

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI
BUXORO DAVLAT UNIVERSITETI

Fakultet : Fizika – matematika

Magistratura talabasi: Hamroyev Vohid

Kafedra: Fizika

Ilmiy rahbar: D.R.Djurayev

O'quv yili: 2011-2013

Mutaxassisligi: Nazariy fizika

Magistrlik dissertatsiyasi annotatsiyasi

Ishning dolzarbligi. Nanotexnologiyalar XXI asrda eng jadal rivojlanayotgan texnologiyalar bo'lib, ular asosidagi fotokatalitik sistemalar atrof-muhit temperaturasida bimalol ishlay oladi. Ular havo va suvdagi turli kimyoviy va mikrobiologik zararlantiruvchilarni destruksiyalaydi.

Ishning maqsadi. Nanotexnologiyalarning fizikaviy asoslarini o'rganish, nanotexnologik qurilmalarni va nanouglerod metall oksidi asosidagi nanofotokatalizatorlarni tadqiq etish.

Ishning tadqiqot obekti va predmeti. Nanotexnologiyalar asosida ishlab chiqilgan katalizatorlarni tadqiq etish.

Tadqiqot usuli va uslubiyoti. Nanotuzilishga ega bo'lgan uglerod molekulalari uchun qo'llanilishi mumkin bo'lgan nazariy fizika usullaridan foydalaniladi. Nanouglerod metall oksidi tayyorlangan nanofotokatalizatorlardan foydalanishning amaliy jihatlari ko'rsatilgan.

Ilmiy yangiligi. Elektrokimyoviy usul bilan sintezlangan kolloid eritmalar fotokatalizatorlar sifatida yuqori effektivlikni namoyon etgan.

Ilmiy natijalarning ilmiy va amaliy qiymati. Global muammolardan biri bo'lmish ekologik muammo suv va havoning, tuproqning zararli organik birikmalardan tozalash vazifasini qo'yadi. Ishda bayon etilgan titan dioksidi nanozarrachali fotokatalizatorlar ifloslangan suvlarni tozalashda ishlatilishi mumkin. Quyoshdan kelayotgan nurlanish tarkibidagi ultrabinafsha nurlanish bu katalizatorlarni aktivlashtirish uchun yetarli.

Ishning asosiy olingan natijalari. Nanouglerod metall oksidi asosida tayyorlangan nanofotokatalizatorlardan foydalanishning amaliy jihatlari ko'rsatilgan.

Ishning hajmi va tuzilishi. Magistrlik dissertatsiyasi 65 bet, kirish, 3ta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxatidan iborat.

Xulosa. Nanotexnologiyaning to'la-to'kis va ravshan tarifi yo'q va boz ustiga bo'lishi ham mumkin emas. Ularning qo'llanilish sohasi judayam keng. Bunda, umumiy hol uchun «nano» o'lcham yoki 10^{-9} metr, yanayam aniqroq aytganda esa nanometr darajasidagi texnologik jarayonlar ko'zda tutiladi. Birinchi qarashda o'lcham ahamiyatga ega emasdek tuyulishi mumkin! Biroq «mikro»dan nano o'lchamga o'tish bu birgina miqdoriy emas, eng avvalo sifat jihatdan o'tish o'zgarish jarayonidir. Bunda inson atomlar darajasiga o'tish orqali moddani emas balki alohida atomlarni manipulyatsiya qilishga kirishadi. Bunga mos keluvchi misolni tabiatning o'zidan tanlab olamiz. Uglerod moddasi bir holda oddiygina grafit va boshqa holda esa tabiatning eng qattiq minerali olmos bo'lishi mumkin. Buning sababi olmos atomlarining amalda ideal geometrik figura kub hosil qilib joylashganidadir.

Ilmiy rahbar:
Magistratura talabasi:

D.R.Djurayev
V.B.Hamroyev

Republic of Uzbekistan
Ministry of the highest and middle vocational education
Bukhara state university

Faculty: the physical and mathematical	Undergraduate: Hamroyev V.B
Department: Physics	Research supervisor: Djurayev D.R.
Academic year: 2011-2013	Specialty: Theoretical physics

Summary of the magistor dissertation

Relevance of a subject: in XXI centuries of nanotechnology are considered as the most quickly developing technologies. The photocatalytic systems created on their basis can work at ambient temperature. Them use for destruction of chemical and microbiological pollutants of water and air.

Work purpose: to study physical bases of nanotechnologies, research of nanotechnological installations and nanophotocatalysts on the basis of compositions nanocarbon – metal oxide.

Object and work object of research: to study catalysts made on the basis of nanotechnologies.

Method and research technique: methods of theoretical physics, possible to use for nanostructural molecules of carbon are used.

Scientific novelty. Colloidal solutions synthesized showed in the electrochemical way high efficiency as photocatalysts.

Scientific and applied value of scientific results: considered as one of global problems, the environmental problem sets the task of cleaning of pollutants of water, air and the soil. The photocatalysts stated in work with nanoparticles of dioxide of the titan can be used for water purification from pollutants. For activation of these catalysts it is sufficient ultra-violet radiation as a part of a sunlight.

Main results of work: the applied directions of use of nanophotocatalysts on a basis nanocarbon – metal oxide are shown.

Volume and work structure: the magistor dissertation consists of 65 pages, the introduction, three heads, the conclusion and the list of the used literature.

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM
VAZIRLIGI
BUXORO DAVLAT UNIVERSITETI**

**Qo'lyozma huquqida
UDK 621.30.4977**

Hamroyev Vohid Boboqulovichning

**NANOMATERIALLAR VA NANOTEXNOLOGIYALAR ASOSIDAGI
KATALIZATORLAR.**

Mutaxassislik: 5A140201 - “Nazariy fizika”

Magistr akademik darajasini olish uchun yozilgan

DISSERTATSIYA

**Ilmiy rahbar:
prof. D.R. Djurayev**

Buxoro-2013y.

Mundarija

Kirish.....	3
I BOB NANOTEXNOLOGIYALARNING NAZARIY ASOSLARI	
1.1.Fullerenlar va uglerodli nanotrubkalar va ularning strukturasi.....	13
1.2. Fullerenlar va nanotrubkalar olish.....	19
1.3. Uglerodli nanotrubkalar asosidagi qurilmalar.....	24
II BOB NANOTEXNOLOGIYALARNING AMALIY QO'LLANISH MASALALARI	
2.1. Nanotexnologiyalar asosida kompyuter xotirasi.....	28
2.2.Nanotranzistorlar va nanobatareyalar. Nanometr o'lchamlardagi dvigatellar	32
2.3. Kapillyar effektlar va nanotrubkalarni to'ldirish.....	44
III BOB. NANOTEXNOLOGIYALAR ASOSIDAGI KATALIZATORLAR	
3.1. Amorf metall nanozarrachalar asosidagi katalizatorlar.....	49
3.2. Nanouglerod metall oksidi asosidagi nanofotokatalizatorlar.....	51
XOTIMA	62
ADABIYOTLAR	63

Kirish

“Yoshlarga milliy vatanparvarlik ruhida ta’lim-tarbiya berish bugungi kunning jiddiy vazifalaridan hisoblanadi”

I.A.Karimov

Mustaqillik yillarida jamiyatimiz hayotining barcha sohalarida bo’lgani kabi ta’lim tizimida ham bir qator islohotlar amalga oshirilmoqda. "Kadrlar tayorlash Milliy dasturi" va "Ta’lim tugrisida"gi Qonunlarda O’zbekiston Respublikasida ta’lim-tarbiya tizimini zamonaviy talablar darajasiga ko’tarish va ta’limning uzluksizligini ta’minlashning asosiy maqsadlari va shart - sharoitlari belgilab berildi. O’zbekiston Respublikasi Oliy Majlisining IX sessiyasida Prezidentimiz I.A. Karimov ta’kidlab o’tganlaridek, "Ta’limning yangi modeli jamiyatda mustakil fikrlovchi erkin shaxsning shakllanishiga olib keladi. Biz o’zining qadr-qimmatini anglaydigan, irodasi baquvvat, iymoni butun, hayotda aniq maqsadga ega bulgan insonlarni tarbiyalash imkoniga ega bo’lamiz ". Bundan kelib chiqadigan xulosa shuki, yangi sharoitda raqobatbardosh yoshlarni tarbiyalash, ularni hayotga ishlab - chiqarish sohalariga tayyorlash ta’lim tizimining bosh vazifasi bo’lib qoladi. Keng qamrovli istiqloлга yo’nalgan bu sharaflı va mas’uliyatlı vazifani amalga oshirishda yetakchi kuch - o’qituvchi, ustozlar hisoblanadi.

Keyingi yillarda Respublikamizda har bir sohada bo’lgani kabi ta’lim-tarbiya sohasida dam juda ko’plab islohotlar amalga oshirildi. "Ta’lim to’g’risida"gi qonun, "Kadrlar tayyorlash milliy dasturlari" hamda davlat ta’lim standartlari singari me’yoriy hujjatlar va nizomlarning ishlab chiqilganligi va ularning ko’pchiligi hozirgi kunda amalga oshirilayotganligi hammamizga ma’lum. Ta’lim tizimining yangilanganligi, o’qitish mazmunini yangilashga, u esa o’z navbatida ta’lim mazmunini va uni belgilovchi hujjatlar (o’quv rejasi, o’quv dasturi, darsliklar va o’quv qo’llanmalar)ning yangilanishiga olib keldi. Bu yangilanishlar o’z navbatida tabiiyki, o’qitish jarayonini rejalashtirish, dars mashg’ulotini

loyihalashtirishga yangicha yondashishni, o'quv-tarbiya jarayonini yangicha tashkil qilishni talab qiladi.

Nanotexnologiyalar- bu XXI asr texnologiyasi bo'lib, uglerod nanotrubkalar asosida katta natijalarga erishish mumkin. Bu natijalar elektronika va texnikada, meditsinada, kimyoviy texnologiyalarda qo'llanish perspektivalarini ochadi.

“Nanotexnologiyalar materiyani manipulyatsiyalab, shunday revolyutsiya qiladiki, kompyuterlar informatsiyani manipulyatsiyalagan kabi bo'ladi”.

Nanotexnologiyalar –bu eng yuqori texnologiyalar bo'lib, ularni rivojlantirishga iqtisodiy rivojlangan davlatlar mlrdlab pullarni sarf qilmoqda. Olimlarning taxminlariga ko'ra ularni rivojlanishi yozuv, bug' mashinasi va elektr energiyasidan ham ko'proq insoniyat hayotini o'zgartiradi.

Ishlab chiqarish g'oyasini bir marta Nobel mukofoti laureati Richard Feynman aytib o'tdi. 1959- yilda u modda tuzilishining kichik o'lchamlardagi muammosi haqida gapirib, “Pastda ham juda ko'p joy bor” (“There is plenty of space on the bottom”) ma'ruzasida “biron bir fizikaviy yoki kimyoviy qonun atomlarning o'zaro vaziyatini o'zgartirishga xalaqit bermaydi” deb aytgan edi.

“Nanotexnologiya” tushunchasining o'zi 1974-yilda yaponiyalik Norio Taniguchi (Norio Taniguchi) tomonidan kiritilgan edi. U o'lchamlari bir mikrondan kichik bo'lgan texnologiya va mexanizmlarni nanotexnologiya deb atash taklifini kiritdi.

Nanotrubkalar sohasida “Ikki o'lchovli materiallar-grafenni” tadqiq etish bo'yicha Andrey Geym va Konstantin Novosyolov 2010- yilda Nobel mukofotiga sazovor bo'lishdi.

1985-yilda Richard Smolli (Richard Smalley) fullerenlarni – shar shaklidagi uglerod molekulalarini (C60, koptok shakliga ega bo'lib, uglerod atomlari va uning burchaklarida besh va olti burchaklar joylashagan) kashf etdi.

1991-yilda Nec kompaniyasidan Suomi Iiyama (Suomi Iiyama) uglerod nanotrubkalarini ochdi.

Nanotexnologiyalar insoniyatga yangi ufqlarni ochib berishi mumkin:

- Atomar va molekulyar tartibidagi yangi ishlab chiqarish texnologiyalarini ishlab chiqish;

- molekulyar strukturasi o'zgargan qattiq jism va sirtlarni (material va plyonkalar) ishlab chiqariladi. Bunga asosan o'ta mustahkam metallar, gazlama va plastmassa

- yangi kimyoviy moddalarni kimyoviy reaksiyalarsiz olish, ya'ni molekulalarni terib chiqish vositasida;

- mantiqiy nanoelementlar va nanokompyuterlar ishlab chiqarish (o'lchamlarini kichraytirish va kompyuterlarning hisoblash quvvatini oshirish) va yangi tipdagi o'ta o'tkazgichlar (o'ta sovuq)ni hosil qilish.

- oqsil molekulalarida hisoblash qurilmalarini yaratish;

- tirik organizmlarning (o'simlik va hayvonlar) sun'iy analoglarini yaratish;

- bioanaloglar bakteriyalar, viruslar asosida o'z-o'zidan ko'payuvchi sistemalarni ishlab chiqarish

-organizmga kiritish uchun robot- vrachlarni hosil qilish (hujayra tartibida genetik va fiziologik kamchiliklarni bartaraf etish).

- nanomashinalar, nanorobotlar ishlab chiqarish.

Nanotexnika uchun birinchi vositalar IBM da ishlab chiqarishdi. 1982-yilda Gerd Binnning (Gerd Binning) va Genrix Rorer (Genirh Rorer) tunnel mikroskopini yaratishdi va nobel mukofotiga sazovor bo'lishdi va amerikalik tadqiqotchi Don Eygler (Don Egler) atomlarni metall sirtida joylashtirib ulardan "IBM" yozuvini hosil qildi.

Atom mikroskop kashf etilgandan keyin alohida atomlarni ko'rish imkoniyati yaratildi. Bunday juda aniq o'lchovlar uchun tadqiqotchilar kvant fizika effektlaridan foydalanadi. Mikroskop zondi bir necha atom o'lchamiga teng ($\sim 0,5 \sim 1,0 \text{ nm}$) masofaga sirtga yaqinlashganda zond va sirt orasida kontakt biomassada ular orasida(ularga ishchi kuchlanish uzatilganda) elektr toki hosil bo'ladi. Elektr toki "tunell effekti" deb ataluvchi hodisaga asosan oqadi. Bunda elektron kerakli energiyaga ega bo'lmasa-da potentsial to'siqdan o'ta oladi, ya'ni shu to'siq orqali "tunnellaydi." (Bu yerda to'siq-zanjir uzilganda zondning uchi

bilan namuna sirti orasida hosil bo'ladi). Oqayotgan tokning kattaligi zond va sirt orasidagi masofani o'lchashga imkon beradi.

Hozirgi zamon nanotexnologiyalarining bir qator yo'nalishlari bo'lib, ular quyidagilar:

1. Molekulyar dizayn. Kuchli bir jinsli bo'lmagan elektromagnit maydonlarda yangi molekulalarning sintezi.
2. Nanomateriallar. Nuqsonsiz yuqori mustahkamlikka ega materiallar yaratish, yuqori o'tkazuvchanlikka ega materiallar hosil qilish.
3. Nanoasbobsozlik. Tunnel, atom mikroskoplari, magnit –kuch mikroskoplari, molekulyar dizayn uchun sistemalar, nanoo'lchamlardagi o'ta sezgir datchiklar, nanorobotlar ishlab chiqarish.
4. Nanoelektronika. EHMLari uchun keyingi avlod elementlar bazasini: nanoo'tkazgichlar, maydon tranzistori, displey va akustik sistemalari ishlab chiqarish.
5. Nanooptika. Nanolazerlar ishlab chiqarish.
6. Nanokataliz. Nanostrukturaga ega katalizatorlar ishlab chiqarish.
7. Nanomedsina. Viruslarni yo'qotish uchun nanoqurollar ishlab chiqarish, organlarni lokal tekshirish uchun va yuqori aniqlikda dori vositalarini tirik organizmning ma'lum joyiga yetkazish uchun nanojihozlar ishlab chiqarish.
8. Boshqariladigan yadro reaksiyalari. Zarrachalarning nanotezlatgichlari, nostatistik yadro reaksiyalari.

Malumki, tarkibi bir xil, lekin molekulasidagi atomlarning fazodagi joylashuvi har xil bo'luvchi kimyoviy birikma (izomer) lar bir-biridan keskin farq qiluvchi turli-tuman xossalarga ega bo'lishadi. Albatta, inson faqat kimyoviy jarayonlar kechishi uchun lozim bo'lgan sharoitlarni hosil qilish yo'li bilan sun'iy kimyoviy birikmalarni yaratishga erishgan bo'lsada, lekin unda har bir atom ustida bevosita operatsiya (amal) o'tkazish imkoniyati mavjud emas edi. Garchi, 1959 yilda nobel mukofoti lauriyati Richard Feynman, «Inson alohida atomlar ustida turli amallar bajarish (manipulyatsiyalash) ni o'rganganidan so'ng, o'zi istagan har qanday moddani bimalol sintez qila oladi» deb bashorat qilgan bo'lsada,

nanotexnologiyaning paydo bo'lishidagi birinchi amaliy qadam 1981 yilda yaratilgan ko'chirib oluvchi (skanerlovchi) tunelli mikroskop bo'ldi.

IBM ning Shveytsariya bo'limidagi ikki olim G.Binning va G.Rored 1981 yilda yuzalar mikroelefeni o'lchash muammolari bilan shug'ullanib, materialning yuzasidagi yakka atomlarni ham farqlash qobiliyatiga ega bo'lgan tunelli mikroskopni yaratishga sazovor bo'ldilar. Bunda mikroskopning ajrata olish qobiliyati bir necha nanometrni tashkil etadi. Tunelli mikroskopning o'ziga xos tomoni shundan iboratki, uning kichik kuchlanish beriladigan o'tkir ignali uchi material sirtida undan taxminan bir nanometr masofada yurib harakatlanadi. Undan yuzaga elektronlar kvant bo'shliqi (tunel) orqali o'tib qiymati igna va yuza orasidagi masofaga bog'liq bo'luvchi kichik elektr tokini hosil qiladi, bu masofaning o'zgarishi esa tokning sezilarli o'zgarishiga sababchi bo'ladi.

Olimlarda bundan so'ng materialning yuzasidagi yakka atomlarni farqlash imkoniyati paydo bo'ldi. Lekin mazkur mikroskopning asosiy jihati bunda emas. Nisbatan oddiy konstruksiyali tuzilishga ega bo'lgan bu tunelli mikroskop nafaqat «ko'rish», balki yakka atomlarga ta'sir qila olish qobiliyatiga ega ekanligini namoyon qildi. Natijada qat'iy belgilangan atomlardan inson tomonidan belgilangan arxitektura hosil qilib, tayinli parametrlarga ega bo'luvchi, istalgan bir moddani yaratish imkoniyati qo'lga kiritildi. 1986 yilga kelib, tunelli mikroskopdan farqli nafaqat o'tkazgich va balkim istalgan mikroskop (AQSh) yaratildi. O'tgan asrning 90-yillarining o'rtasida nanotexnologiya ishlab chiqarishga kirib keldi. Bugungi kunda nanotexnologiya bilan shug'ullanmaydigan birorta yirik IT kompaniya mavjud emas. Bu tarmoqni moliyalashtirish uchun ajratilgan sarmoyalar yiliga milliardlab dollarni tashkil etmoqda. Intel, AMD, IBM, Samsung va ko'pgina boshqa korporatsiyalar bu sohaning yetakchilari hisoblanishadi. Mikroelektronika asta-sekin nanoelektronikaga o'tib bormoqda. 2004 yildan boshlab protsessor tayyorlab beruvchilarning amalda hammasi 90 nanometrli texnik ishlab-chiqarish jarayoniga o'tib bo'lishdi.

Yarim o'tkazgichlarni turli o'zga aralashmalar bilan qoplashning zamonaviy litografik shablon usuli o'zining texnologik to'yinish chegarasiga yaqinlashdi.

Garchi o'lchamlarni kichraytirishning hali bir qadar imkoniyati bor bo'lishidan qat'iy nazar fotolitografiya o'zining printsiptial poyoniga yetdi. Buning ustiga, bugunda fotolitografiya texnologiyalari faqat planar (yani, barcha elementlar va o'tkazgichlar birgina tekislikda joylashuvchi) strukturalarnigina ishlab chiqarishga imkon beradi. Bu esa o'z navbatida sxemotexnikaga ma'lum cheklashlar kiritishni talab qiladi. Texnologik nuqtai nazardan uch o'lchamli, ko'p qavatli sxemalar yaratish (bundagi diod va tranzistorlarning o'lchamini-molekula o'lchamiga qiyoslash mumkin) imkonini beruvchi nanotexnologik usullar, shubhasiz ancha ilg'or hisoblanadi.

Nanotexnologiya eng avvalo nanoelektronika timsolida o'z tadbiqini topdi va ayni paytda bu sohadagi ishlab chiqarish jarayoniga qo'llanilish ko'lami bilan ham alohida ajralib turibdi.

Rostini aytganda nanotexnologiyalardan olamshumul muammolarni hal qilish yo'lida foydalanish imkoniyati haqidagi umidlar juda katta. Bu sohada har birimiz uchun eng yorqin va ko'ngilga yaqin taxmin- bu nanotexnologiya tufayli inson tanasining amalda hech qachon qarimasligidir. Olimlarning e'tirof etishicha bunda o'z-o'zini ko'paytira olish xususiyatiga ega bo'lgan nanorobot (molekula o'lchamidagi mitti mashina)lar asosiy rolni o'taydilar.

Nanorobot atomlarni qurilish materiali sifatida ishlatib, inson uchun nimaiki lozim bo'lsa barchasini ishlab chiqaradi. Ochlik, kasalliklar, atrof muhitning ifloslanishi va shu kabi boshqa barcha illatlar o'tmishga aylanadi. Odamlar dam olib, nanorobotlar ish bilan band bo'ladilar. Nanomashina (ularni axborot vositalarida turlicha atashadi: nanorobot,molekulyar mashina) lar yasash g'oyasi juda va mantiqan benazir. Gap shundaki nanodarajada materiya ustida amal bajarishda ishlab chiqaruvchilar uchun «qalin barmoq» lar muammosi tug'iladi. Agar hatto inson soch tolasining diametri, bu-bir necha ming nanometr ekanligini nazarda tutsak, unda nanometr bilan operatsiya o'tkazuvchi asbob qanday bo'lishini tasavvur qilib ko'ring.

