

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI AXBOROT
TEKNOLOGIYALARI VA KOMMUNIKATSIYALARINI
RIVOJLANTIRISH VAZIRLIGI**

**MUHAMMAD AL-XORAZMIY NOMIDAGI TOSHKENT
AXBOROT TEKNOLOGIYALARI UNIVERSITETI**

X.K.Aripov, A.A.Tulyaganov, G.X.Jo‘raeva, A.R.Mavlyanov

**RADIOELEKTRON VOSITALAR
TEKNOLOGIYASI VA LOYIHALASHTIRISH**

**TATU Maxsus fakulteti kursantlari uchun
o‘quv qo‘llanma**

Toshkent 2017

X.K.Aripov, A.A.Tulyaganov, G.X.Jo‘raeva, Mavlyanov A.R.

Radioelektron vositalar texnologiyasi va loyihalashtirish: o‘quv qo‘llanma. / Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti. Toshkent, 2017.

O‘quv qo‘llanmada radioelektron vositalar texnologiyasi va loyihalashtirishning asosiy tushunchalari va ta’riflari, ularning klassifikatsiyasi, radioelektron vositalarning element bazasi va mahsulot turlari, radioelektron vositalarni konstruksiyalash asoslari va usullari, ularning texnik hujjatlari, konstruksion tizimlar va radioelektron vositalar konstruksiyalarida elektr bog‘lanishlar, pechatli platalarni konstruksiyalash usullari, radioelektron vositalarni kompanovkasi va ularning ergonomik ko‘rsatkichlari, hamda radioelektron vositalarning istiqbolli rivojlanishi haqida ma'lumotlar keltirilgan.

O‘quv qo‘llanma Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Maxsus fakulteti telekommunikatsiya va radiotexnika yo‘nalishlari bo‘yicha ta’lim olayotgan kursantlar uchun mo‘ljallangan.

Taqrizchilar:

A.Nazarov, t.f.d., professor, Islom Karimov nomidagi TDTU “Radiotexnik qurilmalar va tizimlar” kafedrası mudiri.

A.M.Abdullaev, f-m.f.n., Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU “Elektronika va radiotexnika” kafedrası professori

MUNDARIJA

	Kirish.....	6
I BOB.	Asosiy tushuncha va ta'riflar. Radioelektron vositalarning klassifikatsiyasi	7
1.1.	Asosiy tushunchalar va ta'riflar.....	7
1.2.	Radioelektron vositalarning klassifikatsiyasi.....	8
II BOB.	Radioelektron vositalarning element bazasi va mahsulot turlari.....	10
2.1	Rezistorlar.....	10
2.2	Kondensatorlar.....	10
2.3	Diodlar.....	11
2.4	Tranzistorlar.....	11
2.5	Mikroshemalar.....	36
2.6	Integral mikroshemalarning tasniflanishi va belgilash tizimi.....	36
2.7	Elektron asboblarni tayyorlashning guruhli usuli.....	38
2.8	Planar texnologiya.....	39
2.9	Plenkali va gibridd texnologiyalar.....	40
2.10	Yarim o'tkazgichli texnologiya.....	41
2.11	Berilgan o'tkazuvchanlik turlari va yarim o'tkazgichli qatlamlarni yaratish jarayoni.....	45
2.12	Plastina sirtining oksidlanishi.....	47
2.13	Litografiya jarayonlari.....	47
III BOB.	Konstruksiyalash asoslari va usullari.....	51
3.1	Konstruksiyalashning xususiyatlari.....	51
3.2	REVni yaratilishini bosqichlari.....	51
3.3	Konstruksiyalash jarayonini tashkillashtirish.....	52
3.4	Radioelektron vositalarni konstruksiyasi (tuzilishi).....	53
3.5	Elektron apparatura sifat mezonlari.....	53
3.6	Elektron qurilmalarni tahlil qilish va sintez qilish usullari.....	56
IV BOB.	Texnik hujjatlar.....	61
4.1	Texnik hujjatlarning davlat standartlari.....	61

4.2	Konstruktorlik hujjatlari.....	62
4.3	Sxematik hujjatlar.....	62
4.4	Prinsipial elektr sxemalar.....	63
4.5	Matn hujjatlari.....	64
V BOB.	Konstruktion tizimlar va radioelektron vositalarning ishlov berishga qulay konstruksiyalari.....	65
5.1	Konstruktion tizimlar.....	65
5.2	REVLarning konstruksiya elementlari.....	67
VI BOB.	Radioelektron vositalar konstruksiyalarida elektr bog‘lanishlar.....	69
6.1	Elektr bog‘lanishlar.....	69
6.2	O‘zaro bog‘lanishlarni hosil qilish jarayoni.....	69
6.3	Bosma (pechatli) platalar.....	70
6.4	Bosma (pechatli) platalarning yasash usullari.....	71
VII BOB.	Bosma (pechatli) platalarni konstruksiyalash.....	73
7.1	Bosma (pechatli) platalarni konstruksiyalash usullari.....	73
7.2	Bosma (pechatli) platalarni konstruksiyalash jarayonining ketma ketligi.....	74
7.3	Konstruktiv qoplamalar.....	74
7.4	Teshiklarni tanlash va joylashtirish.....	75
VIII BOB.	Radioelektron vositalarni komponovka qilish (joylashtirish).....	77
8.1	Umumiy qoidalar.....	77
8.2	Komponovkaga talablar.....	77
8.3	Komponova ishlarini bajarish usullari.....	78
8.4	Operatorning ish faoliyati samaradorligini aniqlovchi omillar.....	79

IX BOB.	Radioelektron vositalarning ergonomik ko'rsatkichlari.....	80
9.1	Konstruksiyalarning sifatini ergonomik ko'rsatkichlari.....	80
9.2	Ish joyini tashkil etish prinsiplari.....	80
9.3	Indikatsiya va boshqarish organlari.....	81
9.4	REVlarning old panellarni shakllantirish.....	82
X BOB.	Radioelektron vositalarning istiqbolli rivojlanishi.....	83
10.1	Nanoelektronikaning texnologik asoslari. Nanojihozlar litografiyasiga kirish.....	83
10.2	Ekstremal ultrabinafsha bilan litografiya.....	85
10.3	Elektron-nur litografiya.....	88
10.4	Ionli litografiya.....	90
10.5	Rentgen litografiya.....	91
10.6	Nanobosishli litografiya.....	91
10.7	Nanotuzilmani litografik induksiya bilan o'z-o'zidan yig'ish.....	92
10.8	Kristallagi tizimlar, ishlatilishining o'ziga xos xususiyatlari va qo'llanilishi istiqbollari.....	94
10.9	Kristallda tizimlarning loyihalashtirishning o'ziga xos xususiyatlari.....	95
10.10	Kristallda tizimlarni bajarilishi imkoniyatlari.....	97
10.11	Kristalldagi tizimlarning qo'llanilishi imkoniyatlari....	99
10.12	Kristallardagi tizimlar uchun elementlar asosi.....	100
	Adabiyotlar.....	104

KIRISH

Mamlakatimizda amalga oshirilayotgan islohotlar, chunonchi “Ta’lim to’g’risida” va “Kadrlar tayyorlash Milliy dasturida” bayon etilgan qoidalarni amalga oshirish va tayyorlanayotgan mutaxassislar sifatini jahon ta’limi standartlari talablariga mos tushishini ta’minlash oliy ta’lim oldiga qo’yilgan eng dolzarb masalalardan hisoblanadi.

“Radioelektron vositalar texnologiyasi va loyixalashtirish” fani TATU Maxsus fakulteti yo’nalishining 3- bosqich kursantlari uchun 18 soat ma’ruza va 18 soat amaliyotdan iborat. Mazkur o’quv qo’llanma professor-o’qituvchilar tarkibiga “Radioelektron vositalar texnologiyasi va loyihalashtirish” fanining ma’ruza va amaliy mashg’ulotlarini o’tkazishda, hamda talabalar tomonidan fanning nazariy qismini o’zlashtirish uchun mo’ljallangan.

Ushbu o’quv qo’llanma “Radioelektron vositalar texnologiyasi va loyihalashtirish” fani o’quv dasturiga mos ravishda tuzilgan bo’lib, davlat tilida yaratilgan ilk o’quv adabiyotidir.

O’quv qo’llanmada radioelektron vositalar texnologiyasi va loyihalashtirishning asosiy tushunchalari va ta’riflari, ularning klassifikatsiyasi, radioelektron vositalarning element bazasi va mahsulot turlari, radioelektron vositalarni konstruksiyalash asoslari va usullari, ularning texnik hujjatlari, konstruksion tizimlar va radioelektron vositalar konstruksiyalarida elektr bog’lanishlar, pechatli platalarni konstruksiyalash usullari, radioelektron vositalarni kompanovkasi va ularning ergonomik ko’rsatkichlari, hamda radioelektron vositalarning istiqbolli rivojlanishi haqida ma’lumotlar keltirilgan.

Mualliflar ushbu o’quv qo’llanma mazmuni va undagi kamchiliklar haqida fikr-mulohazalarini bildirganlarga avvaldan o’z minnatdorchiliklarini bildiradilar.

I BOB. ASOSIY TUSHUNCHA VA TA'RIFLAR.

RADIOELEKTRON VOSITALARNING KLASSIFIKATSIYASI

1.1. Asosiy tushunchalar va ta'riflar

Radioelektron vositalarni (REV) konstruktorlashning maqsadi - ishlab chiqarishi, ekspluatatsiyasi uchun cheklangan: mehnatni, energetik va moddiy resurslarni talab qiladigan, kichik gabaritli yuqori, samarali va ishonchli qurilmalarni yaratishdir.

Ushbu maqsadga erishish uchun quyidagi uchta asosiy xozirgi zamon masalalari yechiladi:

1. Kompleks mikrominiatyurizatsiyalash.
2. Destabilizatsiyalovchi omillardan himoya qilish (issiqlik, namlik, mexanik ta'sir va boshqalar).
3. Qulay ishlab chiqarishni oshirish.

REVLarni kompleks mikrominiatyurizatsiya qilish masalasini yechishda faqatgina elektr ta'minot tizimi, sovutish, avtomatika va boshqa ayrim bloklarda integral mikrosxemalarni qo'llashgina emas balki qurilmalarning barcha tarkibiy qismlarini mikrominiatyurizatsiyalash rezervlari qidiriladi.

REVLarni kompleks mikrominiatyurizatsiya qilish masalasini yechish loyhalanayotgan qurilma uchun texnik talablarni shakllantirishdan, ya'ni qurilma gabaritlarini maksimal kichraytirish, massasi va energiya iste'molini kamaytirishdan boshlanadi.

Ushbu yechim o'zaro bog'liq va moslashtirilgan holda ikki yo'nalishda - sxemotexnik va konstruksiyalash yordamida amalga oshiriladi. Konstruktorlik yo'nalishi kompleks mikrominiatyurizatsiya masalasini yechishning uchta asosiy savolini o'z ichiga oladi:

- REVLarni konstruksiyalash strukturasi;
- materiallar;
- element bazasi.

REVLarning konstruksiyasining optimal strukturasi tanlashda kompleks mikrominiatyurizatsiya me'zoni bo'yicha katta va o'ta katta integral sxemalarni, tolali optik kabellar va ulagichlarni ishlatish lozim.

Tashuvchi konstruksiya va elementlar uchun materiallarni tanlashda yengil, mustahkam materiallar, masalan: alyuminiy va magniy qotishmalarini ishlatish lozimdir.

Elementlar bazasini kompleks mikrominiatyurizatsiyasi eng murakkab masaladir, aynan avtomatika va kommutatsiya komponentlari uchun.

1.2. Radioelektron vositalarning klassifikatsiyasi

REVLarni ekspluatatsiya qilish shartlari va ijrosi bo'yicha klassifikatsiyasi:

1. Qo'llanilayotgan element bazasining turi bo'yicha:
 - raqamli;
 - analog;
 - analog–raqamli.
2. Funktsional murakkablik darajasi bo'yicha:
 - radioelektron tizimlar;
 - komplekslar;
 - qurilmalar;
 - tugunlar.
3. REVLar konstruktiv murakkabligi bo'yicha modulli va modulli bo'lmagan turlarga bo'linadi.
4. REVLar ishlatilayotgan tebranish jarayonlarining tabiati bo'yicha:
 - radiotexnik;
 - optik;
 - akustik;
 - kombinatsiyalangan.
5. REVLar bajaradigan vazifasi bo'yicha informatsion va energetik radioelektron kompleks, tizim va qurilmalarga bo'linadi.
6. REVLar joylashtirish joyi bo'yicha quyidagi turlarga bo'linadi:
 - yer ustidagi;
 - yer ostidagi;
 - suv ustidagi;
 - suv ostidagi;
 - kosmik;
 - kombinatsiyalangan.
7. Transportboplik (ko'chirish qulayligi) darajasi bo'yicha REVLar quyidagilarga bo'linadi:
 - statsionar;
 - ko'chma, mobil ob'ektlarga o'rnatiladigan;
 - ko'tarib yuriluvchi.
8. Ekspluatatsiya qilinish iqlimi bo'yicha;

- mo‘tadil iqlim;
- mo‘tadil - sovuq iqlim.
- nam tropik iqlim;
- quruq tropik iqlim;
- dengiz iqlimi;
- tropik dengiz iqlimi;
- barcha iqlimlar (quruqlik va dengiz, Antarktidadan tashqari).

Nazorat savollari

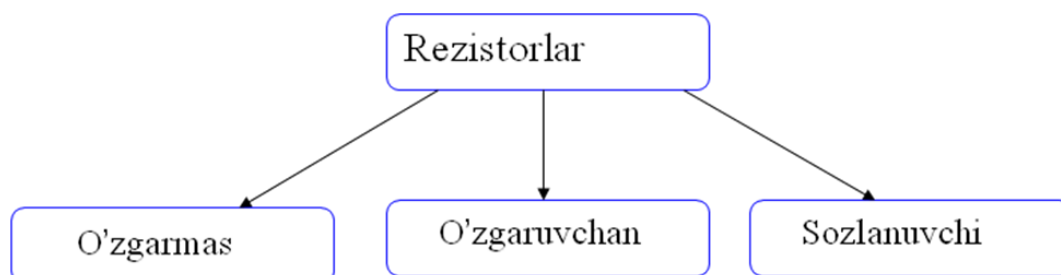
1. Asosiy tushunchalar va ta'riflar.
2. Radioelektron vositalarning konstruksiya elementlarini yasash uchun ishlatiladigan materiallar.
2. Radioelektron vositalarning klassifikatsiyasi (ekspluatatsiya qilish shartlari bo'yicha).
3. Radioelektron vositalarning klassifikatsiyasi (funksional murakkablik darajasi bo'yicha).
4. Radioelektron vositalarning klassifikatsiyasi (konstruktiv murakkabligi bo'yicha).
5. Radioelektron vositalarning klassifikatsiyasi (tebranish jarayonlarining tabiati bo'yicha).
6. Radioelektron vositalarning klassifikatsiyasi (bajaradigan vazifasi bo'yicha).
7. Radioelektron vositalarning klassifikatsiyasi (transportboplik (ko'chirish qulayligi) bo'yicha).
8. Konstruksion tizimlar ierarxiyasi.
9. Radioelektron vositalarning klassifikatsiyasi (joylashtirish joyi bo'yicha).
10. Radioelektron vositalarning texnik ko'rsatkichlari.
11. Radioelektron vositalarga qo'yiladigan texnik talablar.

II BOB. RADIOELEKTRON VOSITALARNING ELEMENT BAZASI VA MAHSULOT TURLARI

2.1. Rezistorlar

Xozirgi zamon REVLar tarkibiga analog va raqamli qurilmalar kiradi. Ushbu qurilmalar diskret elektro-radio elementlar – rezistorlar, kondensatorlar, induktivlik g‘altaklari, tranzistorlar, diodlar, svetodiodlar va integral mikrosxemalardan iborat. REVLarni element bazalari tarkibiga ulagichlar, pechatli platalar, simlar, shleyflar va kabellar ham kiradi.

Rezistorlar. Rezistorlarning ishlash prinsipi materiallarning ulardan o‘tayotgan elektr tokiga qarshilik qilish xususiyatiga asoslangan. Rezistorlar vazifasiga ko‘ra umumiy, pretsizion, yuqori chastotali, yuqori megaomli, yuqori voltli va maxsus bo‘ladi. Ishlatilish xususiyatlariga ko‘ra esa harorat va namlikka bardoshli, vibratsiyaga va zarbga chidamli, yuqori darajada ishonchli bo‘lishi mumkin.



2.2. Kondensatorlar

Kondensatorlar. Kondensatorlarning ishlash prinsipi ularning qoplamalariga potentsiallar farqi berilganda, ularda elektr zaryad to‘planish xususiyatlariga asoslanadi. Vazifasiga ko‘ra – kondensatorlar konturi, blokirovka qiluvchi, ajratuvchi, filtrli, termokompensatsiyalovchi va sozlovchi bo‘lishi mumkin. Sig‘imining o‘zgarish xarakteriga ko‘ra esa o‘zgarmas, o‘zgaruvchan va yarimo‘zgaruvchan bo‘ladi.

Kondensatorlarning asosiy parametrlari:

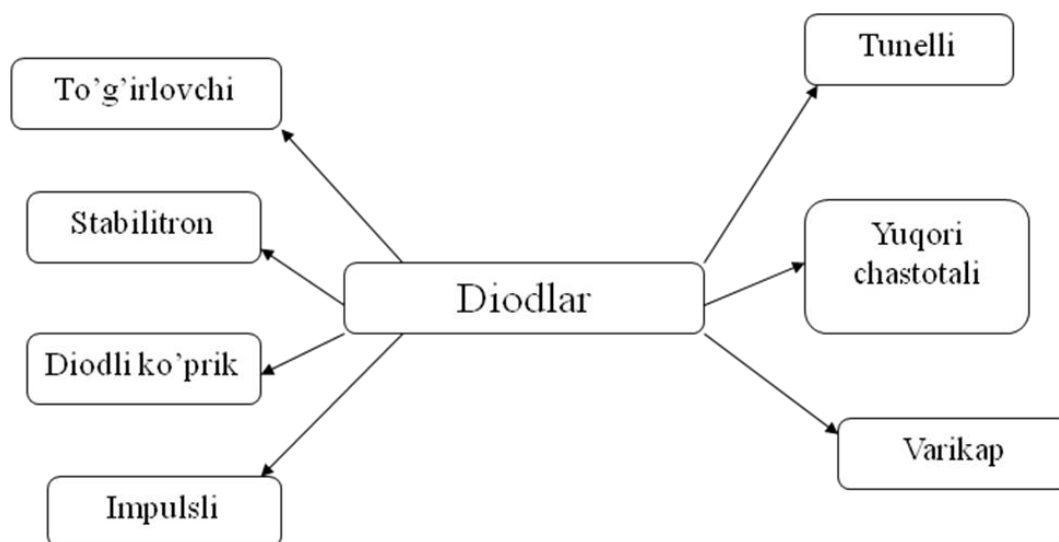
1. sig‘imning nominal qiymati;
2. aniqlik klassi;
3. nominal ishchi kuchlanishi (o‘zgarmas, o‘zgaruvchan va impuls tok uchun);

4. chastota diapazoni;
5. massa-gabarit ko'rsatkichlari;
6. ishonchlilik ko'rsatkichlari;
7. sig'imning temperaturaga bog'liqlik koeffitsenti.

2.3. Diodlar

Diod – bir (yoki bir necha) elektr o'tishlarga ega ikki elektrodli elektron asbobga aytiladi. Diodlar radioelektron qurilmalarda ishlatilishi va bajaradigan vazifasiga muvofiq tasniflanadi.

Diodlar yarimo'tkazgich materiallari bo'yicha: germaniyli, kremniyli va arsenid–galiyli bo'ladi.



Diodlarning asosiy xarakteristikalar:

1. teskari kuchlanishning maksimal qiymati, V;
2. to'g'ri kuchlanishning maksimal qiymati, V;
3. o'rtacha to'g'irlangan tokning maksimal qiymati, A;
4. to'g'ri tokning maksimal qiymati, A;
5. stabilitronlar uchun stabilizatsiyalash kuchlanishi.

2.4. Tranzistorlar

Bipolyar tranzistor – o'zaro ta'sirlanuvchi ikkita p-n o'tishdan tashkil topgan va signallarni tok, kuchlanish yoki quvvat bo'yicha kuchaytiruvchi uch elektrodli yarimo'tkazgich asbobga aytiladi.

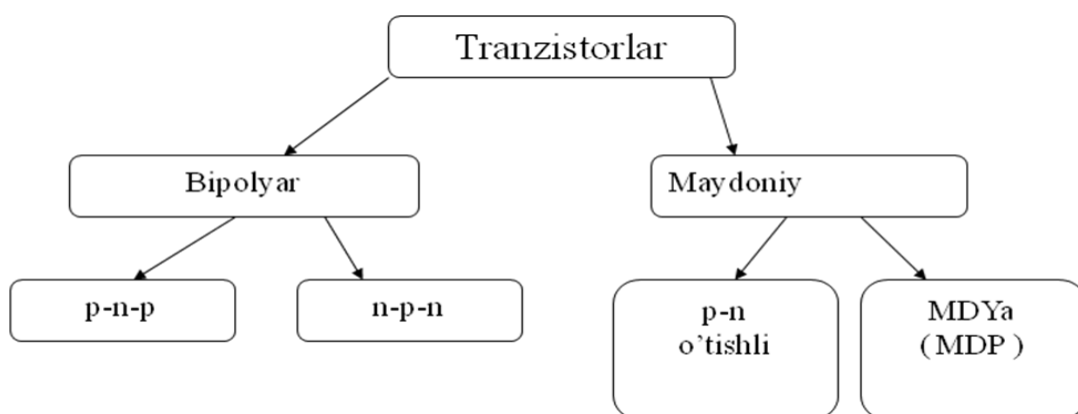
Bipolyar tranzistorda tok hosil bo'lishida ikki xil (bipolyar) zaryad tashuvchilar – elektronlar va kovaklar ishtirok etadi.

Bipolyar tranzistor p- - va n- o'tkazuvchanlik turi takrorlanuvchi uchta (emitter, baza va kollektor) yarimo'tkazgich sohaga ega. Bipolyar tranzistorning sohalari ichida eng yuqori konsentratsiyaga ega bo'lgan chekka soha (n^+ -soha) n^+ -p-n yoki (p^+ -soha) p^+ -n-p **emitter** (E) deb ataladi. Emitterning vazifasi tranzistorning **baza** (B) sohasi deb ataluvchi o'rta (p- yoki n-turli) sohasiga zaryad tashuvchilarni injeksiyalashdan iborat. Tranzistor tuzilmasining boshqa chekkasida joylashgan n-soha (n^+ -p-n) yoki p-soha (p^+ -n-p) **kollektor** (K) deb ataladi.

Maydoniy tranzistor – elektr toklari asosiy zaryad tashuvchilarning kristall hajmidagi elektr maydon ta'sirida dreyf harakatlanishiga asoslangan uch elektrodli, kuchlanish bilan boshqariluvchi yarimo'tkazgich asbob.

Maydoniy tranzistorlarning bir-biridan farqlanuvchi ikki turi mavjud:

1. p-n o'tish bilan boshqariluvchi maydoniy tranzistor;
2. metall-dielektrik-yarimo'tkazgich (MDYa) tranzistor.



Tranzistorlar quvvati bo'yicha quyidagilarga bo'linadi:

1. kam quvvatli;
2. o'rta quvvatli;
3. yuqori quvvatli.

Tranzistorlar ishlash chastotasi bo'yicha quyidagilarga bo'linadi:

1. past chastotali;
2. yuqori chastotali;
3. o'ta yuqori chastotali.

Bipolyar tranzistorlarning asosiy xarakteristikalar:

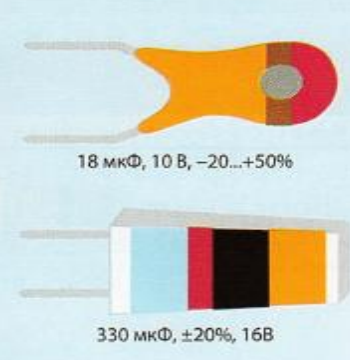
1. kuchaytirish ko'effitsienti – N_{21} ;

2. kollektor–emitter orasidagi maksimal kuchlanish - $U_{KE\ MAX}$, V;
3. kollektordan oqib o‘tuvchi maksimal tok – I_{KMAX} , A;
4. tranzistroning kollektorini maksimal sochuvchi quvvati P_{MAX} , Vt;
5. tranzistor ishlashining chegaraviy chastotasi f_{che} , MGs.

Kondensatorlarning rangli belgilanishi va ishchi ko‘rsatkichlari

Rang yo‘lagi (nuqta)	Yaxlitlangan o‘lcham, pF		Ko‘paytirish	Ruxsat, %	Kuchlanish, V	TKS
	1- element	2- element				
Oltin rang				±5	1,0	
kumush rang				±10	2,5	
qora rang		0	1	±20	4.0	NPO
Jigar rang	1	1	10	±1	6.3	M33
Qizil rang	2	2	10^2	±2	10.0	M75
Apelsin rang	3	3	10^3		16.0	M150
Sariq rang	4	4	10^4			M220
Yashil rang	5	5	10^5		25.0	M330
Havo rang	6	6			30.0	M470
Binafsha rang	7	7				M750
Kulrang	8	8			3.2	Y5R
Oq rang	9	9			3.0	SLO
Salat rang					20.0	
Ko‘k rang					32.0	
Pushti rang					35.0	

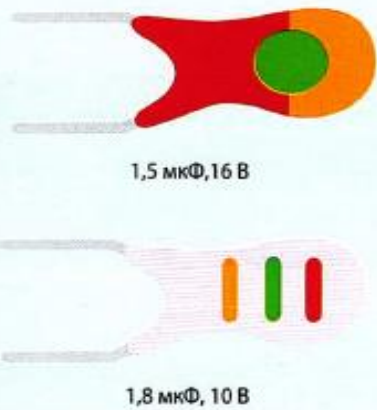
Rangli elektr kondensatorlarning to‘rt xil belgilanishi

Rang yo‘lgi (nuqta)	O‘lchovi, mkF	Ko‘paytirish	Ruxsat, %	Kuchlanish, V	Misol
Oltin rang	8.2			1.6	
Kumush rang	6.8			2.5	
Qora rang	1.0	1	±20	4	
Jigar rang	1.2	10		6.3	
Qizil rang	1.5	10^2		10	
Apilsin rang	1.8	10^3		16	
Sariq rang	2.2	10^4		40	
Yashil rang	2.7	10^5		20/25*	
Havorang	3.3	10^6		30/32*	
Binafsha rang	3.9	10^7	-20...+50		
Kulrang	4.7	10^8	-20...+50	3.2	
Oq rang	5.6	10^9	±10		

Yuqori kuchlanishli kondensatorlarning rangli belgilanishi

Rang yoʻlgi (nuqta)	Oʻlchovi, pF		Koʻpaytirish	Ruhsat,%	Kuchlanish, V	Misol
	1- element	2- element				
Oltin rang						 47 нФ, ±20%, 250 В 160 нФ, ±20%, 250 В
Kumush rang						
Qora rang	0		±20			
Jigar rang	1	1	10			
Qizil rang	2	2	10 ²		250	
Apilsin rang	3	3	10 ³			
Sariq rang	4	4	10 ⁴		400	
Yashil rang	5	5	10 ⁵			
Havorang	6	6				
Binafsha rang	7	7				
Kulrang	8	8				
Oq rang	9	9		±10		

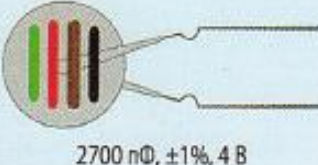
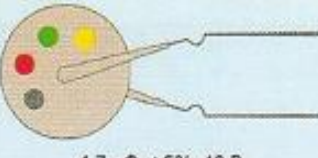
Rangli elektr kondensatorlarning uch xil belgilanishi

Rang yo'ligi (nuqta)	O'lchovi, pF	Ko'paytirish	Kuchlanish, V	Misol
Oltin rang	82		1.6	 1,5 мкФ, 16 В 1,8 мкФ, 10 В
Kumush rang	68		2.5	
Qora rang	10	1	4	
Jigar rang	12	10	6.3	
Qizil rang	15	10 ²	10	
Apilsin rang	18	10 ³	16	
Sariq rang	22	10 ⁴	40	
Yashil rang	27	10 ⁵	20/25*	
Havorang	33	10 ⁶	30/32*	
Binafsha rang	39	10 ⁷		
Kulrang	47	0.01	3.2	
Oq rang	56	0.1	63	

Tantal (qiyin eriydigan metall) elektr kondensatorlar

Rang yo'li (nuqta)	Kuchlanish, v	O'lchovi, pF	Ko'paytirish	Ruhsat, %	Misol
Oltin rang	1.6	82			 
Kumush rang	2.5	68			
Qora rang	4	10	1	±20	
Jigar rang	6.3	12	10		
Qizil rang	10	15	10 ²		
Apilsin rang	16	18	10 ³		
Sariq rang	40	22	10 ⁴		
Yashil rang	20/25*	27	10 ⁵		
Havorang	30/32*	33	10 ⁶		
Binafsha rang		39	10 ⁷	- 20...+50	
Kulrang	3.2	47	0.01	20...+80	
Oq rang	63	56	0.1	±10	

Doimiy kondensatorlar

Rang yo'li (nuqta)	O'lchovi, pF	Ko'paytirish	Ruhsat, %	Kuchlanish, v	Misol
Qora rang	10	1	20	4	  
Jigar rang	12	10	1%	6.3	
Qizil rang	15	10 ²	2%	10	
Apilsin rang	18	10 ³	0,25 pF	16	
Sariq rang	22		0,5 pF	40	
Yashil rang	27	10 ⁵	5%	20/25*	
Havorang	33	10 ⁶	1%	30/32*	
Binafsha rang	39	10 ⁷	- 20%...+50%		
Kulrang	47	0.01	- 20%...+80%	3.2	
Oq rang	56	0.1	10%	63	
Kumush rang	68			2.5	
Oltin rang	82		5%	1.6	

Yorug'lik diodi turi			Ustining rangi		Yorug'lik diodi turi			Ustining rangi	
			Turi	Rangi				Turi	Rangi
ALC329	J			Yashil rang	ALC330	V	Qizil rang		Qora rang
KIPM03	B	Yashil rang		Yashil rang	KIPD02	A	Qizil rang		Qora rang
AL112	G	Qizil rang		Qizil rang	KIPD02	V	Yashil rang		Qora rang
AL113	A	Qizil rang		Qizil rang	KIPD02	D	Sariq rang		Qora rang
AL113	E	Qizil rang		Qizil rang	AL305	A	Qizil rang		Oq rang
AL113	K	Qizil rang		Qizil rang	AL306	A	Qizil rang		Oq rang
AL113	N	Qizil rang		Qizil rang	AL307	L	Apilsin rang		Oq rang
AL305	G	Qizil rang		Qizil rang	ALS329	B			Oq rang
AL306	I	Yashil rang		Qizil rang	ALS330	B	Qizil rang		Oq rang
AL316	A	Qizil rang		Qizil rang	AL336	E	Sariq rang		Sariq rang
AL402	A			Qizil rang	AL336	J	Sariq rang		Sariq rang
3LS317	A	Qizil rang		Qizil rang	ALS329	E			Sariq rang
ALS320	A	Qizil rang		Qizil rang	ALS330	E	Qizil rang		Sariq rang
KIPM03	A	Qizil rang		Qizil rang	ALS329	M			Sariq+qora rang
AL102	A	Qizil rang		Qizil rang	AL306	D	Qizil rang		Yashil rang
AL112	A	Qizil rang		Qizil rang	AL336	G	Yashil rang		Yashil rang
AL112	E	Qizil rang		Qizil rang	ALS329	I			Yashil rang
AL112	K	Qizil rang		Qizil rang	ALS330	J	Qizil rang		Yashil rang
AL301	A	Qizil rang		Qizil rang	KIPD06	G	Yashil rang		Yashil rang
AL310	A	Qizil rang		Qizil rang	KIPM02	G	Yashil rang		Yashil rang
AL336	A	Qizil rang		Qizil rang	KIPM03	G	Yashil rang		Yashil rang
KIPM02	A	Qizil rang		Qizil rang	KIPM02	D	Sariq rang		Yashil rang
KIPD06	A	Qizil rang	 ()	Qizil (qora) rang	3LS317	G	Yashil rang		Yashil rang
AL112	V	Qizil rang		Ko'k rang	ALS320	V	Yashil rang		Yashil+oq rang
AL112	I	Qizil rang		Ko'k rang	ALS329	K			Yashil+oq rang
AL112	M	Qizil rang		Ko'k rang	ALS330	I	Qizil rang		Yashil+oq rang

