

**O'ZBEKISTON RES'UBLIKASI OLIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM
VAZIRLIGI**

SAMARQAND DAVLAT UNIVERSITETI

FIZIKA FAKULTETI

Qo'l yozma huquqida

UDK: 538.214.538.63

Sharofova To'lg'anoy Sunnat qizi

**Doimiy magnit maydonining yupqa fe/cu/fe ko'p qatlamli tuzulmalarning
o'sish jarayoniga va magnit qarshiligiga ta'sirini o'rganish.**

**Mutaxassislik: 5140203 – Geliyofizika va quyosh energiyasidan foydalanish
mutaxassisligi bo'yicha magistr darajasini olish uchun.**

MAGISTR AKADEMIK DARAJASINI OLISH UCHUN YOZILGAN

DISSERTATSIYA

Ish ko'rib chiqildi va himoyaga qo'yildi.

Ilmiy rahbar: Arziqulov E.U.

Umumiy fizika kafedrasi mudiri:

dots.

<<____>> _____ 2018 yil

Samarqand – 2018.

MUNDARIJA

KIRISH.....	5
I BOB. VAKUUMDA YUPQA METALL QATLAMLARNI OLISH TEKNOLOGIYALARI	7
1.1. Yupqa qatlamlarni hosil qilish usullari.....	7
1.2. Rezistiv va induksion bug‘latkichlar.....	17
1.3. Qatlamlar olishning fizik-kimyoviy usullari.....	25
1.4. Yupqa metall qatlamni olish qurilmasi (VUP-5 qurilmasi misolida).	27
II BOB. METALL QATLAMLARNING ELEKTR O‘TKAZUVCHANLIGI.....	40
2.1. Yaxlit metall qatlamlarning elektr o‘tkazuvchanligi va ularning o‘lchamlarga bog‘liqligi.....	40
2.2. Yupqa qatlamli qarshiliklar.....	43
III BOB. TAJRIBA NATIJALARI VA ULARNING TAHLILI.....	51
3.1. Yupqa magnit pardalar magnit qarshiligini o‘lchash.....	53
3.2. Moddalarining yupqa qatlamlarini hosil qilish va ular sirtining morfologiyasini tadqiq qilish.....	59
3.3. Fe/Cu/Fe yupqa pardasida olingan kontakt elektr xossasi.....	71
3.4. Fe/Cu/Fe yupqa pardasi magnit qarshiligini o‘lchash natijalari.....	79
Xulosa.....	82
Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati.....	83

KIRISH

Magistrlik dissertatsiyasi mavzusining asoslanishi va uning dolzarbligi. XX asrning o'rtalarida xalq xo'jaligi va texnikada barcha sohalarida ilmiy-texnik rivojlanish bilan xarakterlanadi. Uning asosiy harakatlantiruvchi omillaridan biri, juda tez rivojlanib, o'z rivojlanishi bo'yicha barcha sohalardan oldinda borayotgan elektron texnikasi hisoblanadi. Bunday holat elektron texnikasining ulkan imkoniyatlari bilan bog'langan bo'lib, hisoblash texnikasi qurilmalarini, agregatlar, ularning komplekslari, texnologik jarayonlar, ma'lumotlarni vizual aks ettirish va boshqalarni yaratish kabi vazifalarni yechishdagi imkoniyatlaridir.

2007 yilgi Nobel mukofoti ko'p qatlamli ferromagnit va nomagnit pardalarda gigant magnit qarshiligi effekti (GMQ) uchun berilgan edi. Bunday yuqori darajadagi mukofot GMQ effektining DVD qurilmalarida yozuchi kallak sifatida ishlatilishi va magnit yozuvining o'ta yuqori darajadagi zichligini ta'minlashi tufayli berilgan. Shundan boshlab ko'p qatlamli ferromagnit va nomagnit pardalar olish va ularning elektr va magnit xossalarini o'rganish zamonaviy fizika va texnikaning asosiy masalalaridan biriga aylandi [16].

Yupqa ferromagnit pardalar olish va ularning transport xossalarini o'rganish zamonaviy fizikaning dolzarb muammolaridan biri bo'lib hisoblanadi. Mazkur magistrlik dissertatsiyasida vakuumda termik changlatish usuli yordamida Fe/Cu/Fe ko'p qatlamli tuzulmalarini olish va ularning magnit qarshiligini o'rganish masalasi qo'yilgan.

Tadqiqot obyekti va predmeti. Tadqiqot obyekti sifatida sitall taglik sirtida vakuumda termik changlatish usuli bilan olingan yupqa Fe, Cu va Fe/Cu/Fe qatlamlari xizmat qiladi. Tadqiqot predmeti sifatida esa yupqa pardalarning o'sish jarayoniga doimiy magnit maydoni ta'sirini hamda olingan yupqa pardalarning VAXsi va magnit qarshiligini o'rganishdan iborat.

Tadqiqot maqsad va vazifalari: Ushbu magistrlik dissertatsiyasida vakuumda termik changlatish usuli yordamida Fe/Cu/Fe ko'p qatlamli

tuzulmalarini olish va ularning magnit qarshiligini o'rganishdan iborat. Bu maqsadga erishish uchun quyidagi vazifalar magistrlik dissertatsiya ishi uchun bajarilishi zarurligi asos qilib qo'yildi.

1. VUP-5 qurilmasi yordamida Fe/Cu/Fe yupqa qatlamlarini olish texnologiyasi o'rganib, yupqa Fe/ Cu/Fe ko'p qatlam tuzulma olish.

2. Olingan Fe, Cu va Fe/Cu/Fe ko'p qatlamlarining VAXsi va magnit qarshiligini o'rganish.

3. Olingan Fe, Cu va Fe/Cu/Fe magnit qarshiligini o'lchash natijalarini tahlil qilish va ularning amaliyotda qo'llash istiqbollari aniqlash.

Tadqiqotlarning ilmiy yangiligi: Fe, Cu va Fe/Cu/Fe yupqa qatlamlari o'sishi jarayoniga doimiy magnit ta'sir qilganda yupqa qatlam bir jinsligi ortib parda sifati yaxshilanishi va bu pardalarda katta manfiy magnit qarshiligi kuzatilishi tadqiqotlarning ilmiy yangiligini tashkil qiladi.

Tadqiqotning asosiy masalalari va farazlari. Ko'p qatlamli ferromagnit va nomagnit pardalar olish va ularning elektr va magnit xossalarini o'rganish zamonaviy fizika va texnikaning asosiy masalalaridan biriga aylandi.

Yupqa ferromagnit pardalar olish va ularning transport xossalarini o'rganish zamonaviy fizikaning dolzarb muammolaridan biri bo'lib hisoblanadi. Mazkur magistrlik dissertatsiyasida vakuumda termik changlatish usuli yordamida Fe/Cu/Fe ko'p qatlamli tuzulmalarini olish va ularning magnit qarshiligini o'rganish masalasi qo'yilgan.

Tadqiqot mavzusi bo'yicha adabiyotlar sharhi. Bizga ma'lumki, GMQ li materiallarning ma'lum turlari shu vaqtgacha hosil qilingan bo'lib ularning tan narxi va olish texnologiyasi bir muncha murakkabligini ko'rish mumkin. Ko'p qatlamli tuzulmalarini olish va ularning magnit qarshiligini o'rganish bugungi kunda zamonaviy fizikaning oldida turgan muhim masala hisoblanib, bu sohada jadal izlanishlar olib borilmoqda. 2007 yilgi Nobel mukofoti ko'p qatlamli ferromagnit va nomagnit pardalarda gigant magnit qarshiligi effekti (GMQ) uchun

berilgan edi. Bunday yuqori darajadagi mukofot GMQ effektining DVD qurilmalarida yozuchi kallak sifatida ishlatilishi va magnit yozuvining o'ta yuqori darajadagi zichligini ta'minlashi tufayli berilgan. Shundan boshlab ko'p qatlamli ferromagnit va nomagnit pardalar olish va ularning elektr va magnit xossalarini o'rganish zamonaviy fizika va texnikaning asosiy masalalaridan biriga aylandi [16].

Mazkur magistrlik dissertatsiyasida vakuumda termik changlatish usuli yordamida Fe/Cu/Fe ko'p qatlamli tuzulmalarini olish va ularning magnit qarshiligini o'rganish qo'yilgan.

Tadqiqotda qo'llanilgan metodikaning tavsifi. Fe/Cu/Fe ko'p qatlamli tuzulmalarni olish jarayonida yuqori vakuumda va yuqori kuchlanishda atomlarning emissiyalanishi va emissiya natijasida bug'langan atomlarning yupqa qatlam hosil qilib taglik ustiga cho'kma hosil qilib Fe/Cu/Fe strukturaning hosil bo'lishida kerakli metod qilib tanlab olindi. Bunday metod bilan olingan yupqa qatlamlar o'zaro birikishi mustahkam tuzulma hosil qiladi.

Tadqiqot natijalarining nazariy va amaliy ahamiyati: Fe, Cu va Fe/Cu/Fe yupqa qatlamlari o'sishi jarayoniga doimiy magnit ta'siriga bag'ishlangan tadqiqotlar natijasida yupqa qatlam bir jinsligi ortib parda sifati yaxshilanishi yupqa pardalar o'sishi mexanizmlari nazariyasini yanada rivojlantirishga hissa qo'shadi. Olingan natijalarning amaliy ahamiyati shundagi berilgan sifatdagi ferromagnit yupqa pardalar olish uchun ularga o'sish jarayonida doimiy magnit maydonini ta'sir qildirish amaliy ishlarda yaxshi natijalar beradi.

Magistrlik dissertasiya ishining tuzilishi va hajmi: Magistrlik dissertatsiyasi tuzilish jihatdan kirish, 3 ta bob, 10 ta paragraf, umumiy xulosa va foydalanilgan adabiyotlar ro'yxatidan iborat bo'lib, uning asosiy hajmi 76 sahifani tashkil qiladi. Unga 40 ta rasm, 8 ta jadval kiritilgan.

Ushbu magistrlik dissertatsiyasi bo'yicha qilingan ishlar asosida 2 ta tezis:

1. “Ta’lim, fan va ishlab chiqarish integratsiyasida intellektual salohiyatli yoshlar – mamlakat taraqqiyotining muhim omili” mavzusidagi XIV Respublika ilmiy-amaliy konferensiyasi. I qism. 2017-yil 27-may. Samarqand 2017;

2.“Magistrantlarning XVII ilmiy konferensiyasi”. 2018-yil 19-mart. Samarqand Davlat Universiteti. chop etilgan.

I BOB. VAKUUMDA YUPQA METALL QATLAMLARNI OLISH TEXNOLOGIYALARI

1.1.1. Yupqa qatlamlarni hosil qilish usullari.

1960-65 yillargacha elektronikaning hamma sohalarida (radiotexnika, televidenie, radioaloqa va h.k.larda) ishlatililadigan har xil turdagi radiolampalarda quyidagi kamchiliklar mavjud edi:

ularning o'lchamlarining nisbatan juda kattaligi;

ularni ishlatish uchun qo'shimcha ko'p ta'minlash manbalar va elementlar kerak bo'lishi (masalan, katodni qizdiruvchi manba);

shovqin juda katta bo'lganligi sababli past quvvatli signallar bilan ishlashning qiyinligi;

signallarni boshqarish uchun qo'llaniladigan ko'p turdagi passivelementlarning (qarshilik, kondensator, drossell va h.k.lar) o'lchamlarining kattaligi.

70-yillardan boshlab yuqorida aytilgan sohalarda asosan yarimo'tkazgichli asboblarni ishlatish boshlandi. Bu soha rivojlanib aktiv elementlar hosil qilishda qalinligi 100-200 mkm dan oshmaydigan pardalardan foydalanish mumkinligi aniqlandi. Bunga asoslangan elektronika esa *mikroelektronika* deb atala boshladi.

Hozirgi paytda zamonaviy *nanoelektronika* shiddat bilan rivojlanmoqda va bunda qalinliklari birdan tortib o'nlab nanometrlargacha ($1\text{nm}=10^{-9}\text{m}$) bo'lgan pardalarni ishlatish ustida ilmiy tadqiqot va muhadislik loyihalash ishlari olib borilmoqda. Bunday pardalar ustma-ust, qatlam-qatlam qilib joylashtirilib aktiv va passiv elementlar hosil qilishda ishlatilishi mumkin. Bunday tizimlarda 1sm^2 sirtida yupqa pardalarga asoslangan yuz minglab, millionlab va undan ko'proq sondagi elementlarni joylashtirish mumkin. Ular asosida hosil qilingan integral sxemalarni *katta va o'ta katta integral mikrosxemalar* deb ataladi.

Demak, kerakli maqsadlarda ishlatilishi mumkin bo'lgan yupqa qatlamlarni hosil qilish, ularning tarkibini, kristall va elektron tuzilishini, fizik va kimyoviy xususiyatlarini o'rganish fanning ahamiyatini belgilasa, olingan yupqa

pardalarning asbob sifatida ishlatilishi uning xalq xo'jaligida va texnikada qo'llanilishini aks ettiradi.

Yupqa qatlam hosil qilishning xilma xil usullari mavjud. Lekin bu usullarni qo'llash natijasida kerakli moddaning atomlari taglik yuzasiga tartib bilan o'tqaziladi, keyin bu tizimga turli tashqi ta'sirlar: harorat, lazer nurlari, elektronlar yoki ionlar dastasi yordamida ishlov berilib kerakli parda hosil qilinadi. Umuman parda hosil qilish usullarini shartli ravishda quyidagi turlarga bo'lishimiz mumkin:

- a) gaz fazali
- b) qattiq fazali
- c) reaktiv
- d) ionlar yordamida va hokazo.[3]

Shunday qilib yupqa pardalar olish uchun foydalaniladigan qurilmada quyidagi shartlar bajarilishi kerak:

1. Parda hosil qilish jarayoni imkon qadar yuqori vakuumda amalga oshirilishi kerak.

2. Bunday qurilmada kamida ikkita tizim mavjud bo'lishi kerak:

- taglik tizimi. Uni qizdirish, tozalash, siljitish va kerakli burchakka burish imkoni bo'lishi kerak;

- bug'lantiruvchi sistema. U hosil qilish uchun kerakli atomlar (molekulalar) manbai bo'lishi kerak.

3. Hozirgi zamon qurilmalarida aytilganlardan tashqari hosil qilinayotgan pardaning qalinligini, tarkibini, kristall tuzilishlarini hamda ayrim xususiyatlarini o'rganish uchun kerak bo'ladigan tizimlar mavjud bo'ladi.

1.1.2. Adsorbsiya. Fizik va kimyoviy adsorbsiya.

Parda hosil bo'lishi uchun kerakli qattiq jism asosning yuzasiga boshqa jism atomlari kelib o'tirishi shart. Qattiq jismning yuzasiga har qanday chetki atomlarning kelib o'tirish hodisasi *adsorbsiya* deyiladi. Bunda asos *adsorbent*, kelib o'tirgan atom esa *adsorbat* deb yuritiladi.

Kelib o'tirgan atomlarning adsorbent atomlar bilan qanday holatda ekanligiga qarab fizikaviy va kimyoviy adsorbsiyalar mavjud bo'ladi.

Agar adsorbat va adsorbent atomlari orasida elektronlarning almashuvi (yoki umumlashuvi) ro‘y bermasa, *fizikaviy adsorbsiya* deyiladi.

Agar adsorbsiya jarayonida yuqorida aytilgan atomlar orasida elektronlar almashinuvi ro‘y bersa, bunday adsorbsiya *kimyoviy adsorbsiya (xemosorbsiya)* deyiladi.

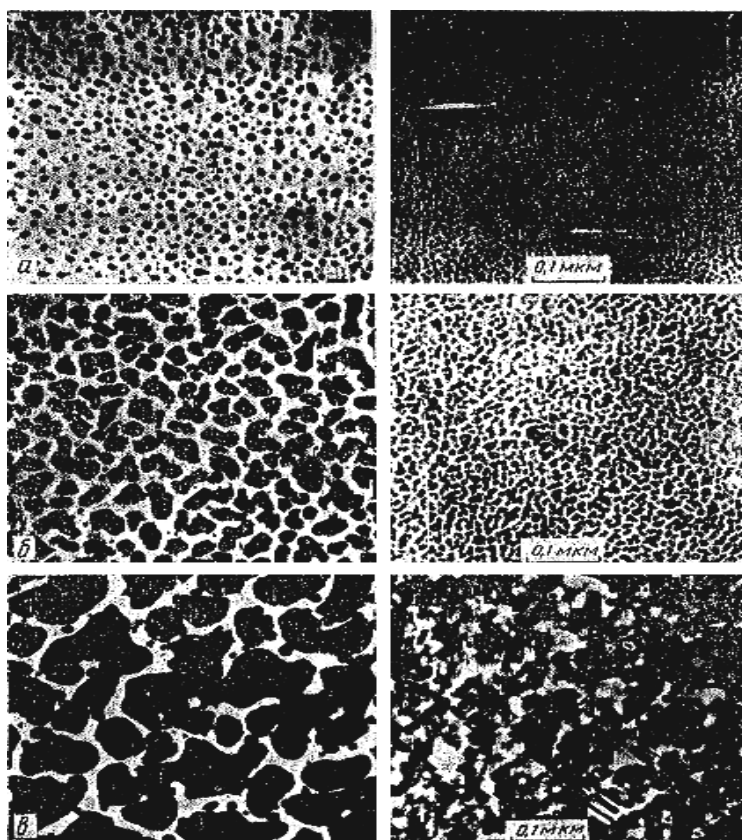
Adsorbsiya natijasida parda hosil bo‘lishining eng umumiy holini ko‘rib chiqamiz: bunda qattiq jismning yuzasida alohida-alohida atomlar yoki atomlarni guruhlari (2-15 atom) hosil bo‘ladi. Biz ularni ***parda hosil bo‘lish markazlari*** deb ataymiz. Bu markazlar atrofida atomlar to‘planib ular ham kengayadi, ham o‘sib boradi. Agar bu kengayish davomida markazlar atrofidagi atomlar boshqa atrofidagi atomlar bilan tez qo‘shilib ketsa (qalinlik 3-4 monoqatlamdan, ya’ni 15-20 E dan oshmay turib), bunday o‘shishni ***qatlamma-qatlam o‘shish*** deb ataladi.

Ko‘pincha markazlar atrofida o‘shish ham, kengayish ham ro‘y beradi-yu, lekin ular ancha qalinligacha (15-20 monoqatlam) bir - biriga qo‘shilib ketmaydilar, ya’ni bir guruh o‘tirgan atomlar bilan ikkinchi guruh atomlari orasida orolchalar hosil bo‘ladi. Pardalarning bunday o‘shishi *orolchali o‘shish* xarakteriga ega deyiladi (1.1-rasm).[2]

1.1.3. Molekulyar nur epitaksiya usuli.

Pardali materiallarni elektronika sohasida ishlatilishida eng asosiy o‘rinni epitaksial pardalar egallaydi. Bunday pardalar katta va o‘ta katta integral sxemalar ishlab chiqarishda, umuman eng zamonaviy va eng noyob mikroelektron asboblarni ishlab chiqarishda alohida rol o‘ynaydi. U kelajak elektronikasi, ya’ni nanoelektronikaning ham asosini tashkil etishi tabiiy.

Kristall panjarasining tuzilishi asosning kristall panjarasi tuzilishi bilan bir xil bo‘lgan monokristal pardalar ion kapitaksial pardalar deyiladi.



1.1–rasm. Yuqori vakuum sharoitida o‘stirilgan oltin pardaning yoritilgan (chapda) va yoritilmagan (o‘ngda) holatlardagi topografiyasi: a-24 Å, b-108 Å; v-30Å

MNEda hosil bo‘layotgan parda berilgan asosning yuzasida o‘sadi va bu yuza bilan u aralashib ketmaydi. MNEda kerakli atomlar asosning yuzasiga kelib o‘tiradi va yuzada qatlam-qatlam o‘sib boraveradi.

Kremniyning yuzasiga kobaltsilidsidi (CoSi_2) pardasini MNE yo‘li bilan hosil qilish jarayoni: yuqori vakuum sharoitida yuzasi juda yaxshi tozalangan kremniy monokristalining sirtiga kobalt (Co) va kremniy (Si) manbalaridan ularning atomlari kelib o‘tira boshlaydi. Bunda har bir vaqt momentda bitta kobalt atomi kelib o‘tirganda, ikkita kremniy atomi o‘tirishi kerak bo‘ladi. Taglik temperaturasi shunday tanlanadiki, yuzaga kelib o‘tirayotgan kobalt va kremniy atomlari CoSi_2 birikmasini hosil qiladi va natijada ularning birikishidan hosil bo‘lgan parda epitaksial o‘sa boshlaydi.

Kubik panjarali materiallarni epitaksial o‘stirish.

Kubik panjarali materiallar pardalarini bir-birlarining ustiga o‘stirish hozirgi zamon elektronikasida juda keng qo‘llaniladi. Masalan MDYa, (M-metall, D-dielektrik, Yarim o‘tkazgich) tizimlarning asosiy qismini kubik panjarali pardalar tashkil qiladi. Ko‘p qatlamli (hajmiy) mikrotizimlar hosil qilishda kubik panjaraga ega bo‘lgan metall xususiyatli silidsidlar: CoSi_2 va NiSi_2 ; elementar yarim o‘tkazgich-Si, boshqa yarimo‘tkazgich birikmalar: GaP, GaAs, dielektriklar:- CaF_2 , BaF_2 kabi materiallar juda ahamiyatlidir.

Taglikning yuzasida biror pardani o‘stirishda pardaning va o‘tish qatlamining sifati ularning kristall tuzilishlari bir xil bo‘lishidan tashqari quyidagi asosiy omillarga ham bog‘liq bo‘ladi:

1. Parda va taglik kristall panjara doimiylarining qiymatlariga. Ular bir-birlariga juda yaqin bo‘lishi ($\Delta a \sim 0,07$ % oshmasligi) kerak;
2. Chiziqli kengayish temperatura koeffitsiyentlariga (ChKTK). Ular ham katta farq qilmasligi kerak;
3. Yuzalarning va chegaraviy qatlamining energetik parametrlariga;
4. O‘tqazilayotgan atomlarning diffuziyalanish qobiliyatiga;
5. Taglik va pardadagi atomlarning kimyoviy bog‘lanish turiga;
6. Taglik va pardaning o‘zaro ta’sirlashuv xarakteriga;

1.1-jadvalda geteroepitaksiya tizimlarida ishlatish mumkin bo‘lgan materiallarning panjara doimiylari keltirilgan [11].

1.1-jadval. Kubik panjarali materiallarning panjara doimiylari.

Material	a, Å	Tuzilishi
CdF ₂	5.388	F
CaF ₂	5.464	F
SrF ₂	5.789	F
BaF ₂	6.200	F
SrO	5.10	T.t.
TiO	4.235	T.t.

1.2-jadval. Yarimo 'tkazgichlar

Material	a, Å	Tuzilishi
C	3.567	0
Si	5.451	0
Ge	5.646	0
Sn	6.4892	0
GaAs	5.653	AR
EnP	5.869	AR
GaP	5.4512	AR
SiC	6.479	AR
CdTe	6.482	AR
CuCl	5.407	AR
PdTe	6.462	TT
PbSe	6.14	TT

AR – aldamchi rux panjarasi ((Z)-F43m)

O–olmosimon ((D)-Fd3m)

F–flyurisit ((F)-Fm3m)

TT–tosh tuzi((R)-Fm3m)

a-panjara doimiysi

Material	$a, \text{\AA}$	Tuzilishi
CoSi ₂	5.365	F
NiSi ₂	5.406	F
ZnN	4.778	T.t.

Demak, parda o‘stirishda $a_t \sim a_p$ bo‘lishi asosiy shart ekan. (a_t –taglikning panjara doimiysi, a_p –pardaning panjara doimiysi). Taglik va pardaning panjara doimiysi va ChKTK lari bir-birlaridan sezilarli farq qilsa epitaksial parda kristall tuzilishining mukammalligi kamayadi. Agar ularning energetik parametrlari farq qilsa pardaning morfologiyasi va ko‘p hollarda yuza qatlamlarning stexiometrik tarkibi buziladi.

O‘shish mexanizmi epitaksial tizimning quyidagi termodinamik parametrlari orqali aniqlanadi: “parda-vakuum” sirtiy solishtirma erkin energiyalari $-\gamma_{pv}$; “taglik-vakuum” sirtiy solishtirma erkin energiyalari $-\gamma_{tv}$; “parda-taglik” sirtiy solishtirma erkin energiyalari $-\gamma_{pt}$; hamda quyidagi formula bilan aniqlanuvchi adsorbat-sirt (yuza) tizimining kimyoviy potentsiali (Fermi sathi) γ :

$$\gamma = KT \ln \left(\frac{R_a}{R_d} \right), \quad (1.1)$$

bu erda R_a va R_d lar o‘tqazilayotgan material zarrachalarining adsorbsiyalanish va desorbsiyalanish tezliklari.

“parda-taglik” tizimining sirtiy solishtirma energiyasi quyidagiga teng:

$$\gamma_o = \gamma_{pv} + \gamma_{tv} - \gamma_{pt} \quad (1.2)$$

Parda qanday rejimda o‘sayotganligi quyidagi shartlar orqali aniqlanadi:

a) $\mu=0$; $\gamma_o=0$; bo‘lsa qatlamma-qatlam (2D-) o‘shish ro‘y beradi. Bunday o‘shish mexanizmi Frank-van der Marve mexanizmi deb ataladi.

b) $\mu>0$; $\gamma_o>0$; bo‘lsa orolchali (3D-) o‘shish ro‘y beradi va Folmer-Veber mexanizmi deyiladi.

c) $\mu=0$; $\gamma=0$; bo'lsa, qatlam-qatlam o'sishdan orolchali o'sishga ($2D>3D$) o'tib boradi. Bu mexanizm Stranskiy - Krastanov mexanizmi deyiladi.

Geteroepitaksial materiallar o'stirishda parda va taglikning solishtirma sirtiy energiyalari katta farq qilsa kerakli morfologiyali parda olish muammo bo'lib qoladi. Masalan $\gamma_a \gg \gamma_p$ bo'lsa, parda yakka-yakka orolchalar holida o'sa boshlaydi yoki pardada kanallar, chuqurliklar hosil bo'ladi. Bu holda ko'pincha fasetlangan (qirralari boshqa yo'nalishga oriyentirlangan) sirtlar hosil bo'lishi va stexiometrik tarkib keskin o'zgarishi mumkin.

Yuqorida ko'rsatib o'tilgan fizikaviy aspektlar epitaksial o'sish jarayonida va yangi epitaksial tizimlarni hosil qilishda hisobga olish shart bo'lgan asosiy faktorlardir.

1.1 – 1-2 1.3 - jadvallardan ko'rinadiki MDYa tizim hosil qilishda CoSi_2 (metall), Si (yarim o'tkazgich), CaF_2 (dielektrik) eng qulay materiallardir. CaF_2 -Si- CoSi_2 epitaksial qatlamlar "MDYa" tizimi uchun panjara parametrlari juda yaqin bo'lgan va yaxshi sifatli geterotuzilishli qatlamlar hosil qiladigan yagona tizimdir (1.1 – 1-2 1.3 - jadvallar). Ikkinchi tomondan ularning fizik xususiyatlari noyob texnikaviy ko'rsatkichga ega bo'lgan asboblar yaratishga imkon beradi.

1.1.2. Vakuumda termik bug'latish usuli

Yarimo'tkazgichlar texnologiyasida strukturalarning sirtga yupqa qatlamli qoplamalarni vakuumda o'tkazish yoki olib tashlash kabi jarayonlar katta o'ringallaydi. Bu jarayonlar siyraklashgan gazlarda kechadigan molekulyar-kinetik hodisalarga asoslangan. Yupqa pardalar o'tkazishning ikkita asosiy usuli mavjud: termo vacuum bug'lantirib o'tqazish va katodli changlantirib o'tqazish. Termo vakuumli bug'lantirib o'tqazishda modda bug'lanish temperaturasigacha qizdiriladi va uning bug'lari taglik sirtida kondensatsiyalanadi. Bunda taglikning temperaturasi bug'xona temperaturasida bo'lgan o'tqaziladigan modda gaz razryadi plazmasidagi kichik energiyali ionlar bilan bombardimon qilinadi. Buning natijasida changlangan atomlar taglikka yetib boradi va uning sirtida kondensatsiyalanadi. Bu ikkala usuldan o'tkazuvchi, rezistivli va dielektrikli pardalar hosil qilishda foydalaniladi [6].

Termo vakuumli bug‘lantirib o‘tqazish

Termo vakuumli bug‘lantirib o‘tqazish jarayonini to‘rtta bosqichga bo‘lish mumkin: modda bug‘ini hosil qilish, bug‘ning manbadan taglikka tomon tarqalishi, taglikda bug‘ning kondensasiyalanishi, o‘sish markazlarining hosil bo‘lishi va pardoning o‘sishi.

1. Modda bug‘ini hosil qilish uchun modda bug‘lantiradi yoki sublimatsiyalanadi. Modda qizdirilganda undagi atomlarning o‘rtacha kinetic energiyasi oshib boradi. Buning natijasida ularning atomlararo bog‘lanishini uzish ehtimoli ham oshadi. Atomlar sirtidan ajralib chiqadi va fazoda tarqalib bug‘ hosil qiladi.

Tizimning muvozanat holatida, ya‘ni modda sirtidan chiqib ketayotgan atomlar soni qaytib tushayotgan atomlar soniga teng bo‘lgan holatga mos keluvchi bug‘ning bosimi p to‘yingan bug‘ning bosimi deyiladi. Bug‘lanishning shartli temperaturasi deb, $p = 1,33 Pa$ ga teng bo‘ladigan moddaning temperaturasiga aytiladi.

Bug‘lanishning solishtirma tezligi deb 1 sm^2 yuzadan bir sekunda bug‘lanayotgan moddaning grammlar hisobidagi miqdoriga aytiladi va quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$V_{bug'} = 5,85 p_s \sqrt{M/T}, \quad (1.3)$$

bu yerda, p_s – modda to‘yingan bug‘ning bosimi, Pa, M – moddaning molekulyar massasi, g/mol, T – moddaning temperaturasi, K.

