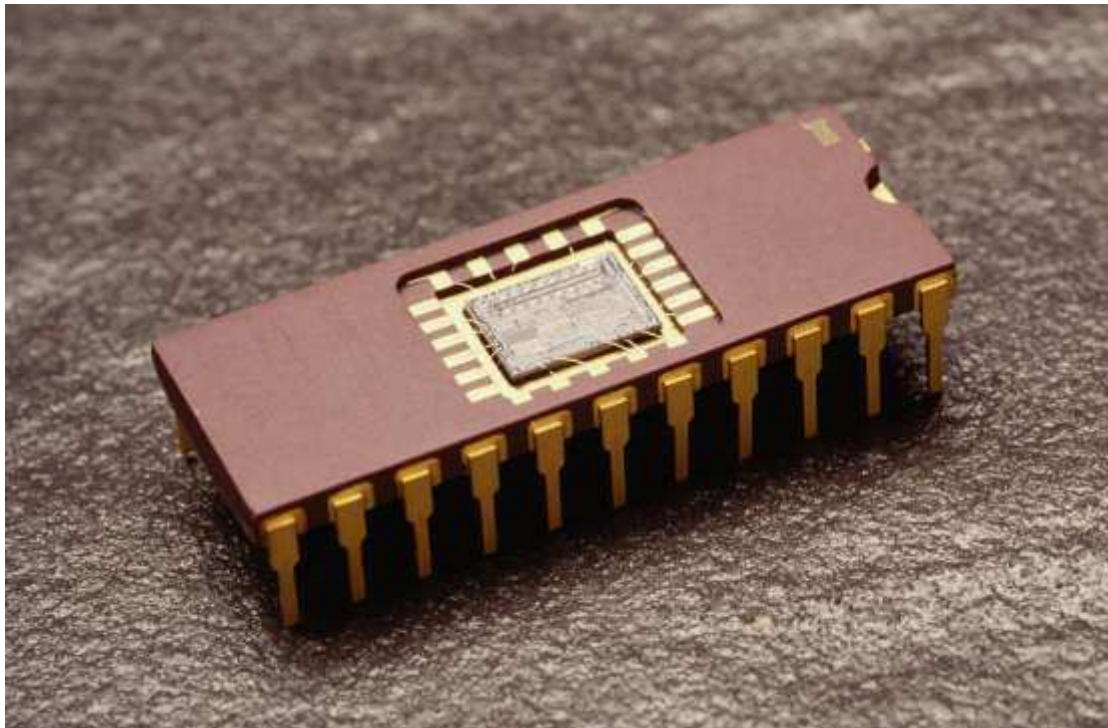


TÜRKMENISTANYŇ BILIM MINISTRLIGI

Jümmi Ataýew

MIKROELEKTRONIKANYŇ TEHNOLOGIÝASY

Mikroelektronika we ýarym geçirijili enjamlar hünäri üçin



Aşgabat – 2010 ý.

Annotasiýa

Okuw kitabyňyň mikroelektron gurluşlaryny ýygnamak bölümünde mikroelektron çatgylarynyň platalarynda ýelimlemek usuly, galaýylamak usuly giňden öwrenilýär. Içki güýjenmelere gözekçilik, mikroelektron gurluşlarynyň simleriniň uçlary ýygnalandaky mikrokebşirleme, ýylylyk kompresiýasy, gytak impuls ýyladyjyly basyşly kebşirleme, kontakt kebşirlemesi, ultrases kebşirlemesi bu bölümde aýratyn orun eýeleýär.

Okuw kitabynda mikrokebşirleme üçin iş gurallary, guralyň böleginiň geometriýasy, guralyň konstruksiýasy, mikrokebşirlemäniň tehnologiýasy, mikroelektron gurluşlar ýygnalanda mikrogalaýylamanyň tehnologiýasy we pripoýlary, galliý we indiý pripoýlary ýaly temalara giň orun berilýär.

Okuw kitabynda elektrik geçiriji ýelimler, simsiz ýygnamagyň tehnologiýasy, simsiz ýygnamagyň konstruksiýasy, göwrümlü sütünjikleriň aýajyklarynyň konstruksiýasy aýratyn orun eýeleýär.

Okuw kitabyňyň ikinji bölümünde fotolitografiýanyň manysy we ondaky esasy prosesler öwrenilýär. Mikroelektron gurnamalarynyň tehnologiýasyndaky litografiki prosesleri, fotogalyplardaky reper bellikleri, fotorezistiň perdeleýji bardasyndan rezistiw perdesini aýyrmak, şekilleri geçirmek usullary giňişleýin öwrenilýär.

Okuw kitabynda elektron şöhle litografiýasy, elektron rezistleri, elektron - şöhle eksponirlemek usuly, elektron - şöhle eksponirlemek üçin galyplar aýratyn öwrenilýär.

Okuw kitabynda rentgen litografiasyna we rentgenolitografiýa üçin maskalara hem ýeterlik üns berilýär. Litografiýada iýdirme prosesleri, kremniýni anizotropik iýdirmek, kremniýni anizotropiki iýijiler barada hem ýeterlik materiallar bar.

Okuw kitaby ýokary okuw mekdepleriniň maglumatlary işläp taýýarlamagyň we dolandyrmagyň awtomatlaşdyrylan ulgamlary, maglumat-ölçeg tehnikasy we tehnologiýasy, mikroelektronika we ýarym geçiriji enjamlar, fizika, radiofizika we elektronika hünärleriniň talyplary üçin niýetlenendir.

GIRIŞ

Mikroelektron we ýarymgeçirijili enjamalar hünäri boýunça ýarymgeçiriji, mikro- we şöhle elektron hem integral shema boýunça hereket edýän gurluşlary taýýarlamakda we önümçilige ornaşdyrmakda taslama-konstruktor we hasap işlerini edip bilýän inženerleri göýberilýär. Bu hünärmenler elektron toplumlary hasaplaýyş tehnikasyny, kompýuterleri montaj etmegi, bejermegi, ýygnamagy, näsazlygyny tapmagy başarmalydyrlar. Mundan başga-da, ýokarda agzalan halk hojalygynyň hemme pudaklarynda ulanylýan gurallary düzmegi, barlamagy gözegçilik etmegi elektron integral shemalary we uly, aşa uly integral shemalary, mikroprosessorlary, umuman, tehniki ulgamda ulanylýan elementlere hyzmat etmegi hem başarmalydyrlar.

Häzirki wagtda, geljekde Türkmenistanyň halk hojalygynda gerek bolan hünärmenler elektron tehnikasy boýunça inžener hünäri boýunça taýýarlanýar. “Elektron tehnikasy boýunça inžener” kärini ele alanlaryň Ýokary okuw mekdeplerindäki taýýarlygy, olara häzirki zaman, geljek senagat elektron gurluşlaryny barlamaga, işläp taýýarlamaga we işletmäge, maglumaty hem-de energiýany öwürmekde, elektron-ion gurluşlary tehniki maksatlarda ulanmakda mümkinçilik berýär.

Dersi okatmagyň maksady – Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Berdimuhamedowyň täze galkynyş bilim syýasatynyň esasynda, jemgyýetiň öňde baryjy önümçilik ugurlary boýunça dünýä talaplaryna laýyk gelýän inžener hünärmenlerini taýýarlamaklyga gönükdirilendir.

Dersi öwrenmekligiň meseleleri:

- Ýarymgeçiriji enjamlaryň işleýşiniň esasynda ýatan esasy fiziki hadysalara we prinsiplere seretmek;
- Dürli ýarymgeçiriji enjamlaryň taýýarlanyşynyň tehnologiýa aýratynlyklaryna garamak;
- Dürli ýarymgeçiriji enjamlaryň ulanylýan ýerlerini kesgitlemek;
- Talyplary ylmy ösüşleriň dünýä derejesine ugrukdyrmak.

1-NJI BAP

MIKROELEKTRON GURLUŞLARY ÝYGNAMAK

1.1. Mikroelektron çatgylarynyň platalarynda

1.1.1. Ýelimlemek usuly.

Ýelimleme birleşdirmesine edilýän esasy talaplaryň biri mehaniki pugtalyk, adgeziýa ukyplylygy (2, 3 mPa), iş derejesindäki ýylylyga bolan elektroizolýasiýa durnuklylygy (udel göwrüm garşylygy 10 Om.sm az bolmadyk).

Ýelim hökmany süratda radioelementleriň ýeňil ýygnalmagyny we dargadylmagyny mikroçatgylarda üpjün etmelidir. Ýelim taýýarlanandan soň gerek bolan kleý häsiýeti işiň dowamynda saklanylmaly, polimerlemek bolsa pes temperaturada amala aşyrylmaly (353 K ýokary bolmadyk).

Kristallaryň oturdyljak meýdançalaryna ýelim ýörite piljagazlar, trafaret arkalary çalynýar; Şonuň bilen birlikde, çalynjak ýelimiň mukdary ýokary berkligi, pugtalygy üpjün eder ýaly galyňlykda (100 + 20) mkm bolmalydyr. Ulanylýan ýelimleriň görnüşleri we garyndylary örän giňdir, ýöne adaty ýagdaýda epoksider, poliuretanlar, silikonlar ulanylýar.

Epoksit şepşigi örän oňat elektrik häsiýetli bolup, ol ýokary mehaniki durnuklylyga, adigeziýa häsiýetlerine hem eýedir. Ol iki komponentli ulgam görnüşinde peýdalanylýar. Gatadyjy hökmünde bolsa aminler ulanylýar; Onuň kemçiligi çäýylan, çalynan gatlaklaryň örän kyn aýrylmagy, ol bolsa kristallary ýa-da başga garyntgylar çalşyrlanda kynçylyk döretmegidir. Poliuretan ýelimi bir ýa-da iki garyntgy ulgamlar görnüşinde ulanylýar. Ol örän ýumşak, uly çäkdäki ýylylyk giňelmäli bejergä amatlydyr.

Silikon ýepbeşikli esasly ýelim gatлары аýратын dielektrik häsiýetli bolup, olar çenden aşa ýokarky ýygylyklarda (CBЧ) ulanmaklyga mümkinçilik berýär.

Kemçiligi hökmünde ýokary temperatura giňelme koefisenti we pes adigeýiýalygyny bellemek bolar. KBK-08 ýelimli ululygy 3mm bolan asylýan elementleri berkitmek üçin peýdalanylýar. Kleýiň (ýelmiň) esasy selikon kauçygy bolup, kremniniň we kislorodyň atomynyň gezeleşýän zynjyryndan ybaratdyr

$$\begin{array}{ccccccc} R & & R & & \text{Polisiloksan kauçygynda} \\ & & & & \text{kremniý atomyna goşulýan} \\ Si & O & Si & O & \text{organiki radikallar} \\ & & & & \text{metil toparyna degişlidir.} \end{array}$$

$$\begin{array}{cc} R & R \end{array}$$
 Aragatnaşyk energiýasy Si – Cu we Si – O örän ýokary bolup (1236 kDjş/mol) ol eýýäm mehaniki tarapdan himiki inertlidir we 573- 623K ýylaldyş destruksiýasyna çydap biler. Seloksan kauçigi ýokary molekulýarly suwuklyk bolup, polimer bölejiklerinden, ýagny 500-5000 golaý man manomer zynjyrlaryndan durýar. Haçanda, minopropiltrietoksilan bilen tetroetoksilan girizilende $NH_2 - (CH_2) - Si(OC_2H_5)_4$

Tablissa 1.1.1. Ýelmeşýän materiallaryň häsiýetnamasy

Häsiýetnamanyň ady	Häsiýetnama ululygy		
	epoksidler	silikonlar	Poliuretanlar
Mak. Iş temperaturasy, K	398	573	398
TKAP 10, K	40 – 90	200 – 290	100 – 200
Ýylylyk geçirijiligi, Bt/(mK)	0,6 – 0,8	9,6 – 1,0	0,6 – 0,8
Dolduryjysyz	0,8 – 2,2	1,0 – 2,5	
Dolduryjyly	10 – 10	10 – 10	10 – 10
Udel göwrim elektr. garşyly- Om. sm (248 K, çyglylygy 50 %)	3,5 – 4	3,5 – 4,2	3,5 – 4,2
Dielektrik syzdyryjylygy	80 – 90	70 – 80	100 – 120
Elektrik pugtalylyk, (296			

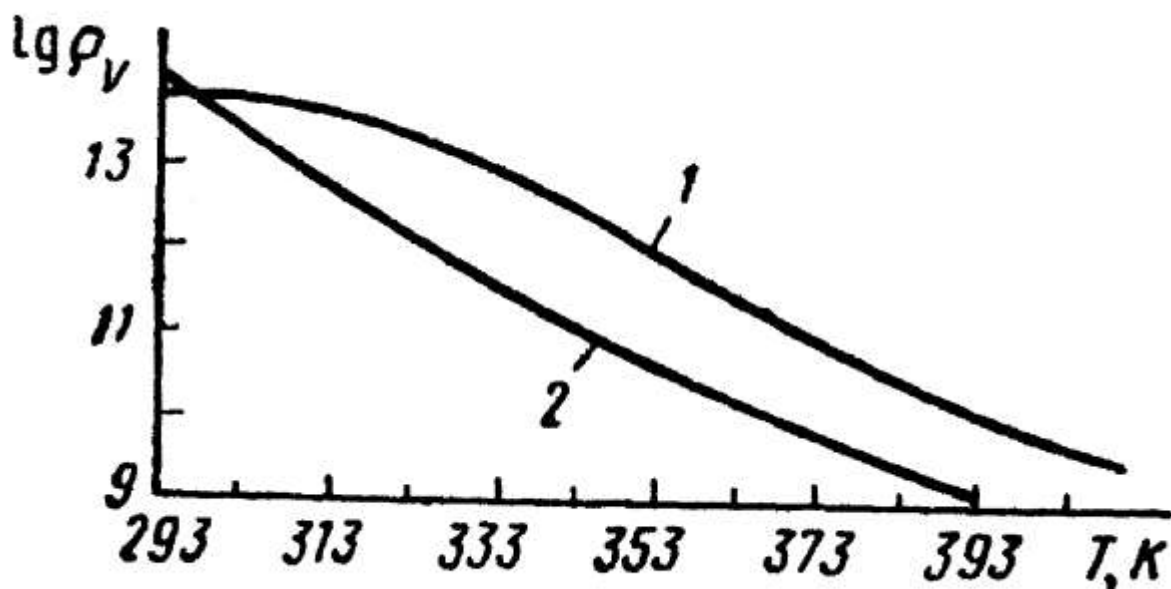
K,B/mm)	0,002 – 0,05	0,001 – 0,007	0,015 – 0,07
Dielektrik ýitgi burçy (296 K, 1000 MGs	0,08 – 0,115	0,04 – 0,08	0,02 – 0,15
313 K suw bugynyň ýuwdy- lyşy (90%-çyglylykda), (g/mm) / mm	2,2 – 3,6	88 - 125	2,8 – 6,0

Tablissa 1.1.2 Ýelim birleşmeleriniň parametrleri

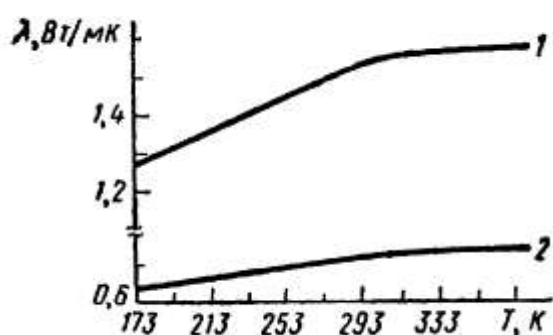
Ýelimiň- garyntgynyň markasy	Dykyzlygy g/sm	Üzilendäki pugtalyk çägi Mpa	Udel elektrik Garşylygy pv, Om/sm	Ýygylyk 1Mgs Boland.diel. ýitgi burçy
KBK – 68	1,2	1,5 – 2,5	10 köp	0,0033
MK – 400	1,3	0,03 – 0,01	3 10 köp	0,017
BK - 9	1,2	13,0	1,5 10 köp	0,039
1	2	3	4	5

Diel.syzd 1Mgs	Elekt.ygty Bar.	Garyndyn Sakl.wagty	Durmuşa ukyplygy	Polimerzas. Režimi ,K	Bilelikde ulan. Bolmaýan mater
3,8	19,7	6	0,5 – 1	298 (72) 333 (2)	Hlorly uglewodo- rodlar benzin, uaýtspirt ,aseton, spirt.
4,2	16,2	6	4	298 (48) 353 (4)	
3,8	17,9	6 – 12	3	298 (48) 348 (8)	

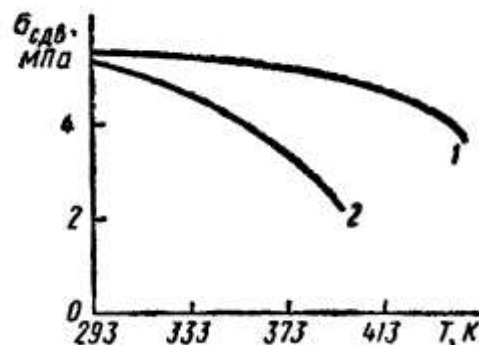
6	7	8	9	10	11
---	---	---	---	----	----



Surat 1.1.1. Elektrik garşylygynyň temperaturadan aminly we angidridly gataldyjyly ýelimler üçin udel sygym baglylygy.



a.



b.

Sur 1.1.2. a. Angidrid (1) we aminli (2) gataldyjy ýelimler üçin ýylylyk geçiriji koeffisientiň temperatura baglylygy. b. Angidril (1) we aminly (2) gataldyjy ýelim üçin temperatranyň süýşmegine alýuminiý ýelim birleşmesiniň baglylygy.

Polikondensasiýa görnüşdäki ýelmeşme emele gelýär

MK-400 ýelmi asylyan elementleri berkitmek üçin ulanylyp

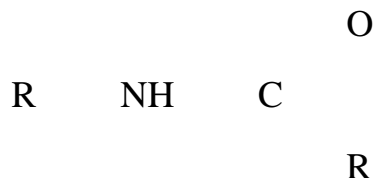
OI K-400 ýelmiň bir görnüşidir

R

OH CH I Si OI



nirede $\text{R} - \text{CH}_2\text{O} -$, $\text{C}_2\text{H}_5\text{O} -$, $\text{C}_2\text{H}_7\text{O}$ alkositoparydyr, ol bolsa sopolimer toparyny döredýär, amin gataljysy bilen bolsa gataldylýar



K-400 ýelminiňadgeýzini ýokarlandyrmak üçin poliimit gatlagyna

$\text{NH}_2 (\text{CH}_2)_6 \text{NHCHSi} (\text{OC}_2\text{H}_5)_3$ düzimi goşulýar.

BK-9 ýelmi ululygy 3mm pes bolan asylýan elementleri berkitmek üçin ulanylyp, epoksid smolasyndan (ЭД-20), gataldyly (ΠΟ-300) we katolizator (ΑΓМ-3 we ΑΔЭ-3) durýar.

ЭД-20 smolasy aşaky gurlyşdan ybaratdyr.

$\text{CH} \quad \text{OH} \quad \text{Onuň otnositel molekulýar}$

$\text{O} \quad \text{massasy } 4500 \text{ golaýdyr.}$

ΠΟ-300 gataljysy poliimid smolasyndan durýar:



Ýylylyk äkidiji elementleri ýelimlemek üçin ЭТК-21 garyntgysy ulanylyar, onuň düziminde boruň nitridi hem bardyr.

Mikroçatgylaryň kristallaryny we başga MEG-ň kristallary ýelimlenende olarda içki mehaniki güýjenmesi emele gelýär, onda ol guýjenmäni aşaky formula boýunça kesgitlemek bolar

$$E_1 E_2 h_2 (a - a_2) (T - T_c) + E_3 h_3 (a_1 - a_2) (T - T_c)$$

$$E_1 h_1 + E_2 h_2 + E_3 h_3$$

nirede a , a_1 , a_2 - gönigiňelme ýylylyk koefisenti (ТКЛП) krisstal materiallarynyň

E_1, E_2, E_3 -maýşgaklyk moduly

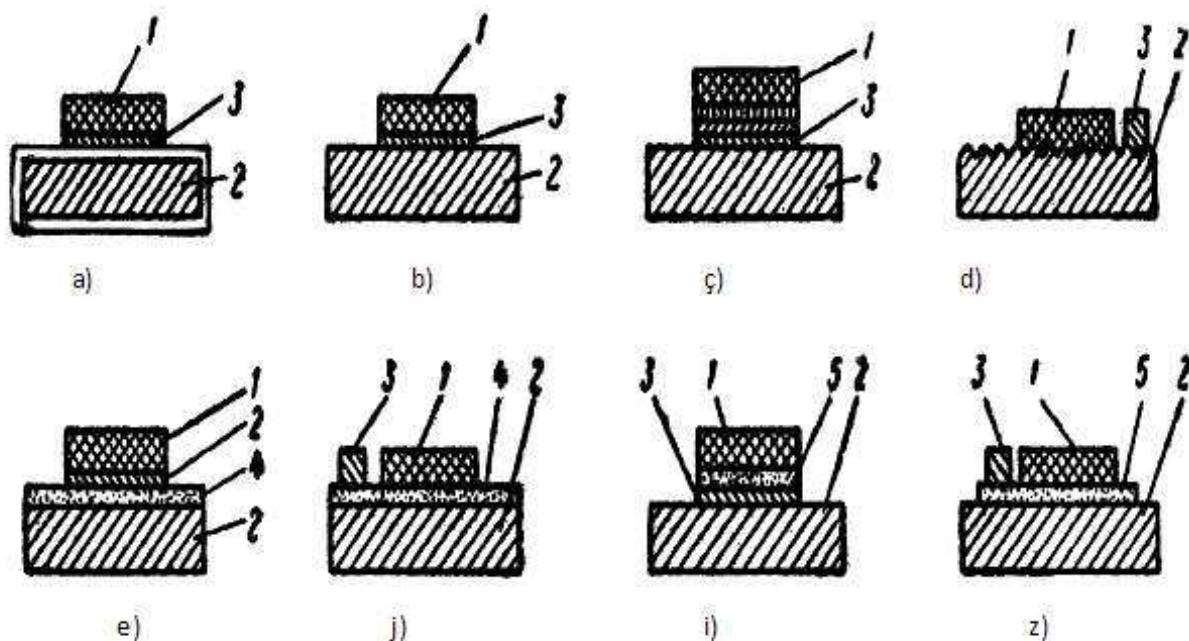
T –ýelmiň ýelimleme temperaturasy

T_c –iş temperaturasy

W -polimerizirlenendäki himiki garyntgy;

h h h -ýelmiň platanyň kristalyň galyňlygy

BK-9 ýelmi üçin ($h = 100 \text{ mkm}$, $E = 5 \text{ Gpa}$, $\alpha = 50 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$) kremniý kristaly ýelmenilýär ($h = 500 \text{ mkm}$)



Surat 1.1.3. Galaýylamak wagtynda gorag atmosferaly peçde berlen galyňlykly birikmeleri üpjün edýän (a-d) we üpjün edýän (e-z) plastinalary ýygnamagyň shemasy.

1-kremniý plastinasy; 2-mis plastinasy; 3-gurşunly pripoý; 4-Öýjükli metal örtügi; 5-Öýjükli metal prokladkasy.

Elektroizolýasiýa ýelimleri aktiw elementlerden ýylylygy aýyrmak üçin ulanylýar.

Bu ýelimlere edilýän talaplara laýyk gelýän şertler ýokary adgeziýalylyk, olary usullyk bilen podložkalara we ýarymgeçiriji kristallara bermek. Şu edilýän talaplary KЖТ-2 we KЖТ-8 ýelimleri berjaý edýärler. Olarda doldyryjy deregine metallaryň karbidleri giňden ulanylýar. Birleşilen detallaryň üstündäki ýelim gatlaklary az ýylylykgeçirijili bolup, ýylylyk akymyna garşylyk görkezýär, onuň ululygy bolsa ýelim gatynyň galyňlygyna

baglydyr. Ýuka ýelim ýapjagazyny almak üçin kiçijik dispersli dolduryjyny (bölejikleriniň ölçegi 2-7 mm) ulanmak bolar. Mikroçatgylary awtomatiki ýygналanda ýelimiň galyňlygy 40-60mkm alyp, ol bolsa ýylylyk garşylygyny 7,2 k/Bt döredýär, garşylyk 1,5 gezek ulalýar. Kristallar ýygналan wagty ýylylyk geçirijili pastalar, ýagny CKK-67 CK-73 kremniýorganik kauçigi we geçirijili dolduryjylary ulanylýar.

1.1.2. Galaýylamak usuly

Integral çatgylarynyň kristallary oturdylyan ýerinde ýeňil ereýän galaýylar bilen berkidilýär. Göwräniň esasynda ýa-da oturdylyan ýerine altyn 2,5 mkm galyňlykda çaýylýar. Eger-de şol az çalynsa onda ol, elektrik birleşmesini gowşadýar. Demir-kobalt onuň çäklerine ýa-da ewtektikasynda bar bolsa, onda ol ewtektikanyň hiline erwet täsir edýär, ýagny onuň birleşmesini pozýar.

Optimal birleşik hökmünde Si - Au, galyňlygy 5-7 mkm, düzüminde 2,4-2,8% kremniý hem-de kristalyň aşagyndaky ewtektika meýdany 70% az bolmadyk ýagdaýyny alyp bolar. Şeýle galaýlamanyň temperaturasy 683-723 K barabardyr: kristala bolan basyş bolsa 1mPa deňdir. Ýylylykgarşylygyny azaltmak üçin Au, Si esasly ýa-da Au, Ge esasly galaýyjylarda kristalyň aşagyndaky sepleýjisi azaldylýar. Au we Ge garyntgysynyň eremek temperaturasy 697K, Au, Si splawynyňky bolsa - 643K deňdir. Abzalyň 673K ýylylykda 33 sag dowamyndaky durnuklylygy edil şol abzalyň 573K-1000 sag dowamyndaky, 323K-11, 12 sag dowamyndaky durnuklylygyna deňdir. Birleşme (Al we Ge) hili ýörite rentgendefektoskopiýa we rentgen düzümlü usullary arkaly barlanylýar. Çatylan paýkalaryň rentgendiogrammalary ýörite YPC-0,02 amaly gurluşynda alynýar.

Galaýlamanyň hili galaýylanmadyk meýdanyň kristalyň umumy meýdanyna bolan baglylygyndan alynýar. Si we Mo bilen materiallaryň detallarynyň şol baglylyk 2,25:2,65 we 4,49% barabardyr. Eger-de şol detal termiki buglamasy boýunça çatylsa, onda wakuumda bir ýa-da ikigatly we bilen metallizirlense onda gatynda (0,5-1mkm) we (0,05-0,1mkm) dürli buglaýjylarda bir siklde yzygiderli tozanlanma geçirilmelidir.

Metallizirlemeden soň plastinalar kristallara bölünýärler (5 5 mm) we podložkalar (9 9mm), ondan soň kristallar Al, Ge pripoýy bilen ýylylygy (723 + 10)K temperaturada galaýylanýarlar Al, Ge

Pripoýy ulanylanda ýyllyk garşylygy 20-40% peselýär. Pripoýyň üstünden turşadyjy plýonkalary (gatlar) aýrylanda ýa-da ýok edilende galaýlanan birleşmeleriň pugtalygy ortaça 30-40% ýokarlanýar. Ýeňilereýän metallaryň galaýlama hökmünde ulanylmagynda kristallaryň üstüne hökmany oňat öllenýän ýeňil ereýän metall galaýlaýjy gatlagy ýa-da ýeňil ereýän

galaýy çaýylýar. (ΠOC-61). Olowanyň erginine titremäniň girizilmegi ΦΚCΠ görnüşli flýus garylması bilen bilelikde edilýär.

Indi bolsa galaýylamadan öň gyra çetki birleşmeleriň mümkin bolan çatgylaryna seredeliň. Kremniniň gurşun bilen öllenmegi – wodorod sredasyňa 1073 -1123 K temperaturada geçirilýär. suwuk gurşunyň nikel bilen legirlenmeginiň galaýylama prosesinde ulanylmagy ýaly usuly ulanylýar.

Eger-de galaýylamadan öň 1,2 plastinkalarynyň arasyňa pripoý gatlagyny girizsek (Pt – Ni), onda galaýy bilen kremniniň öllenmek temperaturasy 823 – 923 K çenli peseler, şol wagt çatylan plastinalardaky basyş 5-10 kPa deňdir. Si we Cu galaýylamasynyň temperaturasyny 653 – 673 K çenli peseltmek bolar. surat 1,5 kremniý 1 we mis 2 plastinkalarynyň galaýylamadan öňki ýygnaýyşy görkezilendir. galaýylanan çukuryň galyňlygy öýjükli nikel gatlagy bilen berilmegi mümkin (4), ol bolsa mis plastinkasyna 2 çaýylýar. Şonuň ýaly çaýylmanyň galyňlygy 50 – 70 mkm we ondan hem köp bolup biler. Kremniniň gurşun bilen öllenmegi 633 – 653 K temperaturada öýjükli nikel gatlagynyň aktiw eredilmeginiň suwuk gurşunda amala aşyrylmagy arkaly gazanylýar. Suratdaky 1.1,d çatgysy galaýylamadan öň gurşun prokladkalaryny turşy gatlaryndan arassalamaklyk galaýlama prosesini kynlaşdyrýar, emma 1.5,2 çatgysynda galaýy tabletkasyny arassalamaklyk hökman däl. Berilen şow bilen kremniý ýa-da mis plastikalaryny galaýylamak bilen birleşdirmek, olaryň arasynda öýjükli nikel prokladkasy 5 girizmek arkaly amala aşyrylýar. Gurşun pripoýynyň prokladkasy mis plastinasyna 2 we öýjükli nikel prokladkasy 5 aralygynda ýerleşdirilýär. Oňat kontakt dykzlygyny almak üçin 5 – 10 kPa basyş tlap edilýär. Şonuň üçin oňat galaýylama birleşmesi Si we Cu berilen galyňlykda almak üçin 603 – 643 K wodorod sredasynda geçirilmeli. Suwuk pripoýyň Si, Cu, Ge üstlerindäki kontakatlanma wagty, 613 – 673 K temperaturasynda 1-3 minutdan 10-20 minuta çenli dowam edip biler .

Mo, W, Ni, Be Kontakt wagty 60 – 90 minuda çenli 773 -873 K temperaturasynda uzaldylyp biliner. Bu bolsa köpçilikleýin galaýylamany amala aşyrmaklyga mümkinçilik döredýär.

1.1.3. Içki güýjenmelere gözegçilik

Çatylýan materiallaryň häsiýetlerini, ýylylyk şertlerini, termiki usullary we ş . m içki güýjenmeleri (mehaniki) kesgitläp, olar önümiň çatylýan ýerlerini ýykyp – ýumrup biljek güýçlerdir. Bu içki mehaniki güýjenmeleri kesgitlemek üçin ýörite podložkanyň gyşyklygy golografik interferometri usuly giňden ulanylýar.

Şu usul maýyşgaklygy yzygiderli islendik amala aşyrylýar. Zynjyr nokatlaryndaky güýjenmeleri kesgitlemeklik güýjenme bilen maýyşgaklygyň arasyndaky baglylygy esasynda differensial formada kesgitlenilýär:

E – maýyşgaklyk moduly ;

d - podložkanyň galyňlygy ;

m – Puassonyň koeffisienti ;

ρ , σ - nokatlaryndaky güýjenmeleriň proyeksiýalary ;

$W(x,y)$ – (x,y) nokatlardaky podložkanyň egrelmesi ;

Barlagyň desgasy hökmünde galyňlygy 0,5 mm bolan sitall podložkalary, K-10-17, ОЖО 460 107 ТУ üçtipölçegli kondensatorlary galaýylyjysy bilen galaýylanandyr. Hemme sitall podložkalary 513 K ýylylygynda peçde ýanylýar (30 min dowamynda). Indi bolsa sitala mehaniki güýjenmesiniň edýän täsirini anyklamak üçin aşakdaky eksperiment geçirildi .K-10-17 görnüşli kondensator toparlarynyň mikrogalaýlyjysy arkaly sitall podložkasy ýygnalanda interferograma çözülende görkezýär, ýagny maksimal güýjenmesi (160 mPa) kondensatorlaryň aşagyndaky oblastlarda döreyär (alynýar). Sebäbi sitallyň pugtalyk çägi 200 mPa ýetýär, oňa mehaniki , klimat barlaglary, täsirleri, goşmaça ýüklenme döredýär we podložkanyň döwürmegine alyp barýar.Mehaniki döwürmegiň önüni almak üçin podložkalarda berk BK-9 garyntgysynyň deregini « ВΙΚСИИТ K-68 » ýumşak garyntgysy peýdalanylýar. Onuň suraty 1.3,7 we 1.3,8 görkezilendir. Podložkalaryň gyralaryndaky güýjenme 10mPa ýokary bolmadyk güýjenme birsynly köpeliýär . Sim materiallary MEG-ň elektrik birleşmesini esasly inçe simler bilen ýerne ýetirmek bolar (1.3,6-1.3,9 çyzgylary)

Goşmaça: Diametri 0,05 mm az bolan simler
diňe 3Π 999,9 altyndan we Cp 999
we Cp 999,9 markaly kümüşden
(taýýarlanylýar) ýasalýar .

Gaýnatmak üçin ýörite altyn mikrosim 3 999,9 markalysy ulanylýar, kontakt döretmek üçin bolsa (alýömiň kontaktly) ALn AUn himiki birleşmesini hem ulanyp bolar.

Goşmaça: Mehaniki häsiýetlerkesgitlenilende diametry.
0,8 - 4,0 m, CpΠл 12 we CpΠд 20 markaly.
Splawlar üçin diametri 0,04-1,0 mm

barabar bolan simlerde geçirildi.

Alýüminiň garyntgysyndan ýasalan mikrosimine şu talaplar ediyär: üstüniň örän ýokary arassalygy, diametiriň çäkden aşa (1-2 mkm) üýtgemegi esasy legilirlenen komponenty saklamaklygy we ş . m. Ondan başgada alýöminiý - kremniý (A 999 k0 9), (A ko 9 II) we alýöminiý – magniý (A M r 08) ýaly mignasimjagazlary giňden ulanylýar. A 999 ko 9 mikrosimjagazy ikifazaly uşandispersli düzümlidir, A M ro 8 bolsa –birhili gaty erginli düzümlidir.

Tablissa1.1.3 Ýelimleriň fiziki – mehaniki we dielektrik häsiýetleri

Parametr	Ýelimiň parametriniň ululygy .		
	KЖТ - 2	KЖТ – 8	BK - 9
Durmuşa ukyby , g	24	4	2,5
Polimerzirlemenmek režimi (k/r)	433/6	353/20	303/24
Ýylylyk geçirijilik koef .(Bt/Mk)	1,5	0,7	0,9
Alýuminiň ýerim birleşmesiniň Mpa Süýşirlendäki pugtalygy .	5,2	5	
Elektrik udel göwrim garşylygy,Om	7 10	1 10	

Tablissa 1.1.4 Ýylylykgeçiriji pastalaryň häsiýeti

Parametr	Parametr pastalarynyň aňladylyşy	
	CKK – 67	CK - 73
K temperaturada sygym s.g.		
298 + 10	5,2	5,8
333	4,8	5,3
373	4,5	4,9
Ýylylykgeçiriji koefisientiniň	0,98	1,2

Bt/(m k) az däl		
Saklanýan wagty	12	12

Tablissa 1.3.1. Altyndan , kümüşden we başga garyntgylardan taýýarlanan toglak simleriň ölçegi (GOST 7222 – 75)

D	D
0,020; 0,025; 0,030; 0,036; 0,040; 0,045; 0,050	-0,004
0,055; 0,060; 0,070	-0,005
0,080; 0,090; 0,100	-0,007
0,11; 0,12; 0,14	-0,009
0,16; 0,18	-0,010
0,20; 0,22; 0,25; 0,28; 0,30; 0,32; 0,34; 0,36; 0,38; 0,40	-0,02
0,42; 0,45; 0,50; 0,55; 0,60; 0,65; 0,70; 0,75; 0,80; 0,85; 0,90; 0,95;	-0,03
1,00; 0,10; 1,15; 1,20; 1,30; 1,40; 1,50; 1,60; 1,70; 1,80; 1,90	-0,04
2,00; 2,10; 2,20; 2,40; 2,50; 2,60; 2,80	-0,05
3,00; 3,20; 3,40; 3,60; 3,80; 4,00; 4,50; 4,80	-0,06
5,00; 5,20; 5,50; 5,80; 6,00; 6,50	-0,07
7,00; 7,50; 8,00; 8,50; 9,00; 10,00	-0,07

Tablissa 1.3.2. Altyndan , kümüşden simleriň ölçegi (GOST 7222 – 75), mm

D	D	D	D
0,03; 0,15	-0,009	0,70; 0,80; 0,83;	-0,012

		0,96; 1,15	
0,17; 0,19; 0,60	-0,010	1,20; 1,50	-0,020

Tablissa 1.3.3. Tegekdäki altyn , kümüş we olaryň garyntgylaryndan taýýarlanan simleriň massasy (GOST 7222 – 76)

D	massa , g az däl		D , mm	massa , g az däl	
	ortaça	azalan		ortaça	azalan
0,02 ... 0,055	1	0,3	0,42 ... 1,00	50	25,0
0,06 ... 0,10	2	1,0	1,10 ... 2,00	150	70,0
0,11 ... 0,20	5	2,0	2,10 ... 10,00	300	150,0
0,22 ... 0,40	15	8,0			

Tablissa 1.3.4. Altyndan , kümüşden we olaryň garyntgylaryndan ýasalan simiň wagtlaýyn garşylygy , Mpa we otnositel garşylygy (GOST 7222 – 75) .