AL310	B	Qizil rang	●	Ko'k rang	ALS329	M		●●	Yashil+sariq rang
AL113	V	Qizil rang	●	Ko'k rang	ALS330	K	Qizil rang	●●	Yashil+sariq rang
AL113	D	Qizil rang	●	Ko'k rang	ALS329	L		●●	Yashil+qora rang
AL113	I	Qizil rang	●	Ko'k rang	AL305	V	Qizil rang	●●	Qizil rang
AL113	M	Qizil rang	●	Ko'k rang	ALS317	A	Qizil rang	●●	Qizil+qora rang
AL113	S	Qizil rang	●	Ko'k rang	3LS317	B	Qizil rang	●●	Qizil+ko'k rang
AL305	E	Yashil rang	●	Ko'k rang	ALS320	G	Qizil rang	●●	Qizil+oq rang
AL316	B	Qizil rang	●	Ko'k rang	AL102	B	Qizil rang	●●	Qizil rang
AL402	V		●	Ko'k rang	AL301	B	Qizil rang	●●	Qizil rang
ZL102	A	Yashil rang	●	Qora rang	AL306	J	Yashil rang	●●	Qizil rang
ZL102	B	Yashil rang	●	Qora rang	AL336	B	Qizil rang	●●	Qizil rang
AL305	I	Qizil rang	●	Qora rang	KIPMO2	B	Qizil rang	●●	Qizil rang
AL306	G	Qizil rang	●	Qora rang	KIPMO3	B	Qizil rang	●●	Qizil rang
AL307	A	Qizil rang	●	Qora rang	KIPDO6	B	Qizil rang	●● yoki ●●	Qizil(qora)rang
AL307	V	Qizil rang	●	Qora rang	AL305	D	Yashil rang	●●	Ko'k rang
AL307	D	Sariq rang	●	Qora rang	AL305	K	Qizil rang	●●	Qora+oq rang
AL336	K	Qizil rang	●	Qora rang	AL305	J	Qizil rang	●●	Qora rang
ALS329	V		●	Qora rang	AL306	V	Qizil rang	●●	Qora rang

Harfi va rangiga bog'liq bo'lgan nochiziqli kondensator guruhleri

HHBS guruhidan EIA(IEC) gacha	KOD	Qobiq rangi	Ruxsat, %	Harorati
YSP		Kumush rang	±10	±10
YSR	R	kulrang	±15	±20
YSS	S	Jigar rang	±22	±30
XSU		Ko'k rang	+22...-56	±50
ZSY	F	Yashil rang	-22...+82	±70
SLO (GP)	NIL	Oq rang	+150...-1500	±90

Havo-haroratiga bog‘liq bo‘lgan sig‘imli (HHBS) Kondensatorlar qiymatlarining rangli va harflar bilan belgilanishi

HHBS guruhida n EIA(IEC) gacha	HHBS guruhi (EIA)	KOD	Bo‘yalgan yuza		Yangi rang bo‘yoqlar (nuqta yoki shtrix)	HHBS
			Korpus rangi	Bo‘yalgan qism		
P120			Ko‘k rang	Qora rang	-	120
P100	P100	A	Ko‘k rang	-	Qizil rang Binafsha rang	100
P60		G	Kulrang	Qizil rang	-	60
P33		N	Kulrang	-	-	33
MP0	NPO	C	Havorang	Qora rang	Qora rang	0
M33	NO30	H	Havorang	Jigar rang	Jigar rang	-33
M47		M	Havorang	Havorang	Havorang Qizil rang	-47
M75	NO80	L	Havorang	Qizil rang	Qizil rang	-75
M150	N150	P	Qizil rang	Apilsin rang	Apilsin rang	-150
M220	N220	R	Qizil rang	Sariq rang	Sariq rang	-220
M330	N330	S	Qizil rang	Yashil rang	Yashil rang	-330
M470	N470	T	Qizil rang	Ko‘k rang	Havorang	-470
M750 (M700)	N750	U	Qizil rang	-	Binafsha rang	-750
M1500 (M3000)	N1500	V	Yashil rang	-	Apilsin rang Apilsin rang	- 1500
M2200	N2200	K	Yashil rang	Sariq rang	Sariq rang Apilsin rang	- 2200
Ko‘rinishi						

808- seriya Trimmerlari (yupqa qatlamli dielektrik bilan)

Rang tasmasi (nuqta)	Qobiq diametri bo‘yicha sig‘im(pF) o‘lcho‘v chegarasi		
	5 mm	7.5 mm	10 mm
Kulrang	1.5-5.0	1.4-5.5	5.5-40
Sariq rang	3.0-10	2.0-10	5.5-65
Havorang	3.0-15	2.0-15	
Yashil rang	4.0-20	2.0-22	
Qizil rang	4.0-27	2.0-27	6.0-80
Jigarrang		3.0-33	
Binafsha rang		3.0-40	7.0-105
Qora rang		3.0-50	

STS seriya Trimmerlari (keramik dielektriklar bilan)

Rang tasmasi (nuqta)		
	STS-038	STS-05
Rangsiz	1.2-3.8	1.0-3.0
Qizil rang	1.4-60	2.0-5.0
Havorang	2.8-20	4.8-20
Sariq rang	4.0-30	5.5-30
Jigarrang		6.8-40
Yashil rang		9.0-50
Qora rang		14-70

Induktiv ga'ltak

IEC 62 o'zgarishlarga mos kelgan xolda induktivlik uchun kodlanadi:

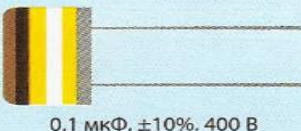
- ◆ Induktivlikning yaxlitlangan qiymatlari.
- ◆ Ko'rsatilgan me'yordan ruxsat etilgan og'ishi.

Odatda ko'p qo'llaniladigan bu 3 va 4 yumolok rangli yoki nuqtali belgilar.

Birinchi ikkita belgi yaxlitlangan induktivlikning qiymatini mikrogenrida ko'rsatadi (mkGn, pH), Uchinchi belgi –ko'paytirish, To'rtinchi belgi-ruxsat etish.

Agar belgilar uch belgili bo'lsa ruxsat etish 20%.

Yupqa qatlamli kondensatorlar

O'lchov sig'imi				Ruhsat, % (4-ya tasmasi)		Kuchlanish	
Qiymati	1-tasma	2-tasma	3-tasma				
0,01				±10%	±20%	250 V	400 V
0,015							
0,02							
0,03							
0,04							
0,06							
0,1							
0,33							
0,47							
0,68							
1,0							
1,5							
2,2							
3,3							
4,7							
6,8							
Misol							

HHBS turiga ega bo'lmagan kondensatorlar

HHBS guruhidan GOST gacha	kod	Eski belgilar		Yangi belgilanish (nuqta yoki chiziq)	T=- 60...+85°C ning %igacha ruhsat
		Qoplangan qobiqlar	Belgi. nuqta		
N10	V	Apilsin rang	Qora rang	Apilsin rang Qora rang	±10
N20	Z	Apilsin rang	Qizil rang	Apilsin rang Qizil rang	±20
N30	D	Apilsin rang	Yashil rang	Apilsin rang Yashil rang	±30
N50	X	Apilsin rang	Ko'k rang	Apilsin rang Havorang	±50
N70	E	Apilsin rang	Apilsin rang	Apilsin rang	±70
N90	F	Apilsin rang	Oq rang	Apilsin rang Oq rang	±90

Diodlarning rangli belgilanishi

Turli xil nominal radioelementlarga tushirilgan rangli belgilar keyinchalik aniqlanish jadvaliga keltiriladi. Qulaylik uchun jadvallar belgilar xili boyicha, anod chiqish tomonidan saralangan. Belgilar rangini yaxshi aniqlash uchun qo'shni ustunda rang matn ko'rinishida berilgan.

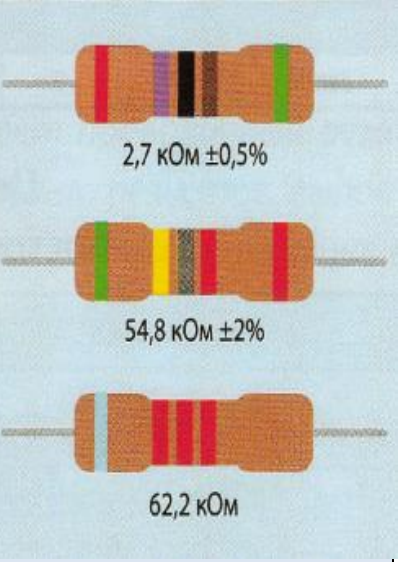
Belgilar tasmalar (xalqalar, belgilar) ham anod tomondan va yana katod tomonidan joylashtirilishi mumkin. Agar belgilar tasmalar bir nechta bo'lsa, ularning qutbiy xulosalarini aniqlovchi qalinligi va belgilariga e'tibor qaratish kerak.

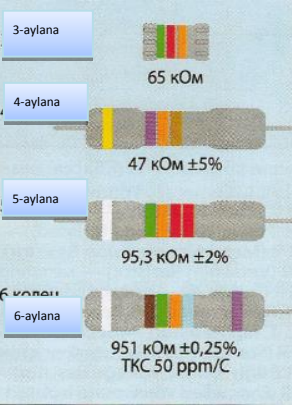
Yorliqlarning ranglari va belgilari mos kelganda qobiqning rangiga e'tibor berish kerak.

Shartli belgilar:

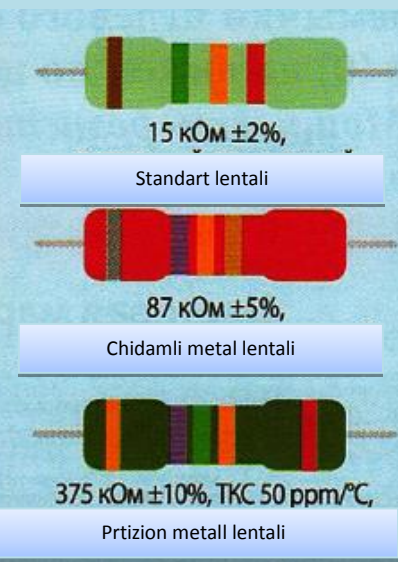
-  - nuqta (belgi);
-  - ingichka xalka;
-  - ikkita (yoki ko'prok) ingichka xalqalar;
-  - keng xalqa;
-  - ingichka va keng xalqaga;
-  - keng xalqa va nuqta.

Rezistorlarning rangli belgilanishi

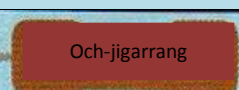
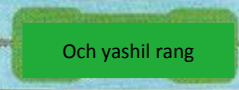
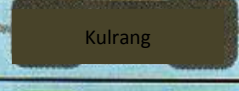
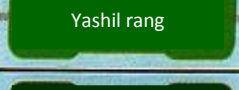
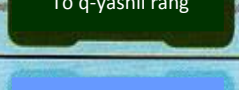
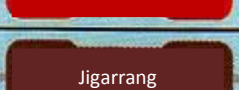
Rang yo'li (nuqta)	O'lchovi, pF			Ko'pa ytirish	Ruhsat, %	Misol
	1- element	2- element	3- element			
Oltin rang					±10	
Kumush					±5	
Qora rang		0	0		±20	
Jigar rang	1	1	1	10	±1	
Qizil rang	2	2	2	10 ²	±2	
Apilsin rang	3	3	3	10 ³		
Sariq rang	4	4	4	10 ⁴		
Yashil	5	5	5	10 ⁵	±0,5	
Havorang	6	6	6	10 ⁶	±0,25	
Binafsha	7	7	7	10 ⁷	±0,1	
Kulrang	8	8	8	10 ⁸	±0,05	
Oq rang	9	9	9			

Rang yo'ligi (nuqta)	O'lchovi, pF			Ko'payti rish	Ruhsat, %	HHBS, Ppm/ ⁰ C	Misol
	1- element	2- element	3- elemen t				
Kumush rang					±10		
Oltin rang					±5		
Qora rang		0	0		±20		
Jigar rang	1	1	1	10	±1	100	
Qizil rang	2	2	2	10 ²	±2	50	
Apilsin rang	3	3	3	10 ³		15	
Sariq rang	4	4	4	10 ⁴		25	
Yashil rang	5	5	5	10 ⁵	±0,5		
Havorang	6	6	6	10 ⁶	±0,25	10	
Binafsha	7	7	7	10 ⁷	±0,1	5	
Kulrang	8	8	8	10 ⁸	±0,05		
Oq rang	9	9	9	10 ⁹	±10	1	

PHILIPS firmasi rezistorlarining rangli belgilanishi

Rang tasmasi (nuqta)	O'lchovi, pF			Ko'paytirish	Ruhsat, %	HHBS, Ppm/ ⁰ C	Misol
	1-element	2-element	3-element				
Kumush				0,01	±10		
Oltin rang				0,1	±5		
Qora rang		0	0	1	±20		
Jigar rang	1	1	1	10	±1	100	 15 kΩ ±2%, Standart lentali 87 kΩ ±5%, Chidamli metal lentali 375 kΩ ±10%, TCR 50 ppm/°C, Prizion metall lentali
Qizil rang	2	2	2	10 ²	±2	50	
Apilsin	3	3	3	10 ³		15	
Sariq rang	4	4	4	10 ⁴		25	
Yashil	5	5	5	10 ⁵	±0,5		
Havorang	6	6	6	10 ⁶	±0,25		
Binafsha	7	7	7	10 ⁷	±0,1		
Kulrang	8	8	8	10 ⁸			
Oq rang	9	9	9				

PHILIPS firmasi doimiy rezistorlari qobiqlarining rangli belgilanishi

Qobiq rangi	Rezistor turlari(misol)
 Och-jigarrang	CR16, CR25, CR37, CR52, CR68
 Och yashil rang	SFR16, SFR25, SFR30
 Kulrang	NFR25, NFR30
 Yashil rang	AC04, AC05, AC07, AC10, AC15, AC20, ACL01, ACL02, ACL03, MR16, MR25, MR30, MR52, MR24E (C), MR34E (C), MR54E (C), MR74E (C),
 To'q-yashil rang	MPR24, MPR34
 Och-havorang	VR25, VR37, VR68
 Qizil rang	PR37, PR52
 Jigarrang	WRO167E, WRO842E, WRO825E, WRO865E

Turli xil rezistorlar kodlanishi:

AU, ACL (Cimentolu Wirewound Nonisolated) – katta quvvatga chidamli simli keramik rezistorlar.

CR (Uglerod Resistor) – uglerodli rezistor.

Eh (Power Wirewound izolyatsiyalangan) - kuchli, qo'llab-quvvatlash simi.

MPR (Metall film precion resistor) - metallashtirilgan aniqlik.

MR (Metall film Resistor) -.Metallashtirilgan rezistor

MOR (Fussible) - Xavfsiz metall yupqa qatlamli.

PR (Power metall film Resistor) – katta quvvatga chidamli metall yupqa qatlamli rezistor.

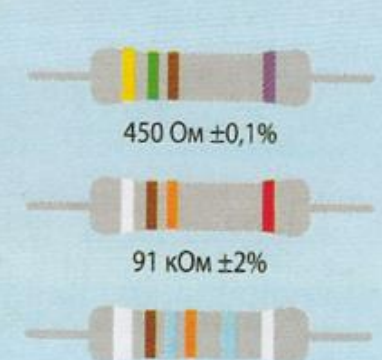
RC (C Hip Resistor)- qobiqsiz (kristallar).

SFR (standart film Resistor) - standart yupqa qatlamli rezistorlar.

VR (high-ohmic voltage Resistor) –yuqori kuchlanishli rezistor.

WR (Emayeli Wirewound Isolated Resistor) – katta quvvatga chidamli yupqa qatlamli emall bilan qoplangan rezistorlar.

“CORNING GLASS WORK” firmasi rezistorlarining rangli belgilanishi

Rang tasmasi (nuqta)	O'lchovi, pF		Ko'paytirish	Ruhsat, %	Misol
	1- element	2- element			
Oltin rang			0,1	±10	 450 Ohm ±0,1% 91 kOhm ±2% Simdan yasalgan harbiy standartlarga mos
Kumush rang			0,01	±5	
Qora rang		0	1		
Jigar rang	1	1	10	±1	
Qizil rang	2	2	10 ²	±2	
Apilsin rang	3	3	10 ³		
Sariq rang	4	4	10 ⁴		
Yashil rang	5	5	10 ⁵	±0,5	
Havorang	6	6	10 ⁶	±0,25	
Binafsha rang	7	7	10 ⁷	±0,1	
Kulrang	8	8	10 ⁸		
Oq rang	9	9			

Eslatma

Chapdan oq rangli keng halqa simli tranzistorni anglatadi. Chapdan oq rangli ingicha halqa, xarbiy standartlar bo'yicha ishlangan tranzistorni anglatadi. Chapdagi havo rang halqa, o'ngdagi oq rangli halqa bilan birgalikda yong'inga chidamli rezistorni anglatadi.

“Panasonic” firmasi rezistorlarining rangli belgilanishi

Rang tasmasi (nuqta)	O'lchovi, pF		Ko'paytirish	Ruhsat, %	TKC	Misol
	1-element	2-element				
Oltin rang			0,1	±10		24 kOm ±0,1%, TKC 25 ppm/C 560 Om ±1%, TKC 15 ppm/C 560 Om ±1%, TKC 15 ppm/C, Yong'inga chidamli
Kumush rang			0,01	±5		
Qora rang		0	1			
Jigar rang	1	1	10	±1	100	
Qizil rang	2	2	10 ²	±2	50	
Apilsin rang	3	3	10 ³		15	
Sariq rang	4	4	10 ⁴		25	
Yashil rang	5	5	10 ⁵	±0,5		
Havorang	6	6	10 ⁶	±0,25		
Binafsha rang	7	7	10 ⁷	±0,1		
Kulrang	8	8	10 ⁸			
Oq rang	9	9				

Eslatma

O'ngdagi qora rangli halqa yong'inga chidamli rezistorni anglatadi, Oq rangli metall-oksidli tasmali rezistor, Sariq rangli-yuqori sifatli tasmali rezistor.

Induktivlikning rangli belgilanishi

Rang tasmasi (nuqta)	O'lchovi, pF		Ko'paytirish	Ruhsat, %	Misol
	1-element	2-element			
Oltin rang			0,1	±5 %	3,7 мкГн ±20% 25 мкГн ±5% 1-element 2-element Ruhsat Ko'paytirish 32 мкГн ±5%
Kumush rang			0,01	±10 %	
Qora rang		0	1	±20 %	
Jigar rang	1	1	10		
Qizil rang	2	2	10 ²		
Apilsin rang	3	3	10 ³		
Sariq rang	4	4			
Yashil rang	5	5			
Havorang	6	6			
Binafsha rang	7	7			
Kulrang	8	8			
Oq rang	9	9			

Radio aloqa moslamalarining kontur xarakteristikasini va rangli belgilanishi

Belgilanish rangi	Konturdagi g'altaklar nomlanishi	Chulg'amlar nomerlari	O'ramlar soni	Yig'ilgan kondensator sig'imi, pF	Eslatmalar
Oq rang	Detektor PCH-AM 455...460 kHz	1-2-3	50+50	410	
Sariq rang	Filtr PCH-AM 455-460 kHz	1-2-3 4-6	100+50 9	190	
Qizil rang	Geterodina konturi AM SV-DV	1-3 4-6,2-3	80...100 8...12	G'altak aloqasi va g'altak konturidagi chulg'aming o'ramlar soni 10:1 8:1	O'ramlar soni KPE sig'imiga bog'liq
Apilsin rang	Filtr PCH-AM 10,7 MHz	1-3 4-6	12 2	75	Agar ko'k va yashil o'rnida foydalanilsa, g'altak aloqasi 4..6 platada ishga tushmaydi
Pushti rang	Diskriminator PCH-AM 10,7 MHz	1-3	7	190	Har xil IMSlar bilan qo'llaniladi
Ko'k rang	Diskriminator PCH-AM 10,7 MHz	1-3	11	90	Har xil IMSlar bilan qo'llaniladi
Och binafsh rang	Filtr PCH-AM 10,7 MHz	1-3 4-6	11 2	90	

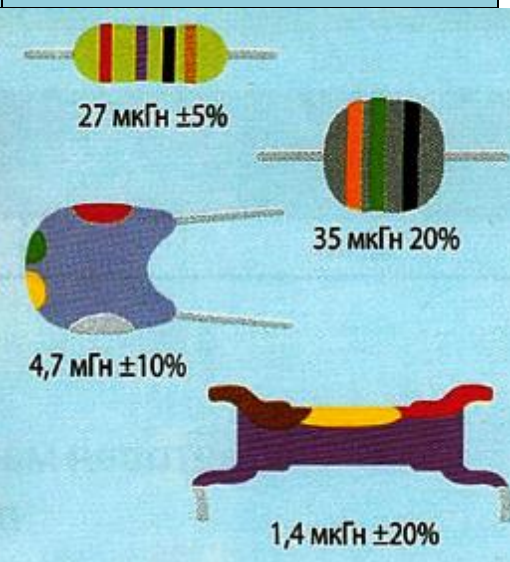
Drosserlar

Drossellarning rangli belgilari deyarli induktivlikning rangli belgilariga mos keladi.

Drossellarning belgilari strukturasi: Birinchi ikkita belgi yaxlitligi induktivlikning qiymatini mikrogenrida kursatadi (mkGn, pH); Uchinchi belgi – ko'paytirish; To'rtinchi belgi -ruxsat etish.

Odatda ko'p qollaniladigan bu 3 va 4 yumalok rangli yoki nuqtali belgilar. Agar belgilar uch belgili bo'lsa ruxsat etish 20%.

Drosserlarning rangli belgilanishi

Rang tasmasi (nuqta)	O'lchovi, pF		Ko'paytirish	Ruhsat, %	Misol
	1- element	2- element			
Oltin rang			0,01	±5 %	
Kumush rang			0,1	±10 %	
Qora rang		0	1	±20 %	
Jigar rang	1	1	10		
Qizil rang	2	2	10 ²		
Apilsin rang	3	3	10 ³		
Sariq rang	4	4			
Yashil rang	5	5			
Havorang	6	6			
Binafsha rang	7	7			
Kulrang	8	8			
Oq rang	9	9			

Diod, stabiltron, varikaplar

PRO ELECTRON rangli belgilari yevropa sistemasi asosida.

Yevropada yarimo'tkazgichli diodlar belgilari uchun, JEDEC sistemasidan tashqari, Association International Pro-Electron assotsiatsiyasining tizimi keng tarqalgan. Bu tizimning asosiy belgilaridan besh belgi hisoblanadi.

Maxsus yoki sanoatga oid asboblarda uchun diodlar 3 ta xarflar bilan belgilanadi, shu belgilar izidan tartibli ishlo'v raqami ikkita sondan tashkil topgan.

Maishiy apparaturalar uchun diodlar ikkita xarf bilan belgilanadi, Xarflar ketidan uchta raqamdan iborat seriya raqami orqalanadi.

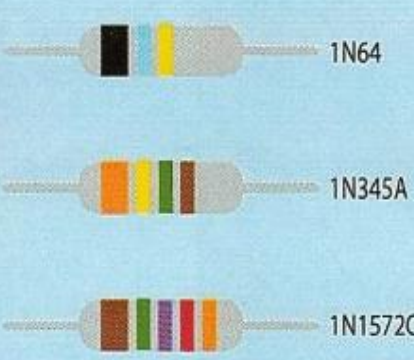
Ikkala xolatda xam faqat birinchi ikkita xarf texnikaviy ma noni anglatadi, qolganlari esa tartib raqami yoki asbobning alohida belgilarini ko'rsatadi.

Rang tasmasi (nuqta)	Element				Misol
	1-si	2-si	3-si	4-si	
Oltin rang					 AAV21  BAW53
Kumush rang					
Qora rang	AA	X		0	
Jigar rang			1	1	
Qizil rang	BA	S	2	2	
Apilsin rang			3	3	
Sariq rang		T	4	4	
Yashil rang			5	5	
Havorang		W	6	6	
Binafsha rang			7	7	
Kulrang		Y	8	8	
Oq rang		Z	9	9	

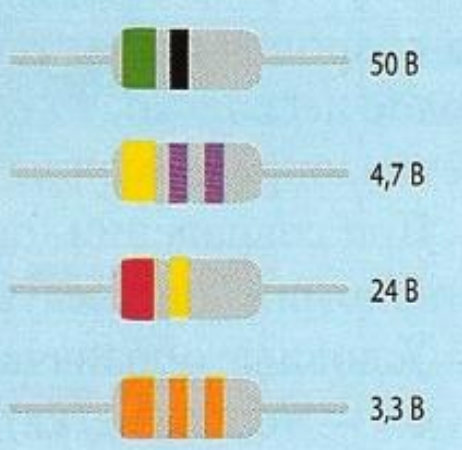
Stabilitron va diodlarning JEDEC sistemasi bo'yicha rangli belgilanishi (AKSH)

JEDEC sistemasi bo'yicha rangli belgilanish:

- ◆ Birinchi son bir va ikkinchi xarf N belgilanmaydi;
- ◆ ikkita raqamdan iborat bo'lgan son bitta ko'ra va ikkita rangli tasmani anglatadi , ko'shimcha to'rtinchi tasma xarfni anglatadi.
- ◆ Uchta raqamdan iborat son uchta rangli tasmani, ko'shimcha to'rtinchi tasma esa xarfni anglatadi;
- ◆ To'rtta raqamdan iborat son to'rtta rangli tasmani va xarfni bildiruvchi beshinchi qora yoki rangli tasmani anglatadi;
- ◆ rangli tasmalar katodga yaqin yoki birinchi tasma - kengroq joylashadi ;
- ◆ diodning turi katoddan o'qiladi.

Rang tasmasi (nuqta)	Element					Misol
	1-si	2-si	3-si	4-si	5-si	
Oltin rang						
Kumush rang						
Qora rang	0	0	0	0	-	
Jigar rang	1	1	1	1	A	
Qizil rang	2	2	2	2	B	
Apilsin rang	3	3	3	3	C	
Sariq rang	4	4	4	4	D	
Yashil rang	5	5	5	5	E	
Havorang	6	6	6	6	F	
Binafsha rang	7	7	7	7	G	
Kulrang	9	8	8	8	H	
Oq rang	9	9	9	9	I	

JIS-C-7012 sistemasi bo'yicha rangli belgilanish (Yaponiya)

Rang tasmasi (nuqta)	O'lchov, V		Misol
	1-element	2-element	
Qora rang	0		
Jigar rang	1	1	
Qizil rang	2	2	
Apilsin rang	3	3	
Sariq rang	4	4	
Yashil rang	5	5	
Havorang	6	6	
Binafsha rang	7	7	
Kulrang	8	8	
Oq rang	9	9	

Eslatmalar

Ikkinchi ikkilik element harflar orasidagi vergulni ko'rsatadi
Stabilitron va diodlarning JEDEC sistemasi buyicha rangli belgilanishi (AKSH)

JEDEC sistemasi bo'yicha rangli belgilanish:

- ◆ Birinchi son bir va ikkinchi xarf N belgilanmaydi;
- ◆ ikkita raqamdan iborat bo'lgan son bitta qora va ikkita rangli tasmani anglatadi, qo'shimcha to'rtinchi tasma xarfni anglatadi.

PHILIPS firmasining rangli stabilitronlar belgisi

(korpus SOD-61)

Stabilitronlarni miniyatyr SOD-61 (SOD-80) qobiq bilan belgilash uchun PHILIPS firmasi tomonidan xususiy belgi qo'llanilgan. Rangli belgilanish diodning katodidan olinadi.