2. Bug‘ning manbadan taglikka tomon tarqalishi birinchi navbatda vakuum darajasi ta‘sir qiladigan diffuziya va konveksiya yo‘llari bilan amalga oshadi. Bug‘lanayotgan materialning isroflanishini kamaytirish va bir xil hosil qilish uchun zarrachalarning taglik tomon to‘g‘ri chiziqli harakatini amalga oshirish kerak. Buning asosiy sharti bug‘ zarrachasining erkin yugurish yo‘li uzunligi manba–taglik masofasidan katta bo‘lishligidir.

Gazlarning kinetik nazariyasiga binoan:

$$\lambda_{o'r} = kT / (\pi \sqrt{2} \delta^2 p), \quad (1.4)$$

bu yerda, λ – gaz molekulasini erkin yugurish yo‘lining o‘rtacha uzunligi, sm, $k = 1,37 \cdot 10^{-17} \text{ Pa} \cdot \text{sm}^3/\text{K}$ – Bolsman doimiysi, T – gazning absolyut temperaturasi, K , δ – gaz zarrachasining effektiv diametri, sm, p – gazning bosimi, Pa.

Yuqoridagi ifodaga binoan $p \approx 10^{-3} \text{ Pa}$ dan boshlab gaz zarrachalarining erkin yugurish yo‘li uzunligi bug‘manбайдan taglikkacha bo‘lgan masofadan (bu masofa sanoatda ishlatiladigan vakuum qurilmalarida 30 sm dan oshmaydi) kattaga bo‘ladi. Demak, mana shu bosimdan boshlab bug‘ zarrachasining qoldiq gaz molekulari bilan to‘qnashish ehtimolligi juda kichik bo‘ladi va bug‘lantirilayotgan moddaning zarrachalari taglik tomon to‘g‘ri chiziqli harakat qiladi.

3. Taglik sirtida bug‘ning kondensatsiyalanishi taglikning temperaturasi va atomar oqim zichligiga bog‘liq bo‘ladi. Taglikka yetib borgan bug‘ atomlari:

- a) shu zahoti undan qaytishi (elastik to‘qnashish),
- b) adsorbsiyalanadi va qisqa vaqtdan so‘ng taglikdan qaytib chiqishi (qayta bug‘lanish),
- v) adsorbsiyalanadi va sirt bo‘ylab qisqa vaqtli migrasiyadan so‘ng unda butunlay qoladi (kondensatsiya).

Bug‘ atomlarining taglik atomlari bilan bog‘lanish energiyasi taglik atomlarining o‘rtacha energiyasidan katta bo‘lsa, kondensatsiya kuzatiladi, aks holda atomlar sirtidan qaytib ketadi. Agar taglik qizdirilgan bo‘lsa, uning atomlarining energiyasi katta va bug‘larning kondensatsiyalanish ehtimoli kichik bo‘ladi.

Bug‘ oqimining berilgan zichligida taglik sirtidan hamma atomlar qaytib ketadigan va yupqa qatlam hosil bo‘lmaydigan temperatura kondensatsiyaning kritik temperaturasi deyiladi.

Berilgan temperatura uchun atomar oqimning kritik zichligi deb, taglikda atomlar kondensatsiyalanadigan eng kichik zichlikka aytiladi.

4. O‘shish markazlarining hosil bo‘lishi atomlarining “atom-taglik” tizimida erkin energiyaning minimumiga mos keluvchi o‘rinlarni topish natijasida ro‘y beradi. Bularning kondensatsiyalanishi davomida murtaklar o‘sib boradi, ular

orasida birlashtiruvchi ko‘prikchalar hosil bo‘ladi, murtaklar birlashib yirik orolchalarga aylanadi. Bundan so‘ng orolchalarga birlashib bitta to‘r hosil bo‘ladi. To‘r yaxlit pardaga aylanadi va qalinlik bo‘yicha o‘shish boshlanadi. Mana shu vaqtdan boshlab taglikning ta‘siri yo‘q bo‘ladi va bug‘ zarrachalari sirtidan umuman qaytmasdan hammasi amalda kondensatsiyalana boshlaydi [5].

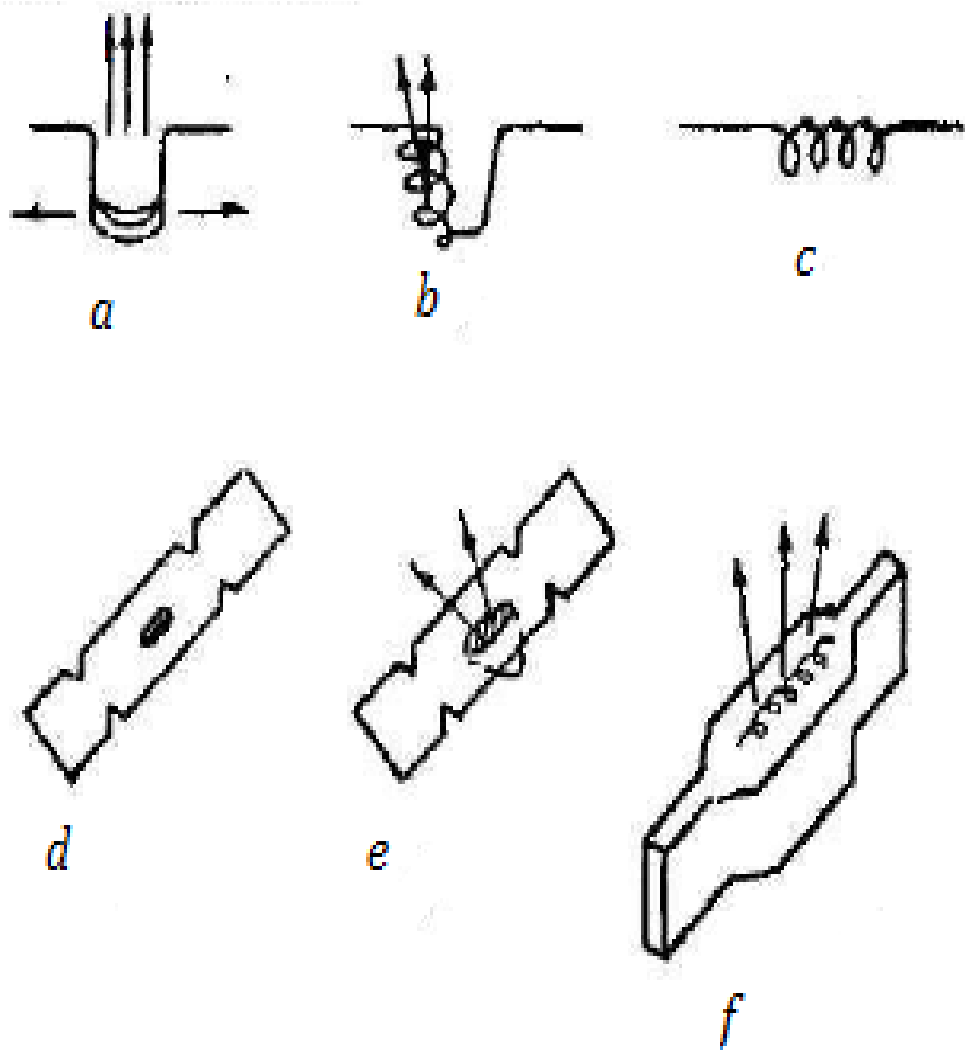
1.2. Rezistiv va induksion bug‘latkichlar.

Yupqa qatlamlarni bo‘shliqda termik bug‘latish termik bug‘latish yo‘li bilan olinganda rezistiv yoki elektronlar dastasi yordamida qizdiradigan bug‘latkichlardan foydalaniladi. Bu usulni amalga oshirish uchun maxsus bo‘shliq (vakuum) qurilmalari yaratilgan.

Bu turdagi qurilmalarda bug‘lanayotgan sirtga issiqlik energiyasi tigel devorchasi yoki volfram spirali orqali beriladi, bunda bug‘lanuvchi modda uning ichiga yoki sirtiga joylashtiriladi.

Yetarli bug‘ bosimini olish uchun bug‘latkichda kerakli haroratni ushlab turish kerak. Zamonaviy texnologiyada qatlam o‘stirish tezliklariga bo‘lgan talablar juda katta oraliq (diapozon) ni (1 \AA/s dan kichik qiymatdan, 1000 \AA/s gacha) o‘z ichiga oladi.

Olinayotgan qatlamlar ifloslanishining oldini olish uchun bug‘latkichlarning moddasi ishlash haroratida (ko‘p ishlatiladigan materiallar uchun $1000\div 2000 \text{ }^{\circ}\text{C}$ oralig‘ida juda kichik bug‘ va dissotsiatsiya bosimiga ega bo‘lishi kerak, yana u bug‘lanayotgan modda bilan reaksiyaga kirishmasligi va qotishma hosil qilmasligi kerak. 1.1-jadvalda qatlamlar hosil qilishda ko‘p ishlatiladigan elementlarni bug‘latishga mo‘ljallangan bug‘latkich materiallar haqida ma‘lumotlar berilgan. Rezistiv bug‘latkichlar bug‘lanayotgan moddaning yetarli haroratgacha qizishini ta‘minlab beradilar. Bu harorat qatlam hosil qilishning istalgan tezligini olish uchun bug‘lanayotgan moddaning muvozanatlashgan miqdordagi bug‘ bosimiga ega bo‘lishi zarurligi bilan aniqlanadi [2].



1.2-rasmda. Eng sodda bug'latkichlarning tuzilishlari keltirilgan.

Ular odatda 0.5-1.5 mm diametrli simlardan (ko'proq W dan (a-d)) va Joule qizdirgichli metall folgalardan (ko'proq Mo va Ta dan (e-g) tayyorlanadi. (1.2-jadval)

1.4-jadval. Bug‘latkichlar tayyorlash uchun materiallar

Bug‘lantir uvchi metall:	Bug‘latkich h materiali:	Bug‘lantir uvchi metall:	Bug‘latkich h materiali:
Al	W,Ta,Mo,	Pb	Xromli
Sb	Nb	Mg	temir,Fe,Ni
Ba	Xromli	Mn	W,Ta,Mo,
Be	temir	Ni	Nb
Bi	W,Ta,Mo,	Pt	W,Ta,Mo,
Cd	Nb	Se	Nb
Co	Ta, W, Mo	Ag	W
Cu	Xromli	Si	W
Ga	temir, Ta	Te	Xromli
Au	Xromli	Tl	temir
Fe	temir,Nb,Ta	Th	Ta,Mo,Nb,
Sn	Nb	Ti	Fe
V	Nb ,Mo,Ta	Zn	W,
	Ta, Mo		Ta,Mo,Nb
	W, Mo		W,Ta,Mo,
	W		Nb
	Xromli		W,Fe,Nb,T
	temir		a
	W, Mo		Mo
			W,Ta
			W,
			Ta,Mo,Nb.

Bunday konstruksiyali bug‘latkichlar Au, Pt, Pd, Al, Rh, Ag, Cu, MgF₂, ZnS kabi moddalarni hamda turli qotishmalarni bug‘latishda keng qo‘llaniladi.

Ba’zida 1000 °C dan kam haroratda bug‘lanadigan moddalarni bug‘latish uchun bug‘latkich material sifatida platina, temir va nikel ishlatiladi.

Bugʻlanayotgan moddaning bugʻlatkich sirtida qotib qolishining oldini olish uchun qizdirgich sifatida Al_2O_3 qoplangan W simi koʻp qoʻllaniladi.

Bugʻlatishda bugʻlatkich haroratini oʻzgarmas qilib ushlab turish muhimdir. Simli bugʻlatkichlar qoʻllanilganda $U\sqrt[3]{I}$ qiymat oʻzgarmas qilib ushlab turiladi (bu yerda U – choʻgʻlantirgich tolasidagi kuchlanish, I – qizdirish toki). 1.2-jadvalda qator materiallarning baʼzi harakteristikalari keltirilgan.

1.5-jadval. Baʼzi materiallar uchun bugʻlatish tezligi, erish harorati va unga mos bugʻ bosimi qiymatlari

Met al	, (mm.s im.ust)			10^{-1}	0	00	000		
u	,°C ·sm ⁻² ·s ⁻¹	46 .33·10 ⁻⁷	035 .29·10 ⁻⁵	141 .24·10 ⁻⁵	273 .18·10 ⁻⁴	432 .13·10 ⁻³	628 .07·10 ⁻²	083	.31
g	,°C ·sm ⁻² ·s ⁻¹	67 .88·10 ⁻⁷	48 .81·10 ⁻⁶	36 .74·10 ⁻⁵	047 .67·10 ⁻⁴	679 .01·10 ⁻⁴	353 .5·10 ⁻²	61	.78
i	,°C ·sm ⁻²	157 .18·10	257 .14·10 ⁻	371 .14·10 ⁻	510 .06·10 ⁻	510 .06·10 ⁻	884 .62·1	455	.37

	$\cdot s^{-1}$	-7	5	5	3	3	0^{-3}		
e	,°C	42	029	130	246	395	582	284	9.5
	$\cdot sm^{-2}$	$.03 \cdot 10^{-7}$	$.86 \cdot 10^{-7}$	$.68 \cdot 10^{-5}$	$.49 \cdot 10^{-5}$				
	$\cdot s^{-1}$	-8	7	5	5				
a	,°C	18	76	46	29	30	58	17	6
	$\cdot sm^{-2}$	$.6 \cdot 10^{-7}$	$.5 \cdot 10^{-6}$	$.39 \cdot 10^{-5}$	$.28 \cdot 10^{-4}$	$.16 \cdot 10^{-3}$	$.03 \cdot 10^{-2}$		
	$\cdot s^{-1}$			5	4	3	0^{-2}		
	,°C	052	140	239	355	489	648	0	
	$\cdot sm^{-2}$	$.27 \cdot 10^{-8}$	$.11 \cdot 10^{-7}$	$.94 \cdot 10^{-5}$	$.76 \cdot 10^{-5}$	$.57 \cdot 10^{-4}$	$.38 \cdot 10^{-2}$		
	$\cdot s^{-1}$	-8	7	5	5	4	0^{-2}		
d	,°C	48	80	20	64	21		21	$\cdot 10^{-2}$
	$\cdot sm^{-2}$	$.01 \cdot 10^{-7}$	$.91 \cdot 10^{-6}$	$.79 \cdot 10^{-5}$	$.67 \cdot 10^{-5}$	$.54 \cdot 10^{-2}$			
	$\cdot s^{-1}$	-7	6	5	5	2			
l	,°C	24	08	89	96	123	279	60	$.2 \cdot 10^{-2}$
	$\cdot sm^{-2}$	$.6 \cdot 10^{-8}$	$.21 \cdot 10^{-7}$	$.88 \cdot 10^{-6}$	$.51 \cdot 10^{-5}$	$.11 \cdot 10^{-4}$	$.69 \cdot 10^{-3}$		
	$\cdot s^{-1}$		7	6	5	4	0^{-3}		

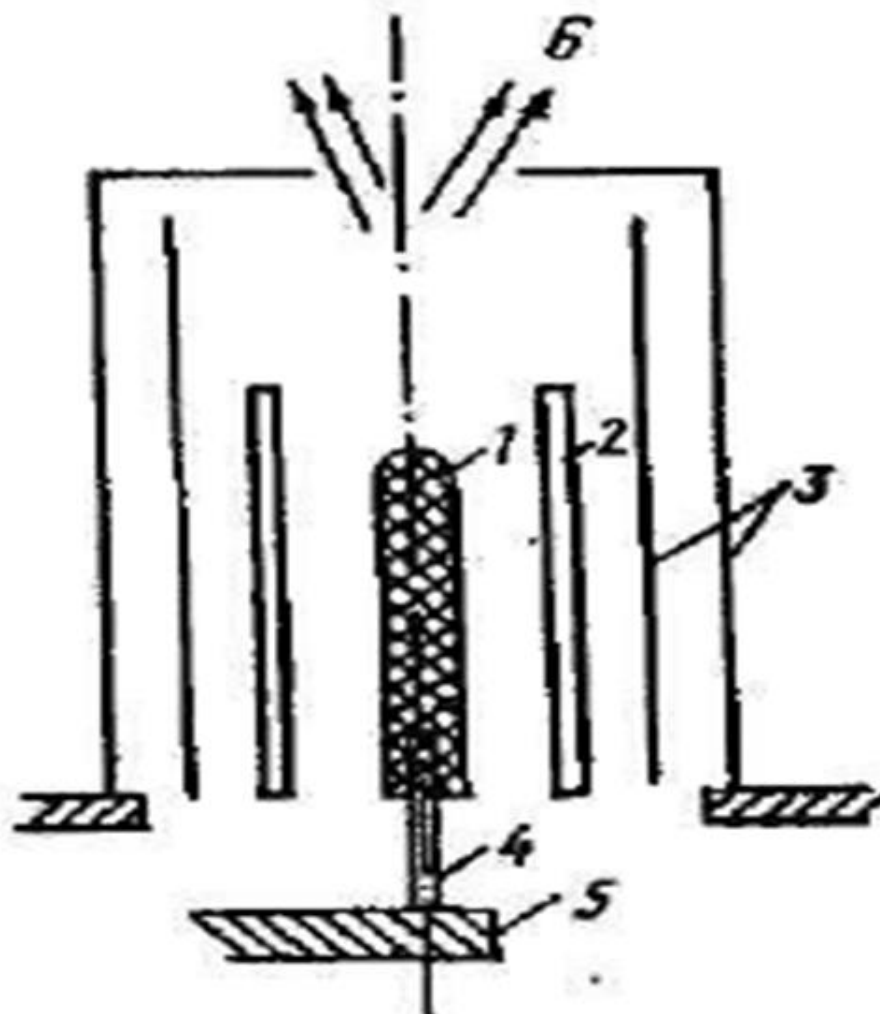
i	,°C ·sm ⁻² ·s ⁻¹	024 .58·10 ⁻⁸	116 .29·10 ⁻⁷	223 .99·10 ⁻⁶	343 .68·10 ⁻⁴	485 .57·10 ⁻⁴	670 .01·10 ⁻³	410	1.6
i	,°C ·sm ⁻² ·s ⁻¹	134 .08·10 ⁻⁷	249 .04·10 ⁻⁶	384 .92·10 ⁻⁶	546 .47·10 ⁻⁶	742 .01·10 ⁻⁴	965 .53·10 ⁻⁴	727	4.3
r	,°C ·sm ⁻² ·s ⁻¹	527 .31·10 ⁻⁷	660 .27·10 ⁻⁶	816 .22·10 ⁻⁶	001 .17·10 ⁻⁴	212 .12·10 ⁻³	459 .07·10 ⁻²	127	0.7
n	,°C ·sm ⁻² ·s ⁻¹	23 .92·10 ⁻⁷	22 .84·10 ⁻⁶	042 .75·10 ⁻⁵	189 .66·10 ⁻⁴	375 .57·10 ⁻³	609 .47·10 ⁻²	32	
a	,°C ·sm ⁻² ·s ⁻¹	407 .5·10 ⁻⁷	599 .48·10 ⁻⁶	802 .41·10 ⁻⁶				000	

r	,°C ·sm ⁻² ·s ⁻¹	07 .22·10 ⁻⁷	22 .18·10 ⁻⁶	090 .14·10 ⁻⁶	205 .09·10 ⁻⁴	342 .05·10 ⁻³	504 ·10 ⁻²	900	.35·10 ⁻⁴
o	,°C ·sm ⁻² ·s ⁻¹	923 .29·10 ⁻⁷	095 .18·10 ⁻⁶	295 .12·10 ⁻⁵	533 .05·10 ⁻⁴			622	2
	,°C ·sm ⁻² ·s ⁻¹	554 .47·10 ⁻⁷	767 .46·10 ⁻⁵	016 .45·10 ⁻⁵	309 .43·10 ⁻⁴			352	7.5
d	,°C ·sm ⁻² ·s ⁻¹	156 .59·10 ⁻⁷	271 .53·10 ⁻⁶	405 .47·10 ⁻⁴	564 .41·10 ⁻⁵	759 .34·10 ⁻³	000 .26·10 ⁻²	555	.71
t	,°C ·sm ⁻² ·s ⁻¹	606 .88·10 ⁻⁷	744 .81·10 ⁻⁶	904 .75·10 ⁻⁵	090 .68·10 ⁻⁴	313 .6·10 ⁻³	582 .52·10 ⁻²	774	.16

Sublimatsiya usuli yordamida juda toza changitma qatlamlar olish mumkin. Qatlam olishning sublimatsiya texnologiyasi erish haroratidagi bug‘ bosimlari $\sim 10^{-3}$ tor atrofida bo‘lgan ba‘zi metallar uchun qo‘llanilishi mumkin (masalan, Ni, Rh, Ti).

Cr, Mo, Pd, Fe, Si kabi moddalar osongina sublimatsiyalanadi, ya’ni, suyuq holatni chetlab o‘tib, qattiq holatdan gazsimon holatga o‘tadi, ularning bug‘ bosimi erishdan oldin 10^{-2} mm.sim.ust. gacha yetadi.

Keyingi yillarda sublimatsion bug‘latkichlar manbai sifatida simli bug‘latkichlar ham qo‘llanila boshlandi. Buning uchun ularga oldin bo‘shliqda yoki elektro-kimyoviy usul bilan bug‘lanadigan modda qoplanadi. Xususan, 1-3 mm diametrli molibden sim-o‘zak sirtiga yod bug‘larida 0.5-2 mm qalinlikda qoplangan titan, xrom va sirkoniyli bug‘latkichlari yaxshi natija berdi. Titan, xrom yoki sirkoniy yodi bo‘shliqda qizdirilganda parchalanib, qiyin eruvchi kern sirtiga sof metall ko‘rinishida o‘tiradi. Qiyin eruvchi kern mavjudligi bunday bug‘latkichlarni muddatidan oldin erib ketishdan saqlaydi [9].

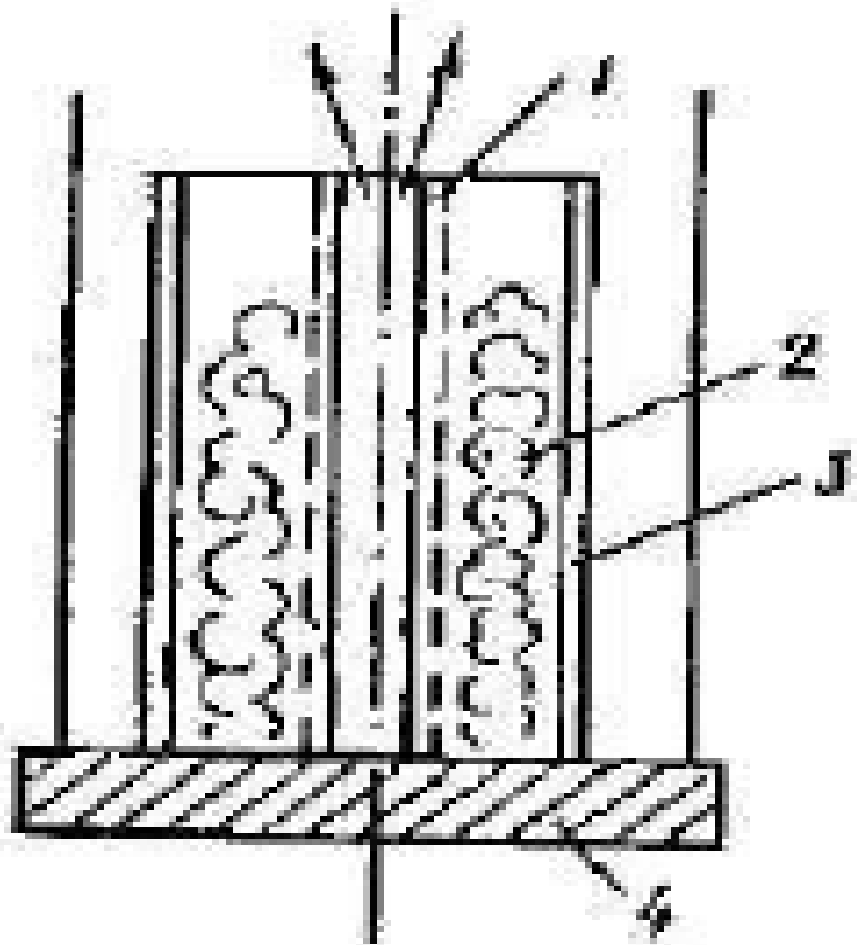


1.3-rasm. Xromli sublimatsion bug'latgich: 1-xromli sterjen, 2-titanli qizdirgich, 3-ekranlar, 4-volframli sterjen tutqichi, 5-mis qistirma, 6-bug' oqimi.

1.3-rasmda xromli qizdirgichli titan silindri bo'lgan sublimatsion bug'latkichlardan biri tasvirlangan.

Bundaybug'latkich ixcham, yaxshi ekranlangan, kam quvvat sarf qiluvchi ($\sim 750 \text{ Vt}$) bo'lib, 100 \AA gacha bo'lgan qatlam olish tezligini ta'minlaydi.

Dielektrik qatlamlar olishda bug'latkichning hajmi va bug'lanish tezligi katta bo'lishi muhim talablar deb qaraladi.



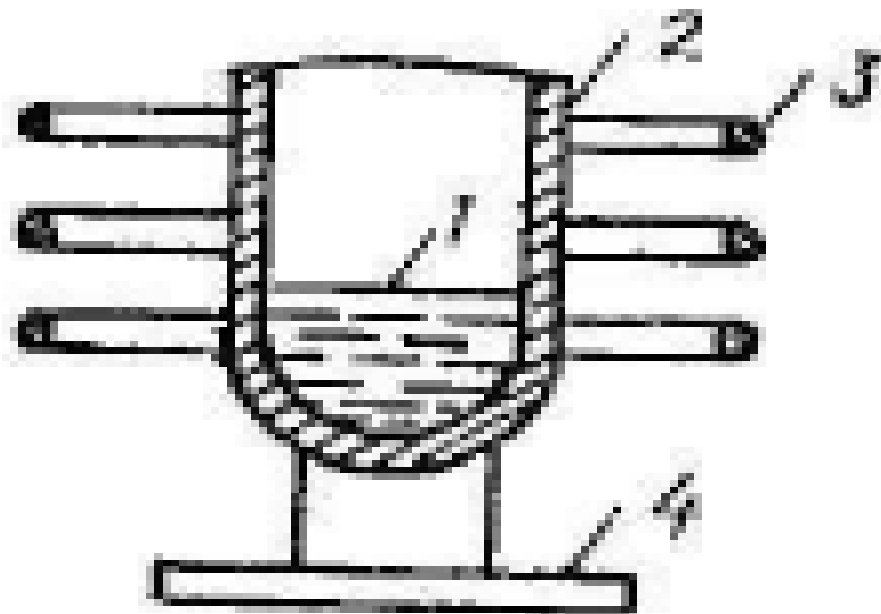
1.4-rasm. “Optik jihatdan zich bo’lgan” bug’latgich: 1-titan silindr, 2-SiO, 3-titan tigel, 4-ekranlar.

1.4-rasmda titan qizdirg’ichli Si bug’latkichi tasvirlangan, SiO bo‘lakchalari to‘g‘ri yo‘nalishdagi tok bilan qizdiriluvchi titan silindri atrofiga joylashtiriladi. Bu silindr so‘rib oluvchi quvur kabi teshiklari orqali SiO bug‘larini tashqariga chiqaradi. Bunday bug‘latkich kam miqdorda quvvat sarflaydi, bug‘lanishning katta tezliklarini olishga imkon beradi, hamda ixchamlik, sig‘im kattaligi, oddiyligi va ishlatishda qulayligi bilan ajralib turadi.

Induksion bug‘latkichlar

Ko‘p miqdordagi moddani bug‘latishda (bir necha gramm va undan ortiq) tigelli bug‘latkichlar qo‘llaniladi. Eritiladigan modda uzoq vaqt mobaynida tigel bilan kontaktda bo‘lishi tufayli tigel materialiga qattiq talablar qo‘yiladi. Tigel va bug‘latish uchun ishlatiladigan materiallar o‘zaro juda kichik eruvchanlikka va

yuqori haroratli evtetikaga ega bo'lishi kerak. Tigel uchun ishlatiladigan materiallar sifatida yuqori haroratda eriydigan materiallar (molibden, volfram, tantal) hamda oksidlar (ThO_2 , BeO , ZrO_2 , Al_2O_3 , MgO , SiO_2 , TiO_2) qo'llaniladi. Mos keluvchi oksidlarni baholashda termodinamik barqarorlik muhim omil hisoblanadi.



1.5-rasm. Alyuminiy bug'latgichi: 1-eriganmodda, 2-tigel, 3-yuqori chastota g'altagi, 4-chinnidan tayyorlanga nizolatsiyalovchia sos.

1.5-rasmdabor nitridi yoki titan diborididan yasalgan Al ni bug'latuvchi tigel tasvirlangan. Bunday bug'latkichda moddani qizdirish yuqori chastotali induksion usul bilan amalga oshiriladi. Buning hisobiga nurlanish va issiqlik o'tkazuvchanligi tufayli energiya yo'qotilishi kamayadi, ekranlarni qo'llash uchun ehtiyoj ham qolmaydi.

Ko'mir bilan reaksiyaga kirishmaydigan B, C, Mo, Cr, Pt, V, Co, Ni, Zr, Be, SiC, kvars kabi materiallarni bug'latishda grafitli tigellar qo'llaniladi. Jumladan, organik polimerlarni termik usulda parchalash yo'li bilan tayyorlanadigan shishasimon uglerodli bug'latkichlar yaxshi natija berdi. Bunday bug'latkichlar $A_{III}B_V$ birikmalarni, teluridlarni, MgF_2 va boshqa shunga o'xshash moddalarni eritishda ishlatish uchun ham tavsiya qilinadi.

Induksion qizdirish usullari yordamida anorganik birikmalarni kimyoviy parchalash yo‘li bilan ham yupqa qatlamlar olish mumkin.

Yupqa qatlamlarni olishda termolevitatsion nomini olgan usul ancha yaxshi usul bo‘lib, u asosan bo‘shliqda bug‘latish usulining o‘zidir. Bunda induktordagi magnit toklarining namunada paydo bo‘lgan toklar bilan o‘zaro ta’siri hisobiga modda erish haroratida muallaq ushlab qolinadi, ya’ni uning fazoviy barqarorligi hamda qizishi ta’minlanadi. Bu usul yordamida bug‘lanayotgan modda oqimining yuqori darajadagi sofliqi ta’minlanadi. Chunki erigan moddaning tigel va vakuum apparaturasi elementlari bilan bo‘ladigan o‘zaro ta’siri natijasida hosil bo‘ladigan zarrachalarning o‘stirilayotgan qatlamlarga kelib tushishi bartaraf etiladi [2].