Bugun biz alohida atomlar ustida amallar bajara olamiz, biroq «avtomatlashtirish» rejimiga o'tmay turib, biror murakkab matoh (detal) ni yasash

amri mahol, chunki atomlar son-sanoqsizdir. Oddiy, lekin boshqariluvchi va yana aynan akustik, elektromagnit va boshqa signallar bilan boshqariluvchi-mexanizmlar yaratish orqali o'ziga xos «mini yig'uvchi-konveyer» sexini ishga tushirish maqsadga muvofiqdir.

Nanokompyuterlar boshqaruvchi ostida o'ziga monandlarini va yoki o'zidanda murakkabroq strukturalarni barpo qiluvchi nanomashinalarning tabaqalashtirilgan butun boshli oilasi yaratish ishi taxmin qilinmoqda. Nanokompyutrlarning yaratilishiga monelik qiluvchi printsiptial yoki fantastik qiyinchiliklar mavjud emas, uning eng faol elektron elementlari allaqachon laboratoriya sharoitida tayyorlanib, ular ustida sinov tadqiqotlari olib borilmoqda. Ba'zi hisob-kitoblar molekulyar robotlarning yaqin o'n yillar ichida paydo bo'lishidan darak bermoqda. Ularning yordamida barcha kasalliklarga (eng avvalo qarish jarayoni bilan boqliq bo'lganlariga) yoki hech bo'lmaganda ularning katta qismiga butunlay barham beriladi.

Nanotexnologiyalarni tadbqiq qilish oqibatida qanday tahdid va muammolar tug'iladi? har qanday yangi texnologiya albatta o'zi bilan ijobiy mazmun- mohiyat olib keladi, lekin u doimo (minglab afsuslar bo'lsinkim) salbiy oqibatlarni ham keltirib chiqaradi. Tinch maqsadlarda ishlatiladigan atomning porloq istiqbolini kim ham eslamaydi deysiz.

Nanotexnologiyalar insoniyatning butun borlig'iga kuchli va har tomonlama ta'sir ko'rsatadi. Uning oqibatlari odamzot hozirgi kungacha boshidan kechirgan,- industrial inqilob (texnika va texnologiyaning keskin taraqqiyoti) oqibatlaridan keskin tarzda va sezilarli darajada ustunlik qiladi.

Misollarga murojaat qilamiz: Biz hammamiz sevadigan avtomobillar ommaviy harakat vositasiga aylangach atrof-muhitni bulg'ab, unga global masshtabda ekologik xavf sola boshladi. Chunki biz ishdan chiqqan, yaroqsiz avtomobillarni to'la hajmda utilizatsiya qila olmaymiz, ulardan chiquvchi zaharli gazlarni esa bu o'rinda aytmay qo'yaqolaylik.

Uy bekalari juda maqul ko'rib ishlatadigan sellofanli paket jildlar atrof muhit uchun haqiqiy ofat sanaladi, chunki tabiat-kimyogar texnologlar ijodining bu

hosilini tez va to'la utilizatsiya qilish bo'yicha o'z mexanizmiga ega emas. Tasavvur qiling, ertangi kunga kelib, ommaviy tarzda zanglamaydigan, eskirmaydigan, yemirilmaydigan olmos singari qattiq xossalarga ega bo'ladigan qulay va amaliy jihatdan ma'qul nanomateriallar yaratildi. Endi mana shu mahsulotni oddiy va sinovdan o'tgan tabiiy utilizatorlar-chirish va parchalanishi yordamida utilizatsiya qilishga urinib ko'ring.

Nanotexnologiyalarni tadbiq qilishning ekologiyadan tashqari o'ziga xos maishiy, axloqiy va hali hal qilinmagan boshqa muammoviy jihatlari ham juda ko'p.

Albatta taxmin, bashorat va nazariy baxolashlar o'z yo'li bilan lekin barchani eng avvalo nanotexnologiyalarning bugungi kunda bevosita qo'lga kiritayotgan yutuqlari qiziqtiradi. Ehtimolki «birinchi qadam»larning eng yorqin ta'suroti-deyarli nanotexnologiya asosida-Intel va boshqa kompaniyalar tomonidan ishlab chiqarilgan protsessorlar bo'ldi, desak adashmaymiz.

Nanotexnologlarning eng balandparvoz bir orzusi sanalgan-molekulyar masshtabdagi motorlarni yasash,-birinchi bo'lib, amerikalik olimlar tomonidan ro'yobga chiqarildi. Berklidagi Kaliforniya universitetining tadqiqotchilari Aleks Uettil va Adam Fenimor eng kichik elektr uskunasi yaratdilar. Soch qistirgichning o'tkir uchida shunday qurilmaning yuz milliontasi joylashadi. U to'rt millimetr kvadrat yuzali-kremniyli chipga mahkamlangan. Motorning o'zi ancha kichik bo'lib, uning o'qining diametri 20-40 nanometrni tashkil etadi, xolos. Rotorning umumiy diametri-taxminan 400 nanometr. Motor statistik elektr zaryadlari hisobiga ishlaydi. Uskunaning o'ta muhim, hal qiluvchi elementi ichma-ich devorli nanoquvurdir. Bu quvurlar-kokteyl ichish uchun ishlatiladigan uzun, ingichka naycha shaklini eslatadi. Bunda, ichki quvur o'q bo'lib, boshqasi esatashqi tayanch bo'lib xizmat qilishadi.

Motor shunchalik kichikki, uni yaryatgan olimlarning o'zlari ham hozirgacha uning aynan qanday ishlashini bilishmaydi. «U to'nkarilayaptimi va yoki aylanayaptimi tasavvur qilish qiyin. Biz hozirda uning ishlash printsipini o'rganayapmiz. Uning,-har bir harakatini 33 millisekund vaqtdan oldinroq

bajarishi bizga ma'lum. Bu biz uni ishlab olishimiz uchun-chegaraviy tezlik hisoblanadi. Lekin biz hozirga qadar nanomasshtabda nima sodir bo'lishini ishonchli tarzda ko'rsata olmadik»-deb izoh berishdi kashfiyot mualliflari.

Oxirgi yillarda uglerodli nanoquvurlar materialshunoslik dunyosida eng mashhur tarkibiy ashyoga aylandi. Bir devorli nanoquvurlar-bu uglerod atomidan bino bo'luvchi mikroskopik spirallardir. O'zining o'lchamlari va uglerodning tabiiy xossalari tufayli bu quvurlar tokni misnikidan, issiqlikni esa olmosnikidan yaxshi o'tkazishadi.

Bo'yoq yoki plastmassada bu elektr o'tkazuvchanlik xossasini hosil qilish uchun, nanoquvurlarni qo'shib kiritishni-ularning birinchi tijorat tadbiqui sifatida baholanmoqda. Bu ba'zi buyumlardagi metaldan tayyorlangan detallarni polimerlar bilan almashtirishga imkon beradi. Joriy yilda CNI kompaniyasining nanoquvurlar asosida ishlab chiqaradigan asosiy mahsuloti elektr o'tkazuvchan polimerlardan iborat bo'ladi. Bundan tashqari, uglerodli nanoquvurlar aralashmasidan tayyorlangan qoplama statistik zaryadlarni chetlashtirish yoki radar signalini yutish uchun ishlatilishi mumkin. Yaqin yillar ichida nanoquvurlar optik tola tayyorlash yoki amaldagi tranzistorlar va mikroshemalarni almashtirishda qo'llanilishi mumkin bo'ladi.

Kaliforniyaning San-Frantsisko shahrida bo'lib o'tgan Nanotech-2003 konferentsiya qatnashchilari yaqin yigirma yil ichida nanotexnologiya rivoji tufayli quyidagilar yaratilishiga umid bildirdilar:

Kosmik yo'ldoshning bir marta ishlatadigan uzatgichi .

Tibbiy tahlil uchun arzon uskunalar.

Buyumlarni avtomatik hisobga oluvchi datchiklar.

Yo'llardagi hodisa va holatlarni kuzatuvchi datchiklar.

Berklidagi Kaliforniya universitetining professori Albert Pizano (Albert Pisano) «Nanotexnologiya-o'lchamlari 100 nm dan katta bo'lmagan uskunalarni yaratish haqidagi fan bo'lib, u kompaniyalarga yanada ixcham va arzon nanomahsulotlar tayyorlash imkonini beradi, bu esa o'z navbatida yangi bozorlarning shakllanishiga olib keladi» deb aytdi.

Diametri bir necha nanometrni tashkil etuvchi magnitli zarrachalardan orasira aralashtirib tayyorlangan shtrix kodlar yordamida qalbaki mahsulot va yoki hujjatlarni tez va oson aniqlash mumkin. Darema universitetidan Rasel Kaubern qalbakilashtirishning oldini oladigan yangi texnologiya tarkibida nikel va temir aralashmasi taklif etdi. Mikrosxemalar xuddi shu tariqa ishlab chiqariladi. qar bir bosilgan nusxa undagi magnitli zarrachalarni alohida, o'zgacha tarzda joylashtiriladi. Shu sababli, har bir bosilgan nusxa yagona bo'lib, u boshqalaridan o'zining nodir magnit maydoni bilan farqlanadi. Shtrix kodning aslligini bilish maqsadida uni o'lchash, qayd qilish va tekshiruvdan o'tkazish mumkin.

Turli magnit maydonlari yoruqlik bilan turlicha ta'sirlashadilar. Shuning uchun qutblangan lazer nurining shtrix koddan qaytishi uning magnit xossalarini aniqlashga imkon beradi. Tafsilotlardan har bir shtrix kod bilan bog'liq bo'luvchi ma'lumotlar bazasini tuzish mumkin.

Yangi uskuna shtrix kodni tekshirish chog'ida uning magnit maydonini o'lchaydi va undagi shifrlangan sonni o'qiydi. Skaner ma'lumotlar bazasi bilan solishtirib, uning mazkur shtrix kodga mos kelishini tekshiruvdan o'tkazadi. Bu mashg'ulot bir necha sekund vaqtni oladi. Tizimning xavfsizligi shu narsa bilan bog'liqki, bu turdagi shtrix kodlarni oldindan ma'qullangan xarakteristikalar asosida buyurtma berib tayorlatish mutlaqo mumkin emas. Bunday sharoitda sezdirmay ish ko'rishlari uchun qalbakilashtiruvchilarga faqat ma'lumotlar bazasini buzishgina qoladi, xolos!

Qalbakilashtirish yo'llaridan biri, mahsulotning original kodini boshqasiga yopishtirish hisoblaradi. Agar shtrix kodlar boshqa buyumga ko'chirib yopishtirilishi bilan o'z-o'zidan parchalanib ketadigan materialga bosib chiqarilsa bu muammo oson hal bo'ladi. Skaner va ma'lumotlar bazasi oddiy pleyer o'lchamidagi uskunaga joylashadi, shu sababli, amalda mahsulotlarni istalgan vaqt va joyda tekshirish mumkin.

Yoqilg'i paydo bo'lganidan beri yoqilg'iga g'aroyib aralashmalar qo'shish orqali-ularning sarflanishini keskin kamaytirish, ular tufayli yuzaga keladigan

ifloslanishlarni oldini olish haqida tinmay so'z boradi. Xo'sh, mazkur sohaning bugungi kuni va ertangi istiqboli qanday?

Dizel yoqilqisiga qo'shiladigan aralashma (y Envirox deb nomlanadi)- Oksford universiteti qoshida mavjud bo'lgan Oxonica firmasi tomonidan ishlab chiqarildi. U-dizel va havo orasidagi yonish reaksiyasini tezlatish xususiyatiga ega bo'lgan-tseriy oksidining mitti zarrachalaridan iborat. Undan ajralib chiqadigan kislorod tufayli uglerod monoksidi va uglevodorodlar gazlari tokim is gazigacha oksidlanadi. Bundan tashqari u jarayon ajralib chiqishining oldini oladi. Natijada deyarli gaz chiqarmay toza yonish va dvigatel silindrining devorlarida cho'kib, qoluvchi uglerodning keskin kamayishiga erishamiz.

Tseriy oksididan foydalanish qoyasi yangi emas lekin, hozirgi kungacha uning asosida tayyorlangan birorta mahsulot ham bozor talablariga mos kelmadi. Envirox zarrachalarining o'lchamlari juda kichik (10 nm chamasida) bo'lgani uchun moddalar bir-birlariga kattaroq sirtlar bilan tegishish imkoniyatiga ega bo'ladilar. Shu sababli, uni shunga o'xshagan boshqa aralashmalarga nisbatan 10 marotaba kamroq ishlatishga to'g'ri keladi. Bundan tashqari mayda zarrachalar yoqilqida bir tekis taqsimlanadi.

Intel korporatsiyasi va Fred Xamchinson nomidagi Onkologiya markazi, Intel korporatsiyasi tomonidan rakni o'rganish, tashxis qo'yish va uning oldini olish bo'yicha yanada effektiv usullarni yaratish yo'lidagi nanotexnologiya sohasida erishgan yutuqlariga asoslanib, hamkorlikda amalga oshiruvchi, yangi tadqiqot loyihasini e'lon qildi. Loyiha doirasida Intel korporatsiyasi meditsinaviy mitti nusxa (masalan bir tomchi qon quyushmasi)larni lazer nuri bilan yoritib, undagi muayyan molekulalarning kimyoviy strukturasini akslantiruvchi ta'sir beradigan Intel Raman Bionalyzer System analitik qurilmani yaratadi. Oldindan, yarim o'tkazgichli kristallardagi mikroskopik defektlarni kuzatish uchun foydalanilgan bu texnologiya kasallikning eng kichik, ilk belgilarini aniqlashga qodirligini o'rganish bu ishning asosiy maqsadi hisoblanadi. Bu qurilmaning ishlash printsipi kombinatsion sochilish spektrometriyasiga asoslangan lazer nuri ta'sirida o'rganilayotgan moddaning molekulalari o'zidan yoruqlik nuri chiqaradi. Uning

spektrini raman spektrometridagi datchiklar qayd etadi. Har bir modda o'zining kimyoviy strukturasiga bo'liq holda boshqalaridan mutlaqo farq qiluvchi, yani o'zgacha raman spektriga ega bo'lib, bu o'ziga xos shtrix kod vazifasini o'taydi.

Ishning dolzarbligi. Nanotexnologiyalar XXI asrda eng jadal rivojlanayotgan texnologiyalar bo'lib, ular asosidagi fotokatalitik sistemalar atrof-muhit temperaturasida bimalol ishlay oladi. Ular havo va suvdagi turli kimyoviy va mikrobiologik zararlantiruvchilarni destruksiyalaydi.

Ishning maqsadi. Nanotexnologiyalarning fizikaviy asoslarini o'rganish, nanotexnologik qurilmalarni va nanouglerod metall oksidi asosidagi nanofotokatalizatorlarni tadqiq etish.

Ishning tadqiqot obekti va predmeti. Nanotexnologiyalar asosida ishlab chiqilgan katalizatorlarni tadqiq etish.

Tadqiqot usuli va uslubiyoti. Nanotuzilishga ega bo'lgan uglerod molekulalari uchun qo'llanilishi mumkin bo'lgan nazariy fizika usullaridan foydalaniladi. Nanouglerod metall oksidi tayyorlangan nanofotokatalizatorlardan foydalanishning amaliy jihatlari ko'rsatilgan.

Ilmiy yangiligi. Elektrokimyoviy usul bilan sintezlangan kolloid eritmalar fotokatalizatorlar sifatida yuqori effektivlikni namoyon etgan.

Ilmiy natijalarning ilmiy va amaliy qiymati. Global muammolardan biri bo'lmish ekologik muammo suv va havoning, tuproqning zararli organik birikmalardan tozalash vazifasini qo'yadi. Ishda bayon etilgan titan dioksidi nanozarrachali fotokatalizatorlar ifloslangan suvlarni tozalashda ishlatilishi mumkin. Quyoshdan kelayotgan nurlanish tarkibidagi ultrabinafsha nurlanish bu katalizatorlarni aktivlashtirish uchun yetarli.

Ishning asosiy olingan natijalari. Nanouglerod metall oksidi asosida tayyorlangan nanofotokatalizatorlardan foydalanishning amaliy jihatlari ko'rsatilgan.

Ishning hajmi va tuzilishi. Magistrlik dissertasiyasi 65 bet, kirish, 3ta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxatidan iborat.

I BOB NANOTEXNOLOGIYALARNING NAZARIY ASOSLARI

1.1. Fullerenlar va uglerodli nanotrubkalar va ularning strukturasi

O'z zamonida Demokrit Borliqning atomistik kontseptsiyasi haqida fikr yuritganida olam kimyoviy elementlar va ular birikmalarining ko'p sonidagi "G'ishtcha"laridan tuzilgan deb taxmin qildi. Ular bir-biridan alohida xususiyatlari bilan farq qiladi.

Olam tuzilishida ishtirok etuvchi "g'ishtcha"larning xususiyatlari kabi ularning tarixi ham bir-biridan farqlidir.

Ba'zi elementlar, masalan, mis(Cu), temir(Fe), oltingugurt(S) va uglerod(C) qadimdan ma'lum. Boshqa ba'zi elementlarning yoshi faqat asrlar bilan baholanadi. Insoniyat kislorodni doimiy ravishda iste'mol qilib kelgan, ammo u element sifatida XVII asrga kelib ochilgan. Uchinchi toifa elementlar 100-200 yil oldin ochilgan, ammo bizning zamonimizga kelib ularning nufuziga yetarlicha e'tibor qaratilgan. Ularga uran(U), alyuminiy(AL), bor(B), litiy(Li), berilliy(Be)lar kiradi.

1985- yilda Robert Kerl, Garol'd Kroto va Richard Smolli tasodifiy ravishda printsiptial ravishda yangi uglerod birikmasi bo'lgan fullerenni ochishdi. Fullerenning ajoyib xususiyatlari bir qator tadqiqotchilarni jalb etdi. 1996- yilda fullerenni kashf etganlar Nobel mukofoti sovrindorlari bo'lishdi.

Fulleren molekulasining asosi ugleroddir. Uglerod- ajoyib kimyoviy element bo'lib, u ko'pgina kimyoviy elementlar bilan bog'lanib, turli tarkib va tuzulishga ega bo'lgan molekulalarni hosil qila olish xususiyatiga egadir.

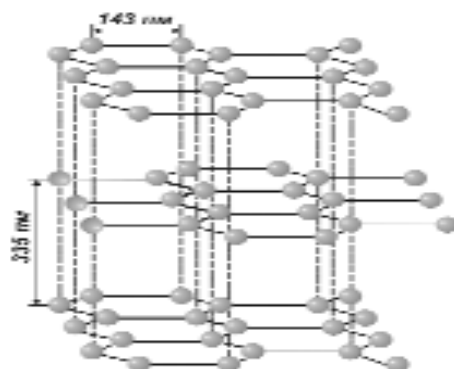
Maktab kimyo kursidan ma'lumki, uglerod ikkita asosiy allotrop holatiga ega. Bular: grafit va olmos. Fulleren ochilishi bilan uglerod yana bir allotrop holatga ega ekanligi ma'lum bo'ldi. Grafit, olmos va fulleren molekulalarining strukturasi ko'ramiz.

Grafit qatlamli strukturaga ega. Uning har bir qatlami bir- biri bilan kovalent bog'langan to'g'ri olti burchaklarni hosil qiluvchi uglerod atomlaridan iborat. Qo'shni qatlamlar bir- birini Van-der- Vaals kuchlari bilan ushlab turadi. Shuning uchun ular bir-biriga nisbatan erkin sirpanadi. Bunga oddiy misol qalam. Grafit

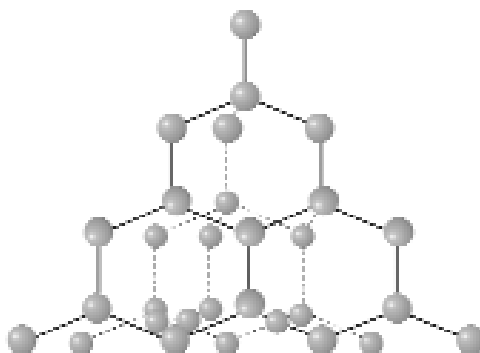
sterjenni qog'oz ustida yurg'izsak, qatlamlar sekin bir-biridan ajralib, qog'ozda iz qoldiradi.

Olmos uch o'lchovli tetraedrik strukturaga ega. Har bir uglerod atomi qolgan to'rttasi bilan kovalent bog'langan. Kristall panjaradagi barcha atomlar bir-biridan bir xil masofada(154nm) joylashgan. Ularning har biri boshqalari bilan to'g'ri kovalent aloqa bilan bog'langan bo'lib, kristallda bitta gigant makromolekulani hosil qiladi.

“C-C” kovalent bog'lanishlarning katta energiyaga ega ekanligidan olmos o'ta mustahkam bo'lib, nafaqat qimmatbaho tosh sifatida, balki metall kesuvchi asboblarda uchun ham xom ashyo sifatida ishlatiladi.



1.1.1-chizma. Grafit strukturasi



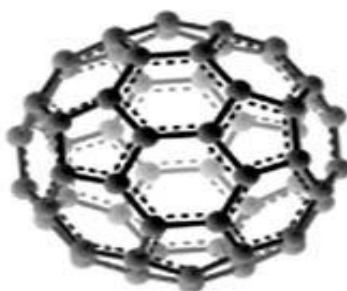
1.1.2- chizma. Olmos strukturasi

Fulleren atamasi arxitektor Bakminster Fuller sharafiga qo'yilgan bo'lib, u o'xshash strukturalardan arxitektura foydalangan. Shu sababli ularni bakibolalar deb ham atashadi. Fulleren karkas strukturaga ega bo'lib, u futbol to'pini eslatadi.