Detallarning ro'yhati		Qobiq	Qobiqdagi belgisi		Belgilanishi			
			Turi	Rangi	Turi	Rangi	Tur	Rangi
KD105	A	To'g'ri burchakli qora Tomchili yashil	yoki 	Oq(sariq) rang	yoki 	Oq(sariq)rang		
KD105	B	To'g'ri burchakli qora Tomchili yashil	-		yoki 	Oq(sariq)rang		
	V			Yashil rang	yoki 	Oq(sariq)rang		
	G			Qizil rang	yoki 	Oq(sariq)rang		
KD209	B	Egiluvchan to'g'ri burchakli to'q (KD-4)		Yashil rang		Qizil rang		
	V			Qizil rang		Qizil rang		
	G					Qizil rang		
KD226	A	Egiluvchan plastmassa				Apilsin rang		
	B					Qizil rang		
	V					Yashil rang		
	G					Sariq rang		
	D					Oq rang		
	E					Havorang		
KD243	A	Egiluvchan plastmassa (KD-4A)				Binafsha rang		
	B					Apilsin rang		
KD243	V	Egiluvchan plastmassa (KD-4A)				Qizil rang		
	G					Yashil rang		
	D					Sariq rang		
	E					Oq rang		
	J					Havorang		
KD509	A	Egiluvchan shishali (KD-2)				Ko'k rang		Ko'k rang
D9	V	Egiluvchan shishali (KD-4)			 yoki 	Apilsin (yoki qizil)+ Apilsin rang		
	G				 yoki 	Sariq (qizil)+ sariq rang		
	D				yoki 	Oq (qizil)+ oq rang		
	E				 yoki 	havo (qizil)+ havorang		
	J				 yoki 	yashil (qizil)+ yashil rang		
	I					Sariq rang		
	K					Oq rang		
	L					Yashil rang		
	M				  	Havorang		
KD247	A	Egiluvchan plastmassa			  	Apilsin rang		

	B					Qizil rang		
	V					Yashil rang		
KD247	G	Egiluvchan plastmassa				Sariq rang		
	D					Oq rang		
	E					Binafsha rang		
	J					Havorang		
2D509	A	Egiluvchan shishali (KD-4)				Ko'k rang		Ko'k rang
2D510	A					Yashil rang		Yashil rang
2D522	B					Qora rang		Qora rang
KD521	A					Ko'k rang		
	B					Kulrang		
	V					Sariq rang		

		Qobiq	Qobiqdagi belgisi					
			Turi	Rangi	Turi	Rangi	Turi	Rangi
KD521	G	Egiluvchan shish (KD-2)				Oqrang		
KD522	B					Qorarang		
2D102	A					Sariqrang		
	B					Apilsinrang		
2D103	A					Oqrang		
2D104	A					Qizilrang		
2D237	A					Rangli		
2D254	A	Dumaloq plastmassali				Qizilrang		
	B					Ko'krang		
	V					Sariqrang		
	G					Yashilrang		
GD107	A	Egiluvchan oynali (KD-4-1)				Qorarang		
	B					Kulrang		
D10	A	Egiluvchan metall oynali				Qorarang		
	B					Qorarang		
KD102	A					Yashilrang		
	B					Ko'krang		
KD103	A					Ko'krang		
	B					Sariqrang		
KD104	A					Oqrang		
KD109	A	Egiluvchan silindr plastmassali				Oqrang		
	B					Sariqrang		
	V					Yashilrang		
KD209	B					Oqrang		
	V					Qorarang		
	G					Och-yashilrang		
KD221	A		-	-		Havorang		
	B			rangli		Oqrang		
	V			rangli		Qorarang		
	G			rangli		Yashilrang		
	D			rangli		Sarg'ishrang		
	E			rangli		Sariqrang		
KD409	A					Oqrang		
KD410	A	Silindr jigar rang plastmassali				Qizilrang		
	B					Ko'krang		
KD519	A	Egiluvchan oynali (KD-4-1)				Oqrang		
	B					Sariqrang		
KD208	A				yoki	Qora(yashil,sariq)rang		
2D237	B	Yorqin plastmassali				Rangli		

GD511	A	Egiluvchan oynali (KD-2)					Havorang+havorang		
	B						Havorang+sariqrang		
	V						Havorang+apilsinrang		
2D235	A	Egiluvchan oynali (KD-2)							Oqrang
	B								Qizilg
KD510	A	Egiluvchan oynali (KD-2)							Yashilrang
	B							 	yashilrang

Diodlardan tashkil topgan elementlarni rangli belgilari

Detallarning ro'yxati		Korpusdagi belgisi		Anod tomonidan belgilanishi	Katod tomonidan belgilanishi	
		Turi	Rangi		Turi	Rangi
KD906	A		Oq rang	-		
KD906	B		Oq rang	-		
KD906	V		Oq rang	-		
KD906	G		Oq rang	-		
2D906	A		Oq rang	-		Qizil rang
2D906	B		Oq rang	-		Qizil rang
2D906	V		Oq rang	-	 	Qizil rang
KDS111	A		Oq rang	-		Qizil rang
KDS111	B		Oq rang	-		Yashil rang
KDS111	V		Oq rang	-		Sariq rang
KTS422	A		Qora rang	-	-	-
KTS422	B		Qora rang	-		Oq rang
KTS422	V		Qora rang	-		Qora rang
KTS422	G		Qora rang	-		Yashil rang

Stabistor va stabilitronlarning rangli belgilari

Detallarning ro'yxati		BELGILANISHI					
		Anod tomonidan (+)			Katod tomonidan (-)		
			Turi	Rangi		Turi	Rangi
2S524	A			Oq rang			Apilsin rang
KS133	A			Oq rang			Oq rang
KS139	A			Oq rang			Yashil rang
KS147	A			Oq rang			Kulrang
KS156	A			Oq rang			Apilsin rang
KS168	A			Oq rang			Qizil rang
KS508	B			Oq rang			Sariq rang
KS508	G			Oq rang			Havorang
KS508	D			Oq rang			Yashil rang
2S527	A			Havorang			Sariq rang
2S530	A			Havorang			Oq rang
2S536	A1			Havorang			Kulrang
KS201	V			Havorang			Qizil rang
2S113	V			Sariq rang			Havorang

2S119	A1			Sariq rang			Yashil rang
2S482	A1			Sariq rang			Qizil rang
KS119	A1			Sariq rang			Qizil rang
KS175	TS			Sariq rang			Qora rang
KS182	TS			Sariq rang			Qizil rang
KS191	TS			Sariq rang			Havorang
KS210	TS			Sariq rang			Yashil rang
KS211	TS			Sariq rang			Kulrang
KS212	TS			Sariq rang			Apilsin rang
KS215	J			Sariq rang			Oq rang
KS216	J			Sariq rang			Saiq rang
KS218	J			Sariq rang			Havorang
KS220	J			Sariq rang			Yashil rang
KS222	J			Sariq rang			Ko'k rang
KS224	J			Sariq rang			Apilsin rang

Detallaring ro'yxati		BELGILANISHI					
		Anod tomonidan (+)			Katod tomonidan (-)		
			Turi	Rangi		Turi	Rangi
KS405	A			Sariq rang	 qora rang		Apilsin rang
KS411	A			Sariq rang			Oq rang
KS411	B			Sariq rang			Ko'k rang
KS433	A1			Sariq rang			Kulrang
KS516	B			Sariq rang			Qora rang
KG401	B	 -kulrang		Yashil rang			Havorang
KS508	A			Yashil rang	 qora rang		Apilsin rang
KS508	V			Yashil rang	 qora rang		Qizil rang
KS510	A1			Yashil rang			Apilsin rang
KS512	A1			Yashil rang			Sariq rang
KS515	A1			Yashil rang			Oq rang
KS516	A			Yashil rang			Qora rang
KS518	A1			Yashil rang			Havorang
KS522	A1			Yashil rang			Kulrang
KS527	A1			Yashil rang			Qora rang
KS201	G			Qizil rang			Yashil rang
KS447	A1			Qizil rang	 yashil rang		Kulrang
KS482	A1			Qizil rang	 -sariq rang		Kulrang
KS509	A			Qizil rang	 -qora rang		Ko'k rang
KS530	A			Qizil rang			qora rang
KG401	A	 -kulrang		Apilsin rang			Havorang
KS468	A1			Apilsin rang	 yashil rang		Kulrang
2S433	A1			Kulrang			Sariq rang
2S439	A1			Kulrang			Oq rang
2S447	A1			Kulrang			Qizil rang
2S456	A1			Kulrang			Qora rang
KG401	V	 -kulrang		Kulrang			Havorang

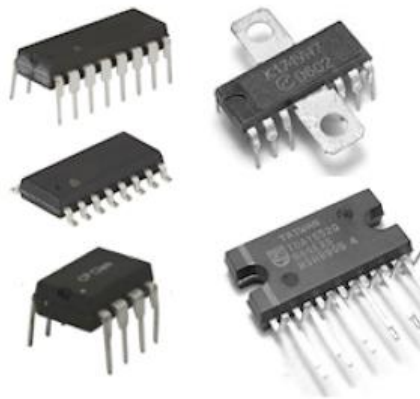
KS104	A			Kulrang			Oq rang
KS104	B			Kulrang			Qizil rang
KS201	A			Kulrang			Apilsin rang
KS201	B			Kulrang			Yashil rang
KS516	V			Kulrang			Qora rang
KS536	A			Kulrang	-sariq rang		Ko'k rang
2C510	A			Qora rang			Apilsin rang
2C512	A			Qora rang			Sariq rang
2C515	A			Qora rang			Oq rang
2C516	A			Qora rang			Yashil rang
2C516	B			Qora rang			Sariq rang
2C516	V			Qora rang			Kulrang
2C518	A			Qora rang			Havorang
2C522	A			Qora rang			Kulrang
KS405	B	-sariq rang		Qora rang	-qora rang		Qizil rang
KS456	A1			Qora rang	-yashil rang		Kulrang
2C133	A			Qora rang			Oq rang
2C139	A			Qora rang			Yashil rang
2C156	A			Qora rang			Apilsin rang
2C168	A			Qora rang			Qizil rang
2C147	A			Qora rang			
D814	V1			Qora rang			
D814	G1			Qora rang			
D814	D1			Qora rang			

Detallaring ro'yxati		BELGILANISHI					
		Anod tomonidan (+)			Katod tomonidan (-)		
			Turi	Rangi		Turi	Rangi
D814	A1			qora rang			
D814	B1			qora rang			
KS207	B						
KS207	V						
KS207	A						
a2G401	B	Apelsin rang		Yashil rang	-Kulrang		Oq rang
D814	A2				-qora rang		Oq rang
D818	A				-qora rang		Oq rang
KS175	J						Oq rang
KS406	B				-qora rang	yoki	Oq rang(apelsin)
D818	V				-qora rang		Havorang
KS191	J						Havorang
KS407	A	- Oq rang					Havorang
2G401	B	-Apelsin rang			-Kulrang		Sariq rang
D814	G2				-qora rang		Sariq rang
D818	B				-qora rang		Sariq rang
KS182	J						Sariq rang

KS407	V	- Oq rang					Sariq rang
KS551	A						Sariq rang
2S147	V	 - Sariq rang			 -Sariq rang		yashil rang
2S147	G	 - Sariq rang			 -Kulrang		yashil rang
2S551	A						yashil rang
D814	V2				 -qora rang		yashil rang
D818	G				 -qora rang		yashil rang
KS115	A				 -qora rang		yashil rang
KS210	J						yashil rang
KS407	G	 -Oq rang					yashil rang
2G401	A	 - -Apelsin rang			 -Kulrang		Qizil rang
2S107	A				 -qora rang		Qizil rang
2S156	V	 - Sariq rang			 -Sariq rang		Qizil rang
2S156	G	 - Sariq rang			 -Kulrang		Qizil rang
KS107	A				 -Kulrang		Qizil rang
KS591	A						Qizil rang
2S133	V	 - Sariq rang			 -Sariq rang		Apilsin rang
2S133	G	 - Sariq rang			 -Kulrang		Apilsin rang
2S600	A1						Apilsin rang
D818	E				 -Qora rang		Apilsin rang
KS212	J						Apilsin rang
KS407	B	 - Oq rang					Apilsin rang
2S139	V	 - Sariq rang			 - Sariq rang		Kulrang
2S139	G	 - Sariq rang			 -Qora rang		Kulrang
2S591	A						Kulrang
D814	D2				 -Qora rang		Kulrang
D818	D				 -Qora rang		Kulrang
KS211	J						Kulrang
KS407	D	 - Oq rang					Kulrang
KS406	A				 -Qora rang	 yoki 	Kulrang(oq rang)
D814	B2				 -Qora rang		Ko'k rang
KS191	A2						qora rang

2.5. Mikrosxemalar

Integral mikrosxemalar (IMS) butun bir boshli qurilma bo'lib, uning tarkibiga o'nlab, yuzlab, o'ng minlab tranzistorlar, diodlar, rezistorlarni o'z ichiga oladi. Hozirgi zamonda mikrosxemalarning turlari juda ko'pdir: mantiqiy mikrosxemalar, operatsion kuchaytirgichlar, mikrokontrollerlar va mikroprotssessorlar va boshqa maxsus mikrosxemalar.



Operatsion kuchaytirgichlar keng ravishda ovozni yozish va eshittirishda, telekommunikatsiyada, radiouzatish va radio qabullashda, televideniya signallarni kuchaytirish, filtrlash, generatsiyalash, taqqoslash va boshqa amallarda ishlatiladi.

2.6. Integral mikrosxemalarning tasniflanishi va belgilash tizimi

Funksional vazifasiga ko'ra IMSlar analog va raqamli IMSlarga bo'linadi. Analog IMSlar vaqtning uzluksiz funksiyalari hisoblanadigan signallarga ishlov berish va ularni o'zgartirish uchun mo'ljallangan. Raqamli IMSlar vaqtning diskret funksiyalari hisoblanadigan signallarga ishlov berish va ularni o'zgartirish uchun mo'ljallangan.

Tayyorlash texnologiyasiga bog'liq ravishda yarim o'tkazgichli, plyonkali va gibrid (aralash) IMSlarga bo'linadi. Yarim o'tkazgichli IMSda barcha elementlar va elementlararo bog'lanishlar hajmda va yarim o'tkazgichli taglik sirtida bajarilgan. Plyonkali IMSda barcha elementlar va elementlararo bog'lanishlar faqat dielektrik taglik sirtida o'tkazuvchan va dielektrik materiallar plyonkalari ko'rinishida bo'ladi. Plyonkali IMSlar ikki turga ajratiladi:

- yupqa plyonkali, agar 1 mkmdan kichik qalinlikdagi plyonkalar ishlatilsa;

➤ qalin plyonkali, agar 1 mkmdan ortiq qalinlikdagi plyonkalar ishlatilsa.

Gibrid IMSlarda, elementlardan tashqari, dielektrik taglik sirtida joylashgan oddiy va murakkab korpussiz komponentlar (masalan, yarim o'tkazgichli IMSlar) mavjud.

Agar IMSda elementlar va elementlararo bog'lanishlar plyonkalar ko'rinishida bajarilgan, shuningdek korpussiz komponentlarga (tranzistorlar, diodlar, induktivliklar va h.k.) ega bo'lsa, u holda u gibrid-plenkali deyiladi.

Integral sxemalar integratsiyalash darajasi bo'yicha ham bo'linadi.

Integratsiyalash darajasi:

$$K_{\text{И}} = \lg N_{\text{ИМС}},$$

bu yerda K_I — IMSning murakkabligi darajasi ko'rsatkichi; A_{IMS} — IMSga kiradigan elementlar yoki komponentlar soni.

Amalda K_I qiymat yaqindagi butun songacha yaxlitlanadi: masalan, agar $K_I = 3$ bo'lsa, u holda bu 10^3 tartibdagi IMS elementlar va komponentlar sonini bildiradi.

IMSni tasniflash va belgilash tizimi 18682-73 davlat standartiga asoslangan. Konstruktiv-texnologik bajarilishi bo'yicha ular uchta guruhlariga bo'lingan bo'lib, ularga quyidagi belgilashlar tayinlangan:

- 1, 5, 7 — yarim o'tkazgichli;
- 2, 4, 6, 8 — gibrid;
- 3 — boshqalar.

IMS turini shartli belgilash quyidagi to'rtta elementlardan tashkil topgan:

- raqamlar, ular konstruktiv-texnologik bajarilishni ko'rsatadi;
- ikkita raqamlar, ular ishlanmaning tartib nomerini ko'rsatadi;
- ikkita harflar, mikrosxemaning funksional vazifasini ko'rsatadi;
- bir yoki bir necha raqamlar, ular bu turkumning funksional belgisi bo'yicha IMS ishlanmasining tartib nomerini ko'rsatadi.

Birinchi ikkita element IMS turkumining nomerini bildiradi.

Turkum deb turli funksiyalarni bajara oladigan IMS turlari to'plamiga aytiladi, yagona konstruktiv-texnologik bajarilishga ega bo'ladi va birga qo'llanishi uchun mo'ljallangan.

Keng qo'llanish uchun chiqariladigan mikrosxemalarning belgilanishida belgilashning birinchi elementi oldiga "K" indeksi

qo'yiladi. Shartli belgilashning oxiriga ba'zan A dan Ya gacha qo'shimcha harf alohida elektr parametrlarini ohishlarini hisobga olish uchun qo'yiladi.

IMSni belgilashga misollar:

➤ 101T1A: yarim o'tkazgichli IMS, turkum — 101, turkum ichidagi ishlanmaning tartib nomeri — 1, tok kaliti funksiyasini bajaradi; guruhi — A, kalitning qoldiq qo'llanishi 50 mkVdan oshmasligini bildiradi;

➤ K284UD1A: keng qo'llanishdagi gibrid-plenkali IMS, turkum — 284, turkum ichidagi ishlanmaning tartib nomeri — 1, funksional vazifasi — differensial operatsion kuchaytirgich, guruhi — A, 0,1...10 Gs polosadagi o'z shovqinlari sathi 6 mkVdan oshmasligini bildiradi.

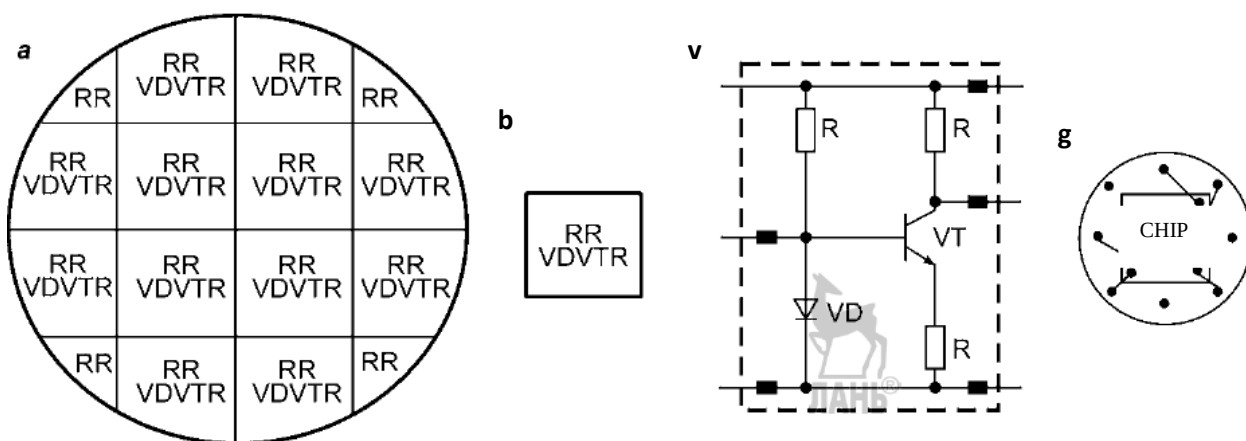
2.7. Elektron asboblarni tayyorlashning guruhli usuli

Bu usul 1950- yillarning oxirida taklif etilgan. Uning mazmuni shundan iboratki, 25...80 mm diametrli va 0,2...0,5 mm qalinlikdagi yarim o'tkazgichli plastinada bir vaqtda uning sirtida muntazam joylashgan ko'plab tranzistorlar tayyorlanadi. Keyin plastina bittadan tranzistorga ega bo'lgan ko'plab alohida kristallarga ajratiladi. Bundan keyin kristallar tashqi chiqishlarli korpuslarga joylashtiriladi.

Ta'kidlash kerakki, yetakchi firmalar hozirgi vaqtda 300...500 mm diametrli plastinalarni ishlatmoqda.

Guruhli usul g'oyasi integral mikroxeamlarni tayyorlashda keng ishlatila boshlandi, bu 2.1- rasmda tasvirlangan.

Bu yerda bitta taglikda komponentlarni texnologik integratsiyalanishi ishlatiladi. Integratsiyalanishning ma'nosi shundan iboratki, dastlabki plastinadi (2.1a- rasm) alohida tranzistorlar o'rniga bir vaqtda bir necha IMSlar tayyorlanadi, ulardan har biri funksional tugunni qurish uchun zarur bo'ladigan barcha komponentlarga (2.1b,v- rasmlarda tasvirlangan **R** rezistorlar, **VD** diodlar, **VT** tranzistorlar) ega bo'ladi. Bu komponentlar bir-birlari bilan yupqa metal polosalar (ko'pincha alyuminiy) bilan ulanadi.



2.1- rasm. Integral sxemalarni tayyorlash guruhli modulining bosqichlari

2.1a-rasmdan koʻrinib turibdiki, barcha IMSlar plastinaning sirtida muntazam joylashgan. Plastina korpusga joylashtiriladigan alohida kristallarga (maxsus adabiyotlarda CHIPlar deyiladigan) boʻlinadi. Bu 2.1g- rasmda tasvirlangan. Bunda apparaturani ishlab chiquvchi maʼlum turdagi va vazifali elektron asbob koʻrinishidagi tayyor funksional tugunni oladi.

2.8. Planar texnologiya

Elektron apparaturani elektron lampalarda va tranzistorlarda ishlab chiqishda doimo asboblarni oʻzaro kavsharlash yordamida koʻp sonli ulanishlari zarurati vujudga keladi. Kavsharlangan bogʻlanishlarning juda koʻpligi apparaturaning ishonchliligini keskin kamaytiradi va koʻplab yigʻish va montaj qilish operatsiyalari tufayli uning narxini oshiradi. Koʻrsatilgan kamchiliklardan sezilarli darajada qochishga, hozirgi kunda IMSlarni ishlab chiqarishda keng qoʻllaniladigan **planarnaya texnologiya** imkon beradi. U ularning chiqishlarini bitta tekislikda joylashtirish bilan yarim oʻtkazgichli plastinada turli xil elementlarni tayyorlanishini taʼminlaydi. Bu metall polosalar yordamida yagona texnologik siklda elementlarning oʻzaro ulanishini bajarishga imkon beradi.

Murakkab IMSlarni ishlab chiqishda zarur oʻzaro bogʻlanishlarni taʼminlash uchun murakkab IMSlarni ishlab chiqishda baʼzan oʻzaro dielektrik qatlamlar orqali ajratilgan bir necha metall plyonkalar qatlamlari ishlatiladi. Shunday qilib, planar texnologiya boʻyicha tayyorlangan IMS asosida apparaturalarni ishlab chiqishda koʻp sonli kavsharlash bogʻlanishlari zaarurati boʻlmaydi, gabarit oʻlchamlar, massa keskin kamayadi, ishonchlilik ortadi va narx pasayadi.

2.9. Plenkali va gibrid texnologiyalar

Plyonkali texnologiya yordamida passiv elementlar - rezistorlar, kondensatorlar, induktivlik elementlari, shuningdek ulash o'tkazgichlari va kontakt yuzalar tayyorlanadi.

Shunday qilib, faqat plyonkali IMSlar odatda passiv hisoblanadi.

Plenkali integral elementlar ko'pincha gibrid IMSlar tarkibida kichik hajmli osma komponentlar bilan birga ishlatiladi. Ular yarim o'tkazgichli IMSlarga ishonchlik, joylashtirish zichligi va tannarx bo'yicha yutqazish bilan ko'p hollarda osma komponentlarning keng ro'yxatini (tranzistorlar, kondensatorlar va induktivlik elementlari) qo'llanilishi hisobiga eng yaxshi texnik ko'rsatkichlarga ega. Plyonkali va gibrid IMSlar elementlari dielektrik taglik sirtida bajariladi.

Gibrid IMSlarni tayyorlashda ham qalin, ham yupqa plenkalar ishlatiladi. Qalin plyonkali IMSlar elementlari uchun dastlabki materiallar maxsus rezistiv, o'tkazadigan va dielektrik yarim suyuq shisha-emallar pastalari hisoblanadi. Ular tayyorlanadigan elementlarning berilgan konfiguratsiyasini ta'minlash bilan taglikning sirtiga maxsus trafaret orqali yuritiladi. Keyin trafaret olinadi, lokal surilgan pasta esa quritiladi va taglikka kuydiriladi.

Qalin plyonkali IMSlar uchun issiqlikka barqaror (masalan, keramik) tagliklar ishlatiladi. Bunday IMSlar yuqori mexanik puxtalikka va yaxshi korroziyaga barqarorlikka ega. Qalin plyonkali IMSlarda yuqori issiqlik o'tkazuvchanlikli tagliklarning ishlatilishi quvvatli IMSlarni yaratishga imkon beradi.

Qalin plyonkali IMSlar past narx bilan farqlanadi, ularni tayyorlanishi uchun murakkab qurilmalar talab qilinmaydi. Lekin qalin plyonkali texnologiya elementlarni tayyorlanishining yuqori aniqligini ta'minlamaydi, bu ularning parametrlari real qiymatlarini hisoblangan nominal qiymatlardan katta og'ishlarga olib keladi.

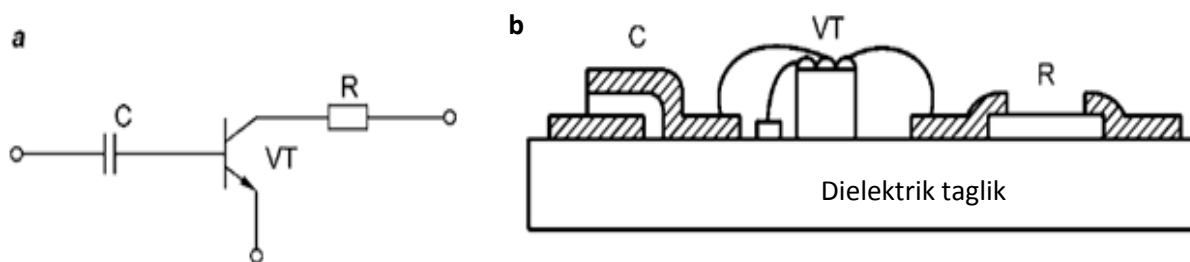
Yupqa plyonkali IMSlar texnologiyasi boshqa texnologiyalar turlariga qaraganda torroq ruxsat etiladigan nominallarli passiv elementlarni tayyorlashga imkon beradi. Yupqa plyonkali IMSlarni ishlab chiqishda rezistiv, o'tkazuvchan yoki dielektrik materiallarni lokal changlash yo'li bilan elementlar va o'zaro bog'lanishlarni yaratishga imkon beradigan qimmat qurilmalar ishlatiladi. Qalin plyonkali IMSlarga taqqoslaganda ulardagi elementlar zichroq joylashgan.

Plyonkali IMSlar texnologiyalari yuqori sifatli aktiv elementlarni, shuningdek parametrlarning katta nominal qiymatlarili induktivlik elementlari va kondensatorlarni tayyorlashni ta'minlamaydi. Ko'rsatilgan kamchilikni tuzatishga gibrir-plenkali texnologiya imkon beradi. U dielektrik tagliklarida plyonkali elementlar hosil qilinadigan, shuningdek osma korpussiz aktiv elementlar va boshqa kichik hajmli passiv elementlar joylashadigan IMSlarni ishlab chiqarishni ta'minlaydi.

Eng oddiy gibrir-plenkali IMSning konstruktiv tuzilishi va uning elektr sxemasi 2.2a,b- rasmda tasvirlangan.

Bu rasmda passiv plenkali elementlar (R rezistor, S kondensator) va taglikka yelimlangan korpussiz aktiv element (VT tranzistor) tasvirlangan.

Gibrir-plenkali texnologiya turli xil elektron qurilmalarni tez yaratishga imkon berish bilan tez moslashuvchanlik bilan ajralib turadi. Kam parazit sig'imglar, elementlarning yaxshi o'zaro izolyatsiyasi va yuqori sifatli osma aktiv elementlardan foydalanish imkoniyati tufayli gibrir-plenkali IMSlar oddiy diskret elementlardagi sxemalarga qaraganda eng yaxshi chastotaviy va impulsli xossalarga ega. Bu o'ziga xos xususiyatlar tufayli gibrir-plenkali texnologiya katta turli xil funksiyalar bilan farqlanadigan analog IMSlarni ishlab chiqarish uchun istiqbolli hisoblanadi.

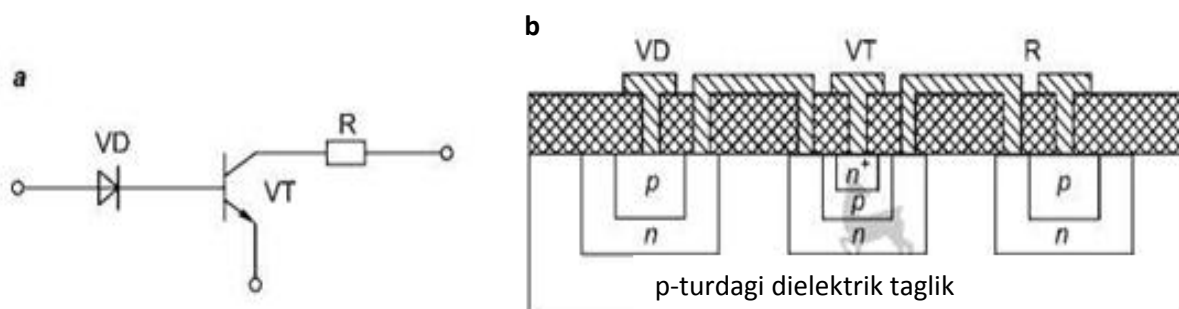


2.2- rasm. GIMS sxemasi (a) va konstruksiyasi (b)

2.10. Yarim o'tkazgichli texnologiya

Yarim o'tkazgichli IMSlarni tayyorlash uchun odatda r - yoki n - turdagi o'tkazuvchanlikli monokristall kremniy plastinalar ishlatiladi. Plastinaning turli qismlarida aralashmalarning konsentratsiyasini ma'lum tarzda o'zgartirish bilan berilgan elektr funksiyasini beradigan va oddiy rezistor, kondensator, diod yoki tranzistorga ekvivalent ko'p qatlamli tuzilmani oladi. Texnologiya bir yoki bir necha tranzistorli tuzilmalarni

tayyorlashga mo'ljallangan, binobarin ularni tayyorlanishi jarayonida yagona texnologik jarayonda bir vaqtda boshqa tuzilmalar ham (rezistiv, diodli va h.k.) yaratiladi, bu 2.3a,b-rasmlarda tasvirlangan.

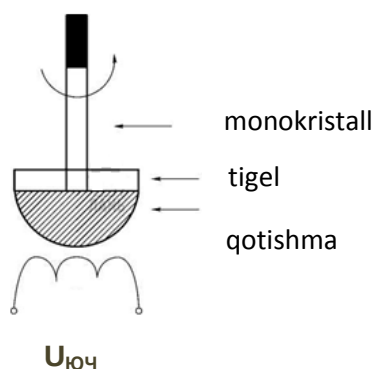


2.3- rasm. IMSning sxemasi (a) va konstruksiyasi (b)

Zamonaviy yarim oʻtkazgichli IMSlarni tayyorlash jarayoni juda murakkab. U mikroiklimli va yuqori tozalikdagi maxsus xonalarda qimmat turadigan pretsizion qurilmalardan foydalanish bilan oʻtkaziladi.

Yarim o'tkazgichli IMSlarni tayyorlashda bajariladigan asosiy texnologik jarayonlarni ko'rib chiqamiz. Boshlang'ich yarim o'tkazgichli material kremniy moddasining (qumining) qotishmasidan quyma ko'riishida olinadi.

Monokristall kremniy quymalar, boshqa yarim o'tkazgichlar kabi odatda Choxralskiy usuli deyiladigan qotishmadan kristallashtirish yo'li bilan olinadi. Pilikli sterjen (monokristall kremniy ko'rinishidagi) qotishmaga tekkizilganidan keyin bir vaqtda aylantirish bilan sekin ko'tariladi (2.4-rasm). Bunda pilikdan keyin oshuvchi va qotuvchi quyma tortiladi.

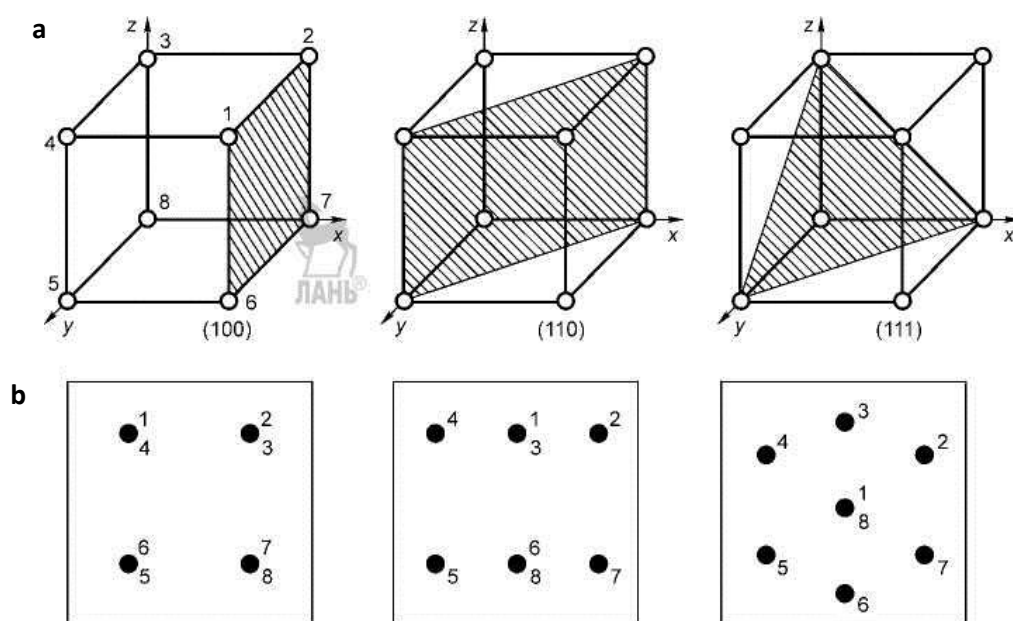


2.4- rasm. Choxralskiy usulida monokristallni oʻstirish sxemasi

Quymani (uning ko'ndalang kesimini) kristallografik yo'naltirish pilikni kristallografik yo'naltirish orqali aniqlanadi. Kristall tuzilmasining muntazamligi (davriyligi) uning xossalarini kristall panjaradagi yo'nalishga bog'liqligiga - anizotropiyaga olib keladi. Yo'nalishni baholash, ya'ni kristall panjarada kristallografik o'qlar va ularga perpendikulyar kristallo grafik tekisliklar yordamida "yo'nalishni olish" qabul qilingan. Bu o'qlar va tekisliklar Millerning uchta qiymatli indeksleri orqali belgilanadi. O'qlarni belgilash uchun Miller indeksleri kvadrat - $[111]$, $[100]$ va h.k. qavslarga olinadi va mos tekisliklar uchun esa aylana - (111) , (100) va h.k. qavslarga olinadi.