Metalyň ýa-da eredijiniň markasy	Geçiriji		
	Gaty	Ýumşak	
Зл999,9 Зл999	200	120	10
ЗлСрМ583 – 80	800	450	35
Ср999,9 Ср999	260	160	27
СрМ960	400	250	25
СрМ925	350	250	20
СрМ916	350	250	20

CpM900	350	250	20
CpM875	350	250	20
CpПл12	400	200	18
CpПд20	400	250	30

Tablissa 1.3.5. Alýumin garyntgylarynyň mikrosimleriniň mehaniki häsiýeti

Häsiýetnamanyň ady	Häsiýetnamanyň ululygy		
	A999K09	Amg08	AK09
ygtybarlyk çägi , mPa	280 – 450	> 200	200 – 400
otnasitel uzalmagy	> 0,8	> 1	1 – 4
nominal diamatri , mkm	27 – 50	30 – 35	27 – 50

1.2. Mikroelektron simleriniň uçlary ýygnalandaky (bejerilendäki) mikrokebsirlemesi

1.2.1. Ýylylyk kompressiýasy

Metaly metal bilen we metaldaller bilen basyşly mikrokebsirleme arkaly birleşdiriljek detallary gyzdymak usuly ulanylýar. Haýsy hem bolsa birleşdiriljek detallaryň biri termokompresiýa döwri ýokary plastikaly bolmalydyr. Ýylylyk kompressiýasy şu ýokary geçirijili ýumşak, togalak, tekiz görnüşli ýuka metal gatlakly kebsirlemäni üpjün edýär.

Ýylylyk kompressiýasy üç sany nyşany bilen klassifisirlenýär:

1. Ýyladyş usuly (surat 1.1.1) ;
2. Birleşdirme usuly ;
3. Guralyň şekiline görä döreýän birleşmäniň görnüşi ;

Iň ýokary pugtalyk 1.3,10b çatgy bilen birleşdirilen çyzgysyndadyr . Kebsirleme çyzgysy boýunça guralyň şekiliniň we simiň maýşgaklanmak şertiniň dogry saýlanyp alynmaklygy gübälenen pugtalygy üpjün edýär. Ýylylyk kompressiýaly kebsirlemäniň esasy parametrleri statiki ýylatma ulanylan wagty : gysylma güýji (P basyşy), ýylaldyş temperaturasy ýa – da

guralyň T , basyşyň aşagynda saklanyp bilmek ukybydyr. Çatylmagyň hili geometriýanyň, birleşdirme ölçeginiň we guralyň materialynyň dogry saýlanyp alynmagyň gönüden –göni baglydyr. Simiň maýşgaklanmagynyň ululygy 40 – 80% çenli maýşgaklygyň şertine we şekiline baglylykda üýtgäp biler. Ýylylyk kompresiýa kebşirleýiş gurluşy ýylaldylýan stolikden, basyşy döredýän mhanizmden, iş guralyndan, simi beriji we kesiji mehanizmden , mikromonupulýatordan, gözegçilik ulgamyndan, iýmitlendiriş we dolandyryş bloklaryndan durýar.

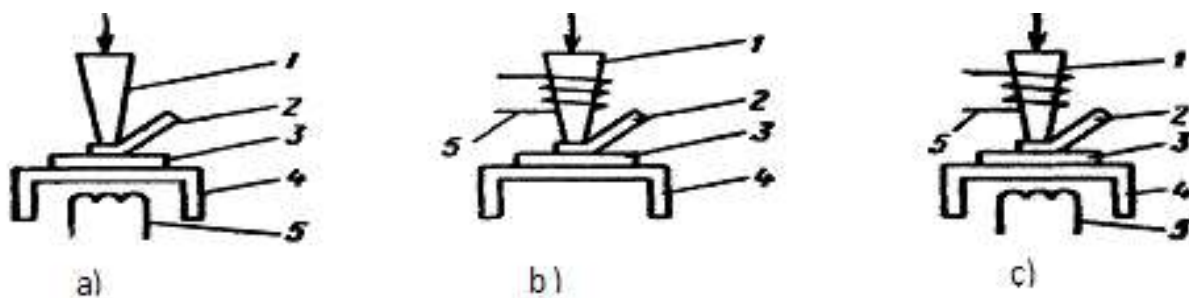
Stoljygyň ýylaldyş temperaturasy 373 – 773 K çenli sazlanýar . Kebşirleýiş zonasyna inert gazy (azot ýa-da argon) berilýär. Olaryň häsiýetnamalary 1.1.2 gözeneginde berilendir ЭМ-421 , ЭМ-422 we ЭМ-422А амалы гurluşlary üýtgeýän maýşgaklykda , iş toresini egildirip , instrumentleriň , gurallaryň dürli görnüşlerini ulanmak bilen dürli birleşmeler amala aşyrýarlar.

Tablissa 1.1.1. Dürli materiallardaky termokompresiýa kebşirlemesiniň parametrleri .

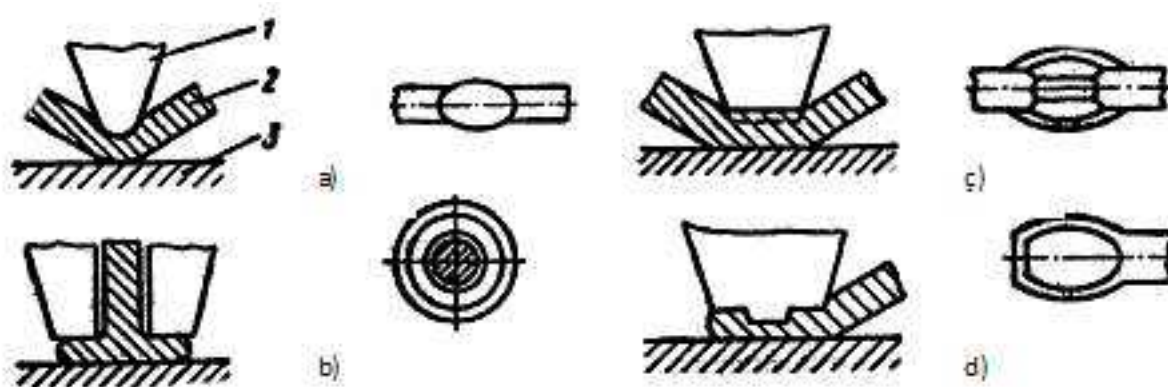
Ýarymgeçiriji material ýa-da ýuka plýonka	Režim parametriniň aňladylyşy		
	T , K	P , mPa	t , c
Geçiriji – altyn			
Kremniý	623 ... 653	0,6 ... 1	2 ... 10
Germaniý	573 ... 623	0,6 ... 1	1 ... 5
SiO ₂ bilen çañlanan alýumin	523 ... 643	0,6 ... 1	0,05 ... 2
SiO ₂ bilen çañlanan altyn	523 ... 643	0,6 ... 1	0,05 ... 2
Geçiriji – alýuminiý			
Kremniý	673 ... 723	0,4 ... 0,7	30 çenli
Germaniý	573 ... 673	0,4 ... 0,7	30 çenli
SiO ₂ bilen çañlanan alýumin	573 ... 673	0,4 ... 0,7	0,2 ... 1,0
SiO ₂ bilen çañlanan altyn	523 ... 643	0,4 ... 0,7	0,2 ... 1,0

Tablissa 1.2.1. Ýylylyk kompresiýasy üçin gurluşlaryň hasiýetnamalary

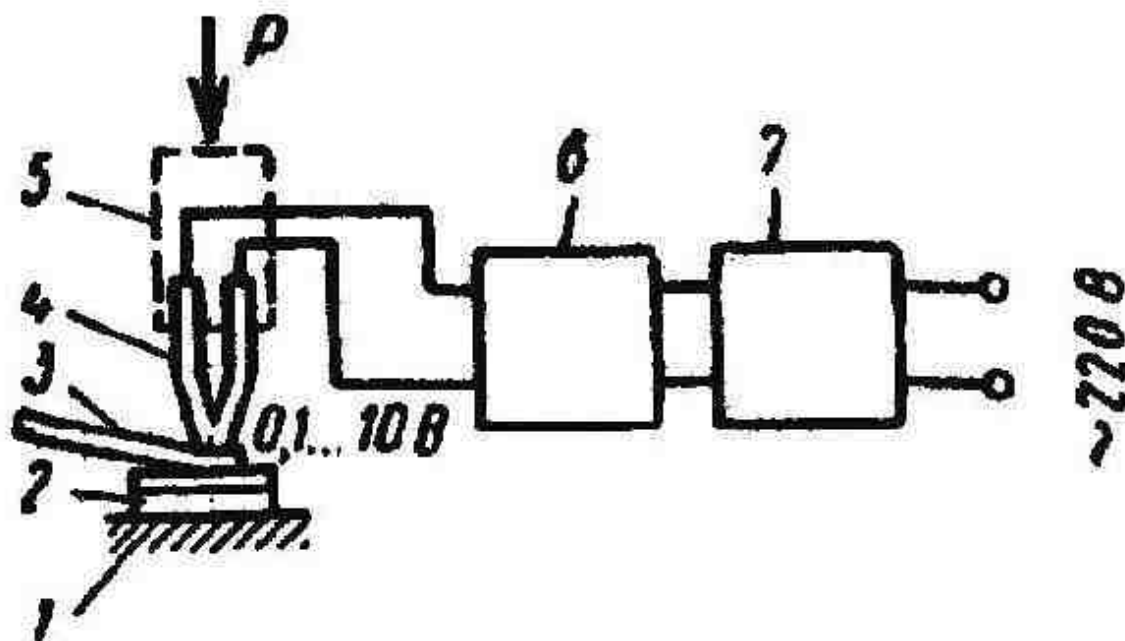
Häsiýetnamanyň ady	Gurallaryň hasiýetnamasynyň ululygy					
	Kontakt 1A	Kontakt 2A	ЭМ-422	ЭМ-422A	ЭМ -421A	ЭМ –439A
Iş guralynyň görnüşü	sapfirden ýas. pehne	“guşyň çüňki”	çalyşyl-ýan	çalyşyl-ýan	çalyşyl-ýan	çalyşyl-ýan
birl.simiň dia.mm	20 – 100	40 – 80	25 – 63 8 – 25	25 – 60 8 – 25	25 – 60 8 – 25	25 – 60 8 – 25
Kont.meýd.minimal ululygy , mkm	30 30	16 15				
Kebşirleme wagty.s	0,2 – 30	1 – 60	1 – 20	0,4 – 3,6	0,08-3,6	0,4 – 3,6
Iş zonasynyň ýylal. temperaturasy	293 –773	373-773	623-673	623-673	373-673	298-673
Güýjenme çägi , H	0,1 – 1,5	0,5 – 1,5	0,3 – 6 1 – 20	0,3 – 6 1 – 12	0,3 – 6 1 – 12	0,15 – 1
Güýjnmäni sakl. Ýalňyşlygy , mH	10 – 15	5 – 15				
Iş ýyl.sakla-daky ýalňyşlyk , K	+ 5		+ 5	+ 5	+ (5-10) 523çenli	+ 5
Guralyň temp.K			393-573	393-573	343-573	393-573
Guralyň temp.sak göýb.ýalňyşl.K			+ 10	+ 10	+ 10	+ 10



Sur at 1.1.1. Ýangyna görä termokompresorlaryň dürlüligi: a)-diňe iş stolunyň gyzmasy; b)-iş guralynyň gyzmasy; ç)-iş guralynyň we iş stolunyň birlikde gyzmasy. 1-iş guraly (puanson); 2-birleşdirilýän geçiriji; 3-podložka ýa-da ýarymgeçiriji priboryň kristaly; 4-iş stoly; 5-gyzdyrmak üçin niýetlenen spiral;



Surat 1.1.2 Termokompresor birleşdirijileriniň esasy görnüşleri a-kebşirlenen nokat görnüşindäki birleşme; b-ählisiniň birleşmesi; ç-gatylyk gapyrgasynyň birleşmesi; d-“Balyk göz” görnüşindäki birleşme; 1-gural; 2-geçiriji;



Surat 1.1.3. Impulsly kese gyzdyryjyly V-görnüşli instrumentde basyş arkaly eredip seplemeler shemasy 1-iş stoly; 2-keramiki podložka ýa-da ýarymgeçiriji kristal; 3-ýarymgeçiriji; 4-V-görnüşli gural; 5-guraly birleşdirmek üçin we gysmaga güýç döretmek üçin başjagaz; 6-iýmitlendiriji çeşme; 7-wagt relesi;

1.2.2. Gytak impuls ýylaldyjyly basyşly kebşirleme

Bu hem kebşirlemäniň ýylaldyş usuly bilen geçirilmeginiň bir görnüşidir. Bu usulda gural (puanson) onuň üstünden geýän impuls togy bilen gyzdyrylýar. Haçanda kebşirleme V – görnüşli gural bilen basyş astynda geçirilende : gural, metal simi we podložka , ýarymgeçiriji integral çatgysy hökmany suratda özara biri – birine degridmelidir ýa-da ýanaşykly işlemelidirlwer. Podložkanyň islendik nokadyndaky maksimal temperaturany kebşirleme döwri örän ýokary takyklykda formula arkaly kesgitlemek bolar :

r – podložkanyň islendik nokadyndan ýylyyşlyk çeşmesine çenli aralyk;

c – podložkanyň ýylylyk sygymy ;
 $a = 1/C_{\text{PTK}}$ – geçirijilik koefisienti ;

$Q = 0,24 U/t$ - impuls kebşirlemesindeki bölünip çykýan ýylylyk ;

U, I, t, γ – güýjenme, tok, dowamlylyk we kebşirleme impulsynyň PTK – i

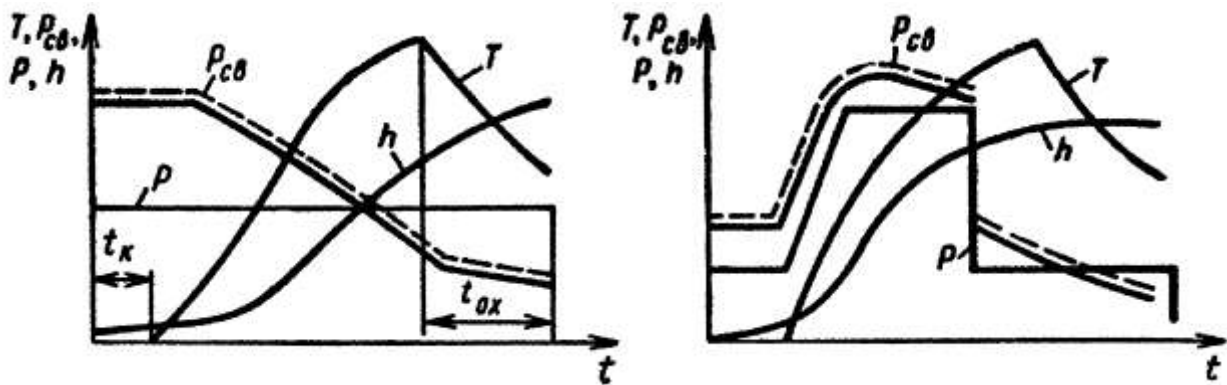
(КПД);

$b=a /C_{\text{пл}}$ - ýylylyk geçirijiligini hasaba alýan koefisienti ;

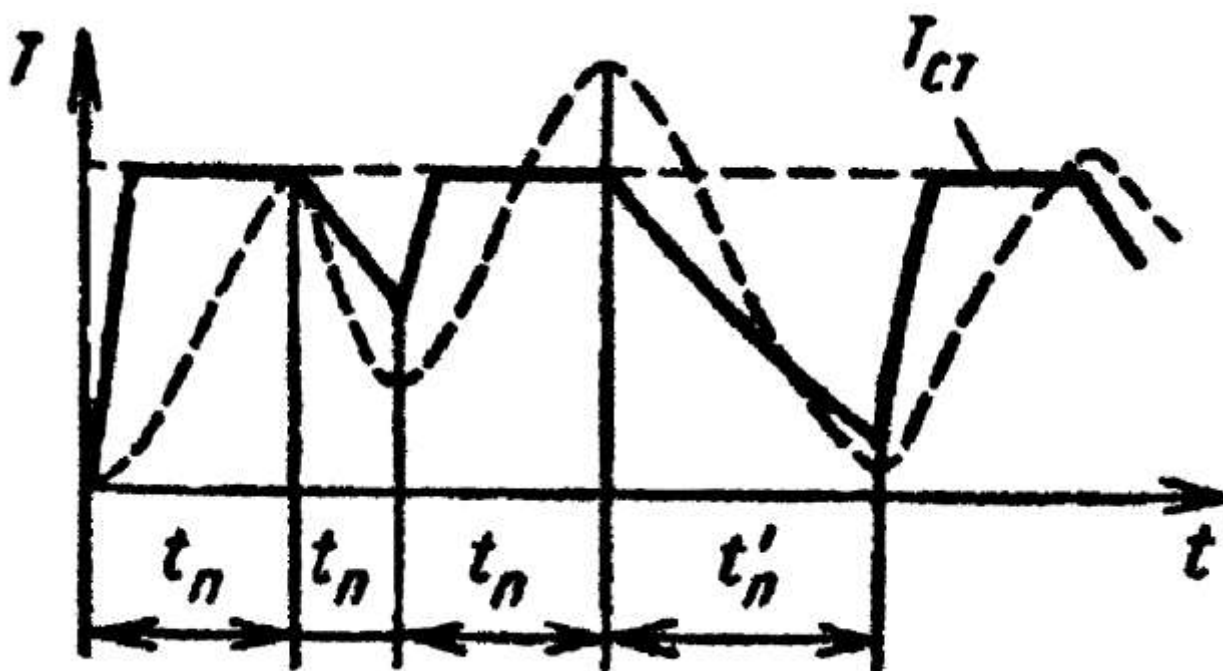
a – doly ýylylyk geçirijilik koefisienti ;

- podložkanyň galyňlygy ;

GIÝ – usuly bilen altyn, alýuminiý we mis diametrleri 20 – 100 mkm dürli gatlakly, dielektrik we ýarymgeçirijili podložkada tozanlandyrylan simleri birleşdirmek üçin giňden ulanylýar. Bu usul (GIÝ) bilen kebşirlenende ygtybarlylyk 40% artýar. Guralyň ýylalma temperaturaly GIÝ – de esasy parametr hökmünde seredilýär. Guralyň gyzdyrylmagy we kebşirleýiş zonynda hemişelik temperaturany saklap bilmeklik instrumentiň ýylaldyş temperaturasynyň ters aragatnaşygyny ulanmak arkaly amala aşyrylýar. Ýylylygy üýtgetmän saklamaklykda döreýän ýalňyşlyk (12%) we inersiýalylyk ýygylgy 0,5 – 1,5 кГy impuls togy bilen üpjün edilýär.



Surat 1.2.1. Statistiki (a) we dinamiki (b) ýüklerde T- kontaktyň eremek temperaturasynyň, $P_{\text{св}}$ basyşynyň we h geçirijiniň çökündisiniň ütgemek häsiýetleri. t_k -guraly geçirijä goýberenden soň togyň impulsynyň ýakylmazdan öňki wagty. t_{ox} -impulsyň gyzdyrylmasynyň, guralyň görterilmesine çenli peselme momentiniň wagty.



Surat 1.2.2. Termopara bilen ölçenilýän (T_{st} -durnukly temperatura) temperatura boýunça instrumentiň awto düzüjisiz (ştrihli çyzyk) we awto düzüjili (tutuş çyzyk) gyzdyrylýşynyň we sowadylýşynyň termiki siklleri

1.2.3. Kontakt kebşirlemesi

Nokatly kontakt kebşirlemesinde elementleri birleşdirmek ýörite meýdançalarda, çäklenmän meýdanlarda bolýar. Bir taraplaýyn kontakt kebşirlemesinde bir elektrod simi ýa-da lentany kontakt meýdançasyna gysýar, ikinji elektrod bolsa kebşirlenjek ýokarky detala golaý kontakt meýdançasynda dikeldilýär.

Birtaraplaýyn kebşirlemesinde ikileşdirilen we üçleşdirilen elektrodly elektrodlar ýokarky kebşirlenjek detalda goýulýar we aşaky detala gysdyrylýar. Onuň üstünden tok goýberilende esasan ýokarky detal gysýar, kebşirleme bolsa elektrodalaryň aşagynda ýa-da onuň aralygynda bolup geçmegi mümkin. Kebşirlemäni T_k , T_3 , T_{CB} temperaturalarynyň arasyndaky tapawutlary mümkin gadar minimal ululykda bolmalydyr.

Bellikler: " + + " – oňat kebşirleme usuly; " + " – kanagatlanarly; " – " – kanagatlanarsyz; " " – kontakt meýdançasynyň ýa-da simiň galyňlygy, mm; simiň diametri, mm;

Tablissa 1.3.1. Gytak impuls ýylaltma kebşirlemesi üçin gurluşlaryň häsiýetnamasy

Häsiýetnamanyň ady	Gurluşyň häsiýetnamasynyň ululygy			
	Kontakt – 3A			
öndirj.(sag.operasiýa-synyň sany)	160 – 250	250	500	900
simleriň diamet,mkm	20 – 100	30...100	20...200	30...50
impuls.dowamlygy,s	0,02 – 2,0	0,05...3,0	0,0051,5	0,001...1,01
gurala düşýän güýç	0,3 – 1,5	0,3,5	0,3...5	0,1...2
iş režimi	el bilen	el bilen	el bilen	ýarym awt.
1	2	3	4	5

700	800	2000	1600	600
20...60	20...60	30...60	30...60	40...150
0,01...1,0	0,02...0,8	0,05...0,8	0,05...0,08	0,01...1,0
0,2...2,5	0,2...0,5	0,1...1,2	0,1...1,2	1...40
el bilen	ýarym awt	awtomatiki	ýarym awt	el bilen
6	7	8	9	10

Tablissa 1.3.2. Birtaraply kontakt kebşirlemesinde materiallaryň kebşirlemesi we mikroçatgy elementleriniň görnüşleri

Kontakt meýdançasynyň we podložkasynyň materialy	Simiň materialy						
	Üsti.gat.mis		Kümüş.mis		Nikel		

Mis aýna tekstolit ($\rho = 0,01 - 0,05$)	+	+	+	-	+	+	+	-	-	+
Mis aýna tekstolit	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Kümüşlenen mis , aýnatekstolit	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Altynlanan nikel aýna tekstolit ($\rho = 0,05 - 0,1$)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Guradylan kümüş (sital) ($\rho = 0,05 - 0,15$)	+	+	+	-	+	+	-	-	-	+
Altyn , sitall ($\rho = 0,001 - 0,02$)	+	+	+	+	-	+	-	-	-	+

1.2.4. Ultrases (US) kebşirlemesi

Bu metallaryň şeýle çatylyşy bolup, kebşirlenjek detalda maýşgak U S yrgyldylaryny belli bir laýyklykdaky basyşda döretmek arkaly metallaryň gaty halyndaky geçirilýän kebşirlenmedir . U S kebşirlenmesindäki gerek bolan şert çatylma döredilende U S – özgerdijisinde mehaniki yrgyldyny döretmek arkaly amala aşyrylýar . Titretme energiýaly çylşyrymly güýjenmäni, dartylmany we kesmekligi döredýär. metallaryň seplesýän ýerinde plastik maýşgaklygy döreýär , netijede adsorbirlenen suwukluk gatlagy ýok edilýär, gazlar, organiki gatlaglar we turşy gatlaglary hem ýok edilip, kebşirlenme çatgysy döredilýär. Kebşirlenme guralynyň sime girzilmegi turşy we adsorbirlenen suwuklyk gatlagy ýok edilpär, gazlar, organiki gatlaglar weturşy gatlaglary hem ýok edilip, kebşirleme çatgysy döredilýär . Kebşirleme guralynyň sime girizilmegi, turşy we adsorbirlenen gatlaryň ýok edilmegi, fiziki kontaktyň döredilmegi we ilkinji birleşme tutgysynyň döredýän ojagyň güýçlenmegi kontaktyň başdaky meýdançasynnda döreýär. Bu döwür simiň detalyň üstünde hemişelik süýşmesi bilen häsiýetlendirilýär, ol bolsa ýylylygyň ýokary derejede ösmegine alyp barýar (T). Döwür maýşgalanmanyň tizlikde V_d ösmegine S_k we S_ϕ – kontakt meýdançalarynyň belli bir derejede ösmegini häsiýetlendirýär. Ikinjiden simiň maýşgaklanmasynyň , hakyky kontakt meýdançasynyň ösmegini häsiýetlendirýär.

Üçinjiden birleşdirilýän metallaryň mehaniki häsiýetleriniň durnuksyzlygy, şoňa görä kebşirleme prosesinde awtomatiki sazlaýyş ýa-da programirmek prosesi ulanylýar

US kebşirmesi üçin mikrokebşirleme enjamlary esasan hem US – yrgyldy ulgamyndan, yrgyldy çeşmesinden, gapdal yrgyldy tolkunäkidijsinden, konsentratorndan, guraldan we ş m . durýar .

Ultrases yrgyldylary perpendikulýar ugrykdyrylyp onuň ýygylgy 44, 66, 88 kГy deňdir, şol wagt gural egrelme yrgyldysyny amala aşyrýar. US – kebşirmesi üçin aýlanýan yrgyldy ulgamlary hem ulanylýar. Gurala bu aýlanýan yrgyldy iki ýa-da birnäçe meňzeş rezonans ýygylkly özgerdijileri arkaly berilýär.

US – kebşirlemede kontaktyň çäginäki ýylaldyş temperaturasybirleşdirilýän metallaryň ereme temperaturasyndakydan 0,3 – 0,5 –den köp dälidir. Kebşirleýiş guraly uly bolmadyk güýç bilen kebşirlenjek detala gysdyrylýar. ondan soň guralyň üstünden tok impulsy göýberilýär , instrument gyzyar şol bir wagtda US – yrgyldysy ulaşdyrylýar. Her impulsyň energiýasy we dowamlylygy aýratynlykda sazlanmagy mümkindir.

Kombinirlenen kebşirleme usulynda guralyň sazlanýan ýylaldyş temperaturasy ýa-da önümiň temperaturasy, US – iň otnositel süýşmegi we ýylaldyşy yaly parametrleri hökmany sazlanýlar. kontaktyň zonasyndaky kuwwat (US – kebşirmesinde) $p=0,5 \times Rh$;

Nirede - $=2\Pi f$ – tegelek ýylylygy ;

F – sikl ýylylygy ;

X1 – kebşirleme guralyň gyrasyndaky süýşmesi ;

$Rh=f_{tp} N/\pi f x 1$,

Tablissa 1.4.1. Birnäçe materiallaryň ultrases mikrokebşirmesi arkaly kebşirlenme ukyby

Poldložkanyň gatlaklaryň Materiallary	Mikrosimlerň materiallary		
	Au	Al	Cu
Sitaldaky nihrom gatynyň aşagyndaky altyn	+ + +	+ + +	+
Aýnadaky alýuminiý	+ +	+ + +	–

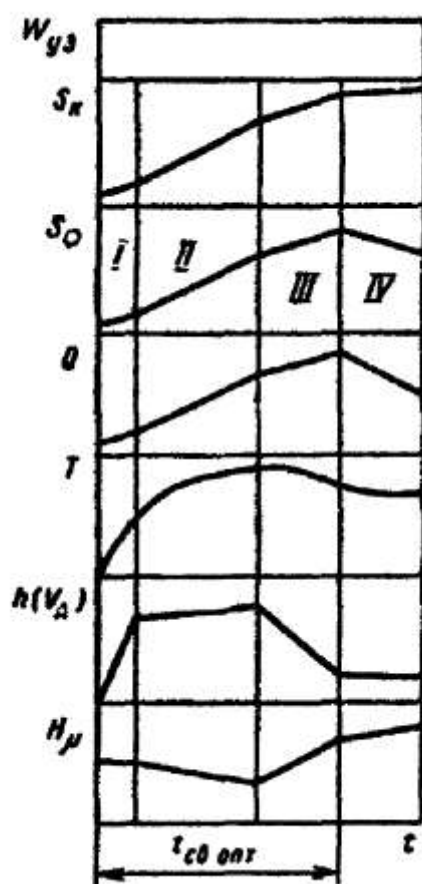
Kremnidäki ýa-da onuň turşysyndaky alýuminiý	+ +	+ + +	–
Sitaldaky nihrom gatynyň aşagyndaky mis	+ +	+ +	+
Sitaldaky tantal	+	+ +	–
kowardaky altyn	+ +	+ +	+ +

Tablissa 1.4.2. Gytak ýylaldylyly ultrasesli kebşirlemesindeki gurluşlaryň häsiýeti

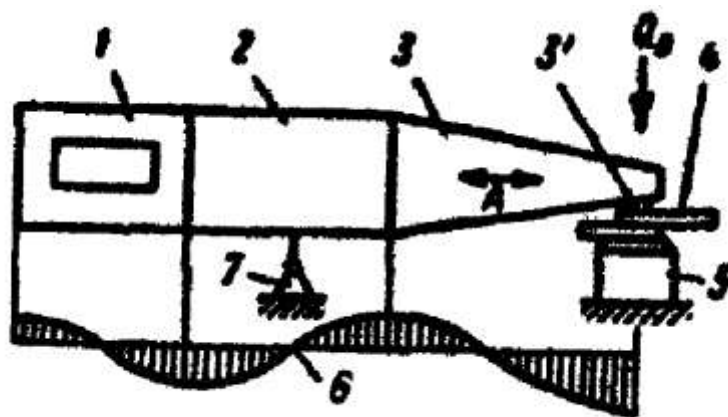
Häsiýetnamanyň ady	Gurluşlaryň häsiýetnamalarynyň ululygy			
	Kontakt - 4A	УЗП – 03	MC41П 2-1	MC41П 3-2
öndüriligi,sag	200 – 350	1700	800	1000
çykyşdaky diam. Mkm	20 – 100	20 – 50		
Iş ýygyllygy,kGs	60	75	66	66
US impuls ýygyllygy	0,05 – 1,5			
Gurala düşýän güýç,H	0,2 – 1,8		0,2 – 2,5	0,2 – 1,5
Stoly gyzd.üçin sarp edilýän temperatura	273 – 723	523	523	523
1	2	3	4	5

Gurluşlaryň häsiýetnamalaryň ululygy				
MC41П 3-3	MC41П 3-4	ЭМ – 424А	УЗСКН - 1	ЭМ – 420А
1000 – 1200	1000 – 1200	800	250	1000
		25 – 60	30 – 100	25 – 60

66	66	66 + 6	44	60
		0,06 – 3,0	0,1 – 1,6	0,08 – 1,0
0,2 – 1,5	0,2 – 1,5	0,3 – 6	0,25 – 10	0,3 - 6
323 – 523	323 – 523	293 – 523		
6	7	8	9	10



Surat 1.4.1. Tekiz üstly tegelek geçirijiniñ US eredip seplemekde birikmeleriñ esasy häsiýetnämalarynyň stadiýalar boýunça ütgemek häsiýeti.



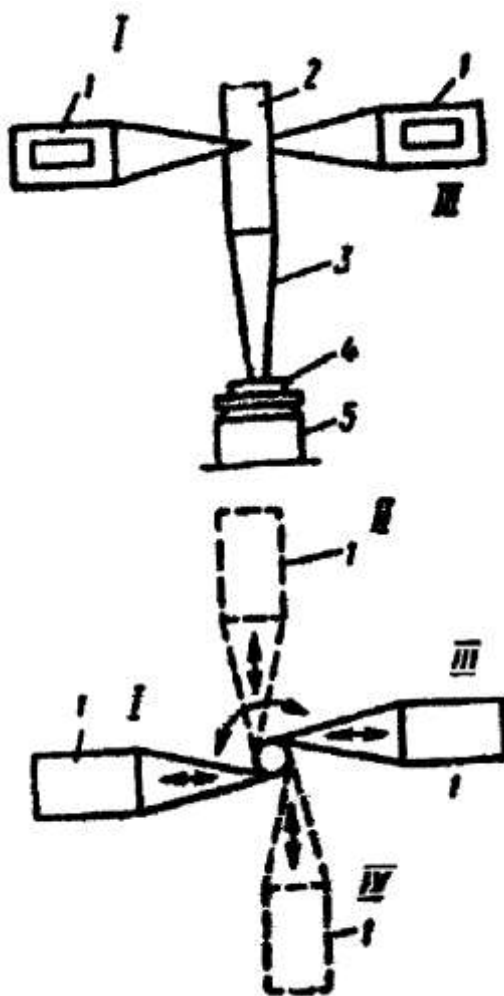
Surat 1.4.2. Gapdal eredip seplemek ösüntgili maýşgak yrgyldylaryň kondensatorlaryndaky ultrases yrgyldyly ulgam.

1-dwigatel; 2-tolkun; 3-dowamly yrgyldynyň konstntrasiýasy; 3'-kewşirlenen çykyndy; 4-kewşirlenen detal; 5-sütün serpikdirme ultra ses; 6-amplituda; 7-akustiki çözülmä; Q_0 -gysýan kebşileme güýji;

Nirede N – gysma güýji ;

R_h – mehaniki garşylyk ;

f_{tp} – sürtilme koefisienti;



Surat 1.4.3. Guralyň aýlanma yrgyldylaryny almak üçin ultrases yrgyldyrlý ulgam.

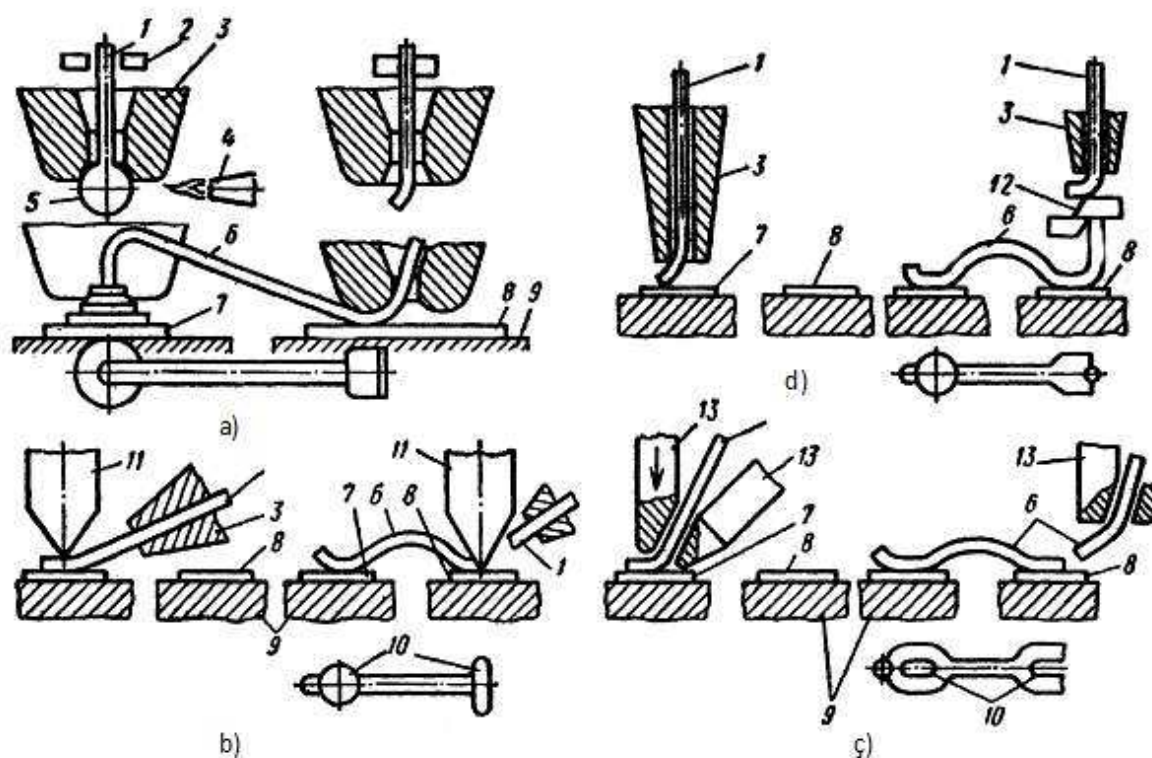
1-kondensatorly ultases özgerdijisi; 2-aýlanma yrgyldylaryň tolkuny; 3-ultrases abzaly; 4-kebşirlenen bölejikler; 5-sütün-serpikdiriji aýlama yrgyldylary; I...IV özgerdijileriň belgileri.