1.3. Qatlamlar olishning fizik-kimyoviy usullari.

Bu usulda elektrolitdagi metall ionlari elektr maydon ta’sirida katod tomon harakatlanib, uning sirtida ajraladi va neytrallanadi. Elektroliz qonunlariga binoan ajralayotgan moddaning og‘irligi eritmadan o‘tayotgan elektr zaryadi miqdoriga mutanosib bo‘ladi. Eritmadan o‘tayotgan elektr zaryadi miqdori bir xil bo‘lganda esa u elektrokimyoviy ekvivalentga mutanosib bo‘ladi. Metall atomlari ajralishi odatda taglik sirti strukturasi nuqsonlarida boshlanadi. Qatlam 50 Å gacha o‘lchamli orolchalar ko‘rinishida boshlanadi va keyin ular butunlay birlashib ketguncha o‘sadi.

Bu usul bilan qalinligi 10^{-3} sm gacha bo‘lgan quyidagi metallar qatlamlarini olish mumkin: Al, Ag, Au, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Pt, Rh, Zn, Sn va boshqalar. Olinadign qatlamning xossalari jarayonning parametrlariga: tok zichligiga, eritmaning haroratiga, elektrodning strukturasi va shakliga, elektrolitlarning aralashish intensivligiga va shu kabilarga bog‘liqdir.

Yupqa qatlamlar olish texnologiyasida bu usul ko‘p qatlamli metall niqoblar tayyorlashda, sxemalararo va ular ichidagi tok o‘tkazuvchi yo‘lchalarning o‘tkazuvchanligini oshirishda ham qo‘llaniladi (odatda nixrom, tantal, titan).

Bug‘ holatidan kondensatsiyalash. Bu usul qizigan sirtida tez uchuvchan birikmalarning parchalanishi va qayta tiklanishiga asoslangan. Buning uchun qatlam materiali tez uchuvchan birikma hosil qilish qobiliyatiga ega bo‘lishi lozim va birikma materialining erish haroratidan past haroratda oson parchalanishi va qayta tiklanishi shart. 2-shart, sirtida bo‘ladigan geterogen reaksiyalarining o‘tishini ta’minlash uchun qoplanayotgan detallni yuqori haroratda qizdirishdan iborat.

Bu usulni to‘rtta reaksiyadan iborat jarayonlarga ajratish mumkin.

1. Disproporsiyalash. Umumiy holda reaksiyani ushbu ko‘rinishda yozish mumkin: $A + AB_2 \rightleftharpoons 2AB$ Element. Masalan, qizigan AB gazi sovutish bo‘limidan o‘tsa, A metalning kondensatsiyalanish jarayoni boshlanadi: $(GeJ_2)_2 \rightarrow GeJ_4 + Ge$. Amalda GeJ_2 bug‘larining vodorodli aralashmasini uzluksiz oqim sifatida tizimdan o‘tkazilganda germaniy $\sim 400 \text{ \AA}$ /stezlik bilan kondensatsiyalanadi. Bunda reaksiya yordamida III-IV gruppadagi elementlar birikmalarining qatlamini olish mumkin.

2. Polimerlash. Organik va anorganik polimerlar monomerlar bug‘idan olinishi mumkin. Polimerlashni amalga oshirish uchun elektronlar dastasi, ultrabinafsha yorug‘lik yoki miltillama gaz razryadi bilan ta’sir qilish mumkin.

Bu usul yordamida kerakli xossalarga ega bo‘lgan izolyatsiyalovchi qatlamlarni olish mumkin. Buning uchun keng doiradagi materiallar (metilmetakrilatlar polimerlari, sterol, epoksid smolasi va boshqalar) ni ishlatish mumkin.

3. Qayta tiklanish. Hozirgi paytda toza kremniy va uning qotishmalarni ion-molekulyar epitaksiya usuli bilan kremniy tetroxloridini vodorod yordamida qayta tiklash reaksiyasi vositasida olinadi: $SiCl_4 + 2H_2 \rightleftharpoons Si + 4HCl$

4. Termik parchalanish (piroliz). Jarayon qizdirish vositasida $AB = A + B$ reaksiya bo‘yicha boradi, Masalan, $SiCl_4 \rightleftharpoons Si + 2H_2$.

Bu jarayon berk hajmda yoki oqib o‘tuvchi muhitda kechishi mumkin. Berk hajmda moddaning ko‘chishi konveksiya yoki diffuziya jarayonlari bilan ta’minlanishi mumkin. Oqib o‘tuvchi muhitda esa kimyoviy reaksiyaning tashkil

etuvchilari neytral gaz (vodorod) oqimlari yordamida bir hajmdan boshqa hajmga ko'chiriladi.

Bug' holatidan olinadigan kondensatsiya usulining afzalligi uning ancha qalin qatlamlar olish imkoniyatidir (masalan, bir mikrondan to bir necha o'n millimetrgacha).

Yuqorida aytilgan usullar bilan bir qatorda, metallarning oksidlaridan, nitridlaridan va boshqa birikmalardan qatlamlar hosil qilishning yana bir qncha usuli bor. Ana shulardan biri elektrokimyoviy anodlash usulidir. Bu usulda qatlam elektrolit vannada-anodda o'stiriladi. Yaxshi anodlangan, kam turli oksid qatlam hosil qiladigan metallar sifatida Al, Ta, Nb, Ti, Zr, Si larni ko'rsatish mumkin. Anodlanishning boshqa ko'rinishi gazli anodlash bo'lib, bunda suyuq elektrolit miltillama razryad yoqilgan past bosimli kameraga joylashtiriladi.[4]

1.4. Yupqa metall qatlamlarni olish qurilmasi (VUP-5 qurilmasi misolida)

Yuqori vakuum sharoitida kechadigan asosiy fizik hodisalarni o'rganish bilan birgalikda quyosh energiyasidan foydalanish sohasida mutaxassisning shakllanishi uchun zamonaviy vakuum qurilmalarini ham yaxshi o'zlashtirish muhim ahamiyatga ega. Shu sababli eng keng tarqalgan vacuum asboblardan biri bo'lgan VUP-5 universal vacuum posti va unda asosiy ishlarni bajarish qoidalari bilan tanishish nihoyatda dolzarbdir.

Mazkur paragrafdan asosiy maqsad quyidagilardan iborat:

-VUP-5 qurilmasi, uning asosiy texnik ko'rsatgichlari bilan tanishish, yuqori vakuum olish texnikasidan ko'nikmalar hosil qilish.

-past vakuumni termo parali vakuummetr bilan, yuqori vakuumni ionizasion vakuummetr yordamida o'lchashni o'rganish.

-turli inert gazlar atmosferasida ba'zi materiallarni ionlar bilan yedirish jarayonini o'rganish.

-yupqa pardalarning qalinligini nazorat qilish bilan birgalikda o'stirish uslubini o'rganish.

VUP-5 universal vacuum posti electron mikroskopya boshqa tadqiqot

qurilmalari yordamida o'rganiladigan yupqa plenka namunalari tayyorlash uchun mo'ljallangan.

Qurilma fizika, kimyo, biologiya, tibbiyot, fan va texnikaning boshqa jabhalarida ham qo'llanilishi mumkin. Qurilma atrof- muhitdagi havoning harorati 15 °C dan 25 °C gacha va nisbiy namligi 80 % da yuqori bo'lmagan turg'un laboratory sharoitida foydalanishga mo'ljallangan. Xonada agressiv bug'lar bo'lishiga yo'l qo'yilmasligi shart.

Qurilma bitta taglikda yig'ilgan bo'lib, unda obyektlarni tayyorlash uchun mo'ljallangan ishchi kamera 1; ishchi hajmda talab qilingan vacuum maromini olish uchun mo'ljallangan vacuum sistemasi; moslamalar va boshqarish pulti uchun ta'minlash manbalari joylashtirilgan (2.1 rasmga qarang).

Taglik ikki qismga ajratilgan bo'lib, ularning birida (4) kommutasiya uchun elektromagnit klapanlari bo'lgan vacuum sistemasi, vakuumni nazorat qilish va vacuum sistemasini avtomatik tarzda boshqarish uchun PMT-4M va PMI-2 aylantirgichlari, pezoyle elektrik ventil va argonli ballon joylashtirilgan.

Taglikning ikkinchi qismida qurilmani va moslamalarni ta'minlash bloklari va bug'latgich qizdirgichlarining transformatorlari o'rnatilgan.

Montaj, profilaktik va ta'mirlash ishlarini bajarishda qulaylik yaratish uchun orqa va yon berkitgichlar yechiladigan, oldingi eshik esa ikki tarafga ochiladigan qilib yasalgan.

Taglikda ishchi hajm 1 va boshqarish pulti bo'lgan vacuum darajasini ko'rsatish blogi joylashgan 2.



1.6- rasm. Qurilmaning umumiy ko‘rinishi.

Vakuum tuzilmasi va turli moslamalarni boshqarish pulti taglikning yuqorigi qismida burchak ostida joylashtirilganligi, operatorning ishlashi uchun qulaylik yaratadi. Boshqarish pulti bilan ishchi hajmning ikki tarafida barcha ta'minlash manbalari joylashtirilgan va ular kabellar orqali bir-biri bilan elektrik jihatdan bog‘langan.

Obyektlarni tayyorlash bo‘yicha operatsiyalar ishchi hajmda gazlarning qoldiq bosimi $1,3 \cdot 10^{-2} \div 1,3 \cdot 10^{-4} Pa$ bo‘lganda bajariladi. Bunday bosimni hosil qilish uchun mexanik aylanma vakuumni nasosi va keyin bug‘-moyli yuqori vakuumni nasosi qo‘llanilgan klassik vacuum sistemasi ishlab chiqilgan.

Vakuum tuzilmasi qo‘lda boshqarilishi yoki avtomatik maromda ishlashi mumkin, ya'ni ishchi hajmdan $1,3 \cdot 10^{-4} Pa$ bosimgacha gazlarni so‘rib olishda vacuum tuzilmasining kommutatsiyasi operator boshchiligida yoki uning

ishtirokisiz amalga oshirilishi mumkin.

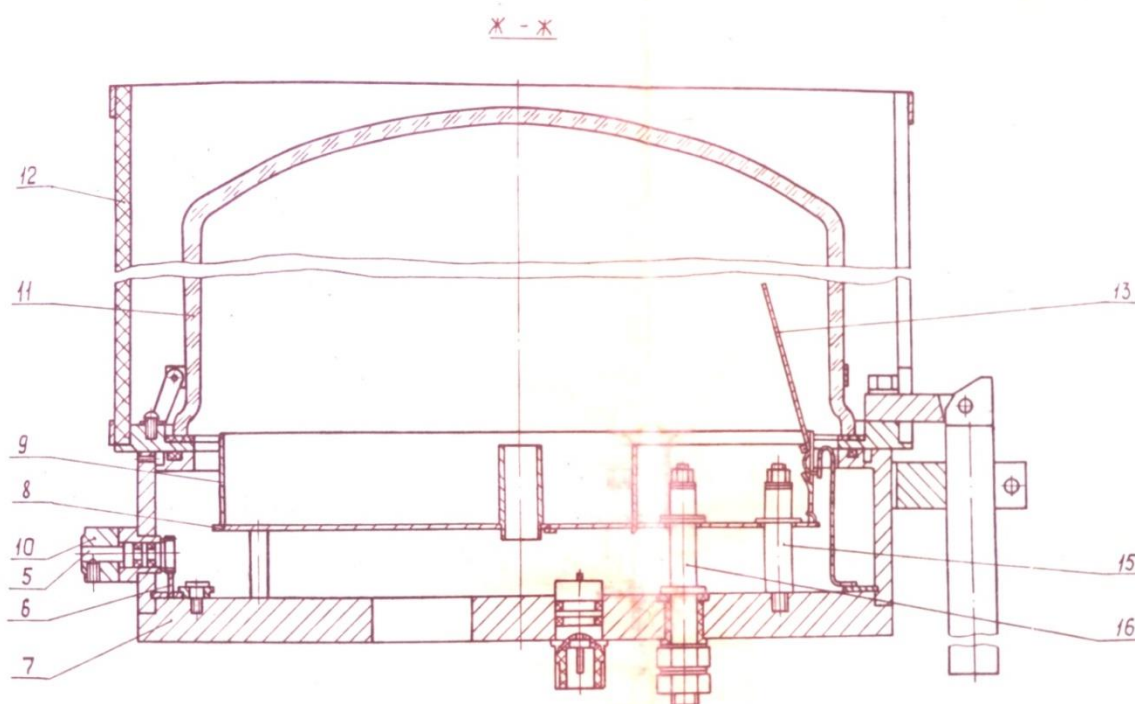
Vakuum tuzilmasining komponentlari ichida yuqori vakuum klapani original hisoblanadi.

Taglikda (1.7-rasm) ion yedirish moslamasi, obyektlarni qizdirish moslamasi, pardalarni o'tqazish moslamasini ta'minlash uchun va qalinlik indikatorining datchigini ulash uchun uzatgichlar, ion yedirish va elektron bug'latgichni ta'minlash uchun yuqori voltli o'tkazgich, bug'latishda obyektlar stolchasini buradigan moslamani ta'minlash uchun kontakt, bug'latgichlarni ulash uchun kontakt va elektron zambaraklarning katodlarini yoki rezistiv bug'latgichlarning ikkinchi ta'minlash manbasi bilan ulash uchun kontaktlar joylashgan. Ishchi hajm tagligi vakuum tuzilmasi bilan flanesli birikma yordamida ulangan. [7]

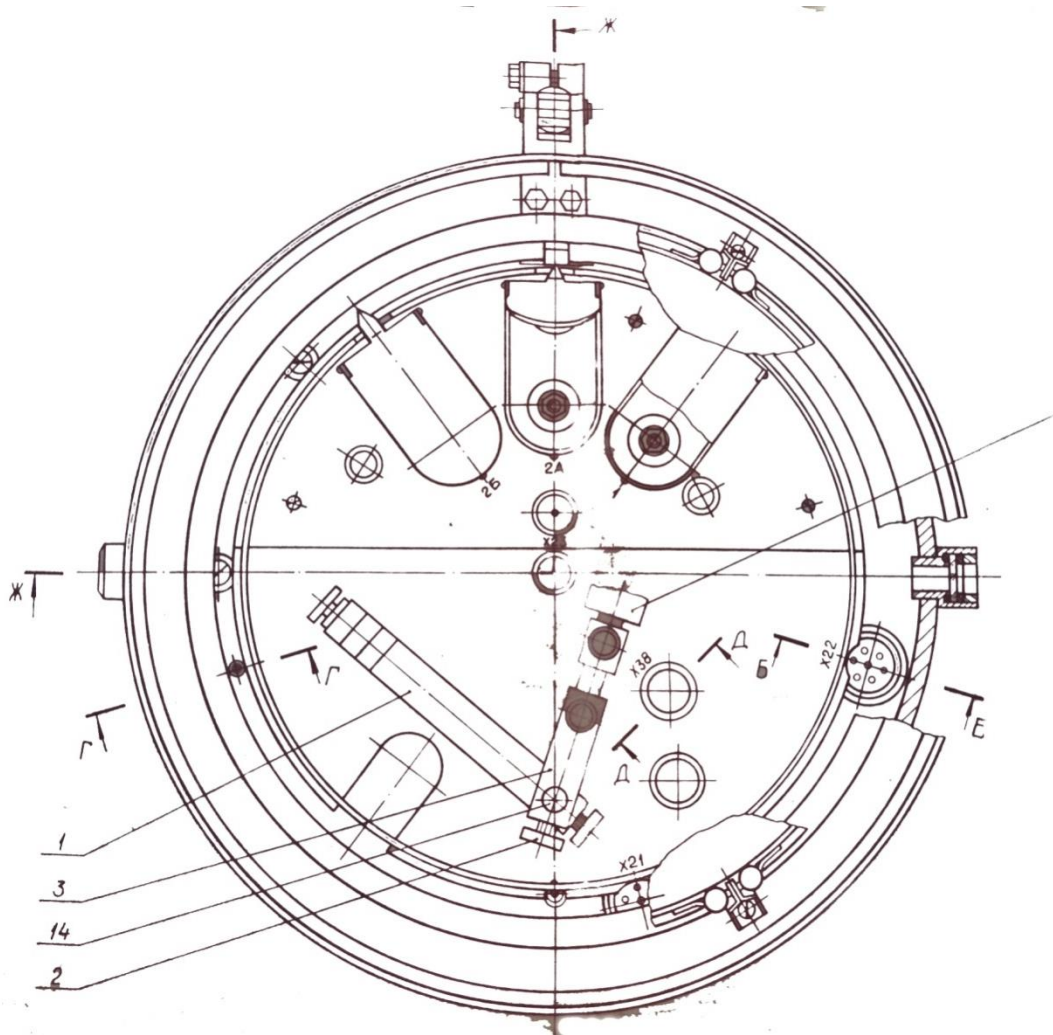
Taglikda maxsus o'tkazuvchi teshiklar bo'lib, ularda qurilmaning (harakatlanuvchi dastalari) o'rnatilgan.

Ishchi hajmning shisha qalpog'i organik shishadan tayyorlangan silindr 12 bilan himoyalangan.

Himoya silindrisiz asbobda ishlash mutloqa taqiqlanadi.



1.7-rasm. Ishchi hajm.



1.8–rasm. Ishchi hajmning tagligi.

Rezistiv bug‘latgichlardan iborat termik bug‘latish uchun mo‘ljallangan moslama bir-biridan alohida bo‘lgan bir qator elementlardan tashkil topgan bo‘lib, ular bir-biri bilan elektrik bog‘langan.

"1", "2A", "2B" klemmalari (bug‘latgichlar magazini, bug‘latgichlarni o‘rnatish uchun) ishchi hajmda o‘rnatilgan.

Bug‘latgichlarni ta‘minlash uchun qizdirgich transformatorlari va bug‘latgichlar quvvatini rostlagichlar VUP - 5 taglikining o‘ng tarafida joylashgan.

Qizdirgichlarni ulash va uzish signal lampalari va "VKL", "OTKL" tugmalari, "Isp 1", "Isp 2A", "Isp 2B" tugmalari va "MOSHNOST 1", "MOSHNOST 2" qizdirgichlar quvvatini boshqarish dastalari boshqarish pultining o‘ng tomonida, "NAPIYLENIE" tugmasi esa vertical pultda joylashgan.

Bugʻlatgichlar magazinida rezistiv tipdagi bugʻlatgichlar uchun uchta oʻrnatiladigan joy koʻzda tutilgan: savatchalar, spiralchalar va diffuz tipli bugʻlatgichlar.

Har bir oʻrnatiluvchi joy ochiladigan berkitgichli 13 osongina olinadigan himoyalovchi ekranlar bilan ajratilgan. Berkitgichlar yoysimon reykadagi vosita yordamida harakatga keltiriladi.

Yoysimon reyka vakuumda aylanma harakatni amalga oshiruvchi kiritgich valiga oʻrnatilgan tishli gʻildirakka ilashgan.

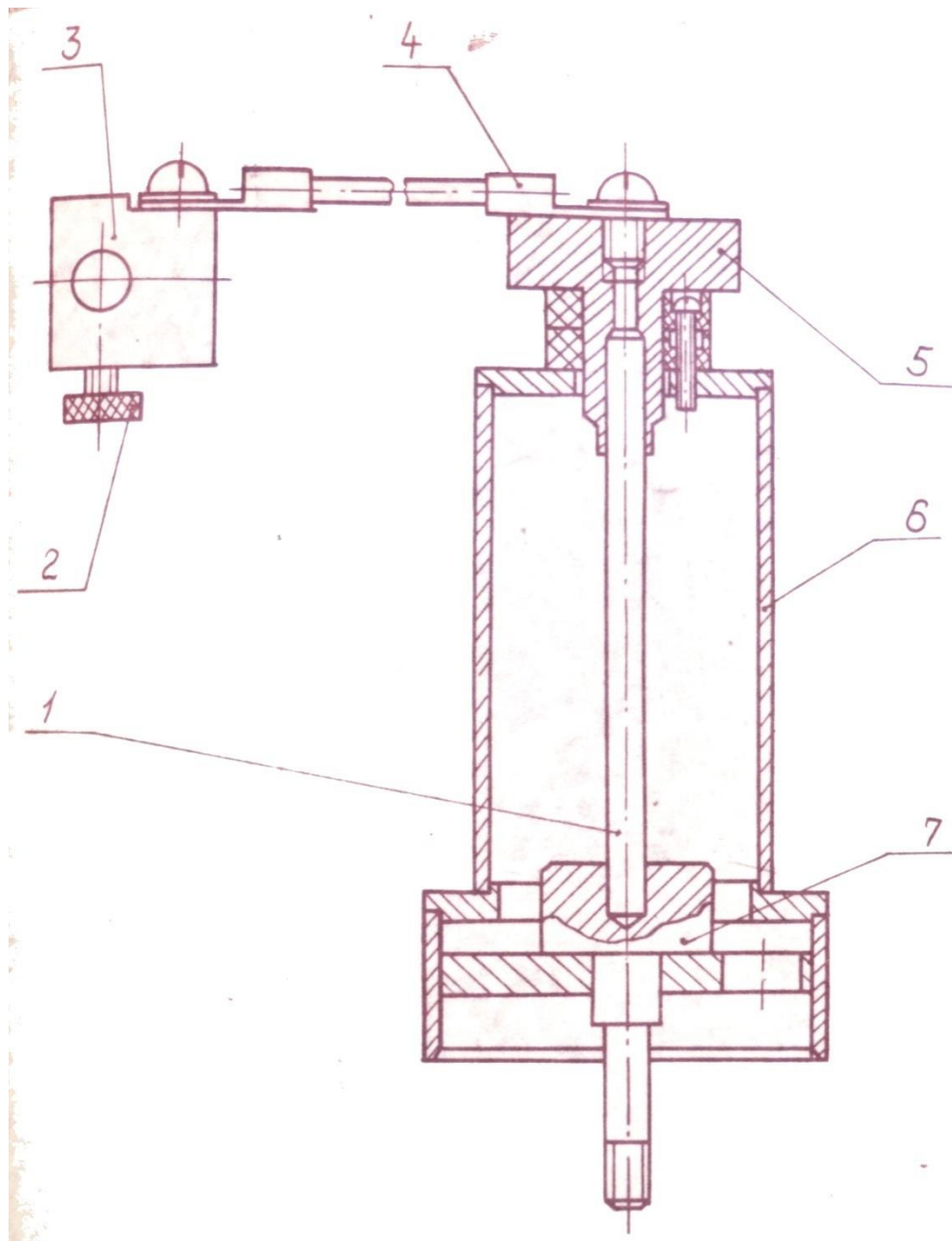
Kiritgichning aylanishi bugʻlatgichlarni berkitgichlarini navbat bilan ochish yoki yopishga imkon beradi.

Bugʻlatgichlarni himoyalovchi ekranlari bir bugʻlatgichning ikkinchisi bilan parazit changlanishini oldini olish, hamda bir vaqtning oʻzida issiqlik ekрани boʻlib ham xizmat qiladi. "1" va "2A", "2B" bugʻlatgichlari mustaqil taminlash manbalariga ega.

"1" bugʻlatgichni yoki koʻmirlarni bugʻlatish moslamasini ulash uchun oʻng pultning "VKL" va "ISP1" tugmalarini vertikal pultdagi "NAPIYLENIE" tugmasini bosish va "MOSHNOST 1" roslagichi bilan talab qilingan bugʻlatish oʻrini olish mumkin.

"2A" (yoki "2B") bugʻlatgichni ulash uchun oʻng pultdagi "VKL" va "ISP2A" (yoki "ISP2B") tugmalarini, vertikal pultdagi "NAPIYLENIE" tugmasini bosish va "MOSHNOST 2" rostagichi bilan talab qilingan bugʻlatish maromi olish mumkin.

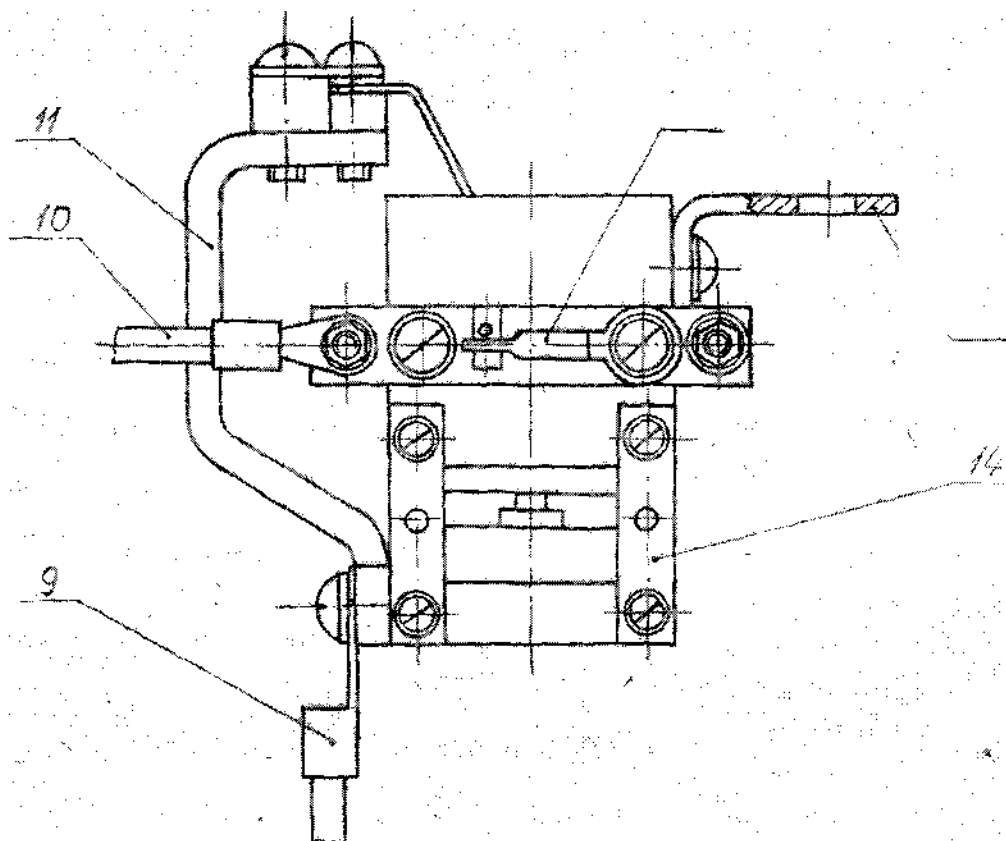
Koʻmir elektrolarni bugʻlatish uchun qurilma 1.9- rasmdakeltirilgan.



1.9-rasm. Ko‘mir elektrodli bug‘latish qurilmasi.

1 va 2 kronshteyn izolyasiyalovchi uchlikda bir-biri bilan sharnir tarzida ulangan. Kronshteyn 1 ishchi hajm taglikidagi (1.10-rasm) maxsus elektrik yerga ulangan tirgakka o‘rnatilgan, kronshteyn 2 esa 1 qizdirgichning izolyusiyalangan klemmali o‘tgazgichiga 4 ulanadi. Ko‘mir elektrodlar vintlar bilan qotiriladi, ekran ichki hajmni changishdan himoyalaydi. Moslamanig ulanishi va ishlashi rezistiv bug‘latgichli moslamaning ulanishi va ishlashi bilan bir xil.

Elektron bug‘latgich 1.10–rasmda keltirilgan.



1.10-rasm. Elektron bug'latgich.

Bu moslama sochiluvchi moddalarni tigellardan bug'latish, hajmda katta miqdorda moddani bug'latish zaruriyati tug'ilganda qo'llaniladi. Bug'latgich ishchi hajmining taglikida (rasm .1.10) elektrik yerga ulangan tirgakka o'rnatilib, maxsus ugolok 13 da qistirgich bilan qotiriladi.

5 va 8 tig'larga yuqori voltli to'g'irlagichdan o'tkazgich 9 orqali yuqori kuchlanish beriladi.

Katodlar 7 o'tkazgichlar 10 orqali "2A", "2B" bug'latgichlarga ulanadi.

Korpus Ida korpus 3 dan izolyator 14 bilan izolyasiyallangan tigellar o'rnatiladi. Bunda katta miqdorda yoki sochiluvchi moddalarni bug'latish imkoni tug'iladi.

Elektron bug'latgich ishlaganda tigel 5 yoki 8 dan biri o'rnatiladi. Ekranlar (2 va 4) fokuslovchi elektrod vazifasini bajaradi.

Elektron bug'latgichni ulash va ishlatish uchun bug'latgichni ishchi hajmga yuqorida keltirilganidek joylashtirish zarur.

O'ng pultdagi "PE1" yoki "PE2" tugmasini va vertikal pultdagi

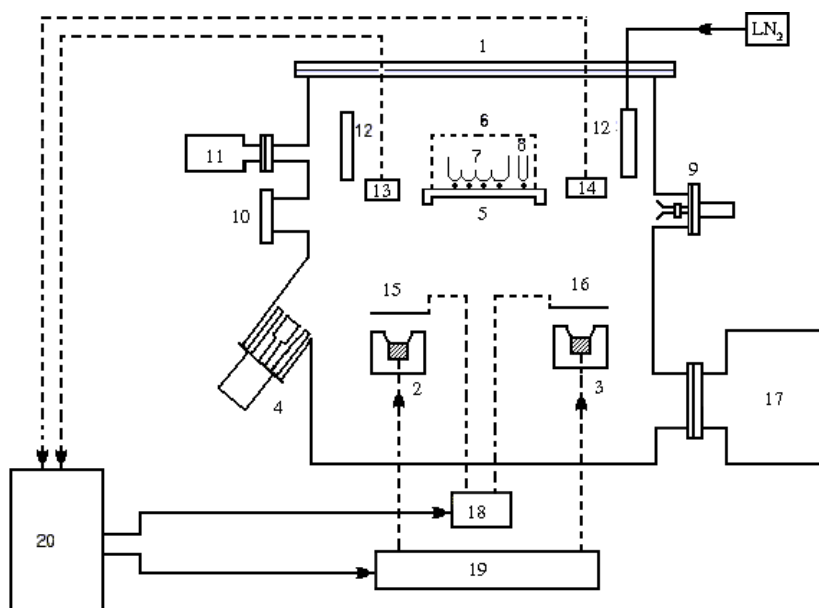
"NAPIYLENIE" tugmasini bosish va "MOSHNOST 1" yoki "MOSHNOST 2" rostlagichlari bilan moddani bug'latishning talab qilingan maromini o'rnatish zarur.