Agar bu ko'pyoqlining uchlarida uglerod atomlari joylashgan bo'lsa, biz eng stabil fulleren C60 ga ega bo'lamiz.

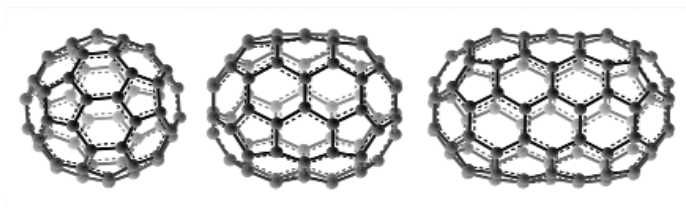
C60 molekulasida olti burchaklar soni yigirmaga teng. Bunda har bir besh burchak faqat olti burchaklar bilan chegaradosh, har qaysi olti burchak esa uchta oltiburchak bilan va uchta beshburchak bilan umumiy tomonga ega.

Fulleren molekulasini strukturasi ajoyib xususiyati shundaki, bunday uglerod "To'pi"ning ichida bo'shliq hosil bo'ladi-ki, kapilyar xususiyatlarga asosan unga boshqa moddalarning atom va molekulalarini kiritish mumkin.



1.1.3- chizma. Fulleren strukturasi

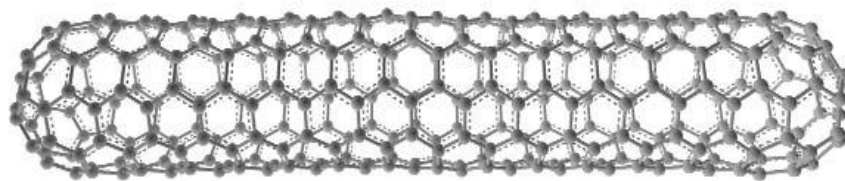
Fullerenlarni o'rganish davomida molekulalari o'rganildi va sintezlandi.



1.1.4- chizma. Fullerenlar a) C 60 b) C70 s) C 90

Ammo uglerodli karkas strukturalar xilma- xilligi bu bilan tugamaydi. 1991-yilda yaponiyalik professor Sumio Iidzila nanotrubkalar deb atalgan uzun uglerod silindrlarini qayd etdi.

Nanotrubka- bu uzunligi bir necha o'n mikron, diametri qariyb 1nm bo'lgan, uglerodning milliondan ortiq atomlaridan tashkil topgan molekuladir.



1.1.5- chizma. Nanotrubka strukturasi

Trubka devorlarida uglerod atomlari to'g'ri oltiburchaklarning uchlarida joylashgan.

Nanotrubkalar strukturasi quyidagicha tasavvur etish mumkin: Grafit bo'lagini olib, undan chiziqli kesib olamiz va uni silindrga "yelimlaymiz". (Aslida nanotrubkalar umuman boshqacha o'sadi.) Demak, oddiygina grafit bo'lakchasini olib uni silindrga o'rasak nanotrubka hosil bo'lishi kerak. Ammo nanotrubkalar eksperimental ochilgunga qadar nazariyotchilardan hech kim buni bashorat qila olmadi. Olimlarga faqatgina ularni o'rganish va hayratlanish qolgan edi.

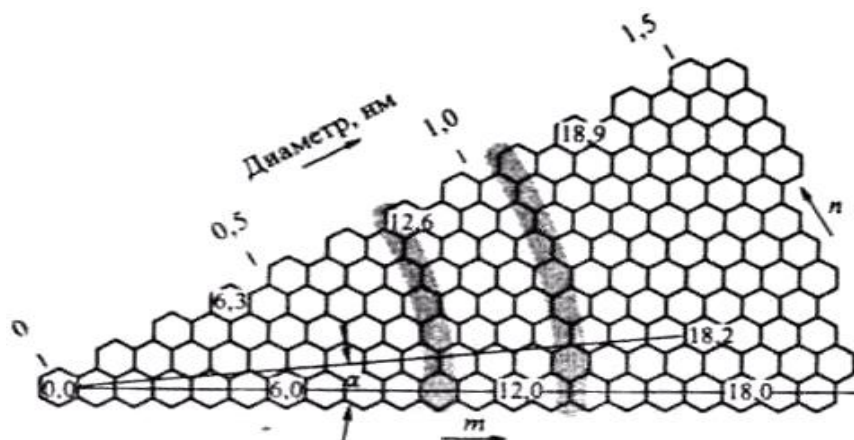
Ideal nanotrubka –bu grafit setkasini yassi geksogonal o'rashda olingan silindr (5- chizma.) Geksogonal grafit setkasi va nanotrubkaning bo'ylama o'qi o'zaro orientatsiyasi nanotrubka xarakteristikasida asosiy jihat hisoblanadi va u xiralik deb nomlangan.

Trubkalar turli xiralik bilan xarakterlanadi . Ideallashtirilgan trubka bu silindrga o'ralgan grafit tekislik bo'lib, uning sirti to'g'ri olti burchaklar bilan to'ldirilgan va ularning uchlarida uglerod atomlari joylashgan. Bunday natija grafit tekisligining nanotrubka o'qiga nisbatan burchak orientatsiyasi bilan ifodalanadi.

Burchak orientatsiyasi nanotrubka xiraligini belgilaydi, u esa o'z navbatida uning elektr xarakteristikalarini aniqlaydi. Nanotrubkalarining bu xususiyati 1.2.6- chizmada ko'rsatilgan bo'lib, unda grafit tekisligining qismi va uning o'ralishi mumkin bo'lgan yo'nalishlari ko'rsatilgan.

Nanotrubkalarining xiraligi bir qancha belgilar (m,n) bilan belgilanadi. Ular olti burchak koordinatalarini ko'rsatadiki, tekislikni o'rash natijasida koordinata

boshida turgan olti burchak bilan to'g'ri kelishi kerak. Bunday olti burchaklarning bir nechta mos keluvchi belgilar bilan chizmada ko'rsatilgan. Xirallikni ifodalashning boshqa usuli bu nanotrubka o'ralish yo'nalishi va qo'shni olti burchaklar umumiy tomonga ega bo'lgan yo'nalish orasidagi burchakni ko'rsatish bilan ifodalanadi. Nanotrubkalarning turli mavjud bo'lishi mumkin bo'lgan o'ralish yo'nalishlari ichida shunday yo'nalishlar ajralib turadiki, ular uchun olti burchak (m,n)ning koordinatalar boshi bilan o'zgartirilishi uning strukturasi hech qanday o'zgarishlarga olib kelmaydi. Bu yo'nalishlarga $\alpha = 0^\circ$ va $\alpha = 30^\circ$ mos keladi. Ko'rsatilgan konfiguratsiyalar (m,0) va (2n,n) xiralliklarga to'g'ri keladi.



1.1.6- chizma. Nanotrubkalar xiralligi namoyishi. Grafit tekisligining qismini silindrga o'rash natijasida bir qatlamli nanotrubka hosil bo'ladi.

Bir qatlamli (m,n) nanotrubka xiralligi indeksi uning diametrini belgilaydi. Bu bog'liqlik quyidagi ko'rinishga ega:

$$D = \sqrt{m^2 + n^2 - mn} \frac{\sqrt{3}d_0}{\pi};$$

Bu yerda $d_0=0,142\text{nm}$ bo'lib, u grafit tekisligidagi uglerod qo'shni atomlari orasidagi masofadir.

Zamonaviy elektron mikroskoplarning ruxsat etuvchi qobiliyati turli xirallikka ega bo'lgan nanotrubkalarni bevosita farqlay olmaydi, shuning uchun bu parametrlarni aniqlashning yagona usuli ularning diametrlarini aniqlash bilan bog'langan.

Nanotrubkaning oddiylashgan modelini qaraylik. 6-chizmada bir qatlamli nanotrubka modeli keltirilgan. Bunday trubka o'rash natijasida darz qoldirmaydi va yarim sferik cho'qqilar bilan tugaydi. Bu cho'qqilar to'g'ri olti burchaklar bilan birga oltita to'g'ri beshburchaklarni ham o'z ichiga oladi. Trubka oxiridagi beshburchaklarning borligi ularning fulleren molekulalarining chegaraviy holi deb qarash imkoniyatini tug'diradi. Ularning bo'ylama o'qi diametrdan ancha katta.

Eksperimental kuzatiladigan bir qatlamli nanotrubkalarining strukturasi ko'p jihatdan yuqorida zikr etilgan ideal nanotrubkadan farq qiladi. Avvalo bu nanotrubka cho'qqilariga daxldor bo'lib, kuzatishlar ko'rsatadiki, ularning shakli ideal yarim sferadan ancha uzoq.

Xiralligi (10,10) bo'lgan, nanotrubkalar bir qatlamli nanotrubkalar orasida alohida o'ringa ega.

Bunday tipdagi nanotrubkalarda har qaysi olti hadli halqa tarkibiga kiruvchi ikkita C-C bog'lanishlar trubka bo'ylama o'qiga parallel orientirlangan. Bunday strukturali nanotrubka hisoblash natijalariga ko'ra sof metall o'tkazuvchanlikka ega bo'lishi kerak. Bundan tashqari, termodinamik hisoblashlar ko'rsatadiki, bunday trubkalar yuqori stabillikka ega. Yaqin vaqtlargacha bunday ideallashtirilgan sharoitlarga erishish qiyindek tuyulardi. Ammo grafit sirtini nikel katalizator ishtirokida ikkita lazer impulslari bilan nurlantirganda diametri 1,36nm va uzunligi bir necha yuz mikron bo'lgan metall o'tkazuvchanlikka ega nanotrubkalarining sintezi amalga oshirildi. Nazariy xulosalar eksperimental tasdig'ini topdi.

1.2. Fullerenlar va nanotrubkalar olish

XX asrning oxiri uglerodning yangi ko'rinishlari fulleren va nanotrubkalarining ochilishi bilan mashhur bo'ldi. Bu yangiliklarning qiymati shunchalik e'tiborliki, ular Nobel mukofoti bilan taqdirlandi. Bu ajoyib moddalar barcha tarkibida uglerod mavjud bo'lgan moddalarni masalan; grafit, yog'och, tabiiy gaz va hokazo yoqish natijasida hosil bo'luvchi qurum tarkibida topilgan.

Bugungi kunda turli o'lchamdagi va turli xususiyatlarga ega bo'lgan uglerodli nanostrukturalarni olishning ko'plab metodlari ishlab chiqarilgan. Ammo

barcha metodlarning asosi bitta: nanotrubkalar va fullerenlar yuqori temperaturalar sharoitida tarkibida uglerod bo'lgan materiallarning kimyoviy o'zgarishlari natijasida hosil bo'ladi.

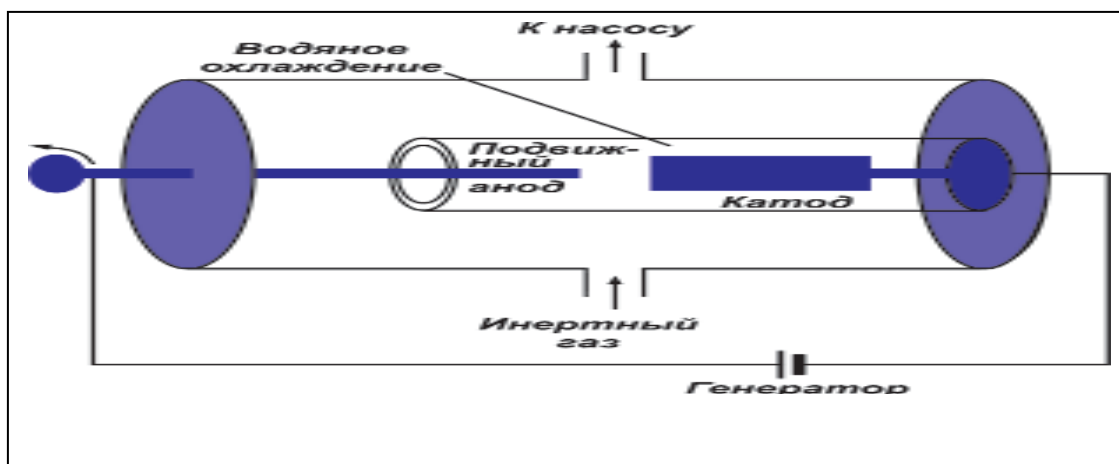
Bir necha keng tarqalgan metodlarga misol keltiramiz.

Grafitning elektroyoy yordamida sochilishi.

Bu eng ko'p tarqalgan metod bo'lib, u Krechmer tomonidan ishlab chiqilgan 1991- yilda xuddi shu usul bilan yaponiyalik olim Sumio Idjima birinchi bo'lib nanotrubkani oldi. Bu usulning ma'nosi quyidagicha: Inert gaz bilan to'ldirilgan kamerada grafit elektrodlar orasida gaz atomlarini ionlashtiruvchi elektr razryadi yonadi. Katod va kameraning devorlari suv yoki suyuq azot yordamida sovutiladi.

Yoy tokining 100A tartibida, gaz bosimi atmosfera bosimidan bir necha marta kichik va elektrodlardagi kuchlanish 25-35 V bo'lganda, elektrodlar orasida hosil bo'luvchi plazmaning temperaturasi 4000 K ga yetadi.

Bunday temperaturada grafit anodning sirti intensiv bug'lanadi. Temperaturaning bunday keskin o'zgarishi natijasida uglerod atomlari plazmaning qaynoq qismidan sovuqroq qismiga etiladi va kamera devorlari bilan katod sirtida kondensatsiyalanib cho'kmaga aylanadi.



1.2.1- chizma. Nanotrubkalar va fullerenlar olish uchun Krechmer qurilmasining sxemasi

Bu cho'kmaga elektron mikroskop orqali qaralganda tarkibida grafit saqllovchi yonish mahsulotlari qoldiqlari bilan birga yangi strukturalar fullerenlar va nanotrubkalarni ko'rish mumkin. Bunda grafit, qurum va fullerenlarni o'z

ichiga olgan cho'kma qismi kameraning sovuq devorlarida, grafit va nanotrubkalarni saqlovchi qismi esa katodda qoladi.

Grafitning lazer bug'lanishi.

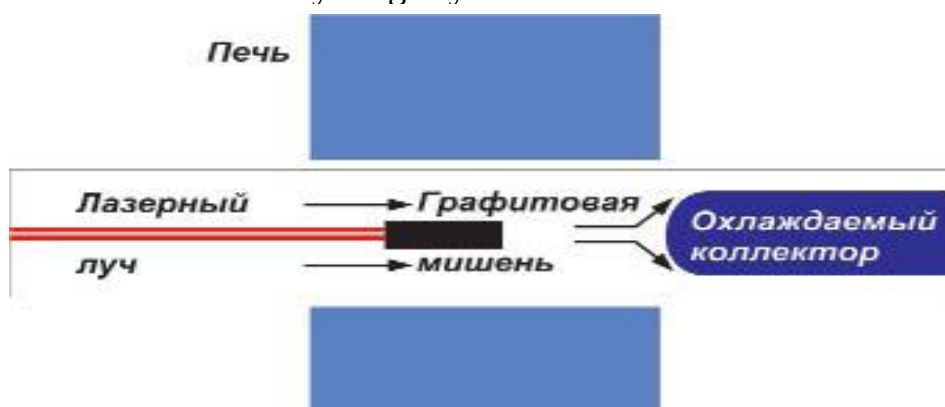
Bu usulda lazer yordamida bug'lanayotgan grafit sovitilayotgan kollektorda kondensatsiyalanadi. Grafit nishon temperaturasi 1000°S bo'lgan silindrik pech ichidagi uzun kvarts trubkada joylashgan.

Trubka bo'ylab katta bo'lmagan tezlikda bufer gazlar (geliy yoki argon) haydaladi. Nishonni energiyasi 140 mJ impuls davomiyligi 8 ns va fokuslangan dastasining diametri 1,6mm bo'lgan lazer bilan nurlantiriladi.

Grafitning termik bug'lanish mahsulotlari qaynoq sohadan olib o'tiladi va sovitilayotgan kollektor sirtida to'planadi. Hosil qilingan cho'kmada grafit nanozarrachalari bilan birga fullerenlar va nanotrubkalar kuzatiladi.

Lazerli usulning muhim xususiyatlaridan biri yuqori sezgirlikga ega nanotrubkalarning lazer nurlanishi parametrlariga mosligidir. Xususiyl holda nanotrubkalarning diametri nurlanish quvvatiga bevosita bog'liq. Bu esa berilgan struktura parametrlariga ega nanotrubkalarni olish imkoniyatini yaratadi.

Bugungi kunda o'rganish uchun yetarli bo'lgan kamroq miqdordagi nanotrubkalarni olish oddiy holga aylandi.



1.2.2- chizma. Grafit bug'lanish natijasida fulleren va nanotrubkalar olish uchun ishlab chiqarilgan qurilma sxemasi

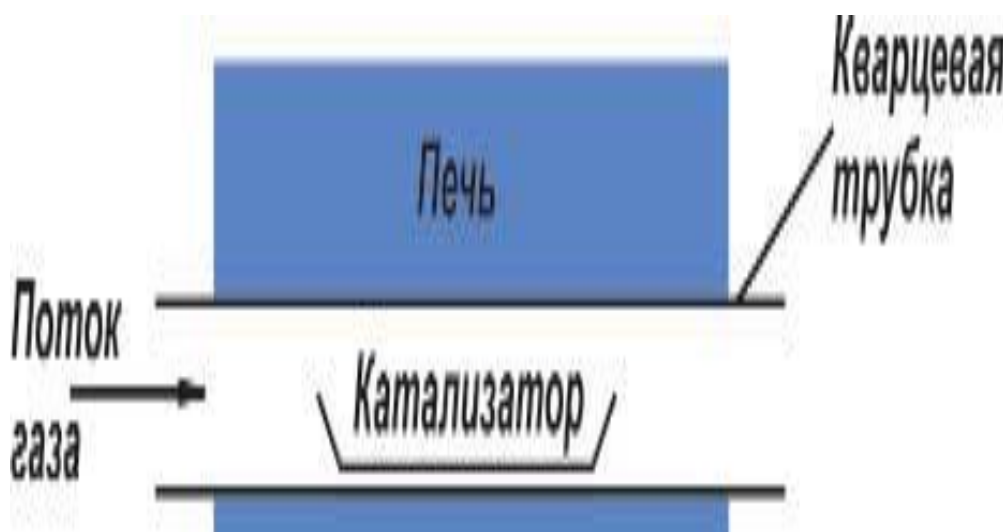
Endi mummo ularning tannarxini pasaytirish va ishlab chiqarish masshtablarida olishdir. Yuqorida ko'rsatilgan misollar bunga yetishish imkoniyatini cheklayapti. Shu nuqtai nazardan uchinchi metod juda qiziq bo'lib, u M.M. Tashishko rahbarligidagi rossiya olimlari tomonidan ishlab chiqarilgan.

Bug'dan kimyoviy cho'kma olish metodi.

Bu ancha amaliy va ko'p tarqalgan usul bo'lib, uglerodli nanotrubkalarni olish issiq metall katalizator sirtida tarkibida uglerod bo'lgan gazning termokimyoviy cho'kma hosil qilishga asoslangan. Bu metod uglevodorodlarning katalitik parchalanishi deb ham ataladi.

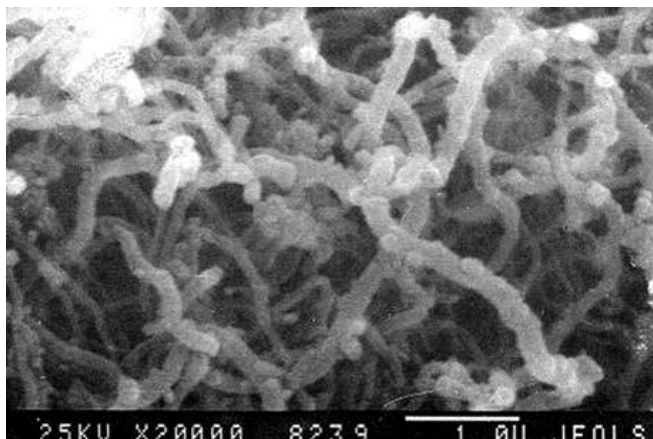
Tarkibida uglerod bo'lgan gaz aralashmasi (Odatda atsetilen (C_2H_2) yoki metan (CH_4)ning azot bilan aralashmasi) temperaturasi $700-1000^{\circ}S$ bo'lgan pech ichidagi kvarts trubka bo'ylab o'tkaziladi.

Trubkada keramik tigel katalizator vazifasini bajaruvchi metall poroshok bilan joylashgan. Gaz atomlari bilan metall atomlari orasida ro'y beradigan kimyoviy reaksiya natijasida sodir bo'luvchi uglevodorodning parchalanishi katalizator sirtida ichki diametri 10 nm va uzunligi bir necha o'n mikron keluvchi fullerenlar va nanotrubkalarning hosil bo'lishiga olib keladi.



1.2.3- chizma. Fulleren va nanotrubkalarni bug'ning kimyoviy cho'kmasidan olish usulining sxemasi (Odatda atsetilen (C_2H_2) yoki metan (CH_4)ning azot bilan aralashmasi)

Nanotrubkalarning geometrik parametrlari jarayon kechishining sharoitlari (vaqt, temperatura, bosim, bufer gazi va boshqalar) va katalizator sirti bilan asosan aniqlanadi..



1.2.4-chizma. Bug'dan kimyoviy cho'kma olish natijasida olingan nanotrubkalarining mikroskop ostida ko'rinishi.

Oxirgi paytlarda bug'dan kimyoviy cho'kma olish usuli yordamida nanotrubkalar va fulleren olish intensiv rivojlanmoqda. Chunki bu usulda ko'p miqdordagi bir xil nanotrubkalarni shablon sirtida olish imkoniyati tug'iladi. Bu esa katta masshtabdagi fullerenlar va nanotrubkalar olish va ular asosida ko'plab nanomateriallar ishlab chiqarish imkoniyatiga yo'l ochib beradi.

