

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI  
OLIY VA O‘RTA MAXSUS TA‘LIM VAZIRLIGI  
NAVOIY DAVLAT KONCHILIK INSTITUTI  
“ELEKTR ENERGETIKASI” KAFEDRASI**



# **ELEKTR TEXNIK MATERIALLAR**

## **fanidan o‘quv uslubiy majmua**

<b>Bilim sohasi:</b>	300 000 – <i>Ishlab chiqarish va texnik soha</i>
<b>Ta‘lim sohasi:</b>	310 000 – <i>Muhandislik ishi</i>
<b>Ta‘lim yo‘nalishlari:</b>	5310200 – <i>Elektr energetikasi (tarmoqlar va yunalishlar buyicha)</i>
	5310700 – <i>Elektr texnikasi, elektr mexanikasi va elektr texnologiyalari (tarmoqlar bo‘yicha).</i>

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI  
OLIV VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI  
NAVOIY DAVLAT KONCHILIK INSTITUTI  
ENERGO-MEXANIKA FAKULTETI  
"ELEKTR ENERGETIKASI" KAFEDRASI**

«TASDIQLAYMAN»  
O'quv ishlari bo'yicha prorektor  
N.A. Abduazizov  
"20.06" 2018 y.



**ELEKTR TEXNIK MATERIALLAR  
fanidan**

**O'QUV USLUBIY MAJMUA**

O'quv-uslubiy majmua Navoiy Davlat Konchilik instituti Ilmiy-uslubiy kengashining 2018 yil "\_\_\_" \_\_\_\_\_ №1-sonli qaroriga muvofiq "Elektr texnik materiallar" fani dasturi asosida ishlab chiqilgan.

**Tuzuvchi:**

**Mavlonov Jonibek Ashurovich** – "Elektr energetikasi" kafedrasida katta o'qituvchisi.

Navoiy Davlat Konchilik instituti Energo mexanika fakulteti «Elektr energetikasi» kafedrasining 2018 yil "\_\_\_" \_\_\_\_\_ № \_\_\_ – son yig'ilishida muhokama qilingan.

**Kafedra mudiri:** \_\_\_\_\_ **A.N. Tovboev**

O'quv-uslubiy majmua Energo mexanika fakultetining o'quv-uslubiy kengashida ko'rib chiqildi (2018 yil "\_\_\_" \_\_\_\_\_ № \_\_\_ -son bayonnoma) va universitetning Ilmiy-uslubiy kengashiga tasdiqlashga topshirildi.

**Fakultet o'quv-uslubiy kengash raisi:**

\_\_\_\_\_ p.f.d. prof. **S.J.Bozorova**

O'quv-uslubiy majmua Navoiy Davlat Konchilik instituti Ilmiy-uslubiy kengashining 2018 yil "20" \_\_\_\_\_ № 6 -sonli qaroriga muvofiq o'quv jarayoniga tatbiq etish uchun tavsiya etilgan.

**O'quv-uslubiy kengash kotibi:**

\_\_\_\_\_ **M.Normatova**

**O'quv-uslubiy bo'lim boshlig'i:**

\_\_\_\_\_ **I.A. Karimov**

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI  
NAVOIY KON-METALLURGIYA KOMBINATI  
NAVOIY DAVLAT KONCHILIK INSTITUTI  
ENERGO-MEXANIKA FAKULTETI  
“ELEKTR ENERGETIKASI” KAFEDRASI**



**ELEKTR TEXNIK MATERIALLAR  
fanidan  
MA'RUZALAR MATNI**

## SO‘Z BOSHI

Elektr texnik materiallar, ishlab chiqarishning turli tarmoqlari, fan va texnikada qo‘llaniladigan ko‘plab agregatlar va komplekslarning ajralmas qismidir. Hisoblash texnikasi asosida texnologik va ishlab chiqarish jarayonlarini avtomatlashtirish yo‘nalishi bilan bir qatorda, zamonaviy elektr yuritma texnikaviy oboektlarini avtomatik boshqarish sistemalarining eng ko‘p tarqalgan ko‘rinishi bo‘lib qoldi. SHuning uchun, elektr yuritmalarni avtomatik boshqarish muammosiga tobora ko‘prok eotibor berilmoqda.

Ushbu darslik "Elektr energetikasi" yo‘nalishlari bo‘yicha bakalavrlar tayyorlashda "**Elektr texnik materiallar**" kursining dasturiga mos ravishda yozilgan. Darslik kursning birinchi qismiga tegishli bo‘lib, unda elektr yuritma to‘g‘risidagi asosiy tushunchalar, elektr yuritma mexanikasi va uni qurishning umumiy prinsiplari berilgan, o‘zgarmas tok dvigatelli elektr yuritma sxemalari, xarakteristikalar roslash xossalari ko‘rib chiqilgan. Darslik, elektr energetikasi masalalari bilan shug‘ullanadigan kelajakdagi mutaxassis - elektrklar uchun mo‘ljallanganligini hisobga olgan Holda, unda ventilli o‘zgarmas tok elektr yuritmasining elektr ta‘minoti tarmog‘iga taosiri va bu taosirni kamaytirish usullari ham ko‘rsatilgan.

**Elektr texnik materiallar** kursini o‘rganish studentlarni fizika, matematika, elektrotexnikaning nazariy asoslari, boshqarishni nazariy asoslari, elektromexanika, sanoat elektronikasi, elektr apparatlaridan olgan bilimlariga asoslanadi.

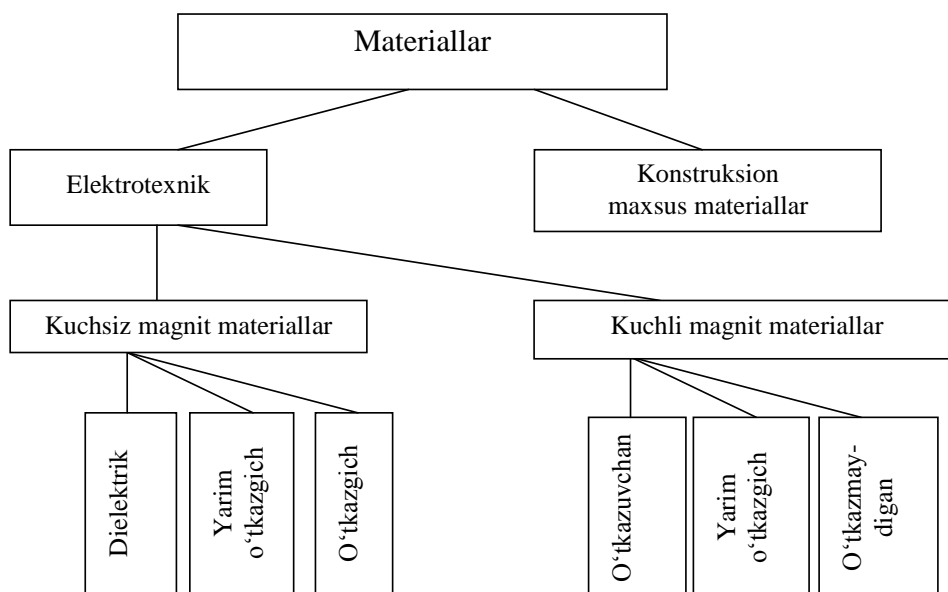
## 1-MA'RUZA

### Materiallar tuzilishi va ularning xossalari. Qattiq jismlarning tuzilishi. Struktura va uning materiallar xossalariga ta'siri

#### Reja:

Materiallar o'zaro bir-biridan fizik hamda kimyoviy xususiyatlari bilan farq qiladi. Elektron texnikasida ishlatiladigan materiallar 3 qismga bo'linadi:

1. Elektrotexnik
2. Konstruksion
3. Maxsus materiallar



Elektrotexnika materiallari bu elektr va magnit maydonida ma'lum bir xususiyati bilan tavsiflanadi, bular amaliyotda elektr va magnit maydon ta'siri berilishiga qarab qo'llaniladi.

Elektrotexnik materiallar magnit maydonida 2 guruhga bo'linadi: kuchli va kuchsiz magnit materiallar.

Elektr maydonida ular 3 guruhga bo'linadi:

1. O'tkazgichlar.
2. Yarimo'tkazgichlar.
3. Dielektriklar.

Metallar - bu materiallarning xona haroratida solishtirma o'tkazuvchanligi  $\sigma = 10^{-6} - \div 10^{-4}$  (Om · sm) ni tashkil etadi.

Yarim o'tkazgich materiallar – solishtirma o'tkazuvchanligi xona haroratida  $\sigma = 10^{-4} \div 10^{10}$  (Om·sm) ni tashkil etib, ularning elektrofizik xossasi metallardan farqli holda tashqi ta'sirga: yorug'lik, bosim, elektr maydon hamda haroratga juda ta'sirchan bo'ladi.

Dielektrik materiallar - bu odatda solishtirma o'tkazuvchanligi juda kichik bo'lib,  $b = 10^{10} \div 10^{15}$  (Om · cm) bo'lgan va elektr xususiyati qutblangan qonuniyatiga bo'ysunuvchi material hisoblanadi.

O'tkazuvchan material deb - elektr o'tkazuvchanligi yuqori bo'lgan materiallarga aytiladi. Ularni texnikada qo'llanilishiga sabab, normal haroratda juda yuqori solishtirma elektr o'tkazuvchanlikka egalidir.

Yarim o'tkazgich material deb – o'tkazuvchan va o'tkazmaydigan (dielektrik) materiallar oralig'idagi materiallarga aytiladi.

Bularni boshqa materiallardan farqi solishtirma o'tkazuvchanligi tok tashuvchilarning konsentratsiyasiga hamda tashqi energetik xolatiga, haroratga va yorug'likka bog'liqligidir.

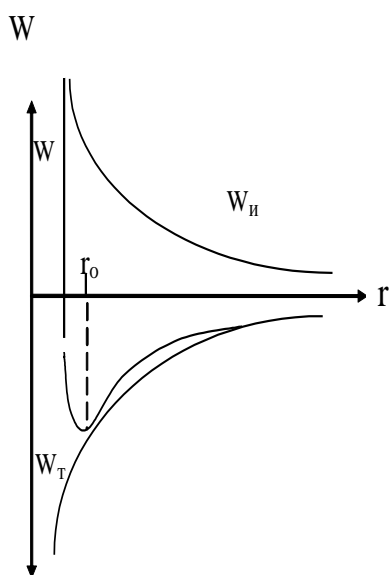
Dielektrik materiallar deb - elektr xususiyati qutblanishga bo'ysinuvchi va solishtirma o'tkazuvchanligi juda kichik bo'lgan materiallarga aytiladi. Dielektrik materiallar 2 ga bo'linadi:

1. Passiv
2. Aktiv (faol).

Passiv dielektrik materiallar ko'pincha elektro- izolyasiya sifatida qo'llaniladi. Bunga misol qilib, oddiy kondensatorni olish mumkin. Aktiv dielektriklar ko'pincha lazer texnikasida qo'llaniladi. O'tkazuvchan materiallarning solishtirma qarshiligi  $\rho < 10^{-5}$  Om·m dielektrik materiallar qarshiligi esa  $\rho < 10^8$  Om·m .

### 1.1. Kristallarning tuzilishi. Miller indekslari.

Molekulalarning hosil bo'lish mexanizmlari muhokama etilganda, bog'lanish tabiatidan qat'iy nazar, molekula hosil qilayotgan atomlarga ikkita kuch ta'sir etishi qayd etilgan: katta masofalardayoq sezilarli bo'lgan (uzoqdan ta'sir etuvchi) tortishish kuchlari va kichik masofalarda paydo bo'ladigan va masofaning kamayishi bilan keskin ortib ketadigan (yaqindan ta'sir etuvchi) itarish kuchlari.

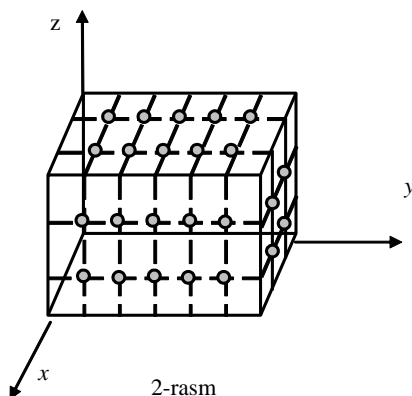


1-rasm

Itarish va tortishish kuchlari bilan bog'liq bo'lgan  $W_i$  va  $W_t$  potensial energiyalarning atomlar orasidagi masofaga bog'lanishi, hamda sistemaning to'la energiyasini masofaga bog'liqligi 1-rasmda tasvirlangan.

Atomlar orasidagi masofa  $r_0$  bo'lganda tortishish va itarish kuchlari tenglashadi, ya'ni ularning teng ta'sir etuvchisi nolga, sistemaning potensial energiyasi minimal qiymatga ega bo'ladi, natijada sistema mustahkam muvozanat holatga erishadi. Mazkur xulosani ko'psonli atomlar sistemasiga ham umumlashtirsak, undagi atomlar bir-biridan bir xil masofada joylashib mustahkam tuzilishga ega bo'lgan va kristall deb atalgan qattiq jismni hosil qiladi. Demak, kristallarga ta'rif beradigan bo'lsak – atom yoki ionlarning fazoda

o'zaro kimyoviy bog'lanishi orqali tartibli va davriy joylashgan jismga aytiladi. Kristallning har bir atomi (molekulasi) energetik jihatdan potensial o'rada joylashgani uchun u muvozanat holatidan erkin siljib keta olmasdan, faqat muvozanat holati atrofida tebranma harakat qilishi mumkin. Atomlarning issiqlik harakati energiyasi bog'lanish energiyasidan ortib ketguniga qadar bu holat saqlanadi.



YUqoridagi fikrlarni biz ikki atom orasidagi o‘zaro ta’sir mexanizmiga asoslanib chiqardik. Uch o‘lchovli kristallda har bir atomga uning atrofidagi boshqa atomlar ham ta’sir etishi tufayli natijaviy energiya ancha murakkab bo‘ladi. Turli yo‘nalishlarda atomlar orasidagi masofalar har xil bo‘ladi. Ammo, bayon etilgan manzara sifat jihatdan o‘zgarmaydi. Kristall tarkibidagi atomlar fazoda ma’lum va har bir moddaning o‘ziga xos qonuniyatlari bilan joylashgan bo‘ladi. Qayd etish lozimki, bir xil moddaning kristallari turlicha tuzilishga ham ega bo‘lishi mumkin. Bu xodisani polimorfizm deyiladi. Masalan: bor (V) elementining kristallari to‘rt xil ko‘rinishda, temirniki uch xil ko‘rinishda uchraydi.

Kristallarning fazoviy tuzilishini tavsiflashda kristall panjara tushunchasidan foydalaniladi. Kristall panjara tugunlarida atomlar joylashgan fazoviy to‘rdan iborat. Uni quyidagicha qurish mumkin:  $x, y, z$  o‘qlaridan tashkil topgan koordinatalar sistemasining (albatta, faqat to‘g‘ri burchakli bo‘lishi shart emas) boshiga berilgan moddaning bir atomini joylashtirib, o‘qlar bo‘yicha o‘lchamlari atomlarning muvozanat holatlariga mos, bazaviy vektorlar deb atalgan  $a, v, s$  vektorlarni joylashtiramiz.  $x$  - o‘qi bo‘yicha  $a, 2a, 3a, \dots$  masofalarga,  $y$ - o‘qi bo‘yicha  $v, 2v, 3v, \dots$  masofalarga va nihoyat  $z$ - o‘qi bo‘yicha  $s, 2s, 3s, \dots$  masofalarga atomlarni joylashtirib kristall panjaraning  $x, y, z$  o‘qlari bo‘yicha birlashgan atomlar zanjirini hosil qilamiz.

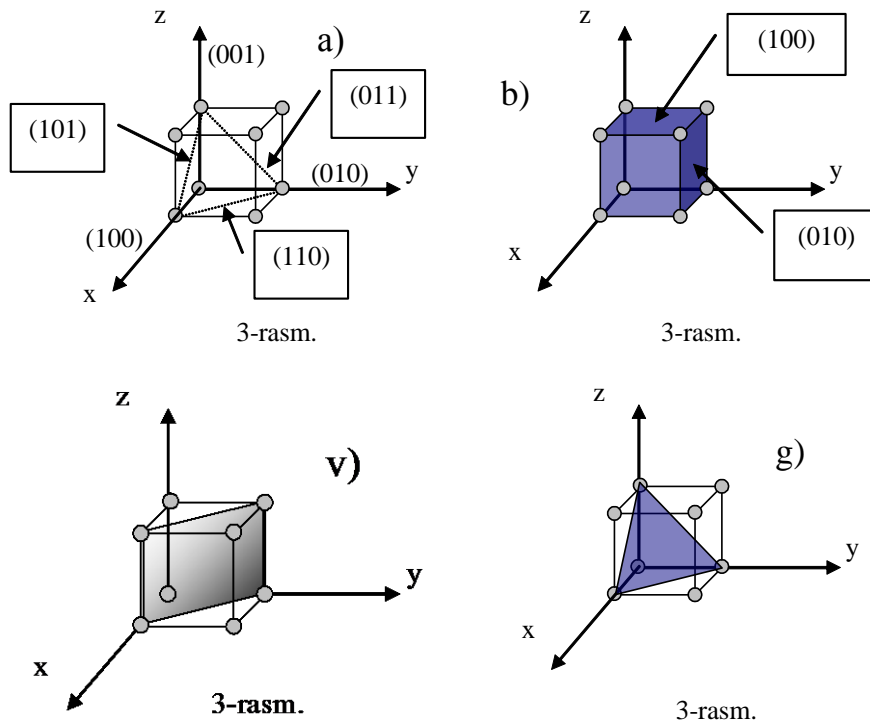
Tugunlardagi atomlarni ko‘chirish (translyasiya) vektori deb atalgan vektor  $\mathbf{T} = na + mv + ks$  yordamida (2- rasm) o‘qlar bo‘yicha ko‘chirib kristall panjara xosil qilinadi.  $\mathbf{a}, \mathbf{b}, \mathbf{c}$  vektorlariga qurilgan eng kichik uyachani Bravais panjarasi yoki elementar yacheyka deb ataladi. O‘qlar orasidagi  $\alpha, \beta, \gamma$  burchaklar ixtiyoriy bo‘lishi mumkin.

Faqat tugunlarida atom joylashgan elementar uyachalarni oddiy uyachalar deyiladi. YOqlarining yoki ichining markazida ham atomlar joylashgan bo‘lsa, ularni yoqlari yoki hajmiy markazlashgan uyachalar deyiladi.

Tabiatda uchraydigan barcha kristallarni (230 fazoviy guruhlariga bo‘linadi va  $10^5$  dan ortiq ko‘rinishga ega) 14 xil Bravais elementar uyachalari yordamida qurish mumkin.

Kristallardagi tugunlarni, yo‘nalishlarni va tekisliklarni belgilash uchun Miller indeksleri deb atalgan yaxlit sonlar to‘plamidan foydalaniladi (3 - rasm, a, b, v, g).



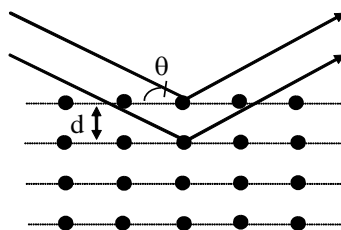


Koordinata o'qlarining boshi sifatida tugunlardan biri qabul qilinsa, unga nisbatan boshqa tugunlarning koordinatalari  $x = ma$ ,  $y = nb$ ,  $z = kc$  lar bilan aniqlanadi. Agar uzunlik birligi etib panjara doimiylari  $a, b, c$  lar qabul qilinsa tugunlarning koordinatalari  $m, n, k$  butun sonlardan iborat bo'ladi. Odatda, ular ikkita to'g'ri qavslar ichiga yoziladi  $[m, n, k]$ .

Kristallardagi yo'nalishlar koordinatalar boshidan o'tadigan to'g'ri chiziqlar bilan belgilanadi va ular to'g'ri chiziqli qavslar ichiga olib yoziladi  $[m, n, k]$  (3 - rasm, a). Kristall panjaraning ixtiyoriy uch nuqtasidan o'tkazilgan tekisliklarni atom tekisliklari deyiladi. Ular 3-rasmda (b, v, g) ko'rsatilgandek belgilanadi.

Kristallarning ichki tuzilishini qanday o'rganish mumkin? Kristallarning tuzilishini aniqlash usullari ularning atomlari kristall panjara hosil qilib joylashganligiga asoslangan. Har qanday kristall jismni hajmiy difraksion panjaradan iborat deb qarash mumkin. Bunda difraksion panjaraning davri kristall panjaraning doimiysiga teng bo'ladi.

Hajmiy difraksion panjaradan elektromagnit to'lqinlarning difraksiyalanish qonuniyati bilan rentgen nurlari difraksiyasini kuzatganda tanishgan edik.



4-rasm

Demak, kristallning turli yo'nalishlardagi sirtiga ma'lum  $\theta$  sirpanish burchagi ostida rentgen nurlarini, elektronlarni, neytronlarni tushirib, ularning difraksiyasini o'rganish asosida kristall panjaraning doimiylarini Vulf-Breggilar qonuni yordamida aniqlash mumkin. (4-rasm)

$$2d\sin\theta = m\lambda. \quad (1.1)$$

Kristallarda rentgen nurlarining difraksiyasini kuzatishga asoslanib, ularning tuzilishini aniqlaydigan usulni rentgenografiya deyiladi. Elektron yoki neytronlarning difraksiyasiga asoslangan usullarni esa, mos ravishda elektronografiya yoki neytronografiya deyiladi.

## 1.2. Qattiq jism turlari va xossalari.

Kristall va amorf materiallar.

Qattiq jismlar tuzilishi, tarkibi, ularni tashkil etgan zarralari orasidagi o'zaro ta'sir kuchlari, mexanik, elektr, magnit, optik va boshqa xossalari jihatidan turli guruhlariga bo'linadi. Masalan, elektr xossalari bo'yicha qattiq jismlar yaxshi o'tkazgichlar (metallar), yarim o'tkazgichlar (bu atamani qo'shib yozsa ham bo'ladi), dielektriklar guruhlarini tashkil qiladi. Magnit xossalari jihatidan esa diamagnit, paramagnit, ferromagnit, antiferromagnit va ferritlar deb ataladigan qattiq jismlar turlari mavjud.

Qattiq jismlarning ayrim muxim xossalari hamda ularni tavsiflaydigan asosiy tushunchalar to'g'risida ma'lumot beramiz.

Qattiq jismlar ularni tashkil qilgan zarralarning joylashish tartibiga asoslanib kristall va amorf jismlar guruhlariga ajraladi. Amorf jismlarni (masalan, shishani) tashkil qilgan atomlar (ionlar, molekulalar)ning joylashishida qat'iy bir tartib yo'q. Bundan ularning fazalarini o'zgartirishida (masalan suyuqlanishida) qat'iy o'tish nuqtalari (suyuqlanish haroratlari) mavjud bo'lmasligi kelib chiqadi: amorf jismlar bir holatdan ikkinchi holatga uzluksiz o'tib boradi. Ammo, kristall jismlarni tashkil qilgan atom (ion, molekula)lar joylashishida muayyan tartib mavjud: ma'lum yo'nalishlarda har qanday ikki qo'shni atom oralig'i bir xil. SHuning uchun ham kristall holatdagi qattiq jismlarning fazalarini o'zgarishi (suyuqlanish, qotish va hakoza) qat'iy muayyan haroratda va bosimda sodir bo'ladi.

Modda qattiq holatda - kristall yoki amorf shaklda bo'lishi mumkin.

Kristallar doimiy shaklga ega, amorf jismlar esa doimiy shaklga ega emas, bu ularning nomlanishidan ham kelib chiqadi, «amorf» grekcha so'z bo'lib, «shaklsiz» degan ma'noni anglatadi. Kristall moddalar bitta yaxlit kristalldan (monokristall) va juda ko'p «o'sgan» kristallchalar (polikristallar) dan iborat bo'lishi mumkin. Masalan, barcha temir buyumlar polikristall temir bo'laklaridan tayyorlangan. Amorf moddalarga misol qilib, shishani olish mumkin.

Bir moddaning o'zi termodinamik sharoitga bog'liq ravishda kristall yoki amorf holatida bo'lishi mumkin. Masalan: oltingugurt kristall shaklda (sariq rangda) va amorf (plastik oltingugurt –to'q qo'ng'ir rangda) bo'ladi.

Kvars – kristall, biroq kvars qumi eritilib, so'ngra eritma tez sovutilsa, amorf kvars shisha hosil bo'ladi.

Metallurgiyada olinadigan temir kristall tuzilishga ega. Biroq, eritmani tez sovutish usuli bilan amorf temir (temir oyna) olinadi.

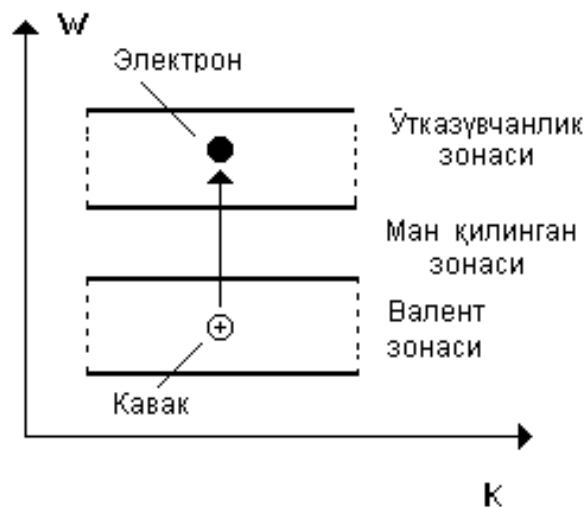
## 2-MA'RUZA

### Materiallarning fizik-kimyoviy xossalari. Qattiq jismlar zonalar nazariyasining elementlari

Kristalldagi energiyaviy zonalarining o'ziga xos xususiyatlari va taqiqlangan zonaning kengligiga qarab kristallarning elektrik xossalari qanday o'zgarishini qarab chiqaylik.

**Dielektrlarda**-valent zona batamom to'lgan, undan yuqorida yotgan zonagacha bo'lgan masofa katta. Bu holda elektronlar valent zonadan o'tkazuvchanlik zonasiga o'ta olmaydi va shu sababli elektrik o'tkazuvchanlikda ishtirok eta olmaydi. Buning uchun elektron valent zonadan chiqib bo'sh zonaga-o'tkazuvchanlik zonasiga o'tishi kerak. Demak, zonalar orasidagi masofa  $\Delta W_0$  qancha katta bo'lsa, elektronning valent zonadan o'tkazuvchanlik zonasiga o'tishi uchun shuncha ko'proq energiya talab qilinadi. Xo'sh, bu energiyani elektron qaerdan olishi mumkin?

Ma'lumki, berilgan temperaturada qattiq jismning atomlari (gaz atomlari kabi) ma'lum bir issiqlik energiyasiga ega bo'la-di. Masalan, biror atomning,  $W_0$  - issiqlik energiyasiga ega bo'lish ehtimoli  $\exp(-W_0/kT)$  ga mutanosibdir. Ana shu issiqlik energiyasi hisobiga gaz molekulari gaz egallagan hajm bo'ylab yugurib yursa, qattiq jismda esa, atomlar o'z muvozanat holati atrofida to'xtov-siz tebranib o'zaro ta'sirlashib turadi. Bunday o'zaro ta'sirlashish natijasida atom o'z issiqlik energiyasini elektronga batamom yoki qisman berishi mumkin. Agar, ana shu energiya elektronning valent zonadan o'tkazuvchanlik zonasiga o'tishi uchun kifoya qilsa, u vaqtda



1-rasm. Valent zonada valent bog'lanishdagi bo'sh o'rin "kovak" ning paydo bo'lishi

o'tkazuvchanlik zonasida erkin elektron va valent zonada valent bog'lanishdagi elektronning bo'sh joyi, uni bundan keyin "kovak" deb ataymiz (1- rasm), yuzaga keladi.

Hisoblarning ko'rsatishicha, taqiqlangan zonasi  $\Delta W_0$  ga teng bo'lgan yarimo'tkazgichda birorta atomning elektronini valent zonadan o'tkazuvchanlik zonasiga chiqarib yuborishi uchun zarur energiyaga ega bo'lish ehtimolligi quyidagicha:

$$p = \theta C_c \cdot C_v \cdot \exp(-\Delta W_c/kT)$$

bu erda,  $\theta$ -atomlar bilan elektronlarning "to'qnashish" takroriylikiga bog'liq doimiy,  $S_s$ -bo'sh zonaning quyi qirg'og'i atrofidagi bo'sh joylar soni,  $S_v$ -valent zonaning yuqoridagi qirg'og'i atrofidagi elektronlar soni,  $k$ -Bolsman doimiysi,  $T$ -mutlaq temperatura.

Ushbu munosabatdan ko'rinishicha, taqiqlangan zonaning kengligi  $\Delta W_0$  qancha katta bo'lsa, elektronlarning o'tkazuvchanlik zonasiga o'tish ehtimolligi (va demak, ko'rilayotgan kristallning elektrik o'tkazuvchanligi) shu qadar kichik bo'lar ekan.

Taxminiy hisoblashlar shuni ko'rsatadiki, taqiqlangan zonaning kengligi  $\Delta W_0 > 2$  eV bo'lganda yuqoridagi ehtimollik amalda uchraydigan har qanday temperaturalarda nihoyatda kichik bo'lar ekan. SHu sababli taqiqlangan zonasi kengligi 2 eV dan katta bo'lgan moddalar elektr tokini o'tkazmaydi va ular dielektriklar deb ataladi. SHu narsa ravshanki,  $\Delta W_0 = 2$  eV chegara shartli ma'noga ega bo'lib, aslida dielektriklar bilan yarimo'tkazgichlar orasida bu qadar keskin chegara yo'q.

**YArimo'tkazgichlarda**-valent zona batamom to'lgan, lekin keyingi bo'sh zonagacha bo'lgan masofa kichik (2 eV dan kichik). Mutlaq nol temperaturada yarimo'tkazgichning valent zonasi batamom to'la, o'tkazuvchanlik zonasi esa bo'sh bo'lganligi sababli elektrik o'tkazuvchanlik nolga teng. Temperatura ortishi bilan issiqlik ta'sirida o'tkazuvchanlik zonasiga o'tayotgan elektronlar soni eksponensial ravishda orta boradi. o'tkazuvchanlik zonasidagi elektronlar soniga mos ravishda valent zonadagi kovaklar soni va demak, yarimo'tkazgichning elektrik o'tkazuvchanligi ortadi. Xususiyl (kirishma-siz) yarimo'tkazgichlar uchun o'tkazuvchanlik zonasidagi elektronlar soni  $n_0$  va mos ravishda valent zonadagi kovaklar soni  $p_0$  temperaturaga qarab quyidagicha o'zgaradi :

$$n_0 = p_0 = Be^{-\frac{\Delta W_0}{2kT}} \quad (1.3)$$

bu erda,  $V$ -yarimo'tkazgichga tegishli o'zgaras kattalik.

Elektrik o'tkazuvchanlik erkin zaryad tashuvchilarning konsen-tratsiyasiga mutanosib ekanligi ma'lum:

$$\delta = \mu_n en_0 = \mu_p ep_0 \quad (1.4)$$

bu erda,  $\mu_n$  va  $\mu_p$ -elektron va kovaklar harakatchanligi,  $e$ -elektron zaryadi.

U holda yarimo'tkazgichlarning elektrik o'tkazuvchanligi temperatura ortishi bilan juda keskin ortar ekan. Bu yarimo'tkazgichlarning o'ziga xos muhim xususiyatlaridan biridir.

$$\delta \cong Ae^{-\frac{\Delta W_0}{2kT}} \quad (1.5)$$

bu erda,  $A$ -o'zgaras doimiy. Demak, yarimo'tkazgichning elektrik o'tkazuvchanligi temperatura ortishi bilan juda keskin ortar ekan. Bu yarimo'tkazgichlarning o'ziga xos muhim xususiyatlaridan biridir.

**O'tkazgichlarda**-valent zona qisman to'lgan yoki yuqoriroqdagi bo'sh zona bilan qisman ustma-ust tushadi. o'tkazgichlar zonalarida sodir bo'ladigan tok o'tkazish hodisalarini ishqoriy er elementlari misolida tushuntirish mumkin. Ishqoriy metallar atomining  $S$ -qobig'ida bitta elektron mavjud. Aslida esa, bu qobiqda ikki elektron joylashishi mumkin (Pauli tamoyili bunga yo'l qo'yadi) bo'lganligi va elektronlar eng kichik energiyaviy holatni egallashga intilganligi sababli, metall kristall panjarasidagi bir qism atomlarning  $S$ -qobiqlaridagi elektronlar ikkinchi yarimqism atomlarning  $S$ -qobiqlardagi ikkinchi bo'sh joylarga o'tib joylashib oladi. SHunday qilib, kristall valent

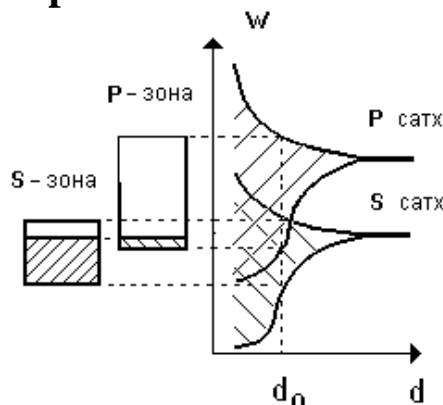
zonasidagi mumkin bo'lgan holatlarning yarimqismi to'lgan, yarimqismi esa bo'sh bo'ladi. Binobarin, metallda valent zonaga bevosita yondosh bo'sh zona-o'tkazuvchanlik zonasi mavjud, ya'ni ular orasida taqiqlangan zona yo'q bo'ladi. Ana shunday kristallga elektrik maydon berilsa, ma'lum qism elektronlar maydon ta'sirida o'z harakatini maydon bo'ylab yo'naltiradi va yuqoridagi bo'sh sathga o'tib, elektrik o'tkazuvchanlikni yuzaga keltiradi.

Ishqoriy er metallariga kelsak, ularning  $S$ -sathida ikkitadan elektron mavjud bo'lganligidan  $S$ -zona batamom to'lgan bo'ladi. Biroq bu metallarning kristall panjarasi shunday tuzilganki,  $S$ -zona undan keyingi bo'sh  $P$ -zona bilan qisman ustma-ust (2-rasm) tushadi. Elektronlar  $S$ -zonaning yuqoridagi qismidan  $R$ -zonaga shunday o'tadiki, ikkala zona ham qisman bir xil energiyaviy sathga qadar (2-rasm) to'lgan bo'ladi.  $S$ -zonada bo'sh joylar-kovaklar va  $P$ -zonada esa ma'lum miqdorda elektronlar mavjudligi tufayli kristall elektrik o'tkazuvchan bo'ladi.

Barcha metallarda va metall qotishmalarda valent zona yo faqat qisman to'lgan, yoki keyingi bo'sh zona bilan qisman ustma-ust tushgan bo'ladi, shu sababli ular elektrik tokni yaxshi o'tkazadilar.

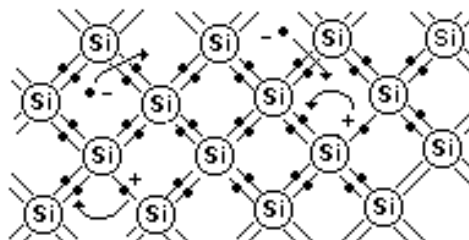
Xususiy (kirishmasiz) yarimo'tkazgich

**SHunday qilib, yarimo'tkazgichda pastdagi to'lgan (valent) zonaning yuqori qirg'og'idan yuqoridagi bo'sh (o'tkazuvchanlik) zonaning quyi qirg'og'i (1.10-rasm) shunday energiyaviy oraliq  $\Delta W_0$  bilan ajralganki, xona temperaturasida etarlicha issiqlik energiyasiga**



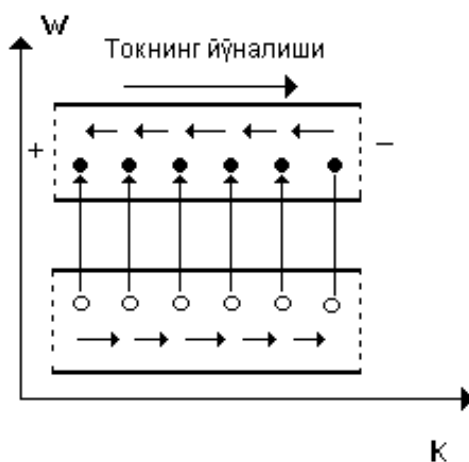
2-rasm. Metallarning kristall panjarasida  $S$ - va  $P$ -zonalarning qisman ustma-ust tushishi ega bo'lgan ba'zi-bir elektronlar bu oraliqdan o'ta olishi mumkin. Ushbu jarayonda elektronlar to'lgan zonaning yuqori qismidan bo'sh zonaning pastki qismiga o'tadi. Har qanday elektronning to'lgan zonaning yuqori sathlarini tashlab to'lmagan zonaning quyi sathlariga o'tish ehtimolligi, ana shu oraliqni o'tish uchun zarur bo'lgan energiya  $\Delta W_0$  ortishi bilan keskin kamayadi.

To'lgan zonadagi elektronlar kristallning o'tkazuvchanligida ishtirok etmasligi yuqorida ko'rsatib o'tildi. Biroq, xona temperaturasida valent zonadan o'tkazuvchanlik zonasiga nechta elektron o'tsa, valent zona shuncha elektronni yo'qotadi va nihoyat qisman to'lmagan holat yuzaga keladi.



3-rasm. Valent zonada musbat zaryadli kovaklarning paydo bo'lishi.

YA'ni, valent zonada elektron etishmagan bog'lanishlar-musbat zaryadli kovaklar (3-rasm) hosil bo'ladi. Endi elektronlar boshqa bog'lanishlardan ana shu kovaklarga sakrab o'tish imkoniyatiga ega bo'ladi. Natijada bu kovak elektron bilan to'lib yo'qoladi, boshqa bog'lanishda kovak paydo bo'ladi. SHunday qilib go'yo kovak kristallning bir joyidan ikkinchi joyiga tartibsiz ko'chib yuradi.



4-rasm. Tashqi elektrik maydon berilganda yarimo'tkazgichda erkin elektronlar va kovaklar tokining paydo bo'lishi.

Agar bunday yarimo'tkazgichga tashqi elektrik maydon berilsa, bu bog'lanishdan u bog'lanishga tartibsiz sakrab yurgan valent elektronlarning maydon yo'nalishi bo'ylab tartibli sakrab o'tishlari va demak, valent zonada kovaklarning ushbu elektronlarga teskari yo'nalishdagi tartibli ko'chishi-kovaklar toki, o'tkazuvchanlik zonasida esa, erkin elektronlar toki (4-rasm) yuzaga keladi.

### 3-MA'RUZA

#### O'tkazgich materiallar. Metallarning elektr o'tkazuvchanlik tabiati.

Elektr toki o'tkazgichlari sifatida qattiq jismlar, suyuqliklar va ma'lum sharoitlarda esa gaz ham qo'llanilishi mumkin. Elektrotexnikada qo'llanladigan aksariyat qattiq o'tkazuvchi materiallarga metall va uning qotirishmalari kiradi.

YUqori elektr o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan o'tkazgich materiallarga normal temperatura sharoitida solishtirma qarshiligi  $\rho \leq 0,05$  mkOm-m bo'lgan metallar kiradi. Normal temperaturada solishtirma qarshiligi kamida 0,3 mkO.m-m bo'lgan qotishmalar yuqori qarshilikka ega qogishmalar deb ataladi. YUqori o'tkazuvchanlikka ega metnllar sim, tok o'tkazuvchi kabellarda, elektr mashinasi va transformatorlarnshk chulg'amlarida va boshqa asbob-uskunalarda ishlatnladi. YUqori qarshilikka ega metall va qotishmalar rezistorlar, elektr isitkich asboblari, cho'g'lanma lampalarning tolalarini tayyorlashda foydalaniladi.

Uta past (kriogen) temperaturalarda solishtirma qarshi-ligi o'ta kichik bo'lgan materiallar — o'ta o'tkazgichlar va krioo'tkazgichlar alohida ahamiyatga ega.

Suyuq o'tkazgichlarga erigan metallar hamda turli elektrolitlar kiradi. Bunga misol tariqasida suyuqlanish temperaturasn —39°C bo'lgan simobni keltirish mumkin.

Qattiq va suyuq holatdagi metallardan elektr toki o'tish jarayoni elektr maydoni ta'sirida ozod elektronlarning tartibli harakatiga asoslanadi. SHu sababli, metallar elektronli elektr o'tkazgich yoki birinchi darajali o'tkazgichlar deyiladi. Ikkinchi darajali elektr o'tkazgich yoki elektrolitlarga kislota. pshqor va tuzli eritmalar kiradi. Mazkur moddalardan tok o'tishi, Faradey qonuniga asosan, elektr zaryadlari bilan birgalikda nonlarning siljishi bilan tushuntiriladi. Tok uzluksiz o'tinsh jarayonida bundan elektrolit tarkibi asta-sekin o'zgara boradi va elektrodlarda elektroliz mah-sulotlari to'plana boradi. Erigan holatdagi ion kristallari Ham ikkinchi darajali o'tkazgichlarga kiradi.

Gaz yoki metall bug'i kuchsiz elektr mandonida o'zidan elektr tokini o'tkazmandi. Agar elektr maidon kuchlanganligk O'zining urilish va fotoionlashish sodir qiladigan keskin qiymatidan o'tsa, gazlar elektronli va ionli elektr o'tkazuts: chailikka ega bo'ladi. Qattiq o'tkazgich ion panjarali kristall sistema ko'rinishida bo'lib, ichki qismida ozod elektronlar joylashgan deb faraz qilinadi. Odatda, bu elektronlar issiqlik ta'sirida betartib, elektr maydoni ta'sirida esa aniq yo'nalish bo'yicha harakatlanadi. Elektronlar harakat davomida kristall panjara tugunlari bilan to'qnashishi natijasida ajralib chiqadigan energiya o'tkazgichning metall asosiga uzatiladi va natijada u qiziy boshlaydi. Buning asosida Joule—Lent qonuni keltirib chiqarilgan, ya'ni metallarda elektr o'tkazuvchanlik va elektr energiya isrofi tushuntirib berilgan. Bundan tashqari, mazkur qonun metallarning elektr va issiqlik o'tkazuvchanliklari orasidagi bog'lanishni ham izohlaydi. Utkazgich materiallarning xossalari ifodalaydigan asosiy ko'rsatkichlar quyidagilardan iborat:

- 1) solishtirma qarshilik ( $\rho$ ) yoki solishtirma o'tkazuvchanlik  $\sigma$ ;
- 2) solishtirma qarshilikning temperatura koeffitsienti,
- 3) issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti;
- 4) kontakt potenniallar farqi va termoelektr yurituvchi kuch (TEYUK);
- 5) elektronlarning metallardan chiqish ishi;
- 6) cho'zilishdagi mustahkamlik chegarasi ( $a_g$ ) va uzilish oldidagi nisbiy cho'zilish).

O'tkazgichdagi tok zichligi va elektr maydon kuchlanganligi o'zaro quyidagicha bog'lanishga ega:

$$\mathbf{j} = \sigma \cdot \mathbf{E}$$

bunda:  $j$  – tok zichligi,  $A/m^2$ ;  $\sigma$  - o'tkazgich materialining solishtirma elektr o'tkazuvchanligi,  $Sm^{-1}$ ;  $E$  — elektr maydon kuchlanganligi,  $V/m$ .

Metallarda solishtirma o'tkazuvchanlik elektr maydoni kuchlanganligiga bog'liq bo'lmaydi. Solishtirma o'tkazuvchanlikka teskari kattalik solishtirma qarshilik.

Turli xil metallar uchun elektronlarning betartib pssiqlik qarakat tezligit  $\sigma_N$  taxminan bir xildir. SHu sababli, solishtirma o'tkazuvchanlik qiymati elektronlar erknn bosib o'tgan yo'lining o'rtacha tezlngi va o'tkazgich materialnning tuzilishiga bogliq bo'ladi. Nisbatan to'g'ri kristall panja-rali sof metallarning solishtirma qarshiligi eng kichpk qiy-matga ega. Agar metall tarkibiga qo'shimcha kirptilsa, uning kristall panjarasi deformaipyalanib,  $p$  qiymatining o'sishiga olib keladi.

Temperatura ko'tarilishi natijasida metall o'tkazgichdagi zaryad eltuvchpllar soni (ozod elektronlar konientratsiyasi) o'zgarmay qoladi. Lekin kristall panjara tugunlari tebranishining kuchayishi tufayli elektr maydoni ta'siri natijasida harakatlanayotgan ozod elektronlar tobora ko'proq to'siqlarga duch keladi, yani  $\lambda$  kamayadi. Bunda elektronlarning siljuvchanligi pasayadi, natijada metallning solishtirma o'tkazuvchanligi kamayadi va solishtima qarshiligi ortadi.

### **Metallar va ularning xususiyatlari.**

Metallarning yaxshi elektr o'tkazuvchanliklariga asosiy sabab, ularning atomlaridagi valent elektronlari bilan yadrolari orasidagi bog'lanishdir. Boshqa ko'pchilik moddalardan farqli o'laroq metallarning atomlaridagi hamma elektronlar juda kuchli bog'lanmagan. SHu sababli, yadrodan uzoqda joylashgan elektron qobig'idagi elektronlar yadroga juda sust tortiladi. Bunday bog'lanish esa musbat zaryadlangan yadro va manfiy zaryadlangan elektron oralaridagi masofa ortishi bilan kamayib boruvchi Kulon kuchlarining mavjudligi bilan tushuntiriladi. Bundan tashqari, masofa ortishi bilan o'zaro ta'sir kuchlarining kamayishiga valent elektronlar bilan yadro orasidagi ichki qobig'larida elektronlar orasida to'siq mavjudligidir. Metallarning kristall panjaralarini tashkil etish uchun bir-birlari bilan yaqinlashtirilganda, ularning valent elektron qobig'lari bir-birlari bilan kirishib ketadi, natijada ulardagi valent elektronlari kristallning hajmi bo'ylab erkin harakatlana boshlaydi. Natijada, avval aniq bir atomga ta'lluqli bo'lgan elektron endi kristall panjarani tashkil etgan hamma atomlarga ta'lluqli bo'lib qoladi, ya'ni erkin elektronga aylanadi. Demak, qattiq holatda turgan hamma metall atomlari o'zlariga tegishli bo'lgan elektronlarning bir qismidan ajralib qolar ekan.

Metall ichidagi erkin elektronlarning o'zlarini tutishlari to'g'risida gapirilganda quyidagilarni hisobga olish kerak. Ularning harakatlari murakkab jarayondan iborat bo'lib, juda qisqa vaqt yashaydilar va shu vaqt davomida atomlardan tashqarida bo'lmaydilar hamda juda ko'p to'qnashishlardan iborat issiqlik harakatida qatnashadilar. Ular musbat zaryadlangan ion bilan uchrashganda bir-birlariga kirishib ketishlari mumkin.

Demak, bir tomondan metall ichida erkin elektronlar hosil bo'lsa, ikkinchi tomondan ularning rekombinatsiyasi namoyon bo'lib turadi. Bunday qarama- qarshi jarayonlarning mavjudligi har qanday metallardagi erkin elektronlar sonini o'zgarmasligini ko'rsatadi va ular tashqi ta'sirga bog'liq bo'lmaydilar. SHu sababli



metallarning  $1 \text{ sm}^3$  hajmida -  $10^{22}$  atom mavjud bo'lsa va metallning valentligi «Z» bo'lsa, u holda elektronlar konsentratsiyasi  $n=Z \cdot 10^{22}$  ga teng bo'ladi.

Metallarda erkin elektronlarning mavjudligi tufayli, juda katta elektr va issiqlik o'tkazuvchanlik xususiyatiga egadir. Endi biz bu masalalarni metallarning klassik elektronlar nazariyasi asosida ko'rib chiqamiz. Bu nazariya quyidagi asosiy farazlardan kelib chiqadi:

1). Elektronlarning harakati klassik mexanika qonunlariga bo'ysungan holda amalga oshadi.

2). Elektronlarning o'zaro ta'sirlari mavjud emas.

3). Elektronlarni metall panjara ionlari bilan ta'siri oddiy sharlarning urilishiga o'xshash.

4). Elektron gaz xuddi idel gazga o'xshash.

Bu nazariya ham, xuddi klassik fizikaning boshqa nazariyalariga o'xshab hodisalarning umumiy holatini taqriban ifodalaydi. Aniqroq xaqiqatni metallarning kvant nazariyasi ifodalaydi.

Issiqlik harakatlarida ishtirok etayotgan erkin elektronlar juda katta -  $10^8$  s/m tezlik bilan betartib harakat qiladilar. Bu harakatlar jarayonida panjara ionlari bilan juda ko'p marta to'qnashadilar. Har to'qnashganda ular tezliklarining son qiymatlari yoki yo'nalishlari o'zgaradi, ko'pchilik hollarda ularning ikkalasi ham o'zgaradi.

## 4-MA'RUZA

### **O'tkazgich materiallar xossalari. Yuqori o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan materiallar. Yuqori qarshilikli qotishmalar.**

Metallardagi erkin elektronlarni, shamol bo'lmagan paytda havoda muallaq holatda betartib harakatlanayotgan "chivin" lar to'plamiga o'xshatish mumkin. Agar shamol esib qolsa, bu to'plam shamol yo'nalishi bo'yicha harakatlana boshlaydi, shamolning tezligi oshgan sari chivin to'plamining tezligiga ham ta'sir ko'rsatadi. Odatda kristallning hajmida dislokatsiyalar betartib joylashadi va ularning soni juda ko'p bo'ladi, taxminan  $1 \text{ sm}^3$  hajmda  $10^8:10^9$ ta.

Klassik elektron nazariyasiga binoan metallni ko'rib chiqadigan bo'lsak, metallarga tashqi elektr maydon ta'sir qilmasa, undagi elektronlar ma'lum bir yo'nalishga ega bo'lmaydi va betartib harakat qiladi. Agarda metallarga elektr kuchlanishi berilsa tashqi elektr maydon kuchlanganligiga teskari bo'lgan yo'nalishda elektronlar doimiy tezlanish bilan harakatlana boshlaydi. Bunda elektronlar ma'lum bir yo'nalish bo'yicha elektr toki hosil qilib, metall o'tkazuvchanligini sodir qiladi yoki bo'lmasa kristall panjaraga musbat zaryadlangan ionlar bilan urilib, energiya beradi va elektr maydonda tezlanish olgan holda harakatlana boshlaydi. O'tkazuvchan materiallar tasnifiga asoslangan holda elementlarni ko'rib chiqamiz:

#### **Mis elementi va uning fizik xususiyati.**

Mis metalli elektrotexnik materiallar ichida sanoatda ko'p qo'llaniladi:

1. Solishtirma qarshiligi kichik;
2. Mexanik chidamliligi juda yuqori;
3. Emirilishga juda chidamli ;
4. YAxshi ishlov bersa bo'ladi ;
5. Payvandlash uchun ishlatishda juda engil metall.

Misni olish uchun qayta ishlov beriladi. Misning tarkibida kumush 0,05% ni tashkil etsa, uning solishtirma o'tkazuvchanligi 5% ga kamayadi. Agar uning tarkibida nikel yoki alyuminiy aralashgan bo'lsa solishtirma o'tkazuvchanligi 25-40% gacha yomonlashadi. Undan tashqari, tarkibida berilliy, temir, kremniy yoki fosfor bo'lsa, uning solishtirma o'tkazuvchanligi 55% ga yomonlashadi. Mis elementining kamchiligi shundaki, uni qizdira boshlasak oksidlanish shuncha tez ketadi, kuchlanishga kelsak, elektrotexnikada keng ko'lamda ishlatiladi. Masalan: har xil simlar, transformatorlar o'ramida va hokazo.

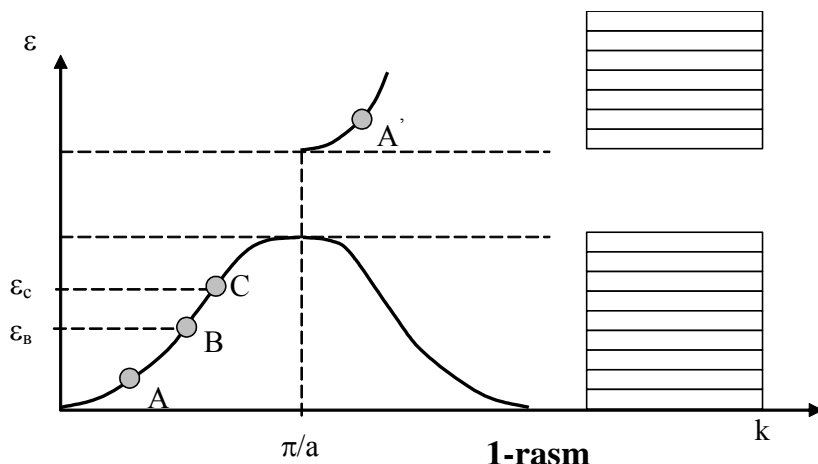
#### **Alyuminiy elementining fizik xususiyati.**

Misdan keyingi radiotexnikada eng ko'p qo'llaniladigan material - bu alyuminiy bo'lib, u elektr tokini yaxshi o'tkazadigan materialdir. Alyuminiy juda engil, kumushsimon oq rangda tabiatda uchraydi. Uning solishtirma qarshiligi misnikidan 16 marta katta bo'lib, alyuminiy misdandan 3,5 marta engildir. Normal sharoitda erish harorati  $660^{\circ}\text{S}$ , solishtirma issiqlik sig'imi  $923 \text{ J}\cdot\text{kg}\cdot\text{K}$ , solishtirma issiqlik o'tkazuvchanligi  $218 \text{ Vt}$ . Haroratli chiziqli kengayish koeffitsienti  $21\cdot 10^{-6} \text{ K}$  ga teng. Solishtirma qarshiligi  $0,0265 \text{ mK}\cdot\text{m}$  ga teng, chiqish ishi  $4,25\text{eV}$  ga teng. Alyuminiy-ning kamchiligi, mexanik chidamliligining juda kichikligidadir. Alyuminiy elektroliz yo'li bilan olinadi. Alyuminiy tabiatda har xil markali ko'rinishda uchraydi, ya'ni 1AE, A97, A999, AE markali tarkibida 0,5 kirishma bor. Undan tayyorlangan alyuminiy simni solishtirma

qarshiligi 0,028 mkOm·m ni tashkil etadi, A97 markali alyuminiy tarkibida 0,3% kirishma bor. Bu markali alyuminiy juda toza material bo'lib, kremniy bilan kontakt qilinadi. Uning kamchiligi elektromigratsiyaga juda kam moyilligidir.

### Metallarda elektr o'tkazuvchanlik.

Kvant mexanikasi nuqtai nazaridan qaraganimizda, ideal kristall panjaradagi elektronlar hech qanday to'siqqa uchramasdan harakat qiladi, buning natijasida metallardagi elektr o'tkazuvchanlik cheksiz katta bo'lishi kerak, lekin kristall panjara hech vaqt ideal sof bo'lmaydi, chunki panjarada doimo ma'lum darajada nuqsonlar



(kirishma va vakansiya) bo'ladi. Bu nuqsonlar elektronlarning sochilishiga olib keladi, ya'ni ularning tartibli harakatiga qarshilik ko'rsatadi. Bundan tashqari,  $T > 0$  katta bo'lgan har bir holatda  $kT$  energiyaga ega bo'lib, o'z

muvozanat holati atrofida ma'lum chastota va amplituda bilan tebranadi – bu esa elektronning to'g'ri chiziqli harakatiga ta'sir etadi. Undan tashqari, metallarda elektronlar konsentratsiyasi juda katta bo'lgani uchun ( $n \approx 10^{22} \text{ cm}^{-3}$ ) ularning o'zaro to'qnashuvi tufayli panjaraning atomlari ham doimo muvozanat vaziyat atrofida tebranib (issiqlik tebranishi) turadi (1- rasm).

Bunday holat metallarda elektr qarshiligini vujudga keltiradi. Agar metall qancha toza va harorati qancha past bo'lsa, elektr qarshiligi shuncha kam bo'ladi.

Metallarning solishtirma elektr qarshiligini

$$\rho = \rho_{\text{teb}} + \rho_{\text{kirishma}} + \rho_{\text{o'zaro to'qnashuv}} \quad (1.2)$$

ko'rinishda ifodalash mumkin.

$\rho_{\text{teb}}$  - panjaraning issiqlik tebranishi natijasida hosil bo'ladigan qarshiligi;  $\rho_{\text{kirishma}}$  - begona atomlarda elektronlarning sochilishi natijasida vujudga kelgan qarshilik.

Agar  $T = 0$ ,  $K$  bo'lsa,  $\rho_{\text{teb}} = 0$ ;

Metallning hajm birligida  $n$  dona erkin elektronlar bo'lsin. Bu elektronlarning o'rtacha tezligi  $\langle \vec{V} \rangle$  quyidagicha aniqlanadi:

$$\langle \vec{V} \rangle = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \vec{V}_i \quad (1.3)$$

Agar  $\vec{E}$  tashqi elektr maydoni yo'q bo'lsa, ya'ni  $\vec{E} = 0$ ,  $\langle \vec{V} \rangle = 0$  bo'ladi. Agar  $\vec{E} \neq 0$ , bo'lsa  $\langle \vec{V} \rangle \neq 0$  bo'ladi va tok vujudga keladi. Elektronga

$$\vec{F} = -e\vec{E} \quad (1.4)$$

elektr kuchi va

$$\vec{F}_{\text{karshi}} = -\tau \langle \vec{V} \rangle \quad (1.5)$$

qarshilik kuchi ta'sir qiladi.

Bunday holda elektronning kristalldagi harakat tenglamasi quyidagicha ifodalanadi:

$$m^* \frac{d \langle \vec{V} \rangle}{dt} = -e\vec{E} - r \langle \vec{V} \rangle \quad (1.6)$$

bunda  $m^*$  - elektronning effektiv massasi  $m^* = \frac{\hbar^2}{d^2 E / dK^2}$ . Bu tenglamani echish bilan elektronlarning o'rtacha tezligini  $\langle \vec{V} \rangle$  topish mumkin. Muvozanat vaziyati tiklangandan keyin,  $\langle \vec{V} \rangle = \text{const}$  bo'ladi. Agar tashqi maydonni ( $\vec{E}=0$ ) yo'qotsak,  $\langle \vec{V} \rangle$  tezlik kamaya boshlaydi va elektronlar bilan panjara orasida muvozanat tiklangandan keyin  $\langle \vec{V} \rangle = 0$  ga aylanadi.  $\langle \vec{V} \rangle$  kamayish qonuniyati (5) tenglamadan kelib chiqadi, ya'ni  $\vec{E}=0$  da,

$$m^* \frac{d \langle \vec{V} \rangle}{dt} + r \langle \vec{V} \rangle = 0 \quad (1.7)$$

$$\frac{d \langle \vec{V} \rangle}{dt} + \frac{r}{m^*} \langle \vec{V} \rangle = 0 \quad \text{ni echib,}$$

$$\langle V(t) \rangle = \langle V(0) \rangle \exp\left(-\frac{r}{m^*} \cdot t\right) \quad (1.8)$$

ni topamiz. Bundan ko'rinadiki,

$$\tau = \frac{m^*}{r} \quad (1.9)$$

vaqtda  $\langle \vec{V} \rangle$  tezlik  $e$  marta kamayadi.

$\tau$  - vaqtni relaksatsiya vaqti deyiladi va tezlikning  $e$  marta kamayishi uchun ketgan vaqtni ifodalaydi.

$$\vec{F}_{\text{karshi}} = -\frac{m^*}{\tau} \langle \vec{V} \rangle \quad (1.10)$$

Muvozanat hol ro'y bergandan so'ng tashqi maydonni uzib elektronning  $\langle \vec{V} \rangle$  tezligini (5) ning chap tomonini nolga tenglab topish mumkin,

$$\begin{aligned} -e\vec{E} - \frac{m^*}{\tau} \langle \vec{V} \rangle &= 0 \\ \langle \vec{V} \rangle &= -\frac{e\tau}{m^*} \vec{E} \end{aligned} \quad (1.11)$$

Bunday paytdagi tok zichligi

$$\vec{j} = -en \langle \vec{V} \rangle = -en \left(-\frac{e\tau}{m^*} \vec{E}\right) = \frac{ne^2\tau}{m^*} \vec{E} \quad (1.12)$$

Om qonunining differensial ko'rinishi  $\vec{j} = \sigma \vec{E}$  ga asosan

$$\sigma = \frac{ne^2\tau}{m^*} \quad (1.13)$$

koeffitsient elektr o'tkazuvchanlikni ifodalaydi.

Klassik mexanika nuqtai nazaridan

$$\sigma = \frac{ne^2\tau'}{2m} \quad (1.14)$$

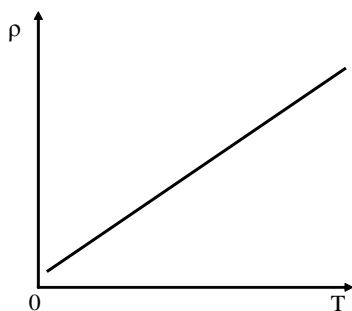
formuladagi  $\tau' = \frac{\langle \lambda \rangle}{\langle V \rangle}$  - erkin yugurish vaqti.

Formualalarni solishtirsak,  $\tau$  ni  $\tau'/2$  bilan mos kelishini ko'ramiz.

Formuladagi  $\sigma$  tajriba natijasiga yaxshi mos keladi, chunki,  $\sigma \approx 1/T$ , klassik elektron nazariya bo'yicha esa  $\sigma_{\text{klas}} \sim \frac{1}{\sqrt{T}}$  edi.

Klassik nuqtai nazardan  $\vec{E}$  elektr maydoni, barcha elektronlarni harakatga keltiradi.

Kvant mexanikasi nuqtai nazardan qaraganda elektr maydoni faqat Fermi sathi yaqinidagi elektronlarning harakatini o'zgartira oladi xolos. Pastroq sathdagi (valent) elektronlarining harakatini o'zgartirmaydi va ularni formulada xissasi bo'lmaydi. Undan tashqari formulada  $m^*$  effektiv massa turibdi.



$$R = R_0(1 + \alpha T) \quad (1.15)$$

**Oltin** — sariq rangli, plastikligi yuqori (150 MPa) metallidir. Elektrotexnikada undan fotoelement elektrodleri uchun kontakt materiallari va boshqa maqsadlarda foydalaniladi.

**Kumush** — oq rangli, yaltiroq, normal temperaturada oksidlanishga chidamli metallidir. Metallar ichida uning solishtirma qarshiligi eng kichik qiymatga ega. Kumushdan tayyorlangan simning mexanik xossalari:  $\sigma_{\text{ch}}=200\text{MPa}$ , 50%. Bunday simdan nisbatan kichik tokli kontaktlar ishlab chiqarishda foydalaniladi. Dielektrik (slyuda, sopol)lardan elektrod sifatida foydalanish uchun ularning sirtiga kumush pardasi yuritiladi.

**Nikel** — kumush rang-oq metall bo'lib, elektr vakuum texnikasida keng qo'llaniladi. Uni juda toza holda (99,99% №) olish mumkin. Nikeldan turli xil nay, o'zak va simlar tayyorlanadi. Uning mexanik xossalari  $\sigma_{\text{ch}}=400\text{-}600\text{MPa}$ , sovuq holatda mexanik ishlov berish qulaydir. Nikel oksidlanishga chidamli metallidir. Undan magnit va o'tkazgich materiallarning qotishmalarini tayyorlashda, temir asosida tayyorlangan detallar sirtini qoplashda foydalannladi.

**Kobalt** mexanik mustahkam ( $\sigma_{\text{ch}}=500\text{MPa}$ , 50%), kimyoviy aktiv bo'lmagan metallidir. Undan ko'pgina magnitli za issiqqa chidamli qotishmalar olishda tarkibiy metall sifatida foydalaniladi.

**Qo'rg'oshin** — yirik kristall tuzilishli, tez oksidlanuvchan, yumshoq, plastik, mexanik mustahkamligi kichik ( $\sigma_{\text{ch}} =15\text{MPa}$ , 55%), kulrang tusli metallidir. Uning solishtirma qarshiligi nisbatan yuqoridir. Qo'rg'oshin korroziyaga, suv za ayrim kislotalar ( $\text{N}_2\text{S0}_4$ , NS1) ta'siriga chidamlidir. Ammo, ba'zi organik moddalar qo'rg'oshinni emiradi. Qo'rg'oshindan kabel izolyasiyasini namlikdan himoya qilishda, suyuqlanuvchan saqlagichlar tayyorlashda, akkumulyator plastinalarida foydalaniladi. Qo'rg'oshin rentgen nurini juda yaxshi yutish xususiyatiga egadir. Qo'rg'oshin

qotishmalarining mexanik mustahkamligi nisbatan yuqori bo'lib, tebranishga chidamli asbob-uskunalar ishlab chiqarishda ishlatiladi.

**Qalay** — kristall tuzilishi, oq-kumush rangli, yumshoq, cho'ziluvchan ( $\sigma_{ch}=16—38$  MPa) metalldir. Normal temperaturada u havoda oksidlanmaydi. Qalaydan metallar yuzini qoplashda, varaqlar, slyudali kondensatorlarning elektrodlarini tayyorlash va hokazolarda foydalaniladi.

**Rux** — normal temperaturada mo'rt material bo'lib, metallurgiya usulida olinadi va elektrolitik tarzda tozalanadi. O'ta tozalangan ruxning tarkibi 99,99% bo'ladi. Ruxdan muhofaza qoplamasi, jez tarkibida, galvanik elementlarning elektrodlarini tayyorlashda, shuningdek fotoelementlarda foydalaniladi.

**Kadmiy** — kumush rang metall bo'lib, rux rudalarida doimo mavjuddir. Tozalanganlik darajasiga qarab kadmiy bir necha markalarda ishlab chiqariladi. 99,997% li kadmiy eng tozasi hisoblanadi. Kadmiydan fotoelementlar, galvanik elementlar tayyorlashda, shuningdek, atom reaktori sekinlatkichida foydalaniladi.

**Simob** — oddiy temperaturada suyuq holatda bo'luvchi yagona metalldir, U xona temperaturasida ham oson bug'lanadi. SHu sababli, undan gazrazryad asboblarida foydalaniladi. Ko'pgina metallar (alyuminiy, rux, qo'rg'oshin, mis, platina, kadmiy, oltin, kumush va hokazo) simobda erib, amalgama hosil hiladi. SHuning uchun simob ishlatilgan asboblarning metall qismi simobda ernmaydigan volfram, temir yoki tantaldan yasaladi. Simob suyuq katod sifatida simobli to'g'rilagichlarda, simobli lampa va gazrazryadli asboblarda, shuningdek simobli rele kontaktlari va hokazolarda ishlatiladi.

Simob va uning birikmalari, ayniqsa simob bug'lari zaharlidir.

**Turli qotishmalar.** O'lchash texnikasida, reostatlarda, elektr ksitkich asboblarida katta qarshilikka ega materiallar ishlatiladi. Bu maqsad uchun sof metallardan emas, balki ularning maxsus qotishmalaridan foydalaniladi. Eritilgan ikki xil metallni o'zaro qo'shib, sovitilganda ularning ayrim kristallari alohida yoki birgalikda kristallanishi o'tsida boshqa; umumiy kristalli jism hosil bo'ladi. Biriya holda qotishmaning solishtirma qarshiligi uning tarkibidagi yuqori qarshilikli metallning miqdoriga to'g'ri sproporsional, ikkinchi holda esa qotishmaning solishtirma qarshiligi o'zining yuqori qiymatiga ega bo'ladi. YUqori qarshilikli material ikki yoki uch komponentdan tashkil topadi.

**Mis asosida** tayyorlangan qotishmalarga manganin, konstantan, neytilberlar misol bo'la oladi.

**Manganin** rezistor ishlab chiqarishda qo'llaniladi. Uning tarkibida 85% mis, 12% marganets, 3% nikel bo'lgani holda solishtirma qarshiligi 0,42—0,48 mkOm-m, Manganindan elektr o'lchov texnikasi uchun sifatli, aniqlik darajasi yuqori bo'lgan qarshilik g'altaklari tayyorlashda foydalannladi.

**Konstantan** tarkibida 60% ga yaqin mis va 40% atrofida(nikel bo'lib, solishtirma qarshilpgn 0,45—0,52 mkOm·m. Mazkur qotishmadan O'LCHOV texnikasida qo'llaniluvchi asboblar (voltmetr va hokazo) uchun yuqori sifatli stabil qarshiliklar emas, balki qo'shimcha. (yordamchi) qarshiliklar tayyorlashda foydalaniladi. Konstantan va manganin materiallari birikmasidan ishlash sharoitida temperaturaga bog'liq bo'lmagan qarshiliklar olish mumkin. Konstantan bilan mis o'zaro kavsharlanishi natijasida 100—150 °C haroratda ishlaydigan termopara vujudga keladi.

**Neytilber** nikel, rux va mis asosidagi qotishma (tarkibida nikel miqdori kamaytirilgan) bo'lib, narxi arzonligi sababli reostatlarda keng miqyosda ishlatiladi.

Mazkur qotishmaning solishtirma qarshiligi 0,35—0,40 mkOm·m. Ish temperaturasi yuqori qiymati 200°C ga teng.

Mis asosida tayyorlangan qotishmalarning asosiy kamchiligi, ular ish temperaturasi yuqori bo'lmastir.

Nikel asosida tayyorlangan katta qarshilikli qotishmalarga nixrom (nikel bilan xrom birikmasi) misol bo'la oladi. Uning solishtirma qarshiligi 1 mkOm·m, yuqori ish temperaturasi 900 – 1100 °C bo'lib, qizitilganda oksidlanishga chidamliligi nisbatan yuqoridir. Nixrom qotishmasidan ingichka sim (diametri 0,01—0,03 mm) tortish usuli orqali tayyorlanadi. Uning tarkibidagi xrom miqdori oshirilganda qotishmaning mustahkamligi ham oshadi.

Temir tarkibiga xrom va alyuminiy qo'shilsa,  $\rho$  va  $T_i$  qiymatlari yuqori (nixromnikiga yaqin), arzon qotishma (*fexral yoki xromal*) hosil bo'ladi. Fexral (xrom 12—15%, alyuminiy 3,5—5,5%, qolgan temir) dan ingichka sim yoki tasmalar tayyorlanadi. Xromal (23—27% xrom, 4,5—6,5% alyuminiy, qolgan temir) ning solishtirma qarshiligi 1,4 – 1,6 mkOm·m.

Agar yuqori qarshilikka erishish talab etilsa, nixromdan foydalaniladi, chunki bu qotishmaning  $\rho$  qiymati nisbatan yuqoridir.

Termopara tayyorlashda quyidagi qotishmalardan foydalaniladi:

Kopel (56% Si + 44% Ni);

Alyumel (95% Ni + Al, Si, Mn);

Xromel (90% Ni + 10% Cr);

Platinorodiy (90% Pt + 10% Rh);

Konstantan (60 % Cu + 40 % Ni).

Tarkibidagi metallarning xossasiga ko'ra termoparalar quyidagi temperaturalarni o'lchashda qo'llaniladi: platinorodiy-platina (1600°C gacha); mis-konstantan, mis-kopel (350°C gacha); temir-konstantan, temir-kopel, xromel-kopel (600°C gacha); xromel-alyumel (900+1000 °C gacha).

**Tenzometrik qotishmalar.** Bunday qotishmalar mexanik kuchlanish ta'sirida bo'lgan konstruksiyalardagi deformatsiyani o'zgartirgichlar tarkibida qo'llaniladi. Undan yasalgan tenzometrik element deformatsiyalanish natijasida o'z qarshiligini o'zgartiradi. Tenzosezgirlik koeffitsienti quyidagicha aniqlanadi:

$$d = \frac{\Delta R / R}{\Delta l / l},$$

unda  $R$  – tenzometrik element qarshiligi, Om;  $\Delta R$  –  $R$  ning element uzunligiga qarab o'zgarishi, Om;  $l$  – element uzunligi, m;  $\Delta l$  – deformatsiya natijasida element uzunligining o'zgarishi, m.

Konstantan tenzometrik element sifatida nisbatan uncha yuqori bo'lmagan temperaturalarda ishlovchi asosiy materialdir.

**Rezistor materiallari.** Qarshiligi yuqori, aniq o'lchamga ega rezistorlar uchun qotishmalardan tayyorlangan simlar ishlatiladi. Nisbatan katta qarshilikli ixcham rezistor tayyorlashda ingichka (diametri 30 mkm gacha) sim qo'llaniladi. Rezistor chulg'amlarining soni ortishi bilan, uning induktivligi ham ortadi. SHu sababli, rezistorlarning qarshiligi 100 kOm gacha bo'lishi mumkin. Rezistor simi uchun asosiy material sifatida manganin, konstantan va nixrom ishlatiladi. Yuqori qarshilikli chulg'amlarning sirti sir qatlami bilan qoplanadi.