"MOSHNOST 1" yuqori kuchlanish rostlagichi, "MOSHNOST 2" esa katodlar qizdirgichining rostlagichi hisoblanadi.

Obyektlarga ionlar bilan ishlov berish va ikki tamonlama silliqlash moslamasi (ionli yedirish uchun moslama) ishchi hajmining taglikiga o'rnatiladi.

Buning uchun himoyalovchi klapanli shisha qalpoq yechib olinadi, uning o'rniga ushbu moslama joylashtiriladi va vintlar bilan mahkamlanadi. I himoyalovchi klapanli shisha qalpoq moslamaning ustidan joylashtirilishi kerak.

Qurilma obyektlar sirtini ion bombardirovkasi bilan ishlov berish, materiallarni changitish, to'g'ridan to'g'ri elektron bug'latish yordamida elektron mikroskopda o'rganish uchun yupqa obyektlarni olish va boshqa maqsadlar uchun mo'ljallangan.



1.11-rasm. Moslama ko'rinishi.

Moslama 1.11- rasmda keltirilgan. Korpus 1 da sovutgich 1 o'rnatilganbo'lib, unga quvur 16 orqali suyuq azot quyiladi. Konusliuya 2 razryad kamerasini o'rnatish uchun xizmat qiladi. Razryad kamerasi shisha qalpoq 10 va shtuserdan 14 iborat. Shisha qalpoqda anod 9 bo'lib, unga o'tkazgich 8 orqali yuqori kuchlanish beriladi. Shisha qalpoqda obyektlarni ikki tamonlama silliqlash

uchun qo‘shimcha kamera o‘rnatilgan. Bu kameraga yuqori kuchlanish maxsus o‘tkazgich 7 orqali beriladi. 1.11 –rasmda kamera anod 12 va qalpoqchalar 11 orqali tasvirlangan. Qalpoqchalar markaziy teshikchalarga ega, ulardan hosil bo‘lgan plazma tortib olinadi va obyektlar 13 stolchaga uzatiladi. Dasta 3 va sharnir 5 ishchi hajm bilan razryad kamerasini biriktirib turgan teshikni 19 ochish va berkitish uchun xizmat qiladi.

Spiral 17 stolcha 13 ning haroratini boshqarish uchun xizmat qiladi. Quvur 18 orqali inert gaz razryad kamerasiga yuboriladi. Inert gaz uchun maxsus ballon ko‘zda tutilgan bo‘lib, ballon pezoelektrikli ventil orqali ulangan.

Inert gazni razryad kamerasiga uzatish uchun pezoelektrik ventillar va ta'minlash blogidan iborat bo‘lgan gaz uzatish tizilmasi ko‘zda tutilgan. Obyektlarga ion ishlov berish moslamasi bilan ishlov berish uchun moslamani ishchi hajm taglikiga o‘rnatish, moslamaning anodlarini (9 va 12) 1.10–rasm dagidek, elektr o‘tkazgichni ajratgichga ulash zarur. Argon gazini yuborish quvuri ishchi hajmi taglikidagi shtuserga biriktiriladi.

Shisha qalpoq yopilib, razryad kamerasidan havo ochiq teshik 19 orqali so‘rib olinadi. Dasta 3ni soat strelkasi aylanishi yo‘nalishida oxirigacha burash orqali teshik 19 ni berkitiladi.

"VKL" va "ITR" (ion yedirish) tugmalari bosiladi. "MOSHNOST 1" rostlagichi bilan 1-2 kV kuchlanish o‘rnatiladi.

"NATEKATEL" tugmasi bosiladi va "NAPUSK" dastasi yordamida gaz yuborish razryad yongacha rostlab boriladi. Shundan so‘ng kuchlanish qiymatini va gaz miqdorini rostlab talab qilingan ion yedirish maromi o‘rnatiladi. Moslamani o‘chirish teskari tartibda bajariladi. "MOSHNOST 1" va "NAPUSK" rostlagichlar dastasi chetki chap holatga keltiriladi, yuqori voltli to‘g‘irlagich o‘chiriladi, "NATEKATEL" va "OTKL" tugmalari bosilgan holatdan qo‘yib yuboriladi.

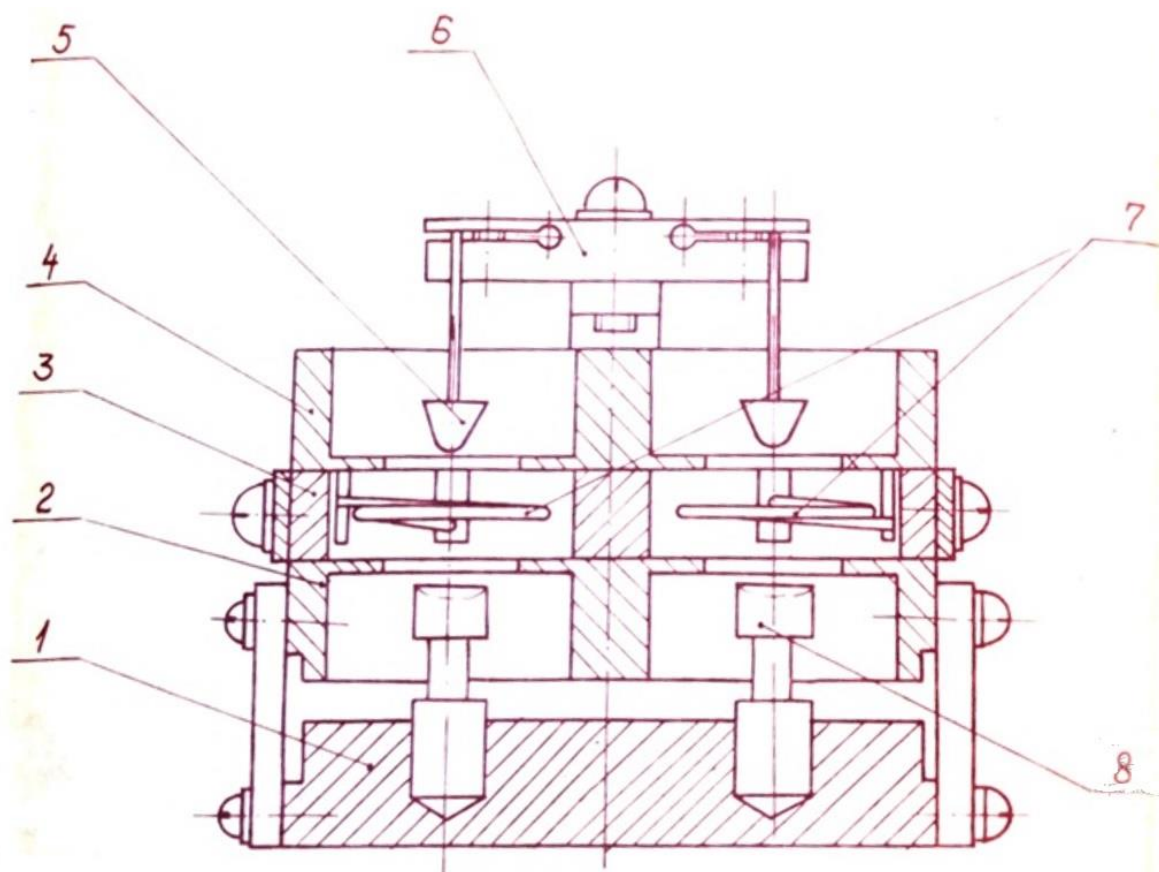
Obyektlarga ishlov berish obyektlar stolining $(20\pm 5)^{\circ}\text{C}$ dan -160°C gacha haroratida amalga oshirilishi mumkin. Harorat qizdirgich spirali 17 yordamida rostlanadi. Harorat termoelektrik aylantirgich (mis-konstantan) va PI asbob bilan

nazorat qilinadi.

Ion ishlov berish moslamasi uchun konusli uyaga 2 obyektlar stolini qizdirish uchun moslama oʻrnatilishi mumkin. Obyektlar stolchasini qizdirish uchun moslama 1.12 – rasmda keltirilgan.

Stolcha 2 elektr toki oʻtganda spiral 1dan ajralib chiqayotgan issiqlik bilan qiziydi. Stolcha haroratini boshqarish spiral orqali oʻtayotgan tok qiymatini oʻzgartirish orqali amalga oshiriladi. Harorat termoelektrik aylantirgich 4 (platina – platinarodiy) bilan nazorat qilinadi.

Ekranlar 3 atrofidagi detallarni qattiq qizib ketishdan saqlaydi va stolchaning haroratini turgʻunlashtiradi.

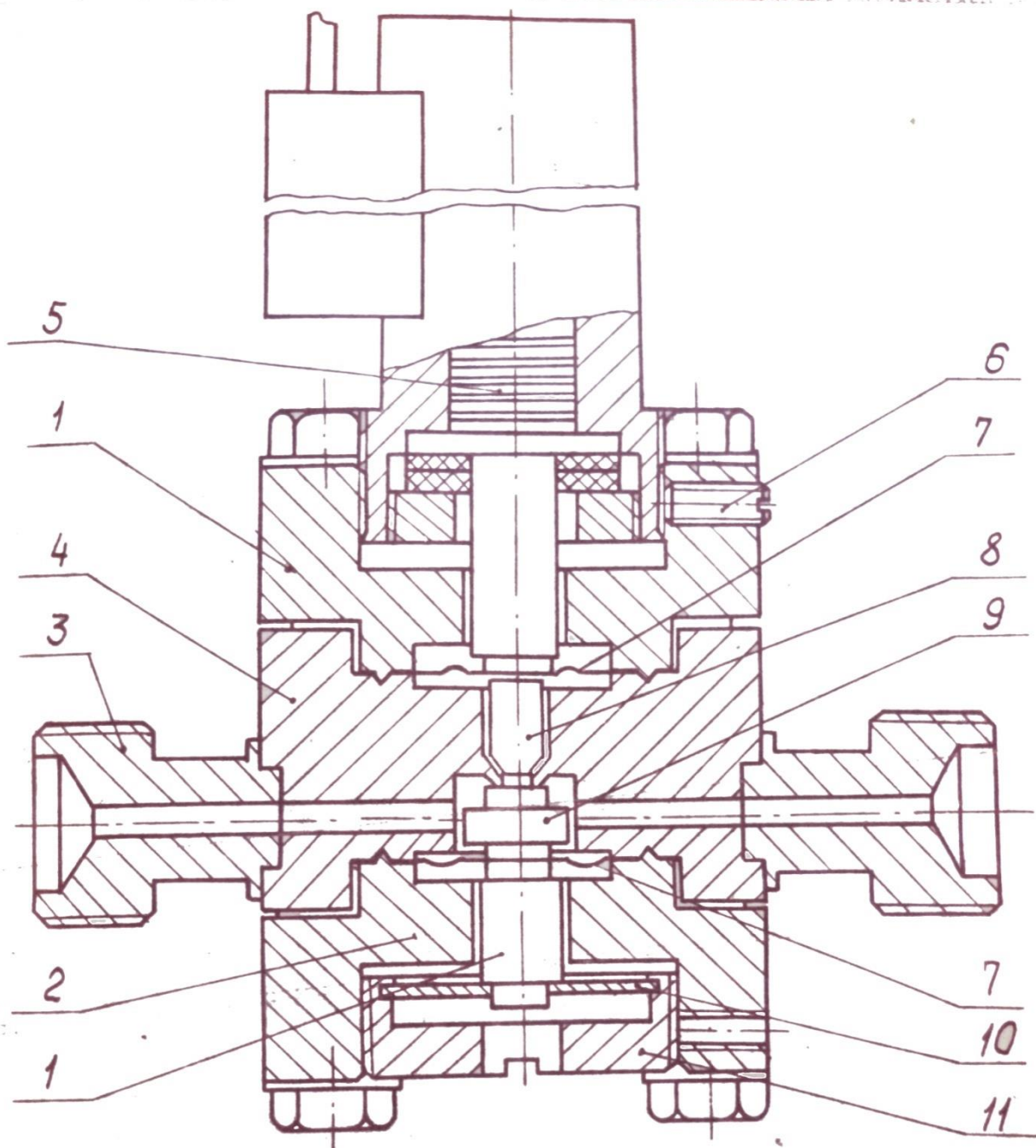


1.12-rasm. Obyektlar stolchasini qizdirish vositasi.

Moslamani ishga tushirish uchun boshqa rishpultidagi "NAGREV" tugmasi bosiladiva "PODLOJKAt° dastasi bilan obyektla rstolchasida talab qilingan harorat oʻrnatiladi. Moslamani oʻchirish teskari tartibda bajariladi. Moslama faqat ishchi hajm $1,3 \cdot 10^{-4} Pa$ bosimdan past bosimgacha soʻrib

olingandagina ishga tushirilishi mumkin.

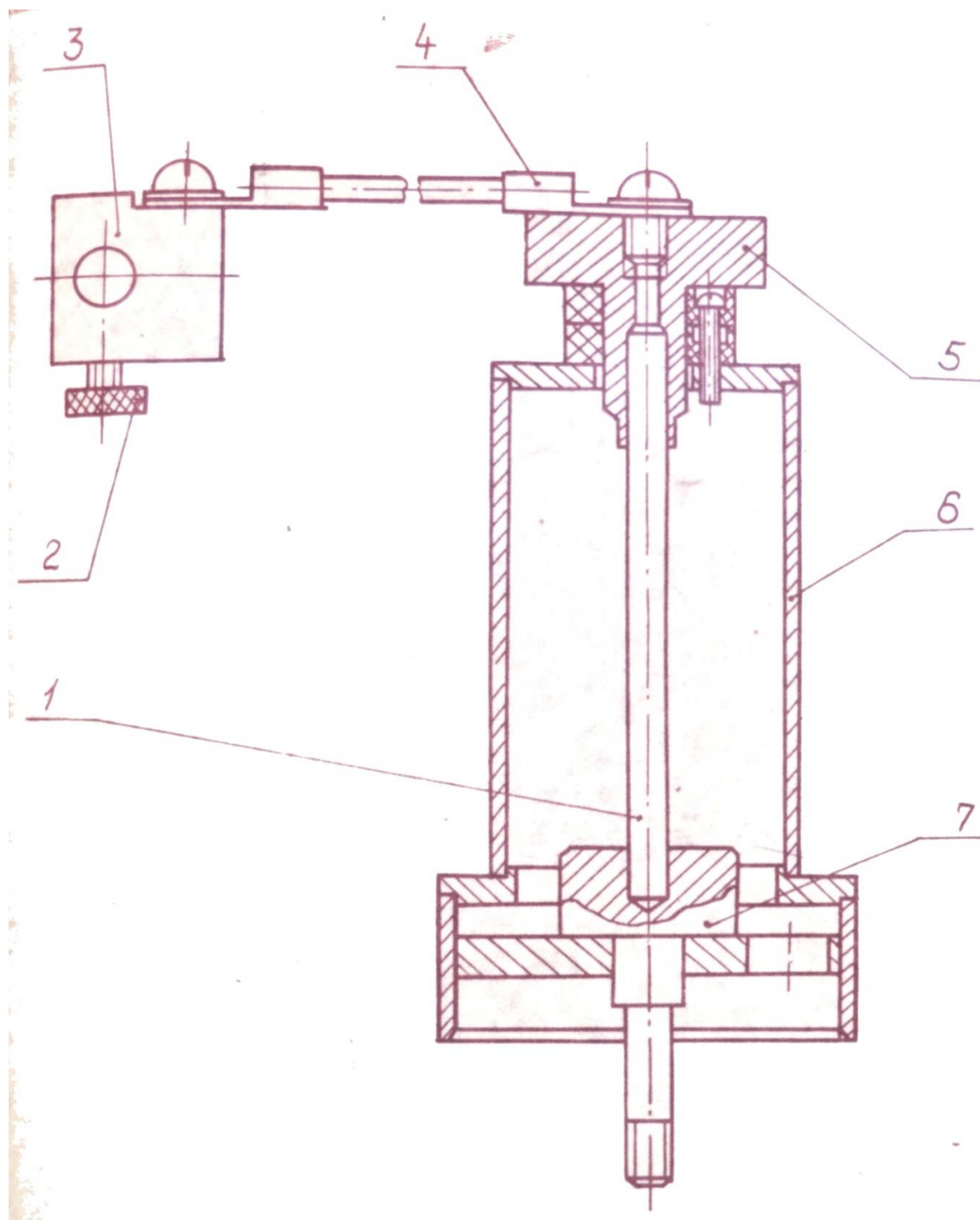
Obyektlarni burish va og'irish uchun moslama 1.13 - rasmda keltirilgan. Mikroyuritgich 1 korpus 2 da o'rnatilgan. Obyektlar stolchasi 4 yuritgich o'qi lga joylashtirilgan. Moslama ishchi xajmdagi bug'latgichlarning biron - bir tirgagiga o'rnatiladi.



1.13-rasm. Obyektlarni burish va og'irish uchun moslama

Moslamaning bunday tuzilishi obyektlar stolchasini bug'lanayotgan moddaga nisbatan istalgan burchak ostida joylashtirishga imkon beradi.

Ko'mir elektrodni gazsizlantirish uchun moslama 1.14-rasm da keltirilgan. "ISP1" tugmasi bosiladi va "MOSHNOSTL" rostlagichi bilan ko'mir sterjendan, o'tayotgan tok qiymati sterjen haroratini $-1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ gacha qizishini (oq rang) taminlaydigan darajagacha yetkaziladi va shu haroratda ~ 1 min ushlab turiladi.



1.14 – rasm. Ko'mir elektrodni gazsizlantirish uchun moslama

Gaz yuborish tizilmasi pezelektrikli uzatmali "NATEKATEL" va ta'minlash blogidan iborat.

II BOB. METALL QATLAMLARNING ELEKTR O‘TKAZUVCHANLIGI.

2.1.1. Yaxlit metall qatlamlarning elektr o‘tkazuvchanligi va ularning o‘lchamlarga bog‘liqligi.

Zommerfeld modeliga asoslagan metall qatlamlar elektr o‘tkazuvchanligi nazariyasi o‘tkazuvchanlik uchun ushbu tenglamani beradi:

$$\sigma = \frac{n_e e^2 l}{m_e v_F} \quad (2.1)$$

bu yerda n_e - elektronlar konsentratsiyasi, e - elektron zaryadi, m_e - elektronning samarali massasi, v_F - Fermi energiyasiga mos keluvchi elektron tezligi, l - elektronning o‘tkazuvchi zonasidagi erkin yo‘l uzunligi.

Elektronlar konsentratsiyasi bizga ma’lum bo‘lgan tenglamadan topiladi:

$$n_e = \frac{8\pi}{3} \left(\frac{m_e v_F}{h} \right)^3 \quad (2.2)$$

Elektr qarshilik, kvant nazariyasiga ko‘ra, elektronning kristall panjaradan sochilishi oqibatida vujudga keladi, deb qaraladi. Ideal (hech bir nuqsonlarsiz) kristall panjarada elektronlar to‘lqini so‘nmasdir. Kristall panjarani tashkil etuvchi atomlar uzluksiz tebranma harakatda bo‘lganligi uchun ham, real sharoitda mukammal kristall panjaralar yo‘q deyish mumkin. Elektr o‘tkazuvchanlik kattaligini kvant mexanikasi yordamida hisoblash ko‘pincha (2.1) tenglamaga olib keladi[3]. (2.1) tenglamadan ko‘rinib turibdiki, qatlamning qarshiligi elektronlarning erkin yugurish yo‘li uzunligi bilan aniqlanar ekan. Elektronlarning kristall panjaradan sochilishi ikki omil: elektron-fonon o‘zaro ta’sir va kristall panjara nuqsonlari bilan bo‘ladigan o‘zaro ta’sir orqali aniqlanadi. Yupqa qatlamlar uchun ikkinchi tur sochilishni alohida-alohida ko‘rib chiqish mumkin. Matissen quyidagi uch jarayon additiv ekanligini aniqladi:

$$\rho_{gat.} = \rho_m + \rho_s + \rho_n \quad (2.3)$$

bu yerda $\rho_{qat.}$ - qatlamning to'liq solishtira qarshiligi, ρ_m - qatlam olinayotgan materialning solishtirma qarshiligi, ρ_s - elektronlarning sirtan sochilishi tufayli yuzaga keladigan solishtirma qarshilik, ρ_n - elektronlarning panjara nuqsonlaridan sochilishi natijasida hosil bo'ladigan solishtirma qarshilik.

Matissen qoidasi o'tkazuvchan zonadagi elektronlarning panjarada sochilishi qatlam qarshiliga asosiy ulush qo'shgandagina bajariladi. Qatlamlarda ko'pincha (2.3) tenglamada ρ_n qo'shiluvchi hal qiluvchi ahamiyatga ega. ρ_n ning hissasi esa qatlam o'sishining turli bosqichlarida va qatlam eskirishi natijasida o'zgaradi.

Qatlam qarshiligining issiqlikdan o'zgarish koeffitsiyenti:

$$\sigma_{qat.} = \frac{1}{\rho_{qat.}} \cdot \frac{d\rho_{qat.}}{dT} = -\frac{1}{\sigma_{qat.}} \cdot \frac{d\sigma_{qat.}}{dT} \quad (2.4)$$

ni yozamiz va ularni hisobga olib, (2.4) asosida

$$\sigma_{qat.} \cdot \rho_{qat.} = \sigma_m \cdot \rho_m + \sigma_s \cdot \rho_s \quad (2.5)$$

Amorf qatlamlarda esa, panjara davriyligi uzoq tartiblarining buzilishi zaryad tashuvchilarning potensial energiyasi koordinataning davriy bo'lmagan funksiyasiga aylanishiga olib keladi. Bizga ma'lumki, amorf holat termodinamik nuqtai nazardan muvozanatlanmagan bo'ladi. Biroq ko'p hollarda ularning muvozanat holatga o'tish vaqti bir necha yillarni tashkil qilishi mumkin, bu esa amorf strukturalarining amalda qo'llanilishiga imkon yaratadi. Ammo ko'p metallarda panjara davriyligi uzoq tartibining buzilishi e'tiborga olinmasa ham bo'ladi, ya'ni bunday buzilishda zaryad tashuvchi o'rtacha energiyasining o'zgarishi shu energiyaning qiymatidan ancha kam bo'ladi. Bu holda Matissen qoidasiga ρ_n bunday buzilishni e'tiborga oladi.

2.1.2. Qatlam elektr o'tkazuvchanligining o'lchamlarga bog'liqligi.

Agar qatlamning sirti elektronlar erkin yugurish yo'li uzunligini chegaralasa mazkur qatlamning elektr o'tkazuvchanligi uning qalinligiga bog'liq bo'lar ekan. Elektronlar erkin yugurish yo'li uzunligini geometrik chegaralash

natijasida vujudga keladigan fizik hodisa (effekt) lar o'lchash effektlari deb yuritiladi.

Elektr o'tkazuvchanlikning o'lcham effektlari elektronlarning qatlam sirtida sochilish xususiyatlari bilan bog'liq. Elektronlarning qatlam sirtida sochilish xususiyatlari bilan bog'liq. Elektronlarning qatlam sirtida sochilishi ularning material sirtida sochilishidan farq qiladi. Massiv jism chegarasida elektron elastik sochiladi, bunda uning tezligining sirtga tik tashkil etuvchisi ishorasini o'zgartiradi. Qatlamlarda elastik sochilish bilan bir qatorda diffuzion sochilish jarayoni ham mavjud. Bunda sochilgan elektronlarning tezlik bo'yicha taqsimlanish funksiyasi ularning yo'nalishiga bog'liq bo'lmaydi, lekin relaksatsiya jarayoni qatlam sirtida uning hajmida bo'lganidek sodir bo'ladi. Birinchi bo'lib Fuks elektronlarning qatlam sirtida sochilishini ikki turga ajratib tahlil qilgan. Buning uchun u β parametrini kirgizdi. Bu parametr 0 dan 1 gacha o'zgaradi, $\beta = 1$ bo'lganda butunlay elastik va $\beta = 0$ da diffuzion sochilishga o'tiladi. Elastiklik parametri o'lcham effekti natijasida qatlam xususiyatlarining massiv materialnikidan qanchalik farqlanishini bildiruvchi o'lchovdir.

Shu vaqtgacha hali diffuzion sochilishni keltirib chiqaruvchi sabablar haqida bir umumiy fikr yo'q bo'lib, faqat buni tushuntirishi mumkin bo'lgan qator omillar bor:

1. Elektron sochiluvchi sirtning ideal sirtidan farqlanishi,
2. Sirt to'liqlari bilan bog'langan fononlar,
3. Tok tashuvchilar to'liqin funksiyasining sirtidan chegaralanishi,
4. Sirt holati va skin-effekti tufayli yuzaga keladigan zaryadlar gradienti.

Metall qatlamlari uchun to'rtinchi omil skin-effekt hisobiga bajarilishi mumkin. Birinchi omil yetarli asoslangan, chunki metallardagi elektronlarning to'liqin uzunligi atom o'lchamlariga teng va real notekisliklar doim ancha yuqori o'lchamga ega. Diffuzion yoyilish anizotrop bo'lib, bunda β elektronning sirtga tushish burchagi φ ga bog'liqdir:

$$\beta = e^{-16\pi^2 \frac{b^2}{\lambda^2} \cos^2 \theta} \quad (2.6)$$

Erkin elektronlar uchun o'lcham effektining bir o'lchamli modelini ko'rib chiqaylik. Qalinligi d bo'lgan qatlam OZ o'qiga tik yondashgan va OX o'qi bo'yicha yo'nalgan E kuchlanganlikli elektr maydonga joylashgan bo'lsin. Qatlam orqali o'tayotgan tokning zichligi quyidagi tenglamadan topiladi: [3]

$$j = 2e\left(\frac{m_e}{h}\right)^3 \int f(v)dv \quad (2.7)$$

2.2 Yupqa qatlamli qarshiliklar

Yupqa qatlamli qarshiliklar rezistorli gibrid integral mikrosxemalarda keng qo'llaniladi. Masalan, bitta yarimo'tkazgich asbobga o'rtacha 7 – 8 ta qarshilik to'g'ri kelishi mumkin. Yupqa qatlamli qarshiliklarga bir qator talablar qo'yiladi:

1. Sirt qarshiligi $10 \div 1000 \text{ om/sm}^2$ oralig'ida bo'lishi kerak. Kichik qarshilikli rezistorlar kam ishlatiladi. Katta qarshilikli rezistorlar ularning o'lchamlari katta bo'lganligi tufayli kam tayyorlanmoqda. Biroq bunday qarshiliklarga bo'lgan ehtiyoj katta. Shuning uchun sirt qarshiligi 1000 om/sm^2 dan katta bo'lgan materiallar yaratish katta amaliy ahamiyatga ega.

2. Qatlam qarshiligining harorat koeffitsiyenti (QHK) kichik bo'lishi lozim. QHK umumiy holda ikki omil orqali aniqlanadi: sirt qarshiligining barqaror emasligi va o'lchamlarining o'zgarishi. Ikkinchi omilni e'tiborga olmasa ham bo'ladi, chunki rezistiv qatlam yaxshi adgeziyaga ega bo'lib, taglikka mustahkam yopishgan bo'lada. Taglikning chiziqli kengayish koeffitsiyenti $\leq 10^{-5}$ ni tashkil qiladi. Bunday hollarda

$$\left(\frac{\Delta R}{R}\right)_T = \alpha_{\rho_s} \cdot \Delta T = \alpha_{\rho_s} (T - T_0), \quad (2.8)$$

bu yerda T –rezistorning ishchi xarorati, T_0 –rezistorning normal harorati $T_0 = 20^\circ\text{C}$.

3. Rezistiv qatlam eskirishga chidamli bo'lishi lozim. Qatlam materialining eskirish koeffitsiyenti

$$\gamma_R = \frac{\left(\frac{\Delta R}{R}\right)_{esk}}{\Delta t} = \frac{\Delta \rho_s}{\Delta t} = \gamma_{\rho_s}, \quad (2.9)$$

bu yerda, Δt – sirt qarshiligi $\Delta \rho_s$ qiymatga o‘zgarishi uchun ketgan vaqt.

4. Rezistorni tayyorlash texnologik jihatdan kamchiqim bo‘lishi shart.

Qatlam rezistorlarini hisoblashda elektr, konstruktiv va texnologik talablar e‘tiborga olinadi. Qarshilikning eng kichik qiymati niqoblash aniqligiga bog‘liq bo‘lib, qarshilik qiymatining og‘ishi bilan belgilanadi. Berilgan R qarshilik uchun qatlam uzunligi l ning uning eni b ga nisbatan aniqlanadi:

$$n = \frac{l}{b} = \frac{R}{\rho_s}. \quad (2.10)$$

Bundan rezistorning uzunligi topiladi. Rezistor egallagan qatlamning yuzasi quyidagicha aniqlanadi:

$$S = l(b + b_1) = b(b + b_1) \frac{R}{\rho_s}, \quad (2.11)$$

bu yerda, l – rezistorlar orasidagi masofa.

Rezistordan ajralayotgan quvvat quyidagi uchta kattalik orqali aniqlanadi: taglikning issiqlik o‘tkazuvchanligi, mikrosxemani sovutib turish usuli va muhitning harorati. Rezistor qatlam yuzasidan ajratishi mumkin bo‘lgan solishtirma quvvat $R_0 I \cdot Vt / sm^{-2}$ ni tashkil etadi. Bunga asoslanib quyidagi ifodadan minimal o‘lchamlar l_{min} va b_{min} topiladi:

$$P_R \leq P_0 \cdot b_{min} = P_0 b_{min}^2 \frac{R}{\rho_s}, \quad (2.12)$$

bu yerda P_R — rezistorda ajralayotgan quvvat. Bundan

$$b_{min} \geq \sqrt{\frac{P_R \cdot \rho_s}{R \cdot P_0}} \text{ va } l_{min} \geq \frac{P_R}{b_{min} \cdot P_0}, \quad (2.13)$$

ekanligi kelib chiqadi.

Rezistorlarni tayyorlashda ishlatiladigan metallar. Hozirgi davrga kelib Ti, Hf, Mo, W, Ta, Re kabi qiyin eruvchan metallardan qatlam rezistorlarni tayyorlash mumkinligi aniqlangan.