1.3.Mikrokebşirleme üçin iş gurallary

1.3.1.Guralyň iş böleginiň geometriýasy

Iş guralyň materialy örän pes ýylylykgeçirijili, ýokary temperatura durnukly (773 K), ýokary ygtybarly, tiz sowap – gyzmaklyga durnukly, mehaniki ýüklenmäniň üýtgemegine garşy durup bilmegi başaryan material bolmalydyr. Guralyň iş böleginiň geometriýasy hökmany kontakt tekizliklerindäki kontakt güýjenmesiniň ýaýramagyna, konstruktiw pugtalygyna, kebşirlemäniň umumy hiline uly täsiri bardyr.

Altyn misi eretmek üçin wodorod ýangyny ulanylýar . Argon sredasynda duga zarýady altyn we mis simlerinde eredilen şar döredýär . Şarigiň otnositel maýyşgaklygy netijeli kontakt birleşmesinde 50 – 60 % deňdir . Halka birleşmesiniň şekili iş instrumentiniň görnüşine baglydyr . İş guralynyň galaýylanjak simiň iki diametrinden az bolmaly däl . Kapilýaryň gyrasy bilen kebşirlenende onuň daşky diametri (4,5 – 5,5) az , halkanyň ini (kapilýaryň) (1,5 – 2) dnp deň bolmalydyr . İş guralyň aşakdaky görnüşleri : iňne – puanson , onda sim instrumentiň aşagyny ýygna almak üçin ýörite möçber bilen merkezi deşikli kapilýara berilýär , ýarylan kapilýar , gapdaly deşik kapilýar (3.1,1 surat).



Surat 1.1.1. Termokompression eredip seplemäniň dürli görnüşleri

a-şarjagaz görnüşli; b-klinly; ç-birleşme; d-“guş çünki”

1-elektrik geçiriji; 2-gysyjy gurluş; 3-kapilýar; 4-wadarodly gyзма; 5-şarjagaz; 6-elektrik çykyş; 7-kristal; 8-kontakt meýdançasy; 9-korpus; 10-plan boýunça birleşme; 11-klin; 12-gaýçy; 13-“Guş çünki”.

1.3.2. Guralyň konstruksiýasy

Guralyň konstruksiýesý hökmany suratda onuň ýylalyşyny göz önünde tutmaly, onuň iş böleginde maksimal energiýanyň bölünmeginiň üpjün etmeli. Düzük ýygňalan guraldaky PTK

$\nu = 16 - 25\%$. Guralyň başga bir wajyp parametri iş böleginiň temperaturasynyň başdaky temperaturasyna çenli sowamagynyň dowamlylygydyr. Wolframdan tegelek ok hökmünde ýasalan gural, onuň uýý konus görnüşli bolup, onuň diametri 200 mkm we tores bilen paýyň aralygy 400 mkm kebşirlemäni 1sek döwründe geçirmeklige mümkinçilik berýär. V – görnüşli plastinkaly gural (molibden ýasalan) dowamlylygy 5sek çenli bolup biler.

US – kebşirlemesinde guralyň tolkunäkidiýi ulgama berkidilmeginiň iň oňat usuly galaýylama ýa-da kebşilemedir. (surat 3.2,1) – konus arkaly, (3.2,2) rezba bilen gapdalyndan ýa-da ýokarsyndan gysdyrmakdan ybaratdyr.

US – kebşirleýji guralynyň iň ýaýranlarynyň biri hem konus bölekli okdyr. Iňňäniň konusly bölegi berilen derejedäki togalamak p radiusly bolup, kebşirlenjek sime gabat getirilýär. Onuň diametri d

(ýa-da d ululygy) ýönekeý wagtda kebşirlenjek simiň 3 - 4 diametrine deňdir. sim böleginiň kebşirlenendäki maýşgaklanma uzynlygy b ölçegi bilen (2 - 3) dnp ululykda kesgitlenilýär, b – iň uzynlygyny dnp çenli köpeltmeklik kebşirleme birleşmesini berkidýär.

Guralyň üsti elmydama tekizligiň üstinden gödekräk, nädüz bolmalydyr. Mikrorelýefligi ýörite elektroeroziýa usuly bilen almak bolar. Guralyň tegelenen bölegi hökmany polilerlenen ýa-da ýylmançak bolmaly. Deşiginiň diametri 1,5 – 2 simiň diametrine barabardyr. Ol deşikleriň ýerleşşi simiň iş böleginiň aşagyna usyllyk bilen süýşip girer ýaly edilýär, ol haçanda öňe süýşirlende çykýan tarapy egrelmez ýaly edilýär.

Iş böleginiň profiliniň dogry saýlanylyp alynmagy seplenlen soňky simiň üzilmesiniň berkemegini üpjün edýär. Kesýän uýynyň köp tegelenmegi ($r > 15\%$ mkm) simiň aýrylmagyny kynlaşdyrýar, simiň maýşgaklanýan meýdançasyny köpeldýär. Ikinji üç kebşirlenende gural perpendikulýar dikeldilip ýa-da 1 – 2 ters ugra egreldilýär, ol bolsa zimiň berk seplenmegini we onuň oňat, ýeňil üzülmegini üpjün edýär. Şarjagazy döredip deşigi kebşirlemek üçin merkezi kapilýar deşikli gural ulanylýar. Kapilýar deşiginiň rugsat berilen $d_0 = +3,5$ mkm ol bolsa kebşirlenjek simiň päsgesiz geçmegini we şarjagazyň guralyň kontaktirlenýän böleginde saklanmagyny üpjün edýär; Kontakt b meýdançasý oka görä ortada gyşarmaly + 5 mkm halda ýerleşýär. Toparlaýyn US – kebşirlemede kontakt ramkasynda integral çatgy kristallarynda ýörite gurallar ulanylýar. Guralyň US – kebşirlemesi üçin ulanylýan materialy ýokary durnukly, az akustik ýitgili, ýokary ygtybarlygy,

oňat işläp taýýarlamak ukyplydyr . Häzirki zaman senagatynda BK6M we BK3M gaty garyndyly gurallar giňden ulanylýar , olaryň düziminde 94 we 97% laýyklykda wolfram karbidi bardyr .

BK – ñ gaty garyndysy ýokary döwgäduşly bolup , olardan ýasalan gural 30 000 kebşirlenmä çenli hem durnuklylygyny ýitirmeýär .

Altyn simi kebşirlenende kobalt altyndaky diffuziýa koefisientiniň ululygy zerarly ol guraldan daşlaşýar . Aragatnaşyksyz galan ejiz wolframynyň karbidi yzygiderli ýüklemäniň täsiri astynda weýran bolýar . Ýokary durnukly TK gaty garyntgylly toparlary : Tic – 70% ; Ni – 15% ; Mo – 15% deňdir . Guralyň durnuklylygyny ýokarlandyrmak üçin tekizlikleri bir ýa-da birnäçe elementler bilen termodiffuziýa doýgunlygyny üpjün edýän himiki – termiki işläp taýýarlamaklygy geçirilýär . BK6M gaty garyntgysyndan taýarlanan guralyň pugtalygy iki gezek ulanylýar . Eger-de diffuziýa gatlagy titan bilen ýapylan wagty guralyň pugtalygy 3-4 gezek ulalyp , onuň kebşirlenme nokady 20 000 ýetýär . Onuň optimal galyňlygy 10 mkm köp däldir .

Tablissa 1.2.1. Kebşirleme guralynyň optimal ululygy , mkm

Kebşirlenjek simiň diamet- ri , mkm	A	b	R	c	R
25	100+10	60+10	10		
40	160+10	100+10	15		
60	210+10	170+15	20	(0,25...0,3)дп	(0,5...0,6) дп
100	300+10	225+15	30		

Tablissa 1.2.2. Mikrokebşirleme guralynyň optimal ululygy , mkm

Kebşir.sim diamtri,	a	B	c	do	c	R	r	l,mm
--------------------------------	----------	----------	----------	-----------	----------	----------	----------	-------------

dnp,mkm								
25	85	100	5	50	12	25	5	15+0,2
40	110	160	8	70	15	40	12	21+0,2

Tablissa 1.2.3. Mikrokeşirleme üçin guralyň optimal ululygy , mkm

Kebşir.sim diametri dnp,mkm	d0	d1	d3	b	R	L,mm
20	28+3	88	118+5	20	20	7+0,2
25	38+4	113	150+5	25	25	ýa-da
30	48+5	138	182+5	30	30	12+0,8
40	60+5	180	238+7	40	40	
50	70+5	220	293+7	50	50	

1.3.3. Mikrokeşirlemäniň tehnologiýasy

Mikrokeşirlemesiniň tekizlige edýän talabyna laýyklykda , keşirlenýän elementler aýakdaky operasiýalary geçmeli : Spirtde ýagsyzlandyrmaklyk , eger-de kristal tekizligi altyn ýa-da mis bilen ýaglanan bolsa ; Spirt bilen tekizligi ýagsyzlandyрма , ýakma , - eger-de sim altyndan bolsa ; konsentirlenen kislotada kremniý zäherlendirilýär we distirlenen suňda ýuwulýar , germaniý konsentiriji erediji kislotada awylandyrylýar, soň distirlenen suwda ýuwulýar (1002 distirlenen suw , 3-4g şawel kislotasy), soň distirlenen suwda ýuwunmak ;

Alýuminiý siminiň keşirlemeden öňki taýarlanyşy bir näçe wariant boýunça ýerne ýetirilmegi mümkin (ulanmaga we saklanmaga berilen wagty boýunça) :

5 min dowamynda 298 K asetonda ýuwmak (üç gezege çenli) we 20 min 343 K guratmak ;

2 – 3 min dowamynda 398 K ýuwunmak;

distirlenen suwda ortafosfor kislotasynda garyntgyny zäherlemek (298 K , 0,5 – 1 min dowamynda) ; deionizirlenen suwda ýuwunmak (ýuwunmak) ; azotda 393 K , 10 min dowamynda guratmak ;

3. 298 K asetonda ýuwunmak , 10 min dowamlylykda deionizirlenen suwda ýuwunmak ; NaOH 10% ergininde , 298 K , 1 min dowamynda zäherlemek ; dionizirlenen suwda , 10 min dowamynda ýuwmak ; 3 min dowamynda 393 K asetonda ýuwmak .

Alýumininiň we ýa-da altynyň kremnä göniden göni birleşdirilende ýylylyk , basyş we turşama derejesi boýunça ýarymgeçiriji materiallarda çäklenme emele gelýär . Inçe altyn simleriniň kremniý kristally bilen basyň arkaly kebşirlenmegi 623 K ýokary bolmadyk temperaturada amala aşyrylmagy mümkin . Altyn kremniý bilen ýuka turýy gatlakly bolup , olar örän kyn çatylýarlar . Hatda kontak - reaksiýa galaýylamasyn-da altynyň kremniý bilen çatylmagy 623 K temperaturada hili oňat birleşmäni almak üçin yzygiderli otnositel süýşmesi talap edilýär . Alýuminiý kremniý bilen kebşirlenende çatylmanyň hiline kremniniň düzüm geçirijiligi güýçli täsir edýär . Eger-de alýuminiý kremniý turşysy bilen kebşirlenende örän pugta çatgyny almak bolar . Eger-de altyndan , alýuminden we simden sim uçlarynyň ýuka gatly kontakt meýdançalaryna we ýarymgeçiriji elementlerine birleşdirilende ýylylykkompresiýasy ulanylýar . Alýumininiň kontakt meýdançasyny bilen kontakt döretmek üçin altyn sim gerek bolup , kebşirleme $T = 423 - 623 \text{ K}$ çäginde bolup geçýär .

Termokompressiýa bilen altyn sim metal gatlaklaryna birleşdirilende optimal maýşgaklanmasy 50 – 70 % alýuminiý 60 – 75%

deňdir. 10 – 21 gözenege birnäçe birleşme üçin termokompressiýa kebşirlemesiniň optimal režimi .

Termokomperessia kebşirlemesinden soň alynan birleşmäniň pgtalygy birleşdirilen materiallaryň görnüşine , kebşirlemäniň parametrine , onuň ululygy 0,1 – 0,3 H aralygyndadyr . Komperessia kebşirlemesiniň režiminiň gurulan nomogrammasyny arkaly optimal maýşgaklykdaky kebşirlemäniň režiminiň esasy parametrlerini kesgitlemeklige mümkinçilik berýär . Kebşirlemäniň iş režimi saýlanyp alnanda kebşirleme temperaturasy materia lalaýyklykda we onuň diametrine baglylykda , ewtika döredilme temperaturasyndan ýokary bolmadyk altyn – kremniý (643 K) , altyn – alýümniiý (798 K) we AUn ALm görnişli intermetal birleşmesiniň döremegi (670 K) saýlanyp alynýar . Meselem ,

diametri 40 мкм bolan altyn simi üçin prosessiň temperaturasyňy takmynan 600 K saýlap almak bolar .

Kebşirleme režimi To maksimal temperaturasy we kebşirleme wagty bilen berilýär . Birtaraply kontakt kebşirlemesiniň režimi 10 . 22 gözeneginde berilendir .

10 .22 gözenegi Dargadylan elektrod kebşirlemesiniň optimal režimi .

U S – kebşirlemesiniň esasy tehnalogik parametrleri instrumentiň

(guralyň) yrgyldysynyň amplitudasy , ýygylgy we daşky basyşydyr . US – kebşirlemesindeki goşmaça parametri kebşirlenjek materiallaryň ýylaldyş temperaturasydyr . 423 – 473 K çenli ýylaldyş kebşirleme wagtyňy azaldýar we döreýän çatgynyň hilini gowulandyrýar . US – yň çatlyşynyň dowamlylygy mikrokebşirleme wagty yrgyldynyň amplitudasy we gysylma güýji bilen kesgitlenilýär . Çatgynyň deň pugtalygyny mikrokebşirlemäniň wagtyňy 20 gezek köpeltmeli , gysylma güýji peselende (p) 2,8 – den 1,0 H saklamany başarmaly mikrokebşirlemäniň wagty köpeliýär we gysylma güýji dikeldilip şol simiň materialyna guralyň iş böleginiň başdaky gysyp çykarylmasy üpjün edilmelidir . Mikrokebşirlemesiniň dowamlylygy we guralyň yrgyldysynyň amplitudasy olary ýuwaş – ýuwaşdan köpeldilmegi arkaly saýlanyp alynýar . Gytak ýylaltma kebşirlenende optimal temperaturaemele gelip , onuň ululygy 420 – 470 K deňdir , ine şol temeratranyň belli bir döwründe , yrgyldy dowamlylygynda örän pugta birleşme emele gelýär . Kebşirleme elementleriň temperaturasyňyň ýokarlanmagy U S – ñ gerek bolan täsiriniň dowamlylygyny azaldýar . Ýylaltmazdan kontaktyň maksimal pugtalygy ($Q_{orp} = 0,38 \text{ H}$)

US – yň yrgyldysy 0,4 – 0,5 sek , 420 K temperatura çenli gyzdýrlanda kontaktyň pugtalygy (0,42 H) 0,3 sek dowamynda , emma 490 K bolsa 0,25 sek gazanylýar . 570 K çenli ýylaltma eýýäm birleşmäniň hilini peseldip başlaýar , ol bolsa göniden-göni US – yň kebşirleme zonasyna geçirilmek effektiniň pesligi bilen baglydyr . Birleşmäniň bozulmagy (weýran bolmagy) kontakt boýunça hatda simiň optimal maýşgaklanýan wagty hem geçip biler .

Tablissa 1.3.1. Birnäçe kebşirleme üçin termokompresiýa kebşirlemesiniň optimal režimi

Podložkanyň ýa-da gatlag. materialy	Ujyň materialy	Ýylaldyş temperatu- ra , K	Udel basyşy mPa	Wagty , sek	Uçdaky maýşgakly k %
Kremniý	Altyn	623	140 – 150	5 – 10	60

SiO2 b/n tozan landyrlan Al		523 – 623	140 – 150	1 – 5	60
SiO2 b/l tozan landyrlan Al	Altyn	573	100 – 110	0,5 – 5	50
Kremniý	Alýuminiý	723	100 – 110	0,5 – 5	50
SiO2 b/n tozan landyrylan Al		623	70 60 – 70	10 3 – 7	60 – 70 70

Tablissa 1.3.2. Dargadylan elektrod kebşirlemesiniň optimal režimi

Çatylan metallar		tempera- tura , K	udel basyşy mPa	wagty,sek	uçdaky maýş.%
çeg.diametri	gatlagy				
Au , 40	Au, Ni, Ag	673 ... 693	40 ... 70	0,1 ... 0,5	50 ... 60
Al , 40	Au, Al	723 ... 823	15 ... 40	0,1 ... 0,5	60 ... 70
Cu ,40...100	Ni, Au, Ag	793 ... 973	60 ... 100	0,2 ... 1,0	50 ... 60

1.3.4. Geçiriji – gatlak mikrokebşirleme çatgysynyň hilini barlamak

Mikrokebşirleme çatgysynyň hiline baha bermekligiň , onuň pugtalygynyň esasy nyşanlary : tekizlige garanyňda simiň uçlaryny dürli burçlar boýunça ýolmaklyga synanyňmak ; Çatgy zonynda geçirijiniň maýşgaklanma derejesi ; Kebşirleýji çatgy zonyndaky elektrik garşylygy ; termiki könelmä durnuklylygy ; temperaturanyň çalyşmagyna durnuklygy:

Ondan başga-da çatgy birleşmesiniň pugtalygy haçanda geçiriji kesilmäge we ýolunanda barlanylýar . Weýran etmek (ýumurmak) haçanda

kesgirlik minimal burç boýunça alynyp barylada bolýan hadysadyr. Alýumin geçirijisine ýükleýän ýük diametri 0,1 mm we altyn geçirijiniň diametri 0,05 mm bolanda kebşirlemäniň hemme režimlerinde bolup geçýär, şonuň üçin kebşirlemäniň optimal režimini tapmaklyk örän kyn bolup durýar. 90 burç bilen galdyrylandaky weýran boluş elmydam çatgynyň darajyk zolaklarynda bolup geçýär. Elmydama barlanandaky güýç 90 burç bilen berilýär. Şeýle barlag geçirlende kebşirleme çatgysynyň ýumrulmagynyň baş görnüşi bolup biler.

Ýumrulmak häsiýeti köp faktorlara bagly bolup, olardan esasan hem birleşdiriljek materiallaryň kontakt meýdançasyndaky doly özara täsirliligidir, ýa-da geçirijiniň kontakt zonasynda plastik maýşgaklygynyň ululygydyr. Kontaktyň hakyky pugtalygy elmydam geçirijiniň kese-kesiginiň meýdanyndan 3-4 gezek ýokarydyr, meselem tozanlandyrlan gatlakly alýuminiý, 0,11 mm diametrli simi 1,5 – 2 H çenli ýüklenmä hötdede gelip biler. Gerijiniň maýşgaklanmasynyň derejesi onuň çatgysynyň ýumrulmagynyň häsiýetini kesgitleýär: öz maýşgaklykda ýumrulma geçirijiniň tekizligiň tozanly gatyndan gopardylan ýerindäki kebşirlemede bolup geçýär, emma örän uly maýşgaklykda çatgynyň ýumrulmagy uly maýşgaklygyň döreýän ýerinde bolup geçer. Galyňlygy we diametri d geçirijiniň maýşgaklygyny onuň çökgünligi bilen bahalandyrýar:

$$e = d - t \quad 100 \% ;$$

t – geçirijiniň maýşgaklanan meýdançasynyň galyňlygy; Togalak kesikli geçirijiniň maýşgaklygyny şu formula boýunça kesgitlemek bolar:

$$E = \left(1 - \frac{d}{b} \right) 100 \% \quad (4)$$

b – kebşirlenen nokadyň ini. Soky formula diňe $E > 20 \%$, ýa-da $B > d$ bolan şertde ulanmak bolar. Kebşirleme arkaly çatylan birleşmäniň pugtalygynyň bajyp häsiýetnamasy pugtalygyň bir syhlylygydyr, ol Wariasiýa koefisienti bilen kesgitlenilýär.

Kwadrat gyşarmasy;

Qcp – ýumurma güýjüniň orta arifmetika uluygy;

Qi – i sanly kebşirleme çatgysyndaky ýumura güýji;

n – birleşmäniň barlamagyň sany;

Birleşmäniň pugtalygy we bir syhlylygy köp wagtlar
termokomperessiýadaky impuls ýylaltmasyndaky ýa-da US –

kebşirlemesindeki gatlagyň tekizliginiň we adgeziýanyň hiline göniden – göni baglydyr .

Gytak impuls ýylaldylyly durluşda kebşirleme geçirilen wagty (mis we altyn simleriň $d = 50 \text{ mkm}$) kebşirleme bir syhlylygy Ag – Cu – NiGr gatlagynda we Ni – Cu – Ti gatlagynda galyňlygy

$0,6 - 0,8 \text{ mkm}$, podložkanyň tozanladylandaky temperaturasy $\text{Иподл} = 473 - 573 \text{ K}$ bolan ýagdaýy döredip biler . Kebşirlemäniň optimal režimindäki birleşmädäki ortaça goparma güýji $0,40 - 0,42 \text{ H}$ deňdir , ol bolsa , $0,05 \text{ mm}$ ýoluntgydaky mis geçirijisiniň pugtalygynyň 75% deňdir . A 995 D ($0,5 \%$ Si) markaly diametri 25 mkm alýumin gatly alýumin simden Y3Π – 02 gurluşda ýerne ýetirilen dürli gurallaryň ulanyşynyň barlanyşynyň netijesi $3,4,10$ gözeneginde görkezilendir . Togalak geçirijiniň optimal ululygy aşaky deňleme bilen kesgitlenilýär .

$$H = 3 \text{ dnp} ;$$

$$a = (5 / 7) \text{ dnp} ;$$

$$R = (7 / 8) \text{ dnp} ;$$

$$= 90 ;$$

$$\text{dotb} = (7 / 4) \text{ dnp} ;$$

Guralyň termokompressiýa kebşirlemesindeki täsiri 4.4.2 gözeneginde görkezilendir . Temperatura , basyş we dowamlylyk tehnologik parametrleriniň iş režimine edýän täsiri dürli metal birleşmelerinde onuň pugtalygy bilen kesgitlenilýär . Onuň dürli meýdançalaryndaky (I , II , III) pugtalyk talaba laýyk bolmalydyr .US – kebşirlemesinde diametri 30 we 40 mkm alýumin simi kebşirlenende gurala minimal güýç täsir edýär . Eger-de ol täsir uly bolsa , ýagny parametrlər üýtgeşe (yrgyldy amplitudasy we impulsyň dowamlylygy) onda çatgynyň pugtalygy peselýär . Diametri 40 mkm alýumin gatlakly , galyňlygy $1,2 \text{ mkm}$ alýumin siminiň birleşmesiniň gapdaly tekiz we kesigi ýapjagazly gural bilen alynmagy kebşirleme nokadynyň ululygy $K\phi < 4$ bolanda eýýäm ýumrulyp başlaýar : Ýumrulma geçiriji – gatlag çäginde bolup ugraýar . $K\phi = 5 - 8$ bolanda azajyk pugtalygy almak bolar , emma $K\phi > 10$ pugtalyk tiz aşak gaçýar , ýumurlanma , döwülme geçirijidäki maýşgaklygyň köp bolýan ýerinde bolup geçýär . Termokompressiýa birleşmesiniň ygtybarlylygynyň peselmegi AuAl_2 fazasynyň döremegi bilen düşündirilýär . Altyn – alýuminiň birleşmesiniň US – kebşirleme bilen ýerne ýetirilendäki çatgysynyň pugtalygy , haçanda 300 sagadyň içinde , temperaturasy 573 K bolanynda çatgynyň pugtalygy eýýäm 25% peselýär we döwülmä ymtylýar . Şol wagt altyn simleriň ýolunmasy $53 -$ den 21% çenli peselýär we kebşirleme geçirilen ýerlerdäki ýumrulma $47 -$ den 73% ösýär , emma

alýumin gatlagynda 6 % - ta çenli köpelyär . Ýöne köp wagtlarda birleşmäniň (çatgynyň) ýumrylmagy (kebşirlenen ýerlerdäki) Au_4Al we Au_5Al_2 intermetal faza çäklerindäki bölünüşde jaýrylma (treşin) döredýär , gatlaklardaky ýumrulma bolsa , diffuziýa we altynyň $Al - SiO_2$ tozanlamaly galyňlygy 1 mm , diametri 30 mkm alýumin gatlakly (1 mm) termokompressiýa kebşirlemesinde alynan birleşmeleler barlandy . İňnä düşýän ýüklenme 0,5 – 2H çenli 603 – 643 K temperatura aralygynda üýtgedildi . Ýylylygy bir syhly edýän işläp taýýarlamasy nusgany 6 sag dowamynda kislorod atmosferasynda $T = 570$ K saklamakdan ybaratdyr . $Au - Al$ çägiň bölünmesindäki gataçmasy iňnä uly bolmadyk ýüklenme düşýän wagtyna gabat gelýär . Orta kesik boýunça ýumrulmasy $Al - SiO_2$ bölünüşigiň çäginde diňe termostabizirleýji işläp taýýarlyşdan soň görmek bolar .

İňnä 1,5 H ýüklenme düýünde barlag wagty arany açmak güýjiniň

Tiz peselýändigini görmek bolar . Termokompressiýa birleşmesinde mehaniki pugtalygyň peselmeginiň esasy sebäbi Au_4Al we Au_5Al_2 faza bölünmesiniň çäginde mikraýarygyň döremegi , hem – de $Au - SiO_2$ bölünmesiniň çäginde adigeziýamyň peselmegi alýumin gatyndan altynyň deşikli diffuziýasynyň döremegi bilen baglanyşdyrylýar .

Kebşirlenen çatga (birleşmä) turşy weadsirbirlenen organiki gatlaklar , hem-de $US - yň$ göwresiniň altyn bilen galwaniki çäýylmagynyň arassalygy täsir edip biler . Hapalanma hakykatdan-da kontaktyň meýdançasyny kiçeldýär , lokal ýylaldyşa getirýär , pagtalyk ýityär we kebşirlenen birleşik ýunrylýar . Turşy we üst gatларыndaky organiki deserbi ýumurmak üsti foton ion , elektron , ion we akymy arkaly metal gatlagy üsti şöhlelendirýär .

Lazer şöhlesi bilen impuls ýylaltmasy geçirilende dargamak termohimik reaksiýasy we uçýan birleşmeler hökmünde organiki gatlaklaryň eremegine mümkinçilik döredýär . Gerek lazeri asuda generasiýa režiminde ulanmak , alýumin gatlaklaryny almaklykda olaryň mehaniki pugtalygyny ýokarlandyrýar (0,112 – 0,130 H) we wariasiýa koefisientini peseltýär

(15 – 6 %) . Şöhlelenme dykzlygy $q > 14 \text{ kBT/sm}$ $Al - Al_3$ kontakt parasy üçin çetki burçlaryň 30 – 10 çenli peselmegine alyp barýar . Eger-de akym $q \text{ kBT/sm}$ (14 – 16) interwalynda üýtgeşe , onda alýumin gatlagynyň üsti 110 – 430 K çenli gyzýar . Metal gatlaglarynyň üstleriniň lokal impuls ýylaldyşy adsorbirlenen organiki gatlaklaryň temperaturasyny ýokarlandyrýar . F f ululygyň peselmegi we K koefisientiň ulalmagy $q > 16 \text{ kBT/sm}$ bolmagy diňe alýumin gatlagynyň üstinde turşama reaksiýasyny emeli döretmek arkaly gazanylýar . Lazer şöhlelenmesiniň akymynyň dykzlygy 19,5 BT/sm çenli köpeldilende we temperatura 468 K çenli galdyrlanda alýumin gatlagynyň üsti üzniksiz turşayar , turşama gatynyň alýuminiň mikrorelýefini üýtgedýär .

Eger-de $q \cdot 10^{-10}$ BТ/sm we T bolsa 377 – 501 K çenli köpeldilse , onda altyn gatlaglar üçin birleşmäniň mehanik pugtalygy 0,1 – 0,128 H , emma wariasiýa koefisienti 17,5 – 7,5 % azalýar , $q > 1,85 \cdot 10^{-10}$ BТ/sm çetki burç 45 – 15 % çenli azalýar , bu inisirlenen termiki reaksiýa , haçanda $T > 427$ K bolandakysy bilen düşindirilýär . Mehaniki pugtalygyň azalmagy we birleşmäniň wariasiýa koefisientiniň $q > 2,7 \cdot 10^{-10}$ bolanyndaky köpelmegi altyn gatlagyň üstiniň ýumrylmagy bilen baglydyr .

Tablissa 1.4.1. Mikrokebşirleme çatgysynyň dürli görnüşli gurallar bilen ýerine ýetirilendäki ýgtybarlyk häsiýetnamasy

Guralyň ýasalyşynyň görnüşü	Pugtalyk derejesi, K	Gopar.sarp edilen güýç, mH	Orta kwadrat gyşarma	Maýşgaklyk %
Uçburçly çukurjagazly	0,60	6,02	1,3676	35
Üsti tekiz (7 klas)tekizl.	0,50	59,4	1,7293	40
9 klasly tekizlenen	0,41	45,5	1,58	50
Kese silindr çukurjagaz	0,35	34,5	1,70	48

Tablissa 1.4.2. Termokompressiýa çatgysynyň pugtalygyna guralyň şekiliniň täsiri

	Ýerine ýetirilen çatgynyň pugtalyk ululygy		
	Şinaly gural	Şarj. döred.gural	Gapd.çykynd.gural

Alýumin simi (25 mkm)			
Kremnili alýuminiý	0 ... 1,5	ýerne ýet.bolanok	23,0 ... 28,5
Kremniý	0 ... 1,0	ol hem şeýle	19,0 ... 27,0
Eşilen kowar			22,0 ... 27,0
Altyn simi (25 mkm)			
Kremnili alýuminiý	0,5 ... 4,0	1,0 ... 8,0	50,0 ... 60,0
Kremniý	0 ... 2,0		25,0 ... 40,0

Tablissa 1.4.3. Integral Au – Al birleşmesiniň fiziki häsiýeti

Parametriň Fazasy	Au	Au,Al	Au5Al2	Au2Al	AuAl	AuAl2	Al
Elektrik udel garş. mkm.Om/sm	2,3	37,5	25,5	13,1	12,4	7,9	3,2
Gön.çyz.giň.ýylylyk koef. 10 ⁻³ , K-1	1,42	1,2	1,4	1,3	1,2	0,94	2,3
Bikker boýunça gatylyk	60-90	334	271	130	249	263	20-50

1.4. Mikroelektron gurluşlar ýygналанда mikrogalaýylamanyň tehnologiýasy we pripoýlary

1.4.1. Galaýylama

Galaýylama – bu materiallaryň gaty halyndaky olaryň eremek temperaturasyndan aşak gazdyrylan halyna , ölmek we olaryň arasynda eredilen ergin bilen doldurup , aýrylmaz birleşdirilýän prosesdir . Galaýylamagyň tehnalogik prosessi pripoýuň ereme nokadynyň temperaturasyndan beýik bolan temperaturada amala aşyrylýar . Eredilen pripoýuň atomy kristallyň gözeneginiň atomunyň täsir edýän sterasynda düşüp , onuň üstünde belli bir kristallografik tertipde ýaýraýar . Şeýlelikde faza arasyndaky çäkke bir gaty material gatlagy , başga tarapdan – ergin döreýär . Galaýylananda atomyň hereketliligi güýjeýär , gaty we suwuk maddalaryň arasyndaky çalyşma , olaryň arasyndaky aragatnaşygy pugtaandyrýar .

Galaýyama üçin pripoý 723 K temperaturasyndan pes ereme temperaturasy bilen klassitisirleýär :

- 723 K ýokary – temperaturasy ;
- pes temperaturaly pripoýlarda Sn , Bi , Cd , Pb bardyr ;
- ýokary temperaturalylarda Cu , Ag , Ni , Co , Fe , Al bardyr ;

Mikroelektron tehnologiýasynda ýeňil ereýän pripoýlar ulanylýar .

Turşy gatlagyny pripoýyň we galaýlajak materialyň üstinden aýyrmak üstki – aktiw maddakary – flýuks bilen amala aşyrylýar . Flýuslar üstki dartgynly eredilen pripoýlarda azaldýar , ölenmäni we akylmagy gowylandyrýar . Galaýlamada ulanylýan flýuslara aşakdaky talaplar edilýär :

Flýusyň ereme temperaturasy pripoýyň eräp başlaýan temperaturasyndan pes bolmaly ;

Pripoýyň eräp başlamagyndan owal , flýus esasy materialyň üstini ölmeli ;

Flýus turşy gatlag eredijisinden we hapalananda aktiw aýyrylan maddalardan durýar . Käwagt bu garyntgylar bir maddada bolup , flýus hökmünde ulanylýar .

MEG ýygnalanda kanifol esasynda ulanylýar . (ФКСп , ФКЭт , ФКТС , ЛТИ – 120) we konifolsyz flýuslar (ФПЭт ФТС 4.27)g

Zenegi . eredijileriň we erginleriň flýusleme täsiri birnäçe prosessleriň bolup geçmegi , ýagny esasy metallyň ölenmegi , olardan gatlagyň aýrylmagy , flýusyň eredilen pripoýy bilen aralykdan aýyrmak , galaýlanjak ýeri , döreýän turşamadan goramak ;

Flýuslar özüniň hereketini diňe belli bir temperaturada döredip , oňa flýuslaryň aktiwliginiň temperatura interwaly diýilýär . Flýuslar uly aktiwli bolup, olar galaýylamadan soň aýrylmalydyrlar . Mikrodüwünleriň

kontaktlaryny galaýylamak üçin hususy gurluşlar ulanylmaýar diýsek bolar . Gerek ýerinde gytak impuls ýylaldyjyly kebşirlemesi ulanylýar .

1.4.2. Galliý we indiý pripoýlary

Galliý pes derejeli ereýän temperaturalydyr (302,8 K) metallary oňat ölleýär , ýarymgeçirijileriň we metal dänejikleriniň çägene girmeklige uly ukuby bolup (Sn , In , Cd , Zu , Pb , Al) ewtetikany döredýär . 4.1,29 , 4.1,30 bir näçe pes temperaturaly galliý pripoýlary görkezilendir .

Galliý ýelimleri – pripoýlary pasta görnüşde goýberilip olar otag temperaturasynda gaty hala geçmäge ukyplydyr . Ýelim birleşmeleri olaryň esasynda 103 – 1073 K temperaturada gullanmak bolar . Olar ýokary elektro we ýylylyk geçirijili , ýokary mehaniki pugtadyr .

Galliý pripoýlaryny göni ulanyljak wagty taýýarlanylýar . Goşmaça garyntgylar (suwuk metallar ýa – da ýeňil ereýän splawlar we dolduryjynyň gaty bölejikleri) . Olaryň başky gazyntgylary 1 : 2 gatnaşyka alynyp , olar otag temperaturasyny oňat garylýar . Işe ýarawly pripoý 2 sag köp saklanylmaýar .

Indiý pripoýlaryň köpüsi elektro we ýylylyk geçirijili wetuurşama durnukludyr .

