattiq materiallardan kuzatiladigan xodisalardan biri o'ta o'tkazuvchanlikdir. O'ta o'tkazish xolatiga o'tishning kritik xarorati yetarlicha yuqoridir. 1991 yilda qattiq C_{60} ni ko'p bo'lmagan miqdorda ishqoriy metall legirlash metall o'tkazuvchanlikdagi materialni xosil qilishi aniqlandi. Bu material past xaroratlarda o'ta o'tkazuvchan xolatga o'tadi. Qattiq fullerit yarimo'tkazgichdir. U fotoo'tkazuvchi organik metallardan eng yaxshilaridan biridir. Ulardan tushayotgan yorug'lik chastotasini ikki marta va uch martta oshiruvchi optik o'zgartirgichlarni tayyorlash mumkin. Fullerenlar kashf

qilinganidan so'ng olimlar grafen tekisligi ma'lum sharoitlarda trubkaga o'ralishini aniqlashgan. Bu xosil bo'lishni uglerodli nanotrubkalar (UNT) deb nomlangan.

UNT – diametri birdan o'nlarча nanometrğa va uzunligi o'nlarча mikron atrofida bo'lgan ichi bo'sh cho'zinchoq silindir strukturadir (1.3–rasm). Mukammal nanotrubka silindrga o'ralgan grafen tekisligidir, uchlarida uglerod atomlari joylashgan to'g'ri olti burchak bilan terilgan sirt. Uglerodli nanotrubkalarining shakli xilma xildir. Ular bir devorli yoki ko'p devorli (bir qatlamli yoki ko'p qatlamli), to'g'ri yoki spiralli, uzun yoki kalta bo'lishi mumkin. Nanotrubkalar cho'zilish va bukilishlarga mustaxkamdir. Katta mexanik kuchlanish ta'siri ostida ular yirtilmaydi, sinmaydi, faqatgina o'zining strukturasi qayta tashkil qiladi [14]. UNT amaliy foydalanishlar uchun muxim xossalarga egadir: ular juda katta zichlikdagi tokni o'tkazish qobiliyatiga ega, boshqa atom va molekulani qo'shganda (adsorbsiya) o'zining xossasini o'zgartiradi, past xaroratlarda o'zining uchki qismidan elektronlarni chiqaradi (sovuq elektron emmissiya). Shuning uchun butun duniyoda ularning xossalarini tadqiq etish jadalliklar bilan olib borilmoqda. Bu esa ularning amaliy qo'llanilish soxasini kengaytirmoqda. UNT 1.4–rasmda ko'rsatilganidek ochiq va berk bo'lishi mumkin. Oxirgi xolatda uning uchki qismlari yarimta fulleren bilan tugaydi. Shuning uchun fulleren va UNT gumbaz turuga yaqin strukturadir.



1.4-rasm. *UNT modeli.*

1.3 UGLEROD NANOSTRUKTURASINING MEXANIK XOSSASI

Uglerod atomlari orasidagi kovalent bog' juda mustaxkamdir. Shuning uchun uglerod strukturasi asosidagi kvant iplar (karbin strukturalar va uglerodli nanotrubkalar) juda mustaxkamdir. Uglerod strukturasi tayyorlangan tros yo'ldoshdan yerga tushirilishi va unda lift harakatlanishi mumkinligi hisoblab chiqilgan. Uglerod strukturasi yagona material bo'lib, u asosida tayyorlangan tros xususiy og'rilik ostida uzilib ketmaydi.

Birin-ketin qo'yilgan uglerod monoatomi qatlamidan iborat bo'lgan silindrni tasvirlaydigan ko'p devorli uglerodli nanotrubkalar muxim mexanik xossaga egadir. Ichki silindrlar tashqi silindrlarga nisbatan deyarli ishqalanmasdan xarakatlanishi mumkin. Teleskopik effekt to'laligicha tiklanuvchandir. Ichki trubkani chiqarish va kiritish mumkin va bu jarayonni ko'p marotaba takrorlash mumkin. Bunda teleskopik kuchlar amal qiladi. UNT xolatida ular bir nechta tashkil qiluvchilardan qo'shiladi: Van – der – Vaals kuch, ishqalanishning statik va dinamik kuchlari. Ishqalanish kuchlari juda kichikdir.

Ularning tajribaviy baxolashlar bir atomga 10-14 Nyuton atrofidagi kattalikni berdi, keltirilgan bo'lak ustida o'tkazilgan tajribalar ishqalanish kuchi vaqt davomida o'zgarmasdan qolishini ko'rsatdi.

Tasvirlan tajriba diametri birlarcha nanometr atrofidagi podshipniklarni yaratishga imkon beradi. Bundan tashqari mexanik xossalar elektr xossalar bilan bog'langanligi aniqlangan.

Ichki silindrning tashqi silindrga nisbatan xarakatlanganda keltirilgan tizimning to'liq qarshiligi eksponensial qonuniyat bilan o'zgaradi:

$$R = R_0 \exp\left(\frac{x}{L_0}\right) (1)$$

bu yerda L_0 – trubka xossalari tufayli xosil bo'ladigan o'ziga xos uzunlik, R_0 – Silindrlar bir biriga to'laligicha kiritilgan xolatdagi qarshilik, x – chiqarilgan trubka joylashuvining joriy koordinatasi.

Qarshilikni o'zgarishi xarakatlanish va tezlanishning juda sezgir datchiklarini tayyorlashga imkon beradi. Trubkaning xossasi bukilishda o'zgarishi aniqlangan. Bu esa deformatsiya datchiklarini tayyorlashga imkon beradi.

II BOB

NANOMATERILLARNING QO'LLANILISHI

2.1 KIMYOVIY VA BIOKIMYOVIY SENSORLAR

Uglerod nanotrubkalar muxim xossaga – begona atom yoki molekulalar adsorbsiyalanganda o'zining o'tkazuvchanligini o'zgartirish qobilyatiga egadir. Lengmyur adsorbsiya xodisasini tadqiq eta turub, adsorbsiyalangan atomlar soni ular atrof muxitda xosil qiladigan bosim bilan aniqlanishini o'rnatgan xolatlar tenglamasiga muvofiq p bosim fazodagi atomlar n konsentratsiyasi $p=nkT$ bilan aniqlanadi. Shuning uchun nanotrubka o'tkazuvchanligini o'zgarishini nanotrubkani o'rab turuvchi fazoda kimyoviy moddalar konsentratsiyasini aniqlash uchun ishlatilishi mumkin.

Bu xossani nanotrubka sirtga maxsus ishlov berishni qo'llagan xolda kuchaytirish mumkin. So'ngi yillarda “uglerod nanotrubkasining kovalent kimyosi” degan yo'nalish paydo bo'ldi. Bu yo'nalish ma'lum bir moddalar konsentratsiyasini o'lchashda sezgirlikni oshiradigan radikallarni izlash va uni UNT ga qo'shishdan iboratdir. Bu yo'nalish nanotrubkaning o'zini shakllantirishda uglerod xar bir atomning 3 ta elektroni ishtirok etishi, to'rtinchi qo'shilayotgan molekula bilan kimyoviy bog' o'rnatish mumkinligiga tayanadi.

2.2. HISOBLASH TIZIMLARI

Zamonaviy hisoblash tizimlarining asosini maydonli tranzistordagi mantiqiy elementlar va xotira yacheykalari tashkil qiladi. Zatvor izolyatsiyalangan maydonli tranzistor kanal o'tkazuvchanligi elektr maydon bilan boshqariladigan asbobdir. Bu maydon zatvor elektrodiga elektr kuchlanish uzatilganda hosil bo'ladi. Hozirgi kunda kanal vazifasini uglerodli nanotrubkalar bajaradigan tranzistorlar yaratilgan. Hozirgi kunda bu tranzistor o'zlarining parametrlari bo'yicha kremniy asosidagi maydonli tranzistorlardan ortda qoladi. Biroq olimlar ularni yaxshilashga umid qilishmoqda. Bunday texnika asosida birinchi integral sxemalar yaratildi, inson sochi fonida elektron mikroskopda olingan bunday sxemaning tasviri keltirilgan. Hozirgi kunda axborotlarni

saqlash texnologiyalarini tadqiq etish faol rivojlanayotgan yo'nalishlardan biridir. Bu yanada katta xajmdagi axborotni yanada kichik xajmdagi fazada saqlash talabidan kelib chiqmoqda.

Uglerodli nanotrubbkalar xam ana'naviy kremniyli planar texnologiyasi xotira elementlarini xam yangi orginal elementlarini tayyorlashga imkon beradi. Misol tariqasida ko'p devorli uglerod nanotrubbkasining mexanik xossasi asosidagi xotira elementlari yaratishni keltirish mumkin, xotira elementini yaratish uchun ko'p devorli trubkaning uchlari ochiladi, uning tashqi qobig'i ikkita elektrodlar orasida qotiriladi.

Elektr kuchlanishi – musbatiga chap yoki o'ng elektrod ulanishiga bog'liq ravishda trubkaning ichki qismi sirpanadi hamda shu elektrodga tortiladi. Shunday yo'l bilan xam oddiy ikki pozitsiyali xotira (0,1) xam uch pozitsiyali xotirani (0,1,2) yaratish mumkin.

2.3 UGLERODLI NANOTRUBKADAN ELEKTRON EMISSIYASI ASOSIDAGI ASBOBLAR

Elektronlarning moddadan vakumga chiqish xodisasini elektron emissiya deb atashadi. Qattiq jismni 1000 °C ortiq yuqori xaroratgacha qizdirishdan iborat bo'lgan termoelektron emissiyada elektronlar chiqish ishini yengib o'tish uchun yetarli bo'lgan energiyaga ega bo'lishadi xamda vakuumga chiqishi mumkin. Termoelektron emissiya asosida ko'p yillar davomida elektronikani rivojlanishini belgilab bergan elektron lampalarning katodlari tayyorlangan [15].

Kichik energiya sarfini sovuq emissiya talab qiladi. Unda elektronlar kuchli elektr maydon ta'sirida vakuumga chiqadi. Juda yuqori elektr kuchlanishini yaratish talab etilganligi uchun bu usul rivojlanmagan. Elektron trubalarni tadqiq etilishi vaziyatni o'zgartirishga imkon berdi. Bir devorli uglerodli nanotrubbkaning radiusi 0,7 nm tashkil qiladi. Bu esa bunday trubkaning uchida 10^8 V/sm dan ortiq elektr maydonni xosil qilishga imkon beradi. Bunday maydonning energiyasi elektronni vakuumga chiqarish uchun yetarlidir. Shunday qilib, nanotrubbkadan elektronlarning maydonli emissiyasi

samaradorligi ularning diametri kichikligi xamda nanotrubkalarining uchida elektr maydonning yuqori bo'lishi bilan asoslangandir.

Texnologik nuqtayi nazardan UNT parametrlarning turg'unligi xamda emissiya tok zichligi katta bo'lishi bilan yaxshidir. Displeylarda 500 mA/sm^2 dan ortiq emissiya tok zichligi olingan. Emission xossalari bo'yicha yetakchi bir devorli trubkadir. Bu ularning diametri ko'p devorligiga qaraganda sezilarli darajada kichik bo'lishi, maydon kuchlanganligi o'tkirlik radiusiga teskari proporsional o'sishi bilan bog'langandir [17]. Emissiya yorug'lik manbalarini, displey ekranlarini yaratish uchun ishlatiladi.

UNT asosida superkondensator, litiy batareyalari va boshqa asoboblarni yaratish bo'yicha jadal tadqiqotlar olib borilmoqda.

Olimlar UNT ning boshqa imkoniyatlarini tadqiq etishmoqda. Masalan, uglewrod trubkadan iborat bo'lgan matritsa bosh miyya jaroxatini tiklashga olib keladi.

2.4 NANOELEKTRONIKA BUGUN VA ERTAGA

Razer - sichqoncha, klaviatura va futbolchilar uchun boshqa atrof-muhit birliklari ishlab chiqaruvchi - "aqlli" bilaguzuk NABU kiritildi. Zamonaviy aksessuar Fitbit kuchlari yoki Nike Fuelband va Smart soat Pebble vazifalarini birlashtiradi. Bu nafaqat yoqib qadamlar va kaloriyalar soni o'lchaydir va SMS xabar uchun ularni olish, qo'ng'iroqlarni, va hokazo o'tkazib yuborilgan, iPhone /



2.1-rasm. *Aqilli bilak uzuk*

Android-smartfon bilan hamohang bo'ladi bilaguzuk, har ikki tomon ikki ekranli bilan jihozlangan. Bir jismoniy inson yutuqlarini oddiy ko'rsatkich, lekin bir katta LCD, masalan, bir tvit mos mumkin. uy-joy yomg'ir va loy chidamli

bo'ladi. kompaniyada va'da zaryadlovchi, 7 kun uchun etarli bo'lishi kerak. Ishlab chiquvchilar uchun Nabu model \$ 49 turadi. Relizlar (tasdiqlangan bo'lishi sana) davrida iste'molchilar uchun versiya "bir oz ko'proq" turadi, Razer dedi.



2.2-rasm. *Samsung 85-dyuymli LCD TV*

Samsung 85-dyuymli ekranga diagonal va 4K qarori bilan LCD TV qayrilib hayron qoldirdi. Foydalanuvchi masofadan boshqarish pultidagi bir tugmani Koraxon, servo faoliyat va model 85U9B bir egri qiyofasini olish boshlanadi. Orqaga qaytish original, "yassi" shakliga TV tugmasini bosib. Shu "egiluvchan" televizion namoyishlari va LG haqida. Bu kichik (77 dyuym), lekin uning ekran OLED texnologiyasi bilan amalga oshiriladi.



2.3-rasm. *Smart soat Pebble*

Smart soat Pebble ularga charm Tasmani va zanglamaydigan po'lat zanjir C qo'shib, mustahkam ko'rinishga berdi. Bundan tashqari, o'zgartirilgan aksessuar ulagichi (hozir 2-pin), LED zaryad darajasida paydo bo'ldi va yanada barqaror signal qabul Bluetooth uchun yangi antenna, "Operativ xotira" ikki baravar ko'paydi. A monoxrom displey - - qurilmaning eng muhim element bir xil (1,26 dyuym, 144h168 ball) qoldi. Savdo Pebble Steel, narx yanvar oyida \$ 249.



2.4-rasm. CEO Brian Krzhanicha chip

Intel mobil qurilmalar, simsiz zaryadlash uchun bir "piyola" ko'rsatdi. Shakli ba'zan uyga keyin bir oz pul, kalitlari va uyali telefonni tarqalgan tangaga o'xshaydi. Har qanday asbob avtomatik ravishda idish ichiga tashlanib olina boshlash kompaniya g'oyasidir. CEO Brian Krzhanicha chip qaynatgichni ko'ra, "kubogi", "aqlli" Bluetooth-garnitura Jarvis faqat mos keladi, lekin oxir-oqibat u smartfonlar, planshetlar va hatto ultrabooks qo'llab-quvvatlaydi konteyner diametri taxminan 10 dyuym bor. bir-biriga tegib holda magnit rezonans texnologiyalar uchun ayblovlar.



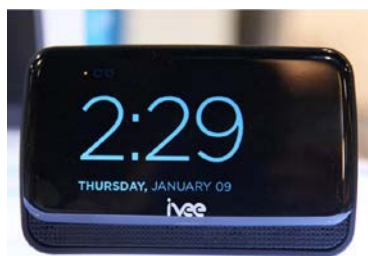
2.5-rasm. Kolibree - Bluetooth

Kolibree - Bluetooth-quvvatlash bilan dunyodagi birinchi elektr tish cho'tkasi. Foydalanuvchilar Smartfon maxsus dastur yuklab, keyin simsiz ikki qurilmalar ulash. Brush qancha vaqt va qanday yaxshi, har bir tish va saqich tozalash odamlar eslasa, so'ngra telefoningizga bu statistika yuboradi. Kolibree yaratuvchilarni o'yin element unutib yo'q: application oila a'zolari tezlik va tozalash sifatini raqobat imkonini beruvchi, bir necha mo'yqalam mo'yqalamlar ma'lumotlarni tahlil qilish mumkin. natijalari, shuningdek, do'stlari va ijtimoiy tarmoqlarda ham bir tish bilan birgalikda mumkin. Umumiy boshlang'ich past 200 100 dollar uchun firçalar bir necha modellari ozod qilish niyatida. Kickstater kampaniyasi muvaffaqiyatli bo'lsa, ular IV choragiga sotuvga bo'ladi.



2.6-rasm.

hamkorlar bir qator Valve "o'yin" OS Valve operatsion tizimi ishlatayotgan CES 2014 video O'yin ko`rgazmalari suv ostida. Ibuypower, CyberPowerPC, Origin shaxsiy kompyuter, Materiel.net, Webhallen, muqobil, Next, zotac va Scan Kompyuter texnikasi - bu kompaniyalar sifatida katta ishlab chiqaruvchi (Alienware, Falcon Northwest va Gigabyte) va kichik futbolchilar bor edi. Iqtisodiy eng qutilari 499 6000 dollar bo'ladi. Jami ko'rgazma 14 bo'lajak raqib Xbox va PlayStation taqdim etildi. eng qimmat tizimlari biri (up RAM, 16 GB, 6 tarabayt qattiq disk salohiyatini grafik NVIDIA GeForce GTX Titan,) Falcon taklif etamiz. Bu 1799-6000 dollarga sotiladi



2.7-rasm.

Isee Sleek — Bu "aqlli" uyda boshqa element hisoblanadi. Shaxsiy yordamchisi siz unga ovozli buyruqlarni berib, Wi-Fi uchun uy-joy boshqarish imkonini beradi. U nafaqat kabi to'g'ridan-to'g'ri ko'rsatmalar (masalan, "22 daraja harorat past"), va so'zlar tushunadi "Men issiq emasman." Qurilma 199 dollar uchun sotuvga allaqachon



2.8-rasm.

StriimLight WiFi va StriimLight B-10: AwoX kompaniya "aqlli" uyi uchun ikki Lampochka kiritildi. Ular simsiz tarmoq (Wi-Fi yoki Bluetooth) Ovozi qabul karnay yashiringan. Qurilmaning narxi hali e'lon qilinmaydi.



2.9-rasm.

Startup Panono jonli qanday uning sharsimon kamera ko'rsatdi. O'zi ustidan uloqtirish, agar biz allaqachon aytib o'tganimizdek bo'lgan Eslatib o'tamiz, "fotomyach", 360-daraja panoramalar tortishish mumkin. Bir vaqtning o'zida parvoz eng yuqori nuqtada bir suratga olish, uy-joy birligi, ichiga qurilgan 36 kameralar (2 megapikselli)



2.10-rasm. LaCie sohasida - po'lat to'p shaklida qattiq disk, Chisofle dizayn byurosiga mo'ljallangan.