Miller indekslarining kelib chiqishini eng oddiy kubik panjaraga qo'llanilishi 2.5a-rasmda tasvirlangan.

Bu tekislik koordinata o'qlarida kesib o'tadigan bo'laklar doimiy panjara birliklarida o'lchanadi: $x = 1a$, $u = ta$, $z = na$, bu yerda l , m , n — butun sonlar. Keyin 1^1 , m^{-1} , n^1 teskari kattaliklar eng kichik umumiy maxrajga keltiriladi va maxraj tashlab yuboriladi. U holda suratlar bu tekislik uchun Miller indekslarini hosil qiladi.



2.5- rasm. Kristallografik tekisliklar: *a* — Miller indekslarining kelib chiqishi; *b* — kristallografik tekisliklarda atomlarning joylashishi

Har bir kristallografik tekislikka maydon birligiga o'z atomlar zichligi o'ziga xos bo'ladi. Masalan, agar kubik panjarali kristallga (100) , (110) va (111) tekisliklarga perpendikulyar qaralsa, u holda

ko'rish maydonida atomlarning joylashishi 2.5b-rasmda tasvirlanganidek bo'ladi (yaqqollik uchun tugunlar atomlar nomerlangan). Atomlarning eng katta zichligi (111) tekislikka, eng kichik zichligi (100) tekislikka mos keladi. Kremniyda (111) tekislik bog'lanish tekisligi hisoblanadi. U bo'yicha yoriqlar tarqaladi va kristallning parchalanishi bo'lib o'tadi. Turli kristallografik tekisliklar uchun kristallning ko'plab xossalari va parametrlari – optik xossalar, ishlov berish tezligi va boshqalar turlicha bo'lib qoladi. Shuning uchun IMSni tayyorlash uchun plastinalar oldindan berilgan kristallografik tekislik bo'yicha nazorat qilish uchun rentgent nurlanishlari difraksiyasini ishlatish bilan aniq silliqalanadi. Boshqalaridan ko'pincha (111) yoki (100) tekislikda yotadigan ko'ndalang kesimli quymalar ishlatiladi.

Turli ishlab chiqaruvilaning quymalari diametri 80 dan 500 mmgachani tashkil etadi. Quymalarning uzunliklari 1 - 1,5 mlarga yetishi mumkin, lekin odatda u bir necha marta kachik bo'ladi.

Kremniy quymalari ko'plab yupqa plastinalarga bo'linadi (0,4...0,5 mm qalinlikdagi), ularda keyin integral sxemalar yoki boshqa qurilmalar tayyorlanadi. Bo'lish vaqtida quymalar puxta mahkamlanadi, binobarin, plastinalar zarur kristallografik yo'nalishga ega bo'lishi uchun quymalarning kesuvchi polotnolar yoki disklarga nisbatan perpendikulyar joylashishini ta'minlash zarur.

Kesishdan keyin plastinalarning sirti notekis bo'ladi, tirnalishlar, bo'rtishlar va chuqurlarning o'lchamlari bo'lajak IMS elementlaridan ancha ortiq bo'ladi. Shuning uchun asosiy texnologik operatsiyalarni boshlashdan oldin plastinalar ko'p marta silliqalanadi, keyin esa sayqallanadi.

Silliqlashdan maqsad mexanik nuqsonlarni yo'qotishdan tashqari, plastinaning kesishda erishilmaydigan zarur qalinligini (200...300 mkm) va tekisliklarning paralleligini ta'minlashdan iborat. Silliqlash aylanadigan silliqlash disklarida amalga oshiriladi. Silliqlash moddasi mikrokukunlardan suspenziyalar hisoblanadi, ularning donalari o'lchamlari har bir silliqlash siklida yanada kichik 1...2 mkmgacha tanlanadi.

Silliqlash tugaganidan keyin sirtida baribir bir necha mikron qalinlikdagi mexanik buzilgan qatlam qoladi, uni ostida yanada yupqa fizik buzilgan qatlam deyiladigan qatlam qoladi. Bu qatlam uchun silliqlash jarayonida vujudga keladigan kristall panjara "ko'zga

ko‘rinmaydigan” buzilishlari va mexanik kuchanishlar xarakterli bo‘ladi.

Sayqallash har ikkala buzilgan qatlamlarni yo‘qotish va opik tizimlarga xos bo‘lgan mikronning yuzdan bir ulushlari darajasigacha sirtning notekisligini kamaytirishdan iborat. Mexanik sayqallashdan (yanada mayda suspenziyalar yordamida) tashqari, kimyoviy sayqallash (kimyoviy ishlov berish), ya'ni yarim o‘tkazgichning sirtqi qatlamini u yoki bu reaktivlarda eritish ishlatiladi. Sirdagi bo‘rtishlar va yoriqlar asosiy materialga qaraganda tez eriydi va umuman sirt tekislanadi. Silliqlash va sayqallash jarayonida erishiladigan plastina tekisliklarining paralleligi uzunlikning santimetriga mikron birliklari va hatto ulushlarini tashkil etadi.

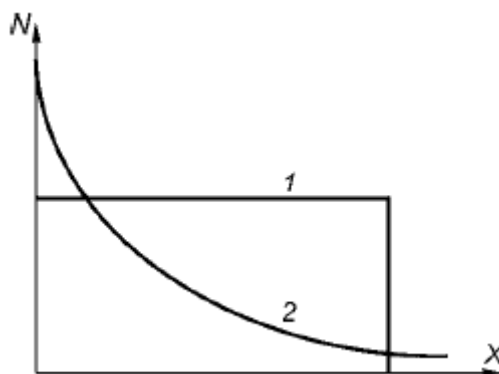
Yarim o‘tkazgichli texnologiyadagi muhim jarayon organik moddalar, ayniqsa yog‘lar bilan ifloslanishlarda sirtni tozalash hisoblanadi. tozalash va yog‘sizlantirish organik erituvchilarda (toluol, atseton, etil spirti va boshqalarda) oshirilgan haroratda o‘tkaziladi.

Ishlov berish, tozalash va boshqa ko‘plab jarayonlar plastinalarni ionlashmagan suvda yuvish bilan olib boriladi. Deionizatsiyalash oldindan oldindan distirlangan suvni donador smoladan o‘tkazish yo‘li bilan maxsus qurilmalarda amalga oshiriladi, ulardagi kimyoviy reaksiyalar tufayli erigan ionlarning bog‘lanishi bo‘lib o‘tadi. Deionizatsiyalash darajasi odatda 10...20 MOm·sm va undan yuqori chegaralarda yotadigan suvning solishtirma qarshiligi (bidistirlangan suvning solishtirma qarshiligi 1...2 MOm·smdan oshmaydi) bo‘yicha baholanadi.

2.11. Berilgan o‘tkazuvchanlik turlari va yarim o‘tkazgichli qatlamlarni yaratish jarayoni

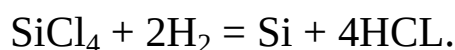
Plastinaning dastlabki materialining o‘tkazuvchanligini o‘zgartirish epitaksiya va diffuziya yordamida amalga oshiriladi.

Epitaksiya bu plastinada monokristall qatlamlarni yo‘naltirilgan o‘stirish jarayoni hisoblanadi. Epitaksiyalashda o‘stiriladigan qatlamning kristallografik yo‘nalishi taglikning kristallografik yo‘nalishini takrorlaydi. Epitaksial qatlam chuqurli bo‘yicha bir tekis taqsimlangan aralashmalar orqali xarakterlanadi, buni 2.6- rasmda tasvirlangan 1 egri chiziq ko‘rsatadi.



2.6- rasm. Epitaksiyalashda (1) va (diffuziyalashda (2)) aralashmalarning taqsimlanishi

Amalda 1200°S haroratda bo‘lib o‘tadigan kimyoviy reaksiyaga asoslangan oddiy epitaksiyalash xloridli jarayoni ishlatiladi:



Natijada plastinaning sirtida toza kremniy qatlami qoladi. Qo‘shimcha aralashmalarning kiritilishida berilgan o‘tkazuvchanlik turili epitaksial qatlam olinadi. n-turdagi o‘tkazuvchanlikni olinishi uchun fosfor birikmasi ishlatiladi, r-turdagi o‘tkazuvchanlikni bor birikmasi ta'minlaydi.

Epitaksial qatlam asosiy materialning monokristall davomi hisoblanadi, mexanik nuqsonlar va kuchanishlarga ega emas. Plyonkani o‘stirilishi tezligi uncha yuqori emas, soatiga bir necha mikrometrlarni tashkil etadi.

Diffuziyalash deb yarim o‘tkazigichli plastinaga arlashmalarni yuqori haroratda o‘tkazish jarayoniga aytiladi. Bu jarayon n-turdagi o‘tkazuvchanlikni olish uchun fosfor, surma, мышыак, r-turdagi o‘tkazuvchanlikni olish uchun bor, galliy, indiy diffuzantlar qo‘llanilishi orqali diffuzion pechlarda 1200°S haroratda o‘tkaziladi.

Diffuziyalash *umumiy* va *lokal* (mahalliy) bo‘lishi mumkin. Birinchi holda u plastinaning butun sirtida o‘tkaziladi, ikkinchi holda esa plastinaning ma'lum oraliqlarida SiO₂ dielektrik qatlamdagi maxsus oyna orqali amalga oshiriladi. Umumiy diffuziyalash plastinada yupqa diffuzion qatlamning paydo bo‘lishiga olib keladi, u chuqurligi bo‘yicha aralashmalarni epitaksial bir jinsli bo‘lmagan taqsimlashdan farq qiladi (2.6- rasm, 2- egri chiziq).

Chuqur diffuzion qatlamlarning olinishi uzoq davom etadigan jarayon hisoblanadi. O'rnatilganki, diffuziyalashning o'tkazilishi vaqti diffuzion qatlamning kerakli chuqurligi kvadratiga proporsional.

2.12. Plastina sirtining oksidlanishi

Diffuziyalash operatsiyalarida kremniy sirtini himoyalash va niqoblash uchun kislorod yoki suv bug'lari atmosferasida 1000...1300°S haroratda plastinalarni oksidlash qo'llaniladi. Bunda 0,1...1 mkm qalinlikdagi kremniy ikki oksidining dielektrik qatlami hosil qilinadi.

Kremniy ikki oksidining dielektrik qatlamlari quyidagilar uchun ishlatiladi:

- yarim o'tkazgichli plastinaning sirtini tashqi ta'sirlardan himoyalash;

- niqoblarni hosil qilish, ularning oynasi orqali aralashmalar kiritiladi va alohida yarim o'tkazgichli aralashmalarning talab qilinadigan konfiguratsiyasi ta'minlanadi;

- «metall—dielektrik—yarim o'tkazgich» (MDYaO') tuzilmasili tranzistorlar zatvori ostida dielektrikni hosil qilish;

- IMS elementlarini o'zaro izolyasiyalash (ajratish).

Shunday qilib, kremniy IMSlarni tayyorlash uchun asosiy material hisoblanadi.

2.13. Litografiya jarayonlari

Litografiya (o'yma naqsh) yarim o'tkazgichli plastinaga aralashmalarni kiritilishining lokal xarakterini ta'minlash va elementlarning berilgan konfiguratsiyasini olinishi maqsadlarida niqoblardagi oynalarni yaratish uchun IMSlarni tayyorlashda ishlatiladi.

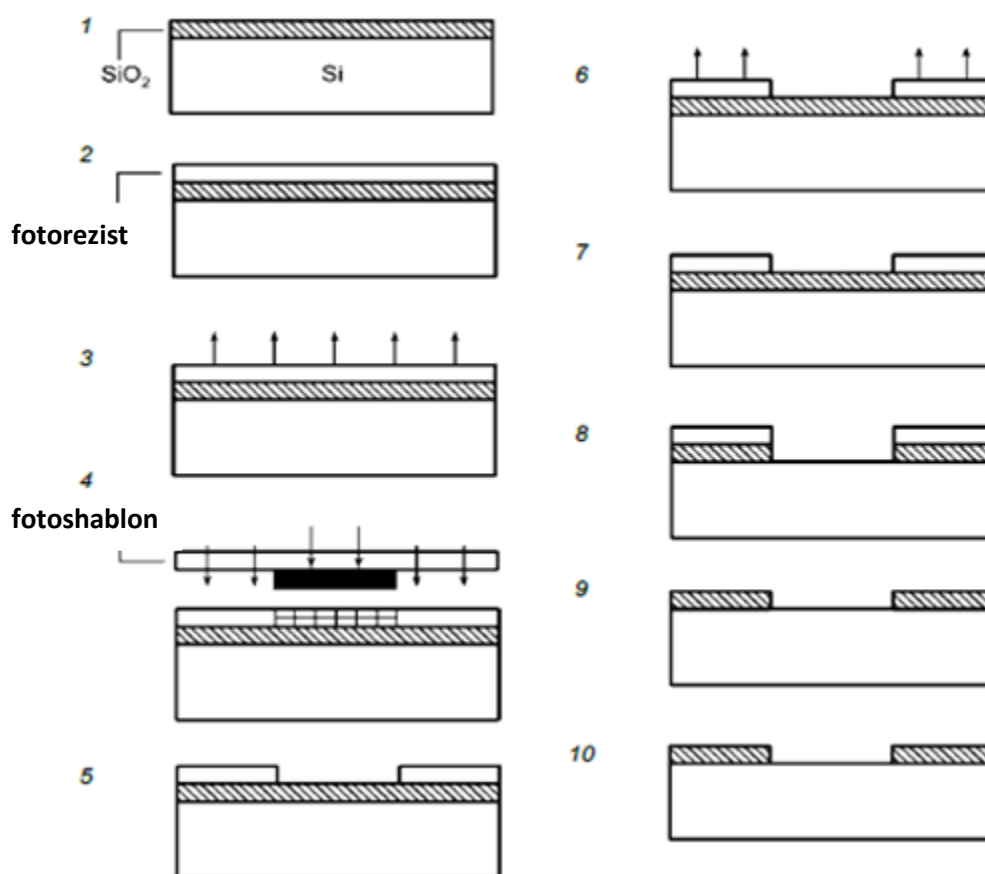
Litografiya usullari orasidan hozirga vaqtda fotolitografiya eng keng qo'llaniladi. Fotolitografiyaning asosida *fotorezistlar* hisoblanadigan materiallardan foydalanish yetadi. Bu oddiy fotografiyada ma'lum bo'lgan fotoemulsiyalarning bir turi hisoblanadi. Fotorezistlar ultrabinafsha nurlarga sezgir, shuning uchun ularga uncha bo'lmagan qorong'i xonada ishlov berish mumkin. Fotorezistlar negativ va pozitiv bo'lishi mumkin. *Negativ fotorezistlar* yorug'lik ta'sirida polimerlashadi va kislotali va ishqorli ta'sirlarga barqaror bo'lib oladi. Shunday qilib, fotoshablon ta'minlaydigan lokal yoritishdan keyin yoritilmagan oraliqlar oddiy fotonegativagi kabi ishlov beriladi. *Pozitiv fotorezistlarda* yorug'lik,

aksincha, polimer zanjirlarini buzadi va demak, yoritilgan oraliqlarga ishlov beriladi

Fotoshablon qalin shisha plastina bo'lib, uning tomonlaridan biriga yorug'lik uchun ochiq ko'rinishdagi oraliqlar-oy-nalar zarur rasmi-yi yupqa ko'r-inadigan plyonka qoplangan. 1:1 masshtabdag-i bu oy-nalar bo'lajak IMSlar oy-nalariga mos keladi. Binobarin, IMSlar guruhli usulda ishlatiladi, fotoshablonda ko'plab bir turli rasmlarga ruxsat etadi. Har bir rasmning o'lchami bo'lajak IMS kristalining o'lchamiga mos keladi.

Fotolitografik jarayonlar kompleksi IMSning tayyorlanishi texnologik jarayonida ko'p marta (3 dan 1 martagacha) takrorlanadi. Har bir marta kremniyning oksidlangan plastinasiga yupqa fotorezist qatlami yuritiladi, u fotoshablon orqali ultrabinafsha nurlanish manbaidan yoritiladi. Keyin fotorezist ko'r-inadigan qilinadi va kremniy ikki oksidi sirtidagi zarur oy-nalar ochiladi. Bu oy-nalarda kremniy ikki oksidi fluoristli ammoniy va o'tkir kislota aralashmasi orqali ishlov beriladi, bu bilan yarim o'tkazgichli taglik sirti tanlab ochiladi. Shunday qilib, IMS elementlarini tayyorlashda diffuziyalash va epitaksiyalash jarayondaridan foydalanish uchun sharoit yaratiladi. Fotolitografiya bosqichlari 2.7- rasmda tasvirlangan.

Ko'plab yillar davomida ishlov berish uchun turli nam kimyoviy jarayonlar ishlatildi ("nam" atamasi yarim o'tkazgichli tuzilmalarga ishlov berish uchun kimyoviy aktiv komponentlarning suvli va suvsiz aralashmalain-ing ishlatilishini ko'zda tutadi). Lekin mikrosxemalarning integratsiyalanishi darajasi va axborot sig'imini uzluksiz oshirish zarurati shunga olib keldiki, nam jarayonlar zarur ruxsat etishni ta'minlay olmadi.



2.7-rasm. Fotolitografiya bosqichlari

1 — sirtni tayyorlash (yuvish va quritish); **2** — fotorezistni qoplash (yupqa polimer qatlami markazdan qochirma kuch tasirida aralashmani mexanik ravishda ajratish bilan qoplanadi); **3** — quritish (ertigichni yo'qotish va rezistni qattiq eritiladigan bosqichga o'tkazish); **4** — fotoshablonni yotqizish va eksponsiyalash (fotoshablonga malum vaqt nur tushirish) (musbat rezist yoruhlik ta'siri ostida erimaydigan bosqichga o'tkaziladi); **5** — rezistni ko'rinadigan qilish (eksponsiyalanmagan rezistni yo'qotadigan eritgichda yuvish); **6** — stabillaydigan yumshatish (eritgich qoldiqlarini yo'qotish); **7** — nuqsonlarni nazorat qilish va tuzatish; **8** — ishlov berish (niqob rasmini to'g'ridan-to'g'ri yarim o'tkazgichli tuzilma sirtiga o'tkazish); **9** — fotorezistni yo'qotish; **10** — oxirgi nazorat qilish.

Nazorat savollari

1. Radioelektron vositalarning element bazasi: rezistorlarning turlari.
2. Radioelektron vositalarning element bazasi: kondensatorlarning turlari.
3. Radioelektron vositalarning element bazasi: induktivliklarning turlari.
4. Radioelektron vositalarning element bazasi: diodlar turlari.
5. Radioelektron vositalarning element bazasi: bipolyar tranzistorlar turlari.
6. Radioelektron vositalarning element bazasi: maydoniy tranzistorlar turlari.
7. Radioelektron vositalarning element bazasi: integral mikrosxemalar turlari.

III BOB. KONSTRUKSIYALASH ASOSLARI VA USULLARI

3.1. Konstruksiyalashning xususiyatlari

Radioelektron vositalarni (REV) konstruksiyalash uchun boshlang'ich (dastlabki) ma'lumot sifatida texnik topshiriq va prinsipial elektr sxema xizmat qiladi.

Konstruktorning ishini quyidagi tarkibiy qismlarga ajratish mumkin:

1. Ijodiy – konstruktiv ijroning turli variantlarini analizi va sintezi;
2. Texnik – hisoblashlar va konstruktorlik hujjatlarni ishlab chiqish;
3. Tashkiliy – bajaruvchilarga rahbarlik qilish, konstruktorlik hujjatlarini tekshirish, muvofiqlashtirish va arxivga topshirish;
4. Ishlab chiqarish – Mahsulotni yasaliishini kuzatish;
5. Korreksiyaovchi – xatolarni to'g'irlash, materiallarni almashuvi, konstruksiyalash takomillashuvi natijasida konstruktorlik hujjatlarni o'zgartirish.

Konstruksiyalash jarayonida ijodiy qism asosiy va og'ir qism hisoblanadi va bu jarayonda ikkita vazifa amalga oshiriladi:

➤ analiz, ya'ni yaratilayotgan REV turli ta'sirlar holatida ishlashi va ko'rsatkichlarini o'zgarishi;

➤ sintez, ya'ni berilgan ko'rsatkichlar va cheklovlar asosida yaratilayotgan konstruksiyaning optimal strukturasini aniqlash.

Bu jarayonda konstruktorning tajribasi, intuitsiyasi va ijodiy yondashuvi, hamda hamkasblari va EHM bilan ishlashning chambarchasligi katta ahamiyatga ega.

Konstruksiyalash jarayonida, ya'ni analiz o'tkazilayotganda uchta usuldan foydalaniladi:

Mantiqiy-hisoblash;

Evristik (ekspert baholash yoki aqliy xujum);

Modellash usuli.

3.2. REVni yaratilishini bosqichlari

Ishlab chiqilayotgan (yaratilayotgan) Radioelektron vositalarning parametrlari va talablari ko'pincha qarama-qarshi bo'ladi (narxi arzon bo'lishi va shu bilan birga yuqori ishonchliligi bo'lishi lozim). Yangi ishlab chiqilayotgan REV uchun dastlabki axborot to'liq bo'lmaganligi

uchun bajaruvchilar xato qilishi mumkin. Shuning uchun REVLarni ishlab chiqish bir necha bosqichda amalga oshiriladi (kamida ikkita):

- **ITI** (ilmiy-tadqiqot ishi);
- **TKI** (tajriba-konstruktorlik ishi).

Har bir bosqich bir necha etapdan iborat.

Ilmiy-tadqiqot ishini olib borishning asosiy etaplari:

1. **Patent qidiruvi.**
2. **Texnik topshiriqni (TT)** ishlab chiqish, buyurtmachi bilan muvofiqlashtirish va **ITIn**i davlat registratsiyasidan o'tkazish.
3. **Tayyorgarlik etapi** – tadqiqot yo'nalishini tanlash, **ITIn**ing asosiy qismlari uchun xususiy texnik topshiriqlarni ishlab chiqish, muvofiqlashtirish va tasdiqlash.
4. **Asosiy etap** – nazariy va eksperimental tadqiqotlar o'tkazish, tadqiqotlar natijalariga ishlov berish, texnik hujjatlarni tuzish va rasmiylashtirish.
5. **Yakunlovchi etap** – natijalarni umumlashtirish va bajarilgan **ITIn**i baholash.
6. **ITIn**i **topshirish** – tajriba-konstruktorlik ishini bajarish topshirig'ini muhokama qilinishi va muvofiqlashtirish, **ITIn**i davlat idoralari tomonidan qayd qilinishi.

Tajriba-konstruktorlik ishini etaplari:

- Texnik topshiriq;
- Texnik taklif;
- Eskiz loyiha;
- Texnik loyiha;
- Ishchi hujjatlar.

3.3. Konstruksiyalash jarayonini tashkillashtirish

Texnik topshiriq bajaruvchi tomonidan buyurtmachining texnik talablari asosida tayyorlanadi.

Texnik taklif – bu ish etapida bajaruvchi tomonidan berilgan texnik talablar mos keluvchi REVni yaratish mumkinligini asoslashi.

Eskiz loyiha – bu etapda REVning prinsipial muxandislik va konstruktiv yechimlari ishlab chiqiladi. Mahsulotni ishlash prinsipi, asosiy xarakteristikalar beriladi.

Texnik loyiha – bu etapda ishlab chiqilayotgan REV haqida to'liq tasavvur beruvchi yakuniy texnik yechimlar asosida barcha konstruktorlik hujjatlari yaratiladi.

Ishchi hujjatlar – bunda tajribaviy namuna yoki tajribaviy mahsulotlar partiyasini ishlab chiqarish uchun ishchi konstruktorlik hujjatlari ishlab chiqiladi.

3.4. Radioelektron vositalarni konstruksiyasi (tuzilishi).

Texnik talablarda REVlarning texnik ko‘rsatkichlari (quvvati, chastota diapazoni, sezgirlik va boshqalar) keltiriladi. Bundan tashqari unda REVning konstruksiyasiga ham talablar keltiriladi, ya'ni:

- asosiy qismlarni nomi, soni va vazifasi;
- gabaritlari;
- qismlarni o‘zaro almashtirish, unifikatsiya va standartlashtirishga talablar;
- atrof-muhitni saqlash;
- xalaqit bardoshligi;
- mehnat xavfsizligi;
- ergonomik va estetik tomonlari;
- ekspluatatsiya qilish sharoitlari va bosqichlari.

3.5. Radioelektron vositalarni sifat mezonlari

Radioelektron vositalarning sifati deganda uning vazifasiga muvofiq ma'lum ehtiyojlarni qondirishga yaroqliligini shartlaydigan vositalar to‘plami tushuniladi.

Radioelektron vositalarning xossasi bu ishlab chiqish va ishlatishda namoyon bo‘ladigan ob'ektiv o‘ziga xos xususiyatlari hisoblanadi.

Ma'lum ishlab chiqish va ishlatish sharoitlariga ma'qbul ko‘rib chiqiladigan apparaturaning miqdoriy xarakteristikalarini sifat ko‘rsatkichlari deyiladi. Quyidagi sifat ko‘rsatkichlariga ajratiladi:

- xossalardan faqat bittasini xarakterlaydigan bittalik (differensial);
- apparaturaning bir necha xossalarini hisobga oladigan kompleks (umumlashgan);
- apparaturani ishlatilishidan yig‘indi foydali samara va uni ishlab chiqish va ishlab chiqarishga harajatlar nisbatini beradigan integral;
- sifatni nisbatan baholashlarda dastlabki ko‘rsatkichlarga qabul qilinadigan asosiy.

Texnik adabiyotlarda apparaturalarning xossalarini ko'rib chiqishda odatda e'tibor vazifasi bo'yicha sifat ko'rsatkichlariga qaratiladi. Xususan, ovozni uzatish kanallari va traktlarining apparaturalari oliy, I va II sinflar sifat ko'rsatkichlari bo'yicha tasniflanadi. 3.1-jadvalda ovozni uzatish kanalining asosiy sifat parametrlariga me'yorlar keltirilgan.

Aloqa va radioeshittirish apparaturasining sifatini baholashni elektron texnika buyumlarining sifatini baholash usuli bo'yicha o'tkazish maqsadga muvofiq. Ko'rsatilgan usulda sakkizta guruhlar va mos ravishda sakkizta guruhlar ko'rsatkichlari ajratilgan:

- vazifasi bo'yicha;
- ishonchliligi bo'yicha;
- standartlatirish va unifikatsiyalash bo'yicha;
- texnologikligi bo'yicha
- tejamkorligi bo'yicha
- ergonomikligi bo'yicha
- estetikligi bo'yicha;
- patentli-huquqiy.

Bu guruhlardan har biri texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlar to'plami orqali tavsiflanadi. Buyumning sifatiga miqdoran baholashni quyidagi formula bo'yicha hisoblanadigan kompleks ko'rsatkich beradi:

$$Q_A = \frac{\sum_{i=1}^m K_{Bi} q_i}{m}, \quad (3.1)$$

bu yerda K_v — har bir guruhning vazn koeffitsientlari; q — sifatning guruhli ko'rsatkichlari; t — ko'rsatkichlar soni.

Guruhli ko'rsatkichlarning butun to'plamidan ko'pincha umumlashganlari ajratiladi, ular buyum sifati darajasining aniqlovchi qiymatini xarakterlaydi. Bu avvalo vazifasi, texnologikligi va ishonchliligi bo'yicha ko'rsatkichlarga kiradi. Apparaturning Q_a sifatini aniqlaydigan muhim ko'rsatkichlar X ishonchlilik, G massa, V hajm, S narx va P iste'mol quvvati hisoblanadi: $Q = f(A, G, V, C, P)$.

Barcha sanab o'tilgan ko'rsatkichlar miniatyurizatsiyalash (hajmni kichraytirish) darajasi funksiyalari hisoblanadi. Ulardan har birining kamaytirilishi apparatura sifatining ortishiga olib keladi. Shunday qilib, miniatyurizatsiyalash (hajmni kichraytirish) darajasini oshirish apparaturaning sifatini yaxshilanishini ta'minlaydi.

3.1-jadval

Ovozni uzatish kanalining asosiy sifat parametrlariga me'yorlar

Parametrning nomi	Sinflar bo'yicha me'yorlar		
	Oliy	I	II
Nominal chastotalar dipazoni, Gs	30...15 000	50...10 000	100...6300
AChXning yo'l qo'yiladigan og'ishi, dB			
nominal diapazon chetlarida	+ 1,0	+2,0	+2,5
	-5,0	-5,0	-7,0
nominal chastotalar diapazonining o'rta qismlarida	+ 1,0	±2,0	±2,5
Garmonikalar koeffitsienti, %			
< 100 Gs	3,0	6,0	—
100...200 Gs	2,0	3,5	4,5
> 200 Gs	1,5	3,0	4,0
Integral halaqitlardan himoyalanganlik, dB	55	52	46
Psofometrik shovqindan himoyalanganlik, dB	55	52	47
Aniq o'tish halaqitlaridan himoyalanganlik, dB	74	70	60

Tarixan sifatga bog'liq muammolarning yechilishi elektron apparaturalar avlodlarining almashishida namoyon bo'ladi. Birinchi apparaturalar avlodi elektrovakuum lampalarda, ikkinchisi tranzistorlarda, uchinchi kichik va o'rta integratsiyali IMSlarda, to'rtinchi KIS asosida, beshinchi bitta kristalli JKIS asosida bajarilgan.

Konstruksiyaning texnologik xossalariga unifikatsiyalash darajasi katta ta'sir ko'rsatadi. Uning muhim bosqichi apparaturaning tarkibiga kiradigan tarkibiy elementlarning ko'p xilliligini qisqartirish hisoblanadi. Yiriklashtirilgan funksional tugunlar darajasida apparaturaning unifikatsiyalashga erishish IMS va mikroto'plamlardan foydalanishda mumkin bo'ladi.

Umumlashgan sifat ko'rsatkichlari ko'plab bo'lishi mumkin variantlardan apparaturaning eng yaxshi bajarilishini aniqlash imkoniyatini beradi. Apparaturni i variantini M_i massasi, V_i hajmi, R_i iste'mol quvvati, Q narxi va rad etish intensivligini hisobga oladigan

(3.2)

umumlashgan sifat ko'rsatkichi quyidagi formula bo'yicha hisoblanishi mumkin:

$$Q_0 = K_{BMi}M_i + K_{BVi}V_i + K_{Bpi}P_i + K_{BCi}C_i + K_{B\lambda i}\lambda_i$$

Bu yerda sifat ko'rsatkichlarining me'yorlashtirilgan qiymatlari ishlatiladi. K_{BMi} , K_{BVi} , K_{Bpi} , K_{BCi} , $K_{B\lambda i}$ koefitsientlar vazn koefitsientlari deyiladi. Ular apparaturaning aniq bir qo'lanish sohasi uchun alohida ko'rsatkichlarning muhimligiga bog'liq ravishda 0 da 1 gacha qiymatlarni qabul qilishi mumkin.