Ulardan tayyorlangan qatlam qarshiliklarining barchasi qariyb bir xil natijalarni bersada, bularning ichida tantal qatlam rezistorlari tayyorlashda ancha

afzalliklarga ega. Shu tufayli texnologiyani bir muncha yengillashtirish maqsadida ko‘pincha rezistorlarni tantaldan tayyorlaydilar. 2.1-jadvalda tantal qatlamlarining ba’zi parametrlari keltirilgan.[15]

2.1-jadval..Tantal qatlamlarining ba’zi parametrlari

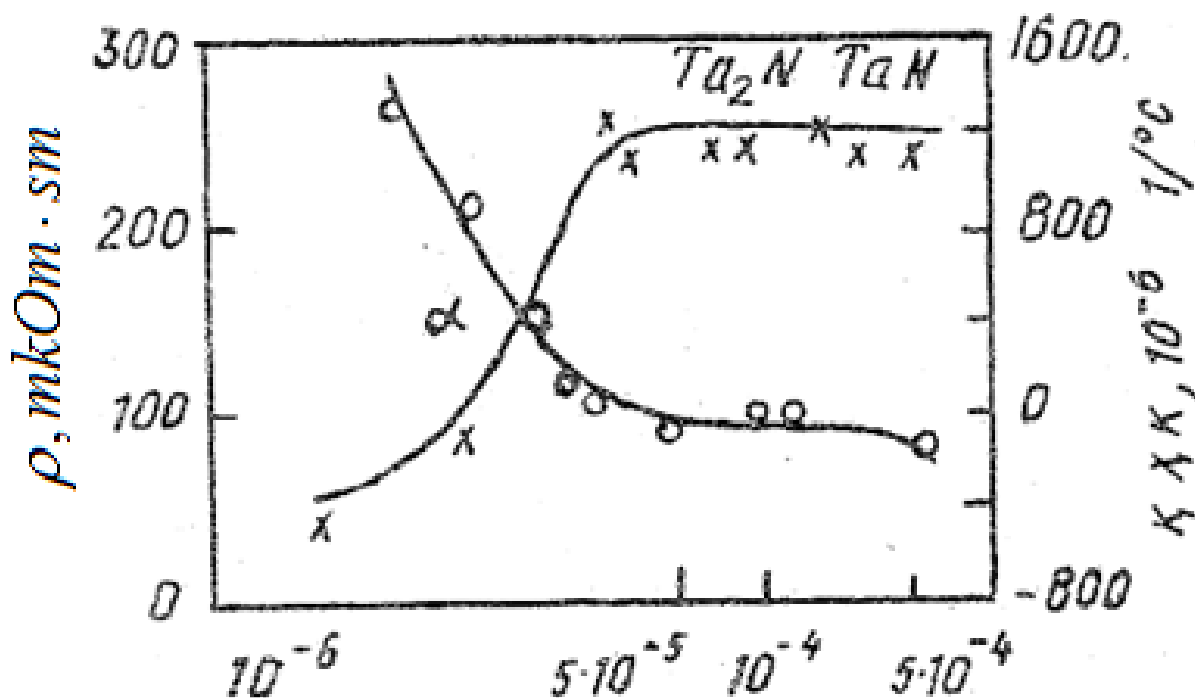
Parametr	Massiv namunasi	α strukturali qatlam	β strukturali qatlam	Kam zichlikli qatlam
Kristall strukturasi	Hajmi bo‘yicha markazlashtirilgan	Hajmi bo‘yicha markazlashtirilgan	Tetragonal	Tetragonal yoki hajmi bo‘yicha markazlashtirilgan
Panjara doimiysi	$a_0 = 3,303$	$\alpha_0 = 5,34 \div 9,94 a_0$ 3,31-3,33		
Zichligi, g/sm ³	16,3	15,6	15,9	12,1
Solishtirma qarshiligi, mkOm·sm	13	25-50	180-220	5000
Qarshilikning haroratga bogliqlik koeffitsiyenti, QHK($10^{-6} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$)	3800	+500... ...+1800	-100... ...+100	-100.....+100

α strukturadan β strukturaga o‘tishning aniq shartlari haligacha ma’lum bo‘lmasa ham, β struktura qatlamda yetarli miqdorda begona gaz atomlari bo‘lganda yoki 600 °C dan yuqori kondensatsiya haroratida vujudga kelmasligi

aniqlangan. β strukturali qatlamlar olishdagi shartlar yetarli darajada aniqlanganligi tufayli bunday qatlamlar amalda keng qo'llanilmayapti.

Qatlamlar g'ovaksimon strukturaga ega bo'lib, ularning solishtirma qarshiligiga ta'sir etuvchi birdan-bir parametr – changitish kuchlanishidir. Biroq kam zichlikka ega bo'lgan qatlamlar barqaror emasliklari aniqlangan. G'ovaksimon kam zichlikli qatlamlarning kuchli oksidlanishi ularning parametrlarining barqaror bo'lmasligiga olib keladi. Shuning uchun oksidlanishning oldini olish yo'llarini izlash ishlari olib borilmoqda.

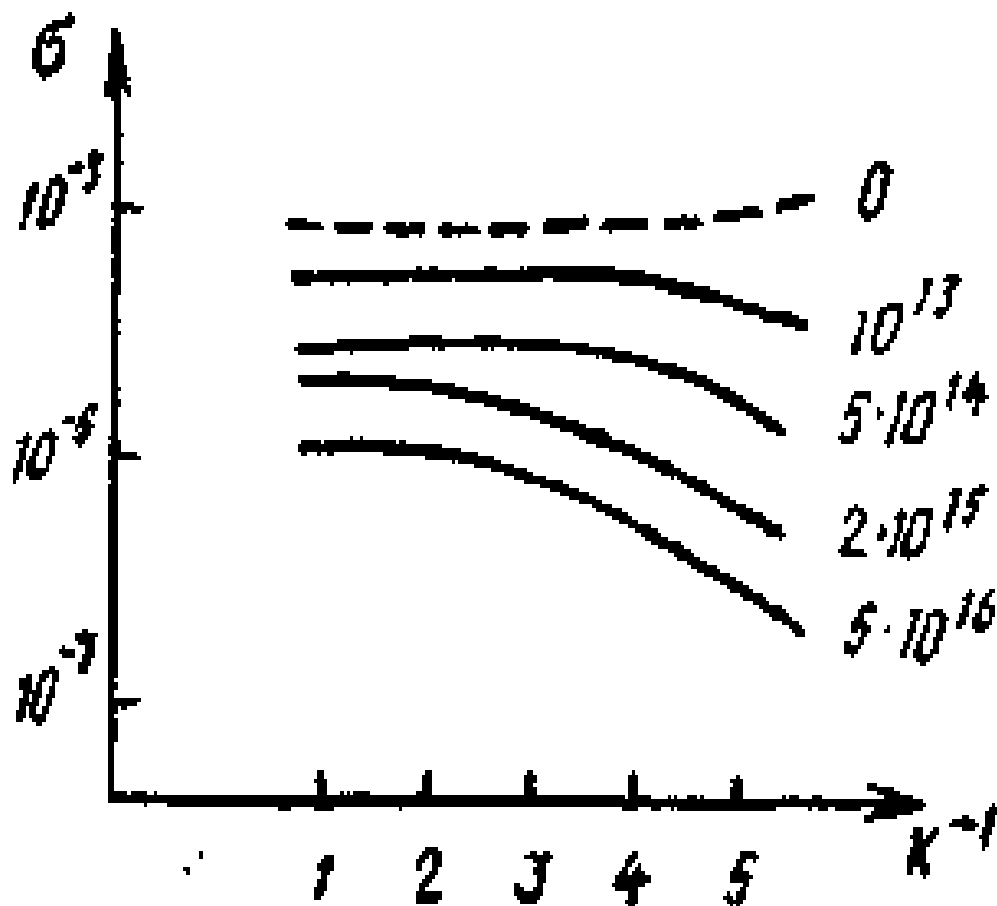
Izlanishlar shuni ko'rsatadiki, tantal qatlamlariga azot atomlari kiritilsa ularning rezistiv xususiyatlari ancha yaxshilanar ekan. Buni 2.1 - rasmda ko'rish mumkin. Amalda azot atomlari miqdori iloji boricha taglik Ta_2N birikma hosil bo'lishiga bog'liq ravishda kiritiladi, chunki bunday rezistorlar ishlatish jarayonida kam eskiradi.



2.1-rasm. Tantal qatlamlari solishtirma qarshiligi va qarshilikning haroratga boglanish koeffitsiyentining qatlamdagi azot atomlari miqdoriga bog'liqligi.

Tantal qatlamlari oksidlanishga moyilroq bo‘ladi. Ularni bundan saqlash uchun anodlash usuli qo‘llaniladi.

Tarkibida uglerod atomlari bo‘lgan xrom qatlamlarini katta tezlikka ega neytronlar oqimida nurlantirilgandan so‘ng ularda o‘tkazuvchanlikning potentsiallar farqiga noxiziqli bog‘lanishi kuzatilgan. Bunday qatlamlar amorf xususiyatga ega bo‘lib, tarkibida ~ 10 % uglerod atomlari bo‘ladi. Nurlanishga qadar xromning amorf qatlamlari (uglerod atomlari aralashgan) o‘tkazuvchanligi metallarnikiga o‘xshab ketadi va bunda uglerod atomlarining mavjudligi faqat qoldiq qarshilik kattaligining kamayishiga olib keladi. Matissen qoidasi (2.1) ga asosan qatlam qarshiligining ρ_n tashkil etuvchisiamorf holati orqali aniqlanishini e‘tiborga olsak, yuqoridagi fikr tushunarli bo‘ladi.



2.2-rasm. Xrom amorf qatlamlari o‘tkazuvchanliginig haroratga bog‘lanishi (turli nurlanish dozalarida; punktir chiziq uglerod atomlari aralashmagan qatlam uchun).

Radiatsion nurlanish begona atomlar kiritilgan qatlamlar qoldiq qarshiligining ancha ortishiga sababchi bo‘ladi (2.2-rasm). Bu hodisani shu bilan tushuntirish mumkinki, neytronlar bilan nurlantirish natijasida g‘alayonlangan atomlar elektr jihatdan faol markazlar hosil qiladi. Uglrod atomlari neytronlardan oladigan energiya xrom atomlari oladigan energiyadan taxminan 6 marta ko‘pdir. Shunga ko‘ra, o‘rganilayotgan jarayonda uglrod atomlari faolligi ancha yuqori bo‘ladi.

Metallar qotishmalari. Qatlam rezistorlari tayyorlashda asosiy qotishma sifatida nixromdan (Ni – 80%, Cr – 20%) foydalaniladi. Hozir Si – Cr va P – Cr qotishmalarini o‘rganish davom etmoqda.

Nixrom rezistiv qatlamlari ko‘pincha vakuum kondensatsiyasi usulida olinadi. Bunda vujudga keladigan asosiy qiyinchiliklar asosan bug‘latkich materiallariga nisbatan nixromning yuqori kimyoviy aktivligi va nikel hamda xromning bug‘ bosimlari o‘rtasidagi katta farqdan iborat. Masalan, 1000 °C da xromning bug‘lanish tezligi nikelnikidan 300 marta, 1300 °C da esa 8 marta ko‘p. Qatlamlarni katod changitish va portlatib bug‘latish usulida olinganda kimyoviy tarkib muammosi hal etilishi mumkin. 2.2–jadvalda nixrom rezistorlarning ba’zi parametrlari keltirilgan.

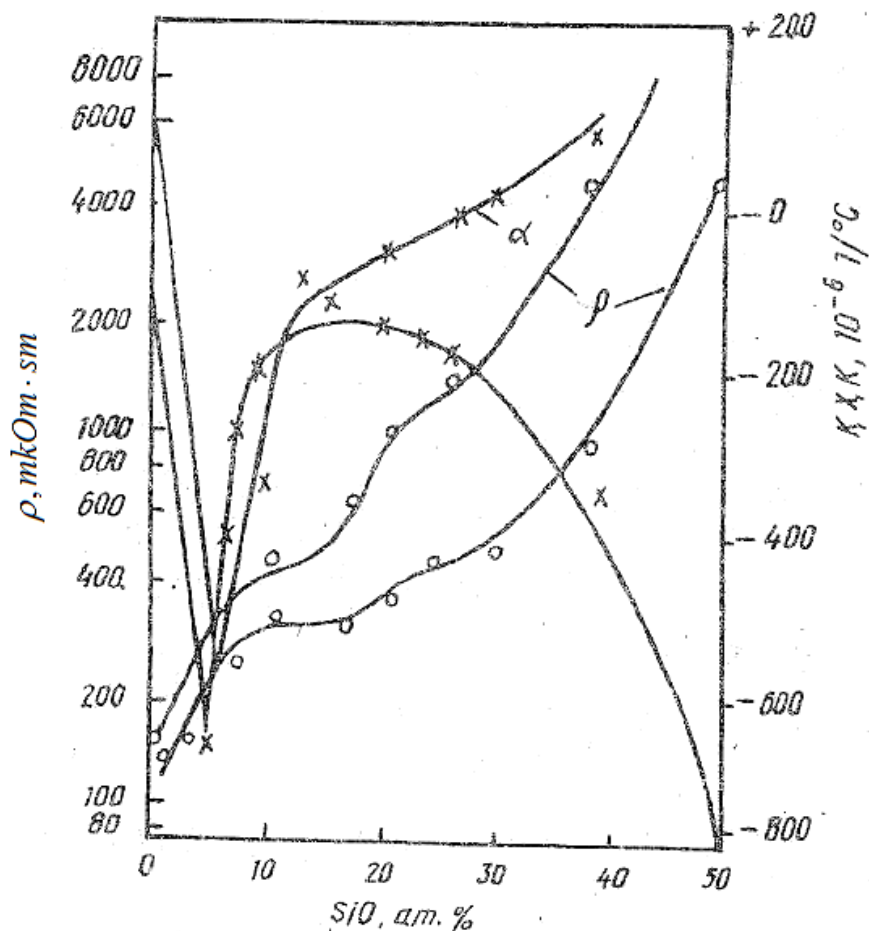
2.2-jadval. Nixrom qatlam rezistorlarining ba’zi parametrlari

Parametrlar	Qiymati
Sirt solishtirma qarshligi, Om*sm ²	100-20000
Eng kichik o‘lchami, mkm	50x50
Qarshilik qiymatlari oralig‘i	50 Om ⁻¹ Mom

Kermetlar (chinni va metall qotishmalari). 1955yilda B. A. Bochkarev va V. A. Bochkarevalar[13] tomonidan metall-dielektrik kombinasiyasidan tashkil topgan material yaratildi va bu material kermet deb ataldi. Quyidagi kermetlar yaxshi o‘rganilgan: Cr – MgF₂, Au – SiO, Pt – Ta₂O₅, Cr₃Si, TaSi₂ – SiO va sh.k.

Hozirgi paytda Cr –SiO tizimida yaxshi natijalar olingan. Kondensatsiya

paytida bu qatlam amorf holatida bo‘ladi.



2.3-rasm. Cr-SiO qatlamlar solishtirma qarshiligi va QHKning tarkibga hamda qizdirib ishlov berishga bog‘liqligi.

Qatlam o‘zining xususiyatlarini tiklashi uchun issiqlik ta‘sirida qayta ishlanishi kerak. Qatlam qizdirilganida kristall fazalar vujudga keladi. Bunda taglik sifatida kremniy oksidi ishlatilib, unda olingan xrom qatlami g‘ovaksimon-donasimon strukturali bo‘ladi va buning natijasida u katta solishtirma qarshilikka hamda QHK ning katta manfiy qiymatlariga ega bo‘ladi. 2.3-rasmda bunday qatlamlar solishtirma qarshiligi va QHK ning tarkibiga hamda qizdirib ishlov berishga bog‘liqligi ko‘rsatilgan. Ko‘pincha oksidlanishdan saqlash uchun xrom qatlami ustiga muhofaza qiluvchi qoplam yuritiladi. Bunday qatlamlar 500 °C gacha bo‘lgan harorat oralig‘ida uzoq vaqt ishlay oladi.

2.3-jadvalda kermetdan tayyorlangan qatlam qarshiliklarining ba‘zi xarakteristikalarini keltirilgan.

2.3-jadval. Ba`zi kermetlarning qarshliklari va solishtirma sirt qarshliklari.

Kermet	Qalinligi, mkm	Om/ sm
50 % NiCr—50 % SiO	0,1	600
70 % Cr—30 % SiO	0,1	300
75 % TaSi ₂ — 25 % CrSi	0,03	2000
95 % TaSi—5 % SiO	0,1	2000
50 % CrSi—25% TaSi ₂ +25% SiO	0,02	5000

III BOB.TAJRIBA NATIJALARI VA ULARNING TAHLILI.

3.1. Yupqa magnit pardalar magnit qarshiligini o‘lchash.

Fe/Cu/Fe yupqa ferromagnit qatlamlar magnitotransport xossalarini tadqiq qilish imkoniyatini beruvchi tajriba qurilmasi.

Fe/Cu/Fe yupqa ferromagnit qatlamlar magnitotransport xossalarini tadqiq qilish uchun Samarqand Davlat Universiteti Qattiq Jismlar fizikasi kafedrasida xodimlari tomonidan yig‘ilgan, 3.1 - rasmda keltirilgan eksperimental qurilmadan foydalanildi. Bu qurilma temperatura va namuna orqali oqib o‘tayotgan tokni stabilizatsiya qilish hamda magnit maydonini yuqori aniqlik bilan o‘lchash imkonini beradi. Temperaturani nazorat qilish tizimi kafedra o‘qituvchilari va talabalari tomonidan amalga oshirilgan.



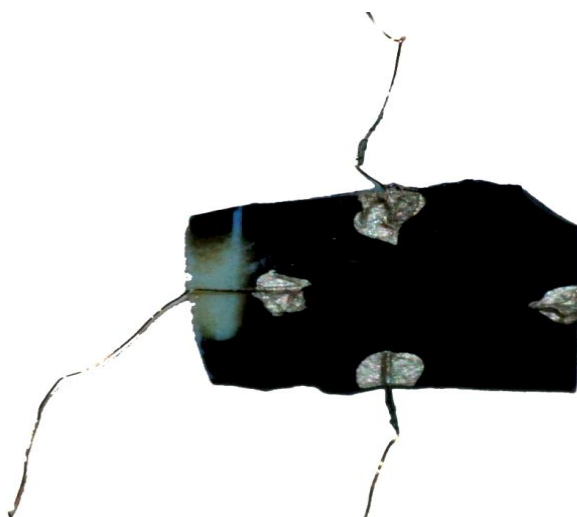
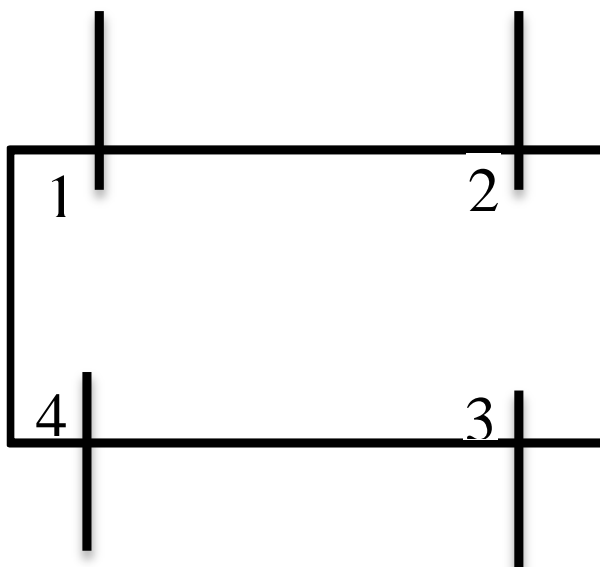
3.1 – rasm. Yupqa pardalar magnit qarshiligini o‘lchash qurilmasi.

3.1– rasmda keltirilgan tajriba qurilmasi raqamlar bilan belgilangan bir necha qismlardan tashkil topgan:

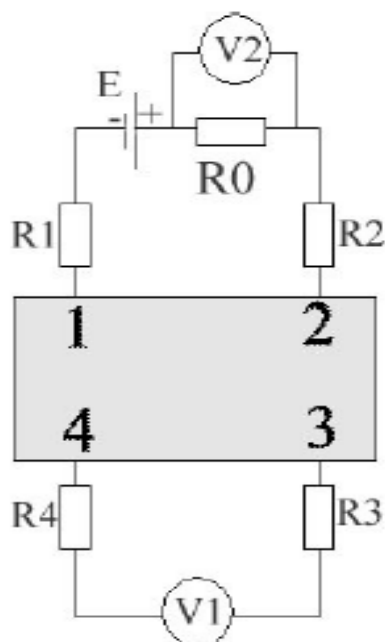
1. namunani inert atmosferada turishini taminlovchi geliyli ballon;

2. elektromagnit ta'minlash manbasi;
3. xladagent sifatida ishlatiladigan, suyuq azot bilan to'ldirilgan Dyuar idishi;
4. Oralig'iga namuna qo'yiladigan, ichida mis stakani bor (sovuq stolcha) stolchali, Estoniyaning Tartu shaxrida tayyorlangan, azot bug'lari bilan sovutiladigan maxsus kriostat kiritiladigan elektromagnit;
5. elektr kuchlanishini o'lchaydigan voltmetr;
6. Xolla EYuKsini o'lchaydigan voltmetr;
7. Namuna orqali oqib o'tadigan tok kuchini o'lchaydigan ampermetr;
8. temperatura kontrolleri;
9. namuna orqali oqib o'tayotgan tokni stabillovchi stabilizator;
10. Elektromagnit orqali oqib o'tayotgan tokni kommutasiyalash bloki;

Yupqa magnit pardalar rezistiv xossalari Van der Pol metodi yordamida o'rganildi. Buning uchun taxminan to'g'ri to'rtburchak shaklidagi namuna burchaklariga avtomobillar oynasiga o'rnatilgan rezistiv isitgichlarni kavsharlashga mo'ljallangan Kontaktol aralashmasini kumushli pasta surtilgan maydonchaga diametri 0,01 mm bo'lgan mis sim ustiga surtib qotirish orqali 3.2 – rasmda ko'rsatilganidek to'rtta kontaktlar yopishtirildi. Tok 1-2 kontaklar orqali o'tkazilib, kuchlanish kontakt potentsiallari farqi ta'sirini yo'qotish uchun 3-4 kontaklar orqali olindi. 3-4 kontaktlarda aniqlangan kuchlanishni 1-2 kontaklar orqali oqib o'tgan tokga bo'lish orqali hosil qilingan qarshilik $R_{12,34}$ orqali belgilangan. Quyidagi 3.3– rasmda tajriba qurilmasining elektr sxemasi keltirilgan [18].



3.2–rasm. Yupqa ferromagnit pardasiga rezistiv o‘lchashlar uchun omik kontaklar konfiguratsiyasi



3.3- Rasm. Yupqa magnit pardalar magnit qarshiligini o‘lchash qurilmasi elektr sxemasi.

Bu to‘rt nuqtali o‘lchash usulining variatsiyasi bo‘lib, unda namuna perimetri bo‘ylab joylashgan yetarlicha kichik kontaklarda, domiy qalinlikdagi bir jinsli yassi namuna uchun solishtirma elektr qarshilik quyidagi formula bilan hisoblanishi mumkinligi isbotlangan:

$$\rho = \frac{\pi d}{\ln 2} \frac{R_{12,34} + R_{23,41}}{2} f \left(\frac{R_{12,34}}{R_{23,41}} \right), \quad (3.1)$$

bu yerda f quyidagi munosabatni qanoatlantiradi:

$$\frac{R_{12,34} - R_{23,41}}{R_{12,34} + R_{23,41}} = f \operatorname{arccch} \left(\frac{\ln 2 / f}{2} \right). \quad (3.2)$$

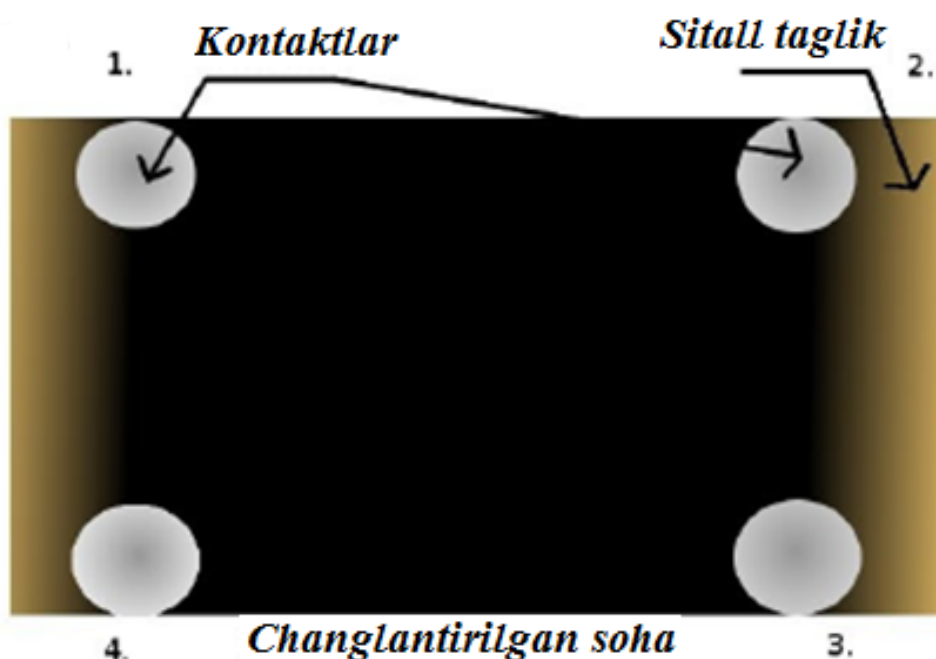
Bu ifoda orqali aniqlangan qarshilikning nisbiy xatoligi d^2/D^2 tartibida bo‘ladi, bu yerda d kontakt o‘lchami, D esa sfera shaklidagi namuna diametri [7].

Ammo bular uchun o‘tkazuvchanlikning qiymatini emas, balki bog‘lanish ko‘rinishini bilish muhim bo‘lganligi uchun $R = R_{12,34}$ qarshilik o‘lchandi. Bu o‘lchashlarda namuna yaqiniga mahkamlangan termopara yordamida temperatura ham o‘lchandi.

Magnitotransport o‘lchashlar uchun namunalar to‘g‘ri to‘rtburchak shaklidagi sitall taglik ustigi vakuumda termik bug‘latish usuli yordamida olindi.

Namunalar o'lchamlari: uzunligi 10-12 mm, kengligi 5-8 mm va qalinligi 1-1,5 mkm bo'lgan to'g'ri burchakli parallelepiped shaklida tayyorladi. Namunaning ustida avtomobillar oynasiga o'rnatilgan rezistiv isitgichlarni kavsharlashga mo'ljallangan Kontaktol aralashmasini kumushli pasta surtilgan maydonchaga diametri 0,01 mm bo'lgan mis sim ustiga surtib qotirish orqali 3.3 – rasmda ko'rsatilganidek to'rtta kontakt hosil qilindi. Xoll hamda elektr qarshiligini o'lchash uchun mo'ljallangan kontaktlar orasidagi masofa namuna uzunligining to'rttdan bir qismidan oshmaydigan qilib yasaldi. Kontaktlarning bunday joylashuvi tok zichligining maksimal bir jinsli taqsimoti sharoitida namuna parametrlarini o'lchash imkoniyatini beradi [16].

3.4- rasmda 1 va 2 raqamlar bilan tok o'tkazuvchi va elektr qarshilikni o'lchovchi kontaktlar, 3 va 4 raqamlari bilan Xoll qarshiligini va Xoll kuchlanishini o'lchashga mo'ljallangan kontaktlar belgilangan.



3.4–rasm. Taglik ustida vakuumda termik bug'latish usulida olingan yupqa magnit pardasida kontaktlarning joylashuvi

Elektrofizik va galvanomagnit tadqiqotlarda olingan natijalar ishonchligi bir tomondan olingan natijalarni sinchiklab tahlil qilishga, boshqa tomondan ko'ndalang Xoll kontalarida o'lchanadigan yig'indi kuchlanishga turli qo'shimcha effektlarning ta'sirini to'g'ri hisobga olishga bog'liq bo'ladi:

$$U_{\Sigma} = U_h + \sum_{i=1}^n U_i,$$

bu yerda U_h – Xoll EYuKi, U_i – esa qo‘shimcha effektlar EYuKi.

Bunday qo‘shimcha effektlarning asosiy manbalaridan biri Xoll kontaktlarining asimmetriyasi bilan bog‘liq bo‘lib u bir-biriga nisbatdan qandaydir masofaga siljib qolgan kontaktlar orasida tok o‘tganda U_{Σ} kuchlanish tushishi tufayli yuzaga keladi. Shuning uchun 3 va 4 kontaktlarni maksimal darajada simmetrik joylashtirish o‘ta muhimdir. Qo‘shimcha effektlar tomonidan katta hissa qo‘shadigani, 3 va 4 kontaklar orasida ko‘ndalang yo‘nalishda «namuna-sim» o‘tkazuvchi kontaklar orqali Xoll zanjirida temperaturalar farqi tufayli yuzaga keladigan U_T termo EYuK bo‘lib hisoblanadi.

Agar U_{Σ} ni ikki E_x va B_z yo‘nalishlar bo‘yicha o‘rtachalashtirilsa barcha qo‘shimcha effektlarning EYuKsi ta‘sirini yo‘qotish mumkin. Bunday yo‘l bilan yo‘qotib bo‘linmaydiganlari esa Xoll EYuKsining bir necha foizini tashkil qilishi o‘tkinchi metallar va qotishmalarda o‘tkazilgan maxsus tadqiqotlar natijasida aniqlangan. Bulardan yuqorida qarab chiqilgan barcha faktlarni hisobga oluvchi quyidagi formula kelib chiqadi:

$$U_h = \frac{U(+B_z, +I_x) - U(+B_z, -I_x) - U(-B_z, +I_x) + U(-B_z, -I_x)}{4},$$

bu yerda «+» va «-» ishoralari tok hamda magnit maydoni yo‘nalishlarini ko‘rsatadi. Xoll solishtirma qarshiligi quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$\rho_h = \frac{U_h \cdot d}{I_x},$$

bu yerda d – namuna qalinligi, I_x – namuna orqali oqib o‘tayotgan tok kuchi kattaligi.

