

NANO QOPLAMALI METALL TUZILMALARNI FIZIK-KIMYOVIY VA MEXANIK XUSUSIYATLARINI TADQIQOTI

t.f.f.d. (PhD) dotsent, **G.Sh.Tuganov**

Harbiy aviatsiya institutining

Aviatsiya jihozlari sikli boshlig'i

Antatsiya: Ushbu maqolada ilmiy-texnik yo'nalishning muhim tarkibiy qismlaridan biri nanomateriallar ishlab chiqish va o'rganish, shuningdek turli xil sharoitlarda olingan nanostrukturalarning xususiyatlarini o'rganish yoritib berilgan.

Kalit so'zlar: nanokristalin, nanokompozit, nanofaza, strukturaviy elementlar, nanotexnologik chegara, nanodevizalar, nanofiltrlar, xususiyat.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СТРУКТУР С НАНОПОКРЫТИЯМИ

д.ф.т.н. (PhD) dotsent, **G.Sh.Tuganov**

начальник цикла авиационного оборудования

Военно-авиационного института

Аноттация: В данной статье освещается изучение разработки и исследования наноструктурированных материалов, являющийся одной из научно-технического направления, а также свойств полученных наноструктур в различных условиях

Ключевые слова: Нанокристал, нанокomпозит, нанofаза, структурные элементы, нанотехнологические нноустройства, нанofильтры, свойства.

INVESTIGATION OF PHISICO –CHEMICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF NANO – COATED METAL STRUCTURES

(PhD), Associated professor **G.Sh.Tuganov**

This article highlights the development and investigation of nanostructured materials, which constitute an important component of the scientific and technical field, as well as the study of the properties of the obtained nanostructures under various conditions.

Key words: nanocrystal, nanocomposite, nanophase, structural elements, nanotechnological, nanodevices, nanofilters, property.

Hozirgi vaqtda biz ishonch bilan ayta olamizki, nanoskal tuzilishlarni o'rganish (nanostrukturalar) "nanotexnologiya" yo'nalishiga tegishli. Ushbu ilmiy-texnik yo'nalishning muhim tarkibiy qismlaridan biri nanotuzilmali materiallarni (bundan keyin - nanomateriallar) ishlab chiqish va o'rganish, shuningdek turli xil sharoitlarda olingan nanostrukturalarning xususiyatlarini o'rganishdir. O'lcham shkalasiga ko'ra, donning o'lchami $\sim 0,3$ dan $0,04$ mkm gacha bo'lgan materiallar submikrokristallikdir [1-3].

Kichikroq tarkibiy qismlar nanomateriallarga tegishlidir. Nanomateriallar (**nanokristalin, nanokompozit, nanofaza** va boshqalar) odatda strukturaviy elementlar (**donalar, kristallitlar, tolalar, qatlamlar, kovaklar**) nanotexnologik chegarasi 100 nm ($1\text{ nm} = 10^{-9}\text{ m}$) dan oshmaydigan materiallar sifatida tushuniladi, kamida bitta yo'nalishda. Nanomateriallar inson faoliyatida amaliy qo'llanadigan boshqa moddalar bilan solishtirganda ularni raqobatdan tashqariga chiqaradigan bir nechta asosiy xususiyatlar bilan ajralib turadi. Birinchidan, barcha nanomateriallar haqiqatan ham ko'zga ko'rinmaydigan juda mayda zarralardan iborat. Bu birinchi plyus-superminiator, bu nanelektronika uchun juda muhim bo'lgan, masalan, nanelektronika uchun yoki juda zich magnitlangan ma'lumotni $1\text{ kvadrat santimetr}$ uchun 10 Ttrabitgacha olish uchun bir nechta maydonga ko'proq funktsional nanodevizalarni o'rnatish mumkinligiga olib keladi. Ikkinchidan, nanomateriallar 70ata sirt maydoniga ega bo'lib, ular va ular joylashtirilgan muhit o'rtasidagi o'zaro ta'sirni tezlashtiradi. Masalan, kattalik faol materiallar o'n minglab yoki hatto millionlab marta kimyoviy yoki biokimyoviy reaksiyalarni tezlashtirishi mumkin yoki toksinlar. Titan oqining tarkibiy qismi sifatida

tanilgan titan dioksidi nanopartikullari ishtirokida vodorod energiyasi uchun vodorod va kislorodga suvning ajralishi qiziqarli dastur hisoblanadi. Nanofiltrlar bakteriyalarni tekshirishga yoki aralashmalar yoki toksinlarni samarali singdirishga imkon beradi. Uchinchi, nanomateriallar noyobdir, chunki bunday modda maxsus, “nanoskal” holatda bo’ladi. Asosiy xususiyatlarning o’zgarishi nafaqat kichik o’lchamlarda, balki interfeyslarning dominant roli bilan kvant-mexanik ta’sirlarning namoyon bo’lishi bilan ham bog’liq.