Rezistorlarning quvvati 5—120 Vt oralig'ida bo'ladi. Ular metall pardali qilib ham tayyorlanadi. Bunda shisha yoki sopol sirtiga bir tekis qilib yupqa platina, kumush yoki ular qotishmalarining pardasi qoplanadi. Bu qatlam metall kukunini vakuumda termik parchalash usulida qoplanadi. Hajmli rezistorlar qattiq kompozitsion qarshiliklar bo'lib, uglerod tarkibiga organik yoki anorganik moddalar qo'shib tayyorlanadi. Uglerod pardali rezistorlar sopol nay sirtiga uglerod qatlamini termik kreking usulida qoplash orqali olinadi. Qarshilik qiymatini boshqarish mazkur qatlam qalinligi va undagi spiralsimon chuqurcha orqali amalga oshiriladi.

Termorezistorlarning tarkibi Mn, Co, Ni, Fe, Cr kabi metall oksidlari birikmalaridan iboratdir. Mazkur qarshiliklar o'z qiymatini temperatura ta'siriga qarab o'zgartiradi. Termorezistorlar temperatura qiymatini aniq o'lchash talab etilganda, aloqa yo'l kuchaytirgichini boshqarishda qo'llaniladi.

Rezistorlar elektron texnikasida keng qo'llaniladi. Qarshiligining o'zgarishi bo'yicha rezistorlar o'zgarimas va o'zgaruvchan, yasalishiga ko'ra simli, simsiz, rezistiv pardali turlarga bo'linadi. Ularning belgilanishidagi birinchi harf: R — o'zgarimas rezistor, RP — o'zgaruvchan rezistor, NR — rezistorlar to'plamini ifodalasa, ikkinchi raqam — rezistorning yasalanishini (1 — simsiz, 2 — simli), uchinchi raqam loyihalashtirilgan rezistorlar sonini ifodalaydi.

Nominal qarshilik — bu rezistorning hisoblanganligi bo'lib, qarshilik qatorlari E6, E12, E24, E48, E96, E192 kabi belgilanadi. Raqam, odatda, qarshilikning nominal qiymatini ifodalaydi. Sochiladigan nominal quvvat 0,01 — 1000 oralig'ida bo'ladi va bu qiymat rezistorning ish mobaynida uzgaradi. Rezistorning shovqinlik darajasi kuchlanish ortishi bilan ko'payadi va u nisbiy shovqin  $\theta = E/i$  (bunda  $E$  — rezistordagi kuchlanganlik,  $i$  — doimiy qiymat) bilan aniqlanadi. Simsiz rezistorlarda bu qiymat 1—5 mkV/V oralig'ida bo'ladi.

**Isitkich elementi uchun materiallar.** Metall elektr isitkich asboblarda nixrom qotishmasi (80% № + 20% Sg) keng miqyosda qo'llaniladi. Bu qotishma yuqori temperaturaga va emirilishga bardoshlidir.

Kandal (63% Fe + 30% Cr + 5% Al + 2% So) qotishmasi temperatura 1200 °C gacha bo'lganida yaxshi ishlaydi.

Platina asosida tayyorlangan sim temperaturasi 1500 °C gacha ko'tariladigan isitkich elementlarida ishlatiladi. Juda yuqori temperaturali isitkich asboblarda volframdan foydalaniladi.

Isitkich elementlari sifatida metallmas materiallar ham qo'llaniladi. Bunga kremniy karbidi misol bo'la oladi. U sterjen shaklida tayyorlanadi. Bunday isitkich elementlari atmosfera muhiti sharoitida 1500°C gacha ishlay oladi. Grafitdan inert gaz va vakuum muhitida ishlaydigach isitkich elementi tayyorlanadi. Bunda uning ishlash temperaturasi 2000 °C gacha ko'tarilishi mumkin.

**Kavsharlash uchun ishlatiladigan qotishmalar** (kavshar). Kavshar maxsus qotishma bo'lib, kavsharlash ishlari (mexanik mustaxkam, zich choklar, kichik qarshilikli elektr kontaktlar olish) da qo'llaniladi. Kavsharlashda biriktiriladigan joylar va kavshar qizdiriladi. Kavsharning erish temperaturasi ulanadigan metallarga nisbatan ancha past bo'lganligi sababli u erigan paytda mazkur metallar qattiqligicha qoladi. Qattiq metallar va erigan kavsharning ulanish joylarida murakkab fizik va kimyoviy jarayonlar ro'y beradi. Kavshar metallni ho'llab, biriktiriladigan detallar orasidagi tirqishlarini to'ldiradi va qisman metallga singadi.



Kavsharlar, asosan, ikki: yumshoq va qattiq turlarga bo'linadi. Erish temperaturasi 400 °C gacha bo'lgan kavsharlar yumshoq, erish temperaturasi 500 °C dan yuqori bo'lganlari esa qattiq kavsharlar turiga kiradi. Birinchi turdagi kavsharlarni (cho'zilishdagi mexanik mustahkamligi  $\sigma_{\mu} \leq 50-70$  MPa bo'lsa, ikkinchi turdagilarida bu qiymati 500 MPa gacha etishi mumkin. Yumshoq kavsharlarning POS, POSK, PSrK, qattiq kavsharlarning esa PMS, PSR kabi navlari bor. Kavsharlarning belgilanishi P harfi bilan boshlanadi. Undan keyingi harflar quyidagilarni bildiradi: O — qalay, S — qo'rg'oshin, Su — surma, N — nikel, Pd — palladiy, In — indiy, M — mis, Sr — kumush, G — germaniy, Kr — kremniy, A — alyuminiy, Vi — vismut, K — kadmiy, T — titan.

**Flyuslar.** Kavsharlash jarayonida metallar bir-biriga yaxshi birikishi uchun ularning yuzasiga yordamchi material bo'lmish flyus yordamida ishlov beriladi. Bunda flyuslar kavsharlanadigan metallar yuzasidagi oksid pardasi va har xil iflosliklarni bartaraf etishi, kavsharlash vaqtida va eritilgan kavsharni oksidlanishdan saqlashi, eritilgan kavsharning sirt taranglik kuchini kamaytirishi lozim. Flyus biriktiriladigan yuzalardagi moy, lok kabi pardalarni yo'qota olmaydi. SHu sababli, kavsharlashdan oldin metall yuzalar iflosliklardan kimyoviy yoki mexanik usulda tozalanmog'i kerak.

Flyuslar qattiq (tuz, oksid), eritma (kislota), va pasta ko'rinishida bo'ladi. Qo'llanilishiga qarab flyuslar ikki: yumshoq va qattiq kavsharlar uchun mo'ljallangan turlarga bo'linadi. Flyuslar, ko'pincha, ishlatish oldidan tayyorlanadi. Ularning belgilanishidagi harflar quyidagilarni bildiradi: F — flyus, K — kanifol, Sp — spirt, P — poliefir qatroni, Et — etilatsetat, D — dietilamin, T — trietavolamin, U — sirka kislotasi, Fs — fosfat kislotasi, Gl — glitserin, X — xlor tuzi va hokazo.

## 5-MA'RUZA

### Qiyin eriydigan metallar. O'rta haroratda eriydigan metallar.

**Volfram** — nihoyatda og'ir, qattiq, kulrang metallidir. Uning erish temperaturasi metallar ichida eng yuqoridi. Tarkibi turlicha bo'lgan rudaga ishlov berish orqali undan volfram kukun ko'rinishida ajratib olinadi. Olingan kukunni yuqori bosimda siqib, sterjen holiga keltiriladi va vodorod muhitida murakkab ishlov beriladi. So'ngra uni cho'zish orqali diametri 0,01 mm gacha bo'lgan volframli sim, varaq va hokazolar tayyorlanadi. Volfram donador strukturali, kristallari o'zaro bo'sh bog'langan material bo'lib, undan tayyorlangan qalin mahsulotlar mo'rt va oson sinuvchan bo'ladi. Agar volframga mexanik ishlov (cho'zish, bolg'alash) berilsa, u tolali strukturaga o'tib, undan tayyorlangan sim egiluzchanlikka ega bo'ladi. Volframli simning Qalinligi kamaytirilsa, uning cho'zilishga bo'lgan mustahkamligi 6—8 barobar ortib,  $\sigma_{ch} = 3000—4000$  MPa ga etadi. Elektr vakuum texnikasida volfram muhim materiallardan biri hisoblanadi.

Mexanik mustahkamligi va erish temperaturasi (2000°C) ning yuqoriligi volframni vakuum yoki inert gaz muhitida ishonchli ishlatishga imkon beradi. Volframning < qiymati kattaligidan foydalanib, undan baretter tayyorlanadi. Volframdan turli xil kontaktlar ishlab chiqariladi. Bunday kontaktlar eyilishga va elektr yoyiga bardoshlidir.

Katta uzilish tokida ishlaydigan kontaktlarni tayyorlash-da metall-sopol (volfram kukuni qo'shilgan sopol) materialidan foydalaniladi.

**Molibden** ham elektr vakuum texnikasida ishlatiladi. Molibdendan tayyorlangan cho'g'lanma detallar vakuum yoki inert gaz muhitida ishlatilishi lozim. Molibdenning zichligi volfram zichligidan deyarli ikki barobar kamdir. Vakuum texnikasida molibdenning MCH va MK navlaridan keng foydalaniladi.

**Platina** — kislorod bilan deyarli birikmaydigan, kimyoviy jihatdan chidamli metallidir. Platinaga mexanik ishlov berish ancha qulay. Uning mexanik xossalari:  $\sigma_{ch} = 150$  MPa, 30—35%. Platinadan, xususan, yuqori temperaturali, termopara tayyorlashda, o'lchov asboblari uchun juda ingichka (1mm) tola olishda foydalaniladi. Platinaning iridiy bilan qotishmasi oksidlanishga va edirilishga chidamli, mexanik mustahkam material bo'lib, qimmatligi tufayli zarur hollardagina qo'llaniladi.

**Palladiy** aksariyat xossalari bilan platinaga yaqin bo'lib, ayrim hollarda uning o'rnida ishlatilishi ham mumkin. Palladiyning kumush, mis bilan qotishmalari kontakt materiallari sifatida qo'llaniladi.

**Kontakt materiallari.** Kommutator, kuchli elektr zanjir uzgichlari va boshqa uskunalarning uzuvchi va sirpanuvchi kontaktlari, mazkur qurilmalarning muhim qismi hisoblanadi. Kontakt nuqtasida hosil bo'ladigan qarshilik issiqlik ajralib chiqishiga va buning natijasida kontaktlar erib, birbiriga birikib qolishiga sabab bo'ladi. Ayniqsa material yuzasi oksid pardasi bilan qoplanganda kontakt qarshiligi yuqori bo'ladi.

Uzuvchi kontaktlar uchun material sifatida sof, qiyin eruvchi metallar bilan bir qatorda, turli qotishmalar va ularning sopolga aralashtirilgan kompozitsiyalari qo'llaniladi. Katta quvvatli uskunalarning uzuvchi kontaktlarida kumushning So, Ni, Cr, W, Mo bilan, oltinning Mo bilan birgalikdagi kompozitsiyalaridan foydalaniladi.

Sirpanuvchan kontaktlar uchun material sifatida edirilishga chidamli qattiq mis, berilliyli bronza ishlatiladi.

### O'rta haroratda eriydigan metallar.

**Nikel** — kumush rang-oq metall bo‘lib, elektr vakuum texnikasida keng qo‘llaniladi. Uni juda toza holda (99,99% №) olish mumkin. Nikeldan turli xil nay, o‘zak va simlar tayyorlanadi. Uning mexanik xossalari  $\sigma_{ch}=400-600$  MPa, sovuq holatda mexanik ishlov berish qulaydir. Nikel oksidlanishga chidamli metalldir. Undan magnit va o‘tkazgich materiallarning qotishmalarini tayyorlashda, temir asosida tayyorlangan detallar sirtini qoplashda foydalannadi.

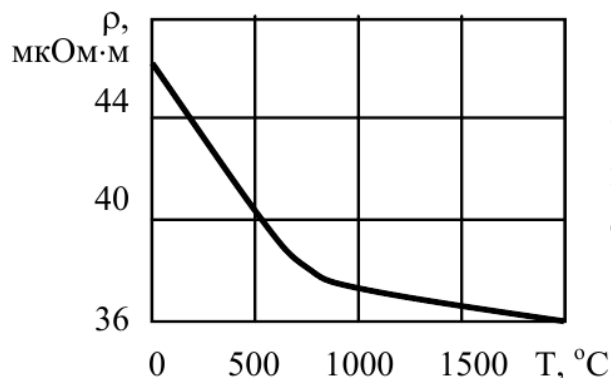
**Kobalt** mexanik mustahkam ( $\sigma_{ch}=500$  MPa, 50%), kimyoviy aktiv bo‘lmagan metalldir. Undan ko‘pgina magnitli issiqqa chidamli qotishmalar olishda tarkibiy metall sifatida foydalaniladi.

## 6-MA'RUZA

### Metal bo'lmagan o'tkazgich materiallar.

Rezistorlar, kontaktlar va tok o'tkazuvchi elementlar sifatida metalar qatorida turli xil kompozitsion materiallar, ayrim oksidlar va uglerodning o'tkazuvchan modifikatsiyalari ishlatiladi.

**Uglerodli materiallar** – grafit, qurum, pirolitek uglerod, antratsit. Bu materiallardan elektr mashinalarning cho'tkalari, proyektorlar va yoyli elektr pechlarning elektrodleri tayyorlanadi. Buyumlarni tayyorlashda maydalangan modda yopishtiruvchi element (masalan, toshko'mir smolasi yoki suyuq shisha) bilan aralashtirilib maxsus press-formada siqiladi, keyin yuqori haroratda toblanadi.



1-rasm – Ko'mir uglerod solishtirma qarshiligining haroratga bog'liqligi.

Uglerodli materiallar elektr qarshiligini kamaytirish maqsadida metall kukunlari qo'shiladi.

Ko'mir kukunlari yuqori qarshilikli rezistorlarni hamda mikrofonlarda tovush bosimiga o'zgaruvchi rezistorlarni tayyorlashda ishlatiladi.

Grafit yuqori kimyoviy turg'unligi, haroratga chidamliligi (erish harorati 3900 °C atrofida), mexanik ishlov berish osonligi tufayli elektron texnikasida keng qo'llaniladi. Ular turli xil qizdirgichlar, tigellar va h.k. yasashda ishlatiladi. Harorat oshishi bilan solishtirma qarshiligi kamayganligi sababli u yarim o'tkazgich hisoblanadi (1-rasm).

**Kompozitsion o'tkazgich materiallar** – bu dielektrik bog'lovchilarni o'tkazuvchan to'ldirgichlar bilan mexanik aralashmasi. Qo'shilmalarning takibini o'zgartirish bilan bunday materiallarning elektr xossalarini o'zgartirish mumkin. O'tkazgich fazali qo'shilma sifatida metallar, grafit, qurum ishlatilishi mumkin. Bog'lovchilar sifatida organik va noorganik dielektriklar (masalan, shisha yoki sintetik smolalar) olinadi.

Organik smolalar asosida kontaktollar – tok o'tkazuvchi kleylar, kraskalar tayyorlanadi. Ular metallar orasida, metall va yarim o'tkazgich orasida elektr kontaktlar va dielektriklar sirtida elektrodler olishda ishlatilishi mumkin.

## 7-MA'RUZA

### Yarim o'tkazgich materiallar. Xususiyy va kirishmali yarim o'tkazgichlar. Nomuvozanatdagi zaryad tashuvchilar.

Yarim o'tkazgichlar va dielektriklar fizikasi hozirgi zamon fizikasining eng asosiy qismi bo'lib, uning yutuqlari asosida asbobsozlik, radiotexnika va mikroelektronika sohalari rivojlanadi. Yarim o'tkazgichlar elektr o'tkazuvchanligi bo'yicha metallar bilan dielektriklar oralig'idagi moddalar guruhiga kiradi va  $T=0$  da ularning valent zonasi elektronlar bilan band bo'lib taqiqlangan zonasining kengligi katta emas ( $\sim 1\text{eV}$ ). Atom elektron buluti bilan o'ralgan yadrodan tashkil topgan.

Yarim o'tkazgichlarga shunday materiallar kiradiki, ularning xona haroratidagi solishtirma elektr qarshiligi  $10^{-5}$  dan  $10^{10}$  om sm gacha bo'ladi. (yarim o'tkazgichli texnikada  $1\text{ sm}^3$  hajmdagi materialning qarshiligini o'lchash qabul qilingan). Yarim o'tkazgichlar soni metall va dielektriklar sonidan ortiq, juda ko'p hollarda kremniy, arsenid galliy, selen, germaniy, tellur va har xil oksidlar, sulfidlar va karbidlar kabi yarimo'tkazgich materiallardan foydalaniladi.

Yarim o'tkazgich materiallarining elektrofizik xususiyatlarini o'rganish asosida yangi fizik asboblarni yaratish imkoniyati tug'iladi. Ayniqsa, qattiq jismlar fizikasining yarim o'tkazgichlar fizikasi qismini o'rganadigan materiallar asosida hozirgi zamon talablariga javob beradigan fizik asboblarni va qurilmalarni yaratiladi.

Elementar yarim o'tkazgich bo'lgan kremniy va germaniy elementlaridan, shuningdek murakkab strukturali yarim o'tkazgichlar xususiyatlarini o'rganish, ularning tashqi ta'sir ostida xususiyatlari o'zgarishini kuzatish orqali ham kerakli xossalarga ega bo'lgan asboblarni yaratish imkoniyati tug'iladi.

Ayniqsa, kremniy elementi kristallidan asbobsozlik va mikroelektronikada juda ko'p qo'llaniladi. Shuning uchun ham bu elementning elektrofizik, mexanik, optik va boshqa xususiyatlarini o'rganish katta ahamiyatga egadir. Tashqi ta'sir: nurlanish, bosim, deformatsiya va boshqa ta'sirlarda kremniyning xususiyatlari o'zgarishini o'rganish dolzarb muammodir.

Yarim o'tkazgich bo'lmish kremniyda erkin zaryad tashuvchilar (elektronlar va kovaklar) konsentratsiyasi ( $p, n$ ), harakatchanlik ( $M_n, M_p$ ) ni o'lchashning bir qancha usullari mavjud. U yoki bu usulning qo'llanilishi ularning metrologik tavsifiga, o'lchanayotgan kattaliklarni tushuntirish ma'lumotlarga boyligi, o'lchash usullarining fizik asoslari, namunaning elektrofizik xossalari, geometrik shakli va o'lchamlariga bog'liq. Bularning hammasi Xoll effektiga asoslangan usuldir. Bu usul bilan kremniy namunasi  $p_m$  ni o'lchashdan tashqari, elektr o'tkazuvchanligini ham aniqlash mumkin.

Kremniy Si (Silicium) Mendeleev davriy sistemasidagi IV-gruppa elementi, atom nomeri 14, atom massasi 28,0856 bo'lib, metallmaslar guruhiga kiradi. Binobarin, uning yakka atomida 14 ta elektroni bo'lib, 10 tasi mustahkam ichki qobig'da 5 ta sathni to'ldirgan, qolgan 4 tasi ikkita tabiiy kremniy 3ta stabil izotopdan  $^{28}_{14}\text{Si}$  (92,28%),  $^{29}_{14}\text{Si}$  (4,67%),  $^{30}_{14}\text{Si}$  (3,05%) va ikkita radiaktiv izotopi  $^{27}_{14}\text{Si}$  ( $\beta^+$ , 4.9s),  $^{31}_{14}\text{Si}$  ( $\beta^-$ , 170 min) dan iborat.

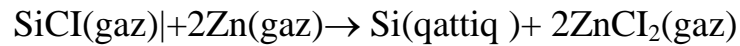
Elektron strukturasi –  $1S^2 2S^2 2P^6 3S^2 3P^2$  ga teng.

Kremniy Si atomining kristalli kimyoviy radiusi 0,134 nm,  $\text{Si}^{4+}$  ionining radiusi 0,039 nm. Kremniy Si tomonlari markazlashgan kub fazoviy panjara shaklida

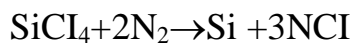
kristallashadi va bu kubning panjara doimiysi  $\lambda=0,54304$  nm. Kremniyning zichligi -  $2,328 \text{ g/sm}^3$ , erish temperaturasi  $1415^0\text{S}$ , issiqlik sig'imi -  $20,1\text{kJ/mol}\cdot\text{K}$ , erish issiqligi-  $49,8 \text{ J/m}\cdot\text{Mol}$ , bug'lanish issiqligi -  $355 \text{ kJ/mol}$ .

YArim o'tkazgichli kremniy kristallarni o'stirishda foydalaniladigan ba'zi bir muhim usullari ustida qisqacha to'xtab o'tamiz.

Dastlab toza kremniyning uning birikmalaridan ajratib olish kerak. Buning bir necha usullari mavjud. Kremniy tetraxloridi  $\text{SiCl}_4$  ni yuqori haroratda Zn yordamida tiklash yo'li bilan undan ancha toza kremniy Si ajratib olish mumkin:



Kremniy tetroxloridi  $\text{SiCl}_4$  ni vodorod yordamida tiklash oldingi usulga nisbatan yana ham toza kremniy olish imkonini beradi. Bu reaksiya  $1050^0 \text{ S} - 1100^0 \text{ S}$  da amalga oshadi.



Trixlorosilan  $\text{Si NCl}_3$  ni vodorod yordamida tiklash usuli ham yuqori haroratda ( $1000-1100^0 \text{ S}$ ) kechadi .



Kremniy ajratib olishning bu usullari etarli darajadagi tozalik-ni bera olmaydi, unda ko'pdan ko'p va xilma-xil kirishmalar qoladi.

YArim o'tkazgichli materialni parallelloiped shaklida qirqib olinadi va uning sirtiga qo'yilgan elektrodlar orqali o'zgarimas tok o'tkaziladi. Buning natijasida yarim o'tkazgich ichida zaryadli zarralarning tartibli harakati yuz beradi. Tok o'tayotgan sirtlarga perpendikulyar yo'nalishda o'zgarimas magnit maydoni qo'yiladi va har xil ishorali zaryadli zarralar ushbu maydon ta'sirida o'z harakat yo'nalishlarini o'zgartiradi. Natijada parallelloiped shaklidagi yarim o'tkazgichning qarama-qarshi sirtlarida musbat va manfiy ishorali zaryadli zarralar yig'ilib qoladi va bu sirtlar orasida potentsiallar farqi yuzaga keladi. Bizga ma'lumki, o'zgarimas magnit maydonida harakat qilayotgan zaryadli zarrachaga maydon Lorens kuchi bilan ta'sir etadi:

$$\vec{F}_l = q \cdot [\vec{V} \cdot \vec{H}] \quad (1.16)$$

yoki

$$\vec{F}_l = q \cdot \vec{V} \cdot H \sin \alpha \quad (1.17)$$

agar  $\alpha=90^0$  bo'lsa

$$\vec{F}_l = q \cdot \vec{V} \cdot H \quad (1.18)$$

Bu kuch ta'sirida zarayadlar harakat yo'nalishini o'zgartiradilar va kuchlanganilgi  $E_x$  bo'lgan ko'ndalang elektr maydoni hosil qiladi. Bu maydon ham zaryadli zarraga  $\vec{F}_x$  kuch bilan ta'sir etadi:

$$\vec{F}_x = q \cdot E_x \quad (1.19)$$

Lorens kuchi  $\vec{F}_l$  va elektr maydoni hosil qilgan  $\vec{F}_x$  kuchlar o'zaro tenglashguncha zaryadli zarrachalarning burilishi davom etadi. Bu kuchlar o'zaro tenglashgach tok tashuvchilar burilmay qoladi, ya'ni :

$$E_x \cdot q = q \cdot V \cdot H \quad (1.20)$$

SHunday holatda A va V sirtlar o'rtasida potentsiallar farqi yuzaga keladi:

$$U_x = E_x \cdot d = V \cdot H \cdot d \quad (1.21)$$

Bu erda, d- material qalinligi.

Bizga ma'lumki, elektronlarning V - tezligi, tok zichligi - j bilan yozsak bo'ladi:

$$V = \frac{j}{n \cdot q} = \frac{j}{q \cdot n \cdot b \cdot d} \quad (1.22)$$

bundan:

$$U_x = \frac{1}{q \cdot n} \cdot \frac{J \cdot H}{B} = R \frac{J \cdot H}{B} \quad (1.23)$$

Bu erda  $R = \frac{1}{q \cdot n}$  - Xoll koeffitsienti deyiladi.

Elektron o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan yarim o'tkazgich uchun:

$$R = \frac{1}{n_o \cdot e} \quad (1.24)$$

yoki

$$R = \frac{U_x \cdot b}{J \cdot H} \quad (1.25)$$

Agar tok tashuvchilar musbat teshikchalar bo'lsa:

$$R = \frac{1}{n \cdot e} \quad \text{yoki} \quad R = \frac{U_x \cdot b}{J \cdot H} \quad (1.26)$$

SHunday qilib, Xoll effektini bilgan xolda tok tashuvchilar konsentratsiyasi  $p$  ni va uning ishorasini bilib olish mumkin.

$$n = \frac{1}{R \cdot q} = \frac{J \cdot H}{q \cdot U_x \cdot b} \quad (1.27)$$

Xoll koeffitsienti orqali tok tashuvchilarning harakatchanligini ham aniqlash mumkin:

$$M = R / \rho \quad (1.28)$$

Yarim o'tkazgichlar kattaliklarini o'lchash paytida olinadigan natijalar xatoligi kam bo'lishi uchun yarim o'tkazgichga qo'yilgan o'zgarmas magnit maydonining qiymati juda katta bo'lishi lozim. Aks holda, zaryadli zarrachalarning magnit maydonda burilishi juda kam bo'ladi va hosil bo'ladigan potentsiallar farqini o'lchashda qiyinchiliklar yuzaga keladi.

**8-MA'RUZA**  
**Oddiy yarim o'tkazgich materiallar xossalari.**  
**YArim o'tkazgich materiallar.**

Material	Element yoki birikma Element or compound	Nomlanishi Name	Kristall tuzilishi Crystal structure	300K (Å) da panjara doimiysi. Lattice constant at 300K (Å)
Element	C	Uglerod Carbon (diamond)	D	3,56683
	Ge	Germaniy Germanium	D	5,64613
	Si	Kremniy Silicon	D	5,43095
	Sn	Olovo Grey tin	D	6,48920
IV-IV	SiS	Kremniy karbidi Silicon carbide	W	a=3,086; s=15,117
III-V	AlAs	Alyuminiy arsenidi Aluminum arsenide	Z	5,6605
	AlP	Alyuminiy fosfidi Aluminum phosphide	Z	5,4510
	AlSb	Alyuminiy antimonidi Aluminum antimonide	Z	6,1355
	BN	Bor nitridi Boron nitride	Z	3,6150
	BP	Bora fosfidi Boron phosphide	Z	4,5380
	GaAs	Galliy arsenidi Gallium arsenide	Z	5,6533
	GaN	Galliy nitridi Gallium nitride	W	a=3,189; s=5,185
	GaP	Galliy fosfidi Gallium phosphide	Z	5,4512

Eng muhim yarimo'tkazgichlarning xossalari  
Properties of important semiconductors



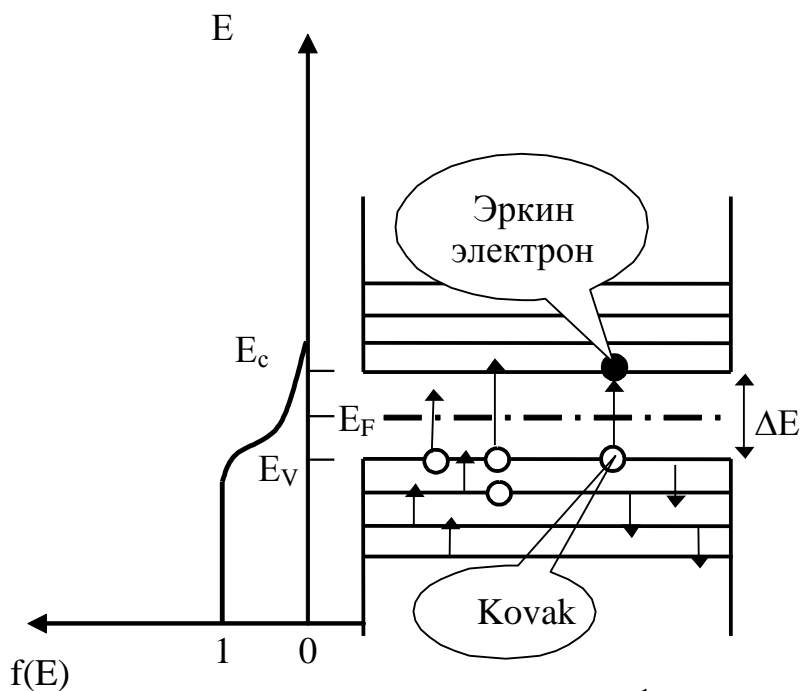
YArimoʻtkazgich	Taqiqlangan zona kengligi (eV)		300K da Harakatchanlik (sm <sup>2</sup> /V·s)		Effektiv massa m*/m <sub>0</sub>		ε <sub>s</sub> /ε <sub>0</sub>		
	Bandgap (eV)		Mobility at 300K (cm <sup>2</sup> /V·c)		Zona	Effective mass m*/m <sub>0</sub>			
Semiconductor	300K	0K	elektron	kovak	band	elektron	kovak		
C	5,47	5,48	1800	1200	I	0,2	0,25	5,7	
Ge	0,66	0,74	3900	1900	I	1,64 0,082	0,04 0,28	16,0	
Si	1,12	1,17	1500	450	I	0,98 0,19	0,16 0,49	11,0	
Sn		0,082	1400	1200	D				
IV-IV	α-SiC	2,996	3,03	400	50	I	0,60	1,00	10,0
	AlSb	1,58	1,68	200	420	I	0,12	0,98	14,4
	BN	7,5				I			7,1
	BP	2,0							
	GaN	3,36	3,50	380			0,19	0,60	12,2
III-V	GaSb	0,72	0,81	5000	850	D	0,042	0,40	15,7
	GaAs	1,42	1,52	8500	400	D	0,067	0,082	13,1
	GaP	2,26	2,34	110	75	I	0,82	0,60	11,1
	InSb	0,17	0,23	80000	1250	D	0,0145	0,40	17,7
	InAs	0,36	0,42	33000	460	D	0,023	0,40	14,5
	InP	1,35	1,42	4600	150	D	0,077	0,64	12,4
	CdS	2,42	2,56	340	50	D	0,21	0,80	5,4
	CdSe	1,70	1,85	800		D	0,13	0,45	10,0
II-VI	CdTe	1,56		1050	100	D			10,2
	ZnO	3,35	3,42	200	180	D	0,27		9,0
	ZnS	3,68	3,84	165	5	D	0,40		5,2
IV-VI	PbS	0,41	0,286	600	700	I	0,25	0,25	17,0
	PbTe	0,31	0,19	6000	400	I	0,17	0,20	30,0

I – toʻgʻri zonali boʻlmagan tuzilishi.

D – toʻgʻri zonali tuzilishi.

YArim oʻtkazgichlar xususiy va aralashmali yarim oʻtkazgich guruhlariga boʻlinadi.

$T=0$  K da xususiy yarim o'tkazgichlarning valent zonasi elektronlar bilan butunlay to'lgan bo'ladi, bu holda yarim o'tkazgich sof dielektrik bo'ladi. Agar temperatura  $T \neq 0$  K bo'lsa, valent zonaning yuqori sathlaridagi bir qism elektronlar o'tkazuvchanlik zonasining pastki sathlariga o'tadi (1-rasm). Bu holda elektr maydoni ta'sirida o'tkazuvchanlik zonasidagi elektronlarning xolati o'zgaradi. Bundan tashqari valent



1-rasm

zonada hosil bo'lgan bo'sh joylar xisobiga ham elektronlar o'z tezligini o'zgartiradi. Natijada yarim o'tkazgichning elektr o'tkazuvchanligi noldan farqli bo'ladi, ya'ni sof yarim o'tkazgichda erkin elektron va teshik vujudga keladi.

Elektr maydon ta'sirida butun kristall bo'ylab elektronlar maydonga teskari yo'nalishida, teshiklar esa maydon yo'nalishida harakatga keladi. Bunday elektr o'tkazuvchanlik faqat sof

yarim o'tkazgichlar uchun xos bo'lib, uni xususiy elektr o'tkazuvchanlik deyiladi.

O'tkazuvchanlik zonasidagi elektronlar va valent zonasidagi kovaklar, ya'ni elektronini yo'qotgan bo'sh joylar, Fermi-Dirak taqsimotiga bo'ysunadi:

$$f_3(E) = \frac{1}{e^{(E-E_F)/kT} + 1} \quad (1.29)$$

$$f_k(E) = 1 - f_3(E) = \frac{1}{e^{-(E-E_F)/kT} + 1} \quad (1.30)$$

Xususiy yarim o'tkazgichlar uchun o'tkazuvchanlik zonasidagi elektronlarning konsentratsiyasi valent zonadagi kovaklarning konsentratsiyasiga teng:  $n=r$ . Konsentratsiyalarni hisoblash uchun  $E$  energiyani o'tkazuvchanlik zonasining tubiga nisbatan o'lchaymiz ( $E_s = 0$ ).

O'tkazuvchanlik zonasi tubidan  $dE$  energiya intervalini ajrataylik ( $E, E+dE$ ). Bu sohada joylashgan elektronlar Fermi-Dirak statistikasiga bo'ysunadi va ularni energiya bo'yicha taqsimlanishi quyidagi ko'rinishda yoziladi,

$$dn = 4\pi \frac{(2m^*)^{3/2}}{(2\pi\hbar)^3} E^{1/2} \cdot \frac{1}{e^{E-E_F/kT} + 1} dE \quad (1.31)$$

Odatda xususiy yarim o'tkazgichlar uchun  $e^{E-E_F/kT} \gg 1$  va maxrajidagi 1 ni hisobga olmasa ham bo'ladi. U holda

$$dn = 4\pi \frac{(2m^*)^{3/2}}{(2\pi\hbar)^3} E^{1/2} e^{-(E-E_F)/kT} dE \quad (1.32)$$

Bu ifodani  $0 \div \infty$  oralig'ida integrallab quyidagini hosil qilamiz

$$n = \frac{2(2\pi m_3^* kT)^{3/2}}{(2\pi\hbar)^3} e^{-(\Delta E - E_v)/kT} \quad (1.33)$$

Xuddi shunga o'xshash amallarni bajarib valent zonasidagi kovaklarning konsentratsiyasi uchun

$$p = \frac{2(2\pi m_k^* kT)^{3/2}}{(2\pi\hbar)^3} e^{-E_v/kT} \quad (1.34)$$

ifodani hosil qilish mumkin.

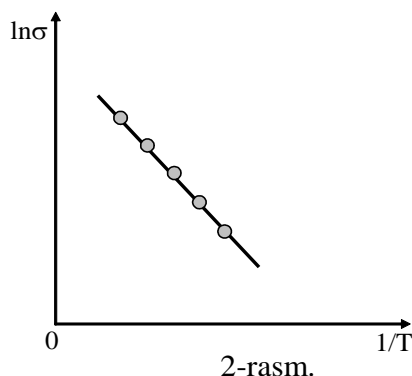
Formulalardan,  $n=p$  ni inobatga olib, Fermi sathi energiyasining qiymatini topamiz:

$$E_F = \frac{\Delta E}{2} + \frac{3}{4} kT \ln\left(\frac{m_k^*}{m_3^*}\right) \quad (1.35)$$

Formulaning ikkinchi hadi, birinchisiga nisbatan

juda kichik bo'lgani uchun  $E_F = \frac{\Delta E}{2}$  deb olish mumkin.

Demak, xususiy yarim o'tkazgichlarda Fermi sathi ( $E$ ) taqiqlangan zonaning o'rtasida joylashadi.



Yarim o'tkazgichning o'tkazuvchi va

valent zonalaridagi elektron va kovaklar zaryad

tashuvchilardir. Ma'lumki, o'tkazuvchanlik zaryad tashuvchilarning konsentratsiyasiga proporsional bo'ladi, u holda xususiy yarim o'tkazgichlarning elektr o'tkazuvchanligi  $\sigma$  harorat ortishi bilan ortadi va quyidagi qonuniyat bo'yicha o'zgaradi (2-rasm):

$$\sigma = \sigma_e + \sigma_k \quad \text{yoki} \quad \sigma = \sigma_0 \exp(-\Delta E/2kT). \quad (1.36)$$

## 9-MA'RUZA

### Murakkab yarim o'tkazgich materiallar xossalari.

#### YArim o'tkazgich materiallarning asosiy kattaliklari.

YArim o'tkazgich materiallar element tarkibi bo'yicha 5 guruhga bo'linadi.

1. Elementar yarim o'tkazgichlar;
2.  $A^{III} B^V$  yarim o'tkazgich birikmalar;
3.  $A^{II} B^{VI}$  yarim o'tkazgich birikmalar;
4.  $A^{IV} B^{IV}$  yarim o'tkazgich materiallar;
5. Murakkab yarim o'tkazgich materiallar

Amalda barcha elementar yarim o'tkazgichlar va ko'pchilik  $A^{III} B^V$  va  $A^{II} B^{VI}$  yarim o'tkazgich birikmalar, shuningdek murakkab yarim o'tkazgich materiallar olmos yoki rux obmankasi tipidagi kristall tuzilishga ega bo'lib, ular – tetraedr fazalariga tegishli, bu erda har bir atom mos kelgan tetraedr balandliklarida joylashgan to'rtta ekvivalent masofaga yaqin qo'shnilar bilan o'rab olingan. Ikkita yaqin qo'shni atomlar o'rtasidagi bog'lanish qarama-qarshi spinga ega bo'lgan elektronlar bilan amalga oshiriladi. SHuning uchun elementar yarim o'tkazgichlarda kimyoviy bog'lanish 100% kovalentli bo'ladi,  $A^{III} B^V$  birikmalarda bog'lanish ionli - kovalent ko'rinishga ega.  $A^{III} B^V$  birikmalarda ionli bog'lanish ulushi oshadi. YArim o'tkazgichlarning asosiy fundamental parametri bo'lib,  $E_d$  taqiqlangan zona kengligi hisoblanadi.  $E_d$  kattaligi - kristall panjaraning kimyoviy bog'lanishidagi qatnashadigan valent elektronni ozod qilish uchun zarur energiya bo'lib, u material o'tkazuvchanligini ta'minlashda qatnashadi. YArim o'tkazgichlarda  $E_d$  kattaligi asosan kristall panjarani hosil qiluvchi atomlarning valent elektronlari holati orqali aniqlanadi.

Jadval 1.

Element	Elektron tuzilishi	$E_g$ , eV
C	$1s^2 2s^2 2p^2$	5,48
Si	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$	1,17
+Ge	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^2$	0,74
Sn	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^{10} 5s^2 5p^2$	0,082

Bu elementlarning hammasi kovalent bog'lanishli olmossimon kristall panjara hosil qilsa ham, lekin ularning atomlari elektron tuzilishidagi valent elektronlarning joylashishi, panjaradagi energiya bog'lanishi,  $E_d$  taqiqlangan zona kengligini kattaligi juda keskin farqlanishi mumkin. Bunday qonuniyat  $A^{III} B^V$ ,  $A^{II} B^{VI}$  yarim o'tkazgich birikmalarda va murakkab materiallarda ham o'rinli bo'ladi. SHuning uchun elementlarni birikmalarda kombinasiyalash natijasida (ya'ni, atomda valent elektronlarning har xil energetik holati)  $E_d$  boshqariladigan yarim o'tkazgich material olish mumkin. Bu material o'zining fizik kattaliklariga ko'ra olmosga juda yaqin bo'ladi.

YArim o'tkazgichlarni shartli ravishda keng zonali, bunda  $E_d \geq 2$  eV, normal - bunda  $2 > E_d > 0.6$  eV va qisqa zonali  $E_d < 0.5$  eV kabi turlarga bo'linadi. Aynan yarim

o'tkazgichlarning  $E_d$  kattaligi mikroelektronikaning har xil foto va optoelektron asboblarni ishlab chiqarishda ularning funksional imkoniyatlarini aniqlaydi.

### **$A^{III}B^V$ bog'lanish turlaridagi yarim o'tkazgichlar va shu turdagi yarim o'tkazgichli qotishmalar.**

YArim o'tkazgichlarda elektr o'tkazuvchanlikning ikki: elektron ( $n$ ) va elektron-kovak ( $p$ ) turi mavjud bo'lib, ular jismda p-n o'tishini vujudga keltiradi. Bunday jismlarga katta va kichik quvvatga ega turli xildagi elektr to'g'rilagichlar, kuchaytirgich va generatorlar misol bo'la oladi. Ulardan boshqariladigan turli hil moslamalarda keng miqyosda foydalaniladi. Amalda qo'llanilayotgan yarim o'tkazgichlar, asosan, odiy va murakkab xillarga bo'linadi. YArim o'tkazgichlar turli ko'rinishdagi energiya (issiqlik, yorug'lik) ni elektr energiyasiga aylantirib beradi. YArim o'tkazgichli o'tkazgichlarga misol tariqasida quyosh batareyasi va termoelektrik generatorlarni keltirish mumkin. Past o'zgarmas kuchlanishdagi rekombinatsiyali chaqnash nur uzatish manbai va hisoblash mashinalaridan axborot chaqirish qurilmalarida ishlatiladi.

YArim o'tkazgichlarni isitkich asboblarda, radioaktivli nur indikatorlarda va magnit maydon kuchlanganligini o'lchashda foydalaniladi. Hozirgi davrda shishasimon va suyuq yarim o'tkazgichlar o'rganilmoqda. Oddiy yarim o'tkazgichlardan texnikada keng qo'llaniladiganlariga kremniy va germaniy kiradi. Murakkab yarim o'tkazgichlar Mendeleev davriy sistemasidagi turli gurux elementlari birikmasidan, masalan:  $A^{III} B^V$  (InSb, CaAs, Cap),  $A^{II} B^{VI}$  (CdS, ZnSe) elementlari birikmasidan, shuningdek, ba'zi oksidlar ( $Cu_2O$ ) dan iborat. YArim o'tkazgichli kompozitsiyalarga (tirit, silit), sopol bilan birikkan kremniy karbidi (SiC) va grafitli yarim o'tkazgichlar misol bo'la oladi.

YArim o'tkazgich ishlatilgan asbob uskunalar xizmat muddatining yuqoriligi, hajm va og'irligiga nisbatan kichikligi, oddiy ishonchli ishlashi, iqtisodiy samaradorligi va boshqa sifatleri bilan ajralib turadi.

$A^{III} B^V$  birikmalari komponentlari vakuum yoki inert gaz muhitida o'zaro ta'sir ettirish yo'li orqali olinadi. Tozalangan birikmaning erish harorati uni tashkil etuvchi komponentlarning erish haroratidan yuqoriroq bo'ladi.

$A^{III} B^V$  birikmalari u yoki bu turdagi yarim o'tkazgich asboblarini tayyorlash uchun muxim material hisoblanadi. Bunday birikmalarga fosfatlar, arsenidlar va antimonidlar kiradi. Bularning ichida amalda eng ko'p qo'llaniladigani galliy arsenidi va fosfidi hamda indiy antimonididir.

Galliy arsenidi taqiqlangan zonasining kengligi 1,43 eV bo'lib, elektronlarning harakatchanligi Ge va Si nikidan yuqoriroq bo'ladi. Galliy arsenididagi kovaklarning harakchanligi Si – dagi teshiklarning siljuvchanligiga yaqin. Bu materialning akseptorlari sifatida rux, qadimiy, misdan foydalaniladi, donorlari sifatida esa S, selen, tellur va davriy sistemadagi VI gurux elementlari olinadi.

**Indiy antimonidi.** Elektronlarning harakatchanligi katta qiymatga ega bo'lishi bilan bir qatorda, taqiqlangan zonasining kengligi (0,18 eV) nisbatan kichikroqdir. Ushbu materialning fotoo'tkazuvchanligi spektr infraqizil qismining katta (8 mkm. gacha) sohasini qamrab oladi. Bunda fotoo'tkazuvchanlikning eng yuqori qiymati 6,2 mkm to'lqin uzunligiga to'g'ri keladi.

Indiy antimonididan o'ta sezgir fotoelementlar optik filtr, termoelektrik generator va sovutkichlar tayyorlashda foydalaniladi.

**Galliy fosfidi:** taqiqlangan zonaning kengligi (2,3 eV) bilan ajralib turadi. Undan qizil yoki yashil nurlanuvchi diodlar tayyorlanadi. Bundan tashqari, Bor alyuminiy va galliy netridlari birikmalaridan ham nurlanuvchan diodlar ishlab chiqariladi.  $A^{III} B^{VI}$

birikmalari sulfidlar ( $\text{PbS}$ ,  $\text{Bi}_2\text{S}_3$ ,  $\text{CdSe}$ ,  $\text{CdS}$ ) fotorezistorlar tayyorlashda ishlatiladi. Ulardan lyuminafor sifatida ham foydalaniladi.

## 10-MA'RUZA

### **Dielektriklar. Dielektriklarning qutblanishi, elektr o'tkazuvchanligi, teshilishi. Dielektrik yuqotishlar.**

#### **Dielektrik materiallar va ularning fizik-kimyoviy xususiyatlari.**

Dielektriklar elektrotexnikada muhim o'rin egallaydi. Tok o'tkazuvchi qismlarni bir - biridan izolyasiyalash maqsadida ajratishda (turli potentsiallarni bir-biridan) foydalaniladi.

**Bundan tashqari elektr izolyasion materiallar elektr kondensatorlarida tegishli sig'im hosil qilishda ba'zi omil va haroratda turli paytda ham sig'imni ta'minlashda foydalaniladi. Dielektrik materiallarga o'zining xossalari boshqarish asosida o'zgartirish mumkin bo'lgan guruhi faol dielektriklar (segneto elektriklar) deb yuritiladi. Dielektrik materiallar gazsimon, suyuq va qattiq ko'rinishga ega, yana bir guruhi mavjudki qotuvchi materiallar tayyorlashda suyuq ekspluatatsiya paytida qattiq (lak, kompaund) holatda bo'ladi. Kimyoviy tabiatiga ko'ra organik va noorganik bo'ladi. Organik dielektriklarga uglerod birikmalari tarkibida asosan kislorod, vodorod, azot, galogen va boshqa elementlar bo'lgan moddalar kiradi. Qolganlari esa noorganik hisoblanib, tarkibida kremniy, alyuminiy aralashmalari bo'lgan jismlardan tashkil topadi. Ko'pgina organik materiallar egiluvchan, elastik bo'lib ulardan tolali plenklar tayyorlanadi. SHuning uchun ular keng qo'llaniladi, lekin issiqlikka chidamligi juda kichik bo'lganligi uchun yuqori haroratli izolyasiyalovchi qismlarda ishlatilmaydi.**

**Noorganik materiallarning ko'pchiligi egiluvchan va elastik bo'lmay, mo'rt bo'lib, lekin issiqlikka juda chidamli hisoblanadi. SHuning uchun yuqori haroratli izolyasiya ishlarida ulardan keng foydalaniladi.**

**Izolyasion materiallardan ishlab chikarilgan konstruksiyalar mexanik kuch ta'siri ostida buzilishi sababli ularning mexanik mustahkamligi va deformatsiyasini o'rganish katta ahamiyatga ega. Statik cho'zilish, siqilish va egilishning oddiy ko'rinishlari amaliy mexanikaning asosiy qonuniyatlariga bo'ysunadi va bundagi mustahkamlik chegaralarining qiymatlari ( $\delta_4$ ,  $\delta_s$ ,  $\delta_e$ ) si Paskalda o'lchanadi. ( $1\text{Pa}=1\text{N/m}^2$ ).**

**CHO'zilishdagi mustahkamlik yupqa tasma shaklidagi dielektriklarga xos bo'lib, bu materiallar o'tkazgich yuzasiga, masalan, kabel o'zagiga qoplanayotganda hisobga olinadi. Uzish mashinasida materialning emirilishga bo'lgan mustahkamligi aniqlash bilan birga, jismning uzilish paytidagi nisbiy cho'zilishi ham aniqlanadi. Nisbiy cho'zilishning kichik qiymatlari mo'rt va qattiq jismlar (chinni, shisha, getinaks) uchun tegishli bo'lib, qayishqoq materiallar (rezina, elastomer) da esa 1 ko'rsatkichi, nisbatan katta qiymatlarga ega bo'ladi. CHunki qayishqoq materialning mexanik mustahkamligi kichik qiymatlarga ega. Ba'zi plastik materiallarda 1 qiymati qattiq va qayishqoq materiallarning tavsiflari oralig'ida bo'ladi.**

**Materiallardan tayyorlanadigan namunalarning shakli, ularga qo‘yiladigan kuch yo‘nalishini hisobga olgan xolda ishlab chiqiladi. Materiallarning siqilishga bo‘lgan vaqtincha qarshiligi bo‘lgani sababli, ularda siqilishdagi kuchlanishni aniqlash shart emas. Dielektrlarda esa mexanik mustahkamlik ikkala yunalishda alohida-alohida aniqlanadi. Tolali va qatlamli dielektrlarni sinash uchun namunalar tayyorlashda ulardagi tola yo‘nalishi e‘tiborga olinadi. Ko‘pchilik dielektrlarning siqilishga bo‘lgan mustahkamligi cho‘zilishga bo‘lgan mustahkamligidan ancha yuqoriligi sababli ularni, asosan, siqilish yo‘nalishi bo‘yicha ishlatish maqsadga muvofiqdir.**

### **Dielektrikning fizik xossalari**

Dielektrikning zichligi  $\gamma$  ni bilish mahsulot tayyorlashda materialga bo‘lgan ehtiyojni, uning hajmi yoki massasini aniqlash uchun zarurdir. Zichlik jism massasi  $m$  ning, uning hajmi  $V$  ga nisbati orqali aniqlanadi:

$$\gamma = m/V \text{ kg/m}^3 \quad (4.1)$$

Organik materiallarda  $\gamma = (0,5-1,5) 10^3 \text{kg/m}^3$ , anorganik materiallarda esa  $\gamma = (2,5-1,5) 10^3 \text{kg/m}^3$ . Materialning gigroskopikligi jismni ma‘lum vaqt suvda ushlab turish orqali aniqlanadi:

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_1} * 100\% \quad (4.2)$$

bunda  $m_1$ -quruq namunaning massasi,  $m_2$ - namunaning suvda ma‘lum vaqt ushlagandan keyingi massasi (gr). Bu kattalik dielektrikning namga chidamliligini baholashda yordam beradi.

### **Izolyasiyani namlikdan himoya qilish.**

SHimdirish usulida izolyasiya bo‘shliqlari gigroskopik bo‘lmagan yoki kam gigroskopik qattiq yoki suyuq dielektrik bilan to‘latiladi. SHimdirilgan materiallarga avvaliga nam singmay, ma‘lum vaqt o‘tgandan keyin bu xossa yomonlasha boradi. Ba‘zi shimdirilgan materiallar o‘ziga nam olmaydi. Havo bo‘shliqlari bo‘lgan va shimdirilgan matolar qisqa muddatli namlikka bardoshli bo‘lib, ularda  $E_T$  qiymati quruq shimdirilgan metallarga nisbatan yuqori bo‘ladi. Izolyasiya tavsifini o‘zgartirmasdan saqlash va namlik ta‘sirini kamaytirish maqsadida shimdirish usulidan tashqari, laklash usulidan ham foydalaniladi. Bunda shimdirilgan jism qalinligi 0,1-0,2 mm li lak qatlami bilan qoplanadi, lekin bu usul namlik 80 % dan oshganda o‘zini oqlamaydi.

Bundan tashqari, siqish usuli yordamida mahsulot yuzasi qalinligi 1-2mm bo‘lgan plasmassa qoplamasi bilan qoplanadi. Bu usul havo namligi 90% gacha bo‘lgan hollarda ishonchli himoya qiladi.

Mahsulot yuzasini qoplash usullaridan biri, ishlov beradigan yuzaga tayyorlangan kompaund quyish usulidir. Bunda detalning tashqi qismiga mos qilib maxsus qolip yasaladi va unga suyuq holdagi plasmassa to‘ldiriladi.

Barcha hollarda jismni namlikdan himoya qilishda organik materiallar qo‘llaniladi. Bu materiallar gigroskopik xususiyatiga ega bo‘lgani uchun o‘zidan namlikni o‘tkazadi.

### **Dielektrikning issiqlik xossasi**



Dielektrikning issiqqa chidamligi uning muhim xossaligidan biridir. Dielektrikning issiq va sovuqqa chidamligi, issiqlik o'tkazuvchanligi va issiqdan kengayishi uning issiqlik xossaligiga kiradi.

**Dielektrikning issiqqa chidamligi:** anorganik dielektriklarning issiqqa chidamligi ularning elektr ( $\tan \delta, P$ ) qiymatlarining o'zgarishiga qarab baholanadi. Organik dielektriklarning issiqqa chidamligi, ularning cho'zilishi va egilishi orqali yoki qizitilgan dielektrikka igna botirib ko'rish orqali aniqlanadi.

Izolyasiya materiallarining haroratga chidamligi Martenc usuli orqali ham aniqlanadi. Bu usulda jismning qisqa muddatli issiqlikka bardoshligi uning mexanik xossalari o'zgarishiga qarab aniqlanadi. Dielektriklarning issiqlikdan yumshash harorati qizdirilgan namunaga shar yoki doirani ma'lum kuch bilan ta'sir ettirib aniqlanadi.

Suyuqlikning chaqnash harorati uning haroratini ko'tara borib, cho'g'lanishga yaqinlashtirilganda, suyuqlikning havodagi bug'i yonib ketishi bilan aniqlanadi.

Suyuqlikning alanganish harorati tekshirilayotgan suyuqlikka alangani yaqinlashtirganda uning yonib ketishi bilan aniqlanadi. Suyuqlikning alanganish harorati uning chaqnash haroratidan birmuncha yuqoridir. Bunday tavsiflar transformator moyi va erituvchi suyuqliklar sifatini aniqlashda keng qo'llaniladi. Materiallarning issiqlik o'tkazuvchanligi solishtirma issiqlik o'tkazuvchanligi bilan tavsiflanadi:

$$\Delta P_T = \gamma_T \frac{dT}{dl} \Delta S, \quad (4.3)$$

bu erda  $\Delta P_T, \Delta S$  - yuzadan o'tadigan issiqlik oqimining quvvati,  $dT/dl$  harorat gradienti. Solishtirma issiqlik o'tkazuvchanligi  $\gamma_T$  elektr izolyasion materiallarda metallarga nisbatan ko'proq bo'ladi. Materiallarni siqish va tashqi bosim orqali ta'sir qilish  $\gamma_T$  ni oshishiga olib keladi.

**Dielektrikning sovuqqa chidamligi:** ko'p hollarda izolyasiyalarni eksplutasiya qilganda, masalan, podstansiyalarning ochiq jihozlari. Aloqa apparatlarida sovuqqa chidamlilik, ya'ni  $-60$  dan  $-70$  °C sovuqlikda izolyasiya materiallarining eksplutatsiyaga chidamligi katta ahamiyatga ega. Past haroratda izolyasiya materiallarining elektr xossalari yaxshilanadi. Normal sharoitda elastik va egiluvchan bo'lgan materiallar past haroratlarda qattiq va mo'rt bo'lib qoladi. Bu esa kuchlanish ta'siri ostida bo'lgan materialning sinishi va uskunaning ishdan chiqishiga olib keladi.

**Dielektriklarning kimyoviy xossalari** 2 xil sabablarda aniqlanadi: Materiallar uzoq vaqt ishlaganda chidamli bo'lishi kerak; tashqi ta'sirlar natijasida emirilib ketmasligi; korroziyaga chidamli bo'lishi; har xil qo'shimchalar (gazlar, suv, kislota, tuz eritmalari v.b.) ta'siriga berilmasligi.

Ishlab chiqarishda materiallar kimyo texnologik yo'llar bilan qayta ishlanadi, yopishtiriladi, laklanadi, eritiladi va xokazo.

**Dielektriklarning qutblanishi. Elektr maydonidagi dielektrik.**

Dielektriklarning muhim xususiyatlaridan biri tashqi elektr maydoni ta'sirida qutblanishidir. Qutblanish deganda, dielektriklarda elektr maydon ta'sirida zaryadangan zarralarning fazoviy joylashuvini o'zgartirish holati tushuniladi. Elektr maydoni ta'sirida bo'lgan dielektrik 2 vektor qiymat – elektr maydoni kuchlanganligi va qutblanganlik

bilan ifodalanadi. Elektr maydon kuchlanganligi zaryadlangan jism yoki zarralarning elektr maydonidagi ta'sir kuchini ifodalaydi. Elektr maydon kuchlanganligi vektorining yo'nalishi sifatida jism nuqtaviy zaryadining musbat kuch chizig'i yo'nalishi qabul qilingan. Qutblanganlik dielektrikning ma'lum bir nuqtasi uchun elektr maydon kuchlanganligiga to'g'ri proporsional bo'ladi.

$$\vec{P} = k_0 \xi_0 \vec{E} \quad (4.4)$$

bu erda  $k_0$  dielektrik qabulchanlik;  $k_0 \xi_0$  - absolyut dielektrik qabulchanlik.  $P$  va  $E$  vektor kattaliklardan tashqari, elektr siljish yoki elektr induksiya dielektrikning berilgan nuqtasida elektr maydoni  $E$  vektorining elektr doimiysiga ko'paytmasi bilan shu nuqta qutblanish vektorining geometrik yig'indisidan iborat bo'ladi.

$$\vec{D} = \xi_0 \vec{E} + \vec{P} \quad (4.5)$$

Elektr siljish va elektr maydon kuchlanganligi orasida quyidagicha bog'lanish bor:

$$\vec{D} = \xi_q \xi_0 \vec{E} \quad (4.6)$$

(4.4) va (4.5) taqqoslanib dielektrik singdiruvchanlik va dielektrik qabulchanlik orasidagi bog'lanish topiladi:

$$\xi_q = 1 + k \quad (4.7)$$

Ushbu formuladan ma'lumki, barcha moddalarning  $\xi_q$  birdan yuqori bo'lib, , faqat vakuum uchun  $k_e=0$ , binobarin,  $\xi_q = 1$  bo'ladi.

Kondensator sig'imini va dielektrik qiymatini aniqlaydigan ifoda dielektrik singdiruvchanlikdir:

$$\xi_q = \frac{q}{q_0} = \frac{q_0 + q_q}{q_0} = 1 + \frac{q_q}{q_0} \quad (4.8)$$

Elektr maydonda joylashgan dielektrikning sifati uning qutblanish mobaynida aniqlanadigan dielektrik singdiruvchanligi qiymati bilan ifodalanadi. Dielektrik qutblanish xususiyatining qiziq tomoni, uning sig'im qiymatini ifodalashidir. Agar vakuumli kondensator qoplamalariga kuchlanish bersak, u zaryadlanadi. Bu zaryad qiymati kuchlanish bilan birga kondensator o'lchamiga, qoplama yuzi va ular orasidagi masofaga bog'liq bo'ladi. Kondensator sig'imi  $C_0$  ifodasi yordamida aniqlanadi. Kondensator qoplamalari o'rnini o'zgartirmagan holda vakuumni dielektrik bilan almashtirilsa, dielektrikda qutblanish sodir bo'ladi. Qoplama yuzasiga yaqin joyda unga qarama-qarshi ishorali zaryad paydo bo'ladi va natijada qoplamadagi ma'lum miqdordagi zaryadni neytrallaydi. Buning hisobiga qoplamalardagi zaryad miqdori ma'lum qiymat  $|\Delta|q$  ga ko'payishi mumkin, natijada kondensator sig'imi

$$C = \frac{q_2 + \Delta q}{U} > C_0 \quad (4.9)$$

bu sigʻimlarning bir-biriga nisbati ( $S/C_0 = \xi_u$ ) materiallarning dielektrik singdiruvchanligini bildiradi. Kondensatorning sigʻimi dielektrikning materialiga, metall qoplamalarining geometrik oʻlchami va uning shakllariga bogʻliqdir. Berilgan shakl va geometrik oʻlchamga ega boʻlgan kondensatorning sigʻimi dielektrikning  $\xi_u$  qiymatiga toʻgʻri proporsional.

Qoplama yuzlari  $S$  va dielektrikning qalinligi  $h$  ga teng boʻlgan yassi kondensator sigʻimi:

$$C = \xi \frac{\xi_0 S}{h} = \xi \frac{8,854 \cdot 10^{-12} S}{h} \quad (4.10)$$

Agar kondensator silindrik shaklda boʻlsa:

$$C = \xi \xi_0 \frac{2\pi l}{\ln \frac{r_2}{r_1}} \quad (4.11)$$

bu erda,  $r_1, r_2$  - silindr radiuslari

Agar dielektrikning  $\xi_u$  qiymati qancha katta boʻlsa, undan yasalgan kondensator sigʻimi shuncha katta boʻladi. SHu sababli kondensator ishlab chiqarishda  $\xi_u$  qiymati yuqori boʻlgan dielektrik olish maqsadga muvofiqdir. Sigʻimi kam boʻlishi uchun yuqori kuchlanishli va uzun toʻlqinli kabel izolyasiya materialining  $\xi_u$  qiymati kichik qilib olinadi.

Dielektrik singdiruvchanlikning eng kichik qiymati vakuum uchun tegishli boʻlib, unda  $\xi_u = 1$  boʻladi. Dielektriklar (gaz, suyuq, agregat holatdagi) ichida eng kichik dielektrik singdiruvchanlik ( $\xi_u$ ) gazlarda boʻlib, uning qiymati odatdagi sharoit (muhit harorati  $20^0$  C , havo bosimi 760 mm.sim.ust., havoning nisbiy namligi 65%) uchun 1.0006 ga teng. Qolgan izolyasion materillar uchun  $\xi_u$  qiymati birdan yuqoridir.

### **Dielektrik qutblanishining asosiy turlari**

Umuman dielektriklar qutbli va qutbsiz turlarga boʻlinadi. Istalgan moddaning molekulari zarralardan (atom, ion, elektron) iborat boʻlib, ularning har biri musbat yoki manfiy elektr zaryadiga ega. Bu zaryadlar orasidagi oʻzaro tortishish kuchi jismning mexanik mustahkamligini ifodalaydi. Turli xil moddalarning molekularidagi zaryadlarning fazoviy joylashuvi har xil boʻlishi mumkin. Agar molekularning barcha (+) va (-) zaryadlarini bitta umumiy (-) va umumiy bitta (+) zaryad bilan almashtirsak, mos ravishda (+) va (-) zaryadning ogʻirlik markazlarida joylashgan mazkur zaryadlar fazoda bir-biriga mos tushishi yoki mos tushmasligi mumkin. Fazoviy bir-biriga mos tushgan zaryadlar qutbsiz molekulaga ega boʻlganligi uchun, bunday molekularlardan tashkil topgan jismlar qutbsiz jismlar deyiladi. Ikkinchi holda molekula tashqi elektr maydoni taʼsir etmagan holatda ham oʻz elektr momenti 0 dan farqli boʻlib, dipol hosil qilganligi sababli, molekula qutbli hisoblanadi va ular asosida tashkil topgan jismlar qutbli jismlar deyiladi. Jismning elektr xossasidan qatʼiy nazar, uning qutbliligi molekulaning kimyoviy tuzilishi orqali aniqlanadi.

Bir atomli molekullar (Ne, Ar, Kr, Xe) va gomeoqutbli ikki atomli ( $H_2, Cl_2, \dots$  molekullar, uglevodorodli moddalar qutbsizdir (paraffin, polipropilen, polistirol). Ion bog'lanishli va polivinil xlorid, selluloza, fenolformaldegid va b.

Dielektrlarda ikki xil qutblanish mavjud;

- 1) elektron-ion elektr maydoni ta'sirida juda tez sodir bo'ladigan, energiya sarf bo'lmaydigan;
- 2) relaksasiya- qutblanish asta sekin sodir bo'lib, qizish natijasida dielektrik energiya sarf bo'ladigan jarayon.

Kondensator-sig'imi va kondensatorida yig'ilgan zaryad dielektrikda sodir bo'ladigan qutblanish jarayonlarini o'zida aks ettiradi.

Elektron qutblanish ( $q_e, C_e$ ) atom yoki ionlar qobig'ining siljishi va ciqilishi hisobiga sodir bo'lib, bu turdagi qutblanish katta tezlikda ( $10^{-15}$  sek) kechadi va qiymat jihatdan yorug'likning sindirish ko'rsatkichi kvadratiga ( $n^2$ ) teng. Bunday qutblanish barcha dielektrlarda kuzatilib, ularning atomlaridagi elektronlar musbat ion tomon siljiydi.

Qutbli bo'lmagan suyuq holatdagi va qattiq dielektrlarda qutblanish sust kechib,  $\xi_u$  qiymati 2-2,5 atrofida bo'ladi. Elektron qutblanishda siljish D maydon kuchlangaligi E

ga proparsional ravishda o'sadi, shuning uchun ham  $\xi_u$  kuchlanganlikka bog'liq

bo'lmaydi.  $\xi_u$  ning haroratga bo'lgan bog'lanishi jismning shu haroratdagi zichligiga bog'liq, u qizdirilganda zichligi pasayadi, hajm birligidagi atom soni kamayib, qutblanishi susayadi; jism eriganda zichlik kamayadi, natijada qutblanish ham keskin kamayadi. Elektron qutblanishda energiya sarf bo'lmaydi. Bu qutblanish-neft yog'larida, paraffin, polistirol, polietilen va boshqalarda kuzatiladi.

Ion qutblanish  $C_i, q_i$ -ion tuzilishli kristall qattiq jismlarda bo'sh bog'langan toklar siljishi natijasida ro'y beradi. Bunday qutblanish elektron qutblanishdan kuchliroq

kechadi va  $\xi_u$  ning qiymati 5-30 oraliqda bo'ladi. Ion qutblanish o'lcham jihatidan

elektron qutblanishdan katta bo'lib, uning qutblanish tezligi esa past bo'ladi va  $\xi_u$

chastotaga bog'liq emas. Bu qutblanishda elektr siljish maydon kuchlanganligiga va  $\xi_u$  qiymati kuchlanganlikka bog'liq emas. Harorat ko'tarilishi bilan kristall panjaradagi ionlar orasidagi masofa ortadi, ular orasidagi tortishish kuchi pasayadi va ion qutblanishi

ko'payadi, ya'ni  $\xi_u$  harorat oshishi bilan ortadi. Ion qutblanishda energiya sarfi bo'lmaydi.

Dipol relaksatsiya qutblanishi – betartib issiqlik harakatda bo'lgan zarralar elektr maydoni ta'sirida o'z yo'nalishini o'zgartirishi hisobiga ro'y beradi. Dipol qutblanish ancha sekin ( $\tau = 10^{-6} \div 10^{-8} c$ ) kechishi sababli radio to'lqinida ( $10^6 \div 10^8 \Gamma u$ ) maydon o'zgarishi qutblanish vaqtiga yaqinlashib qoladi, oqibatda yuqori chastotada dipol molekullar maydon yo'nalaishining o'zgarilishiga ulgura olmay qoladi va qutblanish

susayib,  $\xi_u$  qiymati pasayadi. Dipol qutblanish – qutbli gazlar, suyuqliklar va ba'zi organik qattiq moddalarga xosdir: qutbli dielektrlarda past haroratda jism

qovushqoqligi yuqoriligi tufayli dipollar harakatsiz va  $\xi_q = \xi_n$  ga teng bo'ladi, material qizdirilsa ortadi, lekin yuqori haroratda  $\xi_q$  qiymati kamayadi

Ion relaksatsiya qutblanishi ba'zi anorganik moddalarda kuzatiladi. Bunda moddaning o'zaro bog'langan ionlari tashqi elektr maydon ta'sirida aniq yo'nalish oladi.

Elektron relaksatsiya qutblanishi – sindirish ko'rsatgichi yuqori va katta ichki maydonga ega bo'lgan dielektriklar uchun xos bo'lib, qo'shimcha elektron yoki kovaklarni issiqlik energiyasi bilan ta'sirlantirish orqali yuzaga keladi. Bu turdagi qutblanish, asosan metall oksidi bo'lgan ba'zi kimyoviy birikmalar (titan, vismut, niobiy)ga xosdir.

Migratsiya qutblanishi - tarkibi bir jinsli bo'lmagan qattiq jismlarda qutblanishning qo'shimcha mexanizmi sifatida ro'y beradi. U past chastotalarda yuzaga keladi va elektr energiyasi ko'p miqdorda sarflanadi.

O'z- o'zidan qutblanish segnetoelektriklarga xos bo'lib, birinchi bor u segneto tuzida kuzatilgan. Tashqi maydon bo'lmaganda segneto elektrikning ma'lum qismida dipollar o'z o'zidan bir-biriga nisbatan moslashib aniq yo'nalish oladi. O'z-o'zidan qutblanuvchi moddalarning alohida sohalarida elektr momenti yo'nalishi turlicha bo'ladi.

Segnetoelektriklarning  $\xi_q$  qiymati juda yuqori (500-20000) bo'lib, u maydon kuchlanganligi va haroratga uzviy bog'liq.

Gazlar molekulari orasidagi masofa nisbatan katta bo'lganligi uchun ularning zichligi kichik bo'ladi. SHuning uchun barcha gazlarning qiymati birga yaqin bo'ladi.

Gaz molekulasining radiusi qancha katta bo'lsa,  $\xi_q$  qiymati shuncha yuqori bo'ladi. Gazning hajm birligidagi molekular soni uning harorat va bosimiga bog'liq bo'ladi va molekular sonining o'zgarishiga qarab uning  $\xi_q$  qiymati ham o'zgaradi. Gazda  $\xi_q$  qiymati havo namligiga ham bog'liq bo'ladi.

Qattiq jismlarning  $\xi_q$  qiymati dielektrikning tuzilishiga bog'liq bo'ladi. Ularda turl xil qutblanishlar bo'lishi mumkin. Bunga misol tariqasida paraffin uchun  $\xi_q$  ning qiymati har xil bo'lishi mumkin: paraffin qattiq holatdan suyuq holatga o'tishida, uning zichligi kamayishi tufayli  $\xi_q$  keskin kamayadi. Zarralari zich bo'lmagan elektrotexnik chinnida bir yo'la elektron, ion va ion-relaksatsiya qutblanish kuzatiladi. SHishada esa  $\xi_q = 4-20$ . Qattiq jismlarda  $\xi_q$  ning qiymati harorat va chastotaga bog'liq bo'lib, uning qonuniyatlari qutbli suyuqlikniki kabi. Muzda  $\xi_q$  qiymati harorat va chastotaga nisbatan keskin o'zgaradi. Xarorati 0 ga yaqin bo'lgan muzning dielektrik  $\xi_q$  qiymati past chastotalarda suvnik kabi 81 ga yaqin bo'lib, harorat yanada pasaytirilsa, muzning  $\xi_q$  qiymati 2.85 gacha tushadi.

## 11-MA'RUZA

### **Dielektrik materiallar xossalari. Passiv dielektriklar. Polimerlar. Kompozitsion plastmassalar. Elektroizolyatsion kompaundlar.**

#### **Gazsimon, suyuq va qattiq dielektriklar.**

Gazsimon dielektriklarga barcha gazlar, tabiiy havo, gaz va suv bug'i aralashmasi ko'rinishidagi gazlar kiradi. Ko'pincha gazlar dielektrik sifatida gaz to'ldirilgan kondensatorlar va ulagichlarda qo'llaniladi. Havo barcha elektr qurilmalarini o'rab turganligi uchun dielektrik sifatida ishonchli ishlashlarini ta'minlaydi. Havoda ochiq simlar havo qatlami buzilganda, namlik ortib ketganda, binafsha cho'g' ko'rinishida toj hosil bo'lib, energiya isrofni yuzaga keltiradi.

Har qanday gazlarda ham elektr kuchlanganligi ta'sirida zaryadlangan zarralar (elektron, ion) bo'lib betartib xaotik harakatda bo'ladi. Tashqi ionizator (kosmik, quyosh nuri, urning radioaktiv) nur ta'sirida gazlarning zaryadlangan zarralari ko'pincha energiya olib, ya'ni gazlarning valentli elektronlari o'zlarining atomlariga uzatadi, natijada musbat ionlar hosil bo'ladi. Hosil bo'lgan elektronlar o'zlarini erkinligini uzoq saqlashi mumkin, yoki ma'lum muddatdan so'ng atomga birikib manfiy ion yuzaga kelishi mumkin.

Betartib issiqlik harakatida elektronlar bilan musbat ionlar ta'sirlashib neytral atom yoki molekula hosil qiladi. Bu jarayon tiklanish yoki **generatsiya** deyiladi. Agar metallar elektrodlar orasida gaz joylashtirilsa, elektr maydoni ta'sirida yo'nalish bo'ylab zaryadlangan zarralar bir qutbdan ikkinchi elektrod tomon harakat qiladi. Natijada bir elektrodagi elektron va ionlar ikkinchi elektrodga aralashadi va tok oqib o'tadi. Tok qanchalik katta bo'lishi vaqt birligida zaryadlangan zarralarning o'tishiga bog'liq.