Tablissa 1.2.1. Galliý pripoýlarynyň himiki düzümi , %

Garaşsyzlyk	In	Sn	Başga element	Temp.aňl.K
61	25	13	1 Zn	276
62	25	13		278
67	29		4 Zn	286
76	24			289
82		12	6 Zn	290
92		8		293
95			5	298
99,5			0,5 TI	300,3
100				302,8

Tablissa 1.2.2. Galliý pripoýlarynyň magniý bilen himiki düzümi

Ga	MGÝE	Cd	Zn	Başga element
88	4	4	4	
55	4	4	1	11 Sn
				25 Zn

Tablissa 1.2.3. Ikili indiý pripoýynyň himiki düzümi

In	Başga elem	tem.aňl.K	In	Başga elem	tem.aňl.K
99	1 Cu	423	74	26 Cd	396
98,5	1,5 Pb	423	66	34 Bi	345
97	3 Zn	416	52	48 Sn	393
95	5 Alp Arslan	424	50	50 Pb	488

Tablissa 1.2.4. Köpgaryntgylý indiý pripoýynyň himiki düzümi

In	Cd	Pb	Sn	Ti	Zn	Doly tem,K
74	24,25				1,75	389
52,2			46		1,8	381
44,2	13,6		41,4		0,8	363
44	14		42			366
42,8		7,8	46,8	2,6		394
44,2			46,8	9,0		390
27	73					396
25		37,5	37,5			453

Tablissa 1.2.5. Indiý pripoýynyň himiki düzimi , %

In	Başgalar	Ereme temp.K	Bellik
52	48 Sn	390	Flýussyz aýna kebşirlemesi
50	50 Pb	473	Altyn we altyn çayma kebşirleme
71	26 Cd	396	Germaniý elementiniň kebşirlem
66	34 Bitaraplyk	345	Ýarymgeçiriji materiallaryň kebş

1.4.3. Elektrik geçiriji ýelimler

Elektrik birleşmesini almak üçin elektrik geçiriji ýelimleri ulanylyp, olara kontaktol diýilýär .

Olar termoduýgur elementler ýygналanda , içki elektrik birleşmesiniň işlemek üçin amatly däl ýerinde kebşirleme we galaýylama işlerini geçirmek üçin giňden ulanylýar . Kontaktollar polimer materialy bolup , olaryň ölüzümünde elektrik geçiriji doldurujylar bardyr . Dolduryjy bolup dispersiýaly altyn , ýokary dispersiýaly kümüş ýa-da olaryň 0,1 – 3,0 mkm bolan garyntgylary ulanylýar . Metal dolduryjylaryny taýýarlamak kümüş paraşogyny

(umumy) kümüş wakuumda termiki tozanlandyrmak , ondan soň ýörite sokyda döwip uşatmaly (bugdaýjyk almak üçin) belli bir derejä gelenden soň erän kümüş suwuň tiz akymy bilen tozanladyp , bugdaýjyk ýaly bölejikler alynýar . Ýokary dispersli kümüş döretmek üçin ýörite alynýan mis okunda kümüş kontaktyň üsti bilen dikeldilýär . Mis okunyň silindrik meýdançasý persulfat ammoniý ergininde dekopirlenýär , ýokary gaty bolsa elektroizolýasiýa laký bilen goralýar . Ondan soň oky ergine sulfanola çümdirip , ony 6 – 7 C ýygylyk bilen aýlaýarlar . Silindriň tekizligine dispersiýaly kümüş ornaşýar , ony köp sapar distirlenen suw bilen ýuwulýar , etanol bilen guradylýar ýa-da kükürt efiri bilen ,soň ony gorjaýarlar , 333 – 343 temperaturada guradýarlar , 4 – 5 sagadlap we elekde eläp arassalaýarlar . Ýörite kümüş poroşogy pes garşylykly kümüş erginden dikeltmek arkaly alynýar . (gidrohinon arkaly) 1 dm molýar suw erginine AgNO_3 2 ml HNO_3 goşup , ony 293 K , 30 min dowamynda sowadylýar , ony üzniksiz garyp , oňa 1 dm 0,62 M gidrohonon suw ergini garylýar . 15 min geçenden 500 sm 2M –

natriý asefat erginini goşup başlaýarlar . Ony hem 30 min dowamynda goşýarlar . Dikelme reaksiýasy 4 sag. dowam edýär . Alynan kümüş poroşogy ýüzgiçde ýüzilýär , 10 m suwda ýuwulýar , 323 K temperaturada – wakuumda guradylýar . Alynan kümüş 94,2 % deňdir .

Elektrik geçiriji ýelimler dolduryjy hökminde taýýar ýa-da kümüşň ýaňy taýýarlanan poroşogyny ulanmak bolar . Ýelimiň uly bölegi epoksid smolasynyň esasynda taýýarlanylýar . gataldyjy hökminde olarda aminler : polietilenpolnamin , dietilentriamin , trietilentetramin , trietanolamin , dimetilanilin , poliamid we ş.m .Amin düzümlü ýelimler ýokary bolmadyk , hatda otag temperaturasynda hem gatap biler . Ýelimiň mehaniki we elektrik häsiýeti köp wagtlarda onuň alynýan gataldylýan tehnologiýasyna baglydyr . Köp ýelimlerde amatly režim hökminde gatalmak diýilip , öňi bilen 343 – 373 K ýylaldylýp , soň bolsa 423 – 473 K ýylaldylýar .

Ýelimiň gatamak wagtyny azaltmak üçin ilki bilen dikilen polimer , uçgun eredijide dispergirlenen esaslar ulanylýar . kleýi goýaltmak üçin aktiw mineral dolduryjylary giňden ulanylýar . Meselem , ýelim 80 g metilakrila , 20 g metilmetakrilata , 2 g etilendiakrilata , 1 g kaliý persulfatyna , 0,5 g bisulfat natriýa , 2 g dodesilbenzolsulfonata natriýa we 900 sm suwy garmak bilen taýýarlanylýar . Alynan ýelim toksotrop häsiýetli bolup , şonuň kömegi bilen kümüş çökmeýär . Ýelim tiz guraýar we onuň udel garşylygy 0,01 Om.m barabardyr.

Elektrik geçiriji işlenip taýýarlanan ýelim alkilsianakrilat esasly bolup , ol 1 sagasyň dowamynda jaý temperaturasynda hem gatap biler . Onuň düzümine 100 mas/sag alkil – sianakrilat 300 – 600 mas/sag kümüş we 120 – 200 mas/sag freon girýär . Bu garyntgylary polietilen ýa-da froroplast gabyna salmaly , onuň üstine poroşogy doly öllär ýaly edip freon guýmaly . Alynan garyntgyny açyk howada ondaky freon 50 – 70 % çenli buglanyp çykar wagtyna çenli saklamaly , ondan galan poroşoga alkil – sianakrilat goşmaly . bu alnan kleý 1 – 1,5 sag öz ukybyny ýitirmeýär , ol 10 – 15 min gataýar .

Senagatda göýberilýän elektrikgeçiriji ýelimler epoksid we akril oligomer esaslydyr . Ýylylykgeçiriji ýelimlerde dolduryjy hökminde (573 K) poroşokgörnüşli Pb , Rh , Ru , grafıt , Ni , Mo , Pt , Ir , W ulanylýar . Ýelim kontaktollary (K – 8 , K – 16 , K – 17 , ТПК – 1, ЭHKC – 2 , КТП – 1) ýeterlikli durnukly bolman , olaryň esasynda uçýan taksiç eredijileri bardyr , ol bolsa abzallary ýygnamakda päsgelçilikleri döredýär . Ýokaryýylylyga durnukly ЭYBTýelimi bir komponentli bolup , galanlary iki komponentlidir , olar esaslardan we gataldyjylardan durýar . ЭBT elektrikgeçiriji ýelimi ýarymgeçiriji abzallarda ulanylýar . Bu ýelim 15 – 30 minutda temperaturasy 673 K ýylylykda abzallaryň uçlaryny termokompresiýa arkaly birleşdirmeklik üçin ulanylýar . Ol ýelimlemeler ýokary elektrik geçirijiligi ($\sigma = 5$

10 Om.sm) abzalyň konstruksiýasynyň elementlerine oňat adgeziýasy (2,5 – 7,1 Mpa) , çyglylygyň uzak wagt täsir etmegine hem durnuklydyr . ЭК – А ýelimi san ýarymgeçiriji abzallary ýygnamak üçin ulanylýar . Onuň iş temperaturasynyň çägi 213 – 123 K , gysgawagtlaýyn (2 sag) ýelim 573 K temperaturanyň hötdesinden gelýär . Ýokary temperaturasyz ýygnalýan önümler üçin ЭИЭ , ЭИТ ýelimleri giňden ulanylýar .

Tablissa 1.3.3. Elektrik ýelimleriň häsiýeti

Ýelimiň markasy	Udel elektrik garşylygy Om.m	Al-ň süýş.ýelim birl pugt,mPa	maksimal iş temperaturasy K
K – 8	2...3	4...7	398
K – 13 a	10...200	4...5	358
K – 13 b	1...5	2,5...3,5	373
K – 16	(2...4) 10	2,5...3,5	373
	50...100	7...10	373
	50...100	7...10	398

Tablissa 1.3.4. Metallaryň ýelim birleşmeleriniň geçiş garşylyklary P , Om.m

Ýelimiň markasy	Kümüş	Mis	Nikel	Alýumin	Altyn	Platina
K – 8	5 10	1,1 10	1,5 10	5 10	1 10	7,5 10
K – 12	9 10	2,6 10	1,7 10	1,5 10	2,5 10	7,5 10
K – 13a	5 10	1,2 10	6,5 10	2,6 10	2,5 10	2 10
KH – 1	1,5 10	1,2 10	5 10	1,5 10	2,5 10	1 10
KH – 11	3 10	1,3 10	2,5 10	1 10	1 10	1,5 10
K - 5	5 10	1,2 10	1 10	1,2 10	7,5 10	2 10

Tablissa 1.3.5. Ýelimleri ulanmak barada hödürnama

Ýelimiň markasy	Ýelmeşýän materiallary						
	Ag	Pt	Pd	Au	Cu	Ni	Al
K – 8	+	+	+	-	-	-	-
K – 11	-	-	-	+	-	-	-
K – 13a	+	+	+	+	+	-	-
KH – 1	+	+	+	-	+	-	-
KH – 11	+	+	+	-	+	-	-
K – 15	-	-	-	-	-	+	+

1.5. Simsiz ýygnalmagyň tehnologiýasy

1.5.1. Simsiz ýygnamagyň konstruksiýasy

Simsiz ýygnaýş bir näçe çatgy bilen ýerne ýetirilýär , çatylýan elementleriň konstruksiýasyna laýyklykda . Iň köp ulanylýany kristallarda uçlaryň çatrykly ýygnaýş usuly we göwräniň daşky uçlaryna ýa-da keramiki podložkanyň kontakt meýdançasyna birleşdirme usuly ulanylýar . (surat 5.1.1) Gibrit çatgylaryndaky asylyp duran elementleri çatmak üçin “ tersöwrilen ” podložkada ýa-da kristalda gaty uçlary çykarylan kontaktly kristal usuly ulanylýar . Simsiz ýygnamak usulynda kebşirlenjek materiallaryň dürli hilileri (Al – Al , Al – Au , Au – Au , Cn – Su – Au) we başga görnüşleri ulanylýar .

1.5.2. Göwrimli sütünjikleriň arajyklarynyň konstruksiýasy

Kristalyň kontakt zonasynda uçlary döretmek üçin (daşky komutasiýa üçin) kiçijik mis şarjagazlaryny galaýylap , direk görnüşinde çykyp duran uçlary , meselem , alýuminini oturtmak bilen daşyna çykarylýar . Ilki bilen kristall ýuka aýna gaty bilen çäýlýär , şol gatda aýnagazlar açylýar , olara bolsa alýumin kontakt meýdançalary oturdylýar we uçgatly Cr – Au – Cu düzümi çalynýar . Hrom goraýyş böwedi , altyn gatlagy misi turşydan goraýar . Nikel gatlagy bolsa mis – olowa garyntgysynyň döremegini azaldýar . (galaýylama döwri şarjagazyň üstinde) . Altyn gatlagy şarjagazyň köp wagt durandan soň

galaýylanmagyny gowylandyrýar . Kiçijik şarjagazlarplastinada dargadylýar , ondan soň şarjagazlar peçde galaýylanýar . OCB konstruksiýasy metalyň köp gatly ulgamyny görkezip , 1 we 3

Zondlary – tokuň , 2 we 4 – potensial zontlaradyr . 1 we 4 alýuminiý metallizirlemesine goýulýar , 2 we 3 barlanýan OCB goýulýar . Şeýle usul bilen R ölçenmegi uly çäkli ululykda

-10 – 10 Om we ondan hem köp ululykda bolup biler .Kontaktyň wolt – amper häsiýetnamasy (WAH) S – görnüşli aýyrmak garşylykly meýdançasynada ýerleşýär . WAH iki durnukly haly – ýokary we pesomly , birinjiden ikinjä geçmeklik bolsa , haýsy hem bolsa I_{np} çäkli güýjenme berilen wagty amala aşýar . I_{np} ululygy 100 B , ýöne köp wagtlar 1 – 1,5 B deňdir . (surat 5.1.2) görkezilişi ýaly ölçegi WAH-ň dürli görnüşlerine deňäp ölçegi onuň infrapes ýyglylygynda hem geçirmek bolýanlygyny göreliň . Onda görnüşü ýaly geçirijiniň tiz galmagy sygymyň $C = 10 \text{ пФ}$, dielektrik syzdyryjylygyň $= 10$,

OCB-ň meýdany $S = 5 \cdot 10$ dielektrigiň $= 45 \text{ Hm}$ deňligini berýär . Sim uçlarynda ýokarlanan R_k direk uçlarynyň tiz peselmegini , ondaky güýjiň azalýanlygyny (0,1 – 0,2 H) , bu bolsa degradasiýa prosesinde OCB adgeziýasynyň kristalda ýitýänligine şaýatlyk edýär . OCB degredasiýasy alýumindäki poslamanyň netijesidir . Degredasiýanyň tizligi OCB – kristall çäginde çyglylygyň (öllügiň) gelmegi bilen düşündirilýär . Şeýle reaksiýanyň mysaly bolup , hloryň bar ýerinde alýumindäki poslamanyň reaksiýasyny almak bolar:



Bu reaksiýanyň önümi bolup alýumin gidrookisi gulluk edýär . Wagty geçmegi bilen alýumin gidrookisi bölünýär (dargaýar) .



Izolirlenen alýumin okisini (turşysyny) döredýär . Döredilen turşynyň ýokary öýjikligi ýa-da mikroýarçygyň bolmagy OCB ýeňil döremegini we hoslamanyň döremegini tizleşdirýär . Çykan uçlary (direjikleri , şarjagazlary) podložkanyň kontakt meýdançalary bilen gabat getirmek göni uçlary çatýan gurlaşda ýerine ýetirilýär . Kristal 3 gural – soryjy bilen kasetadan çykarylýar , ondan soň podložka 6 – 5 kontakt meýdançasyna geçirilýär , oňa gözegçiligi ýarym garaňky – ýarym ýagty 4 aýnada synlamak bolar . Ýörite merkezleşdirýän deşik – filýer

7 ýa-da takmynan kontakt meýdançalaryna ugrykdyrylan mikroskop 1 bilen gabat getirilýär . Birinji halda şol bir wagtda gapdaldan çykýan uçlar we kontakt meýdançalary synlanýar , ol bolsa iş stolynyň ýerni üýtgedip olaryň gabat gelmegi gazanylýar .

Ilkinji halda (surat) bolsa takmynan deşigi kontakt meýdançasyny bilen gabat getirmeli , ondan soň gural – sorujy aşak göýberlende kristaly gorizontalk tekizlikde süýşirip kristal merkezleşdirilýär . Bu we başga usulyň takyklygy kristalyň guralarynyň gowşaklygy netijesinde diýseň ýokary däl . Şerte laýyklykda kontakt birleşmesiniň daşyna çykyp durmagy kontakt meýdançasynyň çäginde 0,3 d çykmaly däl , d – daşyna çykan uýyň diametri ;

Tersöwrilen kristal usuly bilen podložkadaky kontakt meýdançalarynyň bir beýikligindäkisi bilen kristalyň çatylmagy kontakt meýdançasynyň sanyna garamazdan bir iş siklinde geçirilýär . Simsiz ýygnaşyň (bejerginiň) tersöwrilen kristal usuly bilen amala aşmak üçin ЭМ – 431 we ЭМ – 432 amaly gurluşlary ulanylýar . ЭМ – 431 birorunly awtomatlaşdyrylan sikillidir . ЭМ – 423 amaly gurluşy köp kompazisiýaly doly awtomatlaşdyrylan iş sikilli . Onda şol bir wagtda 10 kristall çatylýar . Şoňa laýyk 10 kebşileme kellejigi , aýlaw stoly podložkanyň bir iş ornundan başga orna süýşirmek üçin ulanylýan stol hem çatylýar . Gurluş podložkanyň bir tip ululygyndan başgasyna , kristalyň birtipli ululygyndan başgasyna ýeňillik bilen geçirilýär .

2-NJI BAP

FOTOLITOGRAFIÝANYŇ MANYSY WE ESASY PROSESLER

2.1.Mikroelektron gurnamalarynyň tehnologiýasyndaky litografiki prosesleri

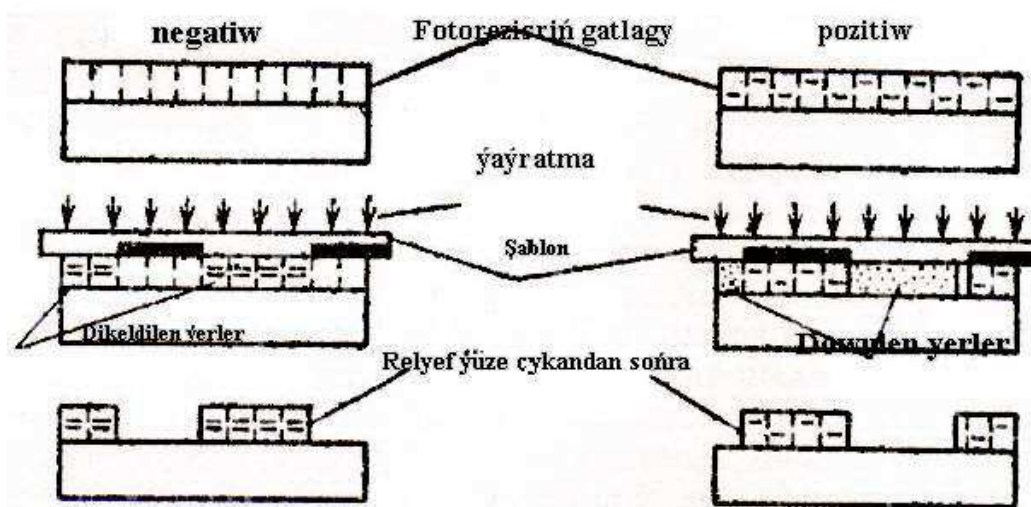
2.1.1.Fotolitografiýanyň mazmuny we esasy prosesleri

Mikroelektron gurnamalarynyň tehnologiýasyndaky litografiýa prosesleri köptaraply we has köp gaýtalanýan prosesdir. Olar kontakt we presiýaly özbaşdak maskalary almak üçin ulanylýar. Litografiýa prosesleri giňişlikde-tekizlikde belli bir uzynlykdaky şöhläniň täsiri astynda gurnukly gatlagy,öz häsiýetini düýpden üýtgedip bilýän gatlagy döredýär. Galyp arkaly lokal şöhlendirlen rezistiw gatlagy ýörite çykaryjyda işläp taýarlanýar. Ulanylýan şöhläniň uzynlygyna baglylykda optikaly (fotogalyply), rentgenli, elektronly we ion galyply litografiýalary bellemek bolar.

Fotogalyp(FG)-bu fotohimik prosesleriň bileleşigi bolup olardaky üç esasy döwri: materialyň üstünde fotorezist gatyny döretmek; şekili galypdan şol gatлага geçirmek; fotorezistden maskanyň kömegi arkaly gurnamanyň elementleriniň konfigurasiýasyny döretmek; ýaly döwürleri bölüp almak bolar. Fotolitografiýa kontaktly we kontaktsyz bolup biler.

Negatiw we pozitiw fotorezistleri

Fotorezistler-çylşyrymly polimer kompozisiýalarydyr. Eksponirlenen meýdançasynyň eremesiniň kiçelýän görnüşine negatiw (NF), emma şöhlendirlenden soň eremeginiň köpeliýän görnüşine bolsa-pozitiw (PF) fotorezisti diýilýär.



Surat 2.1."Fotogalyp we fotopozitiw ulanandaky relýefiň döreýşi"

Relyef şkiliniň döremeginiň esasyny düzýärler:- eremeýän meýdançalarynyň fotopolimerizasiýasy we döremegi.

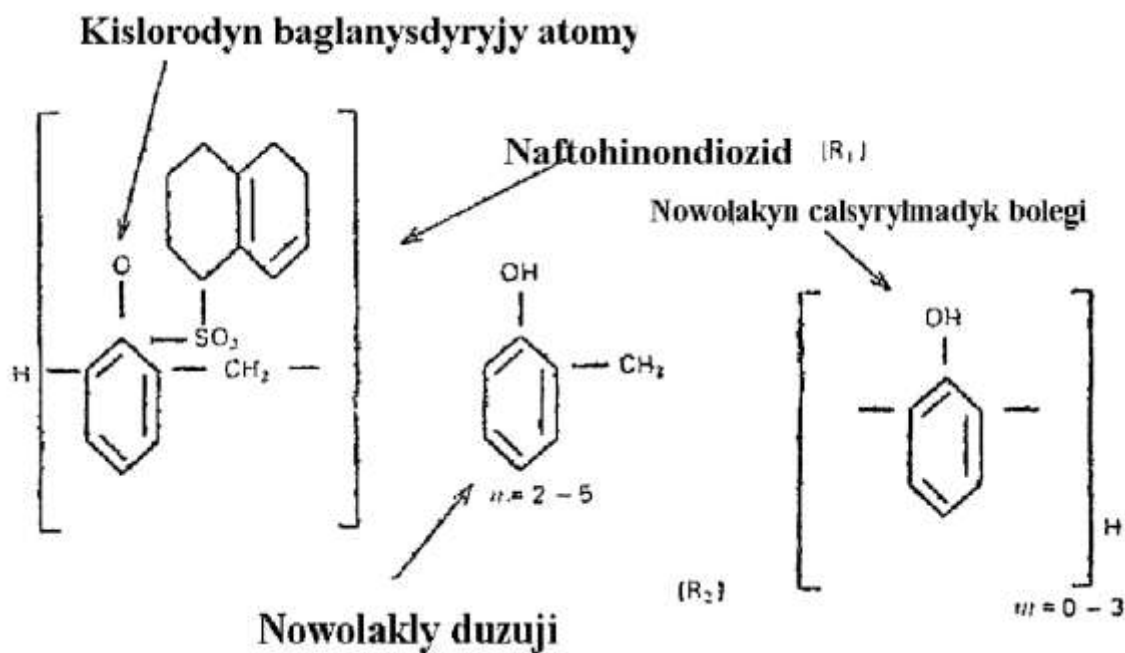
Relyef şkiliniň döretmegiň esasyny düzýän zatlar: eremeýän meýdançalarynyň fotopolizirlenmegi we döremegi, ýagtylygaduýgur birleşmeleriň fotolizi we olarda ergin maddalarynyň döremegi. Arassa kauçik esasyndaky FN ýagtylyk duýgurly FL üçin ýeterlik däl. Şonuň üçin kauçige sensbiilizatorlar goşulýar (bisazidler). Şöhläniň täsiri astynda bisazid dargap, ginifrenleri döredýär, ol bolsa kauçigiň molekulasy bilen himiki reaksiýa girişýär, netijede üç ölçegli tor emele gelýär.

FL-de fotoliz prosessinde ergin birleşmeleri döreýär;

FR-e polimerleri iki usul arkaly girizilýärler:

1. Ýagtylygaduýgur NHD-ly çylşyrymly efiriň düzümine girizmek arkaly.
2. Erginiň komponentli hökmünde girizilýär.

Has köp ulanylýan efirleriň biri hem – efir 1, 2- naftohinondiozid – 5 – sulfokislota we nowolaka – onuň aşakdaky gurluşy bardyr:

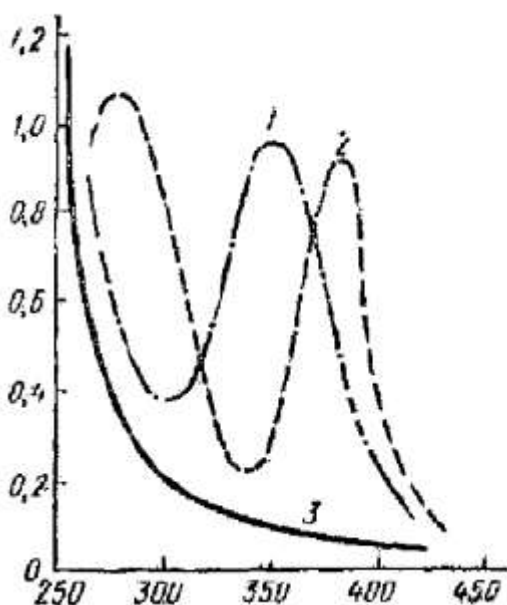


NHD-niň molekulasy şöhlendirilmeýär, himiki taýdan ýeterlik durnukly. NHD-niň molekulalary FR-iň ähli göwresi boýunça dargap, ýöne olaryň orny esasan hem eksponirlenendäl meýdançalardaky weýrançylygyna garşy bolýan üstlerde (tekizliklerde) has uludyr. Azotyň molekulalary FR – iň gatyndan gidenden we indenkarbon kislotasynyň döremeginden soň bu häsiýetler ýitirýärler ýitýärler, eksponirlenen meýdançalar ýeňillik bilen öllenýärler we ýuwulýarlar. FR – iň has wajyp komponenty eredijilerdir, FR – iň molekulalary polimer zynjyrlaryndan ybarat bolup, käbir halatlarda FL – iň weýran ediji häsiýetine täsir edýär. Polimeriň

zynjyry has çylşyrymly bolup, onuň esasy zynjyrlaryndan funksional toparlary gidýärler.(gidroksil,galoid,ýagtylykduýgurly). Olar bolsa rezistleriň wajyp häsiýetnamalaryny kesgitleýärler, meselem,ýagtylykduýgurlygyny, himiki durnuklylygy, adgeziýany, plýonkanyň ýumşaklygyny we ş.m. FR – iň parametrleri aşakdakylardan ybaratdyr:

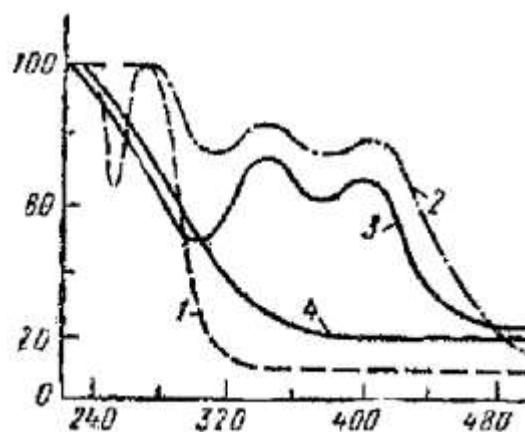
- Ýagtylygaduýgurlyk- FR - iň ergin ýa – da eremeýän halyna geçmegini talap edýän ters ekspozisiýa ululugydyr.
- Çözgä ukyplylygy – 1 mm inlikdäki FR – de alyp bolýan, aralyklarda edil şol inilige bölünen birmeňzeş liniýalarynyň maksimal sanydyr.
- Agressiw täsir ediji faktorlara durnuklylygy – ulanylýan zäherleýjädäki FR plýonkasynyň gat açmak wagtyna proporsional ululyk diýmek bolar.
- FR – iň ulanylyndaky (işledilendäki) häsiýetiniň durnuklylygy – onuň saklanandaky ýa – da işledilen döwründäki gulluk edip (işläp) biljek wagtydyr.

Bu şerti ýerine ýetirmek iň wajyp meseleleriniň biridir. FR – iň işini häsiýetlendirýän esasy baglylyklaryň biri ýuwunduma spektrleri we häsiýetlendiriş gytaklarydyr. Ýuwunduma spektri aşakdaky suratda görkezilendir.



Surat 2.2"FN-iň ýuwunduma spektry"

- 1-bis-azidli kauçuk
- 2-sebsibilizirlenen PWS
- 3-eksponirlenen rezist



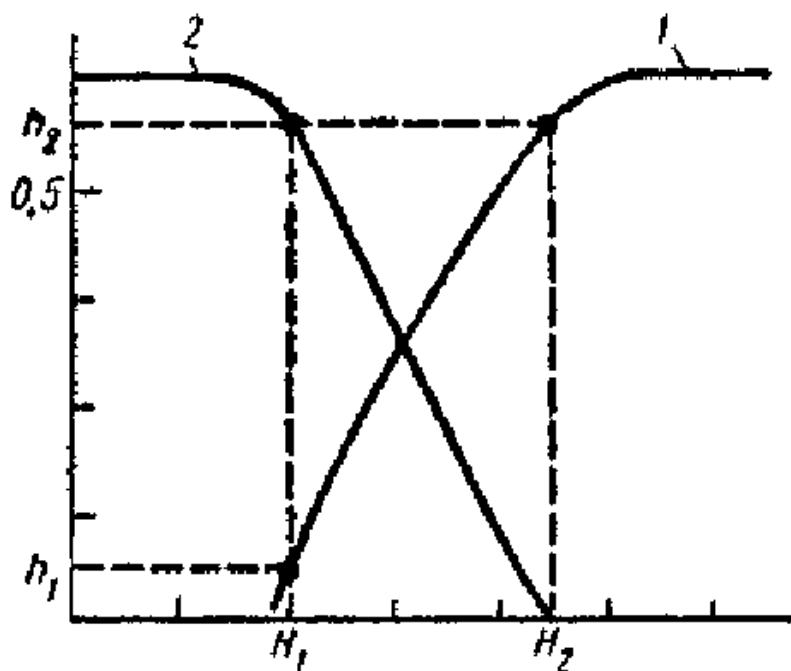
Surat 2.3"FP-iň ýuwunduma spektry"

- 1-oraýjy smolasy N18 (0,73 mkm)
- 2-NHD N7 esasy FR (1,7 mkm)
- 3-NHD N7 (0,17 mkm)
- 4-edil şol,ýöne eksponirlemeden soňkysy

PWS esasly fotorezistleri iki sany ýuwdanma maksimumlydyr: olaryň biri edil sensibilizirlenen kauçik ýaly bolup, sensibilizatory ýuwdylmagy bilen bagly (360..370 nm) görnüşdedir; başgasy bolsa edil PWS – iň özüniň ýuwdulmasynyň şekillendirýär. Pozitiw FR – leri hem iki sany ýuwdanma maksimlary bilen häsiýetlendirilýär (surat 2.3) (tolkun uzynlygyny 350 – 400 nm). Iki maksimal hem NHD – niň şol bir molekulasyň ýuwdulmagy bilen baglydyr.

Ýuwdunma spektrleri eksponirlene çeşmeleriniň görnüşini kesgitleýär we eksponirlme üçin material saýlap almaklyga kömek edýär. Rezist gatlagy eksponirlenende ýuwdunma spektriniň görnüşü üýtgeýär.

Ýuwdunma reaksiýanyň peýdaly "çykalgasy" bolup, FR – iň gatlagynyň döremesinden soňky galyňlygynyň üýtgemesidir. Bu prosesse baha bermek üçin häsiýetlendiriş gytalary alynýar. Gytak 1 eksponirlenen meýdançalardaky ekspozisiýa ulanmasyndan soň FN – iň galyňlygynyň üýtgeýişini görkezýär. Bu gytakdan rezistiň parametrlerini tapmak bolar: duýgurlygyny $S = 1/H_2$ nirde, H_2 – ekspozisiýanyň doly ýumrulmagyny görkezýär; kontrastlygy $\gamma = (h_2 - h_1)/(H_2 - H_1)$ we fotografik giňligi $L = H_2 - H_1$;



Surat 2.4. "FN we FP üçin häsiýetlendiriş gytalary"

FN eksponirlenende suratyň gyalarynda häsiýetli oreol döräp, ol podložkadan ýagtylylygyň yzyna serpinlenmegi bilen düşündirilýär. FR – iň görnüşü saýlananda diňe ýumrujy häsiýetli uly ähmiýeti eýe bolman, eýsem kislota we ergin durnuklylygy hem uly ähmiýetlidir. Pozitiw FR – ler ergin zäherleýjilere durnukly däl. Negatiw FR bolsa kislota we erginlere has durnuklydyr, ylaýtada kauçik esasly FN-e. Senagatda göýberilýän pozitiw (ФП – 383, ФП – PH - 7) we

negativ ($\Phi H - 5 TK, \Phi H - 11, \Phi H - 11K, \Phi H - 4TB$) fotorezistleri has ýaýrandyr. Bu polimerleriň molekulalaryndaky wodorod galoid- brom, hlor, ýod bilen çalşylyp biliner. Fotorezist $\Phi H - 11$ - reňksiz, dury suwuklyk, ýagty – gyrymtyk reňkli bolup, ol siklokauçuk ergini, kiolol, toluol garndysyndan ybaratdyr. Fodikiji agent hökmünde 2,6 bis (4 – oksidobenzol) - metil sikogeksandy ulanylýar. Kinematik syzdyryjylyk $(7..9) \cdot 10^{(-6)} \text{ m}^2/\text{s}$ deňdir. FR – iň plýonkasynyň 2,5 mkm galyňlygyndaky ýmrujy ukyby 100 liniýa/sek barabardyr. 0,5 mkm derejedäki ýagtylyk duýgurlygy $10 \text{ Joul}/\text{sm}^2$. Gury galyndysy 15% ondaky azodyň düzümi bolsa 1,1% deňdir.

Fotorezist $\Phi H - 103$ - ol syzdyryjy durysuwuklyk, gyrymtyk – sarydan tä gara – gyzyl reňke çenli, toluol n – ksilola düzümdäki siklokauçuk erginidir. Ýagtylykduýgur elementi hökmünde 2,6 - di (4 – ezidobenzol) – 4 – metilsiklogeksan ($\Delta\Delta\Gamma$) hem onuň düzümine goşulýar. FR – iň düzümine: 15% - siklokauçuk, 0,4 $\Delta\Delta\Gamma\%$, 56,4% - toluol, 28,2% - n – ksilolasy girýär. Fotorezistiň syzdyryjylygy $(11 \div 15) \cdot 10^{(-6)} \text{ m}^2/\text{s}$, döwülme görkezijisi 1,5, dykzylygy $0,85 \div 0,89 \text{ g}/\text{sm}^3$, 1,5 mkm galyňlykdaky fotorezist plýonkasynyň ýumrujy ukuby – 50 liniýa/nm barabardyr.

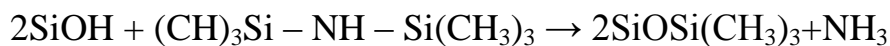
$\Phi\Pi - 383, \Phi\Pi - 330$ fotorezistleri – syzyjy dury suwuklyk bolup, onuň 293 K däki syzdyryjylygy $(5,9 + 0,5) \cdot 10^{(-6)} \text{ m}^2 / \text{s}$; ýumrujy ukyby – 400 liniýa / mm, FR plýonkasynyň galyňlygy 1 mkm barabar bolandaky kislota syzdyryjylygy dioksid kremniý we ş.m. dykzylygy bilen häsiýetlendirilýär. Üçin – 0,75 mm $^{-2}$ deňdir FR – iň esasynda №330 we 383 1, 2 naftohinondiozid (2) – 5 sulfokislotasynyň efirlerini girýär. Ýagtylyk duýgurly önümleri hökmünde – sary reňkli poroşoklary, ýagny 5% azot, 0,6 % çyglyk we 1,5 % eremeýän garyntgylary ulanylýar. Fotorezist $\Phi\Pi - 330$ - бүрүнç reňkli syzdyryjyly dury – ýagty suwuklyk, onuň 293 K – daky syzdyryjylygy $2,8 \cdot 10^{(-6)} \text{ m}^2 / \text{s}$, FR – plýonkanyň galyňlygy 0,8 mkm bolandaky ýumrujy ukyby 0,2 mm $^{-2}$, durnuklylygy 3 min deňdir.

Fotorezist gara – sarymtyk reňkli dury suwuklyk, organiki eredijileriň garyntgysyndaky ortonaftohinondiozid we fenolformaldegid smolaly ýagtylyk duýgurly erginden ybaratdyr. Önümdäki gury çökgüni 20 %, 293 K – däki syzdyryjylygy $(2,28 \div 2,54) \cdot 10^{(-6)} \text{ m}^2 / \text{s}$ dykzylygy $0,9 \text{ g}/\text{sm}^3$, ýumurma ukyby $(0,7 - 0,8 \text{ mkm}) - 500 \text{ liniýa} / \text{mm}$ deňdir.

Podložkanyň üstüniň taýýarlanylşy .