Radioelektron vositalarning bajarilishlarini taqqoslashda eng yaxshi variant eng kichik umumlashgan Q_0 ko'rsatkich qiymatili variant hisoblanadi. Uning eng yaxshi qiymatlariga aloqa va radioeshittirish apparaturalarini kompleks miniatyurizatsiyalashda erishish mumkin. Kompleks miniatyurizatsiyalash prinsipi barcha guruhli sifat ko'rsatkichlarini hisobga olish bilan Q_0 sifat funksiyasini optimallashtirilishini ko'zda tutadi. Miniatyurizatsiyalash samaradorligini taxminiy baholashni quyidagi ko'rsatkichlar yordamida o'tkazish mumkin:

- radioelektron vositalarning ishlashi sifati ko'rsatkichlari yig'indisini massa, hajm va iste'mol quvvati ko'paytmasidan uchinchi darajali ildizga nisbati hisoblanadigan kompleks miniatyurizatsiyalash darajasi;

- IMS va mikroto'plamlarning qo'llanilishi ko'rsatkichi (IMS va mikroto'plamlar sonini radioelektron vositaning umumiy elementlari soniga nisbati). IMS va mikroto'plamlarning hajmi, masasasi va radi etishlar jadalligini barcha qo'llaniladigan elementlarning mos ko'rsatkichlariga o'rtacha proporsional nisbatini xarakterlaydigan vaznlilik koefitsienti;

- elementlarning umumiy sonini radioelektron vositaning umumiy hajmi va massasiga nisbati hisoblanadigan hajm va massa bo'yicha elementlarning solishtirma zichligi.

3.6. Elektron qurilmalarni tahlil qilish va sintez qilish usullari

Ishlatiladigan elementlarning nominal qiymatlari bo'yicha elektron apparaturani loyihalashtirishning an'anaviy usullari sezilarli kamchiliklarga ega:

- hisoblashlarning yuqori aniqligini ta'minlamaydi;
- nobarqarorlashtiruvchi omillar ta'sirida va ishlatish jarayonida xarakteristikalarining o'zgarishlarini baholashga imkon bermaydi;
- rostlovchi elementlarning sezilarli sonini bo'lishini shartlaydi;

➤ yig'ish, sozlash va ta'mirlashga katta harajatlarni talab qiladi.

Ko'rsatilgan kamchiliklarni oldini olishga elektron qurilmalar va tizimlarni tahlil qilish va sintez qilish uchun EHMdan foydalanishda erishiladi. Bu elektron qurilmalar xarakteristikalarini modellashtirishga va ko'p karrali tasodifiy sinashlar usuli orqali hisoblashlarni o'tkazilishi bilan erishish mumkin. Monte-Karlo usuli va tasodifiy jarayonlarni EHM modellashtirish loyihalashtirish bosqichida ishlab chiqiladigan apparaturani xossalarini berilgan aniqlikda oldindan aytish va demak eksperimental tadqiqotlarda sezilarli harajatlardan qochish imkoniyatini beradi. Elektron qurilmalarni hisoblashda EHMning qo'llanishi quyidagilarga imkon beradi:

➤ loyihalashtirish bosqichida ishlab chiqiladigan apparaturani xossalarini baholashni amalga oshirishga;

➤ optimal elementlar asosini tanlashga;

➤ murakkab analitik ifodalar bilan tavsiflanadigan sxemalarning xarakteristikalarini hisoblashga;

➤ sxemalarning parametrlarini optimallashtirishga (berilgan nohiziqli buzilishlar maksimal dinamik diapazonni ishlatish, kirishdagi signalning maksimal ruxsat etiladigan amplitudasini ishlatish va h.k.);

➤ texnik topshiriq talablarini qoniqtirish uchun elektron qurilmaning sxemasini ratsiona tanlash bo'yicha masalalarni yechishga;

➤ maxsus xarakteristikalarli elektron qurilmalarni hisoblashga;

➤ qiymatlarning og'ishi va sxemani alohida elementlarining eskirishini natijaviy xarakteristikalariga ta'sirini tadqiq qilish;

➤ nobarqarorlashtiruvchi omillarni elektron qurilmalarning ko'rsatkichlari va xarakteristikalariga ta'sirini tadqiq qilish.

Elektron sxemalarning komponentlari parametrlarning ma'lum og'ishiga ega va nobarqarorlashtiruvchi omillarta'siriga uchraydi. Sxemalari oddiy usullar orqali hisoblanadigan qurilmalar berilgan ishlash ko'rsatkichlarini olish uchun elementlarni tanlanishini talab qiladi. Radioelektron qurilma sxemasi elementlarining parametrlari og'ishining ta'sirini baholashga Monte-Karlo usuli imkon beradi. Uning ma'nosi elementlar uchun tanlangan statistik xarakteristikalariga muvofiq ularning parametrlari qiymatlarini tasodifan berilishida sxemani to'liqtahlil qilinishini ko'p karrali ketma-ket takrorlanishidan iborat.

Monte-Karlo usulining aniqligi p sinovlar sonini ortishi bilan ortadi. Ularning zarur sonini quyidagi formula bo'yicha aniqlash mumkin:

$$n = \frac{4p(1-p)}{\delta^2}, \quad (3.3)$$

bu yerda r — to'g'ri yechimni olinishi ehtimolligi; δ — hisoblashning yo'l qo'yiladigan xatoligi.

Muhandislik hisoblarida ma'qul aniqlikni ta'minlash uchun 100 ta sinovlarni o'tkazilishi yetarli bo'ladi. Sinovlar sonini oshirilishi hisoblashlarning aniqligini oshiradi.

Elektron qurilmalarni ishlab chiqishda asosiy xarakteristikalar – amplituda, chastota, fazaviy, o'tish va boshqa xarakteristikalarni hisoblash amalga oshiriladi. Apparaturlarni ishlab chiqaruvchilarni o'rtachalashtirilgan xarakteristikalar yo'li qiziqtiradi. Lekin ishlatiladigan elementlarning og'ishi, haroratning ta'siri, ta'minot manbalari kuchlanishlarining nostabilligi, elementlarning eskirishi va boshqalarning ta'siri hisobga olinadigan hisoblangan xarakteristikalarni o'tachalashtirilgan xarakteristikalaridan bo'lishi mumkin og'ishlari zonalarini hisoblash katta amaliy ahamiyatga ega. bunday imkoniyat Monte-Karlo usuli orqali xarakteristikalarni ehtimollikli hisoblashda ishlatiladi.

Monte-Karlo usuli orqali elektron EHM yordamida qurilmalarni hisoblashning umumlashtirilgan alogritmining blok-sxemasi 3.1-rasmda keltirilgan.

1- operator dastlabki ma'lumotlarni kiritilishini amalga oshiradi.
2- operatorlarda elektron qurilmaning doimiy parametrlari hisoblanadi. Hisoblashlarning yuqori aniqligini ta'minlash uchun ishlatiladigan elementlardan har biri uchun parametrlarning taqsimot qonunlarini bilish zarur. Elementlar parametrlari ko'plab omillarga bog'liq:

- dastlabki materiallarning bir jinsli emasligi;
- tayyorlash texnologiyasining takomillashmagan;
- atrof-muhitning ta'siri va h.k.

Turkum apparaturani ishlab chiqishda elementlarni individual saralashga yo'l qo'yilmaydi. Buni hisobga olish bilan elementlarning parametrlarini normal tasodifiy kattaliklar deb hisoblash mumkin.

Ishlatiladigan elementlar parametrlarining tasodifiy qiymatlarini topish uchun normal taqsimlangan sonlar generatori zarur bo'ladi. Normal taqsimlangan sonni hisoblash 3- operator orqali standart nimdastur yordamida amalga oshiriladi. Normal taqsimlangan sonlarni olish bo'yicha uning ishlashi uchun dastlabki berilganlar quyidagilar hisoblanadi:

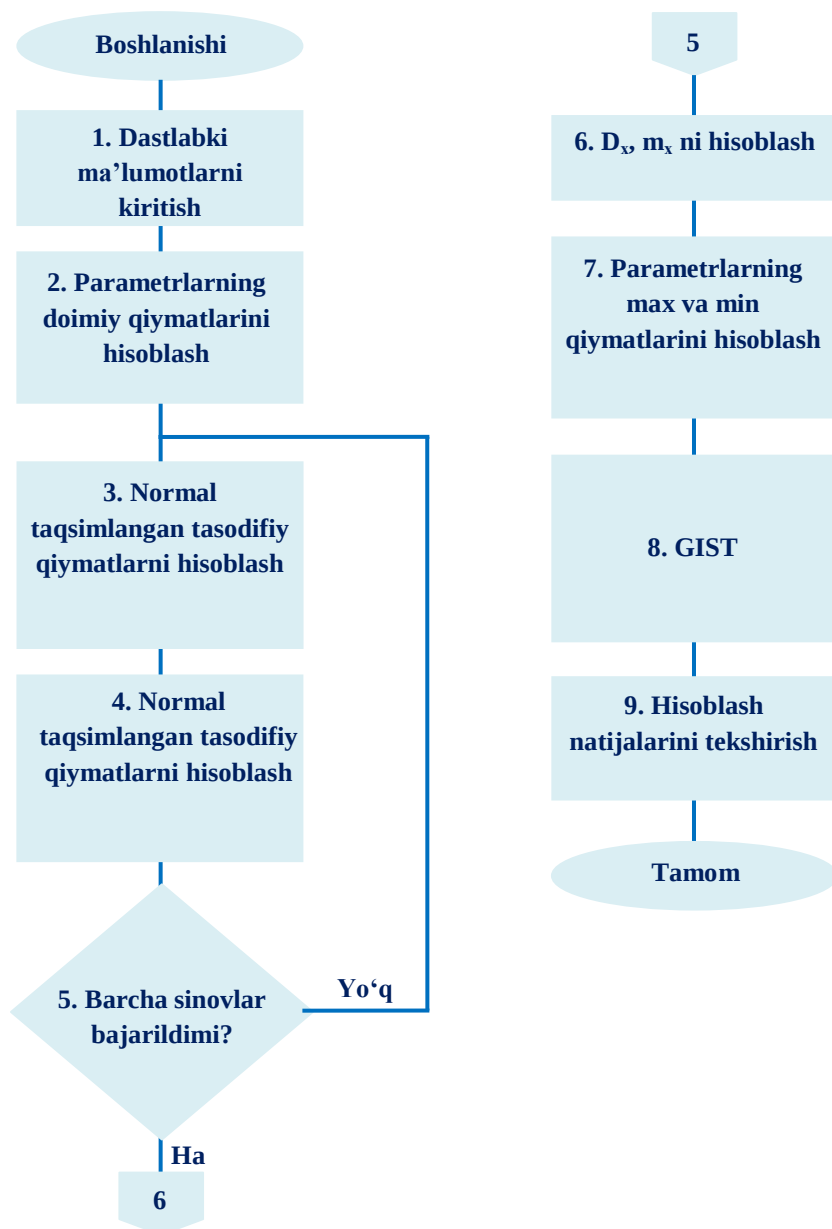
➤ **S** — beriladigan normal taqsimotning oʻrtacha kvadratik ogʻishi;

➤ **AM** — beriladigan oʻrtacha normal taqsimot;

➤ **IX** — toʻqqizta yoki kam raqamlar sonli shuft butun son.

4- operator elementlar parametrlarining tasodifiy ogʻishlarini hisobga olish bilan xarakteristikalarini hisoblashni amalga oshiradi. Hisoblash sikllari soni beriladigan n sinovlar soniga teng boʻlishi kerak. Bu 5- operator yordamida ta'minlanadi, u beriladigan n sinovlar soni va joriy n_i qiymat orasidagi moslikni tekshiradi. Agar ular orasidagi moslik boʻlmasa, u holda navbatdagi tasodifiy sonlarni aniqlash uchun standart nimdasturga takroran murojaat qilish amalga oshiriladi va hisoblash sikli takrorlanadi.

Algoritmda xarakteristikalarining joriy qiymatlarini taqsimlanishi gistogrammasini qurish uchun zarur boʻladigan hisoblash imkoniyati koʻzda tutilgan. Bu maqsadda 10- operator chaqiradigan GIST nimdasturi ishlatiladi. Bu nimdastur algoritmi quyidagidan iborat: gistogramma qadamlari soni tanlanadi, gistogramma intervali va qadami qiymati hisoblanadi, gistogrammaning har bir qadami uchun massiv elementlarini saralash va hisoblash olib boriladi. Olingan hisoblashlar natijalari, shuningdek olingan kattaliklar natijalarining minimal va maksimal qiymatlari va gistogramma intervalini bosishni 9- operator amalga oshiradi.



3.1- rasm. Monte Karlo usuli orqali hisoblash algoritmi

Nazorat savollari

1. Ilmiy tadqiqot ishlarini olib borish asosiy etplari.
2. Radioelektron vositalarni konstruksiyalashning tarkibiy qismlari.
3. Radioelektron vositalarni yaratilish bosqichlari.
4. Tajriba konstruktorlik ishining etaplari.
5. Radioelektron vositalarni konstruksiyasi (tuzilishi).

IV BOB. TEXNIK HUJJATLAR

4.1. Texnik hujjatlarning davlat standartlari

REVning barcha hayotiy etaplarida (ishlab chiqish, yasash, ekspluatatsiya) uni texnikaviy hujjatlar kuzatib keladi.

Ushbu hujjatlar tarkibi va mazmunini davlat standartlari belgilaydi. Hozirgi paytda juda ko'p standartlar mavjud bo'lib, ular mahsulotlarni hayotiy siklining yo'nalishlari bo'yicha quyidagi komplekslarga guruhlangan:

KHYaT- konstruktorlik hujjatning yagona tizimi;

THYaT- texnologik hujjatning yagona tizimi;

DHYaT – dasturiy hujjatning yagona tizimi;

ICHTTYaT- ishlab chiqarishni texnologik tayyorlashning yagona tizimi;

MKQBSHHYaT- mahsulot va materiallarni korroziyaga qarshi va bio shikastlanish va boshqalardan himoyalashning yagona tizimi.

Standartlarning asosiy maqsadi - mahsulotlarni loyihalash, ishlab chiqish va ekspluatatsiya qilishning normativ–texnik, axborot, uslubiy va tashkiliy yaxlit asosini ta'minlashdir.

KHYaT standartlarning klassifikatsion guruhleri

Guruh shifri	Guruhdagi standartlarning mazmuni
0	Umumiy qismlari
1	Asosiy qismlari
2	Mahsulotlarning klassifikatsiyasi va belgilanishi
3	Chizmalar bajarilishining umumiy qoidalari
4	Mashinasozlik va qurilmasozlik mahsulotlarini chizmalarini bajarish qoidalari
5	KH bilan ishlash (hisobga olish, saqlash, ko'chirma olish, o'zgartishlar kiritish)
6	Ekspluatatsion va ta'mirlash hujjatlarini bajarish qoidalari
7	Sxemalarni bajarish qoidalari
8	Qurilish, kemasozlik va tog' ishlari bo'yicha hujjatlarni bajarish qoidalari
9	Boshqa standartlar

4.2. Konstruktorlik hujjatlari

Konstruktorlik hujjatlariga grafik va matn hujjatlari kirib, ular mahsulotni tarkibi va tuzilishini belgilaydi, hamda uni ishlab chiqish, yasash, nazorat qilish, ekspluatatsiya qilish va ta'mirlash uchun barcha kerakli ma'lumotlarni o'zida mujassamlashtiradi.

Ishlab chiqishning bosqichiga qarab hujjatlar loyihaviy va ishchi hujjatlarga bo'linadi.

Loyihaviy hujjatlarga texnik taklif, eskiz va texnik loyihalar kiradi.

Ishchi hujjatlarni yaratish bosqichida quyidagi ishlar bajariladi:

1. tajribaviy namunani yasash va sinash uchun mo'ljallangan konstruktorlik hujjatlarni ishlab chiqish;
2. tajribaviy namunani yasash va sinash;
3. tajribaviy namunani sinash natijalari asosida konstruktorlik hujjatlarni korrektsiyalash;
4. tajribaviy namunani qabul qilish sinovlari;
5. tajribaviy namunani qabul qilish sinovlari natijalari asosida konstruktorlik hujjatlarini korrektsiyalash;
6. yo'l-yo'riq ko'rsatadigan seriyani yasash va sinash;
7. yo'l-yo'riq ko'rsatadigan seriyani yasash va sinash natijalari asosida konstruktorlik hujjatlarini korrektsiyalash;
8. boshlang'ich (nazorat) seriyasini yasash va sinash (zarur bo'lsa).

4.3. Sxematik hujjatlar

Sxemalar shartli belgilarisiz mahsulotni tarkibi, tuzilishini, ishlab chiqilishi va ekspluatatsiyasini tushuntirib bera olmaydigan hollar uchun ishlab chiqiladi.

Sxema – bu grafik konstruktorlik hujjat bo'lib, unda shartli belgi va tasvirlar yordamida mahsulotning tarkibiy qismlari va ular orasidagi aloqalar ko'rsatiladi.

Elementlar va ularning o'zaro aloqalariga bog'liq holda sxemalar quyidagi turlarga bo'linadi:

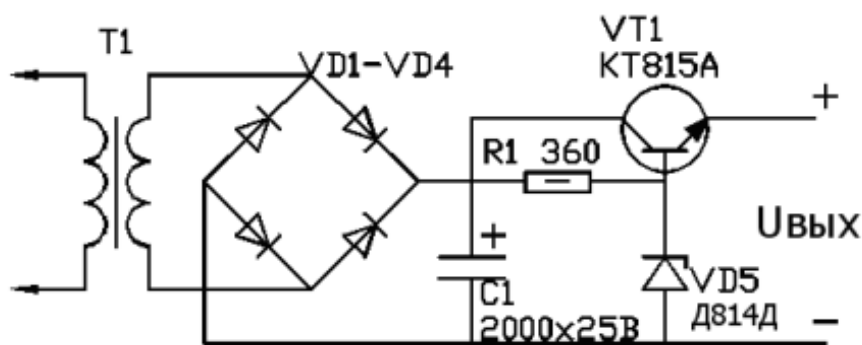
- E - elektr;
- G - gidravlik;
- L - optik;
- P - pnevmatik va boshqalar.

Sxemalarning asosiy vazifasi bo'yicha quyidagi nomerlangan turlarga bo'linadi:

1. strukturali;
2. funksional;
3. prinsipial;
4. bog'lanishli;
5. ulanish;
6. umumiy;
7. joylashish;
8. boshqalar;
9. birlashtirilgan.

4.4. Prinsipial elektrik sxemalar

Prinsipial sxema mahsulot elementlarini to'liq tarkibi va ular orasidagi aloqalarni belgilaydi, hamda mahsulotni ishlash prinsipi haqida to'liq tasavvur beradi. Bunday sxemalar mahsulotlarni sozlash, nazorat qilish va ta'mirlashda ishlash prinsipini o'rganishda ham ishlatiladi (4.1- rasm).



4.1- rasm. Ta'minot manbasining prinsipial sxemasi

Elementlarning belgilanishi ularning grafik belgilarini o'ng tomonida yoki ustida yoziladi.

Rezistor va kondensatorlarning nominallarini belgilash quyidagi tartib asosida olib boriladi.

Rezistorlar uchun:

0 dan 999 Om uchun o'lchash birligi sonidan keyin yozilmaydi;

1 dan 999 kOm uchun sonidan keyin katta K xarfi yoziladi;

1 dan 999mOm uchun sonidan keyin katta M xarfi yoziladi;

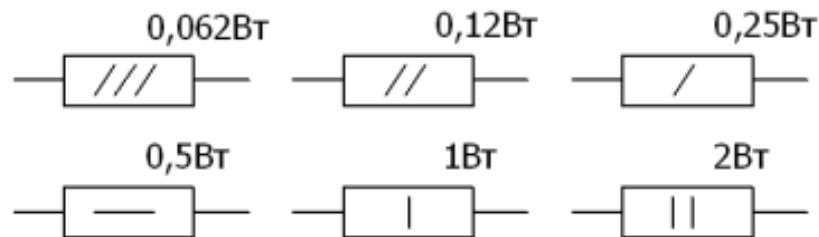
1 gOm dan boshlab sonidan keyin katta G xarfi yoziladi.

Kondensatorlar uchun:

0 dan $9999 \cdot 10^{-12}$ f uchun 0 dan 9999 soni yozilib pf belgisi yoziladi;

$1 \cdot 10^{-8}$ dan $9999 \cdot 10^{-6}$ f uchun 1 dan 9999 soni yozilib mkf belgisi yoziladi.

Rezistorlarni nominal tarqatish quvvati quyidagicha shartli belgilar asosida beriladi.



4.5. Matn hujjatlari

Matn hujjatlariga hisoblash va ta'riflash hujjatlari kiradi.

Ushbu hujjatlar o'z ichiga quyidagi bo'limlarni oladi:

1. kirish
2. loyihalangan mahsulotni vazifasi va qo'llanish sohasi;
3. texnik tasnifi;
4. tanlangan konstruksiyaning asoslanishi va tasnifi;
5. konstruksiyaning ishlash qobiliyati va ishonchlilikning hisobi;
6. kutilayotgan texnik iqtisodiy ko'rsatkichlari.

Nazorat savollari

1. Texnik xujjatlarni tarkibi va mazmunini belgilovchi davlat standartlari guruhlar.
2. Konstruktorlik xujjatlar.
3. Sxemotexnik xujjatlar.
4. Prinsipial elektrik sxemalar.
5. Matn xujjatlari bo'limlari.
6. Prinsipial elektrik sxemalar.

V BOB. KONSTRUKSION TIZIMLAR VA RADIOELEKTRON VOSITALARNING ISHLOV BERISHGA QULAY KONSTRUKSIYALARI

5.1. Konstruktion tizimlar

Tashuvchi konstruksiyalar komponentlarni REVLar ichiga joylashtirish va ularni real ekspluatatsiya shartlarida ishlashini ta'minlashga mo'ljallangan.

Konstruktion tizimlar bu – bazaviy tashuvchi konstruksiyalarning majmuidir. Ular funksional, mexanik, issiqlik faktorlarini va ergonomik talablarga javob berish nuqtai nazaridan REVLarning optimal yaratishga mo'ljallangan.

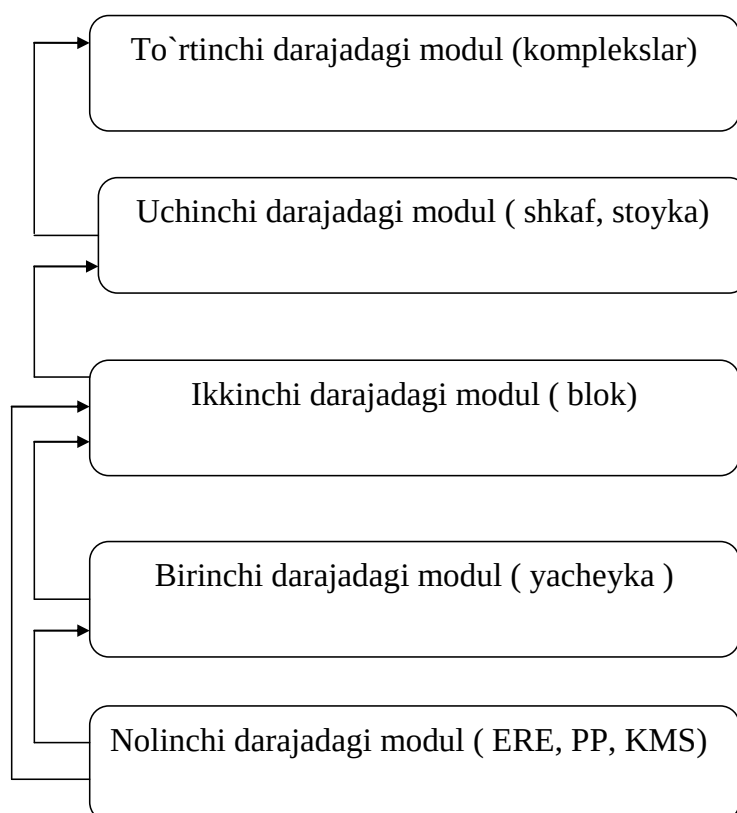
Turli xil apparaturalar uchun mo'ljallangan REVLarning xilma-xil konstruktion tizimlari mavjud:

1. REVLarning bazaviy tashuvchi konstruksiyalari;
2. EHMLarning bazaviy tashuvchi konstruksiyalari;
3. simli aloqa liniyalari uchun axborot uzatish tizimlar apparaturalari stoykalari;
4. televizion studiya apparaturalari uchun konstruktion tizimlari;
5. elektron o'lchash asboblari bloklarining shkaf va korpuslari;
6. aviatsiya apparaturalarining konstruktion tizimi;
7. kemalar apparaturasining bazaviy tashuvchi konstruksiyalari va boshqalar.

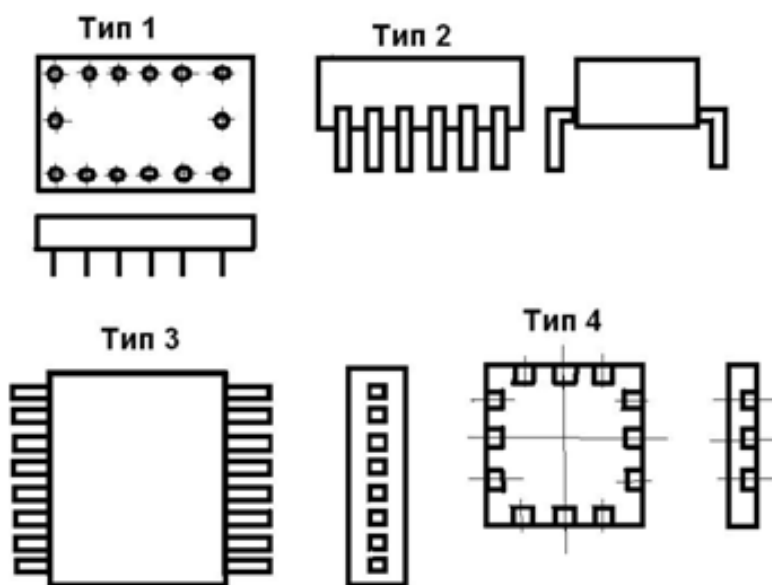
Murakkab REVLarda quyidagi ierarxiyadagi konstruktion tizimlar ishlatiladi:

Birinchi darajadagi modulning tashuvchi konstruksiyasi sifatida ko'pincha metal ramkalarga o'rnatilgan pechatli platalar ishlatiladi. Bunday yig'mani ba'zida yacheyka deb ataladi. Pechatli platalarda ko'pincha daraja elementlari sifatida integral mikrosxemalar (IMS), elektro-radio elementlar, ulash, sozlash va boshqa elementlar ishlatiladi.

Konstruktsion tizimlarning ierarxiyasi



Ikkinchi darajali modulning tashuvchi konstruksiyasi sifatida blokning korpusi ishlatiladi. Korpusning asosiy turlari - bu qismlarga ajraladigan va kitobli konstruksiyalardir.



IMSlar korpuslarining turlari

Ular bir-biridan shakli, ko'rinishi va tashqi ulagichlarini turi (shtirli va planarli), joylashishi va qadami (0,625; 1,0; 1,25; 1,7; va 2,5) bilan farqlanadi.

Uchinchi darajadagi modullar uchun tashuvchi konstruksiyalar sifatida quyidagilar ishlatiladi:

- statsionar apparatura uchun shkaflar, stoykalar, pultlar;
- bortli (kema, samolyot, raketa) REVLar uchun vibroizolyasiyalı rama yoki stellaj.

5.2. REVLarning konstruksiya elementlari

REVLarning konstruksiyalari elementlarini yasash uchun turli xil metal va plastmassalar ishlatiladi.

Plastmassalar metallarga nisbatan quyidagi afzaliklarga ega:

1. zichlikning kichikligi;
2. ximik ta'sirga va namlikka barqarorligi;
3. vibroingdirishlik qobiliyati;
4. osonroq ishlov berilishi;
5. shaffoflik yoki yarim shaffoflik
6. butun hajmi bo'yicha bo'yash mumkinligi;
7. arzonligi.

Plastmassalarni ayrim kamchiklari:

1. mustahkamligini kamligi;
2. yonuvchanligi;
3. ultrofiolet nurlarning ta'sirida ayrim xossalarning yomonlashuvi.

REVLar konstruksiyalarini tashuvchi elementlarini (ramalar, korpus elementlari va boshqalar) yasash uchun ingichka listli po'latlar, alyuminiyli, magniyli va titanli qotishmlar ishlatiladi.

Alyuminiy qotishmalari po'latga nisbatan 3 baravar yengil va korroziyaga nisbatan yuqori bardoshlikka ega.

Magniy qotishmalari alyuminiyga nisbatan 1.5 baravar yengildir, ammo uning korroziya bardoshligi kam va qimmatroqdir.

Titan qotishmalari juda mustahkam, qattiq va korroziyaga bardoshli bo'lib po'latdan 2 baravar yengildir. Ammo unga ishlov berish qiyin va uning narxi po'latga nisbatan bir necha baravar qimmatdir.

Konstruksiyalarning elementlarini mexanik ajralmas ulanishi - qalaylash, svarka, mustahkam qotirish va yelimlash orqali amalga oshiriladi.

Qalaylash POS-61, POS-40 va boshqalar bilan amalga oshiriladi.
Svarkaning nuqtali, rolikli va ultratovushli turlari ishlatiladi.

Yelimli ulashlar – yetarli darajada mustahkam bo‘lib, ularni amalga oshirish uchun qulaydir va u mahsulotni narxini va massasini kamaytiradi.

Yelimli ulanishlarning afzalligi:

- har xil materiallarning ulash mumkinligi;
- konstruksiyalarning ingichka elementlarini sifatli ulanishini amalga oshirish mumkinligi;
- ulanishning germetikligi.

Yelimli ulanishlarning kamchiligi:

- issiqlikga bardoshliligining kichikligi;
- yelimni qarshiligi tufayli umri qisqaligi;
- ulanish sifatini nazoratini murakkabligi;
- yelimli ulanishning mustahkamligini yelimlanayotgan yuzalarni tayyorlashning sifatiga kuchli bog‘liqligi.

Nazorat savollari

1. Konstruksion tizimlar.
2. Hozirgi vaqtda ishlatilayotgan integral mikroshemalar korpuslarining turlari.
3. REVLarning konstruksiya elementlari.
4. Konstruksiyalar elementlarini mexanik ajralmas ulanish usullari.