Gazlardagi qutblanishning zarbali ko'rinishining o'sishi teshilishga olib keladi. Teshilish vaqtida tok I tezlik bilan o'sib, kuchlanish  $U \rightarrow 0$  intiladi.

$$U_{pr} = A \cdot r \cdot h \quad (4.12)$$

Gazlarda teshilish yoy shaklida kuzatilib, teshilishning kuzatilishi **Pashen qonuni** yuqoridagi ifoda asosida aniqlanadi.

A - koeffitsient

R - gaz bosimi (Pa)

h - elektrodlar orasidagi masofa (M)

Formuladan ko'rinadiki,  $U_{pr} = f(r, h)$  nominal bosim sharoitida 1sm elektrodlar orasidagi masofa uchun havoning elektr mustahkamligi 3 mV/m ga teng.

Bular orasida izolyasiya sifatida tabiiy havo muhim o'rin tutadi. Har qanday elektr qurilmalarida izolyasion material bilan yurituvchi qism orasidagi havo izolyasiya vazifasini o'taydi. Elektrotexnikada gazlar siqilgan ko'rinishda kichik haroratlarda ko'p foydalaniladi (bunday qurilma krioelektrotexnika deyiladi).

Azot ham havo bilan elektr mustahkamligi bir xil, lekin kam qo'llanilishi sababli tok o'tkazuvchi qismlar bilan doimiy ravishda tasirlashib turishi natijasida emirilish hosil qiladi.

Tarkibida kislorod yo'q, shuning uchun tegib turgan materiallar oksid hosil qiladi. Elektrotexnikada vodorod katta ahamiyatga ega. YUqori issiqlik o'tkazuvchanligi uchun generatorlarni, sinxron kompensatorlarni sovitishda keng foydalaniladi, ya'ni havo o'rniga vodorodni sovitishda rotordagi quvvat yo'qolishi kamayadi, chunki bu yo'qolishni gazning zichligiga yaqin, yana generator sinxron kompensatorda, vodorodli atmosferada schyotkalarining aylanishi engil bo'lib, F.I.K yuqori bo'ladi.

Suyuq dielektrlardan asosan neft moyi - **transformator moyi** hisoblanadi. Moyli transformator, ulagichlar, reaktorda izolyasiya sifatida qo'llanilish xossasi, elektr chidamligi yuqori. Bunday moylar neftni pog'onali haydash yo'li bilan tarkibidagi turli aralashmalarni qaynatish, tozalash yo'li bilan olinadi.

Normal sharoitda standart buyicha:

Kinematik yopishqoqligi 17-18.5 mm/s 20 S

6.5-6.7 mm/s 50 S

bug'ining yonish harorati. 135-140 S

qotish harorati 45 S

Bir necha tonnasi bo'lsa, yonishga xavfi yuzaga keladi.

Qotish harorati asosiy faktorlardan biri bo'lib, ochiq transformatorli yordamchi stansiyalarda, sovuq yuqori bo'lgan joylarda, misol uchun moyli ulagichlarda alohida arktik moy (ATM-65, ya'ni 70 °S) dan foydalaniladi.

PTE talabi asosida elektrostansiya va podstansiyalar uchun transformator moyining elektr mustahkamligi normallashtirilgan.

Diametri 25 mm metall diskli elektrodlar orasi 2,5 mm bo'lib, 50 Gs li chastotadagi tegishli kuchlanishda bir necha bor nazorat o'tkazilib normallashtiriladi.

### **Organik dielektrlar**

Elektrotexnika, radiotexnika, elektronika va xalq xo'jaligining boshqa sohalarida polimerlardan ko'p sonli turli xil mahsulotlar ishlab chiqariladi.

YUqori molekulyar birikmalarning yuzta, mingta va undan ko'p atomlarning o'zaro kovalent bog'lanishidan vujudga kelgan molekulasi makromolekula deyiladi. Aksariyat tabiiy va sintetik polimerlarning makromolekulalari takrorlanadigan bir xil atomlar gruhi elementar xalqalardan tashkil topadi. Bunday makromolekulaga ega birikmalar polimerlar deb ataladi. Polimerlarni sintez qilishda ishlatiladigan quyi molekulyar birimlar monometrlar deyiladi.

Dielektrlar ichida yuqori molekulyar organik materiallar alohida ahamiyatga egadir. Tarkibida uglerod moddasi bo'lgan birikmalar organik moddalar deb ataladi. Uglerod molekularining tuzilishi turli-tumandir. Bu molekular ko'p sonli kimyoviy birikmalar hosil qiladi : molekula tuzilishi buyicha ular zanjirli, tarmoqlangan, doirasimon va boshqa shakllarda bo'lishi mumkin. YUqori molekulyar materiallarga sellyuloza, shoyi, kauchuk va boshqalar kiradi.

Sun'iy ravishda olinadigan yuqori molekulyar materiallar ikki turkumga ajratilishi mumkin. Birinchisiga. tabiiy yuqori molekulyar moddalarga kimyoviy ishlov berish yo'li bilan tayyorlanadigan sun'iy materiallarni keltirish mumkin. Masalan, sellyulozani qayta ishlash orqali sellyuloza efiri olinadi. Ikkinchi turkumga quyi molekulyar moddalardan tayyorlanadigan yuqori molekulyar sintetik materiallar kirib, ular elektr izolyasiyasida alohida ahamiyatga egadir.

Reaksiya natijasida monometrlardan polimerlar hosil bo'lishi polimerlash deyiladi. Polimerlash natijasida moddaning molekulyar massasi, suyuqlanish va qaynash harorati ortadi. Polimerlash jarayonida modda gaz yoki suyuq holatdan, quyuq yoki qattiq holatga o'tadi.

### **4.4.Dielektrlarning solishtirma elektr o'tkazuvchanligi**

Dielektrlarda elektr o'tkazuvchanlik uning tarkibidagi erkin zaryadlar hisobiga sodir bo'ladi. Jismdagi elektr o'tkazuvchanlik elektronli, ionli, moliionli (elektroferetik) ko'rinishlarga ega. Dielektrlarda asosan ionli elektr o'tkazuvchanlik kuzatiladi. Odatda

dielektrik oz bo'lsa ham, ma'lum miqdorda elektr tokini o'zidan baribir o'tkazadi. Bu esa erkin zaryad tashuvchilarning borligi bilan tushuntiriladi. Izoliyasiya materiali odatda katta solishtirma qarshilikka ega bo'ladi. Bu qiymat qancha yuqori bo'lsa, dielektrikdan shuncha kam miqdorda elektr toki o'tadi. Bundan ko'rinadiki, dielektrlarda energiya isrofi kuzatiladi. Elektr o'tkazuvchanligiga asosan jism tarkibida bo'lgan qo'shimcha va ifloslantiruvchi zarralar sabab bo'lib, bu qo'shimchalar dielektrikning elektr mustahkamligiga ta'sir qiladi. Dielektriklar tarkibidagi erkin zaryadlar ichki tok oqimiga olib keladi. Dielektrlarni qo'shimcha zarralardan tozalash orqali uning elektr o'tkazuvchanligi kamaytiriladi.

Elektr o'tkazuvchanlikni solishtirma qarshilik  $\rho$  ga teskari proporsional birlik deb olinadi.

$$\gamma = 1/\rho \quad (4.13)$$

Metallar uchun:

$$\rho = 1,6 \cdot 10^{-9} \div 10^{-10} \text{ Om} \cdot \text{m} \quad (4.14)$$

Dielektriklar uchun:

$$\rho = 10^7 \div 10^{17} \text{ Om} \cdot \text{m} \quad (4.15)$$

Dielektrlarning hajmiy qarshiligi:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{h}{S} \rho \Rightarrow \rho_v = R \frac{S}{h} \quad (4.16)$$

Bu erda S- elektrod yuzasi;  $\text{m}^2$ ; h-dielektrikning qalinligi, m;  $\rho_v$  - dielektrik hajmiy qarshiligi,  $\text{Om} \cdot \text{m}$ ;

$$\rho_s = R_s \frac{d}{I} \quad (4.17)$$

Bu erda,  $R_s$ -dielektrikning yuza qarshiligi,  $\text{Om}$ ; d -elektrodning uzunligi, I - elektrodlar orasidagi masofa.

### **Gazlarda elektr o'tkazuvchanlik**

Gazlarda elektr toki erkin elektron yoki ionlar hisobiga sodir bo'ladi. Tashqi tasir orqali sodir bo'ladigan gaz elektr o'tkazuvchanligi mustaqil bo'lmagan elektr o'tkazuvchanlik deyiladi. Urilish ionizatsiyasi orqali ro'y beradigan elektr o'tkazuvchanlik mustaqil bo'lgan elektr o'tkazuvchanlik deyiladi. Ikkita yassi elektrod ionlashtirilgan gaz muhitiga kiritilib, ularga kuchlanish berilsa, ionlar harakatga kelib, zanjirdan tok o'tadi. Gaz volt-amper tavsifining bosh qismi  $\text{Om}$  qonuniga bo'ysunadi (1-rasm). Normal sharoitda ( $t=20^\circ\text{C}$ ,  $p=790 \text{ mm.sim.ust.}$ ).

Havoda to'yingan tok zichligi juda kichik qiymatga to'g'ri kelgani uchun havo yaxshi dielektrik hisoblanadi.  $U=U_i$  qiymatida gazda urilish ionlashishi sodir bo'ladi. Gazlarda mustaqil bo'lmagan elektr o'tkazuvchanlik tashqi ionizator, radioaktiv yoki kosmik, nurlar bartaraf etilgandagina to'xtaydi. Bunda zaryad tashuvchilar keskin kamayishi sababli gazdan o'tayotgan tok nolga intiladi.

### **Suyuq dielektrlarning elektr o'tkazuvchanligi.**

Suyuqlikning elektr o'tkazuvchanligi uning molekula tuzilishi va tarkibidagi qo'shilmalarga bog'liq. Suyuqlik molekulari ionlashmagani uchun, ularning elektr o'tkazuvchanligiga qo'shimcha (nam, tuz, ishqor, kislota va hakoza) larning ta'siri katta bo'ladi. Qutbli suyuqliklar katta elektr o'tkazuvchanlikka ega bo'lib, ularning



dielektrik  $\xi_y$  gi ortishi natijasida dielektrikning elektr o'tkazuvchanligi ham ortadi, o'ta qutbli suyuqliklar yuqori elektr o'tkazuvchanlikka egaligi sababli, bunday suyuqliklar ionli o'tkazuvchanlikka ega o'tkazgichlar deb qaraladi. Suyuq dielektrlarning solishtirma o'tkazuvchanligi haroratga uzviy bog'langan bo'lib, haroratning ortib borishi bilan uning qovushqoqligi kamayadi. Oqibatda ionlarning siljuvchanligi ortib, suyuqlikning o'tkazuvchanligi ortadi. Suyuq dielektrlarning solishtirma o'tkazuvchanligi:

$$\gamma = A \exp(-a/T) \quad (4.18)$$

Bu erda A, a- berilgan suyuqlikni ifodalaydigan o'zgarmas kattaliklar. Qutbli dielektrlar qutbsiz dielektrlardan o'zining katta o'tkazuvchanligi bilan farq qiladi. Suyuq dielektrlarda p-solishtirma qarshilikning qiymati kamayishi bilan, uning singdiruvchanligi keskin ortadi.

## 12- MA'RUZA

### Aktiv dielektriklar. Segnetoelektriklar. Pyezoelektriklar.

Dielektriklar elektrotexnikada muhim o'rin egallaydi. Tok o'tkazuvchi qismlarni bir - biridan izolyasiyalash maqsadida ajratishda (turli potentsiallarni bir-biridan) foydalaniladi.

**Bundan tashqari elektr izolyasion materiallar elektr kondensatorlarida tegishli sig'im hosil qilishda ba'zi omil va haroratda turli paytda ham sig'imni ta'minlashda foydalaniladi. Dielektrik materiallarga o'zining xossalarini boshqarish asosida o'zgartirish mumkin bo'lgan guruhi faol dielektriklar (segneto elektriklar) deb yuritiladi. Dielektrik materiallar gazsimon, suyuq va qattiq ko'rinishga ega, yana bir guruhi mavjudki qotuvchi materiallar tayyorlashda suyuq ekspluatatsiya paytida qattiq (lak, kompaund) holatda bo'ladi. Kimyoviy tabiatiga ko'ra organik va noorganik bo'ladi. Organik dielektriklarga uglerod birikmalari tarkibida asosan kislorod, vodorod, azot, galogen va boshqa elementlar bo'lgan moddalar kiradi. Qolganlari esa noorganik hisoblanib, tarkibida kremniy, alyuminiy aralashmalari bo'lgan jismlardan tashkil topadi. Ko'pgina organik materiallar egiluvchan, elastik bo'lib ulardan tolali plenklar tayyorlanadi. SHuning uchun ular keng qo'llaniladi, lekin issiqlikka chidamligi juda kichik bo'lganligi uchun yuqori haroratli izolyasiyalovchi qismlarda ishlatilmaydi. Noorganik materiallarning ko'pchiligi egiluvchan va elastik bo'lmay, mo'rt bo'lib, lekin issiqlikka juda chidamli hisoblanadi. SHuning uchun yuqori haroratli izolyasiya ishlarida ulardan keng foydalaniladi.**

Izolyasion materiallardan ishlab chikarilgan konstruksiyalar mexanik kuch ta'siri ostida buzilishi sababli ularning mexanik mustahkamligi va deformatsiyasini o'rganish katta ahamiyatga ega. Statik cho'zilish, siqilish va egilishning oddiy ko'rinishlari amaliy mexanikaning asosiy qonuniyatlariga bo'ysunadi va bundagi mustahkamlik chegaralarining qiymatlari ( $\delta_4$ ,  $\delta_s$ ,  $\delta_e$ ) si Paskalda o'lchanadi. ( $1\text{Pa}=1\text{N/m}^2$ ).

Cho'zilishdagi mustahkamlik yupqa tasma shaklidagi dielektriklarga xos bo'lib, bu materiallar o'tkazgich yuzasiga, masalan, kabel o'zagiga qoplanayotganda hisobga olinadi. Uzish mashinasida materialning emirilishga bo'lgan mustahkamligi aniqlash bilan birga, jismning uzilish paytidagi nisbiy cho'zilishi ham aniqlanadi. Nisbiy cho'zilishning kichik qiymatlari mo'rt va qattiq jismlar (chinni, shisha, getinaks) uchun tegishli bo'lib, qayishqoq materiallar (rezina, elastomer) da esa 1 ko'rsatkichi, nisbatan katta qiymatlarga ega bo'ladi. Chunki qayishqoq materialning mexanik mustahkamligi kichik qiymatlarga ega. Ba'zi plastik materiallarda 1 qiymati qattiq va qayishqoq materiallarning tavsiflari oralig'ida bo'ladi.

Materiallardan tayyorlanadigan namunalarning shakli, ularga qo'yiladigan kuch yo'nalishini hisobga olgan xolda ishlab chiqiladi. Materiallarning siqilishga bo'lgan vaqtincha qarshiligi bo'lgani sababli, ularda siqilishdagi kuchlanishni aniqlash

shart emas. Dielektrlarda esa mexanik mustahkamlik ikkala yunalishda alohida-alohida aniqlanadi. Tolali va qatlamli dielektrlarni sinash uchun namunalar tayyorlashda ulardagi tola yoʻnalishi eʻtiborga olinadi. Koʻpchilik dielektrlarning siqilishga boʻlgan mustahkamligi choʻzilishga boʻlgan mustahkamligidan ancha yuqoriligi sababli ularni, asosan, siqilish yoʻnalishi boʻyicha ishlatish maqsadga muvofiqdir.

### Dielektrikning fizik xossalari

Dielektrikning zichligi  $\gamma$  ni bilish mahsulot tayyorlashda materialga boʻlgan ehtiyojni, uning hajmi yoki massasini aniqlash uchun zarurdir. Zichlik jism massasi  $m$  ning, uning hajmi  $V$  ga nisbati orqali aniqlanadi:

$$\gamma = m/V \text{ kg/m}^3 \quad (4.1)$$

Organik materiallarda  $\gamma = (0,5-1,5) 10^3 \text{kg/m}^3$ , anorganik materiallarda esa  $\gamma = (2,5-1,5)10^3 \text{kg/m}^3$ . Materialning gigroskopikligi jismni maʼlum vaqt suvda ushlab turish orqali aniqlanadi:

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_1} * 100\% \quad (4.2)$$

bunda  $m_1$ -quruq namunaning massasi,  $m_2$ - namunaning suvda maʼlum vaqt ushlagandan keyingi massasi (gr). Bu kattalik dielektrikning namga chidamliligini baholashda yordam beradi.

### Izolyasiyani namlikdan himoya qilish.

SHimdirish usulida izolyasiya boʻshliqlari gigroskopik boʻlmagan yoki kam gigroskopik qattiq yoki suyuq dielektrik bilan toʻlatiladi. SHimdirilgan materiallarga avvaliga nam singmay, maʼlum vaqt oʻtgandan keyin bu xossa yomonlasha boradi. Baʼzi shimdirilgan materiallar oʻziga nam olmaydi. Havo boʻshliqlari boʻlgan va shimdirilgan matolar qisqa muddatli namlikka bardoshli boʻlib, ularda  $E_T$  qiymati quruq shimdirilgan metallarga nisbatan yuqori boʻladi. Izolyasiya tavsifini oʻzgartirmasdan saqlash va namlik taʼsirini kamaytirish maqsadida shimdirish usulidan tashqari, laklash usulidan ham foydalaniladi. Bunda shimdirilgan jism qalinligi 0,1-0,2 mm li lak qatlami bilan qoplanadi, lekin bu usul namlik 80 % dan oshganda oʻzini oqlamaydi.

Bundan tashqari, siqish usuli yordamida mahsulot yuzasi qalinligi 1-2mm boʻlgan plasmassa qoplamasi bilan qoplanadi. Bu usul havo namligi 90% gacha boʻlgan hollarda ishonchli himoya qiladi.

Mahsulot yuzasini qoplash usullaridan biri, ishlov beradigan yuzaga tayyorlangan kompaund quyish usulidir. Bunda detalning tashqi qismiga mos qilib maxsus qolip yasaladi va unga suyuq holdagi plasmassa toʻldiriladi.

## 13-MA'RUZA

### Piroelektriklar. Elektriklar. Suyuq kristallar.

Suyuq holatdagi dielektriklar qutbli va qutbsiz molekulalardan tashkil topgan. Qutbsiz dielektriklarning  $\xi_u$  qiymati uncha katta bo'lmaydi. ( $\xi_u < 2.0-2.5$ ) va u yorug'likning sinish ko'rsatkichi kvadratiga deyarli teng bo'ladi. Qutbsiz dielektriklarning  $\xi_u$  qiymatining harorat ortishi bilan kamayishi hajm birligidagi molekulalar sonining kamayishiga asoslanadi. Dipol molekulari suyuq dielektriklar bir vaqtning o'zida dipol qutblanishiga ega bo'ladi. Qutbli suyuq dielektriklarda  $\xi_u = 3.5-5$  atrofida bo'ladi.

#### Suyuq dielektriklar.

Neft mahsulotlaridan ishlab chiqarilgan izolyasiya mollari o'zining afzalligi bilan birga ba'zi bir kamchiliklar: eskirish, chaqnash va alangalash xavfi, portlash ham holi emas. Ana shu sababli, yuqori qiymatli dielektrik singdiruvchanlikka erishish maqsadida suyuq sintetik dielektriklar ishlab chikarildi. Bunga misol qilib, keng miqiyosda qo'llanilayotgan xlorlangan ugluvodorodlarni olish mumkin. Turli xil ugluvodorodlar molekulalaridagi vodorod atomi o'rniga xlor atomini kiritish orqali xlorlangan ugluvodorodlar, ya'ni xlorlangan difenil olinadi. Xlorlangan difenil tarkibidagi xlor miqdori 43% dan 67% gacha oshirilsa, quyuq yoki mumsimon modda hosil bo'ladi. Vodorod atomi o'rnidagi xlor atomlarining miqdori oshirilishi natijasida modda quyuqlashib, zichligi ortadi va uning qotish harorati pasayadi (9-jadval):

#### 9-jadval

Ba'zi sintetik dielektriklarning fizik va kimyoviy xossalari:

Ko'rsatkichlar	Trixlordifenil	Soatol - 10	Geskol
Zichligi, kg/m <sup>3</sup>	1360	111510	1640
Kinematik qovushqoqligi, 10 <sup>-6</sup> m <sup>2</sup> /s	40-70	650	3,5-4,0
Qotish harorati, °C	-19	-6	-60
Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsenti, Vt/m <sup>3</sup> *°C	0,0963	-	0,15
tgδ(90 °C)	0,015	0,03	0,03
ρ, Om·m (90 °C)	3·10 <sup>9</sup>	10 <sup>12</sup>	13·10 <sup>10</sup>
E <sub>r</sub>	5,9	-	2,7-2,9
E <sub>T</sub> , MB/m	20	22	18

O'rta darajada xlorlangan pentaxloridifenil (sovtol) quyuq modda bo'lgani sababli, suyultirish maqsadida unga xlorlangan suyuq ugluvodorod qo'shiladi. Kondensator moyini quyuq difenil bilan aralastirib, hosil bo'lgan suyuqlik qog'ozli izolyasiyaga shimdirilsa, kondensatorning reaktiv quvvati ortadi hamda hajmi birmuncha kichrayadi.

Sovtol-10 ning tarkibi 90% pentaxloridifenil hamda 10% trixlorbenzoldan iborat bo'lib, undan yuqori kuchlanishli transformatorlarni to'latishda, shuningdek qattiq izolyasiyaga shimdiriluvchi sifatida foydalaniladi.

Geskol kimyoviy jihatdan barqaror suyuqlik bo'lib, tarkibi 80% geksaxlorbutadien va 20% pentaxloridifenildan iborat. U harorat va cho'g' ta'sirida chaqnash yoki

alangalanish hususiyatiga ega emasligi bilan ajralib turadi va juda past haroratida ham qotmaydi. Geksol sifati yaxshi suyuq dielektrik hisoblanib, undan transformatorlarda izolyasiya sifatida foydalaniladi.

Ko'rib o'tilgan barcha difenillar zaxarli hisoblanganligi sababli, ular bilan ishlash mobaynida texnika xavfsizligi choralari ko'rilishi lozim. Kremniy-organik (KO) suyuqlik zaxarli bo'lmay, ekologik jihatdan xavfsiz bo'lganligi sababli ular elektrotexnikada keng miqyosda qo'llanilmoqda. KO suyuqliklar gigroskopik emas hamda yukori haroratga bardoshlidir. Bu suyuqliklarga poliorganosiloksan polietilsiloksan, polifenilsiloksan va boshqa suyuqliklar kiradi (10-jadval). Poliorganosiloksan (161-123, 161-45 navli) impulsli transformator, radio va elektron apparatlarida qo'llanilmoqda.

10-jadval.

Ba'zi kremniy-organik suyuqliklarning fizik va kimyoviy xossalari.

Ko'rsatkichlar	PMS-0	PMS-0	PES-3	FM-5	161-123	161-45
Zichligi, kg/m <sup>3</sup>	942	974	960	944	1080	1145
Qotish harorat °S	-65	-60	-70	-110	-100	-90
Dinamik kovushokligi 10 <sup>-6</sup> m <sup>2</sup> /s	10	60	15	16	18	55
ε <sub>r</sub>	2,6	2,6	2,4	2,8	5,4	5,8
tg δ	0,0002	0,0002	0,0003	0,002	0,02	0,0001
ρ, Om·m	2·10 <sup>12</sup>	2·10 <sup>12</sup>	10 <sup>11</sup>	10 <sup>11</sup>	5·10 <sup>10</sup>	4·10 <sup>10</sup>
E <sub>m</sub> MV/m	14	18	18	14	-	-
Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti, Vt/m·°C	0,0138	0,154	0,138	0,135	0,115	0,127

Xlor-ftor-uglerodli va ftor-uglerodli suyuqlik molekulalarida vodorod atomi o'rnini xlor va ftor atomlari qisman yoki to'liq egallaydi. Ftor organik suyuqliklarda tg δ qiymati juda kichik bo'lishi bilan birga, yuqori darajali haroratga chidamligi sababli, uni 200 °S va undan haroratda ishlatish mumkin. Bu suyuqlikning sirt taranglik kuchi va qovushqoqligi nisbatan kichikdir. Ftor-organik suyuqlik uchuvchan bo'lganligi sababli u bilan to'latilgan elektr apparatini yaxshilab zichlash talab etiladi. Bu suyuq dielektrik yordamida chulg'amlar va magnit o'tkazgichlardan ajralib chiqqan issiqlik atrofga tez va yaxshi tarqaladi.

Elektrotexnika uskunalariga qo'yiladigan ftor-organik suyuqligi (xladon) tok o'tayotgan sim va chulg'amdan ajralib chiqayotgan issiqlik ta'sirida bug'lanib, issiqlikni yutadi, so'ngra sovitgichda kondensatsiyalanib, yana asosiy sistemaga suyuq holda qaytadi. Natijada uskuna bo'shliqlarida katta bosim hosil bo'lib, apparatning gaz muhitidagi elektr mustahkamligi ortadi. Havо tarkibidagi ftor-orgapnik suyuqlik bug'lari portlash xavfini tug'dirmaydi. Suyuq holatda bu dielektrik deyarli yonmaydi. Yuqori dielektrik singdiruvchanlikka (ε<sub>r</sub>=35-39) ega bunday qutbli sintetik suyuqliklarga misol qilib, nitrobenzol (N<sub>5</sub>S<sub>6</sub>-NO<sub>2</sub>) etilengliol (NO-SN<sub>2</sub>-SN<sub>2</sub>-ON), sianoetilsaxaroza (S<sub>38</sub>N<sub>46</sub>N<sub>8</sub>O<sub>11</sub>) kabi suyuqliklarni keltirish mumkin. Elektr maydoni ta'siriga chidamli,

o'zida elektr quvvatini juda kam isrof etadigan sintetik uglevodorodli qutbsiz suyuqliklarga poliizobutilen, polibutilen va alkilbenzol misol bo'la oladi. Agar kondensatorning qog'oz izolyasiyasi poliizobutilenga shimdirilsa, kondensatorning zaryadlanish vaqti keskin ortadi.

Oqtol suyuqligining zichligi  $860-875 \text{ kg/m}^3$ , alanganish harorati  $138-165 \text{ }^\circ\text{S}$ , dielektrik xosalari:  $\epsilon_r = 2,2-2,3$ ;  $\text{tg } \delta = 10^{-4}-10^{-3}$ . Bu suyuqliklar asosida tayyorlangan qog'ozli kondensatorning nisbatan xizmat muddati 1,8-2,3 barobar yuqoridir. Oqtolning vazelin bilan aralashmasi qog'ozli kondensatorlarda qo'llanilganda kondensatorning xizmat muddati boshqa shimdirilgan suqlik kondensatorlarga nisbatan 20-40 barobar yuqori bo'ladi.

## 14-MA'RUZA

### Qattiq jism lazerlari uchun materiallar.

Lazer nurlarining intensivligi juda katta bo'lgani uchun muhitning sindirish koeffitsiyentining yorug'likning intensivligiga bog'liq ravishda uzgaradi, optik qopunlar uzgaradi, bu esa akademik R. P. Xoxlovning ilmiy maktabi vujudga keltirgan noxiziq optika fanidir. Lazer nurlari uchun koherent bulgani tufayli buyumlar haqidagi axborot tula va hajmiy ravishda yoziladigan buldi, bu esa golografiya fanining rivojlanishiga va yaratilishiga sabab buldi.

Xozirgi lazerlar uzluksiz va impulsli rejimlarda ishlay oladi. Hozir olimlar femtosekund diapazonidagi yorug'lik impulsini kuzatmoqdalar (eslatib o'tamiz  $1 \text{ fs} = 10^{-15} \text{ s}$ ). Har yili yangi lazerlar, ular uchun yangi aktiv moddalar yaratilmokda. Navbatda rentgen diapazonida ishlaydigan kvant generatorlarini yaratish turibdi.

Lazer nurlarini kullanish sohalari yildan-yilga kengayib bormokda. Lazer asboblari yordamida metallarga ishlov berish, metallarni yo'nish, teshik ochish, payvandlash kabi ishlar bajarilayotir. Lazerlardan alokada, kurilishda, kishlok xo'jaligida, madaniyat sohasida, hisoblash mashinasini mukammalhlashirishda, tunnellar qazishda, koinotni zabt etishda, geologiyada, geodeziyada, ximiyada, biologiyada, tibbiyotda va turli sohalarda foydalanilmoqda.

Fan va texnikani jadallashtirishda lazer nurlari hal qiluvchi vazifalarni bajaradi. Shu sababli lazer fizikasini o'rganish va lazer asbobi bilan ishlay bilish hozirgi zamonning talabidir.

Lazer – yo'naltirilgan, energiya zichligi katta optik koherent nurlanish manbaidir. Lazerlarning ishlash tamoyili juda katta miqdordagi atomlar (yoki molekullar) ning tashqi elektromagnit maydon ta'sirida yo'nalishi va chastotasi mos elektromagnit to'lqinlarni bir vaqtda chiqarishga asoslangan.

Qattiq dielektrikli lazerlarning asosiy elementi (ishchi qismi) optik rezonator va optik jamlagich tizimi hisoblanadi. Aktiv muhit sifatida kristall yoki shihsasimon, aktiv ionlar (lyuminessensiya aktivatorlari) tekis taqsimlangan matrini, molekullarini yoki itta ishlatiladi.

**Damlash.** Modda atomlari ionlarini pastda joylashgan asosiy energetik sath  $E_1$  dan yukorida joylashgan energetik sath  $E_2$  ga ko'chirishga yoki moddada inversion ko'chganlikni ta'minlaydigan tashqi energiyaga damlash deyiladi. Inversion ko'chganlik deb, modda zarrachalarining uygongan soni uygonmagan zarrachalarning sonidan katta bulishligiga, ya'ni  $N_2 > N_1$  tengsizlikka aytiladi. Inversion ko'chganlik hosil qilingan moddani aktiv modda deb ham ataydilar, ushanday aktiv moddada majburiy nurlanish va erug'likning kuchayishi kuzatiladi.

Agar moddaning faqat ikki energetik sathi bo'lsa u moddada inversion ko'chganlikni hosil qilib bo'lmaydi, shu jumladan damlash yo'li bilan ham hosil qilib bo'lmaydi. Ikki energetik sathli modda asosida ishlaydigan lazer asbobi ham yo'q, chunki bunday aktiv modda mavjud emas. Ikki energetik sathli modda modelida atigi  $N_2 = N_1$  tenglikni yaratish mumkin xolos. Inversiya hosil qilish uchun moddalar eng kamida uch yoki to'rt energetik sathli sxema asosida ishlaydigan bo'lishi zarur. Uch energetik sathli aktiv moddalarga yo'qut (rubin) kristalli va turt energetik sathli aktiv moddalarga esa itriy—alyuminiy granati, neodim shihsasi kabi moddalar misol bo'la oladi. Usha moddalarda inversion ko'chganlik optik damlash usuli bilan hosil qilinadi.

Gaz moddalarida inversion ko'chganlikni bevosita gazlar orqali elektr tokini o'tkazish yo'li bilan hosil qilinadi. Gazlarda optik damlashning samarasi past, chunki

gazlarning bosimi past va aktiv markazlarning konsentratsiyasi kichikdir. Gazlarda inversion kuchirishni elektronlar dastasi yoki elektr toki yordamida hosil qilish maqsadga muvofiqdir. Bu xil damlashga elektrik damlash deyiladi. Demak, moddalarning agregat holatlariga ko'ra invers ko'chganlikni hosil qilish usullari optik va elektrik damlashlarga bo'linadi.

Lazer generatsiyasining eng muhim xarakteristikalaridan biri generatsiya intensivligining vaqtga bog'liq holda o'zgarishidir. Lazer nurlanishi mavjudligini aniqlashning eng oddiy usullaridan biri rezonatoridan chiqib tarqalayotgan yorug'lik intensivligining vaqtga bog'liq holda o'zgarishini qayd qilishdan va kuzatishdan iborat. Generatsiya intensivligining vaqt oraliqida qayd qilinishi va kuzatilishi lazer nurlanishining kinetikasini tashkil etadi. Generatsiya intensivligining vaqtga bog'liq ravishda o'zgarishi yoki vaqt o'tishi bilan lazer nuri intensivligining o'zgarmasdan uzluksiz nurlanishi generatsiya rejimi nomi bilan yuritiladi va ba'zan generatsiyaning vaqt rejimi ham deb aytiladi.

Qattiq jism lazerlari impulsli yoki uzluksiz nurlanadigan lampalar yordamida ishga tushiriladi. Impulsli lampalar ma'lum vaqt oraliqida uzluksiz nur chiqaradi. Lampalardan tarqalayotgan yorug'likning damlash tezligi aktiv moddada inversiya hosil qiladi, kuchayish koeffitsientini yuqotish koeffitsientidan katta qilib lazer nurlanishini ta'minlaydi. Shuning uchun generatsiya optik damlashdan bir muncha vaqt o'tgandan keyinroq boshlanadi.

Tajriba deyarli barcha qattiq jism lazerlari nurlanishining intensivligi vaqtga bog'liq ravishda o'zgarishini ko'rsatadi. Generatsiya intensivligi tartibsiz va tartibli o'zgarishi mumkin. Lazer nurlanishi kinetikasida erkin generatsiya rejimi degan tushuncha ham mavjud. Erkin generatsiya rejimi, bu optik damlash qancha vaqt davom etsa, generatsiya nurlanishi ham ushancha davom etadigan generatsiyadir. Rezonator aslligi generatsiya davomida uzgarmasdan saqlansa, u lazer erkin generatsiya rejimiga ega bo'ladi. Lazerlar erkin generatsiyadan tashqari ulkan impulsli (monoimpulsli) rejimga ham ega.



## 15-MA'RUZA

### Magnit materiallar. Magnit materiallarning sinflanishi. Ferro- va ferrimagnitliklarning magnit xossalari.

#### Magnit kattaliklar, birliklari va moddalarning magnit xossalari.

Avtomatika, hisoblash va o'lov texnikasining elektromagnit qurilmalarida magnit elementiga ta'sir qilish sim o'ramidan o'tayotgan tokning magnit maydoni orqali yoki bevosita magnit maydon yordamida (masalan, ferrozonlarda) amalga oshiriladi. Bu magnit maydon o'zakka nisbatan tashqi bo'lib hisoblanadi.

Moddalarning magnit xossalari tabiatini o'rganishdan oldin, xalqaro birliklar tizimidagi (SI) magnit kattaliklar birliklarini eslatib o'tamiz.

I tokli chiziq o'tkazgichning tashqi magnit maydoni magnit maydon kuchlanganligi (A/m) bilan tavsiflanadi.

$$N=I/(2\pi r) \quad (5.1)$$

Bu erda, r-o'tkazgichdagi kuchlanganlik aniqlanadigan nuqttagacha bo'lgan masofa.

Agar tok o'ramlar soni  $\omega$  bo'lgan o'ramdan o'tayotgan bo'lsa, u magnitlovchi kuchni yoki magnit yurituvchi kuchni hosil qiladi.

$$F=I \cdot \omega \quad (5.2)$$

Agar bu o'ramlar ferromagnit o'zakka uning butun uzunlik l buyicha bir xil ko'ndalang kesim bilan o'ralgan bo'lsa (masalan, xalqali o'zakka), u holda o'zakdagi magnit maydon kuchlanganligi  $H=I \omega/l$  (5.3)

Magnitlovchi kuch ta'sirida magnit elementlarining o'zaklarida magnit oqimi F hosil qilinadi. Agar magnit oqimini  $\psi$  o'ramlar bilan o'ralgan o'zakdan o'tsa, u holda o'ramning qo'shma oqimi (V b)

$$\psi=F \omega \quad (5.4).$$

Kuchlanganlik bilan birgalikda magnit maydoni magnit induksiyasi kattaligi V (Tl) orqali tavsiflanadi va u tekis taqsimlangan maydon uchun quyidagicha ifodalanadi:  $V=F/S$  (5.5)

bu erda S- magnit oqimi o'tadigan maydon yuzasi.

Induktivlik (Gn) esa quyidagi ifoda orqali aniqlanadi :

$$L=\psi/I \quad (5.6)$$

Magnit doimiysi  $\mu_0$  (vakuumning magnit kirituvchanligi) vakuumda magnit induksiyasini magnit maydon kuchlanganligiga nisbati orqali aniqlanadi:

$$\mu_0=B/H \quad (5.7)$$

va u fizik doimiy bo'lib, son qiymati quyidagiga teng:

$$\mu_0=4\pi \cdot 10^{-7} \frac{B\delta}{m^2 A} \quad \text{yoki} \quad \frac{\Gamma_H}{m} .$$

Tashqi magnit maydon kuchlanganligi muhitning xossalari (moddaning xossalari) bog'liq bo'lmaydi. Magnit induksiyasi esa kuchlanganlik va muhitning (moddaning) xossalari orqali aniqlanadi va nisbiy magnit kirituvchanlik  $\mu$  (yoki sodda magnit kirituvchanlik) bilan tavsiflanadi. U moddaning kirituvchanligi vakuumning kirituvchanligiga nisbatan necha marta katta yoki kichik ekanligini ko'rsatadi. Muhit (modda) dagi magnit induksiya quyidagicha ifodalanadi:

$$V=\mu\mu_0H \quad (5.8).$$

Bu erda,  $\mu\mu_0 =\mu_a$  moddaning mutloq magnit kirituvchanligi.

Magnit xossalari ko'ra hamma moddalar diamagnitik, paramagnitik, ferromagnitik va antiferromagnitklarga bo'linadi.

Har xil moddalarning magnit xossalari tushunish uchun, ularni  $\mu$  qiymati bilan tavsiflanadi, xususan har xil turdagi elektromagnit elementlarining o'zaklarini tayyorlash uchun ishlatiladigan materiallar nazarda tutiladi. Eng avval qattiq jismlarning atom va kristall tuzilishini bilish kerak bo'ladi.

### Magnit materiallari va ularning xossalari.

Magnit materiallar sifatiga, texnik qiymatiga ko'ra ferromagnitik buyumlar va ferromagnitik kimyoviy birikmalardan (ferritlar) dan iborat.

Ferromagnetik - kristall buyum bo'lib, domenning natijaviy magnit momenti noldan farqli bo'ladi. Materialning magnit xossalari elektr zaryadlarining ichki yopiq hajmi orqali ifodalanib, neytral aylanma toklar orqali namoyon bo'ladi. Bunday aylanma toklarga elektr oqimi o'z o'qi bo'ylab aylanishi (elektronli, spontanli-energiyali) hamda atom orbitasi bo'ylab aylanadi.

Ferromagnetizmning namoyon bo'lishi Kyuri nuqtasiga, ya'ni haroratiga ham bog'liq bo'lib, Kyuri nuqtasidan past bo'lganda, kristall strukturaning ba'zi mikroskopik sohasi oralig'ida magnit domen deb atalish joylarida elektronlarning xususiy aylanishlari bir xil va bir yunalishda bo'lib qoladi. SHuning uchun jismlarning ferromagnit holatida o'z-o'zidan magnitlanishning tashqi magnit maydoni ta'sirisiz paydo bo'lishidir. Biroq alohida domenlarning yo'nalishi turlicha bo'lib, bunday magnit oqimning tashqi muhitdagi momenti nolga teng.

Ba'zi bir materiallarning domen o'lchamlari  $0.001-10 \text{ mm}^3$  (qo'shni qavatlar orasidagi 10-100 atomlar joylashgan joy uchun).

Ferromagnit materiallarida magnitlanish jarayonini magnitlanish egri chizig'i orqali kuzatish mumkin. (rasm-9,5 268 B. A-1).

Nisbiy magnit singdiruvchanlik magnit maydoni  $N$  va induksiya  $V$  orasidagi bog'lanishdan magnit doimiysini e'tiborga olingan holda topiladi.

Uni kelgusida magnit singdiruvchanlik deb yuritimiz  $R$  va  $0$  da **boshlang'ich singdiruvchanlik** deyilib, juda kuchsiz maydonda  $0.1 \text{ a/m}$  da kuzatiladi.

Katta ahamiyatga ega bo'lgan qiymat maksimal singdiruvchanlikka, ya'ni  $1$  ga intiladi.

Magnit singdiruvchanlik egri chiziqning nuqtasidagi magnit maydoni bo'yicha induksiyasining hosilasini e'tiborga olgan holda differensialiga o'tishlik deb ataladi.

O'zgaruvchan maydondagi ferromagnitlarning bog'lanishi **dinamik magnit o'tkazuvchanlik** deyilib, induksiyaning katta bo'lmagan qiymatiga mos keluvchi maydonning katta bo'lgan qiymatlari orqali ifodalanadi.

Ferromagnit materiallaridagi Kyuri haroratidan yuqori haroratda spantan magnitlanuvchi materiallarda magnitlanish to'xtaydi.

Ferromagnitlarni magnitlanishida magnit maydonda issiqlikning sarfi kuzatilib gisterezis isrof va dinamik isrof jarayoni kuzatiladi. Dinamik isrof uyurma toklarini keltirib chiqaradi. Uyurma toklaridagi isrof ferromagnitklarning qarshiligiga bog'liq. Ferromagnitklarning solishtirma qarshiligi katta bo'lsa uyurma toklari shunchalik kichik bo'ladi.

Magnit yumshoq materiallar yuqori magnit singdiruvchanlikka ega va ularda gisterezis kam isrofli bo'lib, asosan kam energiya isrofi talab qiladigan joylarda ishlatiladi. Transformatorlarda uyurma toklarini kamaytirish maqsadida solishtirma

qarshiligi kuchaytirilgan yumshok materiallar ishlatilib, ular alohida-alohida yupqa listlardan iborat magnit o'tkazgich shaklida bo'ladi. Temirdagi odatda ko'p bo'lmagan uglerod, oltingugurt, marganets, kremniy va boshqa elementlarning aralashmasi uning magnit xossalarini yomonlashtiradi. Texnik toza temir aralashma miqdori 0,08-0,11 gacha bo'lgan Martenov pechlarida tayyorlanadi.

Past uglerodli elektrotexnik po'lat listlari 0,2-0,4 mm qalinlikda tayyorlanib (0,04 % dan oshiq uglerod bo'lmagan 0,6 % dan kam boshqa aralashma) uning magnit singdiruvchanligi 3500-4500. Odatdagi toza temir 0,05 % aralashma bo'lib, ikkita murakkab yo'l bilan tayyorlanadi.

1. Elektr quyma temir-oltingugurt va xlorli-temir aralashmasidan elektroliz yo'li bilan olinadi.

2 Karbonilli temir pentakarbonilli temir bilan termik yo'l, ya'ni 200 °S harorat va 15 MPa bosim ostida uglerod oksidini temir bilan ta'sirlanishi orqali olinadi.

Kremniyli elektrotexnik po'lat ommaviy **iste'mol** materiali sifatida foydalanilib, kremniyni qo'shish yo'li bilan materialni oshirish orqali uyurma toklarini kamayishiga olib kelinadi. Po'lat tarkibidagi kremniyning miqdori uglerodni grafit ko'rinishida ajrab chiqishiga yoki zanglashiga ta'sir qiladi. Bu esa uning oshishini kamayishiga va gisterezis isrofini oshishiga olib keladi. Elektrotexnik po'lat strukturaviy tuzilishiga ko'ra bo'linadi va markalanadi:

a) strukturaviy bo'yicha bog'lanish sinfi buyicha;

1- issiqlik ostida izotopli;

2- sovuq izotopli;

b) Kremniyning tarkibi (ikkinchi sinf markazidagi)

1. 0- 0,4% gacha

2. 0,4 - 0,8% gacha

3. 0,8 - 1,8% gacha

4. 1,8 - 2,8% gacha

5. 2,8 - 3,8% gacha

6. 3,8 - 4,8% gacha

v) Normadagi tavsif asosida (markadagi uchinchi son)

0-1,7 TL f=50 Gs (R1,7/50) bo'lgan magnit induksiyali solishtirma qarshilik,

1-1,5 TL f=50 Gs (R1,5/50) bo'lgan magnit induksiyali solishtirma qarshilik,

2-1,0 TL f=400 Gs (R1,0/400) bo'lgan magnit induksiyali solishtirma qarshilik

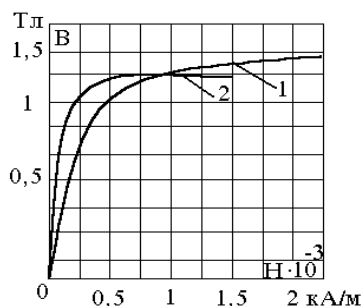
6-0,4 A/M (V0,4) kuchlanganlik maydoni ostidagi kuchsiz magnit maydonidagi magnit induksiya.

7-10 K/m (V10) kuchlanganlik maydoni ostidagi o'rta magnit maydonidagi magnit induksiya.

Po'lat 4 ta son bilan markalanib, 3ta son po'lat turini, 4 chi son po'lat turining tartibli nomerini bildiradi. Po'lat rulon list kesilgan lenta shaklida chiqariladi. List qalinligi 0,1-1 mm.

Permallar - po'lat va nikel qoplamasi bo'lib, kichik maydonda yuqori magnit singdiruvchanlikka ega bo'lib, yuqori nikel va quyi nikelga ajratiladi. Yuqori nikel permallar 70-83% Ni, quyi nikelli permallar 40-50% nikelga ega. Tavsiflovchi asos nikelning tarkibi bo'lib, maksimal magnit singdiruvchanlikka 78,5 % nikel ega bo'lgan qotishma.

Permallaarning markalanishi N-nikel K-kobalt M-marganets X-xrom S-kremniy P - gisterezis sirtmog'iga to'g'ri burchakli. Ular quyidagi hollarda qo'llaniladi:



1-Rasm. Elektrotexnik po'latning magnit maydonidagi kuchlanganlik bilan induksiya bollanishi

1 - 0,25 mm qalinlikdagi 1501-0

$N_s=1.8 \text{ a/m}$   $r_0=0.8 \text{ mkOm}$

45N-50N qotishmalar kichik gabaritli kuch transformatorlarida o'zagi drossel magnit zanjirining detallarini ishlashda.

50 NXS impuls transformatori o'zagi yuqori chastotali ovoq apparaturalarida. 79 NM, 80NXS, 76NXD kichik gabaritli transformator rele magnit ekran. Alsiferlar - po'lat, kremniy va alyuminiy qotishmasi bo'lib, 95% Si, 4.8% Al qolgani Fe .

Asosiy xossalari

$\mu_{rn} = 355000$   $\mu_{rmaks} = 120000$

Alsifer mo'rt bo'ladi, shuning uchun 2-3 mm qalinlikda quyish yo'li bilan magnit ekran asboblar qalin qilinadi.

Mo'rt bo'lganligi uchun kukun shaklida qilinib, po'lat asosida yuqori chastotali presslangan o'zak qilinadi.

### Bularga:

1 - qotishmalarda kuchlanganlik o'zgarsa ham magnit singdiruvchanlik o'zgarmaydi.

2 - qotishmalarning magnit singdiruvchanligi haroratga kuchli bog'liq.

3 - qotishmalar yuqori magnit strukturali bo'ladi.

4 - qotishmalar to'yinishda maxsus yuqori induksiyali bo'ladi.

Birinchi pershinvara deb ataluvchi qoplama 29.4 % Fe, 45% Ni, 25 % So va 0.6 % li Mn 1000<sup>0</sup> S da kuydirilib, 400<sup>0</sup>-500<sup>0</sup>S da sekin sovutiladi. 0,1 Tl induksiya, 250 A/M maydon kuchlanganligi, magnit singdiruvchanligi 300 doimiy qiymatini saqlay oladi. Lekin pershinvar haroratga sezgir texnik kuchlanishga ham etarli stabil emas.

**Izoterm deb ataluvchi qotishmaning magnit singdiruvchanligi esa 30-80 bo'lib, kuchlanganlik bir necha yuz marta o'zgarishida ham, uning qiymati sezilmas darajada o'zgaradi, xolos. 2 - guruhga Ni-Cu, Fe-Ni, Fe-Ni-Cr asosidagi qotishmalar kirib, harorat bilan bog'liq xatolik apparaturalarda kompensatsiyalash ishlarida qo'llaniladi. Magnit singdiruvchanlikning haroratga bog'liqligini aniqlab olish maqsadida ferromagnetiklar xossasidan foydalanib, induksiyani Kyuri nuqtasigacha kamaytiriladi. Bunday ferromagnetiklar uchun Kyuri nuqtasi 0-100<sup>0</sup> S oralg'ida joylashadi.**

Ni-Cu qoplamasida (30% mis) harorat bilan bog'liq xatolik -20<sup>0</sup>-+8<sup>0</sup> S oralg'ida kompensirovkalash (40%li mis ) 50<sup>0</sup> dan +10<sup>0</sup> S oralg'ida bo'ladi. Fe-Ni-Cr kompensatorlar keng qo'llanilib, qulayligi -70<sup>0</sup> - +70<sup>0</sup> S oralg'idadir.

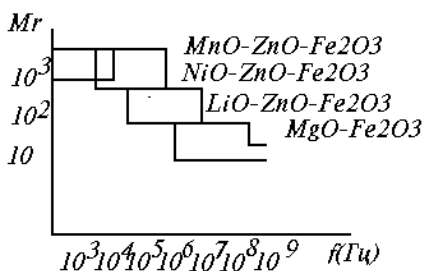
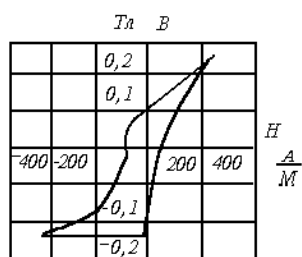
Uchinchi guruhga yuqori magnetikli qotishmalar Fe-Pt, Fe-Co, Fe-Al kirib, material namunaviy o'lash chiziqli o'zgarimas  $(40-120) \cdot 10^{-6}$  oralig'ida musbat bo'ladi.

4-chi guruhga temir kobalt qotishmalari kirib, ular 24 Tl dan yuqori induksiya to'yinishiga ega. 50-70 % So li qotishma permendyur deb yuritilib, qimmatbaholigi uchun dinamik reproduktorlar, otsillograf va boshqalarda ishlatiladi.

Ferritlar elektr o'tkazuvchanlikli magnet keramikasini tashkil etadi. Umumiy holda temir 10-11 marta ko'tariluvchi yuqori chastotaga va yuqori magnetli xossalarga ega bo'lganligi uchun kuchaytirilgan yuqori chastotalarda keng qo'llanilmokda.

Ferritlar temir oksidini hamda ikki valentli va bir valentli metall oksidlarining tizimini ifodalaydi.

Me - metalning 2 valentli simvoli.



YUqori magnet sindiruv-  
chanligi nikel rux  
ferritning gisterezis  
sirtmo<sup>2</sup>idagi bo'llanishi

Turli chastotadagi  
ferritlarning qo'llanilishi

Ferritlarni tayyorlash texnologiyasida ferritli poroshoklarga qizdirilgan temir oksidlarini qo'shib aralashtiriladi. Polivilin spirt (plas-tifikator) qo'shib, press yordamida kerakli shaklga keltiriladi. Keyin kerakli haroratda toblanadi, jarayon havoda bo'ladi. Pech bo'lsa qisman vodorod qoldig'ini

yoki maxsulotlarda oksidlarning qisman tiklanishini yaratadi. Bu esa magnet isrofini oshiradi. Ferritlar qattiq va mo'rt bo'ladi.

YUmshoq magnetli ferritlar yuqoridagi bog'lanishdan ko'rinib turibdiki, yuqori magnet induksiya 0.3 Tl ga kichik koeffitsientli kuch 16 A/m bo'lganda erishadi. YUqori qiymatlarda ferrit katta isrofga ega bo'ladi.

Ferritning nisbiy dielektrik o'tkazuvchanligi yuqori bo'lib, o'zining tarkibiga bog'liq chastotasi o'sishi bilan dielektrik singdiruvchanligi pasayadi.

Magnet dielektriklar turli xil magnet materiallardan biri bo'lib, ular yuqori chastotalar uchun mo'ljallangan va yuqori solishtirma elektr qarshilikka, kichik magnet isrofga ega.

Magnet dielektriklar ferromagnet kukun organik yoki noorganik bog'lovchilar bilan bir-biridan izolyasiyalangan bo'lakni presslab tayyorlanadi.

Asosi: Karbonitli temir, tuyulgan alsifer va boshqa izolyasiyalovchi bog'lovchi smola, polisterol oyna, karbonil temirli o'zak yuqori stabilligi va kam isrofligi bilan ajralib turadi.

Magnet singdiruvchanligini magnet dielektriklar tashqi magnet maydoni bilan boshqarib bo'lmaydi.

## 16-MA'RUZA

### Ferrimagnitlarning xususiyatlari. Magnit materiallar o'zgaruvchan maydonda.

#### Magnit o'zakli yuqori chastota g'altaklari

G'altakda magnit o'zaklar ishlatish berilgan induktivlikni olish uchun o'ramlar sonini kamaytirishga hamda induktivlik miqdorini oz oraliqda tekis o'zgartirishga, ya'ni sozlashga imkon beradi.

Tarkibida temir bo'lgan moddaning mayda zarrachalarini dielektrik bilan qo'shib presslangan birikma (magnit-dielektrik) o'zak sifatida keng ishlatiladi.

Metall zarrachalari bir-biridan izolyasiyalanganligi uchun o'zakdagi uyurma toklar hisobiga bo'ladigan yo'qotilishlar keskin kamayadi. Radio qabul qiluvchi apparaturada magnitli o'zaklar sifatida magnetit, alsifer va karbonil temirlari keng qo'llaniladi. Magnetit maydalangan temir rudasni bakelit loki bilan presslab olinadi. Alsifer maydalangan alyuminiy, kremniy va temirning bog'lovchi dielektrik, masalan, bakelit yoki stirol bilan qotishmasidan iborat. Karbonil temir maydalangan temir kukunini bog'lovchi dielektrik bilan presslab olinadi.

Hozirgi vaqtda maxsus magnit-dielektrik — ferritdan qilingan o'zaklar ko'p ishlatilmoqda. Ferrit boshqa magnit materiallarga qaraganda juda katta solishtirma qarshilikka ega bo'lib, magnit xususiyati: ancha yuqoridir. Bu, simni bevosita karkassiz o'zakning o'ziga o'rashga imkon beradi, natijada g'altakning tuzilishi soddalashadi.

O'zaklarning shakli har xil bo'lishi mumkin. 1-a, b, v rasmda elektron qurilmalarda ishlatiladigan magnitli o'zaklarning turli xillari ko'rsatilgan.

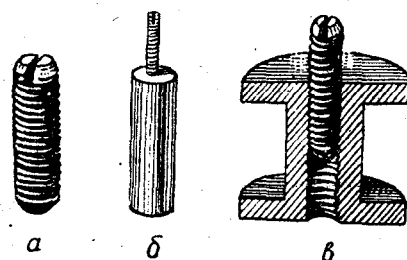
Qisqa va ultraqisqa to'lqinli g'altaklarni sozlashda magnit bo'lmagan materiallar — mis va latundan bo'lgan o'zaklar ishlatiladi. Bu xildagi o'zaklar kiritilganda g'altakning induktivligi kamayadi.

#### Ekranlangan g'altaklar

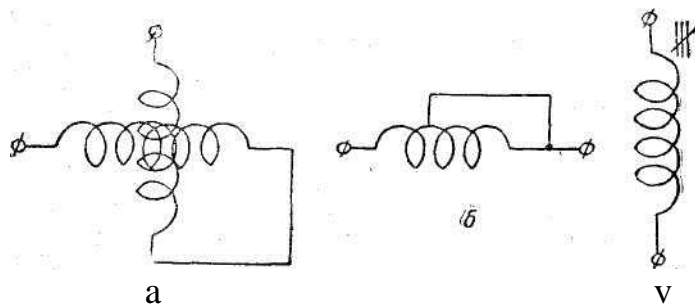
G'altakda tashqi elektromagnit maydonning mavjudligi sxemaning boshqa elementlari bilan o'rinsiz induktivlik ta'siriga olib kelishi mumkin. Bunday «parazit» aloqalar elektron qurilmalarning normal ishlashini buzadi. Bu ta'sirlarni yo'qotish uchun g'altaklar ekranlanadi, ya'ni ular berk metall ekran ichiga joylashtiriladi. Ekranlar misdan yoki alyuminiydan tayyorlanadi va yumaloq yoki to'g'ri to'rt burchakli stakan shaklida bo'ladi. Ekran bo'lishi g'altakning asosiy parametrlarini o'zgarishiga olib keladi; g'altakning induktivligi kamayib, o'ziga xos sig'imi ko'payadi. Ekran g'altakka qancha yaqin joylashgan bo'lsa, g'altak parametrlarining o'zgarishi shuncha ko'p bo'ladi. SHuni esda tutish kerakki, ekranlangan g'altak tebranish konturlarini sozlashda ekran albatta kiritilgan bo'lishi kerak, chunki ekran sozlangandan keyin kiritilsa, konturning o'ziga xos chastotasi bir oz o'zgaradi.

#### O'zgaruvchan induktivlik g'altaklar (variometrlar)

O'zgaruvchan induktivlik g'altaklar tebranish konturlarini keng chastotalar oralig'ida tekis sozlash uchun ishlatiladi. G'altakniig induktivligini bir necha usullar bilan: bir-biriga ketma-ket ulangan g'altaklarning o'zaro induksiyasini o'zgartirish



1-rasm. Yuqori chastota g'altaklarida ishlatiladigan maanitli o'zaklarnina



**2-rasm. Variometr sxemalari.**

**a-o‘zaro induksiyali; b-o‘ram sonlari o‘zgaruvchan; v — magnit o‘zakli.**

(2-a rasm), g‘altakdagi o‘ramlar sonini o‘zgartirish (2-b rasm) va g‘altakka magnit o‘zagi kiritish (2-v rasm) bilan o‘zgartirish mumkin. Oldingi ikki usul radiouzatuvchi qurilmalarda, uchinchi usul esa radio qabul qiluvchi qurilmalarda ishlatiladi.

O‘zaro induksiyali variometr ikkita silindr g‘altak tarzida yasalgan bo‘lib, ulardan biri ikkinchisining ichida aylanishi mumkin. Harakatlanuvchi (aylanuvchi) g‘altak — rotor, harakatlanmaydigani esa stator deyiladi.

O‘ramlar soni o‘zgaruvchan variometrlarda g‘altak o‘ramlari qo‘zg‘almas sopol karkasga o‘raladi. G‘altak o‘ramlari bilan elektrik kontakt sozlash bandi bilan bog‘langan metall rolik yordamida amalga oshiriladi. Band aylantirilganda rolik o‘ramlar ustida yuradi, natijada g‘altakning induktivligi tekis o‘zgaradi.

Magnit o‘zakli variometr (ferrovariometr) silindr g‘altak va uning ichida harakatlanuvchi o‘zakdan iborat. O‘zak sifatida alsifer yoki ferrit ishlatiladi.

Variometrning ko‘rsatilgan turlari ichida o‘ramlar soni o‘zgaruvchan variometr eng yuqori sifatlilikka ega, shu bilan birga, sifatlilik miqdori to‘lqinlar oralig‘ida kam o‘zgaradi. Bunday variometrlar induktivligi keng oraliqda o‘zgarishi lozim bo‘lgan o‘zatkichlarning antenna konturlarida ishlatiladi.

### **Po‘lat o‘zakli past chastota g‘altaklari**

Elektron qurilmalarda katta induktivlik zarur bo‘lgan hollarda po‘lat o‘zakli g‘altaklar ishlatiladi. Maxsus elektrotexnik po‘latdan yasalgan o‘zak kiritish g‘altakning induktivligini bir necha marta oshiradi va o‘lchamlarini keskin kamaytirishga imkon beradi.

Po‘lat o‘zakli g‘altak o‘ramlari sonini quyidagi formula bilan aniqlash mumkin:

$$\omega = 450 \sqrt{\frac{Ll_c}{S}} \quad (5.18)$$

bunda  $\omega$  — o‘ramlar soni;

L — induktivlik;

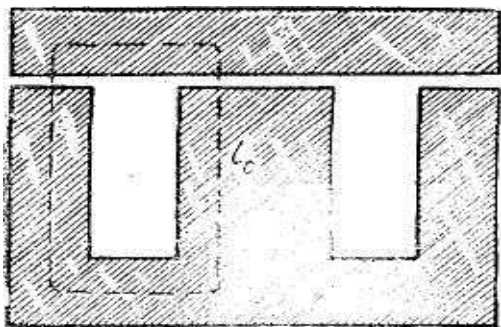
$l_c$  — magnit yo‘lining uzunligi;

S — o‘zakning kesim yuzi.

«SH» shaklli o‘zak magnit yo‘lining uzunligi 3-rasmda ko‘rsatilgan. O‘zak kesim yuzining ortishi bilan ma‘lum induktivlikni olish uchun zarur bo‘lgan o‘ramlar sonining kamayishi yuqoridagi formuladan ko‘rinib turibdi.

Uyurma toklar tufayli bo‘ladigan yo‘qotilishlarni kamaytirish uchun o‘zaklar bir-biridan izolyasiyalangan ayrim plastinkalardan yig‘iladi.

O‘zgaruvchan tok zanjiriga ulanadigan g‘altakning o‘zaklari berk qilib tutashtiriladi. Agar g‘altak o‘zgaruvchan va o‘zgarmas



3-расм. “III” shaklli o‘zak magnet yo‘lining uzunligi

qismlardan iborat pulslanuvchi tok zanjiriga ulanadigan bo‘lsa, o‘zakda magnitsiz oralik qoldiriladi. Buni shunday tushuntirish mumkin: tokning o‘zgarmas qismlari mavjud bo‘lganda (doimiy magnitlanish), g‘altakning induktivligi kamayadi va zarur bo‘lgan induktivlik miqdorini olish uchun o‘zakning kesimini kattalashtirish kerak bo‘ladi. Magnitsiz oraliqning bo‘lishi magnet oqimiga bo‘lgan qarshilikni ko‘paytiradi, bu esa o‘zakning doimiy magnitlanish darajasini kamaytiradi. Po‘lat o‘zakli g‘altaklar asosan ovoz chastota generatorining tebranish kontur elementida va ta‘minlash zanjirlarida filtr drosseli sifatida ishlatiladi.

### 5.5. Induktivlik g‘altaklari

Induktivlik g‘altaklari elektron qurilmalarda tebranish konturining elementi, aloqa elementi, yuqori va past chastota drosseli va boshqa funksiyalarda ishlatiladi.

Kontur g‘altaklarining xususiyati quyidagi asosiy ko‘rsatkichlar: induktivlik miqdori, sifatligi, o‘ziga xos sig‘im miqdori, mexanik mustahkamligi va o‘lchamlari bilan aniqlanadi.

Kontur g‘altaklarining induktivlik miqdori qurilma ishlaydigan to‘lqinlar oralig‘i bilan aniqlanadi. O‘rta to‘lqinli g‘altaklarning induktivligi bir necha yuz mikrogenri, qisqa to‘lqinli g‘altaklarda — bir necha o‘n mikrogenri, ultraqisqa to‘lqinli g‘altaklarda esa bir mikrogenri va uning o‘ndan bir qismlaricha bo‘ladi.

G‘altakning sifatligi uning reaktiv qarshiligani simning aktiv qarshiligiga, ya‘ni undagi yo‘qotilishiga nisbati bilan aniqlanadi.

Sim o‘ramlaridagi yo‘qotilishlardan tashqari, dielektrikda (karkas materialida va simlarning izolyasiyasida) hamda metall o‘zak va yaqin o‘rnatilgan ekranlarda ham ma‘lum yo‘qotishlar bo‘ladi.

Hozirgi zamon elektron qurilmalarda ishlatiladigan kichik va o‘rta o‘lchamli kontur g‘altaklarining sifatligi 80 dan 250 gacha bo‘ladi.

G‘altakning o‘ziga xos sig‘imi uning ayrim o‘ramlaridagi sig‘imlar hisobiga hosil bo‘lib, unga parallel ulangan ekvivalent sig‘im sifatida ko‘rsatilgan bo‘lishi mumkin. G‘altakning o‘ziga xos sig‘imini yo‘qotib bo‘lmaydi, biroq uning miqdorini har taraflama kamaytirish lozim. G‘altakning o‘ziga xos sig‘imi mavjudligi, uning parametrlarini o‘zgartirishga va sifatini pasaytirishga olib keladi. O‘ramlar soni va o‘rash usuliga qarab g‘altakning o‘ziga xos sig‘imi 1-10 pikofaradagacha bo‘ladi.

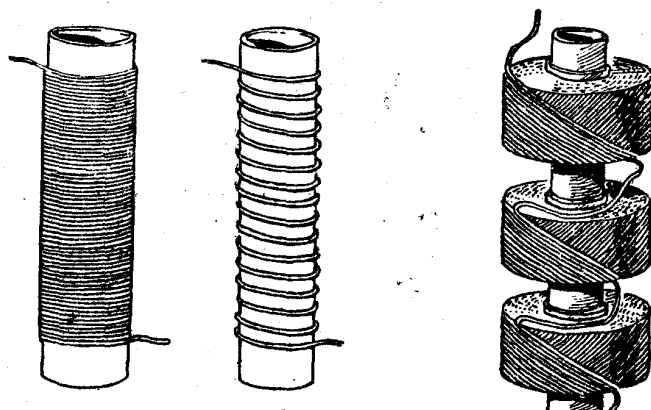
Harorat o‘zgarganda g‘altak parametrlarining turg‘unligini oshirish uchun karkas maxsus materialdan tayyorlanadi va maxsus o‘rash usullari qo‘llaniladi.

Ba‘zi muhim qurilmalarda g‘altakni namdan saqlashning eng mukammal usuli — germetiklash usuli qo‘llaniladi. Namning ta‘sirini kamaytirish uchun g‘altak karkaslariga serezin, polistirol va boshqa moddalar shimdiriladi.



Karkas g'altakning mexanik jihatdan mustahkamligini oshirishga xizmat qiladi. Karkas materiali yuqori pishqlikdan tashqari, dielektrikdagi yo'qotilishning kam miqdorda bo'lishini ta'minlashi kerak.

Radiopriyomnik qurilmalar va kam quvvatli uzatkichlarda ishlatiladigan g'altaklarning simlari getinaks, bakelit, mulita yoki ultrachinni karkaslarga o'raladi. Ko'p quvvatli uzatkichlarda yuqori sifatli izolyasiyalovchi materialdan bo'lgan tarog'li yog'och karkaslar ishlatiladi. Ba'zan g'altaklar karkassiz ham bo'ladi.



4-rasm. Cho'lg'am xillari:  
a-sidirg'a o'ralgan: b-qatlamli

5-rasm. Universal  
o'ramli g'altak

**CHO'lg'am xillari.** CHO'lg'amlar bir qatlamli va ko'p qatlamli bo'ladi. Bir qatlamli cho'lg'am o'ramlarning g'altak karkasiga bir qatlam qilib joylashtiriladi. Simlar bir-biridan faqat ustidagi izolyasiyasi bilan ajratilib, zich o'ralsa, sidirg'a chulg'am hosil bo'ladi (4-a rasm); simlar bir-biridan ma'lum masofada o'ralsa, «qadamli» chulg'am hosil bo'ladi (4-b rasm).

«Qadam»li cho'lg'am yuqori sifatlilik va kam miqdorli o'ziga xos sig'im olishga imkon beradi, biroq induktivligi 10—20 mkgn dan oshiq bo'lgan g'altak tayyorlashda uning o'lchami haddan tashqari katta bo'lib ketadi. SHuning uchun «qadam»li o'ralgan bir qatlamli g'altaklar qisqa va ultraqisqa to'lqinlarda ishlatiladi. Sidirg'a o'rash usuli qo'llanilsa, birmuncha katta induktivlikka (200—300 mkgn gacha) ega bo'lgan, g'altak hosil qilish mumkin.

Sxemalarda yuqori induktivlik g'altagini ishlatish lozim bo'lganda ko'p qatlamli o'rash usuli qo'llaniladi. Bu usul oddiy yoki murakkab bo'lishi mumkin. Oddiy usul odatdagi qatorlab o'rash usuli bo'lib, bunda o'ramlar birin-ketin qator qilib o'raladi. SHuningdek, oddiy o'rash usuliga tartibsiz «to'plam» qilib o'rash usuli ham kiradi. Bunday chulg'amlar g'altakning yuqori sifatlilikini va sig'imning kam bo'lishini ta'minlay olmaydi. SHuningdek uchun oddiy o'rash yuqori chastota drossellar va boshqa g'altaklarni tayyorlashda ishlatiladi. Bu drossel va g'altaklarda yuqorida ko'rsatilgan kamchiliklar muhim o'rin o'ynamaydi.

Oddiy usulda o'ralgan, seksiyalarga bo'lingan ko'p qatlamli g'altaklarni ishlatish o'ziga xos sig'imni bir oz kamaytirishga va sifatni oshirishga imkon beradi.

Ko'p qatlamli murakkab universal o'rash usuli eng mukammallashgan usul hisoblanadi. Bu usulda o'ramlar o'zaro parallel joylashtirilmay, balki g'altakniig boshidan ikkinchi boshiga tomon almashtirib o'raladi (5-rasm). Uramlarni bunday

joylashtirish g'altakning o'ziga xos sig'imini anchagina kamaytirishga va uning mexanik jihatdan mustahkamligini oshirishga imkon beradi.

### **Past chastota transformatorlar.**

Past chastota transformatorlariga past chastota kuchaytirgichlarining kirish, lampalararo va chiqish transformatorlari, o'zatkichlardagi modulyasiya transformatorlari va boshqalar kiradi.

Kuchlanish va o'zgarmas chastotali (odatda 50 Gs) tokni o'zgartiruvchi kuch transformatoridan farqli ravishda past chastota transformatorlari ovoz chastotalari oralig'ida ishlaydi. Bu farq hamda sxemaga maxsus ulash past chastota transformatorini tuzilishi bo'yicha kuch transformatoridan farqlanishga olib keladi.

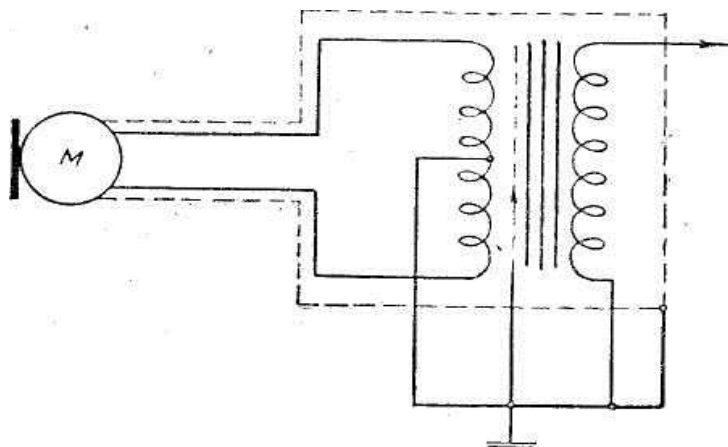
Past chastota kuchaytirgichlaridagi kirish transformatorlari ovoz chastotasi kuchlanishini birinchi kaskadning normal ishlashiga zarur bo'lgan miqdorgacha kuchaytirib beradi. Kirish transformatorlari odatda juda kam kuchlanishni kuchaytirish uchun mo'ljallangan mikrofonli kuchaytirgichlarda ishlatiladi. Kirish transformatorlariga qo'yiladigan muhim talablar: 1) transformatsiyalash koeffitsientining keltirilgan kuchlanish chastotasiga oz bog'liqlik; 2) kuchlanishning maksimal kuchaytirish; 3) tashqi elektromagnit maydoniga kam sezgirliklardan iborat.

Birinchi talabni bajarish uchun chulg'am o'ramlarining soni va o'zakning kesimi orasidagi nisbatni to'g'ri tanlash kerak; bu hisoblash yo'li bilan aniqlanadi. Bundan tashqari, transformatorning tuzilishi magnit kuch chiziqlarining ko'p qismi o'zak orqali va oz qismi esa havo orqali o'tishini ta'minlashi, ya'ni; transformatorning tarqalish induktivligi juda kam bo'lishi: kerak.

CHulg'amlarga ulangan simlarni tashqi magnit maydonidan saqlash uchun ular ekranlanadi; kirish transformatori magnitli materialdan bo'lgan ekranga joylashtiriladi. Transformatorning birlamchi chulg'ami erga nisbatan simmetrik qilinadi, ya'ni bir-biriga ketma-ket ulangan bir xildagi ikkita yarim chulg'amdan iborat bo'ladi va ularning o'rta nuhtasi erga ulanadi (6-rasm). Simmetrik chulg'am transformatorning birlamchi chulg'amini mikrofoi bilan tutashtiruvchi simga ta'sir qiladigan keraksiz «to'g'rilash» ta'sirini kamaytiradi. O'zak sifatida transformator po'latidan bo'lgan plastinkalar ishlatish mumkin, biroq yuqori magnit xususiyatli permalloy ishlatish yaxshi natija beradi. Permalloy o'zakli transformatorlar ixcham bo'lishi bilan birga yaxshi elektr ko'rsatkichlarga ega.