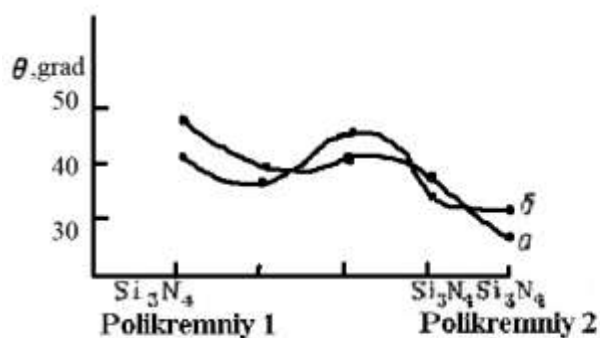
Fotolitografik prosessiniň esasy faktorlarynyň biri podložkanyň üstünde FR – iň oňat adigeziýasyny almak üçin podložkanyň üstüni arassalamak prosessidir. Ol prosess podložkanyň üstüniň himiki düzümine we gurluşyna we plýonkanyň döremek režimine göniden – göni baglydyr. Otnositel çyglylyk podložkanyň

üstüne täsir edýän hemişelik faktorlaryň biridir. Fotolitografiýanyň köp prosessleri oksid bilen ýapylan tekizlikde geçirýärler. Çyglylygy aýyrmak üçin FR – i çalmazdan öň podložkalar ýakylýar we 400 – 500 K temperaturada suw aýrylyp, 750 ÷ 800 K bolsa gidroksil toparynyň belli bir bölegi aýrylýar. Ondan başgada çyglylygy aýyrmak geksametildisiloksan (ГМДС) $(\text{CH}_3)_3\text{Si} - \text{NH} - \text{Si}(\text{CH}_3)_3$ hem ulanylýar podložkanyň üstünde aşakdaky reaksiýalar bolup geçýär:

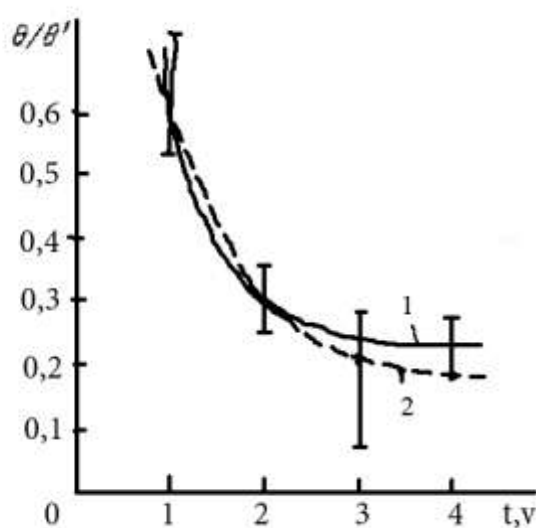


Dioksid kremniý bilen podložkanyň üsti dürli usullar bilen arassalanýar : toparly, hususy, ekelikde, we ol arassalandan soň azot bilen üflenilýär. FR – i çalmazdan owal podložkanyň üsti taýýarlarda degridatsiýa guradysy we 24 sagatlap operasiýa aralykdaky taýýarlanan podložka saklanylşy ýok edip bolar.

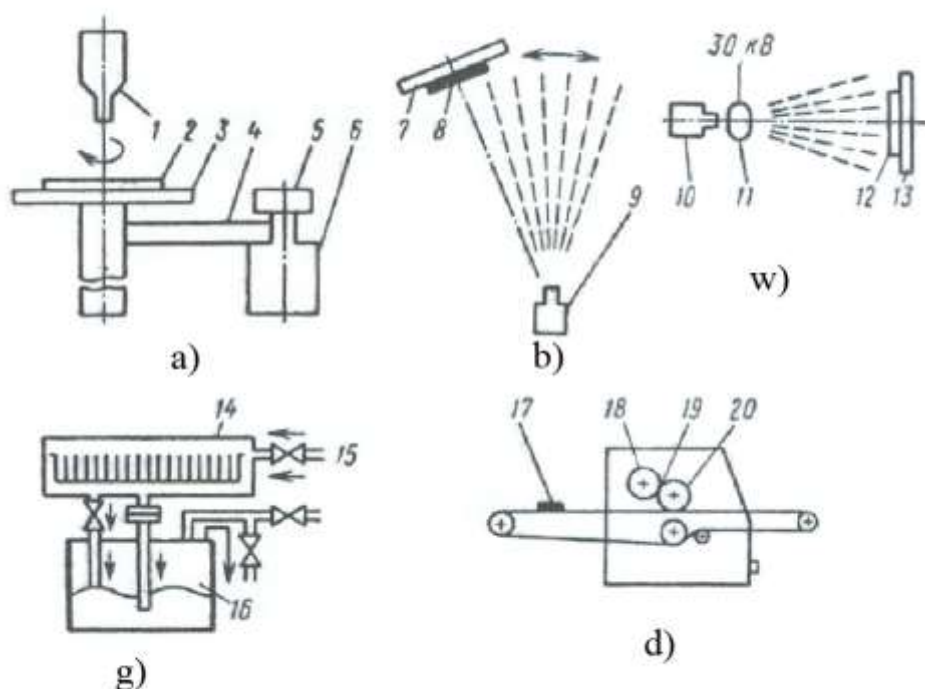
Indi bolsa podložka FR gatynyň çalynmagy barada gürrüň edeliň. Bu prosess köp wagtlarda merkezi figurlemesi arkaly alynyp barylýar. Sentrifuga işe girizilende suwuk FR merkeze ymtylyjy güýjüň täsiri astynda akýar. Podložkanyň golaýyndaky gatlak merkeze ymtylyş güýjiniň deňagramlaşmasy netijesinde döreýär. Bu güýç aýlaw sanyna we garşylyk güýjüne göni proporsionaldyr.



Surat 2.5. "Plastinalarynyň üstiniň taýýarlamak usulynyň ölçenme σ burçyna edýän täsiri"



Surat 2.6. "Podložka ГМДС bugynyň (1) we podložkalary 24 s. dowamýnda saklanmadaky (2) täsirlekdäki σ/σ' wagta balylygy"



Surat 2.7. "Fotorezistiň çäýlyşy"

a-sentrifugirleme; б-тозанлатма в-электроstatik çäýlyşy; г-çumdyrylyp; д-толkunly çäýlama. 1-FR-i bermek üçin dozator; 2,8,12,14,17-podložkalar; 3-sentrifuga stoljygy; 4-priwod; 5-tahometr; 6-dwigatel; 7-ýyldylýan planştaýba; 9-rezist beriji forsunka; 10-forsunka; 11-FR-i zarýadlandyrýan halka; 13-seminleýji; 15-filtrlenen gysylan howa; 16-FR-i ýygnamak üçin gap; 18-baş rolik; 19-FR-i berýän; 20-çäýyjy rolikleri.

Sentrifugirleme usuly podložkada diametri 350 mm çenli we onuň merkezi böleginde umumy galyňlygyndan 5 nm tapawutlanýan rezistiw gatlagy döretmäge mümkinçilik berýär. Gatlagyň galyňlygy we onuň hili FR – iň görnüşine baglydyr(syzdyryjylygyna, ýagylyk aýlawyna, sentrifuganyň tizlenmegine ýa – da uwaşmagyna, daş töweregiň temperaturasyna we çyglylygyna, podložkanyň üstüniň häsiýetine baglydyr. Sentrifugirlenmäniň başdaky döwri hökmünde haçanda onuň tizligi üýtgäp, FR – de gatlak döremesini döredip biljek wagty hasaplanýar. Döremek prosessi üç döwri öz içine alýar:

1. Rezistiň akmagy. Aýlanma wagty plastinanyň merkezine berilýän rezistiň möçberi tekizligiň üstünde deň akmaýar. Sebäbi – sentrifuganyň ilkinji iki aýlawynda başdaky tizlenmäniň güýçligi bilen düşündirilýär, netijesinde

syzdyryjlyk güýjiniň täsiri astynda serhet gatlagy döreýär. Eýýäm ikinji – üçünji aýlawda plastinanyň üsti FR – bilen doly ýapylýar. Şol bir wagtda onuň başga tarapyndan artykmaç rezistler taşlanyp başlanýar.

2. FR – iň artykmajyny taşlamak. FR – iň paýy plastinanyň üstüne tarap süýşýän bolsa, onda FR – iň zyňyldysy plastinanyň uly bolmadyk duga görnüşinde onuň gyralaryndan başlanýar, ol ýuwaş – ýuwaşdan köpeliýär, ýöne tegelekde durmaýar. Bu prosess sentrifuganyň üç – alty aýlawlarynda gutarýar.
3. FR – iň gatynyň profiliniň döremegi. Alynan profile FR – iň çalyňan operasiýasynyň бүтін dowamynda saklanylmalydyr. Ýuwaş batalmagy ýa – da sentrifuganyň iki basgançakly aýlawynyň ýygylgynyň tizliginiň üýtgemegi FR – gatlagynyň has oňat hilini almaklyga mümkinçilik berýär. FR – i tozalanma arkaly çaymak – çalmak gatyň uly aralygyny almaklygy mümkin edýär. Fotorezist pneumatik tozanlandyryjysy akaly çalynýar.

Gatlagyň parametri howanyň basyşyna we temperaturasyna, podložkadan soplа çenli aralyga, rezistiň syzdyryjylygyna, gury önümiň konsentrasiýasyna, eredijiniň görnüşine baglydyr.

FR elektrostatik usulda çayýlanda forsunkanyň kömegi arkaly dispersirlenýänr ýa – da elektrik meýdany suwuklygy diametri 10 mkm barabar owunjak damjagazlara dargadylýar. Zarýadlanan damjalar meýdan arkaly tizlenýärler we podložkalarda çökýärler.

Guratmak. Gutarnykly FR gatlagy döredilenden soň eredijil aýrylýar we guratma prosessi başlanýar. Şol wagt FR plýonkasynda çylşyrymly reaksiýa prosessleri bolup geçýär, ol prosessler gatlagyň molekulýär düzümini dykyzlandyrýar, içki güýjenmäni peseldýär. Erediji gatlakdan doly aýrylmasa, onda onuň kislota durgunlygy peseliýär. Dogry guralan guratma prosessi üstäki gatdaky eredijiniň üznüksiz diffuziýasyny we onuň tekizlikden bugarmagyny üpjün edýär. Düzümiň dykyzlynmasy plastinadan gatlagyň üstüne tarap ugurda geçmelidir. Temperature graduirlenen bolsa gatlagyň üstünden plastina tarap ugrukdyrylan bolmaly.

Konwektiw guradylmasy termostatlarda, ýokary bolmadyk temperaturada ($363 \div 373$ K) geçirilip, bu ýagdaýda fotorezistiň üstünde wagtyndan oň gury gat emele gelýär. Eredijiniň mundane beýläk aýrylmagy diňe bu gatyň üzülmeginden soň mümkin bolýar. Tekizlikde gury gatyň döremegini togtatmak mümkindir, haçanda fotorezist dürli uçujly garyntgylaryň esasynda taýýarlanan mahaly. Düzümine we fotogatyň galyňlygyna görä konwektiw guradyşy 10 – 60 min dowamlygynda geçirilýär.

Infragyzyl guradysynda ýylylyk çeşmesi bolup, infrogyzyl şöhlesini ýuwudýan ýarymgeçiriji plastinasy gulluk edýär. Edil şol wagtda daş töweregiň temperaturasy

otagyň temperaturasyňa deň bolmaly, sebäbi frondy plastinadan gatyň üstüne süýşýär, guradyşyň hili ýokarlanýar, wagt bolsa $5 \div 15$ min çenli gysgalýar.

Çenden aşa ýygylyk guradysynda plastinalary ýylaltmak, gyzdyrmak СВЧ – niň elektomagnit energiýasynyň ýuwudýan prosessi bilen amala aşyrylýar. Peçleriň kuwwaty 200 – 400 Вт, iş ýygylyklary 2,45 GHz, guradyş wagty – bir näçe sekunttdyr. Ýylylyk bilen işlenip taýýarlanylş (ikinji guradyş) döredilen gaty guratmada çişen suratlary we fotorezist maskasyna durnuklylygy bermekde dikeldilmeklikde ulanylýar.

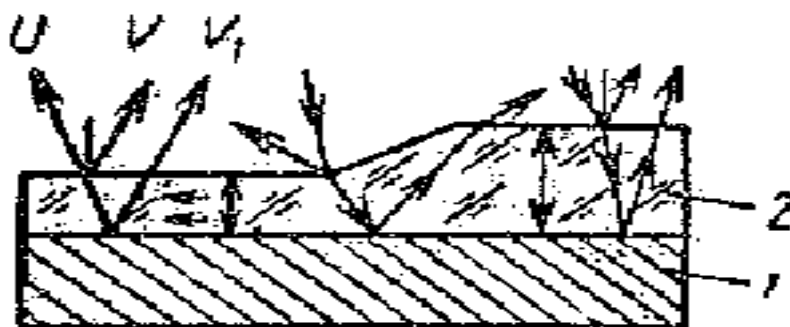
2.1.2. Fotogalyplardaky reper bellikleri

Elementleriň ululygyny we olaryň arasyndaky jaýragy azaltmaklykda gazanynlara has ýokary talap, ýagny fotogalypda we podložkada suratlaryň takyk laýyk, gabat gelmekligi talap edilýär.

Laýyk getirmegiň takyklygy ýalňyşlyklaryň jeminden, ýagny enjamlaryň parametrlerine we operatoryň mümkinçiligine (tejribesine, kwalifikasiýasyna, ergonomik faktorlara) baglydyr.

Reperiň alamatlarynyň görnüşine baglylykda edil şol bir operatoryň laýyklygynyň ýalňyşynyň rygsat edilen çägi $\pm 0,885 \div 1,401$ mkm çenli bolup biler.

Gabatlanmanyň takyklygyny ýokarlandyrmaklyk prosessiň awtomatlaşmagy üpjün edýär, bu bolsa operatoryň subýektiw ýalňyşyny düzeltmäge mümkinçilik berýär. Awtomatik gabatlaşdyrmada podložkanyň we fotorezistiň özara ýagdaýlarynyň barlagy reper alamatlary arkaly alynyp barylýar. Şonuň üçin bu alamatlaryň gowulandyrylan parametrleri ýagny alamatlarynyň durulygyny gazanmalydyrys. Ol bir näçe yzygiderli fotoguýulmalarda – da saklanmalydyr. Podložkanyň işlenip taýarlanan ähli döwürledede reper alamatlary az derejede geometrik oklaryndan süşmelidir we onuň ululygy we şekili ujypsyz üýtgemelidir. Alamatyň düzümini onuň reňkli we ýagty durulygy podložkanyň fonunda döretmekligi üpjün edip biler. Reňkli kontrst oksid plýonkasynyň üstünde ýagtylyk interferensirlende döreýär. Podložkanyň meýdançasynyň ýagtylygy we alamatlar derniyän ak ýagtylyk bilen döredilýär.



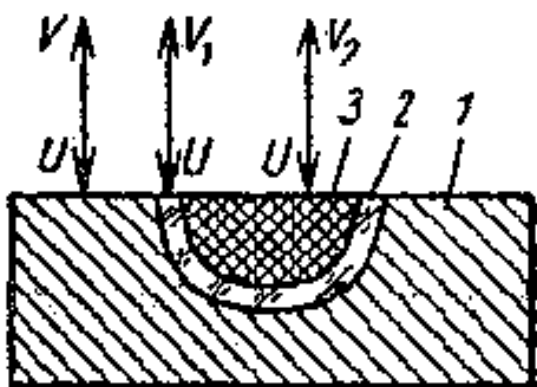
Surat 2.8. "Oksid plýonkasyndaky bütün çuňdyrlan görnüşindäki reper alamatlary: 1-ýarym kremnili plastina; 2-oksiz plýonkasy (U weV, V1-yşygy beriji we yzyna sepjileri"

Tablisa 2.1. " Alamatyň düzüminiň kontrasta edýän täsiri"

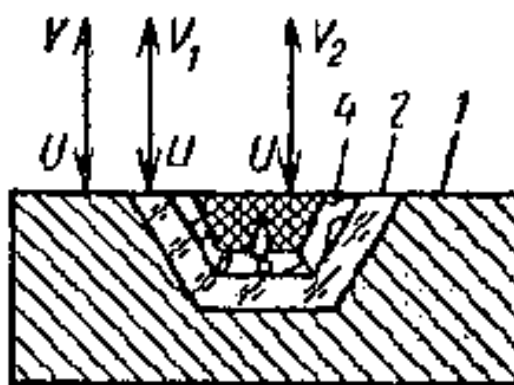
Alamatyň häsiýet-namasy	Kontrastyň görnüş-i			
	Reňkli	Ýagtylykly		
Düzüm	Oksid plýonkasynda ky bütün çuňlaşdyryan	Kanawkn yň çuňlugy	Rastr çuňlulygy	Düzdäl (büdür-südür) üst
Kontrastly gyň koeffisiýe	0,3	0,6÷0,85	0,6÷0,85	0,6÷0,85

nti				
Relýefiň çuňlulygy, mkm	0,2 ÷ 0,4	10 ÷ 20	2 ÷ 5	0,1 ÷ 1
Okuň süşmesi, mkm	----	----	0,5 ÷ 1	0,02 ÷ 0,03

Oksid plýonkasynyň galyňlygy üýtgände alamatlaryň ýagtylyk kontrasty hemişelik bolup bilmez. Şeýle alamatlaryň zäherlenmäniň "pänelligi" sebäpli, olara düşýän ýagtylyklar diffuziýaly dargaýar we podložkanyň ýagty fonunda gara çyzyk bolup görünýärler. Awtomatlaşdyrylan ulgamlarda gabatlamada, laýykdamada, sygdyrmada esasan hem ýagty kontrastly alamatlary giňden ulanylyp, olar podložkanyň meýdançasyna başga materiallaryň alamatlary girizilende alynýar. Şeýle material bolup sitall ulanylyp biliner. Onuň bilen podložkada jaýryklar doldurylýar we ýuka oksid gatlagy bilen ýapylýar. Alamatlary hasaba almak üçin köp wagtlarda infragyzyň şöhlesini alýarlar, olar sitall tarapyndan göýberilmeyär. Hapalanma bolmaz ýaly "çuňly jaýryjyklary" görnüşdäki alamatlar ulanylýar. Olar edil şol materiall bilen doldurlan ýarym kristallardan durup, alamatly konfigurasiýalydyr.



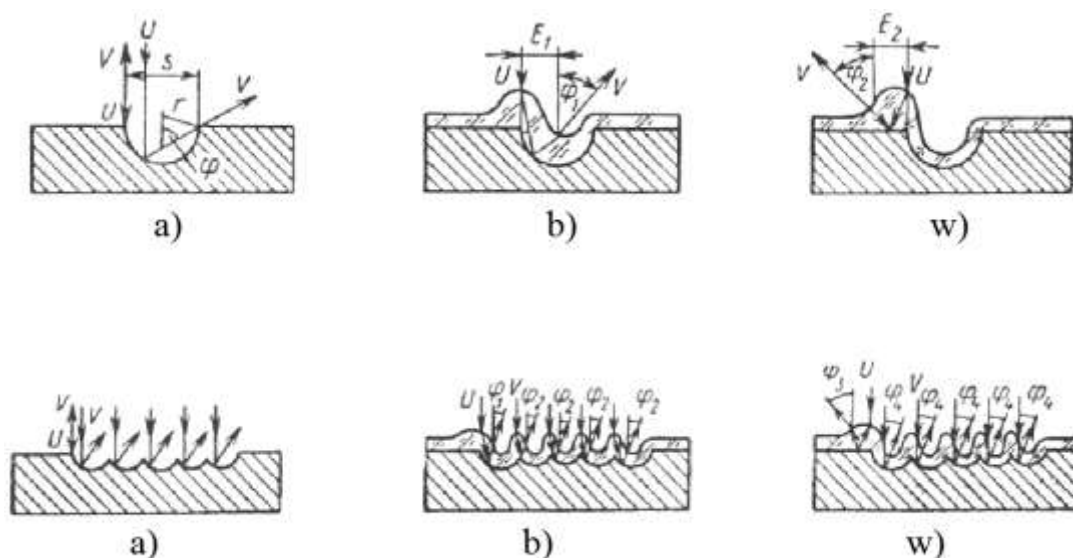
a)



b)

Surat 2.9. "Tekiz üstli sitallyň alamatlary (a) we ýarymkristallyň (б). 1-kremniý plastinasy; 2-oksid plýonkasy; 3-sital; 4-ýarymkristally kremniý"

Ýokarky kontrastlylyk podložkanyň tekizligine garanyňda tekiz dälde relýefli meýdançalary bolan alamatlara mahsusdyr. Olara şöhle düşende dargadýar, meselem çuňly jaýryjyklar görnüşindäki alamatlar (podložkadaky) yzyna serpilen ýagtylykda gara ştrih şekilli, ortasy ýagtydyr tekizlikli bolup görünýär (surat 2.11(a)). Bu ýagdaýda mikrorelýefiň çuňlugy öňki alamata garanyňda 4-5 gezek kiçeldilip alynandyr.

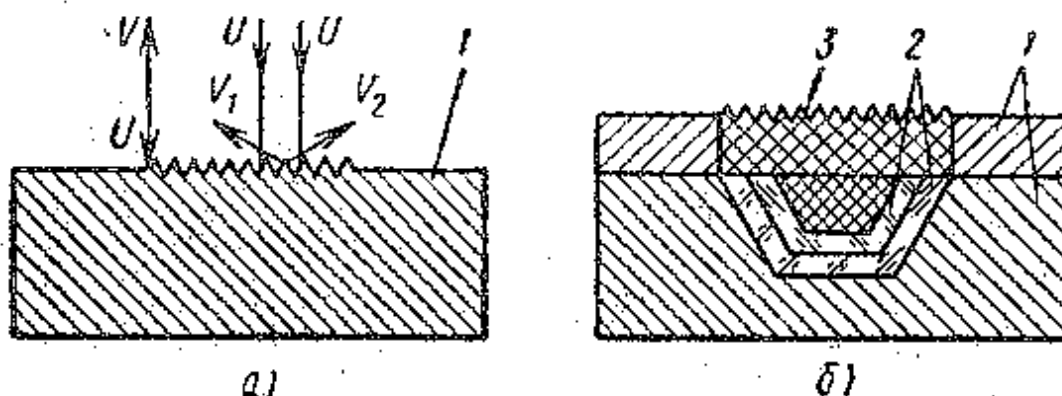


Surat 2.10. "Çuňluk ganawjyk görnüşinde belgi (a), fotometrik okynyň süýşürme shemasy (б,в)"

Surat 2.11. "Rastr çuňaltmalar bilen belgi (a), fotometrik okynyň süýşürme shemasy (б,в)"

Fotorezist çalyňanda her bir elementde fotometrik onuň süýşmegi az kem bolup geçýär – " çuňly jaýryjyklaryňka " garanyňda. Bellikler köp sandaky jaýryjyklar ýa – da piramidalar bilen doldurlan gyşardylan çäkli kwadrat şekilli hem bolup bilerler. Gyşardylan çäklerden ýagtylyk gyşyk yzyna serpilmesi onuň diffuziýaly dargamagyna alyp barýar, şonuň üçin mikroskop bilen seredilende podložkanyň ýüzünde alamat (bellik) gara bolup görünýär. Relýefiň çuňlugy 2÷5 mkm bolmadyk mahaly belligiň düzüminiň hemişeliginiň uly ähmiýeti ýokdur. Bellikler relýef görnüşinde bir ýere üýşürlen (bir oblastda) görnüşde bolup biler. Parametrleri gowulandyrmak üçin relýefiň çuňlugy 1 mkm – den köp bolmadyk, podložkanyň üstünde bütür – südür görnüşindäki bellikleri (alamatlary) döretmek gerekdir. Ýagtylyk akymynyň aýna ýaly yzyna serpilmesiniň düşýän meýdançasy näçe az bolsa, şonçada belligiň kontrasty ýokarydyr.

Şohläniň düzdäl tekizligi normal mukdarda $\tau/\lambda \geq 0,2$ gatnaşykda düşen wagty yzyna serpilmäniň aýnaly düzüjisi nula golaýdyr. Spektriň görünýän bölegi üçin ($\lambda = 0,4 \div 0,76$ mkm) orta kwadrat deňsizlik rygsat edilen minimal ululygy $\zeta \geq 0,08 \div 0,152$ mkm barabrdyr. Podložkanyň bellikleriň konfigurasiýsy we fotorezistdäki konfigurasiýalar olaryň ylalaşma şertleri bilen özara baglydyrlar. Egerde ylalaşma şerti berjaý edilende ýa-da başgaça aýdylanda iki belligiň çyzygynyň we nokadyň ýa-da bu bellikleriň liniýasynyň jübti ýaly şertleri ýerine ýetirgende ylalaşma ýalňyşlygy bu iki ýalňyşlaryň jemine deňdir. Eger-de podložkadaky belligiň ululygy ýalňyş sebäpli belligiň fotogalypdaky (FG) ululygyndan köp bolsa, onda ylalaşma diňe bellikleriň bir tarapy boýunça geçirmelidir. Edil şol wagt onuň başga tarapynda $\varepsilon_1 + \varepsilon_2$ deň jaýryk emele gelýär.



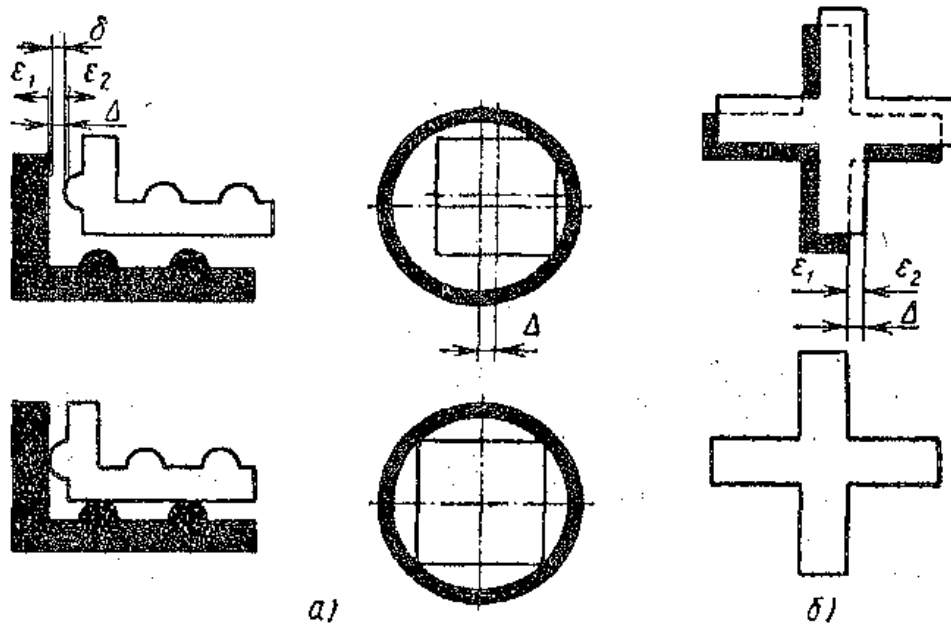
Surat 2.12. "Kremniý plastinadaky бүдүр-сүдүр şekilli bellikler (a) we ýarymkristally kremniý podložkasyndaky bellikler (b).
1-monokristally kremniý plastinasy; 2-turçyly plýonka; 3-ýarymkristally kremniý."

Tablisa 2.2. ylalaşma şertine bellikleriň (almatlaryň) konfigurasiýasynyň täsiri

Belligiň (alamatyň) häsiýetnamasy	Elementleriň kontakty		Jaýryjyklaryň deňligi (meýdançanyň)	Elementleriň kesişýän nokatlarynyň okunyň gabat gelişi
	çyzyk-nokat	çyzyk-çyzyk		

Konfigura siýa	Kontaktirleý ji figuralar sur 2.14	Bissektorly surat 2.15	Kesişýä n figurala r	Göniçyz ykly rastrlar
Ulalaşyk ýalňyşlyg y	$\delta = \delta + (\varepsilon_1 + \varepsilon_2)$	$\delta = a - b - \delta$	$\delta = (\delta/2) * \operatorname{tg} \psi$	

Wizual gabtlama (ylalaşdyrmada) tejribelli operatorlar bellikler iki tarapynda deň jaýryk galar ýaly edip, ýagny ylalaşmanyň ikinji şertini berjaý etmeklige girişýärler (gabatlaýarlar). Bu ýagdaýda jaýryklaryň tapawudy ýa-da meýdany gabatlanan bellikleriň (alamatlaryň) iki tarapynda hem barlanyp (synlanylyp) biliner.

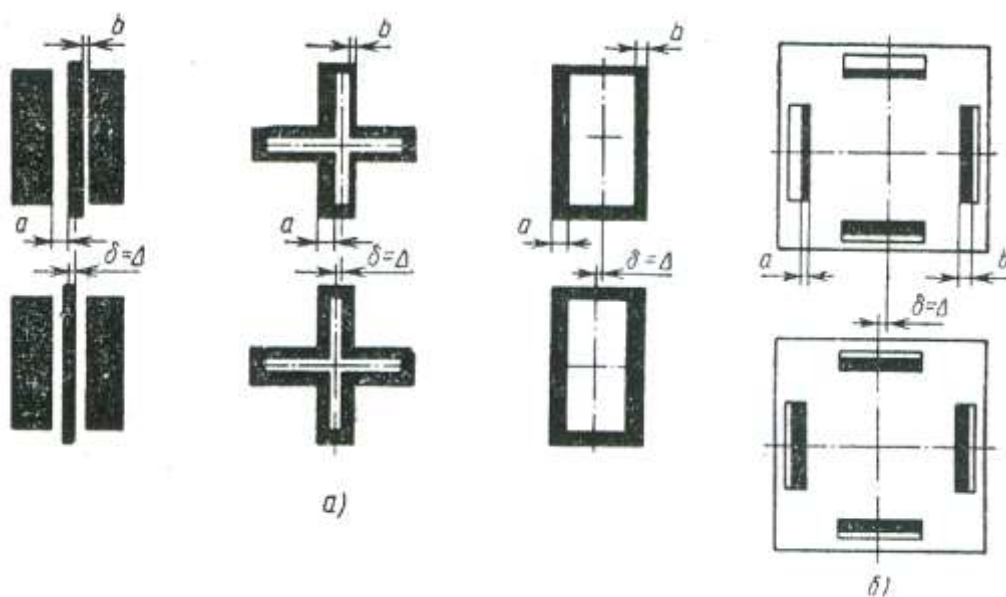


Surat 2.13. "Kontaktirleýji figura görnüşdäki bellikleriň (alamatlaryň) ylalaşdyrlyşy. a-çyzygyň nokat bilen baglaýjy (kontakt); b-çyzygy çyzyk bilen baglaýjy"

Jaýryklaryň we meýdanlarynyň deň halyndaky bellikleriň ulanmak fotoguýma tejribesinde has köp ulanylýan görnüşidir. Bellikleriň ylalaşma şerti hökmünde olaryň elementleriň kesişýän nokatlarynyň oklarynyň gabat gelşini, kesişýän

nokatlarynyň oklarynyň gabat gelşini, kesişýän figura görnüşdäki we ş.m. görnüşlerini ulanmak bolar.

Bellikleriň mundan beýläk ösüşinde kesişýän elementleriň bir jübtiniň deregine olaryň bileleşikdäkilerini almaklyk ulanylýar. Bu halda podložkanyň bellikler (alamatlar) we fotogalypdaky bellikler göni rastrlar görnüşinde ýerine ýetirilýär. Olar bir inli bir näçe gara we ýagty zolaklardan ybaratdyrlar. Haýsy hem bolsa bir rastoryň oky ψ burça süýşürlende " muar effekti " döreýär. Şeýle diýmek gaýtalanýan ýagty we gara kombinasiýa zolaklary ulgamynyň döremegi bilen düşündirilýär.



Surat 2.14. "Ylalaşdyrmagyň bissektorly bellikleri: a-bellikleriň elementleriň arasyndaky jaýryklar deň bolan halyndakysy; δ -medanyň deň bolan halyndakysy"

Çyzyk rastrleriniň ikişiniň hem ädemi $q_1=q_2=q$ döreýän kombinasiýa zolagynyň G ädimi $G = q/2 \cdot \sin(\psi/2) = q/\sin\psi$ deňdir. Şolaryň biri hem rastorlaryň ädimi 6 mkm we burçy $\psi=5^\circ44'$ bolanynda kombinasiýa zolagyň ädimi 60 mkm deňdir.

2.1.3. Fotorezistiň perdeleýji bardasyndan rezistiw perdesini aýyrmak

Fotorezisti aýyrmak üçin polimeriň destruksiýasy organiki eredijilerinde işläp taýýarlamak. Plazmohimiki, termiki ýa-da fototermiki işläp taýýarlanylşy, ulanylýar. Fotopolimerleriň kükürt kislotasynda himik destruksiýasy polimeriň gysga zynjyrlarynyň we NHD toparynyň sulfirlenen monomerleriniň döremegine alyp barýar. Kükürt kislotasynda işlenilenden soň ony suwda ýuwyýarlar. Netijeli

sulfirleme diňe konsentrlenen kislotasynyň 433K çenli temperaturasynda bolup geýýär. Kükürt kislotasynyň wodorod perekisi (30%) bilen garyndysy (3:1) tekizligiň has pes (343÷373 K) temperaturada hem arassalanmagy üpjün edip biler. Organik eredijileriniň has köp ulanylýanlaryna seredeliň:

dimetilformamid ($\text{CH}_3)_2\text{NCOH}$ (molekulýar agramy 73,09)- gowşak isli reňksiz hereketli suwuklyk, ereme temperaturasy 334 K, 1030 Pa basyşyndaky gaýnamatemperaturasy 426 K, suw, spirt, aseton, efir we ş.m. garylýar;

dibutiltalat ($\text{C}_6\text{H}_4\text{COOC}_4\text{H}_9)_2$ (molekulýar agramy 278,25) –iýmiş isli reňksiz suwuklyk, ereme temperaturasy 308 K, gaýnama temperaturasy 603 ÷ 613 K;

dörthlorly uglerod CCl_4 -süýji isli ýanamaýar reňksiz, suwuklyk, gaýnama temperaturasy 349,75 K, dykzlygy 1,593 g/sm³;

üçhloretilen CCl_2 (molekulýar massasy 131,399) – reňksiz, hloroform isindäki suwuklyk, gaýnama temperaturasy 360,19 K , organiki eredilen oňat ereýän;

monostanolamin $\text{CH}_3\text{COCH}_2\text{CH}_3$ (molekulýar massasy 61,08) syzyjy gigroskopik suwuklyk, suw, spirt bilen garylýan, CHCl_3 – de oňat ereýän, uglerodda we efirde erbet ereýän, gaýnama temperaturasy 444,1 K;

metiletilketon $\text{CH}_3\text{COCH}_2\text{CH}_3$ (molekulýar massasy 71,1) – reňksiz, asetonyň isine meňzeş isli, suwuklyk, gaýnama temperaturasy 352,57 K, organik eredijileri bilen islendik gatnaşykda garylýp biliner, erginligi 293 K suwda 26,9% deňdir;

dioksan $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$ (molekulýar massasy 88) – issyz dury oňat isli, zäherli, tiz ýanyp tutaşýan, suw we ýönekeý organik eredijileri bilen islendik gatnaşykda garylýar, 293 K temperaturadaky dykzlygy 1,03 g/sm³, gatamak temperaturasy 283,5 K, gaýnama temperaturasy 374 K, partlamasy 289 K, bugunyň howadaky öz – özünden od almagy 313 K;

toluol C_7H_8 (molekulýar massasy 92,14) öz boluşly isli, reňksiz, suwuklyk, suwda eremeýär, asetonda ereýän we spirt we efir bilen islendik gatnaşykda garylýan, nerw ulgamyňa tol gündaryjy – bozujy täsir edýän, 293 K temperaturadaky dykzlygy 0,866 g/sm³, ýagtylyk döwülme görkezijisi 1,495, uçmaýan galyndysy 0,001% köp däl, çyglylyk düzümi 0,03 % deň bolan suwuklykdyr;

hlorbenzol $\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl}$ (molekulýar massasy 112,56) – öz boluşly isli reňksiz dury suwuklyk, dürli gatnaşykda spirt, efir bilen garylýan, 293 K– däki basyşy 1,1 g/sm³, ýagtylyk döwülme görkezijisi 1,52, 10⁵ Pa, 403 ÷ 433 K – däki basyşdaky 95% ugradylýan (çykarylýan) rygsat edilen temperatura çägi;

izopropil spirti $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$ (molekulýar massasy 106,17) – reňksiz, dury suwuklyk, suw bilen islendik gatnaşykda garylýar gaýnama temperaturasy 353 ÷ 355,5 K;

M-ksilol C₃H₁₀(molekulýar massasy 106,17) – benzin isli, reňksiz, dury suwuklykdyr, rezini , ýagy, smolany oňat eredýän, spirtde we ereýän, ýanyjy suwuklykdyr.