VI BOB. RADIOELEKTRON VOSITALAR KONSTRUKSIYALARIDA ELEKTR BOG‘LANISHLAR

6.1. Elektr bog‘lanishlar

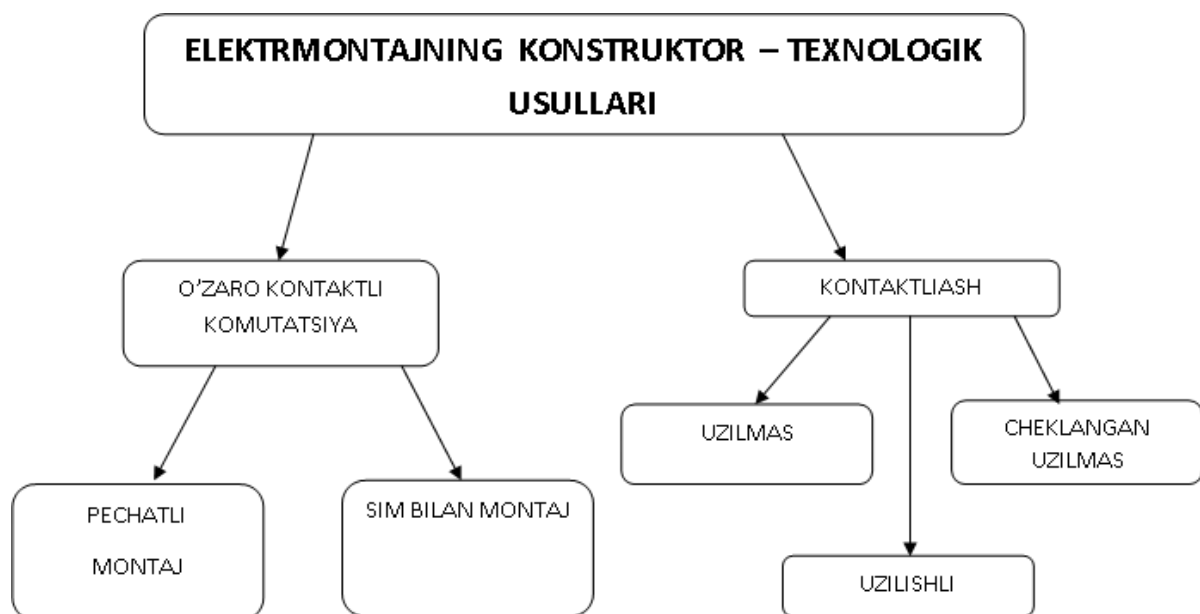
Elektr bog‘lanish – bu prinsipial yoki montaj sxemaga mos ravishda REVlarning tarkibiy qismlari yoki elementlarning bir–birlari bilan uzilmas bog‘lanishlaridir.

Elektr bog‘lanishlarni bajarish texnologik jarayoniga elektromontaj deb ataladi.

Elektr bog‘lanishlarni bajarilishi sifati REVlarni konstruksiyasining sifati va samaradorligini belgilaydi.

Noto‘g‘ri ulangan elektr bog‘lanishlar uzluksiz va diskret signalga buzilishlar, sxemada parazit aloqalar va shovqinlarni keltirib, REVning normal ishlashini buzilishiga olib keladi.

REVlarni yasashda elektromontaj va yig‘ish ishlari butun jarayonning 40-60% gacha tashkil etadi. REVlarning ishonchliyligi elektr bog‘lanishlardagi kontaktlar va kontaktlar guruhlarining soniga bog‘liq, ular qancha ko‘p bo‘lsa shuncha REVning ishonchliyligi kichik bo‘ladi.



6.2. O‘zaro bog‘lanishlarni hosil qilish jarayoni

Yarim o‘tkazgichli IMSlar elementlarining o‘zar bog‘lanishlarini hosil qilish uchun shakllantirilgan elementlarli (tranzistorlar, diodlar va rezistorlarli) kremniy plastinasi 0,5...2 mkm qalinlikdagi o‘tqazilgan

alyuminiy qatlami bilan qoplanadi, u keyin (fotolitografiyaning oxirgi operatsiyasidan keyin) keraksiz joylarda fotorezistning mos oynalari orqali ishlov beriladi. Bunda yarim o'tkazichning sirtida taxminan 10 mkm kenglikdagi qator ulash almini o'tkazgichlari, shuningdek kontaktlar maydonchalari qoladi.

Hozirgi vaqtda bipolyar va maydoniy tranzistorlarda yarim o'tkazgichli IMSlarni ishlab chiqishda, asosan alohida elementlar orasida izolyasiyalashni hosil qilish usullari bilan farqlanadigan texnologik jarayonlarning bir necha turlari ishlatiladi. Teskari-surilgan p-n-o'tishlar yordamida elementlarni izolyasiyalashli planar-epitaksial texnologiya eng keng qo'laniladi.

Yetarlicha kichik o'lchamlardagi elementlarli mikroelektron apparatlarni ommaviy ishlab chiqarish XX asrning ikkinchi yarmida fotolitografiyaning qo'lanilishi va rivojlanishi tufayli mumkin bo'ldi. Bu usulda element yoki sxemaning tasviri ko'rinadigan taglikka qoplangan metall yupqa qatlama (plyonkaga) rasm ko'rinishida (u niqob yoki fotoshablon deyiladi) bajariladi. Keyin rasm yorug'lik oqimi yordamida yarim o'tkazgichli plastinaga o'tkaziladi, unda qatlam ustidan qatlamlash bilan integral sxemaning fizik tushilmasi shakllantiriladi. Shunday qilib, fotolitografiya bu niqobdan (fotoshablondan) tasvirni yarim o'tkazgichli taglikka o'tkazilishi jarayoni hisoblanadi. Buning uchun taglikning sirtida yorug'likka sezgir polimer materialdan plyonkali qoplama hosil qilinadi. Qoplama sxema elementlari tasvirlangan niqob orqali nurlantiriladi va keyin sxemaning tasviri taglikka o'tadigan tarzda ko'rinadigan qilinadi (eritgichda ishlov beriladi).

6.3. Bosma (pechatli) platalar

Bosma (pechatli) platalar (BP) – har qanday REVLarning montajli asosi bo'lib bunday bog'lanishlarda ERE, IMSlar izolyatsiyali asosga o'rnatilib bir-birlari bilan tok o'tkazuvchi ingichka metall tasmalar bilan bog'langan.

Davlat standartlariga binoan bosma (pechatli) platalarning quyidagi turlari belgilangan (6.1- rasm):

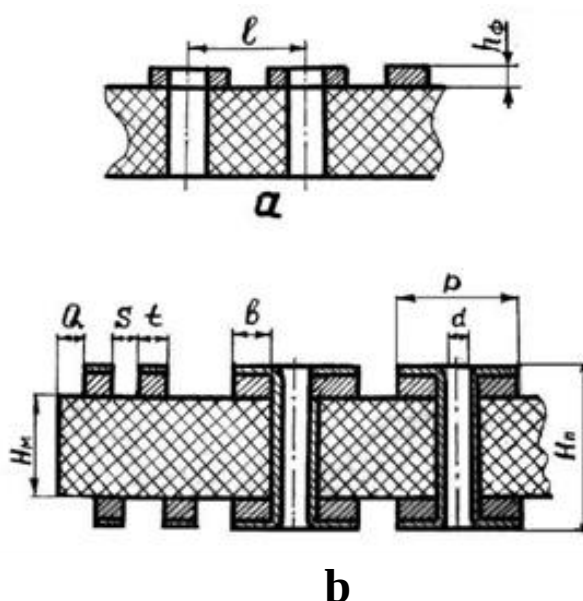
- 1) Bir tomonlama bosma (pechatli) platalar (BTBP);
- 2) Ikki tomonlama bosma (pechatli) platalar (ITBP);
- 3) Ko'p qavatli bosma (pechatli) platalar (KQBP);
- 4) Egiluvchan bosma (pechatli) platalar (EBP);
- 5) Egiluvchan bosma (pechatli) kabel (EBK).

Bosma (pechatli) platalarning asosi bo'lib, quyidagi materiallar ishlatiladi:

- folgalangan va folgalanmagan dielektriklar (getinaks, tekstolit, steklotekstolit, steklotkan, lavsan, poliamid, ftoroplast va boshqalar);
- keramika;
- metal plastinkalar.

Getinaks va tekstolitlarning dielektrik asosi bu mos ravishda qog'oz yoki mato bo'lib ularga fenol yoki epoksid smolaga shimdirilgan.

Steklotekstolitning asosi bu shisha mato bo'lib, u epoksid smola bilan shimdirilgan bo'ladi.



6.1- rasm. Bosma (pechatli) platalarning asosiy turlari.
a – bir tomonlama BP; b – ikki tomonlama BP;

Getinakslarning afzalligi – mexanik ishlovga osongina beriladi. Uning kamchiligi esa namlikka sezgirlik va o'lchamlarini kichik bo'lganligi (egilganda).

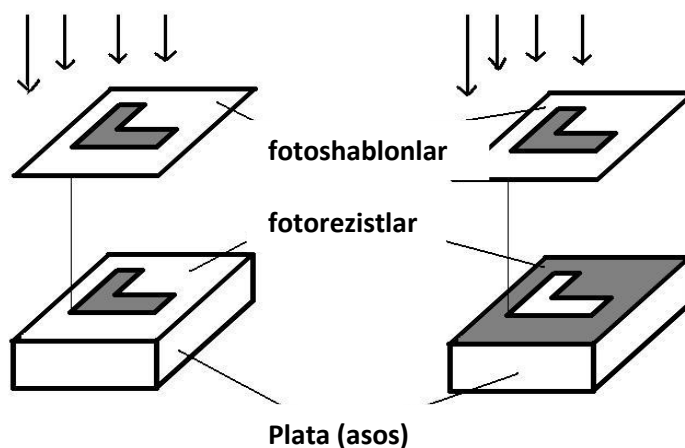
Steklotekstolitning mexanik va elektr xarakteristikalari getinaksdan yaxshidir. Ammo u qimmat va unga ishlov berish juda qiyin.

6.4. Bosma (pechatli) platalarning yasash usullari

Bosma (pechatli) platalar fotorezistlar yordamida fotolitografiya usuli bilan yasaladi (6.2- rasm).

Fotorezistlar – kislota va ishqorlarning agressiv ta'siriga chidamli moddalar bo'lib, ular mis folganing kerakli qismlarini himoya qilish chun ishlatiladi. Fotorezistlarni negativ va pozitiv turlari bo'ladi.

Negativ fotorezistni fotoshablon orqali ultra binafsha nuri bilan nurlatilsa, nur tekkan joyi erimaydigan bo'ladi va uning tagidagi misni kislota va ishqorlar ta'siridan saqlaydi.



6.2- rasm. Fotorezistiv maskanni shakllantirish

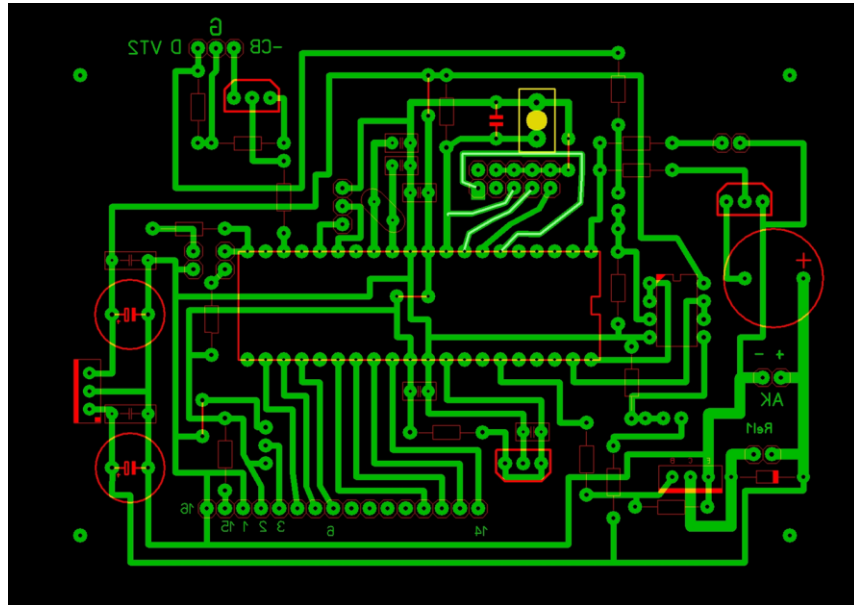
Nazorat savollari

1. Elektr bog'lanishlar.
2. Bosma (pechatli) platalar.
3. Bosma (pechatli) platalarning yasalish usullari.
4. Fotorezistiv maskanni shakllantirish.

VII- bob. BOSMA (PECHATLI) PLATALARNI KONSTRUKSIYALASH USULLARI

7.1. Bosma (pechatli) platalarni konstruksiyalash usullari

Bosma (pechatli) platalarni konstruksiyalashning **qo'lda bajariladigan, yarim avtomatlashtirilgan va avtomatlashtirilgan** usullari mavjud.



Qo'lda bajariladigan bosma (pechatli) platani konstruksiyalash usulida elementlarni bosma (pechatli) platada joylashtirishni va bosma (pechatli) o'tkazgichlarni simli ulanishlarini konstruktor o'zi qo'lda bajaradi. Eng ko'p tashqi aloqalarga ega bo'lgan elementlar guruhi ulanish elementi yonida joylashtiriladi.

Elementlarni bosma (pechatli) plata yuzasida joylashtirishda quyidagi cheklashlarga e'tibor berish kerak:

- mexanik ta'sirlar sharoitida ekspluatatsiya qilishda og'ir (hajmli) elementlarni bosma (pechatli) plata yuzasida joylashtirishga;
- issiqlik chiqaruvchi elementlar va harorat diapazonida o'zgaradigan parametrlari o'zgarishi mumkin bo'lgan elementlarning o'zaro joylashishi;
- elementlar orasida halaqit aloqani paydo bo'lishini oldini olish uchun ularni o'zaro joylashishiga.

Bosma (pechatli) platani **yarim avtomatlashtirilgan** konstruksiyalash usulida bosma elementlarni joylashishi EHM

yordamida, bosma (pechatli) o'tkazgichlarni simli ulanishi esa qo'lda bajariladi.

Bosma (pechatli) platani **avtomatlashtirilgan** konstruksiyalash usulida osma elementlarni joylashtirish va bosma (pechatli) o'tkazgichlarni simli ulanishi to'liq EHM yordamida bajariladi.

Bosma (pechatli) platani o'tkazuvchi qavatini rasm-topologiyasini loyihalashtirish maxsus avtomatik loyihalashtirish tizimi yordamida amalga oshiriladi.

7.2. Bosma (pechatli) platalarni konstruksiyalash jarayonining ketma ketligi

Platalarni konstruksiyalashning quyidagi tartibi tavsiya etiladi:

1. tarkibiga bosma (pechatli) plata kiruvchi mahsulotning texnik topshirig'ini o'rganish;
2. ekspluatatsiya qilish shartlari va qattiqlik guruhini aniqlash;
3. turi va aniqlik klassini tanlash;
4. o'lchamlari va konfiguratsiyasini tanlash;
5. plata asosining materialini tanlash;
6. konstruktiv qoplamini tanlash;
7. osma elementlarni joylashtirish va bosma (pechatli) o'tkazgichlarni simli ulanishi;
8. simli ulanish usuli va uning joylashishini tanlash;
9. konstruktorlik hujjatlarini ishlab chiqish.

Ekspluatatsiya qilish, saqlash va transportirovka qilish shartlari tarkibiga bosma (pechatli) plata kiruvchi mahsulotning texnik topshirig'i asosida aniqlanadi.

7.3. Konstruktiv qoplamalar

Konstruktiv qoplamalar bosma (pechatli) plataning elektr, mexanik va boshqa parametrlarini stabiligini ta'minlash uchun zarur. Qoplamalar metall (7.1- jadval) va nometal ko'rinishida bo'lishi mumkin.

Nometall konstruktiv qoplamalar quyidagi vaziyatlarda ishlatiladi:

- bosma (pechatli) o'tkazgichlar va bosma (pechatli) platani asosining yuzasini qalay ta'sirida himoyalash;
- o'tkazuvchi liniyalarda osma elementlarni qisqa tutashuvdan himoyalash;
- ekspluatatsiya vaqtida namlikdan himoyalalanish.

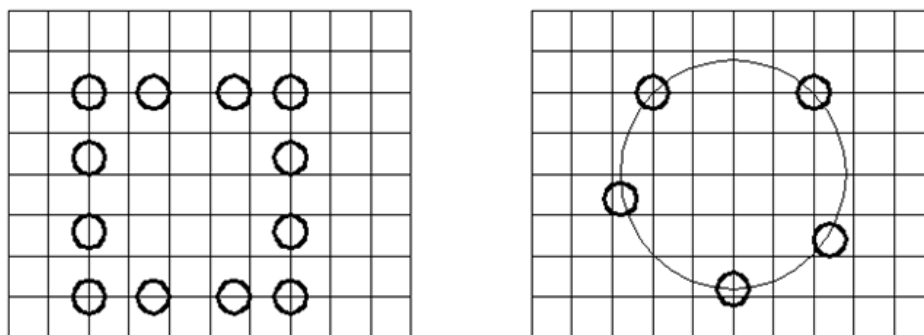
Dielektrik qoplamalar sifatida epoksid smolalar, emallar va oksidli plyonkalar ishlatiladi.

Metall qoplama	Qalinligi, mkm	Qoplama vazifasi
Roze qotishmasi	1,5...3	Korroziyadan himoya qilish, qalaylashni ta'minlash
Qalay-qo'rg'oshin qotishmasi	9...15	Korroziyadan himoya qilish, qalaylashni ta'minlash
Kumush	6...12	Elektr o'tkazuvchanlikni yaxshilash
Oltin va uning qotishmalari	0,5...3,0	Elektr o'tkazuvchanlikni yaxshilash, o'tish qarshiligini kamaytirish, yemirilmaslikni oshirish, ulagichlarning kontaktlarini yemirilmasligini oshirish
Palladiy	1...1,5	O'tish qarshiligini kamaytirish
Nikel	3...6	Korroziyadan himoya qilish, ulagichlarning kontaktlarini yemirilmasligini oshirish
Mis	25...30	Ulanishning elektr parametrlarini ta'minlash

7.4. Teshiklarni tanlash va joylashtirish

Bosma (pechatli) platalarda har qanday teshiklarning o'lchamlari sonini cheklash lozim. Platadagi teshiklarning o'lchamlari sonini uchtdan oshirmaslik lozim.

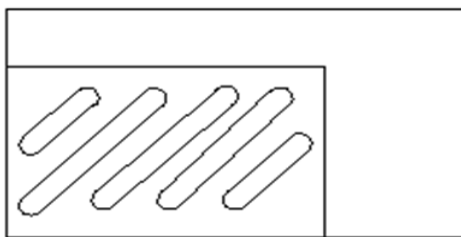
Teshiklarning markazlari koordinat setkalarining tugunlarida joylashtiriladi. Koordinata setkalarining asosiy qadami qilib 0,5 mm olingan. Ko'p chiqishli elementlar chiqishlari koordinata setkasining qadami to'g'risiga mos kelmagan holda, teshiklarning kamida bittasini koordinata tuguniga to'g'rilab joylashtiriladi. (7.2- rasm).



7.2- rasm. Teshiklarning markazi pechatli platalarning koordinata setkasida joylashishi

Montaj teshiklarining diametri $0,4 \div 3$ mm gacha bo'lib, osma element ulanish teshiklari diametrining aniq qiymatiga bog'liq bo'ladi.

Bosma (pechatli) platalarning biror bir joyida shakllantirilgan metall qatlami qurilmaning elementlari orasidagi ekran vazifasini bajarishi mumkin. Bu qatlam bosma (pechatli) plataning katta yuzasini egallab, qalay to'liqini yordamida qalaylashda dielektrikdan gaz chiqib, metall qatlamini ko'chishiga olib kelishi mumkin. Ushbu negativ effektni oldini olish uchun ekran yuzasida teng taqsimlangan tirqishlar qilinadi. (7.3- rasm). Odatda tirqishlar yuzasi ekranning yuzasidan 50% dan kam bo'lmasligi kerak.



7.3- rasm. Tirqishli bosma (pechatli) ekran

Nazorat savollari

1. Bosma (pechatli) platalarni avtomatlashtirilgan konstruksiyalash usuli.
2. Bosma (pechatli) platalarning asosi bo'lib ishlatiladigan materiallar haqida ma'lumotlar bering.
3. Bosma (pechatli) platalar asosi bo'lib xizmat qiluvchi materiallar afzalliklari va kamchiliklari.
4. Bosma (pechatli) montajda o'tkazgichlarni hosil qilishning texnologik usullari.
5. Bosma (pechatli) platalarni konstruksiyalash jarayonining ketma ketligi.
6. Kimyoviy negativ usul yordamida bosma (pechatli) platalarni yasash.
7. Fotorezist vazifalari va turlari.
8. Elektr bog'lanishga ta'rif bering.

VIII BOB. RADIOELEKTRON VOSITALARNI KOMPONOVKA QILISH (JOYLASHTIRISH)

8.1. Umumiy qoidalar

REVLarni ishlab chiqishni tezlashtirish, qurilmaning sifati va ishonchliyligini oshirish uchun komponovka qilish chizmalari (eskizlari) yaratiladi.

Komponovka - bu REVLarning elementlarini fazoda yoki tekislikda joylashtirish. Komponovkani vazifasi – bu shaklini, asosiy geometrik o'lchamlari va maxsulotning tashkiliy elementlarini fazoda joylashtirish va massasini taxminiy aniqlashdir.

8.2. Komponovkaga talablar

Konstruktor komponovka qilinayotgan mahsulot uchun quyidagi talablarga e'tibor qaratishi kerak:

1. Mahsulotning texnik xarakteristikalariga ta'sir qiluvchi alohida elementlar, tugunlar va bloklar orasidagi jiddiy parazit elektr va magnit o'zaro aloqalari bo'lmasligiga intilish.

2. Mahsulotning texnik xarakteristikalariga issiqlik va mexanik ta'sirlarni minimumga kamaytirish.

3. Konstruksiyaning elementlarini shunday joylashtirishga erishish kerakki, bunda avtomatik va yarim avtomatik uskunalarni qo'llash sharti bilan yig'ish va montaj qilish, nazorat qilish va ta'mirlash, hamda xizmat ko'rsatish ishlarini qulayligini ta'minlash.

4. Boshqarish va sozlash organlarini konstruksiyalash va joylashtirilishi shunday amalga oshirilishi lozimki, bunda operator uchun maksimal qulaylikka ega bo'lish ta'minlansin.

5. Mahsulot texnik tomondan estetik talablarga javob berishi lozim.

6. Mahsulotning massasi va gabaritlari minimal qiymatga ega bo'lishi lozim.

Ma'lumki mahsulotning massasi va gabaritlari ishlatilayotgan sxema va radioelementlarga juda bog'liq.

Masalan, televizion qabul qilgichlarda ularning transformator elektr ta'minoti bloki impulsli elektr ta'minot bloklariga o'tishi (ya'ni kuchlanishi 50 Gs dan $20 \div 100$ kGs chastotasiga o'tish) elektr ta'minlash blokining massa va gabaritlarining solishtirma ko'rsatkichlarini ikki baravar kamaytirishga olib keladi. Qurilmaning gabaritlarini kamaytirish tadbirlarini samaradorligini o'lchovi sifatida

montaj zichligi ishlatiladi. Montaj zichligi - bu birlik hajmga to'g'ri keluvchi ERE, yarim o'tkazgich asboblarning o'rtacha soni. Ko'p hollarda yuqorida keltirilgan barcha talablarga bir vaqtning o'zida javob beruvchi yechimlarni topish qiyin. Shuning uchun komponovkalash jarayoni optimal yechimlarni ta'minlashga mo'ljallangan.

8.3. Komponova ishlarini bajarish usullari

REVLarni loyihalash amaliyotida quyidagi komponovkalash turlari qo'llaniladi:

- analitik;
- nomografik;
- applikatsion;
- modeli;
- grafik;
- natur ko'rinishda;
- EHMdan foydalanish.

Analitik komponovkalashda ma'lum bo'lgan elementlarni komponovkalash xarakteristikalarini asosida maxsulotning komponovkalash xarakteristikalarini hisoblanadi.

Nomografik komponovkada hisoblashlarni soddalashtiruvchi maxsus yaratilgan nomogrammalardan foydalaniladi.

Analitik va nomografik komponovkalash prinsipial sxemalardagi ishlatilgan elementlarning ro'yxati asosida amalga oshiriladi. Bu usullar yaqqol va ko'rgazmali bo'lganligi uchun fazoviy komponovkalash chizmalarini (eskizlarini) olishga imkon bermaydi.

Applikatsion komponovka yaqqol ko'rgazmali komponovkalash eskizini olishga imkon beradi. Elementlar applikatsiyalar ko'rinishida bajarilib, hamda berilgan tekislik yoki hajmda joylashtiriladi.

Modelli komponovkalashda ERE, yarimo'tkazgichli asboblarning qog'oz-karton va boshqa materiallardan yasalgan, oddiylashtirilgan modellari berilgan tekislik yoki hajmda joylashtiriladi.

Grafik komponovkalashda elementlarning tasvirlarini oddiylashtirish usuli ishlatiladi. Ko'rgazmali bo'lishi uchun elementlar turli xil ranglar bilan ajratiladi.

Naturli komponovkalashda mahsulotning real komponentlari ishlatiladi.

REVLarni komponovkalashning eng istiqbolli usuli bu EHMni qo'llashdir. Bu usulda Microsoft Windows operatsion tizimda ishlovchi 3D studio MAX va boshqa dasturiy tuzilmalari ishlatiladi.

8.4. Operatorning ish faoliyati samaradorligini aniqlovchi omillar

Qulay asbob-uskuna va qulay ish joyi mehnat samaradorligini oshiradi. Buning aksi bo'lganida esa insonning toliqishi oshadi, xatolar soni oshadi va jarohat olish ehtimoli oshadi. Inson va mashinaning (boshqarish pulti) o'zaro aloqa ko'rsatgichlarini ergonomika fanining muhandislik psixologiyasi bo'limi o'rganadi.

Operatorning ish faoliyati samaradorligini aniqlovchi omillar:

1. Umumiy omillar:

- tashqi muhit;
- ish joyi komponovkasi;
- operatorning shaxsiy sifatlari.

2. Axborotni (ma'lumotni) o'qish vaqtini belgilovchi omillar:

- indikatsiya turi (raqamli yoki analogli);
- indikatorlar soni;
- indikatorlarning joylashtirilishi.

3. Farqlashni belgilovchi omillar:

- harf, raqam va boshqa belgilarni o'qiy olishlik;
- yorug'lik xarakteristikalar;
- ranglar tiniqligi va ranglar kontrastligi.

4. Ish vaqtini belgilovchi omillar:

- boshqarish organlarini soni;
- boshqarish organlari turlari, joylashish qulayligi.

5. Axborotni (ma'lumotni) baholash vaqtini belgilovchi omillar:

- axborot (ma'lumot) hajmi;
- axborot (ma'lumot) almashinuvining o'zgarishi (dinamikasi).

Nazorat savollari

1. Radioelektron vositalarni komponovka qilishning umumiy qoidalari.

2. Komponovkaga qo'yilgan talablar.

3. Komponovka ishlarini bajarish usullari.

4. Kompanovka jarayonida operatorning ish faoliyati samaradorligini aniqlovchi omillar (faktorlar).

IX BOB. RADIOELEKTRON VOSITALARNING ERGONOMIK KO'RSATKICHLARI

9.1. Konstruksiyalarning sifatini ergonomik ko'rsatkichlari

Konstruksiyalarning sifatini ergonomik ko'rsatkichlari:

1. gigienik (yoritilganlik, temperatura, zaxarlanganlik, shovqin, vibratsiya, ventilyasiyalanganlik, elektr va magnit maydon kuchlanganligi);

2. antropometrik – mahsulot konstruksiyasini inson badanining va uning qo'l-oyog'ining shakli va o'lchamlariga mos kelishi;

3. fiziologik va psixofiziologik (mahsulot konstruksiyasining inson kuchi, tezligi va ko'rish imkoniyatlariga mos kelishi);

4. psixiologik (mahsulot konstruksiyasini insonning axborotni idrok etish, qayta ishlash va yangi ko'nikmalarni shakllantirishga mos kelishi).

Ergonomik talablarni badiiy vositalar bilan amalga oshirish masalalari bilan dizayn yoki texnik estetika sohasi shug'ullanadi.

9.2. Ish joyini tashkil etish prinsiplari

Ish joyi – bu kerakli bo'lgan texnik vositalar bilan jihozlangan zona bo'lib, operatorni ishonchli ishlashi, atrof muhitning gigienik ko'rsatkichlarining optimal qiymatlariga bog'liq bo'ladi. Ushbu ko'rsatkichlar umuman olganda qulay, noqulay va chidab bo'lmaydigan bo'lishi mumkin (9.1- jadval).

Qulay va noqulay sharoitlar orasida psixiologik, noqulay va chidab bo'lmaydigan sharoitlar orasida fiziologik chegaralar mavjud.

Ish joyini tashkil etishda uni rangli bezash katta ahamiyatga ega. Inson ko'rish qobiliyati yordamida hamma axborotni 80 – 90% qabul qiladi.

Rang inson tomonidan issiq va sovuq, yaqinlashish va uzoqlashish yengil va og'ir tushunchalar bilan assotsiyasiyalanadi.

Ko'rish qobiliyati eng katta farqlashning qayd qilingan optimal yorqinligi 10^4 kd/m^2 ga teng.

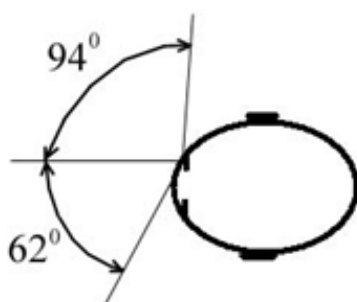
9.1- jadval. Ayrim gigienik ko'rsatgichlar

Ko'rsatgichlar	Sharoitlar		
	Qulay	Noqulay	Chidab bo'lmaydigan
Harorat, °C			
Issiq	+22...+24	+35...+44	+44dan yuqori
Sovuq	+18...+22	-10	-10dan past
Shovqin, dB	40...50 (laboratoriyada)	120	130...135
	80...90 (ishlab chiqarish sexida)	120	130...135
Namlik, %	20...60	10	10dan past

Belgilarni idrok etishda eng katta farqlanishga quyidagi ranglar ketma-ketligi javob beradi:

- 1) oqda osmon (moviy) rang;
- 2) sariqda qora rang;
- 3) oqda yashil rang;
- 4) oqda qora rang;
- 5) qizilda yashil rang;
- 6) sariqda qizil rang.

Ko'zning reaksiyasi - ko'rish maydoni, ko'rish o'tkirligi va boshqa ko'rsatgichlar bilan belgilanadi (9.1- rasm).



9.1- rasm. Insonning gorizontal tekislik bo'yicha ko'rish maydoni

9.3. Indikatsiya va boshqarish organlari

Indikatsiya va boshqarish organlari ikkala ko'zning ham ko'rish maydonida joylashishi lozim.

Indikator bilan boshqarish organlari birgalikda kelishi lozim bo‘lgan taqdirda, ular shunday joylashtirilishi kerakki operatorning qo‘li boshqarish organini ushlaganda u indikatorni to‘smasligi lozim.

O‘lchov asbooblarini oldi tomoni och sariq, tutunsimon kul rang va kulrang osmon rangli sintetik bo‘yoqlar bilan bo‘yalishi lozim. Panellarning oldi tomonidagi yozuv va belgilar qora, oq, qizil, sariq, yashil, to‘q osmon rangda yoziladi. Ammo bitta asbobda 5 xil rangdan ortiq rang ishlatilmasligi lozim.

Boshqarish organlari va indikatsiyaning joylashishi quyidagi qonunlarga mos ravishda bajariladi:

- ish bajarishi (funktsiyasi) bo‘yicha;
- muhimligi bo‘yicha;
- foydalanish qulayligi bo‘yicha;
- foydalanish ketma-ketligi bo‘yicha;
- ishlatishning takrorlanishi bo‘yicha.

9.4. REVlarning old panellarni shakllantirish

Old panellarni kompanovkasini operatorni REV (qurilma, elektron asbob) bilan ishlashini tahlilidan boshlanadi. Buning uchun panelning barcha elementlarini grafik ko‘rinishda tasvirlab, ular va operator orasidagi o‘zaro bog‘lanish aniqlanadi.