Lampalararo transformatorlar transformatorli past chastotali kuchlanish kuchaytirgichlarida lampa nagruzkasi sifatida ishlatiladi. Lampalararo transformatorning ulanish sxemasi 7-rasmida ko'rsatilgan. Sxemadan ko'rinib turibdiki, transformator chulg'amlariga anodni ta'minlaydigan manba kuchlanishi miqdoriga teng o'zgarmas kuchlanish ulan-gan. Bu chulg'amlararo izolyasiyaning sifatli bo'lishini talab qiladi.

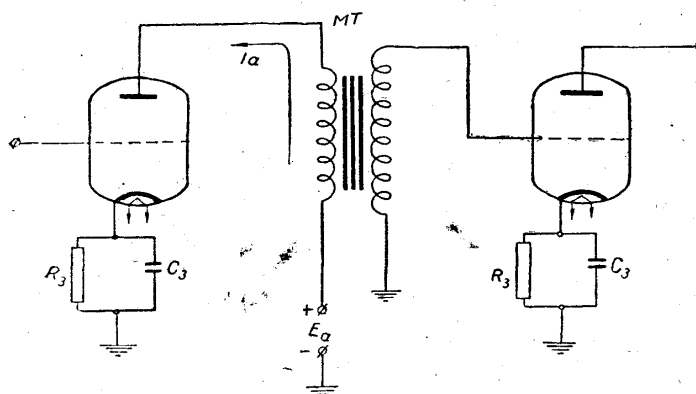
Transformatorning o'ziga xos sig'imini kamaytirish uchun uning chulg'amlari ko'pincha seksiyalarga bo'linib tayyorlanadi.



**6-rasm. Simmetrik chulg'amli kirish transformatorining sxemasi.**

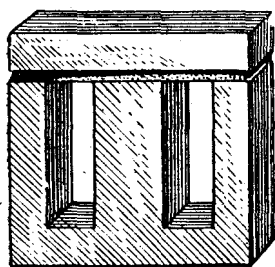
Lampalararo transformatorning birlamchi chulg'ami orqali lampaning pulslanuvchi anod toki o'tadi. Tokning o'zgarma qismi o'zakning magnitlanishini vujudga keltiradi. Doimiy magnitlanish ta'sirini kamaytirish uchun o'zakni yig'ish vaqtida unda magnitsiz oraliq qoldiriladi. Bu magnitsiz oraliq o'zgarma magnit oqimiga katta qartshilik tug'diradi. Bu holda o'zak plastinkalari «qopqoq» qilib emas, balki bir tomonga qaratib yig'iladi. Plastinkalar bilan kashaklar orasiga zarur qalinlikdagi qog'oz yoki karton qo'yiladi (8-rasm),

Chiqish transformatorlari nagruzka qarshiligi bilan past chastotali quvvat kuchaytirgich lampaning anod zanjiridagi qarshilikni moslashtirish uchun xizmat qiladi. Ma'lumki, lampali kuchaytirgichlar ichki qarshilik bilan nagruzka qarshiligi orasida aniq bir munosabat bo'lgandagina nagruzkaga eng ko'p quvvat beradi. Nagruzkani anod zanjiriga bevosita ulaganda yuqorida ko'rsatilgan munosabat ko'pincha bajarilmaydi. Masalan kuchaytirgichning nagruzkasi dinamik radiokarnay bo'lsa, uning ovoz g'altagi qarshiligi om birligidan oshmaydi; oxirgi kaskaddagi lampa anod zanjirining qarshiligi esa yuzlarcha k Om bo'ladi. Ovoz g'altagi avod zanjiriga bevosita ulansa, radiokarnaydagi foydali quvvatning miqdori, oz bo'ladi. Nagruzka bilai anod zanjirini bir-biriga moslash uchun sxemaga chiqish trans formatori kiritiladi. Bunda transformatorning bizga ma'lum



**7-rasm. Lampalararo transformatorning ulanish sxemasi.**

bo'lgan qarshilik miqdorini o'zgartirish xususiyatidan foydalaniladi. Odatda nagruzka qarshiligi lampaning anod zanjiri qarshiligidan ko'p marta kam bo'ladi. Demak, moslash uchun miqdori 1 dan katta bo'lgan transformatsiya koeffitsientli va chiqish transformatori pasaytiruvchi bo'lishi



8-rasm. Оралиқли (зазорли) ўзак

lozim. Chiqish transformatorlari tuzilishi bo'yicha lampalararo transformatoridan farq qilmaydi, biroq ularning o'lchamlari katta bo'ladi.

Modulyasiya transformatorlari uzatkichlar modulyatorlarida ishlatiladi. Ular aslida past chastota kuchaytirgichlarining chiqish transformatoridan farq qilmaydi, lekin modulyasiyalanuvchi generatorning anod yoki to'r zanjiri ular uchun nagruzka hisoblanadi.

### **Avtotransformatorlar**

Avtotransformator transformator kabi o'zgaruvchan kuchlanish va tok miqdorini o'zgartirish uchun ishlatiladi. Avtotransformatorning transformatoridan farqi shuki, unda bitta chulg'am bo'lib, bir yoki bir necha oraliq chiqish uchlari chiqarilgan bo'ladi. 9-a rasmda pasaytiruvchi avtotransformatorning sxemasi ko'rsatilgan.

Kirish (tarmoq) kuchlanishi ( $U_1$ ) 1—1 klemmalariga ulanadi. Nagruzka 2—2 klemmalariga, ya'ni umumiy chulg'am o'ramlarining bir qismiga ulanadi. 2—2 nuqtalar orasidagi o'ramlar soni umumiy o'ramlar sonidan qancha marta kam bo'lsa, nagruzkaga keltiriladigan kuchlanishning miqdori tarmoq kuchlanishiga qaraganda shuncha marta kam bo'ladi, ya'ni:

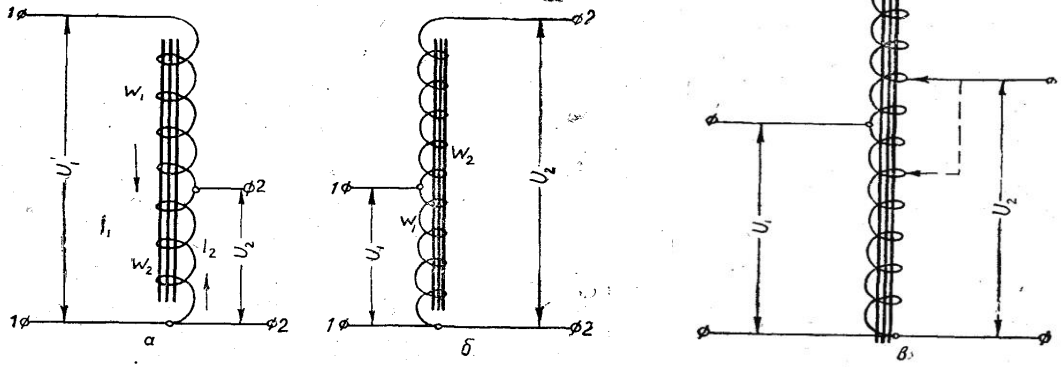
$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = n \quad (5.19)$$

bunda  $n$  — transformatsiya koeffitsienti.

Bu nisbat transformator uchun ham to'g'ridir. Avtotransformatorning transformatoridan muhim farqi shuki, unda chulg'amning nagruzkaga ulangan qismidan ikki xil tok: tarmoqdan iste'mol qilinuvchi tok ( $I_1$ ) va induksiyalangan tok ( $I_2$ ) o'tadi. Elektromagnit induksiya qonuniga muvofiq, bu toklar qarama-qarshi tomonga oqadi va ayirma tok ( $I_2 - I_1$ ) transformatorning ikkilamchi chulg'amdagi tok miqdoriga qaraganda kam bo'ladi. Bu, chulg'amning bir qismini kichik kesimli simdan o'rashga, shu yo'l bilan misni tejashga imkon beradi. Avtotransformatorning bu afzalligiga transformatsiya koeffitsienti kichik bo'lsagina erishish mumkin. Masalan, agar  $\pi \sim 2$  bo'lsa, sim 50%,  $n=10$  bo'lganda esa faqat 10% tejaladi. SHuning uchun avtotransformatorlar kuchlanish miqdorini kam oraliqda o'zgartirish kerak bo'lgandagina ishlatiladi.

9-b rasmda kuchaytiruvchi avtotransformator, 9-v rasmda zsa transformatsiya koeffitsienti o'zgaruvchan avtotransformator ko'rsatilgan. Bunday avtotransformatorlar ma'lum oraliqda o'zgarib turadigan tarmoq kuchlanishi miqdorini doimo bir xilda ushlab turish lozim bo'lganda ishlatiladi.

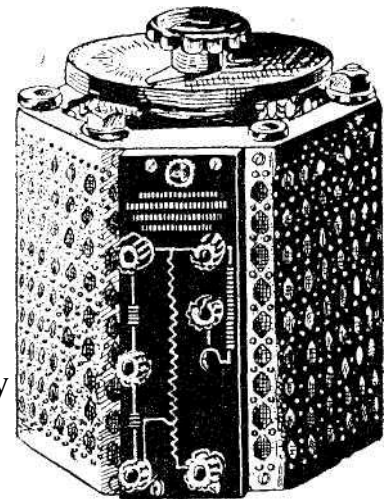
SHuni eslatib o'tish kerakki, avtotransformatorning chulg'amini erga ulash mumkin emas, chunki u elektr tarmog'i bilan bevosita ulangan bo'ladi. Avtotransformator tuzilishi bo'yicha



**9-rasm. Avtotransformatorlarning sxemasi: a-pasaytiruvchi: b-kuchaytiruvchi: v-transformatsiya koeffitsienti o'zgaruvchan.**

kuch Transformatoridan farq qilmaydi. Avtotransformatorning chiqish kuchlanishini rostlash uchun uning korpusida tutqich bor; ba'zan korpusga nazorat voltmetri ham joylashtiriladi.

Quchlanishni tekis rostlash uchun chulg'am toroidal o'zakka joylashtiriladi. Chulg'amning tomonlaridan birida qo'zg'aluvchi ko'mir kontakt yuradi. Nagruzka qo'zg'aluvchi kontaktga va chulg'am uchlaridan biriga qo'lanadi. Kuchlanishni tekis rostlovchi avtotransformatorlar **LATR** (laboratoriya avtotransformatori) deb ataladi. Bunday avtotransfarmatorning tashqi ko'rinishi 10-rasmda ko'rsatilgan.



**10-rasm. LATR avtotransformatorning tashqi ko'rinishi**

## 17-MA'RUZA

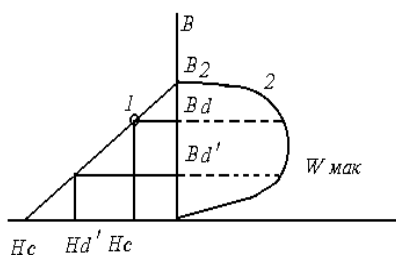
### Magnit materiallarning xossalari. Magnitoyumshoq va magnitoqattiq materiallar.

#### YUmshoq va qattiq magnitli materiallar

Tuzilishi va olinishiga qarab qattiq magnitli materiallar turlari:

- 1). Martensli po'lat,
- 2). Quyma magnit qattiq qotishmalar,
- 3). Kukundan olingan magnitlar,
- 4). Plastik qotishma va magnit lentalar.

Doimiy magnitlar uchun tavsiflovchi kattalik, bu tashqi muhitga o'zgaruvchi qoldiq induksiyaning maksimal energiyasini korreksiyalovchi kuchdir.



YOpiq zanjirlarda (o'zakda) magnit oqimi va energiyasining ma'lum qismi kutblarida bo'lib, uning kattaligi bo'shliq uzunligiga bog'liq. Induksiya  $V_d$  oralig'ida qoldiq induksiya  $V_r$  dan kichik bo'lib, nisbiy magnit energiyasi havo bo'shlig'i hisoblanadi.

Nd- maydon kuchlanganlik

YOpiq magnitda

$$B_d = B_r \quad H_d = 0 \quad (5.9)$$

Bo'shliq juda yuqori bo'lsa,

$$B_d = 0. \quad H_d = H_c \quad (5.10) \text{ bo'ladi}$$

ba'zi qiymatda maksimal qiymatga erishadi.

YAngi material sifatini aniqlovchi doimiy magnitlar hosil qilishda foydalaniladigan tavsiflovchi asoslarni ifodalaydi.

1) martensli po'latdan volfram, xrom, molibden, kobalt qo'shib tayyorlanadi.

$W_{maks}$  1-4 k J/m ga teng bo'lib, magnit xossalari yuqori emas. SHuning uchun hozir kam qo'llaniladi.

2) quyma magnit yumshoq qotishmalar.

Al-Ni-Fe alyuminli deb ataladi.

Kremniy qo'shilsa **alnisi**, kobalt bilan qotishmasiga **alnika** deyiladi.

Molekulyar panjarali qotishmalar yuqori korsetiv kuchga ega.

YUND, K35T5AAlarning mexanik xususiyati yuqori: kobaltsiz va qimmatbaho qotishma hisoblanadi. Markalash ishlarida quyidagi harflar bilan belgilanadi:

YU-algom

N-nikel

D-med

K-kobalt

T-titan

YOzuv va yozib olishda magnit qattiq po'latlar yoki qotishmalar qo'llanilib, ulardan lenta yoki sim, bimetalenta tayyorlanadi. Ularga ovoz tashuvchi qotishma, plastmassa va selofanli lentalarda sirtiga kukun shaklidagi temir yoki kobalt ferrit yoki magnit to'ldiruvchi bilan qoplanadi.

Magnit qattiq qotishmalardan lenta yoki sim tayyorlashda foydalanilib, asosiy parametrlari ( 34 % Fe, 52% So, 14 % V) koersativ kuchi 36 kA / M, qoldiq induksiyasi 1 Tl ga teng.

Agar materialda  $N_s / \sqrt{2} \geq 8 \text{ kA} / (\text{m} \cdot T_1)$  bo'lsa, yaxshi natija berganligi uchun temir oksidi - magnetik  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (qora rangda),  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (jigarrang) amalda ikki qatlamga ega magnit plyonka, bir qatlamli qilib tayyorlanadi.

Oddiy holda ikki qatlamli eni 6.5 mm 35 mkm qalinlikda bo'lib, qatlam qavatiga magnetik tarkibli lak yuritiladi. Suyuqliklarda magnetik 40%. Magnit plyonka parametrlari:

$$N_s = 6.4 - 20 \text{ kA/M} \quad V = 0.8 - 0.4$$

Bu materiallardan yozuv tez tarqaluvchan apparatlarida 19.05 sm/s, xo'jalik magnitofonlarida 9.53 va 4,75 sm/s foydalaniladi.

Magnit kukunini qo'shishda (0.1-5 mk m) shovqin uncha yuqori emas. 15-20<sup>0</sup>S da namlik 50-60 xaroratda lenta yaxshi saqlanadi.

Bir qavatli plyonkalar polivinixlorid yoki chiziqli polimerlarning magnit to'ldiruvchilari bilan birga tayyorlanmoqda.

Bir qavatli plyonkada shovqin kam bo'lishi bilan ajralib turadi. Lekin tez uziladi, magnit xossalari yomonligi bilan farqlanib qoladi.

#### 5.4. Transformatorlar

Elektron qurilmalarda kuchlanish, tok yoki qarshiliklar miqdorini o'zgartirish uchun transformatorlar keng ishlatiladi. Po'lat o'zakli ikkita chulg'am mavjud bo'lsa (2-rasm) va ularning biriga kuchlanish manbai ulansa, ikkinchi chulg'anda paydo bo'lgan kuchlanish miqdori o'ramlar sonlarining nisbatga bog'liq bo'ladi:

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{\omega_2}{\omega_1}, \quad (5.11)$$

bu nisbatda:  $U_2$  — ikkilamchi chulg'amdagi kuchlanish;

$U_1$  — birlamchi chulg'amdagi kuchlanish;

$\omega_1$  — birlamchi chulg'amdagi o'ramlar soni;

$\omega_2$  — ikkilamchi chulg'amdagi o'ramlar soni.

Kuchlanish manbai ulangan cho'lg'am — birlamchi. Nagruzka ulangan chulg'am ikkilamchi chulg'am deyiladi.

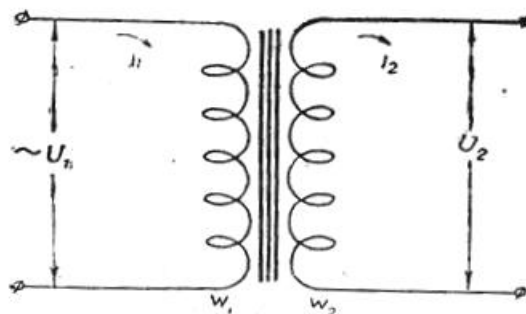
Quyidagi nisbat transformatsiyalash koeffitsienti deb ataladi:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = n \quad (5.12)$$

Agar birlamchi chulg'amdagi o'ramlar soni ikkilamchi cho'lg'amdagi o'ramlar sonidan ko'p, ya'ni  $n > 1$  bo'lsa, pasaytiruvchi transformator; agar  $p < 1$  bo'lsa, kuchaytiruvchi transformator bo'ladi.

Elektr energiyasini uzatishda bo'ladigan yo'qotilishlarni nazarga olmasak, u vaqtda birlamchi chulg'amdagi quvvat ikkilamchi chulg'amdagi quvvatga teng bo'li -shi kerak. Birlamchi chulg'amdan o'tadigan elektr tokining quvvati:

$$P_1 = U_1 I_1 \quad (5.13)$$



2-рамс. Трансформаторнинг схемаси

Ikkilamchi chulgʻamdagi quvvat:

$$P_2 = U_2 I_2, \quad (5.14)$$

bunda  $I_1$  va  $I_2$  — birlamchi va ikkilamchi chulgʻamdagi toklar. Bu quvvatlar bir-biriga teng boʻlgani uchun:

$$U_1 I_1 = U_2 I_2, \quad (5.15)$$

bundan muhim nisbatni olamiz:

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{I_1}{I_2} \quad (5.16)$$

Bu formuladan koʻrinib turibdiki, agar transformator kuchaytiruvchi boʻlsa, yaʼni  $U_2 > U_1$  boʻlsa, ikkilamchi choʻlgʻamdagi kuchlanish qancha koʻpaysa, undagi tok shuncha kamayadi va aksincha, pasaytiruvchi transformatorida ikkilamchi choʻlgʻamdagi tok koʻpayadi. SHunday qilib, kuchlanishni koʻpaytirish kerak boʻlsa — kuchaytiruvchi transformator, tokni koʻpaytirish kerak boʻlsa — pasaytiruvchi transformatorlar ishlatiladi. Transformator elektr manbaiga nisbatan ikkilamchi choʻlgʻamga ulangan qarshilik miqdorini ham oʻzgartirishga imkon beradi.

Bundan elektronqurilmalarda qarshiliklarni moslash lozim boʻlgan holda keng qoʻlaniladi.

Bu mulohazalar yoʻqotilishi boʻlmagan transformatorga oiddir. Haqiqatda esa har qanday transformatorida elektr quvvatini uzatishda qisman boʻlsada yoʻqotilishlar boʻladi.

Transformatoridagi yoʻqotishlar miqdori uning foydali ish koeffitsienti (F.I.K) bilan tavsiflanadi:

$$\eta_r = \frac{P_2}{P_1} \quad (5.17)$$

Transformatoridagi umumiy yoʻqotishlar choʻlgʻam simlarini qizishiga, oʻzakni uyurma toklar hisobiga qizishiga va qayta magnitlanishga boʻlgan yoʻqotilishlarning yigʻindisidan iborat.

Hozirgi zamon transformatorlarida simlarning kesimini toʻgʻri tanlash va toʻgʻri konstruksiyalash bilan yuqori foydali ish koeffitsienti (0,8 dan 0,95 gacha) ni olishga erishilmoqda.

Transformatorlar bajaradigan vazifasiga qarab kuch transformatoriga va past chastota (OVOZ chastota) transformatoriga boʻlinadi.



## 18-MA'RUZA

### **O'ta o'tkazuvchan materiallar. O'ta o'tkazuvchanlik. O'ta o'tkazuvchan materiallar magnit xossalari.**

#### **O'ta o'tkazuvchan materiallar**

Elektr o'tkazuvchanligi yuqori bo'lgan materiallarning solishtirma qarshiligi nisbatan kichik bo'ladi. O'tkazgichlardan tok o'tganda energiya isrofi ham kam bo'ladi. Ana shunday xususiyatlar, tarkibida qo'shimchalar bo'lmagan sof metallarga xosdir.

Kumush solishtirma qarshiligi eng kichik ( $\rho=0,016$  mkOm.m) metallidir. Kumushning oksidlanishga chidamliligi juda yuqoridir. Kumushning narxi yuqori bo'lganligi sababli, undan faqat zarur hollarda foydalaniladi. Elektrotexnikada qo'llaniladigan asosiy o'tkazgich materiallardan biri mis Cu hisoblanadi. U tabiatda keng tarqalgan material bo'lib, mexanik mustahkamlikka va yaxshi o'tkazuvchanlikka egadir. Misning solishtirma qarshiligi  $\rho$  kumushnikiga nisbatan yuqoridir. Elektrotexnikada asosan «Elektrolitik» Cu dan foydalaniladi. U tabiatda keng tarqalgan material bo'lib, mexanik mustahkamlikka va yaxshi o'tkazuvchanlikka egadir. Bunday Cu elektroliz usuli bilan yaxshilab tozalanishi natijasida uning tarkibidagi qo'shimchalar miqdori 0,005-0,007% dan ortmaydi. Cu ning solishtirma o'tkazuvchanligi 58 mk sm/m, ya'ni  $\rho = 0,017$  mkOm.m.

Jez-mis bilan ruxning birikishidan hosil bo'lgan qotishmadir. Jezda turiga qarab, Zn miqdori 10÷40 % atrofida bo'ladi. Jezning solishtirma qarshiligi sof misnikidan yuqori bo'lib, bu qiymat 0,04÷0,35 mkOm.m ni tashkil etadi.

Bronza asosan mis bilan qalay birikmasidan tashkil topgan qotishma bo'lib, o'tkazuvchi prujina tayyorlash maqsadida uning maxsus fosforli va boshqa turlari qo'llaniladi. Bronzaning solishtirma qarshiligi 0,0019÷0,21 mkOm.m. Cho'zilishdagi mustahkamligi 650÷700 mPa bo'lib, uning edirilishga chidamliligi nisbatan yuqoridir. Mazkur turdagi bronza elektr tortkich simlar va ko'tarma kranlar uchun mo'ljallangan simlarni tayyorlashda ishlatiladi. Alyuminiy o'zining elektr o'tkazuvchanlik xususiyati jihatidan misdan keyingi o'rinda turadigan o'tkazuvchan materialdir. Qattiq alyuminiyning mexanik mustahkamligi yumshoq alyuminiyning qaraganda ikki barobar ortiq, solishtirma qarshiligi esa 60 % yuqoridir. Mis bilan bir xil o'tkazuvchanlikka ega bo'lish uchun alyuminiy simning ko'ndalang kesim yuzasini 60 % oshirish talab qilinadi. Bu esa alyuminiy ishlatilgan elektr mashina va jihozlarning hajmi va tan narxi nisbatan katta bo'lishiga olib keladi. Temir o'tkazuvchi material sifatida narxi arzonligi va yuqori mexanik mustahkamligi bilan ajralib turadi. Hatto sof temirning ham solishtirma qarshiligi  $\rho$  mis va alyuminiyga nisbatan ancha yuqori  $\rho=0,10$  mkOm bo'lib, mazkur qarshilik o'zgaruvchan tok ta'sirida yana ham ortadi. Temir simlarning asosiy kamchiligi korroziyaga bo'lgan chidamsizligidir. SHu sababli bunday simlar sirti himoya qoplamasi Zn bilan qoplanadi. Sof temirning esa mexanik mustahkamligi nisbatan past bo'lganligi uchun va aloqa va elektr o'tkazgichlarda tarkibida 0,1-0,15% uglerod, cho'zilishdagi mustahkamligi 700-750 MPa bo'lgan yumshoq po'lat ishlatiladi. Bunday po'lat, asosan kichik quvvatli havo elektr o'tkazgichlarning simlari sifatida ishlatiladi. Po'latdan o'tkazuvchi material sifatida tramvay va elektrlashtirilgan temir yo'l (metro) da rel's ko'riishida foydalaniladi.

O'zgaruvchan metall bo'lmagan (qo'sh metall) simlar – sirtiga bir tekis qilib mis qoplangan po'lat simdan iborat. Bunday sim tarkibidagi mis miqdori 44-45 % bo'lib,

simning solishtirma qarshiligi 0,03-0,04 mkOm-m ga teng. Metall bo'lmagan simlarning tashqi diametri 1-4 mm bunday simlar elektr va aloqa sohalarida ishlatiladi.

Metallardagi elektr o'tkazuvchanlik nazariyasi asosida quyidagi farazlar yotadi: 1. Metallardagi erkin elektronlar o'zini xuddi ideal gaz malekulalari kabi tutadi;

2. Metalldagi erkin elektronlar harakati Nyutonning klassik mexanikasidagi qonunlarga bo'ysunadi;

3. Erkin elektronlar o'zlarining xaotik harakatida bir-birlari bilan emas, balki kristall panjara ionlari bilan to'qnashadi;

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI**  
**NAVOIY KON-METALLURGIYA KOMBINATI**  
**NAVOIY DAVLAT KONCHILIK INSTITUTI**  
**Energo-mexanika fakulteti**  
**“Elektr energetikasi” kafedrası**



**ELEKTR YURUTMA ASOSLARI**  
**fanidan**

**TAJRIBA ISH LAR TO‘PLAMI**

## KIRISH

Elektron va radiotexnik sanoatda maxsulotlarning xossasi va sifatini yaxshilashga, yuqori sifatli boshlang'ich materiallarni qo'llamasdan erishib bo'lmaydi. Elektrotexnika va ayniqsa elektronika va mikroelektronikada ishlatiladigan material sifatiga talab katta qo'yiladi. Materiallarni to'g'ri tanlashda uning tuzilishini, fizik xossalarini hamda tashqi ta'sirlarga bo'lgan sezgirligini bilish talab qilinadi.

Elektron texnikasida ishlatiladigan materiallar xossalariga ko'ra quyidagi asosiy guruhlariga bo'linadi, *o'tkazgichlar* (kam qarshilikli – o'tkazgichlar uchun, katta qarshilikli – rezistorlar uchun), *yarim o'tkazgichlar* (diodlar, tranzistorlar, to'g'rilagichlar va b. yaratish uchun), *dielektriklar* (izolyatorlar sifatida ishlatiladi, bundan tashqari kondensatorlar, pezoelektrik o'zgartkichlar, rezistorlar yasashda qo'llaniladi), *magnit materiallar* (magnit o'tkazgich sifatida, transformatorlarda, drossellarda, magnit qalpoqchalarda, hisoblash mashinalarining xotira qurilmalarida). Keltirilgan materiallarning xossalarini tajriba jarayonida anqlash orqali talabalarda ko'nikmalarni shakllantiradi.

Uslubiy qo'llanmada 18 ta laboratoriya ishi keltirilgan bo'lib uning har birida bajariladigan ishga oid nazariy ma'lumotlar, ishni bajarish tartibi hamda nazorat savollari keltirilgandir. U o'zbek tilida (lotin grafikasida) yozilgan bo'lib shu sohadagi mavjud adabiyonlarga bo'lgan ehtiyojni qondirishga xizmat qiladi. Bu uslubiy qo'llanmadan elektronika va mikroelektronika, sanoat elektronikasi, radioelektronika sohasi bo'yicha ta'lim olayotgan talabalar ham foydalanishlari mumkin.

# 1- LABORATORIYA ISHI

## Metall va qotishmalarning mikroskopik tahlili

**Ishdan maqsad:** metall va qotishma strukturalarini mikrotahlil usullari bilan tanishish. Toza metall va turli turdagi qattiq qotishmalar strukturasini o'rganish.

**Asbob va anjomlar:** optik mikroskop, metallografik shliflar.

### Nazariy ma'lumotlar

D.I. Mendeleev davriy tizimidagi 106 ta elementdan 82 tasi metalldir. Shu sababli elektron texnikasida amaliy maqsadlar uchun ularning strukturasini va xossalarini o'rganish muhim hisoblanadi. Metallar odatda kristall jism yoki kristall bo'ladi. Kristall deb, atomlarning fazoda cheksiz tartibli joylashishiga aytiladi. Barcha kristall materiallar anizotropiyaga ega bo'lishadi. Bu degani materialning xossasi undagi yo'nalishga bog'liq bo'ladi. Bu holat kristallning har bir yo'nalishida atomlar yoki molekulalar orasidagi masofalar qat'iy ma'lum bir qiymatga ega bo'lishi va ular orasidagi o'zaro ta'sirlashuv kuchi har bir holatlar uchun turlicha bo'lishi bilan tushuntiriladi.

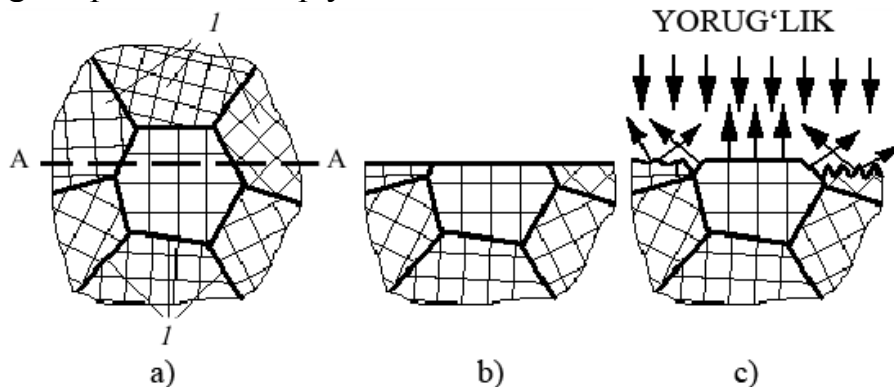
Real kristallarda atomlarning tartibli joylashishida ko'p miqdordagi buzilishlar mavjud bo'ladi. Shuning uchun ko'pincha monokristall emas, balki ko'p miqdordagi zonalardan tashkil topgan polikristallar (1, a-rasm) uchraydi. Ularda bir xil bo'lgan kristall panjara (shtrix bilan ko'rsatilgan) fazoda turlicha yo'nalgan bo'ladi.

Mikro tahlilni o'tkazish uchun namuna kesiladi (A-A kesish tekisligi) va uning yarimtalardan birida jilvirlash va sayqallash bilan shlif tayyorlanadi (1, b-rasm). Uning sirti silliq bo'ladi va ko'pincha metall strukturasini ko'rsatmaydi.

Strukturalarni namoyon bo'lishi uchun ishlarga maxsus reaktiv yemirgich bilan ishlov beriladi. Yemirgichning tarkibi o'rganilayotgan material va metallografik tadqiqot maqsadlariga bog'liq bo'ladi. Odatiy yemirgichlar – kislota, ishqor yoki tuz eritmalaridir. Yemirish jarayonida shlifdagi turli donachalarning erish harakteri va tezligi anizotropiya (shlif yuzasiga turli yo'nalishda chiqishadi) tufayli har xil bo'ladi.

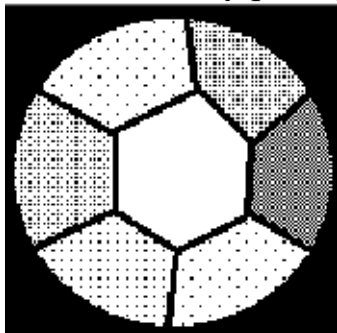
Dona chegaralari kristall nuqsoni bo'lib, u yerdagi atomlar faol bo'ladi va oson eriydi. Shuning uchun polikristalldagi dona chegaralaridagi shlif kuchliroq yemiriladi (1, c-rasm). Yemirilgan sirt yoritilganda yorug'lik nuri uning sirtidan turlicha akslanadi. Shuning uchun shlifni ko'rganimizda akslangan nurlarda bir biridan ko'ra chegara yo'lakchalari bilan ajratilgan och va qora donachalarni ko'ramiz (2-rasm).

Zamonaviy metall va qotishmalarda donachalar o'lchami 10.....100 mkm (0,01.....0,10mm) dan oshmaydi. Bu qiymat inson ko'zining ajrata olish qobiliyatidan (0,3 mm) ancha kichikdir. Shuning uchun metallografik tahlilni odatda sxemasi 3-rasmda keltirilgan optik mikroskop yordamida o'tkazishadi.



1-rasm. Polikristall materialning mikrotahlili

a- polikristall sxemasi (1-donachalar yoki kristallitlar, 2-donachalar chegaralari); b- sayqallangan shlif; c- yemirilgan shlifdan yorug'likni akslanishi.



2 – rasm. Bir fazali qotishma polikristalining strukturasi

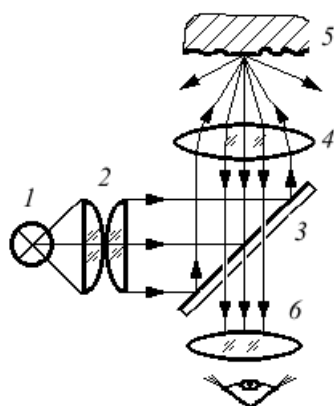
Lampadan 1 chiqqan yorug'lik yorqin bir tekisdagi to'plamni hosil qiluvchi kondensorga 2 tushadi. So'ngra yarim shaffof 3 ko'zgudan akslanib, obyektiv 4 orqali o'tadi va jismda 5 bitta nuqtaga yig'iladi (fokuslanadi). Olingan sirt tasviri (akslangan nurlarda) obyektiv yordamida kattalashtiriladi. Yarim shaffof ko'zgu orqali o'tadi va okulyarga 6 tushadi. Okulyar tasvirni qo'shimcha tarzda kattalashtiradi va operator ko'ziga yetkazadi.

Mikroskopning kattalashtirishini quyidagi formula bo'yicha aniqlasa bo'ladi:

$$M_M = M_{ob} \cdot M_{ok}$$

bu yerda  $M_{ob}$  va  $M_{ok}$  - obyektiv va okulyarning kattalashtirishi.

Tasvirni olish uchun tadqiq qilinayotgan shlif mikroskopning jism stoliga sayqallangan sirtini obyektiv tomon qaratgan holda joylashtirish kerak bo'ladi. Mikroskop manba blokidan tumbalar bilan qo'shiladi. Mikroskop okulyariga qarab, mikroskopning aniqlash qo'pol roylash dastagini buragan holda obyektivni shlifga tasvir paydo bo'lguniga yaqinlashtiradi. Nozik roylash dastagi yordamida aniq tasvir olinadi. Shlifni tadqiq qilishda namuna jism stol vintlari yordamida siljiriladi.



3-rasm. Akslanishga ishlovchi mikroskopning sxemasi

1-yorug'lik manbasi; 2-kondensor; 3- yarim shaffof ko'zgu; 4- obyektiv; 5- jism; 6-okulyar.

Texnikada odatda toza metallar emas, balki qotishmalar ishlatilib, ularning tarkibiga ikkita va undan ortiq komponentlar (elementlar) kiradi. Kimyoviy tarkibiga va ishlab chiqarish sharoitiga bog'liq ravishda qotishmalar bir yoki bir nechta fazadan tashkil topgan bo'lishi mumkin.

**Faza** – qotishmaning boshqa sirt bo'limlaridan ajratilgan bir jism qismidir. Sir bo'limlaridan o'tishda kristall panjara, kimyoviy tarkib va xossalari keskin o'zgaradi.

**Qotishmaning faza tarkibi quyidagilarni ko'rsatadi:**

- unga qanday fazalar kirishini;
- har bir fazaning kimyoviy tarkibini;
- har bir fazalarning miqdorini.

**Qotishma strukturasi** materialdagi har bir fazadagi donachalarining o'zaro joylashuvi, shakli va o'lchamlarini ko'rsatadi.

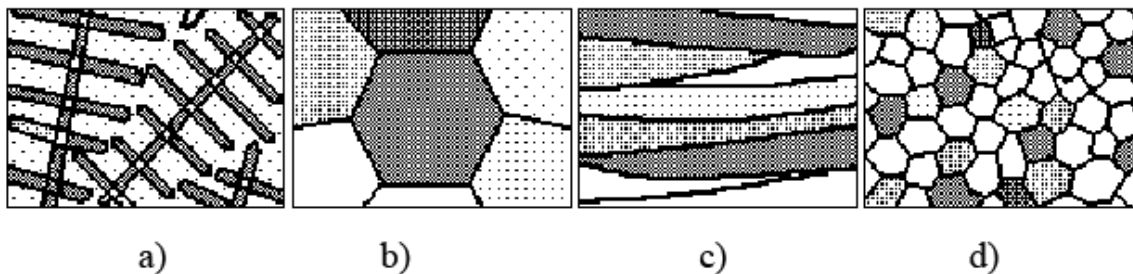
**Qotishmaning fazaviy tarkibi va strukturasi bilgan holdagina uning xossasini aniq aytish va tushuntirish mumkin.**

Texnik toza metallarning metallurgik qayta ishlov berish bosqichlarida esa bo'lishi mumkin bo'lgan turli xil strukturalarini ko'rib chiqamiz (4-rasm).

Eritilgan va shaklga quyilgandan so'ng metallning qotishi boshlanadi. Kristallanishda anizotropiya paydo bo'ladi. Murtak teng o'q shakldagi doira hosil qilmasdan, uning o'sish tezligi maksimal bo'lgan yo'nalishda igna ko'rinishida hosil bo'ladi.

Kub panjarli kristallarda – bu odatda kub qirralarining yo'nalishidir. Ma'lum bir vaqtdan so'ng hosil bo'lgan ignalarda boshqa kub qirralari yo'nalishida shoxchalar –

o'simtalar paydo bo'ladi. Bunday kristallar dendrit deb ataladi. ("dendros"-daraxt). Quyma metallning olingan strukturasi (4,a-rasm) bir jism bo'lmagan kimyoviy tarkib ega bo'ladi. Barcha zararli kirishmalar dendritlar orasida namlanadi va metal mo'rtlashtiradi.



4-rasm. Ishlov berigan o'zgartirilgan metallning strukturasi.

a-quyma; b-kuydirilgan; v- deformatsiyalangan; g-qayta kristallangandan so'ng

Quymalarning sifatini yaxshilash uchun erish haroratiga yaqin  $t=(0,7..0,8)$  tor haroratlarda tenglashtiruvchi (gomogenlashtiruvchi) kuydirish o'tkaziladi. Bunday qizdirish atomlarning diffuziyasini faollashtiradi va ular butun hajm bo'ylab tekis joylashadi. Bir vaqtning o'zida kuydirilgan metall strukturasi to'g'ri ko'p qirrali ko'rinishda (4, b-rasm) yirik teng o'qli donachalar hosil bo'ladi.

Metallarga kerakli shaklni (ko'ndalang kesim yuzasi aylana, kvadrat, to'g'ri burchak ko'rinishida bo'lishi uchun) berish uchun quymalar plastik deformatsiya ostida ushlab turiladi. Bunda metall strukturasi o'zgaradi: sovuq plastik deformatsiyada donachalar cho'ziladi va ingichkalashadi hamda tola ko'rinishiga keladi (4, c-rasm).

Mexanik va texnologik xossalarni yaxshilash uchun plastik deformatsiyadan so'ng metall pastroq haroratlarda qayta kuydiriladi (qayta kristallanish amalga oshiriladi). Bunda kuydirilgan metallning mayda donachali strukturasi hosil bo'ladi (4, d- rasm) va u kesishda yaxshi ishlov berishlikni ta'minlaydi. Shunday qilib, metallning holatiga (o'zgartirish ishlov berish bosqichi) bog'liq holda struktura o'zgaradi. Bu esa o'z navbatida uning xossalarni o'zgarishiga olib keladi. Ko'pincha mikrotahlilda qotishma strukturasi tasvirlash kerak bo'ladi. Bunda barcha struktura tashkil qiluvchilarni sanab o'tish va u tashkil topgan fazalarni ko'rsatish kerak bo'ladi.

### Ishni bajarish tartibi

Yorug'lik metollografik mikroskop qurilmasini o'rganish. Aniqlikni qo'pol va nozik roylash dastagi va jism stolini siljituvchi mikroventlardan foydalanishni o'rganish.

### Berilgan metall va qotishma strukturasi o'rganish va chizish.

#### 1. Mikrotahlil natijalari

Shlif №	Metall yoki qotishma markasi	Kimyoviy tarkib	Metal holati	Qattiq holatdagi qotishma turi
1				
2				
3				
4				
5				
6				

4 – rasmdagi namunalardan taqqoslagan holda uning metollografik holatini aniqlash. Mikrotahlil natijasini 1 jadvalga kiritish.

Mikrotahlil natijalari va kimyoviy tarkib bo'yicha 1 jadvalda har bir shlif uchun qotishmalarning qattiq holatdagi turini ko'rsatish.

Qotishmalarga qanday komponenta kirishiga, xossalari bo'yicha qanchalik yaqinligiga, ular o'zaro qanchalik kuchli ta'sirlashishiga bog'liq ravishda qotishmalarning qattiq holatidagi uchta asosiy turi mavjuddir:

**Qattiq qotishma** – bu:

- bitta kristall panjaraga ega bo'lgan bir fazali qotishma;
- uning kristall panjarasi qotishma komponentlaridan biriga o'xshash;
- uning xossasi qotishma komponentlardan biriga o'xshash;
- ular grek harflari ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ...) bilan belgilanadi.

Kuydirilgan qattiq qotishma strukturasi 2–rasmda ko'rsatilgan. Mikroskopda toza metallni qattiq qorishmadan ajratish qiyin.

**Kimyoviy birikma** – bu:

- bitta kristall panjaraga ega bo'lgan bir fazali qotishma;
- uning kristall panjarasi yangi bo'lib, qotishma komponentlarining hech biriga o'xshash bo'lmaydi.
- uning xossasi qotishma komponentlarning hech biriga o'xshash bo'lmaydi.
- kimyoviy tarkibi  $A_n B_m$  turdagi formula bilan yoziladi.

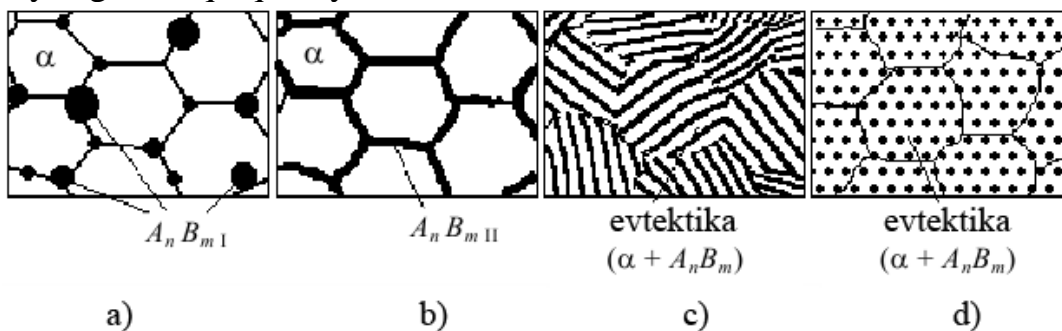
Kimyoviy birikma strukturasi 2–rasmda ko'rsatilgan. Mikroskopda toza metallni kimyoviy birikmadan ajratish qiyin.

**Fizik–mexanik aralashma** –bu:

- ikkita yoki undan ko'p kristall panjaraga ega bo'lgan ko'p fazali qotishma (bu fazalar aralashmasi);
- qotishma xossasi aralashmada mavjud bo'lgan har bir faza xossasiga va soniga bog'liq bo'ladi.

Mexanik aralashma strukturasi 5-rasmda ko'rsatilgan. Ularni ikkita fazadan (plastik qattiq qotishma  $\alpha$  va qattiq mo'rt kimyoviy birikma  $A_n B_m$ ) iborat bo'lgan mexanik aralashma misolida ko'rib chiqamiz. Barcha keltirilgan qotishmalar (5-rasm) deyarli bir xil faza tarkibiga egadir. Biroq struktura turli xil faza tarkibiga egadir. Biroq struktura turli xil bo'lganligi sababli ularning xossalar keskin farq qiladi.

Eng kichik qattiqlikka 5, a-rasmdagi qotishma ega bo'ladi. Qotishma strukturasi qattiq qotishma  $\alpha$  donachalari va ixtiyoriy joylashgan birlamchi aralashmalar  $A_n B_m$  dan tashkil topgandir. Dumaloq  $A_n B_m$  aralashmalar  $\alpha$ -qotishma donachalarning plastik deformatsiyasiga halaqit qilmaydi.



5-rasm. Fizik –Mexanik aralashmalarning strukturasi

5, b-rasmda keltirilgan mexanik aralashma eng mo'rt bo'ladi. Qotishma strukturasi qattiq qotishma  $\alpha$  donachalari va uning chegaralari bo'yicha joylashgan  $A_n B_m$  ikkilamchi ajratma to'rlaridan tashkil topgan bo'ladi. Mazkur qotishma salgina bosilganda bir pasta dona chegaralaridagi  $A_n B_m$  ajratmalarda yoriq paydo bo'ladi va material buziladi.

5, c – rasmdagi qotishma oldingi ikkitasiga (5, a, b–rasmlar) qaraganda mustahkamroq bo'ladi. Biroq u yetarli darajada mo'rt bo'ladi. Qotishma strukturasi



plastikli ( $\alpha+A_nB_m$ ) obyektiv donachalardan tashkil topgan bo‘ladi. Yetarli darajada katta yuklanishlarda yoriqlar evtektikaga kiruvchi faza plastinalari orasidagi tekis chegaralar bo‘yicha hosil bo‘ladi. Mazkur qotishmadagi  $A_nB_m$  faza ajralmalari ko‘rinishidagi bunday qattiq plastinalarni strukturaviy kesimlar deb ataladi.

5, d - rasmda keltirilgan qotishma strukturasi donachali ( $\alpha+A_nB_m$ ) evtektik kristallitlaridan tashkil topgan bo‘ladi. Odatda dumaloq qattiq faza aralashmalarni juda mayda qilishadi. Bu holatda qotishma juda mustahkam bo‘ladi va juda cho‘ziluvchan bo‘ladi (istalgan konstruksiya uchun materialning eng yaxshi strukturasi)

### **Hisobot tarkibi**

1. Ishning nomi va maqsadi
2. Yorug‘lik metallografik mikroskop sxemasi va uning tasviri (obyektiv va okulyarning kattalashtirishi)
3. Metall va qotishma strukturalar mikro tahlili natijalarining jadvali.

### **Nazorat savoli**

1. Metall va qotishma strukturalar mikro tahlilining tamoyili.
2. Metall strukturasi nimani ko‘rsatadi?
3. Qotishmalarning qattiq holatlardagi turi.
4. Qattiq qorishmalarning turi.
5. Kimyoviy birikmalar.
6. Fizik mexanik aralashma ularning strukturasi va xossasi.

## 2- LABORATORIYA ISHI

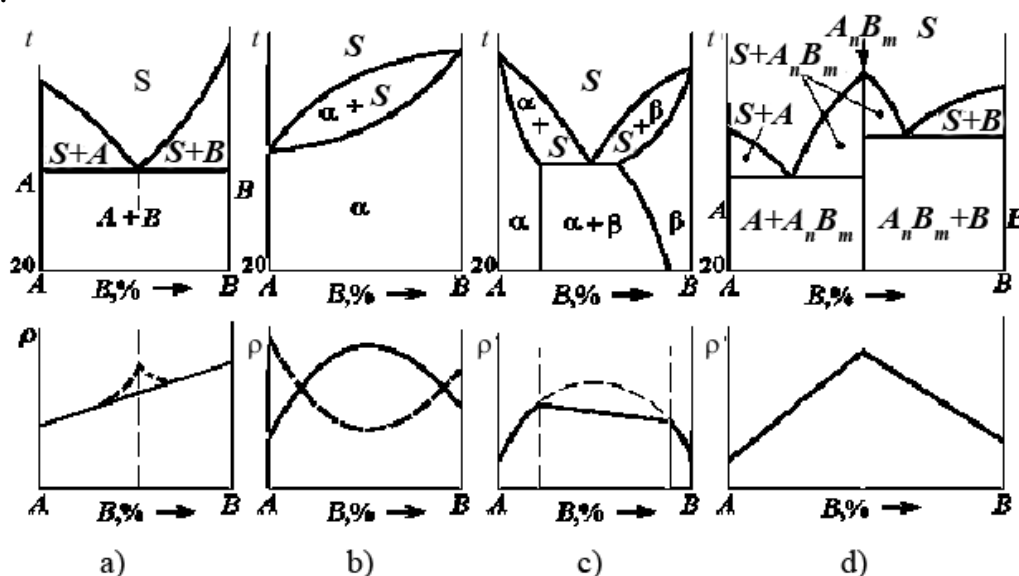
### Holatlar diagrammasini qotishma xossalari bilan bog'liqligi

**Ishdan maqsad:** qotishmalar xossalari kimyoviy tarkibiga bog'liqlik xarakteriga holatlar ikkitali diagramma turini ta'sirini o'rganish.

**Asboblari va anjomlar:** o'zgarmas tok ko'prigi R3009, o'zgarmas tok manbai LIPS, mis-niksa qotishmalari va turli tarkibdagi elektrotexnik po'latli namunalari.

#### Nazariy ma'lumotlar

Holatlar diagrammasi istalgan haroratda berilgan tizimda har bir qotishmaning faza tarkibini ko'rsatadi. Qattiq qotishma va fazo diagrammasi turi uning muvozanat holatdagi xossalari aniqlaydi. Holatlar diagrammasini bilgan holda istalgan qotishmalar fizik texnologik xossalari tasvirlash va ularning qo'llanish sohalarini aytish mumkin bo'ladi. Harorat  $t=20^{\circ}\text{C}$  da holatlar diagrammasining har xil turi uchun qotishmalar solishtirma elektr qarshiligini kimyoviy tarkibiga bog'liqligi 1-rasmda keltirilgan.



1-rasm. Solishtirma elektr qarshiligini kimyoviy tarkibiga bog'liqlik xarakteriga holatlar diagramma turning ta'siri.

a-qattiq holatda erimaydigan komponentlar; b-qattiq holatda cheklanmagan eruvchanlik (uzlukli-metallmas, uzluksiz chiziq-metallar); c-qattiq holatda cheklangan eruvchanlik; d- kimyoviy bog'lanishli.

Komponentlar qattiq holatda bir birida erimaydigan bo'lgan vaqtda ikkitali qotishma qotgandan so'ng toza element kristallarining fizik mexanik aralashmasi bo'ladi. Qotishmaning kimyoviy tarkibini o'zgarishi faqatgina tarkibi va xossalari o'zgarmas bo'lgan (bo'laklar qonuni muvofiq) har bir fazalarning sonini proporsional o'zgarishiga olib keladi. Shuning uchun mexanik aralashmalar solishtirma elektr qarshiligi kimyoviy tarkibini o'zgarishiga to'g'ri proporsional bo'ladi (1,a-rasm). Shuningdek qotishmaning qattiqligi o'zgaradi. Evtetik aylanish natijasida hosil bo'ladigan mexanik aralashmalar uchun qarshilikni legirolovchi qo'shimcha % bog'liqlik real egri chizig'ida qotishma.

Elektr qarshiligi evtetik tarkibga yaqinlashganda chiziqli qonununiyatdan o'tgan holda oshadi (1,a-rasmdagi punktir). Bu holat evtetik aylanish natijasida mayday donachali struktura hosil bo'lishi bilan bog'langandir. Istalgan metal qotishmalarda donachalarning maydalanishi uning elektr qarshiligini va mustahkamligini oshiradi. Fizik-mexanik aralashmalar kichik qayishqoqlikka ega bo'ladilar. Shuning uchun ularni

faqatgina bosim bilan issiq ishlov berishadi. Biroq ularga sirtida kichik g'adir budurlikni hosil qilgan holda kesish bilan yaxshi ishlov beriladi.

Evtetikadan iborat bo'lgan ikki fazali qotishmalar eng yaxshi quyma xossalarga ega bo'lishadi.

Cheklanmagan eruvchanlikdagi diagramma o'lchamlari va atom xossalari bir biriga yaqin bo'lgan, kristall panjarasi bir xil bo'lgan hamda almashish qattiq qorishmasin hosil qiluvchi komponentalar uchun o'rinlidir. Qattiq qorishmalar uchun solishtirma elektr qarshilikni kimyoviy tarkibga noxiziq bog'likligi xosdir (1,b-rasm). bu holat almashish va kiritish atomlari kristall panjarani buzishi bilan tushuntiriladi. Bunda uning struktura – sezgir xossasi qattiq qorishmani hosil qiluvchi legirlovchi qo'shimcha x va asos (1 – x ) atomlarining konsentratsiyalari ko'paytmasiga proporsional o'zgaradi.

$$\rho_x = \rho_x x(1-x).$$

Bu yerda  $\rho_x$  – element tabiatini yorituvchi proporsionallik koeffitsienti.

Agar ikkala element –metall kimyoviy bog' o'rinli bo'lgan metallardan tashkil topgan holatda erigan atomlar tomonidan kristall panjaraning buzilishi tashqi elektr maydonda elektron gazning yo'naltirilgan harakatlanish tezligini kamaytiradi. Bu esa legirlashda qarshilikni oshishiga olib keladi. Eng katta qarshilikka toza komponentalardan teng uzoqlashgan qorishma ega bo'ladi (1, b – rasmdagi uzluksiz chiziq).

Qorishmaning ikkala komponenti – metall bo'lsa (kovalent bog', elektronlar, atomlar tomonidan ushlab turiladi, erkin elektronlar kam). U holda erigan atomlar tomonidan kristall panjaraning buzulishi elektr tok yangi zaryad tashuvchilarning paydo bo'lishiga olib keladi va qarshilik kamayadi (1,b – rasmdagi uzlukli egri chiziq).

Metall asosidagi qattiq qorishmalar yuqori qayishqoqlikka ega bo'lishadi. Biroq ularga kesish bilan ishlov berish yaxshi bo'lmaydi. Shuning uchun bunday qotishmalardan tayyorlangan mahsulotlarda kesish bilan ishlov berishga yuqori sifatdagi sirtini olish qiyindir. Bundan tashqari ko'pgina qorishmalar kristallanish haroratining katta oraliq tufayli kuyish xossalari qoniqarli bo'lmaydi.

Tabiatda mutloq toza elementar modda bo'lmaydi. Har doim ham ularda erigan kirishmalar bo'ladi. Shuning uchun qattiq holatda cheklangan eruvchanlik diagramma ko'proq uchraydi (1, c –rasm). Unda qattiq qotishmaning ikki turi mavjuddir –fizik-mexanik aralashma va qattiq qorishma (almashish yoki kiritma). “Xossa –kimyoviy tarkib” izotermik egri chizig'ini qurishda diagrammada o'zgaras harorat chizig'ini (odatda  $t=20^{\circ}\text{C}$ ) o'tkazish kerak. Mazkur chiziq faza chiziqlari bilan kesishishida qotishma turi keskin o'zgaradigan konsentratsiya nuqtasini beradi. Mazkur nuqtaning proyeksiyasini “xossa – kimyoviy tarkib” grafigiga ko'chirish kerak bo'ladi. Cheklangan qattiq qorishmalarning xossalari mos keluvchi egri chizikli sohalarni sifatli qurish uchun cheklanmaganlar uchun uzlukli chiziq bilan parabola chiziladi, so'ngra esa uning sohalari eruvchanlik chegarasigacha belgilanadi. Olingan chegaraviy qiymatlar (masalan, solishtirma qarshilik) fizik-mexanik aralashmaga kiruvchi fazalar xossalari aniqlaydi.

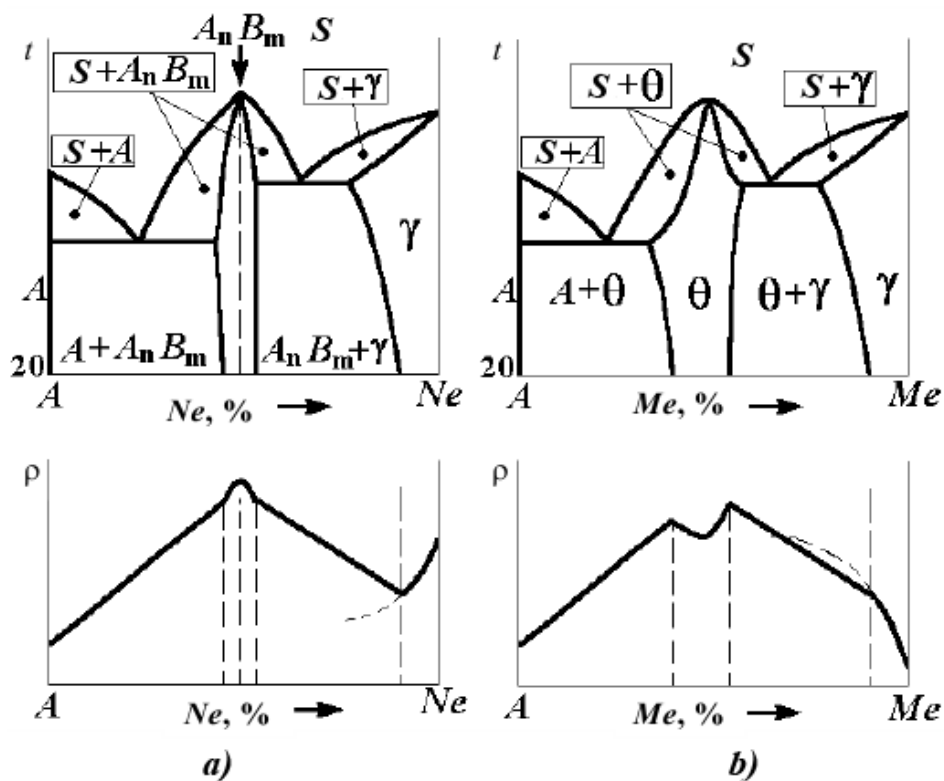
Qotish jarayonida komponenta kimyoviy birikma hosil qilgan holda o'zaro ta'sirlashuvga kirishsa, ikkitali diagrammada (1, d – rasm) o'zgaras kimyoviy tarkibdagi  $A_n B_m$  bir fazali soha paydo bo'ladi va u diagrammani evtetikali ikkita diagrammaga ajratadi. Diagrammada kimyoviy birikmani mavjudligi xossa-komponenta miqdori chizig'ida sinishni (singulyar nuqta) paydo bo'lishiga olib keladi.

Bu holat unga yangi krisatall panjara xosligi va boshlang'ich komponenta xossalari bilan bog'liqdir. Sinish nuqtasidan chap va o'ngda fizik-mexanik aralashmaning xossalari yorituvchi to'g'ri chiziqlar mavjud bo'ladi.

Ta'kidlash joizki, bu birikmaning kimyoviy tarkibi har doim ham aniq tarkibga ega bo'lmaydi va formula bilan yoritiladi. Mazkur holatda uning xossasini o'zgarishi murakkab ko'rinishga ega bo'ladi. Metall va nometall hamda intermetallardan tashkil topgan kimyoviy birikmalar turlari mavjuddir. (2-rasm)

Metall-nometall kimyoviy birikmaning qarshiligi ularni tashkil qiluvchi elementlaridan yuqori bo'ladi (2, a – rasm, bu yerda  $A$ -metall,  $Ne$ -nometall). Bu holat kimyoviy o'zaro ta'sirlashuv natijasida (kovalent yoki ion bog'ni hosil bo'lishi) qattiq jismda tok tashuvchilari erkin elektronlar sonini kamayishi bilan bog'liqdir. Kimyoviy tarkibni birikma formulasidan og'ganda uning panjarasi buziladi. Bu esa yangi tok tashuvchilarni paydo bo'lishiga (yarimo'tkazgichdagidek) olib keladi va qarshilik kamayadi.

Intermetallarda (2, b – rasm,  $A$  va  $Me$  –metallar) metall bog'lanish saqlanadi. Ular uchun elektron konsentratsiyasi yuqori bo'lishi xosdir. Biroq elektr maydonda elektronlarning yo'naltirilgan harakatlanish tezligi metallarga qaraganda ancha kichik bo'ladi. Bunga sabab, atomlarning o'zaro ta'sirlashuvi kuchli bo'lishidir. Shuning uchun bunday "oraliq birikma" larning solishtirma qarshiligi komponentalarga qaraganda katta bo'ladi. Uning eng kichik qiymati eritgich panjarasida erigan metall atomlarining tartibli joylashishiga mos keladi. Tartibli joylashuvdan og'ganda esa uning elektr qarshiligi oshadi. Ishda legirolovchi qo'shimcha konsentratsiyasini elektrotexnik po'lat va mi-nikel qotishmaning solishtirma elektr qarshiligiga ta'siri tadqiq qilinadi. Elektr qarshilikni o'lchash uchun yuqori aniqlik bilan o'lchashni o'tkazishga imkon berivchi ikkitali ko'prik usulidan foydalaniladi.



2–rasm. Elektrqarshilikni kimyoviy tarkibga bog'liqligiga kimyoviy birikma turining ta'siri:

$A$  – metall – nometall ;  $b$  – metall-metall.

### Ishni bajarish tartibi

1. Ikkitali ko‘prik usuli yordamida elektrqarshilikni o‘lchash sxemasi bilan tanishing (3-rasm). O‘lchashni boshlashdan oldin quyidagilarga ishonch hosil qiling: ta‘minot sxemasi kaliti uzilgan, galvonometr (nol-asbob) uzilgan (“shunt” tugmasi bosilgan), uning sezgirligining ulagichi 1 holatda, o‘lchash dekadalar nol holatdiligiga. Bunda galvonometr ko‘rsatkichi nolga turishi kerak.

2. Namunani kontakt ushlagichga mahkamlang, sxemaning ta‘minot blokini ulang, tokni 0.5A ga o‘rnating. “Shunt” tugmasini bosib orqaga chiqaring, “o‘lchash” tugmasini bosing. Galvonometr ko‘rsatkichi ko‘prik sxemasini nomuvozanatdiligini ko‘rsatgan holda noldan og‘adi. Uni ko‘prik dekada dastagini burgan holda (asbob panelida chapdan o‘ngga) kamaytiring. Ketma-ket ravishda asbob sezgirligini 5 holatga oshirgan holda.

Nomuvozanatni bartaraf qilib, asbob dekadasi bo‘yicha  $R$  va  $M$  qiymatlarini aniqlang.

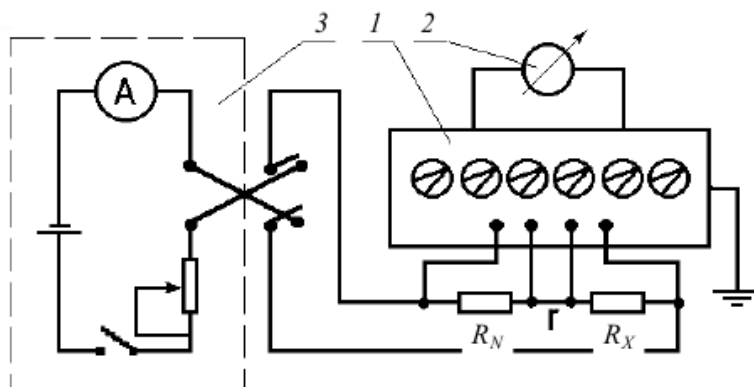
3. Sezgirlik ulagichini 1. holatga o‘tkazing, “o‘lchash” tugmasini bosib orqaga chiqaring, “shunt” tugmasini bosing va ta‘minot kalitini uzing. Shtangenserkul yordamida potensial kontaktlar orasidagi masofani o‘lchang. Potensial kontakt holatini o‘zgartiring. O‘lchashlarni 2. Punktga muvofiq o‘tkazing. Potensial kontaktlar orasidagi turli bazali bitta namuna ustida o‘tkazilgan uchta o‘lchamlardan so‘ng namunani o‘zgartiring va o‘lchashni takrorlang.

Har bir namunaning ko‘ndalang kesim o‘lchamlarini uni qurilmadan olingandan so‘ng istalgan sirkul yordamida o‘lchang.

4. Namuna qarshiligi quyidagi formula bo‘yicha hisoblanadi:

$$R_x = 10^{-3} R_N M_1 R, [Om] \quad (1)$$

bu yerda  $R_N=10^{-3}Om$  – namunaviy qarshilik;  $R$  –dekada ko‘rsatkichi;  $M_1$  – ko‘prik yelkasining o‘zgarmas kattaligi



3-rasm. Qurilma sxemasi

1 – o‘zgarmas tok ko‘prigi; 2 – nol asbob; 3 – o‘zgarmas tok manbasi.

5. Namunaning solishtirma qarshiligini hisoblang;

$$\rho = \frac{R_x F}{l} \quad (2)$$

bu yerda  $F$  – uchta o‘lchashni bo‘yicha namuna ko‘ndalang kesimining o‘rtacha yuzasi,  $m^2$ ;  $l$  –potensial qisqichlar (ulagichlar) orasida masofa, m.

Uchta kontaktlar orasidagi masofa va standart og‘ishlar uchun namunalarining solishtirma qarshiligining o‘rtacha arifmetik qiymatini hisoblang. Ma‘lumotlarni 1-jadvalga kiriting.

### 1- Qotishma elektrqarshiligining o'lchash natijalari

Namuna №	Legirlovchi qo'shimcha miqdori, % og'ir	$l_1, m$		$l_2, m$		$l_3, m$		$\rho, \text{Om}\cdot\text{m}$	$S_x, \text{Om}\cdot\text{m}$
		$R_1$	$\rho_1$	$R_2$	$\rho_2$	$R_3$	$\rho_3$		
1									
2									
3									
4									
5									

6. Solishtirma qarshilikni mis- nikel qotishma va elektrotexnik po'lat tarkibiga bog'liqlik grafigini quring. Olingan bog'liqlik asosida o'rganilgan qotishma turi xaqida xulosa chiqaring.

#### Hisobot tarkibi.

1. Ishning nomi va maqsadi.
2. Asbob va namuna haqida ma'lumot
3. Qarshilikni o'lchash usuli, qurilma sxemasi
4. O'lchash natijalari keltirilgan jadval, solishtirma elektrqarshilikni o'zgarish grafigi  $\rho=f(x)$
5. Tadqiq etilgan qotishma turi haqida xulosa.

#### Nazorat savollari

1. Qattiq qotishmalarning asosiy turlari.
2. Holatlar diagrammasini fazalar va struktura tashkil qiluvchilari bilan to'ldirish qonuni
3. Qotishmaning faza tarkibi
4. Turli turdagi qattiq qotishmalarning xossalarini shakllantirishning asosiy qonuniyatlari.

### 3- LABORATORIYA ISHI

#### Yorug'lik chiqaruvchi diod va fototranzistorning yorug'lik va elektron tasvirlarini aniqlash

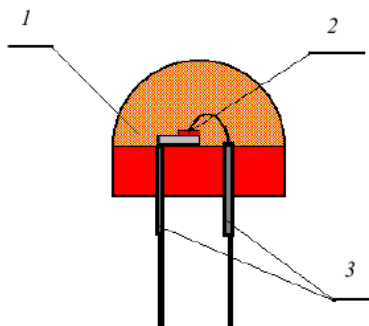
**Ishdan maqsad:** yarimo'tkazgichli yorug'lik chiqaruvchining (yorug'lik chiqaruvchi diod) yorug'lik tasvirini va yarimo'tkazgichli qarshilikning (fototranzistor) tasvirlarini tadqiq etish.

**Asboblari va anjomlar:** AL 307BM yorug'lik chiqaruvchi diod, fototranzistor, fotoeksponometr foton-1, ommetr, o'zgarmas tok manbasi.

#### Nazariy ma'lumotlar

Binar yarimo'tkazgichlar nafaqat tranzistor va mikrosxemalar uchun asos sifatida, balki u bir qancha noodatiy vazifa – yorug'lik chiqaruvchi element sifatida ham ishlatiladi. Eng ko'p ishlatiladigan yarimo'tkazgich har xil komponentalar, alyuminiy, fosfor, indiy va boshqalar bilan chegaralangan galliy arsenididir.

Yorug'lik chiqaruvchi diodning ishlash tamoili u orqali tok o'tkazilganda geterogen strukturaning faol sohasida zaryad tashuvchilarning nurlanishi rekombinatsiyasiga asoslangandir. Zaryad tashuvchilar – elektronlar va kovaklar  $p-n$  strukturaga kuchlanish berilishi natijasida passiv qatlamlardan ( $p$  va  $n$ -qatlami) faol qatlami o'tishadi hamda yorug'likni kuchlanishi bilan yuz beradigan spontan rekombinatsiyaga (yo'q bo'lishga) uchrashadi. Nurlanishning to'lqin uzunligi energiyaning saqlanish qonuniga muvofiq faol qatlami taqiqlangan soha kengligiga bog'liq bo'ladi. Eng keng tarqalgan yorug'lik chiqaruvchi diodning tashqi ko'rinishi 1-rasmda ko'rsatilgan.



1-rasm. AL3075M rusumidagi yorug'lik chiqaruvchi diod.

Elektronikada yorug'lik chiqaruvchi diodlar odatda indikator sifatida, shuning ular – optopara (optojuftlik) qurilmasida nurlantirgich sifatida ishlatiladi.

Optoparalarning asosiy elementi fotoqabul qilgich yo'li, odatda yarimo'tkazgichli materialdan tayyorlanadi. Fotoqabul qilgichning ishlash asosida ichki fotoeffekt hodisasi yotadi. Unda taqiqlangan soha kengligidan oluvchi energiyali fotonlarni yutulishi natijasida elektronlarning valent sohadan o'tkazuvchanlik sohasiga o'tishi yuz beradi (elektron-kovak juftligining hosil bo'lishi generatsiyali). Elektr potensial mavjud bo'lganda optik signalning ta'sirlanishidan elektron-kovak juftligini paydo bo'lishi bilan elektr tok hosil bo'ladi. Mazkur tok elektronlarni o'tkazuvchanlik sohasida, kovaklarni esa valent sohasida harakatlanishi tufayli hosil bo'ladi, yarimo'tkazgichda hosil bo'layotgan elektron-kovak juftligini qayd qilishning samaradorligi zaryad tashuvchilarning ajratish yo'li bilan ta'minlanadi.

Buning uchun fotodiod deb ataluvchi  $p-n$  o'tishli konstruktsiya ishlatiladi. Fotoqabul qilishlardan ko'chikli fotodiod, fototranzistor keng tarqalgan.

Optik muhit sifatida havo vakuum yoki optik tolali liniya xizmat qiladi. Bunda yorug‘lik chiqargich bevosita fotoqabul qilgich yaqinida joylashtirilishi ( harakatlanish datchigi, video magnitafon va kompyuterlardan fotodatchiklar) mumkin yoki bo‘lmasa uzoq masofalarda joylashtirilgan bo‘lishi mumkin (aloqa va ma’lumotlarni uzatishning optik tolali liniyasi)

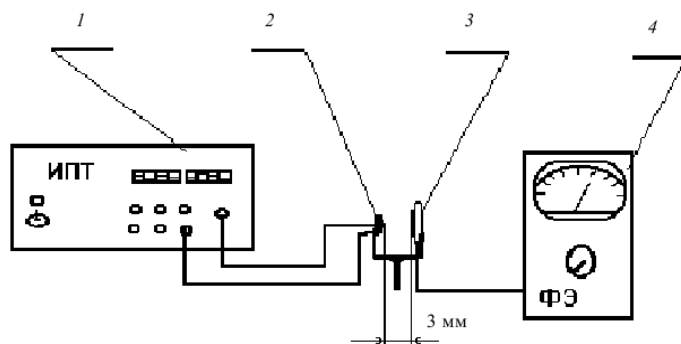
Tranzistorli optoparalarning afzalligi shundan iboratki, tranzistor kuchaytirgich vazifasini bajaradi. An’anaviy elektronikada optoparaning analogi impuls transformatoridir.

Tadqiq qilinayotgan optoparada AL 307B yorug‘lik chiqaruvchi diodi qo‘llanilgan. Optik muhit havodir. Fotoqabul qilgich sifatida kristalli ochiq bo‘lgan MP-25 tranzistor ishlatilgan. Yorug‘lik chiqaruvchi diodga ta’minot kuchlanishi  $U^{tom}$  beriladi, fototranzistordan esa optik muhit xossasiga va yorug‘lik chiqaruvchi diod yonishining yorqinligiga bog‘liq bo‘lgan kommutatsiya kuchlanishi  $U^{kom}$  olinadi.

Fototranzistor qarshiligi va uning ishlash rejimi uning kristallining yoritilganlikka bog‘liq bo‘ladi. Agarda baza yoritilmagan bo‘lsa, u kuchaytirgich rejimida ishlaydi. Baza sohasi yoritilganda unga tushuvchi fotonlar elektronlarni urib chiqaradi, o‘tish o‘tkazuvchi bo‘lib qoladi hamda kollektor zanjirida tok olib o‘tadi (fototok deb ataladi). Fototok kattaligi bazani yoritganligiga bog‘liq bo‘ladi.