Diskda hajmi - 1 TB, vazn - bir funt. Har bir qurilma Qopqog'i va Frantsiyada qo'lidan yig'ilgan. Kompyuter bilan u USB 3.0 interfeysi bilan bog'liq. Yangilik savdo \$ 490 bu oy o'tgach boshlanadi

2.5 DUNYO 2025-YILDA: 9 YIL OLDINGA QADAM

Aviatsiya muhandisi, koinot sayyohligi bo'yicha dunyodagi birinchi Space Adventures korxonasining ta'sischisi, Planetary Resources kompaniyasi asoschisi va boshqa etakchi texnologiyalar hamda kosmik rivojlanishlar bilan

bog‘liq loyihalar tashkilotchisi Piter Diamandis 2025 yilda insoniyatni nimalar kutayotganini bashorat qildi.

1. 1000 dollar evaziga inson miyasi



2.11-rasm. *inson miyasi*

2025 yilda 1 soniyada 10 000 trln operatsiyalarni bajarishga qodir kompyuter paydo bo‘ladi. Bu tezlik inson miyasining axborot tahlil qilish tezligiga teng. Bunday qurilma bor yo‘g‘i 1000 dollar evaziga sotiladi.

2. “Barchaga internet”

Barchaga internet” global iqtisodiyotni yangi darajaga ko‘taradi: geografik chegaralar yo‘qolib, dunyoning turli burchaklaridagi insonlar onlayn tarzda loyihalar ustida xuddi real hayotdagi kabi ishlash imkoniyatiga ega bo‘lishadi. 2025 yilga kelib “Barchaga internet” axborot yig‘ish uchun 100 milliardlik bir-biriga ulangan datchiklarni o‘z ichiga oladi. “Cisco”ning yaqinda chop etilgan ma’ruzasiga ko‘ra, megainternet 19 trln. dollar ishlab chiqaradi.

3. Takomillashgan bilim



2.12-rasm.

Dunyodagi trilliondan ortiq axborot yig‘ish datchiklari (avtonom avtomobil, sun‘iy yo‘ldosh tizimi, uchuvchisiz samolyotlar, taqiladigan kameralar) orqali siz istagan vaqtingiz va joyingizda, o‘zingiz xohlagan

narsangiz haqida bilib olishingiz mumkin. Biz endi takomillashgan bilimlar dunyosi sari boryapmiz.

4. Bir-biriga uzviy bog‘liq bo‘lgan 8 milliard inson



2.13-rasm.

Facebook (Internet.org), SpaceX, Google (Loon loyiha), Qualcomm va Virgin (OneWeb) sayyoramizdagi barcha insonlarni soniyasiga bir megabit tezlikdan oshuvchi internet bilan ta‘minlab berishni rejalashtirgan. Sakkiz milliarddan oshiq insonlar kommunikatsiyaning yangi vositalari bilan bog‘lanadilar. Global tarmoqdan cheklangan insonlar Google, 3D-chop etish, Amazon xizmatlarining barcha ma‘lumotlaridan foydalanish imkoniga ega bo‘lishadi.

5. Sog‘liqni saqlashdagi katta burilish

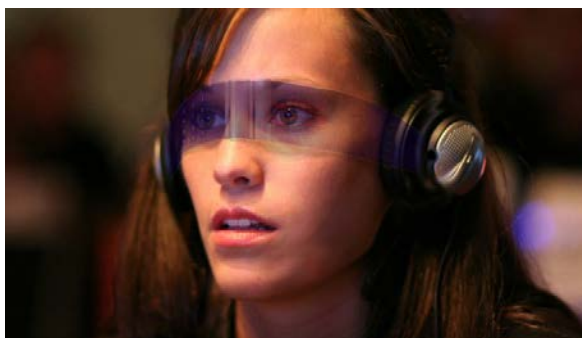


2.14-rasm.

Yangi samarador tizimlarning paydo bo‘lishi evaziga mavjud bo‘lgan sog‘liqni saqlash muassasalari yo‘qolish arafasida qoladi. Minglab startaplar, shuningdek bugungi kundagi axborot gigantlari (Google, Apple, Microsoft, SAP, IBM va h.k.) yangi biznes-modellar bilan daromadli (3,8 trln dollar) sog‘liqni saqlash sohasiga kirib kelishadi. Bu esa byurokratik klinikalar va shifoxonalarni yo‘q qiladi. Biometrik zondlash har bir kishining o‘z salomatligiga o‘zi egalik qilishiga yordam beradi. Yangi uskunalar orqali endilikda biz yurak xastaligi, saraton sabablari hamda neyrodegenerativ kasalliklarni aniqlashimiz va ularni davolashimiz mumkin. Robotlashtirilgan

jarrohlr esa mushkul operatsiyalarni amalga oshiradi va bu samaraliroq, hamyonbop bo‘ladi.

6. Kengaytirilgan va virtual reallik



2.15-rasm.

Facebook (Oculus), Google (Magic Leap), Microsoft (Hololens), Sony, Qualcomm, HTC va boshqalarga kiritilgan milliardlab dollarlar endilikda behudaga sarflanmaydi. Display va interfeyslarning yangi avlodlari paydo bo‘ladi. Odatiy smartfon, kompyuter va telefon ekranlari yo‘qolib, ularning o‘rnini ko‘zoynaklar egallaydi. U Google Glass`ga o‘xshamaydigan, hozirda xipsterlar taquvchi ko‘zoynak kabi bo‘ladi.

7. Bolalik



2.16-rasm.

Odamzod sun‘iy intellekt yaratishda davom etadi. Agarda siz Siri (Siri)ni eng mukammal yutuqlardan biri deb o‘ylasangiz, 10 yildan keyin “Temir odam”dagi haqiqiy Jarvisni hayotda ham ko‘rishingiz mumkin bo‘ladi. IBM Watson, Deep Mind va Vicarious sizlarning so‘zlashuvingiz, xabaringiz va biometrik ma‘lumotlaringizni ko‘chirib oluvchi kuchli yordamchini ishlab chiqaradi. Bu esa o‘z navbatida ishlarni engillashtiradi.

8. Blokcheyn



2.17-rasm.

Siz bitkoin - xavfsiz kriptovalyutasi haqida ma'lumotga egasiz. Lekin innovatsiya – elektron valyuta emas, balki vositachilarsiz to'g'ridan-to'g'ri aktivlarni raqamli uzatishdan iborat bo'lgan protokoldir, ya'ni - blokcheyn. Mark Andrisen kabi sarmoyadorlar uchun elektron valyutani kiritish internet yaratishdek muhim qadam hisoblanadi.

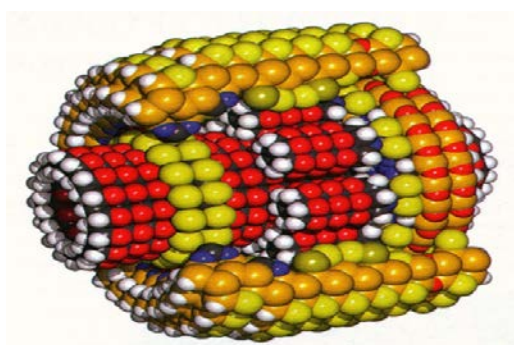
2.6 NANOELEKTROMEXANIK SISTEMALAR

Turli ko'rinishdagi bir necha ming atomlardan tuzilgan nanokonstruktor bor deb faraz qilaylik. Uning yordamida nimani yig'ish mumkin? Avtomobil yoki qishloqda uy qurish uchun esa, afsus, buncha miqdordagi atomlar soni etmaydi. Ammo, mumkin bo'lgan turli shakldagi molekulalarni yig'ish mumkin: halqasimon (masalan, benzol), cho'zilgan (alkanlar), sferik (fullerenlar). Zerikarli, ayniqsa, avtomobilni xoxlagan bo'lsang. Avtomobilni mumkin bo'lgan disklardan, silindrlardan, porshenlardan va boshqa qismlardan yig'iladi. Bular esa bizning konstruktorda yo'q. O'ylab qaralsa, barcha sanab o'tilgan qismlar o'rniga nima uchun unga mos molekulalarni qo'llash mumkin emas, ulardan avtomobillar yig'ish mumkin emas? Endi ancha qiziqroq, to'g'ri emasmi? Ayniqsa bu avtomobil buzilib ketmaydimi, u yura oladimi va kimlarni olib yuradi? degan savollar berilmasa.

Hozirgi vaqtda texnikaning rivojlanishining umumiy tendensiyalaridan biri funksional qurilmalarni miniatyurizatsiya qilishdir. Bu tendensiya ochiq ko'rinishda elektron komponentlar evolyusiyasi jarayonida namoyon bo'ladi. Agar birinchi tranzistorlar ularni barmoqlar bilan olish mumkin bo'lgan darajada katta bo'lsa, zamonaviy kompyuterlar protsessori million maydon

nanotranzistorlaridan iboratligi xech kimni xayron qoldirmaydi. Elektron komponentalar izidan elektromexanik qurilmalar miniatyurizatsiyasi boshlandi. Bir turli mexanik qurilmalarning holati makro- va mikro dunyoda turlicha bo'lishiga qaramay, olimlar va muxandislarning urinishlari hattoki bizning ishlab chiqarishda ham qo'llanilishi mumkin bo'lgan mikroelektromexanik sistemalar yaratishga undadi.

Biroq keyingi qadamni qo'yishelektromatorlarni nanodunyoga o'tkazishni amalga oshirish yanada qiyin ekan. Ob'ektlar o'lchamini kamaytirganda ularning sirt yuzasining xajmga nisbati oshadi, bu nanosistemalar mexanik xolatida ishqalish kuchining xissasining oshishiga va ishqalish kuchining inersiya kuchi ustidan domenlanishiga olib keladi. Stol sirtida yotgan koptokka va krimniy monokristali sirtidagi fulleren molekulasi aylanma harakat berilgandan keyin inersiyani o'chirish uchun sarflangan vaqt bir necha tartibga farq qiladi. Biroq, nanoelektronlarning mexanik xolatlarini nazariy ifoda etish mumkin bo'lsa-da, asosiy savol tug'iladi-ularqanday tayyorlanadi? Hozirgi kunda NEMS larni chratishning ikkita asosiy tendensiyasini ajratib ko'rsatish mumkin: mavjud mikroelektromexanik sistemalar o'lchamini kichraytirish va yangi molekulyar dvigatellar, hamda molekulyar elektromexanik qurilmalarni yaratish.

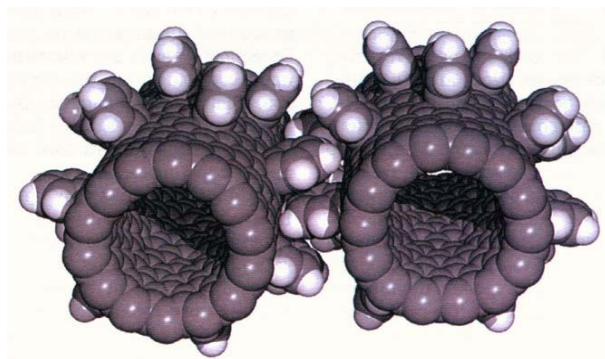


2.18-rasm. *Molekulyar reduktor*

Birinchi yondashuv ma'lum qiyinchiliklar bilan bog'langan, NEMS ni yaratishda qo'llaniladigan usullar (elektron litografiya, elektron edirish va b.sh.) chegaralangan ajrata olish qobiliyatiga egaligidan ulardan nanoob'ektlar yaratishda foydalanish muammolarni yuzaga keltiradi.

Nanoelektromotorlarning o'lchamlari shunchalik kichik-ki, ular konstruksiyasida ayrim molekulalar va funksional gruppalarni qo'llash mumkin(1-rasm).

Xususan, bir nanotrubbkadan ikkinchisiga aylanishni uzatish imkoniyati (2-rasm), hamda konsentrik nanotrubbkalar gruppasidan mexanik ossillyatorlar chratish ifodalangan.



2.19-rasm. *Uglerd nanotrubbkalar asosida nanoshesterenkalar» ni bog'lash* NEMS ga yana bir yorqin misol tashqi elektr maydon yoki nur yordamida yuruvchi nanomashinalardir.

NEMS lar metrologiya sohasida, ayniqsa, juda kichik kuchlarni va molekulyar sathlarda siljishlarni o'lchashda revolyusiya sodir etishi kutilmoqda. Ma'lumki, mexanik sistemalar xususiy chastota ($\omega_0 \sim (\text{keff}/\text{meff})^{1/2}$, bu erda keff — effektiv qattqlik, va meff — sistemaning effektiv massasi) bilan tebranadilar. Agar biz qurilmaning shaklini o'zgartirmay, chiziqiy o'lchami l ni kamaytirsak, u xolda ($\text{keff} \sim l$ bo'lganda $\text{meff} \sim l^3$) ω_0 kattalashadi.

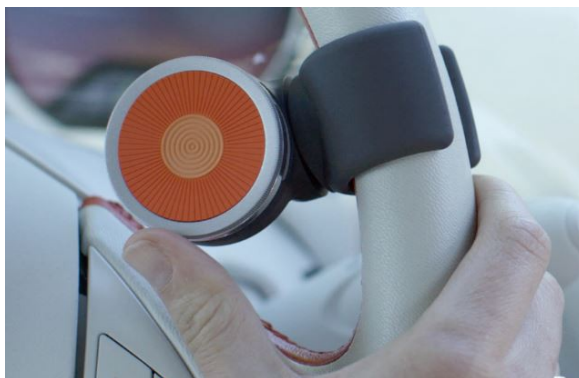
Bunda ω_0 kattalikning yuqori qiymati sistemaning tashqi kuchlarga qarshi javobining yuqori tezliklariga mos keladi, bu esa NEMS lar asosida sezgir o'lchov qurilmalarini yaratishga imkon beradi. Hozirda yaqindagina imkoni yo'qdek tuyulgan NEMS asosida tebranishning fundamental chastotasi 19GGs (1010Gs) dan yuqori bo'lgan nanorezistorlar yaratilgan.

Bunday rezonatorlar skanerlovchi zond mikroseopiyasida kantileverlar, biologik molekulalar va DNK nanoog'irlik va nanosensori sifatida qo'llanilmoqda. NEMS larning boshqa afzalligi ularning energiyaning kam iste'mol qilishidir.

Agar olimlar uchun NEMS larni yaratish qiyin masala bo'lsa, uning echimi yaqin kelajakni ishi bo'lib qolishini aytish kerak. Tabiat, million yillar mobaynida, turli nanomexanik qurilmalar yaratmoqda. Ko'pgina ma'lum biologik sistemalar – viruslar, bakteriyalar, bir to'qimali mikroorganizmlar va h.k. – atrof muhit ta'siri ostida, hamda neytronlarning elektr impulsi ta'siri ostida aralashishiga imkon beruvchi turli moslamalarga egadir.

Shuning uchun NEMS larni yaratish sohasining aktual yo'nalishlaridan biri prinsipial yangini yaratish emas, ma'lum bo'lgan tabiiy molekulyar motorlar mimikriyasidir. Balki tabiat yana bizga yaqindagina iloji bo'lmagan yana bir masalani echishga yordam berar.

Smartfonlarni boshqarish uchun "tabletk" ko'rinishidagi qurilma namoyish etildi Fingertips Lab startapi smartfonlarni boshqarish uchun mo'ljallangan noyob qurilmani namoyish etdi. Yangilik atrofi aylanuvchi uzukdan iborat katta tugmadan iborat bo'lib, ovoz orqali boshqarish uchun o'rnatilgan akselerometr va mikrofondan tashkil topgan. Bu qurilma smartfonlarni displeyga qaramasdan boshqarish imkoniyatini beradi.



2.20-rasm. Fingertips Lab startapi smartfonlar

Tabletk ko'rinishidagi gadjet O6 nomini oldi. Uni qo'lda bilakuzuk kabi yoki magnit klipslar yordamida kiyimlarda va avtomobilning rulida taqsa bo'ladi. Aksessuarni ovoz, qurilmaga o'rnatilgan g'ildirakcha, navigatsiya uchun to'rt klavishalar va o'rnatilgan akselerometrlar yordamida boshqariladi. O6 telefonlarga Bluetooth yordamida ulanadi. Qurilma orqali pochmani eshitish,

xabarlarga javob berish, qo'ng'iroq qilish yoki musiqa tanlash mumkin. O'rnatilgan akkumulyator quvvat olmasdan 10 kungacha ishlay oladi. Hozirgi kunda O6 iPhone va iPad bilan ishlay oladi, ammo loyiha mualliflari Android smartfonlari bilan ham ishlash imkoniyatini kiritishni rejalashtirishmoqda. O6 qurilmasini ishlab chiqarish uchun Fingertips Lab startapi Kickstarter platformasida mablag' yig'ishmoqda. Agar kompaniya etarli mablag'ni yig'a olsa, qurilma sotuvga 149 dollar narxida sotuvga chiqadi.

III. BOB

NAZARIY QISM. NANOSTRUKTURALAR VA ULARNING TURLARI, QO‘LLANISHI

3.1. GETEROO‘TISHLAR TUSHUNCHASI

Ikkita har xil moddalariing bir-biriga tutashuvi (kongaktga keltirilishi) geteroo‘tishlar (GO‘) deyiladi. GO‘ ning har xil turlari mavjud:

1. Ikkita har xil yarim o‘tkazgich asosidagi G'O‘. Misol, GaAs va Ge, GaP va Si, CdTe va CdS va botqalar.

2. Metall va yarim o‘tkazgich asosidagi GO‘ (Shotgki bareri misolida). Misol, Ai va Si, Ge va boshqalar.

3. Metall vayarim o‘tkazgich orasidagi omik kontakt.

Geteroo‘tishlarning fizikaviy xossalarini o‘rganish va uni tahd^il qilish, ularning energetik diagrammalarini tuzish asosida olib boriladi.

1-jadval

PARAMETRLAR	GaAs	Ge
Elektronga moyillik, X va man qilingan zona kengligi, E_g , (ev)	4.07, 1.45	4.13, 0.7
Kompensatsiya qilinmagan donorlar Konsentratsiyasi, N_d-N_a, sm^{-3}	10^{16}	
Kompensatsiya qilinmagan akseptorlar konsentratsiyasi. N_a-N_d, sm^{-3}		$3 \cdot 10^{16}$
$E_C-E_F=\delta_{\text{Ga As}}$, ev	0.1	
$E_F-E_V=\delta_{\text{Ga As}}$, ev		0.14
Panjara doimiyligi, α , A^0	5.654	5.658
Nisbiy dielektrik kirituvchanlik, ϵ	11.5	16

Shuning uchun, qisqacha GaAs Ge geteroo‘tishining energetik diagrammasi misolida ko‘rib o‘tamiz. Faraz qilaylik, berilgan yarim o‘tkazgichlarning hajmdagi xususiyatlari ajralish chegarasigacha o‘zgarmaydi va chegara qismida

keskin bir material xususiyatidan boshqa material xususiyatiga o'zgaradi. GaAs va Ge materiali uchun man qilingan zonalar kengligi (E_g) mos ravishda 1.45 va 0,7 eV ga teng.