Nanostrukturalarning xususiyatlari quyidagilarga nisbatan kamayadi:

- elementlar hajmining pasayishi bilan interfeysning roli sezilarli darajada oshadi (yaqin atomlarning u-71ata71eter o’lchamlari oralig’idagi interfeysning xossalari qo’pol donador materiallar uchun juda 71ata farq qilishi mumkin (chekka effektlar); lushi foiz fraktsiyalaridan-71ata71eter o’lchovlari oralig’idagi interfeysning xossalari qo’pol donador materiallar uchun juda 71ata farq bo’lishi mumkin (chekka effektlar); bir necha o’nlab foizgacha ko’payadi);

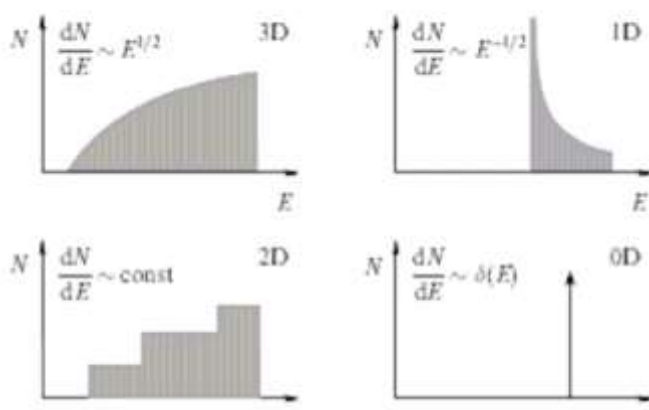
- Nanostrukturadagi o’lchamdagi effektlar kvant xarakteriga ega bo’lishi mumkin (erkin tashuvchini mahalliyashtirish hajmi de Brogli to’lqin uzunligi λ bilan taqqoslanganda, (1.4-rasm).

$$\lambda = h / \sqrt{2mE} \quad (1.1)$$

bu erda m - elektronning samarali massasi;

E - tashuvchining energiyasi;

h - bu Plank doimiysi.



1.4 – Pacm. Turli o'lchamdagi qurilmalardagi zaryad tashuvchilar uchun $N(E)$ holatlar zichligi

Makroskopik tuzilmalar $N(E)$ elektron holatlar zichligining energiyaga kvadratik bog'liqligi bilan tavsiflanadi. Shrödinger tenglamasini tegishli chegara shartlari bilan echilishidan kelib chiqqan holda, bitta, ikkita yoki uch yo'nalish bo'yicha tashuvchilarning lokalizatsiyasining hududlarini (gacha pasayishi $N(E)$ bog'liqliklarining tabiatini o'zgarishi bilan birga keladi.



1.5-rasm. Turli xil zaryadlarning fazalarini o'z ichiga olgan nanokompozitlarning tuzilish sxemalari [2]

Ikki va bir o'lchovli tuzilmalar ichida, zaryad tashuvchilarning erkin harakati mos ravishda ikki o'lchovli va bir o'lchovli bo'ladi. Kvantli nuqtalarda elektronlarning energiya spektri uch o'lchovda "kvantlanadi" va taqiqlangan davlatlar chegaralari bilan ajratilgan diskret darajalar to'plamidir.

1.5-rasmda turli xil zaryadlangan kristallitlardan tashkil topgan nanokompozitlarning sxemalari keltirilgan: a) strukturada p- (yarimo'tkazgichlar) va n-kristallitlar (elektron

o'tkazgichlar); b) turli Fermi energiyalari bilan fazalar; v) metallar va yarimo'tkazgichlar. Tashqi elektromagnit maydonning qo'llanilishi interfeysning zaryadini o'zgartiradi.

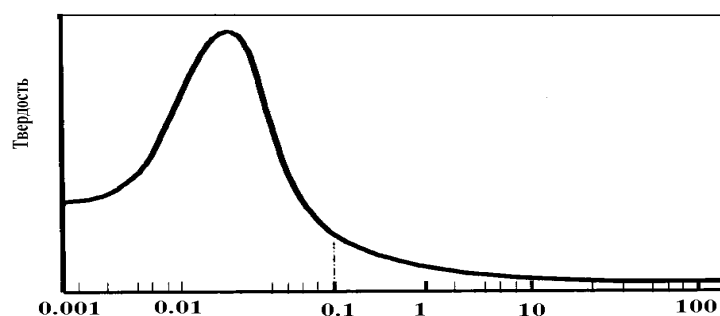
Mexanik xususiyatlari. Nanokristall tuzilmalarning shakllanishi massaviy analoglarga nisbatan xususiyatlarning o'zgarishiga olib keladi, xususan, nanokristall materiallarning mexanik xususiyatlarining sezilarli darajada oshishiga olib keladi, ular orasida, avvalambor, g'ayrioddiy darajada yuqori qattqlikni ta'kidlash kerak. Qattqlik materialning plastik deformatsiyaga chidamliligini tavsiflaganligi sababli, undan qattiq jism, masalan, olmos, ichiga bosilganda, qattqlik va materialning rentabellik darajasi o'rtasida mutanosib bog'liqlik mavjud. (σ_y). Tarixan, bu materialning rentabellik kuchi birinchi bo'lib, uning kattaligiga bog'liqligi uchun batafsil tahlil qilingan, natijada Xoll-Petch qonuni deb ataladigan munosabatlar olingan.