### Ishni bajarish tartibi

1. Yorug‘lik chiqaruvchi diodning yonish yorqinligini aniqlash uchun qurilmani yig‘ing (2-rasm)



2-rasm. Yorug‘lik chiqaruvchi diodning yonishi tavsifini aniqlash uchun qurilma.  
1-o‘zgarimas tok manbasi; 2- yorug‘lik chiqaruvchi diod; 3- fotoelement; 4- eksponometr.

2. O‘zgarimas tok manbasini ulang va kuchlanishni 1.4 dan 2.1V gacha o‘zgartirgan holda eksponometr yordamida yonish yorqinligining qiymatini oling. Natijalarni 1-jadvalga kiriting.

### 1. Yorug‘lik chiqaruvchi diodning yonish yorqinligini ta’minot kuchlanishiga bog‘liqligi.

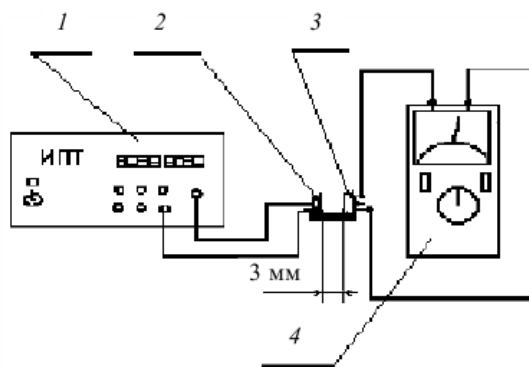
$U_{tam}, V$   
 $E, lk$

3. Yonish yorqinligini ta’minot kuchlanishiga bog‘liqlik grafisini ko‘ring.

4. Tranzistorli optoparalarning xossasini aniqlash uchun qurilmani yig‘ing (3-rasm).

5. O‘zgarimas tok manbasini ulang va kuchlanishni 1.4 dan 2.1 V gacha o‘zgartirgan holda onmetr yordamida fototranzistor qarshiligining qiymatini oling. Olingan ma’lumotlarni 2-jadvalga kiriting.





3-rasm. Fototranzistor qarshiligini aniqlash uchun qurilma.

1- o'zgarmas tok manbasi; 2- yorug'lik chiqaruvchi diod; 3- fototranzistor; 4- ommetr.

## 2. Fototranzistor qarshiligini yorug'lik chiqaruvchi diod ta'minot kuchlanishiga bog'liqligi.

$U_{\text{tam}}, V$

$R, \text{kom}$

6. Fototranzistor qarshiligini uning eritilganligiga bog'liqlik grafigini quring.

### Hisobot tarkibi

1. Yorug'lik chiqargich va fotoqabul qilgich xossalarini aniqlash qurilmasining sxemasi va ko'rsatmasi.
2. Yorug'lik chiqaruvchi diodning yonish yorqinligini yorug'lik chiqaruvchi diod ta'minot qurilmasiga bog'liq grafigi va jadvali.
3. Fototranzistor qarshiligini yorug'lik chiqaruvchi diod ta'minot kuchlanishiga bog'liqlik grafigi va jadvali.
4. Fototranzistor qarshiligini yorug'lik chiqaruvchi diod yonish yorqinligiga bog'liqlik grafigi.

### Nazorat savoli

1. Optoparalarning qo'llanilishi, ularning afzalligi va kamchiligi.
2. Optoelektron qurilmalardagi yorug'lik manbasi.
3. Fotoqabul qilgichlar, ularning xossalari va o'ziga xos tomonlari.
4. Optoparadagi tranzistorning fototokini boshqarish usullari.

## 4 – LABORATORIYA ISHI

### Faol pezoelektriklarning xossalarini o'rganish

**Ishdan maqsad:** faol pezoelektrik – kverining tavsiflarini aniqlash.

**Asboblar va anjomlar:** ikkinurli ostilloqraf, past chastotali kvart rezonator, quyi chastota generatori.

#### Nazariy ma'lumotlar

Xossalari tashqi sharoitga – harorat, bosim, maydon kuchlanganligi va hokazolarga bog'liq bo'lgan dielektrikni faol dielektrik yoki boshqariladigan dielektrik deb atashadi. Bunday dielektriklar turli xil datchiklar, o'zgartirgich, generator, modulyator va boshqa faol elementlarda ishchi jism bo'lib xizmat qilishi mumkin.

Faol dielektrikka segnetoelektriklar, pezoelektriklar, elektretlar, superion o'tkazgichlar va boshqalar kiradi. Faol dielektriklarni qat'iy sinflashning ilojisi yo'qdir, chunki bir material turli faol dielektrik alomatlarini namoyon qilishi mumkin. Segnetoelektriklarda ba'zan pezoelektrik xossalari mavjud bo'ladi. Bundan tashqari faol va passiv dielektriklar orasida chegara yo'qdir. Bir material ishlatish sharoitiga bogliq ravishda goh passiv izolyator vazifasini goh o'zgartiruvchi yoki boshqaruvchi elementning faol vazifasini bajarishi mumkin.

Pezoelektrik – pezoelektrik effekt kuchli namoyon bo'lgan moddadir. To'g'ri pezoelektrik effekt deb, mexanik kuchlanish ta'siri ostida dielektriklarni qutblanish hodisasiga aytiladi. Teskari pezoefektda qo'yilgan elektr maydon ta'sirida dielektrik o'lchamlarining o'zgarishi yuz beradi. Turli xil pezo'o'zgartirgichlarda litiy tantalum, iobat, segleto tuzi, litiy sulfati va krak kristallari ishlatiladi. Sirkonat – qo'rg'oshin titanati qattiq qorishmasi asosidagi keramikalar keng qo'llaniladi.

Kvars rezonator – qayishqoq pezoplastikalarning mexanik tebranishi g'alayonlantirish uchun pezoelektrik effektdan foydalanuvchi qurilmadir. Qo'yilgan elektr kuchlanishning chastotasi plastinaning xususiy chastotasi bilan mos kelganda uning tebranish amplitudasi keskin oshib ketadi. Bu esa juda yuqori asllikdagi rezonatorlarni olish imkonini beradi ( $Q \sim 10^5 \dots 10^7$ , LC –filtrlar uchun asllik  $10^2$  dan oshmaydi, pezokeramik filtr uchun  $10^3$  dan oshmaydi)

Kras kristallarida simmetriya markazi va tekisligi mavjud bo'lmaganligi sababi uchun u yaqqol namoyon bo'lgan pezoelektrikdir. Kvarsning kristall strukturasi kremnezem tetraedrdan tashkil topgan karkasni tashkil qiladi.

Mazkur tetraedlar kritallning bosh bunga nisbatan o'ng yoki chap yo'nalishli burama shaklga joylashgan bo'ladi. Shuning kristallarning o'ng va chap struktura – morfologik turlari mavjud bo'lib, ular tashqi ko'rinishdan ayrim qirralarning joylashish simetriyasi bo'yicha farq qiladi.

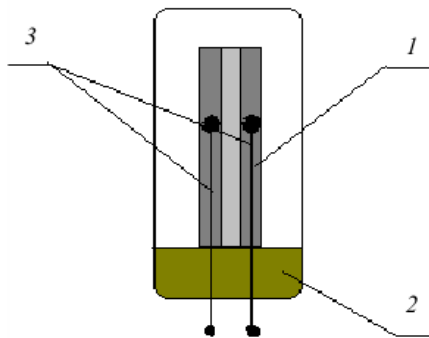
Yuqori harorat turg'unligi va kichik uzoq valtili chastota noturg'unligiga ( $10^{-6} \dots 10^{-7}$ ) ega bo'lgan holda kvars rezonatorlar tayanch chastota generatorlarida, chastota bo'yicha boshqariladigan generatorlarda, shuningdek tanlovchi qurilmalarda (filtr, chastota, diskriminatorlar va boshqalar) qo'llaniladi.

Past chastotali apparaturalar uchun mo'ljallangan rezonatorlar 1-rasmda ko'rsatilgan ko'rinishga ega bo'ladi. Kvars plastina 1 shisha qobiqqa 2 maxkamlangan bo'ladi. Signal o'tkazgichlar 3 orqali keladi.

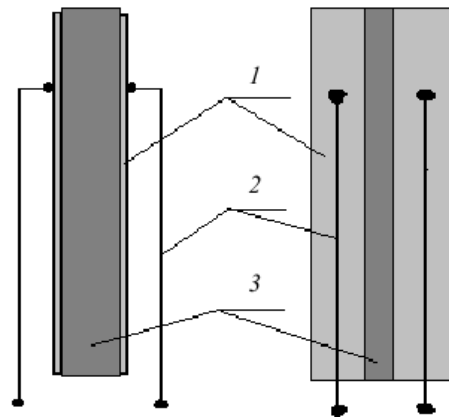
Plastina tomonlariga 3 (2-rasm) kontankt maydonlari 1 o'tkazilgan bo'lib, ularga o'tkazgichlar 2 yopishtirilgandir. Elektr signal plastinaning bir tomonida joylashgan kontaktlar juftligiga (birinchi kontenlar juftligi) uzatiladi. Kvarsning pezoelektrik xossasi

tufayli plastina tebranadi. Bu esa o‘z navbatida plastinaning orqa tomonda joylashgan plastinada (ikkinchi kontaktlar juftligi) potensial farqini hosil bo‘lishiga olib keladi.

Plastinaning geometrik parametrlari bilan aylanadigan ma’lum bir chastotada mexanik rezonans hosil bo‘ladi va ikkinchi kontaktlar juftligidan olinayotgan signal amplitudasi keskin oshib ketadi. Mazkur chastota rezonans chastotasi deb ataladi. Kvars plastinalarning mazkur xossasi uzun va o‘rta to‘lqin, diapazonida ishlovchi radiostansiya generatorlarida chastotani turg‘unlashtirish uchun ishlatiladi.



1–rasm. Past chastotali apparaturalar uchun kvars rezonator.

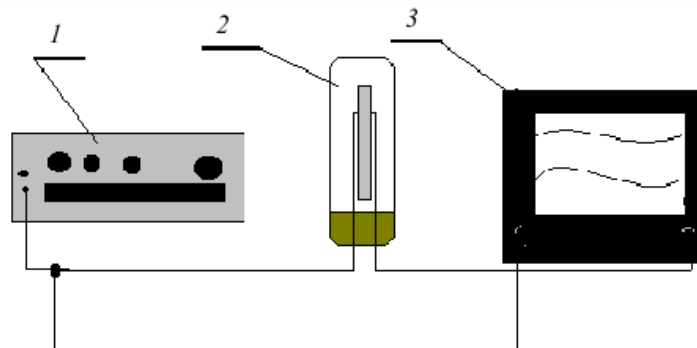


2–rasm. Past chastotali kvars rezonator plastinasi.

1-kontaktlar; 2-natijalar; 3-kvars plastina. 1-kontakt o‘tkazilgan plastina; 2-shisha qobiq; 3-elektir o‘tkazgichlar.

### Ishni bajarish tartibi.

1. Kvars kritallining tavsiflarini o‘rganish uchun laboratoriya standini yig‘ing (3-rasm).



3-rasm Rezonator ACHT olish uchun qurilma  
1-generatorlar; 2-rezonator; 3-ikkinurli osstillograflar.

Generator chiqishidan signal 1 ikki nurlu osstillografning 3 kirish “1” ga beriladi. Ostillografning “2” kirishiga kvars rezonatordan 2 o‘tgan signal uzatiladi. Signal amplitudasi o‘zgarib bo‘lganda (“1” kirishda) chastota o‘zgarishi bilan “2” kirishda signalning amplitudasi o‘zgaradi. Bu holat osstillograf ekranida qayd qilinadi. Rezonans chastotasida “2” kirishdagi signal amplitudasi dastlabki qiymatdan sezilarli darajada katta bo‘ladi. Chastotaning keyinchalik oshirilishi amplitudaning kamayishiga olib keladi.

2. Osstillograflar va generatorlarni ulang va ularni 2..3 daqiqa davomida qiziting.
3. Rezonator kirishiga uzatilayotgan signal chastotasini o‘zgartirgan holda uning rezonans chastotasini aniqlang. O‘lchash natijalarini 1-jadvalga kiriting.
4. Rezonator chiqishidagi tebranish amplitudasini chastotaga bog‘liq grafigini quring.

5. Kirish va chiqishdagi signallar farqi bo'yicha turli chastotalarda kvars plastinada signalni kuchsizlanishini aniqlang

**1-Signal amplitudasini chastotaga bog'liqligi.**

Chastota F, kHz

Amplituda I, V

6. Osstillograf ekranida signal yarim to'liqini h siljishi bo'yicha signalning ushlanish vaqtini toping:  $\tau=hn$ , bu yerda , n – yoyish koeffitsiyenti, ms/bo'l.

7. Kvars plastinasida akustik to'liqini harakatlanish tezligini hisoblang:

$$V = \frac{l}{\tau}$$

bu yerda, l – o'zgartirgichning kirish va chiqish elektrodleri orasidagi masofa.

**Hisobot tarkibi**

1. Labaratoriya qurilmasining ishlash tamoyilini yorgan holda tasviri.
2. Rezonans chastotasini ajratgan holda amplitudani chastotaga bog'liqligi to'ldirilgan jadval.
3. Amplitudani chastotaga bog'liqlik grafigi.
4. Kvars plastinada signalni kuchsizlanishi va akustik tebranishlarni tarqalish tezligini aniqlashning hisoblash natijalari.

**Nazorat savollari**

1. Kvars kristallining strukturasi va uning elektr-mexanik xossalari.
2. Kvars rezonatorning ishlash tamoyili.
3. Kvars rezonatorning qo'llanilishi.
4. Rezonans chastotasi qaysi parametrlarga bog'liq bo'ladi?
5. AChT aniqlash qurilmasining ishlash tamoyili.

### Asosiy adabiyotlar:

1. M.T. Normurodov, V.E. Umirzakov va boshqalar «Elektrotexnika materiallari va qurilmalari texnologiyasi». Toshkent. «Mehnat». 2004 yil.
2. Axmedov A.SH., Kurbanbaeva D.U. Elektr texnika materiallari fani bo'yicha tajriba ishlarini bajarish uchun metodik ko'rsatma. -Toshkent: TDTU, 2005.
3. Axmedov A.SH., Kurbanbaeva D.U. Metodicheskoe rukovodstvo k vypolneniyu laboratornykh rabot po kursu Elektrotexnicheskie materialy. -Tashkent: TashGTU, 2005.
4. Ahmedov A.Sh. Elektr texnika materiallar. O'quv qo'llanma, -Toshkent: TDTU, 2006.
5. Temirova M.A. «Elektrotexnika materiallari» fanidan ma'ruzalar matni. Toshkent Avtomobil - yo'llar instituti. Toshkent - 2006y.
6. A.R. West . R.H. Mitchell . P. Shiv Halasyamani M. Kunz & I.D. Brown . A. Safari, R.K. Panda, V.F. Janas. Dielectric Materials. Chemistry 754, 2002.
7. T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age Intenational, Nil edition. USA, 2009.

### Qo'shimcha adabiyotlar:

1. Borodulin V.N. i dr. Elektrotexnicheskoe materialovedenie. Lab. rab. Metodicheskoe posobie -M.: Izd. MEI, 2001.
2. Spravochnik po elektrotexnicheskim materialam. -M.: «Energoatomizdat», perer. v 3 t., 2002.
3. Основы кабельной техники.: учебник для студ. Высш.учеб. заведений/ под ред. I.B. Peshkova. -M.: Izdatelskiy sentr «Akademiya», 2006.

### Internet saytlar:

1. [www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz);
2. [www.lex.uz](http://www.lex.uz);
3. [www.bilim.uz](http://www.bilim.uz);
4. [www.gov.uz](http://www.gov.uz).

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI  
NAVOIY KON-METALLURGIYA KOMBINATI  
NAVOIY DAVLAT KONCHILIK INSTITUTI  
ENERGO-MEXANIKA FAKULTETI  
“ELEKTR ENERGETIKASI” KAFEDRASI**



**ELEKTR TEXNIK MATERIALLAR  
fanidan**

**AMALIY ISH**

## SO‘Z BOSHI

Elektr texnik materiallar, ishlab chiqarishning turli tarmoqlari, fan va texnikada qo‘llaniladigan ko‘plab agregatlar va komplekslarning ajralmas qismidir. Hisoblash texnikasi asosida texnologik va ishlab chiqarish jarayonlarini avtomatlashtirish yo‘nalishi bilan bir qatorda, zamonaviy elektr yuritma texnikaviy oboektlarini avtomatik boshqarish sistemalarining eng ko‘p tarqalgan ko‘rinishi bo‘lib qoldi. SHuning uchun, elektr yuritmalarni avtomatik boshqarish muammosiga tobora ko‘prok eotibor berilmoqda.

Ushbu darslik "Elektr energetikasi" yo‘nalishlari bo‘yicha bakalavrlar tayyorlashda "**Elektr texnik materiallar**" kursining dasturiga mos ravishda yozilgan. Darslik kursning birinchi qismiga tegishli bo‘lib, unda elektr yuritma to‘g‘risidagi asosiy tushunchalar, elektr yuritma mexanikasi va uni qurishning umumiy prinsiplari berilgan, o‘zgarmas tok dvigatelli elektr yuritma sxemalari, xarakteristikalar roslash xossalari ko‘rib chiqilgan. Darslik, elektr energetikasi masalalari bilan shug‘ullanadigan kelajakdagi mutaxassis - elektrklar uchun mo‘ljallanganligini hisobga olgan Holda, unda ventilli o‘zgarmas tok elektr yuritmasining elektr ta‘minoti tarmog‘iga taosiri va bu taosirni kamaytirish usullari ham ko‘rsatilgan.

**Elektr texnik materiallar** kursini o‘rganish studentlarni fizika, matematika, elektrotexnikaning nazariy asoslari, boshqarishni nazariy asoslari, elektromexanika, sanoat elektronikasi, elektr apparatlaridan olgan bilimlariga asoslanadi.

## 1– AMALIY ISH

### Kremniydagi dislokatsiyalar tuzilishini o‘rganish

**Ishdan maqsad;** Yarim o'tkazgichli kremniydagi dislokatsiya tuzilishini aniqlash. Mikroskopning tuzilishi bilan tanishish. Dislokatsiya sonini, zichligini, va ularni namuna sirti bo'yicha taqsimotini hamda atom tekisliklarini asosiy kristallografik yo'nalishini aniqlash.

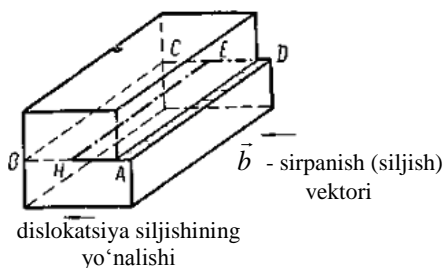
### Nazariy ma'lumotlar

Mukammal (ideal) kristallni fazoda davriy joylashgan atomlarning cheksiz majmui sifatida tasavvur qilish mumkin.

Real kristall ideal kristalldan farq qiladi. Ularda tuzilish nuqsonlari mavjud bo'lib, bu nuqsonlar kristallni mukammalligini va xususiyatini ancha o'zgartiradi. Tuzilish nuqsonlari deb; kristall panjarada atomlar joylashuvining buzilishiga aytiladi. Bunga asosan modda atomlarining o'zga element atomlari bilan almashinuvi – nuqtaviy nuqson, panjara tugunlaridan atomlarining yo'qligi (vakansiya deb ataluvchi), panjara tugunlarida atomlarning yo'qligi emas balki tugunlar aro asosiy moddaning atomlarini yoki begona atomlarni mavjudligi; sirtiy nuqsonlar hech bo'lmaganda haqiqiy (real) kristall chegaralangan o'lchamlariga tengligi, hajmiy nuqsonlarda misol uchun issiqlik harakati kiradi, bundan tashqari yana nuqsonlar mavjudki, ular Dislokatsiya nomi bilan yuritiladi. Dislokatsiya chiziqli nuqsonlar turiga taalluqlidir va kristall panjaraga bir necha atomlar aro oraliqdagi masofa ta'sir etadi. Dislokatsiya kristall o'stirish jarayonida plastik deformasiya paytida, katta harorat farqi ma'lum bo'lganda hosil bo'ladi. Dislokatsiya chizig'idagi to'ldirilmagan bog'lar yarim o'tkazgichning man etilgan oralig'ida chuqur muayyan joydagi satxlar hosil qiladi. Kristallni elektrik, fotoelektrik va mexanik xususiyatlari dislokatsiya zichligiga yetarli darajada bog'liq. Yarim o'tkazgichda dislokatsiyani mavjudligi ulardan yasalgan asboblarning sifatiga ta'sir qiladi.

Ikki turdagi dislokatsiya mavjud – chekkasimon va buramasimon. Undan tashqari yana ikkalasini orasidagi, ya'ni asosiy turining kombinatsiyasi deb hisoblanishi mumkin bo'lgan xollari ham mavjud. Ikki asosiy turdagi dislokatsiyalarni hosil bo'lishini oddiy kubik tuzilishli kristall misolida ko'rib chiqamiz.

**Chiziqli dislokatsiya.** Kristalda ABSD tekisligi bo'yicha AHED bo'lagida  $b$  bektor yo'nalishida sirpanish yuz bergan bo'lsin (1 – rasm). AHED sirpanish tekisligidan ikkala tomonida joylashgan atom tekisliklari bir biriga nisbatan sirpanish yo'nalishida  $v$  masofaga siljishiga to'sqinlik qiladi. Sirpanish xam mavjud bo'lmagan NBCE soxa tomonidan sirpanish yuz bergan AHED, soxani ajratuvchi HE chegara chiziqli dislokatsiya bo'ladi:  $b$  – vektor siljish vektori deb ataladi. U AHED sohasida sirpanishning rivojlanish darajasini ifodalaydi.



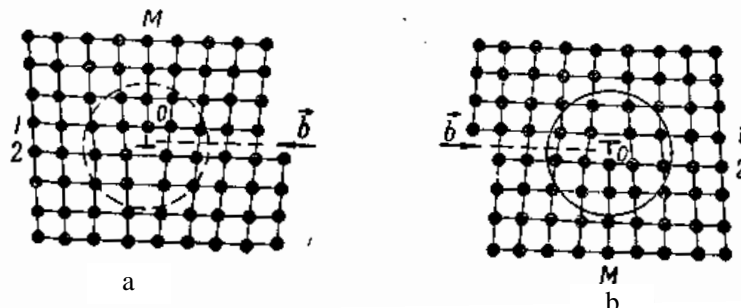
1 – rasm. Chiziqli dislokatsiyani hosil qiluvchi siljish

2 – rasmda dislokatsiya chizig'iga perpendikulyar tekislikda atomlarning joylashuvi ko'rsatilgan. AHED bo'lagida yuz bergan siljish natijasida (1 – rasm) panjaraning yuqori qismida panjaraning pastki qismiga qaraganda bitta atom tekisligiga (OM tekislik) ko'p bo'lib qoladi. Buning natijasida siljish tekisligi ustida yetuvchi atom qatori 1 mazkur tekislik ostidagi qatorga 2 qaraganda bitta ko'p atomdan iborat bo'ladi. O nuqtada (dislokatsiya markazi) yuqori qator atomlari orasidagi masofa normaldagiga qaraganda kichikroq bo'lsa (panjara qisilgan), O nuqta pastki qatordagi atomlar orasidagi masofa normaldagidan katta bo'ladi (panjara cho'zilgan). Dislokatsiya markazida o'ngga va chapga, yuqoriga va pastga ko'chgan sari panjara buzilishi sekin astalik bilan kamayadi, xamda O dan qandaydir masofada kristallda atomlarning normal

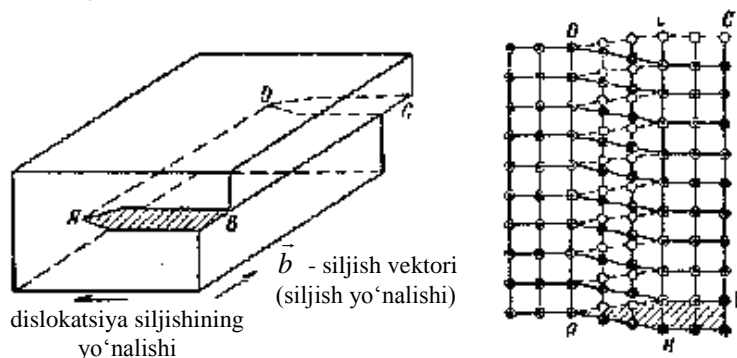


joylashishi tiklanadi. Chizma tekisligiga perpendikulyar yoʻnalishda dislokatsiya butun kristall yoki uning kattagina qismi orqali oʻtadi.

Shunday qilib, chiziqli dislokatsiyaga xos boʻlgan xolat kristall panjara qismida “ortiqcha” atom tekisligining  $\sigma_m$  mavjud boʻlishidir. Shuning uchun bunday dislokatsiyani xosil boʻlishini panjarani surilishi va unga qoʻshimcha tekislikni kiritish jarayoni sifatida tasavur qilish mumkin. Bu tekislikni **Ekstra** tekislik deb atashadi. Agarda tekislik panjaraning yuqori qismiga kiritilgan boʻlsa, chiziqli dislokatsiya musbat xisoblanadi (2 – rasmga qara): agar qoʻshimcha tekislik panjaraning pastki qismiga kiritilsa, dislokatsiya manfiy xisoblanadi (2,b – rasm). Siljish vektorining  $b$  panjara doimiysiga teng boʻlgan dislokatsiyani yakkali dislokatsiya yoki yakka quvvatli dislokatsiya deb atashadi.



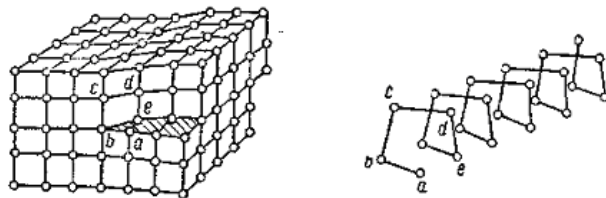
2 – rasm. HE dislokatsiya chizigʻiga perpendikulyar tekislikda atomlarning joylashuvi. Dislokatsiya atomlarning muvozanar holatidan siljigan sohani egallaydi (aylana bilan cheklangan):



3 – rasm. Burama dislokatsiyani hosil boʻlishi:

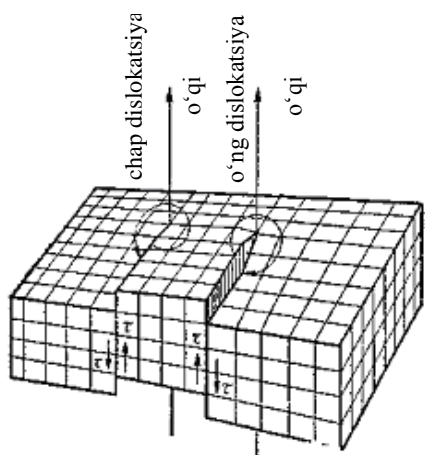
- a - burama dislokatsiyani hosil qiluvchi siljish. Siljish ABCD maydonida yuz bergan. AD chegaraga burama dislokatsiyadir; b – burama dislokatsiyani atrofida atomlarning joylashuvi

**Burama dislokatsiya.** Kristalda 3 – rasmda koʻrsatilgandek ABCD maydonida  $b$  vector yoʻnalishida tugallanmagan bitta siljish yuz bergan boʻlsin: AD – siljish tarqalishining chegarasi. 3 – b. rasmda oq aylana bilan sirpanish tekisligi ustida bevosita joylashgan atom tekisligining atomlari, qora aylana bilan sirpanish tekisligi ostida joylashgan atom tekisligining atomlari koʻrsatilgan. AD chegaraga chaprogʻida yotuvchi kristallning deformatsiyalanmagan qismida mazkur tekislik atomlari bir birining ustida yotadi. Shuning uchun qora aylanalarga oqga tushadi. Bitta atom masofasiga siljish yuz bergan kristallning oʻng qismida, yaʼni EN dan oʻngroqda yotuvchi sohada koʻrilayotgan tekisliklar atomlari shuningdek ustma ust joylashadi. Tor ADEN yoʻlakchasida yuqori tekislik atomlari pastki tekislik atomlariga nisbatan siljigan boʻladi, hamda AD chegaradan qanchalik qolib ketsa u shunchalik kuchliroq siljigan boʻladi. Bu siljish panjaraning mahalliy buzilishini keltirib chiqaradi.



4 – rasm. “Burama dislokatsiya” nomini kelib chiqishigai:  
 a – burama dislokatsiyada atomlarning joylashuvi; b – a  
 atomdan b, c, d, e va x.k.z atomlarga ko‘chish burama  
 diislokatsiyabo‘yicha yuz beradi

Uni burama dislokatsiya deb atashadi: AD chegara dislokatsiya o‘qi deyiladi. Dislokatsiya nomini kelib chiqishini 4 – rasmda bilib olsa bo‘ladi, a atomdan burama dislokatsiya sohasida yotuvchi b, c, d, e va x.k.z atomlarga ko‘chish 4, b – rasmda ko‘rsatilgandek burama chiziq bo‘yicha yuz beradi. Chap va o‘ng burama dislokatsiyalar mavjuddir (5 – rasm).



5 – rasm. O‘ng va chap buramasimon  
 dislokatsiyalar

Burama dislokatsiyaning kristallar mavjudligi uni o‘stirishda panjarasidagi tugallanishini yengillashtiradi. Amaliyotda kristallda dislokatsiyani yuzaga chiqarish uchun rentgenografik, metallografik va dekorirlash usullari qo‘llaniladi. Bu usullardan eng soddarog‘i hattoki ancha aniqligi kam bo‘lsa ham, metallografik usulidir. Uning mohiyati kristall sirtiga maxsus tanlab olingan yemirgichni kimyoviy ta‘sir ettirish yo‘li bilan Dislokatsiyani yuzaga chiqarishdan iboratdir. Kristallni kislota – yemirgichga botirilganda uni sirtini parchalanishi bir vaqtda hamma nuqtalarda boshlanadi. Agar yemirgich kuchli ta‘sir etayotgan

bo‘lsa va kristall tez yemirilayotgan bo‘lsa u holda yemirilish jarayonini kuzatib borish qiyinlashadi. Bunda kristall qirralari konveksion oqimi bilan yuvilib ketgandek bo‘ladi.

Agar yemirish kuchsiz yemirgichda uzoq vaqt olib borilsa, kristall qirralarida har xil tashqi shakldagi to‘g‘ri figuralar hosil bo‘ladi. Ular yemirish figuralari deb nom olgan bo‘lib ularni mikroskop ostida kuzatish ancha oson.

Agar kristall panjarani ixtiyoriy atomi bo‘ylab tekislik o‘tkazilsa, u holda bu tekisliklar kristollografik tekisliklar deb ataladi. Kubik panjara uchun ularning yo‘nalishlari bu tekisliklar qanday koordinata o‘qlarini kesib o‘tishga bog‘liqligiga qarab aniqlanadi. Tekisliklarning holatlari tekislik koordinata o‘qlarini kesib o‘tishida hosil bo‘lgan bo‘laklariga teskari proporsionallik Meller indekslarida berilgan.

Turli kristollografik tekisliklardagi yemirish figuralari turlichaligi aniqlangan. Ammo bu hali ular bir xil bo‘lmagan hajmiy shaklga ega deb hisoblanmaydi. U yoki boshqa kristollografik tekislikdagi yemirish figurasining ko‘p xilligi ko‘p proyeksiyalardagi birdan – bir yemirish figurasini hajmiy shakli kristallni turli makroskopik qirralarida, kuzatishlarga ko‘ra bir xil ko‘rinmasligi tufayli kelib chiqqan. Misol uchun: tetraedr ham uchburchak ko‘rinishida, ham to‘rtburchak ko‘rinishida loyihalanishi mumkin. Germaniy va kremniylarga talluqli kubik elementlar yacheykali kristallarda asosiy kristollografik tekisliklar (111),(100) va (110) uchun yemirish figuralari 2 – rasmda tasvirlangandek ko‘rinishga ega.

Rasmda ko‘rinib turibdiki, yemirilish shakli shakl jihatidan qay bir darajada elementar yacheykaga mos keluvchi kristollografik tekisliklarda hosil bo‘lgan kesmaga mos keladi.

Dislokatsiya yuzasi chiqqan yerdagi yemirilish tezligi kristallning boshqa nuqtalaridagi ancha katta; buning natijasida shlefda dislokatsiya chiqqan joyda yemirishdan so‘ng chuqurcha hosil bo‘ladi. Yemirish chuqurchalarining asosiy shakli yemirib borayotgan joyidagi tekislik oriyentatsiyasiga bog‘liq. Chuqurchaning o‘zi hamma vaqt cho‘qqisi shlefning ichkarisiga ketuvchi piramidani tasvir etadi.

Yemirish figurasidan farqli yemirish chuqurchasi shlefni hamma sirtini qoplab olmaydi, aksincha faqat dislokatsiya chiqqan yerdagina joylashadi. Kimyoviy yemirish usuli bilan barcha dislokatsiya yuzaga chiqarilmaydi, aksincha faqat shlefga perpendekulyar yoki bu yo‘nalishdan o‘lchami katta bo‘lmagan cheklanishda ketganlarinigina yuzaga chiqaradi.

Metallografik usul bilan dislokatsiyalarni tekshirishda yuqorida keltirilgan izohga asosan aniqlash darajasi kamroq bo‘ladi. Yemirish chuqurchalari soni orqali hisoblangan Dislokatsiya zichligining qiymati hamma vaqt bir muncha kamroq chiqadi. Ammo ko‘p hollarda tekshirilayorgan shlefga qarab normadan katta chetlanishda ketayotgan dislokatsiyalar amalda unga perpendekulyar ketayotganlaridan ancha kam ahamiyatga ega bo‘ladi. Shuning uchun metallografik usul bilan dislokatsiyani yuzaga chiqarish ancha aniq deb hisoblasa bo‘ladi. Mikroskop ostida yemirilish chuqurchalari sonini hisoblab, taxminan shlefni yemirilgan sirtining 1kv. sm bo‘lagiga to‘g‘ri keluvchi dislokatsiyalar sonini aniqlash mumkin. O‘rtacha yemirilish chuqurchalarining zichligi  $N_d$ ni quyidagi ifoda orqali hisoblanadi.

$$N_d = \frac{n_{o'rt}}{S} [dona / sm^2]$$

bu yerda,  $n_{o'rt}$  – mikroskop ko‘rish maydonidagi dislokatsiya chuqurchalar o‘rtacha soni,  $S$ –ko‘rish maydonining yuzasi.

Kremniyda dislokatsiyani yuzaga chiqarish uchun ishlatiladigan yaxshi yemirgichlardan biri Desha selektiv yemirgichdir. Uning tarkibiga ftorid HF, azot HNO<sub>3</sub>, va sirka kislotalari H<sub>3</sub>COOH, [HF:HNO:HCOOH] (1:3:3) miqdorda kiradi. Bu yemirgich dislokatsiyani (111) yo‘nalishidagi tekisliklarda yaxshi yuzaga chiqaradi. Ba’zi bir yemirgichlar yemirish figuralari tasvirini faqat ma’lum kristollografik tekisliklardagina beradi va faqat shu tekislikga mos keluvchi yo‘nalishni aniqlashga imkon beradi. Bunday yemirgichlar selektiv yemirgichlar nomi bilan yuritiladi. Desha yemirgichidan yuqorida ko‘rsatilgan miqdorda olinganda, yemirish uy sharoitida 90 minut davomida olib boriladi.

a) ishning maqsadi, vazifasi va bajarish tartibini so‘zlab berishi kerak;

b) nazariy savollarga tayyorgarlik ko‘rib kelganligi asosida ish natijasi qanday chiqadi, buni qanday asoslab berish mumkin, ish jarayonida qanday formulalardan, shakllardan, grafiklardan foydalaniladi kabi savollarga ifoda va rasmlar yordamida aniq javob berish kerak.

2. Dislokatsion strukturalari yuzaga chiqarilgan kremniy yoki germaniy kristallarini bir necha xil solishtirma qarshilikli qiymatga ega bo‘lgan namunalari ajratib olinsin. Shu ajratib olingan namunalarning aniq nomini, o‘tkazuvchanlik turini, solishtirma qarshilik qiymatini, selektiv yemirgich turini va yemirish vaqtini muallimdan bilib olib, barcha olingan ma’lumotlarni 1–jadvalga yozilsin.

3. MIN – 9 mikroskopi bilan mukammal tanishib chiqilsin.

- a) barcha mexanizmlari bilan;
- b) mikroskopni kattalashtirishini aniqlash usuli bilan;
- v) Mikroskopni mikrometrini bo'limlarini qiymatini aniqlash usullari bilan.

4. Mikroskopda kerakli kattalashtirishni sozlansin; okullyardagi shkala bo'limlari qiymatini asbob instruksiyasi asosida aniqlansin va shkalani bir bo'limining qiymatini yozib olib, uni 1 – jadvalga kiritilsin

5. Okulyarni ko'rish maydonidagi yuza qiymatini aniqlang: agar  $r$  – okullyar ko'rish maydonning yoritilgan qismini radius deb olinsa, u holda shu radiusga nechta shkala bo'limi to'g'ri kelishi hisoblansin. Shu sonni ko'rayotgan mikroskopning kattalashtirishiga mos aniqlangan shkalaning birinchi bo'lim qiymatiga ko'paytirish kerak (ya'ni  $r$  ga). 9 ta bo'lim to'g'ri keldi deb qarasa, 1 bo'lim qiymati 147 marta kattalashtirishda 8 mikronga teng bo'lsa, u holda  $r=9 \times 8=72$  mk ekan. So'ngra yoritilgan qism maydonni qiymatini hisoblashni quyidagi ifoda orqali olib boring.

$$S = \pi r^2 [sm^2]$$

Olingan ma'lumotlar ( $r, S$ )ni 1–jadvalga kiritilsin.

6. Obyektiv ostiga pinset yordamida quritilgan, toza dislokatsion strukturasi yuzaga chiqarilgan namunali joylashtirilsin. Mikroskop ostiga dislokatsion strukturani tekshirilsin: yemirish figurasi sonini va yemirish chuqurchalarini o'lchamlari aniqlansin. dislokatsiya o'lchami dislokatsiya miqdoriga, tarkibiga dislokatsiya o'rganilayotgan namunada nuqsonlar mavjudligiga va dislokatsiya yuzaga chiqishiga qanday bog'liq. Yemirish figurasi shaklini katta aniqlik bilan avval ish daftarchangizga so'ngra 1 – jadvalga yozib olinsin.

7. Har bir tekshirilayotgan namunada aniq yuzaga chiqqan dislokatsion struktura o'lchami aniqlansin. (Misol uchun yemirish figurasi ko'rinishda bo'lsa, a va b larni aniqlash kerak, ya'ni misol  $a=32$ mk,  $b=16$ mk), buning uchun okullyar shkalasini dislokatsion struktura ustiga goh ko'ndalang, goh bo'ylama holda qo'yib a va b larga qancha bo'lim to'g'ri kelishi hisoblansin, so'ngra shu bo'limlarning shkala 1 – bo'limning qiymatiga ko'paytirilsin (misol uchun, mikroskopning  $M=147$  marta kattalashtirishga bir bo'lim qiymati 8mk deylik, a ga 4 bo'lim, b ga 6 bo'lim tog'ri keldi, u holda dislokatsiya o'lchami  $4 \times 8=32$ mk,  $6 \times 8=48$ mk chiqadi, ya'ni  $a; b;=32; 48; \text{mk}$ ). Olingan natijalarni 1 – jadvalga kiritilsin.

8. Struktura nuqsonlari bo'lmish dislokatsiya sonini hisoblansin, ham namuna bo'yi ham eni bo'yicha. Har 1:2mm oraliqda (misol, kremniy plastinkasi). Olingan natijalar 2 – jadvalga yozilsin.

9. 4 – 6 nuqtalar bajarilgan jarayonni turli solishtirma qarshilik  $R$  ga ega bo'lgan namunalarda bajarilsin va olingan natijalar 1 – jadvalga kiritilsin.

10. Mikroskopni o'chirilsin, namunalarni qutichaga solinsin va hammasini muallimga topshirilsin va ish daftariga muallim imzosi qo'ydirilsin.

### Sinov savollari

1. Dislokatsion tuzilishini qanday maqsadlarda o'rganiladi?
2. Dislokatsiya zichligiga nimalar ta'sir qiladi?
3. Kristall panjaralarda qanday nuqsonlar bo'lishi mumkin?
4. Dislokatsiya nima va uning turlari?
5. Dislokatsiya zichligi qanday aniqlanadi?
6. Selektiv yemirgich deb qanday yemirgichga aytiladi?

7. Yemirilish chuqurliklarining shakllari qanday?

## 2– AMALIY ISH

### Kristall va amorf materiallarning qotish (erish) egri chizig‘ini o‘rganish Nazariy ma‘lumotlar

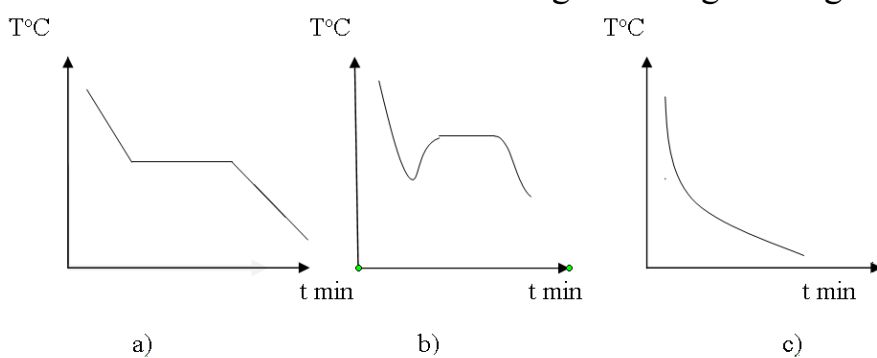
Malumki, qattiq jismlar kristall va amorf materiallarga bo‘linadi. Kristall materiallarning o‘ziga xos xususiyatlaridan biri fazoda struktura birligi (atomlar, ionlar, molekulalar)ni tartibli joylashganligidir. Bu panjarani 3ta ko‘chish vektorlar  $a, b, c$ , va  $\alpha, \beta, \gamma$  burchaklar asosida qurilgan elementlar panjara (yacheykalar)ni fazoda davriy takrorlanishi yordamida tariflash mumkin. Shuning uchun kristall materiallar struktura birligi, joylashish tartibida yaqin va uzoq tartibga ega bo‘ladi.

Kristall materiallarning boshqa xususiyati ularda qotish harorati (erish)ni keskin namoyon bo‘lishidir. Normal sharoitda hamma qattiq metallar, shuningdek ko‘pgina tabiiy minerallar kristall materiallar toifasiga tegishli. Amorf materiallar struktura birligining joylashish tartibida faqat yaqin tartibga ega, shu sabab ularda keskin ifodalashgan qotish (erish) nuqtasi yo‘q. Haroratni oshirganda amorf materiallar struktura birligining joylashish tartibi xarakterini saqlaydi va asta-sekin ularning atomlarini, ionlarini, molekulalarni tebranishi ortishi tufayli suyuq holatga o‘tib boradi. Amorf materiallarga ko‘p sonli yuqori-molekulyar organik moddalar (plastik massalar, saqichlar, kanifol, shisha...) tegishli. Amorf moddalar, gaz va suyuqliklarga o‘xshash atukturalarning tartibsiz joylashishi tufayli – ezaotropdir.

#### Harorat–vaqt egri chizig‘i usuli.

Bu usul harorat – vaqt egri chizig‘idan moddani suyuq holatidan qattiq holatga o‘tish haroratni aniqlashga imkon beradi. Harorat – vaqt egri chizig‘ini chizish uchun ko‘p miqdorda kristall va amorf materiallar olinadi. Har biri alohida probirkalarga joylashtiriladi va elektr pechkasida eritiladi. Pechka harorati o‘rganilayotgan moddaning erish nuqtasidan ozroq yuqori bo‘lishi kerak. Erib bo‘lgach, pechka o‘chirilib, materialni sovish haroratini vaqt bo‘yicha kuzatib borish kerak.

1 – chizmada kristall va amorf materiallarning sovish egri chizig‘i keltirilgan.



- a) Kristall materialning qotishi;
- b) Kristall materialning ozgina qotishi
- c) Amorf materialning qotishi

1–rasmda ko‘rinib turibiki, kristall materialning qotishi  $T_{kr}$ -doimiy harorat sohasida sodir bo‘ladi, amorf material qotishmasi soviyotganda (eriyotganda) kristallashish jarayonida yashirin issiqlik ajralish sodir bo‘ladi. Amorf materiallar qotayotganda esa yashirin issiqlik ajralib chiqmaydi va sovish egri chizig‘i 1c-rasmda tasvirlangandek ko‘rinishga ega bo‘ladi. Kristallarning o‘stirish usuliga nisbatan sovish egri chizig‘i (1a) yoki (1b)–rasmdagi ko‘rinishgagidek ega bo‘ladi.

#### Qurilma

Harorat–vaqt egri chizig‘ini olish uchun quyidagi qismlardan tashkil topgan qurilma: tigel bilan pechka, millivoltmetr bilan termopara, LATP–9 ishlatiladi.

Pechkaga ulangan kuchlanish LATP–9 bilan boshqariladi va qurilmaning oldi qismida joylashgan voltmeter bilan nazorat qilinadi. Pechka harorati millivoltmeter ko‘rsatkichini 100ga ko‘paytirib aniqlanadi.

### **Sinov savollari**

1. Kristall va amorf materiallar qanday o‘ziga xos xususiyatlarga ega?
2. Nima uchun amorf materialning qotish egri chizig‘ida siljish bo‘lagi yo‘q?
3. Harorat–vaqt egri chizig‘i usulida qanday issiqlik effekti qo‘llaniladi?
4. Kristall materialning qotish egri chizig‘idagi sinishning ko‘rinishi nimalarga bog‘liq?

### 3– AMALIY ISH

#### **Mikroelektronikada diffuziyali strukturalarni yaratishda foydalaniladigan materiallarni o‘rganish**

##### **Nazariy ma‘lumotlar**

Yarimo‘tkazgich materiallarni yaratishda monokristall materiallarda kirishmalarning diffuziyasi asosiy texnologik jarayonlardan biri bo‘lib hisoblanadi. Diffuziya yordamida yarimo‘tkazgich materiallardan tayyorlangan plastinaning har xil joylarida ma‘lum bir turdagi o‘tkazuvchanlik va konsentratsiya gradientini hosil qilish mumkin bo‘lgan sohalar shakllanadi. Diodli va tranzistorli strukturalar, rezistorlar va IMSning boshqa elementlari yaratiladi. Yarimo‘tkazgichlarda moddani diffuziyali ko‘chirish jarayonlari Fik ikkita tenglamasi bilan asoslab beriladi.

Diffuziyali qatlam qalinligi odatda plastinkaning yuzasidan juda kichik. Agar diffuziya bir o‘lchovli bo‘lsa, u holda kirishmalar asosan sirtning normal yo‘nalishi bo‘yicha diffuziyalanadi.

Bir o‘lchamli diffuziyaning birinchi tenglamasi kirishma atomlari oqimini konsentratsiya ko‘p bo‘lgan sohadan konsentratsiya kam bo‘lgan sohaga o‘tishini aniqlab beradi. Bu yerda tenglamadagi minus ishora atomlarning diffuziyali ko‘chishi katta konsentratsiyali sohadan kichik konsentratsiyali sohaga o‘tishi tufayli yuz berishini anglatadi.

Diffuziyaning ikkinchi tenglamasi birinchi tenglamadan quyidagi farazga asosan olinadi, ya‘ni diffuziya koeffitsienti konsentratsiyaga bog‘liq emas. Fik ning ikkinchi qonuni diffuziyaning asosiy qonuni hisoblanadi. U diffuziyaning berilgan haroratda va istalgan vaqtda sirtidan istalgan masofada yarim o‘tkazgichga kiritilgan kirishmalar konsentratsiyasini aniqlaydi. Harorat ikkinchi tenglamaga diffuziya koeffitsienti orqali kiradi.

Diffuziyaning aniq shartlari uchun asosiy tenglamaning yechimi jarayonining har xil muddatlarida konsentratsiyasining teng chuqurliklarda aniqlab beradi va shunday ravishda diffuziyani berilgan-haroratda masofaga bog‘liqligi topiladi. Cheksiz doimiy manbada bir vaqtdagi diffuziya uchun kirishmalar taqsimoti, ya‘ni u yarimo‘tkazgich ichiga kirib borayotgan kirishmalarni doimiy to‘ldirib turishini ta‘minlaydi, bu esa birgacha to‘ldirilgan xatoliklar integralining murakkab funksiyasining tenglamasi bilan ifodalanadi.

Sirtga keluvchi kirishmalar miqdori plastina sirtidan ketuvchi kirishmalar miqdoriga teng. Cheklangan manbadan bir o‘lchamli diffuziya uchun kirishmalar taqsimoti, masalan, plastinaning yupqa sirti qatlamida hosil qilingan va atrofidagi fazoga kirishmalar diffuziyasidan maskalovchi plyonka bilan saqlangan holatda normal tenglama orqali ifodalanadi. Kirishmalarni plastina hajmiga ketishi davomida kirishmalar konsentratsiyasi manbada kamayadi, tashqaridan ularni to‘ldirish sodir bo‘lmaydi. Xatoliklarning qo‘shimcha funksiyasiga va Gauss funksiyasiga mos kelgan, yuqorida aytib o‘tilgan kirishmalar taqsimotini xususiyati shundaki, kirishmalar konsentratsiyasi yarim o‘tkazgich ichkarisida monoton ravishda kamayib boradi.

Kirishmaning maksimal konsentratsiyasi plastina sirtidagi miqdoriga mos keladi, bunda cheklanmagan doimiy manbadan diffuziya holatida sirt konsentratsiyalari diffuziya vaqtiga bog‘liq bo‘lmaydi, cheklangan manbadan diffuziya paytida esa – vaqt ortishi bilan kamayib boradi. Amalda kirishmalar taqsimoti, qoida bo‘yicha oddiy nazariy hollarga mos kelmaydi. Ko‘pincha farq qiladi yoki diffuziya jarayonida chegaraviy shartlar saqlanmaydi, bundan tashqari, diffuziya jarayoniga hisoblashlarda



e'tiborga olinmaydigan har xil omillar ta'sir qiladi. Eng avval bu diffuziya koeffitsientining doimiy emasligidir, ya'ni u kiritilayotgan kirishmalar konsentratsiyasiga, plastinkada mavjud dastlabki kirishmalarga va strukturali nuqsonlarga bog'liq bo'ladi. Diffuziya koeffitsientining konsentratsiyaga bog'liqligi amalda juda taqriban ma'lum va hatto bir o'lchamli diffuziya holda asosiy tenglamani yechishni ayrim hollardagina olish mumkin. Aytib o'tilganlardan shu narsa ravshanki, konsentratsiyalarning haqiqiy taqsimoti hisoblashlardagidan farq qiladi. Shunga qaramay, amalda diffuziya jarayonlarini baholashda ko'pincha FIK tenglamasining oddiy yechimlaridan foydalaniladi, hisoblarning natijalari esa tajriba orqali tekshiriladi va aniqlanadi.

Diffuziyali qatlamlarning parametrlarini avvalgi holda olish maqsadida, shuningdek integral mikrosxemalar tayyorlashda har doim talab qilinadigan nisbatan yuqori bo'lmagan sirt konsentratsiyalariga ega bo'lishi uchun ko'plab diffuziya jarayonlari ikki bosqichda olib boriladi.

Birinchi bosqichda plastinaning yuqori sirt qatlamiga cheklanmagan manbadan aniq miqdordagi legirlovchi kirishmalar kiritiladi. Shu yo'l bilan birinchi bosqichda yuqori konsentratsiyali sirt qatlami hosil qilinadi.

Birinchi bosqich odatda tez o'tkaziladi va bu nisbatan past haroratlarda amalga oshiriladi. Bunda kremniyli plastinkalar sirtida kirishma silekanli shishaning qatlami hosil qilinadi.

Diffuziyaning ikkinchi bosqichda diffuziyali kuydirish o'tkaziladi va bunda birinchi bosqichda olingan sirtidagi shisha olib tashlanishi yoki qoldirilishi mumkin. Ikkinchi bosqich, qoida bo'yicha termik usulda oksidlash jarayoni bilan olib boriladi, ya'ni jarayon oksidlovchi muhitda o'tkaziladi. Diffuziyali kuydirish birinchi bosqichda qo'llangan kirishmalar manbasi bo'lmagan holda o'tkaziladi. Bunda birinchi bosqichda kiritilgan kirishmalarning ma'lum bir chuqurlikka qayta taqsimlanishi sodir bo'ladi – sirtidagi kirishma konsentratsiyasi yarim o'tkazgich ichiga va o'suvchi oksid qatlamiga ketishi hisobiga kamayadi. Diffuziyaning ikkinchi bosqichi o'tkaziladigan harorat va vaqt birinchi bosqichga nisbatan katta bo'ladi.

Diffuziyali strukturalarga qo'yilgan aniq talablarga bog'liq ravishda diffuziyaning har xil usullarida foydalaniladi va ularni ikki turga ajratish mumkin: yopiq (ampulali usul) va havodagi yoki gaz tushuvchi oqimdagi diffuziya usuli, (ochiq naycha usuli). Gaz tushuvchi oqimda diffuziyani o'tkazish usulida plastinkalar va diffuziya manbasi bir tomoni ochiq bo'lgan naychaga joylashtiriladi va uning o'zi ham pechga joylashtirilgan bo'lib, 2 ta zonadagi haroratni boshqarish va saqlab turishni ta'minlaydi: diffuziya zonasi va diffuziyali bug'lanish zonasi. Diffuziya bug'i diffuziya zonasiga gaz – tushuvchi orqali yetkaziladi, bunda inert gazlar, kislorod ularning aralashmalaridan foydalaniladi. (Ba'zan namlash qo'llaniladi). Gaz – tushuvchi sifatida kislorod va suv bug'i kabi tashkil etuvchilardan foydalanish sirtga nisbatan yuqori oksid qatlami hosil bo'lishiga olib keladi hamda uni eroziyadan saqlaydi.

Diffuziya jarayoni sirtida hosil bo'lgan shishasimon qatlamlarda sodir bo'ladi. Ayniqsa yaxshi natijalar  $B_2O_3$  va  $P_2O_3$  birikmalar qo'llanganda olinishi mumkin. Bu usul yordamida elektr tavsiflari dastlabki qiymatlarida tiklanadigan elektron kovak o'tishlari olinadi, bu esa diffuziya qatlami chuqurligini aniq boshqarish va undagi kirishmalar konsentratsiyasining taqsimlanishini nazorat qilish imkoniyati bilan bog'langan.

### **Sinov savollari**

1. Diffuziyaning birinchi tenglamasi nimani aniqlaydi?

2. Diffuziyaning ikkinchi tenglamasi nimani aniqlaydi?
3. Yarim o'tkazgichda kirishmalar diffuziya koeffitsiyentining fizikaviy ma'nosi nima?
4. Cheklanmagan va cheklangan manbada diffuziya holida yarimo'tkazgichda kirishmalar konsentratsiyasi taqsimotini tushuntiring?
5. Diffuziyaning ikki bosqichdan o'tkazilishi vazifasini tushuntiring?
6. Yarim o'tkazgichda kirishmalarni kiritish va tarqatishda ularning joylashishini tushunturung?
7. Diffuziyali jarayonlarning texnologik variantlarini aytib bering.
8. Tajriba materiallarining va ishga tegishli jihozlarining vazifasini tushuntiring.

#### 4– AMALIY ISH

### Yemirilish shakli bo'yicha monokristallar yo'nalishini (oriyentatsiyasini) aniqlash

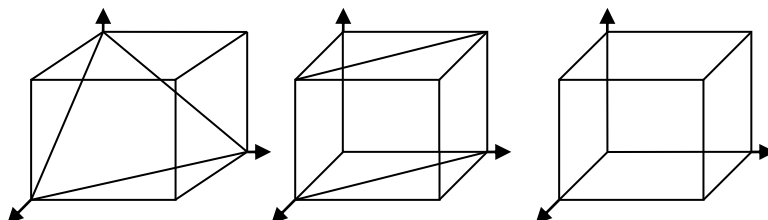
**Ishning maqsadi:** Selektiv (tanlab olinuvchi) yemirish natijasida olingan, yemirish shakli bo'yicha monokristallarning kristallografik oriyentatsiyasini aniqlash uslubini o'rganish, metallografik mikroskop yordamida kremniyli namunalarning sirtida olinadigan yemirilish shakli bo'yicha kristallografik oriyentatsiyasini aniqlash.

**Kerakli asboblari:** Kremniyli namunalarni sirtida selektiv yemirish natijasida olingan shakllar, MIM-7 metallografik mikroskop, pinset.

#### Nazariy ma'lumotlar

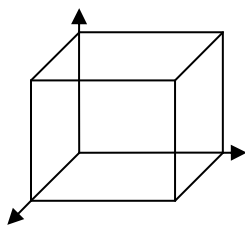
Istalgan kristall panjarada ularning atomlari orqali o'tadigan cheksiz ko'p tekisliklarni o'tkazish mumkin. Bunda har bir tekislikdagi atomlar joylashishi qat'iy aniq tartibda bo'ladi. Aytilgan qonuniyatlar real kristallarda har doim ham o'rinli bo'lmaydi, lekin bu qonuniyatlarning buzilishlari soni ularda juda kam bo'lganligi uchun kristallning umumiy manzarasiga ta'sir ko'rsata olmaydi. 1 – rasmda kub panjara uchun uchta juda ham muhim bo'lgan kristallografik tekisliklar va yo'nalishlar ko'rsatilgan.

(1,1,1) tekislik uning birlik maydonida atomlarning katta zichligiga ega bo'lgan tekislikdir yoki atomlari zich joylashtirilgan tekislik bo'ylab hisoblanadi, (100) va (110) tekislikda atomlar zichligi katta bo'lmaydi, ko'rsatilgan tekisliklarga mos keluvchi kristallografik yo'nalishlar monokristallarni eritmadan tortib chiqarishda ularning o'sishi uchun juda qulay afzalliklarga ega. Kristall atomlarining joylashishidagi davriylik va qat'iy ma'lum bir tartib ularning xossalari o'z aksini topadi. Amorf jismlardan farqli ravishda kristall moddalarning deyarli barcha xossalari har xil yo'nalishlar bo'yicha turlicha bo'ladi.



1 – rasm. Kub panjara uchun kristallografik tekislik va yo'nalishlar

Elementlar yarim o'tkazgichlar germaniy va kremniy olmosnikidek panjaraga ega bo'lib, uni kubning jisimiy diaganali bo'yicha bir-biriga nisbatan  $\frac{1}{4}$  atomlar aro masofaga siljirilgan ikkita qirrali markazlashgan struktura sifatida aks ettirish mumkin. 2 – rasmda olmos panjarasining elementar yacheykasi ko'rsatilgan. Bunday panjarada har bir atom 4ta yaqin qo'shniga ega bo'ladi.



2 – rasm Olmos hilidagi panjaraning elementar yacheykasi

Ko'p marta shu narsa kuzatilganki, ya'ni yemirilishning kristallga kimyoviy ta'siri ularning qirralarini erishi har xil kristallografik yo'nalishlar bo'yicha turli tezliklarda sodir bo'ladi. Umumiy holda barcha sirtni yemirish tezligiga bir qator quyidagi omillar ta'sir ko'rsatadi, ya'ni kirishmalar to'plami, dislokatsiya zichligi va h.k.

Kristallashdan keyin bitta qiymatda bir, ikki bir necha hattoki ko'plab kristallar bo'lishi mumkin va ular bir-biriga nisbatan tartibsiz ravishda yo'nalgan bo'ladi. Tuzilishni aniqlash uchun quymaning bir qismini yoki uni butunlay yemirish lozim bo'ladi. Bunda yemirilishning tarkibi har bir modda uchun har xil tajriba yordamida aniqlanadi.

Ayrim hollarda kristall moddasining tuzi erimay, balki uning oksidi eriydi va u kristallga yemirishning ba'zi tarkibiy qismlari ta'sir qilish natijasida hosil bo'ladi.

Agar yarimo'tkazgichning quymasi monokristalldan iborat bo'lsa, u holda yemirishdan keyin barcha uning sirti butunlay bir jinsli bo'ladi va uning alohida qismlari bir-biridan farq qilmaydi. Xuddi shunga o'xshash manzaraga ko'plab mayda kristallardan yoki donachalardan tashkil topgan quyma sirti ham ega bo'lishi mumkin. Bu ikkita quymaning tuzilishidagi farq mikroskopik tadqiq qilishda ravshan namoyon bo'ladi, bunda odatda quyma butunligicha emas, balki faqat uning bir qismi tadqiq qilinadi hamda maxsus ravishda ishlov beriladi.

Ko'p hollarda namunalar sirtini yemirishga tayyorlash va uni mikroskop yordamida tadqiq etishdagi majburiy bosqich bu jilolash bo'lib, u kimyoviy usulda amalga oshiriladi. Namuna sirtiga ilova berishni shlif deb ataladi. Polikristalldan tayyorlangan shlif sirtida yemirishdan keyin donachalar chegarasi aniq ko'rina boshlaydi. Donachalar orasidagi chegara juda tez yemirilgani uchun ular mikroskopda kattalashtirib kuzatilganda qora to'r yoki chiziq ko'rinishida bo'ladi. Alohida donachalar bunda har xil yorishganlik jihatlariga ega bo'ladi. Bunga sabab shuki, donachalarning bir xil bo'lmagan oriyentatsiyalari oqibatida shlif sirtiga har xil kristallografik tekisliklar bilan chiqadi va ularning yemirish tavsifi hamda tezligi turli xil bo'lishi mumkin. Har xil fazaviy tarkibli donachalar esa bir-biridan yanada ravshan farq qiladi.

Monokristallarni sun'iy o'stirish orqali olingan quyma tuzilishini aniqlash uchun, masalan Choxralskiy usuli yordamida, uni mikroskopda tadqiq etishga zarurat bo'lmaydi. Quyma monokristall bo'lish yoki ikkita yoki bir nechta yirik kristallardan tashkil topishi mumkin. Quymani yemirishdan keyin, kristallar yorishganlik jihatlariga asosan oson farqlanadi, monokristall sirti yuqorida qayd qilinganidek bu holda mutlaqo bir jinsli kabi namoyon bo'ladi.

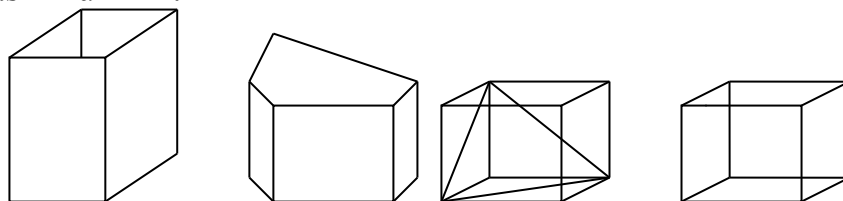
Kremniyda donachalar chegarasini aniqlash uchun natriy gidroksidning (NaOH)15% li eritmasi ishlatiladi. Bu eritmada namuna 10–15minut davomida eritiladi, shuningdek Desh yemirgichi HF: HNO<sub>3</sub> CH<sub>3</sub> COOH ham ishlatilishi mumkin. Yemirish vaqti tarkibga kiruvchi kislotalarga bog'liq bo'ladi. Germaniy quymalarining kristall tuzilishini ularni qaynab turgan pergidrolda yemirish orqali aniqlanadi. (30%li H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> eritmasiga natriy gidroksidining bir necha tomchisi aralastiriladi).

Uning erigan suyuqligiga botirilgan yarimo'tkazgich sirtining buzilishi bir vaqtning o'zida ko'p nuqtalarda boshlanadi. Agar yemirgich kuchli ta'sir qilsa va kristall tez erisa, u holda erish jarayonini kuzatishga ulgurib bo'lmaydi. Kristall qirralari esa suyuqlikning konveksiyali oqimi bilan yuvilib ketadi. Agar yemirish juda sekin sodir bo'lsa, qirralarida har xil tashqi shaklga ega bo'lgan to'g'ri chuqurliklar paydo bo'ladi va ularning uchlari kristall ichkarisiga yo'nalgan bo'ladi. Bunday chuqurliklar yemirish shakllari deb ataladi va mikroskopda ravshan kuzatiladi. Yemirish shakllari bir xil tashqi ko'rinishga ega bo'lishi mumkin, lekin har xil projektsiyalarda turlicha ko'rinishda bo'ladi. Masalan, tetraedrni uchburchak yoki to'rtburchak ko'rinishida projektsiyalash mumkin.

Shu narsa aniqlanganki, har xil kristollografik tekisliklarga ma'lum bir ko'rinishdagi yemirish shakli mos keladi. Kub elementlar yacheykali kristallarda (germaniy va kremniy) (111), (110), (100) asosiy kristollografik tekisliklar 3-rasmda tasvirlangan ko'rinishlarga ega bo'ladi.

Rasmdan shu narsa ko'rinib turibdiki, yemirish shakllari o'lchamlari bo'yicha elementlar yacheykasi kristollografik tekisliklar tomonidan hosil bo'lgan kesimlarga qandaydir darajada mos keladi. Yemirish shakllari geometriyasiga asosan kristall oriyentatsiyasi to'g'risida, u yoki bu simmetriya elementlari haqida, shuningdek monokristallashganlik to'g'risida ularga qiyosiy baho berish mumkin.

Yemirish shakllari usuli orqali kristall oriyentatsiyasi 2 – 3 darajagacha qiymatlar oralig'ida aniqlash mumkin.



3 – rasm. (111),(110),(100) asosiy kristollografik tekisliklar uchun kub elementar yacheykali kristallarda yemirish shakllari

Amalda esa, masalan, yarimo'tkazgichning sun'iy o'stirilgan monokristalli oriyentatsiyasini uning o'sish o'qi bo'ylab aniqlashni bilish zarur. Bunga sabab shuki, undan yasaladigan asboblarning tavsiflari kesib tayyorlangan ishlanmalarning yo'nalishiga bog'liq bo'ladi.

Monokristallar oriyentatsiyasini aniqlash uchun yanada mustahkam va aniq usul sifatida rentgenografik usullardan foydalanish mumkin, lekin ular juda murakkab va ko'p vaqtni talab etadi.

1. Ishni bajarishdan oldin talaba o'qituvchidan ruxsatnoma olishi kerak, buning uchun nazariy materialdan kelib chiqqan holda, ishning maqsadi, masalalari va bajarish tartibini izohlab berish lozim.

2. Selektiv kimyoviy yemirish natijasida olingan har xil yemirish shaklli monokristall kremniyni tanlab oling.

3. O'qituvchidan quyidagilarni so'rang, ya'ni tadqiq qilayotgan materialning to'g'ri nomlanishini, o'tkazuvchanlik turini, solishtirma qarshiligi qiymatini, selektiv yemirgichning nomlanishini va yemirish vaqtini bilib oling, hamda ma'lumotlarni hisobotga kiriting.

4. MIM – 7 mikroskopini ishlash uchun tayyorlang.

5. Pinset yordamida ob'yektiv ostiga quruq, toza kremniy monokristallini qo'ying.

6. Mikroskop ostida yemirish shakllarini tadqiq qiling.

7. Yemirish shakllarini o'lchamlari bo'yicha kremniy monokristallining kristollografik oriyentatsiyasini aniqlang. Ko'rgan narsalaringizni rasm ko'rinishida tayyorlang. Olingan ma'lumotlarni hisobga kiriting.

8. Mikroskopni tarmoqdan uzing, namunalarni qutichaga qo'ying va uni o'qituvchiga topshiring.

9. Olingan natijalar asosida ish bo'yicha hisobot tayyorlang.

10. O'qituvchiga hisobot topshiring.

## **Sinov savollari**

1. Monokristallga ta'rif bering?
2. Kristall panjaraga tushuncha bering?
3. Miller indekslari nima?
4. Kremniy monokristalli sirtning har xil kristollografik tekisliklarida qanday yemirish shakllari kuzatiladi?
5. Kristall panjarada nuqsonlarining qanday turlari mavjudligini sanab bering?

## 5– AMALIY ISH

### Suyuqlik va qattiq jismlarda yorug‘likning yutilish koeffitsientini aniqlash

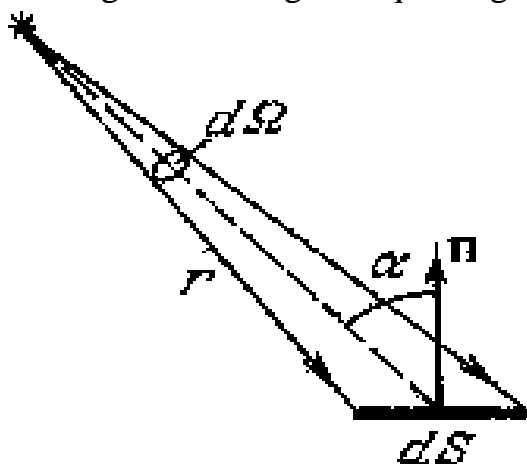
**Ishning maqsadi:** Suyuqlik va qattiq jismlarda yorug‘likning yutilishini o‘rganish va yutilish koeffitsientini aniqlash.

#### Nazariy ma’lumotlar

Yoritilganlik qonunlari va Bugerning yutilish qonuni nuqtaviy manba tushunchasini shunday yorug‘lik manbasiga qo‘llash mumkinki uning o‘lchamlari o‘zi yoritadigan sirtgacha bo‘lgan masofadan juda kichik bo‘lishi kerak. Agar  $J$  nuqtaviy manbaning yorug‘lik kuchi,  $r$  manbadan yoritiladigan sirtgacha bo‘lgan masofa (1–rasm) bo‘lsa u holda sirtning yoritilganligi quyidagiga teng.

$$E = \frac{J \cos \alpha}{r^2}, (1)$$

bu yerda,  $\alpha$  nurlarning sirtni berilgan nuqtasidagi tutashish burchagi.



1–rasm. Yorug‘lik manbai  $\Delta S$  yuzada (1) formula bilan aniqlanadigan yoritilganlikni hosil qiladi. Nuqtaviy manba uchun yoritilganlik qonunlari ikkita tasdiqqa olib keladi

#### Sirt yoritilganligi

1. Masofaning kvadratiga teskari proporsional.
2. Sirtning berilgan nuqtasidan nurlarning tushish burchagini kosinusiga to‘g‘ri proporsional.

#### Bugerning yutilish qonuni.

Manba hosil qilgan sirt yoritilganligi ko‘p miqdorda modda tomonidan yorug‘lik oqimini yutilish kattaligiga bog‘liq bo‘ladi, bunda modda yorug‘lik manbai va sirt orasida joylashgan. Moddaning  $d$  qalinlikdagi qatlamiga tushayotgan  $F_0$  yorug‘lik oqimi kattaligi bilan o‘tgan  $F$  yorug‘lik oqimi orasidagi bog‘lanish Buger qonuni orqali aniqlanadi.

$$\Phi = \Phi_0 e^{-kd}, (2)$$

bu yerda,  $k$  yutilish koeffitsienti,  $e$  natural logarifm asosi.

Tajriba yo‘li bilan (2) formuladan kelib chiqadigan quyidagi munosabat tekshiriladi.

$$\ln\left(\frac{\Phi_0}{\Phi}\right) = kd (3)$$

**Stendning tarkibi va tuzilishi.** Stend yorug'lik manbai cho'g'lanma lampadan tashkil topgan bo'lib, u yoritgichga mahkamlab qo'yilgan. Yoritgichni 10sm dan 25sm gacha bo'lgan diapazonida ko'chirish mumkin. Yoritgich tagida yorug'lik datchigi (kremniyli fotodiod) joylashgan. Datchik signali DT 830V raqamli o'lchagich asboblari bilan o'lchanadi. Yoritilganlikning chiziqiy shkalasidan (fotodiodning qisqa tutashuv toki o'lchanadi) yoki logarifmik shkalasidan (fotodiod tomonidan generatsiyalangan kuchlanish o'lchanadi) foydalanish mumkin. Quyidagi laboratoriya ishi va namoyish tajribalarini bajarish mumkin.

1. Laboratoriya ishi–suyuqlik va qattiq jismlarning yutilish koeffitsientini o'lchash.
2. Yutilish koeffitsientini aralashmaning konsentratsiyasiga bog'liqligini namoyish qilish.
3. Buger–Lambert qonunini namoyish qilish.

### **Qurilmada ishlash**

Tajriba qurilmasini tuzilishi. Yorug'lik manbai yoritiladigan fotodatchik sirtidan  $I+h$  balandlikda joylashtiriladi, bu yerda  $I$  asbob korpusining sirtidan lampaning balandligi,  $h$  asbob sirtidan fotodatchikgacha bo'lgan masofa. Yoritilganlikni o'lchash uchun fotoelementdan foydalaniladi, ya'ni uning tok qiymati fotoelementni yoritilganligiga proporsional. Ishning ikkinchi qismida yutadigan plastinkalar to'plamidan foydalaniladi.

1. Yoritilganlik qonunlarini tajriba yo'li bilan tekshirish (yoritilganlikni nuqtaviy yorug'lik manbasigacha bo'lgan masofaga bog'liqligi)

Lampa fotoelement tagiga o'rnatilgan (yoqmasdan)

Yoritgich  $I_1=10$  sm,  $I_2=15$  sm,  $I_3=20$  sm, masofalarga ko'chiriladi, bunda fototokning kattaliklari aniqlanadi. Fototoklar kichik bo'ladi, chunki ular tashqi yoritilganlik fani orqali aniqlanadi.