Chiqish ishining kattaligi Fermi sathidan to vakuum sathigacha bajarilgan ish miqdoriga teng bo'lgani uchun va Fermi sathining kirishmalar konsentratsiyasiga bog'likligi sababli, uning o'rniga elektronga moyillikni olish maqsadga muvofiqdir. ya'ni o'tkazuvchanlik sohasi chegarasidan vakuum sathigacha bajarilishi kerak bo'lgan ish qirishmaoar energiyasiga bog'lik emas. Jadvalda GaAs va Ge ni xarakterlaydigan energetik diagramma tuzish uchun kerak bo'ladigan parametrlar keltirilgan.

3.2 GETEROO'TISHLARNING ENERGETIK DIAGRAMMASI

Elektroning E_g sathdagi energiyasi uning E_v sathdagi energiyasidan kam, shuning uchun Fermi sathlari tenglashuvi uchun (materiallar kontaktga keltirilgan hol) bir qism elektronlar GaAs dan Ge ga o'tadi. Bunday harakat (ko'chish) chegaraviy qismda arsenid galliyda E_s sathining yuqoriga qayrilishiga olib keladi. Fermi sathining siljishi

$$E_{G^*} - E_{g^*} = (X_{Ge} + E_{g(Ge)} - \chi_{Ge}) - (\%GaAs + \chi_{GaAs}) = V_{Dn} + V_{Dp} \quad (3.1)$$

bo'lib, bu miqdor 0,52 eV ga teng bo'ladi.

Bu erda V_{Dn} , V_{Dp} - mos ravishda GO' ning energetik sohasidagn elektronlar va teshiklar uchun bo'lgan energetik uzilishlar, χ_{Ge} va χ_{GaAs} ~ mos ravishda Ge va GaAs geteroo'tish chegarasida materiallar o'tkazuvchanlik va valent sohalari energetik nomuvofiqligi hisobiga hosil bo'ladigan qo'shimchap uzilishlar qiymati. Gomoo'tishdagi kabi, chegara yaqinida χ_n va χ_p qalinliklarda zaryadga kam hududlar mavjud bo'lib, zaryad saqlanish qonuniga asosan

$$\chi_n \text{ Bax}_P = N_a/N_d \quad (3.2)$$

saqlanishi kerak. Puasson tenglamasiga asosan

$$V_{Dn} = N_D (\chi_n^2) / 2e_{GaAs} \text{ va } V_{Dp} = N_A (\chi_p^2) / 2e_{N_D} \quad (3.3)$$

bu tenglamadan

$$V_{Dn}/V_{Dp} = N_A \chi_p^2 / N_D \chi_n^2 \quad (3.4)$$

kelib chiqadi. Bizning hol uchun bu nisbat 4:1 ni tashkil qiladi. 1Luning uchun, bu nisbat 0,42 eV va 0,10 eV gatengdir.

Oddiy geometrik mulohazalar asosida AE_S uzilish uchun quyidagi tengliklarni keltirish mumkin.

$$AE_S = 5_{GaAs} + V_{Dn} - (E_{g(Ge)} - 5_{Ge}) + V_{Dp} \quad (II)$$

$$AE_C = \chi_{0\alpha Ai} \quad (3.5)$$

Valent sohadagi energetik uzilish uchun esa quyidagi tenglikni keltirish mumkin.

$$\Delta E_v = (E_{g(GaAs)} - E_{g(Ge)}) - (\chi_0 - \chi^{\wedge}) \quad (3.6)$$

va (12), (13) ifodalardan.

$$AE_S + AE_{\gamma} = E_{g(GaAs)} - E_{g(Ge)} \quad (3.7)$$

hosil bo'ladi. SHunday mulohaza asosida boshqa geterojuftliklar uchun ham energetik diagrammalarni tuzish mumkin. Bu diagrammalar ajralish chegarasida zaryad bo'lmagan hol uchun to'g'ri bo'ladi.

3.3. YARIM O'TKAZGICHLI MATERIALLAR ASOSIDAGI GETEROJUFTLIKLAR

Geterojuftliklarni tanlash asosan ikkita kristallografik parametrni hisobga olishga asoslanadi. Bular panjara doimiyligi va issiqlikdan kengayish koefitsientlaridir.

Panjara nomuvofiqligi agar bir necha foizni tashkil qilsa, u holda ajralish chegarasidagi yuza holatlar zichligi 10^{14} sm^{-2} va undan yuqori bo'lishi mumkin, natijada geteroo'tish xususiyatlari shu chegaraviy holatlarga bog'lik bo'lishi mumkin. Bunday holatlar juftlanmagan valentlari yoki «bebosh» bog'lanishlar hisobiga bo'ladi. Natijada ajrapish chegarasida Quyidagi hollar kelib chiqadi;

- a) ajralish chegarasida energetik sohalarning qayrshshshi,
- b) ajralish chegarasida ortiqcha asosiy bo'lmagai zaryad tashuvchilarning kuchli rekombinatsiyasi.

Agar ajralish chegarasidagi holatlar zichligi 10 sm va undan kamroq bo'lsa, aytish mumkinki, chegaraviy holatlar o'tish chegarasiga kam ta'sir qiladi va geteroo'tish xususiyatlari tashkil qiluvchi materiallar orasida hosil bo'lgan

geteroo‘tish xossapari bilan aniqlanadi. SHuning uchun asosan geterojuftliklar tanlashda panjaralar doimiyligining farqi 1% va undan kamroq bo‘lishi maqsadga mo‘vofiqdir. Quyidagi jadvalda ayrim geterojuftliklar va ularning parametrlari keltirilgan.

2-jadval

Materi- -allar	E_g (eV)	Panjara doimiy -ligi α , A^0	Soha tuzilishi	Issiqlikdan kengayish koeffitsient i, C^{-1}	kirishmalar	Elektronga moyill (ev)
GaAs	1.43	5.654	To‘g‘ri	5.8	Se, Te, Zn	4.07
Ge	0.66	5.658	To‘g‘ri- mas	5.7	Al, Ga, In	4.13
ZnSe	2.67	5.667	To‘g‘ri	7.0	Al, Ga, In	4.09
Ge	0.66	5.658	To‘g‘ri- mas	5.7	Al, Ga, In	4.13
AlAs	2.15	5.661	To‘g‘ri-	5.2	Zn	3.5
GaAs	1.43	5.654	mas To‘g‘ri	5.8	Se, Te	4.07

Geteroo‘tishli materiallar olish texnologiyasi asosan uch usulga asoslangan. Bular jumlasiga suyuq va gaz fazadan epitaksiya usuli, molekulyar-nurli epitaksiya usuli va vakuumdan o‘stirish usullaridir.

Getero p-n utishlarning afzalliklari.

QE geteroo‘tishli materiallar asosida tayyorlanganda quyidagi afzalliklarga ega:

- 1) Agar keng sohali birinchi yarim o‘tkazgichning man qilingan sohasi E_{g1} , keyingi yarim o‘tkazgichning man qilingan sohasi E_{g2} , va $E_{g1} > E_{g2}$ bo‘lsa, qisqa to‘lqin uchi oralikda spektral sezgirlikning o‘shishi kuzatiladi.

2) Birinchi yarim o'tkazgichni «optik darcha» sifatida qaralib unga maksimal ravishda kirishmalar kiritish (yorug'lik o'tishiga to'sqinlik qilmaydigan darajada) vositasi bilan QE ning ketma-ketlik qarshiligini kamaytirish imkoniyati tug'iladi.

3) Birinchi yarim o'tkazgichni qalin qilib olish mumkin bo'lgani uchun, QE ning har xish nurlanish radiatsiyasiga chidamliligi ortadi. Bu esa QE larini koinotda ishlatilganida muhim ahamiyat kasb etadi.

3.4 DATCHIK TUSHUNCHASI, UNING TURLARI VA TAVSIFI

Datchik sezgir element bo'lib, u nazorat qilinayotgan yoki rostlanayotgan kattalikni masofaga uzatilishi qulay xamda undan foydalanish oson bo'lgan boshqa ko'rinishdagi kattalikka aylantirib beradi.

Chiqish kattaligiga qarab datchiklarda mexanik va elektrik chiqishlar bo'ladi. Birinchi gurux datchiklarda nazorat qilinayotgan xar qanday kattalik chiqishdagi mexanik kattaliklarga aylantiriladi. Ikkinchi gurux datchiklarda esa noelektrik kattaliklar elektr kattaliklarga aylantiriladi. Chiqish signalini kuchaytirish, boshqarish, rostlash, masofadan turib o'lchash qulay bo'lganligi tufayli bu gurux datchiklar texnikada ko'proq qo'llaniladi.

Nazorat qilinayotgan noelektrik kattaliklar (bosim, xarorat, namlik, tezlik va sh.u.) ob'ektni o'ziga joylashtirilgan datchiklar orqali elektrik miqdor (tok, kuchlanish, zaryad)ga aylantiriladi. So'ngra ular elektr o'lchash qurilmalariga uzatiladi (bu qurilmalar shkalasi nazorat kilinayotgan kattalik o'lchov birligida graduirovka qilingan bo'ladi).

ARSlarda ishlatiladigan elektrik chiqishli datchiklar parametrik va generatorli datchiklarga bo'linadi. Parametrik datchiklarda xar qanday fizik tabiatli kattaliklarni o'zgarishi elektr zanjiridagi qarshilik R , sigim S , induktivlik L kabilarni o'zarishiga sabab bo'ladi. Odatda bu elementlar turli elektr zanjirlari (ko'prik, potensiometr, logometr) ga ulangan bo'lib, ularni chiqishlarida nazorat qilinayotgan kattaliklarga bog'liq xolda kuchlanish xosil bo'ladi. Generatorli

datchiklarda esa nazorat qilinayotgan kattaliklar EYUK ga aylantiriladi. Parametrik datchiklar uchun tashqi manbaa kerak bo'ladi, generatorli datchiklar uchun esa manbaa kerak emas. Datchiklarni asosiy tavsiflariga quyidagilar kiradi: statik tavsif, sezgirlik, xato, inersionlik, sezgirlik chegarasi. Kirish va chiqish signallarini o'zgarishlari (Δx , Δu) orasidagi funksional bog'lanishlarga datchikni statik tavsifi-deb ataladi, ya'ni: $\Delta u = f(\Delta x)$.

Datchikni sezgirligi deb, chiqish kattaliklari o'zgarishi Δu ni, kirish miqdorlari o'zgarishi Δx ga nisbatiga aytiladi; ya'ni $S = \Delta u / \Delta x$. Datchikni xatosi, bu chiqish signalini xaqiqiy miqdori bilan uni nominal qiymati orasidagi farqdir. Datchiklar yuqori sezgirlik va oz xatoga ega bo'lishlari maqsadga muvofiqdir. Inersionlik-kirish signali o'zgarishini elementga ta'sirini kechikishiga aytiladi. Sezgirlik chegarasi-bu chiqish miqdori Uni o'zgarishiga olib keladigan kirish miqdori X ni eng kichik qiymatidir. Avtomatli qurilmalarda quyidagi parametrik datchiklar ko'proq tarqalgan: reostatli (potensiometrik), termoqarshilikli, tenzometrik (simli), induktiv, sigim, fotoelektrik (fotoqarshilik)li datchiklar.

Parametrik datchiklar

1. Reostatli parametrik datchiklarda nazorat qilinayotgan noelektrik kattalik (siljish) zanjir qarshiligini o'zgarishiga sabab bo'ladi Reostatli datchiklarni tavsifi deb - surgichdan olinadigan kuchlanish U_{chik} ni potensiometr surgich siljishi X ga bog'liqligiga aytiladi.

Bunda

$$U_{chik} = \frac{U_m \cdot K}{1 + \frac{\kappa}{\alpha(1 - \kappa)}} \quad (3.8)$$

bu erda: U_m -manba kuchlanish; $k = x/l$ -surgichni nisbiy siljishi; $\alpha(1 - k)$ - yuklanish darajasi (R_n -yuklama qarshiligi, R -potensiometrni to'la qarshiligi).

2. Termoqarshilikli datchiklar (termorezistor, qarshilik termometrlari)da xaroratni o'zgarishi o'tkazgich va yarim o'tkazgichlar qarshiliklarini o'zgarishiga olib keladi. Ular texnikada $200^{\circ}S$ dan $700^{\circ}S$ gacha bo'lgan xaroratni o'lchash uchun ishlatiladi. Bunday termometrlar metallar (asosan platina, mis)dan xamda yarimo'tkazgichlardan (marganets, kobalt)dan xam

tayyorlanadi. Ularning ishlashi metallar va yarimo'tkazgichlar (termistorlar) qarshiligini xaroratga bogliqligiga asoslangan. Ma'lumki, xarorat ko'tarilganda metallar qarshiligi oshadi, termistorlarniki esa kamayadi.

3. Tenzometrik (simli) datchiklarda-mexanik zo'riqishlar o'tkazgich va yarim o'tkazgichlar qarshiliklarini o'zgarishiga olib keladi. Tenzodatchik zigzaksimon ko'rinishdagi ingichka konstantin simdan (diametri 0,01-0,05mm) iborat bo'lib, ikkala tomonidan yupqa qag'oz yopishtiriladi. U detalga elim bilan mustaxkam qilib yopishtiriladi va detal bilan birgalikda siqiladi yoki cho'ziladi. Tenzodatchik simlarini uchlari folgalar orqali o'lchov sxemalariga ulanadi.

4. Induktiv datchiklarda po'lat o'zagni siljishi g'altak induktiv qarshiligini o'zgarishiga olib keladi

Induksion datchiklar ko'prok ko'prik sxemalarda qo'llaniladi.

5. Fotoelektrik datchiklarda ko'proq qabul qiluvchi organlar sifatida fotorezistorlar, vakuumli fotoelementlar, fotodiodlar, fototriodlar va fototiristorlar qo'llaniladi. Bunday datchiklarda ularni ishchi yuzasiga tutashgan yoruglik oqimi asbobni elektr o'tkazuvchanligini o'zgarishiga olib keladi. Fotorezistorlarda yoruglik ta'sirida elektronlar soni kupayib elektr o'tkazuvchanligi ortadi. Yoruglik ta'sirida yarimo'tkazgich o'tkazuvchanligini ortishiga ichki fotoeffekt –deb ataladi.

Vakuumli fotoelementlarda fototok faqat yoritilganlikkagina bog'liq, unga quyilgan kuchlanishga bog'liq emas. Fotodiod yarimo'tkazgichli yoruglik energiyasini qabul qiluvchi qurilma xisoblanadi va unda yoruglik ta'sirida elektr zaryadlarini tartibli xarakati sodir bo'ladi. Fototriodlar nurlanish energiyasi ta'sirida fototokni kuchaytirish xususiyatiga ega. Uni fotodioddan afzalligi shundaki, uni ishini yorug'lik oqimi bilangina emas balki, bir vaqtda elektr signali orqali ham boshqarish mumkin.

Fototiristor yoruglik bilan boshqariladigan R-n-P-n o'tishli 4 qatlamli yarim o'tkazgichli asbobdir.

Generatorli datchiklar.

Generatorli datchiklarga quyidagilar kiradi: termoelektrik, induksion, p'ezoelektrik. Termoelektrik datchiklarni ishlashi termoelektrik xodisasi asoslangan bo'lib, o'lchanayotgan miqdorni o'zgarishi termo EYUK xosil bo'lishiga olib keladi. Bularga misol qilib termoparalarni olish mumkin. Induksion datchiklarda chiziqli yoki burchak siljishlar EYUK induksiyalanishiga sabab bo'ladi. Bunga misol qilib o'zgarmas tok generatorlarini olish mumkin. P'ezoelektrik datchiklarni ishlashi esa mexanik bosimlar ta'sirida kvars, segment tuzi kabi kristallarni polyarizatsiyalanish xodisasi asoslangan.

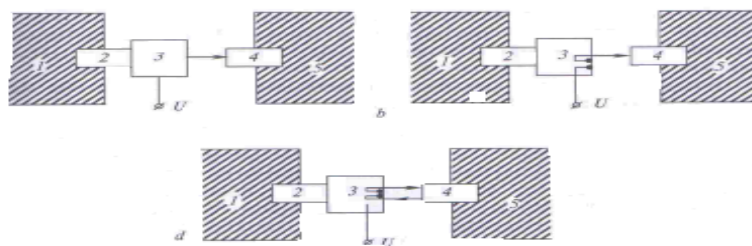
3.5 DATCHIK CHIQISH SIGNALLARINING FIZIK TABIATI

Xisoblash texnikasi vositalari, odatda elektr signallari ko'rinishida beriladigan ma'lumotlar bilan, ba'zida esa boshqa tabiatdagi signallar bilan (masalan, pnevmoelementlar, oqim elementlar asosida) ish ko'radi. Lekin ko'p hollarda datchikning chiqishidan ma'lum tavsifli elektrsignallar xosil qilinishi kerak. Shuning uchun, noelektrik kattaliklar (temperatura bosim, fazoda vaziyatni o'zgartirish va xakoza) datchiklar, odatda, noelektirik kattaliklarni elektr signaliga o'zgartirish bilan ta'minlangan. Bu o'zgartirishlar (ular ba'zan ikkilamchi asboblardan deyiladi) tuzilish jihatidan, odatda, o'lchovchi (qayd etuvchi) element bilan birgalikda tayyorlanadi, «datchik» atamasi esa o'zgartirish bilan birgalikdagi o'lchov elementini ifodalaydi. Zamonaviy xisoblash texnikasi vositalari quyi darajada (taxminan 6-24 V o'zgarmas tokda) diskret elektr signallari bilan ishlashga mo'ljallangan. Shuning uchun, datchik chiqish signalining darajasi shu darajaga mos kelishi maksadga muvofiqdir. O'bekt bilan bog'lanish qurilmalari asosida ishlab chiqiladigan xisoblash texnikasi vositalari komplektiga, odatda, yuqori voltli (yuqori kuchlanishli) signallarni (masalan, 220 V) qabul qilish uchun mo'ljallangan bloklar xam kiritilgan. Biroq bunday bloklardan foydalanish faqat chiqishi past voltli datchikdan foydalanish mumkin bo'lmagan hollardagina maksadga muvofiq.

Diskret signallar datchigi chiqishida faqat ikkita qiymatga ega bo'lishi, ularni 0 (signal yo'q) va 1 (signal bor) tarzida talqin etish mumkin. Bunday datchiklarni tanlashda buyurtmachi o'zgartkichning chiqishida 0 elektr signalining maksimal qiymati 1 signalining maksimal qiymatidan (tizim bu qiymatlarni 0 uchun 1 ni va aksincha qabul qilib "adashtirmaslik" uchun) ancha farq qilish (5-10 marta) kerakligini xisobga olish lozim. O'xshash signalli datchiklar o'lchanayotgan kattalikning butun diapazoni bo'yicha standart chiqishga ega bo'lishi kerak (odatda bu tokning 0 dan 5 mA oraliqda o'zgarishi, kuchlanishning 0 dan 10 V gacha oraliqda o'zgarishi yoki ayrim xollarda datchik xosil qiladigan chostota o'zgarishidan iboratdir).