Yuqorida aytib o'tilganlardan ma'lumki, fulleren va uglerodli nanotrubkalar olishning barcha usullarida oxirgi mahsulot bir qism qurum, amorf, grafit zarrachalari va katalizator ishlatilganda metall zarrachalardan iborat bo'ladi.

Olingan mahsulotning sofligini oshirish maqsadida tozalashning bir necha usuli ishlatiladi.

1. Mexanik.- filtrlash, ultratovush bilan ishlov berish, tsentrifugalash.
2. Kimyoviy- kimyoviy aktiv moddalarda yuvish, qizdirish va hokazo

Bugungi kunda fulleren va nanotrubkalarni makroskopik miqdorlarda ixtiyoriy tarkibida uglerod bo'lgan gazdan olish mumkin (masalan, oddiy tabiiy gaz). Olimlar yanada iqtisodiy jihatning arzonroq usulni ishlab chiqarish ustida ishlamoqda-ki, bu usul yordamida olingan nanotrubkalar va fullerenlar qo'shimcha aralashma moddalarning miqdori kamroq bo'lsin.

Aytish lozimki, nanostrukturalarni olish usuli asosiy rol o'ynaydi. U faqatgina nanostrukturalar xususiyatlarigagina emas, balki uning yashash vaqtiga, ya'ni zarracha o'zining ajoyib xususiyatlarini namoyish eta oladigan davriga ham ta'sir qiladi.

Bu davrning o'tishi bilan nanozarrachalar yoki zanglaydi, yoki mikrozarrachalarga aylanib kompakt moddalar xususiyatiga ega bo'ladi.

Konstruktiv parchalash metodi.

Bu metod IBM laboratoriyasi tadqiqotchilari tomonining ishlab chiqiladi. Oldin aytib o'tganimizdek, nanotrubkalar nafaqat metall xusiyatlariga, balki yarim o'tkazgich xususiyatlariga ham egadir. Ular asosidagi bir qator qurilmalarni ishlab chiqarishda, faqat yarim o'tkazgichli nanotrubkalar kerak. (misol; tranzistorlar va ular yordamida ishlaydigan protsessorlar) IBM dagi olimlar "konstruktiv parchalash" usulini ishlab chiqdiki, bu usul barcha metall nanotrubkalarni parchalab, yarim o'tkazgichli nanotrubkalarga ziyon yetkazmaydi. Ya'ni ular birin-ketin ko'p qavatli nanotrubkadagi qatlamlarni bittadan (MCHT- mnogostennaya nanotrubka) yoki bir qatlamli metall nanotrubkani (OCHT) tanlab parchalaydi.

Bu jarayon qisqacha quyidagicha kechadi:

1. Metall va yarim o'tkazgich trubkalarning yopishgan "kanapchalari"ni kremniy oksiddan iborat asosga joylashadi.
2. So'ngra nanotrubkalar ustidan asosga elektrodlardan iborat metografik maska qo'yiladi. Bu elektrodlar yarim o'tkazgichli nanotrubkalar uchun o'chirib yoqish funksiyasini bajaradi.
3. Olimlar kremniyli asosning o'zini elektrod sifatida qo'llab, yarim o'tkazgichli nanotrubkalarni o'chiradi. Natijada ular har qanday tokni ham o'zidan o'tkazmaydi.
4. Metall nanotrubkalar himoyasiz qoldi. Shundan so'ng asosga mos kuchlanish qo'yiladi. Bu kuchlanish metall nanotrubkalarni parchalaydi, bu vaqtda yarim o'tkazgichli nanotrubkalar izolyatsiyalanib qoladi. Natijada ishlashga qodir yarim o'tkazgichli nanotrubkalarning katta massasi tranzistorlar qoladi-ki, ularni logik zanjirlar, ya'ni protsessorlar sifatida ishlatish mumkin.

1.3. Uglerodli nanotrubkalar asosidagi qurilmalar

Diod. Silindrik egilmagan nanotrubkalar takrorlanadigan uglerodli oltiburchaklardan hosil bo'ladi. Agar uglerodli olti burchakni, besh burchakka, yetti burchakka yoki ikkita va yettita nuqsonlarga almashtirilsa nanotrubka egiladi. Egilishga nisbatan turli tomonlarning uglerodli olti burchaklarning orientatsiyasi turlicha bo'ladi. Nanotrubka o'qiga olti burchaklarning orientatsiyasi o'zgarishi bilan uning elektron spektri, Fermi sathining joylashuvi, optik tirqish kengligiga va hokazolar o'zgaradi. Xususiyl holda egilishga nisbatan nanotrubka chapdan metall o'ng tomondan esa yarim o'tkazgich bo'lishi kerak. Shunday qilib bu egilgan nanotrubka o'zining molekulyar getero o'tish metall yarim o'tkazgichni namoyon etadi. Nanotrubkaning berilgan bo'laklarini izolyatsiyalangan deb qaralsa, egilishga nisbatan turli tomonlarning Fermi sathidagi elektronlar turli energiyalarga ega. Butun sistemada energiyadan yutish zaryad oqimiga va potensial bar'yerning hosil bo'lishiga olib keladi. Bunday o'tishda elektr toki faqatgina elektronlar nanotrubkaning katta Fermi energiyali sohasidan quyi energiyali sohasiga o'tganida oqadi. Boshqacha aytganda tok faqat bir yo'nalishda oqishi mumkin. Egilgan nanotrubkadan tokning "bir tomonlama" oqishi elektron sxemalardan asosi bo'lgan "to'g'rilagich diodlarni" ishlab chiqarishda ishlatiladi.

Maydon tranzistori. Yarim o'tkazgichli va metall nanotrubka asosida maydon tranzistori yaratildi. Ular xona haroratida va o'ta past temperaturalarda ishlaydi. Maydon tranzistorlari – triodlar-elektron qurilmalar bo'lib, ular elektr signallarni kuchaytirishda ishlatiladi. Yarim o'tkazgichli nanotranzistorda valent zona o'tkazuvchanlik zonasidan energetik tirqish man etilgan zona bilan ajratilgan. Oddiy sharoitlarda bu tirqishning mavjudligi tufayli zaryad tashuvchilarning kontsentratsiyasi kichik va nanotranzistor katta qarshilikka ega bo'ladi. Uchinchi elektrodga nanotranzistor sohasida U elektr potentsiali uzatilganda elektr maydon hosil bo'lib, energetik zonalarning egilishi o'zgaradi. Bunda valent zonada teshiklar kontsentratsiyasi oshib (mos ravishda elektr o'tkazuvchanlik), u eksponensial qonunga bo'ysunadi. Uchinchi elektrod potentsiali – $6B$ ga yetganda

teshiklar kontsentratsiyasi maksimal qiymatga erishadi va demak qarshilik minimum nanotranzistor metall nanotranzistorga aylanadi.

Metall nanotranzistorga asoslangan maydon tranzistorini yaratishda elektronlarni nanotranzistor bo'ylab alohida molekulyar orbitalar bo'yicha tunnel o'tkazishdan foydalaniladi. Nanotrubka uzunligining chekli bo'lgani sababli uning elektron spektri uzluksiz bo'lmasdan diskretdir. Alohida sathlar orasidagi masofa nanotranzistor uzunligi $\sim 1\text{nm}$ bo'lganda $\sim 1\text{meV}$ ga teng. Sathlarning bunday taqsimlanishi nanotranzistor elektr o'tkazuvchanligiga ta'sir etmaydi.

Display. Display –bu kompyuter texnikasining asosiy vositasi. Ma'lum bo'ladiki, uglerodli nanotrubkalar yangi avlod displeylarini yaratishda foydali ekan.

Katodda mahkamlangan va anod yo'nalishiga orientirlangan uglerod nanotrubkasini ko'ramiz. Agar elektrodga mos qutbli kuchlanish qo'yilsa nanotrubka manfiy zaryadlanadi, zaryadlangan nanotrubka yaqinidagi elektr maydon chiziqlari egiladi va nanotrubkaning ingichka qismi sohasida maydon kuchlanganligi katta bo'ladi. Nanotrubka qancha ingichka bo'lsa, maydon kuchlanganligi shuncha katta bo'ladi. Bunday lokal maydon elektronlarni nanotrubkadan uzib ola biladi. Tashqi maydon ta'sirida uchayotgan elektronlar dastaga to'planadi. Avtoelektron emissiya deb ataluvchi bunday effekt displeylarni yaratishda foydalaniladi.

Avtoelektron emissiya yordamida tasvir olish uchun anodga lyuminifor o'rnatiladi. Elektron zarba lyuminifor molekulalarni qo'zg'atadi, ular so'ngra fotonlar nurlantirib asosiy holatga o'tadi. Misol, lyuminifor sifatida rux sulfidning mis va alyuminiy bilan ralashmasi qo'lanilganda yashil, kumush qo'shilganda ko'k chaqnash kuzatiladi. Qizil rang esa ittriy oksidiga legirlangan yevropiy qo'shish natijasida olinadi.

Elektromexanik rezonans. Elektr tebranishlarni mexanik tebranishlarga o'zgartirish ko'plab qurilmalarni ishlab chiqarishda qo'llaniladi. Bunga misol qilib elektroakustik qurilmalarni olish mumkin. Elektr maydon ta'sirida nanotrubka tebranishlarini qo'zg'atish uchun uni elektrodlardan biriga ikkinchi elektrodga

nisbatan burchak ostida biriktiriladi. Elektrodga elektr kuchlanish berilganda trubka zaryadlanib, elektr tortishish hisobiga ikkinchi elektrodga og'adi. Agar elektrodga chastotasi nanotrubkaning xususiy chastotasi bilan mos keluvchi o'zgaruvchan kuchlanish uzatilsa nanotrubkaning mexanik tebranishlari vujudga keladi. Bu mexanik tebranishlar nanotrubkaning uzunligi va qalinligiga bog'liq bo'ladi.

Kvant o'tkazgichlar. Nanotrubkalarining elektr va magnit xossalarini nazariy va amaliy tadqiq etish bir qator effektlarning mavjudligini qayd etdiki ular bu molekulyar o'tkazgichlarda zaryad o'tishi kvant tabiatiga ega ekanligi va ularni elektron qurilmalarda qo'llash mumkinligi ko'rsatadi.

Oddiy o'tkazgichning elektr o'tkazuvchanligi uning uzunligiga teskari proporsional va ko'ndalang kesim yuzasiga, to'g'ri proporsionaldir. Nanotrubkada esa elektr o'tkazuvchanlik uning uzunligiga ham, qalinligiga ham bog'liq bo'lmasdan kvant o'tkazuvchanlik $\frac{2e^2}{h} (12,9 kOm^{-1})$ ga teng. Bu o'tkazuvchanlikning chegaraviy qiymati bo'lib, o'tkazgichning butun uzunligi bo'ylab delokallashgan elektronlarning erkin o'tishiga javob beradi. Oddiy temperaturada kuzatiladigan tok zichligining qiymati $10^7 A \cdot cm^{-2}$ bo'lib, hozirgi kunda o'ta o'tkazgichlarda erishilgan tok zichligidan ikki tartibga ko'pdir.

1K temperaturada ikkita o'ta o'tkazgich elektrod bilan aloqada bo'lgan nanotrubkaning o'zi ham o'ta o'tkazgich bo'lib qoladi. Bu effekt o'ta o'tkazgich elektrodlarda hosil bo'luvchi Kuper elektron juftlarining nanotrubka orqali o'tishida bo'linmasligidan kelib chiqadi.

Nanotrubkalarda magnit qarshiligi yaqqol namoyon bo'ladi. Elektr o'tkazuvchanlik magnit maydon induksiyasiga bog'liq. Agar nanotrubka o'qi yo'nalishiga tashqi magnit maydon qo'yilsa, elektr o'tkazuvchanlikning ostsillyatsiyalari qayd etiladi. Agar maydon nanotrubka o'qiga perpendikulyar qo'yilsa, elektr o'tkazuvchanlikning oshishi kuzatiladi.

Kimyoviy modifikatsiya. Sof uglerodli nanotrubkalardan kimyoviy modifikatsiyalangan nanotrubkalarga o'tish nanotrubkalarni molekulyar

elektronikada qo'llash imkoniyatini kengaytiradi. Uglerod nanotrubkaning ichida silindrik bo'shliqning borligi ularning ichiga turli elementlarni, hatto og'ir metallarni kiritish imkoniyatini yaratadi. Nanotrubkalarining tashqi sirtiga addenlarni (masalan: fluor atomlarini) qo'shish mumkin. Hozirgi kunda uglerodli nanotrubkalardan tashqari bor-azot nanotrubkalarini ham olishmoqda. Bu barcha hollarda yangi va xususiyatlari eksperimental o'rganilmagan materiallar olinishi lozim.

Svetodiodlar. Ko'p devorli nanotrubkalarining (MSNT) yana bir qo'llash sohasi- organik materiallar asosida svetodiodlar tayyorlash. Bu holda quyidagi usul qo'llanilgan. Nanotrubkalardan iborat kukunni organik elementlar bilan toluolda aralashtirib, ultratovush bilan nurlantiriladi.

So'gra aralashma 48 soat davomida tindiriladi. Boshlang'ich komponentlarning miqdoriga qarab nanotrubkalarining turli massaviy qismlari hosil bo'ladi. Svetodiodlarni tayyorlash uchun aralashmaning yuqori qatlamini yechib, tsentrifugalash vositasida shisha asosga yotqiziladi. So'ngra polimer qatlamlarga alyumin elektrodlar purkaladi. Olingan qurilmalar elektrolyumenestsentsiya usuli bilan tadqiq etiladi. Ular nurlanishining maksimal qiymati spektrning infraqizil sohasi (600-700nm)ga to'g'ri kelishini ko'rsatadi.

Xulosa

Birinchi bobda uglerod nanotrubkalar va fullerenlarni olish usullari, uglerodli nanotrubkalar strukturasi o'rganilgan bo'lib, nanotrubkalardan uglerodning boshqa allotropiklardan spetifik farqi ko'rsatilgan. Bundan tashqari nanotrubkalarining asosiy xususiyatlaridan biri bo'lmish, nanotrubka xiralligi kattaligi haqida ma'lumotlar keltirilgan. Turli xirallikka ega bo'lgan nanotrubkalarining o'tkazuvchanlik koeffitsientlari bir-biri bilan ko'rsatilgan. Nanotrubkalar va fullerenlar olishning bir necha usullari tahlil etilgan.

II bob. Nanotexnologiyalarning amaliy qo'llanishi

2.1. Nanotexnologiyalar asosida kompyuter xotirasi

Uncha katta bo'lmagan Nantero kompaniyasi uglerod nanotrubkalari asosida elektron xotiraning yangi eksperimental namunasini yaratganini e'lon qildi. Olimlar har biri bir necha nanotrubkalardan iborat standart o'lchamdagi kremniy plastinkasida xotiraning 10mlrddan iborat yacheykasini joylashga muvaffaq bo'lishdi.

Xotirani ishlab chiqarishda standart fotolitografik jarayon ishlatiladi: kremniy oksididan iborat asosga ko'plab nanotrubkalar surtiladi, keyinchalik ishlov berish natijasida noto'g'ri orientirlangan nanotrubkalar olib tashlanadi. Shunday qilib, fazoda bir jinsli orientirlangan nanotrubkalarni joylashda vujudga keluvchi qiyinchiliklarni bartaraf qilish imkoniyati tug'ildi.

Xotira sxemasi biri ikkichisiga nisbatan 100nm masofada joylashgan ikkita kremniy oksidli plastinkalardan iborat. Nanotrubkalar yuqori plastinkaga osilgudek joylashgan. Quyi plastinkaga tok uzatilganda nanotrubkalar ikkita plastinkalarni ulab, o'zlarining vaziyatlarini o'zgartiradi. Bu holat yacheykada "1" qiymatga ega bitga mos keladi. Agar nanotrubka plastinkalarni ulamasa, yacheykada "0" qiymatli bit joylashgan bo'ladi.

Nanotrubkaning holati elektr manbaning borligidan qat'iy nazar Van-der-Vaals kuchlarining ta'siri bilan aniqlanadi. Elektr impuls faqat trubkalarning vaziyatini o'zgartirish uchungina kerak. Bunda zamonaviy operativ xotirani o'chib yoqish uchun talab qilinadigan NRAM yacheykasida informatsiya yozuvi zichligi doimiy o'sib, eng yaxshi namunalarda operativ xotiraning mikrosxemalardagi informatsiya yozuvi zichligi bilan taqqoslasa bo'ladigan darajaga yetgan. Yaqin kelajakda berilgan yozuvlarning zichligi 1 sm²da trillion bitga yetishi aytilmoqda, bu esa zamonaviy operativ xotiradan 1000 marta kattadir.

Yangi xotiraning bozorga chiqishiga birmuncha vaqt bor. Chunki uglerod nanotrubkalar haliyam qimmat material bo'lib qolmoqda. NRAM ishlab chiqarilishi esa haliyam fotolitografiyaga asoslanadi. Shu sababli ishlab

chiqarishda hali to'raligicha asoslanib olmagan. Ammo kelajakda NRAM kompyuter bozorini egallashi mumkin.

2.2.Nanotranzistorlar va nanobatareyalar. Nanometr o'lchamlardagi dvigatellar

Yarim o'tkazgichli qurilma bo'lmish tranzistorning tug'ilish sanasi 1947-yil. deb qabul qilingan. AQSH dagi Bell laboratoriyasidan Dj.Bardin, U. Bratteyn va U. Shoklilar 1958- yilda bu ish uchun fizika bo'yicha Nobel mukofoti bilan taqdirlandilar. Tranzistorning kashf etilishi katta sotsial qiymatga ega bo'ldi. Tranzistorli texnologiyalarning keskin o'sishi XX asr oxirida insoniyatni informatika asriga yetakladi.

Bugungi kunda nanotranzistorlar haqidagi ilmiy so'zlashuvlar ko'payib, ularning holatidagi prototiplari yaratildi. Nanometrli o'lchamlarda Bell laboratoriyasidan chiqqan tranzistorlar gigant edi. Ularning o'lchamlari smlarda o'lchanardi. Yarim asr davomida tranzistorning chiziqli o'lchamlari 100000 marta, massasi 1010 marta kamaydi. Elektr signallarning xususiyatlari ham nanodunyoda mikrodunyodagiga nisbatan ancha farq qiladi.

Endi elektr tokini qandaydir "elektr suyuqlik" yoki "elektr gaz" sifatida tasavvur qilish mumkin emas, chunki nanodunyoda elektr zaryadning kvantlangani birinchi planga chiqadi. Foydalanish mumkin bo'lgan zaryadning miqdori elektron zaryadiga karrali. Elektr toki va u orqali uzatilayotgan informatsiya miqdorini qanchalik aniqlik bilan qayd etmaylik, ular cheklangan va uzatilgan elementar zaryadlar soni bilan aniqlangan.

Oddiy doimiy elektr toki har doim bexosdan fluktuatsiyalanadi. Chunki zanjirda har bir yangi elektr zaryadning paydo bo'lishi oldingi zaryad hosil bo'lishi bilan moslashmagan. Bunday fluktuatsiyalarni ko'pincha kasriy shovqin deb atashadi va uni Puasson statistikasi bilan ifodalashadi. Ideal holda manba zanjirda bir sekundda n_0 zaryadlarning o'rtacha tokini ushlab tursa, u holda o'rtacha t vaqtda zanjir bo'ylab $N=n_0t$ zaryad o'tadi. Bu kattalikning o'lchanadigan qiymati o'rtacha kvadratik chetlashish $\Delta N \sim (n_0 t)^{1/2}$ bilan fluktuatsiyalanadi. Kasriy shovqin

quvvatining absolyut qiymati signal quvvatining oshishi bilan oshadi, ammo nisbiy quvvat pasayadi. Shu sababli mikrodunyoda zaryadni kvantlashdan foydalanilmaydi, chunki katta tokda nisbiy fluktuatsiyalar juda kichik. Agar signalni zaryad paketidagi elektronlar soni bilan tasvirlasak, t vaqt ichida tok orqali yetkaziladigan informatsiya miqdori shovqinni e'tiborga olgan holda

$$\log_2 \left(1 + \frac{N}{\Delta N} \right) = \log_2 \left[1 + (n_0 t)^{1/2} \right] \quad (2.2.1.)$$

ni tashkil etadi.

Elektr zaryadni kvantlash effektidan tashqari kichik masofalarda zarrachalarning to'liq xususiyatlari ham namoyon bo'ladi. Qattiq jismda xona haroratida elektron to'liqning kogerentlik uzunligi nanometr birliklari tartibida bo'ladi. Shu sababli 1nm dan kichik masofalarda elektronlarning to'liq xususiyatlari namoyon bo'la boshlaydi. Agar modda kichik miqdorlarda olinsa ularni har doim o'tkazgich, yarim o'tkazgich yoki izolyatorga mansub deyish mumkin emas. Masalan, ba'zi kimyoviy elementlar 20, 50 yoki 100 atom miqdorida olinsa ular ketma-ket ravishda izolyator, yarim o'tkazgich va o'tkazgich stadiyalarini mos ravishda o'tadi. Barcha aytilganlardan ma'lumki modda, fazo, vaqt, energiya va informatsiya resurslaridan nanodunyoda foydalanish kvant mexanikasi qonunlariga asoslangan alohida qoidalar bilan qattiq nazorat qilinadi. Bundan tashqari nanotranzistorlarni konstruksiyalash qiyin kvantomexanik masalaga aylanadi.