Fototokning topilgan kattaliklarini  $I_i'$ ,  $i=1, \dots, 3$ . kabi yozish kerak.

Lampani yoqib 1.2. jarayon qaytariladi, bunda fototok kattaliklari quyidagiga teng:  $I_i''$ ,  $i=1, \dots, 3$ .

Lampa o'chiriladi.

$h$  kattaligi aniqlanadi (hisoblashlarni aniqlashtirish zarur bo'lgani uchun)/

2. Buger qonuni tajriba yo'li bilan tekshirish.

Shtangensirkul yordamida plastina qalinligini o'lchash.

Lampani yoqib,  $I_0$  fototokning kattaligini aniqlash. Fotoelementga ketma – ket birinchi, ikkinchi va uchinchi plastinkani qo'yib,  $I_1$ ,  $I_2$  va  $I_3$  fototok kattaliklarini mos ravishda o'lchash.

Lampa o'chiriladi.

Yoritilganlikni nuqtaviy yorug'lik manbasigacha bo'lgan masofaga bog'liqligi. Ishda  $\cos\alpha$  kattaligi taqriban 1 ga teng ekanligi va  $\alpha$  masofa o'zgarganda miqdori kam o'zgarishini hisobga olsak, u holda (1) formula quyidagi ko'rinishda bo'ladi.

$$E = J \cdot \text{const} / (1+h)^2 \quad (4)$$

shuning uchun bu holda yoritilganlik kattaligi  $1/(1+h)^2$  kattalikka proporsional bo'ladi.

1.  $I_i'$ ,  $I_i''$ ,  $i=1, \dots, 3$ . o'lchashlarning natijalarini 1 – jadvalga yozing.

2.  $\Delta I$  ni  $1/(1+h)^2$  kattalikka bog'liqlik grafigini tuzing. Olingan bog'liqlik chiziqiy bo'ladimi?



### **Sinov savollari**

1. Nuqtaviy manbaa uchun yoritilganlik qonunlari?
2. Yutilish koeffitsienti tushunchasiga ta'rif bering?
3. Yoritilganlik qonunlarini tajribada tekshirishning ma'nosi nimani anglatadi?
4. Bugerning yutilish qonunini tushuntirib bering?
5. Buger qonunidan amalda foydalanish istiqbollari?

## 6– AMALIY ISH

### Yarim o‘tkazgichli materiallarning solishtirma qarshiligini to‘rtzondli tadqiq etish

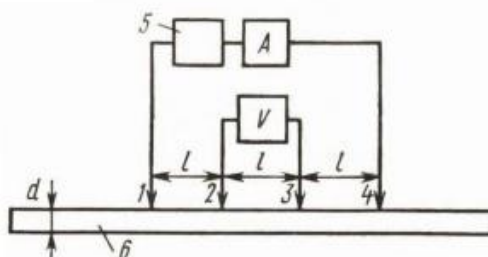
**Ishdan maqsad** to‘rtzondli usul imkoniyatlarini o‘rganish; yarim o‘tkazgichli taglikning sirt va solishtirma qarshiligini o‘lchash.

#### Nazariy ma’lumot

Hozirgi kunda sirt  $R_{\text{sir}}$  va solishtirma  $\rho$  qarshilikni o‘lchashning ko‘pgina usullari ma’lumdir. O‘lchanayotgan na’muna va o‘lchash vositalarining o‘za’ro ta’sirlashuvi bo‘yicha mazkur usullarning tutashuvsiz va tutashuvliga ajratish mumkin. Tutashuvsiz usullar o‘lchanayotgan plastina (struktura) va o‘lchash vositalari orasida mexanik tutashuvlarsiz amalga oshiriladi. Ularga uyurmali toklar, plazmali rezonans, O‘YuI-energiya yutilishi, optik akslanish koeffitsiyentini o‘lchash usullari hamda faqatgina laboratoriya amaliyotida qo‘llaniladigan boshqa usullar kiradi.

Tutashuvli usul elektr signalni uzatish va plastina (struktura) bilan tutashuvni ta’minlovchi ignasimon zond bilan plastinadan (struktura) ta’sir javobini olish orqali amalgam oshiriladi. Ularga to‘rtzondli, uchzondli, ikkizondli usullar va qarshiliklarni oqish usullari kiradi.

O‘lchashning to‘rtzondli usuli keng qo‘llanishga ega bo‘ldi. To‘rtzondli usulni amalga oshiruvchi o‘lchash va zondlarning ulanish sxemasi 1 – rasmda ko‘rsatilgan. Tok manbasi yordamida ampermetr bo‘yicha 1,4 – tok zondlari zanjirida tok o‘rnatiladi. Epitaksial qatlamlar uchun tavsiya qilinadigan tokning qiymati 1 – jadvalda keltirilgan.



1 – rasm. To‘rtzondli usul bilan sirt va solishtirma qarshilikning o‘lchash sxemasi

Turli  $R_{\text{sir}}$  qiymatli epitaksial qatlamlar uchun tavsiya etiladigan tok qiymati

$R_{\text{sir}} \cdot k\Omega$	0,01–0,03	0,03–0,1	0,1–0,3	0,3–1	1–3	3–10	10–30
--------------------------------	-----------	----------	---------	-------	-----	------	-------

$I, \text{mkA}$	$\leq 10^5$	$\leq 10^4$	$\leq 4 \cdot 10^3$	$\leq 400$	$\leq 70$	$\leq 10$	$\leq 5$
-----------------	-------------	-------------	---------------------	------------	-----------	-----------	----------

Katta kirish qarshiligiga ega bo‘lgan  $V$  voltmetr bilan tokning ikkita qarama-qarshi yo‘nalishlarida 2 va 3 zondlar orasidagi kuchlanishlarni o‘lchab,  $U_{23}$  va  $U_{32}$  qiymatlari olinadi. Keyingi hisoblarda kuchlanishning o‘rtacha qiymati ishlatiladi;

$$U_{o'r} = (U_{23} + U_{32}) / 2,$$

2 va 3 zondlar orasidagi kuchlanishning o‘rtacha qiymatini hisoblab, sirt qarshiligi topiladi;

$$R_{\text{sir}} = KU_{o'r} / I(k\Omega/i),$$

bu yerda,  $K$ –zondlarning o‘zaro joylashishi bilan aniqlanadigan koeffitsiyent (zondlar kvadrat cho‘qqilari bo‘yicha joylashganda  $K=9,06$ , zondlar chiziqda joylashganda  $K=4,53$ )

Solishtirma qarshilik quyidagicha formula boyicha hisoblanadi;

$$\rho = R_{\text{sir}} \cdot d(\Omega \cdot \text{sm}).$$

To'rtzondli usuli bilan sirt qarshilikni o'lchaganda o'lchash xatoligi o'lchanayotgan struktura turi va  $d$  qalinligi bilan aniqlanadi va 0,5–2,5mkm qalinliklar uchun 4–10% tashkil qiladi. Xatoliklarni kamaytirish uchun quyidagi choralarni qo'llashadi;

1) o'lchamlarni atrof muhitning harorati ( $23 \pm 2$ )°C va nisbiy namlikgi ( $65 \pm 15$ %) bo'lganda o'tkaziladi;

2) epitaksil qatlamlarni reaktordan olingandan so'ng 30 daqiqadan keyin o'lchanadi;

3) zond va lapuna chegaralari orasidagi masofa  $5l$  dan kichik bo'lmagan qiymatga teng bo'lishi kerak ( $l$  – zondlar orasidagi masofa). Bunda  $l$  qiymati zondning nuqtaviy tutashuv diametridan ancha katta hamda struktura  $d$  qalinlikdan ikki martadan ortiq katta bo'lishi kerak.

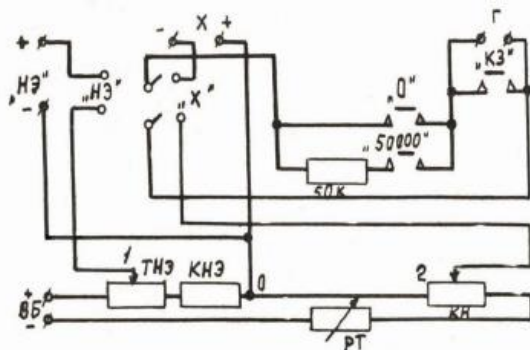
### Ishning bajarish tartibi

1. O'qtuvchidan yarimo'tkazgichli plastinani oling hamda ularni ishga tayyorlang.
2. Kichik xatoliklarga erishish uchun plastina hamda zond o'lchamlarini (zondlar va namuna chetlari orasidagi masofa, struktura qalinligi)
3. Potensiometrni rostlashni o'tkazing

### Rostlash quyidagidan iboratdir

Potensiometrning ishchi tokini shunday kattalikka aniq o'rnatiladiki, bunda potensiometr o'mlik shkalasidagi ko'rsatishlar haqqoniy bo'ladi. Ishchi tokning o'rnatish uchun 0 – 1 sohasidagi kuchlanish tushuvi kompensatsiya tamoyilidan foydalangan holda normal element EYuK bilan taqqoslanadi. Normal element tokning kimyoviy manbasi bo'lib, uning EYuK i yuqori aniqlik bilan ma'lum bo'ladi.

Normal elementning 15°C dagi EYuK 1,01876 B tashkil qiladi. Boshqa haroratlar uchun EYuK kattaliklariga tuzatishlar jadvaldagi ma'lumotlardan foydalangan holda xamda "TNƏ" dastagi yordamida EYuKning mos keluvchi aniqlashtirilgan qiymatini o'rnatgan holda kiritiladi. 0 – 1 nuqtalar orasidagi qarshiliklar shunday tanlanganki, normal elementning EYuKni kompensatsiyasi faqatgina ishchi tokni to'g'ri o'rnatganda yuz beradi. Mos ravishda zanjirning to'liq qarshiligi PT qarshilikni rostlash yordamida o'zgartirgan holda potensiometr ishchi tokining to'g'ri qiymatini o'rnatish mumkin. Potensiometrni rostlash "NƏ – X" kalitni "HƏ" xolatga o'tkazilganda amalga oshirilsa, noma'lum kuchlanishni o'lchash esa kalitning "X" holatida amalga oshiriladi.



2 – rasm. Elektr potensiometrning soddalashtirilgan sxemasi

"50000", "0" va "K<sub>3</sub>" tugmalar galvometr butunligini ta'minlash uchun kerakdir. Agarda mazkur tugmalarning barchasi bosilmagan bo'lsa, galvometr zanjirga ulangan bo'lmaydi. Galvometrni minimal sezgirlikka o'rnatgan holda, ya'ni o'lchash chegarasi qiymatlaridan eng kattasini o'rnatgan va "50000" tugmasini 50kOm holda o'lchashlarni boshlash kerak. Bunda kompensatsiya zanjiri tutashadi. Biroq galvometr bilan ketma ket ravishda 50kOm qarshilik ulangan bo'ladi.

PPTV potensiometr 0,00001...1,10000V oralig'ida o'zgaras kuchlanishni kompensatsiya usuli bilan o'lchash uchun mo'ljallangan presizion (aniq)asbobdir.

Kuchlanishning tashqi manbasi TB ketma ket ulangan "TNƏ" "KNƏ", "KN" va "RT" zanjirida ishchi tokini hosil qiladi, 0 – 1 va 0 – 2 nuqtalar orasidagi qarshiliklarning kattaligi asbob panelidagi dastakni aylantirish bilan o'rnatiladi.

4. bir qancha pardali na'munalar uchun solishtirma sirt qarshiligini o'lchashni o'tkazing.

Buning uchun;

- zondlar tok manbasidagi "set" tumblerini ulang, tok qutbini uzib ulagichini "+" holatiga qo'ying, " $U_{et} - U_k$ " uzib ulagichni " $U_{et}$ " holatiga qo'ying;

- navbatdagi tenglikni to'rt zondli kallachasi stoliga qo'ying. Yuqori vintni aylantirgan holda kallachani milliampermetr zondlar zanjirida tokning mavjudligini ko'rsatmaguncha tushiring. Zondni shunday o'rnatish kerakki tok qat'iy o'zgarasdan qolishi kerak. Aks holda tajriba aniqligi yomonlashadi.

- Zondlar  $I$  tokining milliamper shkalasi bo'yicha 0,5...1mA oralig'ida o'rnatilgan va rostlagichdagi (kalibrovka)  $U_{et}$  kuchlanishni o'lchagan holda uning aniq qiymatini aniqlang (uchta raqamgacha bo'lgan aniqlikgacha)

-  $R_{et}$  qarshilikni  $R_{et}=100\text{Om}$  ga o'rnatish tavsiya qilinadi. Galvanometrni, tugmasini qo'yib yuborish:

- " $U_{et} - U_k$ " uzib ulagichni " $U_k$ " holatiga o'tkazing va " $U_k$ " ni uchta raqamgacha bo'lgan aniqlik bilan o'lchang.

- Tokning qarama qarshi qutubi uchun  $I$  va  $U_k$  ni aniqlashni takrorlang.

-  $I$  va  $U_k$  larning o'rtacha qiymatini hisoblang.

5. Har bir namuna uchun  $R_{sir}$  va  $\rho$  kattaliklarni hisoblang.

### Savollar

1. Solishtirma qarshilikni o'lchashning qaysi usullari tutashuvsizdir?
2. Solishtirma qarshilikning o'lchash tutashuv usulining mohiyati nimadan iborat?
3. O'lchash qurilmasidagi yuqori Om li potensiometrning vazifasi nimadan iborat?
4. O'lchash qurilmasida galvanometr vazifasi qanday?
5. Potensiometrni rostlash nimaga kerak va u qanday o'tkaziladi?
6. O'lchash qurilmasida qarshiliklar magazinining vazifasi?
7. To'rtzondli usulning qanday afzalliklari va kamchiliklari mavjud?
8.  $U_{et}$ ,  $U_k$  kuchlanish tushuvini o'lchashning kompensatsion usulining mohiyati nimadan iborat?
9. O'lchash qurilmasidagi shuntlovchi kallachaning vazifasi?
10. Galvanometr sezgirligi qanday o'zgartiriladi ?

### Foydalaniladigan adabiyotlar ro'yxati:

#### Asosiy adabiyotlar:

8. M.T. Normurodov, V.E. Umirzakov va boshqalar «Elektrotexnika materiallari va qurilmalari texnologiyasi». Toshkent. «Mehnat». 2004 yil.
9. Axmedov A.SH., Kurbanbaeva D.U. Elektr texnika materiallari fani bo'yicha tajriba ishlarini bajarish uchun metodik ko'rsatma. -Toshkent: TDTU, 2005.

10. Axmedov A.SH., Kurbanbaeva D.U. Metodicheskoe rukovodstvo k vypolneniyu laboratornykh rabot po kursu Elektrotexnicheskie materialy. -Tashkent: TashGTU, 2005.
11. Ahmedov A.Sh. Elektr texnika materiallar. O'quv qo'llanma, -Toshkent: TDTU, 2006.
12. Temirova M.A. «Elektrotexnika materiallari» fanidan ma'ruzalar matni. Toshkent Avtomobil - yo'llar instituti. Toshkent - 2006y.
13. A.R. West . R.H. Mitchell . P. Shiv Halasyamani M. Kunz & I.D. Brown . A. Safari, R.K. Panda, V.F. Janas. Dielectric Materials. Chemistry 754, 2002.
14. T.K. Basak. Electrical engineering materials. New Age Intenational, Nil edition. USA, 2009.

Qo'shimcha adabiyotlar:

4. Borodulin V.N. i dr. Elektrotexnicheskoe materialovedenie. Lab. rab. Metodicheskoe posobie -M.: Izd. MEI, 2001.
5. Spravochnik po elektrotexnicheskim materialam. -M.: «Energoatomizdat», perer. v 3 t., 2002.
6. Основы кабельной техники.: учебник для студ. Высш.учеб. заведений/ под ред. I.B. Peshkova. -M.: Izdatelskiy sentr «Akademiya», 2006.

**Internet saytlar:**

5. [www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz);
6. [www.lex.uz](http://www.lex.uz);
7. [www.bilim.uz](http://www.bilim.uz);
8. [www.gov.uz](http://www.gov.uz).

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI  
NAVOIY KON-METALLURGIYA KOMBINATI  
NAVOIY DAVLAT KONCHILIK INSTITUTI  
ENERGO-MEXANIKA FAKULTETI  
“ELEKTR ENERGETIKASI” KAFEDRASI**



**ELEKTR TEXNIK MATERIALLAR  
fanidan**

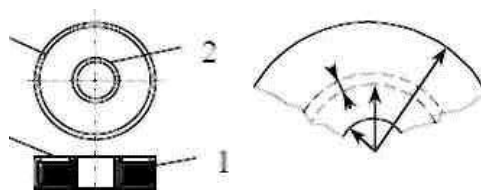
**MUSTAKIL TA'LIM MASHGULOTLARI**

## «Elektr texnik materiallari» fanidan masalalar va mashqlar to'plami

1. Agarda germaniyaning taqiqlangan sohasi  $\Delta E=0,665$  eV, valent sohadagi kovaklarning holat zichligi va o'tkazuvchanlik sohasidagi elektronlar holat zichligi mos holda:  $m_v=0,388m_0$ ;  $m_c=0,55m_0$ , ekanligi ma'lum bo'lsa, 300 K haroratda Fermi sathini toping, bunda  $m_0$  – erkin elektronning massasi.
2. Qalinligi  $h=1,5$  mm pezoelektrik kvars plastinaga X o'qi bo'ylab mexanik kuchlanish  $\sigma_1=2 \cdot 10^5$  N/m<sup>2</sup> ta'sir qiladi. Agarda X o'qi bo'ylab bo'ylama pezoэффект pezomoduli  $d_{11} = 2,3 \cdot 10^{-12}$  Kl/N ga teng bo'lsa, plastinaning qarama-qarshi tomonlarida hosil bo'ladigan kuchlanishni toping. Kvarsning dielektrik singdiruvchanligi 4,6 ga teng.
3. 300 K haroratda atomlar tarkibida 0,5 % qalay bo'lgan misning solishtirma qarshiligi 0,0386 mkOm\*m. Misning 400 va 20 K haroratlardagi solishtirma qarshiliklari orasidagi munosabat  $\beta$  ni aniqlang.
4. 1 va 2 kGs chastotada transformator o'zagida umumiy magnit yo'qotilishi gisterizesda va uyurma toklarda mos holda 2 va 6 Vt/kg ga teng. 5 kGs chastotada o'zakda va uyurma toklardagi magnit yo'qotilishni hisoblang.
5. YAssi kondensator plastinalari oralig'iga qalinligi  $h=3$  mm dielektrik list zich qilib joylashtirilgan. Kondensatorga  $U = 300$  V kuchlanish berilgan. Kondensator va dielektrikdagi zaryadlarning sirt zichliklari  $\sigma_1$  va  $\sigma_D$  lar topilsin. Dielektrik singdiruvchanlik 6 ga teng.
6. Misda  $T=250$  K haroratda elektronlarning erkin yugurish yo'li topilsin. Berilgan haroratda uning solishtirma qarshiligi 0,017 mkOm/m ga teng.
7. Termokompensirlangan kompozitsion (ya'ni dielektrik singdiruvchanlik harorat koeffitsienti nolga teng) keramik material dielektrik singdiruvchanliklari  $\epsilon_1=50$ ;  $\epsilon_2=70$  va  $\alpha_{\epsilon_1}=2 \cdot 10^{-4}$  K<sup>-1</sup>,  $\alpha_{\epsilon_2} = -1,5 \cdot 10^{-3}$  K<sup>-1</sup> bo'lgan ikkita dielektrik asosida yasalgan. Tarkibiy qismlar xaotik joylashganligini hisobga olib keramikaning dielektrik singdiruvchanligini toping.
8. 300 K haroratda solishtirma qarshilikli 0,08 Om·m *p*-tip germaniydagi elektronlar va kovaklarning konsentratsiyasining toping. Zaryad tashuvchilarning xususiy konsentratsiyasi xona haroratida  $n_i=2,1 \cdot 10^{19}$  m<sup>-3</sup> ga teng elektronlar harakatchanligi  $\mu_n=0,39$  m<sup>2</sup>/(V·s), kovaklar harakatchanligi  $\mu_p=0,19$  m<sup>2</sup>/(V·s).
9. Harorat 30 dan 250 °S gacha o'zgarganda misning issiqlik o'tkazuvchanligi  $\lambda_T$  qanday o'zgaradi.
10. Ma'lumki, alyuminiy  $a=0,4041$  nm davrli yoqlari markazlashgan kub panjarada kristallanadi. Kristall panjaradagi har bir atomga 3 ta elektron to'g'ri keladi deb hisoblab, erkin elektronlar konsentratsiyasi topilsin.
11. Harorat 20 dan 200 °C ga o'zgarganda misning solishtirma issiqlik o'tkazuvchanligi necha marta o'zgarishini aniqlang.
12. 20 °C da elektr lampadagi volfram ip qarshiligi 35 Om ga teng. Agarda lampani 220 V elektr manbasiga ulanganda ipdan 0,6 A tok o'tishi ma'lum bo'lsa, lampa

ipining haroratini aniqlang.  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  haroratda volframning solishtirma qarshik harorat koeffitsiyenti  $5 \cdot 10^{-3}\text{ K}^{-1}$ .

13. Sirti solishtirma qarshiligi  $\rho_s = 400\text{ Om}$  bo'lgan uglerod qatlamidan yasalgan yuqori chastotali shaybasimon rezistorning qarshiligini toping.  $r_1 = 3\text{ mm}$ ,  $r_2 = 7\text{ mm}$ .



1. teshikli keramik disk
2. kontakt yuzalar
3. rezistiv qatlam

14. Sim uchlaridagi potentsiallar farqi  $220\text{ V}$  bo'lsa,  $0,0265\text{ m}\Omega \cdot \text{m}$  solishtirma qarshilikli alyuminiy simda elektron qancha vaqt davomida  $1,5\text{ km}$  masofani bosib o'tadi?
15. Sim uchlaridagi potentsiallar farqi  $220\text{ V}$  bo'lsa,  $0,068\text{ m}\Omega \cdot \text{m}$  solishtirma qarshilikli nikel simda elektron qancha vaqt davomida  $2\text{ km}$  masofani bosib o'tadi?
16. Toza temirda magnit induksiyaning to'yinishi  $B = 2\text{ Tl}$ . Temir kristall panjarasi qirrasini  $a = 0,286\text{ nm}$  li hajmi markazlashgan kubni tashkil qilishini hisobga olgan holda, bitta temir atomiga to'g'ri keluvchi magnit momentni hisoblang (magneton Borlarda).

1 va 2 kGs chastotada transformator o'zagida umumiy magnit yo'qotilishi gisterizesda va uyurma toklarda mos holda  $4$  va  $7\text{ Vt/kg}$  ga teng.  $6\text{ kGs}$  chastotada o'zakda va uyurma toklardagi magnit yo'qotilishni hisoblang.

$$\eta B_m^n = x; \quad \xi B_m^2 = y \quad f_1 := 1 \cdot 10^3 \quad f_2 := 2 \cdot 10^3$$

Given

$$x \cdot f_1 + y \cdot f_1^2 = 4$$

$$x \cdot f_2 + y \cdot f_2^2 = 7$$

$$\text{Find}(x, y) \rightarrow \begin{pmatrix} \frac{9}{2000} \\ 1 \\ -\frac{1}{2000000} \end{pmatrix}$$



Fermi sathini toping

$$h := 6.63 \cdot 10^{-34}$$

$$m_0 := 9.1 \cdot 10^{-31}$$

$$\Delta E := 0.665$$

$$k_b := 1.38 \cdot 10^{-23}$$

$$m_v := 0.388 \cdot m_0$$

$$m_c := 0.55 \cdot m_0$$

$$T := 300$$

$$N_v := \frac{2 \cdot (2 \cdot \pi \cdot m_v \cdot k_b \cdot T)^{\frac{3}{2}}}{h^3}$$

$$N_v \rightarrow 6.0404514986337031682e24$$

$$N_c := \frac{2 \cdot (2 \cdot \pi \cdot m_c \cdot k_b \cdot T)^{\frac{3}{2}}}{h^3}$$

$$N_c \rightarrow 1.0194498056035126473e25$$

$$E_F := \frac{k_b \cdot T}{2} \cdot \ln\left(\frac{N_v}{N_c}\right)$$

$$F_I := \frac{E_F}{1.6 \cdot 10^{-19}}$$

$$F_I = -6.771 \times 10^{-3}$$

---

Yassi kondensator plastinalari oralig'iga qalinligi  $h=3$  mm dielektrik list zich qilib joylashtirilgan. Kondensatorga  $U=300$  V kuchlanish berilgan. Kondensator va dielektrikdagi zaryadlarning sirt zichliklari  $\sigma_1$  va  $\sigma_D$  lar topilsin. Dielektrik singdiruvchanlik 6 ga teng.

$$\varepsilon_0 := 8.85 \cdot 10^{-12}$$

$$\varepsilon := 6$$

$$h := 3 \times 10^{-3}$$

$$U := 300$$

$$\sigma_0 := \frac{\varepsilon_0 \cdot U}{h}$$

$$\sigma_1 := \frac{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot U}{h}$$

$$\sigma_1 = \sigma_D + \sigma_0$$

$$\sigma_1 = 5.31 \times 10^{-6}$$

$$\sigma_D := \sigma_1 - \sigma_0 = 4.425 \times 10^{-6}$$

---

Toza temirning to' yinish magnit induksiyasi  $B=3,2$  Tl ga teng. Temir kristallining elementar panjarasi qirrası  $a=0,286$  ga teng hajmiy markazlashgan kubni hosil qilishini hisobga olib, bitta temir atomiga mos keladigan magnit moment hisoblansin (Magneton Borlarda).

$$B = \mu_0 (H + j_M) \quad H \ll J_M \quad J_M \sim B/\mu_0 \quad J_M = N \cdot M_A \quad N = K/a^3$$

$$K := 2 \quad B := 3.2 \quad a := 0.286 \cdot 10^{-9} \quad \mu_0 := 1.26 \cdot 10^{-6} \quad \mu_B := 9.27 \cdot 10^{-24}$$

$$M_A := \frac{B \cdot a^3}{\mu_0 \cdot K} \quad M_A \rightarrow 2.970622984126984127e-23 \quad \frac{M_A}{\mu_B} = 3.205$$

Qalinligi  $h=2,6$  mm pezoelektrik kvars plastinaga X o'qi bo'ylab mexanik kuchlanish  $\sigma_1=2 \cdot 10^5$  N/m<sup>2</sup> ta'sir qiladi. Agarda X o'qi bo'ylab bo'ylama pezoэффект pezomoduli  $d_{11} = 2,3 \cdot 10^{-12}$  K1/N ga teng bo'lsa, plastinaning qarama-qarshi tomonlarida hosil bo'ladigan kuchlanishni toping. Kvarsning dielektrik singdiruvchanligi 7,6 ga teng.

$$P_1 = d_{11} \sigma_1; \quad Q = PS; \quad C = Q/U; \quad C = \epsilon \epsilon_0 S/h; \quad h_1 := 2.6 \cdot 10^{-3}$$

$$d_{11} := 2.3 \cdot 10^{-12} \quad \epsilon_1 := 7.6 \quad \sigma := 2 \cdot 10^5$$

$$U_1 := \frac{d_{11} \cdot \sigma \cdot h_1}{\epsilon_0 \cdot \epsilon_1} = 17.782$$

300 K haroratda atomlar tarkibida 0,5 % qalay bo'lgan misning solishtirma qarshiligi 0,0386 mkOm·m. Misning 600 va 20 K haroratlardagi solishtirma qarshiliklari orasidagi munosabat  $\beta$  ni aniqlang.

$$\rho = \rho_T + \rho_q; \quad \text{Toza mis uchun } 300 \text{ K da } \rho_T := 0.0168 \cdot 10^{-6}$$

$$\rho_{300} := 0.0386 \cdot 10^{-6} \quad \beta_1 := \frac{\rho_{300}}{\rho_{300} - \rho_T} = 1.771$$

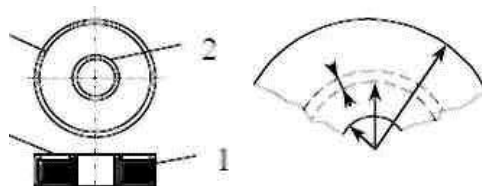
$$TK_\rho := 4.33 \cdot 10^{-3} \quad \rho_{600} := \rho_{300} \cdot (1 + TK_\rho \cdot 300) = 8.874 \times 10^{-8}$$

$$\beta_2 := \frac{\rho_{600}}{\rho_{600} - \rho_T} = 1.234$$

17. Agarda germaniyning taqiqlangan sohasi  $\Delta E=0,665$  eV, valent sohadagi kovaklarning holat zichligi va o'tkazuvchanlik sohasidagi elektronlar holat zichligi

mos holda:  $m_v=0,388m_0$ ;  $m_c=0,55m_0$ , ekanligi ma'lum bo'lsa, 300 K haroratda Fermi sathini toping, bunda  $m_0$  – erkin elektronning massasi.

18. Qalinligi  $h=1,5$  mm pezoelektrik kvars plastinaga X o'qi bo'ylab mexanik kuchlanish  $\sigma_1=2 \cdot 10^5$  N/m<sup>2</sup> ta'sir qiladi. Agarda X o'qi bo'ylab bo'ylama pezoeffekt pezomoduli  $d_{11} = 2,3 \cdot 10^{-12}$  Kl/N ga teng bo'lsa, plastinaning qarama-qarshi tomonlarida hosil bo'ladigan kuchlanishni toping. Kvarsning dielektrik singdiruvchanligi 4,6 ga teng.
19. 300 K haroratda atomlar tarkibida 0,5 % qalay bo'lgan misning solishtirma qarshiligi 0,0386 mkOm\*m. Misning 400 va 20 K haroratlardagi solishtirma qarshiliklari orasidagi munosabat  $\beta$  ni aniqlang.
20. 1 va 2 kGs chastotada transformator o'zagida umumiy magnit yo'qotilishi gisterizesda va uyurma toklarda mos holda 2 va 6 Vt/kg ga teng. 5 kGs chastotada o'zakda va uyurma toklardagi magnit yo'qotilishni hisoblang.
21. YAssi kondensator plastinalari oralig'iga qalinligi  $h=3$  mm dielektrik list zich qilib joylashtirilgan. Kondensatorga  $U = 300$  V kuchlanish berilgan. Kondensator va dielektrikdagi zaryadlarning sirt zichliklari  $\sigma_1$  va  $\sigma_D$  lar topilsin. Dielektrik singdiruvchanlik 6 ga teng.
22. Misda  $T=250$  K haroratda elektronlarning erkin yugurish yo'li topilsin. Berilgan haroratda uning solishtirma qarshiligi 0,017 mkOm/m ga teng.
23. Termokompensirlangan kompozitsion (ya'ni dielektrik singdiruvchanlik harorat koeffitsienti nolga teng) keramik material dielektrik singdiruvchanliklari  $\epsilon_1=50$ ;  $\epsilon_2=70$  va  $\alpha_{\epsilon_1}=2 \cdot 10^{-4}$  K<sup>-1</sup>,  $\alpha_{\epsilon_2}=-1,5 \cdot 10^{-3}$  K<sup>-1</sup> bo'lgan ikkita dielektrik asosida yasalgan. Tarkibiy qismlar xaotik joylashganligini hisobga olib keramikaning dielektrik singdiruvchanligini toping.
24. 300 K haroratda solishtirma qarshilikli 0,08 Om\*m p-tip germaniydagi elektronlar va kovaklarning konsentratsiyasining toping. Zaryad tashuvchilarning xususiy konsentratsiyasi xona haroratida  $n_i=2,1 \cdot 10^{19}$  m<sup>-3</sup> ga teng elektronlar harakatchanligi  $\mu_n=0,39$  m<sup>2</sup>/(V\*s), kovaklar harakatchanligi  $\mu_p=0,19$  m<sup>2</sup>/(V\*s).
25. Harorat 30 dan 250 °S gacha o'zgarganda misning issiqlik o'tkazuvchanligi  $\lambda_T$  qanday o'zgaradi.
26. Ma'lumki, alyuminiy  $a=0,4041$  nm davrli yoqlari markazlashgan kub panjarada kristallanadi. Kristall panjaradagi har bir atomga 3 ta elektron to'g'ri keladi deb hisoblab, erkin elektronlar konsentratsiyasi topilsin.
27. Harorat 20 dan 200 °C ga o'zgarganda misning solishtirma issiqlik o'tkazuvchanligi necha marta o'zgarishini aniqlang.
28. 20 °C da elektr lampadagi volfram ip qarshiligi 35 Om ga teng. Agarda lampani 220 V elektr manbasiga ulanganda ipdan 0,6 A tok o'tishi ma'lum bo'lsa, lampa ipining haroratini aniqlang. 20 °C haroratda volframning solishtirma qarshik harorat koeffitsiyenti  $5 \cdot 10^{-3}$  K<sup>-1</sup>.
29. Sirti solishtirma qarshiligi  $\rho_s=400$  Om bo'lgan uglerod qatlamidan yasalgan yuqori chastotali shaybasimon rezistorning qarshiligini toping.  $r_1=3$  mm,  $r_2=7$  mm.



1. teshikli keramik disk

2. kontakt yuzalar
3. rezistiv qatlam

30. Sim uchlaridagi potentsiallar farqi 220 V bo'lsa, 0,0265 mkOm\*m solishtirma qarshilikli alyuminiy simda elektron qancha vaqt davomida 1,5 km masofani bosib o'tadi?
31. Sim uchlaridagi potentsiallar farqi 220 V bo'lsa, 0,068 mkOm\*m solishtirma qarshilikli nikel simda elektron qancha vaqt davomida 2 km masofani bosib o'tadi?
32. Toza temirda magnit induksiyaning to'yinishi  $B=2$  Tl. Temir kristall panjarasi qirrasini  $a=0,286$  nm li hajmi markazlashgan kubni tashkil qilishini hisobga olgan holda, bitta temir atomiga to'g'ri keluvchi magnit momentni hisoblang (magneton Borlarda).

1 va 2 kGs chastotada transformator o'zagida umumiy magnit yo'qotilishi gisterizesda va uyurma toklarda mos holda 4 va 7 Vt/kg ga teng. 6 kGs chastotada o'zakda va uyurma toklardagi magnit yo'qotilishni hisoblang.

$$\eta B_m^n = x; \quad \xi B_m^2 = y \quad f_1 := 1 \cdot 10^3 \quad f_2 := 2 \cdot 10^3$$

*Given*

$$x \cdot f_1 + y \cdot f_1^2 = 4$$

$$x \cdot f_2 + y \cdot f_2^2 = 7$$

$$\text{Find}(x, y) \rightarrow \begin{pmatrix} \frac{9}{2000} \\ -\frac{1}{2000000} \end{pmatrix}$$

Fermi sathini toping

$$h := 6.63 \cdot 10^{-34}$$

$$m_0 := 9.1 \cdot 10^{-31}$$

$$\Delta E := 0.665$$

$$k_b := 1.38 \cdot 10^{-23}$$

$$m_v := 0.388 \cdot m_0$$

$$m_c := 0.55 \cdot m_0$$

$$T := 300$$

$$N_v := \frac{2 \cdot (2 \cdot \pi \cdot m_v \cdot k_b \cdot T)^{\frac{3}{2}}}{h^3}$$

$$N_v \rightarrow 6.0404514986337031682e24$$

$$N_c := \frac{2 \cdot (2 \cdot \pi \cdot m_c \cdot k_b \cdot T)^{\frac{3}{2}}}{h^3}$$

$$N_c \rightarrow 1.0194498056035126473e25$$

$$E_F := \frac{k_b \cdot T}{2} \cdot \ln\left(\frac{N_v}{N_c}\right)$$

$$F_I := \frac{E_F}{1.6 \cdot 10^{-19}}$$

$$F_I = -6.771 \times 10^{-3}$$

---

Yassi kondensator plastinalari oralig'iga qalinligi  $h=3$  mm dielektrik list zich qilib joylashtirilgan. Kondensatorga  $U=300$  V kuchlanish berilgan. Kondensator va dielektrikdagi zaryadlarning sirt zichliklari  $\sigma_1$  va  $\sigma_D$  lar topilsin. Dielektrik singdiruvchanlik 6 ga teng.

$$\varepsilon_0 := 8.85 \cdot 10^{-12}$$

$$\varepsilon := 6$$

$$h := 3 \times 10^{-3}$$

$$U := 300$$

$$\sigma_0 := \frac{\varepsilon_0 \cdot U}{h}$$

$$\sigma_1 := \frac{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot U}{h}$$

$$\sigma_1 = \sigma_D + \sigma_0$$

$$\sigma_1 = 5.31 \times 10^{-6}$$

$$\sigma_D := \sigma_1 - \sigma_0 = 4.425 \times 10^{-6}$$

---

Toza temirning to'yinish magnit induksiyasi  $B=3,2$  Tl ga teng. Temir kristallining elementar panjarasi qirrasini  $a=0,286$  ga teng hajmiy markazlashgan kubni hosil qilishini hisobga olib, bitta temir atomiga mos keladigan magnit moment hisoblansin (Magneton Borlarda).

$$B = \mu_0 (H + j_M) \quad H \ll J_M \quad J_M \sim B/\mu_0 \quad J_M = N \cdot M_A \quad N = K/a^3$$

$$K := 2 \quad B := 3.2 \quad a := 0.286 \cdot 10^{-9} \quad \mu_0 := 1.26 \cdot 10^{-6} \quad \mu_B := 9.27 \cdot 10^{-24}$$

$$M_A := \frac{B \cdot a^3}{\mu_0 \cdot K} \quad M_A \rightarrow 2.970622984126984127e-23 \quad \frac{M_A}{\mu_B} = 3.205$$

Qalinligi  $h=2,6$  mm pezoelektrik kvarts plastinaga X o'qi bo'ylab mexanik kuchlanish  $\sigma_1=2 \cdot 10^5$  N/m<sup>2</sup> ta'sir qiladi. Agarda X o'qi bo'ylab bo'ylama pezoeffekt pezomoduli  $d_{11} = 2,3 \cdot 10^{-12}$  Kl/N ga teng bo'lsa, plastinaning qarama-qarshi tomonlarida hosil bo'ladigan kuchlanishni toping. Kvarsning dielektrik singdiruvchanligi 7,6 ga teng.

$$P_1 = d_{11} \sigma_1; \quad Q = PS; \quad C = Q/U; \quad C = \epsilon \epsilon_0 S/h; \quad h_1 := 2.6 \cdot 10^{-3}$$

$$d_{11} := 2.3 \cdot 10^{-12} \quad \epsilon_1 := 7.6 \quad \sigma := 2 \cdot 10^5$$

$$U_1 := \frac{d_{11} \cdot \sigma \cdot h_1}{\epsilon_0 \cdot \epsilon_1} = 17.782$$

300 K haroratda atomlar tarkibida 0,5 % qalay bo'lgan misning solishtirma qarshiligi 0,0386 mK $\cdot$ Om $\cdot$ m. Misning 600 va 20 K haroratlardagi solishtirma qarshiliklari orasidagi munosabat  $\beta$  ni aniqlang.

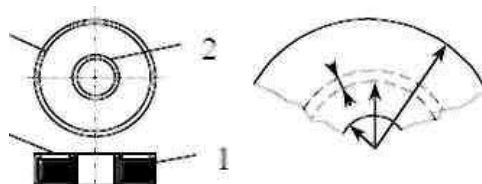
$$\rho = \rho_T + \rho_q; \quad \text{Toza mis uchun } 300 \text{ K da } \rho_T := 0.0168 \cdot 10^{-6}$$

$$\rho_{300} := 0.0386 \cdot 10^{-6} \quad \beta_1 := \frac{\rho_{300}}{\rho_{300} - \rho_T} = 1.771$$

$$TK_\rho := 4.33 \cdot 10^{-3} \quad \rho_{600} := \rho_{300} \cdot (1 + TK_\rho \cdot 300) = 8.874 \times 10^{-8}$$

$$\beta_2 := \frac{\rho_{600}}{\rho_{600} - \rho_T} = 1.234$$

33. Agarda germaniyning taqiqlangan sohasi  $\Delta E = 0,665$  eV, valent sohadagi kovaklarning holat zichligi va o'tkazuvchanlik sohasidagi elektronlar holat zichligi mos holda:  $m_v = 0,388m_0$ ;  $m_c = 0,55m_0$ , ekanligi ma'lum bo'lsa, 300 K haroratda Fermi sathini toping, bunda  $m_0$  – erkin elektronning massasi.
34. Qalinligi  $h = 1,5$  mm pezelektrik kvars plastinaga X o'qi bo'ylab mexanik kuchlanish  $\sigma_1 = 2 \cdot 10^5$  N/m<sup>2</sup> ta'sir qiladi. Agarda X o'qi bo'ylab bo'ylama pezeffekt pezomoduli  $d_{11} = 2,3 \cdot 10^{-12}$  Kl/N ga teng bo'lsa, plastinaning qarama-qarshi tomonlarida hosil bo'ladigan kuchlanishni toping. Kvarsning dielektrik singdiruvchanligi 4,6 ga teng.
35. 300 K haroratda atomlar tarkibida 0,5 % qalay bo'lgan misning solishtirma qarshiligi 0,0386 mkOm\*m. Misning 400 va 20 K haroratlardagi solishtirma qarshiliklari orasidagi munosabat  $\beta$  ni aniqlang.
36. 1 va 2 kGs chastotada transformator o'zagida umumiy magnit yo'qotilishi gisterizesda va uyurma toklarda mos holda 2 va 6 Vt/kg ga teng. 5 kGs chastotada o'zakda va uyurma toklardagi magnit yo'qotilishni hisoblang.
37. YAssi kondensator plastinalari oralig'iga qalinligi  $h = 3$  mm dielektrik list zich qilib joylashtirilgan. Kondensatorga  $U = 300$  V kuchlanish berilgan. Kondensator va dielektrikdagi zaryadlarning sirt zichliklari  $\sigma_1$  va  $\sigma_D$  lar topilsin. Dielektrik singdiruvchanlik 6 ga teng.
38. Misda  $T = 250$  K haroratda elektronlarning erkin yugurish yo'li topilsin. Berilgan haroratda uning solishtirma qarshiligi 0,017 mkOm/m ga teng.
39. Termokompensirlangan kompozitsion (ya'ni dielektrik singdiruvchanlik harorat koeffitsienti nolga teng) keramik material dielektrik singdiruvchanliklari  $\epsilon_1 = 50$ ;  $\epsilon_2 = 70$  va  $\alpha_{\epsilon_1} = 2 \cdot 10^{-4}$  K<sup>-1</sup>,  $\alpha_{\epsilon_2} = -1,5 \cdot 10^{-3}$  K<sup>-1</sup> bo'lgan ikkita dielektrik asosida yasalgan. Tarkibiy qismlar xaotik joylashganligini hisobga olib keramikaning dielektrik singdiruvchanligini toping.
40. 300 K haroratda solishtirma qarshilikli 0,08 Om·m p-tip germaniydagi elektronlar va kovaklarning konsentratsiyasining toping. Zaryad tashuvchilarning xususiy konsentratsiyasi xona haroratida  $n_i = 2,1 \cdot 10^{19}$  m<sup>-3</sup> ga teng elektronlar harakatchanligi  $\mu_n = 0,39$  m<sup>2</sup>/(V·s), kovaklar harakatchanligi  $\mu_p = 0,19$  m<sup>2</sup>/(V·s).
41. Harorat 30 dan 250 °S gacha o'zgarganda misning issiqlik o'tkazuvchanligi  $\lambda_T$  qanday o'zgaradi.
42. Ma'lumki, alyuminiy  $a = 0,4041$  nm davrli yoqlari markazlashgan kub panjarada kristallanadi. Kristall panjaradagi har bir atomga 3 ta elektron to'g'ri keladi deb hisoblab, erkin elektronlar konsentratsiyasi topilsin.
43. Harorat 20 dan 200 °C ga o'zgarganda misning solishtirma issiqlik o'tkazuvchanligi necha marta o'zgarishini aniqlang.
44. 20 °C da elektr lampadagi volfram ip qarshiligi 35 Om ga teng. Agarda lampani 220 V elektr manbasiga ulanganda ipdan 0,6 A tok o'tishi ma'lum bo'lsa, lampa ipining haroratini aniqlang. 20 °C haroratda volframning solishtirma qarshik harorat koeffitsiyenti  $5 \cdot 10^{-3}$  K<sup>-1</sup>.
45. Sirtiy solishtirma qarshiligi  $\rho_s = 400$  Om bo'lgan uglerod qatlamidan yasalgan yuqori chastotali shaybasimon



rezistorning qarshiligini toping.  $r_1=3$  mm,  $r_2=7$  mm.

1. teshikli keramik disk
2. kontakt yuzalar
3. rezistiv qatlam

46. Sim uchlaridagi potentsiallar farqi 220 V bo'lsa,  $0,0265$  mKΩ·m solishtirma qarshilikli alyuminiy simda elektron qancha vaqt davomida 1,5 km masofani bosib o'tadi?
47. Sim uchlaridagi potentsiallar farqi 220 V bo'lsa,  $0,068$  mKΩ·m solishtirma qarshilikli nikel simda elektron qancha vaqt davomida 2 km masofani bosib o'tadi?
48. Toza temirda magnit induksiyaning to'yinishi  $B=2$  Tl. Temir kristall panjarasi qirrasini  $a=0,286$  nm li hajmi markazlashgan kubni tashkil qilishini hisobga olgan holda, bitta temir atomiga to'g'ri keluvchi magnit momentni hisoblang (magneton Borlarda).

1 va 2 kGs chastotada transformator o'zagida umumiy magnit yo'qotilishi gisterizesda va uyurma toklarda mos holda 4 va 7 Vt/kg ga teng. 6 kGs chastotada o'zakda va uyurma toklardagi magnit yo'qotilishni hisoblang.

$$\eta B_m^n = x; \quad \xi B_m^2 = y \quad f_1 := 1 \cdot 10^3 \quad f_2 := 2 \cdot 10^3$$

Given

$$x \cdot f_1 + y \cdot f_1^2 = 4$$

$$x \cdot f_2 + y \cdot f_2^2 = 7$$

$$\text{Find}(x, y) \rightarrow \begin{pmatrix} \frac{9}{2000} \\ -\frac{1}{2000000} \end{pmatrix}$$



Fermi sathini toping

$$h := 6.63 \cdot 10^{-34}$$

$$m_0 := 9.1 \cdot 10^{-31}$$

$$\Delta E := 0.665$$

$$k_b := 1.38 \cdot 10^{-23}$$

$$m_v := 0.388 \cdot m_0$$

$$m_c := 0.55 \cdot m_0$$

$$T := 300$$

$$N_v := \frac{2 \cdot (2 \cdot \pi \cdot m_v \cdot k_b \cdot T)^{\frac{3}{2}}}{h^3}$$

$$N_v \rightarrow 6.0404514986337031682e24$$

$$N_c := \frac{2 \cdot (2 \cdot \pi \cdot m_c \cdot k_b \cdot T)^{\frac{3}{2}}}{h^3}$$

$$N_c \rightarrow 1.0194498056035126473e25$$

$$E_F := \frac{k_b \cdot T}{2} \cdot \ln \left( \frac{N_v}{N_c} \right)$$

$$F_I := \frac{E_F}{1.6 \cdot 10^{-19}}$$

$$F_I = -6.771 \times 10^{-3}$$

Yassi kondensator plastinalari oralig'iga qalinligi  $h=3$  mm dielektrik list zich qilib joylashtirilgan. Kondensatorga  $U=300$  V kuchlanish berilgan. Kondensator va dielektrikdagi zaryadlarning sirt zichliklari  $\sigma_1$  va  $\sigma_D$  lar topilsin. Dielektrik singdiruvchanlik 6 ga teng.

$$\varepsilon_0 := 8.85 \cdot 10^{-12}$$

$$\varepsilon := 6$$

$$h := 3 \times 10^{-3}$$

$$U := 300$$

$$\sigma_0 := \frac{\varepsilon_0 \cdot U}{h}$$

$$\sigma_1 := \frac{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot U}{h}$$

$$\sigma_1 = \sigma_D + \sigma_0$$

$$\sigma_1 = 5.31 \times 10^{-6}$$

$$\sigma_D := \sigma_1 - \sigma_0 = 4.425 \times 10^{-6}$$

Toza temirning to'yinish magnit induksiyasi  $B=3,2$  Tl ga teng. Temir kristallining elementar panjarasi qirrasini  $a=0,286$  ga teng hajmiy markazlashgan kubni hosil qilishini hisobga olib, bitta temir atomiga mos keladigan magnit moment hisoblansin (Magneton Borlarda).

$$B = \mu_0 (H + j_M) \quad H \ll J_M \quad J_M \sim B/\mu_0 \quad J_M = N \cdot M_A \quad N = K/a^3$$

$$K := 2 \quad B := 3.2 \quad a := 0.286 \cdot 10^{-9} \quad \mu_0 := 1.26 \cdot 10^{-6} \quad \mu_B := 9.27 \cdot 10^{-24}$$

$$M_A := \frac{B \cdot a^3}{\mu_0 \cdot K} \quad M_A \rightarrow 2.970622984126984127e-23 \quad \frac{M_A}{\mu_B} = 3.205$$

Qalinligi  $h=2,6$  mm pezoelektrik kvars plastinaga X o'qi bo'ylab mexanik kuchlanish  $\sigma_1=2 \cdot 10^5$  N/m<sup>2</sup> ta'sir qiladi. Agarda X o'qi bo'ylab bo'ylama pezoeffekt pezomoduli  $d_{11} = 2,3 \cdot 10^{-12}$  K1/N ga teng bo'lsa, plastinaning qarama-qarshi tomonlarida hosil bo'ladigan kuchlanishni toping. Kvarsning dielektrik singdiruvchanligi 7,6 ga teng.

$$P_f = d_{11} \sigma_1; \quad Q = PS; \quad C = Q/U; \quad C = \epsilon \epsilon_0 S/h; \quad h_f := 2.6 \cdot 10^{-3}$$

$$d_{11} := 2.3 \cdot 10^{-12} \quad \epsilon_f := 7.6 \quad \sigma := 2 \cdot 10^5$$

$$U_f := \frac{d_{11} \cdot \sigma \cdot h_f}{\epsilon_0 \cdot \epsilon_f} = 17.782$$

300 K haroratda atomlar tarkibida 0,5 % qalay bo'lgan misning solishtirma qarshiligi 0,0386 mOm·m. Misning 600 va 20 K haroratlardagi solishtirma qarshiliklari orasidagi munosabat  $\beta$  ni aniqlang.

$$\rho = \rho_T + \rho_q; \quad \text{Toza mis uchun } 300 \text{ K da } \rho_T := 0.0168 \cdot 10^{-6}$$

$$\rho_{300} := 0.0386 \cdot 10^{-6} \quad \beta_1 := \frac{\rho_{300}}{\rho_{300} - \rho_T} = 1.771$$

$$TK_\rho := 4.33 \cdot 10^{-3} \quad \rho_{600} := \rho_{300} \cdot (1 + TK_\rho \cdot 300) = 8.874 \times 10^{-8}$$

$$\beta_2 := \frac{\rho_{600}}{\rho_{600} - \rho_T} = 1.234$$

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI  
NAVOIY KON-METALLURGIYA KOMBINATI  
NAVOIY DAVLAT KONCHILIK INSTITUTI  
ENERGO-MEXANIKA FAKULTETI  
“ELEKTR ENERGETIKASI” KAFEDRASI**



**ELEKTR TEXNIK MATERIALLAR  
fanidan**

**GLOSSARIY**

**Кутблари алоҳида бошқариладиган аппарат.** /Single-pole controlled switchgear. Аппарат с полюсным управлением/. Ҳар қайси кутби алоҳида юритмага эга контактли коммутация аппарати

**Узгич.** /Switch. Выключатель/. Иккита коммутация ҳолатига эга бўлган, токни улаш ва узиш учун хизмат қиладиган аппарат.

**Қисқа туташтиргич.** /Shorting switch. Коротко-замыкатель/. Электр занжирида сунъий қисқа туташув ҳосил қилиш учун мўлжалланган коммутация аппарати.

**Нейтрал.** /Neutral. Нейтрал/. Юлдуз схемасида уланган электр ускуна фаза чулғамларининг элементларининг умумий нуқтаси.  
Электр энергиясини ишлаб чиқариш. /Generation of electrical energy. Производство электрической энергии/. Электр энергиясини энергиянинг бошқа турларидан ҳосил қилиш.

**Электр қурилмаси.** /Electrical installation. Электро-установка/ Электр энергиясини ишлаб чиқариш, ўзгартириш, трансформациялаш, узатиш, тақсимлаш ва истеъмол қилиш учун белгиланган электр машиналар, аппаратлар, электр узатиш йўллари /ёрдамчи иншоотлар, бинолар билан

**Электр қурилмаси.** /Electrical installation. Электро-установка/ Электр энергиясини ишлаб чиқариш, ўзгартириш, трансформациялаш, узатиш, тақсимлаш ва истеъмол қилиш учун белгиланган электр машиналар, аппаратлар, электр узатиш йўллари /ёрдамчи иншоотлар, бинолар билан бирга/ мажмуаси.

**Электр энергиясини трансформациялаш.** /Transformation of electrical energy. Трансформация электрической энергии/. Электр энергиясини трансформатор воситасида ўзгартириш (давр тезликнинг ўзгармас холида).

**Электр қурилмаси.** /Electrical installation. Электро-установка/ Электр энергиясини ишлаб чиқариш, ўзгартириш, трансформациялаш, узатиш, тақсимлаш ва истеъмол қилиш учун белгиланган электр машиналар, аппаратлар, электр узатиш йўллари /ёрдамчи иншоотлар, бинолар билан бирга/ мажмуаси.

**Электр қурилмасининг электр қисми.** /Electrical equipment. Электрическая часть электроустановки/. Электр қурилмасининг электр қисмини ташкил этувчи электр машиналар, аппаратлар, йиғмава боғловчи шиналар. [Синоним: Электр тақсимлаш қурилмаси. Электрическое распределительное устройство].

**Электр қурилмаси.** /Electrical installation. Электро-установка/ Электр энергиясини ишлаб чиқариш, ўзгартириш, трансформациялаш, узатиш, тақсимлаш ва истеъмол қилиш учун белгиланган электр машиналар, аппаратлар, электр узатиш йўллари /ёрдамчи иншоотлар, бинолар билан бирга/ мажмуаси.

**Ёпиқ электр қурилмаси.** /Indoor electrical equipment. Закрытая электроустановка/ Бино ичида жойлашган электр қурилма. Синоним: Ёпиқ тақсимлаш қурилмаси. Закрытое распределительное устройство.

**Очиқ электр қурилмаси.** /Outdoor electrical equipment. Открытая электроустановка/ Очиқ ҳавода жойлашган электр қурилма. Синоним: Очиқ тақсимлаш қурилмаси. Открытое распределительное устройство.

**Контактли аппаратнинг юритмаси.** /Operating mechanism of a switchgear. Привод контактного аппарата/. Контактли аппарат ўз функциясини бажариши учун ҳаракатланувчи қисмларига таъсир этадиган куч ҳосил қиладиган тузилма.

**Аппаратнинг улаш электромагнители, ғалтаги.** /Opening solenoid of switchgear. Выключающий электромагнит аппарата/. Контактли аппаратни бошланғич узилган ҳолатдан уланган ҳолатга ўтказадиган электромагнит ғалтак.

**Электр қурилмаси.** /Electrical installation. Электро-установка/ Электр энергиясини ишлаб чиқариш, ўзгартириш, трансформациялаш, узатиш, тақсимлаш ва истеъмол қилиш учун белгиланган электр машиналар, аппаратлар, электр узатиш йўллари /ёрдамчи иншоотлар, бинолар билан бирга/ мажмуаси.

**Ёпиқ электр қурилмаси.** /Indoor electrical equipment. Закрытая электроустановка/ Бино ичида жойлашган электр қурилма. Синоним: Ёпиқ тақсимлаш қурилмаси. Закрытое распределительное устройство.

**Очиқ электр қурилмаси.** /Outdoor electrical equipment. Открытая электроустановка/ Очиқ ҳавода жойлашган электр қурилма. Синоним: Очиқ тақсимлаш қурилмаси. Открытое распределительное устройство.

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI  
NAVOIY KON-METALLURGIYA KOMBINATI  
NAVOIY DAVLAT KONCHILIK INSTITUTI  
“ELEKTR ENERGETIKASI” KAFEDRASI**

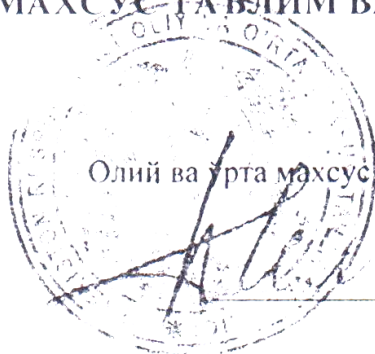


**FAN DASTURI**

**Navoiy - 2018**

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ  
ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУСТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ

Рўйхатга олинди:  
№ БД 5310200-3.08  
№ БД 5310200-3.09  
№ БД 5310700-3.13  
№ БД 5312100-3.14



Олий ва ўрта махсус таълим вазирлиги

2017 йил "2" 06

2017 йил "28" 06

**ЭЛЕКТР ТЕХНИК МАТЕРИАЛЛАР  
ФАНИ  
ЎҚУВ ДАСТУРИ**

Билим соҳаси:	300.000	- Ишлаб чиқариш техник соҳа.
Таълим соҳаси:	310.000	- Мухандислик иши.
Таълим йўналишлари:	5312200	- Кончилик электр механикаси (тармоқлар бўйича).
	5310200	- Электр энергетикаси (тармоқлар ва йўналишлар бўйича).
	5310700	- Электр техникаси, электр механикаси ва электр технологиялари (электр энергетика)



Фан дастури Олий ва ўрта махсус, касб-ҳунар таълими йўналишлари бўйича Ўқув-услубий бирлашмалар фаолиятини Мувофиқлаштирувчи Кенгашининг 2016 йил “\_\_\_” \_\_\_\_\_даги \_\_\_ - сонли баённомаси билан маъқулланган ҳамда вазирликнинг 2016 йил “\_\_\_” \_\_\_\_\_даги “\_\_\_”-сонли буйруғининг \_\_\_ - иловаси билан фан дастури рўйхати тасдиқланган.

Фан дастури Тошкент давлат техника университетида ишлаб чиқилди.

### **Тузувчилар:**

Ахмедов А.Ш. -ТДТУ, “Электр машиналари ва кабел техникаси” кафедраси доценти, т.ф.н.;

Ракситуллаева Д.И. - ТДТУ, “Электр машиналари ва кабел техникаси” кафедраси катта ўқитувчиси.

### **Такризчилар:**

Бердиев У.Т. – Тошкент темир йўл муҳандислари институти “Электр транспорти ва юқори тезликли электр ҳаракат таркиби” кафедраси мудири, доцент, т.ф.н.;

Имомназаров А.Т. – Тошкент давлат техника университети Энергетика факультети “Электр техникаси, электр механикаси ва электр технологиялари” кафедраси доценти, т.ф.н.

Фан дастури Тошкент давлат техника университет Кенгашида кўриб чиқилган ва тавсия қилинган (2016 йил “\_\_\_” \_\_\_\_\_даги \_\_\_ - сонли баённома).

**КИРИШ**

Ушбу дастурда “Электр техник материаллар” фанининг мазмуни, предмети ва методи, унинг мақсади ва вазифалари. Электр техника материаллари фани дастури ўзлаштириш жараёнида амалга ошириладиган масалалар доирасида бакалавр: электр техника материалларини ривожининг тарихи ва истиқболи; электр техника материалларини турлари ва классификациясини; электр техника материалларини ишлатиш принципларини, ишлатиладиган материалларини хосаларини ўз ичига олган бўлимларидан ташкил топган. “Электр техник материаллар” фанини чуқур ўрганиш тегишли соҳалар муаммоларини ҳал қилиш

### **Фаннинг мақсад ва вазифалари**

“Электр техник материаллар” фанининг ўқитишдан мақсад – талабаларда электр техника материаллари танлаш таффаққурини шакллантириш ва ривожлантириш, ўзининг фикр-мулоҳаза, хулосаларини асосли тарзда аниқ баён этишга ўргатиш ҳамда эгалланган билимлар бўйича назарий ва амалий билимларни шакллантиришдан иборат.

Фаннинг вазифаси – уни ўрганувчиларга: талабаларга электр техник материаллар назарий ва амалий масалаларини еча олиш, ишлаш принциплари, классификацияси, созланиш, эгаллашга ва уни қўллашга, шунингдек, иқтисодий масалаларнинг ечиш ва моделини тузиш ва таҳлил қилишга ўргатишдан иборат.

### **Фан бўйича талабаларнинг тасаввур билим, кўникма ва малакаларига қўйиладиган талаблар**

“Электр техник материаллар” фанини ўзлаштириш жараёнида бакалавр:

- билимларнинг бир бутун тизими билан ўзаро боғлиқликда ушбу фаннинг асосий муаммоларини;
- ўзининг бўлажак касбининг моҳияти ва ижтимоий аҳамияти;
- диэлектрик, ўтказгич, ярим ўтказгич, магнит материаллар ва уларнинг конструкцияси ҳамда ишлатиш асослари ҳақида тасаввурга эга бўлиши;
- электр техникасида қўлланиладиган электр техника материалларини тавсифларини тажриба йўли билан олиш ва таҳлил қилишни билиши ва улардан фойдалана олиши;
- электр техника материалларини назарияси, ишлатиш ва қўлланиш соҳалари ҳақидаги кўникмаларига эга бўлиши керак;
- ўз фикр-мулоҳаза ва хулосаларини асосли тарзда аниқ баён эта олиш малакаларига эга бўлиши керак.

## **Фаннинг ўқув режадаги бошқа фанлар билан ўзаро боғлиқлиги ва услубий жиҳатдан узвийлиги**

“Электр техник материаллар” - умумкасбий фани ҳисобланади. Мазкур дастурни амалга ошириш учун талаба ўқув режасида режалаштирилган “Электр техникасининг назарий асослари”, “Саноат иқтисодиёти ва менежменти”, “Энергетика қурилмалари (гидро ва иссиқлик)”, “Электромеханика асослари”, “Электр машиналари ва трансформаторларни ишлаб чиқариш технологияси” фанларидан билим ва кўникмаларга эга бўлиши талаб этилади.

## **Фаннинг илм-фан ишлаб чиқаришдаги ўрни**

Электр техника материаллари курси асосида электр техника саноатида ишлатиладиган материалларини қўллашда амалга ошириладиган ҳолатларини аниқлашда муҳим аҳамиятга беришдан иборатдир.

Шунинг учун ушбу фан асосий умумкасбий фани ҳисобланиб, электр техник материалларни ўрганиб, электр техника саноатида ишлатиладиган материалларини тизимининг ажралмас бўғинидир.

## **Фанни ўқитишда замонавий ахборот ва педагогик технологиялар**

Талаба Электр техник материаллар фанини ўзлаштиришда таълимнинг инновацион усулларида фойдаланиши, янги педагогик, ахборот ва интернет технологияларини тадбиқ қилиши муҳим аҳамият касб этади. Фанни ўзлаштиришда ўқув-услубий таъминот (дарслик, ўқув ва услубий қўлланмалар, модуль топшириқлари)дан фойдаланилиш тавсия этилади. Маъруза ва амалий машғулотларда турли метод ва воситалардан, хусусан, аклий ҳужум, кластер, амалий иш ва дидактик ўйинлар, портфолио, кейс-стади, шунингдек, компьютер дастурларидан (АудитХП, 1С: Проф. Бухгалтерия, Бухгалтерия (ВС), Баланс, Мисрософт эхсел, Мисрософт PowerПоинт, ТопС Бусинесс Интегратор, Ҳиперион энтерприсе, ВебТруст, СйсТруст) интернет тизимларидан фойдаланиш мумкин.

## **АСОСИЙ ҚИСМ**

### **Фаннинг назарий машғулотлари мазмуни**

#### **“Электр техник материаллар” фанининг мазмуни, предмети ва методи**

Электр техника материаллари вазифалари. Фанида талабалар эътиборига қуйидагилар ҳавола этилади ва ўргатилади:

Материаллар тузилиши ва уларнинг хоссалари. Қаттиқ жисмларнинг тузилиши. Структура ва унинг материаллар хоссаларига таъсири. Материалларнинг физик-кимёвий хоссалари. Қаттиқ жисмлар зоналар назариясининг элементлари. Ўтказгич материаллар. Металларнинг электр ўтказувчанлик табиати. Ўтказгич материаллар хоссалари. Юқори

Ўтказувчанликка эга бўлган материаллар. Юқори қаршиликли қотишмалар. Қийин эрийдиган металллар. Ўрта ҳароратда эрийдиган металллар. Метал бўлмаган ўтказгич материаллар. Ярим ўтказгич материаллар. Хусусий ва киришмали ярим ўтказгичлар. Номувозанатдаги заряд ташувчилар. Оддий ярим ўтказгич материаллар хоссалари. Ярим ўтказгич материаллар. Мураккаб ярим ўтказгич материаллар хоссалари. Диелектриklar. Диелектриklarнинг кутбланиши, электр ўтказувчанлиги, тешилиши. Диелектрик юқотишлар. Диелектрик материаллар хоссалари. Пассив диелектриklar. Полимерлар. Композитсион пластмассалар. Электроизолятсион компаундлар. Газсимон, суюқ ва қаттиқ диелектриklar. Актив диелектриklar. Сегнетоелектриklar. Пезоелектриklar. Пироелектриklar. Электритлар. Суюқ кристаллар. Қаттиқ жисм лазерлари учун материаллар. Магнит материаллар. Магнит материалларнинг синфланиши. Ферро- ва ферримагнитикларнинг магнит хоссалари. Ферримагнитларнинг хусусиятлари. Магнит материаллар ўзгарувчан майдонда. Магнит материалларнинг хоссалари. Магнитоюмшоқ ва магнитоқаттиқ материаллар. Ўта ўтказувчан материаллар. Ўта ўтказувчанлик. Ўта ўтказувчан материаллар магнит хоссалари.

#### Амалий машғулотларнинг руйхати

1. Кремнийдаги дислокациялар тузилишини ўрганиш
2. Кристалл ва аморф материалларнинг қотиш (ериш) эгри чизиғини ўрганиш
3. Микроэлектроникада диффузияли структураларни яратишда фойдаланиладиган материалларни ўрганиш
4. Емирилиш шакли бўйича монокристаллар йўналишини (ориентациясини) аниқлаш
5. Суюқлик ва қаттиқ жисмларда ёруғликнинг ютилиш коэффициентини аниқлаш
6. Ярим ўтказгичли материалларнинг солиштирма қаршилигини тўртзондли тадқиқ этиш

#### Лаборатория ишларини ташкил этиш бўйича кўрсатмалар

1. Металл ва қотишмаларнинг микроскопик таҳлили
2. Ҳолатлар диаграммасини қотишма хоссалари билан боғлиқлиги
3. Ёруғлик чиқарувчи диод ва фототранзисторнинг ёруғлик ва электрон тасвирларини аниқлаш
4. Фаол пезоелектриklarнинг хоссаларини ўрганиш

#### Курс ишини ташкил этиш бўйича услубий кўрсатмалар

Фан бўйича курс иши намунавий ўқув режасида режалаштирилмаган

### **Мустақил таълимнинг шакли ва мазмуни**

Мустақил таълим қуйидаги шаклларда ташкил этилади:

- айрим назарий мавзуларни ўқув адабиётлари ёрдамида мустақил ўзлаштириш;
- берилган мавзулар бўйича ахборот (реферат) тайёрлаш;
- назарий билимларни амалиётда қўллаш;
- макет, модел ва намуналар яратиш;
- илмий мақола, анжуманга маъруза тайёрлаш ва ҳ.к..

Таълим жараёнида инновацион технологияларни, ўқитишнинг интерфаол усулларини қўллаш талаба томондан мустақил танланади. Талабаларнинг мустақил таълимини ташкил этиш тизимли тарзда, яъни узлуксиз ва узвий равишда амалга оширилади. Талаба олган назарий билимини мустаҳкамлаш, шу билан бирга навбатдаги янги мавзунини пухта ўзлаштириши учун мустақил равишда тайёргарлик кўриши керак.

### **Тавсия этилаётган мустақил ишларнинг мавзулари**

1. Органик диэлектриклар.
2. Табиий катронлар.
3. Сунъий катронлар, Целлюлоза.
4. Тукимачилик материаллари.
5. Усимлик мойлари, Битумлар.
6. Мумсимон диэлектриклар.
7. Ёғоч ва коғозлар, Локли матолар, Эластомерлар.
8. Анорганик диэлектриклар хақида қисқача маълумот.
9. Шиша, Сопол материаллар, Ситоллар.
10. Слюда ва слюдали материаллар
11. Асбест, Сегнетоэлектриклар, Пьезоэлектриклар
12. Утказгич материаллар,
13. Ярим утказувчанлик: Германий, Кремний. Ферритлар
14. Магнит материаллари

### **ДАСТУРНИНГ ИНФОРМАЦИОН – УСЛУБИЙ ТАЪМИНОТИ**

Мазкур фанни ўқитиш жараёнида:

– электр техник материаллар тизими ва унинг таркиби бўлимига тегишли маъруза дарсларида модуль тизимига асосланган электрон мажмуадан;

– амалий машғулотларда, хусусан, электр техник материаллар фани фаолиятида стандартлар ва ахлоқ кодексининг амалий жиҳатларини ўрганишда таълим технологияларидан, амалий иш ўйинларидан;

– электр техник материаллар масалаларига тегишли дарс машғулотларида таълимнинг бошқа методларидан фойдаланиш назарда тутилган.

### **Фойдаланиладиган адабиётлар рўйхати:**

#### **Асосий адабиётлар:**

1. Н.С. Бибутов «Материаллар қаршилиги асослари». Дарслик Тошкент 2003 йил
2. Ш.М.Камилов «Электротехника материаллари» Тошкент Ўқитувчи 1994 йил
3. Корабоев Б. «Материаллар қаршилиги» Дарслик Тошкент 2007 йил
4. М. А. Йўлдошбеков «Материаллар қаршилиги» Дарслик Тошкент Ўқитувчи 1995 йил
5. А. Набиев «Материаллар қаршилиги» Дарслик Тошкент. Янги аср авлоди 2008 йил

#### **Қўшимча адабиётлар:**

7. **Бородулин В.Н. и др. Электротехническое материаловедение. Лаб. раб. Методическое пособие -М.: Изд. МЭИ, 2001.**
8. **Справочник по электротехническим материалам. -М.: «Энергоатомиздат», перер. в 3 т., 2002.**
9. **Основы кабельной техники.: учебник для студ. Высш.учеб. заведений/ под ред. И.Б. Пешкова. -М.: Издательский центр «Академия», 2006.**

#### **Интернет сайтлар:**

9. [www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz);
10. [www.lexx.uz](http://www.lexx.uz);
11. [www.bilim.uz](http://www.bilim.uz);
12. [www.gov.uz](http://www.gov.uz).

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI  
NAVOIY KON-METALLURGIYA KOMBINATI  
NAVOIY DAVLAT KONCHILIK INSTITUTI  
ENERGO-MEXANIKA FAKULTETI  
“ELEKTR ENERGETIKASI” KAFEDRASI**



**ISHCHI O‘QUV DASTURI**

**Navoiy - 2018**

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI  
NAVOIY KON-METALLURGIYA KOMBINATI  
NAVOIY DAVLAT KONCHILIK INSTITUTI  
Energo-mexanika fakulteti  
"Elektr energetikasi" kafedrası

Ro'yxatga olindi:  
№ 37-37  
2018 y. 02.03 01



"TASDIQLAYMAN"

(O'quv ishlar) bo'yicha

prorektor:

N.A. Abduazizov

2018 y.

**"ELEKTR TEXNIK MATERIALLAR"**  
fanining  
**ISHCHI O'QUV DASTURI**

Bilim sohasi:	300.000	- Ishlab chiqarish texnik soha.
Ta'lim sohasi:	310.000	- Muxandislik ishi.
Ta'lim yo'nalishlari:	5310200	- Elektr energetikasi (tarmoqlar bo'yicha);


Semestr	1	Jami:
Umumiy auditoriya soati	108	108
Shu jumladan:		
Ma'ruza	54	54
Tajriba mashg'uloti	36	36
Amaliy mashg'uloti	18	18
Mustaqil ta'lim	108	108
Jami	216	216



Fanning ishchi o'quv dasturi ishchi o'quv reja va namunaviy o'quv dasturiga muvofiq ishlab chiqildi.

TUZUVCHILAR:

«Elektr energetikasi» kafedrasi katta o'qituvchi

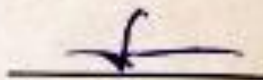


Mavlonov J.A.

imzo

Fanning ishchi o'quv dasturi Navoiy Davlat Konchilik instituti energo mexanika fakulteti «Elektr energetikasi» kafedrasining 2018 yil «\_\_» «\_\_» № 1 – son yig'ilishida muhokama qilish uchun tavsiya etilgan.