Ishlash prinsipiga ko'ra datchiklar kontaktli va kontaktsiz turlarga bo'linadi. Kontaktli datchikning chiqishidagi signal kontaktlarining, (masalan, elektr rele kontaktlarining) mexanik tutashuvi xisobiga elektr zanjirining ulanishi natijasida shakillanadi. Kontaktsiz datchik chiqishidagi signal kontaktsiz elementning (masalan, tranzistorning) qayta ulanishi natijasida shakillanadi. Xisoblash texnikasi vositalari kontaktsiz elementlardan qilingani uchun o'zining ishlash prinsipi bo'yicha xam, elektr signallari parametrlari bo'yicha xam tizimga oson moslashib ketadigan kontaktsiz datchiklar afzalrokdir.

Shuni takidlab o'tish joizki, kontaktli datchiklardan faqat boshqalari bo'lmaganda yoki datchik bilan tizim kirishi o'rtasida galvanik bog'lanish yo'qligini ta'minlash talab qilingan hollardagina fiydanish mumkin (malum bir sabablarga kura). U xolda o'bektning chiqish signali sifatida Datchikning "sof" kontaktidan foydalaniladi. 3.1-rasm, a da kontaktsiz datchikning chiqishi bilan bog'lanishi sxematik ko'rsatilgan. 3.1-rasm b, d da esa datchiklarning kontaktli o'zgartkich bilan ulanishining ikki usuli sxematik kursatilgan.



3.1-rasm. Kontaktsiz va kontaktli datchiklarning tizim bilan bog‘lanish sxemalari:

a- kontaktsiz datchikning tizim chiqishi bilan bog‘lanishi sxematik ko‘rinishi;
 b , d - datchiklarning kontaktli o‘zgartkich bilan ulangan ikki usulining sxematik kurinishi . 3.1-rasmda kuydagilar shartli ravishda tasvirlangan :

1. boshqarish o‘bekt;
2. datchikning o‘lchash elementi;
- 3.1 kontaktsiz ikkilamchi asbob (datchik o‘zgartkichi);
- 3.2 kontaktli o‘zgartkich;
4. tizimning kirish signallarini qabul kilish bo‘g‘ini ;
5. boshqarish tizimi;

U datchikni taminlovchi kuchlanish.

Termoelekr materiallar va termoelekr o‘zgartkichlar. Turli o‘tkazgichlarning ixtiyoriy jufti termoelekr o‘zgartkichni tashkil etishi mumkin, ammo xar bir juftlik xam amalda qo‘llash uchun yarayvermaydi. Zamonaviy o‘lchash texnikasi termoelekr o‘tkazgichlar tayyorlanadigan materiallarga ko‘pdan ko‘p talablar qo‘yadi, ammo bu talablarni juda kam sonli materiallarga qondiradi. Barcha materiallar va qotishmalar uchun termo elektr yurituvchi kuchning xaroratga funksional bog‘liqligi murakkab bo‘lib uni analitik ifodalash ancha qiyin. Platinarodiy platina jufti bundan istisnodir . Bu juftlik uchun termo elektr yurituvchi kuch bilan xarorat orasidagi bog‘lanish 300 dan 1300 °S gacha bo‘lgan oraliqda, sovuq ulanma xarorati 0° S bo‘lganda etarlicha aniqlikda parabolaga mos keladi:

$$E_{(t,t_0)} = a + bt + ct^2 \quad (19)$$

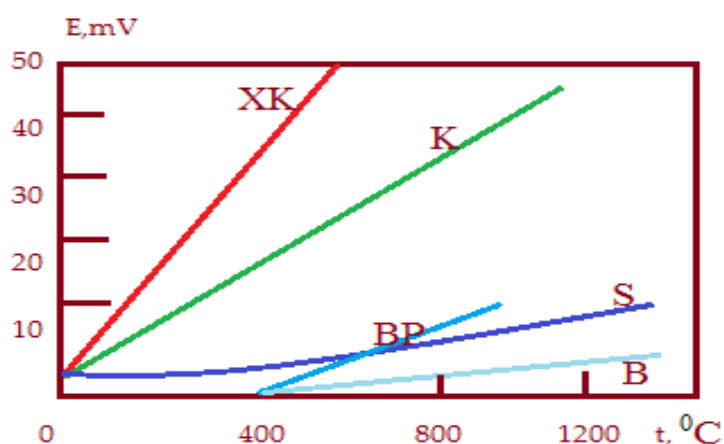
Bu erda: a,b va s –surma (630,5° S), kumush (950,8° S), va oltin (1063° S) larning qotish xarorati bo'yicha aniklanadigan doimiylar. Xozirgi vaqtda quyidagi metall termoelektrodli termoelektr termometrlar qo'llaniladi. Ularning xarakteristikalarini 4-jadvalda keltirilgan .

Xromel –kapelli (56 % Si-44 %Ni) termoelektr termometrlar standart termometrlar orasida eng katta o'zgartish koeffitsentiga ega (70...90 mk V° C). Termoelektrod diametri 1 mm dan kam bo'lgan termometrlar uchun chegaraviy qo'llanishi 600°S dan kam , masalan, diametri 0,2...0,3 mm bo'lgan termoelektrodlar uchun faqat 400°S ni tashkil etadi. YUqori o'lchash chegarasi kopelli elektrod xarakteristikasining barqarorligiga bog'liq. Nikel-xrom-nikel-alyuminiyli (94% Ni+2%Al+2,5%Mn+1%Si+0,5% qo'shilma) termometrlar turli muxit xaroratlarini keng chegaralarda o'lchash uchun qo'llaniladi. Ular avval xromell-alyuuminili termometrlar deb yuritilar edi. Nikel-alyuminiy simdan tayyorlangan termoelektrod oksidlanishga nikel-xromga nisbatan kamroq chidamli. Qo'llashning yuqori chegarasi termoelektrod diametriga bog'liq. Diametri 3 ... 5 mm bo'lgan termoelektrodlar uchun qo'llashning yuqori chegarasi nikel-xrom –nikel-alyuminiyli termometrlarda 1000°S ni tashkil etadi .0,2...0,3 mm diametr uchun 600°S dan ortiq emas. Platinarodi (30% rodiyli) - platinarodiyli (6% rodiyli) termoelektr termometrlar uzoq vaqt davomida xaroratlarning +300 dan 1600°S gacha oraligida, qisqa vaqt davomida 1800°S gacha qo'llanadi . Musbat elektrod -30% rodi va 70% platina qotishmasidan, manfiy elektrod -6% rodiy va 94 % platina qotishmasidan tashkil topgan. Maskur termometrlar platinarodiy –platinali termometrlarga qaraganda darajalash xarakteristikalarining barqarorligi yuqoriligi bilan ajralib turadi.

Volframerniy-volframreniyli (TVR-5/20 va TVR -10/20) termoelektr termometrlar uzoq vaqt davomida 0 dan 2200°S gacha va qisqa vaqt davomida 2500°S gacha, shuningdek, vakuumda , neytral va tiklanadigan muxitlarda xaroratlarni o'lchashga mo'ljallangan.

Musbat termoelektrod 95% volframdan va 5% reniydan yoki 90% volframdan va 10 % reniydan tashkil topgan qotishma, manfiy elektrod 80% volframdan va 20% reniydan tashkil topgan qotishma .

Sanoatda termoelektro o'zgartkichlarning 9 turidan foydalaniladi. 11-rasmda ba'zi standart termoelektro termometrlarning elektr yurituvchi kuchi bilan xarorat orasidagi bog'lanishi ko'rsatilgan. TXK turidagi termojuft boshqa standart termojuftlarga qaraganda ancha katta termo elektr yurituvchi kuch xosil qila oladi.



3.2-rasm. Termoelektro termometrning erkin uchlari xaroratga tuzatma kiritish

Ximoya giloflari, ko'pincha, + 1000 °S gacha xaroratlar uchun po'latning turli rusmlaridan tayyorlanadi. Bundan xam yuqoriroq xaroratlarda qiyin eriydigan birikmalardan tayyorlangan maxsus giloflar ishlatiladi .Oxirgi vaqtda kabel turidagi termoelektro termometrlar keng tarqalmoqda. Ular bosim 40 mPa bo'lganda -50 dan +1100°S gacha bo'lgan xaroratlar oraligida ko'llaniladi. Kabel turidagi termometrlarning muxim afzalligiga ularning AES larning energetik reaktorlarida ishlashga imkon tugdiradigan radiatsion chidamliligi, shuningdek, issiqlik zarblariga, tebranishga va mexanik kuchlarga nisbatan chidamliligining yuqoriligi kiradi.Sirt xaroratlarini o'lchashga mo'ljallangan termoelektro termometrlar maxsus tuzilishga ega. Bunday termoparalardan kimyo sanoatida keng foydalaniladi, ular turli uskna, quvur,

mashinalarning aylanuvchi qismi va xakozalarning sirt xaroratini o'lchashga xizmat qiladi.

Maxsus termoelektr termometrlardan vertikal uskunalarda (ammiak sintezi kolonnalarida, metanol va xakazolar) xaroratni o'lchash uchun ishlatiladigan ko'p zonali termometrlarni ko'rsatish mumkin. Termoparalarning asoiy kamchiligi sifatida ularning inersonaligining kattaligini ko'rsatish mumkin (5 minutdan xam oshadi).

IV BOB

NANOMATERALLARNI TADQIQ QILISH VA OLIISH TEXNOLOGIYASI, QURILMALARI

4.1 ATOM KUCH MIKROSKOPIYASI (AKM)

Nanotexnologiya sohasida mamlakatimiz olimlari va mutaxassislarining olib borayotgan ilmiy tadqiqotlari ham yuksak natijalar bermoqda. Jahon ilmiy fanining bunday ixtirolarining yutuqlarini chuqur o'rganish va uni hayotga tatbiq etishda mamlakatimiz ilm-fan markazlarida ham qator loyihalar amalga oshirilmoqda.

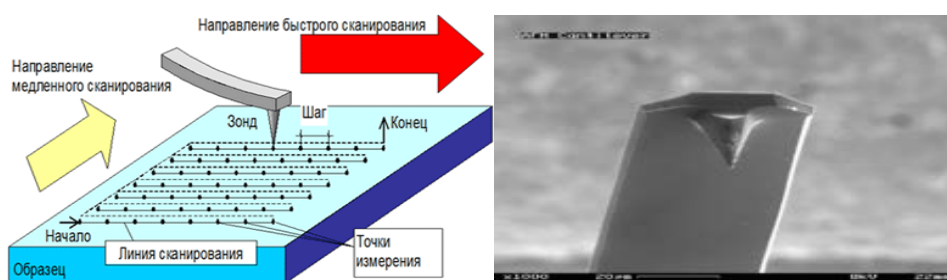
Inson ko'zining ajrata olish qobiliyati 100 mikrometr (0.1mm) atrofida. Bundan ham mayda predmetlarni ko'rish uchun maxsus qurilmalar talab etiladi.

Atom kuch mikroskopiyasidan foydalanganda namuna orqali elektr toki o'tishi talab qilinmaydi. Shu sababdan Atom kuch mikroskopiyasi biologik ob'ektlar – aminakislatalar kristallarini, oqsillarni, to'qima membranalarini va ko'plab boshqa narsalarni tahlil qilish uchun keng qo'llaniladi.

Atom kuch mikroskopiyasi (AKM – inglizchada “AFM” yani atomic-force microscope) – keng qamrovli skanlovchi zond mikroskopi bo'lib, u tekshiriladigan namunaning sirtini kontelevator qurilmasi bilan zondlashga asoslangan. Atom kuch mikroskopi sirt relyefini o'lchashda, sirtning modifikatsiya qilishda, hamda mikro va nano sirtlarni manipulyatsiya qilishda ham qo'llaniladi.

Odatda kontelevatorda zondlashdagi o'zaro itirishish va tortishish tushunchasi Van-der Vals kuchidan kelib chiqqan. Maxsus kontelevatordan foydalanib, sirtning elektr va magnit xossalari o'rganish mumkin. U Skanlovchi tunnel mikroskopiga qulayligi yaqinroq, Atom kuch mikroskopiyasida elektr o'tkazuvchi va elektr o'tkazmaydigan sirtning ham tekshirishi mumkin. Shuningdek, Atom kuch mikroskopiyasi usulida o'lchash mumkin bo'lgan organik modda bilan birga DNK molekulalari aniqlashga imkon beradi. Atom kuch mikroskopiyasidagi egrilik radiusi uchidagi zond

fazoda harakatladi. Unda atamar darajada vertikal hamda gorizantal bo'yicha siljitish mumkin.



4.1-rasm. Kontelever zondini 2 xil tasviri.

Atom kuch mikroskopining tarixi.

Skanlovchi atom kuch mikroskopi 1986-yil AQSH da Skanlovchi tunnel mikros-kopining ixtirochilari Gerdon Binning va Kristofom Gerberom tomonidan kashf qilingan.

XVII –asr oxida ixtiro qilingan optik mikroskop inson uchun yangi olamni – birinchi navbatda jonli to'qimalar dunyosini ochdi. Bunday optik mikroskopni ajrata olish qobilyatining tabiiy chegarasi – yorug'lik to'lqinining uzunligi bo'lib va bu chegaraga XIX – asr oxirida erishilgan. Mikro olam ichiga kirishning navbatdagi bosqichi elektron mekroskop bo'ldi. Elektron mekroskopda yorug'lik nuri vazifasini elektronlar dastasi o'ynaydi. Uning ajrata olish qobilyati bir necha angestrum (0.1nm) larga yetadi. Buning natejasida olimlar veruslar, alohida molekulalar va hatto atomlarning tasvirini olishga ham erishdilar. Lekin optik va elektron mikroskop faqat tekis (yassi) manzarani beradi. Mikro olamning uch o'lchamli strukturasi ko'rishga faqat optik nur o'niga ingichka ignadan foydalanilganda erishildi.

Boshlanishida mikrozonddan yordamida mexanik skanlash tamoyili “Skanlovchi tunnel mikroskopiyasi”da qo'llanildi. Keyin esa bu asosida “Atom kuch mikroskopiyasi”ning yanada universal usuli ishlab chiqildi.

Atom kuch mikroskopiyasi turli xil qattiq materiallar – shishalar, kramika(sopol)lar, plastiklar, metallar, yarimo'tkazgichlarning strukturasi atom darajasida tahlil qilishga imkon beradi. O'lchashlarni faqatgina vakumda

emas balki, havoda istalgan gaz atmosferada va hatto suyuqlik tomchisida ham o'tkazish mumkin. Bu usul biologik ob'ektlarni tadqiq qilish uchun ham betakror hisoblanadi.

Mikrozond o'zida yupqa plastinka – konsol (uni inglizchda “cantiliver” – konsol, balka so'zidan kontilever deb ataladi)ni aks ettiradi. Kontlever uchuda o'tkir ship (mix yoki uch aylana radiusi 1-10nm gacha) joylashgan. Mikrozondning namuna sirti bo'ylab ko'shida o'tkir shiplar ko'tariladi va pastga tushib, gramplastinka ustuda patefon ignasi sirpanganida o'xshab sirt mikrolelyefini chizadi. Kontileverning yuqoridagi uchida (ship ustuda) ko'zguli maydoncha joylashgan bo'lib, unga lazer nuri tushadi va qaytadi. Ship sirtidagi notekisliklardan pastga tushganda va yuqoriga ko'tarilganda qaytgan nur og'adi va bu og'ish fotodetektor bilan qayd qilinadi.

Fotodetektordan olingan ma'lumotlardan teskari aloqa tizimida foydalaniladi. Bu tizim namuna ustudagi o'tkir uch bosim kuchining doimiy bo'lishini ta'minlaydi. P'yezoelektrik almashtirgich namuna relyefini o'zgarishini real vaqt maromida qayd qilishi mumkin. Boshqa ish maromida namuna ustudagi shipning vaziyati o'zgarimas bo'lganda o'tkir uchning sirt bilan ta'sirlashuv kuchi qayd qilinadi. Mikrozond odatda kremniy yoki kremniy netrididan yasaladi. Bu usulning ajrata olish qobilyati gorizantal o'q bo'yicha taqriban 0.1-1nm ni va kompyuter yordamida uch o'lchamli tasvirni qurish mumkin.

Skanlovchi atom kuch mikroskopi xuddi Skanlovchi tunnel mikroskopi singari skanlovchi zond mikroskopi bo'lib hisoblanadi. Skanlovchi tunnel mikroskopilarni yaratish davomida zond bilan taglik atomlari o'rtasida sezilarli o'z'aro ta'sir kuchlarining borligi aniqlangan.

Skanlovchi atom kuch mikroskopida anashu ta'sirda signal olish yo'lga qo'yilgan. Umuman olganda zonali atom kuch mikroskopi turli o'z'aro ta'sir kuchlari ta'sirida ishlaydi. Masalan, atomlar orasidagi o'zaro ta'sir kuchi, issiqlik o'tkazuvchanlik, magnitlar orasidagi o'zaro ta'sir kuchilari va shu kabilardir.

Hozirda atom kuch mikroskopilarning bir qancha turlari mavjud, ular orasidagi eng ko'p tarqalgani atomlar orasidagi o'zaro tortishish va itrishish kuchlariga asoslanib ishlaydigan bo'lib hisoblanadi.

Atom kuch mikroskopilar uchun atomlar o'rtasidagi o'zaro ta'sir kuchiga taglikning o'tkazuvchanligi ta'sir ko'rsata olmaydi, shuning uchun o'lchashlarni nafaqat o'tkazuvchan materiallarda, balkim dielektrlarda, organik va biologik materiallarda ham amalga oshirish mumkin.

Shuning uchun atom kuch mikroskopi Skanlovchi tunnel mikroskopiga qaraganda turli tadqiqotlarda, nanotexnologiyalarda va ko'plab sohalarda keng qo'llash mumkin.