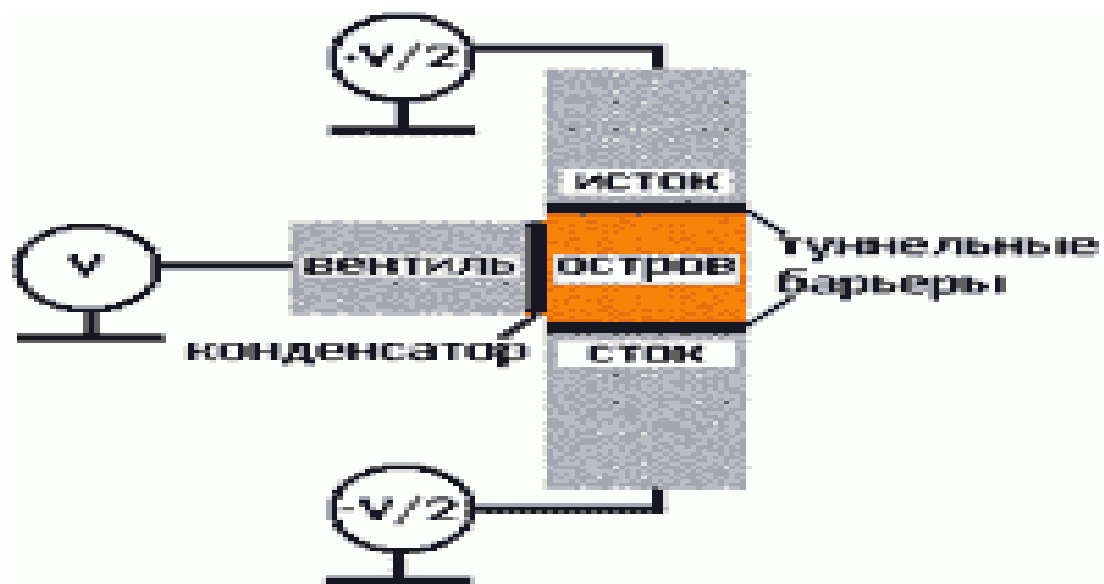
Demak, nanotranzistor- bu kvanto mexanik qurilma. Ammo u faqat kvantomexanik informatsiya bilan ishlashi shart emas. Isbot qilinganki, nanotranzistorlar bazisida oddiy klassik mantiq elementlarini joylashtirish mumkin. Bundan tashqari, zamonaviy nanoelektronikaning asosiy vazifasi klassik mantiq nanometrli qurilmalarni yaratish texnologiyasidir. Dunyoning katta ilmiy markazlarida bu vazifani yechish uchun ko'plab miqdordagi moliyaviy resurslar tashlangan.

Hozirgi kunda mikroelektron ishlab chiqarishda tajriba sifatida o'lchamlari 20- 30nm bo'lgan tranzistorlar ishlab chiqarilmoqda. Bu o'lchamdagi tranzistorlar

oddiy elektron signallarda ishlamoqda, ammo o'lchamlar yana kichraytirilganda yuqorida aytib o'tilgan muammolar tez ko'payadi. Mezostruktura deb ataluvchi 30nm dan 5nm gacha bo'lgan sohani klassik qattiq jism elektronikasidan kvant elektronikasiga o'tish sohasi deb atash mumkin. Mur qonuniga asosan mezelektronika sohasini to'la qamrashga taxminan 10 yildan keyin erishiladi. Shunday qilib mezotranzistorlar-oddiy tranzistorlar faoliyatining oxirgi bosqichi bo'lib, undan keyin nanotranzistorlar avlodi keladi.

Nanotranzistorlar texnologiyalari.

Kembridj universitetida va Tokioning Japan Science I Technology Corporationda bir elektronli tranzistor ishlab chiqarildi. U xona haroratida ishlaydi. Bu qurilma sxemasi 2.2.1-chizma ko'rsatilgan.



2.2.1-chizma. Bir elektronli tranzistor

Tranzistorning o'tkazuvchan kanali (orol) kirish va chiqishdan izolyatorning yupqa qatlamlaridan iborat tunnel to'siq bilan ajratilgan. Tranzistor xona haroratida ishlay bilish uchun orol o'lchamlari 10nm dan oshmasligi kerak.

Potensial to'siq balandligi 0,173eV. Ancha oldingi (2001-yil) konstruktsiyasida orol kattaroq bo'lib, potensial to'siq balandligi 0,04eV va

temperatura 60K oshmas edi. Orol materiali sifatida amorf kremniy xizmat qiladi. Uning sirti yupqa to'siq qatlami hosil qilish uchun past temperaturada oksidlangan.

Nanotranzistorlarni ishlab chiqarishda asosiy talablardan biri ularni olishda yuqori ishlab chiqarish ko'rsatkichi. Masalan, tunnel skanerlash mikraskopiyasi texnikasini qo'llovchi nanometrli robot – boshqaruvchilar vositasida nanotranzistorlarni bittalab atom bo'yicha terish mumkin, ammo bu jarayon juda sekin kechadi. Bunday usulda bitta nanochipni yig'ishga o'nlab yil talab etiladi. Shuning uchun hozirgi vaqtda bir necha operatsiya vositasida nanotranzistorlarni katta sonini yig'ishga imkon beruvchi texnologik jarayonlarni topish ustida ish olib borilmoqda.

Masalan, IBM xodimlari NEC xodimlari ochgan uglerodli nanotrubkalar bilan ishlab klaster texnologiyasini rivojlantirmoqda. Bunday trubkalar faqatgina bir necha atom qatlamlaridan iborat bo'lib, po'latdan minglab marta mustahkamroqdir. Shakli va o'lchamiga qarab, uglerodli nanotrubkalarlar metal yoki yarim o'tkazgich xususiyatlariga ega bo'lishi mumkin. Hozirgi kunda maxsus sharoitlarda grafit elektrodlar orasida elektr razryadni hosil qilish bilan uglerod klasterlarini olish usuli ishlab chiqarilgan. Bu usul bilan nafaqat nanometrlar, balki turli fellerenlar hosil qilinadi. Fullerenlar- bu nanoo'lchamdagi ichi bo'sh sharlar va ellipsoidalar. C60 fullerenlar 1985-yilda Sasseka universitetidan (University of Sussex) H.W. Kroto va Rays undan (Rice University) James Heath, Sean O'Brien, R.E. Smalley va R.F.Curl lar ochishdi. Bu fandagi yangilik uchun Krato, Curl va Smalley 1996- yilda Nobel mukofoti bilan taqdirlandi.

IBM dagi olimlar yarim o'tkazgichli va metal uglerod nanotranzistorlarni bitta asosda integratsiyalash texnologiyasi ustida izlanishlar olib bormoqda. Bundan maqsad kelajakda butun funksional elektron nanosxemalarni yaratishdir. Texnologiya yakunlanishdan ancha uzoqda bo'lsada, bir qator texnologik ishlar amalga oshirilgan. Oksidlangan kremniydan iborat asosga bir-biriga yopishgan yarim o'tkazgich va metall uglerodli nanotranzistorlar suriladi. Ularni bir- biridan ajratish birmuncha qiyin bo'lgan texnologik jarayondir. Hosil bo'lgan plyonka

ustiga metografik usulda oddiy metalning yupqa qatlamlari suriladi. Elektr signal vositasida uglerodli nanotranzistorlarni yarim o'tkazgich holatidan izolyator (dielektrik) holatiga o'tkazish mumkin. Bu esa boshqariladigan elektr teshish natijasida o'tkazuvchanligi metall tipidagi nanotranzistorlarni sindirib, yarim o'tkazgichli nanotranzistorlar bo'laklaridan iborat katta doimiy massivlarni olish imkoniyatini yaratadi. Bunday har qanday bo'lak-kelajak nanotranzistorning asosi.

Shu korporatsiyada uglerod nanotranzistorlarni elektr boshqariladigan “ishlov berish” usuli ishlab chiqariladi. Bu usul yordamida nanotranzistorlardan atomlarning qo'shimcha qatlamlari olib tashlanadi. 2001- yilda bu usul bilan IBM da man etilgan soha kengligi talab etilgan maydon tranzistorlari ishlab chiqildi. Ularni NT-FET(nanotube*field-effect transistors) deb atashdi.

Uglerod klasterlariga kelsak, bu yerda ishlar bir necha yo'nalishlarda olib borilmoqda. Bir qatlamli nanotranzistorlar bilan SWNT(single- walled nanotube), ko'p qatlamli nanotranzistorlar bilan – MWNT (multi- walled nanotube) va turli fullerenlar (C60, C70 va hokazo) berilgan. Bunday tipdagi klasterlar o'lchamligi pasaygan muhitlar bo'lib hisoblanadi.

Masalan, nanotranzistor bir o'lchovli, bu esa kvant mexanikasining yangi modeli bo'lgan kvant ipi bilan o'xshash qiladi. Fullerenlar esa nanoo'lchamlardagi pufaklar bo'lib, ikki o'lchovlidir. O'lchamligi pasaygan muhitlarda elektronlar holatining alohida kvant shartlariga asosan ular ajoyib xususiyatlarga ega. Masalan, metall nanotranzistorlar oddiy metallarga qaraganda katta tok zichligiga chidam berishi mumkin. (oddiy metallarga qaraganda 100-1000 baravar ko'proq). Yarim o'tkazgichli nanotranzistorlar tashqi elektr maydon ta'sirida dielektrlarga aylanishi mumkin. Bunda man etilgan soha uzunligi trubka diametriga teskari proporsional:

$$E_n \sim \frac{1}{d}$$

Ba'zi metallar bilan to'ldirilgan fullerenlar esa o'z navbatida yuqori temperaturali o'ta o'tkazgichlardir.

Uglerod nanotrubkalarining uzunligi ularning diametrlaridan minglab marta katta bo'lishi mumkin. Bu esa o'z navbatida nanotrubkalarni nanosxemalar montajida ularni o'tkazgichlar sifatida ishlatish imkoniyati beradi.

1998-yilda AQSHda Lawrence Berkeley National Laboratoryda avval uglerod nanotrubkalar asosidan nanotranzistorlar yaratildi. Keyinchalik 2000 -yilda C60 fulleren klasterlar asosidagi nanotranzistorlar olindi. Nanotranzistor quyidagicha tayyorlangan. Nanowriter elektron nur metografik mashinasi yordamida kremniy plyonkasida kengligi 200nm va qalinligi 10nm bo'lgan tilla o'tkazgichlardan panjara hosil qilingan. Panjaradan zichligi katta tok o'tkazish natijasida tilla atomlarning elektromigratsiyasini hosil qilish mumkin. Natijada o'tkazgichlar nanometr o'lchamlarigacha yupqalashib, ma'lum joylarda uziladi va kengligi 1nm bo'lgan tirqishlarni hosil qiladi. So'ngra plastina fulleren klasterlarning suvdagi eritmasi bilan yupqa qilib surilgan. Keyinchalik eritma bug'lanadi va C60 klasterlar ikkita elektrodlar orasidagi tirqishga qoladi.

Uglerod nanotrubkalar asosidagi nanotranzistorlar yordamida Delfta texnik universitetining (Delft University of Technology) xodimlari 2001 yilda Yoki – Yo'q (Ili- Ne) mantiqiy elementni amalga oshirishdi. O'zining juda kichik o'lchamlari bilan xarakterli bo'lishi bu nanotranzistorlar xona haroratida ham ishlaydi.

Shunday qilib, XX asrning oxiri XXasrning boshlarida yangi soha bo'lishi nanoelektronika sohasida kvantomexanika va molekulyar klaster texnologiyali g'oyalar tajribaviy tasdig'ini topdi. Hozirgi vaqtda tadqiqot makazlarida texnologik jarayonlarni nanoelektron texnika ishlab chiqarishda qo'llash amaliyoti ustida ish olib borilmoqda. Ishlab chiqarishi rivojlangan mamlakatlar uchun nanotexnologiyalarning iqtisod, harbiy- siyosiy, sotsial jihatlariga ta'siri katta.

Metalloelektronika va molekulyar elektronika.

Oddiy mikroelektronikada tranzistor effektini hosil qilish uchun yarim o'tkazgich zarur. Nega? Chunki yarim o'tkazgich o'tkazuvchanlikka javobgar zaryadlangan zarrachalarning boshqarish imkoniyatini yaratuvchi muhit hosil qila oladi. Dielektrlar tokni umuman o'tkazmaydi. Ular faqat tok o'tkazadigan qismlar

orasida izolyatsiya hosil qilish uchungina kerak. Metallarda erkin zaryadlangan zarrachalarning kontsentratsiyasi shunchalik kattaki, izolyatsiya orqali qo'yilgan tashqi elektr maydon metall ichiga deyarli kirmaydi. Ammo shu metalning o'zidan bir necha atom miqdorida olsak, bunday nanoklasterning elektron xususiyatlari yarim o'tkazgich xususiyatlarini eslatadi. Bu nanoo'lchamdagi tranzistorlarni metall atomlari oksidlari asosida yaratish imkoniyatini yaratadi.

Bu yerda nanostrukturalarning qaydarajada mustahkamligi va ular tayyorlanish texnologiyalarning muammolari birinchi planga chiqadi. Ma'lum bo'ladi-ki, kengligi bir necha atomlardangina iborat qatlamning yashash vaqti normal foydalanish sharoitlarida juda qisqa. Bu yaxshi mahkamlanmagan atomlar nanostrukturalar bo'ylab ko'chishi yoki asos bo'ylab yanada qattiqroq bo'g'lanishni qidirish bilan bog'liq. Bunga konstruktsiyaning qizishi va elektromigratsiya sabab bo'ladi.

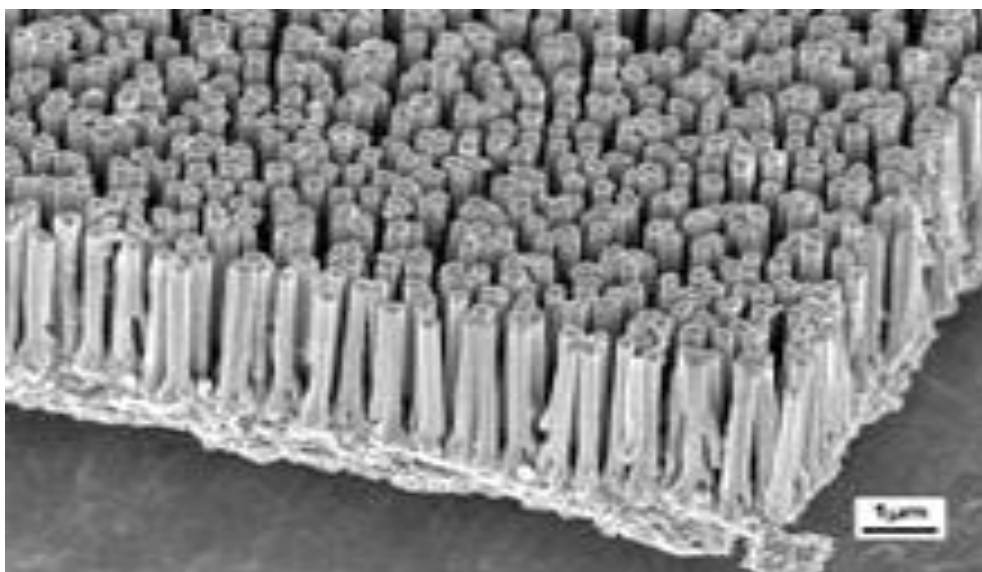
Aniqlandi-ki, ba'zi klaster konfiguratsiyalar yuqori mustahkamlikka ega bo'lib, undagi barcha tashqi atomlar mustahkam ushlanib turiladi. Bunday klasterlar sehrli, ular atomidagi sonlar sehrli sonlar deb ataladi. Masalan, ishqoriy metallar uchun sehrli sonlar -8, 20,40, nodir metallar atomlari uchun -13,55, 137, 255. C60 va C70 fullerenlar ham sehrli. Uglerod nanotranzistorlar ham sehrli hisoblanadi. Bu holat oldindan maxsus reaktorlarda sehrli nanostrukturalarni ishlab chiqarish texnologiyasini yaratish va ulardan nanotranzistorlar yig'ishda foydalanish mumkinligini ko'rsatadi.

Aniqlandi-ki, kimyoviy usulda sintezlash mumkin bo'lgan molekulalarda ham tranzistor effekt kuzatiladi.

Yana bir yangilik –molekulyar biologiya strukturalarini: DNK molekulasini oqsil va biologlarni qo'llash. Genetik texnologiyalar asosida nanotranzistorlarni yig'ish amaliyoti muhokama qilinmoqda. Masalan, Amerikaning Scripps Research Institute da alohida DNK molekulasini oktaedr ko'rinishida diametri 22nm olinishiga muvaffaq bo'lingan. Uning ichki sohasi diametri 14nm bo'lgan sferani sig'dira oladi. Olimlarning maqsadlaridan biri – uch o'lchovli DNK strukturalardan uch o'lchovli murakkab mantiqiy zanjirlarni yig'ishda foydalanish.

Masalan, 2004- yilda Northwestern University da tilla va ferromagnetiklar (temir oksidi) klasterlarini DNK molekulasi bilan birlashtirishga erishilgan. Bu esa DNK reaksiyalari natijasida tilla klasterlari kerakli ketma-ketlikda ferromagnit klasterlar bilan almashadigan klaster zanjirlarni olish imkoniyatini tug'dirdi.

Bir qator fransuz tadqiqotchilaridan iborat guruh nanotexnologiyalar yordamida metiy-ion batareyalar uchun o'ta kichik o'lchamlarga ega elektrodlar ishlab chiqdi. Ular asosidagi akkumulyatorlar oddiy akkumulyatorlarga qaraganda ko'proq energiya miqdorini saqlay oladi. Odatiy akkumulyatorlar elektrodlarida ion va elektronlar, agar u yupqa qatlam qilib surilgan taqdirdagina harakatlana oladi. Ammo bunda aktiv material miqdori kamayadi va demak batareyaning sig'imi ham kamayadi. Katta sig'imli qurilmalarda ko'pincha aktiv qatlam qalinligi oshiriladi. Natijada zaryad tezligi kamayadi

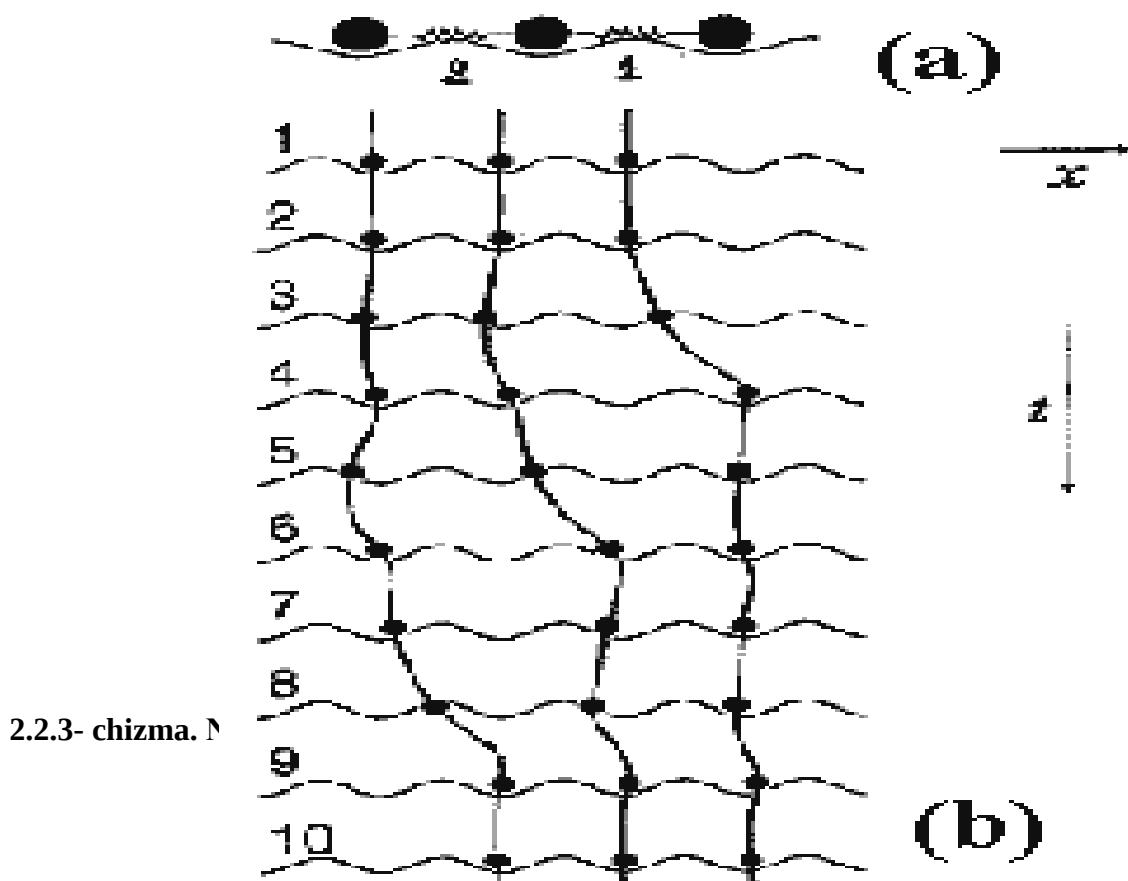


2.2.2-chizma. Batareyalarning nanosterjenlari

Yangi texnologiyaning asosi bo'lib, aktiv material uchun nanosterjenlarni “yakorlar” sifatida qo'llash hisoblanadi. Aktiv material nanosterjenlar atrofida yupqa plyonka qilib “o'raladi”. Elektrodning 1sm^2 yuzasiga yupqa plyonkaning 50sm^2 yuzasi to'g'ri keladi. Shunga asosan kichik o'lchamlarda katta sig'imlarga ega batareyalar olish mumkin bo'ladi. Bu birinchi navbatda kardiologiyada (sun'iy yurak) manba sifatida, turli avtonom zondlarda qo'l keladi.

Ammo olimlar katta o'lchamlardagi akkumulyatorlar haqida o'ylamoqda. Bu texnologiya elektromobil qo'llash mumkin bo'lgan batareyalarni ishlab chiqarish imkonini beradi.

Isroil fiziklarining ishlarida (M. Proto, M. Urbakh) nanometrli dvigatellarni oson boshqarish sxemalari taklif etilgan edi. Bu taklif hozirga qadar qog'ozda qolib kelmoqda. Ammo avtorlar bu g'oya juda yaqin vaqtda amalga oshishiga ishonishmoqda.