Ishning bajarilishi operatorning o‘ng va chap qo‘llari orasida taqsimlanishi lozim. Eng muhim va aniq ishlarga bog‘liq bo‘lgan boshqaruv organlari o‘ng qo‘lga ajratilishi lozim. Ishchi xarakatlarining traektoriyalari va soni minimumgacha qisqartirilishi lozim.

Nazorat savollari

1. Radioelektron vositalarning ergonomik ko‘rsatkichlari.
2. Konsruksiyalarning sifatini ergonomik ko‘rsatkichlari.
3. Ish joyini tashkil etish prinsiplari.
4. Indikatsiya va boshqarish organlari.
5. REVlarning old panellarni shakllantirish.

X BOB. RADIOELEKTRON VOSITALARNING ISTIQBOLLI RIVOJLANISHI

10.1. Nanoelektronikaning texnologik asoslari.

Nanojihozlar litografiyasiga kirish

Nanometrli o'lchamlardagi rasmlarni olinishi uchun mikroelektronikada qo'llaniladigan oddiy litografik jarayonlarni ishlatilishida eksponsiyalash va ishlov berish jarayonlarining chegaraviy imkoniyatlari aniqlanadi. Optik tizim yordamida ruxsat etilishi mumkin bo'lgan $L_{\min}$ minimal o'lcham Reley mezoniga muvofiq quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$L_{\min} = \frac{k\lambda}{NA}, \quad (10.1)$$

bu yerda k — ishlatiladigan rezist turi va litografik jarayon turiga bog'liq bo'lgan konstanta

X — yorug'likning to'lqin uzunligi;

NA — optik tizimning sonli aperturasi.

Formula ko'rsatadiki, yuqori ruxsat etishning ishlatilishi uchun to'lqin uzunligini kamaytirish va sonli apparaturani oshirish zarur bo'ladi.

350 nmli rasmlari mikrosxemalarni ishlab chiqarish uchun 360 nmli yoyli simob lampasi (i-chiziq) ishlatilgan.

Mikrosxemalarning integratsiyalanishi darajasini keyingi oshirilishi litografik tizimlarni chuqur ultrabinafsha sohasiga (deep UV) o'tish bilan shartlanadi. 250 nmli rasmlari tranzistorlar uchun 248 nm yorug'lik to'lqin uzunligi KrF eksimer lazerlar qo'llaniladi. 180 nmli rasmlari litografiya 198 nm nurlanishli ArF eksimer lazerlardan foydalanish bilan malga oshiriladi. 118 nmli rasmlari litografiya 157 nm F2 lazerdan foydalanishga mo'ljallangan.

Sonli aperturaning oshirilishi **DOF** fokus chuqurligini kamayishiga bog'liq bo'lgan chegaralashga ega:

$$DOF = \frac{M\lambda}{NA}, \quad (10.2)$$

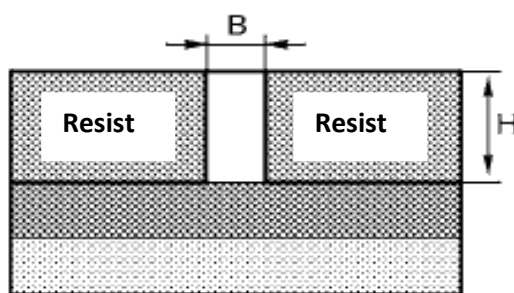
bu yerda M — litografik jarayonga bog'liq bo'lgan konstanta.

Oddiy fotografiyada predmet va fon fokusda bir vaqtda bo'lganida fokusning kichik chuqurligi muammosiga duch kelinadi.

Litografik tizimda ham rezist qatlamining balandligida, ham chuqurligida rasmning aniq tasviriga ega bo'lish zarur.

Yuqori aperturali va qisqa toʻlqin uzunligini qoʻllanilishi fokusning chuqurligini hatto submikron ruxsat etish yoʻl qoʻyilmaydigan chegaralargacha kamaytiradi va nanoelektron asboblarni ishlab chiqishda jiddiy muammo boʻlib qoladi.

Nanoelektron konstruksiyalar tomonlar nisbati (aspect ratio) deyiladigan chiziqning N balandligini uning V kengligiga yuqori nisbatiga ega boʻlishi kerak. Bu avtomatik ravishda yuqori N/V tomonlar nisbatili rezistlardan foydalanish zaruratiga olib keladi. Tomonlar nisbatini aniqlash imkoniyatini 10.1- rasm tushuntiradi. Qalin rezistlar uchun ishlatiladigan toʻlqin uzunligiga qaraganda zarur fokus chuqurligiga erishish sezilarli muammo boʻlib qoladi.



10.1-rasm. Tomonlar nisbatini aniqlash

Shunday qilib, nanooʻlchamli masshtabdagi tuzilmalarni yaratish uchun mikroelektron litografik jarayonlardan toʻgʻridan-toʻgʻri foydalanishni qiyinlashtiradigan fizik va texnik muammolar mavjud.

Nanoelektron jihozlarni ishlab chiqarish uchun yanada murakkab optik tizimlar va jarayonlar zarur boʻladi. Anʼanaviy litografiyaning imkoniyatlarini kengaytirishga, xususan, fazani suradigan niqoblar va koʻp qatlamli rezistlardan foydalanish orqali erishiladi.

Yaqin joylashgan chiziqlarni eksponensiyalashda yorugʻlik nurlari taxminan bir xil fazaga ega boʻladi. Bu shunga olib keladiki, chiziqlar orasidagi sohalarda turli chiziqlarni eksponensiyalaydigan yorugʻlik oqimlarining dumlarining interferensiyasi kuzatiladi. Natijada difraksion rejimga yaqin boʻlgan rejimda ishlashda ruxsat etish keskin kamayadi. Agar qoʻshni chiziqlarni qarama-qarshi fazalardagi nurlar bilan eksponensiyalash taʼminlansa, vaziyatni tuzatish mumkin. Fazalarning surilishiga fotoshablonlarni tayyorlashda maxsus fazani suruvchi qoplamalarning qoʻllanilishi orqali erishiladi.

Ayrim hollarda faza bo'yicha surilgan nurlarning interferensiyasi o'lchamlari ishlatiladigan yorug'likning to'lqin uzunligidan sezilarli kichik bo'lgan alohida chiziqlarni eksponensiyalash uchun ishlatiladi.

Interferension samaralarni yo'qotishning istiqbolli usuli tashqi o'qli yoritish qo'llaniladigan eksponensiyalash (OFF-Axis Illumination) hisoblanadi. Bu holda fazalar surilishi qo'shni chiziqlar qarama-qarshi fazalardagi nurlar bilan yoritiladigan tarzda yorug'likning rezistga tushishi burchagi tanlanishi bilan ta'minlanadi.

Litografik jarayonlarning ruxsat etishini oshirish ko'p qatlamli rezistlarning qo'llanilishiga imkon beradi. fotosezgir rezistiv qatlam taglikka qoplanishidan oldin maxsus qaytarishga qarshi qatlam qoplanadi. Qo'shimcha qatlam hisoblanishi bilan u quyidagi turli funksiyalarni bajaradi:

- rel'efning sirtida tashkil etilgan murakkab topologiyani silliqalaydi;

- olinadigan manzarani sezilarli buzishi mumkin bo'lgan taglik sirtidan qaytadigan teskari sochilgan nurlarni yutadi.

Yuqori rezistning yuqori sezgir qatlami kichik qalinlikka ega bo'lishi mumkin, bu jarayon fokusining yo'l qo'yiladigan chuqurligiga ijobiy ta'sir qiladi.

Murakkab optik tizimlar, yangi eksponensiyalash manbalari (xususan, F2 lazerlari), ko'p qatlamlarli rezistlarning qo'llanilishi 100 nm dan ortishga imkon beradi.

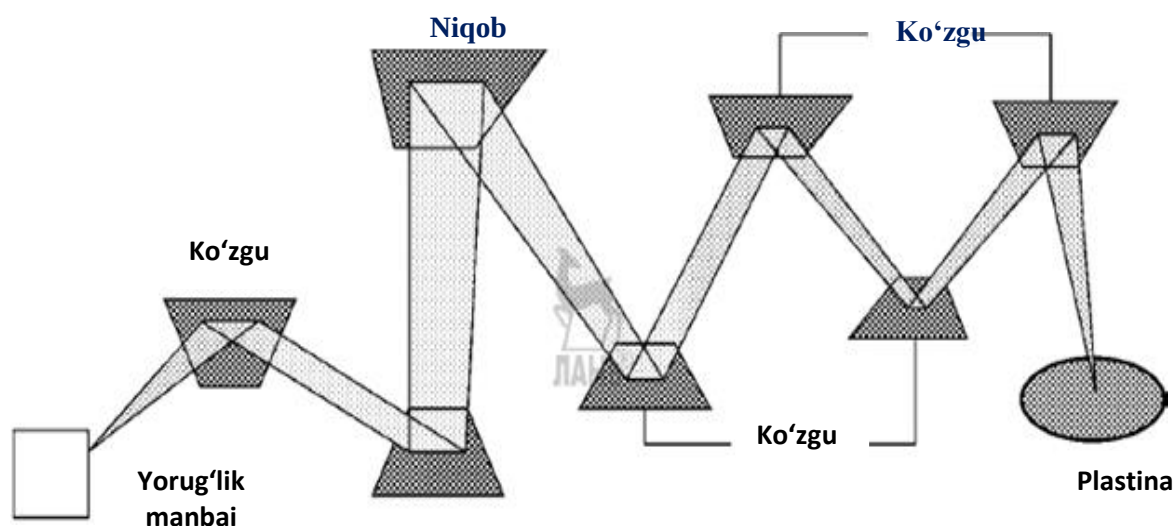
100 nm dan past ruxsat etishli tuzilmalarni olish uchun chegaraviy yoki ekstremal ultrabinafsha (Extrime UV Lithography — EUVL), elektron proeksion (SCALPEL), ionli (Ion Beam Lithography), rentgenli litografiyani (X-Ray Lithography) ishlatadigan yuqori unumdor litografik tizimlarni ishlab chiqish zarur bo'ladi.

10.2. Ekstremal ultrabinafsha bilan litografiya

EUVL oddiy, lekin 11...14 nm to'lqin uzunligi nurlanishdan foydalaniladigan va qaytarish optikasili va fotoshablonlarli optik litografiya hisoblanadi. Bunday tizimlarning rivojlanishi birinchi bosqichidagi nurlanish manbai sifatida sinxrotron nurlanish xizmat qilgan. Lekin keyinroq ishlash prinsipi lazer plazmasining nurlanishidan foydalanishga asoslangan chegaraviy ultrabinafsha kichik hajmli manbai ishlab chiqilgan. Standart Nd YAG lazerning nurlanishi (1063 nm —

to'liq uzunligi, 40 Vt — quvvat, 100 Gs — chastota, 5 ne — davomiylilik) Xe-klasterlarning impulsli gazi oqimiga fokuslanadi. Hosil bo'ladigan lazerli plazma $X \approx 10...25$ nmli chegaraviy ultrabinafshaning keng spektral polosasiga ega. Optik tizim (variantlaridan biri) yorug'lik manbai va niqob orasidagi ko'zgular to'plamidan iborat. Niqob va rezistiv elementli taglik orasidagi ko'zgularning bo'lishi tasvirning o'lchamini 4 marta kamaytirishni ta'minlaydi. Qurilmaning sxemasi 10.2- rasmda keltirilgan.

Barcha qaytarish optik tizimlari 1 nm bir jinslimasliklar o'lchamli asferik bo'lishi kerak. Bu ko'zgular har biri $X/4$ tartibdagi qalinlikdagi 40 dan 80 tagacha ikki qatlamli plyonkalardan murakkab plyonkali qoplamalar hisoblanadi. Xuddi shunday murakkab tuzilishga EUV- litografiya uchun niqob ega, u sxematik 10.3-rasmda tasvirlangan.

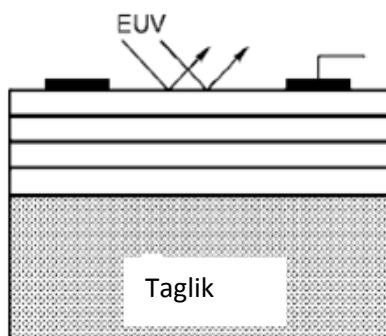


10.2-rasm. EUV-litografiyaning sxemasi

Bunday litografik jarayon 50 nmgacha ruxsat etishli chiziqlarni chizishga imkon beradi. lekin bunday tizimlarning katta muammosi optik tizimning kichik ko'rish maydoni hisoblanadi, bu kremiyli taglikning butun sirtini eksponensiyalashga imkon bermaydi.

Ko'rib chiqilgan tizimlar, qolaversa, kichik X qiymatli boshqa tizimlar taglik sirti bo'yicha tasvirni skanerlash tizimlarining qo'llanilishini talab qiladi. Agar to'liq uzunligini 20 marta kamaytirilishi (248 dan 20 nmgacha) e'tiborga ulansa, bu, o'z navbatida, sonli aperturaning qiymatini pasaytirishga va bu bilan optik tizimlarning fokusi chuqurligi va ko'rish maydonini oshirishga imkon beradi, u holda EUV-litografiyaga o'tish an'anaviy fotolitografiya doirasida qolish bilan

100 nm chegaradan ortishga imkon beradi. lekin murakkab ko‘zguli optika va qimmat fotoshablonlarni tayyorlash texnologiyasi boshqa fizik prinsiplarga asoslangan litografik jarayonlarni ishlab chiqish yo‘llarini izlashga majburlaydi.



10.3-rasm. EUV litografiya uchun niqob

So‘nggi yillarda AQShda litograiya taxminan 13,5 nm to‘lqin uzunligi qat’iy ultrabinafsha nurlanishning (EUV) qo‘llanilishi bo‘yicha ishlar jadal olib borilmoqda. Bu DUV-litografiya ishlatiladigan “chuqur ultrabinafsha” (DUV) to‘lqin uzunligidan (248 nm) taxminan 18 marta qisqa. EUV-litografiya to‘lqin uzunligini 10 karradan ortiq kamayishini va u bir necha o‘nlab atomlar o‘lchamlariga teng bo‘lgan dipazonga o‘tishni ta’minlaydi.

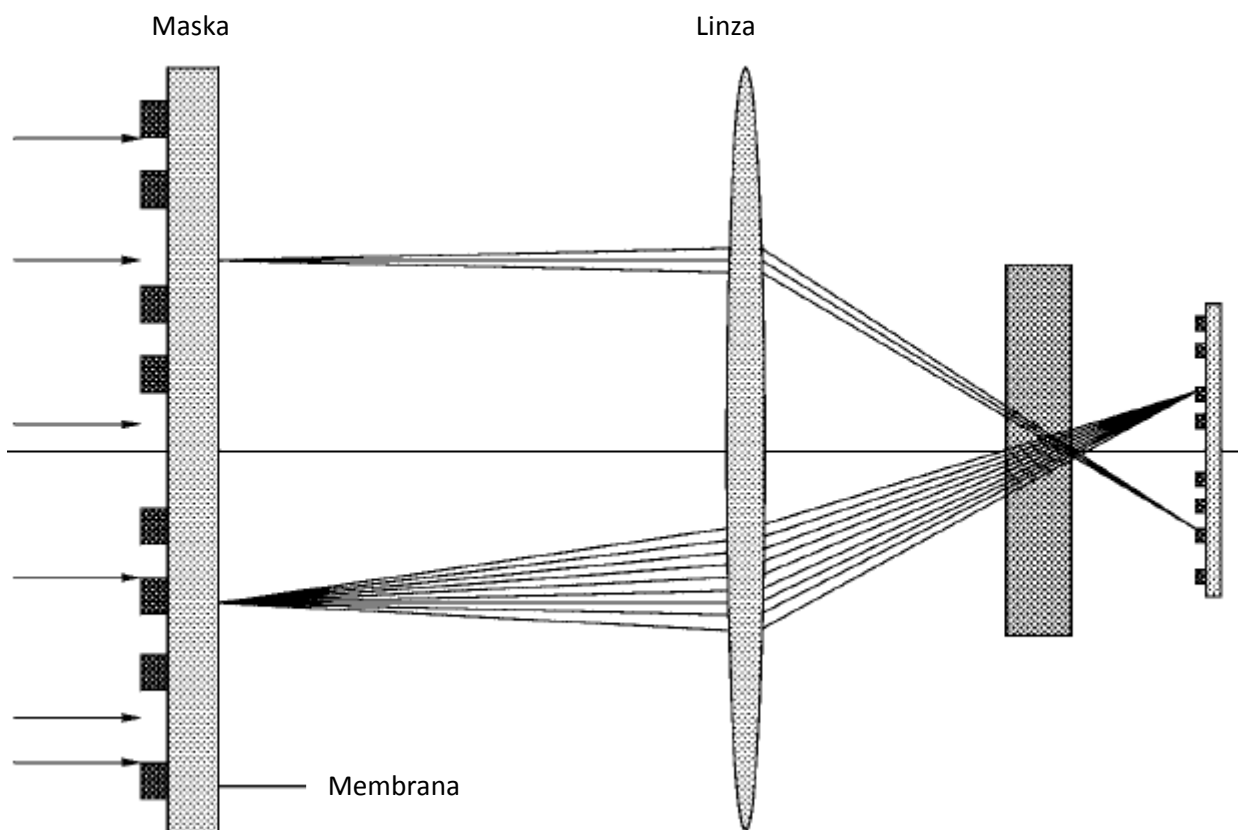
EUV-litografiyaning qo‘llanilishi 30 nmgacha chiziqlarni bosilishini va 45 nmdan kichik o‘lchamli tuzilma elementlarini shakllantirilishini mumkin qiladi. Binobarin, EUV-nurlanish shisha orqali yaxshi yutiladi, u holda yangi texnologiya niqob qo‘llanilganidan keyin olinadigan tasvirni kichraytiradigan va fokuslaydigan to‘rtta maxsus qabariq ko‘zgulardan iborat tizimlarning ishlatilishini ko‘zda tutadi. Har bir bunday ko‘zgu nanogeterotuzilma hisoblanadi va taxminan 12 atomlar qalinlikdagi 80 ta alohida metall qatlamlarga ega bo‘ladi, bu tufayli u qat’iy ultrabinafsha nurlanishni yutmaydi, balki qaytaradi. Kutilmoqdaki, EUV-litografiyaning qo‘llanilishi Intel kompaniyasi 2001 yildan ishlab chiqaradigan eng keng tarqalgan Pentium®Pro protsessorlariga qaraganda 30 marta tez ishlaydigan mikroprotsessorlarni yaratishga imkon beradi.

10.3. Elektron-nur litografiya

Elektron-nur litografiya (ENL) bu nanotuzilmalarni yaratishning istiqbolli usuli hisoblanadi. Bunda rezistning sirtida rasmni to'g'ridan-to'g'ri chizilishiga asoslangan litografik jarayonlar ishlatiladi. Bunday eksponensiyalash usuli ilmiy maqsadlarda va fotoshablonlarni ishlab chiqarishda yaxshi bo'ladi. Lekin past samaradorlik uni ishlab chiqarishda keng joriy etilishini mo'ljallashga imkon bermaydi.

Yuqori unumdor proeksion ENL samarador tizimini ishlab chiqishga urinishlar ikkita sabablarga ko'ra uzoq vaqt ijobiy natijani bermadi. Birinchidan, rasm alohida oraliqlarining turli yutish qobiliyatiga asoslangan niqobning ishlashi katta nurlanish dozasining yutilishi natijasida uning qizib ketishiga olib keldi. Bularning barchasi proeksion elektron litograflarning tezlashtiruvchi kuchlanishini chekladi. Ikkinchidan, elektronlarning yo'l qo'yiladigan energiyalarini qo'llanilishi kichik sonli aperturalardan foydalanishga ruxsat etmadi, bu magnit fokuslovchi tizimlarning fokusi chuqurligini va ko'rish maydonini kamaytirdi. Keyin, tizimning yuqori unumdorligini ta'minlaydigan nurlarning katta toklari fazoviy zaryadning ta'siri sababi yuqori ruxsat etishni chekladi.

Yuzaki yutilishli ENLning cheklanishini tushunish yangi proeksion ENL-tizimlarining paydo bo'lishiga olib keldi, ulardan biri SCALPEL nomini oldi. Yangi tizimlarning oldingilaridan asosiy farqi yangi turdagi niqoblar – elektronlar uchun yuqori singdiruvchanlikli yengil elementlardan tayyorlangan membranalar to'plamidan foydalanishdan iborat. Rasmning o'zi elektronlarga yuqori qaytarish qobiliyatli materialdan hosil qilingan. SCALPEL tizimining ishlash prinsipini 10.4-rasm tushuntiradi.



10.4-rasm. SCALPEL proeksion tizimi

Membrana orqali oʻtadigan elektronlar kichik burchaklarga sochiladi, rasm esa elektronlar katta burchaklarga sochadi. Maydoniy optik tizimning teskari fokal tekisligida joylashgan apertura kichik burchaklarga sochiladigan elektronlarni oʻtkazadi va katta burchaklarga sochiladigan elektronlarni oʻtkazmaydi, bu taglikda yuqori zidlikli tasvirning shakllanishiga olib keladi. Bunda niqobda elektron oqimining sezilarli yutilishi boʻlib oʻtmaydi, bu niqobning issiqlik nostabilligini minmallashtiradi.

Elektron-nur litografiyaning ikkita skanerlaydigan va proeksion tizimlari mavjud. Skanerlaydigan tizim ishlatilganida rezist fokuslangan elektronlar oqimi orqali eksponensiyalanadi. Agar optik litografiyada rasmning barcha detallari bir vaqtda eksponensiyalansa, u holda skanerlaydigan elektron-nur litografiyada elektron nur rasmni sirtida harakatlanadi va uni ketma-ket eksponensiyalanishini (skanerlanishini) amalga oshiradi. Elektron nurni boshqarish uchun ma'lumotlar boshqaruvchi kompyuterning xotirasidan saqlanadi, shuning uchun qandaydir shablonlarning qoʻllanilishi kerak boʻlmaydi. Lekin butun

rasmni ketma-ket skanerlash eksponensiyalash vaqtini ortishiga olib keladi.

Proeksion tizimda keng fokuslanmagan elektronlar oqimini bitta ekspozitsiyalash davomida rasmni olish uchun ishlatish mumkin. Bu yerda fotokatod berilgan rasmlari optik niqobning sirtida joylashgan. Ultrabinafsha nurlari fotokatod qatlamini niqob orqali nurlantiradi, bu fotokatoddan rasmning nurlantirilgan joylaridan elektronlarning emissiyalanishini keltirib chiqaradi. Bu elektronlar rezistning sirtiga bir jinsli elektrostatik va magnit maydonlar yordamida poeksiyalanadi. Natijada taglikning butun yuzasida rasm bitta ekspozitsiyalashda hosil qilinadi.

10.4. Ionli litografiya

Ionli litografiya (Ion Beam Litography) texnologiyasi elektron-nur litografiyada qo'llaniladiganlarga o'xshash elementlar tasvirlarini shakllantirish prinsiplariga asoslangan. Farq shundan iboratki, ionli litografiyada elektronlarning oqimi o'rniga ionlar oqimi ishlatiladi. Ionli va elektron-nur litografiya qurilmalarining asosiy elementlari mos tushadi. Ionli litografiya qurilmalari ionlari manbalari, ionli oqimlarni fokuslash va yoyish tizimlariga ega bo'ladi. Ionlarni olinishi uchun kuchli elektr maydonda suyuq metallar yoki gazlarning bug'lari ($10^6 \dots 10^7$ V/sm) ishlatiladi. Ionlar manbalari - eritiladigan metallar (Al, Au va boshqalar), yarim o'tkazgichli va dielektrik materiallar (Si, Ge, Ga, In, H va boshqalar) zarur energiyali ionlar oimlarini shakllantirishni ta'minlashi kerak, bunga ularning taglikka kirishi chuqurligiga bog'liq bo'ladi.

Kuchli elektr maydonda yoyish va fokuslash yordamida hosil bo'lgan ionlar taglikka qoplangan rezistga ta'sir qiladi. Ionlar elektronlarga qaraganda sezilarli katta massaga ega bo'ladi, shuning uchun rezistning materiali bilan aktiv o'zaro ta'sirlashishadi va elektronlarga qaraganda kam sochiladi.

Ionlar oqimlari yordamida yarim o'tkazgichli plastinalarning oraliqlarini lokal legirlash (ishlov berish) mumkin, bu bilan tranzistorli tuzilmalarning alohida sohalarini hosil qiladi. Bu holda litografiya jarayoni o'lchamli legirlash jarayoni bilan almashtiriladi, u implantografiya deyiladi.

Ionli litografiyaning afzalligi yuqori ruxsat etish qobiliyati hisoblanadi.

10.5. Rentgen litografiya

Rentgen litografiyada (X-Ray Litography) yarim o'tkazgichli taglikdagi tasvir rentgen shablonidan to'lqin uzunligi $X = 0,5...4 \text{ nm}$ bo'lgan yumshoq rentgen nurlanishi yordamida o'tkaziladi.

Rentgen litografiyaning ishlatilishi uchun quyidagilar zarur:

➤ oqimning kichik sochilishli quvvatli rentgen nurlanishi manbai;

➤ yuqori puxtalikka, zidlikka va kichik chiziqli kengaytirish harorat bo'yicha koeffitsientli rentgen shablonlari;

➤ yuqori ruxsat etish qobiliyati va sezgirlik rentgen rezistlari.

Rentgen litografik qurilmalari, mazmunan, tirqishli eksponensiyalash optik qurilmalarining bir turi hisoblanadi. Ular $0,5...4,0 \text{ nm}$ to'lqin uzunliklari sohasida yumshoq rentgen nurlanishidan foydalanish uchun ishlab chiqilgan. Rentgen nurlanishlari oqimi shablo orqali o'tkaziladi va rezist qatlamini eksponensiyalaydi.

Rentgen litografiya optik litografiya kabi rasmning ko'p sonli detallarini bir vaqtda eksponensiyalash yo'li bilan amalga oshiriladi, lekin qisqaroq to'lqinli rentgen nurlanishlari ingichka detallarli va yuqori ruxsat etishli rasmni yaratishga imkon beradi. Rentgen dipazonda ko'rinadigan materiallar mavjud emas, shuning uchun rentgen litografii qurilmalarida optik elementlar sifatida nanogeterotuzilmalar asosidagi qaytaradigan ko'zgular (reflektorlar) va zonaviy plastinkalar, shablonlar sifatida esa yupqa (1 mkm va undan kichik) metall membranalar ishlatiladi. Uzoq vaqt kichik ($0,4...5,0 \text{ nm}$) to'lqin uzunliklari tufayli rentgen nurlanishlari uchun mos ko'zgular mavjud emas hisoblangan. Bu nanotexnologiya sifatida rentgen litografiyasini keng qo'llanilishiga to'siqlardan biri bo'lgan. Lekin bu muammoni katta va kichik yutilishli moddalardan ko'p qatlamli nanogeterotuzilmalarni yaratish bilan yechish mumkin bo'lib qoldi. Hozirgi vaqtda molekulyar epitaksiya usullari orqali 1 nm qalinlikdagi ko'p qatlamli nanotuzilmalarni olish mumkin. Ni-C, Cr-C, Co-C, Mo-C, W-C qatlamlarli tuzilmalar o'rganilgan.

10.6. Nanobosishli litografiya

Nanobosishli litografiya (NBL) arzon nanolitografik mahsulotlarni ishlab chiqarish uchun istiqbolli hisoblanadi. Bu usuldan foydalanilganda tasvir oddiy litografiyadagi nurlanish bilan modifikatsilash hisobiga emas, balki rezistni shtamp orqali fizik

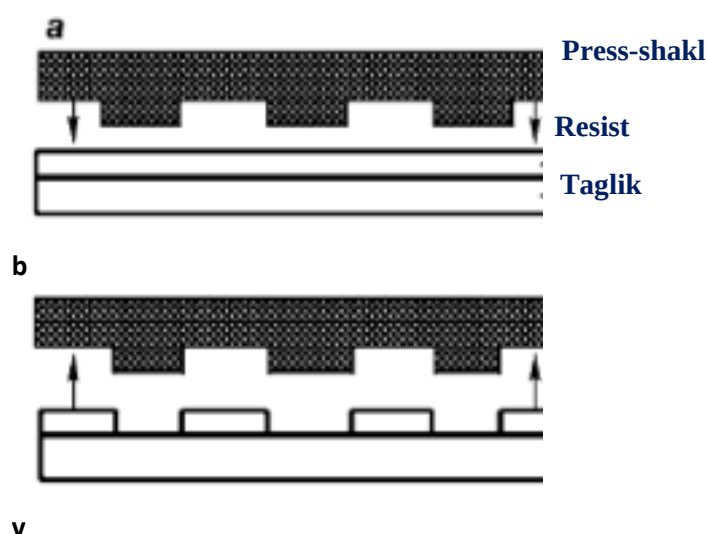
deformatsiyalanishi hisobiga hosil qilinadi. NBL jarayoni 10.5- rasmda tasvirlangan.

Rezist shtamp orqali presslanadi (10.5a- rasm), bunda rezistda turli qalinlikdagi alohida oraliqlar hosil qilinadi (10.5b- rasm). Tasvirni o'tkazish presslangan oraliqlarda rezist qoldiqlariga ishlov berish yordamida hosil qilinadi (10.5v- rasm).

NBL uchun oddiy litografiyaning ko'plab muammolari (diffuzion chegara, sochilish, murakkab kimyoviy jarayonlar) xarakterli emas. Uning yordamida katta yuzalardagi 10 nm dan kichik o'lchamli qimmat bo'lmagan tuzilmalarni olishga erishiladi.

Usulning past narxi nanotuzilmalarning sanoatda ishlab chiqarishni tashkil etishga va ularni umumiy mumkin bo'lgan material bo'lishiga imkon beradi.

Ishlab chiquvchilarning fikricha, nanotexnologiyalarda NBLning rolini kompyuter usullarini umumiy mumkin qilgan personal kompyuterlarning roli bilan tenglashtirsa bo'ladi.



10.5- rasm. NBL usulini tushuntirishga

10.7. Nanotuzilmani litografik induksiyalangan o'z-o'zidan yig'ish

Nanotuzilmalarni yig'ish sohasidagi yangi yutuq nanotuzilmani litografik induksiyalangan o'z-o'zidan yig'ish (LIY). LIY jarayoni 10.6- rasmda tasvirlangan.

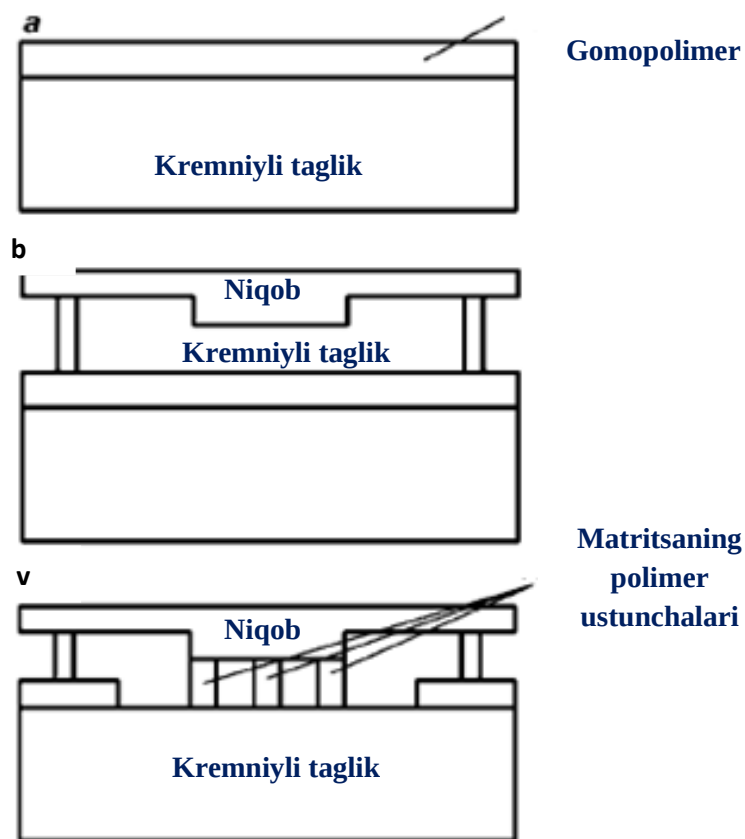
Bu usulda niqob dastlab taglikda yupqa tekis qatlamni hosil qiladigan polimer qotishmadan shakllanadigan davriy molekulyar

matritsa ustidan ustunchalarni o'z-o'zidan yig'ilishi jarayonlarini ishga tushirish va rostlash uchun ishlatiladi (10.6a- rasm).