3.2. Moddalarining yupqa qatlamlarini hosil qilish va ular sirtining morfologiyasini tadqiq qilish.

Tadqiq qilinadigan moddalarning yupqa pardalarini vakuumda termik changlatish usuli bilan olish uchun kerakli fiziko-kimyoviy xossalarga ega bo'lgan taglik tanlash kerak. Hozirgi paytda bunday maqsadlar uchun kremniyli, sapfirli va boshqa ko'p turdagi materiallar ishlatiladi. Shunday materiallardan biri sitallar bo'lib hisoblanadi. "Sitall" so'zi ruscha "steklo" va "kristall" so'zlarining qo'shilishidan hosil bo'lgan. AQShda bu materiallarni "pirokeram" deb atashadi. Sitallar (yoki shisha kristallik materiallar) turli shishalarni termik qayta ishlash jarayonida yo'naltirilgan kristallanish tufayli hosil bo'ladigan noorganik moddalar bo'lib hisoblanadi. Ular odatda bir yoki bir nechta kristallik fazalardan tashkil topgan bo'ladi. Sitallar mayda dimpers kristallar (2000 nm gacha) bo'lib shishasimon matrisada tekis taqsimlangan bo'ladi. Sitallardagi kristallik faza miqdori hajm bo'yicha 30 – 95 % ni tashkil qilishi mumkin. Shisha tarkibi, kristallanishni paydo qiluvchining turi (katalizator) va termodinamik qayta ishlash maromini o'zgartirish orqali turli kristallik fazadagi va berilgan xossali sitallar olish mumkin. Dastlab sitallar XX asrning 50 yillarida olingan. Sitallarga o'xshash materiallarda chet ellarda pirokeram, devitrokeram va shishakeram deb atashadilar.

Sitallar yuqori darajadagi mustahkamlik, qattqlik, yemirilishga chidamlik, kimyoviy va termodinamik turg'unlik, kichik issiqlikdan kengayish hamda gaz va namlikni kiritmaslik kabi xossalarga ega. Sitallar ishlatilish sohalariga ko'ra texnik va qurulish sitallariga bo'linadi[16]. Texnik sitallar asosan quyidagi sistemalar asosida olinadi: $\text{Li}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$, $\text{MO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$, $\text{Li}_2\text{O}-\text{MO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$, bu yerda M–Mg, Ca, Zn, Ba, Sr va boshqalar; $\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{K}_2\text{O}-\text{F}$; $\text{MO}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{Al}_2\text{O}_3$ (bu yerda M–Ca, Sr, Pb, Zn); $\text{PbO}-\text{ZnO}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ va boshqalar. Asosiy xossalari va ishlatilishiga ko'ra sitallar yuqori mustahkam, radio shaffof kimyoviy chidamli, shaffof termik barqaror, yemirilishga va kimyoviy moddalar ta'siriga chidamli, fotositallar, slyudositallar, biositallar, sitallo sementlar va maxsus elektrik xossasiga ega bo'lgan sitallar kabi turlarga bo'linadi.[17]

Ushbu MDda taglik sifatida berilliy oksidi asosidagi sopol sitalldan foydalanildi. Bir tomoni jilvirlangan va o'lchamlari $60 \times 45 \times 0,5$ mm² bo'lgan sitalldan o'lchamlari 8×5 mm² bo'lgan to'g'ri to'rtburchak shaklidagi bo'lakchalar maxsus qirqish stanogida olmosli kesuvchi disklardan foydalanib qirqib olindi. Bo'lakchalarning sirtini iflosliklardan tozalash uchun ularni qaynab turgan distillangan suvda 5 minut davomida qaynatib, keyin chiqarib olinib, havoda quritildi. Tayyor bo'lgan bo'lakchalar massasi *KERN ABS120-4N* rusumli raqamli elektron tarozida o'lchab olindi (3.5-rasm). Ushbu tarozi materiali zanglamaydigan po'latdan iborat bo'lib, tarozi og'irligi 120 g. Maksimal o'lchash og'irligi 0,1 mg. Tarozi o'lchamlari 210mm×340mm×325mm.



3.5-rasm. *KERN ABS120-4N* rusumli raqamli elektron tarozi.

Bunday o'lchashlar gravimetrik usul bilan hosil bo'lgan yupqa parda qalinligini aniqlash imkonini beradi. Massasi o'lchab bo'lingan namunalar sirtiga Fe, Cu va yana Fe ning yupqa pardalarini o'tqazish uchun ularni (hammasi bo'lib 6 ta bo'lakcha ajratib olindi) VUP – 5 qurilmasining vakuum hosil qilinadigan hajmidagi stolchaga joylashtirildi. MDsi oldiga qo'yilgan maqsadlardan kelib chiqib birinchi uchta namunadan ikkitasiga tashqi doimiy magnit maydonisiz dastlab temir moddasi, keyin esa ulardan biri qoldirilib, uchinchi bo'lakni ikkinchi bo'lakning joyiga qo'yib mis o'tqazildi. Keyin yana birinchi namunaning o'ziga temir o'tqazildi. Natijada biz magnit maydonisiz Fe, Cu va Fe/Cu/Cu qatlamlari o'tqazilgan uchta namunaga ega bo'ldik.

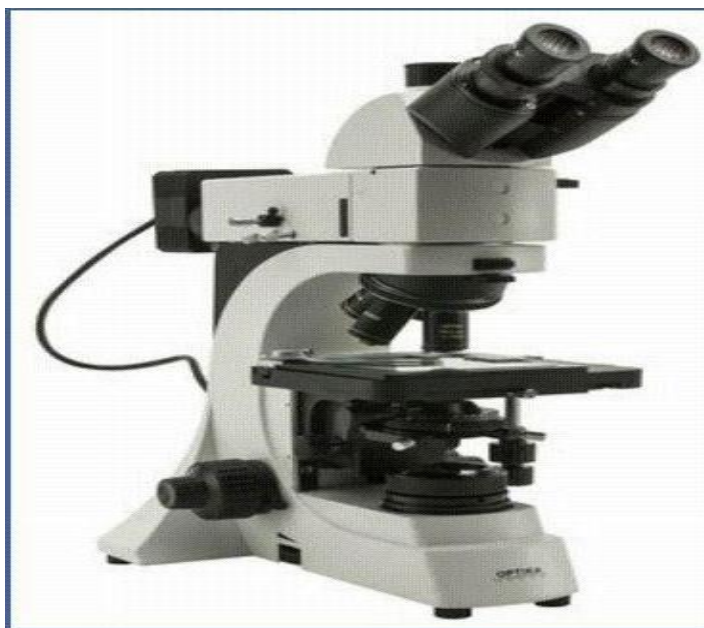
Keyingi bosqichda xuddi shu amallar magnit maydon induksiyasi 300mTl bo'lgan tashqi domiy magnit maydonida olindi. Bundan ko'zlangan asosiy maqsad tashqi magnit maydoning yupqa pardalar hosil bo'lish jarayoniga ta'sirini o'rganish bo'lib hisoblanadi. Har bir qatlam qalinligini aniqlash uchun sitall bo'lakchalari massalari har bir qatlam o'tqazilgandan keyin o'lchab borildi.

Tajribalarda paralleloiped shaklidagi, o'lchamlari $120 \times 80 \times 15 \text{ mm}^3$ bo'lgan va har birining induksiyasi 300 mTl bo'lgan 6 ta doimiy magnitlardan foydalanildi (3.6–rasm). Yupqa qatlamlarni o'tqazish jarayonida ishchi kamerada vakuum darajasi $10^{-4} \div 4 \cdot 10^{-5} \text{ mm.sim.ust.ga}$ teng qilib olindi.



3.6-rasm. Tajribalarda foydalanilgan doimiy magnit

Olingan namunalar sirti tasvirlari *OPTIKA M-9 N34781* rusumli optik mikroskop yordamida olindi (3.6-rasm). Mikroskop 360° burchakda aylanuvchi, kattalashtirishi: 50x, 100x, 200x, 500x, 1000x, okulyari: WF10X/22mm, obyektivi: 5-pozitsiya.



3.7-rasm. OPTIKA M-9 N34781 rusumli optik mikroskop

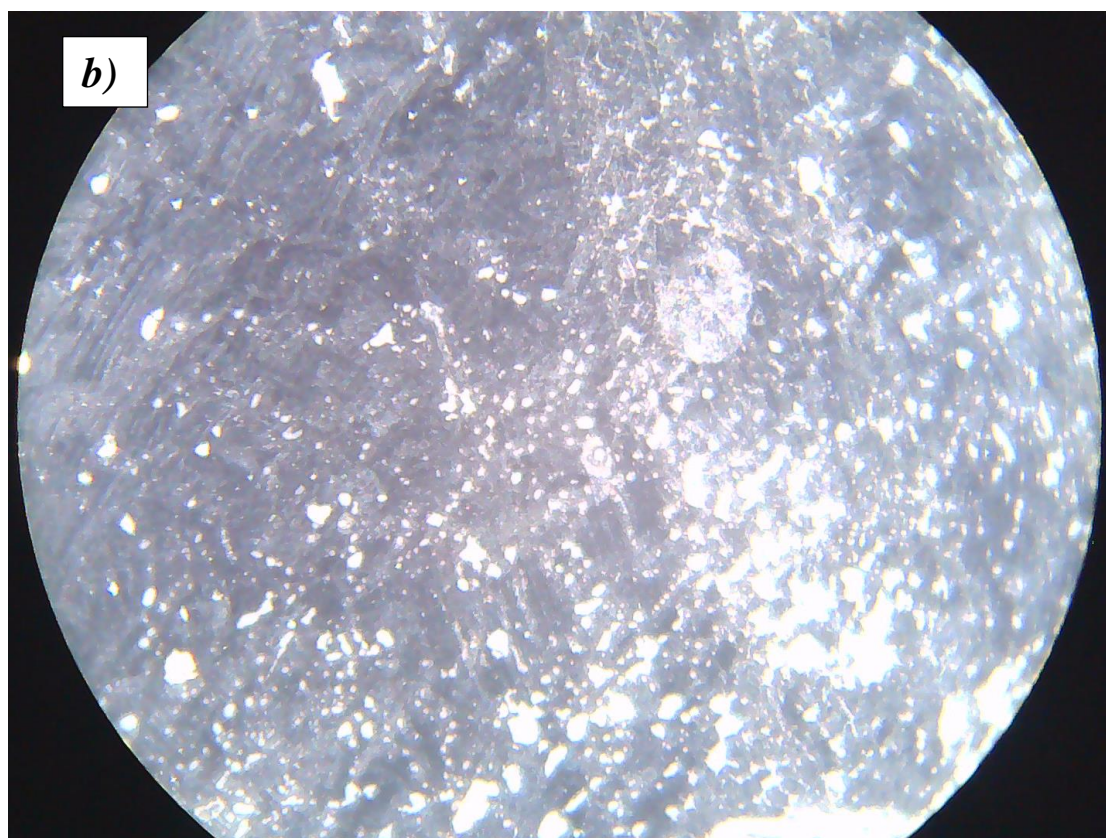
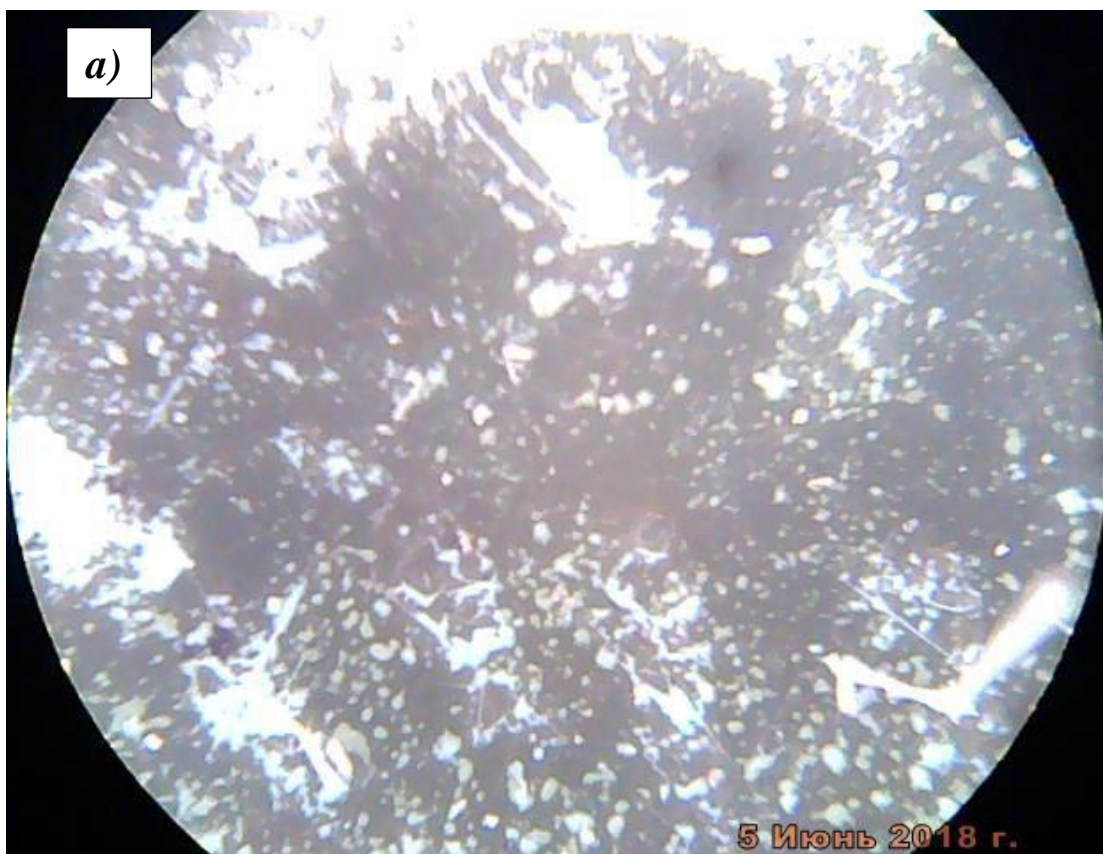
Namunalar sirti tasvirlari 3.8–, 3.9– va 3.10– rasmlarda keltirilgan. 3.8– rasmda sitall sirtiga magnit maydonisiz va magnit maydoni bor bo'lgandan o'tqazilgan temir moddasi yupqa qatlamlari tasvirlari keltirilgan. Rasmdan ko'rinib turibdiki doimiy magnit maydoni parda sirtinig nisbatan bir jinsli bo'lishini ta'minlar ekan. Bunday fikrga magnit maydonisiz olingan parda sirtida katta sondagi yorug' dog'larning mavjudligi olib keladi.

3.9–rasmda sitall sirtiga magnit maydonisiz va magnit maydoni bor bo'lgandan o'tqazilgan mis moddasi yupqa qatlamlari tasvirlari keltirilgan. Rasmdan ko'rinib turibdiki, bu holda ham doimiy magnit maydoni parda sirtining nisbatan bir jinsli bo'lishini ta'minlar ekan. Bu holda g'adir budurliklar kattaligi temir moddasi yupqa pardasidagiga qaraganda ancha kichik ekanligi ko'rinadi. Bunday fikrga magnit maydoni bor bo'lganida olingan mis yupqa pardasi sirtidagi g'adir budurliklar kattaligi kamayishi olib keladi.

3.10–rasmda sitall sirtiga temir, mis va temir moddalari ketma-ket magnit maydonisiz va magnit maydoni bor bo'lgandan o'tqazilgan yupqa qatlamlarning eng ustining tasvirlari keltirilgan. Rasmdan ko'rinib turibdiki, bu holda ham doimiy magnit maydoni parda sirtinig nisbatan bir jinsli bo'lishini ta'minlar ekan.

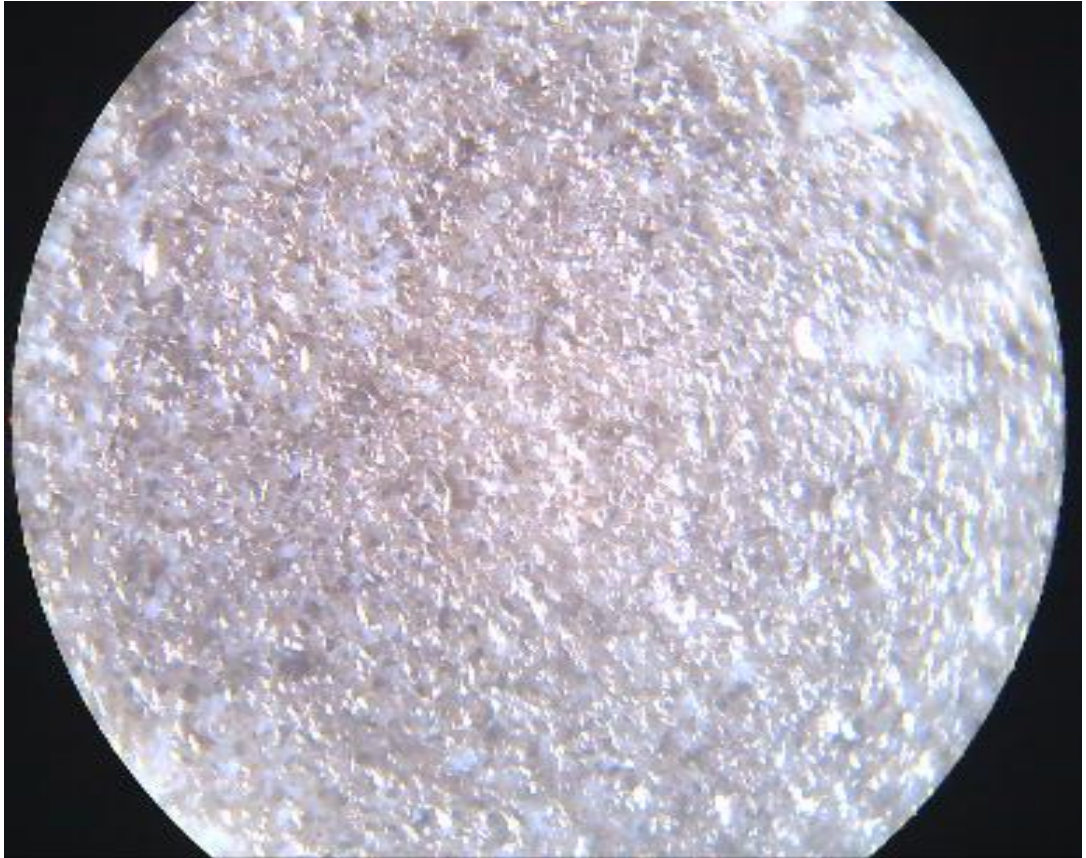
Bunday fikrga magnit maydonisiz olingan parda sirtida katta sondagi yorug‘ dog‘larning mavjudligi olib keladi.

Olingan natijalar zamonaviy adabiyotlarda [13] keltirilgan ma’lumotlar bilan yaxshi mos keladiva yupqa qatlamlar hosil bo’lishi (o’sishining) mavjud mexanizmlaridan Stranskiy-Krastanov mexanizmiga to’g‘ri kelishini ko’rsatadi.

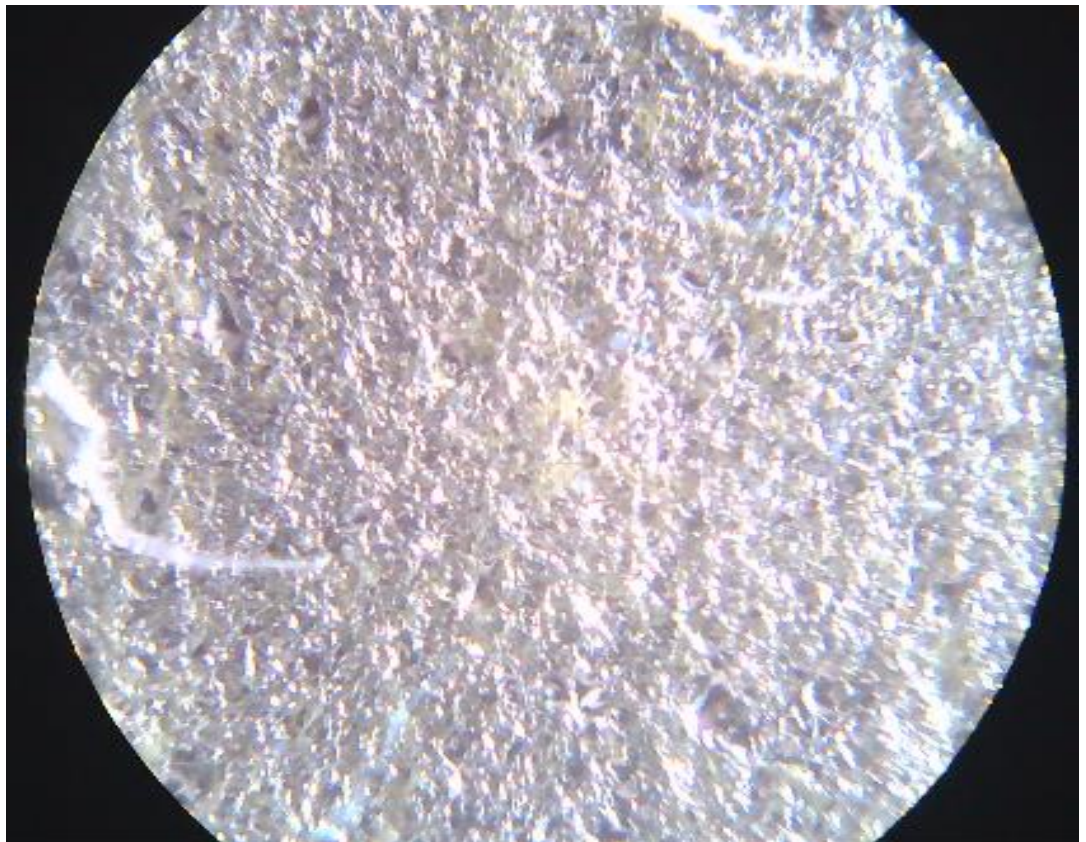


3.8–rasm. Sitall taglikga vakuumda Fe moddasini termik bug‘latish usuli yordamida olingan yupqa pardalarning optik mikroskoda olingan tasvirlari: (a) magnit maydoni bo‘lmaganida; (b) induksiyasi $B = 1200$

a)

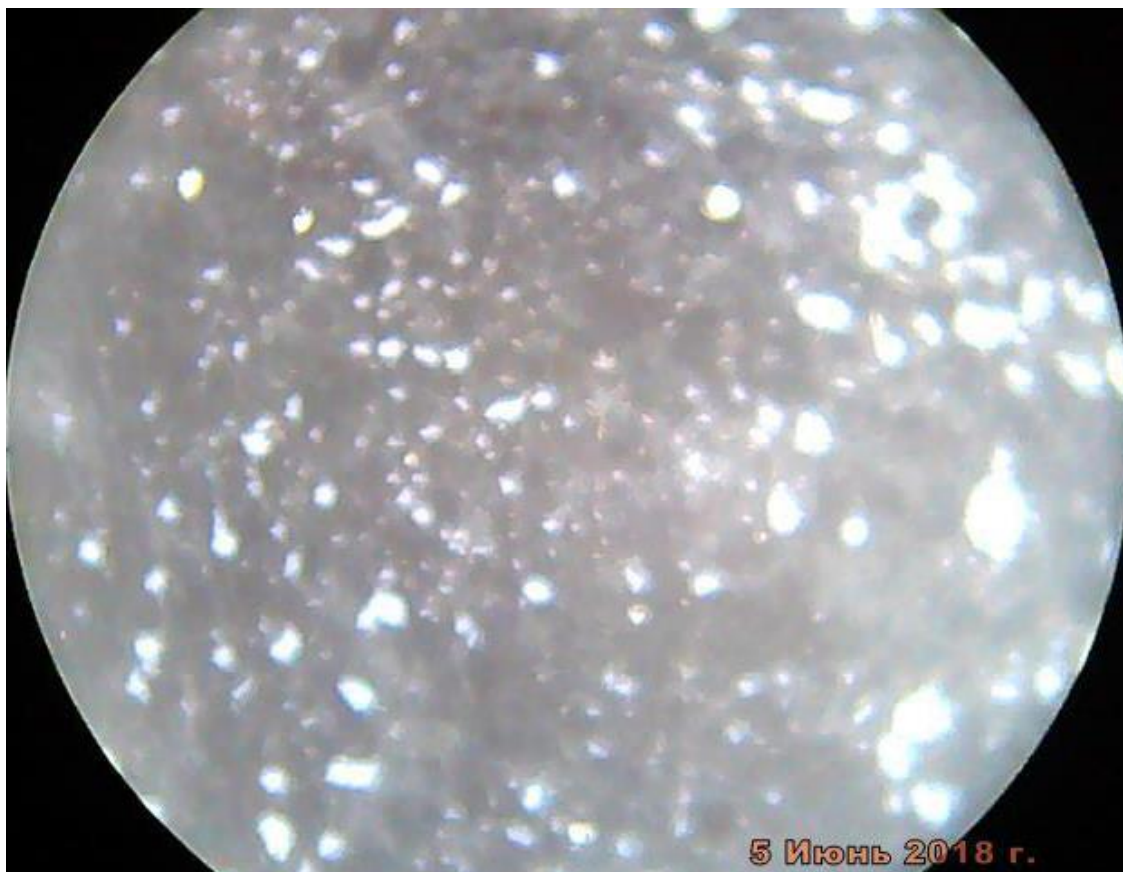


b)

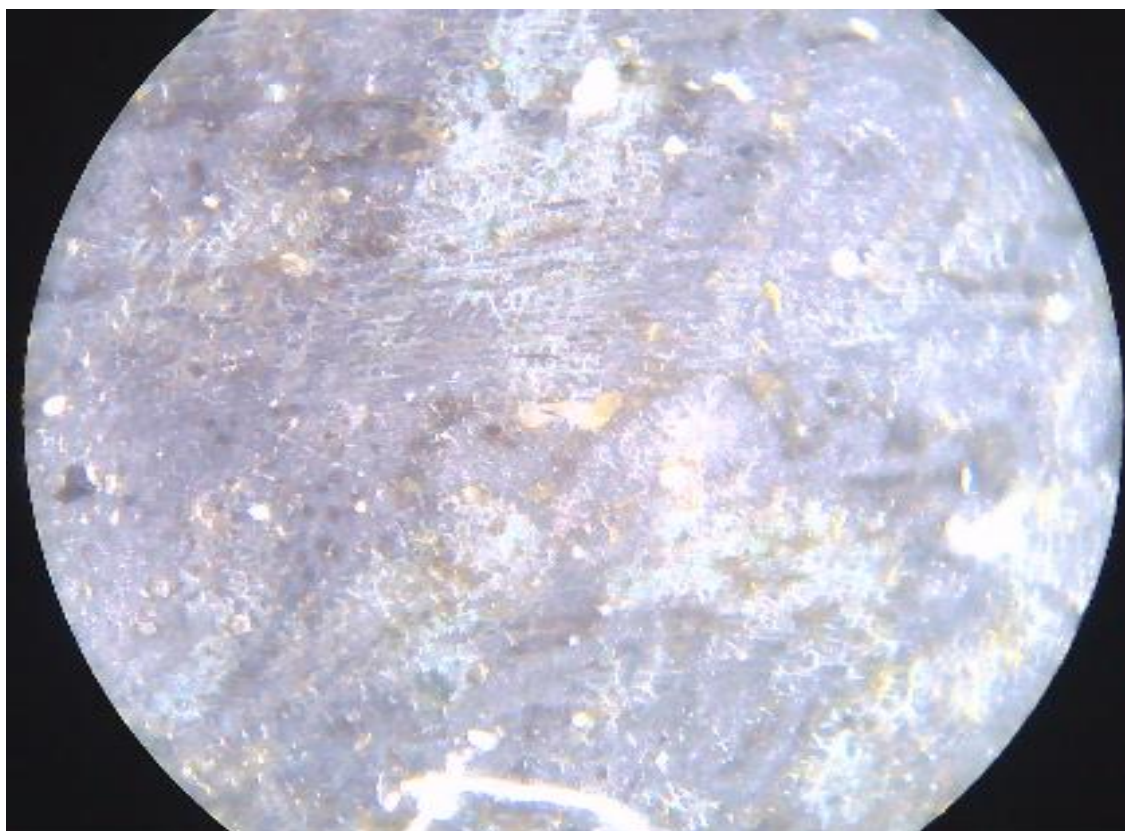


3.9–rasm. Sitall taglikga vakuumda Cu moddasini termik bug‘latish usuli yordamida olingan yupqa pardalarning optik mikroskoda olingan tasvirlari: (a) magnet maydoni bo‘lganida; (b) induksiyasi

a)



b)



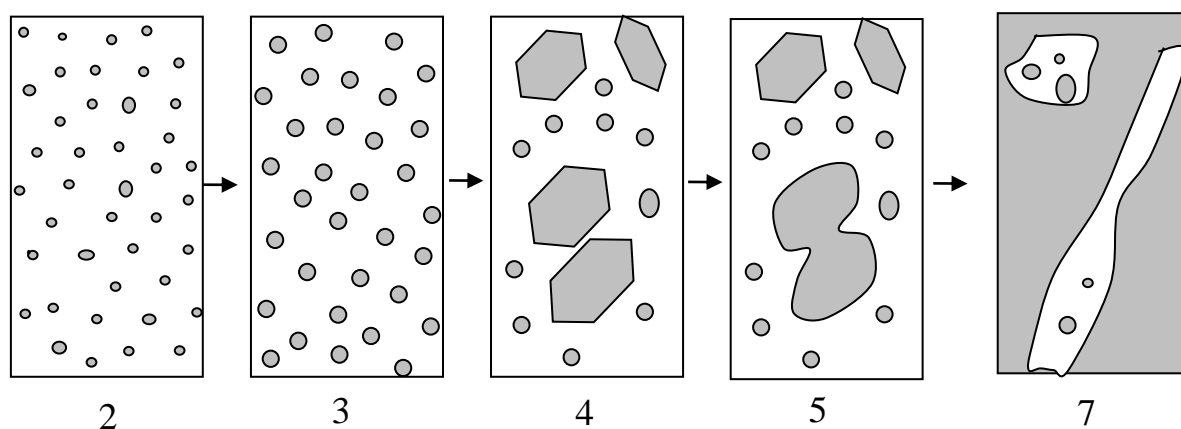
3.10–rasm. Sitall taglikga vakuumda Fe/Cu/Fe moddalarini termik bug‘latish usuli yordamida olingan yupqa pardalarning optik mikroskoda olingan tasvirlari: (a) magnit maydoni bo‘lmaganida; (b) induksiyasi $B = 1200\text{mTl}$.