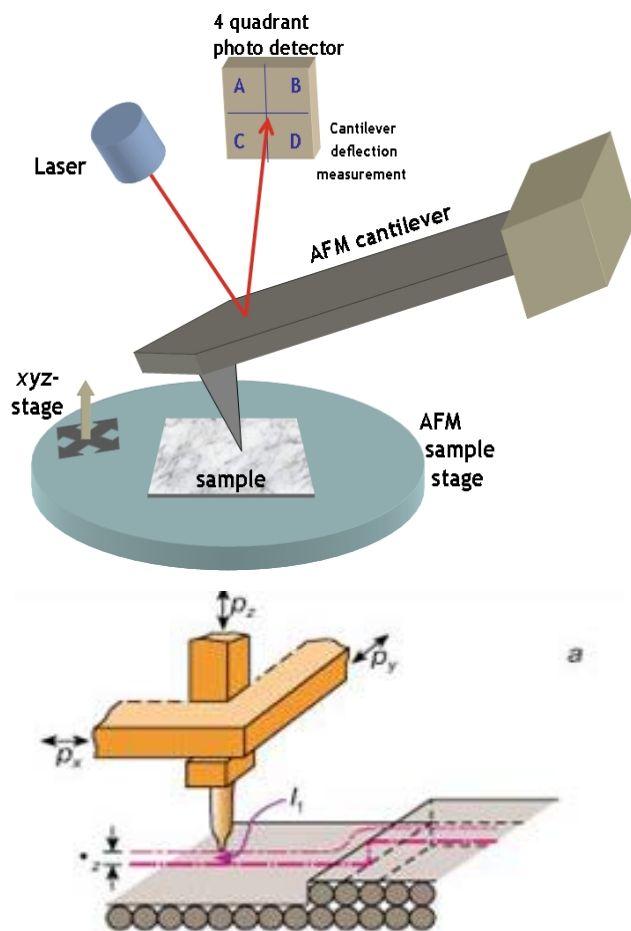
4.2 SKANLOVCHI ATOM KUCH MIKROSKOPINING ISHLASH PRINSIPI

Skanlovchi atom kuch mikroskopining ishlash prinsipi qiyidagi rasmda keltirilgan:

Namunaning sirti o'tkir uchli zond bilan skanlanadi. Zond deformatsiyalarga juda sezgir bo'lgan maxsus yupqa konsolga maxkamlangan bo'ladi va buni birgalikda kontelver deb ataladi. Kontelverning asosi to'rtburchak qism 3 kordinatali (P_x P_y P_z) p'yezoskanerga mahkamlangan bo'ladi. Uni ko'rinishi quyidagicha:



4.2-rasm. Skanlovchi atom kuch mikroskopining ishlash prinsipi



4.3-rasm.

Bu jarayonda kontelverning uchta ish rejimi bor bo'ladi:

- 1) Kontakli (kontakli holat)
- 2) Kontaktsiz (kontaktsiz holat)
- 3) Yarim kontakli (yarimkontakli holat)

1) Kontakli ish maromi - kontakli ish maromida zond bilan sirt orasidagi masofa $Z_0=0.2-0.4$ nm tartibida bo'ladi. Bunday masofalarda tortishish va itarishish kuchlari bir – birini o'zaro muvozanatlaydi.

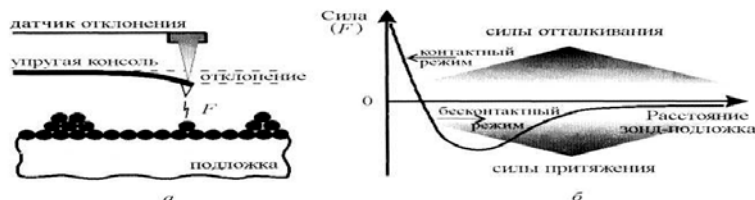


Рис. 2.4. Относительное расположение зонда и подложки (а) и сила взаимодействия зонд-подложка, регистрируемая в атомном силовом микроскопе (б)

4.4-rasm.

Agar yig'indi kuchlanish musbat bo'lib qolsa, bu tortishish kuchlaridan kichik bo'lgan holatdir. $F_T < F_i$ va zond bilan taglik o'zaro kontakga kirdi deb ataladi.

Zondning keyingi yaqinlashishlarida itarishib kuchlari ortib ketadi va u yaqinlashganlarga intiluvchi har qanday kuchni muvozanatlashtiradi.

Agar zondning namunaga kontelverning ilastiklik kuchi bilan yaqinlashtirib tegishtirsak u egiladi. Zondni katta kuch bilan bosganda namuna sirtini deformatsiyalanadi, zond bilan sirt orasidagi masofa o'zgarmaydi. Bunday masofani kontakt masofasi deb ataladi va u Z_0 ga teng bo'ladi. Kontakli ish maromida o'zaro itarishish kuchlaridan foydalaniladi.

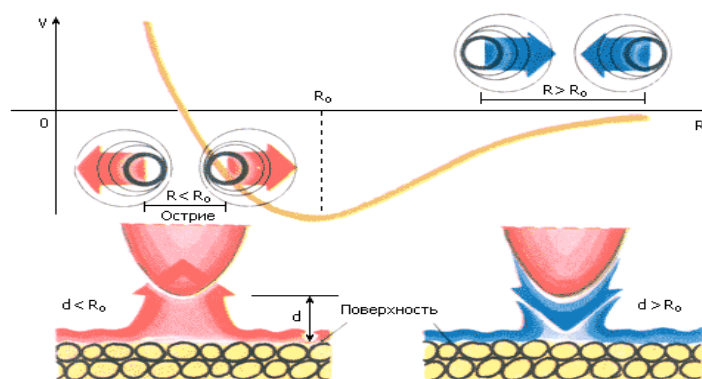
Muvozanat holatida itarishish kuchi zondni sirtga siquvchi ikkita kuch bilan muvozanatlanadi: 1-kuch konturning elastik kuchi, 2- kuch bu atmosfera (ya'ni vakumda emas) sharoitlarida zond va sirt orasida suvli memsik paydo bo'ladi va uning natejasida kapilyar kuchlar paydo bo'ladi va bu kuch tortishish xarakteriga ega.

Bu kuchlarning yig'indi qiymati $10^{-7} - 10^{-9}$ N ga teng bo'ladi. Tajribalar shuni ko'rsatadiki, bunday deformatsiya hosil qilgan kuchlarni o'lchash mumkin. Odatda bu deformatsiyaning kattaligi 1-100 nm gacha bo'ladi.

Kontakli ish maromida zondga ta'sir qiluvchi kuchning doimiyligi ta'minlanadi. Bunda boshqaruvchi Kontelverning ma'lum bir aniq qiymatlaridagi egilishlarni ta'minlaydi. Agar skanlash jarayonida zond chuqurlikga yoki dunglikga to'g'ri kelib qolsa, kontelverning egiluvchanligi ΔZ ga o'zgaradi va bu o'zgarish atom kuch mikroskopining optik tizimi yordamida qays qilinadi.

Lazer nuri kontelverning yuqori sirtidan qaytib, fotodetektorga tushadi va konsolning egilishlari o'zgarishlariga proporsional bo'lgan fototokni qayd qiladi. Fototok teskari aloqa tizimi orqali p'yezodvegitalning kuchlanishini o'zgartiradi va natejada zond ko'tariladi yoki pasayadi.

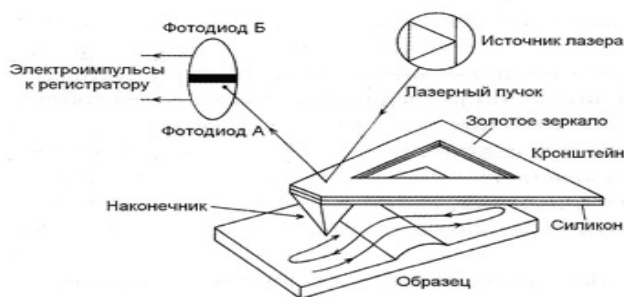
Kontakli ish maromi sirti juda qattiq va mustahkam bo'lgan moddalar sirtini o'zgartirishda foydalaniladi. Ish maromining kamchiligi – sirt va zondning buzilish (tiralish, izlar) hosil bo'lishlaridir. Bu ish maromi haqiqiy atomli ajrata olish qobiliyatini bermaydi.



4.5-rasm.

2) Kontaksiz ish maromi - bu ish maromida zond bilan taglik atomlari orasidagi o'zaro tortishish kuchlaridan foydalaniladi. O'zaro tortishish kuchlarining xarakteri o'zaro itarishish kuchlarning o'zgarishiga qaraganda kichik bo'ladi . Zond uchidan sirtgacha bo'lgan masofa 5-10 nm tartibida bo'ladi va shuning uchun bu ish maromida kontelverning egilishlari kontakli ish maromiga ancha kam bo'ladi, shuning uchun bu egilishlarni optik usul bilan qayd qilib bo'lmaydi va bu bunda egilishlarni qayd qilishda boshqa usullardan foydalaniladi. Bunda kontelverning sirtiga kontelverni rezonans chastotasiga yaqin chastotada tebrantirilaoladigan p'yezoelement yopishtiriladi. U 0.2-0.3 mGs da tebranadi.

Rezonans chastotasining kattaligi tashqi ta'sir kuchining kattaligiga bog'liq ravishda rezonans chastotasi o'zgarib boradi. Teskari aloqa sistemasi esa rezonans chastotasini kontelverni ko'tarish yoki tushurish orqali doimiy qilib ushlanadi.



4.6-rasm. Mikroskopni yaratishdagi asosiy texnik qiyinchiliklar:

- Ignani (zond uchuni) yasashda atom o'lchamigacha o'tkirlashtirish;
- 0.1 angestrum darajada mexanik tueg'unlikni ta'minlash;
- Juda kichik hajmdagi mustahkam qayd qiladigan detektor yaratish'
- Turli xil angestrum qadamlari bo'yicha yoyish tizimini yaratish;
- Sirt bilan ignaning bir-biriga mosligini ta'minlash

va shu kabilardan iborat.

Ishning mohiyati:

Atom kuch mikroskopini Rastrli elektron mikroskopga qiyioslash mumkin. Ammo, atom kuch mikroskopi rastrli elektron mikroskopga qaraganda bir necha avzalliklarga ega, chunki namuna sirtini rastrli elektron mikroskopda uch o'lchamda tasvirlash qiyin, atom kuch mikroskopiyasida esa sirt relyefini uch o'lchamda olish mumkin.

Shuningdek, unda qoplamali sirt talab etilmaydi va sezilarli deformatsiyaga olib keladi. Rastrli elektron mikroskop normal ishlashi uchun vakum zarur bo'ladi, atom kuch mikroskopiyasini atmosfera (yani vakumsiz) sharoyitda hatto suyuqlikda ham yuqori rejimda ishlatish mumkin. Rastrli elektron mikroskopyasiga qaraganda mazkur atom kuch mikroskopiyasida bir necha qulayliklar mavjud. Shunday bo'ladiki, yuqori vakum sharoyitida atom kuch mikroskopiyasi real atomlar bilan ta'minlanadi. Yoyuvchi elektron mikroskop va Skanlovchi tunnel mikroskopiga qaraganda ishlashi bo'yicha yuqori vakumda ham atom kuch mikroskopini taqqoslash mumkin.

Atom kuch mikroskopiyasining kamchiligi Rastrli elektron mikroskopiyasi bilan taqqoslaganda juda kichik o'lchamli maydon bo'yicha skanlashidir. Rastrli elektron mikroskop skanlash holatida yonlama tekislik

bo'yicha bir necha mm va vertikal tekisligi bo'yicha bir necha mm skanlashda farq darajasi mavjud. Atom kuch mikroskopiyasida esa yuqori balandlik farqi bir necha mikrondan iborat bo'lib, unda maksimal skanlash maydoni tasodifiy holatda taxlanishi $150 \times 150 \text{mekron}^2$. Ikkinchi muammo shundaki, zondning egrilik radiusini uchini aniq tasvirlashdagi yuqori sifatga erishish bo'lib, zondni noto'g'ri tanlab qo'yilsa olingan tasvirlardan noto'g'ri (boshqacha) xulosalar kelib chiqadi.

Odatdagi atom kuch mikroskopiyasi sirtini skanlashda tezlik holatda emas, balkim rastri elektron mikroskopyasidek ishlaydi. Atom kuch mikroskopiyasida tasvirni olish uchun bir necha minutdan bir necha soat vaqt talab etadi. Rastri elektron mikroskopiyasi bu vaqtda ma'lumotlarni olgandan keyin uncha sifatli bo'lmasada bir necha vaqt real holatda ishlash qobiliyatiga ega. Atom kuch mikroskopini ishlash sur'atini oshirish uchun bir necha konstruksiyalarkeltirilgan. Bular atoriga Atom kuch mikroskop Vediosi deb nom olgan zondlash mikroskopi kiradi. Odatdagi Rastri elektron mikroskopiga qaraganda Atom kuch mikroskop Vediosi yuza tekisligini sifatli darajada televizion chastotasi yoyilmasidek tasvirni olib boradi.

Real masshtablardagi vaqtda yomonlashgan tasvirni to'g'rilash uchun zamoniyl Atom kuch mikroskoplarida dasturiy programma ta'minotlaridan (masalan: skanerlarni orentlashni ta'minlash) o'z tarkibida chiziqli datchik holati bo'lgan skanerlardan foydalaniladi. Ayrim Atom kuch mikroskoplarda skaner o'rniga p'yezotrubkaga o'xshagan mexanik jihatdan bir-biriga bog'liq bo'lmagan X Y va Z elementlari ishlatiladi, bu esa zararli aloqani yo'q qilishga yordam beradi. Qabul qilingan ma'lumotlarni qayta ishlash va qayta tiklashda AKM larini ishlatish. Qoida bo'yicha zond mikroskopida skanerlangan tasvir sifati yomon bo'lganligi uchun rasshefrokaga yomon o'tadi. Amaliy holatda ilk marta qayd qilingan tasvirlar matematik jihatdan muhokama qilib chiqiladi. Buning uchun dasturiy CZM dasturiy qo'llanmasi ishlatiladi, bundan tashqari GNU letsenziyali dasturiy ta'minotlar ham bor (masalan: Gwyddion8)

4.3. GAZ FAZASIDA NANOZARRALARNI OLIISH USULI.

“BUG ~~KONDENSATSIIYA~~” JARAYONIDA NANOZARRALARNI OLIISH

Sirt va sirt osti qatlamlarining tarkibi va xususiyatlarini o'zgartirish usullari: eritmalarda kimyoviy ishlov berish, elektrokimyoviy oksidlash, diffuziya, implantasiya, amorfizasiya, kuydirish(otjig).

Nanoo qonuniyati bo xizmat qiladi ayni shu o usullarini va texnologiyasini aniqlab beradi.

lchamda
lib, krista
ziga xos

Nanozarralarni olish usullarini barchasini ikkita guruxga ajratish mumkin. Birinchi umumlashtiruvchi usul, bu usulda nanozarralarni olish va ularni o mumkin emas. Ushbu usulga: o usulini, ba

rganish
ta past
zi bir kin

bug latish usullarini kiritishimiz mumkin.

Ikkinchi guruxga esa, nanozarralar asosida materiallar olish imkoniyatini beruvchi usullar mansubdir. Bunga birinchi navbatda mexanik-kimyoviy maydalash, gaz fazasidan kondensatsiya qilish, plazmakimyoviy metodlar va boshqalar kiradi.

Usullarni bunday tadsimlash albatta nisbiy jihatdandir. Shu bilan birga ularni yana bir hususiyatini akslantiradi: ya agregatsiyalarni yiriklashtirish, boshqacha aytganda “pastdan yuqoriga”, yoki turli dispergiya qilish, boshqacha aytganda “yuqoridan – pastga” birinchi yondoshuv asosan nanozarralarni kimyoviy usul bilan olishga molikdir, ikkinchi yondoshuv esa fizik usullarga. Nanozarralarni alohida atomlarni yiriklashtirish orqali olish usuli, nanokimyoning eng quyi chegarasi sifatida ko bilan aniqlanadi, ammo atomlarni sonining ortib borishi, ularning kimyoviy xossalarini sifatli o zgarishiga olib keladi.

ni ba' z
rish imk

zarralarning erkin yugurish yo $\lambda_{th} > d_d$ (d_d - difragramagacha bo'lgan masofa). Qizdirilayotgan kameradan sizib chiquvchi zarralar dastasi effuzion bo'lgan dastaning intensivligi I bilan r masofa oraliqda:

Bu yerda: P – bosim, M – molekulyar massa, t - issiqlik manbasining harorati, θ – tirqish tekisligining normal yo'nalishidagi burchak.

Ifodadan ko'rinib turibdiki, dastaning intensivligi zarralarning muhitda taqsimlanishi, manba uchun ham huddi shunday. Boshqacha aytganda muhitga tarqalgan zarralar vakuumda geometrik optika qonunlari bo'yicha taqsimlanadi.

Effuzion tarzda bug'lanishda kichik intensivlikka ega, ya'ni $I = 10^{12} - 10^{14}$ zarra / (sm²·s). Kerakli intensivlikdagi molekulyar dastani olishga qarab manbaning qizdirish harorati tanlanadi, shu bilan birga bosim ham shunga mos ravishda tanlanadi. U moddaning erish haroratidan yuqori yoki past bo'lishi mumkin.

Shuni takidlash joizki, ba'zi materiallarda bug'lanishi mumkin. Qizdirilgan kamera tirqishlaridan effuzion tarzda hosil qilinuvchi, kichik intensivlikdagi molekulyar dastalarda kichik klasterlarning dasta bo'ylab teng taqsimlanishi kuzatiladi.

Molekulyar dasta hosil qilish usuli nano o'lchamdagi zarralar hosil qilish usulining yaxshi tomoni shundaki, molekulyar dastaning intensivligini boshqarish mumkinligi va kondensatsiyalanuvchi muhitga zarralar uzatilishini boshqarish mumkinligidadir.

Kichik intensivlikdagi molekulyar dastalar usuli ko'pincha kimyoviy cho'nta hosil qilish bilan birgalikda

Qurilmaning sovuq sirti yaqinida cho'nta hosil qilish bilan birgalikda yoki bevosita boshqariluvchi harorat ostida sirtning o'zida hosil qilish (zarralar o'zaro to'qnashmasligi uchun past bo'lgan harorat)

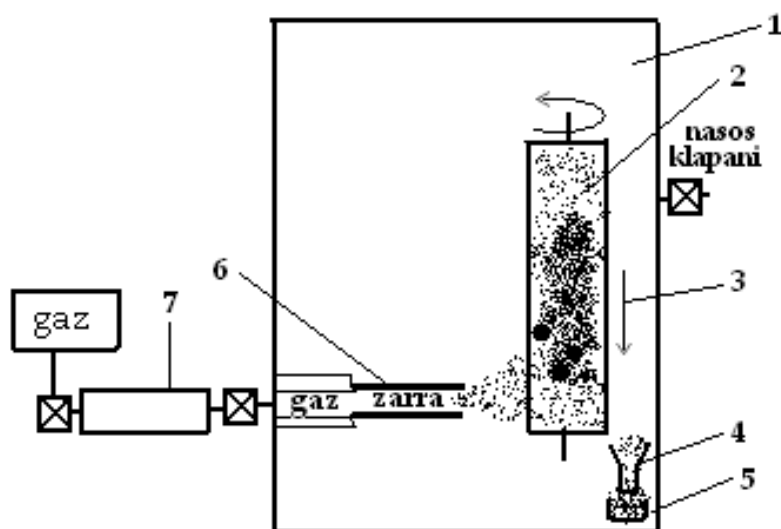
Nanozarralarni gaz fazasiga olish usuliga asoslangan qurilmalarda, manbani turli usullar bilan qizdirishga, gazli muhit tarkibi, kondensatsiya jarayonini amalga oshirish metodlari va olingan parashoklarni yigib olishga asoslangan usullarga turlicha yondashuvlar qo'llaniladi.