Kafedra mudiri

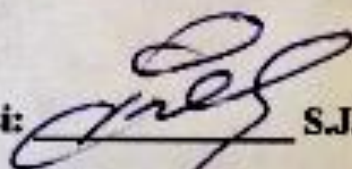


A.N. Tovboev

imzo

Fanning ishchi o'quv dasturi energo mexanika fakulteti kengashida muhokama etilgan va foydalanishga tavsiya qilingan. (2018 yil «\_\_» «\_\_» № 1-son bayonnoma).

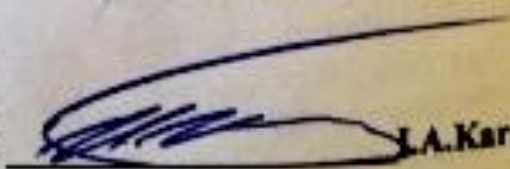
Fakultet kengashi raisi:



S.J. Bozorova

Kelishildi:

O'quv – uslubiy bo'lim boshlig'i



I.A. Karimov

## KIRISH

Ushbu dasturda “Elektr texnik materiallar” fanining mazmuni, predmeti va metodi, uning maqsadi va vazifalari. Elektr texnika materiallari fani dasturi o‘zlashtirish jarayonida amalga oshiriladigan masalalar doirasida bakalavr: elektr texnika materiallarini rivojining tarixi va istiqboli; elektr texnika materiallarini turlari va klassifikatsiyasini; elektr texnika materiallarini ishlatish prinsiplarini, ishlatiladigan materiallarini xosalarini o‘z ichiga olgan bo‘limlaridan tashkil topgan. “Elektr texnik materiallar” fanini chuqur o‘rganish tegishli sohalar muammolarini hal qilish

### Fanning maqsad va vazifalari

“Elektr texnik materiallar” fanining o‘qitishdan maqsad – talabalarda elektr texnika materiallari tanlash taffakkurini shakllantirish va rivojlantirish, o‘zining fikr-mulohaza, xulosalarini asosli tarzda aniq bayon etishga o‘rgatish hamda egallangan bilimlar bo‘yicha nazariy va amaliy bilimlarni shakllantirishdan iborat.

Fanning vazifasi – uni o‘rganuvchilarga: talabalarga elektr texnik materiallar nazariy va amaliy masalalarini echa olish, ishlash prinsiplari, klassifikatsiyasi, sozlanish, egallashga va uni qo‘llashga, shuningdek, iqtisodiy masalalarning echish va modelini tuzish va tahlil qilishga o‘rgatishdan iborat.

### Fan bo‘yicha talabalarning tasavvur bilim, ko‘nikma va malakalariga qo‘yiladigan talablar

“Elektr texnik materiallar” fanini o‘zlashtirish jarayonida bakalavr:

- bilimlarning bir butun tizimi bilan o‘zaro bog‘liqlikda ushbu fanning asosiy muammolarini;
- o‘zining bo‘lajak kasbining mohiyati va ijtimoiy ahamiyati;
- dielektrik, o‘tkazgich, yarim o‘tkazgich, magnit materiallar va ularning konstruksiyasi xamda ishlatish asoslari haqida tasavvurga ega bo‘lishi;
- elektr texnikasida qo‘llaniladigan elektr texnika materiallarini tavsiflarini tajriba yo‘li bilan olish va taxlil qilishni bilishi va ulardan foydalana olishi;
- elektr texnika materiallarini nazariyasi, ishlatish va qo‘llanish sohalar haqidagi ko‘nikmalariga ega bo‘lishi kerak;
- o‘z fikr-mulohaza va xulosalarini asosli tarzda aniq bayon eta olish **malakalariga ega bo‘lishi**

**kerak.**

### Fanning o‘quv rejadagi boshqa fanlar bilan o‘zaro bog‘liqligi va uslubiy jihatdan uzviyligi

“Elektr texnik materiallar” - umumkasbiy fani hisoblanadi. Mazkur dasturni amalga oshirish uchun talaba o‘quv rejasida rejalashtirilgan “Elektr texnikasining nazariy asoslari”, “Sanoat iqtisodiyoti va menejmenti”, “Energetika qurilmalari (gidro va issiqlik)”, “Elektromexanika asoslari”, “Elektr mashinalari va transformatorlarni ishlab chiqarish texnologiyasi” fanlaridan bilim va ko‘nikmalarga ega bo‘lishi talab etiladi.

## Fanning ilm-fan ishlab chiqarishdagi o'рни

Elektr texnika materiallari kursi asosida elektr texnika sanoatida ishlatiladigan materiallarini qo'llashda amalga oshiriladigan xolatlarini aniqlashda muxim ahamiyatga berishdan iboratdir.

SHuning uchun ushbu fan asosiy umumkasbiy fani xisoblanib, elektr texnik materiallarni o'rganib, elektr texnika sanoatida ishlatiladigan materiallarini tizimining ajralmas bo'g'inidir.

## Fanni o'qitishda zamonaviy axborot va pedagogik texnologiyalar

Talaba Elektr texnik materiallar fanini o'zlashtirishda ta'limning innovatsion usullaridan foydalanishi, yangi pedagogik, axborot va internet texnologiyalarini tadbiiq qilishi muhim ahamiyat kasb etadi. Fanni o'zlashtirishda o'quv-uslubiy ta'minot (darslik, o'quv va uslubiy qo'llanmalar, modul topshiriqlari)dan foydalanilish tavsiya etiladi. Ma'ruza va amaliy mashg'ulotlarda turli metod va vositalardan, xususan, aqliy hujum, klaster, amaliy ish va didaktik o'yinlar, portfolio, keys-stadi, shuningdek, kompyuter dasturlaridan (AuditXP, 1S: Prof. Buxgalteriya, Buxgalteriya (VS), Balans, Microsoft Excel, Microsoft PowerPoint, TopS Business Integrator, Hyperion Enterprise, WebTrust, SysTrust) internet tizimlaridan foydalanish mumkin.

## ASOSIY QISM

### Fanning nazariy mashg'ulotlari "Elektr texnik materiallar" fanining mazmuni, predmeti va metodi

Elektr texnika materiallari vazifalari. Fanida talabalar e'tiboriga quyidagilar havola etiladi va o'rgatiladi:

**Materiallar tuzilishi va ularning xossalari. Qattiq jismlarning tuzilishi. Struktura va uning materiallar xossalariga ta'siri** **2 soat**

*Molekulalarning hosil bo'lish mexanizmlari muhokama etilganda, bog'lanish tabiatidan qat'iy nazar, molekula hosil qilayotgan atomlarga ikkita kuch ta'sir etishi qayd etilgan: katta masofalardayoq sezilarli bo'lgan (uzoqdan ta'sir etuvchi) tortirish kuchlari va kichik masofalarda paydo bo'ladigan va masofaning kamayishi bilan keskin ortib ketadigan (yaqindan ta'sir etuvchi) itarish kuchlari.*

**Materiallarning fizik-kimyoviy xossalari. Qattiq jismlar zonalar nazariyasining elementlari**

*Elektr toki o'tkazgichlari sifatida qattiq jismlar, suyuqliklar va ma'lum sharoitlarda esa gaz ham qo'llanilishi mumkin. Elektrotexnikada qo'llaniladigan aksariyat qattiq o'tkazuvchi materiallarga metall va uning qotirishmalari* **2 soat**

**O'tkazgich materiallar. Metallarning elektr o'tkazuvchanlik tabiati.** *Elektr toki o'tkazgichlari sifatida qattiq jismlar, suyuqliklar va ma'lum sharoitlarda esa gaz ham qo'llanilishi mumkin. Elektrotexnikada qo'llaniladigan aksariyat qattiq o'tkazuvchi materiallarga metall va uning qotirishmalari* **2 soat**

**O'tkazgich materiallar xossalari. Yuqori o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan materiallar. Yuqori qarshilikli qotirishmalar.**

*Elektr toki o'tkazgichlari sifatida qattiq jismlar, suyuqliklar va ma'lum sharoitlarda esa gaz ham qo'llanilishi mumkin.* **4 soat**

**Qiyin eriydigan metallar. O'rta haroratda eriydigan metallar.** *Elektr toki o'tkazgichlari sifatida qattiq jismlar, suyuqliklar va ma'lum sharoitlarda esa gaz ham qo'llanilishi mumkin. Elektrotexnikada qo'llaniladigan aksariyat qattiq o'tkazuvchi materiallarga metall va uning qotirishmalari* **2 soat**

**Metal bo'lmagan o'tkazgich materiallar.** *Dielektriklar elektrotexnikada muhim o'rin egallaydi. Tok o'tkazuvchi qismlarni bir - biridan izolyasiyalash maqsadida ajratishda (turli potentsiallarni bir-biridan) foydalaniladi.* **2 soat**

**Yarim o'tkazgich materiallar. Xususiy va kirishmali yarim o'tkazgichlar. Nomuvozanatdagi zaryad tashuvchilar.** *Dielektriklar elektrotexnikada muhim o'rin egallaydi. Tok o'tkazuvchi*

qismlarni bir - biridan izolyasiyalash maqsadida ajratishda (turli potentsiallarni bir-biridan) foydalaniladi.

**4 soat**

**Oddiy yarim o'tkazgich materiallar xossalari.** Dielektriklar elektrotexnikada muhim o'rin egallaydi. Tok o'tkazuvchi qismlarni bir - biridan izolyasiyalash maqsadida ajratishda (turli potentsiallarni bir-biridan) foydalaniladi.

**2 soat**

**Yarim o'tkazgich materiallar.** Dielektriklar elektrotexnikada muhim o'rin egallaydi. Tok o'tkazuvchi qismlarni bir - biridan izolyasiyalash maqsadida ajratishda (turli potentsiallarni bir-biridan) foydalaniladi.

**2 soat**

**Murakkab yarim o'tkazgich materiallar xossalari.** Avtomatika, hisoblash va o'lchov texnikasining elektromagnit qurilmalarida magnit elementiga ta'sir qilish sim o'ramidan o'tayotgan tokning magnit maydoni orqali yoki bevosita magnit maydon yordamida (masalan, ferrozonlarda) amalga oshiriladi.

**4 soat**

**Dielektriklar. Dielektriklarning qutblanishi, elektr o'tkazuvchanligi, teshilishi. Dielektrik yuqotishlar.** Avtomatika, hisoblash va o'lchov texnikasining elektromagnit qurilmalarida magnit elementiga ta'sir qilish sim o'ramidan o'tayotgan tokning magnit maydoni orqali yoki bevosita magnit maydon yordamida (masalan, ferrozonlarda) amalga oshiriladi. Bu magnit maydon o'zakka nisbatan tashqi bo'lib hisoblanadi.

**4 soat**

Dielektrik materiallar xossalari. Passiv dielektriklar. Polimerlar. Kompozitsion plastmassalar. Elektroizolyatsion kompaundlar. Gazsimon, suyuq va qattiq dielektriklar. Avtomatika, hisoblash va o'lchov texnikasining elektromagnit qurilmalarida magnit elementiga ta'sir qilish sim o'ramidan o'tayotgan tokning magnit maydoni orqali yoki bevosita magnit maydon yordamida (masalan, ferrozonlarda) amalga oshiriladi. Bu magnit maydon o'zakka nisbatan tashqi bo'lib hisoblanadi.

**Aktiv dielektriklar. Segnetoelektriklar. Pyezoelektriklar.** Ferromagnetik - kristall buyum bo'lib, domenning natijaviy magnit momenti noldan farqli bo'ladi. Materialning magnit xossalari elektr zaryadlarining ichki yopiq hajmi orqali ifodalanib, neytral aylanma toklar orqali namoyon bo'ladi. Bunday aylanma toklarga elektr oqimi o'z o'qi bo'ylab aylanishi (elektronli, spontanli-energiyali) hamda atom orbitasi bo'ylab aylanadi.

**4 soat**

**Piroelektriklar. Elektritlar. Suyuq kristallar.** Ferromagnetik - kristall buyum bo'lib, domenning natijaviy magnit momenti noldan farqli bo'ladi. Materialning magnit xossalari elektr zaryadlarining ichki yopiq hajmi orqali ifodalanib, neytral aylanma toklar orqali namoyon bo'ladi. Bunday aylanma toklarga elektr oqimi o'z o'qi bo'ylab aylanishi (elektronli, spontanli-energiyali) hamda atom orbitasi bo'ylab aylanadi.

**2 soat**

**Qattiq jism lazerlari uchun materiallar.** Ferromagnetik - kristall buyum bo'lib, domenning natijaviy magnit momenti noldan farqli bo'ladi. Materialning magnit xossalari elektr zaryadlarining ichki yopiq hajmi orqali ifodalanib, neytral aylanma toklar orqali namoyon bo'ladi. Bunday aylanma toklarga elektr oqimi o'z o'qi bo'ylab aylanishi (elektronli, spontanli-energiyali) hamda atom orbitasi bo'ylab aylanadi.

**2 soat**

**Magnit materiallar. Magnit materiallarning sinflanishi. Ferro- va ferrimagnitliklarning magnit xossalari.** Materialning magnit xossalari elektr zaryadlarining ichki yopiq hajmi orqali ifodalanib, neytral aylanma toklar orqali namoyon bo'ladi. Bunday aylanma toklarga elektr oqimi o'z o'qi bo'ylab aylanishi

**4 soat**

**Ferrimagnitlarning xususiyatlari. Magnit materiallar o'zgaruvchan maydonda.** **4 soat**

**Magnit materiallarning xossalari. Magnitoyumshoq va magnitoqattiq materiallar.** Materialning magnit xossalari elektr zaryadlarining ichki yopiq hajmi orqali ifodalanib, neytral aylanma toklar orqali namoyon bo'ladi. Bunday aylanma toklarga elektr oqimi o'z o'qi bo'ylab aylanishi

**4 soat**

**O'ta o'tkazuvchan materiallar. O'ta o'tkazuvchanlik. O'ta o'tkazuvchan materiallar magnit xossalari.** Materialning magnit xossalari elektr zaryadlarining ichki yopiq hajmi orqali ifodalanib, neytral aylanma toklar orqali namoyon bo'ladi. Bunday aylanma toklarga elektr oqimi o'z o'qi bo'ylab aylanishi

**4 soat**

Jami:

54 soat

## Amaliy mashg'ulotlarning ruyxati

1. Kremniydagi dislokatsiyalar tuzilishini o'rganish **6 soat**  
*Materialning magnit xossalari elektr zaryadlarining ichki yopiq hajmi orqali ifodalanib, neytral aylanma toklar orqali namoyon bo'ladi. Bunday aylanma toklarga elektr oqimi o'z o'qi bo'ylab aylanishi*
2. Kristall va amorf materiallarning qotish (erish) egri chizig'ini o'rganish **2 soat**  
*Materialning magnit xossalari elektr zaryadlarining ichki yopiq hajmi orqali ifodalanib, neytral aylanma toklar orqali namoyon bo'ladi. Bunday aylanma toklarga elektr oqimi o'z o'qi bo'ylab aylanishi*
3. Mikroelektronikada diffuziyali strukturalarni yaratishda foydalaniladigan materiallarni o'rganish **4 soat**  
*Materialning magnit xossalari elektr zaryadlarining ichki yopiq hajmi orqali ifodalanib, neytral aylanma toklar orqali namoyon bo'ladi. Bunday aylanma toklarga elektr oqimi o'z o'qi bo'ylab aylanishi*
4. Yemirilish shakli bo'yicha monokristallar yo'nalishini (oriyentatsiyasini) aniqlash **2 soat**  
*Materialning magnit xossalari elektr zaryadlarining ichki yopiq hajmi orqali ifodalanib, neytral aylanma toklar orqali namoyon bo'ladi. Bunday aylanma toklarga elektr oqimi o'z o'qi bo'ylab aylanishi*
5. Suyuqlik va qattiq jismlarda yorug'likning yutilish koeffitsientini aniqlash **2 soat**
6. Yarim o'tkazgichli materiallarning solishtirma qarshiligini to'rtzondli tadqiq etish **2 soat**  
*Materialning magnit xossalari elektr zaryadlarining ichki yopiq hajmi orqali ifodalanib, neytral aylanma toklar orqali namoyon bo'ladi. Bunday aylanma toklarga elektr oqimi o'z o'qi bo'ylab aylanishi*

Jami: 18 soat

Laboratoriya ishlarini tashkil etish bo'yicha ko'rsatmalar

5. Metall va qotishmalarning mikroskopik tahlili **6 soat**
6. Holatlar diagrammasini qotishma xossalari bilan bog'liqligi **4 soat**
7. Yorug'lik chiqaruvchi diod va fototranzistorning yorug'lik va elektron tasvirlarini aniqlash **4 soat**
8. Faol pezoelektriklarning xossalarini o'rganish **4 soat**

Jami: 18 soat

### Mustaqil ta'limning shakli va mazmuni

Mustaqil ta'lim quyidagi shakllarda tashkil etiladi:

- ayrim nazariy mavzularni o'quv adabiyotlari yordamida mustaqil o'zlashtirish;
- berilgan mavzular bo'yicha axborot (referat) tayyorlash;
- nazariy bilimlarni amaliyotda qo'llash;
- maket, model va namunalar yaratish;
- ilmiy maqola, anjumanga ma'ruza tayyorlash va h.k..

Ta'lim jarayonida innovatsion texnologiyalarni, o'qitishning interfaol usullarini qo'llash talaba tomondan mustaqil tanlanadi. Talabalarning mustaqil ta'limini tashkil etish tizimli tarzda, ya'ni uzluksiz va uzviy ravishda amalga oshiriladi. Talaba olgan nazariy bilimini mustahkamlash, shu bilan birga navbatdagi yangi mavzuni puxta o'zlashtirishi uchun mustaqil ravishda tayyorgarlik ko'rishi kerak.

### Tavsiya etilayotgan mustaqil ishlarning mavzulari

10. Organik dielektriklar.
11. Tabiiy katronlar.

12. Sun'iy katronlar, Sellyuloza.
13. Tukimachilik materiallari.
14. Usimlik moylari, Bitumlar.
15. Mumsimon dielektriklar.
16. YOgoch va kogozlar, Lokli matolar, Elastomerlar.
17. Anorganik dielektriklar xakida kiskacha ma'lumot.
18. SHisha, Sopol materiallar, Sitollar.
10. Slyuda va slyudali materiallar
11. Asbest, Segnetoelektriklar, P'ezoelektriklar
15. Utkazgich materiallar,

### **DASTURNING INFORMATSION – USLUBIY TA'MINOTI**

Mazkur fanni o'qitish jarayonida:

- elektr texnik materiallar tizimi va uning tarkibi bo'limiga tegishli ma'ruza darslarida modul tizimiga asoslangan elektron majmuadan;
- amaliy mashg'ulotlarda, xususan, elektr texnik materiallar fani faoliyatida standartlar va axloq kodeksining amaliy jihatlarini o'rganishda ta'lim texnologiyalaridan, amaliy ish o'yinlaridan;
- elektr texnik materiallar masalalariga tegishli dars mashg'ulotlarida ta'limning boshqa metodlaridan foydalanish nazarda tutilgan.

### **Foydalaniladigan adabiyotlar ro'yxati:**

#### **Asosiy adabiyotlar:**

6. N.S. Bibutov «Materiallar qarshiligi asoslari». Darslik Toshkent 2003 yil
7. SH.M.Kamilov «Elektrotexnika materiallari» Toshkent O'kituvchi 1994 yil
8. Koraboev B. «Materiallar qarshiligi» Darslik Toshkent 2007 yil
9. M. A. Yo'ldoshbekov «Materiallar qarshiligi» Darslik Toshkent O'kituvchi 1995 yil
10. A. Nabiev «Materiallar qarshiligi» Darslik Toshkent. YAngi asr avlodi 2008 yil

#### Qo'shimcha adabiyotlar:

- 10. Borodulin V.N. i dr. Elektrotexnicheskoe materialovedenie. Lab. rab. Metodicheskoe posobie -M.: Izd. MEI, 2001.**
- 11. Spravochnik po elektrotexnicheskim materialam. -M.: «Energoatomizdat», perer. v 3 t., 2002.**
- 12. Основы кабельной техники.: учебник для студ. Высш.учеб. заведения/ под ред. I.B. Peshkova. -M.: Izdatelskiy sentr «Akademiya», 2006.**

#### **Internet saytlar:**

13. [www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz);
14. [www.lexx.uz](http://www.lexx.uz);
15. [www.bilim.uz](http://www.bilim.uz);
16. [www.gov.uz](http://www.gov.uz).



**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI**  
**NAVOIY KON-METALLURGIYA KOMBINATI**  
**NAVOIY DAVLAT KONCHILIK INSTITUTI**  
**Energo-mexanika fakulteti**  
**“Elektr energetikasi” kafedrasi**



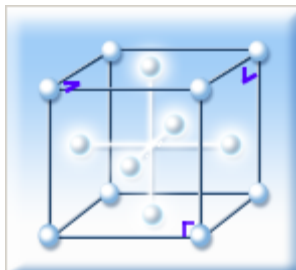
**ELEKTR TEXNIK MATERIALLAR**  
**fanidan**

**TARQATMA MATERIALLAR**



## Kremniy (Si)

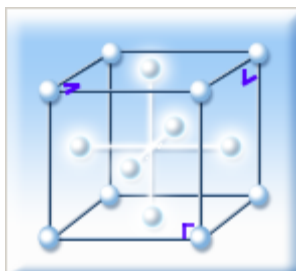
Kristall strukturasi



Kim tomonidan ochilgan	J. Berzelius
Kashf etilgan yili	1824
Mamlakat	Sweden
Rangi (qattiq faza)	Taupe (with the bluish tint)
Turi	Yarim o'tkazgich.
Electron tuzilishi	$1s^2; 2s^2; 2p^6; 3s^2; 3p^2$
Kristall strukturasi	Yoqlari markazlashgan kub

## Germaniy (Ge)

Kristall strukturasi



Kim tomonidan ochilgan	Clemenes Winker
Kashf etilgan yili	1886
Mamlakat	Germany
Rangi (qattiq faza)	Greyish-white
Turi	Yarim o'tkazgich.
Electron tuzilishi	$1s^2; 2s^2; 2p^6; 3s^2; 3p^6; 4s^2; 3d^{10}; 4p^2$
Kristall strukturasi	Yoqlari markazlashgan kub

## Temir (Fe)

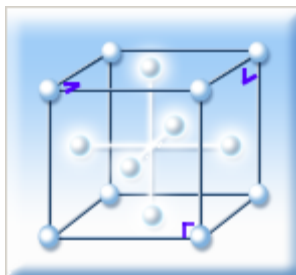
Kristall strukturasi



Kim tomonidan ochilgan	Qadimdan ma'lum
Kashf etilgan yili	???
Mamlakat	???
Rangi (qattiq faza)	Bright (with grayish tint)
Turi	O'tish guruhi metali
Electron tuzilishi	$1s^2; 2s^2; 2p^6; 3s^2; 3p^6; 4s^2; 3d^6$
Kristall strukturasi	Hajmi markazlashgan kub

## Mis (Cu)

Kristall strukturasi



Kim tomonidan  
ochilgan

Kashf etilgan yili

Mamlakat

Rangi (qattiq faza)

Turi

Electron tuzilishi

Kristall strukturasi

Qadimdan ma'lum

???

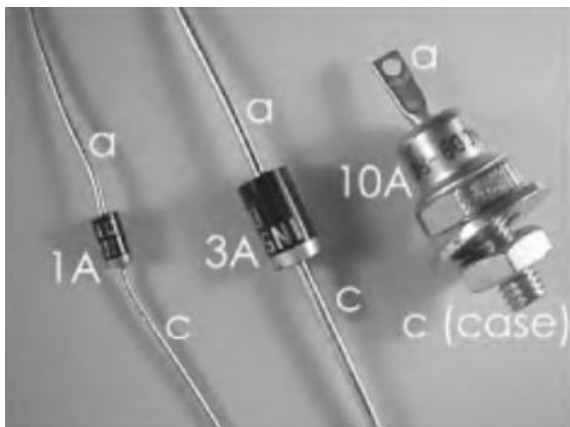
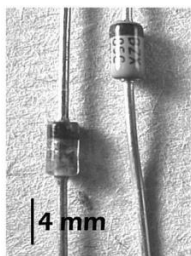
???

Mahogany (jigarrang qizil)

O'tish guruhi metali

$1s^2; 2s^2; 2p^6; 3s^2; 3p^6; 4s^1; 3d^{10}$

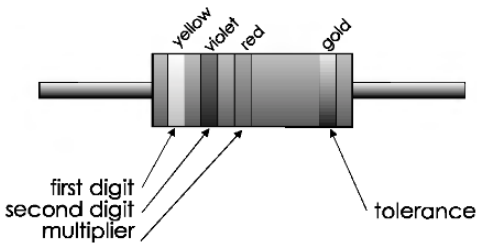
Yoqlari markazlashgan kub



Diodlar va diodli ko'prik



Batarealar



*Example 1*

The bands are yellow, violet, red.

Yellow means '4'  
Violet means '7'  
Red means '2'

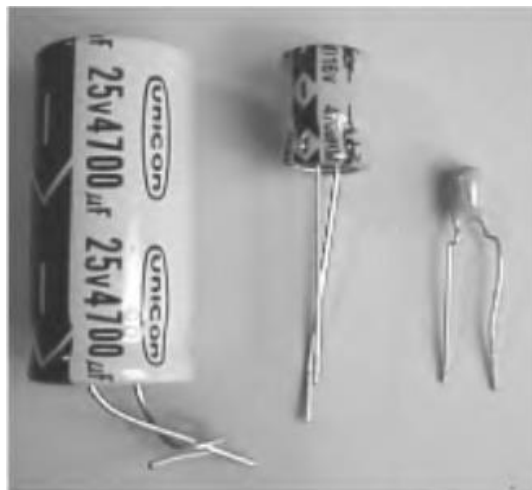
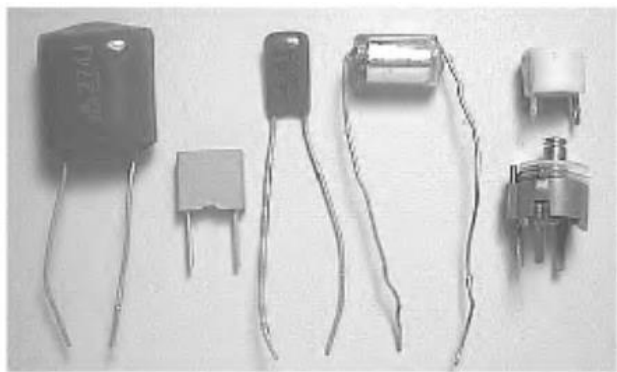
Write '4', then '7', then follow with two zeros. This gives:  
4700  $\Omega$

We normally write this as:  
4.7 k $\Omega$

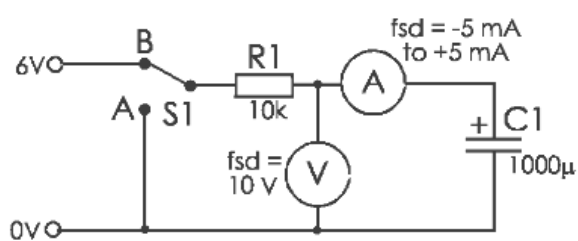
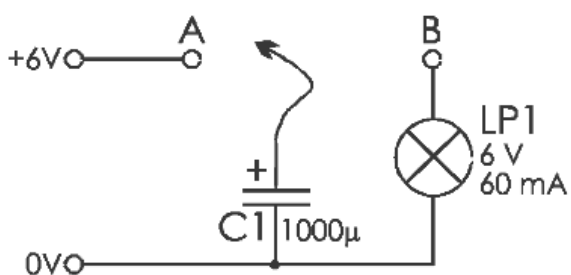
Colour	Number
Black	0
Brown	1
Red	2
Orange	3
Yellow	4
Green	5
Blue	6
Violet	7
Grey	8
White	9



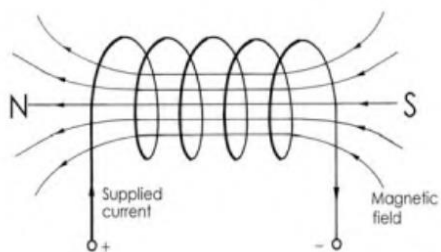
Multimetrlar



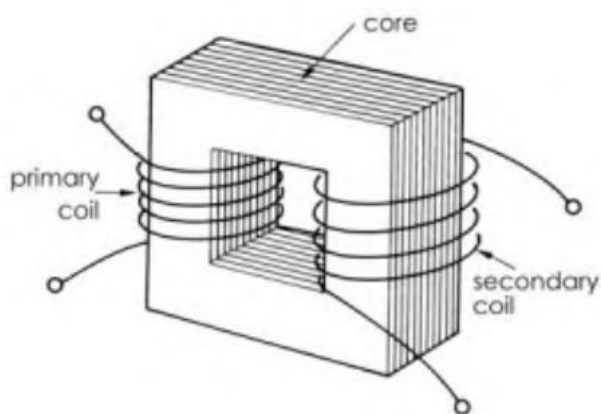
Kondensatorlar turlari



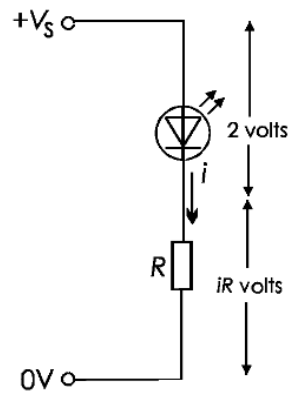
Kondesator ishlashini tekshirish



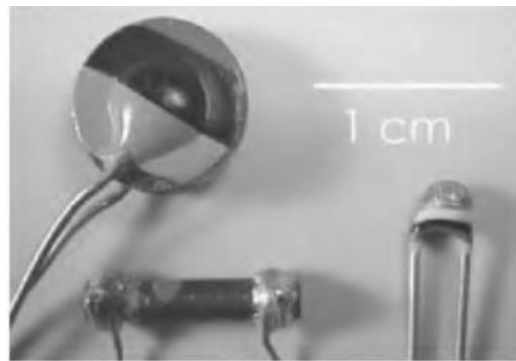
Induktivlik



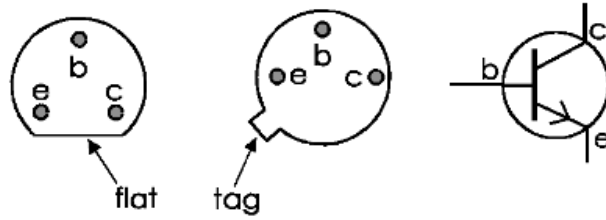
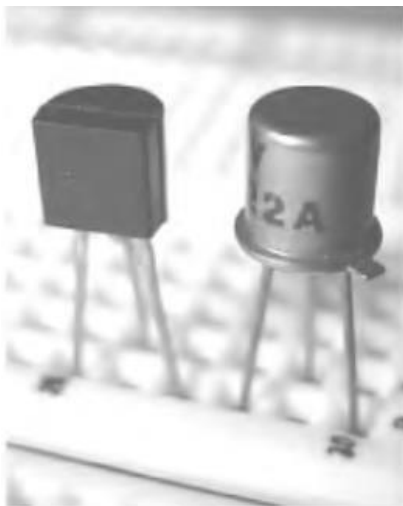
Transformator



Yorug'lik chiqaruvchi diod va uning manbaga ulanishi



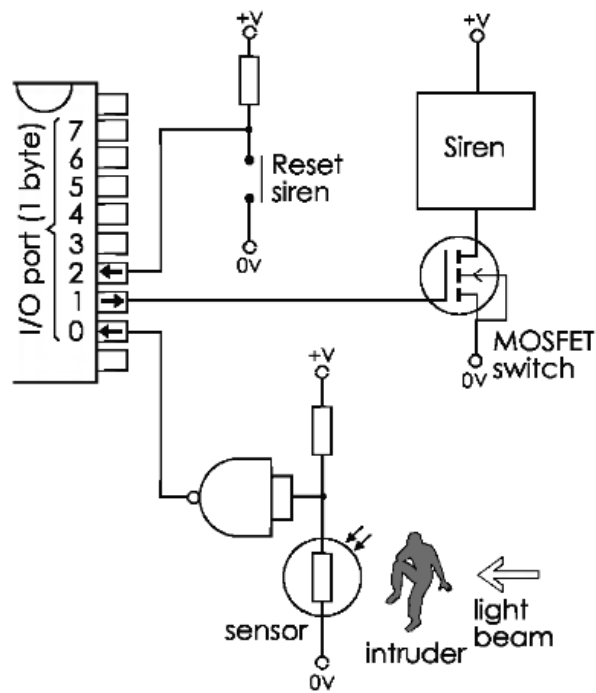
Termistorlar



Tranzistorlar

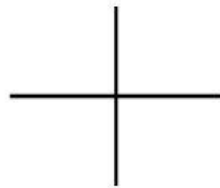


### Ovozli chiqarish qurilmalari

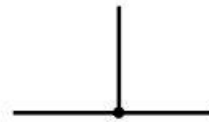


Programmalashtiriladigan mikrokontroller va uning tashqi signallarni qabul qilishi

## Conductors



Not joined



Joined

## Switches



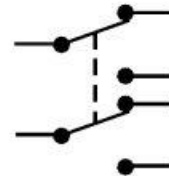
Single pole,  
single throw (SPST)  
normally open



SPST, normally  
closed



Single pole,  
double throw  
(SPDT)



Double pole,  
double throw  
(DPDT)

## Push-buttons

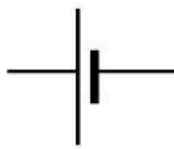


Push to  
make (PTM)

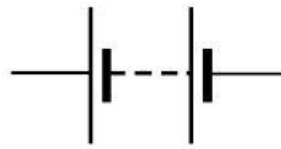


Push to  
break (PTB)

## Power supply



Cell (positive  
on left)



Battery of cells  
(positive on left)

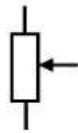


Power supply  
(voltage levels  
usually marked)

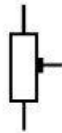
Resistors



Fixed



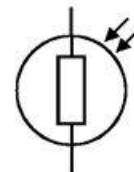
Variable (potentiometer)



Preset variable (potentiometer)



Thermistor

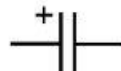


Light dependent (LDR)

Capacitors



Non-polarised



Polarised

Semiconductor devices



Diode



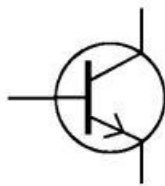
Light emitting diode (LED)



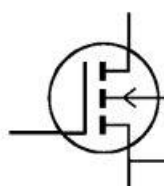
Photodiode



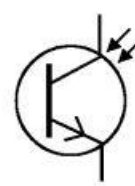
Thyristor (SCR)



npn transistor (BJT)

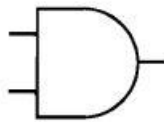


n-channel MOSFET (FET)

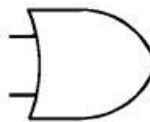


phototransistor

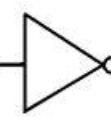
Logic gates



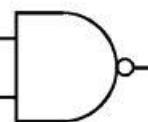
AND



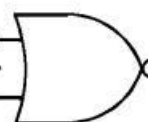
OR



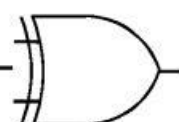
NOT (INVERT)



NAND



NOR



ex-OR



## Input/output devices



Lamp



Motor



Loudspeaker



Bell

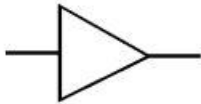


Buzzer

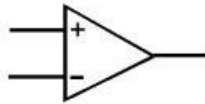


Microphone

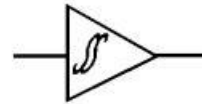
## Amplifiers



Amplifier



Operational  
amplifier

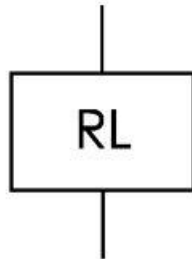


Schmitt  
trigger

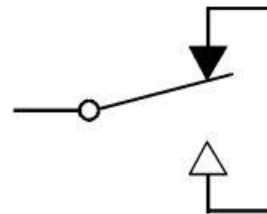
## Miscellaneous



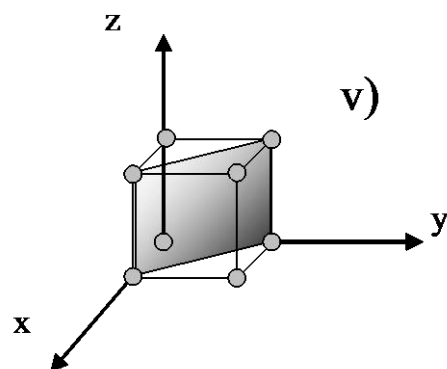
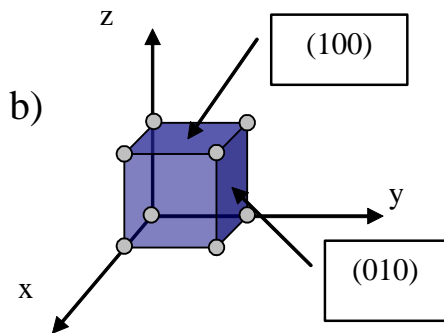
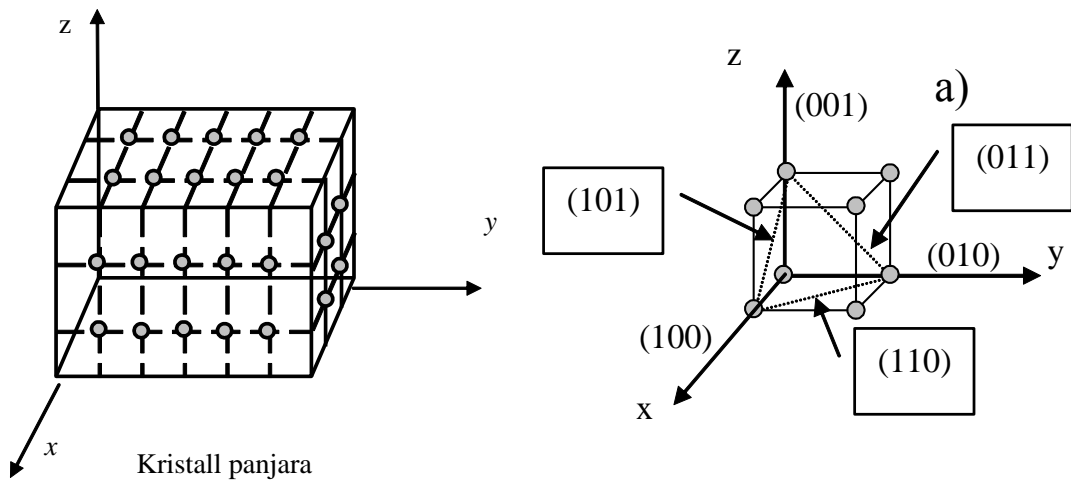
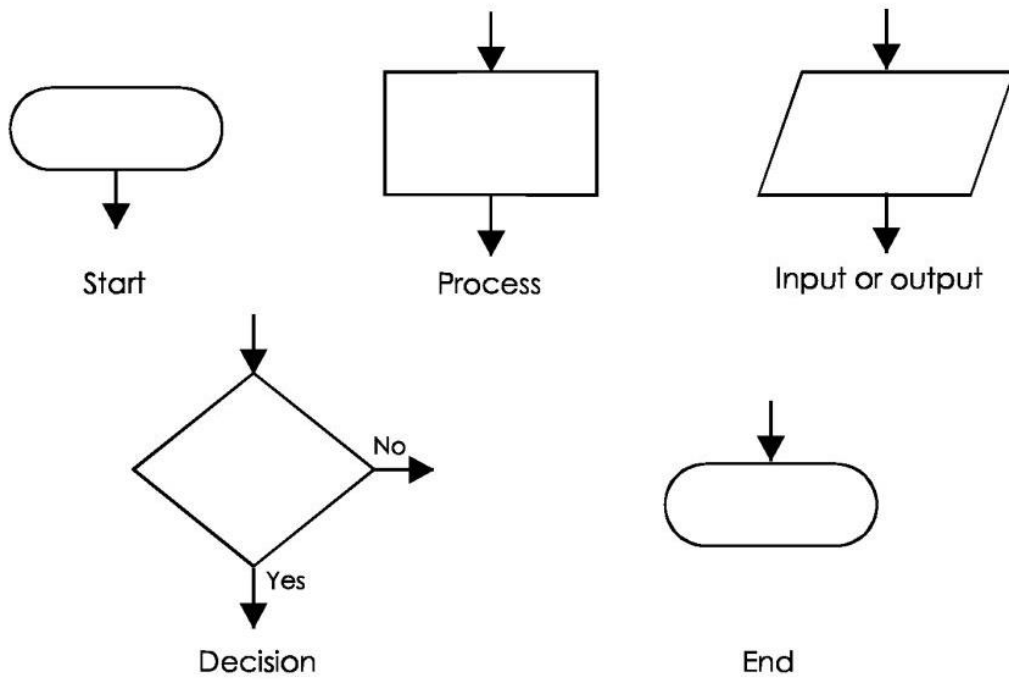
Fuse

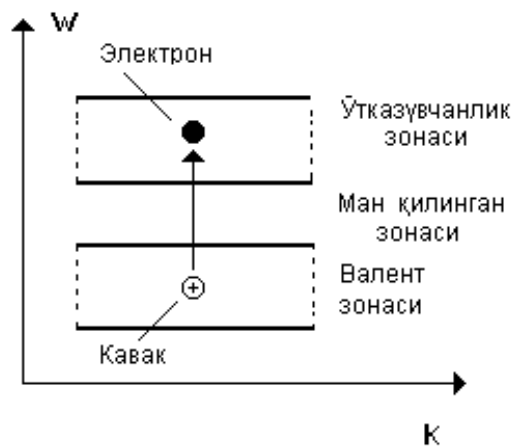
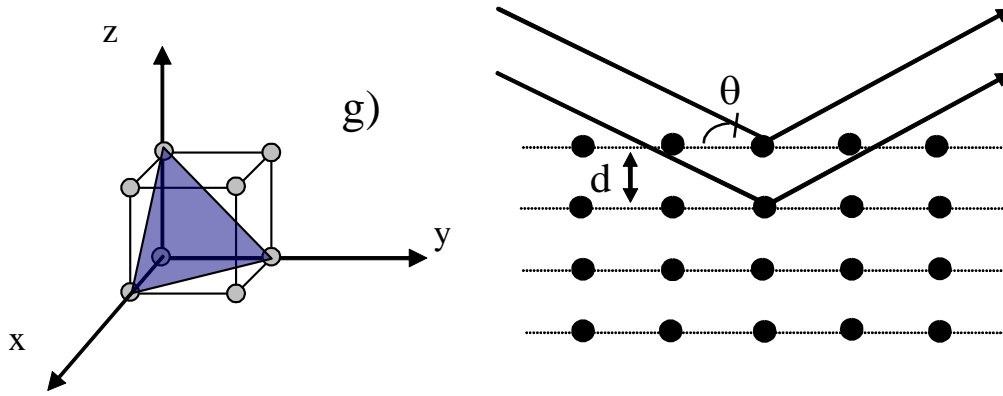


Relay coil

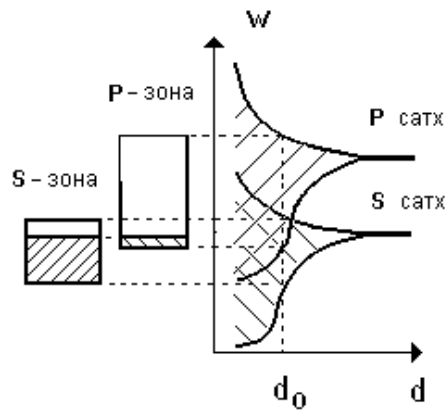


Relay contacts  
(SPDT for example)

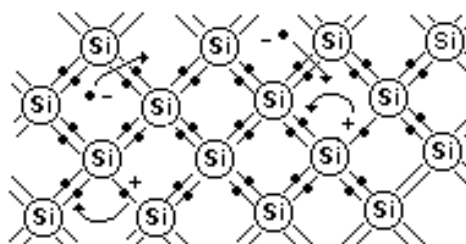




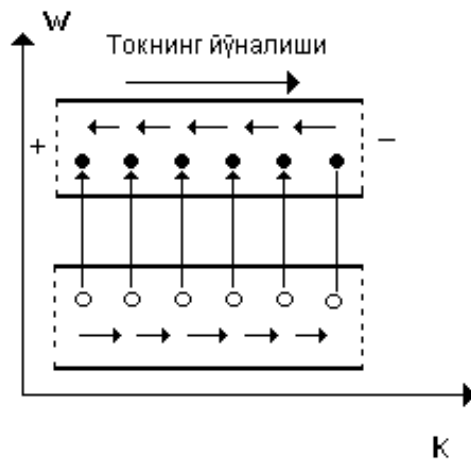
Валент зонادا валент bog‘lanishdagi bo‘sh o‘rin "kovak" ning paydo bo‘lishi



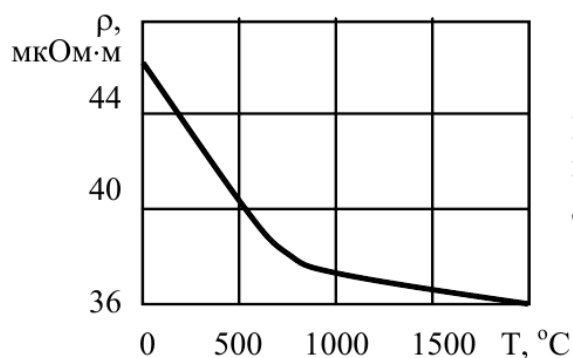
Metallarning kristall panjarasida S- va P-zonalarning qisman ustma-ust tushishi



Валент зонادا musbat zaryadli kovaklarning paydo bo‘lishi.



Tashqi elektrik maydon berilganda yarimoʻtkazgichda erkin elektronlar va kovaklar tokining paydo boʻlishi.



Koʻmir uglerod solishtirma qarshiligining haroratga bogʻliqligi.

Element	Elektron tuzilishi	$E_g$ , eV
C	$1s^2 2s^2 2p^2$	5,48
Si	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$	1,17
+Ge	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^2$	0,74
Sn	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^{10} 5s^2 5p^2$	0,082

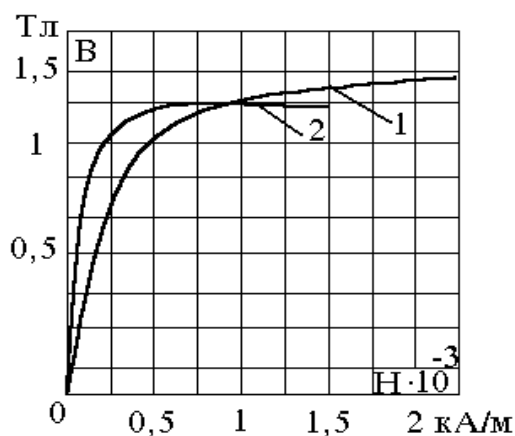
Baʼzi sintetik dielektriklarning fizik va kimyoviy xossalari:

Koʻrsatkichlar	Trixlordifenil	Soatol - 10	Geskol
Zichligi, $kg/m^3$	1360	111510	1640
Kinematik qovushqoqligi, $10^{-6}m^2/s$	40-70	650	3,5-4,0
Qotish harorati, °C	-19	-6	-60
Issiqlik oʻtkazuvchanlik koefitsenti, $Vt/m^3 \cdot ^\circ C$	0,0963	-	0,15
$tg\delta(90^\circ C)$	0,015	0,03	0,03
$\rho$ , $Om \cdot m$ (90 °C)	$3 \cdot 10^9$	$10^{12}$	$13 \cdot 10^{10}$
$E_r$	5,9	-	2,7-2,9
$E_T$ , MB/m	20	22	18

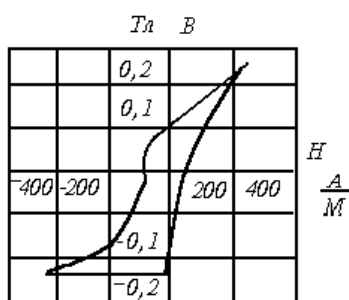
Baʼzi kremniy-organik suyuqliklarning fizik va kimyoviy xossalari.

Koʻrsatkichlar	PMS-0	PMS-0	PES-3	FM-5	161-123	161-45
----------------	-------	-------	-------	------	---------	--------

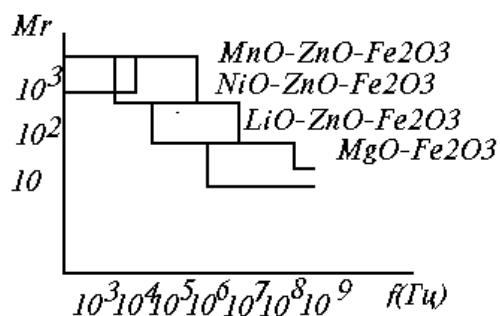
Zichligi, kg/m <sup>3</sup>	942	974	960	944	1080	1145
Qotish harorat °C	-65	-60	-70	-110	-100	-90
Dinamik kovushokligi 10 <sup>-6</sup> m <sup>2</sup> /s	10	60	15	16	18	55
ε <sub>r</sub>	2,6	2,6	2,4	2,8	5,4	5,8
tg δ	0,0002	0,0002	0,0003	0,002	0,02	0,0001
ρ, Om·m	2·10 <sup>12</sup>	2·10 <sup>12</sup>	10 <sup>11</sup>	10 <sup>11</sup>	5·10 <sup>10</sup>	4·10 <sup>10</sup>
E <sub>m</sub> MV/m	14	18	18	14	-	-
Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti, Vt/m·°C	0,0138	0,154	0,138	0,135	0,115	0,127



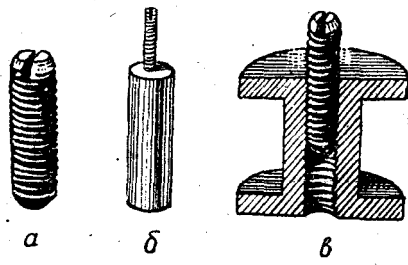
Elektrotexnik po'latning magnit maydonidagi kuchlanganlik bilan induksiya bog'lanishi



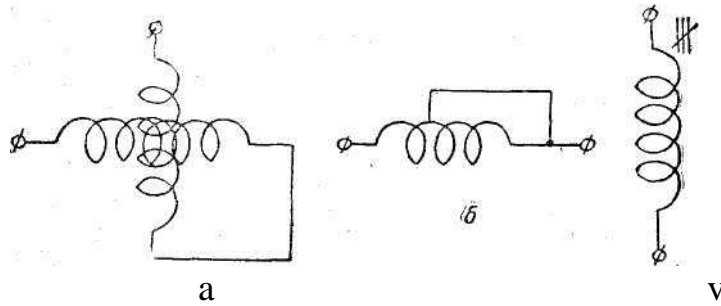
Magnit sindiruvchanligi  
yuqori nikel rux ferritning  
gisterezis sirtmog'i



Turli chastotadagi ferritlarning  
qo'llanilishi

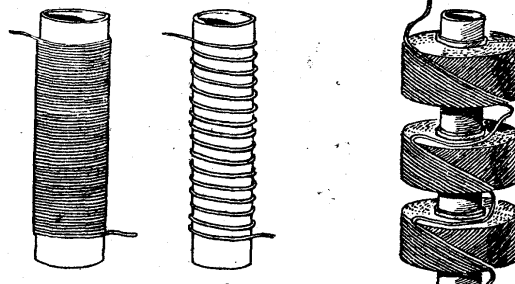


Yuqori chastota g'altklarida ishlatiladigan magnitli o'zaklarning shakllari



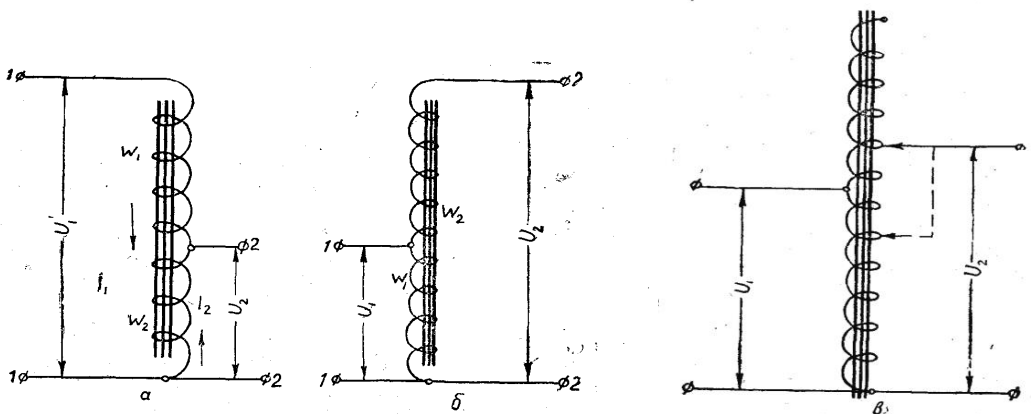
Variometr sxemalari.

a-o'zaro induksiyali; b-o'ram sonlari o'zgaruvchan; v — magnit o'zakli.

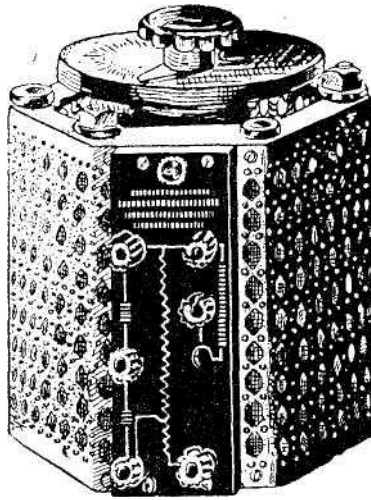


Cho'lg'am xillari: a-sidirg'a o'ralgan: b-

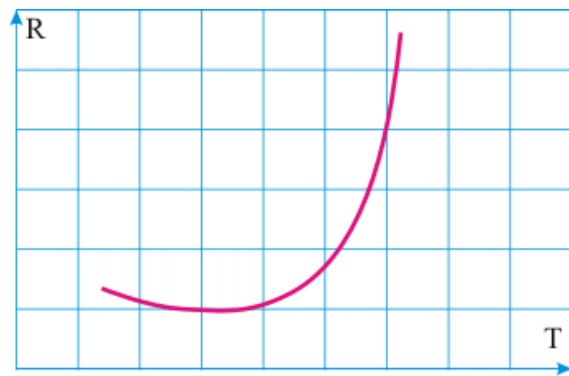
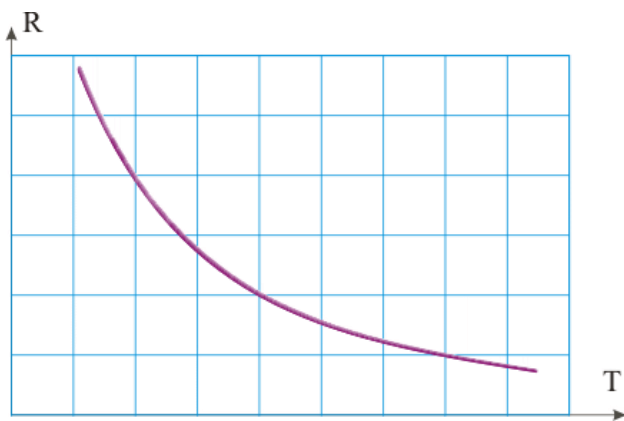
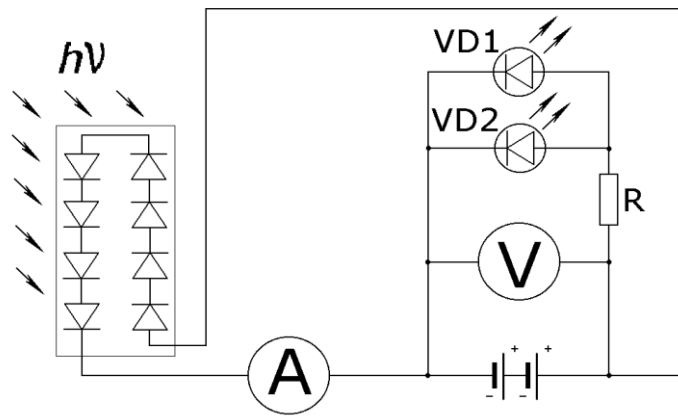
Universal o'ramli g'altak



9-rasm. Avtotransformatrlarning sxemasi: a-pasaytiruvchi; b-kuchaytiruvchi; v-transformatsiya koeffitsienti o'zgaruvchan.



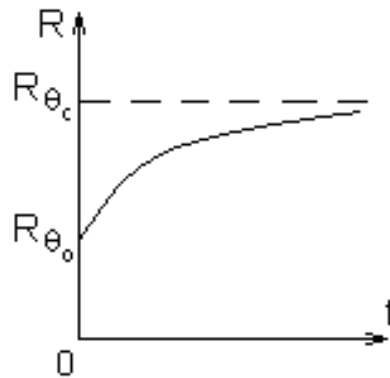
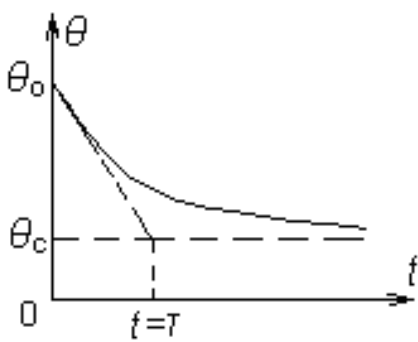
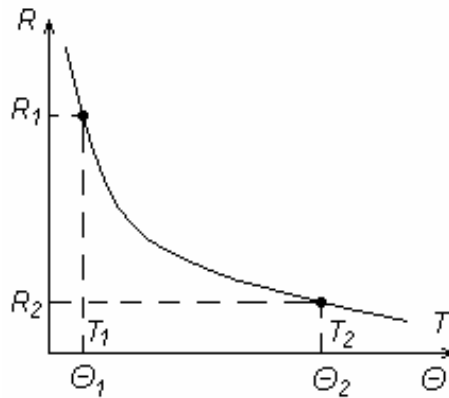
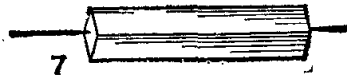
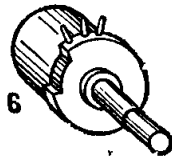
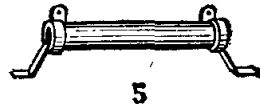
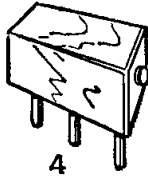
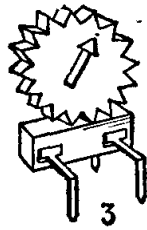
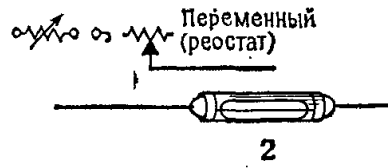
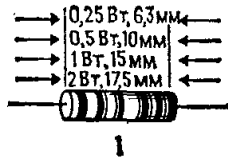
Kuchlanishni tekis rostlovchi avtotransformator **LATR** (laboratoriya avtotransformatori)



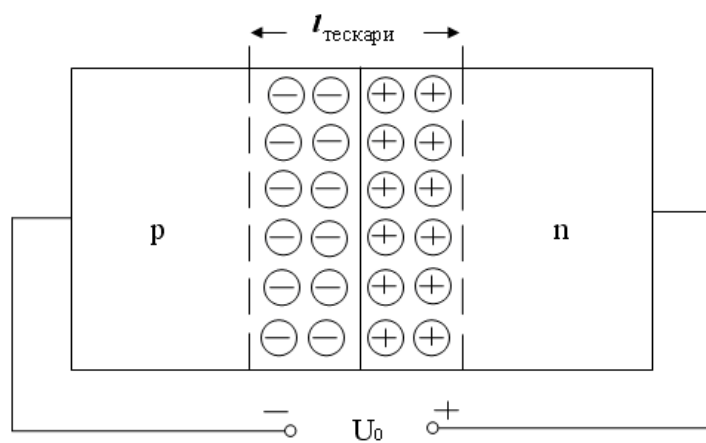
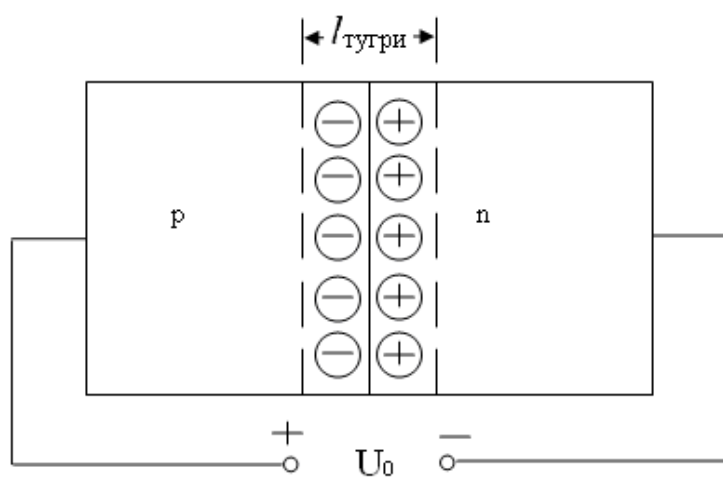
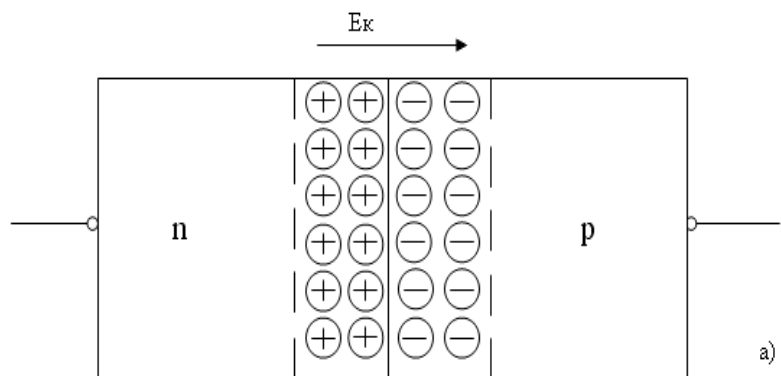
Условные обозначения резисторов

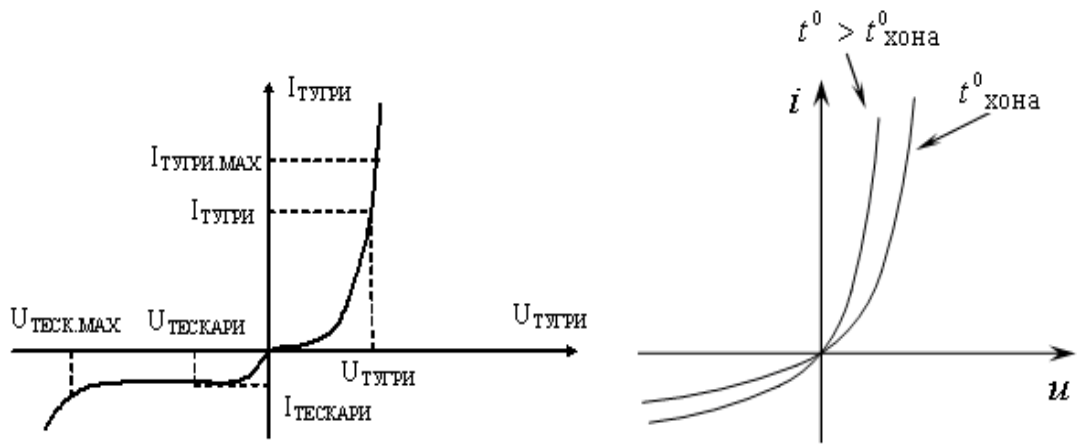
~ ~ ~ Постоянный

~ ~ ~ Переменный (потенциометр)

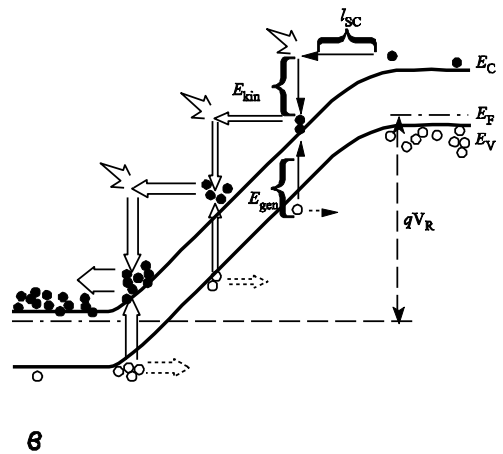
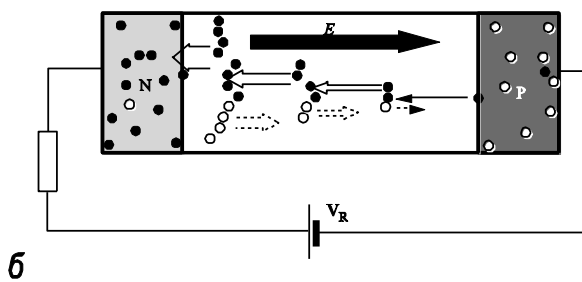
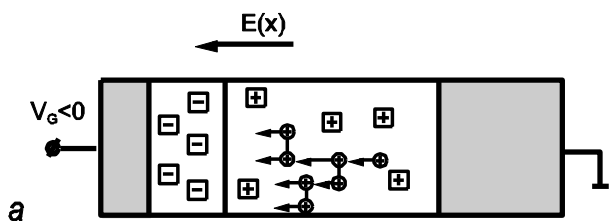
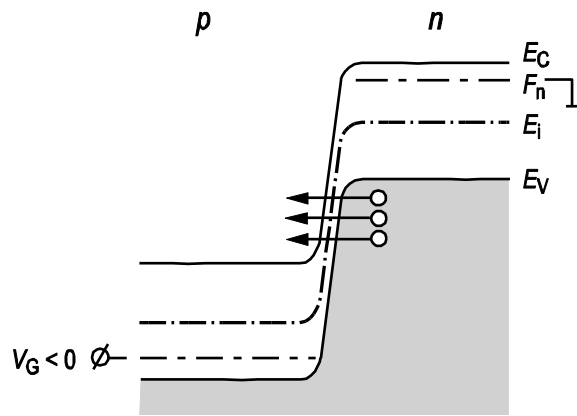


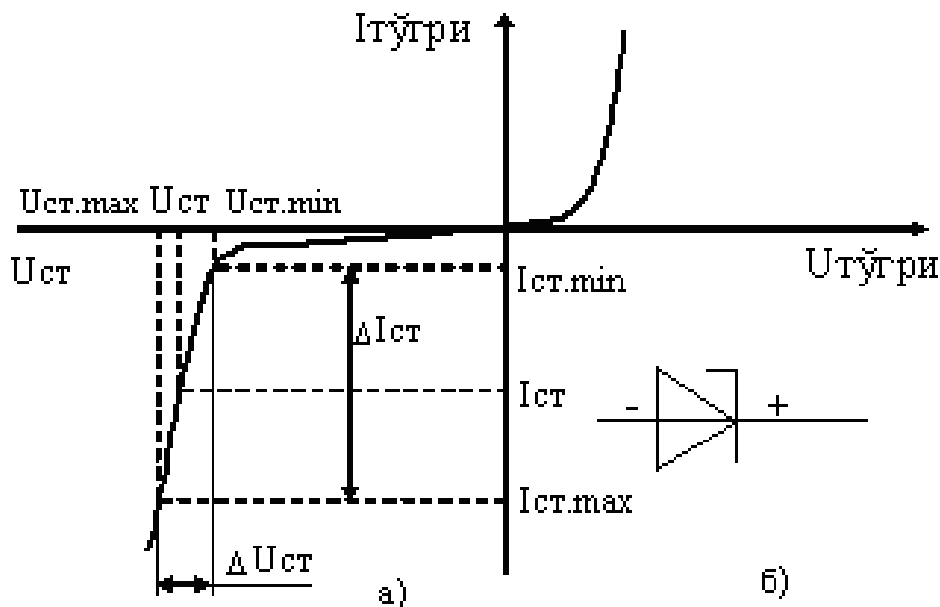






$$C_B = C_{B0} \sqrt{\frac{U_K}{U_K \pm U}}$$



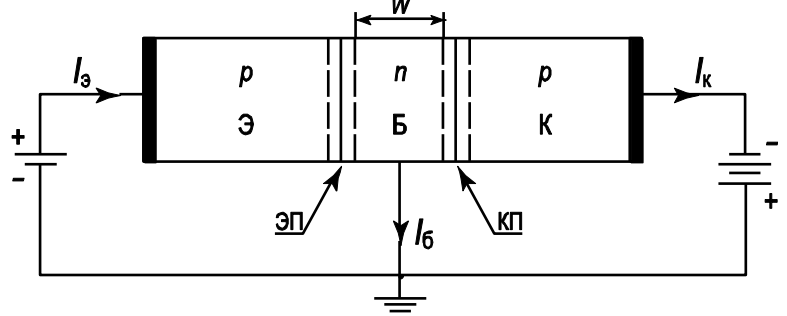
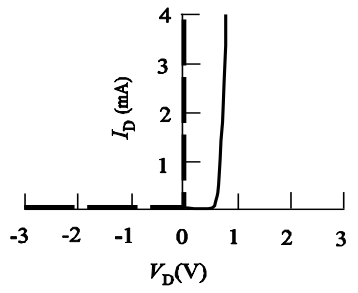
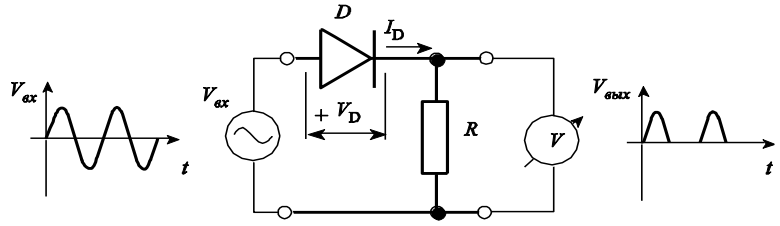
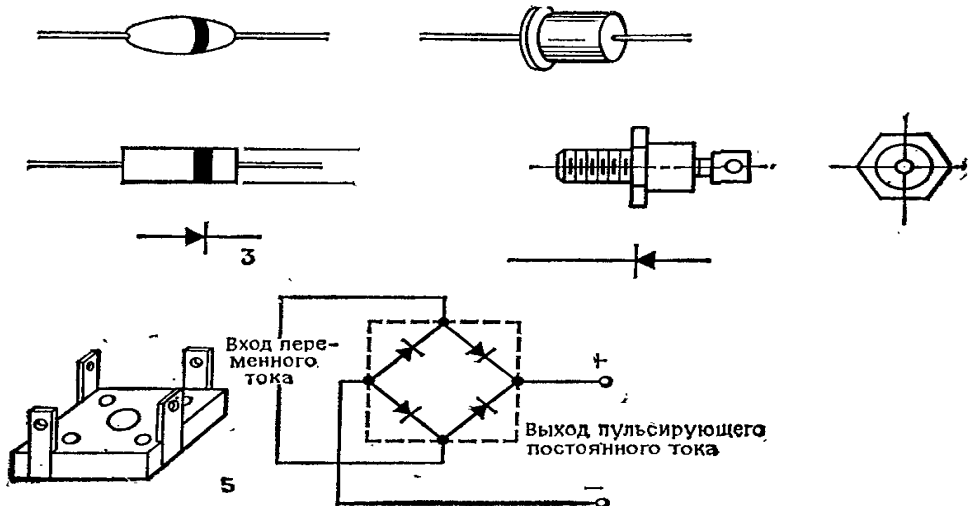
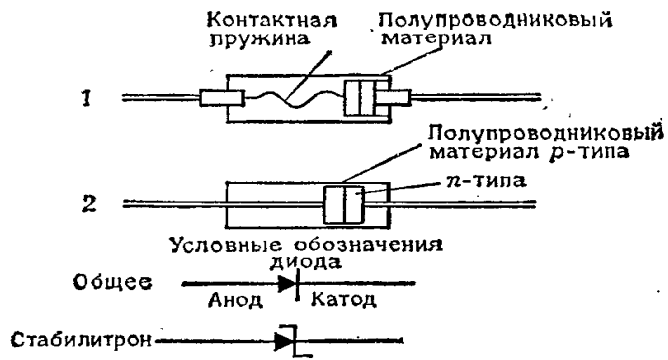


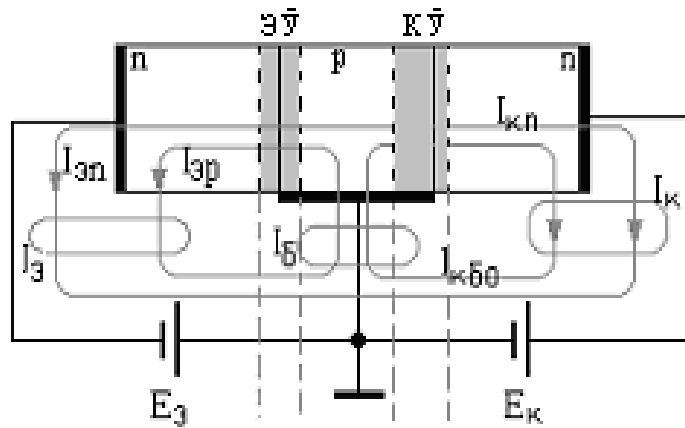
### Тўғриловчи, импульсли ва юқори частота диодлар