Pardalar shakllanishining etaplari va to‘rt bosqichi.

Murtaklar hosil bo‘lishi nazariyasi va elektronno-mikroskopik kuzatishlar murtaklar hosil bo‘lishi va pardaning uzluksiz parda holigacha o‘shishining quyidagi bosqichlari ketma-ketligini farq qilish imkonini beradi:

1. Adsorbsiyalangan atomlarning paydo bo‘lishi.
2. Turli o‘lchamdagi subkritik klasterlarning hosil bo‘lishi.
3. Kritik o‘lchamdagi murtaklarning hosil bo‘lishi (murtak hosil bo‘lish bosqichi).
4. Bu murtaklarning kritik o‘lchamlarga qadar o‘sib murtak atrofi zonasidagi adatomlar bilan natijaviy birikishi. Adatomlar bilan birlashmagan maydonlarda kritik murtaklarning hosil bo‘lishi.
5. Murtaklar bir-biriga tegadilar va birlashgan murtaklar maydonlari yig‘indisidan kichik bo‘lgan yangi orolcha hosil qilib o‘sadi va bu esa o‘z navbatida taglik erkin sirtining ortishiga olib keladi.
6. Atomlar taglikda ochilib qolgan joylarga adsorbsiyalanadi va “ikkilamchi” murtaklar hosil bo‘lishi jarayoni boshlanadi.
7. Katta orolchalar pardada bo‘shliqlar yoki kanallar qoldirib o‘sib ketadilar.
8. Kanallar va bo‘shliqlar ikkilamchi murtaklar hosil bo‘lishi natijasida to‘ladilar va oxir oqibatda yaxlit parda hosil bo‘ladi.

Asosiy bosqichlar sxematik tarzda 3.11 – rasmda keltirilgan.



3.11 – rasm. Parda shakllanish bosqichlari.

Parda o‘shishi jarayonini 4 ta bosqichga ajratish mumkin (Peshli bo‘yicha):

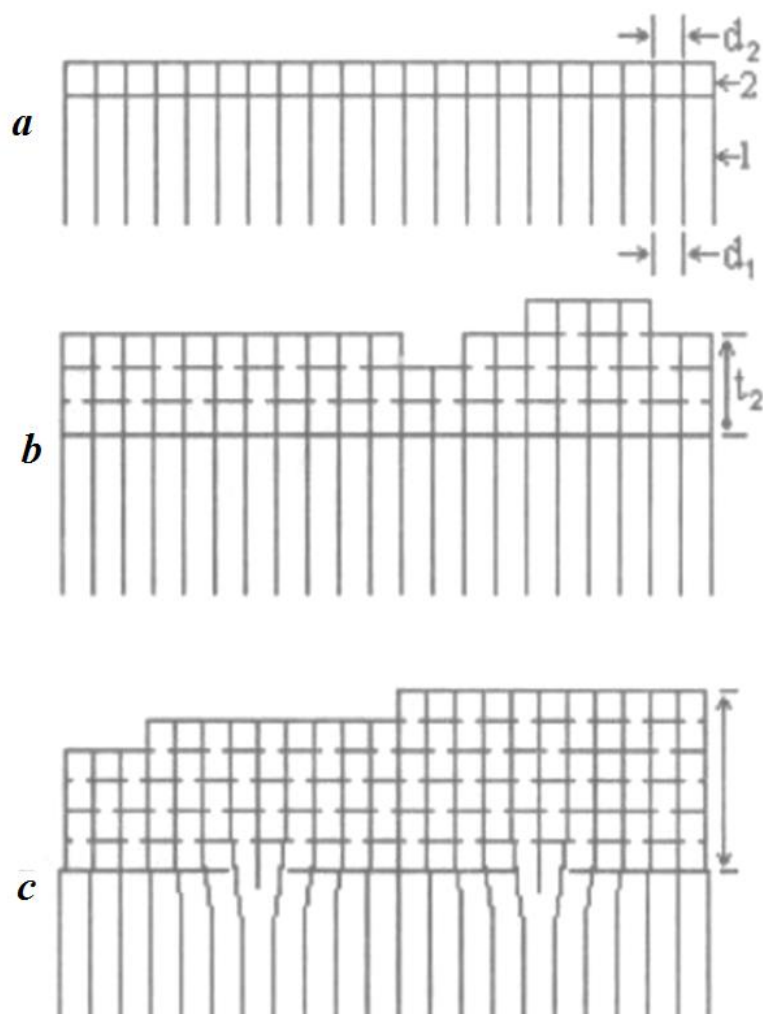
- murtaklar va orolchali tuzulmalarning hosil bo‘lishi (1 – 4 bosqichlar);
- orolchalarning bir-biriga qo‘shilib o‘shishi yoki ularning koalesensiyasi (5 va 6 bosqichlar);
- kanallarning hosil bo‘lishi (7 bosqich);
- uzluksiz pardaning shakllanishi (8 bosqich).

Hozirgi paytda o‘shish jarayonining barcha bosqichlarida yuz beruvchi xarakterli struktura va morfologik o‘zgarishlari bo‘yicha quyidagicha turlarga ajratish saqlanib qolgan:

- o‘shishning Volmer-Weber modeli bo‘yicha murtakli mexanizmi (Volmer-Weber);
- o‘shishning Van der Merve modeli bo‘yicha qatlam-qatlam mexanizmi (Frank-Van der Merwe);
- o‘shishning Stranskiy-Krastanov modeli bo‘yicha mexanizmi (Stranski-Krastanov).

Volmer-Weber (VV) bo‘yicha pardalar o‘shishi qattiq jism (taglik) sirtida diskret murtak-orolchalar shakllanishi bilan boshlanadi (vakuumda kondensasiya jarayonida bir nechta atomlardan tashkil topgan klasterlar);

Manbadan (masalan, bug‘latkichdan) atomlar kelib tushishi natijasida orolchalarning o‘shishi, ularning qo‘shilishi natijasida dastlab labirint va so‘ngra yaxlit qoplamaning hosil bo‘lishi yuz beradi. VV bo‘yicha o‘shish umuman olganda taglik strukturasi farqsiz bo‘lib u amorf va kristall tagliklarda ham amalga oshishi mumkin.

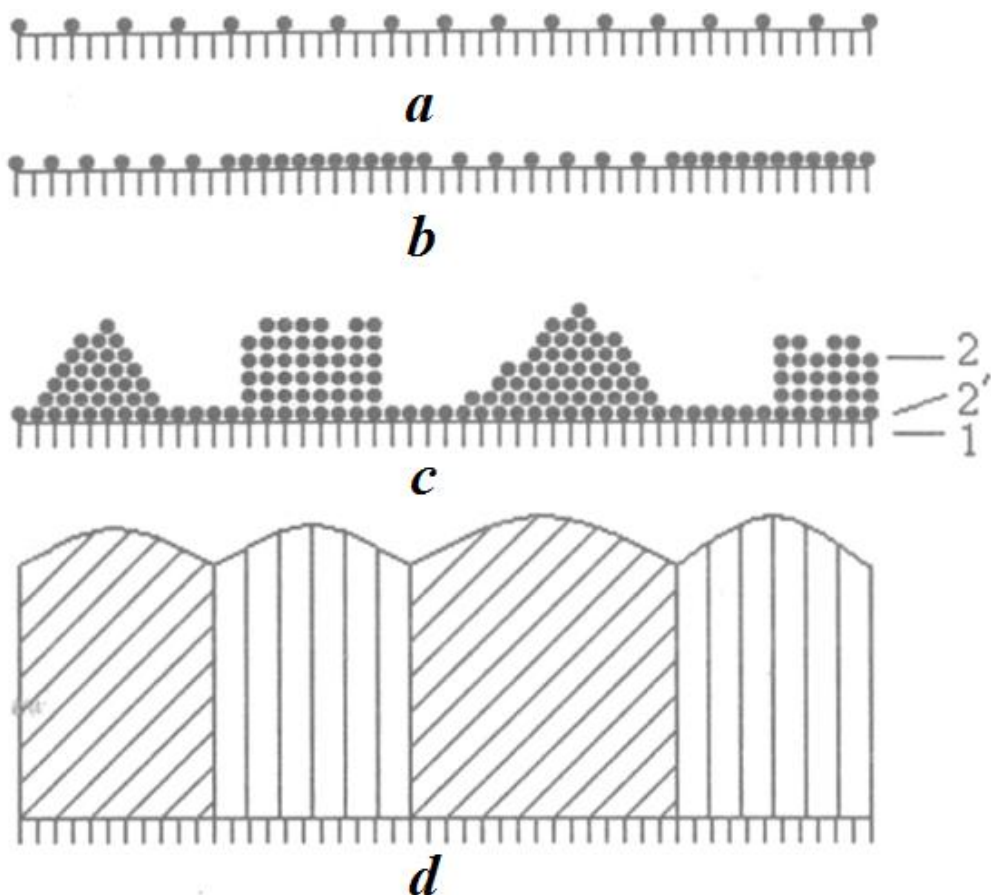


3.12–rasm. Pardalarning FM mexanizmi bo‘yicha o‘shishini kursatuvchi sxema: $a, b - t_2 < t_k, d_2 = d_1 (\epsilon_0 = f_0)$; $c - t_2 > t_k, d_2 < d_1$, bu yerda d_1 i d_2 - fazalar aro chegara bo‘ylab bir-biriga tegib turgan taglik va parda kristall panjaralarining tekisliklari orasidagi masofa.

Frank Van der Merve (FM) mexanizmi bo‘yicha pardalar o‘shishi ikki o‘lchamli murtaklarning hosil bo‘lishi bilan boshlanadi va monoatom qatlamlarining ketma-ket o‘shishi bilan amalga oshadi. Pardalarning FM mexanizmi bo‘yicha o‘shishi xarakterli struktura o‘zgarishlari bilan amalga oshadi.

Qayishqoq deformatsiya energiyasi bilan nazorat qilinidagan qandaydir kritik qalinligacha qayishqoq deformatsiya (ϵ_0) tasirida akkomodatsiyalangan qatlam hosil bo‘ladi va u taglik va parda kristall panjaralari parametrlari farqi tufayli bazis tekisligida yuzaga kelgan nomutanosiblik $f_0 = (d_1 - d_2) / d_1$ ni butunlay yo‘q qiladi. Bunda parda kristall panjarasi deyarli hamma vaqt o‘zgaradi va bu hodisa

pseudomorfizm deb ataladi. Qatlam qalinligi $t > t_K$ bo'lganda pardaning berilgan material normal strukturasi relaksatsiyasi yuz beradi (3.13 – rasm).



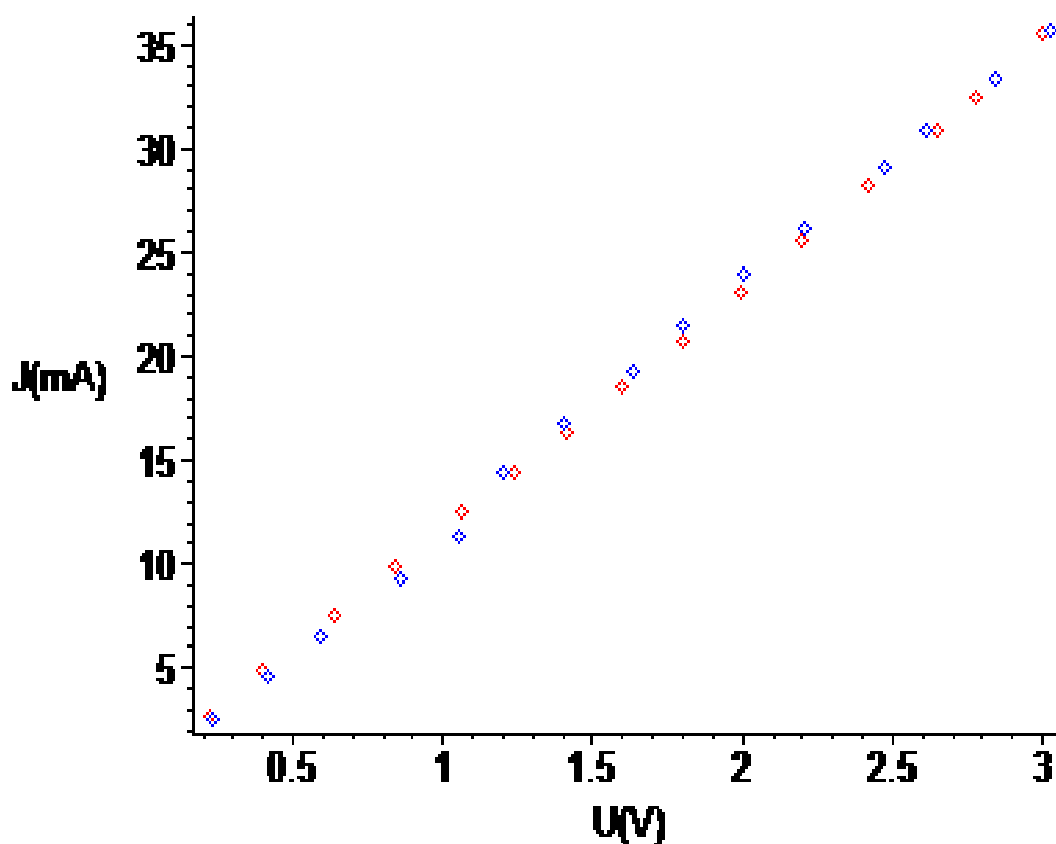
3.13–rasm. Pardalarning SK mexanizmi bo'yicha o'sishini kursatuvchi sxema: a, b – $\theta < 1$ bo'lgandagi struktura o'tishlari; c – qatlam qoplamasida umumiy holda turli oriyentatsiyali uch o'lchovli orolchalar hosil bo'lishi; d – polidomenli (polikristallik) parda; 1 - taglik; 2' – ikki o'lchamli (monoqatlamli) qoplama; 2- ikki o'lchamli qatlamda uch o'lchovli orolchalar.

Stranskiy-Krastanov (SK) mexanizmi bo'yicha esa kristall taglik sirtida taglik – parda tizimiga bog'liq ravishda dastlab qalinligi bir necha atomlar qatlamicha bo'lgan ikki o'lchamli kristall hosil bo'lib qatlamma–qatlam o'sish yuz beradi va pardaning keyingi o'sishi shu ikki o'lchamli kristall ustida diskret murtak-orolchalar hosil bo'ladi va pardaning keyingi o'sishi xuddi dastlabki variantdagi kabi bo'ladi.

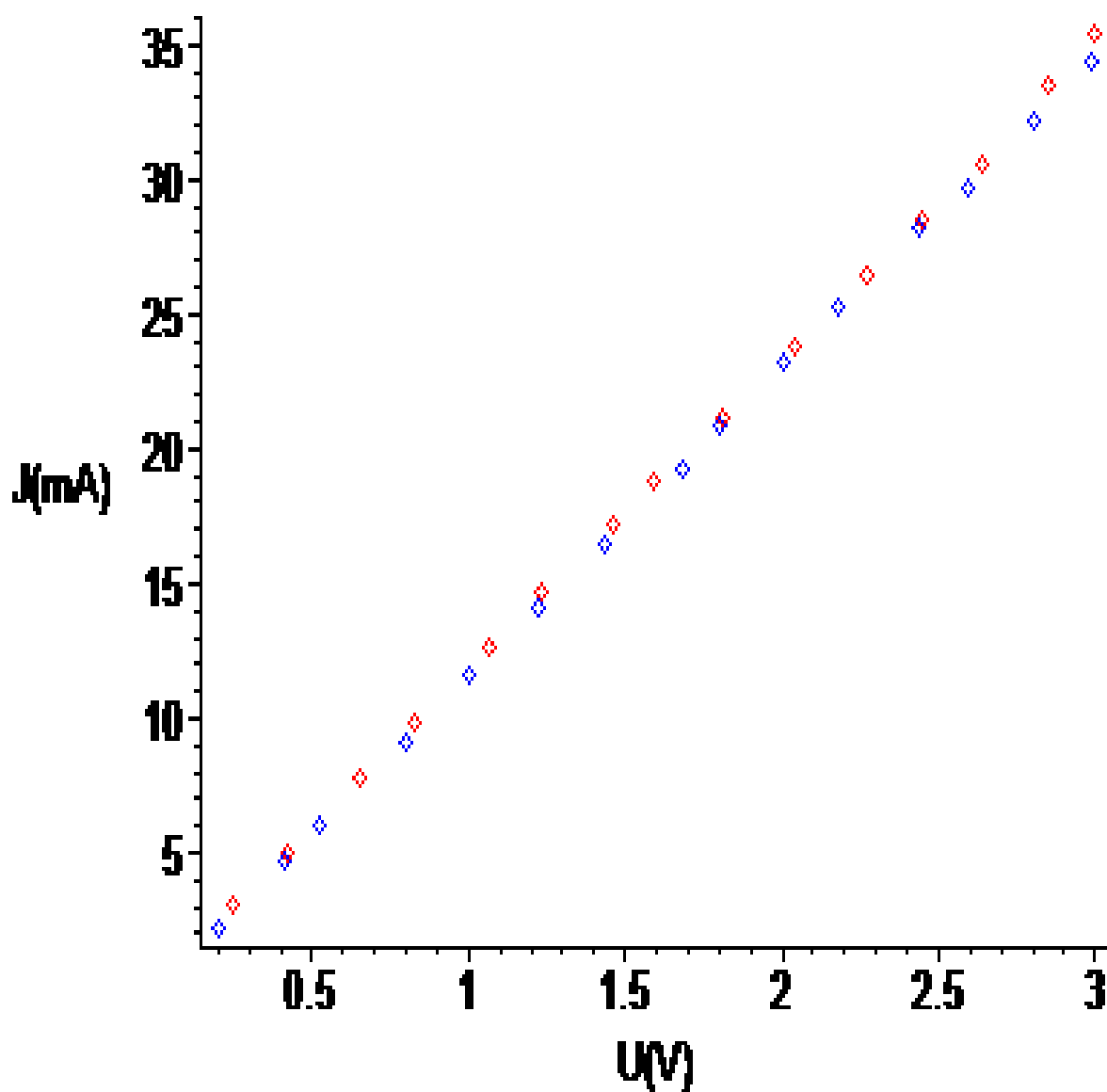
3.3. Fe/Cu/Fe yupqa pardasida olingan kontakt elektr xossasi.

Fe/Cu/Fe yupqa pardasi magnitotransport xossalarini o'rganish uchun ishonchli omik kontakt olish lozim. Yuqoridagi parafralarning birida vakuumda termik bug'latish usulida olingan Fe/Cu/Fe yupqa pardasiga omik kontakt hosil qilish uchun avtomobillar oynasidagi rezistiv qizdiruvchi qatlamlarni ulash uchun mo'ljallangan Kontaktol o'tazuvchi pastasidan foydalanildi. Kontaktol pastasi surkalgandan keyin 30 minut davomida kavsharlash joyi qotadi. Qotgandan keyin hosil bo'lgan kontakt mexanik jihatdan mustahkamligi aniqlandi. Namunaga berilgan kuchlanishning to'g'ri va teskari qutblarida undan o'tayotgan tok bilan kuchlanish orasidagi bog'lanish chizli ekanligi, ya'ni kontaktlar omik ekanligiga ishonch hosil qilish mumkin [19].

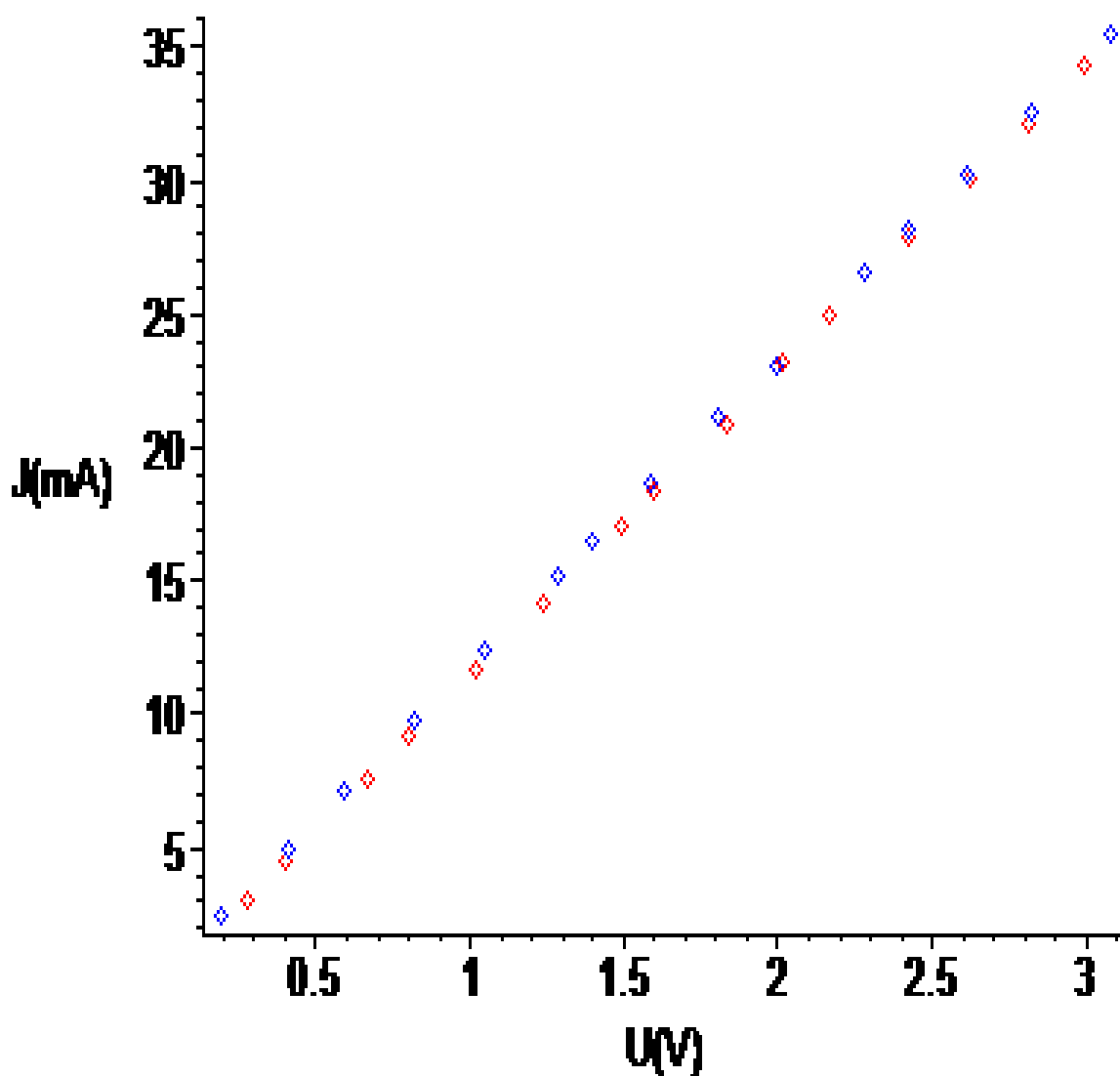
1. Cu yupqa pardasida olingan kontakt berilgan kuchlanishning to'g'ri(ko'k) va teskari(qizil) qutblarida namunadan o'tayotgan tok kuchi va unga qo'yilgan kuchlanish orasidagi bog'lanish. $B=0$, $t=27^{\circ} S$.



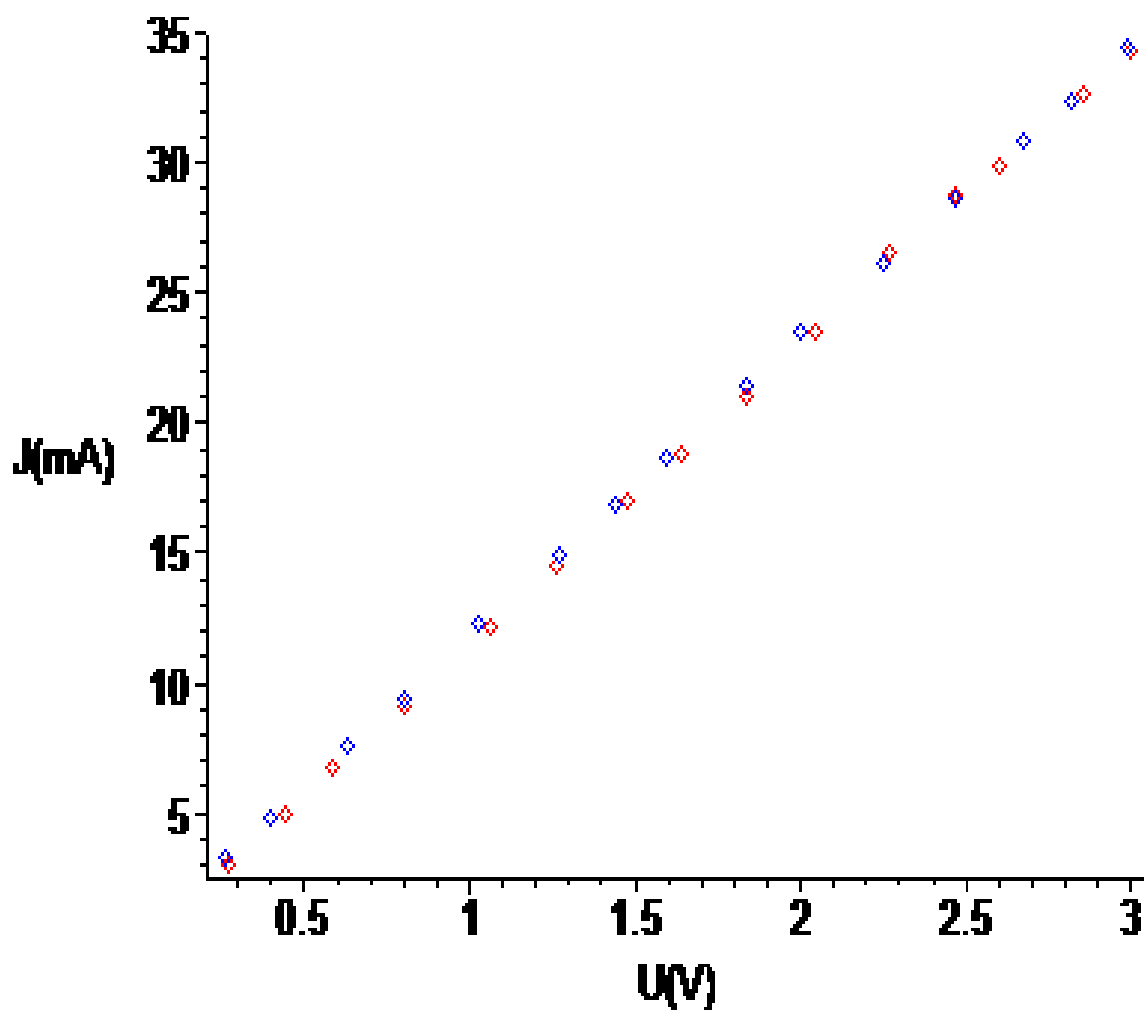
2. Cu yupqa pardasida olingan kontakt berilgan kuchlanishning to'g'ri(ko'k) va teskari(qizil) qutblarida namunadan o'tayotgan tok kuchi va unga qo'yilgan kuchlanish orasidagi bog'lanish. $B \neq 0$, $I = 10$ A, $t = 27^{\circ}$ S.



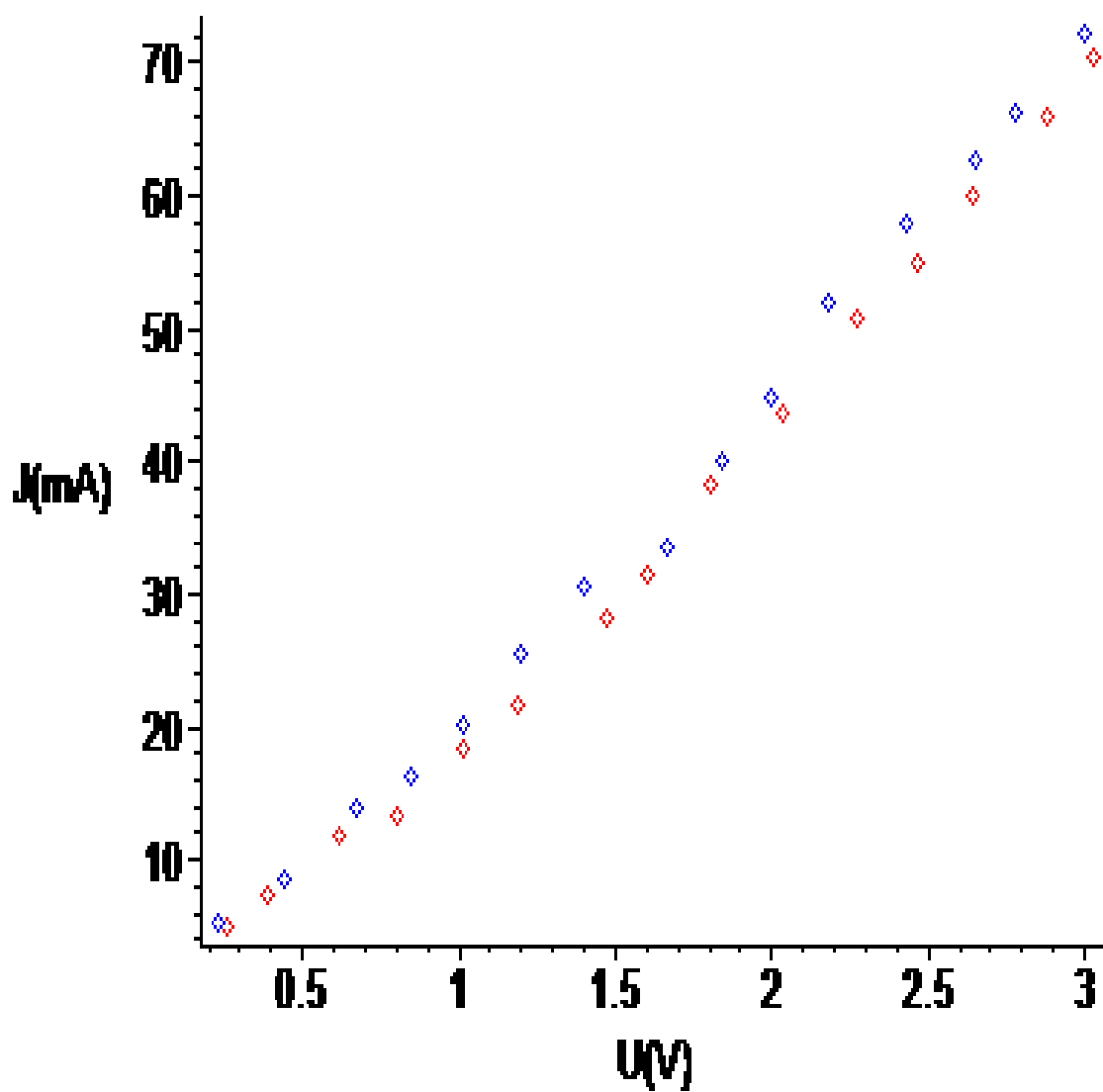
3. Cu yupqa pardasida olingan kontakt berilgan kuchlanishning to'g'ri(ko'k) va teskari(qizil) qutblarida namunadan o'tayotgan tok kuchi va unga qo'yilgan kuchlanish orasidagi bog'lanish. $B \neq 0$, $I = 20$ A, $t = 27^{\circ}$ S.