Misol, kondensatsiya jarayoni sovutilgan aylanuvchi silindr yoki baraban sirtida amalga oshiriladi, bevosita qabul qiluvchi sigimga tozalab olinadi.

Metall nanoparashoklarni gaz fazali sintez qiluvchi qurilma sxematik tarzda olingan ishchi kamera 1, sovutiluvchi baraban 2, qirgich 3, voronka 4, parashokni qabul qiluvchi sigim 5, turli gazlar va qirgichlar bilan ta'minlash uchun reaktor 6, bug'lanuvchi ichiga oladi.

Trubka ko'rsatib berilgan ishchi kameradagi reaktordagi gazlar bilan ta'minlanuvchi aralashtiriladi va gaz fazasiga aylantiriladi.

Metall nanoparashoklarini gaz fazali sintez qiluvchi qurilma sxemasi



4.8-rasm. Metall nanoparashoklarini gaz fazali sintez qiluvchi qurilma sxemasi

Reaktorda hosil bo'lgan uzil-kesil ta'minlanuvchi ishchi kameraga keladi, ushbu kamerada 1-50 Pa bosim hosil qilinadi. Sovutilgan aylanuvchi barabanning sirtida nanozarralar parashok sifatida kondensatsiyalanadi va qirgichlar yordamida tozalab olinadi.

olinadi. Kukun varonka orqali, qabul qiluvchi sig
ishlov berish jarayoniga uzayiladi.

Vakuumba bug
bug
to
hosil qiladilar. kondensatsiya jarayonida nanokristall moddalar hosil bo
Huddi vodorod argon va geliy gazlarining turli bosimli muhitlarida aluminiy
bug ~~shuning kondensa~~ 20-100 nm li nano zarralar
olinganligi singari.

Inert gazaning tarkibi zarraning o
Kondensatsiyalanuvchi atomning energiyasini muhitdagi og
jadalroq ravishda olib qo
sababchi bo
o
ksenonga o
munkin .

Gaz fazasida nanokukunlarni olish o
chegaralari orasidagi tortishlarning nisbatan kuchsizligidadir. Bu tortilishning
o
bo
zarralarning o

Gaz haroratining yuqoriligi, oqimda zarralarning kondensatsiyasi kamligi
sharoitida gaz fazasidan hosil bo
jarayonnig muammosi hisoblanadi.

Nanozarralarni olish uchun turli filtrlar (metall – keramik, elektrik
filtrlar) dan foydalaniladi, shu bilan birga siklonli qurilmalarda va
gidrosiklonlarda markazdan qochma kuch hisobiga maxsus kenrofugalardan
zarralarni cho

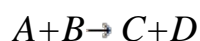
Kimyoviy usul bilan nanozarralarni olish

Metal nanozarralari kondensatsiyalanish vaqtida bug bog holatida
 bog lanishga
 mumkin. Kerakli birikmani olish uchun bug lanuvchi
 bevosita gaz fazali muhitda ta minlash mumkin.

Gaz fazali kimyoviy reaksiyalarda nanomateriallarni sintezi kimyoviy reaksiyalar hisobiga amalga oshiriladi, oson uchuvchi moddalarni bug laridan
 tashkil topgan muhitda gaz fazasida kesuvchi reaksiyalarni quyidagilarga
 ajratish mumkin: parchalanuvchi kimyoviy reaksiyalarga, ya ni quyida
 bo yicha bir reagent asosida kechadigan



va ikki yoki undan ortiq reagentlar asosida amalga oshiriluvchi reaksiyalar



Birinchi tirdagi reaksiyalarni amalga oshirishning asosiy sharti bo lib,
 reagentning mavjud bo lishi xizir
 etuvchi komponentlarini o zida mu
 turdagi gaz fazali reaksiyalar keng amaliyotda qo llaniladi

Shuning uchun gaz fazali reaksiyalar amalga oshirishda, qatnashuvchi reagentlar yengil uchuvchan bo lishi lozi
 ko ipincha qabog'ini ME Qayniqsa me
 CL_m , alkooksidalar $Me(OR)_n$, alkil bog lanishlar ME (R) lari va
 hakazo. Ushbu usul bilan bor nanomaterialni, gazli sajani, metallar, splavlar,
 nitridlar, karbitlar, silitsidlar, sulfidlar va boshqa bog lanishga
 nanomateriallarni olish mumkin.

Ushbu usulda olinayotgan va tayyor bo lgan na
 xususiyatlariga reaktorning konstruksiyasi kata tas ir ko' rs
 birga reagentlari qizdirish, jarayoni kechishida harorat gradientini o zgarib
 borishini va bir qancha shunga o xshash omillar.

Gaz fazali kimyoviy reaksiyalarni odatda turli trubka ko rinishiga
 bo lgan ma
 kechadigan zonasiga ega bo lgan rea

tarqalgan. Qurilmaning reaksiya kechadigan zonasi odatda kvars, keramik materiallar yoki glinozem materiallardan tayyorlanadi.

Gaz fazasini kukun bilan tasirlashtiruvchi topokimyoviy reaksiyalar odatda sirtlarga yangi zarralarni changaltirish va ularni modifikatsiyalash uchun qo
bo

'llaniladi

'lishi lozi

Kimyoviy reaksiyalarga quyidagicha misol keltirish mumkin. Nitritlarni sintez qilish uchun uglerodli muhitda oksidani azot bilan tasirlantirish. Bu usul bilan kremniy, alyuminiy, titan, va sirkoniy nitritlarini sintezini amalga oshirish mumkin.

4.4 KO'P FUNKSIONALLI DATCHIKLARNI OLISH TEXNOLOGIYASINI ISHLAB CHIQISH VA ULARNING XOSSALARINI TADQIQ QILISH

4.4.1 SIRTIGA ISHLOV BERISH TEXNOLOGIYASI

Plastina sirtidagi nuqsonlarni y \bar{y} q qilish, tozalash, jilvirlash, jilolash kabi myexanik ishlov byerish tyexnologik jarayonlari bilan tanishish.

Kryemniy va plastinalariga myexanik ishlov byerish quyidagi opyerasiyalarni o`z ichiga oladi: kyesish, jilvirlash, jilolash.

Kyesish jarayoni kryemniyning monokristall quymasini (slitok) yupqa (qalinligi 250÷600 mkm) parallyel tomonli plastinalarga qirqishdan hamda IMS elyemyentlari shakllangandan kyeyin alohida kristallchalarga ajratishdan iboratdir. Sanoatda kryemniy quymasini plastinalarga kyesishda asosan olmosli ichki kyesuvchi disk bilan kyesish usulidan foydalaniladi. Hosil bo`lgan plastinalarning yuzasida kyesish natijasida mikroyoriqlar, g`adir-budurliklar, ya`ni myexanik buzilgan qatlam hosil bo`ladi. Plastina sirtining sifati quyidagi kattalikla bilan xarakterlanadi: Myexanik buzilgan qatlam chuqurligi; Yuzaning g`adir-budirligi; Iflosliklardan tozalash sifati.

1) *Myexanik buzilgan qatlam uch qismdan tashkil topadi.*

2) *G'adir-budurlik* (2-rasm) profil R_a ning o'rtacha arifmyetik og'ishi, ya'ni L asos uzunligi chyegearasidagi profil og'ishlari absolyut qiymatlarining o'rtacha arifmyetigi bilan baholanishi mumkin:

$$R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i| \quad (4.1)$$

yoki R_z profil notyekisligining o'n nuqtadagi balandligi bilan baholanishi mumkin:

$$R_z = \frac{1}{5} \left[\sum_{i=1}^5 H_{i \max} - \sum_{i=1}^5 H_{i \min} \right] \quad (4.2)$$

R_a va R_z paramyetrnlarning qiymatlariga bog'liq holda ishlov byerilgan sirtning sifati mos holda *g'adir-budurlik* sinfi bilan baholanadi. Plastinalar sirtining *g'adir-budurligi* 13-14 sinflardan past bo'lishi kyerak emas. Bu mos holda balandliklari 0,1 dan 0,025 mkm gacha bo'lgan mikronotyekisliklarga to'g'ri kyeladi.

3) *Plastinalarni tozalash sifati* quyidagicha baholanadi: sirt bilan mexanik va kimyoviy bog'langan iflosliklarning borligi bilan; plastina sirtining birlik yuzasiga to'g'ri kyeladigan adsorbsiyalangan kirishma atomlari va ionlari miqdori yoki adsorbsiyalangan kirishma molyekulalari monoqatlamlarining soni bilan. Plastinalarni kirishmalar adsorbsiyasidan to'liq himoya qilishning iloji yo'qligi sababli idyeal toza sirtlar olib bo'lmaydi. Toza sirt dyeganda shunday tyexnologik toza sirt tushiniladiki, bunda qoladigan kirishma konsyentratsiyasi hosil qilinishi kyerak bo'lgan mikrosxyemalar paramyetrnlarning qiymatlariga va turg'unligiga ta'sir qilmasligi kyerak.

Jilvirlash - plastinalarga myexanik ishlov byerishning ikkinchi opyerasiyasi bo'lib, taglik sirtining *g'adir-budirliklar* va notyekisliklarning minimal holatgacha olib kyelish imkoniyatini byeradi. Jilvirlash dyeganda plastina sirtini cho'yan, po'lat, latun, shisha va shu kabi matyeriallardan qilingan qattiq disklarda - uskunarlar - jilvirlagichlar va abraziv suspyenziyasi (erkin abraziv bilan ishlov byerish) yordamida yoki olmosli jilvirlagich disklar yordamida (

bogʻlangan abraziv bilan ishlov byerish) ishlov byerish jarayoni tushiniladi. Sanoat ishlab chiqarishda kryemniy plastinalarini erkin abraziv bilan ikki tomonlama jilvirlash koʻproq qoʻllaniladi. Buning uchun donadorligi M14 dan M5 gacha boʻlgan yashil rangli karbid kryemniy yoki oq rangli elyektrokorundning suvli va glisyerinli suspenziyasidan foydalaniladi. Bunda qattiq va suyuq komponentlarning nisbati Q: S=1:3 kabi boʻlishi kerak. Jilvirlash jarayoni mikrokukunning donadorligini sokin asta kamaytirib borish bilan oʻtkaziladi: dastlabki jilvirlashda M14 karbid kryemniy kukunidan foydalaniladi va bunda gʻadir-budirligi 6-7 sinfga toʻgʻri kyeladigan sirt hosil boʻladi; asosiy jilvirlashda M10 karbid kryemniy kukunidan foydalaniladi va bunda gʻadir budirligi 8-9 sinfga toʻgʻri kyeladigan sirt hosil boʻladi; yakuniy jilvirlashda M5 elyektrokorunddan foydalaniladi va bunda gʻadir-budirligi 10-sinfga toʻgʻri kyeladigan sirt hosil qilinadi.

Plastinalarni jilolash. Ishlov byerilayotgan sirtning yuqori tozaligini taʼminlash va mexanik buzilgan qatlamning chuqurligini yanada kamaytirish uchun jilolash jarayoni oʻtkaziladi. Jilvirlashdan soʻng plastinalar yumshoq jilolagichlarda jilolanadi. Buning uchun satik, batist, sukno, fyetr, vyelyur, zamish, sintyetik koʻn va boshqa shu kabi matyeriallar oddiy jilvirlagich disklariga tortilib kiydiriladi. Jilolash dastlabki va yakuniy (nozik) boʻlishi mumkin. Dastlabki jilolash olmosli suspenziya va donadorligi 3 dan 1 mikmgacha boʻlgan pastalar (ASM-3, ASM-1 kabi) yordamida oʻtkaziladi. Yakuniy jilolash submikronli olmos kukuni va pastasi yoki donadorligi 0,4 mikmdan kichik boʻlgan alyuminiy, xrom, sirkoniy, kryemniy oksidlari asosidagi yumshoq jilolovchi tarkiblar yordamida oʻtkaziladi. Jilolashdan soʻng plastinalarda gʻadir-budirligi 13-14 sinflarga toʻgʻri kyeladigan sirtlar hosil boʻladi.

Yarim	oʻtkaziladigan material	yoʻpchiligi
arsenidi va fosfidi) not		yoʻgʻri shahar
olinadi. Ularning		yoʻlchamlari
uzunligi 100 mm va undan katta b	oʻlishi mumkin.	

Yakuniy bosqichda plastinalar va kristallarning o'lchamlari plastina diametriga bog'liq xolda 0,2-0,7 mm, kristall yuzasi 0,1 dan 25-30 mm² gacha (zaryad aloqali asboblarda uchun 25-35 sm² gacha) oraliqda

Yarim
juda qattiq talablar q

1. Plastinaning
mkm deb ko'rsatilganda, ushbu plastinalarning qalinligi qiymati nominaldan ± 3 mkm dan ko'p farq qilmasligi kerak.

2. Plastinaning kristallografik tekisligi y \bar{y} naltirilganligining aniqligi 30-60 oralig'ida joylashishi kerak. Biquitbiy texnologiyada [111] va MDYa- texnologiyada [100] tekisliklar b \bar{y} yicha kesilgan kristallar eng k \bar{y} p ishlatiladi.

3. Plastinaning diametri b \bar{y} yicha plastina yassi parallelligining tekislikdan chetlanishi ± 1 mkm dan k \bar{y} p b \bar{y} lmasligi kerak. Ammo, diametri 80-110 mm va undan ortiq b \bar{y} lgan plastinalarga \bar{y} tilganda, ushbu talabning bajarilishi juda qiyinlashadi.

4. Mexanik buzilgan qatlamni minimumga keltirish yoki uni butunlay y \bar{y} qotish kerak. Bu talab \bar{y} ta yuqori chastotalar oralig'ida ishlovchi ba'zi yarim \bar{y} tkazgich asosidagi asboblarda diffuziyaviy yoki implantasiya qilingan p - n o'tishlar yotish chuqurligining kichikligi, ya'ni 0,1 mm tartibida ekanligi bilan bog'liq.

5. Plastina sirtining relyefi chuqurligi $\pm 0,025$ mkmdan ortmasligi kerak. Bu hol sirt tozaligining 14-sinfi talabidan yuqoridir.

Quymalarni plastinalarga kesish amali bajarilgandan s
notekislikni y
silliqlash va sayqal berish amallari bajariladi. Yarimo'tkazgich materiallarni silliqlash jarayoni quyidagicha turkumlanadi:

1. Ishlatilayotgan abraziv holatiga qarab erkin va bog'langan abraziv materiallarda silliqlash.

2. Foydalanilayotgan asbobning tuzilishi va ishlov berish usuliga bog'liq holda bir yoqlama va ikki yoqlama silliqlash.

3. Ishlov berilayotgan sirtning sifatiga qarab – qo’shimcha va tugallanuvchi ishlov berish.

4. Plastinalarni taglikka mahkamlash usullariga qarab – taglikka plastinani mahkamlash (yelimlash, optik kontaktga o’tkazish, vakuumli siqish) yoki kasseta va separatorlarda plastinalarning erkin holatda bo’lishi.

Silliqlashning keng tarqalgan ko’rinishi - taglikka yopishtirilgan plastinani erkin abraziv bilan bir yoqlama silliqlashdir. Silliqlashda yaxshi natijalar olish uchun quyidagi shartlar bajarilishi kerak:

1. Silliqlash toza havoda, chang kirmaydigan g’ilofga joylashtirilgan holda o’tkazilishi kerak.

2. Ishlov beruvchi qurilmalarni abrazivning turiga qarab tanlash kerak.

3. Abraziv va silliqlovchi kukunlar alohida va berk holatda saqlanishi kerak.

SIRTGA KIMYOVIY ISHLOV BERISH

Yarim \bar{y} tkazgich asboblari ishlab chiqarishda kimyoviy jarayonlardan texnologik bosqichlarning hamma qismlarida foydalaniladi. Kimyoviy va elektrkimyoviy ishlov berish jarayonlarini t \bar{y} rt bosqichda k \bar{y} rish mumkin:

1. Sirtni tozalash va turg’unlashtirish.

2. Sirtga sayqal berish.

3. Yarimo’tkazgich material yoki $p-n$ o’tishning sifatini tekshirish.

4. Yarimo’tkazgich sirtini turg’unlashtiruvchi, himoya qiluvchi va u bilan tutashuvchi modda bilan qoplash.

Ko’pgina kimyoviy jarayonlarda yarimo’tkazgich sirtini tozalash bilan bog’liq uning ichki boshqa nuqsonlarini aniqlashda, material sirtidagi qatlamni olib tashlashda kimyoviy yedirish jarayonining hissasi katta. Sirtidagi moddalar bilan ta’sirlashish tabiatiga ko’ra kimyoviy yedirish bir qancha bosqichlardan tashkil topgan erish ta’sirlashuvidan iboratdir:

1. Yediruvchi ionlarni eritma hajmidan yarim \bar{y} tkazgich sirtiga chiqariladi.

2. Yarimo’tkazgich sirtida yediruvchi molekulalarning so’rilishi yuz beradi.

3. Yarimo'tkazgich sirti va yediruvchi bilan so'rilgan molekullarning o'zaro ta'siri.
4. Yarimo'tkazgich sirti bilan ta'sirlashuv mahsulotining desorbsiyasi.
5. Eritma hajmidagi ta'sirlashuv mahsulotlarini yarimo'tkazgich sirtidan olib tashlash.

Yedirish tezligini diffuziyaviy tekshirib turish imkoniga ega bo'lgan yediruvchilar sayqal beruvchi deb ataladi, jarayonning o'zi esa integralli deb ataladi. Yediruvchining gliserin, polispirt qo'shimchalarini qo'shish hisobiga yopishqoqligi ortishi bilan uning sayqallash xususiyati yaxshilanadi.

4.4.2 SIRT ELEKTRO'TKAZUVCHANLIKNI ANIQLASH USULI

Kimyoviy toza metallarning solishtirma qarshiligi harorat ortishi bilan chiziqli ortadi:

$$\rho_m = \rho_0 (1 + \alpha_0 T) \quad (4.3)$$

ρ_0 – metallarning $T=0$ S dagi solishtirma qarshiligi, α – solishtirma qarshilikning issiqlik koeffitsiyenti, $1/273$ ga teng. Yarim o'tkazgichli materialarning solishtirma qarshiligi harorat ortishi bilan eksponensial qonuniyat bo'yicha kamayadi:

$$\rho_n = \rho_0 \exp(\beta/T) \quad (4.4)$$

β – berilgan yarim o'tkazgich uchun ma'lum harorat oralig'ida o'zgarmas kattalikdir.

Harorat ortishi bilan solishtirma qarshilikning kamayishi yarim o'tkazgichlarda, qo'shimcha tok tashuvchilarning hosil bo'lishi tufaylidir. Harorat ta'sirida hosil bo'lgan tok tashuvchilarga muvozanatdagi tok tashuvchilar deyiladi. Tajriba natijalaridan ma'lumki, yarim o'tkazgichlar yoritilganda, radiosion zarrachalar bilan nurlantirilganda, katta elektr maydoniga joylashtirilganda, deformatsialanganda ham qo'shimcha tok tashuvchilarni hosil qilishi mumkin. Bunday zarrachalarni nomuvozanat tok tashuvchilar deyiladi.