2.2.3- chizma. N

Davriy tashqi maydonda joylashgan uchta nanozattacha bo'lgan bo'lsin. Bu vazifani kristal sirtida yotgan atom klasterlari bajarsin. Ular orasida chizmada prujinalar vositasida ko'rsatilganidek aloqa bor. Biz bu prujinalarning "erkin uzunligini boshqara olamiz" deb tasavvur qilaylik! Bunday prujinalar vazifasini fotoxrom molekulalar bajara oladi. Ular tashqi yorug'lik ta'sirida o'zining to'lqin uzunligini o'zgartira oladi. i-nchi aloqaning erkin uzunliging o'zgarishi davriy ravishda vaqt bo'yicha kechayotgan bo'lsin va u quyidagicha qonuniyatga bo'ysunsin.

$$L_i = L_0 + \Delta \sin(\omega t + \varphi_i) \quad (2.2.2)$$

Ikkita prujina orasida fazo bo'yicha ma'lum chetlashish muvjudki, $\varphi_1 > \varphi_2$ birinchi prujina ikkinchisiga qaraganda tezroq uzayishni boshlaydi.

Natija sistema birinchi prujina tomon harakatlana boshlaydi. 14(b)- chizmada vaqt o'tishi bilan sistema evolyutsiyasining o'nta "chizmai" ko'rsatilgan.

Bunday mashina faqat gorizontal tekislikda emas balki, tashqi kuchga qarshi yo'nalishda masalan, qiya tekislik bo'ylab yuqoriga harakatlanishi mumkin.

Bundan tashqari u harakatlanayotgan qurilma massasining yarmiga teng bo'lgan yukni ham tashishi mumkin. Asosiy jihat shundan iboratki, prujinaning erkin uzunligi o'zgaradigan qonunni o'zgartirib, sistemaning tezligi va harakat yo'nalishni tadqiq etish mumkin. Xususan ikki o'lchovli holda sistemani ixtiyoriy yo'nalishda harakatlanishga majbur etish mumkin. Va nihoyat, eng qizig'i shundaki, agar uchta zarrachani bitta aylanaga birlashtirsak, nanometrik rotor hosil bo'ladi.

Bunday sistema ko'chishi asoslangan prinsip umumiy bo'lib, sof mexanik xarakterga ega va bevosita klassik mexanika tenglamalaridan kelib chiqadi. Shuning uchun bunday g'oyaning qo'llanilishi nanomashinalar bilan cheklanib qolmasdan, makroolamda ham foydali bo'lishi mumkin.

Fotokataliz- bu yorug'lik ta'sirida moddalarda ishtirok etuvchi kimyoviy reaksiyalarning tezligining o'zgarishi va reaksiya ishtirokchilarining har o'zaro ta'sir sikldan so'ng o'z kimyoviy tarkibini o'zgartirishidir.

Fotokataliz tirik tabiatda katta roy o'ynaydi. Yer hayotini ta'minlovchi fotosintez hodisasi ham fotokatalitik. Suv va havoni organic aralashmalardan tozalash uchun fotokatalizatorlar sifatida TiO_2 ishlatiladi.

Fotokataliz atamasi turli adabiyotlarda turlicha takqin etiladi. N.S.Zefirov tahriri ostida chop etilgan "Kimyoviy ensklopediyada" fotokataliz katalizator va yorug'lik ta'sirida kimyoviy reaksiyalardan tezlashuvchi Fotokatalitik reaksiyalardan muhim jihati shundan iboratki, yorug'lik yoki katalizatoridan alihida ta'siri reaksiya tezligiga ta'siri sezilmaydi. Bunga oddiygina ta'rif keltiriladi.: Fotokatalizatorlar ishtirokida fotokimyoviy reaksiyalarda tezlashuvi.

TiO₂ - yarim o'tkazgichli bog'lanish. Zamonaviy qarashlarga asosan bunday bo'glanishlarda elektronlar ikki holatida: erkin va bog'langan bo'lishi mumkin. 1-holatda elektronlar (Ti₄ dan kationlar va O₂-) anionlar hosil qilgan kiristall panjara bo'ylab harakatlanadi. 2- holatda elektronlar kiristall panjaraning qandaydir ioni bilan bog'langan va kimyoviy bog'lanish hosil bo'lishida ishtirok etadi. Elektronni bog'langan holatdan, erkin holatiga o'tkazish uchun 3,2 eV dan kam bo'lmagan, energiya sarflash lozim bo'ladi. Bu energiya to'qin uzunligi $\lambda < 390 \text{ nm}$ kichik bo'lgan yorug'lik kvantlari bilan keltirilishi mumkin. Zarra harakatlanib TiO₂ zarra hajmida yorug'lik yutilishida elektron va elektron vakansiya, ya'ni teshik hosil bo'ladi. Elektron va teshik etarlicha harakatchang tuzilmalar bo'lib, yarim o'tkazgichda harakatlanib ularning bir qismi rekombinasiyalanadi, bir qismi esa sirtga chiqadi. Sirt bilan egallangan elektron va teshik konkret kimyoviy zarrachalar bo'lib, hisoblanadi. Masalan, elektron -bu sirtidagi (Ti₃ dan) teshik panjaraviy sirtiy kislorodda lokallashib (O) ni hosil qiladi. Ular o'ta reaksiyaga sezgir. TiO₂ sirtida elektron va teshikning reaksiya qobiliyati quyidagi kattaliklar bilan xarakterlanadi:

- elektron potentsiali $\sim -0,1\text{V}$
- teshik elektron potentsiali $\sim +3\text{V}$

Bu ko'rsatkichlar normal vodorod elektroniga nisbatan olingan. Boshqacha aytganda elektron kislorod bilan birgalikda reaksiyalar ketma-ketligini tug'dirishi mumkin.

Fotokatalizator ta'sirining effektivligi reaksiyaning kvant chiqishi va fotokatalizator ta'sir spektri bilan aniqlanadi. Fotoreaksiyaning kvant chiqishi maxsulotning hosil bo'lgan, molekulalar sonining yutilgan yorug'lik kvantlari soniga nisbatiga teng. Fotokatalizator sifatida yarim o'tkazgichli zarra ko'tilayotgan bo'lsa, jarayonning bir necha bosqichi kechadi:

- a) yorug'lik yutilishi - elektron teshik juftlarining tug'ilishi;
- b) yarimo'tkazgich sirtida elektron va teshiklarning diffuziyasi;
- c) elektron va teshiklarning hajmiy rekombinasiyasi;
- d) elektron va teshiklarning sirtiy rekombinasiyasi;

e) electron va teshiklarning adsorblashgan molekulalar bilan foydali reaksiyalari;

Tok tashuvchilarning hissasi aniqlansa, reaksiyaning kvant chiqishini hisoblash mumkin bo'lur edi. Tok tashuvchilarning hissasini aniqlash uchun spontan harakatlanuvchi zarralar harakatini ifodalovchi tenglamalardan foydalanish zarur. Umumiy holda bu tenglamalar ancha murakkab bo'lib, kvadraturalarda yechilishi mavjud emas. Ammo oddiy hollarda, ya'ni, zarralarni sferik deb hisoblash mumkin bo'lganda ularning hajmida elektr maydonlari yo'q va rekombinasiya jarayonlari tezligi hamda foydali reaksiya elektron va teshiklar konsentratsiyasi bo'yicha chiziqli. Soddashtirishlarga qaramasdan bu yechimlar tadqiq etilayotgan jarayonlar harakatida aniq sifatli tok tashuvchilarni shakllantiradi. Xususiyl holda zarracha o'lchami tok tashuvchining erkin yugurish yo'li uzunligidan kichik bo'lsa unda tok tashuvchilarning hissasi birga teng bo'ladi.

Tajribalardan ma'limki, TiO_2 namunalari eng katta fotokatalitik aktivlikka ega. Aktiv TiO_2 ni tayyorlash tajriba va malaka natijasidir. Amaliy fotokataliz bu shug'ullanuvchi barcha yuqori aktivlikka ega TiO_2 sintezining haqiqiy metodikalarga ega.

Ilmiy nuqtai nazardan fotokatalitik effekt tabiatini tadqiq etish, fotokatalizatorlarning ta'sir mexanizmini o'rganish nihoyatda qiziqarli. Elektron paramagnit rezonans, va ifraqizil spektroskopiya metodlari juda ahamiyatli. Bu usullar organik birikmalarning oraliq maxsulotlarini TiO_2 namunalari fotokatalitik aktivligi jihatidan nima uchun bir-birida keskin farq qilishi mumkin degan savol javobsiz qolmoqda.

TiO_2 sirtida organik birikmalar CO_2 va H_2O gacha oksidlanishi mumkinligi tajribalarda o'z tasdig'ini topgan. Agar birikmalar tarkibiga azot yoki X gologen atomlari kirsa, reaksiya maxsulotlarida HNO_3 va HX kuzatiladi. TiO_2 sirtida yorug'lik ta'sirida oksidlanmaydigan birikma- bu tetraxormetan. Ammo, trixolretilin yorug'lik ta'sirida TiO_2 da parchalanadi va bunda kvant chiqishi birinchidan katta. Bu TiO_2 sirtida atomlar Cl hosil bo'lishi mumkinligi bilan

bog'liq. Cl o'z navbatida boshlang'ich trixloretilenning parchalanish zanjir jarayonining kechikishiga sabab bo'ladi. Amalda har qanday fotokatalitik havo tozalagich TiO_2 so'rilgan tashuvchiga ega. U yorug'lik bilan nurlantiriladi va u orqali havo o'tkaziladi. Oqimdan organik molekulalar fotokatot sirtida adsorbsiyalashadi va ultrabinafsha lampa ta'sirida CO_2 (karbonat angidrit) gazi va H_2O (suv) gacha oksidlanadi.

Fotokataliz organik birikmalarni yumshoq sharoitlarda chuqur oksidlash imkonini beradi. Qurilmalarning soddaligi fotokatalizni amaliyotda qo'llashga keng imkoniyat yaratadi.

Hozirgi kunda fotokatalitik havo tozalagichlar "Toshiba", "Shasp", "Toto" mashhur firmalar tomonidan ishlab chiqarilmoqda. Rossiyada ham haqiqiy havo tozalagich fotokatalizatorlar ishlab chiqarilmoqda.

Yuqorida aytilgan qurilmalardan tashqari aktiv TiO_2 ni xona devorlarini qoplash uchun ham foydalanish mumkin. Bunda xonaning butun devor sirtlari havo tozalagich sifatida ishlaydi. TiO_2 sirtida yorug'lik ta'sirida nafaqat organik molekulalar, balki zararli mikroorganizmlar ham halok bo'ladi. Bu texnologiyaning tozalash metodikasining ahamiyatli jihatlari quyidagicha:

- Zararli moddalar (faqat gazlar uchun) qandaydir sirtida to'planmaydi;
- Zararli moddalar, badbo'y hudlar molekulalar darajada parchalanadi;
- Qo'llashning keng spektri;
- Temperatura rejimi-uy haroratidan -18°C gacha;
- Oddiy elektr maydondan foydalanish mumkinligi (220 v);

Nanotexnologiyalarining kamchiliklari

- Simobli ul'trabinafsha lampalarining qo'llanilishi;
- Har 7-8 oyda ul'trabinafsha lampalarni almashtirib turish;
- Energiya sarfi soatiga $\sim 100-300$ vt

Mutaxasislarning fikricha gaz razryad lampalarida simobni boshqa moddalar bilan almashtirish imkoniyati yo'q. Simob bug'lari o'ta zaharli. Ammo simob boshqa moddalar bilan almashtirilsa, nurlanish intensivligi keskin kamayadi.

Organik aralashmalardan suvni tozalashning fotokatalitik usuli

Suvda xuddi havodagi kabi organik aralashmalar TiO_2 zarrasi sirtiga tushib, CO_2 va H_2O gacha oksidlanadi (5). Hozirgi kunda ko'rsatilganki TiO_2 nurlantiriladigan suspenziyalarida bu jarayonga barcha organik birikmalar bo'ysunadi. Ammo organik molekulalarining suvga havoga nisbatan diffuziyasi sekinroq bo'lganligi uchun. Butun oksidlanishning xarakterli davri bir necha soatni tashkil etadi. Diffuziyaning suvdagi tipik koeffitsienti $10^{-5} \text{ sm}^2/\text{s}$ tashkil qiladi. Bu normal sharoitda havodagiga nisbatan 4 marta kichik TiO_2 suspenziyasidan oqar suvlarni tozalashda foydalanish texnologik jihatdan qulay emas. Chunki uni iste'molchiga etqazgunga qadar oqimdan TiO_2 ni yo'qotish lozim.

TiO_2 ni suv havzalarida va rezervual suvlarini tozalashda foydalanish perespektiv. (10). Xalq xo'jaligida foydalaniladigan pestisidlar suv havzalarida bir necha oy davomida parchalanadi. Zararsiz TiO_2 ni kichik miqdorlarda suv havzalarida qo'shilsa, bir necha kunda sun'iy yorug'lik manbalarisiz suvni tozalash imkoki paydo bo'ladi. Chunki jarayon quyosh nuri ta'sirida kechadi.

Suv va havoni organik aralashmalardan tozalashda fotokatalitik usullardan biri TION fil'tirlar samarasidir. TION samarasi quyidagicha.

- Boshlang'ich fil'tr- havoni changdan tozalaydi.
- Elektrostatik fil'tr- zarrachalarni zaryadlaydi.
- Elektrostatik fil'trning davomchisi-zaryadlangan zarrachalarni cho'ktirib, havoni mexanik ifloslanishlardan tozalaydi.
- Fotokatalitik fil'tr-virus va bakteriyalarni parchalab havoni molekulyar organik moddalardan tozalaydi. Ularni karbonat angdrid gazi va suvgacha parchalaydi.

- Adsorbsiya katalitik fil'tr-havoni molekulyar birikmalardan tozalaydi.

Bu texnologiya havoni barcha ifloslanishlardan 99,99% gacha tozalaydi. Bu tadqiqotlar G.K.Boresko nomidagi kataliz instituda olib borilgan va patentlangan.

Yuqorida aytib o'tilgan fil'trlarning ishini alohida-alohida ko'ramiz:

Boshlang'ich fil'trda mexanik ravishda katta chang zarralari, uy hayvonlarining juni, parlar saqlanadi.

Bu fil'tr vositasida havo mexanik ravishda tozalaniladi va u har necha oyda almashtiriladi. Elektrostatik fil'tr – fil'trlashning ikkinchi bosqichi bo'lib zaryadlovchi seksiyaga ega u aktiv kimyoviy birikmalarni genirasiyalaydi.

Elektrostatik fil'trning zaryadlovchi seksiyasi plastinalardan iborat bo'lib ular orasida qalinligi 200 mkm li yupqa mayin simlar o'tqazilgan. Simlarga yuqori kuchlanish (10kV) beriladi.

Natijada bir jinsli bo'lmagan elektr maydon hosil bo'ladi va u havoni ionlashtiradi natijada elektrodga yaqin sohalarda erkin elektronlar va azot va kislorodning ionlashgan atomlari hosil bo'ladi. Natijadi elektr maydon ta'sirida ular kattaligi $1000 \text{ m}^3/\text{soatda}$ 1 mA bo'lgan tok hosil qiladi. Bundan tashqari ma'lum miqdorlarda azon (O_3) va atomer kislarod hosil bo'ladi. Ular o'z navbatida kuchli oksidlovchilardir. Elektrofil'trning cho'ktiruvchi mexanizmi dielektirik materiallardan tuzilgan. Bu fil'trning qalinligi 1sm ga yaqin. Bu material turli diametrdagi ($\sim 1\sim 100 \text{ mkm}$) uzunlikning to'qimasidan iborat. Fil'tr orqali o'tayotgan aerosol zarrachalari unda quyidagi mexanizmlarga asosan cho'kadi:

- Inersion harakat (katta zarrachalar ularga urilib, ularga yopichib qoladi);
- O'rtacha o'lchamdagi zarrachalar havo toki chizig'ida harakatlanib iplarga “urinma” bo'ylab yopishadi;
- Broun diffuziyasi (Xaotik harakat natijasida kichik zarrachalar havo oqimidan sakrab chiqib iplarga yopishadi).

Havo oqimida boshidan mavjud bo'lgan malekulyar birikmalar zaryadlovchi seksiyada hosil bo'lgan ozon va atomar kislarod cho'ktiruvchi seksiyadan o'tib, fotokatalitik fil'trga aerosol qo'shimchalari bilan o'tadi.

Fotokataletik fil'tr havoni zararli molekulyar birikmalar va noxush hidlardan tozalab , nanoo'lchamdagi titan dioksidi zarrachalarida fotokataliz natijasida qolgan mikroorganizmlarni parchalaydi. Fotokataletik fil'tr havo uchun shaffof metallardan tayyorlangan. Karkasdan iborat bo'lib, uning ichki sirtiga katalizator surilgan. Fil'tr markazida to'lqin uzunligi 320-400 nm li ultrabinafcha nurlar chiqaradigan simobsiz lampa joylashgan . Bu katalizatorida organik moddalarning CO_2 va H_2O gacha to'liq oksidlanish jarayoni kechadi.

- TION texnologiyasining asosiy jahatlari:
- TION texnologiyasi havoni barcha turdagi ifloslanishlardan tozalaydi:
- Fil'trda mikroorganizmlar to'planmaydi, balki virus va bakterialarning barchasi yo'qotiladi:
- TION ultrabinafsha nurlarini azon, atomer kislarod va boshqa zararli moddalar manbai emas. U havoni odamlar bor paytda ham sutka davomida ham tozalashi mumkin.

2.2 SnO₂ nanoo'lchamdagi tugunlar fotokatalizator sifatida.

Nemis olimlari ichimlik suvini tozalashda fotokatalizatorlardan foydalanish usulini ishlab chiqdilar. Qimmat turtuvchi fil'trlar ishida azon yoki ultrabinafsha nurlanish talab etiladi. Titan dioksidini fotokatalizator sifatida ishlatish perspektiv hisoblansada, unga quyosh nurlanishi tarkibidagi ultrabinafsha nurlaridan ko'proq ultrabinafsha nurlanish talab etiladi. Olimlar oldida yanada kam xarj va effektiv katalizator yaratish mas'uliyati turibdi. Hozirgi kunda qo'rg'oshin oksidi asosida katalizatorlar olish ustida ishlar olib borilmoqda.

Qo'rg'oshin insoniyatga eramizdan avvalgi 4 asrdan buyon ma'lum . Qo'rg'oshin lotincha Stannum so'zidan olingan va Sn bilan belgilanadi. Oddiy sharoitlarda qo'rg'oshin- plastik, tez eruvchi metall . U eng yengil metallar sirasiga kiradi. Qo'rg'oshinning asosiy minerali kassiterit (olov toshi) SnO₂ bo'lib, 78,8% qo'rg'oshinni o'z ichiga oladi. Suvni tozalash uchun SnO₂ fotokatalizatorlaridan foydalaniladi. Qo'rg'oshin dioksidi katta sohada amaliy ahamiyatga ega bo'lgan birikmadir, uning asosida shffof va elementar o'tkazuvchan plyonkalar, ga sensorlari, elektrodlar, katalizatorlar funksiyanal kampazitsion malumotlar tayyorlanadi SnO₂ dan foydalanishning zamonaviy jihatlari ular asosida tayyorlangan nanokukunlar bilan bo'g'liq.

Yarimo'tkazgichli gaz sensorlarining ta'sir ularni atrof muhitdagi gazlarning sezgir qatlam elektr o'tkazuvchanligiga bo'g'liqligi bilan aniqlanadi. Sensor harqanaqa sezgir qatlam materiali bilan aniqlanadi:

- Kimyoviy tuzulishi va kristall strukturasi;
- Sensorning konstruksiyasi va materiali.

Ko'plab nanoo'lchamdagi materiallar detektor sifatida foydalanish mumkinligi o'rganilgan. SnO_2 qo'rg'oshin dioksidi detektorlash uchun foydalanish mumkin bo'lgan yarim o'tkazgichli material hisoblanadi. U ko'pincha nanokristal plyonka, nanotrupka sifatida qo'llaniladi. SnO_2 havo va suvni ifloslantiruvchi sabablarni aniqlashda ishlatiladi. Havoni ifloslantiruvchi CO , CO_2 va toksik gazlar H_2S shular jumlasidandir $\text{SnO}_2 + \text{SiO}_2$ kompozitsion metallar bir vaqtning o'zida qo'rg'oshin va kvarsni kislorodli atmosferada purkash natijasida olingan. Bu usul yordamida

5-10nm chegarada joylashgan kristal plyonkalar olingan.

TiO_2 va SnO_2 nanoo'lchamdagi kukunlarning rolini ko'rib o'tib xulosa qilish mumkin, bu texnologiyalar yordamida havo va suvni barcha mikro organizmlar to'lig'icha bartaraf etiladi ularning kamchiligi:

- Simobli ul'trabinafsha lampalarining qo'llanilishi;
- Har 7-8 oyda ul'trabinafsha lampalarni almashtirib turish;
- Energiya sarfi soatiga $\sim 100-300$ vt

Bundan tashqari $\text{SnO}_2 + \text{SiO}_2$ kompozitsion plyonkalarni kislorodli atmosferada bir vaqtning o'zida qo'rg'oshin va kvarsni purkash natijasida olish mumkin.

Shunday qilib fotokatalizator sifatida titan dioksidini qo'llash imkoniyati keng ammo bu uchun kuchli ultrabinafsha nurlar manbai talab etiladi.

Endi olimlar oldida arzon va effektiv katalizatorlar ishlab chiqarish muammosi turibdi. Yaqin kelajakda bu SnO_2 bo'lishi mumkin.

2.3. Kapillyar effektlar va nanotrubkalarni to'ldirish.

Uglerodli nanotrubkalar kashf qilingandan keyin tadqiqotchilarni ularni turli moddalar bilan to'ldirish muammosi qiziqтира boshladi. Bu faqat ilmiy ahamiyatga ega bo'lib qolmasdan balki amaliy ahamiyatga ham egadir. Chunki nanotrubka o'tkazuvchan, yarim o'tkazuvchan va o'ta o'tkazuvchan material bilan to'ldirilsa, uni hozirgi zamon mikroelektronika elementlaridan eng kichkinasi sifatida qarash mumkin. Bu muammoga ilmiy qiziqish amaliy asoslangan bo'lishi va qanday minimal o'lchamlarda mikroskopik ob'ektlarga xos xususiyatlarni kapillyar

hodisalar saqlay biladi degan savolga javob bera olishi lozim. Birinchi marta bu muammo maydon kuchlari ta'sirida nanotrubka ichiga HP molekulasiining ichkariga tortilishi masalasida ko'rilgan. Bunda ko'rsatilganki, nanotrubkaning ichki sirtini ho'llovchi kapillyar hodisalar nanometr diametrli trubkalarga o'tganda ham o'z tabiatini saqlaydi .