Plastinanyň üstünden fotorezist bardasyny aýyrmak üçin erediji saýlananda, onuň diňe bardanyň eredijidäki ereýşiniň san bahasy kesgitlenenden soň mümkindir. Ereme baha bermegi Gildenbrand – Sketçard we Flori – Hagginsniň teoriýalaryna laýyklykda geçirmek bolar. Bu teoriýa boýunça eremeklik FR – iň polimerleriniň we eredijiniň islendik gatnaşygynda bolup biler, eger-de deňlemedäki garylma mol entapiýasy($\Delta H = (\delta_1 - \delta_2)^2 V_1 \psi_1 \psi_2$) nola golaý bolanda nirde δ_1 -FR – iň polimerleriň eremeklik parametri;

δ_2 -eredijidäki eremeklik parametri;

V₁- molly göwrüm

ψ_1, ψ_2 - ergindäki we polimerlerdäki göwrüm mukdary.

Komponentleriň erginlik parametri şeýle kesgitlenilýär:

$\delta_1 = \sqrt{E_1/V_1 \text{ mol}}; \delta_2 = \sqrt{E_2/V_2 \text{ mol}};$

nirde E₁- polimerleriň buglanmasynyň mol ýylygy;

E₂- eredijiniň buglanmasynyň mol ýylygy;

V₁- polimerleriň mol göwrümi;

V₂- eredijiniň mol göwrümi;

Polimerler üçin buglanmanyň ýa-da kogeziýanyň energiýasynyň mol ýylylygynyň esasy mazmuny üç sany güýjüň özara molekulýar täsiriniň ululygy bilen düşündirmek bolar. Ol üç sany güýçler şulardyr:

dispersiýa, wodorod aragatnaşygynyň we dipollaryň barlagy bilen häsiýetlendirýän güýçleridir.

Tejribe ýüzünde ulanmaklyga has amatlysy ereme parametriň üç ölçegli konsepsiýasydyr- konsepsiýa Hensena, bu ýerde her özara täsir eremeğiň umumy parametriniň komponenti hökmünde berilýär:

$\delta \text{ umumy} = \sqrt{E/V \text{ mol}} = \sqrt{(E_d + E_p + E_h)/V \text{ mol}} = \sqrt{\delta^2 d + \delta^2 p + \delta^2 h};$

nirde E_d- dispersiýaly özara energiýasy;

E_p-polýar özara täsiriniň energiýasy;

E_h- wodorod aragatnaşygynyň özara täsiriniň energiýasy;

δd -dispersiýaly özara täsiri täsiri bilen düşündirilýän eremeklik parametri;

δp -polýar özara täsiri bilen düşündirilýän eremekligiň parametri;

δh -wodorod aragatnaşygynyň özara täsiri bilen düşündirilýän eremekligiň parametri.

Gildenbrand – Sketçardyň teoriýasyna laýyklykda eremek parametrleriniň ululygy näçe ýakyn bolsa, şonçada komponentleriň erginligi gowdyr. Pozitiw FR-i özüniň düzümi bilen tapawutlanýarlar, ýöne olaryň esasy hökmünde fenolformaldegidli smollary ulanylýar. Olaryň erginlik parametrleri tablisa 9.3 –de görkezilendir.

Tablisa 2.3. " Polimerleriň we eredijileriň erginlik polimerleri

Madda	Erginleriň parametrleri, mjoul/m^3			
	Δ, umumy	δd	δp	δh
Fenolformaldegid smolasy: nowolaçly				
Rezolly dimetilformamid	23,7	18,4	8,2	11,2
Etilsellzolin	26,7	19,2	10,8	15,1
	24,17	17,38	13,7	5,9
	24,07	16,01	9,2	14,3

Elektron tehniki önümlerini öndürmeklikde fotorezist aýyrmaklykda köp wagtlar dimetilformamid giňden ulanylýarlar, ýöne tejribe ýüzünde dimetilformamidi

ulanmak elmydam oňat netije bermeýär. Ylaýtada bu ýagdaý has ýokarky temperaturalarda ýylylyk işlenip taýýarlaýyş geçýän fotorezist bardalarynda belli bolýar.

Etilsellozolwanyň erginlik parametri tablisa 2.3 getirilip, ondaky getirilen ululyklar FR – iň esasyna laýyk gelyän erginlik parametrlerine golaýdyr. Eger-de eredijiniň temperaturasy plastinkalaryň üstünden FR – bardasy aýrylanda onyň aýrylyp boljak wagty azalýar. FR – aýrylandan soň plastinalar deionizirlenen suwda 10 minutlap ykjam ýuwulýar (ýylaltmazdan). Organiki eredijilerinde plastinkalary köp wagtlaýyn (24 sagat) saklamaklyk tejribesi girizilýär we mehaniki taýdan çişen relýefleri aýyrmaklyk göz önünde tutulýar. Plastinalary işläp taýýarlamagyň hilini gowulandyrmaklykdaky edilýän işlerde köp üns turşan kremniý plastinalaryndan naftohinondiozid we fenolformaldegid (ФН-РН-7) smolasy esasynda pozitiw fotorezistini aýyrmaklyga ugrukdyrylandyr. Onuň netijesi aşakdaky tablisada getirilýär.

Tablisa 2.4. " Turşadylan kremniý plastinkasynyň üstünden fotorezistiň aýrylandaky netijesi

Aýyrmagy ň usuly	Reaktiw	Suw bilen ölçenmä niň gyra burçy, grad	Mikrosk opyň gara meýdan yndaky ýagtyla n ýan nokatlar yň sany.	Tekizligiň häsiýeti
Himiki	Demetilfo rmamid h ₂ o ₂ :h ₂ so 4=1:3	42 ±2 2 ± 2	78 60	Gidrofobly

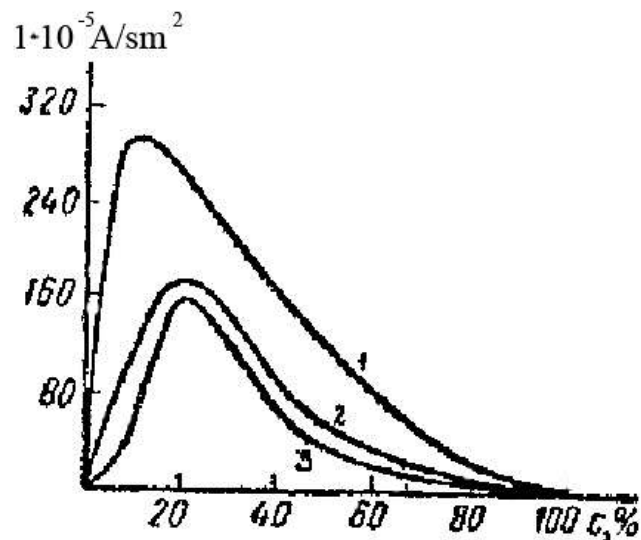
Plazmohimik	$\text{H}_2\text{O}_2:\text{NH}_4\text{OH}:$	2 ± 2	ýok	Gidrofilli
	$\text{C}_3\text{H}_4\text{O}:$	45	330	Gidrofobly
	$\text{H}_2\text{O} =$			
	Azot			

Metal garyndgylaryny aýyrmagyň netijeligini ýokarlandyrmak üçin FR aýrylandan soň plastinalar hlor-ion düzümlü bufer ergininde işlenip taýýarlanylýar. Metallizasiýa we passirleýji gatlagy aýrylandan soňky FR – i aýyrmakda kontaktirleýji sreda bilen metallizasiýanyň özara täsiri netijesinde metallizasiýanyň ýumrulma tizligini kesgitlemek üçin testli düzümi ulanylýar. Ol alýumin anodyndan we kremniý katodyndan durup, özara kremniý oksidi bilen bölünip aýrylandyr.

Soňky FR – i aýyrmakda kontaktirleýji sreda bilen metallizasiýanyň özara täsiri netijesinde metallizasiýanyň ýumrulma tizligini kesgitlemek üçin testli düzümi ulanylýar. Ol alýumin anodyndan we kremniý katodyndan durup, özara kremniý oksidi bilen bölünip aýrylandyr.

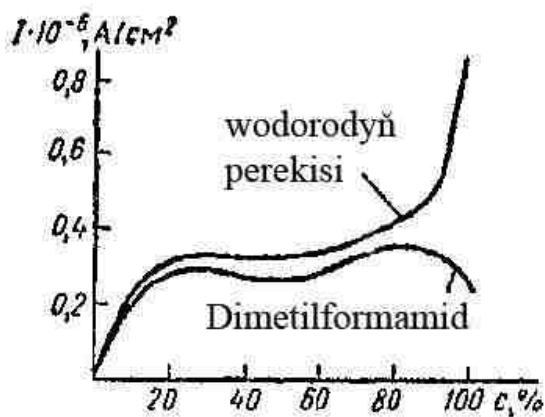
Alýumin anody metallizasiýanyň darajygundan, onuň dişi bolsa alýumin anodynyň darajygynyň dişleriniň arasynda ýerleşendir. FR – aýyrmaklyk difetilformamid esasyndaky erediji – de ýa-da plazmohimik FR – i aýryjy gurnamalarynda amala aşyrylýar. FR – aýyrmak prosesi aşakdaky düzümdäki organik garyndylarynda geçirilýär : monoetanolamin:wodorod perekisi = 7:1;etilamin:triolanamin:dimetilformamid=3:12:60;monoetanolamin:dimetilformamid:suw=5:15:1.

Test düzümindäki togyň dyklyzlygy FR-ň ereýän temperaturasynda göni proporsionaldyr we $2 \cdot 10^{-6}$ A/sm² deňdir.

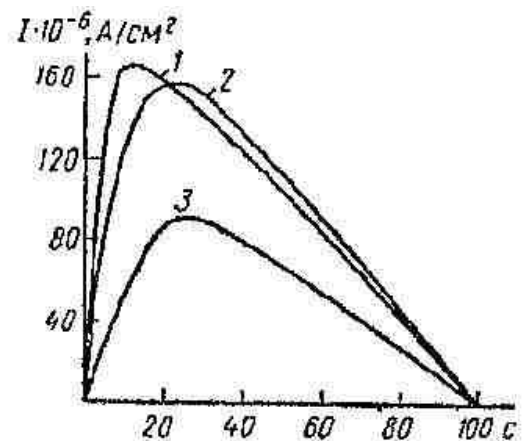


Surat 2.15. "Testli düzümiň galwanik togynyň dykzlygynyň FR-i erdijileriniň suw erginleriniň konsentrasiýasyna häsiýetli baglylygy"

Minimal ýumrujy galwanik togy dimetilformamitde FR – aýrylanda döreýär. Galwanik togunyň ýuwma prosessiniň soňky döwründe köpelmegi suwda aminleriniň dissosiasiýasynyň ösmeginiň netijesi bilen düşündirilýär. Ýuwulýan gapdaky suwuň häsiýetiniň barlagy ýok bolanda plastinalaryň üstünden organik aşgarlarynyň yzlaryny doly aýryp bolmagyny alyp barýar.



Surat 2.16. "Testli düzüminiň galwanik togynyň dykzlygynyň FR-iň erdijisiniň komponentindäki suw erginiň konsentrasiýasyna häsiýet baglylygy."

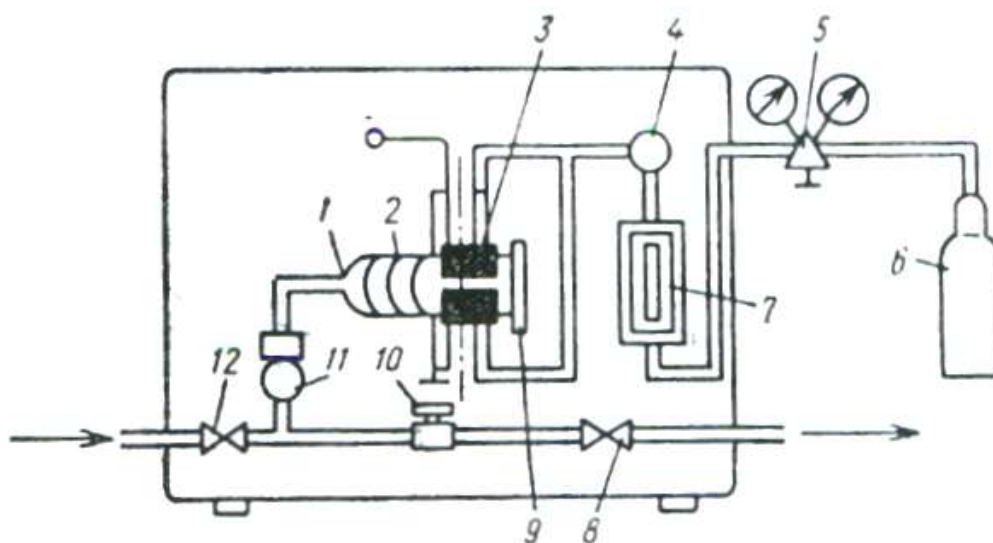


Surat 2.17. "Testli düzümiň galwanik togynyň dykzlygynyň FR-iň erdijisiniň komponentindäki suw erginiň konsentrasiýasyna häsiýet baglylygy."

Fr-iň netijeli aýrylyp bilinmegi 973-1073 K temperaturadaky kislorod sredasynda geçirmeli. Turşadyjy we termik destruksiýasynyň birwagtlaýynlygy FR-i aýyrmagyň tizligini köpeldýär. Podložkalary ultrafiolet şöhlesi bilen ýagtylandylymagy işläp taýýarlaýşyň temperaturasynyň peselmegine alyp barýar, resist 253 K temperaturada 25-40 min dowamynda aýrylýar. Azonyň 2% goşmaklyk FR – i aýyrmak prosessini tizleşdirýär.

FR-i aýyrmagyň plazmohimik usuly.

Bu usulyň esasynda temperaturaly kislorod plazmasynda $5 \cdot 10^2$ basyşdaky işlenip taýýarlaýyş usulydyr. Plazmada aktiw bölejikleri döredýär : atomar kislorody, ozon kislorodyň tolgunlandyrlan molekulalary. Aktiw kislorodyň täsiri astynda FR dargaýar. 1% azoty girizmek bilen FR-i aýyrmagyň tizligini 20%, 1% wodorod goşulanda – 100% çenli arassa kislorod plazmasyndaky bilen deňeşdirlendäkidən ösdürip bolar.



Surat 2.18. "Fotorezistiň plamohimik aýrylyşynyň shematik şekili"

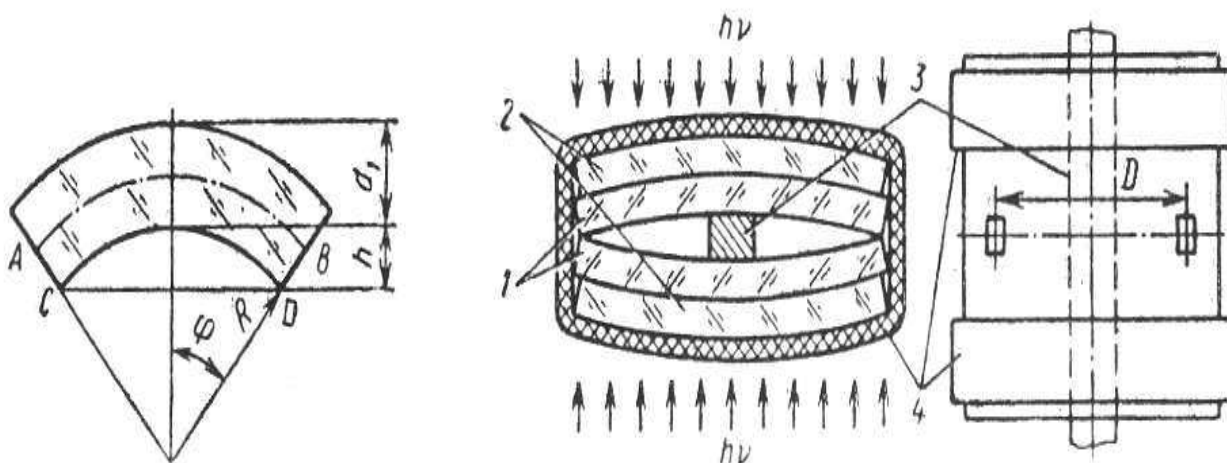
1- razryad kamerasy; 2-induktor; 3-kondensator; 4-bowetlwndiriji; 5-reduktor; 6-gaz çeşmesi; 7-rotametr; 8-klapan; 9-gapak; 10-wakuum datçigi; 11-wakuum priwody; 12-çykaryjy (göýberiji) klapan.

2.1.4. Şekilleri geçirmek usullary

Kontakt usuly (birikdiriş usuly) 2 mkm ululykdaky elementleri 100x100..200x200 mm meýdançalarda almaklygy üpjün edýär. Has dykyz kontaktly birleşmäni, uly meýdançylarda ýerli ýaýryksyz bolmagyny üpjün etmek tejribe taýdan has kyn meseledir. Meýdany ulaltmak usulyň çözgi ukybynyň mümkinçiligini peseldýär.

Iki tekizlik özara birleşende döreýän jaýryk tötänleý häsiýetli bolup, ol bir näçe optiki näsazlara getirýär, jaýrygyň bolmagy elementleriň ululygyny üýtgedýär. Şekilleriň kontaktlanmada geçirilendäki suratlaryň topologik ylalaşygyny şeýle düşündirmek bolar. Ylalaşdyrlan mahaly FG-iň iş kontakt tekizliginiň egrelmegi mümkindir - ýarymgeçiriji plastinka, kontaktirleýji tekizliginiň biri dartylýar, ikinjisi gysylýar. Podložkanyň egrelmegi surat 2.23 görkezilendir. Dugalaryň tapawudy lAB-ICD egrelme h-daky podložkanyň egrenen dugasynyň gysgaldylan δl ululygyna deňdir: $\delta l = l_{AB-ICD} = 2(R + d_1/2)\psi - 2R\psi = d_1\psi$. Egrelmäniň ululygy $h = R - R\cos\psi$, $\cos\psi$ -ni setirlere bölüp, alarys $h = 2\psi^2/2$ ýa-da $R = D/2\psi$ hasap edip $D_0 = \text{podložkanyň ululygy}$, $h = D_0\psi/4$, onda $\delta l = 4d_1h/D_0$. Ylalaşmanyň bellikleriniň merkezleriniň arasy D bolsa, onda bu aralygyň iş nusgasyndaky üýtgemesi $\Delta n_p = D(\delta l + \delta_2)/D_0 = 4D(d_1 + d_2)h/D_0^2$; ýa-da $d_1 = d_2 = d$, onda $\Delta n_p = 8Ddh/D_0^2$; Δn_p ululygy ylalaşygyň podložkanyň kontakt çapyndaky egrelmegi sebäpli üýgemegidir.

Tablisa 2.5 Δn_p hasaplanma ululugy FG-yň $d=3$ mm dürli ululyklary üçin getirilendir.



Surat 2.19."Tekiz podložkanyň egrelmeginiň shematik şekili"

Surat 2.20."Ylalaşyk ýitmeginiň kontakt zonasynyň täsirini kesgitlemekdäki eksperimentiň shemasy"

1-fotorezistiw pastinalary; 2-nusga FG-y; 3-falgadan ýasalan bölek; 4-dartyjy rezin halkasy.

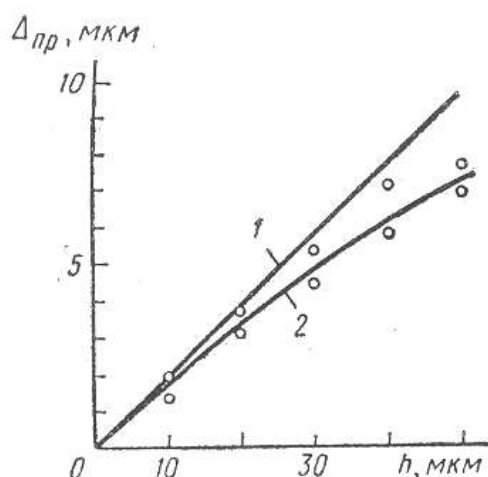
Tablisa 2.5. " FG-yň işçi kopiýasynyň gyra modullaryndan ylalaşygyň gitmeginiň baglylygy"

Fg - yň ululugy, m k m		Egrelmedäki δ_{np} , m k m			
Işçi zonasý	Podložka	1	2,5	5	10
60	76	0,25	0,63	1,25	2,5
76	102	0,18	0,45	0,9	1,75
102	127	0,15	0,37	0,75	1,5
127	150	0,14	0,35	0,7	1,4

Ylalaşma bellikleriň merkezleriniň aralarynyň üýtgeýşini barlamagy düzümiň üsti bilen amala aşyrylýar. Onuň konstruksiýasy surat 2.24-de görkezilendir. Nusgaly FG-yň iki jübti-fotorezistiw podložkasy rezin halkasy bilen baglanyşdyrylýar. Fotorezistiw podložkalarynyň arasyna metal talgasyndan ýukajyk edip ýasalan talga dykylýar. Şeýle aragatnaşyk iki tarapyndan-da eksponirlendi. Δ_{np} egrelmä baglylygy ylalaşma bellikleriň arasyndaky D aralygyny ölçäp alynýar. Ylalaşygyň gidişiniň hasaplanan we eksperimental bahalary 2.25 suratda görkezilýär. Nusgaly FG bilen fotorezistiw podložkasynyň işçi nusgasynyň çägendäki jaýryk bir näçe aralyga $\delta_3 = b \tan \beta$, b-jaýryk, β -yşygyň düşýän burçy, bu bolsa ylalaşygyň ýitmegine ekwiwalentdir. $\Delta_3 = b \tan \beta_1 + b \tan \beta_n$,

nirede, b_1, b_n -jaýrygyň ululyklary; β_1, β_n -FG ölçenýän setirdäki birinji we soňky modulyň ýygynyň düşýän burçy.

Egerde gyradaky ,odullardaky şöhläniň kollimasiýasynyň burçy we jaýrygy birmeňzeş diýilip hasap edilse, onda ($b_1=b_n=b$ we $\beta_1=\beta_n=\beta$) bellikleriniň merkezleriniň aralygynyň üýtgemegi aşakdaky bilen aňladylýar $\Delta_3=2btg\beta$; Δ_3 -iň bahasynyň bir näçe b we β ululyklary üçin tapylan bahalary tabl. 2.6-da berilendir. Ylalaşyk gidenden soň Δ_3 -i hasaba almasak hem bolar $b \leq 4$ mkm we $\beta \leq 4^\circ$.



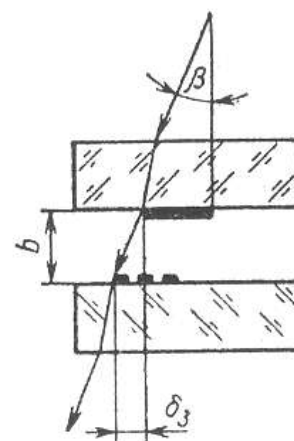
Surat 2.21. "Kontaktyň zonasyndaky egrelmeden (gyşarmadan) Δ_{IP} ylalaşygyň gitmesiniň baglylygy" 1-hasap; 2-eksperiment.

Iş FŞ-ýň kontakt zonasyndaky jaýrygyň ululygy – ýarymgeçiriji plastina işçi we etalon kontaktlaryndan has ulydyr. Munuň sebäbi ýarymgeçiriji plastinalarynyň tekizlidäldigidir. Bu ululyk kremnilerde $20 \div 100$ mkm deňdir.

Dürli temperaturadaky bir etalondan iki sany iş FG – y taýýarlananda iş kopiýalarynyň özara gitmekleri $\Delta \tan L$, nirde Δt – temperaturalaryň tapawudy, α_n -podložkanyň göniçyzykly giňelmesiniň koeffisiýenti, L -etalon FG-daky ylalaşygyň merkezleriniň aralygy. Temperaturanyň tapawudy 1 K bolsa çetki L modullaryň aralygy:etalon FG-dakysynda-75 mkm, işçi kopiýasynda bolsa 0,68 mkm tapawutlydyr.

Tablisa 2.6. " FG işçi kopiýasynyň çetki modullaryndaky ylalaşygyň gitmeginiň jaýrga we ýagtylandyryjynyň şöhläniň kollimasiýanyň burçyna baglylygy"

	Jaýrygyň dürli bahasyndaky δ_3 , mkm



Surat 2.22. "Kontakt zonasynda jaýryk bolanyndaky elementiň iş nusgasyndaky proyeksiýasynyň catgysy"

β_1 , grad	1	2	5	10
2	0,07	0,14	0,35	0,7
4	0,14	0,28	0,7	1,4
6	0,21	0,42	1,05	2,1
8	0,28	0,56	1,4	2,8
10	0,36	0,72	1,8	3,6

Kontakt arkaly şekilli iş fotogalybyndan ýarymgeçiriji plastina geçirlende suratyň ululygynyň üýtgemegi $\Delta t(\alpha_n - \alpha_{nn})$ -e proporsionaldyr niredе, α_{nn} - ýarymgeçiriji materialyň göniçyzykly giňelme koeffisiýenti ; (kremniý üçin $\alpha_{nn} = 4,7 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$).

Temperatura maýyşgaklygy netijesinde gyradaky modullaryň aralygynyň üýtgemegi ylalaşyga rygsat edilen ululygyň ýaryndan köp bolmaly dăldir. Temperaturanyň üýtgemegine rygsat berilen yrgyldy tablisa 2.7-de görkezilendir.

Tablisa 2.7. "Şekiliň iş zonasynyň diametriniň we ylalaşyga rygsat berileniň rygsat berilen temperaturanyň yrgyldasyna baglylygy"

Operasiýa	I, mkm	δT ylalaşyga dopusk edilende.				
		0,4	0,6	0,8	1	1,5
Işleýiş fş-yň kontaktly tiražirleme	60	$\pm 0,4$	$\pm 0,6$	$\pm 0,7$	$\pm 0,9$	$\pm 1,4$
	76	$\pm 0,3$	$\pm 0,4$	$\pm 0,6$	$\pm 0,7$	$\pm 1,1$
	102	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,4$	$\pm 0,4$	$\pm 0,7$
	127	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,4$	$\pm 0,4$	$\pm 0,7$
Si-uma kontaktly fl	60	$\pm 0,8$	$\pm 1,2$	$\pm 1,5$	$\pm 2,0$	$\pm 2,9$
	76	$\pm 0,6$	$\pm 0,9$	$\pm 1,2$	$\pm 1,5$	$\pm 2,3$
	102	$\pm 0,5$	$\pm 0,7$	$\pm 0,9$	$\pm 1,2$	$\pm 1,7$
	127	$\pm 0,4$	$\pm 0,6$	$\pm 0,8$	$\pm 0,9$	$\pm 1,4$

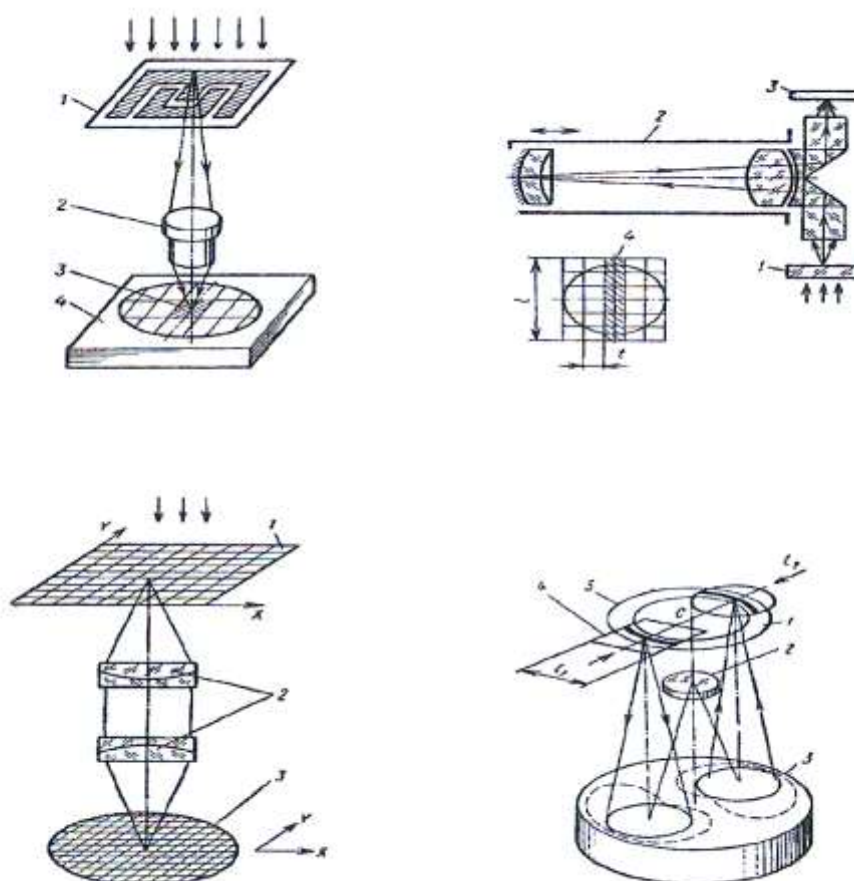
Şekili geçirilmeginiň ähli operasiýalary jaýyň temperaturasyndan ýokardaky temperaturada geçirilýär. Belli bir wagt ($5\div 10$ min) geçenden soň temperatura dikelýär we takyk tehnologik prosesse görä durnuklanýlar. Bir näçe ýagdaýlarda goşmaça ýylaldyş $10K$ çenli baryp biler. FG-yň iş nusgasynyň ylalaşygyň gitmegi dürli kontakt ramkalarynda $1\div 2,5$ mkm ýetip biler. Munuň esasy sebäbi – kontakt zonasynyň egrelmegi, deň gysylmazlyk we kontaktly ýylaldyş ýaly hadysalardyr. Has oňat netije bir we üç kamerli ýumşak prokladka aýnany gysýan gurnamada alynýar. Birkamerly ramkalar iş kopiýalarynyň ylalaşygynyň barlag serişdesiniň çägendäki ýalňyşlygyna barabar gider ýaly edip üpjün edýär. İş FG-yň ylalaşyklygy olaryň taýýarlanan tekizlik podložkalaryna baglydyr. Suratda iş kopiýasyndaky etalom FG-dan geçirilendäki deformasiýa 52×52 mm görmek bolar. Ol ylalaşyk figurasynyň merkezi tarapyndan döredilýär. Kontakt usuldaky eksponirlemekde fotorezist bardasynyň döwürmwgi, zaýalanmagy tiz-tizden bolup durýar. Bu kemçilikler FG-yň relýefli konstruksiýasyny ulanyp, FG-yň relýefli konstruksiýasyny ulanyp, FG-yň maskirleýji gatlagynyň fotorezist bilen kontaktlaşmagy mümkinçilik bermeýär we şol sebäpli döwürme meselesi azaldylýar. Relýef FG-y taýýarlamak üçin, aýnany ion-himiki şöhlesini döredip, relýefi aýnaly gapda taýýarlap bolar, şondaky relýefiň çuňlugy $0,4$ we $1,5$ mkm barabardyr. Relýef FG-yň çuňlugy $0,4$ mkm bolanynda fotorezistiň ýelmeşikligi 30% çenli peselýär, emma relýefiň çuňlugy $1,5$ mkm bolanynda bolsa ýelmeşme ukyby düýbünden ýokdyr.

Häzirki zaman kontaktly guýma has oňat ykdyady görkezijilerde şekiliň döremegini 100×100 mm meýdanly käbirleriň $30\div 40$ mm⁻² mikroşekillerinde döretmekligi üpjün edýär. Fotogalyplamada eksponirlemek üçin şekili proyeksiýa usuly arkaly geçirmeklik ulanylýar. Proyeksiýa ulgamlar döremek prinsipi boýunça:

1. ähli meýdanda şekili şol bir wagtda döredýän;
2. skanirleýji ulgamlar(yzygiderli eksponirleme).

Ähli meýdanda eksponirleýji ulgamlar diňe ýagtylyga duýgur bardaly tekiz podložkalarda ýokary hilli şekilleri döredip biler. Proyeksiýa skanirleýji ulgamlarda mikroşekiller şekilli yzygiderli döretmek, çäklendirilen meýdanda bölek-bölek edip gurmak arkaly döredilýär. Bu bolsa öz gezeginde has ýokary çözgi ukybyny üpjün edýär. Bu usul bilen şekil döredilende masştaby üýtgemezden hem gezeginde has ýokary çözgi ukybyny üpjün edýär. Bu usul bilen şekil döredilende masştaby üýtgemezden hem geçirilip biliner. ($V=1$), (ýa-da bir az kiçeldilip hem biliner). Has giň ýaýran masştablar: $1:4; 1:5; 1:10; 1:15$. Şekili skanirleme üznüksiz alynyp barylýp biliner, durdurmazdan we arasyny üzüp, ýagny eksponirleme döwri optiki ulgamyň komponentleriniň süýşmesi bolmaly däldir.

Üznüksiz skanirlemede birkoordinatly skanirleýiş usuly ulanylýar.



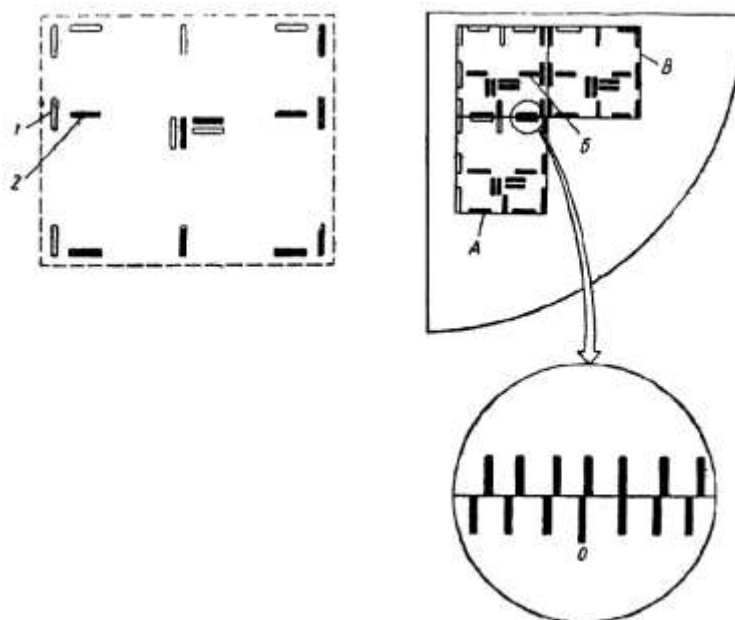
Surat 2.23. "Iki koordinaty boýunça multisirleme we şol bir wagtda kiçeltme arkaly proyeksiýaly ädimli eksponirlemäniň shemasy: 1-FG desgasy; 2-obýektiw; 3-şekillendiriş tekizligi; 4-ikikoordinatly stol."

Surat 2.24. "Gerimi 1:1 bolan bir koordinat boýunça çöwrülýän proyeksiýaly şarly eksponirlemäniň shemasy: 1-FG desgasy; 2-obýektiw; 3-birkoordinatly stol; 4-eksponirlemäniň elementar meýdany."

Surat 2.25. "Iki koordinaty boýunça çöwrülen 1:1 gerimdäki proyeksiýaly şarly eksponirlemäniň shemasy: 1-EFG-nyň desgasy; 2-obýektiw; 3-ikikoordinatly stol."

Surat 2.26. "Halkaly meýdany bilen birkoordinatly üznüksiz skanirlemegiň prinsipial shemasy: 1-halka zonasy; 2,3-obýektiwiň konsentrik aýnasy; 4-EFG-yň desgasy; 5-desganyň şekili."

elementleriniň ininiň ýalňyşlygy $0,3 \div 0,5$ mkm köp bolmaly däldir. Fotogalyplaryň bu görnüşlerini metrologik attestasiýasy ýörite ikikoordinatly ölçeg ikikoordinatly ölçeg gurnamasynda we komparatorlarda (şkalalary ölçemek üçin) amala aşyrylýar. Görkezilen ulgamyň ýalňyşy $0,1$ mkm köp däldir. Haçanda şkalanyň elementleriniň ini ölçenende fotometrleji ýalňyşy $0,1$ mkm ýokary bolmadyk ölçeg gurnamasy ulanylýar.