Muvozanat va nomuvozanat tok tashuvchilarning hosil bo'lishi yarim o'tkazgich moddasining strukturasi (kristall tuzulishiga) va unda mavjud bo'lgan kirishmalarga kuchli bog'liqdir. Yarim o'tkazgichli moddalarga quyidagicha ta'rif berish mumkin:

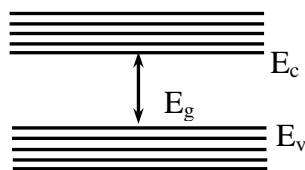
Yarim o'tkazgichlar deb–solishtirma qarshiligi kristall tuzulishiga, unda mavjud bo'lgan kirishmalarga kuchli bog'liq bo'lgan, tashqi ta'sirlarda (xarorat, nurlantirish, deformatsiya, elektr va magnit maydonlar) keskin o'zgaruvchan, xona haroratida $\rho = 10^{-4} - 10^{10}$ Om·sm oraligida bo'lgan moddalarga aytiladi. Yarim o'tkazgichlar bilan izolyatorlar o'rtasida prinsipial farq yo'q. Yarim o'tkazgichlarning xususiyatlariga ko'pgina organik birikmalar, organik bo'lmagan moddalar egadir. Yarim o'tkazgichlarning xossalari ega bo'lgan barcha moddalar ikki guruxga bo'linadi:

1. Oddiy yarim o'tkazgichlar.
2. Yarimo'tkazgichli birikmalar.

Oddiy yarim o'tkazgichlarga bir atomli moddalar C, Si, Ge, As, Se va boshqalar kiradi.

Yarim o'tkazgich birikmalarga ikki va undan ortiq modda atomidan tuzilgan birikmalar va GaAs, InP, InAs, AlSb va boshqalar kiradi.

Yarim o'tkazgichli moddalar absolyut nol haroratda valent sohani energiyaviy



sathlari elektronlar bilan to'lgan bo'ladi, o'tkazuvchanlik sohalarni taqiqlangan energiyasi E_g -sohani ajratib turadi.

Bu sohaning kengligi yarim o'tkazgichli moddalar 0,01 eV dan to 3 eV gacha bo'lishi mumkin (1-rasm).

4.9-rasm.

Mutloq nol haroratda, agar tashqi ta'sirlar bo'lmasa yarim o'tkazgichdan tok o'tmaydi. Yarim o'tkazgichni qizdirsak valent sohagi elektronlar o'tkazuvchanlik sohasiga o'tib, elektr o'tkazuvchanlikda qatnashadi. Bunday o'tishlar absolyut nol haroratdan boshqa barcha haroratlarda mavjud bo'lib, biron haroratda elektronning energiya olish ehtimolligi $\exp(-E/kT)$ kattalikka proporsionaldir (k –Bolsman doimiysi).

Elektron valent sohadan o'tkazuvchanlik sohasiga o'tganda, valent soxada kovak (bo'sh o'rin) hosil bo'ladi, yani bunday o'tishda bir vaqtda ikkita tok tashuvchi elektron va kovak hosil bo'ladi.

Tashqi elektr maydoni bo'lsa, tok tashuvchilar (elektronlar va kovaklar) tartibsiz, ya'ni barcha yo'nalishlarda bir xil ehtimollik bilan harakatlanadi, natijaviy tok qiymati nolga teng bo'ladi [].

Yarim o'tkazgich namunasiga tashqi elektr maydoni qo'yilsa, barcha erkin elektronlarning tashqi maydon yo'nalishiga qarama-qarshi yo'nalishdagi harakati vujudga keladi. Chunki har bir elektronga shu yo'nalishda Kulon kuchi $F_x = eE$ tezlanish beradi.

Tashqi elektr maydonida xarakatlanayotgan elektron erkin yugurish vaqti davomida maydon yo'nalishiga qarama qarshi yo'nalishda qo'shimcha o'rtacha tezlik olib, elektr toki hosil qiladi.

Elektronning tashqi elektr maydonida olgan tezlanish:

$$a = eE/m \quad (4.5)$$

bu yerda E –elektr maydon kuchlanganligi, m –elektron massasi, u xolda o'rtacha tezlik quyidagiga teng bo'ladi:

$$v = eEt/m \quad (4.6)$$

t –elektronni erkin yugurish vaqti. Tok zichligi j namuna ko'ndalang kesim birlik yuzasidan, birlik vaqt ichida o'tayotgan zaryad tashuvchilar oqimi bo'lib, quyidagiga teng:

$$j = env = e^2 nEt/m \quad (4.7)$$

n –erkin elektronlar miqdori. Om qonuniga binoan solishtirma elektr o'tkazuvchanlik ifodasi quyidagicha yoziladi:

$$\sigma = e^2 n/m \quad (4.8)$$

Zaryad tashuvchilarning birlik elektr maydonida olgan tezligi elektronlarning (kovaklarning) dreyf xarakatchanligi deyiladi:

$$\mu = \frac{v}{E} = \frac{eEt}{mE} = \frac{et}{m} \quad (4.9)$$

Bir vaqtda ikki xil tok tashuvchilar bo'lgan yarim o'tkazgichlar uchun tok zichligi:

$$j = env_n + epv_p \quad (4.10)$$

bu yerda n , p , v_n , v_p , μ_n , μ_p mos ravishda elektronlar va kovaklarning miqdori, o'rtacha qo'shimcha tezligi va harakatchanligi.

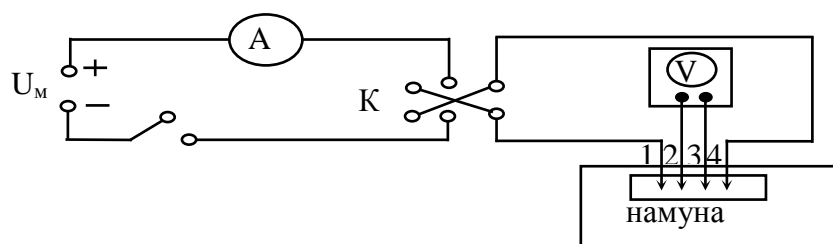
Solishtirma elektr o'tkazuvchanlikka teskari bo'lgan kattalik solishtirma elektr qarshilik deyiladi va (Om·sm) da o'lchanadi:

$$\rho = \frac{1}{\sigma} \quad (4.11)$$

Bu ish yarim o'tkazgichli namunalarning solishtirma qarshiligini to'rt zondli usul bilan o'lchashga bag'ishlangan.

To'rt zondli usul metall zond bilan yarim o'tkazgich tutashgan nuqtada tokning sirt bo'yicha yoyilishiga asoslangan. Namuna yuzasiga bir to'g'ri chiziqda yotuvchi to'rtta zond tushuriladi (2 –rasm).

Ikki chetki zondan (1 va 4) tok o'tkaziladi, tok o'tganda hosil bo'ladigan potentsiallar farqi o'rtadagi ikki zond (2 va 3) orqali o'lchanadi.



4.10 – расм

Tekis sirt bilan chegaralangan yarim cheksiz xajmli namuna uchun $S \ll d, l, h$ shart bajarilganda (2–rasmga qarang), Om qonuni va tok zichligi quyidagicha yoziladi:

$$\frac{d\varphi}{dT} = j\rho \quad (4.12)$$

$j = \frac{I}{2\pi r^2}$ (Tokning yoyilishi sferik shaklda deb qabul qilinadi).

bu epda ρ –solishtirma qarshilik, r –sfera radiusi, φ –potensial, I –zond orqali o'tayotgan tok. Om qonuni formulasini integrallasak:

$$\varphi = \frac{I\rho}{2\pi T} + A \quad (4.13)$$

A – integrallash doimiysi. Namuna yuzasidan ichki zondlar (2 va 3) tegib turgan nuqtalardagi potenciallar chetki (1 va 4) hosil qiladigan potenciallar yig'indisidan, tok yo'nalishiga bog'liq holdagi ishorasini e'tiborga olgan holda hisoblanadi:

$$\varphi_2 = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{S_1} - \frac{1}{S_1 - S_2} \right) + A \quad (4.14)$$

$$\varphi_3 = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{S_1 + S_2} - \frac{1}{S_3} \right) + A \quad (4.15)$$

Shunday qilib, φ_2 va φ_3 ichki zondlar (2 va 3) orasidagi potenciallar farqi

$$U = \varphi_2 - \varphi_3 = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{S_1} - \frac{1}{S_1 + S_2} + \frac{1}{S_3} - \frac{1}{S_1 - S_2} \right) \quad (4.16)$$

Bu ifodadan ρ topsak:

$$\rho = \frac{2\pi}{\frac{1}{S_1} - \frac{1}{S_1 + S_2} + \frac{1}{S_3} - \frac{1}{S_1 - S_2}} \cdot \frac{U}{I} \quad (4.17)$$

Amalda zonlar orasidagi masofa bir xil qilib olinadi, natijada ρ ning ifodasi soda ko'rinishga keli:

$$\rho = 2\pi S \frac{U}{I}; \quad (4.18)$$

$$U = \varphi_2 - \varphi_3 = \frac{I\rho}{2\pi S}. \quad (4.19)$$

O'lchash uchunad 2–rasmda keltirilgan elektr sxemasidan foydalaniladi. Namuna yuzasini spirt bilan artib, namuna ushlagichga o'rnatiladi va zondlar namuna yuzasiga tushiriladi. 1 va 4– zonddan tok o'tadi, 2 va 3 zondda kuchlanish tushishi o'lchanadi. O'lchash tokning ikki xil yo'nalishida bajariladi va kuchlanishning o'rtacha qiymati quyidagicha aniqlanadi:

Solishtirma qarshilik quyidagi ifodadan aniqlanadi: $\rho = 2\pi S \frac{U}{I}$

4.4.3 Kremniyda marganes kirishmalarning elektr maydon va harorat ta'sirida ko'chishi

Kirishmalarning zaryadli xolati va ularning tashqi elektr maydoni qo'yilgandagi kristalldagi harakati yarimo'tkazgichladagi kirishmalarning migratsiya mexanizmi to'g'risidagi tasavvurlarning o'sishi uchun kerakli bo'lgan muhim axborotlarni beradi. Bunday axborotlarni tashqi elektr maydondagi majburiy diffuziyaning elektr ko'chishini o'rganishdan olish mumkin.

Amaliyotda yarimo'tkazgichlarni legirlashda, shuningdek germaniy va kremniy uchun talab qilinayotgan xarakteristikali materialni olish uchun donor va akseptlar turidagi elementlarni ketma-ketlikda kiritish uchun zarur. Natijada yarimo'tkazgichning kristallida donor va akseptor darajalari hosil bo'ladi. Shuningdek yarimo'tkazgichdagi legirlanayotgan elementlar holatining umumiy qoidalari oddiy legirlash holatlaridek bo'ladi.

Murakkab legirlanadigan yarimo'tkazgichning murakkab legirlanadigan yarimo'tkazgich uchun elektr neytralligini quyidagi tarzda yozish mumkin:

n , p , n_a va n_d qiymatlar belgilangandan so'ng bu ifoda $\exp(E_f/KT)$ ga nisbatan to'rtinchi darajali murakkab tenglama hosil bo'ladi. Shuning uchun to'la aniq holatlarga javob beradigan yarimo'tkazgichga mos sharoitlarda bir qator aniq holatlarni oddiy lenirlash holatidek ko'rib chiqish kerak.

Agar donorlar soni akseptlar sonidan sezilarli darajada oshsa, akseptlar sathining to'lish ehtimol juda katta, ya'ni bunda ular sezilarli darajada fermi sathidan pastda joylashadi. Bunda akseptor sathlarining to'lishish donor sathlaridan elektronlarning o'tishi hisobiga hosil bo'ladi, yani bu jarayon energiya jihatdan qulay bo'ladi. Akseptorni sathlarni soni uncha katta emas, shuning uchun ular to'lgan ko'rinadilar, yarimo'tkazgich o'tkazuvchanlik esa to'laligicha donor turidagi ortiqcha atomlardan o'tkazuvchanlik zonasiga

keluvchi legirlangan elementlarning elektronlari bilan aniqlanadi. Bunda donorlarning effektiv soni $N_a - N_d$ farqiga teng bo'ladi. Agar $N_a > N_d$ bunday holat kechishi mutlaqo o'xshash bo'ladi. Bunday xolatda akseptorlarning effektiv soni $N_a - N_d$ ga teng. Bunday holatlarda fermi sathining joylashishi haroratga ham bog'liq. Xususiyy zaryad tashuvchilarni hisobga olmagan holda yetarlicha past haroratlarda ko'rib chiqilayotgan holatlarda oddiy legerlash holati singari to'liq bo'lmagan ionlashish bo'lishi mumkin [18]. To'liq bo'lmagan ion bilan yoki logarifmni tagidan N_d ifodaning suratdagi $(N_a - N_a)$ ga almashtirish ($N_d \gg N_a$) ga ($N_a \gg N_d$ holat uchun).

$N_a > N_d$ va $N_a > N_a$ sharoitlarda to'liq ionlashishda xususiyy zaryad tashuvchilar soni quyidagi ifodalar bilan aniqlanadi:

$$n = N_d - N_a, \quad (4.20)$$

$$p = N_a - N_d. \quad (4.21)$$

Bunday holatda fermi sathining joylashishi tenishli almashtirishlar bilan N_d va N_a ($N_a - N_a$) va ($N_a - N_d$) ifodalar bilan aniqlanadi. Yuqorida keltirilganlar asosida shunday xulosaga kelish mumkinki, bunda o'tkazuvchanlikning legerlangan element bilan murakkab legerlangan o'tkazgichni aniqlanadi.

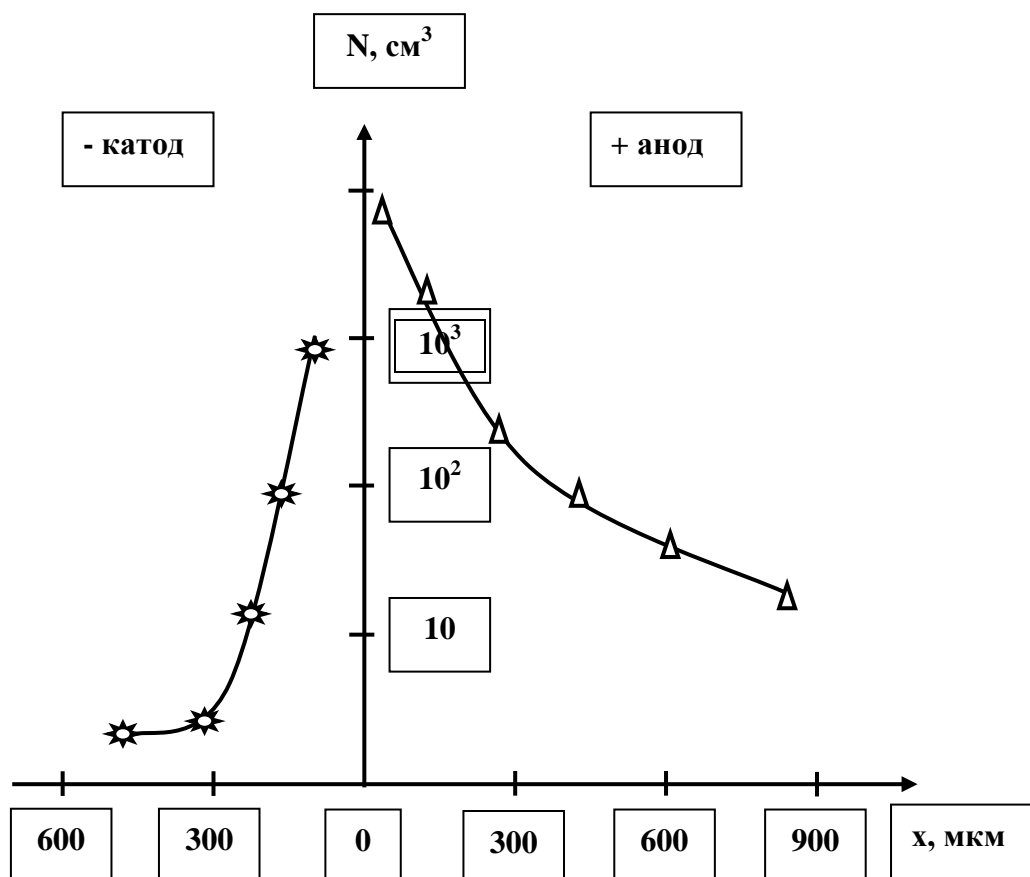
Marganesning kremniydagi elektr ko'chishi 800-1250 C temperatura oralig'ida o'rganilgan. Bunda qizdirish vaqti 20 min dan 10 soatgacha o'zgarib borgandan olingan anod va katodlarning namunalardagi marganesning tarqalishini va turli temperaturadagi ion zaryadlarining xarakati quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$\mu = \frac{\Theta^+ - \Theta^-}{N_0 E t} \quad q = \frac{D}{E} \frac{\partial}{\partial x} \ln \frac{N^+}{N^-} \quad (4.22)$$

bunda, Θ^+ , Θ^- - ikkita namuna xajmida joylashgan vaqtdagi modda miqdorining yig'indisi;

$N_{0-x=0}$ da kirishmalarning chegaraviy konsentrativasi; E – elektr maydondagi kuchlanish; N^+ , N^- - anod va katod namunalardagi yuzadan bir xil oraliqdagi kirishmalarning konsentrativasi.

Kremniyda elektr ko'chishining tekshirish natijalari shuni ko'rsatadiki, bunda marganes ionlari 1000 C dan ortiq anodga o'tadi, 950 C dan past xaroratda esa ko'chish yo'nalishining inversiyasi kuzatiladi



4.11-rasm. Elektr maydonda marganes diffuziyasi T=1200 S

Eksperimental ma'lumotlardan olingan marganes ionlarining harakatlanish qiymati va ularning effektiv zaryadi rasmda ko'rsatilgan. Bunda marganes ionining effektiv zaryadi 1000 C dan ortiq xaroratda manfiy qiymatga ega va ko'chish xaroratining ko'payishi bilan tezda ortadi, 900 C xaroratdan past bo'lganda effektiv zaryad musbat qiymatga ega bo'ladi va 1÷2 oraliqda o'zgaradi.