Диод тури	Тузилиши	$I_{тўғ чег,}$ мА	$U_{теск чег,}$ В	$f_{маx,}$ кГц	$\tau_{тикл,}$ мкс
D2 Е	Ge, нуқтавий	16	50		3
D2 Ж	Ge, нуқтавий	8	150		3
D7 Г	Ge, қотишмали	300	200	2,4	
D7 Ж	Ge, қотишмали	300	400	2,4	
D9 Е	Ge, нуқтавий	20	30		3
D104	Si, микроқотишмали	30	100	150	0,5
D226	Si, қотишмали	300	200	1,0	
KD503 А	Si, планар -эпитаксиал	20	30		0,01
D312	Ge, диффузион	50	75		0,7

### Стабилитронлар ва стабисторлар

Диод тури	Тузилиши	$U_{ст,}$ В	$I_{ст мин,}$ мА	$I_{ст маx,}$ мА	$r_D,$ Ом
D814 Б	Si, қотишмали	8...9,5	3	36	10
D814 D	Si, қотишмали	11,5... 14,0	3	24	18
KC156 Т	Si, диффузион-қотишмали	5,6	1	22,4	100
D219 С	Si, микроқотишмали стабистор	0,57	1	50	
KC113 А	Si, диффузион-қотишмали стабистор	1,17... 1,8	1	100	80

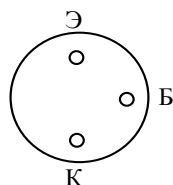




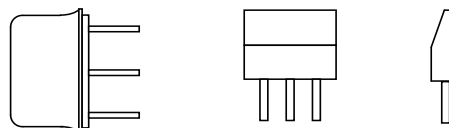
### Биполяр транзисторлар

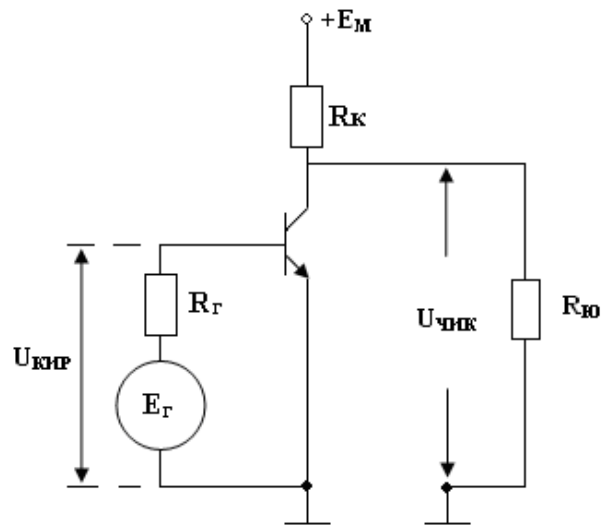
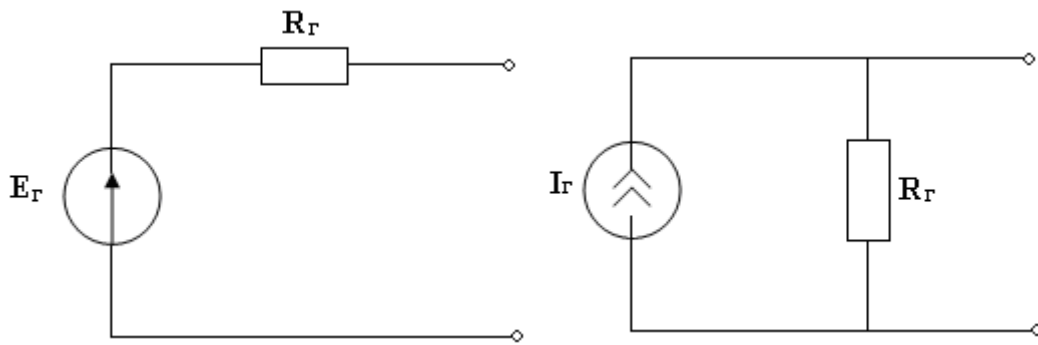
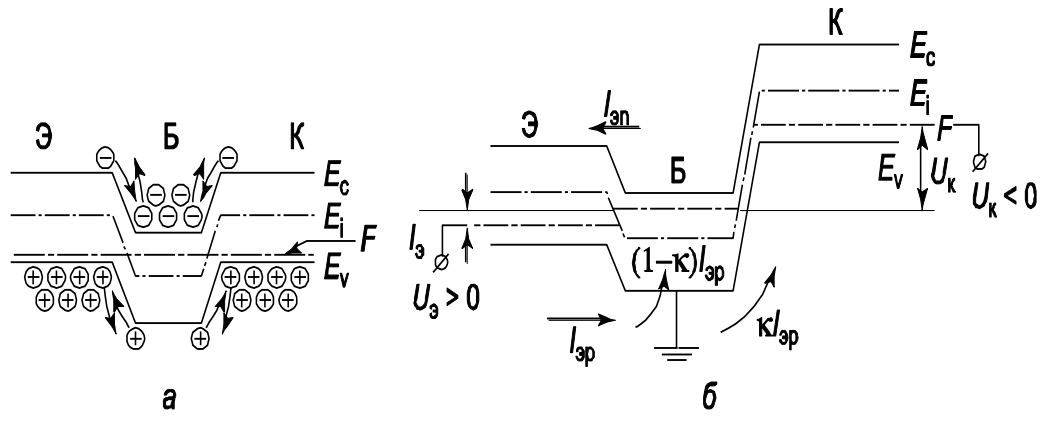
Транз. тури	Тузилиши	$h_{21Э}$	$f_{h21Э}(f_T)$ , МГц	$I_{к.чег}$ , мА	$U_{к.чег}$ , В	$P_{к.чег}$ , мВт	$\tau_{к}$ , мкс	$C_{к}$ (10В), пФ
МП37Б	n-p-n, Ge, қотишмали	20-50	1,0	20	15	150		40
МП39Б	p-n-p, Ge, қотишмали	20-50	0,5 1,5	20	20	150		40
КТ315Б	n-p-n, Si, планар - эпитаксиал	50-350	(250)	100	20	150	0,5	7
КТ361Б	p-n-p, Si, планар - эпитаксиал	50-350	(250)	50	20	150	0,5	9

МП 39



КТ 361







**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI  
NAVOIY KON-METALLURGIYA KOMBINATI  
NAVOIY DAVLAT KONCHILIK INSTITUTI  
ENERGO-MEXANIKA FAKULTETI  
“ELEKTR ENERGETIKASI” KAFEDRASI**



**ELEKTR TEXNIK MATERIALLAR  
fanidan**

**TEST SAVOLLARI**



**№1 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

**Texnologik jarayonni kursatkichlarini uzgarmas saklash uchun zarur operatsiyalar majmui nima deb aytiladi?**

Rostlanuvchi miqdor

avtomatik rostdash

avtomat boshkarish

avtomat rostdash tizimi

**№2 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

**Rostlash ob'ekti va avtomat rostdagich majmui nima deb aytiladi?**

Avtomat boshkarish

rostlovchi organ

rostlagich

avtomat rostdash tizimi

**№3 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

**Ichki ta'sir deb nimaga aytiladi?**

Rostlagichning ob'ektga ta'siri

Topshiruvchi ta'sirlar

tizim ichida bir elementdan keyingisiga uzatiladigan ta'sirlar

asosiy toydiruvchi ta'sirlar

**№4 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

**Ochik tizimli rostdashda nima bulmaydi.**

datchiklar

rostlanuvchi miqdor

toydiruvchi ta'sirlar

topshiruvchi ta'sirlar

**№5 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

**Kaysi xolda odatda kup konturli rostdash tizimlari kullaniladi.**

rostdash anikligini oshirish uchun

programmali boshkarishda

rostlanuvchi miqdorlar kup bulganda

rostdash tezkorligini oshirish uchun

**№6 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

**Tezlikni ogish buyicha rostdashda kaysi teskari boglanish kullaniladi.**

tok buyicha bikt

kuchlanish buyicha musbat

vakt buyicha manfiy elastik

tezlik buyicha manfiy

**№7 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

**Kanday rostdagich rostlovchi organ ta'sirini bevosita sezgir elementdan oladi va u bilan xarakatga keladi.**

proporsional rostdagich

bilvosita ta'sirli rostdagich

integral rostdagich

astatik rostdagich

**№8 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

**Kaysi datchiklar bo'ylama siljishni ulchashga kulay.**

induktiv datchiklar
tenzodatchiklar
fotodatchiklar
sigim datchiklar

**№9 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>О‘tish jarayonlarida ham ishlovchi teskari alokani kursating?</b>
differentziallovchi
proporsional
musbat
bikr manfiy

**№10 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Kaysi korrektlovchi element astatik rostlashni ta’minlaydi?</b>
differentziallovchi
integrallovchi
proporsional
manfiy teskari aloka

**№11 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Kaysi tizimda ixtiyoriy konun buyicha uzgaruvchi kirish miqdori kayta yaratish tizim chikishida yul kuyilgan xatolik bilan yaratiladi?</b>
programmali
uzi moslanuvchan
taklidiy
ogish buyicha rostlashda

**№12 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Astatik rostlashdan kaysi kattalik bulmaydi.</b>
sunish dekrementi
tebranuvchanlik
rostlanuvchi miqdor
statik xato

**№13 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Utkinchi jarayon sunish jadalligini kaysi kattalik belgilaydi.</b>
o‘tish jarayoni vakti
tebranishlar soni
statik xato
sunish dekrementi

**№14 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Kaysi namunaviy bugimda signal utkinchi jaranyosiz uzatiladi.</b>
inersiyali
kuchaytiruvchi
aperiodik ikkinchi darajali
diferensiallovchi

**№15 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Zvenolar kanday ulanganda ularning uzatish funksiyalari kushiladi.</b>
parallel ulanganda
aralash ulanganda

ketma – ket ulanganda
teskari aloka bilan ulashda

**№16 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Kaysi mezon algebraik turgunlik mezoni xisoblandi.</b>
Naykvist - Gurvits
Mixaylov
Naykvist
Rauss - Gurvits

**№17 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Kaysi kattalik rostlanuvchi mikdorni utkinchi jarayonda eng chetga chikishi bilan aniklanadi.</b>
statik xato
maksimum koefitsienti
o'ta rostlash koefitsienti
utkinchi jarayon vakti

**№18 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Kaysi element muvofiklashtiruvchi elementga kiradi.</b>
selsin
datchiklar
mantikiy elementlar
analogli-rakamli uzgartkichlar

**№19 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Kaysi kattalik avtomatlashtirishni samaradorligi asosiy kursatkichiga kirmaydi.</b>
koplash muddati
rentabellik
urtacha buzilmay ishlash vakti
kul mexnati sarfi kamayishi

**№20 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Manipulyatorlarda kaysi yuritma keng kullaniladi.</b>
pnevmatik
gidravlik
elektr
mexanik

**№21 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Proporsional rostlagichni olish uchun kanday sxema tuzish kerak.</b>
ijrochi elementni proporsional teskari aloka bilan boglash kerak
ijrochi elementni integral teskari aloka bilan boglash kerak
ijrochi element oldiga differensialovchi bugin ulash kerak
uzgartkichni kuchaytirish koefitsientini oshirish kerak

**№22 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Kaysi ifoda Laplas almashtirishi orkali topiladi.</b>
uzatish koefitsienti
Naykvist mezoni
logarifmik – amplituda chastotaviy tavsif
uzatish funksiyasi

**№23 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Kaysi tavsifda chikish signaling kirish signali dekadalariga boglikligi tekshiriladi.</b>
faza – chastota tavsif
Amplituda – chastota tavsif
rostlash tavsifi
logarfmik – amplituda - chastota tavsif

**№24 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Kaysi kattalik ketma – ket kelayotgan ikkita yarim tulkin nisbatlarining logarifni bilan aniklanadi.</b>
logarifmik – amplituda – chastota tavsif
rostlashning logarifmik koeffitsienti
uzatish funksiyasi logarifmi
tebranuvchanlik logarifmi

**№25 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Ketma – ket korreksiyalashning parallel korreksiyalashga nisbattan afzalligi.</b>
xar bir rostlanuvchi miqdor aloxida rostlagichlarga ega
xar bir kontur aloxida topshiruvchi elementga ega
konturlar bir – biriga buysinmaydi
tezkor

**№26 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Funksional uzgartkichning vazifasi.</b>
rostlashni nazorat kilish
xar xil signallarni bir xilga keltirish
signalni kuchaytirish
signalni impulsga aylantirish

**№27 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Parallel korreksiyalashning ketma – ket korreksiyalashga nisbatan afzalligi.</b>
tezkor
sozlash va xisoblash sodda
xar bir kontur aloxida rostlagichlarga ega
anikligi yukori

**№28 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Uzgarmas tok generator kuchlanishini toydiruvchi ta'sir bilan koplashda nima kilinadi.</b>
kuchlanish buyicha manfiy teskari aloka kullaniladi
uygotish chulgami ketma – ket ulanadi
tok buyicha musbat aloka kiritiladi
astatik rostlagich kullaniladi

**№29 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Topshiruvchi qurilmani ko'rsating.</b>
tiristorlik uzgartkich
retuktor
kompyuter
elektr motor

**№30 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Kaysi korrektorlovchi element faza jixatdan ilgarilanma signal beradi.</b>
kechikuvchi bugin
integral bugin
tebranma bugin
proporsional bugin

**№31 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Kaysi usul parallel kuzgatahli UTM ni parallel mexanik tavsiflar bilan ta'minlaydi?</b>
Yakor zanjiriga kushimcha karshilik ulash
Kuzgatahli zanjiriga kushimcha karshilik ulash
uzatish chulgamidagi kuchlanishni uzgartirish
Yakor chulgamidagi kuchlanishni uzgartirish

**№32 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Kaysi tormozlash usulida yakor chulgamidagi EYUK xosil kilgan tokdan foydalanadi?</b>
rekuperativ
dinamik
reostatli
karshi ulab

**№33 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Asinxron motorni tormozlashda kaysi usulda uzgarmas tok manbai talab etiladi?</b>
rekuperativ
dinamik
reostatli
karshi ulab

**№34 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Magnitli ishga tushirgich kaysi yurgizish usulida kullaniyadi ?</b>
reostatli
kuchlanishni uzgartirib
bevosita tarmokga ulab
induktiv karshilik ulab

**№35 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Kaysi usul nominal tezlikdan yukori tezligini olish imkonini beradi.</b>
AD kuchlanishini uzgartirish
UTM magnit okimini uzgartirish
rotor karshiligini uzgartirish
yakor tokini karshilik ulab uzgartirish

**№36 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Kaysi element noxizikli bogliklikni chiziqiantiradi ?</b>
analogli - rakamli uzgartkich
selsin
funksional
mantikiy element

**№37 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Kaysi teskari boglanish mavjud emas.</b>
manfiy
musbat

bikr / gipkiy
kattik / jestkiy /

**№38 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Roslanadigan parametrlar aloxida rostlagichlarga ega bulgan rostlash uslubini kursating.</b>
parallel koreksiyalash
chizikli korreksiyalash
ketma – ket korreksiyalash
umumiy kuchaytirgichli

**№39 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Mexanik energiyani uzatish buyicha elektr yuritma tasnifi topilsin.</b>
Transmissiyali, individual, ko'p motorli (o'zarobog'langan)
individual, adaptiv, rostlanadigan
rostlanmaydigan, rostlanadigan avtomatlashtirilgan
avtomatlashirilmagan, avtomatlashtirilgan avtomatlashgan

**№40 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Kaysi elektr motorning mexanik tasnifi chizikli buladi.</b>
Asinxron motor
ketma - ket kuzgatishli UTM
parallel kuzgatishli UTM
Aralash kuzgatishli UTM

**№41 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Asinxron motorni qaysi usulda tormozlashda fazalar ketma-ketligi o'zgartiriladi.</b>
reostatli
dinamik
Karshi ulab
tezlik funksiyasida

**№42 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Kaysi usulda sirpanish uzgarmaydi?</b>
chastotaviy boshkarish
Faza rotorli chulgama kushimcha karshilik ulanganda
kaskad sxemalarda
kuchlanishni uzgartirganda

**№43 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Kaysi elektr yuritma bir necha mexanizmni harakatga keliradi.</b>
guruxli (transmissiyali)
individual
uzaroboglangan
kup motorli

**№44 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Avtomatlashganligi darajasi buyicha elektr yuritma tasnifi topilsin.</b>
reduktorli, programmali taklidiy
individual, adaptiv, rostlanadigan
Rostlanmaydigan, rostlanadigan avtomatlashtirilgan
Avtomatlashtirilmagan, avtomatlashtirilgan, avtomatlashgan

**№45 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Elektr yuritma mexanikasining asosiy tenglamasi.</b>
$\frac{d\omega}{dt} = \frac{1}{J} (M_M - M_k)$
$\Delta I = (I^2 \cdot R + I^2 \cdot X) / U_n;$
$F = m \cdot a$
$\frac{d\omega}{dt} = \frac{1}{J} M_M \cdot I \cdot r_k$

**№46 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Kaysi motor absolyut (mutlak) kattik mexanik tavsifga ega.</b>
sinxron motor
asinxron motor
parallel kuzgatishli uzgarmas tok motori
ketma-ket kuzgatishli uzgarmas tok motori

**№47 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Mutlak yumshok mexanik tavsifni kaysi elektr yuritma tizimida olish mumkin?</b>
generator motor
chastotaviy boshkariladigan asinxron motor
chastotaviy tristorli kuchlanish uzgartkichi asinxron motori
tok manbai – parallel kuzgatishli uzgarmas tok manbai

**№48 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Kaysi elektr motorning mexanik tavsifi chizikli buladi?</b>
Asinxron motor
ketma-ket kuzgatishli UTM
parallel kuzgatishli UTM
aralash kuzgatishli UTM

**№49 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Kaysi yurgizish usulida kuch kontaktorlarining chulgamlari yakor zanjiriga parallel ulanadi ?</b>
vakt funksiyasida
E.YU.K funksiyasida
tok funksiyasida
tezlik funksiyasida

**№50 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Kaysi usulda tormozlash paytda maxsus boshkaruv sxemasi talab etilmaydi?</b>
reostatli
dinamik
karshi ulab
tezlik funksiyasida

**№51 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Kaysi usulda motorning salt aylanish tezligi uzgarmaydi?</b>
О‘ТМ yakor chulgamidagi kuchlanishni uzgartirganda
asinxron motorni chastotaviy boshkarganda
О‘ТМ kuzgatish chulgamidagi kuchlanishni uzgartirganda
О‘ТМ yakor chulgamidagi karshilik uzgarganda

**№52 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Kaysi usulda kritik sirpanish uzgarmaydi?</b>
chastotaviy boshkarish
Faza rotorli chulgamga kushimcha karshilik ulash
kaskad sxemalarda
kuchlanishni uzgartirilganda

**№53 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Kaysi usulda kritik moment uzgarmaydi? (AM)</b>
chastotaviy boshkarganda (kuchlanish uzgarmas).
Faza rotdorga kushimcha karshilik ulash
kaskad sxemalarda
kuchlanish uzgartirilganda

**№54 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Magnitli ishga tushirgich kaysi yurgizish usulida kullaniladi?</b>
reostatli
kuchlanishni uzgartirib
bevosita tarmokka ulab
induktiv karshilik ulab

**№55 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Kaysi element topshiruvchi elementga kirmaydi?</b>
potensiometr
selsin
Funksional o'zgartkich
kompyuter

**№56 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Kaysi eliment xar xil turdagi signallarni muvofiqlashtiradi?</b>
analogli-rakamli uzgartgich
selsin
funksional
mantikiy eliment

**№57 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Magnitli ishga tushirgich bilan kaysi operatsiyani bajarib bulmaydi?</b>
issiklik ximoyasi
avtomat ulash
k.t.toklaridan ximoya
dastaki ulash

**№58 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Kaysi usul nominal tezlikdan yukori tezlikni olish imkonini beradi?</b>
AD kuchlanishini uzgartirish
UTM magnit okimini uzgartirish
rotor karshiligini uzgartirish AD
yakor tokini karshilik ulab uzgartirish



**№59 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Kaysi uzgartgichda kuchlanishni yukori sifati ta'minlanadi?</b>
TKU
TCHU tranzistorli
TCHU tiristorli
TCHU oralik zvenoli

**№60 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Motor tezligini rostlashda eng katta tezlikni eng kichik tezlikka nisbati bilan aniqlanadigan kattalikga nima deb aytiladi?</b>
Rostlash silliqiligi
Rostlash diapazoni
Rostlash yo'nalishi
Rostlash koefitsienti

**№61 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>O'zgarmas tokni o'zgaruvchan tokga aylantiruvchi qurilmaga nima deb aytiladi?</b>
To'g'rilagich
Tiristorli kuchlanish o'zgartkichi
Invertor
Generator

**№62 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Tiristorli kuchlanish o'zgartkichida tiristorlar xar bir fazada qanday ulanadi?</b>
Parallel
Qarama-qarshi –parallel
Qarama-qarshi – ketma-ket
Ketma-ket

**№63 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>O'zgarmas tokni o'zgaruvchan tokga aylantiruvchi qurilmaga nima deb aytiladi?</b>
To'g'rilagich
Tiristorli kuchlanish o'zgartkichi
Invertor
Generator

**№64 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>O'zgaruvchan tok chastotasini bevosita o'zgartiruvchi chastota o'zgartkichining kamchiligini ko'rsating.</b>
tezkorligi past
Narxi qimmat
Faqat bir zonali boshqaruvni amalga oshirish mumkin
elektromexanikaviy o'zgartkichga nisbatan FIK past

**№65 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Oraliq zvenoli chastota o'zgartkichining bevosita aloqali chastota o'zgartkichiga nisbatan asosiy afzalligini ko'rsating.</b>
YUqori garmonika xosil qilmaydi
Tezkorligi yuqori
Ikki zonali boshqaruvni amalga oshiradi
Sinusoidal kuchlanishni xosil qiladi.

**№66 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Tiristorli o'zgartkichlarlarda kuchlanish qaysi blok orqali boshqariladi.</b>
Impulsi-faza boshqaruv tizimi
Kuchlanish rostlagichi
Impulslar kengligini boshqaruv tizimi
Analogli – raqamli boshqaruv tizimi

**№67 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Elektromexanikaviy o'zgartkichlarni asosiy afzalligini ko'rsating.</b>
Tezkorligi yuqori
FIK yuqori
Rostlash diapazoni katta
SHiqish kuchlanishining sifati yuqori

**№68 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Tiristorli kuchlanish o'zgartkichi kuchlanishni qanday o'zgartiradi?</b>
Zanjir induktivligi o'zgartirib
Tiristorlarni ochilish burchagini boshqarib
Tiristordagi toklarni qarama-qarshi yo'naltirib
Oldin o'zgarimas tokga aylantirib so'ngra o'zgaruvchan tokga aylantiradi.

**№69 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Magnit kuchaytirgichda tok qanday rostlanadi</b>
Kuchlanish fazasini o'zgartirish
Zanjir sig'im qarshiligini o'zgartirib
Zanjir aktiv qarshiligini o'zgartirib
Transformator magnit zanjirni to'yintirib

**№70 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Tiristorli o'zgartkichlarni elektromexanik o'zgartkichga nichi-sbatan qaysi afzalligi noto'g'ri ko'rsatilgan.</b>
Ixcham
FIK yuqori
Tezkor
Kuchlanish sifati yuqori

**№71 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Qaysi o'zgartkichda eng ko'p tiristorlar ishlatiladi?</b>
Boshqariladigan to'g'rilagich
Tiristorli kuchlanish o'zgartkichi
Oraliq zvenoli chastota o'zgartkichi
Bevosita aloqali chastota o'zgartkichi

**№72 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>A.M. ning kanday rostlash usulida <math>S_x = \text{const}</math> <math>M_k = \text{var}</math> buladi?</b>
stator kuchlanishi uzgartirganda
rotor qarshiligi uzgartirganda
stator qarshiligini uzgartirganda
tok chastotasini uzgartirganda

**№73 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Asinxron motorning momenti kuchlanishga kanday boglangan?</b>
--

proporsional
teskari proporsional
ikkalasining yigindisiga teng
kvadratik

**№74 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>UTM ni dinamik tormozlanish A.M. dinamik tormozlanishidan kanday fark kiladi?</b>
tormozlanish reostadi bilan
generator rejimiga utish bilan
energiyani tarmokka kaytarish bilan
energiyani tarmokdan kaytarish bilan

**№75 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>UTM asosiy afzalligi nimada?</b>
ishonchli
arzon
Tezligini rostlash oson
konstruksiyasi sodda

**№76 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Kaysi motorning momenti tokning kvadratiga proporsional</b>
parallel uygotishli UTM
mustakil uygotishli UTM
ketma-ket uygotishli UTM
aralash uygotishli UTM

**№77 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Motor validagi foydali kuvvat formulasini toping?</b>
$P = M\omega$
$P = CI_{YA}$
$P = kFI_{YA}$
$P = UI$

**№78 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Kaysi tormozlanish usulida energiya tarmokka kaytiriladi?</b>
rekuperativ
dinamik
karshilik ulab
fazalar ketma-ketligini uzgartish

**№79 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Kaysi elektr mashinada aylanuvchi magnit maydon bulmaydi?</b>
sinxrin motor
asinxron motor
sinxron generator
uzgarmas tok motori

**№80 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Kaysi elektr mashinada aylanuvchi magnit maydon bilan uzgarmas magnit maydon buladi?</b>
asinxron motor
sinxron motor

uzgarmas tok motorida
uzgarmas tok generatorida

**№81 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Tugri javobni toping. Mutlak kattik mexanik tavsifda...</b>
Tokning qiymati uzgarmaydi.
YUklama, kuvvat iste'moliga ta'sir kursatmaydi.
YUklama aylanish tezligiga ta'sir kursatmaydi.
Moment uzgarmas buladi.

**№82 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Asinxron mashinada juft kutblar soni <math>2R=6</math> bulsa, aylanish magnit maydon tezligiga nechaga teng buladi?</b>
3000 ayl/min.
1000 ayl/min.
157 rad/sek.
750 ayl/min.

**№83 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Kaysi elektr mashinada moment ikkita aylanuvchan magnit maydon ta'siridan vujudga keladi?</b>
Uzgarmas tok generatoridan.
Sinxron motor.
Asinxron motor.
Sinxron generator.

**№84 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Kaysi motorning momenti tokning kvadratiga proporsional buladi?</b>
Parallel uygotishli UTM.
Mustakil uygotishli UTM.
Ketma – ket uygotishli UTM.
Aralash uygotishli UTM.

**№85 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Motor validagi foydali kuvvat formulasini toping.</b>
$M=U^2 \cdot P \cdot m$
$M=U \cdot I$
$M=U \cdot I \cdot \cos \varphi$
$M=P \cdot \omega$

**№86 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Parallel uygotishli UTM momenti ifodasini toping.</b>
$M=kFI_{ya}$
$M=U^2 \cdot P \cdot m$
$R=U \cdot I \cdot \cos \varphi$
$P=M \cdot \omega$

**№87 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Kaysi elektr mashinada aylanuvchi magnit maydon bulmaydi?</b>
Sinxron motor.
Asinxron motor.
Sinxron generator.
Uzgarmas tok motori.

**№88 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

**Kaysi elektr mashinada aylanuvchan magnit maydon bilan uzgarmas magnit maydon buladi?**

Transformatorida.

Asinxron motor.

Sinxron motor.

Uzgarmas tok motorida.

**№89 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

**Kaysi rostlash usulida parallel mexanik tavsiflar olinadi?**

UTM yakor tokining uzgartirganda (karshilik ulab..)

UTM yakor kuchlanishini uzgartirganda.

UTM magnit okimini uzgartirganda.

UTM uygotish tokini uzgartirganda.

**№90 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

**Kaysi elektr yuritma reaktiv kuvvatni koplash uchun ishlatiladi?**

Asinxron motorlar.

Aralash uygotishli UTM.

Sinxron generator.

**№91 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

**Kaysi elektr yuritma aylanish tezligi aylanuvchan magnit maydon tezligi bilan bir xil buladi?**

Uzgarmas tok elektr mashinalarida.

Kiska tutashuv rotorli sinxron motor.

Sinxron generatorida

Asinxron generatorlarda.

**№92 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

**Kaysi tadbir A.M.ni tormozlashda kullanilmaydi?**

Fazalar teskari ulanadi.

Stator zanjirida uzgarmas tok ulanadi.

Rotor zanjiriga karshilik ulanadi.

Kutblar soni uzgartiriladi.

**№93 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

**UTM ni dinamik tormozlanish A.M. dinamik tormozlanishidan kanda fark kiladi?**

tormozlanish reostadi bilan

generator rejimiga utish bilan

energiyani tarmokka kaytarish bilan

energiyani tarmokdan kaytarish bilan

**№94 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

**yurgizish reostatini hisoblashda qo'llaniladigan grafoanalitik usul qanday ataladi?**

CHiziqlantirish usuli

Kesmalar usuli

Ekvivalent kattaliklar usuli

Uchburchak usuli

**№95 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

**Qisqa takror ish rejimida motor quvvatini tanlashda qo'llaniladigan usulni ko'rsating?**

Superpozitsiya usuli
Kesmalar usuli
Ekvivalent kattaliklar usuli
O'rtacha qiymatlar usuli

**№96 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Qaysi usulda asinxron motor tezligi keng diapazonda, silliq o'zgartirish mumkin?</b>
stator kuchlanishi uzgartirganda
rotor karshiligi uzgartirganda
stator karshiligini uzgartirganda
tok chastotasini uzgartirganda

**№97 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Qaysi korrektlovchi element bilan ilgarlanma fazada o'zgaruvchi signal olish mumkin?</b>
Proporsional
Integral
Proporsional-differensial
Inersion

**№98 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Qaysi bo'g'indan signal shakli o'zgarimasdan uzatiladi</b>
Proporsional
Integral
Proporsional-differensial
Kechikuvchi

**№99 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Harakatni sinxronlashda qo'llaniladigan qurilmani ko'rsating?</b>
Induksion datchiklar
Faza detektorlari
Selsinlar
Taxogenerator

**№100 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Eng keng qo'llaniladigan elektr yuritmani ko'rsating</b>
Asinxron elektr yuritma
O'zgarimas tok elektr yuritmasi
Sinxron elektr yuritma
Faza rotorli asinxron elektr yuritma.

**№101 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Texnologik jarayonni kursatkichlarini uzgarmas saklash uchun zarur operatsiyalar majmui nima deb aytiladi?</b>
Rostlanuvchi mikdor
avtomatik rostlash
avtomat boshkarish
avtomat rostlash tizimi

**№102 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Rostlash ob'ekti va avtomat rostlagich majmui nima deb aytiladi?</b>
Avtomat boshkarish
rostlovchi organ
rostlagich

avtomat rostlash tizimi
-------------------------

**№103 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Ichki ta'sir deb nimaga aytiladi?</b>
Rostlagichning ob'ektga ta'siri
Topshiruvchi ta'sirlar
tizim ichida bir elementdan keyingisiga uzatiladigan ta'sirlar
asosiy toydiruvchi ta'sirlar

**№104 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Ochik tizimli rostlashda nima bulmaydi.</b>
datchiklar
rostlanuvchi miqdor
toydiruvchi ta'sirlar
topshiruvchi ta'sirlar

**№105 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Kaysi xolda odatda kup konturli rostlash tizimlari kullaniladi.</b>
rostlash anikligini oshirish uchun
programmali boshkarishda
rostlanuvchi miqdorlar kup bulganda
rostlash tezkorligini oshirish uchun

**№106 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Tezlikni ogish buyicha rostlashda kaysi teskari boglanish kullaniladi.</b>
tok buyicha bikt
kuchlanish buyicha musbat
vakt buyicha manfiy elastik
tezlik buyicha manfiy

**№107 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Kanday rostlagich rostlovchi organ ta'sirini bevosita sezgir elementdan oladi va u bilan xarakatga keladi.</b>
proporsional rostlagich
bilvosita ta'sirli rostlagich
integral rostlagich
astatik rostlagich

**№108 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Kaysi datchiklar bo'ylama siljishni ulchashga kulay.</b>
induktiv datchiklar
tenzodatchiklar
fotodatchiklar
sigim datchiklar

**№109 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>O'tish jarayonlarida xam ishlovchi teskari alokani kursating?</b>
differensiallovchi
Proporsional
musbat
bikt manfiy

**№110 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Kaysi korrektlovchi element astatik rostlashni ta'minlaydi?</b>
differensiallovchi
Integrallovchi
Proporsional
manfiy teskari aloka

**№111 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Kaysi tizimda ixtiyoriy konun buyicha uzgaruvchi kirish miqdori kayta yaratish tizim chikishida yul kuyilgan xatolik bilan yaratiladi?</b>
programmali
uzi moslanuvchan
Taklidiy
ogish buyicha rostlashda

**№112 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Astatik rostlashdan kaysi kattalik bulmaydi.</b>
sunish dekrementi
tebranuvchanlik
rostlanuvchi miqdor
statik xato

**№113 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Utkinchi jarayon sunish jadalligini kaysi kattalik belgilaydi.</b>
o'tish jarayoni vakti
tebranishlar soni
statik xato
sunish dekrementi

**№114 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Kaysi namunaviy bugimda signal utkinchi jaranyosiz uzatiladi.</b>
inersiyali
kuchaytiruvchi
aperiodik ikkinchi darajali
diferensiallovchi

**№115 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Zvenolar kanday ulanganda ularning uzatish funksiyalari kushiladi.</b>
parallel ulanganda
aralash ulanganda
ketma – ket ulanganda
teskari aloka bilan ulashda

**№116 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Kaysi mezon algebraik turgunlik mezoni hisoblandi.</b>
Naykvist - Gurvits
Mixaylov
Naykvist
Rauss - Gurvits

**№117 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**



<b>Kaysi kattalik rostlanuvchi mikdorni utkinchi jarayonda eng chetga chikishi bilan aniklanadi.</b>
statik xato
maksimum koefitsienti
o'ta rostlash koefitsienti
utkinchi jarayon vakti

**№118 Fan bobini – 1; Fan b'limi – 2; Qiyinchilik darajasi – 1;**

<b>Kaysi element muvofiklashtiruvchi elementga kiradi.</b>
selsin
datchiklar
mantikiy elementlar
analogli-rakamli uzgartkichlar

**№119 Fan bobini – 1; Fan b'limi – 2; Qiyinchilik darajasi – 1;**

<b>Kaysi kattalik avtomatlashtirishni samaradorligi asosiy kursatkichiga kirmaydi.</b>
koplash muddati
rentabellik
urtacha buzilmay ishlash vakti
kul mexnati sarfi kamayishi

**№120 Fan bobini – 1; Fan b'limi – 2; Qiyinchilik darajasi – 1;**

<b>Manipulyatorlarda kaysi yuritma keng kullaniladi.</b>
pnevmatik
gidravlik
elektr
mexanik

**№121 Fan bobini – 1; Fan b'limi – 2; Qiyinchilik darajasi – 1;**

<b>.Proporsional rostlagichni olish uchun kandy sxema tuzish kerak.</b>
ijrochi elementni proporsional teskari aloka bilan boglash kerak
ijrochi elementni integral teskari aloka bilan boglash kerak
ijrochi element oldiga differensialovchi bugin ulash kerak
uzgartkichni kuchaytirish koefitsientini oshirish kerak

**№122 Fan bobini – 1; Fan b'limi – 2; Qiyinchilik darajasi – 1;**

<b>Kaysi ifoda Laplas almashtirishi orkali topiladi.</b>
uzatish koefitsienti
Naykvist mezoni
logarifmik – amplituda chastotaviy tavsif
uzatish funksiyasi

**№123 Fan bobini – 1; Fan b'limi – 2; Qiyinchilik darajasi – 1;**

<b>Kaysi tavsifda chikish signalining kirish signali dekadalariga boglikligi tekshiriladi.</b>
faza – chastota tavsif
Amplituda – chastota tavsif
rostlash tavsifi
logarifmik – amplituda - chastota tavsif

№124 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;

<b>Kaysi kattalik ketma – ket kelayotgan ikkita yarim tulkin nisbatlarining logarifmi bilan aniklanadi.</b>
logarifmik – amplituda – chastota tavsif
rostlashning logarifmik koeffitsienti
uzatish funksiyasi logarifmi
tebranuvchanlik logarifmi

№125 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;

<b>Ketma – ket korreksiyalashning parallel korreksiyalashga nisbatan afzalligi.</b>
xar bir rostlanuvchi miqdor aloxida rostlagichlarga ega
xar bir kontur aloxida topshiruvchi elementga ega
konturlar bir – biriga buysinmaydi
tezkor

№126 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;

<b>Funksional uzgartkichning vazifasi.</b>
rostlashni nazorat qilish
xar xil signallarni bir xilga keltirish
signalni kuchaytirish
signalni impulsga aylantirish

№127 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;

<b>Parallel korreksiyalashning ketma – ket korreksiyalashga nisbatan afzalligi.</b>
tezkor
sozlash va xisoblash sodda
xar bir kontur aloxida rostlagichlarga ega
anikligi yukori

№128 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;

<b>Uzgarmas tok generator kuchlanishini toydiruvchi ta'sir bilan koplashda nima kilinadi.</b>
kuchlanish buyicha manfiy teskari aloka kullaniladi
uygotish chulgami ketma – ket ulanadi
tok buyicha musbat aloka kiritiladi
astatik rostlagich kullaniladi

№129 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;

<b>Topshiruvchi qurilmani ko'rsating.</b>
tiristorlik uzgartkich
retuktor
kompyuter
elektr motor

№130 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;

<b>Kaysi korrektlovchi element faza jixatdan ilgari lanma signal beradi.</b>
kechikuvchi bugin
integral bugin
tebranma bugin
proporsional bugin

№131 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;

<b>Kaysi usul parallel kuzgatisli UTM ni parallel mexanik tavsiflar bilan ta'minlaydi?</b>
YAkor zanjiriga kushimcha karshilik ulash
Kuzgatis zanjiriga kushimcha karshilik ulash
uzatish chulgamidagi kuchlanishni uzgartirish
YAkor chulgamidagi kuchlanishni uzgartirish

№132 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;

<b>Kaysi tormozlash usulida yakor chulgamidagi EYUK xosil kilgan tokdan foydalanadi?</b>
rekuperativ
dinamik
reostatli
karshi ulab

№133 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;

<b>Asinxron motorni tormozlashda kaysi usulda uzgarmas tok manbai talab etiladi?</b>
rekuperativ
dinamik
reostatli
karshi ulab

№134 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;

<b>Magnitli ishga tushirgich kaysi yurgizish usulida kullaniladi ?</b>
reostatli
kuchlanishni uzgartirib
bevosita tarmokga ulab
induktiv karshilik ulab

№135 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;

<b>Kaysi usul nominal tezlikdan yukori tezligini olish imkonini beradi.</b>
AD kuchlanishini uzgartirish
UTM magnit okimini uzgartirish
rotor karshiligini uzgartirish
yakor tokini karshilik ulab uzgartirish

№136 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;

<b>Kaysi element nochizikli bogliklikni chiziqlantiradi ?.</b>
analogli - rakamli uzgartkich
selsin
funksional
mantikiy element

№137 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;

<b>Kaysi teskari boglanish mavjud emas.</b>
manfiy
musbat
bikr / gipkiy
kattik / jestkiy /

**№138 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Roslanadigan parametrlar aloxida rostlagichlarga ega bulgan rostlash uslubini kursating.</b>
parallel koreksiyalash
chizikli korreksiyalash
ketma – ket korreksiyalash
umumiy kuchaytirgichli

**№139 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Mexanik energiyani uzatish buyicha elektr yuritma tasnifi topilsin.</b>
Transmissiyali, individual, ko‘pmotorli (o‘zarobog‘langan)
individual, adaptiv, rostlanadigan
rostlanmaydigan, rostlanadigan avtomatlashtirilgan
avtomatlashirilmagan, avtomatlashtirilgan avtomatlashgan

**№140 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Kaysi elektr motorning mexanik tasnifi chizikli buladi.</b>
Asinxron motor
ketma - ket kuzgatishli UTM
parallel kuzgatishli UTM
Aralash kuzgatishli UTM

**№141 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Asinxron motorni qaysi usulda tormozlashda fazalar ketma-ketligi o‘zgartiriladi.</b>
reostatli
dinamik
Karshi ulab
tezlik funksiyasida

**№142 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Kaysi usulda sirpanish uzgarmaydi?</b>
chastotaviy boshkarish

Faza rotorli chulganga kushimcha karshilik ulanganda
kaskad sxemalarda
kuchlanishni uzgartirganda

№143 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;

<b>Kaysi elektr yuritma bir necha mexanizmni xarakatga keliradi.</b>
guruxli (transmisiyali)
individual
uzaroboglangan
kup motorli

№144 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;

<b>Avtomatlashganligi darajasi buyicha elektr yuritma tasnifi topilsin.</b>
reduktorli, programmali taklidiy
indivudual, adaptiv, rostlanadigan
Rostlanmaydigan, rostlanadigan avtomatlashtirilgan
Avtomatlashtirilmagan, avtomatlashtirilgan, avtomatlashgan

№145 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;

<b>Elektr yuritma mexanikasining asosiy tenglamasi.</b>
$\frac{d\omega}{dt} = \frac{1}{J} (M_M - M_k)$
$\Delta I = (I^2 \cdot R + I^2 \cdot X) / U_n;$
$F = m \cdot a$
$\frac{d\omega}{dt} = \frac{1}{J} M_M \cdot I \cdot r_k$

№145 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;

<b>Kaysi motor absolyut (mutlak) kattik mexanik tavsifga ega.</b>
sinxron motor
asinxron motor
parallel kuzgatishli uzgarmas tok motori
ketma-ket kuzgatishli uzgarmas tok motori

№146 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;

<b>Mutlak yumshok mexanik tavsifni kaysi elektr yuritma tizimida olish mumkin?</b>
generator motor
chastotaviy boshkariladigan asinxron motor
chastotaviy tristorli kuchlanish uzgartkichi asinxron motori
tok manbai – parallel kuzgatishli uzgarmas tok manbai

№147 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;

<b>Kaysi elektr motorning mexanik tavsifi chizikli buladi?</b>
Asinxron motor
ketma-ket kuzgatishli UTM
parallel kuzgatishli UTM

aralash kuzgatishli UTM
-------------------------

**№148 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Kaysi yurgizish usulida kuch kontaktorlarining chulgamlari yakor zanjiriga parallel ulanadi ?</b>
--

vakt funksiyasida
-------------------

E.YU.K funksiyasida
---------------------

tok funksiyasida
------------------

tezlik funksiyasida
---------------------

**№149 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Kaysi usulda tormozlash paytda maxsus boshkaruv sxemasi talab etilmaydi?</b>
---

reostatli
-----------

dinamik
---------

karshi ulab
-------------

tezlik funksiyasida
---------------------

**№150 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Kaysi usulda motorning salt aylanish tezligi uzgarmaydi?</b>
---

O‘TM yakor chulgamidagi kuchlanishni uzgartirganda
--

asinxron motorni chastotaviy boshkarganda
---

O‘TM kuzgatish chulgamidagi kuchlanishni uzgartirganda
--

O‘TM yakor chulgamidagi karshilik uzgarganda
--

**№151 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Kaysi usulda kritik sirpanish uzgarmaydi?</b>
--

chastotaviy boshkarish
------------------------

Faza rotorli chulgamga kushimcha karshilik ulash
--

kuchlanishni uzgartirilganda
------------------------------

rotor chulgamiga induktiv karshilik ulash
---

**№152 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Kaysi usulda kritik moment uzgarmaydi? (AM)</b>
--

chastotaviy boshkarganda (kuchlanish uzgarmas).
---

Faza rotorga kushimcha karshilik ulash
--

kaskad sxemalarda
-------------------

kuchlanish uzgartirilganda
----------------------------

**№153 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Magnitli ishga tushirgich kaysi yurgizish usulida kullaniladi?</b>
---

reostatli
-----------

kuchlanishni uzgartirib
-------------------------

bevosita tarmokka ulab
------------------------

induktiv karshilik ulab
-------------------------

**№154 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Kaysi element topshiruvchi elementga kirmaydi?</b>
---

potensiometr
--------------

selsin
--------

Funksional o‘zgartkich
------------------------

kompyuter
-----------

**№155 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Kaysi element xar xil turdagi signallarni muvofiqlashtiradi?</b>
analogli-rakamli uzgartgich
selsin
funksional
mantikiy element

**№156 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Magnitli ishga tushirgich bilan kaysi operatsiyani bajarib bulmaydi?</b>
issiklik ximoyasi
avtomat ulash
k.t.toklaridan ximoya
dastaki ulash

**№157 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Kaysi usul nominal tezlikdan yukori tezlikni olish imkonini beradi?</b>
AD kuchlanishini uzgartirish
UTM magnit okimini uzgartirish
rotor karshiligini uzgartirish AD
yakor tokini karshilik ulab uzgartirish

**№158 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Kaysi uzgartgichda kuchlanishni yukori sifati ta'minlanadi?</b>
TKU
TCHU tranzistorli
TCHU tiristorli
TCHU oralik zvenoli

**№159 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Motor tezligini rostlashda eng katta tezlikni eng kichik tezlikka nisbati bilan aniqlanadigan kattalikga nima deb aytiladi?</b>
Rostlash silliqligi
Rostlash diapazoni
Rostlash yo'nalishi
Rostlash koefitsienti

**№160 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>O'zgarmas tokni o'zgaruvchan tokga aylantiruvchi qurilmaga nima deb aytiladi?</b>
To'g'rilagich
Tiristorli kuchlanish o'zgartkichi
Invertor
Generator

**№161 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

**Tiristorli kuchlanish o'zgartkichida tiristorlar xar bir fazada qanday ulanadi?**

Parallel
Qarama-qarshi –parallel
Qarama-qarshi – ketma-ket
Ketma-ket

**№162 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>О‘zgarvas tokni o‘zgaruvchan tokga aylantiruvchi qurilmaga nima deb aytiladi?</b>
To‘g‘rilagich
Tiristorli kuchlanish o‘zgartkichi
Invertor
Generator

**№163 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>О‘zgaruvchan tok chastotasini bevosita o‘zgartiruvchi chastota o‘zgartkichining kamchiligini ko‘rsating.</b>
tezkorligi past
Narxi qimmat
Faqat bir zonali boshqaruvni amalga oshirish mumkin
elektromexanikaviy o‘zgartkichga nisbatan FIK past

**№164 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Oraliq zvenoli chastota o‘zgartkichining bevosita aloqali chastota o‘zgartkichiga nisbatan asosiy afzalligini ko‘rsating.</b>
YUqori garmonika xosil qilmaydi
Tezkorligi yuqori
Ikki zonali boshqaruvni amalga oshiradi
Sinusoidal kuchlanishni xosil qiladi.

**№165 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Tiristorli o‘zgartkichlarda kuchlanish qaysi blok orqali boshqariladi.</b>
Impulsli-faza boshqaruv tizimi
Kuchlanish rostlagichi
Impulslar kengligini boshqaruv tizimi
Analogli – raqamli boshqaruv tizimi

**№166 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Elektromexanikaviy o‘zgartkichlarni asosiy afzalligini ko‘rsating.</b>
Tezkorligi yuqori
FIK yuqori
Rostlash diapazoni katta
CHiqish kuchlanishining sifati yuqori

**№167 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Tiristorli kuchlanish o‘zgartkichi kuchlanishni qanday o‘zgartiradi?</b>
Zanjir induktivligi o‘zgartirib
Tiristorlarni ochilish burchagini boshqarib
Tiristordagi toklarni qarama-qarshi yo‘naltirib
Oldin o‘zgarvas tokga aylantirib so‘ngra o‘zgaruvchan tokga aylantiradi.

**№168 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Magnit kuchaytirgichda tok qanday rostlanadi</b>
---



Kuchlanish fazasini o'zgartirish
Zanjir sig'im qarshiligini o'zgartirib
Zanjir aktiv qarshiligini o'zgartirib
Transformator magnit zanjirni to'yintirib

№169 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;

<b>Tiristorli o'zgartkichlarni elektromexanik o'zgartkichga nishbatan qaysi afzalligi noto'g'ri ko'rsatilgan.</b>
Ixcham
FIK yuqori
Tezkor
Kuchlanish sifati yuqori

№170 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;

<b>Qaysi o'zgartkichda eng ko'p tiristorlar ishlatiladi?</b>
Boshqariladigan to'g'rilagich
Tiristorli kuchlanish o'zgartkichi
Oraliq zvenoli chastota o'zgartkichi
Bevosita aloqali chastota o'zgartkichi

№171 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;

<b>A.M. ning kanday rostlash usulida <math>S_x = \text{const}</math> <math>M_k = \text{var}</math> buladi?</b>
stator kuchlanishi uzgartirganda
rotor karshiligi uzgartirganda
stator karshiligini uzgartirganda
tok chastotasini uzgartirganda

№172 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;

<b>Asinxron motorning momenti kuchlanishga kanday boglangan?</b>
proporsional
teskari proporsional
ikkalasining yigindisiga teng
kvadratik

№173 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;

<b>UTM ni dinamik tormozlanish A.M. dinamik tormozlanishidan kanday fark kiladi?</b>
tormozlanish reostadi bilan
generator rejimiga utish bilan
energiyani tarmokka kaytarish bilan
energiyani tarmokdan kaytarish bilan

№174 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;

<b>UTM asosiy afzalligi nimada?</b>
ishonchli
arzon
Tezligini rostlash oson
konstruksiyasi sodda

№175 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;

<b>Kaysi motorning momenti tokning kvadratiga proporsional</b>
parallel uygotishli UTM
mustakil uygotishli UTM

ketma-ket uygotishli UTM
aralash uygotishli UTM

№176 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;

<b>Motor validagi foydali kuvvat formulasini toping?</b>
$P = M\omega$
$P = CI_{YA}$
$P = kFI_{YA}$
$P = UI$

№177 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;

<b>Kaysi tormozlanish usulida energiya tarmokka kaytiriladi?</b>
rekuperativ
dinamik
karshilik ulab
fazalar ketma-ketligini uzgartish

№178 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;

<b>Kaysi elektr mashinada aylanuvchi magnit maydon bulmaydi?</b>
sinxrin motor
asinxron motor
sinxron generator
uzgarmas tok motori

№179 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;

<b>Kaysi elektr mashinada aylanuvchi magnit maydon bilan uzgarmas magnit maydon buladi?</b>
asinxron motor
sinxron motor
uzgarmas tok motorida
uzgarmas tok generatorida

№180 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;

<b>Tugri javobni toping. Mutlak kattik mexanik tavsifda...</b>
Tokning qiymati uzgarmaydi.
YUklama, kuvvat iste'moliga ta'sir kursatmaydi.
YUklama aylanish tezligiga ta'sir kursatmaydi.
Moment uzgarmas buladi.

№181 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;

<b>Asinxron mashinada juft kutblar soni <math>2R=6</math> bulsa, aylanish magnit maydon tezligiga nechaga teng buladi?</b>
3000 ayl/min.
1000 ayl/min.
157 rad/sek.
750 ayl/min.

№182 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;

<b>Kaysi elektr mashinada moment ikkita aylanuvchan magnit maydon ta'siridan vujudga keladi?</b>
Uzgarmas tok generatoridan.
Sinxron motor.
Asinxron motor.
Sinxron generator.

**№183 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

**Kaysi motorning momenti tokning kvadratiga proporsional buladi?**

Parallel uygotishli UTM.

Mustakil uygotishli UTM.

Ketma – ket uygotishli UTM.

Aralash uygotishli UTM.

**№184 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

**Motor validagi foydali kuvvat formulasini toping.**

$$M=U^2 \cdot P \cdot m$$

$$M=U \cdot I$$

$$M=U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

$$M=P \cdot \omega$$

**№185 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

**Pararallel uygotishli UTM momenti ifodasini toping.**

$$M=kFI_{ya}$$

$$M=U^2 \cdot P \cdot m$$

$$R=U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

$$P=M \cdot \omega$$

**№186 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

**Kaysi elektr mashinada aylanuvchi magnit maydon bulmaydi?**

Sinxron motor.

Asinxron motor.

Sinxron generator.

Uzgarmas tok motori.

**№187 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

**Kaysi elektr mashinada aylanuvchan magnit maydon bilan uzgarmas magnit maydn buladi?**

Transformatorida.

Asinxron motor.

Sinxron motor.

Uzgarmas tok motorida.

**№188 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

**Kaysi rostlash usulida parallel mexanik tavsiflar olinadi?**

UTM yakor tokining uzgartirganda (karshilik ulab..)

UTM yakor kuchlanishini uzgartirganda.

UTM magnit okimini uzgartirganda.

UTM uygotish tokini uzgartirganda.

**№189 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

**Kaysi elektr yuritma reaktiv kuvvatni koplash uchun ishlatiladi?**

Asinxron motorlar.

Aralash uygotishli UTM.

Sinxron generator.

Mustakil kuzgatishli UTM.

**№190 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Kaysi elektr yuritma aylanish tezligi aylanuvchan magnit maydon tezligi bilan bir xil buladi?</b>
Uzgarmas tok elektr mashinalarida.
Kiska tutashuv rotorli sinxron motor.
Sinxron generatorida
Asinxron generatorlarda.

**№191 Fan bobini – 1; Fan b'limi – 2; Qiyinchilik darajasi – 1;**

<b>Kaysi tadbir A.M.ni tormozlashda kullanilmaydi?</b>
Fazalar teskari ulanadi.
Stator zanjirida uzgarmas tok ulanadi.
Rotor zanjiriga karshilik ulanadi.
Kutblar soni uzgartiriladi.

**№192 Fan bobini – 1; Fan b'limi – 2; Qiyinchilik darajasi – 1;**

<b>UTM ni dinamik tormozlanish A.M. dinamik tormozlanishidan kandy fark kiladi?</b>
tormozlanish reostadi bilan
generator rejimiga utish bilan
energiyani tarmokka kaytarish bilan
energiyani tarmokdan kaytarish bilan

**№193 Fan bobini – 1; Fan b'limi – 2; Qiyinchilik darajasi – 1;**

<b>yurgizish reostatini hisoblashda qo'llaniladigan grafoanalitik usul qandy ataladi?</b>
CHiziqlantirish usuli
Kesmalar usuli
Ekvivalent kattaliklar usuli
Uchburchak usuli

**№194 Fan bobini – 1; Fan b'limi – 2; Qiyinchilik darajasi – 1;**

<b>Qisqa takror ish rejimida motor quvvatini tanlashda qo'llaniladigan usulni ko'rsating?</b>
Superpozitsiya usuli
Kesmalar usuli
Ekvivalent kattaliklar usuli
O'rtacha qiymatlar usuli

**№195 Fan bobini – 1; Fan b'limi – 2; Qiyinchilik darajasi – 1;**

<b>Qaysi usulda asinxron motor tezligi keng diapazonda, silliq o'zgartirish mumkin?</b>
stator kuchlanishi uzgartirganda
rotor karshiligi uzgartirganda
stator karshiligini uzgartirganda
tok chastotasini uzgartirganda

**№196 Fan bobini – 1; Fan b'limi – 2; Qiyinchilik darajasi – 1;**

<b>Qaysi korrektlovchi element bilan ilgarlanma fazada o'zgaruvchi signal olish mumkin?</b>
Proporsional
Integral
Proporsional-differensial
Inersion

**№197 Fan bobini – 1; Fan b'limi – 2; Qiyinchilik darajasi – 1;**

<b>Qaysi bo'g'indan signal shakli o'zgarmasdan uzatiladi</b>
Proporsional
Integral

Proporsional-differensial
Kechikuvchi

**№198 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Harakatni sinxronlashda qo'llaniladigan qurilmani ko'rsating?</b>
Induksion datchiklar
Faza detektorlari
Selsinlar
Taxogenerator

**№199 Фан боби – 1; Фан бўлими – 2; Қийинчилик даражаси – 1;**

<b>Eng keng qo'llaniladigan elektr yuritmani ko'rsating</b>
Asinxron elektr yuritma
O'zgarmas tok elektr yuritmasi
Sinxron elektr yuritma
Faza rotorli asinxron elektr yuritma.

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI  
NAVOIY KON-METALLURGIYA KOMBINATI  
NAVOIY DAVLAT KONCHILIK INSTITUTI  
ENERGO-MEXANIKA FAKULTETI  
“ELEKTR ENERGETIKASI” KAFEDRASI**



**ELEKTR TEXNIK MATERIALLAR**  
**fanidan**

**BAHOLASH MEZONI**

**«ELEKTR TEXNIK MATERIALLAR» fanidan  
talabalar bilimini  
BAHOLASH MEZONI**

Ushbu baholash mezonlari Uzbekiston Respublikasi Oliy va urta maxsus ta'lim vazirinig 2018 yil 9 avrystdagi 19-2018-son buyrugiga asosan oliy ta'lim muassasalarida talabalar bilimni nazorat Kilish va bakolash tizimi tugrisidagi nizom talablariga muvofiq ishlab chiqilgan.  
«**Elektr texnik materiallar**»fanidan tayyorlangan ushbu baholash mezoni 5310200- «**Elektr energetikasi**» bakalavriat ta'lim yo'nalishlarining talabalari uchun mo'ljallangan.

**Tuzuvchi: J.A.Mavlonov** - “Elektr energetikasi” kafedrası katta o'qituvchisi

Fanning baholash mezoni Enego-mexanika fakulteti kengashining 2018 yil «\_\_\_»  
\_\_\_\_\_ № \_\_\_\_-son qarori bilan tasdiqlandi.



## **KIRISH**

Mazkur Nizom Uzbekiston Respublikasi Prezidentinshig 2018 yil 5 iyundagi PK-3775-son "Oliy ta'lim muassasalarida ta'lim sifatini oshirish va ularning mamlakatda amalga oshirilayotgan keng kamrovli islohotlarda faol ishtirokini ta'minlash buyicha kushimcha chora-tadbirlar tugrisida"gi qaroriga muvofik oliy ta'lim muassasalarida talabalar bilimni nazorat kilish va bakolash tizimshsh belgilaydi. Mazkur Nizom 2018-2019 ukuv yilida, gsuningdek keyingi ukuv yillarida oliy ta'lim muassasalariga ukishga kabul kilingan talabalarning bilimni nazorat qilshsh hamda baholashda kullaniladi.

Ushbu baholash mezonni NDKI "Elektrotexnik materiallar" fanidan talabalar bilimni baholashda keng foydalanishga tavsiya etilib, ayni paytda talabalar uchun ham mazkur fanni o'zlashtirish jarayonida qanday baho olish mumkinligi haqida tasavvurga ega bo'lish imkonini beradi.

Talabalar bilimni nazorat kilish va baholash nazorati jadvallari, nazorat turi, shakli, soni hamda har bir nazoratga ajratilgan baho haqidagi ma'lumotlar fan bo'yicha birinchi mashg'ulotda talabalarga e'lon qilinadi.

## 1. Nazorat turlari va baholash tartibi

«Elektr texnik materiallar» fani 5310200- Elektr energetikasi va bakalavriat ta'lim yo'nalishlarining o'quv rejasi bo'yicha 1 kurs 1 semestrlarda, bo'lib o'tishi mo'ljallangan. Talabalarining bilim saviyasi va o'zlashtirish darajasining Davlat ta'lim standartlariga muvofiqligini ta'minlash uchun quyidagi nazorat turlarini o'tkazish nazarda tutiladi:

**joriy nazorat** – talabaniing «Elektr texnik materiallar» fani mavzulari bo'yicha bilim va amaliy ko'nikma darajasini aniqlash va baholash usuli. Joriy nazorat «Elektr texnik materiallar» fanining xususiyatidan kelib chiqqan holda, tayyorlangan tajriba ishlarini og'zaki so'rov va amaliy ishlari berilgan uy vazifalarini tekshirish va suhbat o'tkazish orqali amalga oshiriladi;

**oraliq nazorat** – semestr davomida o'quv dasturining tegishli (fanning bir necha mavzularini o'z ichiga olgan) bo'limi tugallangandan keyin talabaniing bilim va amaliy ko'nikma darajasini aniqlash va baholash usuli. Oraliq nazorat bir semestrda ikki marta o'tkaziladi, uning shakli yozma ish shaklida o'tkazilib o'quv faniga ajratilgan umumiy soatlar hajmidan kelib chiqqan holda belgilanadi;

**yakuniy nazorat** – semestr yakunida muayyan fan bo'yicha nazariy bilim va amaliy ko'nikmalarni talabalar tomonidan o'zlashtirish darajasini baholash usuli. Yakuniy nazorat asosan tayanch tushuncha va iboralarga asoslangan “Yozma ish” shaklida o'tkaziladi.

Talabalarining bilim saviyasi, ko'nikma va malakalarini nazorat qilishning reyting tizimi asosida talabaniing «Elektr texnik materiallar» fani bo'yicha o'zlashtirish darajasi baholar orqali ifodalanadi.

## 2. Fan bo'yicha baholash jadvali

	Kurs	Semestr	Haftalar soni	Semestrda fanga ajratilgan umumiy soat (reyting balli)	Ma'ruza	Tajriba ishlari	Amaliy mashg'ulotlar	Mustaqil ish soati	Nazorat turlari				
									JN	ON – 1	ON – 2	YaN	YaNni o'tkazish shakli
1	1	1	18	216	54	36	18	108	Baho	Baho	Baho	Baho	yozma

### 3. «ELEKTR TEXNIK MATERIALLAR» FANIDAN REYTING ISHLANMASI VA MEZONLARI

#### 3.1. Reyting ishlanmasi (1-2-semestr uchun)

T/r	Nazorat turlari	Soni
<b>Joriy nazorat</b>		
1.2.	Tajriba ish	4
1.3.	Amaliy ish	6
1.4.	Mustaqil ish	1
<b>ON umumiy</b>		
2.1.	1 – oraliq nazorat, yozma ish (3 ta savol)	1
2.2.	2 – oraliq nazorat, yozma ish (3 ta savol)	1
2.3.	Mustaqil ish	1
<b>1. YAkuniy nazorat</b>		
3.1.	Yakuniy nazorat, yozma ish (3 ta savol)	1

#### 3.2. Baholash mezonlari (1-2-semestr uchun)

##### **Tajriba ishi quyidagicha baholanadi:**

Talaba mustaqil xulosa va qaror kabul kiladi, ijodiy fikrlay oladi, mustakil mushohada yuritadi, olgan bilimni amalda qullay oladi, tajriba ishining mohiyatini tushunadi, biladi, ifodalay oladi, aytib beradi hamda mavzu buyyacha tasavvurga ega deb topilganda -5 (a'lo) baho;

Talaba mustakil mushohada yuritadi, olgan bilimni amalda qullay oladi, tajriba ishining mohiyatni tushunadi, biladi, ifodalay oladi, aytib beradi hamda tajriba ishining buyicha tasavvurga ega deb topilganda -4 (yaxshi) bako;

Talaba olgan bilimni amalda qullay oladi, tajriba ishining mohiyatni tushunadi, biladi, ifodalay oladi, aytib beradi kamda tajriba ishi buyicha tasavvurga ega deb topilganda -3 (konikarli) baho;

Talaba fan dasturini o'zlashtirmagan, tajriba ishining mohiyatini tushunmaydi hamda tajriba ishi bo'yicha tasavvurga ega emas deb topilganda -2 (konikarsiz) baho bilan baholanadi.

##### **Tajriba ishlari mavzulari quyidagicha:**

1. Metall va qotishmalarning mikroskopik tahlili
2. Holatlar diagrammasini qotishma xossalari bilan bog'liqligi
3. Yorug'lik chiqaruvchi diod va fototranzistorning yorug'lik va elektron tasvirlarini aniqlash
4. Faol pezoelektriklarning xossalarini o'rganish

##### **Amaliy ish quyidagicha baholanadi:**

Talaba mustaqil xulosa va qaror kabul kiladi, ijodiy fikrlay oladi, mustakil mushohada yuritadi, olgan bilimni amalda qullay oladi, Amaliy ishining mohiyatini tushunadi, biladi, ifodalay oladi, aytib beradi hamda mavzu buyyacha tasavvurga ega deb topilganda -5 (a'lo) baho;

Talaba mustakil mushohada yuritadi, olgan bilimni amalda qullay oladi, amaliy ishining mohiyatni tushunadi, biladi, ifodalay oladi, aytib beradi hamda amaliy ishining bo'yicha tasavvurga ega deb topilganda -4 (yaxshi) bako;

Talaba olgan bilimni amalda qullay oladi, amaliy ishining mohiyatni tushunadi, biladi, ifodalay oladi, aytib beradi hamda amaliy ishi buyicha tasavvurga ega deb topilganda -3 (konikarli) baho;

Talaba fan dasturini o'zlashtirmagan, amaliy ishining mohiyatini tushunmaydi hamda amaliy ishi bo'yicha tasavvurga ega emas deb topilganda -2 (konikarsiz) baho bilan baholanadi.

### **Amaliy ishlari mavzulari quyidagicha:**

1. Kremniydagi dislokatsiyalar tuzilishini o'rganish
2. Kristall va amorf materiallarning qotish (erish) egri chizig'ini o'rganish
3. Mikroelektronikada diffuziyali strukturalarni yaratishda foydalaniladigan materiallarni o'rganish
4. Yemirilish shakli bo'yicha monokristallar yo'nalishini (oriyentatsiyasini) aniqlash
5. Suyuqlik va qattiq jismlarda yorug'likning yutilish koeffitsientini aniqlash
6. Yarim o'tkazgichli materiallarning solishtirma qarshiligini to'rtzondli tadqiq etish

### ***Mustaqil ish mavzulari quyidagicha:***

Elektr texnika materiallari vazifalari. Fanida talabalar e'tiboriga quyidagilar havola etiladi va o'rgatiladi:

Elektr statikaning asosiy qonuni (Kulon qonuni). Qutbli va qutbsiz dielektriklar. Dielektrik qutblanishining asosiy turlari. Dielektriklarning dielektrik singdiruvchanligi.

Dielektriklarning elektr o'tkazuvchanligini asosiy tushunchalari. Dielektriklarda solishtirma hajmiy va solishtirma yuza qarshiliklari. Gazlarning, suyuq va qattiq dielektriklarning elektr o'tkazuvchanligi. Qattiq dielektriklarda sirt (yuza) orqali elektr o'tkazuvchanlik.

Dielektrikdagi isrof burchag  $\delta$  yoki shu burchak tangensi  $\text{tg}\delta$  xisobi. Gazlarda, suyuqliklarda va qattiq dielektriklarda isroflar. Qutbsiz dielektrik isrof. Qutbli suyuqliklarda isrof. Suyuq dielektriklarda energiya isrof qovushoqligiga bog'liqligi.

Ion strukturali qattiq jismdagi dielektrik isroflar. Segnetoelektriklardagi dielektrik **isroflar**.

Oraliq nazorat turlarini baholash yozma tartibda o'tkazilib, unda 3 ta savolga javob berish so'raladi. Har bir savol Quyidagicha baholanadi

- agar savollar mohiyati to'la ochilgan bo'lsa, javoblar to'liq va aniq hamda ijodiy fikrlari bo'lsa – 5 baho
- savollarga umumiy javob berilgan, ammo ayrim faktlar to'liq yoritilmagan bo'lsa – 4 baho
- savollarga javob berishga harakat qilingan, chalkashliklar bo'lsa – 3 baho
- savollarga umuman javob yozmagan yoki savollarda chalkashliklar bo'lsa –2 baho

### ***Oraliq nazorat savollari***

Elektr texnika materiallari vazifalari. Fanida talabalar e'tiboriga quyidagilar havola etiladi va o'rgatiladi:

Materiallar tuzilishi va ularning xossalari. Qattiq jismlarning tuzilishi. Struktura va uning materiallar xossalari ta'siri. Materiallarning fizik-kimyoviy xossalari. Qattiq jismlar zonalar nazariyasining elementlari. O'tkazgich materiallar. Metallarning elektr o'tkazuvchanlik tabiati. O'tkazgich materiallar xossalari. YUqori o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan materiallar. YUqori qarshilikli qotishmalar. Qiyin eriydigan metallar. O'rta haroratda eriydigan metallar. Metal bo'lmagan o'tkazgich materiallar. YARim o'tkazgich materiallar. Xususiy va kirishmali yarim o'tkazgichlar. Nomuvozanatdagi zaryad tashuvchilar. Oddiy yarim o'tkazgich materiallar xossalari. YARim o'tkazgich materiallar. Murakkab yarim o'tkazgich materiallar xossalari. Dielektriklar. Dielektriklarning qutblanishi, elektr o'tkazuvchanligi, teshilishi. Dielektrik yuqotishlar. Dielektrik materiallar xossalari. Passiv dielektriklar. Polimerlar. Kompozitsion plastmassalar. Elektroizolyatsion kompaundlar. Gazsimon,

suyuq va qattiq dielektriklar. Aktiv dielektriklar. Segnetoelektriklar. Pezoelektriklar. Piroelektriklar. Elektritlar. Suyuq kristallar. Qattiq jism lazerlari uchun materiallar. Magnit materiallar. Magnit materiallarning sinflanishi. Ferro- va ferrimagnitliklarning magnit xossalari. Ferrimagnitlarning xususiyatlari. Magnit materiallar o'zgaruvchan maydonda. Magnit materiallarning xossalari. Magnitoyumshoq va magnitoqattiq materiallar. O'ta o'tkazuvchan materiallar. O'ta o'tkazuvchanlik. O'ta o'tkazuvchan materiallar magnit xossalari.

### **Yakuniy nazorat turi quyidagicha baholanadi:**

Yakuniy baholashda talaba 3 ta savolga yozma javob berishi lozim.

- agar savollarning mohiyati to'la ochilgan, asosiy faktlar to'g'ri bayon qilingan bo'lsa – 5 baho
- savollarga to'g'ri javob berilgan, lekin ayrim kamchiliklari bor bo'lsa – 4 baho
- berilgan savollarda javoblar umumiy va kamchiliklar ko'proq bo'lsa – savollarga to'g'ri javoblar bo'lmaganda, kamchiliklar ko'p bo'lganda va to'liq bo'lmasa – 3 baho
- savollarga umuman javob yozmagan yoki savollarda chalkashliklar bo'lsa – 2 baho

#### **1. Yakuniy baholashda yozma ishni o'tkazish tartibi**

Talabalar bilimni reyting tizimi bo'yicha baholashning yozma ish usuli, talabalarda mustaqil fikrlash va o'z fikrini yozma ifodalash ko'nikmalarini rivojlantiradi.

Fanlardan yakuniy nazorat II semestrda yozma ish shaklida o'tkaziladi. Yozma ish savollari va variantlari har o'quv yilining boshida kafedra professor-o'qituvchilari tomonidan yangidan tuzilib, kafedra majlisida muhokama etiladi va tasdiqlanadi.

Yozma ishning har bir varianti bo'yicha qo'yilgan savollarning mazmuni, qamrov darajasi va ahamiyatligi darajasi kafedra mudiri tomonidan tekshirilib, uning imzosi bilan tasdiqlanadi. Yozma ishni o'tkazish asosan II semestrning so'nggi ikki o'quv haftalariga mo'ljallangan bo'lib, u belgilangan haftalardagi mazkur fan bo'yicha o'quv mashg'ulotlari chog'ida o'tkaziladi. Yozma ish variantida 3 ta savol tayanch iboralari bilan keltiriladi.

Yozma ish hajmi talabaning fan bo'yicha tasavvuri, bilimi, amaliy ko'nikmasini baholash uchun yetarli bo'lishi zarur.

### **Foydalaniladigan adabiyotlar ro'yxati:**

#### **Asosiy adabiyotlar:**

11. N.S. Bibutov «Materiallar qarshiligi asoslari». Darslik Toshkent 2003 yil
12. SH.M.Kamilov «Elektrotexnika materiallari» Toshkent O'kituvchi 1994 yil
13. Koraboev B. «Materiallar qarshiligi» Darslik Toshkent 2007 yil
14. M. A. Yo'ldoshbekov «Materiallar qarshiligi» Darslik Toshkent O'kituvchi 1995 yil
15. A. Nabiev «Materiallar qarshiligi» Darslik Toshkent. Yangi asr avlodi 2008 yil

Qo'shimcha adabiyotlar:

- 13. Borodulin V.N. i dr. Elektrotexnicheskoe materialovedenie. Lab. rab. Metodicheskoe posobie -M.: Izd. MEI, 2001.**
- 14. Spravochnik po elektrotexnicheskim materialam. -M.: «Energoatomizdat», perer. v 3 t., 2002.**
- 15. Основы кабельной техники.: учебник для студ. Высш.учеб. заведения/ под ред. I.B. Peshkova. -M.: Izdatelskiy sentr «Akademiya», 2006.**

#### **Internet saytlar:**

17. [www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz);
18. [www.lexx.uz](http://www.lexx.uz);
19. [www.bilim.uz](http://www.bilim.uz);
20. [www.gov.uz](http://www.gov.uz).