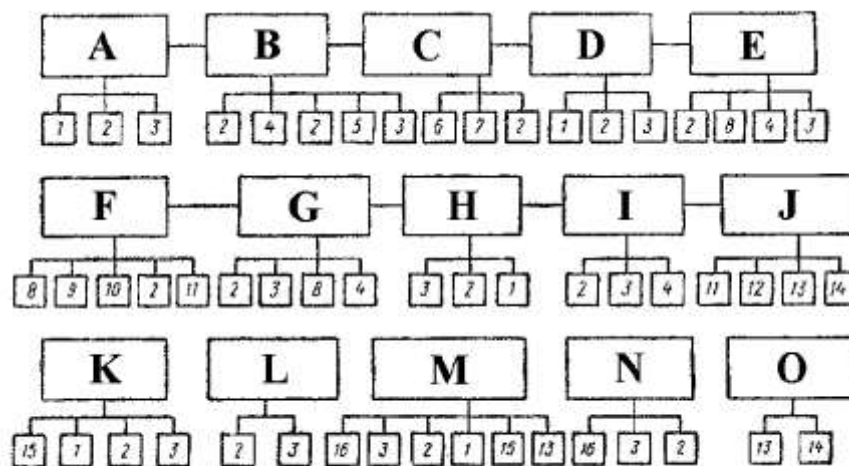


Surat 2.28."Aralyk fotogalyby (FG)"

1-esasy şkala; 2-konusly şkala.

Proýeksiýaly ulgamyň multiplikasiýa okunyň aýlanmasyny we trapesidial päsgelçiliklerini kesgitlemegiň suraty 2.38 görkezilen. Multiplikasiýa we ylalaşdyryjy gurnamada bu FG-yň kömegi arkaly podložkada A şekilli döreýär. Ondan soň podložka X ýada Y koordinatlary boýunça süýşme berilip, gaýtadan B we B şekilleri döredilýär. Ortogonal koordinaty boýunça koordinat süýşmesi ýokdyr. Podložka emele gelenden soň ýönekeý mikroskop bilen esasy we konusly şkala süýşmesini kesgitlep bileris, diýmek başdaky ýalňyşy hem kesgitlemek mümkindir. Fogolitografiýanyň çözgi ukyby boýunça çäklendirilşi çözgi ukyby R we liniýanyň ini L özara $R=1000/2l$ arkaly baglanşykdyrlar. Liniýanyň L ini we R çözgi ukyby diýilýän ululyklary ýüze çykarlanan, täzedan alynan fotorezistden almak bolar. Fotoguýmanyň rygsat edilen çözgi ukyby releýiň difraksiýa kritieriýaly bilen kesgitlenilýär, oňa laýyk gelýän minimal liniýanyň ini $L_{lin} = 0,61 \cdot \lambda / (n \cdot \sin(\alpha/2))$, niredde λ -çykyşyň apertur burçy; n-sredanyň ýagtylygynyň döwürleme görkezijisi; λ -eksponirleýji ýagtynyň tolkunyň uzynlygy. Has takyk halda $n=1$; $\alpha=0,95$; $\lambda=0,4$ mkm bolsa, onda $L_{lin}=0,25$ mkm. Optiki fotoguýmanyň rygsat berilen çözgi ukyby $0,25$ barabardyr. Fotoguýma prosessiniň hili FY-iň

prosessindäki mikroçatgylaryny taýýarlamaklyk üçin bütin öndürilindäki iş sarp edilşiniň 50 % golaýyny tutýar. Hakykatdan-da her bir operasiýa blogyndan soň (turşatma, diffuziýa, epitaksiýa, tozanlandyрма) fotoguýma döredilýär. Fotogalyp prosessi hili barada maglumat beriji parametrleriň biri : ýasalandan soňky fotorezistiw maskasynyň daşky görnüşi berilen we defekt modullarynyň sanlarynyň başdaky ululygyndan gyşarmagy we ş.m. hasaplanylýar.



Surat 2.29. "FL-nyň tehnologiiki prosessi"

A-üstginiň taýýarlamaşy; B-plastinalaryň saklamaşy; C-FR-yň çalmaşy; D-FR-yň guratmaşy; E-plastinalarynyň saklamaşy; F-eksponirleme; J-plastinalaryň saklamaşy; H-plastinalarynyň ýüze çykarmaşy; I-plastinalaryň saklamaşy; J-FR-däki suradyň hiliniň barlagy; K-FR-yň aşgarlamaşy; L-plastinalaryň saklamaşy; M-Oýmaň saýlama režimi; N-plastinalarynyň oýmaşy; O-toparynyň hil barlagy.

1-ýylylyk; 2-watgt; 3-erginiň, sredanyň himiki düzümi; 4- 1 m³-däki tozanjyklaryň sany; 5-şepbeşeklik; 6-aýlawlaryň sany; 7-getirip berilýän maddanyň agramy; 8-integral ýagtylandyrşy; 9-ýagtylandyrşynyň deňölçegliligi; 10-jaýryk; 11-ýagtylanmaşy; 12-adgeziýaşy; 13-obýektiň ölçegi; 14-lokal kemçilikleriň sany; 15-regenerasiýalarynyň sany sebäpleri; 16-topardan wekilligi, toparynyň birmeňzeşligi"

2.2. Elektron-şöhle litografiýasy

Elektron litografiýasy usuly özüniň ýokary çözgi ukyby bilen häsiýetlendirilýär. Difraksiýa kemçiligi çözgi ukybyny optiki we suboptik çäklerinde has çäklendirilýär($\lambda=350-400$ nm), ýöne elektron-şöhle guýmasynda

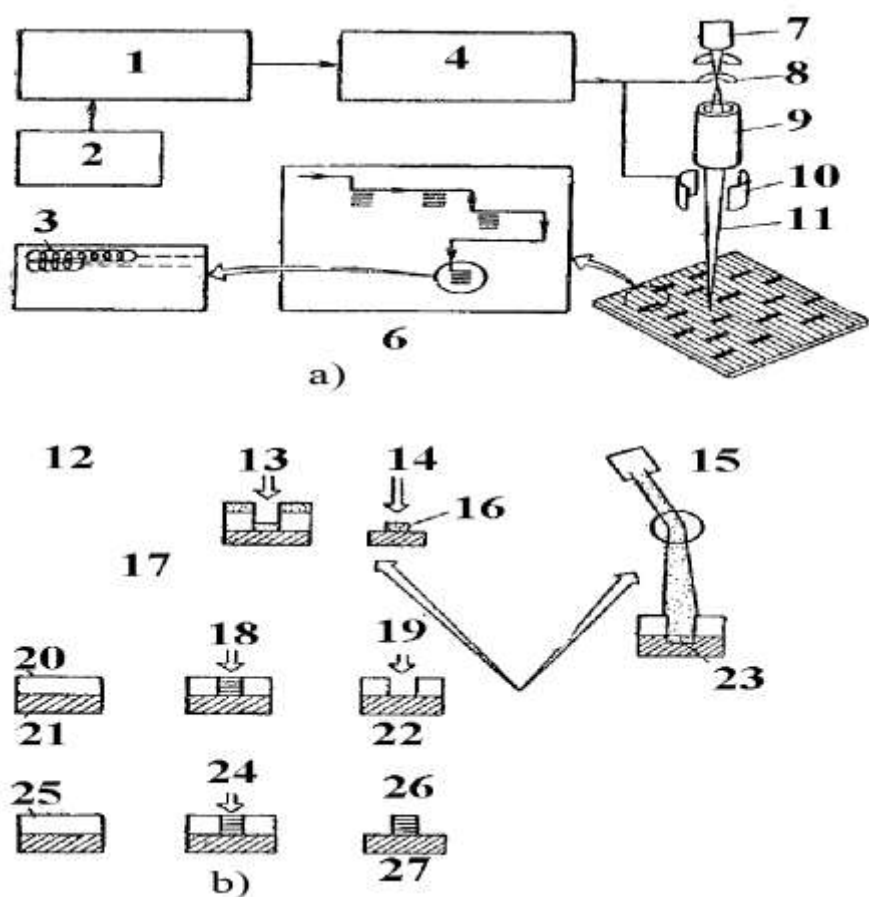
bolsa deffekt has azdyr. Esasan EŞL-yň (elektron-şöhle litografiýasy) üç sany esasy ulanylýan oblastyny:

1. Etalon FG-y taýýarlaýyş tehnologiýasynda;
2. Elementiniň ululygy 2 mkm barabar aralyk fotooriginallarynda;
3. Elementiniň ululygy 1 mkm barabar UYÇ-sy (uly integral çatgysy) taýýarlanýan tehnologiýada.

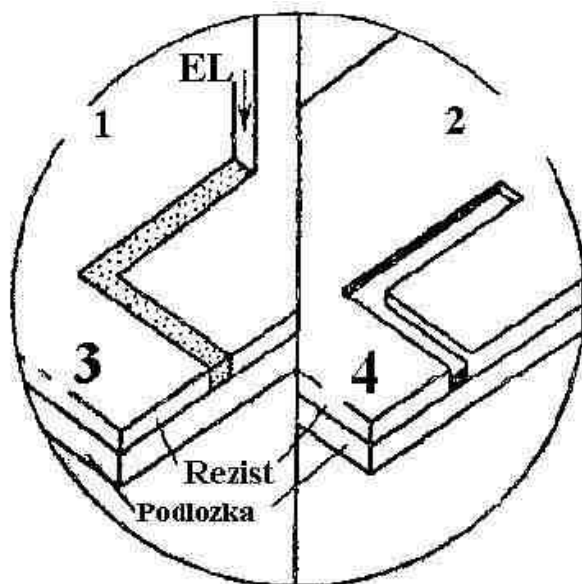
Bu prosessiň esasynda eleltron şöhlesiň fotoreziste ýitifokusirlenen dolandyrys täsiri ýatyr. Elektronlary, ony lokal ýumurýar ýa-da molekulalary garyşdyryp, onuň häsiýetini üýtgedýär. Saýlap-seçilip alynýan prosessde eksponirlenen bölegi aýrylýar(oký edilýär). Eş desgasyň düzümi çatgysy surat 2.43 görkezilendir. Onuň düzümine esasan hem dört sany podсистема girýär: ýönekeý magnit diskindäki-ýygnaýjysy ýa-da berilenler girizilýän serişde; alfawit-çap ediji gurnama; EHM-y-ol topologik suratyň generatoryny dolandyrýar.

2.2.1. Elektron rezistleri

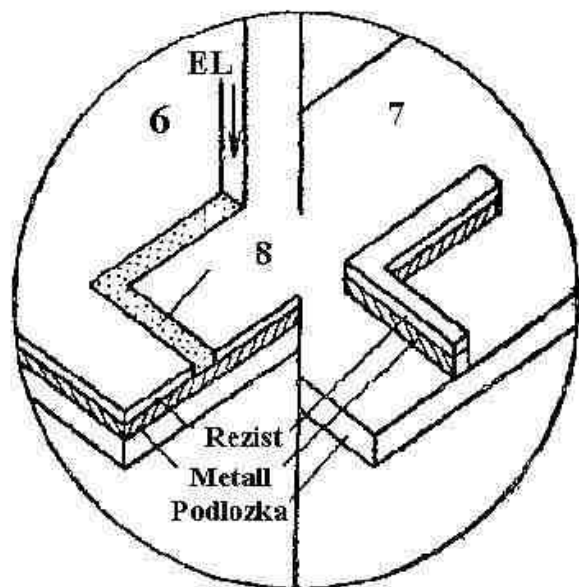
Elektronrezistleri-bu elektron-duýgur polimerleriniň organik eredijilerdäki kompozisiýasydyr. Olara edilýän talaplar has ýokarydyr: ekspozirleýiş elektronlaryna ýokary duýgurlygy; $((1\div 5)\cdot 10^{-6})$ kg/sm²); ýokary çözgi ukyby; rezistiň bardasynyň has pes mikrodefektligi; ýarymgeçiriji materiallara oňat asgeziýasy; ýokary termiki, plazmohimik, himik durnuklylygy.



Surat 2.30. "Metallizirleýji liniýalaryny döretmek üçin pozitiw we negatiw rezistorlaryny elektron-şöhle eksponirlmek: 1- döretmezden owal; 2-metaly döretmezden we tozanlandyrmadan soň; 3-eksponirlenen resist; 4-metallizirleýji liniýasy;6-zäherlenmeden öň; 7-zäherlenmeden soň; 8-eksponirlenen resist;

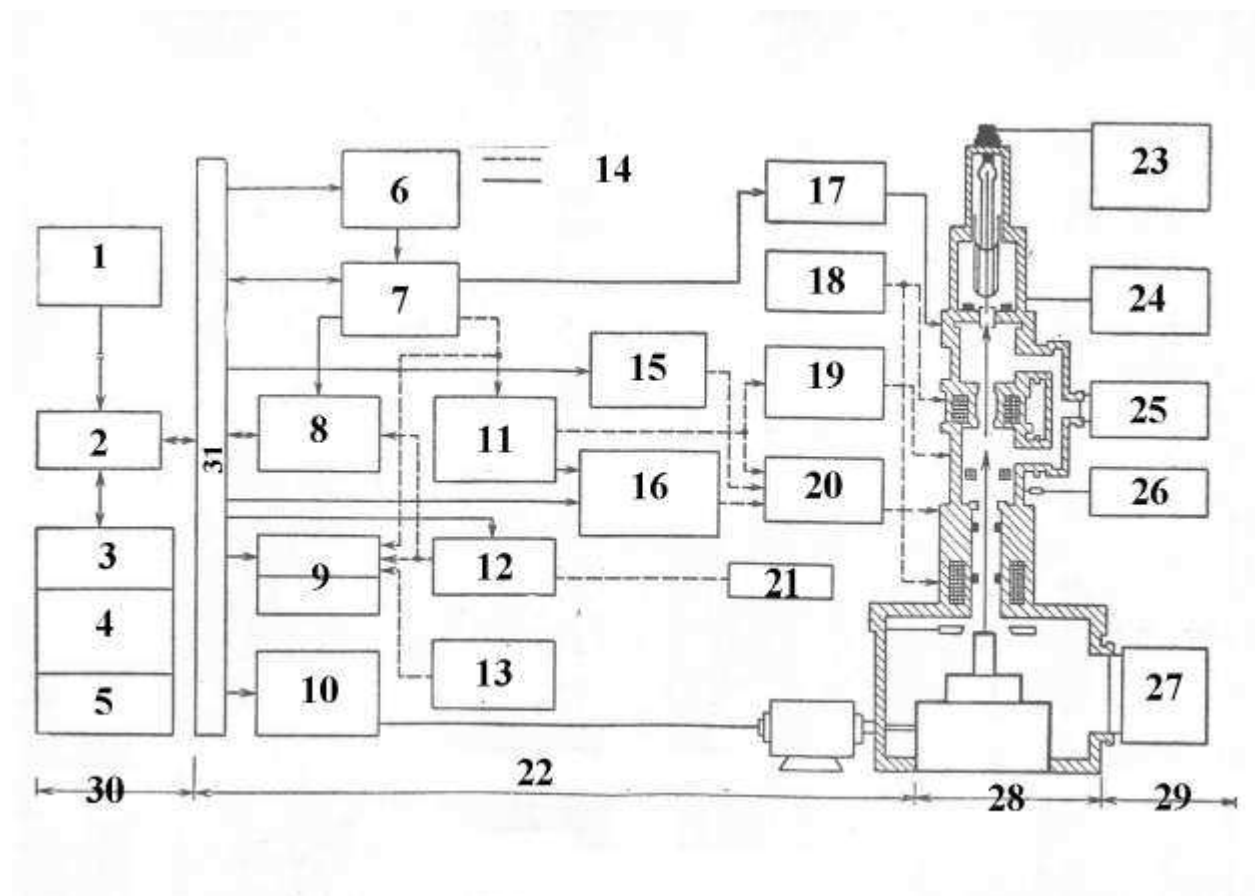


Pozitiw rezist



Negatiw rezist

Elektronrezistleriniň esasy parametrlerine: elektronrezistiň duýgurlygy, paýýasynyň minimal dozasy(möçberi) – bu esasan hem rezistiň belli bir galyňlygyndaky gazydyr.



Surat 2.31."Elektron şöhle gurnamasynyň düzüm çatgysy"

1-berilenleri taýýarlaýjy prosessor; 2-EHM; 3-çap ediji gurnama;
 4-perfokarta girizýän-çykarýan gurnama; 5-magnit diskleri; 6-skanirleýji taktly
 generator; 7-topologik generatorň suraty; 8-awtomatik ulaşdyrmak; 9-
 BKY/displeý; 10-işçi stoliginiň süýşmesini barlamak; 11-işçi meýdanynyň
 ululygyny barlamak; 12-wideosignallary işläp taýýarlamak; 13-rastr
 skanirlemesiniň generator; 14-(- - -)analog zynjyrlary,(---) san zynjyrlary; 15-işçi
 meýdançasyny suýşürmek;16-oklaryň burç yzyna aýlanamagyny we
 ortogonallygyny barlamak;17-şöhläni blokirlmek;18-linzanyň toklaryny
 dolandyrmak;19-dinamik fokusirlmesi;20-gyşartma guýçlendirijisi;
 21-detektor;22-şöhläni dolandyryjy san we analog gurnamalary;
 23-ýokary güýjenme çeşmesi;24-puşkanyň ýustirlenen sarymy;
 25-wakuum ulgamy;26-klapan(dyky);27-wakuum ulgamy;
 28-elektron-optik ulgamy;29-elektron-optik kolonnasynyň kömekçi ulgamy;
 30-berilenleri giriziji we işläp taýýarlaýjy gurnama;31-interfeýs.

Polimeriň wajyp fiziki – himiki häsiýetnamasy bolup aýnalamýnyň
 temperaturasydyr(T_s). Has pes ululykdaky T_s sowukakyma mejburlanan bolmagy
 mümkin, ýa-da başga aýdylanda döredilen şekillerde konturlaryň üýtgemesi, olar
 ýokary temperaturalary prosesslere durnuksyzdyr we ýokary mikrodefektlidir.
 Pozitiw elektronrezistleriniň esasy klaslary bolup, polimerler-polimetilmetakrilatyň
 umumy formulasydyr

Onuň formulasy

Pozitiw elektronrezistlerine poliolefin sulfonlary-umumy formulasy olefinli
 kükürt diokdindäki sopolimerlerinden durýar, niredede $R_1 = -H$ ýa-da $-CH_3$; R_2 -
 alifotik ýa-da aromatik orunbasar. Şeýle klasdaky polimerler has ýokary
 destruksiýanyň radiasiýasy-himik çykyşy bilen häsiýetlendirilýär(10÷12); olar
 duýgurlygy obýunça-da has ýokarydyrlar.

Negatiw elektronrezistleri-olap pozitiw görnüşindäkilerden has duýgurdyr.
 Negatiw elektronduýgur materiallary hökmünde glisidilmetakrilat winil we akril
 birleşme setirli sopolimerleri giňden ulanylýar. Radiasiýa-himik Gz çykalgasy $30 \div$
 100 gezek pozitiw görnüşdäkisinden ýokarydyr. EŞL– a usuly arkaly proserlenen
 FG-ry taýýarlamakda PBS pozitiw elektronrezistli we COP negatiw rezistleri
 giňden ulanylýar. COP we PBS-iň çözgi ukyby galypda ululygy $1,5 \div 2$ mkm deň
 bolan elementleri döretmäge mümkinçilik berýär.

Tablissa 2.10. "Elektron rezistleriniň esasy parametrleri"

Elektron rezisti	Duýgurlygy, KG/SM ²	Maksimal çözgi ukyplylygy, MKM	Guratma temperaturasy, K
ЭЛП-9	$2 \cdot 10^{-5}$	0,9	433-443
ЭРН-40	$1,5 \cdot 10^{-5}$	0,9	433-443
ЭРН-14С	$2 \cdot 10^{-5}$	0,5	373-383
ХМПС	$2 \cdot 10^{-6}$	0,6	373-383
ХМПС-1	$3 \cdot 10^{-6}$	0,8	403-413
СММК	$2 \cdot 10^{-6}$	0,4	393-403

ЕŞ-e litografiýasynda suratlary almak üçin iki sany usul ulanylýar: EHM-y bilen dolandyrylýan elektron guýmasy podložkanyň üsti bilen berilen şekilde süýşýär; ikinji usulda bolsa elektron parçajygy maskasynyň üstünden geçýär.

Topologiýa suratyny rezist gatlagynda döretmek üçin aşakdaky usullar ulanylýar: wektorly skanirleme – munda ilki ýşyk bilen gerek bolan figura (şekil) çekilýar, soň ony itergi bilen başga skanirleýiş meýdanyna süýşürüp, indiki şekili döretmeklige girişilýär. Bu usula wektor skanirlemesi diýilýär.

Skanirleme ähli meýdan boýunça bolup geçýär, ýöne oňa täsir diňe eksponirlenmeli ýerinde edilýär. Onuň topologik elementini kese kesikli üýtgeýän ýşyk arkaly eksponirlenýär. Bu usula rastrly skanirlenmesi diýilýär.

Rezistiň $0,3 \div 0,5$ mkm galyňlygyndaky gaty diametri $d=0,05$ mkm bolan elektron ýşyga bilen işlenip taýýarlananda ini 200-260 nm eksponirleýji liniýasy alynýar ol bolsa dessejigiň diametriniň ululygyndan 5 gezek ýokarydyr. Elektron dessejigiň diametri difraksiýa çägene laýyklykda şeýle kesgitlenip biliner:

$d=15f/D\sqrt{U}$, nirede f – elektron linzasynyň fokus aralygy; D – elektron linzasynyň diafragması; U – woltdaky tizleşdiriji güýjenme.

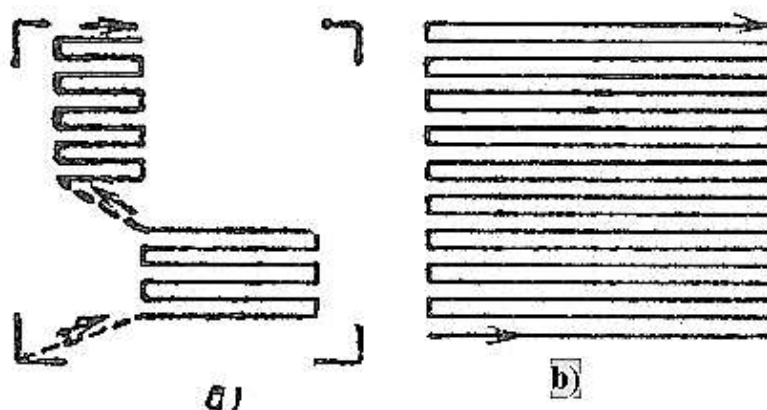
2.2.2.Elektron - şöhle ekponirlemek usuly

EŞE – me usuly arkaly suraty almak üçin iki usul ulanylýar : EHM – y tarapyndan dolandyrylýan elektron – şöhlesi podložkanyň üsti boýunça berilen şekilde süýşýär; elektron bugdaýjygy maskanyň şöhlä üstünden geçýär. Elektron bugdaýjygy örän inçe şöhlä döredilip biliner, gerek bolan suraty almak üçin podložkanyň tekizligine çalyňan rezistiň üsti bilen modulirlener we süýşer. Elektron şöhlesi uly toklarda, ýagny ekspozisiýa wagty 10^{-7} s az bolan toklarda submikron ululykdaky nokada tokuşyrlenip biliner. $0,5 \times 0,5 \text{ sm}^2$ kristally podložkada we elementiň ululygy $0,25 \text{ mkm}^2$ suratlary almak üçin 10^{10} şöhle orny gerek bolýar, şeýlelikde ekspozisiýanyň tizligini ýokarlandyrmak meselesi örän wajyp mesele bolup galýar.

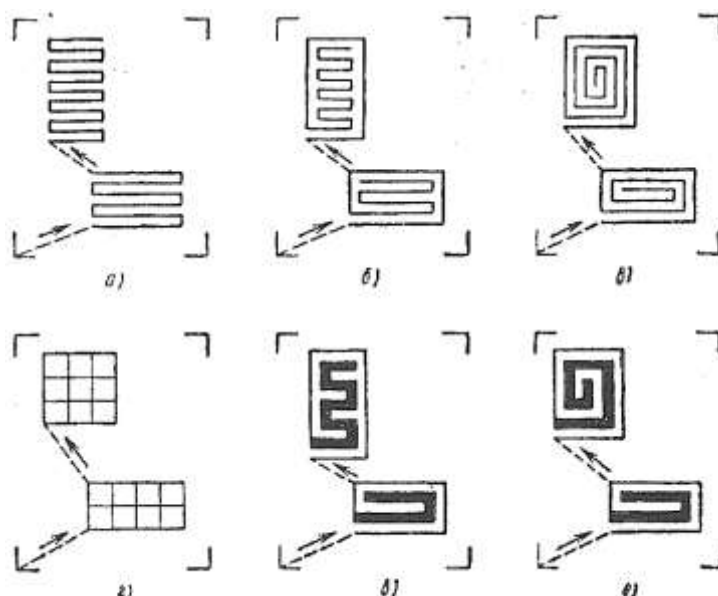
Reprodusirlemek usuly elektron we rentgen şöhlesiniň kömegi bilen FP-niň suratyny kontaktsyz geçirmeklige esaslanandyr (surat 2.53,a,b) (2.53 w). Bu proyeksiýa usullarynyň içinde has ýokarky çözgüni rentgenliguýma usuly üpjün edýär. Fotokatodly elektron proyeksiýa usuly bilen 75 mm meýdanda 0,5 mkm inlikdäki çyzygy alyndy, rentgenlitografiýa usuly bilen 0,1 mkm inlikdäki çyzyk alyndy. EŞE – i bilen alyňan galyplardan peýdalanmak has amatlydyr. Topologiýa döretmgiň algoritmi: rezistiň gatlagynda topologik suraty döretmek, şeýle amala aşyrylýar:

- wektor skanirlemesi arkaly, haçanda ol ýerde ilki bilen şöhle bilen gerek şekil çekilýär, soň ony başga bir skanirleýji meýdanyna bökdürip geçirilýär, soň indiki şekili döretmäge girizilýär;
- rastr skanirlemesi – bu ýerde ähli meýdança boýunça edil telewizor rastryňa meňzeş skanirleme bolup geçýär, ýöne täsir diňe eksponirlenmeli meýdançalara etdirilýär (surat 2.54a,9.54w)
- ähli topologik elementleri göni üýtgeýän kesikli şöhle bilen eksponirlemek.
-

Surat 2.53."Elektron (a,b), rentgen(w) şöhleleri we ýüz görülyän aýna ulgamly FL proyeksiýasy (2) arkaly repodisirlemek usuly"



Surat 2.32. "Topologik suraty wektor (a) we rastr (b) skanirlemek usullary arkaly eksponirlemek"



Surat 2.33. "Wektor skanirleme wariantlaryň ulanylşy:

- a) rastr skanirlemesi; b) kontur boýunça aýlanyp rastr skanirlemesi; ç) spiral skanirlmesi; d) yzky kesikli şöhle bilen BÇ skanirlemesi(ýý); e) kesigi üýtgedip kontur boýunça aýlanyp skanirlemek; f) üýtgeýän kesigiň şöhlesi bilen spiral skanirlemesi.

Topologiýa şekilleri döredilende wektor skanirme usulynyň bir näçe wariantlaryň ulanmak bolar (surat 2.55). Şöhle ilki şekiliň konturyň gapdalyndan geçip biler, soň merkezi spiral boýunça hereket eder (9.55 w). Yzygiderli EŞE – niň maksimal çözgi ukuby eksponirlemäniň minimal ini bilen kesgitlenilýär. Ol elektron bugdaýjygynyň d diametri we ters dargama oblastynyň ululygyna baglydyr.

Galyňlygy $0,3 \div 0,5$ mkm rezist gatlagyny diametri $d = 0,05$ mm bolan elektron bogdajygy bilen işlenip taýýarlananda ini $200 - 260$ nm eksponirlenme çyzygy alynýar, ol takmynan bogdajygyň diametrinden 5 gezek ýokarydyr.

Eksponirleme çyzygyň ini rezistiň inine baglydyr. Rezistiň gaty näçe ýuka bolsa, şonçada insiz çyzygy almak bolar. Rezistiň gatlagy $0,2$ mkm az bolan mahalynda onda ýeterlik derejedäki goranma häsiýeti bolmaýar.

Elektron bogdajygyny nanometr birliginde fokusirläp bolar. Elektron bogdajygynyň diametrini difraksiýa çägi boýunça $d = 15 \cdot f / D \sqrt{U}$ aňlatma bilen kesgitlener, nirede j – elektron linzasynyň fokus aralygy; D – elektron linzasynyň diafragmasy; U – tizlenýän güýjenme; yzygiderli EŞE – de rezistde ini $0,1$ mkm deň çyzyk alyndy.

2.2.3.EŞE – i üçin galyplar

Submikron proyeksiýaly EŞE – i üçin ýuka membranadaky galyplar döredilýär. Ol elektronlar üçin dury we oňa maskany geýdirmeklige esas bolup gulluk edýär. Membrananyň materialy elektronlary minimal dargamagyny üpjün etmeli, ýeterlik mehanik pugtalykda, tehnologik we fizik häsiýetnamaly bolmalydyr.

Elektron bogdajyklary ýuka gatlagyň üstünden geçen wagtlary köp sanly maýşgak we maýşgak däl maddanyň atomlary bilen çakyşýarlar. Özara täsir häsiýeti elektronlaryň energiýasyna örän baglydyr. Energiýa $20 \div 100$ keW deň bolan elektronlar üçin aşakdaky ýagdaýlar mahsusdyr: sredada güýçli togtamanyň we dargamagynyň bolup geçmegi içine girmegiň (syzmagyň) az çunlygy; energiýanyň ýitgisi; ýadro reaksiýasynyň mümkin bolmazlygy we jübtleriň (paralaryň) döremegi.

Bardadaky girişdäki we çykyşdaky elektronlarynyň energiýasy 50 we 20 keW bolan çägi elektronlaryň barda syzmagynyň çunlugy Si, Al, SiO₂, Al₂O₃, BN, SiC takmynan Au, Pt, Fe, Cu, Mo, W – e çümeninden $4 \div 5$ gezek ýokarydyr.

Şol bir wagtda çunluk birligindäki syzmagy (barada çümmeği) d/t ýuka bardalar üçin birinji toparyň materillarynyňky, ýuka bardalary üçin ulanylýan ikinji toparlaryňkydan has azdyr. SiO, SiO₂, Al₂O₃, Al, BN materiallary galyplaryň membranadaky hökmünde hödürlenip biliner, emma Au, Pt, Fe, Cu, Mo, W bolsa maska hökmünde ulanyp biliner.

Membranadaky ýukabardaky galyplaryň düzüminiň optimal galyňlygynyň hasaplanýşy

Häzirki zaman elektronorezist üçin electron bogdajyklarynyň energiýasy $10-20$ keW az bolmaly däl. Maska we membranadaky gelýän elektronlaryň

energiýasynyň ululygyna şeýle alyp bolar, ýagny $E_t = 0,6 \cdot j$, nirede j – maskanyň materialyndaky atomlarynyň geçişiniň ortaça energiýasy, ol dürli materiallaryň bardasy üçin $0,2 \div 1$ keW we has takyk şekili almaklyk şertini doly berjaý edýär.

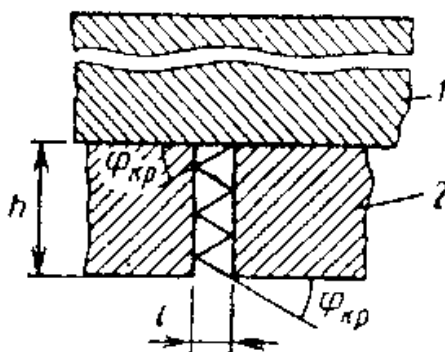
Membranadaky galyňlygy yşyklandyryjy elektronlaryň energiýasy ($E_0 = 50$ keW) we resist eksponirleýji elektronlaryň energiýasy ($E_1 = 20$ keW) bilen kesgitlenilýär.

Membranadan has kiçi burç bilen çykýan elektronlar kanalyň diwalary bilen kân sapar çaknaşarlar, netijede elektron bogdajygynyň dykzlygy has azalar. Bahanyň görkezişi ýaly kanalyň diwary bilen elektronlar $5 \div 6$ sapar çakyşan wagtlary elektron bogdajygynyň dykzlygy has peseler. Maskanyň kanalyň geometrik ululgyndan kesgitläliň:

$$\Psi_{kr} = \arctg [h/(k+1) \cdot l],$$

nirede h – maskanyň galyňlygy, l – maskanyň kanalyň ini, $k = 5 \div 6$ – maskanyň kanalyň diwary bilen elektron çakyşmalarynyň sany. Formuladan görnüşi ýaly şablonyň aşagyndaky elektronorezistiň ýagtylanmasy h/l gatnaşygy näçe köp bolsa, şonçada ol azdyr.

Çyzygyň ini $0,1 \div 0,3$ mkm hasaplanan maskalardaky galyňlyk $\Psi_{kr} = 50 \div 60\%$. Ýag gatlagy – membrana yzygiderlikde şablonyň üstünden elektron bogdajygy geçende galyňlygyň üstünden elektron bogdajygy geçende galyňlygyň ululygy şeýle kesgitlenilýär. Ilki bilen membrananyň ululygy galyňlygy kesgitlenilýär, ondan soň maskanyň galyňlygy, bular membrananyň galyňlygy bilen bilelikde geýýän elektron bogdajygynyň energiýasyny E_0 – dan $E_t = 0,6J$ çenli peseldýär.



Surat 2.34. "Membrana maska galyplarynyň düzümindäki galybyň kanalyň üstünden elektron bogdajyklarynyň geçenden rezistleriň ýagtylandyrylmasynyň kritik burçy. 1- membrana; 2- maska".

Bu energiýanyň we elektron galyplarynyň şöhlendiriş energiýasynyň bahasyndan ugur alyp maskanyň galyňlygyny tapyp bolar. Maska – membrana galyplarynyň düzümindäki ýukabardaly maskalaýyň ýapgyynyň galyňlygy membrana – maska

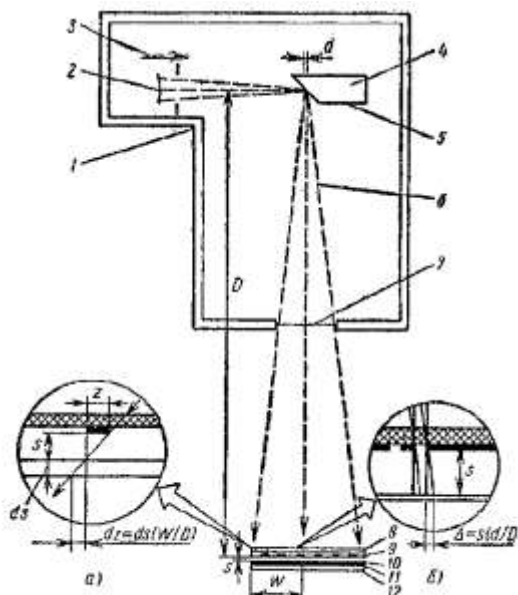
galyplarynyň düzümindäkiden has azdyr. Muny şeýle düşündirmek bolar: ýagny birinji halda maska gaçýan elektronlaryň energiýasyny takmynan 5 – 6 keW peseltmeli bolýar. Bogdajygyň galan energiýasynyň bölegi membranada ýuwdulýar. Ikinji ýagdaýda maskada elektrony 20 keW energiýa bilen ýuwtmaly, bu bolsa, onuň uly galyňlygyny şertlendirýär.

Tablisa 2.11."Maskanyň we membrananyň galyňlyk gatnaşyklary"

Şablonyň gurluşy	Galyňlyk, mkm		Şablonyň gurluşy	Galyňlyk, mkm	
	maskalar	membranalar		maskalar	membranalar
Au-Si	0,88	20	Au-Al ₂ O ₃	0,96	11,03
Mo-Si	1,35		Mo- Al ₂ O ₃	1,47	
Fe-Si	1,27		Fe-Al ₂ O ₃	1,53	
Cu-Si	1,19		Cu-Al ₂ O ₃	1,41	
Au-Al	0,98	17	Au-BN	0,89	17,46
Mo-Al	1,46		Mo-BN	1,4	
Fe-Al	1,55		Fe-BN	1,46	
Cu-Al	1,43		Cu-BN	1,34	
Au-SiO ₂	0,96	16,22	Au-SiC	0,929	13,55
Mo-SiO ₂	1,47		Mo-SiC	1,454	
Fe-SiO ₂	1,53		Fe-SiC	1,513	
Cu-SiO ₂	1,41		Cu-SiC	1,393	

2.3.Rentgen litografiýasy

Bu guýmanyň esasy pesenergetikaly rentgen şöhlesini eksponirlemek üçin ulanylýan kontaktly we kontaktsyz çap edilmesi tuýar. RG – yş ulgamy ýörite hususy rentgen gurnamasyndan ybarat bolup, oňa eksponirleýjiler, galyp bilen podložkany ylalaşdyryş ulgamyndan, prosessiýa galybyndan girýärler. Yşyk şablonyň (galybyň) üstünden geçip, bir meýdançada saklanýar (gijigýär), soň başgalarynyň üstünden geçip, rezistde galybyň şekilini proesirleýär.