Uglerodli nanotrubkalarda kapillyar hodisalar birinchi marta amaliyotda erigan (Pb)qo'rg'oshinning nanotrubka ichiga tortilish kapillyar effektida amalga oshirilgan. Bu tajribada nanotrubkalarining sintezi uchun mo'ljallangan elektr yoyi diametri 0,8 sm va uzunligi 15sm bo'lgan elektrodlar orasida 30 B kuchlanish va 180-200A tokda yoqilgan. Katod sirtida anod sirtidagi termik parchalanish natijasida hosil bo'lgan 3-4sm balandlikdagi material kameradan olinib, 5 soat davomida 850⁰S temperaturada karbonat angdrid (CO₂)gazi oqimida ushlangan. Natijada namuna 10%ga yaqin massa yo'qotgan va namuna amorf grafit zarrachalaridan tozalanib, cho'kmadagi nanotrubkalar ochilishiga imkoniyat yaratilgan. Nanotrubkalar mavjud cho'kmaning markaziy qismi etanolga joylashtirilib ultratovush bilan ishlov berilgan.

Xloroforida dispergirlangan mahsulot elektron mikroskopda ko'rishda uglerodli lentaga surtilgan. Kuzatishlar ko'rsatadiki, ishlov berilmagan trubkalar strukturasi ravon, bosh qismlari to'g'ri shaklda va diametrlari 0,8-10nm.gacha. Oksidlanish natijasida 10% nanotrubkalarining qolpoqchalari buzilgan, cho'qqi yaqinidagi bir qism qatlamlari ko'chgan. Kuzatishlar uchun mo'ljallangan nanotrubkali namuna vakuumda eritilgan qo'rg'oshin (Pb) tomchilari bilan to'ldirilgan. Bunda nanotrubkalarining tashqi sirtida o'lchamlari 1 dan 15 nmgacha bo'lgan qo'rg'oshin (Pb) tomchilari kuzatilgan. Nanotrubkalar havoda 400⁰S tempuraturada (qo'rg'oshinning erish temperaturasidan yuqori) 30minut ichida yondirilgan.

Elektron mikroskop yordamida bajarilgan kuzatish natijalari ko'rsatadiki, yondirishdan so'ng nanotrubkalarining bir qismi qattiq material bilan to'ldirilgan bo'lib qoldi. Yuqori quvvatli elektron dasta bilan yondirilganda ham xuddi shunday effekt kuzatilgan.

Yetarlicha kuchli nurlanishda trubka yaqinidagi material erib nanotrubka ichiga kiradi. Nanotrubkalar ichida qo'rg'oshin (Pb) mavjudligi rentgen difraksiyasi va elektron spektroskopiya usullari yordamida aniqlangan. Eng yupqa qo'rg'oshin (Pb) o'tkazgich diametri 1,5nmni tashkil etgan. Kuzatishlar natijalariga asosan to'ldirilgan nanotrubkalar soni bir foizdan oshmaydi. Keyingi tadqiqotlar uglerodli nanotrubkalardagi kapillyarlar hodisalarini chuqur o'rganishga qaratilgan bo'lib, ulardagi effektlar nanotrubkalarni turli tabiatdagi materiallar bilan to'ldirilganda namoyon bo'ladi. Bu tadqiqotlar natijalari materiallarning sirt tarangligi bilan uning uglerod nanotrubkasining ichiga tortilish imkoniyati orasida bog'liqlik borligiga ishora qiladi. Bu natijalardan ba'zilar 1- jadvalda keltirilgan. Ko'rinib turibdi-ki nanotrubkalarning kapillyar xususiyatlari sirt tarangligi miqdori ancha kichik (200mHm^{-1}) materiallardagina namoyon bo'ladi.

2.3.1- Jadval. Nanotrubkalarning ho'llash xususiyatlari (temperatura erish nuqtasiga yaqin.)

Modda	Sirt taranglik, mN m^{-1}	Kapillyarlik
HNO_3	43	ha
S	61	ha
Cs	67	ha
Rb	77	ha
V_2O_3	80	ha
Se	97	ha
Qo'rgoshin oksidlari	(PbO ~ 132)	ha

Vismut oksidlari	(V ₂ O ₃ ~ 200)	ha
Te	190	ha
Pb	470	yo'q
Hg	490	yo'q
Ga	710	yo'q

Nanotrubkalardagi kapilyar hodisalarga bag'ishlangan tajriba natijalarini analiz qilganda kislorodning rolini ham e'tiborga olish lozim-ki, uning mavjudligi ko'p hollarda bu natijalarga bevosita ta'sir ko'rsatadi. Masalan; vakuumda bajarilgan nanotrubkalarni vismut (Bi) va qo'rg'oshin (Pb) bilan to'ldirish tajribalari natijasiz tugadi. Analogik tajribalar havoda bajarilganda kapilyar effektlar qayd etildi. Bunday natijani yuqorida aytilgan kapilyar hodisalar va sirt taranglik kattaliklari orasidagi tasavvurlar bilan tushuntirish mumkin.

Eritilgan qo'rg'oshin (Pb) va vismut (Bi) oksidlarining sirt tarangliklari toza eritilgan metallarning qiymatidan ancha kattadir. Shu sababli kislorodning bo'lishi oksidlarning hosil bo'lishiga olib keladi va natijada kapilyar hodisalarning kechishiga hissa qo'shadi.

Sirt tarangligi 200mHm⁻¹ dan katta bo'lgan materiallar uchun nanotrubkalar kapilyar xususiyatlarini namoyon etmasada, bu muammoni yechish yo'li topildi. Kichik sirt taranglikka ega va shu xususiyatiga asosan nanotrubka ichiga kira oluvchi erituvchilardan foydalaniladi. Erituvchi sifatida kontsentirlangan azot kislotasidan foydalaniladi. Uning sirt tarangligi nisbatan katta emas (43 mHm⁻¹)

Xulosa

II bobda nanotrubkalarning amaliy qo'llanishi masalalari ko'rib chiqilgan bo'lib unda asosiy e'tibor nanotrubkalar asosida kompyuterlar xotirasini ishlab chiqish nanotranzistorlar, nanodispleylar, nanobatareyalar, metaloelektronika va molekulyar elektronika elementlarini ishlab chiqish o'rganilgan va chuqur tahlil etilgan.

III Bob. Nanotexnologiyalar asosidagi katalizatorlar

3.1. Amorf metall nanozarrachalar asosidagi katalizatorlar.

Hozirgi kunda butun dunyoda ishlab chiqariladigan mahsulotlarning 60% i katalitik jarayonlar orqali amalga oshiriladi ko'pchilik hollarda aynan nanosutrukturada ega katalizatorlar ishlatiladi.

Platina guruhidagi Pt va Pd metallarning amorf nanozarrachalari asosidagi katalizatorlar yuqori effektivlikka ega. Bunday zarrachalar metallarni elektr dispersiylash metodi orqali olinadi. Bu metodning asosida ma'lum ahamiyatga ega metall nishonni lazer vositasida parchalab metallning suyuq zaryadlangan zarrachalarini nanometr o'lchamlarigacha etqazish yotadi. Bu usulda olingan Pt va Pd amorf nanozarrachalar o'lchamlarining kichik chegaraviy dispersiyasiga ega bo'ladi. Natijalar ko'rsatadiki, bunday nanozarrachalar surtilgan namunalar yuqori katalitik aktivlikka egadir.

Lazer elektrodispersiyalash usuli A.F.Ioffe nomidagi FTI da ishlab chiqarilgan bo'lib monodispers metall nanosutrukturalarini olish uchun qo'llaniladi bunda metall nishon kuchli davriy impulsli lazer vositasida ta'sir ettiriladi. Bunda nishondan ajralgan mikrozzarrachalar nostatsionar holatga o'tadi va nanoo'lchamli zarrachalarga bo'linadi. Metall suyuq tomchilarni bo'linishi lazer plazmasida suyuq tomchilarning zaryadlanish effektiga asoslangan. Ma'lumki tomchilar plazma temperaturasi proporsional bo'lgan, potentsialgacha zaryadlanadi va elektronlarning temperaturasi 20-30 eV bo'lganda tomchi zaryadi kiritik kattalikka etadi. Bu holda bu tomchilar beqaror bo'lib, bo'linishni boshlaydi. Bo'linayot zarrachalar o'lchamlari nanometrlarga etganda bo'linishi keskin to'xtaydi.

Tomchilarning stabillashuviga ular sirtidagi elektr maydonning oshishi sabab bo'ladi. Tomchilarning nanoelektrokimyoviy o'lchamlari faqatgina sirt taranglik kattaligiga va erigan metallning chiqish ishiga bo'g'liq bo'ladi. Bunday jarayon natijasida olingan nanometr o'lchamdagi tomchilar tez soviyda. Sovish tezligi taqriban 106 km/sek. Sovigan zarrachalar qattiq nanozarrachalarga aylanadi. Ahamiyatli jihati shundaki, tez sovish natijasida hosil bo'luvchi qattiq nanozarrachalar kristallanishga ulgurmaydi va amorf holatda bo'lib qoladi.

3.2. Nanouglerod metall oksidi asosidagi nanofotokatalizatorlar.

Toshkent yadro fizikasi institutida nanouglerod metall oksidi asosidagi nanofotokatalizatorlarning kolloid eritmalarini ishlab chiqish ilmiy tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Quyoshning ultrabinafsha nurlanishi ta'sirida nanofotokatalizatorlar kunduzigi paytda suv molekulalari ishtirokida OH-radikallarini hosil qiladi.

OH-radikallar organik birikmalar bilan o'zaro ta'sirlashadi. Toshkent yadro institutida olingan. Natijalar ko'rsatadiki MeO va MeB larning rangsizlanishiga 15-60 minutga erishilgan.

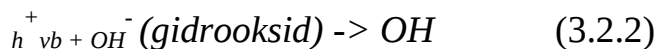
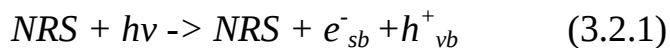
Nonofotokatalizatorlarga asoslangan fotokataliz ifloslangan suvlarni tozalash usullardan biri hisoblanadi. Fotokatalizator atrof-muhit temperaturasiga ishlab biladi va havo, suvda turli kimyoviy va mikrobiologik ifloslantiruvchilarni destruksiyalaydi. Bular: organik metallar, organik kislotalar, bo'yoqlar moylar, mikroorganizmlar (viruslar va xlor rezistent organizmlar shu jumladan). Anorganik molekulalar azot oksidi NO_x va simobni ham destruksiyalash mumkin.

Fotokatalizatorlarning bir necha tipi mavjud bo'lib, ulardan eng keng tarqalgani titan dioksididir Oddiy katalizator TiO_2 ga nisbatan nanozarrachalar kattaroq aktivlikka ega. Chunki ularning solishtirma sirti yirik zarrachalarga nisbatan kattaroq. Suvda erkin nanozarrachalarning ishtirokini bartaraf etish uchun TiO_2 ning nanozarrachalarini yupqa metall plyonka yoki boshqa metallarning sirtiga biriktiriladi.

Ammo malumki nanozarrachalar yashash vaqtini ularning aglomerasiyasiga qadar sozlash mumkin.

Bu esa hosil bo'lgan yirik zarrachalarni suv yoki xavodan biror vaqtga olib tashlash imkoniyatini yaratadi. Bunday yo'l tutish kolloid nanofotokatalizatorlar vositasida suv tutish yoki xavoda gomogen taqsimlangan katalizatorlar effektivligini oshiradi. Metodning organik birikmalar va bakteriyalarning nanofotokatalizatorlar (NRS) yordamida destruksiyalashga asoslangan. Bu nanofotokatalizatorlar ultrabinafsha nurlanish natijasida suv molekulalarini ishtirokida ON radikallarini hosil qiladi. Bu radikallar organik moddalar va

bakteriyalarni parchalaydi. Bu radikallar organik moddalar va bakteriyalarni parchalaydi. Fotokatalik reaksiyalar quyidagilar:



Bu yerda $h\nu$ - yoruglik energiya kvanti h_{vb}^{+} – valent zona teshiklari e_{sb}^{-} – o'tkazuvchan zonasi elektronlari ma'lumki suv va O_2 ishtirokida hosil bo'luvchi aktiv O_2 va radikallar oksidlanish- qaytarilish reaksiyalarida ishtirok etadi va organik molekulalar va bakteriyalar yo'qotadi.

Nonofotokatalizatorlarga quyidagi talablar qo'yiladi:

- ular xavfsiz bo'lishi;
 - ularning suvdagi konsentrasiyasi chegaraviy qiymatidan past bo'lishi;
 - nonozarrachalar biror vaqtda aglomeryatlarni hosil qilishi koagulyatsiyalanishi va yo'nalishi, ya'ni oddiy yirik zarrachalarga aylanishi lozim.
- Fotokatalizatorlar sifatida azotga metallarning turli birikmalari ishlatiladi. Bu birikmalar yarim o'tkazgich xususiyatiga ega bo'lishi kerak.

- Ulardan eng keng tarqalgan TiO_2 odatda nanofotokatalizatorlar tashuvchilarga suriladi.

- Ularning o'lchamlari 1mkm dan katta.

Katta yuza va sirtlarda xarajati katta bo'lganligi uchun ular ishlatilmaydi. Shu sababli yuqoridagi talablarga to'la javob beruvchi tipdagi nonofotokatalizatorlarni ishlab chiqarish zarurati mavjud.

Ma'lumki nonokompozitlar o'zida 2 yoki undan ortiq materiallarning xususiyatlarini o'zida jamlagan bo'ladi va yangi mexanik, fizik va kimyoviy xususiyatlarga ega.

Konyugirlangan materiallarning va metallar nonokompozitorlari, nonozarrachalari turli metall polimer molekulalaridan sintezlanadi.

Nonokompozitorlarning boshqa tipi uglerod nonozarrachalari birikmalari va polimer molekulalariga asoslangan. Masalan: elektrokimyoviy usul vositasida olingan nonouglerod kolloidlari o'zining sirtida korbonil gidroksil va korboksil funksional gruppalariga ega. Bunday nonozarrachalar ularga turli ionlar va molekulalar bilan reaksiyaga kirishishi va nonozarrachalarning modifikatsiyasida ishtirok etishi mumkin. Masalan: nonouglerod nonokompoziti- polimer (NC MC) ni nonofotokatolizator sifatida ishlatishga asoslangan.

Maqsadi: nonouglerod metall oksidi asosidagi nonofotokatalizator va ularning tayyorlanish usullarini o'rganish.

1. havo, suv tuproqning nonofotokatalizatorlar yordamida tozalashning ma'lum usullari o'rganiladi.
2. bu usulning boshqa usullardan afzalligi (oddiy katalizatorlar yoki filtrlardan farqi) o'rganiladi.
3. elektrokimyoviy usulda olingan nonofotokatolizatorlarning fizik xarakteristikasini o'rganish.

4. Metall sifatida NCMC (Ti) Titanli nanofotokatalizator metall oksidi nanokompozitlar asosida elektrokimyoviy usul yordamida olingan.

Jarayoni ikki elektrodli asbobni ishlatishga asoslangan bo'lib unda bitta elektrod yuqori zichlikli OEG4 (Rossiya) izotrop grafitdan ikkinchisi titan plastinkadan iborat. Elektrodlar elektroliz sifatida H_2SO_4 (sulfat kislota) foydalanilgan plastik yacheykaga solingan. Asbobning ishi ikkita takrorlanuvchi operatsiyalardan iborat:

1) 2-10 minut oralig'idagidagi elektroliz. Bunda Ti - elekt anod hisoblanadi.

2) 2-5 minut oralig'idagi elektroliz. Bund uglerodli elektrod anod hisoblanadi.

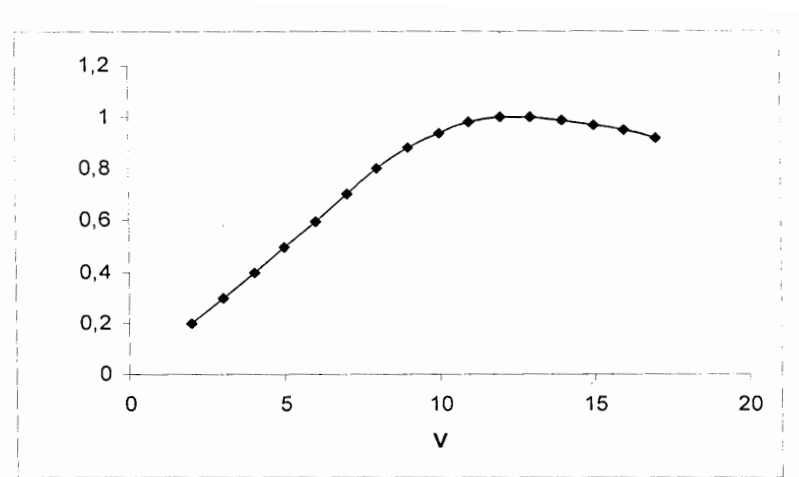
Nanokompozitlarning o'lchamlari va shakllari shaffof elektron mikraskop vositasida aniqlangan (TEM) (LEO-912-OMEGA, Carl Zeiss, Germany). Eritmalarda T_i ning konsentratsiyasini neytron aktivligi evaziga

analiz vositasida namunalarni O'zFA Yadro fizikasi institutida atom reaktorida nurlantirish vositasida aniqlangan (Toshkent, O'zbekiston).

Nanozarrachalarning fotokatalitik aktivligini aniqlash maqsadida metilen zarg'aldoq va metilen moviy (MeB) ning ultrabinafsha nurlash ta'sirida NCMC (Ti) kolloid eritmalarida fotokatalitik oksidlanish jarayoni tadbiq etildi. 150 ml MeO va MeB eritmalarini Petri chashkasiga solinadi. Eritma sirtidan 25sm masofa quvvati 60 Vt bo'lgan ultrabinafsha lampa (DB-60, Rossiya) o'rnatiladi va u ultrabinafsha nurlanish manbai sifatida foydalaniladi 220 nm dan 320 nm gacha intervalda 1 Vt/m² nurlanish quvvati ta'minlangan. Eritmalarda MeO va MeB/g konsentrasiyalari kiselon lampasi Caru 50 UV - Vis spektrofotometrlari yordamida aniqlandi.

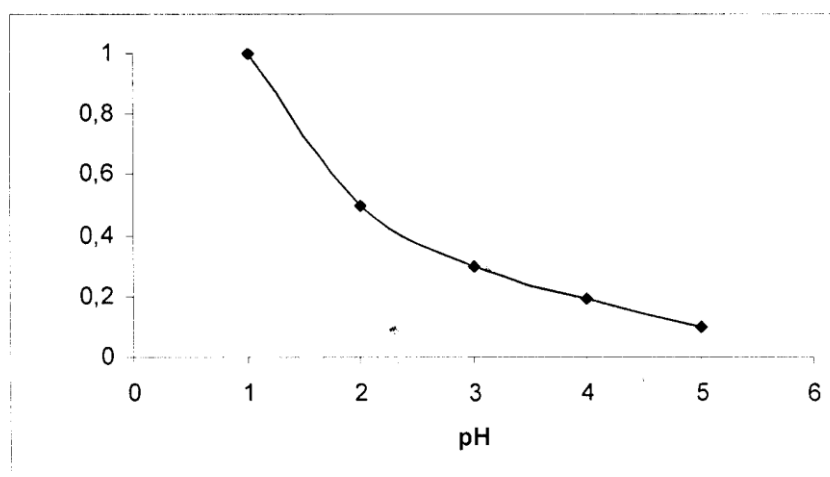
Bakteriyalar bilan tajribalar E.Coli (272) yordamida 18 -36 °S temperatura intervalida o'tkazildi.

PCB sifatida transformator yog'i ishlatildi. Tajribalar ko'rsatdiki elektroliz jarayonida NCMC (Ti) ning chiqishi elektrodlar orasidagi kuchlanish V va eritmaning PH iga bog'liq.



3.2.1 –chizma. Elektroliz jarayonining 6 minut o'tganidan so'ng dC_{Ti}/dt titanning chiqishi elektrodlar orasidagi kuchlanish 12 -13 Vgacha oshishi va sekin – asta kamayadi.

3.2.1 –chizmadan ko‘rinadiki elektroliz jarayonining 6 minut o‘tganidan so‘ng dC_{Ti} / dt titanning chiqishi elektrodlar orasidagi kuchlanish 12 -13 Vgacha oshishi va sekin – asta kamayadi. Bu yerda C_{Ti} - Ti ning elektrolitdagi konsentratsiyasi. Girafikning bunday ko‘rinishi Ti elektrod sifatida 3 valentli titanning hosil bo‘lishi bilan tushuntiriladi elektrod ko‘k rangga bo‘yaladi. 3.2.1 chizma dC_{Ti} / d lar ning eritmada $H_2 SO_4$ konsentratsiyasining elektroliz jarayoni boshlanganida 6 minutdan so‘ng , bog‘lanishini ifodalaydi. Elektrolidning Pi neytral qiymatga yaqinlashgandan so‘ng Ti - elektrod sirtida 3 valentli titan hosil bo‘ladi.