$$\sigma_y = \sigma_0 + k_y D^{-n}, \quad (1.2)$$

bu erda: σ_0 - bu joyning harakatlanishiga to'sqinlik qiladigan ichki stress,

k_y donning chegarasini dislokatsiyaning harakatiga o'tkazuvchanligi bilan bog'liq bo'lgan koeffitsient bo'lib, n ning qiymati $\frac{1}{2}$ dan (klassik Xol-Petch qonuni) $\frac{1}{4}$... 1 oralig'ida joylashgan qiymatlarga qadar o'zgaradi. N eksponentining har bir qiymati dislokatsiyaning don chegaralari bilan o'zaro ta'sirining xarakterli mexanizmiga mos keladi deb ishoniladi. Shu bilan birga, 10-6 m dan oshiq don o'lchamlari uchun klassik qonunning juda yaxshi bajarilganligi metal va qotishmalar uchun $n = 1/2$ indeksiga ega.

1.6-rasmda don hajmining kritik hajmgacha (taxminan 10 nm) pasayishi bilan hosilning qattqligi, hosildorlikning o'zgarishi diagrammasini ko'rsatadi. Dislokatsiya manbaini ishlashi uchun don hajmini 10 nm ga etkazishning muhimligi yuqori aniqlikdagi elektron mikroskopiya bilan tasdiqlangan. Hajmi $d < 10$ nm bo'lgan kristallitlarda dislokatsiyalar bo'lmaydi va don bilan chegaralangan faza amorfga yaqin [2-4].



Don o'lchami, MKM

1.6-rasm. Qattiqligicha o'zgarishi sxemasi, don hajmining pasayishi bilan hosil berish quvvati

Donning hajmi 7 nm yoki undan pastroqqa tushganda, hajmi pasayganda qattiqlikni oshirish o'rniga teskari Hall-Petch effekti, ya'ni. yumshatish don hajmining pasayishi bilan sodir bo'ladi. 1.2.-1.3 jadvallarida donlarning miqdoriga qarab metallarning mexanik xususiyatlarining o'zgarishi natijalari ko'rsatilgan.

Nanokristall materiallarni kritik darajadan past bo'lgan donalarning deformatsiyasi paytida anomal xatti-harakatlarni tushuntirish uchun bir nechta mexanizmlar taklif qilindi. Bunga don chegaralari bo'ylab sirpanish (ba'zan aylanish yumshatish deb ataladi), uch tomonlama birikmaning ta'siri, nanoporlarning mavjudligi va inklüzyonlar va boshqalar kiradi.

1.2-jadval

Oddiy va nanokristall nikelning mexanik xususiyatlari

Xususiyatlari	Oddiy 10 mkm	Nano - Ni	
		100 HM	10 HM
Kuch, MPA (25 °C)	103	690	>900
Zo'r kuchlanish kuchi, MPA (25	403	1100	>2000
Vickers qattiqligi, kg / mm ²	140	300	650

1.3-jadval

Don hajmiga qarab mexanik xususiyatlarning o'zgarishi

Material	O'lcham i	T, °C	Mustahkamlik k chegara-si, MPa	Buzilishgacha bo'lgan nisbiy mustahkamlik
Titan qorishma	50	20	380	29
	0,1		730	18
VT6 Titan qorishma	10	20	1050	9
	0,4		1300	7
	10	600	585	46
	0,4		200	200
VT8 Titan qorishma	5	20	1050	45
	0,06		1400	53
RSR Rene 80 Nikel	100	20	375	30
	0,2		850	33
Al-Mg-LiSc-Zr	10	20	450	5
	0,2		600	6
Po'lat Fe-25%Cr- 0.2%Ti0.12C	50	20	485	26

Xulosa. Ko'pgina hollarda, bir tomondan, strukturaviy elementlar va qatlam qalinligining nanoskalgacha pasayishi qoplamalarning mexanik xususiyatlarining yaxshilanishiga olib keladi, boshqa tomondan esa qoplamalarning termal va vaqtincha barqarorligiga ta'sir qiladi. Ionning cho'kishi paytida qoplam hosil bo'lishi jarayonida nafaqat donni tozalash, balki nuqsonlar zichligining oshishi, siqilish kuchlanishining shakllanishi sodir bo'ladi, bu esa qattiqlikning sezilarli pasayishiga va shu sababli barqarorlikka olib keladi.

ADABYOTLAR

1. Андриевский Р.А., Рагуля А.В. Наноструктурные материалы.-М.: Академия-2025.-164 с.

2. Нанотехнологии в ближайшем десятилетии. Прогноз направления исследований / под. ред. Роко М.К., Вилямса Р.С., Аливисатоса П.;.-М.:Мир, 2022.-292 стр.
3. Лякишев Н.П., Алымов М.И. // Роснанотехнологии, Т.1, №1-2, 2006, с.71-81.
4. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. – М.: Физматлит, 2025, 416 стр.