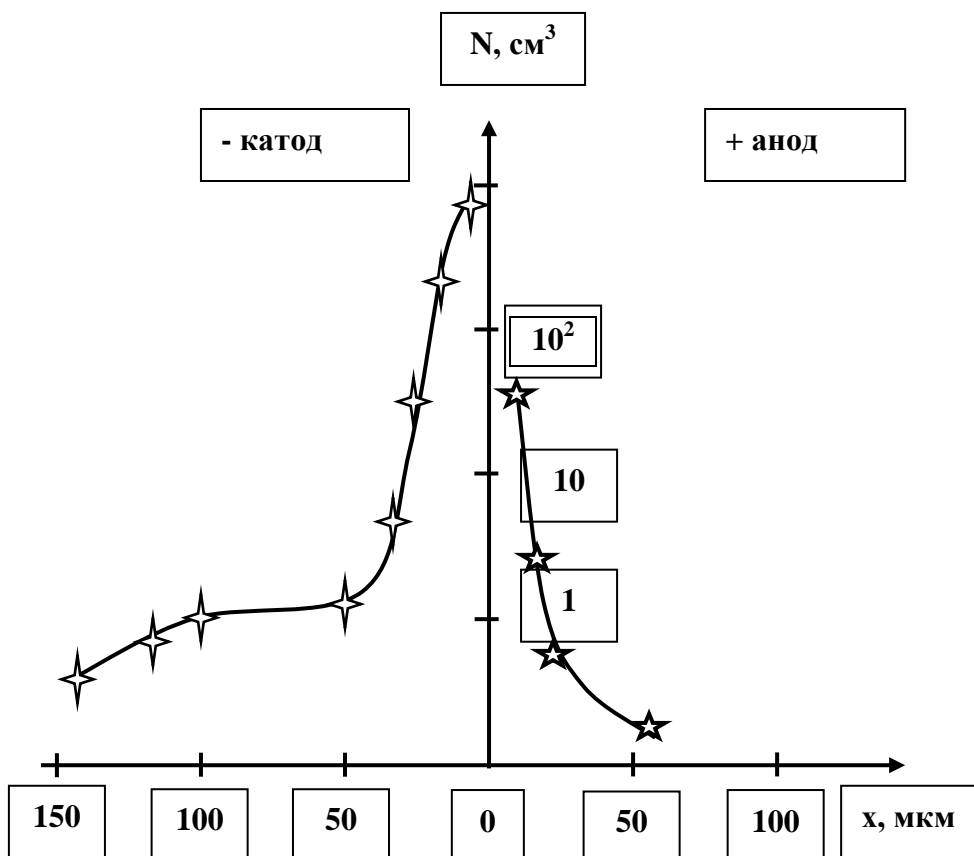
4.1-jadval

Marganes ionlarining elektr maydondagi harakatchanligi va zaryadi

T, S	$t_s 10^3 C$	j a/sm^2	E V/sm	h	q	$\mu, cm^2/V \cdot S$
1280	2	260	1.2	0,1	-3,2	$2,5 \cdot 10^{-4}$
1230	2	219	1,24	0,1	-2	$1,5 \cdot 10^{-4}$
1170	2,5	202	1,34	0,11	-0,9	$5 \cdot 10^{-4}$
1110		116	1	0,11	0,5	$1,6 \cdot 10^{-5}$
1060	5,4	84	0,8	0,13		$6 \cdot 10^{-6}$
980	6,3	67	0,92	0,13		$6 \cdot 10^{-7}$
900	12,6	43	0,75	0,15	+0,89	$7 \cdot 10^{-7}$
860	14,4	32	0,74	0,15	+1,3	$7 \cdot 10^{-7}$
810	18,8	21	0,81	0,15	+1,9	$2,5 \cdot 10^{-6}$
<i>h-na'muna qalinligi, q- ion zaryadi</i>						

900 °C dan past bo'lgan haroratda marganes ionlarining katodga ko'chishini shunday tushuntirish mumkinki, bunda kremniyda katta diffuziya koeffitsiyentiga ega bo'lgan marganes tugunlararo Mn^{++} ko'rinishida bo'ladi. Biroq bunday xolatlarda $T=950$ C da xarakat yo'nalishining o'zgarish fakti tushunarsiz bo'lib qoladi. Bunday anomal xodisa marganesning diffuziya mexanizmining o'zgarishiga yoki marganes ionlari elektronlar bilan oshish effektining hosil bo'lishiga olib kelishi mumkin. Aniq tahlil shuni ko'rsatadiki, diffuziya mexanizmi (tugunlar aro dok vakansionigacha) haroratning tor oraliqda (~50 C) extimolligi kam, ya'ni haroratning bu sohasida kremniydagi Mn – diffuziya koeffitsiyenti vakansimon mexanizm xolatidagi diffuziya koeffitsiyentidan kattadir.

Shuning uchun kuzatilayotgan anomaliyalı ionlarning elektronlar bilan oshish effektiga bog'lash lozim. Analogik effekt kremniydagi oltin va $CaAs$ dagi rux uchun kuzatilgan.



4.12-rasm. Elektr maydonda marganes diffuziyasi $T=900\text{ S}$

Shunga ko'ra kirishmalardagi atomlarda elektronlarning tarqalishiga asoslangan ionlarning elektronlar bilan ortish effektida ionlarning effektiv harakati quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$\mu_{ef} = \mu_0(1 - nl\delta_i) \quad (4.23)$$

bunda, μ_0 – elektronlarning ortishi bo'lmagandagi ionlarning harakati, n – elektronlar soni; l – elektronlarning erkin siljishdagi uzunlik; δ_i – ionlarda tarqalgan elektronlarning kesishishi.

Nisbatan past haroratdagi $n\delta_i \ll 1$ kattalik va effektiv harakat qiymati xaqiqiy kattalikdan juda kam farq qiladi. Haroratning ortishi bilan n va $n\delta_i$ kattalik ham ortadi.

$n\delta_i$ dagi haroratda harakat effektivligi nolga teng, haroratning ko'tarilgani sari $n\delta_i > 1$ da ion elektr ko'chishning ortishi yo'nalishda harakat qiladi.

Shunday qilib, kremniydagi marganes ionlarining eksperimental kuzatilayotgan haroratining harakatchanligi ionlarning elektronlar bilan ko'payishi nazariyasiga sifat jihatdan mos keladi.

Nazariyani eksperiment bilan taqqoslash uchun hisob ishlari olib borilgan, bunda ionlarning harakatchanligi Eynshteyn nisbati orqali hisoblanadi.

1 – xar bir harorat uchun elektronlarning dreyfli harakatchanligi qiymatidan aniqlanadi:

$$\langle \delta \rangle > 2,5 \cdot 10^{-11} \left(\frac{300}{T} \right)^2 \frac{q}{\varepsilon} \quad (4.24)$$

Hisoblashlar shuni ko'rsatadiki, marganes ionlarining effektiv qo'zg'aluvchanligi xaqiqiy qo'zg'aluvchanlikdan juda kam farq qiladi, ya'ni ko'payish effektining ta'siri ahamiyatsiz. Bunday nomuvofiqlik ehtimol shu bilan bog'liqdirki, (2.6) formuladagi δ_i qiymati taxminiy bo'ladi [19-21], bunda maydondagi ko'chuvchi ionlarning individulalligi hisobga olinmaydi. Bu nisbat ionlarning ko'p zaryadligidan ko'chish holatida elementlarning o'tish guruhlariga to'g'ri kelmaydi.

Shuning uchun keyingi hisoblar effektiv qo'zg'alishlarda turli δ_i qiymatlari uchun o'tkazilgan, bunda δ_i qiymat $10^{-13} - 10^{-11} \text{ sm}^2$ atrofida o'zgargan. Rasmdan ko'rinib turibdiki, kremniydagi ionlarning ko'payish effekti $\delta_i > 10^{-11} \text{ sm}^2$ da sezilarli ta'sirga ega. Biroq 1– rasmda ko'rsatilgandek, hisoblangan va eksperiment orqali olingan marganes ionlarining qo'zg'aluvchanligi $\delta_i = 10^{-11} \text{ sm}^2$ da haroratdan bir-biri bilan mos kelmaydi. Ehtimol, bu effektiv qo'zg'alishlarni hisoblash foydalanilgan yaqinlashishlar bilan bog'liqdir.



4.12-rasm. Na'munalarning parametrlarini aniqlash qurilmasi.



4.13-rasm. Na'munalardagi kirishma atomlarini qayta taqsimlanishini jarayonini boshqarish qurilmasi.



4.14-rasm. Bir zondli konsentrasiya taqsimotini aniqlash qurilmasi.

Namunalarni qalinligi va kirishma atomlarini diffuziyasi bo'yicha harorat gradiyenti shakllanishini imkonini beruvchi dastlabki qurilmani loyihalasi ishlab chiqildi. Loyihalashtirilgan qo'rilma asosida – Tajriba qurilmasining proyeksi ishlab chiqildi va kirishma atomlarining qaytadan taqsimotini (raspad) namuna qalinligi bo'yicha harorat gradiyenti orqali boshqarish imkoniyatini beruvchi qurilma maketi ishlab chiqildi. Berilgan parametr bo'yicha harorat gradiyentini boshqarish sistemasini ishlab chiqildi [22-25]. Tajriba qurilma maketi asosida nuqtaviy harorat tasirlantiruvchi zond qurilmasi yaratildi va konstruksiyasi ishlab chiqildi. Kirishma atomlarining qaytadan taqsimotini (raspad) namuna qalinligi bo'yicha harorat gradiyenti orqali boshqarish imkoniyatini beruvchi qurilma yig'ildi. Kirishma atomlarining qaytadan taqsimotini boshqaruvchi qurilma yaratildi va asosiy xossalari boshqariladigan yarim o'tkazgich

materiallar yangi avlodini hosil qilishning texnik yechimi ko'rsatib berildi. Yangi qurilma asosida olingan nanomaterialning ko'p funksiyali datchik sifatida ishlatish mumkinligi ko'rsatib berildi. tajriba sinovlari o'tkazildi.

X U L O S A

Ishdan maqsad namunalarni qalinligi va kirishma atomlarini diffuziyasi bo'yicha harorat gradiyenti shakllanishini imkonini beruvchi dastlabki qurilmani loyihalash va yaratish. Berilgan parametr bo'yicha harorat gradiyentini boshqarish sistemasini ishlab chiqish. Bunday qurilmalarda legirlash usulini ishlab chiqish. Qurilmaning texnologik imkoniyatlarini aniqlash.

Dissertatsiya ishida quyidagi asosiy natijalar olindi:

Tajriba qurilmasining proyeksi ishlab chiqildi va kirishma atomlarining qaytadan taqsimotini (raspad) namuna qalinligi bo'yicha harorat gradiyenti orqali boshqarish imkoniyatini beruvchi qurilma maketi ishlab chiqildi.

-Tajriba qurilmasi yaratildi va konstruksiyasi ishlab chiqildi. Kirishma atomlarining qaytadan taqsimotini (raspad) namuna qalinligi bo'yicha harorat gradiyenti orqali boshqarish imkoniyatini beruvchi qurilma yig'ildi.

- Kirishma atomlarining qaytadan taqsimotini boshqaruvchi qurilma yaratildi va asosiy xossalari boshqariladigan yarim o'tkazgich materiallar yangi avlodini hosil qilishning texnik yechimi ko'rsatib berildi.

-Yangi qurilma asosida olingan nanomaterialning ko'p funksiyali datchik sifatida ishlatish mumkinligi ko'rsatib berildi. tajriba sinovlari o'tkazildi.

Amaliy ahamiyati namunalarni qalinligi va kirishma atomlarini diffuziyasi bo'yicha harorat gradiyenti shakllanishini imkonini beruvchi dastlabki qurilmani loyihalash va yaratish. Berilgan parametr bo'yicha harorat gradiyentini boshqarish sistemasini ishlab chiqish. Bunday qurilmalarda legirlash usulini ishlab chiqish. Qurilmaning texnologik imkoniyatlarini aniqlash.

Tadqiqot natijalarining nazariy Boshqa metodlardan farqli juda arzon kam xarajat asosida konsentrasiyasi boshqariladigan turli xil tabiatli va turli xil tarkibli nanoo'lchamli strukturalar – nanoklasterlarni shakllantirishga hamda fotonika, spintronika va nanoelektronika sohalari uchun yangi avlod materiallari olinishiga olib keladi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligining 2015 yil "6" mardagi № 84 -son buyrug'iga muvofiq tuzilgan A-3-73 Yarim o'tkazgichli materiallarda klasterli kirishma atomlarini taqsimoti va konsentrasiyasini boshqarish qurilmasini yaratish va ishga tushirish amaliy tadqiqotlari ilmiy loyihasi asosida bajarilgan.

Tadqiqot natijalari va ishlanmalari TDTUning "Elektronika va mikroelektronika" kafedrasida "Nanoelektronika", "Sirt fizikasi va nanolchamli strukturalar texnologiyasi asoslari", "nano va mikpoelektronika" fanlari bo'yicha laboratoriya va amaliy mashg'ulotlarida foydalanilishi mumkin. Tadqiqot natijalari TDTUning "Elektronika va mikroelektronika" kafedrasining uslubiy ishlarida ma'ruza qilingan (2014-2016 y.). TDTU «Rol intellektualnoy molodeji v razvitii nauki i texniki» konferensiyasida, Texnika yulduzlari jurnalida muohama qilingan.

Natijalarning e'lon qilinganligi. Dissertatsiyaning ilmiy va amaliy natijari 4 ilmiy ishlarda aks ettirilgan.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya kirish, 4 ta bob, xulosa, adabiyotlar ro‘yxati, 1ta ilovadan hamda 85 ta matn betidan tashkil topgan, ___ ta rasm va ____ ta jadvaldan iborat.

Adabiyotlar

1. Landes C.F., Link S., Mohamed M.B., Nikoobarht B., Sayed A.Ye. Pure.Appl.Chem, 74,1675 (2012).
2. Peng X., Manna L., Yang W., Wickham J., Scher Ye., Kadavanich A., Alivisatos A.P. Nature, 404, 59 (2010).
3. Hostetler M.J., Wingate J.Ye., Zhong C.J., Harris J.Ye., Vachet R.W., Clark M.R., Londono J.D., Greyen S.J., Stokes J.J., Wighall G.L., porter M.D., Yevans N.D., Murray R.W. // Langmuir. 1998. V.14. №1. P.17.
4. *Gusev AN*. Nanomaterialы, nanostruktury, nanotexnologii. M.: Fizmatlit, 2007.
5. Andriyevskiy R.A., Ragulya A.V. Nanostrukturirovannyye materialы. M.: Akademiya, 2015. S.180.
6. Foley Ye.T., Hyerman M.C. Nanotechnology Law&Buisines, Dec. 2006. P.467-484.
7. Chang R.P.H. Nanotoday. 2006. Vol. 1, № 2. P.6-7.
8. Could P. Materialstoday. February 2004, P.36-43.
9. Hans M.L., Lowman A.M. Nanoparticles for drug delivery//Nanomaterials Handbook by Yury Gogosi CRC publ., chapter 23. P.637-664.
10. National Nanotechnology Initiative. The Initiative and its Implementation Plan. National Science and Technology Council, Committee on Technology, Sub-committee on Nanoscale Science, Engineering and Technology, Washington, D.C., July 2000, 141pp.
11. Nanotechnology Research Directions: Interagency Working Group on Nanoscience, Engineering and Technology (IWGN) Workshop Report. National Science and Technology Council (NSTC), Committee on Technology (CT). pp.316, Kluwyer Academic Publishers, 2000.
12. A.D.Pomogaylo, A.S.Rozenberg, I.Ye.Uflyand. Nanochastisы metallo v polimerax. 2001, str. 670.
13. M.K.Roko «Nanotexnologiya v blijayshem desyatiletii» M.:Mir, 2002,
14. A.I.Gusev «Nanomaterialы, nanostruktury, nanotexnologii» M.: Fizmatlit, 2005.

15.P.P.Malsev «Nanomaterialы. Nanotexnologii. Nanosistemnaya texnika» M.:Texnosfera, 2006.

16.R.A.Andriyevskiy, A.V.Ragulya «Nanostrukturirovannyye materialы» M.: Akademiya, 2005.

17.G.X. Mavlonov, D.A.Tilavbayeva, K.S.Ayupov Kirishma atomlarining yangi diffuziya mexanizmi va ular asosida nanomateriallar olish uslubiy kullanma , 67 str, 2012.

18.Ayupov K.S., Sattarov O.Ye. Yelektrodiffuziya primesey – Новыу yeffektivnyу sposob legirovaniya poluprovodnikov. Ilmiy-amaliy konferensiya, 2015 yil 24-25 – aprel, Toshkent.

19.Abdurakhmanov B.A., Bakhadir Khanov M.K., Ayupov K.S., Iliyev H.M., Saitov Ye.B., Mavlyanov A., Kamalov H.U., Formation of Clusters of Impurity Atoms of Nickel in Silicon and Controlling Their Parameters, USA . *Nanosciyencye and Nanotechnology*, Vol. 4 No. 2, 2014, pp. 23-26. doi: 10.5923/j.nn. 20140402.01.

20.Ayupov K.S., Bahadiryxanov M.K., Zikrillayev N.F., Iliyev X.M. «Fizicheskiye yavleniya v kremnii v krayne neravnovesnom sostoyanii.

21.Ayupov K.S., Sattarov O.Ye. Yelektrodiffuziya primesey – Новыу yeffektivnyу sposob legirovaniya poluprovodnikov. Ilmiy-amaliy konferensiya, 2015 yil 24-25 – aprel, Toshkent.

22.Abdurakhmanov B.A., Bakhadir Khanov M.K., Ayupov K.S., Iliyev H.M., Saitov Ye.B., Mavlyanov A., Kamalov H.U., Formation of Clusters of Impurity Atoms of Nickel in Silicon and Controlling Their Parameters, USA . *Nanosciyencye and Nanotechnology*, Vol. 4 No. 2, 2014 P. 23-26. doi: 10.5923/j.nn. 20140402.01.

23.Ayupov K.S., Bahadiryxanov M.K., Zikrillayev N.F., Iliyev X.M. «Fizicheskiye yavleniya v kremnii v krayne neravnovesnom sostoyanii» T.: Monografiya. ISBN 978-9943-09-531-1 Izdatelstvo «FAN» AN RUz. 2008. S.341.

24. Ayupov K.S., Bahadiryhanov M.K., Zikrillayev N.F., Iliyev X.M., Norkulov N. «O prirode glubokix urovney v kremnii» Jurnal Doklady Akademii nauk Respubliki Uzbekistan 2007y. №2. S.21-24.

25. Bahadiryhanov M.K., Zikrillayev N.F., Ayupov K.S., Bobonov D.T., Kadyrova F.A., Ixomdjanov N. Spektralnaya oblast sushchestvovaniya avtokolebaniy toka v kremnii, legirovannom margansem Jurnal "Jurnal texnicheskoj fiziki» //Rossiya, g.Sankt-Peterburg, 2006. T.76. V.9.S.128-129.

26. Ayupov K.S. Vliyaniye monopolyarnoy injeksii na fotoyelektricheskiye svoystva kompensirovannogo kremniya //Jurnal Doklady Akademii nauk Respubliki Uzbekistan, 2005. №6. S.16-19.

27. www.nanoobr.ru

28. www.cordis.lu/nanotechnology

29. www.nanoforum.org

30. www.nanotruck.net

31. www.nanoreisen.de

32. www.nano-invests.de