Niqob polimer qatlami ustidan joylashadi, o'sish jarayonida og'irlik kuch ta'siri va sirt kuchlanishini yengish bilan tirqishga ko'tariladi (10.6b- rasm). O'sish sohasining chegarasi niqob sirti rel'efining konturiga aniq mos keladi.

Shunday qilib, niqob polimer qorishmaning yupqa qatlamidan o'sadigan polimer ustunchalar molekulyar matritsa ustidan o'z-o'zidan yig'ilishni ishga tushirish va rostlash uchun ishlatiladi (10.6v- rasm).

LIY jarayonini elektrostatik kuchlar va elektrogidrodinamik nostabillik yuzaga keltirishi ko'zda tutiladi.



10.6- rasm. LIYni yig'ilishiga tushuntirish

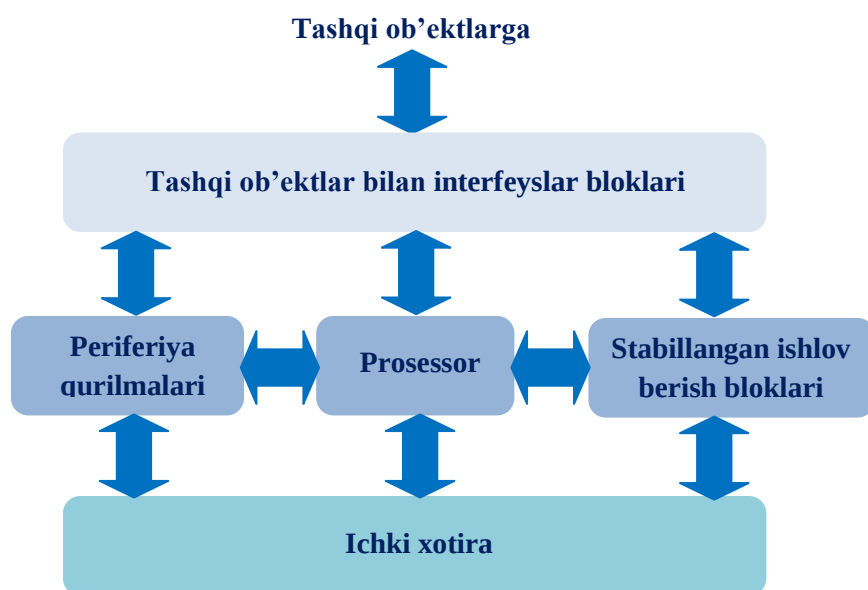
10.8. Kristalldagi tizimlar, ishlatilishining o'ziga xos xususiyatlari va qo'llanilish istiqbollari

“Kristalldagi tizim” (KT) atamasi katta ommaviylikka ega bo'ldi. Bu sinfdagi jihozlar ko'pincha “klassik” JKISlarni surib chiqaradigan elektron texnikaning yangi yo'nalishi sifatida e'lon qilinadi va qabul qilinadi. Texnik adabiyotlardagi ma'lumotlar va mualliflar KT deb ataydigan turli jihozlarning tavsiflarini tahlil qilish bilan quyidagi ta'rifni ifodalash mumkin: Kristalldagi tizim bu kristalda elektron apparaturada avtonom qo'llash uchun tugal jihozni hosil qiladigan turli funksional bloklarni integratsiyalaydigan JKIS hisoblanadi. Namunaviy KTning tuzilmasi 10.7- rasmda keltirilgan.

Kristalldagi tizim ham raqamli, ham analog bloklarni o'z ichiga olishi mumkin. Asosiy raqamli blok odatda raqamli ma'lumotlarga dasturiy ishlov berishni bajaradigan protsessor hisoblanadi. Maxsuslashtirilgan ishlov berish bloklari bu tizim uchun o'ziga xos bo'lgan funksiyalarning apparatli bajarilishini ta'minlaydi. Bu, masalan, signallarga raqamli ishlov berish bloklari (DSP), analog sxemalar, ma'lumotlar oqimlarini o'zgartirgichlar va boshqa qurilmalar bo'lishi mumkin. Turli xotira modullari (SRAM, DRAM, ROM, EEPROM, Flash) KT tarkibiga kirishi yoki unga tashqi bloklar sifatida ulanishi mumkin. Taymerlar, ARO' va RAO', kenglik-impulsli modulyatorlar va boshqa raqamli qurilmalar KT tarkibiga periferiya qurilmalari sifatida integratsiyalanishi mumkin. Tashqi qurilmalar bilan interfeys parallel va ketma-ket portlar, turli shinalar va kommunikatsion kontrollerlar va boshqa interfeys bloklari, shu jumladan analog (kuchaytirgichlar, o'zgartirgichlar) bloklari yordamida ta'minlanadi. Aniq bir KTga integratsiyalanadigan bloklar tarkibi uning funksional vazifasiga bog'liq ravishda o'zgaradi. Tizimning bloklari orasidagi aloqalarni tashkil etilishi ham turlicha bo'lishi mumkin. Turli standartlashtirilgan shinalar (AMVA turdagi) yoki maxsuslashtirilgan lokal interfeyslar ishlatilishi mumkin.

10.7- rasmdan ko'rinib turibdiki, KT tuzilmasini, asosan mikrokontrollerlar va mikroprotsessorlar sinfidagi murakkab funksional JKISlar tarkibiga kiradigan o'sha funksional bloklar tashkil etadi. Haqiqatda zamonaviy KTlar mikrokontrollerlardan faqat maxsuslashtirilgan ma'lumotlarga ishlov berish bloklarining borligi bilan farqlanadi. Mikrokontrollerlarning (oldin bir kristalli EHM deyilgan)

chiqarilishi 1981 yilda boshlangan. Shunday qilib, hisoblash mumkinki, KT maxsuslashtirilgan ma'lumotlarga ishlov berish bloklarisiz ishlab chiqariladi va uchta o'n yilliklardan buyon qo'llanilmoqda.



10.7- rasm. Kristalldagi namunaviy tizim tuzilmasi

10.9. Kristallda tizimlarning loyihalashtirishning o'ziga xos xususiyatlari

Ko'plab hollarda KT raqamli JKIS hisoblanadi, u qator analog bloklarga ham ega bo'lishi mumkin. Shuning uchun KTni loyihalashtirish uchun JKISdagi kabi o'sha usullar va vositalar ishlatiladi. Bu tizimlar «Cadance», «Synopsis», «Mentor Graphics» va boshqa kompaniyalar tomonidan yetkazib beriladigan avtomatlashtirilgan loyihalashtirish tizimlari (ALT) ko'rinishida bajarilgan. Elementlar asosi sifatida bu ALTlar tarkibiga ham oddiy mantiqiy diodlar va triggerlar, ham murakkabroq funksiyalarni bajaradigan makroelementlar - registrlar, hisoblagichlar, summatorlar, ko'paytirgichlar, arifmetik-mantiqiy qurilmalar va boshqalar kiradigan funksional elementlar kutubxonasini ishlatadi.

Mikrokontrollerlarni ishlab chiqishda 1990-yillarda bir xil protsessor yadrosiga ega bo'lgan va periferiya qurilmalari to'plami va ichki xotira hajmi bilan farqlanadigan mikrokontrollerlar oilalarini yaratish konsepsiyasi keng qo'llanildi. Mikrokontrollerlar JKISlarini loyihalashtirishda bu konsepsiyani amalga oshirish uchun funksional kutubxonalardan tashqari, murakkab funksional bloklar (MFB-bloklar) - protsessorlar, taymerlar, ARO', turli interfeyslar bloklari (UART, SPI,

CAN, Ethernet va h.k.) ishlatila boshlandi. Bu MFB-bloklar mikrokontrollerlar ishlab chiquvchilari va ishlab chiqaruvchilari ishlatadigan funksional kutubxonalarining yuqori darajasini shakllantirdi. Ular firmaning ichki moddiy boyligi hisoblanishi bilan kompaniya- ishlab chiqaruvchining aniq bir texnologiyasiga yetarlicha qat'iy mo'ljallandi.

Loyihalashtiriladigan JKISlar murakkabligini ortishi, ularni loyihalashtirish muddatlariga qat'iy talablar (jihozni bozorga chiqarilishi vaqtini qisqartirish) ishlab chiquvchilarning oldiga yangi muammolarni qo'ydi. Yuzaga kelgan sharoitlarda KT ishlab chiquvchi tomonidan uning tarkibiga kiradigan barsa MF-bloklarni mustaqil loyihalashtirish hamma vaqt ham maqsadga muvofiq bo'lavermaydi. Shuning uchun so'nggi yillarda KTni loyihalashtirish vositalari bozoriga keyingi taqdim etish uchun alohida MF-bloklarni ishlab chiqish amaliyoti keng qo'llanildi. Turli xil loyihalarda foydalanish uchun mo'ljallangan MF-bloklar IP (Intellectual Property) modullar deyila boshlandi, bu bilan ajratib ko'rsatiladiki, bu mahsulot intellektual mulk predmeti hisoblanadi. KTni loyihalashtirishda ishlatiladigan MF-bloklar ikkita asosiy berilishi shakllariga ega:

- topologik fragmentlar ko'rinishida, ular kristallning fizik tuzilmasida to'g'ridan-to'g'ri bajarilishi – apparatli bajarilgan (hard) MF-bloklar bo'lishi mumkin;

- apparaturani tavsiflash tilidagi modellar (Verilog, VHDL) ko'rinishida, ular ALT vositalari orqali kristallda bajarilishi – sintezlanadigan (soft) MF-bloklar uchun topologik fragmentlarga o'zgartirilishi mumkin.

Shunday qilib, ishlab chiquvchi loyihalashtiriladigan JKIS tuzilmasiga topologik tayyor MF-blokni to'g'ridan-to'g'ri “montash qilishi” yoki mavjud MF-bloki modelini ishlatishi va uning sxemotexnik va topologik loyihalashtirilishini KTning bajariladigan JKISi tarkibida bajarishi mumkin.

KTni loyihalashtirish jarayonida ishlab chiquvchi quyidagi yechimlarni tanlash imkoniyatiga ega bo'ladi:

- zarur MF-bloklarni mustaqil ishlab chiqish;
- yetakchi mikrosxemalar ishlab chiquvchilari va ishlab chiqaruvchilaridan MF-bloklarni sotib olish;
- ochiq foydalanishda (opensource va boshqa manbalar) taqdim etiladigan MF-bloklarni qidirish va qo'llash.

Bu variantlardan har biri o'z kamchiliklari va afzalliklariga ega. Ta'kidlanganidek, barcha MF-bloklarni mustaqil ishlab chiqish loyihalashtirish muddatlarini oshirilishiga va tayyor jihozni chiqarilishini kechikishiga olib kelishi mumkin. MF-bloklarni sotib olish ishlanma narxini oshiradigan ma'lum moliyaviy harajatlarga bog'liq. Erkin foydalanishda bo'lgan MF-bloklarning qo'llanilishi ularni sinchiklab verifikatsiyalashdan keyingina mumkin bo'ldi, bu odatda sezilarli vaqt sarflarini talab qiladi. Har bir loyiha bajarilishida ishlab chiquvchi KTni bajarilishining optimal variantini tanlash uchun qo'yilgan talablarni va mavjud resurslarni baholashni o'tkazishi kerak.

Shunday qilib, KTni loyihalashtirishning asosiy o'ziga xos xususiyati turli funksional bloklar va texnologiyalar asosida bajarilishi va kristallda zamonaviy ALT vositalar orqali integratsiyalangan, bozordan mavjud bo'lgan va erkin foydalanishdagi sintezlanadigan MF-bloklarning yetarlicha keng to'plamidan foydalanish imkoniyati hisoblanadi.

10.10. Kristallda tizimlarni bajarilishi imkoniyatlari

Zamonaviy mikroelektronika texnologiyalari quyida KTning bajarilishi variantlarini ta'minlaydi:

- buyurtma JKIS (ASIC) ko'rinishida;
- yuqori integratsiya dasturlanadigan mantiqiy integral sxema (DMIS, FPGA) ko'rinishida.

Bajarilishning har ikkala variantlari o'z afzalliklari va kamchiliklariga ega bo'lib, ularni alohida mikrosxemalardan bosma platada tizimlarni an'anaviy usulda montaj qilish – platadagi tizimlarga nibatan baholash maqsadga muvofiq.

KTni ASIC ko'rinishida bajarilishida JKIS tuzilmasiga integratsiyalangan apparatli bajarilgan MF-bloklar va ishlab chiqaruvchi o'z funksional elementlari kutubxonasi yordamida fizik tuzilmaga sintezlanadigan MF-bloklardan foydalanish bilan ASICni an'anaviy loyihalashtirish marshruti ishlatiladi. ALT vositalari, zarur MF-bloklar to'plami va zamonaviy texnologiyalardan foydalanish bilan hozirgi vaqtda ASIC ko'rinishida bosma platalarga montaj qilinadigan ko'plab elektron qurilmalarni bajarish mumkin. Shunday qilib, platadagi tizimlarni kristalldagi tizimlarga almashtirish imkoniyati bo'ladi.

Platadagi tizimlarning afzalliklari:

- yaxshi tekshirilgan turkum komponentlarning ishlatilishi;

- testlash va yig'ish oddiyroq jarayoni;
- yaroqsiz komponentlarni almashtirish imkoniyati;
- tajriba namunalari va kichik turkumlarning past narxi.

Kristalldagi tizimlarning afzalliklari:

- yuqoriroq texnik ko'rsatkichlarni (unumdorlik, energiya ite'moli, massa-hajm xarakteristikalar) olinishi imkoniyati;
- yirik turkumda chiqarishda pastroq narx.

Ta'kidlash kerakki, KTni maxsuslashtirilgan ko'rinishda bajarilishi sezilarli moliyaviy harajatlarni talab qiladi. Maxsuslashtirilgan JKISlar sinov turukumini (bir necha mingab namunalarni) 0,13...0,18 mkm texnologiya bo'yicha tayyorlash bir necha ming dollar turadi, 0,09 mkm texnologiya bo'yicha tayyorlash esa million dollardan ortiq turadi. Bunda mavjud KTni ishlab chiqish tajribasi ko'rsatadiki, faqat 25% loyihalarda dastlabki olingan sinov namunalari brilgan talablarga mos keladi. Ko'plab hollarda zarur natijani olinishi uchun bir necha iteratsiyalar talab qilinadi, bu loyihaning narxini sezilarli oshiradi. Umid qilish mumkinki, ALT vositalarining rivojlanishi bunday loyihalarni bajarilishida xavflarni kamaytiriga imkon beradi. Lekin hozirgi vaqtda KTni ASIC ko'rinishida bajarilishi yuqori byudjetli loyihalarning faqat cheklangan soni uchun ma'qbul hisoblanadi. Platadagi tizimni bajarilishi bilan berilgan xarakteristikalariga erishish mumkin bo'ladigan bu variant aytib o'tilgan afzalliklar tufayli ustun hisoblanadi.

Millionlab ekvivalent mantiqiy vetillarga ega bo'lgan yuqori integratsiyalangan FPGA asosida KTni bajarilishi muqobil bo'lishi mumkin.

FPGA asosida KTni bajarilishining afzalliklari:

- sinov namunalarini ishlab chiqish va yaratiga kam harajatlar;
- loyihani ko'p karrali tuzatish imkoniyati;
- yaxshi tekshirilgan turkum jihozlarning ishlatilishi;
- oddiyroq testlash va yig'ish jarayoni.

Shunday qilib, FPGA asosidagi KT deyarli tizimdagi platalar kabi afzalliklarga ega, lekin eng yaxshi texnik xarakteristikalariga – aynan past energiya ite'moli, kichik hajm va massaga ega. bunda unumdorlik va energiya ite'moli kabi parametrlar bo'yicha FPGA asosidagi KT ASIC ko'rinishida bajarilgan KTga yutqazadi.

Demak, xulosa qilish mumkinki, FPGA asosidagi KT platadagi tizimlarga raqobat qilishi va ularni asta-sekin surib chiqaradi. Bunda bu

KTlarda mikroprotessorlar va mikrokontrollerlar o'rniga protessorli MF-bloklarning turli variantlari ishlatiladi.

Ta'kidlash kerakki, bitta FPGA tarkibidabarchatizim funksiyalarining, shu jumladan protessorlar funksiyalarining integratsiyalanish usuli hozircha yetarlicha keng qo'llanilmaydi. Ko'plab FPGA loyihalari ma'lumotlarga turli maxsus ishlov berish funksiyalarini bajarish bilan mikroprotessorlar va mikrokontrollerlar bilan birga ishlatiladi. Lekin yetakchi FPGA ishlab chiqaruvchilari kristallning cheklangan resurslaridan foydalanishda yetarlicha yuqori xarakteristikalarni ta'minlaydigan sintezlanadigan protessor MF-bloklarni aktiv taklif etishmoqda. MF-bloklarni ishlab chiqish bilan «Xilinx», «Altera», «Gaisler Research» kompaniyalari aktiv shug'ullanmoqda. Ular RISC-arxitekturali protsesorlar yadrolarini ishlab chiqaradi, ularni bajarilishi uchun hamasi bo'lib bir necha yuzlab yoki minglab mantiqiy bloklar (LookUp-Table — LUT) talab qilinadi.

Zamonaviy FPGA tarkibida bir yecha o'n minglab LUT modullariga ega sababli bir necha protessor yadrolariga va sezilarli periferiya va maxsuslashtirilgan bloklarga ega bo'lgan kristaldagi tizimlarning bajarilishi imkoniyatlari ochiladi. Horijiy ma'lumotlarga ko'ra, hozirda ishlab chiquvchilarning taxminan uchdan bir qismi o'z loyihalarida bajarilgan protessorlar yadrolarili FPGA ni ishlatiladi. Yaqin yillarda FPGA asosida bajarilgan tizimlar tarkibida protessor yadrolarini yo'llaydigan loyihalar ulushining sezilarli ortishini kutish kerak bo'ladi.

10.11. Kristaldagi tizimlarning qo'llanilishi imkoniyatlari

ASIC ko'rinishidagi KT jihozlarni keyingi ko'p turkumli chiqarilishini ko'zda tutadigan yuqori byudjetli loyihalarni amalga oshirilishi uchun istiqbolli hisoblanadi. Ular berilgan texnik xarakteristikalarining bajarilishi boshqa yechimlar – platadagi tizim yoki FPGA asosidagi tizimlar yordamida mumkin bo'lmaydigan hollarda qo'llaniladi. ASIC ko'rinishidagi KT ni ishlab chiqilishiga bog'liq yetarlicha yuqori xavflarni hisobga olish bilan kutish mumkinki, bunday loyihalarining ulushi nisbatan uncha katta bo'lmaydi.

FPGA asosidagi KT parametrlarga cheklangan talablarli kichik va o'rta turkumli keng to'plami uchun asosiy elementlar asosi bo'lishi mumkin. Bunda bu KTlar tarkibida yetakchi ishlab chiqaruvchilar taqdim etadigan protessorli MF-bloklarni keng ishlatilishi kutilmoqda.

FPGA asosidagi KTning rivojlanishi platadagi tizimlar ko‘rinishida bajariladigan loyihalarning ulushini sezilarli qisqarishiga olib keladi.

10.12. Kristallardagi tizimlar uchun elementlar asosi

Ko‘plab ilovalarda KT tarkibida oxirgi boshqarish avtomatiga (mikrodasturli avtomat yoki protsessor yadrosiga), shuningdek turli hisoblash va interfeys maslalarini apparatli vositalar orqali yechadigan maxsuslashtirilgan soprotsessorlar (kontrollerlar) va periferiya modullariga ega bo‘ladi. KTning asosiy afzalligi ichki tuzilmani optimallashtirish bilan shartlanadigan aniq bir masalani yechilishida ularning maksimal samaradorligi hisoblanadi. Universal komponentlardan qurilgan tizimlarga o‘ziga xos bo‘lgan tuzilmaviy ortiqchalikni KTda bo‘lmasligi uning tugunlari orasidagi potensial ishonchli aloqalarni (raz'emlar, kavsharlangan bog‘lanishlarni) ichki kristalli bog‘lanishlarga almashtirilishi hisobiga energiya ta'minotini minmallashtirish, jihozning hajmini sezilarli kamaytirish va qurilmaning ishonchliligini oshirishga imkon beradi.

KTni bajarilishining ikkita variantlari bo‘lishi mumkin. Ulardan birinchisi o‘z tarkibida zarur funksional bloklarga ega bo‘lgan maxsuslashtirilgan JKISlarni loyihalashtirish va keyingi tayyorlash yo‘li bilan amalga oshiriladi. U eng yuqori texnik xarakteristikalarini olinishini ta'minlaydi, chunki tizimning tuzilmasi aniq bir masalani minimal apparatlar harajatlari va maksimal samaradorlik bilan yechilishi uchun optimallashtiriladi. Lekin bunda buyurtma JKISlarni ishlab chiqish va tayyorlashga sezilarli vositalar va vaqt talab qilinadi. Har bir JKIS yangi namunasini ishlab chiqarishga tayyorlash narxi o‘nlab va yuzlab dollarlarni tashkil etadi. Bu loyihalashtirish xatoliklarini baholashni oshiradi, bunday KTlar ko‘rinishida kam turkumli jihozlarni bajarilishini iqtisodiy foydasiz qiladi.

Ikkinchi variant KTni bajarilishi uchun elementlar asosi sifatida dasturlanadigan mantiqiy integral sxemalarni (DMIS) ishlatilishini ko‘zda tutadi. Bu holda konfiguratsiyalanishi murakkab raqamli qurilmalarni yaratishga imkon beradigan mantiqiy yacheykalarning yuqori integratsiyalanishi darajasili tayyor kristallar olinadi. DMIS asosidagi KT kichik turkumlari va yagona namunalarini bajarilishining iqtisodiy samaradorligi keskin ortadi, chunki yangi JKISlarni ishlab

chiqish va tayyorlash zarurati yo'qoladi. DMISning qo'llanilishi buyurtma JKISlarni tayyorlash jarayoniga qaraganda KTni ishlab chiqarish va modifikatsiyalash vaqtini sezilarli qisqartiradi. Zamonaviy JKISlarni tayyorlash texnologik sikli bir necha haftalarni tashkil etadi, DMIS konfiguratsiyasini o'zgartirish uchun esa bir necha minut yetarli bo'ladi.

Ko'plab zamonaviy DMISlar ko'p karrali dasturlanadigan qurilmalar hisoblanadi, bu bajariladigan KT tuzilmasini operativ tuzatish va modifikatsiyalashga imkon beradi. Bu tuzilmasini tuzatish kristallning topologiyasini va fotoshablonlar jamlanmasini takroran ishlab chiqilishini talab qiladigan buyurtma JKISlarga qaraganda ularning sezilarli afzalliklari hisoblanadi. DMISni turkum ishlab chiqarish uchun dasturiy ta'minotni ishlab chiqish rivojlangan vositalarining bo'lishi loyihalashtirishda olingan KT tuzilmasini ichki kristalli yig'ilishi imkoniyatini sezilarli kengaytiradi. Lekin ta'kidlash kerakki, DMIS asosidagi KT asosiy texnik xarakteristikallari (unumdorlik, energiya iste'moli) bo'yicha maxsuslashtirilgan buyurtma JKISlar ko'rinishida bajarilgan analoglarga yutqazadi.

KTni bajarilishi uchun yuqori integratsiyalanish darajasiga (yuz minglab va undan ortiq ekvivalent mantiqiy ventillar) ega bo'lgan turdagi JKIS hisoblanadi, ular asosan Xilinx, Altera, Actel kompaniyalarida ishlab chiqariladi. Bunday qurilmalar kristalda joylashgan har biri to'rtta o'zaruvchilar ustida operatsiyalar to'plamini bajaradigan ko'p sonli LUT (Look-Up Tables) modullariga ega bo'ladi (bitta LUT taxminan 40-50 ta ikkita chiqishli mantiqiy ventillarga ekvivalent). "Xilinx" firmasining Virtex4 va "Altera" firmasining StratixII oilalari DMISlari uchun bunday LUT modullar soni 180 mingtaga (taxminan 8 millionta mantiqiy ventillarga) yetadi, qator oilalar uchun maksimal takt chastotasi esa 1 GGsdan oshadi.

Mantiqiy modullar massividan tashqari, "Xilinx" firmasining qator DMISlari oilalarida (Virtex2 Pro va Virtex4) quyidagi maxsuslashtirilgan bloklar mavjud:

- MAC-operatsiyalarning bajarilishi uchun mo'ljallangan signallarga raqimli ishlov berish (Digital Signal Processor, DSP) bloklari;
- yuqori tezlikli ketma-ket interfeslar (masalan, 622 Mbit/s...10 Gbit/s uzatish tezligi RocketIO) bloklari;
- apparatlar protsessor yadrolari (PowerPC 405);

➤ Ethernet 10/100/1000 Mbit/s MAS-darajalari apparatlar kontrollerlari;

➤ ko‘paytirgichlar bloklari.

Maxsuslashtirilgan bloklardan tashqari, zamonaviy DMISlar tarkibiga o‘rnatilgan xotira kiradi. Bu statik xotira, lekin ayrim DMIS modifikatsiyalarida flesh-xotira ishlatilishi mumkin. DMIS tarkibiga yana dasturlanadigan takt impulsleri shakllantirgichlari turli variantlari - DLL (Delay Locked Loop, kechikishlarni avto sozlash), PLL (Phase Locked Loop, FAPCh), DCM (Digital Clock Manager, takt chastotasini raqamli boshqarish), SSS (Clock Conditioning Circuitry) kiradi.

KTni loyihalashtirishda ko‘p karrali ishlatiladigan murakkab funksional IP-bloklardan (reusable intellectual property) foydalanish integral tizimlarni ishlab chiqishga mehnat sarflarini sezilarli qisqartirishga olib keladi. Dastlabki testlashdan o‘tgan IP-bloklarning qo‘llanilishi tayyor funksional modullarni integratsiyalash yo‘li bilan KTni loyihalashtirish imkoniyatini beradi.

IP-bloklar-protssessor (bir yoki bir necha) va ichki kristalli shina orqali birlashtirilgan interfeys modullaridan integral sxemani qurish maxsuslashtirilgan JKISni ishlab chiqishga qaraganda kam mehnat sarflarini talab qiladi.

KT tarkibida real mavjud protssessor, masalan, Power PC, MIPS, 8051, SPARC, AVR va boshqalar yadrolarining IP-modullari ishlatilishi mumkin. O‘zlashtirilgan protssessor yadrolarining qo‘llanilishi ular uchun ishlab chiqilgan dasturlash/yig‘ish tizimlari va oldin yaratilgan dasturiy ta‘minotning sezilarli hajmidan foydalanishga imkon beradi. lekin ishlatiladigan protssessor yadrosining real unumdorligi uning tuzilmasini DMIS kristalidagi aniq bir bajarilishiga sezilarli bog‘liq bo‘ladi.

Nazorat savollari

1. Nanoelektronikaning texnologik asoslari. Nanojihozlar litografiyasiga kirish.
2. Ekstremal ultrabinafsha bilan litografiya.
3. Elektron-nur litografiya.
4. Ionli litografiya.
5. Rentgen litografiya.
6. Nanobosishli litografiya.
7. Nanotuzilmani litografik induksiylangan o‘z-o‘zidan yig‘ish.

8. Kristallagi tizimlar, ishlatilishining o'ziga xos xususiyatlari va qo'llanilishi istiqbollari.

9. Kristallda tizimlarning loyihalashtirishning o'ziga xos xususiyatlari.

10. Kristallda tizimlarni bajarilishi imkoniyatlari.

11. Kristalldagi tizimlarning qo'llanilishi imkoniyatlari.

12. Kristallardagi tizimlar uchun elementlar asosi.

Adabiyotlar

1. O'zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo'yicha harakatlar strategiyasi to'g'risida. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining PF-4947- son farmoni . Toshkent, 2017 yil 7 fevral.
2. Mirziyoev Sh.M. Buyuk kelajagimizni mard va olijanob xalqimiz bilan birga quramiz. 2017.
3. Mirziyoev Sh.M. Qonun ustuvorligi va inson manfaatlarini ta'minlash – yurt taraqqiyoti va xalq farovonligining garovi. 2017.
4. Mirziyoev Sh.M. Erkin va farovon, demokratik O'zbekiston davlatini birgalikda barpo etamiz. 2017.
5. Mirziyoev Sh.M. Tanqidiy tahlil, qat'iy tartib-intizom va shaxsiy javobgarlik – har bir rahbar faoliyatining kundalik qoidasi bo'lishi kerak. O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2016 yil yakunlari va 2017 yil istiqbollariga bag'ishlangan majlisidagi O'zbekiston Respublikasi Prezidentining nutqi. // Xalq so'zi gazetasi. 2017 yil 16 yanvar, № 11.
6. Проектирование, технология радиоэлектронных средств: конспект лекций для курсантов Специального факультета ТУИТ / А.А. Абдуазизов, В.И. Маненков, У.Ш. Собирова. – Ташкент, 2004.
7. Проектирование, технология радиоэлектронных средств: конспект лекций. / А.А. Ярмухамедов. – Ташкент, 2011. 144 с.
8. Проектирование, оптимизация и разработка радиоэлектронных средств: конспект лекций. / Д.А. Давронбеков. – Ташкент, 2011. 85 с.
9. Aripov X.K., Alimova N.B., Bustonov X.X., Tadjibaev Sh.Z. Radiomateriallar va radiokomponentalar. Darslik. Toshkent: TATU, 2013, 80b.
10. Aripov X.K., Abdullaev A.M., Alimova N.B., Bustonov X.X., Toshmatov Sh.T. Sxemotexnika. Darslik. -T.: Tafakkur bo'stoni, 2013, 448b.
11. Radio System Design for Telecommunications. 3rd Edition. Roger L.Freeman, 912p. 2007, Wiley – IEEE Press.
12. Radio Technologies & Concepts for IMT-Advanced. Martin Döttling. Warner Mohr. Afif Osseiran, 2007, 624p. Wiley.
13. Автоматизированное проектирование узлов и блоков РЭС средствами современных САПР: Учеб. пособие для вузов / И.Г. Мироненко и др.; Под ред. И.Г. Мироненко. – М.: Высш. шк., 2002.

14. Конструкторско-технологическое проектирование электронной аппаратуры: Учебник для вузов / К.И. Билибин, А.И. Власов, Л.В. Журавлева и др.; Под ред. В.А. Шахнова. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002.

15. А.Н. Игнатов, С.В. Калинин, Н.Е. Фадеева. Микросхемотехника и нанозлектроника. – Н.: СибГУТИ, 2007.