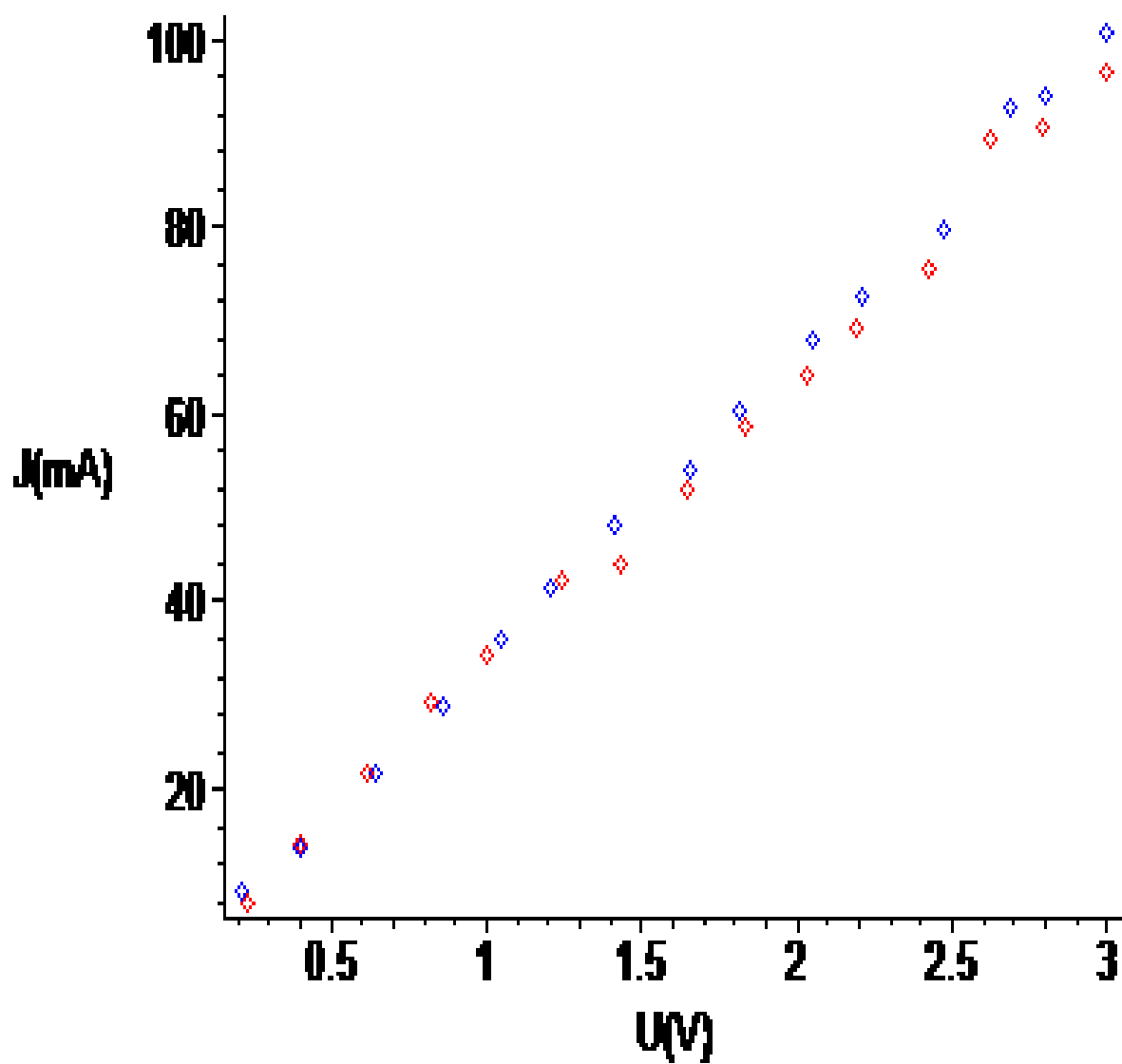
4. Cu yupqa pardasida olingan kontakt berilgan kuchlanishning to'g'ri(ko'k) va teskari(qizil) qutblarida namunadan o'tayotgan tok kuchi va unga qo'yilgan kuchlanish orasidagi bog'lanish. $B \neq 0$, $I = 30$ A, $t = 27^{\circ}$ S.



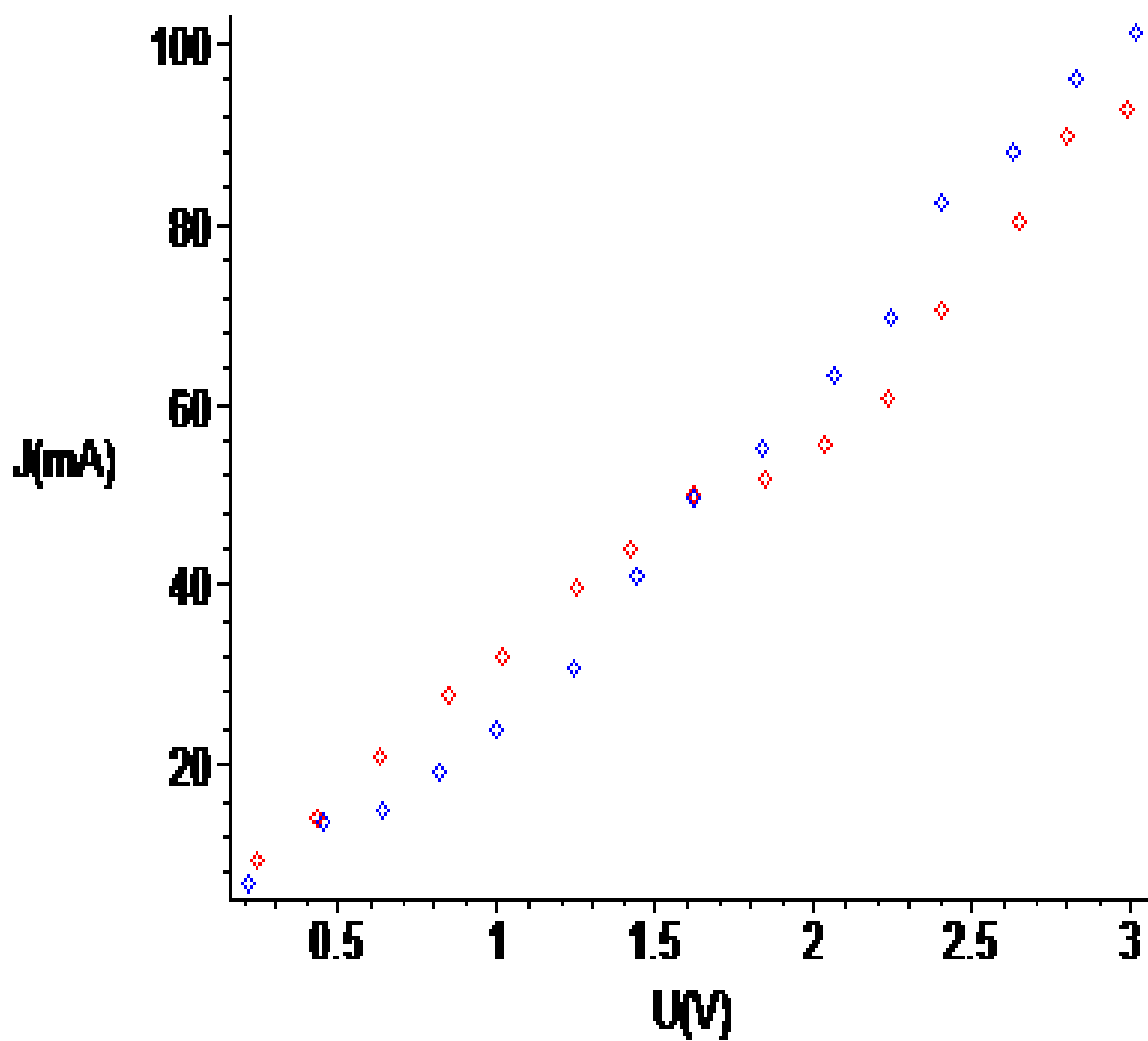
5. Fe/Cu/Fe ning maydon ta'sirisiz olingandagi volt-amper xarakteristikasi ($B = 0, T = 300K$)



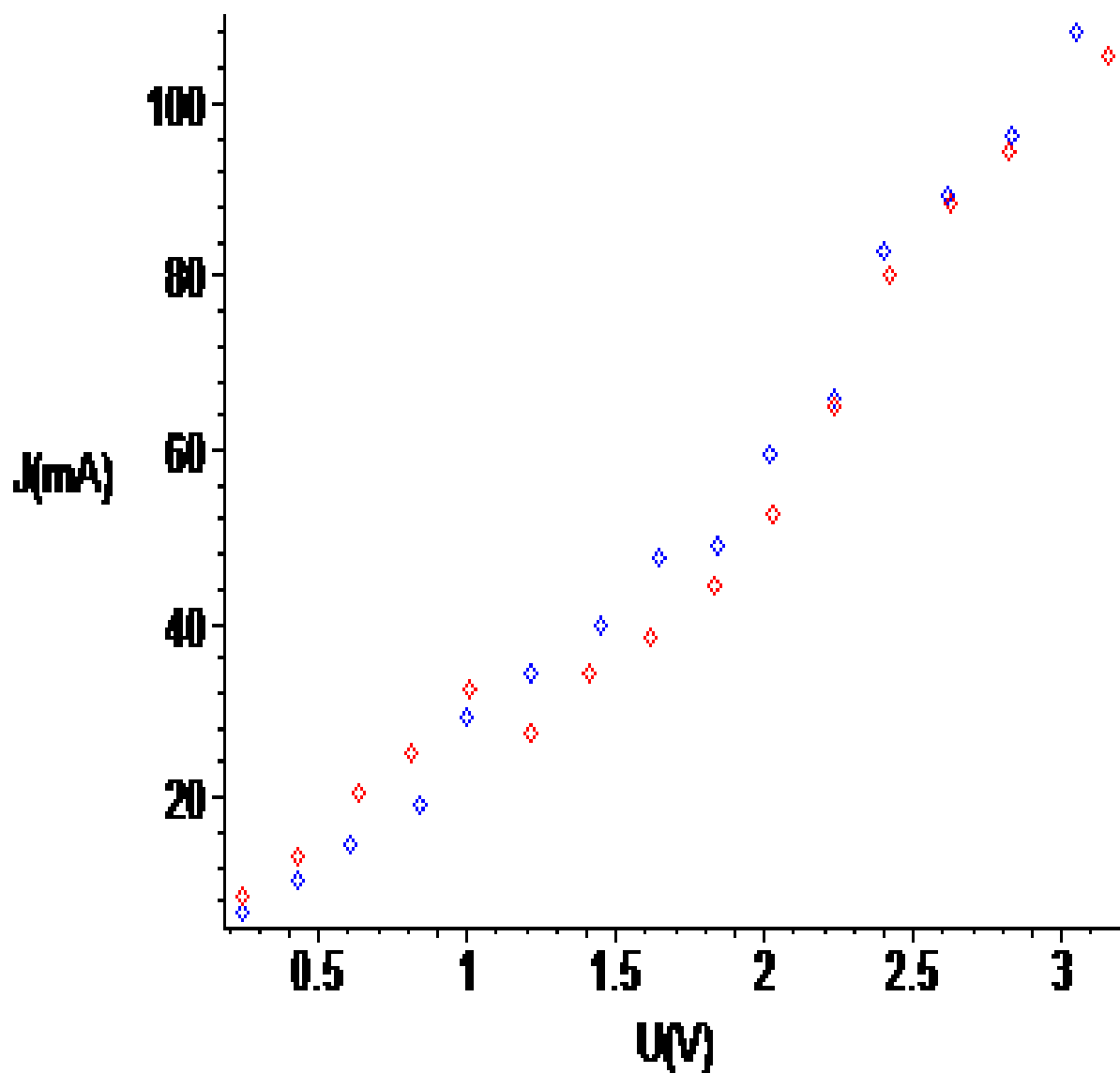
6. Fe/Cu/Fe ning maydon ta'sirida olingandagi volt-ampere xarakteristikasi ($B=874 \text{ mTl}$, $I=4\text{A}$, $T=300\text{K}$)



7. Fe/Cu/Fe ning maydon ta'sirida olingandagi volt-amper xarakteristikasi ($B=1566 \text{ mTl}$, $I=8\text{A}$, $T=300\text{K}$)



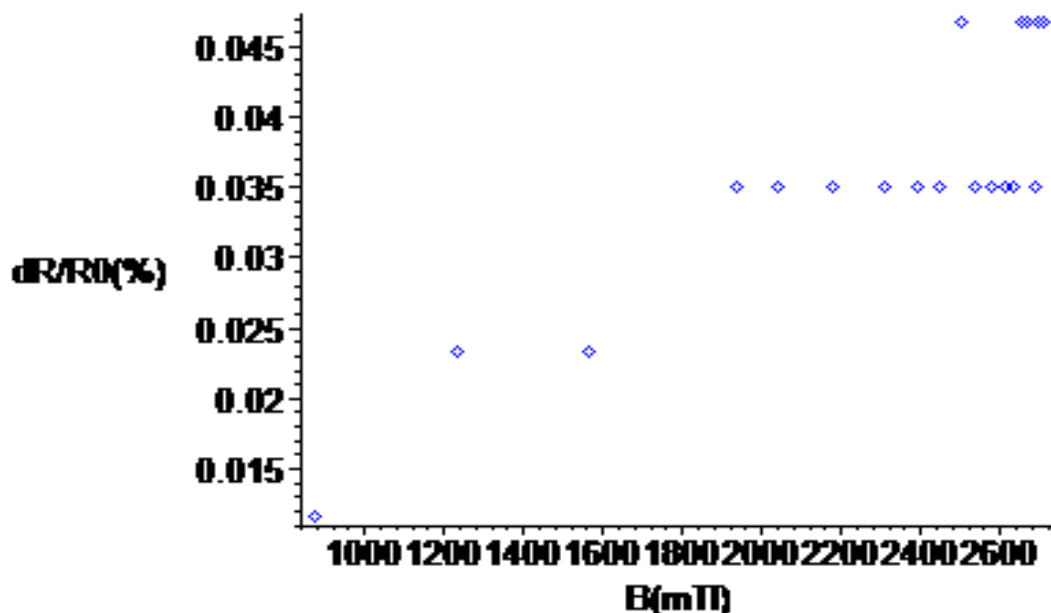
8. Fe/Cu-Fe ning maydon ta'sirida olingandagi volt-amper xarakteristikasi ($B=2038$ mT, $I=12$ A, $T=300$ K)



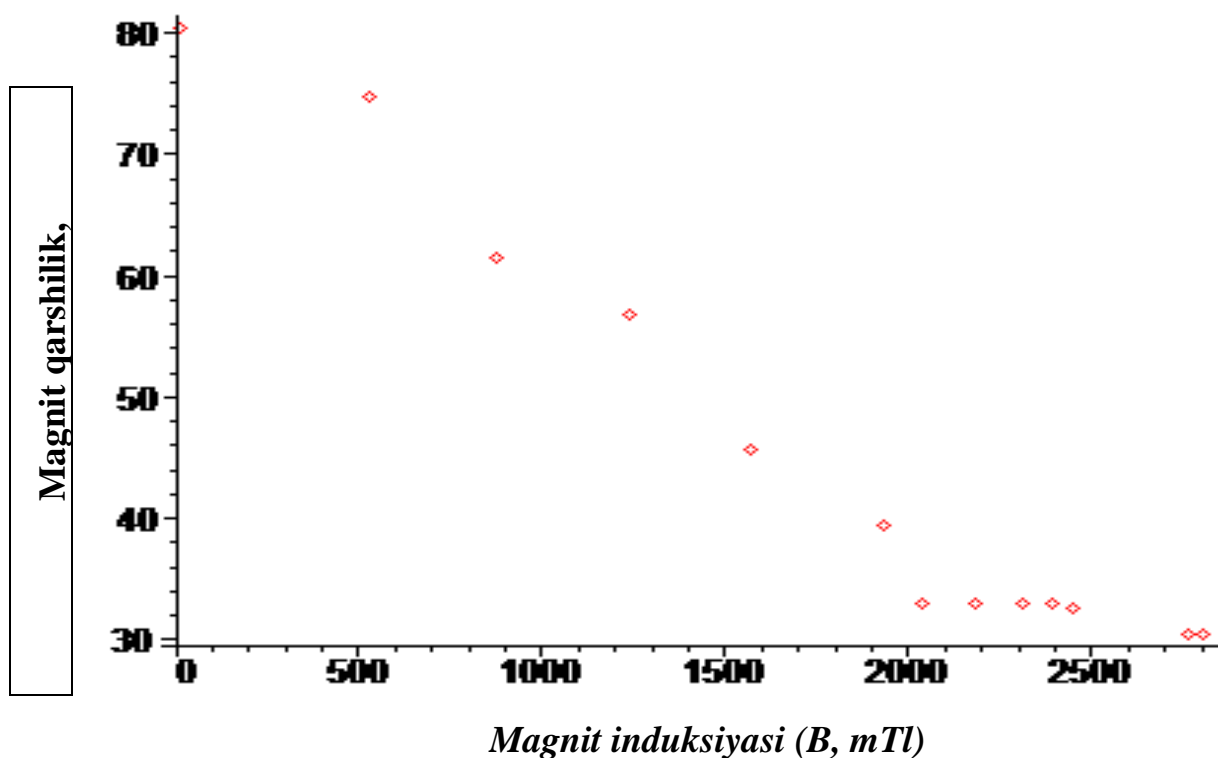
3.4. Cu va Fe/Cu/Fe yupqa pardasi magnit qarshiligini o‘lchash natijalari.

Ma'lumki, Cu va Fe/Cu/Fe namunalarini o'rganishga bo'lgan qiziqish ularda gigant magnit qarshiligi hodisasi kuzatilganidan boshlab keskin ortib ketdi. Ushbu MDda vakuumda termik bug'lantirish usuli bilan olingan namunalar magnit qarshiligini xona temperaturasida o'lchash masalasi qo'yilgan. VUP-5 yuqori vakuum qurilmasi yordamida sitall tagliklarga birin ketin malum qalinlikdagi Fe/Cu/Fe namunalari bug'lantirilib o'tqazildi. Olingan namunalarni qurollanmagan ko'z bilan kuzatilganda ular silliq va yaltiroq ekanligi qayd qilindi [17].

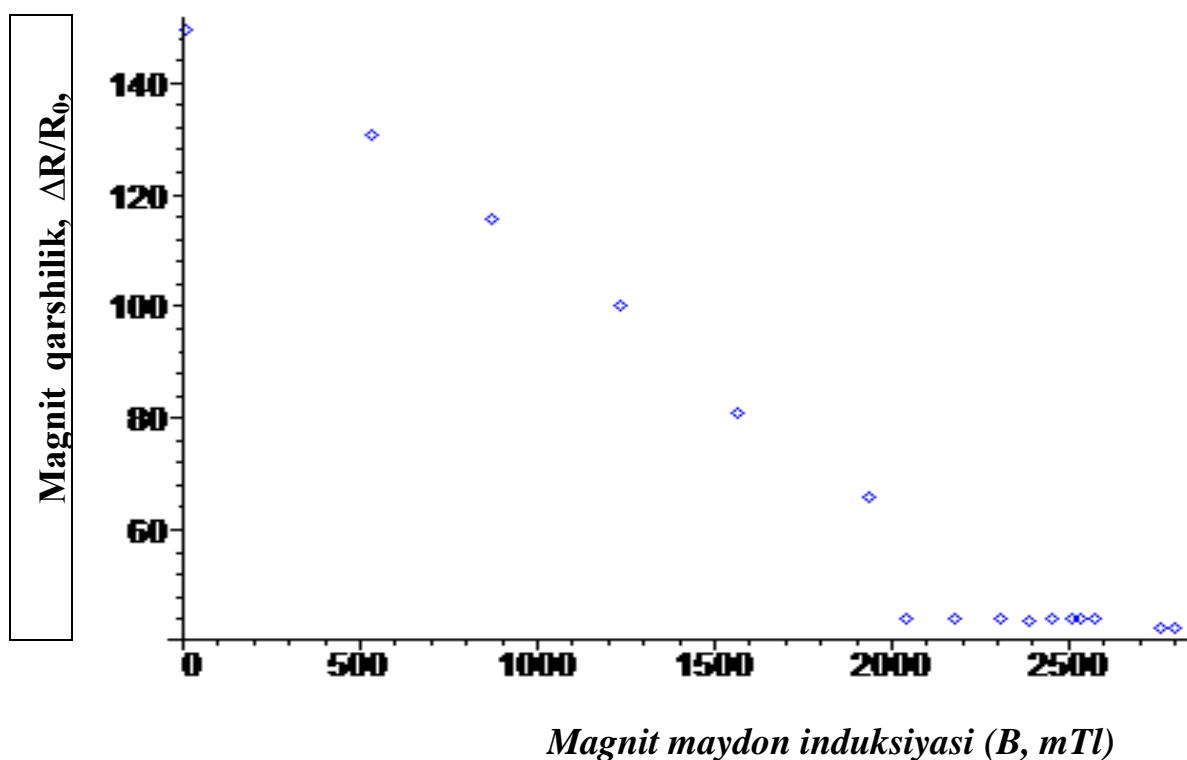
Namunaga qo'yilgan kuchlanishning turli fiksirlangan qiymatlari va qutblarida Cu va Fe/Cu/Fe yupqa pardali namunalar magnit qarshiligi xona va suyuq azot haroratlarida o'lchandi. O'lchash natijalari 3.14÷3.16-rasmlarda keltirilgan. Cu yupqa qatlami namunalarnig VATlariga doimiy magnit maydonining tasiri yo'qligi ko'rinibturibdi. Magnit maydoni induksiyasining uchta qiymatida va tok kuchinin to'g'ri va teskari yo'nalishlarida olingan natijalar buni tasdiqlaydi.



3.14– rasm. Cu yupqa pardali namunasi magnit qarshiligining magnit maydon induksiyasiga bog'liqligi. $U_{To'g'}=0,5$ V, $T = 300$ K.



3.15– rasm. Fe/Cu/Fe yupqa pardali namunasi magnit qarshiligining magnit maydon induksiyasiga bog‘liqligi. $U_{To'g'}=0,5$ V, $T = 300$ K.



3.16– rasm. Fe/Cu/Fe yupqa pardali namunasi magnit qarshiligining magnit maydon induksiyasiga bog‘liqligi. $U_{Tes}=0,5$ V, $T = 165$ K

O'lchash natijalari olingan namunalarda sezilarli manfiy magnit qarshilik mavjulgini ko'rsatdi. Magnit maydon induksiyasi oshishi bilan dastlab magnit qarshilik induksiya qiymati $B = 1500$ mTl yetgunga qadar keskin oshar ekan. Magnit induksiyasining keyingi oshilarida magnit qarshilik to'yinar ekan. Tokning oqish yo'nalishi va magnit maydoni yo'nalishlarining o'zgarishlari bu bog'lanish xarakteriga sezilarli ta'sir qilmaydi. Olingan natijalar ferromagnitga tashqi maydon ta'sirida ionlar magnit momentlarining tartiblashuvi bilan tushintirish mumkin. Jumladan, magnit maydoni induksiyasining ortishi bilan namunada magnit tartib yuzaga kela boshlaydi bu esa elektronlarning magnit ionlaridan sochilishini ko'paytiradi va musbat magnit qarshilik yuzaga keladi. Magnit qarshilikning to'yinishi esa magnit maydoni ta'sirida barcha magnit ionlarning tartiblanib bo'lganligi bilan tushintiriladi.

XULOSA.

Ushbu MDda amalga oshirilgan ilmiy tadqiqotlar asosida quyidagi xulosalarga kelindi:

1. Olingan namunalar sirti tasvirlari doimiy magnit maydoni parda sirtining nisbatan bir jinsli bo'lishini ta'minlar ekan. Bunday fikrga magnit maydonisiz olingan parda sirtida katta sondagi yorug' dog'larning mavjudligi olib keladi.

2. Sitall sirtiga magnit maydonisiz va magnit maydoni bor bo'lgandan o'tqazilgan mis moddasi yupqa qatlamlari tasvirlari doimiy magnit maydoni parda sirtining nisbatan bir jinsli bo'lishini ta'minlar ekan. Bu holda g'adir budurliklar kattaligi temir moddasi yupqa pardasidagiga qaraganda ancha kichik bo'lar ekan.

3. Sitall sirtiga temir, mis va temir moddalari ketma-ket magnit maydonisiz va magnit maydoni bor bo'lgandan o'tqazilgan yupqa qatlamlarning eng ustining tasvirlari ham doimiy magnit maydoni parda sirtining nisbatan bir jinsli bo'lishini ta'minlar ekan.

4. Olingan natijalar zamonaviy adabiyotlarda [1,4,7]keltirilgan ma'lumotlar bilan yaxshi mos keladi va yupqa qatlamlar hosil bo'lishi (o'sishining) mavjud mexanizmlaridan Stranskiy-Krastanov mexanizmiga to'g'ri kelishini ko'rsatadi.

5. Olingan Fe, Cu va Fe/Cu/Fe namunalariga berilgan kuchlanishning to'g'ri va teskari qutblarida undan o'tayotgan tok bilan kuchlanish orasidagi bog'lanish chiziqli, ya'ni kontaktlar omik ekan.

6. Namunaga qo'yilgan kuchlanishning turli fiksirlangan qiymatlari va qutblarida Cu va Fe/Cu/Fe yupqa pardali namunalar xona va suyuq azot haroratlarida o'lchangan magnit qarshiligi ularda manfiy magnit qarshilikka ega bo'lar ekan. Temperaturaning kamayishi bilan magnit qarshilik kattaligi sezilarli ortar ekan.

Cu yupqa qatlami namunalarnig VATlariga doimiy magnit maydonining ta'siri sezilarsiz bo'lar ekan.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

Ilmiy adabiyotlar:

1. M.T. Normurodov, B.E. Umirzaqov, I.P. Parmanqulov Elektrrontexnika materiallari va qurilmalari texnologiyasi. Toshkent. "Mehnat" 2004
2. T.D. Rajabov, V.A. Shustrov, A.M. Nazarov Qatlam mikroelektronikasi. Toshkent. "O'zbekiston" 1997. 151 bet.
3. Umirzaqov B.E. Yupqa qatlamlar fizikasi va texnologiyasi. Ma'ruzalar matni. ToshDTU 2002
4. Берлин Е.В., Сейдман Л.А. Ионно-плазменные процессы в тонкопленочной технологии. М.:Техносфера, 2010. -528с.
5. Texnologiya tonkix plenok (spravochnik). Podred. L.Maysel., M.Sovetskoye radio.1977g.
6. Minaychev V.Ye. Naneseniyeplenokv vakuume, -M. Vysshaya shkola, 1989g.
7. Parmanqulov I.P., Umirzoqov B.E. va boshqalar. "Elektron asboblar va qurilmalar ishlab chiqarish texnologiyasi" O'quv qo'llanma. Toshkent, TDTU, 2002.
8. Umirzaqov B.E. "Qattiq jism yuzalari va chegaraviy usullari. O'quv qo'llanma. TDTU 1997.
9. Normurodov M.T., Umirzaqov B.E., Rajabbaev R.R. "Qattiq jism sirtlarining ikkilamchi elektron spektroskop. O'quv qo'llanma. Toshkent "Konstruktor", 1993. 85-b.
10. Umirzoqov B.E. "Qattiq jismlar yuzalarini tekshirish usullari". Toshkent. TDTU. 1997. 62b.
11. Trudea M, Cochrane R.W., Baxter D.V., Strom-Olsen J.O., and Muir W.B. Positive Hall effect in paramagnetic amorphous Zn-Fe. //Phys. Rev., v.37, N 9, 1988, p. 4499-4502.
12. Кувандиков О.К., Хамраев Н.С., Р.М. Ражабов "Удельное электрическое сопротивление сплавов системы Ni-Cu в твердом и жидком

состояниях”. Доклады академии наук Республики Узбекистан. Тошкент, 2005 №3 с.23-26

13. Грюнберг П.А. “От спиновых волн к гигантскому магнетосопротивлению и далее”. УФН, 1349.2008.178с.

14. Ферт А. “Происхождение, развитие и перспективы спинтроники”. УФН, 1336. 2008.187с

15. Тонкие ферромагнитные плёнки. М. Изд. “Мир”, 1964. 187с

16. С. Метфессел. Тонкие плёнки, их изготовление и измерение. М-Л, госэнергоиздат, 1963. 173с.

17. Макаручук Максим Валерьевич Королев Андрей Павлович. Физика тонких пленок. 2013. 67с

18. Тонкие пленки // Химическая энциклопедия. — М.: Большая Российская энциклопедия. С. 607–608.

19. Чистяков Ю.Д., Райнова Ю.П. Введение в процессы интегральных микро- и нанотехнологий в 2-х т. / Коркишко Ю. Н. — М.: БИНОМ, Лаборатория знаний, 2014. 392 с.

Internet manzillar:

20. <http://gendocs.ru/v33296/kurslekseyfizikatonkixplenokipokriytiy>

21. <http://ziyonet.uz>

22. www.uzkitob.uz

23. www.kitobim.uz

24. www.tuis.uz

25. www.google.uz