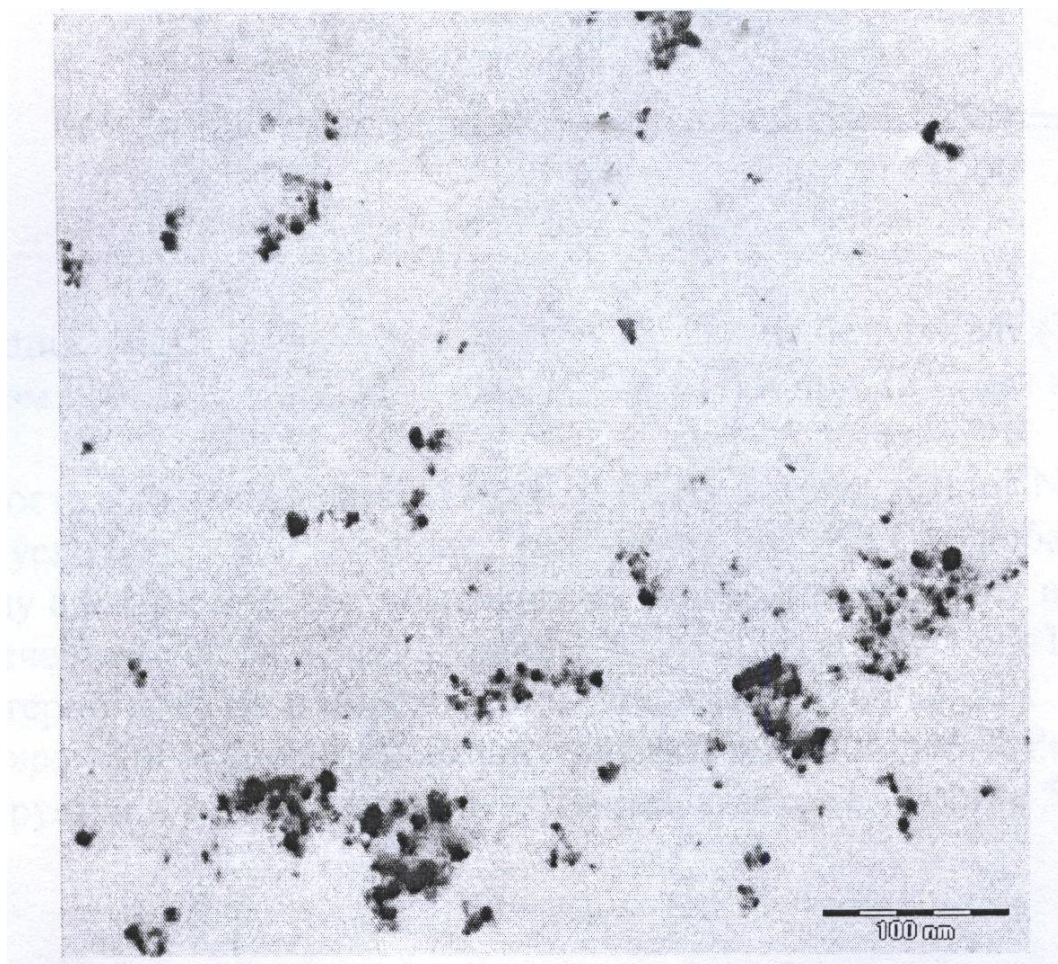


3.2.2-chizma. Elektrolitik jarayonning 1- stadidiyasida ya‘ni titanli elektrod anod bo‘lgan paytda elektrodlar orasidagi elektr toki $3-4 \text{ mA/sm}^2$ ga teng Qutblarni o‘zgartirgandan so‘ng 2- stadiyada 0,1 – 0,2 sekund oralig‘ida elektr toki $180 - 200 \text{ MA/sm}^2$ gacha ko‘tariladi.

Elektrolitik jarayonning 1- stadidiyasida ya‘ni titanli elektrod anod bo‘lgan paytda elektrodlar orasidagi elektr toki $3-4 \text{ mA/sm}^2$ ga teng Qutblarni o‘zgartirgandan so‘ng 2- stadiyada 0,1 – 0,2 sekund oralig‘ida elektr toki $180 - 200 \text{ MA/sm}^2$ gacha ko‘tariladi. Birinchi stakandan davomida titan elektrodda kislarod ajralib chiqadi va uning sirtida titan oksidlari va sulfatlari hosil bo‘ladi. Elektrolitda ajralib chiqqan titan ionlari elektrod sirtiga yaqin nuqtada kislorod bilan oksidlanadi yoki nanozarrachalar sirtida karboksil guruhlarga ega bo‘lgan NCC bilan o‘zaro ta’sirlashadi. Titan

elektrod sirtida shakllantirish yupqa yarim o'tkazgichli qatlam katta qarshilikka ega va elektrodlar orasidagi elektr toki kichik bo'lib taxminan 3-4 mA/m² xuddi shu paytda manfiy zaryadlangan uglerod nanazarrachalari, grafit katoddan uzoqlashadi va uglerod Elektrodning sirtida karbonil (>C=O), gidro oksil (-OH) va karbooksil (CooH) guruhlar shakllanadi.

2 – stadiyada uglerod anodda oksidlanish jarayonlari kechadi Grafid qatlamlari orasidagi itarilishish kuchlari miqdori ular orasidagi Van-der-Vaals tortishish kuchlari katta bo'lib, qutblar o'zgartirilsa uglerod nanozarracha shakllanishi uchun shart-sharoit yaratiladi. Titan katod sirti oksidlardan tozalanadi va elektrodlar orasidagi elektr toki 180-200 mA/m² gacha oshadi. Titan ionlari va titan oksidlari zaryadlangan zarrachalari uglerod nanozarrachalari bilan o'zaro ta'sirlashadi va NCMC (Ti) larni shakllanadi. Zarrachalar sirtida adsorblashgan kislorod Ti (OH)-O- Ti(OH)- ni shakllantiradi. U o'z navbatida fotogenerasiyalashgan teshiklar vositasida OH – radikallarni hosil qiladi. NCMC(Ti) ning chizmai

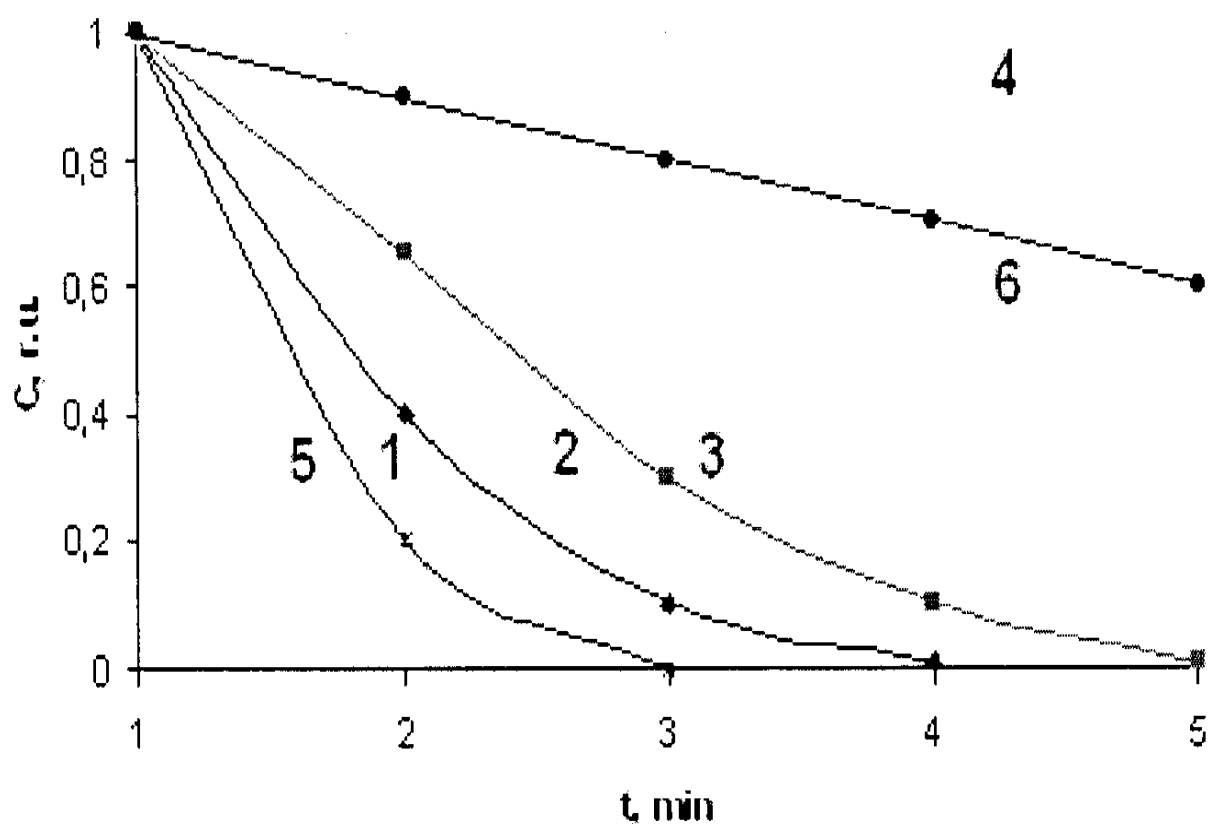


3.2.3-chizma. Nanozarrachalar sferik shakllari

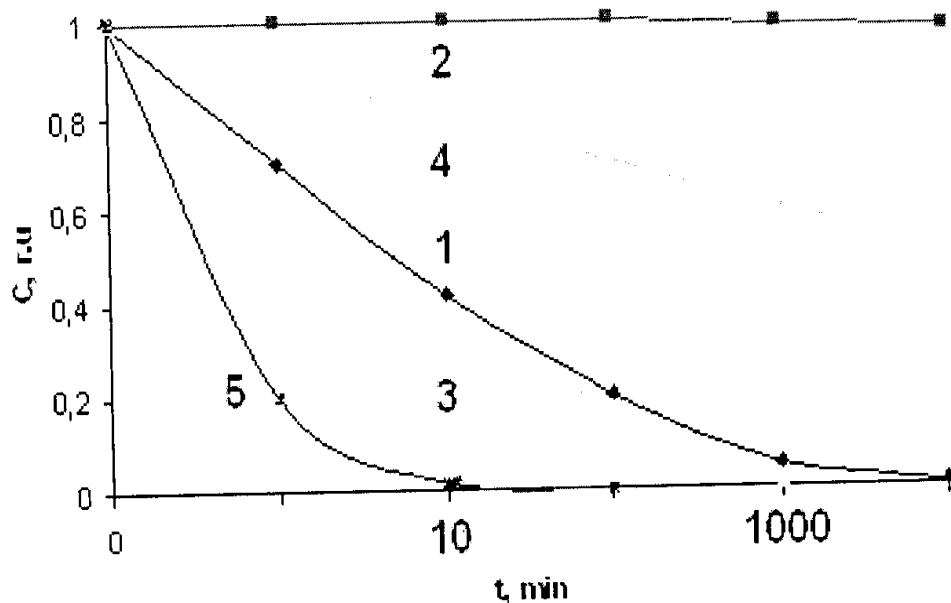
3.2.3- chizmada keltirilgan. Bundan ko'rinadiki nanozarrachalar sferik shaklga ega. Zarrachalar o'lchamlarini o'lchashlar ko'rsatdi-ki, ular diametrlarining o'rtacha qiymati 6 ± 2 nm ga teng ekan.

Fotokatalizator sifatida NCMC(Ti) ni o'zida saqlagan MeO va MeB larning fotodestruksiya jarayoni pH 1,0, 2,0, 4,4 va 7,2 bo'lganda o'rganildi. Destruksiya darajasining 22 °S temperaturadava NCMC(Ti) ning konsentrasiyasi 0,01 mg/l da ultrabinafsha lampa va quyosh nurlari bilan nurlantirilganda eritmaning pH ga bog'liqligi 2.4 va 2.5 chizmalarda keltirilgan.

Bu natijalar ko'rsatadi-ki, pH ning kichik qiymatlarida MeO ning rangsizlanish jarayoni tezroq kechadi.



3.2.4-chizma. ultrabinafsha lampa va quyosh nurlari bilan nurlantirilganda eritmaning pH ga bog'liqligi



3.2.5- chizma. MeB eritmasi 30⁰S temperaturada quyosh nuri ta'siridagi destruksiya

Bu esa H^+ va O^- ning o'zaro ta'siri natijasida eritmada NCMC(Ti) zarrachalar sirtida OH-radikallar soni oshadi MgO molekulalari NCMC(Ti)sirtida adsorblanib, $h^+_{\nu B}$ teshiklar bilan (3-tenglamaga asosan) o'zaro ta'sirlashadi va pH ning kichik qiymatlarida ko'proq OH-radikallarni ishlab chiqaradi. Bu o'z navbatida fotogenerasiyalashgan elektrolarni NCMC(Ti) sirtiga harakatlanishiga olib keladi.

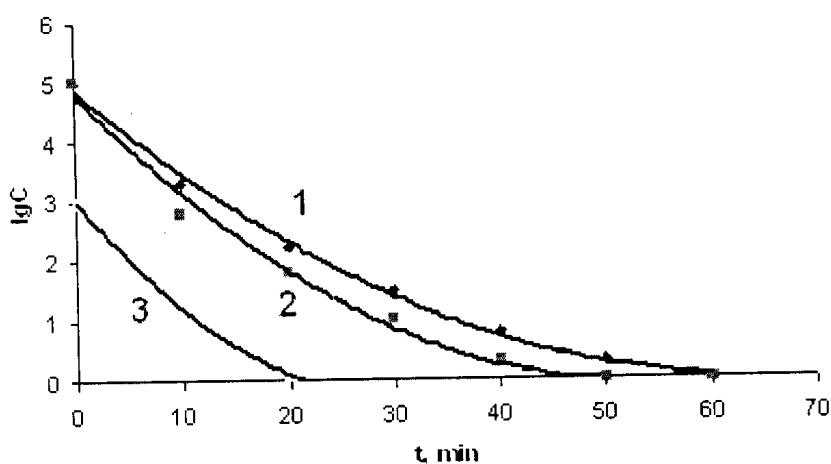
Fotodestruksiya jarayoni ko'pgina faktorga bog'liq:

- organik moddalarning tipiga
- NCMC(Ti) konsentrasiyasiga
- Eritma temperaturasiga
- Ulrtabilafsha nurlanish intensivligiga

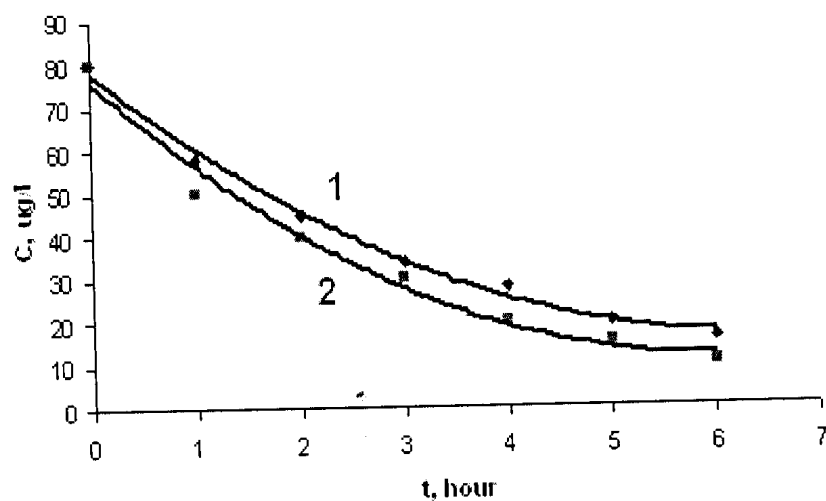
Masalan: temperatura oshishi bilan fotodestruksiya jarayoni tezligi oshadi.

MeB eritmasi 30°S temperaturada quyosh nuri ta'siridagi destruksiya 3.2.5 chizmada keltirilgan.

E-Coli PCBS ning NCMC(Ti) ishtirokidagi laboratoriya sharoitlarida o'rganildi. NCMC(Ti) kolloid eritmalarini suv bilan E-Coli va PCBs joylashgan. Petri chashkasiga aralashtirib, ularni kunduzi soat 11 da quyosh nuri ostiga joylashtirib 6 soat davomida kuzatishlar olib borildi. NCMC(Ti) .. konsentrasiyalari 1 mkg/l va 10 mkg/l larni tashkil etdi 3.2.6, 3.2.7 Suv temperaturasi 30°S bo'lganda bakteriyalar destruksiya ko'rsatilgan.



3.2.6 chizma. Suv temperaturasi 30°S bo'lganda bakteriyalar destruksiya



3.2.7- chizma. Suv temperaturasi 30⁰ S bo'lganda bakteriyalar destruksiya

Elektrokimyoviy usul bilan sintezlangan NCMC (Ti) kolloid eritma fotokatalizatorlar sifatida yuqori effektivlikni ko'rsatdi. MeO, MeB, PCBs va E-Coli lari fotodestruksiya NCMC(Ti) konsentrasiyasi 1 – 10 mkg/l bo'lganda sodir bo'ladi. Organik moddalar va bakteriyalari ultrabinafsha lamp ta'sirida parchalanishi 3-5 minutni tashkil etadi. MeO va MeBg quyosh nuri ostidagi rangsizlanishi 15 – 60 minut, E-Coli parchalanishi 10 - 30 min PCBs ning destruksiya vaqti 6-8 soatni tashkil etdi.

Xulosa

Magistrlik dissertasiyasining III bobi nanotexnologiyalar asosidagi nanofotokatalizatorlarni o'rganishga qaratilgan bo'lib, unda amorf metall nanozarrachalar asosidagi katalizatorlar o'rganilgan. Bu bobda nanouglerod – metall oksidi asosida tayyorlangan fotokatalizatorlarning tayyorlanish texnologiyasi bayon etilgan. Titan dioksidi nanozarrachali katalizatorlar vositasida ifloslangan suv va havoni tozalash mumkinligi ko'rsatib o'tilgan. Bu texnologiyalarning afzalligi shunda-ki, TiO_2 nanozarrachali fotokatalizatorlar atrof-muhit temperaturasida ishlay oladi. Quyoshdan kelayotgan nurlanish tarkibidagi ultrabinafsha nurlar bu nanofotokatalizatorlarni aktivlashtirish uchun yetarli.

Xotima

Nanotexnologiyaning to'la-to'kis va ravshan tarifi yo'q va boz ustiga bo'lishi ham mumkin emas. Ularning qo'llanilish sohasi judayam keng. Bunda, umumiy hol uchun «nano» o'lcham yoki 10^{-9} metr, yanayam aniqroq aytganda esa nanometr darajasidagi texnologik jarayonlar ko'zda tutiladi. Birinchi qarashda o'lcham ahamiyatga ega emasdek tuyulishi mumkin! Biroq «mikro»dan nano o'lchamga o'tish bu birgina miqdoriy emas, eng avvalo sifat jihatdan o'tish o'zgarish jarayonidir. Bunda inson atomlar darajasiga o'tish orqali moddani emas balki alohida atomlarni manipulyatsiya qilishga kirishadi. Bunga mos keluvchi misolni tabiatning o'zidan tanlab olamiz. Uglerod moddasi bir holda oddiygina grafit va boshqa holda esa tabiatning eng qattiq minerali olmos bo'lishi mumkin. Buning sababi olmos atomlarining amalda ideal geometrik figura kub hosil qilib joylashganidadir.

II bobda nanotrubkalarining amaliy qo'llanishi masalalari ko'rib chiqilgan bo'lib unda asosiy e'tibor nanotrubkalar asosida kompyuterlar xotirasini ishlab chiqish nanotranzistorlar, nanodispleylar, nanobatareyalar, metaloeletronika va molekulyar elektronika elementlarini ishlab chiqish o'rganilgan va chuqur tahlil etilgan.

Magistrlik dissertasiyasining III bobi nanotexnologiyalar asosidagi nanofotokatalizatorlarni o'rganishga qaratilgan bo'lib, unda amorf metall nanozarrachalar asosidagi katalizatorlar o'rganilgan. Bu bobda nanouglerod – metall oksidi asosida tayyorlangan fotokatalizatorlarning tayyorlanish texnologiyasi bayon etilgan. Titan dioksidi nanozarrachali katalizatorlar vositasida ifloslangan suv va havoni tozalash mumkinligi ko'rsatib o'tilgan. Bu texnologiyalarning afzalligi shunda-ki, TiO_2 nanozarrachali fotokatalizatorlar atrof-muhit temperaturasida ishlay oladi. Quyoshdan kelayotgan nurlanish tarkibidagi ultrabinafsha nurlar bu nanofotokatalizatorlarni aktivlashtirish uchun yetarli.

ADABIYOTLAR.

1. Блохинцев Д.И. М.: "Наука". 1983 г. "Основы квантовой механики". 50-55 стр
 2. Дьячков П.Н. // Природа № 11, 2000. «Углеродные нанотрубки. Материалы для компьютеров XXI века» 34-36 стр.
 3. Козырев С.В. Роткин В.В. // ФТП.1993.Т.27.вып. 9стр.
 - 4.Миронов В.Л. г. Нижний Новгород: РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК ИНСТИТУТ ФИЗИКИ МИКРОСТРУКТУР, 2004. «Основы сканирующей зондовой микроскопии» 24-25стр
 5. Пул Ч., Оуэнс Ф. М.: Техносфера. 2005. «Нанотехнологии» 44-48стр
 6. Рамбиди Н.Г., М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. «Нанотехнология и молекулярные компьютеры» 22-55стр
 7. Суздаев И.П. М.: КомКнига. 2006. «Нанотехнология. Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов.» 3-7стр
 - 8.Харрис П. М.: Техносфера. 2003 «Углеродные нанотрубки и родственные структуры. Новые материалы XXI века.» 28-62 стр
 9. Чаплыгин А.Н. М.: Техносфера. 2005. «Нанотехнологии в электронике» 5-18 стр
 10. Khaydarov R.A, Khaydarov R.R., Gapurova O., Water purification from metal ions using carbon nanoparticle-conjugated polymer nanocomposites, Water Research, Volume 44, Issus 6, 2010, p. 1927-1933.
 11. W.Z.Tang, H.An.UV/TiO₂ Photocatalytik Oxidation of Commercial dyes in Aqueous Solutions. Chemosphere 31 (1995) 4157-4171.
- <http://www.ru.wikipedia.org/wiki/> Нанотехнология
- <http://www.rusnano.com/> Нанотехнологии
- <http://www.nanometr.ru/> Нанотехнологии
- <http://www.nanoru.ru>. Журнал Российские нанотехнологии