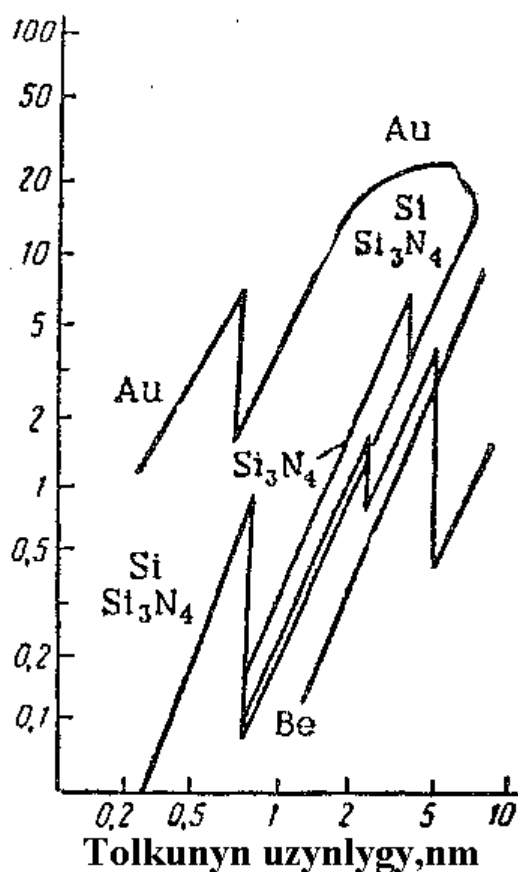


Surat 2.35.

2.3.1. Rentgenolitografiya üçin maskalar

RL – y üçin maska döredilmesinde esasy maksat rentgen şöhleleri üçin dury (ýagty) ýuka podložkalary taýýarlamakdyr. Ähli gaty materiallarynyň absorpsiýasynyň ýokary koeffisiýentli bolýanlygy sebäpli maskalar ýuka podložkalarda ýasalmalydyr (1÷12 mkm). Bir tarapdan maska rentgen şöhlesini oňat göýbermeli bolsa, (ýudunmanyň ýok ýerinde), başga tarapyndan dury (ýagty) däl ýerlerinde oňat ýuwtmaly. Podložka taýýarlananda iki tipli membrana – organiki we organiki däl (poliamid, kremniý, ikiturşly kremniý, alýuminiň we onuň birleşmesi).

Podložkalarda temperatura we çyglylyk üýtgän mahaly maskanyň ululygynyň durnuklylygyny üpjün etmelidir. Maskanyň podložka bilen 0,1 mkm takyklykda gabat gelmegi maskanyň birsynlylygy 0,1 mkm çenli 100 mm ýokary aralykda gowulanar. RL – y üçin maska aýnadan ýasalan esasly bolmaly däldir. (KTP aýna $3,7 \cdot 10^6 \text{ grad}^{-1}$) sebäbi bu ýagdaýda ol rentgen şöhlesiniň köp bölegini ýuwdar (syzdyrar). Bular üçin udel massasy az bolan materiallar ulanylýar, meselem berilliý, alýuminiý, kremniý, başga ýönekeý maddalar we birleşmeler, SiO_2 , SiN_4 , SiC we başga bir näçe organik birleşmeleri.



Surat 2.36. "Dürli materiallaryň ýuwdunma koeffisiýentiniň (mkm^{-1}) tolkun uzynlygyna (nm) baglylygy"

Suratda görnüşi ýaly rentgen şöhlesiniň podložkanyň üsti bilen berlişi ýuwutma koeffisiýenti bilen kesgitlenilýär, ol bolsa tolkunly uzynlygyna we galyňlygyna baglydyr. Haçanda AlK ($\lambda = 0,834 \text{ nm}$) çeşmesi maskanyň ýeterlik derejede dury bolmagyny üpjün etmek üçin kremniniň podložkasynyň galyňlygy 10 mkm köp bolmaly däldir, emma 2 nm köp bolan tolkun uzynlygyndaky şöhle üçin podložkanyň galyňlygy 1 mkm hem ýuka bolmaly. Has gysga tolkunlary elementleriniň ululygy 1÷10 mkm we ondan hem uly düzümleri eksponirlemekde ulanmak bolýar. Gysga tolkunly şöhlede eksponirlenende suratyň şekili peselýär. Sebäbi bu ýagdaý maskanyň altyn bilen çäýylan tarapynda rentgen şöhlesiniň döremegi bilen düşündirmek bolýar. Emissiýanyň täsirini peseltmek üçin hem-de fotoelektronlary rezistden çykarmak üçin eksponirlenen plastina bilen rezistiň arasyna metallyň ýuka bufer gatyny girizýärler ýa-da reziste ýuka (5-80 nm) metal gatlagyny çalyrlar (meselem, erbiýa). Şol wagt rentgen şöhlesi metalda ýuwdulýar we ikinji elektronlar rezist bilen täsir edişip, ony eksponirleýärler. Rentgen maskalary üçin podložkanyň optimal galyňlygy we absorbirleýji materialyň galyňlygy rentgen şöhlesiniň tolkunynyň uzynlygynyň funksiýasydyr. Rentgen şöhlesini ýuwdýan materialy dürli usullar bilen döredilýär. Ýönekeý wagtda iki sany metal gatlagy çalynýar: hrom gatlagy, ol podložkada adigeziýany üpjün edýär

we ýokarky – altyn gatlak, onuň galyňlygy rentgen şöhlesiniň gatylygyna baglydyr.

Altyn gatlagyndaky surat aşakdaky prosesleriň biri bilen döredilýär: ion – şöhle zäherlenme ýa-da fotolitografiýa portlamasy arkaly platina altyna görä has oňat ýuwdujy bolup, ýöne ol has gowşak tehnologik materialydyr. Rentgen maskalaryny taýýarlamakda has amatly material kremniý we onuň birleşmeleri hasaň edilýär. Altyn – kremniýe düzümlü maskanyň ýyllyk giňelme koeffisiýenty kremniý plastinalarynyň ýyllyk häsiýeti bilen ylalaşyp, olarda abzallar taýýarlanylýar. Maskanyň podložkasynyň galyňlygy 2 ... 5 mkm deňdir. Maskanyň suratyny döretmek üçin skanirleýji elektron mikroskopy ulanylýar. Usulyň ýokary takyklygy (0,1 mkm) maskalaryň ýokary takyklykda gabat gelmegini üpjün etmelidir. Maskalar üçin 1, 3 we 5 mkm galyňlykdaky kremniý membranalary kremniý esasdaky (100) we (110) oriýentasiýalysyny n – görnüşli materialy bor bilen laýyk çunlukda legirlemek arkaly alýarlar.

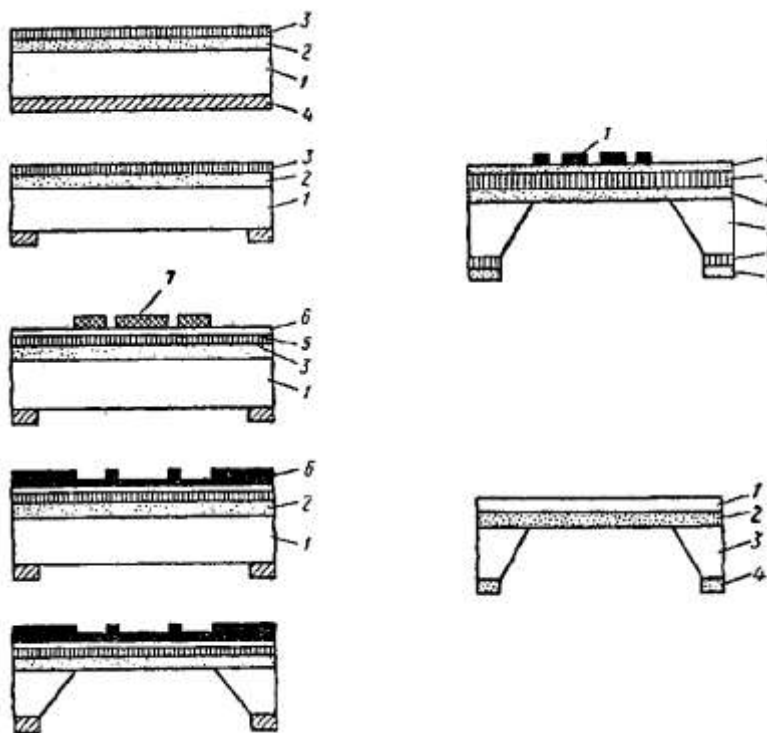
Plastinalarynyň başdaky galyňlygy 250 mkm deň Boryň diffuziýasy $1\div 3$ mkm çunluga bormistli bordan 3 sagdyn dowamynda 1320 K temperaturada geçirildi. 5 mkm çunlugy aljak bolsak – bor natridinden, onda temperatura 1410 K bolmalydyr. Borosilikat aýnasy aýrylandan soň plastinanyň işçi üstüne 30 nm hrom gatyny tozanlandyrylýar we altyn gaty 400 nm, ondan soň rezist çalyndy we onda maskanyň gerek bolan suraty çekildi, ahyrynda, ion – himik zäherlenmesi arkaly altyn gatlagynda surat alyndy. Rezist aýrylandan soň maskanyň suratyny galyňlygy 100 nm, SiO_2 – gaty bilen goradylýar. Maskanyň konstruksiýasyny berkitmek üçin kristallyň daşynda berkidiji gapyrgalaryň ulgamy döredildi: gapyrgalaryň ini 0,5 mm, kristallyň ululygy 2×2 mm. Şonuň üçin plasinalaryň ters ýüzüne fotorezist gaty çalyndy.

Diffuziýa usulyndan daşary kremniý membranalaryny epitaksil ösdürmesi (ekmesi) arkaly hem alyp bolar. Maskanyň nitrid kremniý membranasy esasdaky ýa-da $0,1\div 0,4$ mkm galyňlykdaky oksinitrid kremniý usullary hem bellidir. Olaryň taýýarlanylş döwürleri suratda 2.59 görkezilendir (100) n ýa-da p – tipli geçiriji oriýentasiýaly kremniý plastinasyny himik – mehanik usul bilen işçi tarapyndan timarlanýar we himiki timarlamasyna – ters tarapyndan 200 mkm galyňlyga çenli synagdan geçirýärler.

Işçi tarapyna plazmohimik usuly arkaly 1070 K temperaturadaky sredada Si_3N_4 gatlagyny 0,2 mkm galyňlykda çalyrlar we oňa goraýjy gatlagy SiO_2 – 0,2 mkm galyňlykda oňarylýar.

Plastinany ters tarapyndan termik turşadylýar (SiO_2) bilen galyňlygy 0,5 mkm). Plastinanyň iki tarapy FR bilen ýapylýar we plastinanyň ters ýüzünde SiO_2 bardasynda – äpişge döredilýär. FR aýrylandan soň işçi üstüne wakuum buglamasy

usuly bilen galyňlygy 0,005 mkm hrom we galyňlygy 0,02 mkm altyn gatlagy çalynýar. Indiki döwürde maskada döredilen suratda elektrolitik usuly bilen 1 mkm galyňlykdaky altyn serpilýär. Elektronorezist aýrylandan soň plastinanyň ters ýüzüne Si_3N_4 bardasyna çenli selektiw zäherlenmesinde zäherlendirilýär. Si_3N_4 - SiO_2 iki gatly membranasy roentgen şöhlesi üçin hem amatlydyr. Bu bolsa maskany podložka bilen optiki gabatlap bolmaklyga mümkinçilik döredýär.



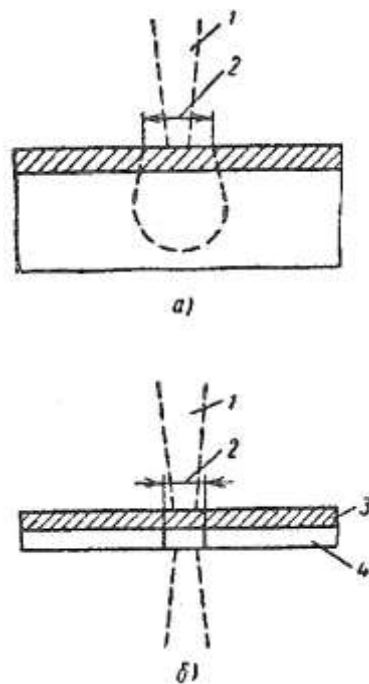
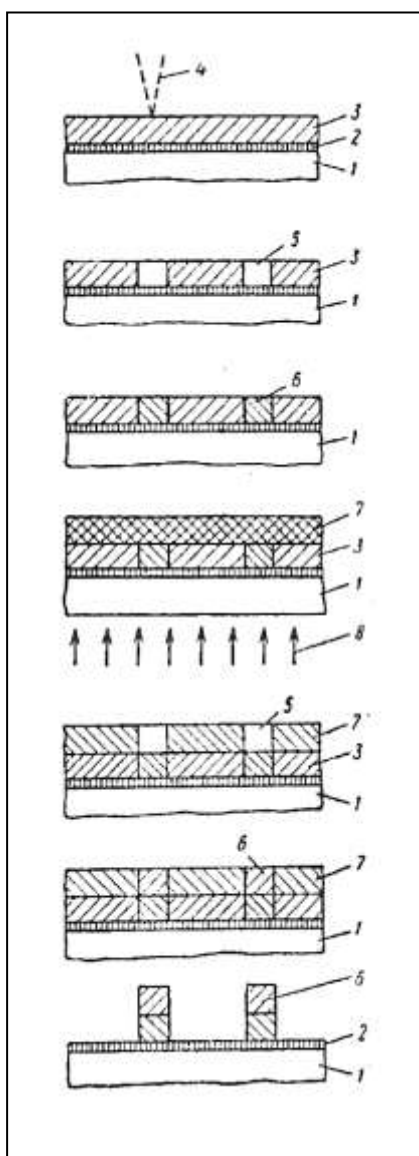
Surat 2.37. " SiO_2 - Si_3N_4 membranasy esasynda maskanyň taýýarlanylş döwürleri: 1 – kremniý (100); 2 – kremniý nitridiniň gatlagy; 3,4 – kremniý oksidiniň gatlagy; 5 – hromyň bardasy; 6 – altynyň bardasy; 7 – aýratyn bölejikleri"

Surat 2.60. " Si_3N_4 - SiO_2 - Si_3N_4 membrana esasdaky maska böleginiň shematik şekili: 1 – altyn bardasy; 2 – kremniý nitridiniň bardasy; 3 – 1 mkm kremniý oksidiniň bardasy; 4 – 0,2 mkm kremniý nitridiniň bardasy; 5 – kremniý plastinalary (100); 6 – 0,2 mkm kremniý oksidiniň bardasy; 7 – 0,2 mkm kremniý nitridiniň bardasy.

Surat 9.61. "Kremniý karbidinden kremnä barýan membrana bölejigi: 1- SiC -iň bardasy; 2,4-diffuziýa pt gatlaklary; 3-kremniý bardasy."

Bardasynyň üç gatly ulgamy Si_3N_4 - SiO_2 - Si_3N_4 hödürlendi, bu taýýarlama takyklygyny ýokarlandyrýar we şeýle maskanyň gabat gelmegini üpjün edýär. Si_3N_4 gatlagyny plastinanyň işçi üstüne plazmohimik usuly bilen 1050 K temperaturadaky silan we ammiak garyntgylary bilen çalýarlar. Kremniý plastinasynyň (100) galyňlygy 300 mkm. Gatlak döranden soň (Si_3N_4 -0,2 mkm galyňlygyndaky) ýokary ýygylýk (Ý.Ý-BЧ) tozanlatma usuly arkaly galyňlygy 1 mkm barabar. SiO_2 plýonkasy oturdylýar (çaýylýar), onuň üstünden ýuwardygy gatlag rentgen şöhlesi üçin 0,1 mkm galyňlykdaky titan bardasyndan – tozan

arkaly we 0,5 mkm plýonkany galwanik altyn hem çalyn. Membranany almak üçin kremniýni plastinanyň ters ýüzünden zäherlendirilýär (KOH – yň 30% suw ergininde bir sagatlap). Görünýän ýagtylyk membrananyň üsti bilen 80% geçýär, şeýle maskada alynan çyzygyň minimal ini 1 mkm deňdir. Üç gatlakly $\text{Si}_3\text{N}_4\text{-SiO}_2\text{-Si}_3\text{N}_4$ ulgamdaky gatlagyň galyňlygy we olaryň gatnaşyklary şeýle saýlanan, ýagny membranadaky mehanik güýjenmesi $8 \cdot 10^7 \text{ n/m}^2$ deň bolar ýaly edilip. Maskany kremniý karbidiniň ýuka gatlagynda-da kremniý plastinasynda (100) n-görnüşli geçirijilikli galyňlygy 280 – mkm derejede geçirip bolar. Onuň iki tarapynda-da diffuziýa arkaly boryň nitridinden $p \pm$ gatlagy 1,5 mkm galyňlygyndaky ýasaldy (döredildi); SiC plýonkasy tozanlandyrylandan soň plastinanyň işçi tarapynda maskanyň surety döredilýär, ters tarapyny bolsa KOH suw ergini (aşgaty) bilen $p \pm$ gatlagy çenli zäherlendirilýär (surat 9.61). Maskanyň portladyjy fotolitografiýasy usuly bilen hem taýýarlap bolar. Maskanyň suraty EL-iň kömegi arkaly döredilýär. Şonuň üçin fotorezist ýuka podložka çalynýar. Ekspozitsionirlenende şöhle podložkanyň içinden geçýär we elektronlaryň yzyna-tersine dargamagy örän az derejededir. Rezist ekspozitsionirlenenden we aýrylandan soň podložka metal plýonkasy çäýilýär. Erginde galan rezist aýrylýar maskanyň taýýar suraty alynýar, metal çyzygyň ini 0,3 mkm deňdir. Podložkanyň deregine Si_3N_4 , Al_2O_3 – iň ýuka plýonkalaryny ýa-da islendik organik materialyny ulanmak bolar.



Surat 2.38. "Elektron ýşygynyň galyň (a) we ýuka (b) podložkalary bilen özara täsirleriniň effekti: 1- elektron ýşygy; 2 – ekspozitsionirlenýän bölejik (meýdança); 3 – rezist; 4 – podložka"

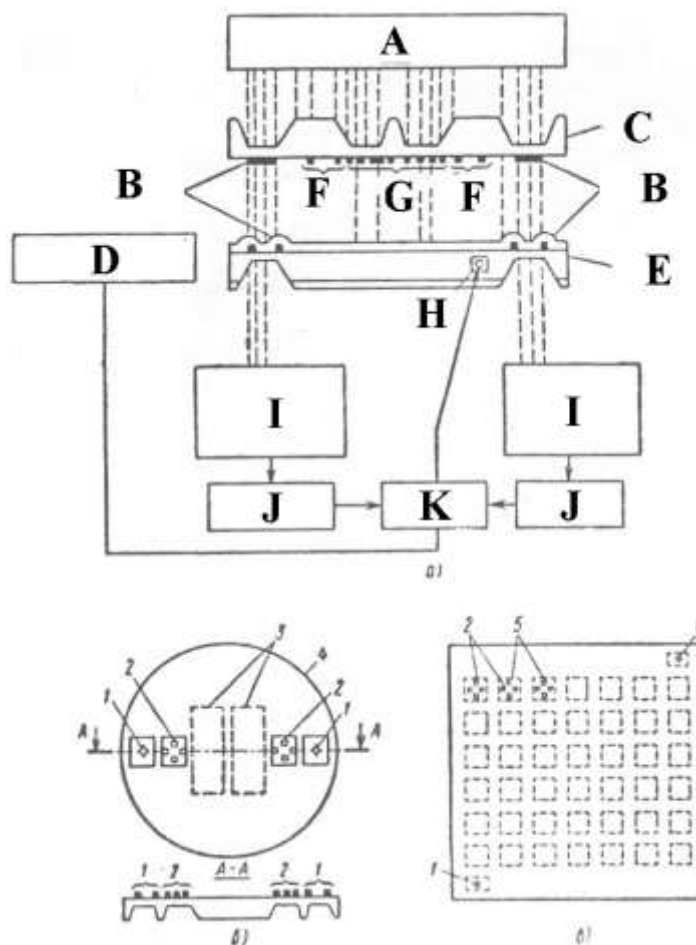
Surat 2.39. "Ýokarykontrastly rentgen maskalaryny taýýarlamagyň döwürleri: 1 – podložka; 2 – misiň galwanik gatlagy; 3 – pozitiw rezist gatlagy; 4 – elektron ýşygy; 5 – eksponirlenýän ýerler; 6 – altynyň galwanik gatlagy; 7 – negatiw rezistiň gatlagy; 8 – rentgen şöhleleri."

RL üçin maskanyň kontrasty birden ululygy tehnologik prosessi boýunça ýerne ýetirýär. Rentgen şöhlesini göýberýän podložka metallyň ýuka galwanik gatlagy çalynýar, meselem 0,2 nm mis we onuň ýokarsyndan pozitiw rezistiň ergini. Rentgen şöhlesini göýberýän podložka metallyň ýuka galwanik gatlagy çalynýar, meselem 0,2 nm mis we onuň ýokarsyndan pozitiw rezistiň ergini. Gatlagyň galyňlygy maskasynyň suratyny çyzygyň in pes inine ylaýyk gelmelidir. Indiki döwürde plastina negatiw rezistiň gatlagy çalynýar we podložka tarapyndan rentgen şöhlesi bilen eksponirlenýär. Şol wagtda rezistiň diňe metall meýdançasyny bilen goralmadyk ýeri ýagtylandyrylýar. Bu ýagdaýda galwanik oturdyş arkaly altyn çalynan maskanyň suraty eksponirlemäniň indiki operasiýalarynda galyp hökmünde ulanylýar. Şöhlelendirlenden soň negatiw rezisti eksponirlenmedik meýdançasynyndan aýyrýarlar. Bu meýdança galwanik usul arkaly altyn gatlagy bilen ýapylýar (negatiw rezistiň beýikligine çenli). Gerek wagty maskanyň suratynyň beýikligini ulaldyp bolar. Ony diňe negatiw rezistini çalmak operasiýasyny gaýtalamak arkaly amala aşyryp bolar. Suraty şeýle döretmek usuly maskanyň başga hillerini taýýarlamakda-da ulanmak bolar. Ýuka we optiki tekiz membranalarynyň taýýarlanýan prosessinde döretmeklik hödürlenýär. Şonuň üçin podložka galyňlygy 1,5 mm bolan optiki tekiz kwarsy merkezifugirleme arkaly polimid çayýlýar. Merkezifuganyň aýlaw tizligi we kislotasynyň konsentrasiýasy bardanyň (gatlagynyň) galyňlygyny kesgitleýär. Poliamid kislotasy 420-520 K temperaturada 1 sagadyň dowamyndaky termoişlenip taýýarlanyşdan soň poliamide öwrülýär. Ýylylyk taýýarlygyndan soň gatlag metallyň ýuwduş gatlagy çalynýar. Zäherlenme prosessi döwründe polimid plýonkasy tarapyndan izopropil spirti çalynýar. Bu polimidiň üstünden pozitiw basyşyňy üpjün edýär we plýonkanyň deşikleriniň içinden geçýän zäherleýjileri bitaraplaşdyrýar. RL üçin taýýarlanan maskalar ionolitografiýada-da ulanyp biliner. Olaryň iş tertibi elektronrezistiň plýonkasyny kollimirlenen ion ýşygy bilen şöhlelendirmeklige esaslanandyr. Bu usul ululygy 0,5 mkm hem kiçi bolan elementleri almaklyga mümkiçilik berýär.

2.3.2. Ylalaşdyrma (sowmeşeniýe)

RL – de işçi galyby roentgen şöhle eksponirleýji gurnamasyna ýerleşdirilýär. Ol ýerde galybyň topologiýasy podložka geçirilýär (surat 9.64). Podložka galyp bilen gödek edilip ylalaşdyrylýar, soň rentgen gurnamasy işe göýberilýär. Rentgen şöhlesiniň bir bölegi ylalaşdyrma nokadynyň üsti bilen geçip, detektora gelýärler, signal ol ýerden pýezoelektrik priwodlaryna gelýär we ol X we Y oky boýunça

podložkaly stoly herekete getirýär. Stolyň hereketi tä şablondan reper bellikleriniň we podložkanyň ortalara gabat gelyänçe dowam eder. Olary ylalaşdyrmak üçin YG – şöhlesi (ИК) ulanylýar. Olar rentgen şöhlesine garanyňda kremnä has çuň çümýändirler.



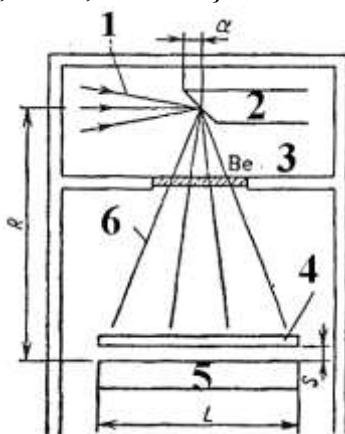
Surat 2.40." Ylalaşdyryjy garnamanyň shemasy (a); galyp-taýýarlamasy(б); we işçi galyby (в): 1-rentgen şöhleleri üçin ylalaşdyryş belligi; 2-reper nyşanlary; 3-kristall; 4-galyp; 5-topologiýa; A-gowşak rentgen şöhleleriň çeşmesi; B-utgaşdyrma belligil; C-şablon; D-X okundaky pýezoelektrik herekete getiriji; E-plastina; F-reper bellikleri; G-Topologiýa; H-Y okyndaky pýezoelektrik herekete getiriji; I-gowşak rentgen şöhleleriň detektory; J-nolyň detektory; K-dolandyryjy gurma "

Rentgen topologiýa şöhlesiniň tolkunynyň az uzynlygy netijesinde ($\lambda=0,4\div0,5$ nm) ahyrky ululygyň rentgen şöhlesiniň çeşmesi galypdan we rezistden daşlaşdyrylýar. Çeşmäniň ahyrky ululygy we rentgen şöhleleriniň dargamagy ýarymgaraňkylygy we geometrik päsgelçiligini ýüze çykarýar (surat 9.65). Ýarymkölegli şekil rentgen rezistdäki çyzygyň ýitiligini peseldýär we ulgamyň litografiýa çözgüsiniň rygsat berilen minimal ululygyny kesgitleýär Δ mkm. $\Delta = s \cdot (d/D)$, nirede d – şöhle çeşmesiniň diametri; D – çeşmeden galyba çenli aralyk. Ýokary çözgüli (çözgüçli) ulgamlarda $\Delta = 0,1$ mkm köp bolmaly däldir. Ýöne şol

bir wagtda S aralyk örän köp bolup, rezistiň galyp bilen birleşmesine (kontaktyna) ýol bermeli dälär.

Kontaktsyz proyeksiýa ulgamlary näsazlyklaryň has pes dykzlygyny (seýrekligini) üpjün edýär. Geometrik päsgelçilikler şablonyň suratynyň reziste proyeksirlenmesi dürli tarapa dargaýan bogdajyklar bilen amala aşyrylýar. Ol ululygy Z şekiliň ornynyň bogdajygyň merkezi okyna bolan gatnaşygyna baglylygydyr $Z=S(W/D)$, nirede W – plastinadaky bogdajygyň merkezi okyndan şekili çenli aralygydyr. Hemme plastinalarynyň bir wagtda eksponirlenende W onuň diametriniň ýaryna deňdir. ELL gurnamasy diňe galyp öndürmek üçin ulanylman, eýsem ol plastinada göni suraty döretmekde, emma rentgen gurnamasy – şekili galypdan plastinka geçirmek üçin hem ulanylýar. Öndürijilige, YS-yň elementleriniň ululygyna we RL – iň ylalaşma hiline baglylykda iki ugra tarap ösýär: şöhesiniň uzynlygy $\lambda = 0,4 \div 1,3$ nm aýlanýan anodly rentgen gurnamasy ýönekeý ylalaşma ulgamyna garanyňda ulanmak, has duýgur (5 J/sm^3) negatiw rezistlerini ulanmak. Bu öz gezeginde 0,5 mkm çözmek we eksponirmäniň dowamlylygynyň 1 min köp bolmazlygyny, YS – yň elementleriniň ululygy $0,5 \div 1$ mkm bolmagyny talap edýär.

Şöhlesiniň uzynlygy (sinhron) $\lambda = 1 \div 2,5$ nm deň, has çylşyrymly (birinji ugurdakydan), ylalaşdyryş ulgamyny, PMMA hili pes duýgurly, ýöne has ýokary çözgä ukyply pozitiw rezistini ulanmak, köp gatlakly düzümlü elementleriniň ululygy $0,05 \div 0,5$ mkm çenli sinhron şöhlelerini ulanmak.



Surat 2.41. "RL prosessiniň shemasy"

1-elektronlaryň toplumjygy; 2-mişen; 3-aýna; 4-şablon; 5-podložka; 6-X şöhleler.

2.4. Litografiýada iýdirme prosesleri

Litografiýa prosesinde rezistde surat almak üçin şöhläni mikroelektron gurnamasynyň materialyna berilýär. Suwukluklarda çygly zäherlenmesi we

plazmada gury zäherlenme prosessleri ulanylýar. Kremniýni zäherlemek üçin izotop we anizotop zäherlenmeleri ulanylýar. Anizotop zäherleýjileri kremniý podložkasyna <100> we <110> has ýokary tizlikde zäherleýärler (<111> ugra garanynda). Köp wagtlarda anizotop zäherleýjileri köp komponentli erginler bolup, ol gidratirlenen dioksid kremniý derejesine çenli turşadýan turşadyjydan ybaratdyr. Izotrop zäherleýjileri hemme kristallografik ugurlar boýunça kremniýni bir tizlikde zäherleýärler,olar zäherlemek we himiki ýylmançaklamasy üçin kremniýni ulanylýarlar. Izotop zäherlejisiniň düzüjisiniň gatnaşygyny üýtgedip zäherleme tizligini üýtgedýärler. Meselem, HF:HNO₃:CH₃COOA=1:40:15-i tizligi 0,15 mkm/min bolan kremniý (111) bilen,kremni (100) – 0,2 mkm/min bilen zäherlendirilýär (başgaça aýdylanda örän ýuwaş (T=298 K) p we n kremniýni <100> ugra 130 mkm/min tizlik bilen zäherlenýär, emma <111> ugra – 4,5 nm/min tizlikde zäherlenilýär.

2.4.1.Kremniýni anizotropik iýdirmek

Mikroelektron gurnamalarynyň tehnologiýasynda AT kremnisi giňden ulanylýar. (100) ugrukdyrylan kremniý tekizlik (100) baş tekizlikleriniň biridir, onuň (110),(111),(100) we (211) tekizlikler kesişinde göniburçly simmetiriýaly şekiller döreýär. Şonuň üçin şol tekizlige abzallar taýýarlanylanda köp üns berilýär. (AT usulyny ulanyp) (100) tekizligi (111) burçuň dört tekizligi bilen 54°44' (54°77') burçda kesişýärler.

Tablisa 2.14. "Mos üçin zäherleýjileriň düzümi"

Komponent	Iýji							
	1	2	3	4	5	6	7	8
FeCl,ml	-	-	-	-	-	-	450	-
H ₂ SO ₄ ,ml	-	-	-	-	-	-	450	-
HCl,ml	15	-	-	-	-	-	18,5	-
HNO ₃ ,ml	-	50	-	250	250	-	-	-
H ₂ O,ml	70	50	1000	250	250	1000 çenli	113	1000 çenli
CrO ₃ ,gr	-	-	450	-	-	450	-	-
(NH ₄) ₂ S ₂ O ₈ ,g	-	-	-	-	-	-	-	200
r	-	-	50	-	-	160	-	50

H2SO4,ml	-	50	-	250	-	-	-	-
H3PO4,ml	-	50	-	250	-	-	-	-
CH3COOH,ml	15	-	-	-	-	-	-	-
H2O2,ml	-	-	-	-	-	-	-	-
SnCl2,gr	-	-	-	-	-	-	-	-
KJ,gr	-	-	-	-	-	-	-	-
NH4OH (20%-li), ml							-	-

Tablisa 2.14-iñ dowamy

Komponent						
	9	10	11	12	13	14
FeCl,ml	-	1000	1000 65%-li	300	-	-
H2SO4,ml	160	1000	-	-	-	-
HCl,ml	-	-	10 37%-li	-	1000 çenli	-
HNO3,ml	-	15	-	-	-	-
H2O,ml	1000-e çenli	-	-	1000 çenli	-	-
CrO3,gr	-	-	-	-	-	-
(NH4)2S2O8,gr	50	-	-	-	-	-
H2SO4,ml	-	-	-	-	-	-
H3PO4,ml	-	-	-	-	-	-
CH3COOH,ml	-	-	-	-	-	-
H2O2,ml	-	-	-	-	-	50
SnCl2,gr	-	-	-	-	50	-

KJ,gr	-	-	100	-	-	-
NH ₄ OH	-	-	-	-	50	-
(20%-li), ml	-					

Anizotrop zäherleýjileri kremniýni (100) tekizliginde tä zäherlenme (111) tekizligine barýança edilýärler. Ol prosess äpişgäniň gýralaryndan SiO₂ plýonkada başlanýar we V-şekilli profil döredýärler. V-şekilli çukurjygyň çuňlugy kremniý plastinkasynyň penjiräniň inine baglydyr. Zäherlenme haçanda (100) tekizlikleriniň tekizlige çykýan meýdançalary. Zäherlenmeden soň durýar we çukurjyklaryň profilini üýtgedip bolar. Indi bolsa zäherleýjileriň düzümine seredeliň.

Tablisa 2.15.

Material	Zäherleji		Zäherlenme tizligi, mkm/min	Zäherlenme temperaturasy, K
	Düzümi	Sany, ml		
Metallar	Ortofosfor kislötasy	60	0,33	333±2
Al	Izopropil spirti	15	150-250nm/min	313
	Deionizirlenen suw	10		
	Ortofosfor kislötasy	80		
	Azot kislötasy	5		
	Uksus kislötasy	45		
	Ortofosfor kislötasy	228		333
	Azot kislötasy	9		
	Distirlenen suw	15		
	Duz kislötasy	10		293±2
	Distirlenen suw	40		
	Ortofosfor kislötasy	45		333
	Distirlenen suw	55		

Ni	Hrom anidridi	351	0,1	293
	Plawik kislota	5		
	Distirlenen suw	500		
	Azot kislota	10		
	Distirlenen suw	50	0,1	293
	Ortofosfor kislota	17		
	Azot kislota	17		
	Uksus kislota	66		
	Distirlenen suw	50	0,1	303
	Persulfat ammoniya	50 gr		
	Kükürt kislota	10		
	Distirlenen suw	100		
	Hlor demri	300 gr	1,5	293
	Kükürt-turşy misi	100 gr		
	Distirlenen suw	1000		
	Bromly kaliý	20 gr		
Dielektrik gatlagy SiO	Brom		0,5÷1	293
	Distirlenen suw	100		
	Duz kislota	30		
	Azot kislota	10		
	Ftor-wodorodly kislota	50	0,5÷1	293
	Ftorly ammoniy(50%-li)	50		
		10		
	Ftor-wodorodly kislota	20 gr		
	Ftorly ammoniy	70 gr		
		50 gr		

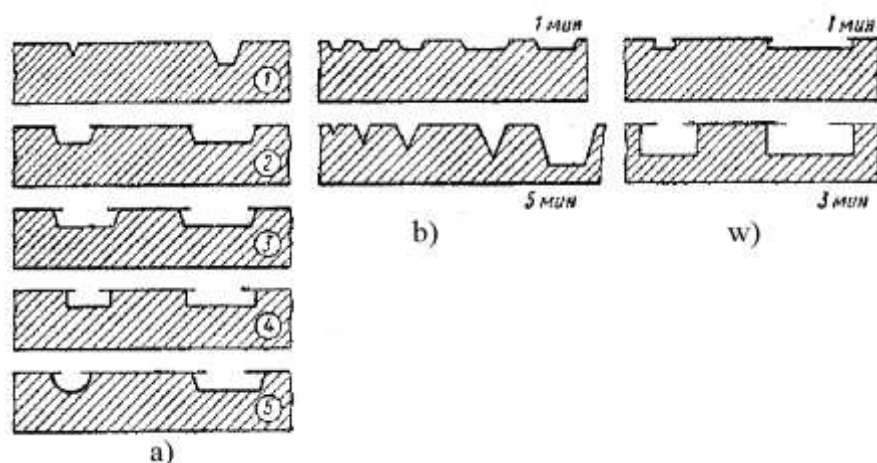
SiO ₂	Wodorod perekisi	50	100 nm/min	293
	Distirlenen suw	50		
	Azot kislotasy	140		
	Ftor-wodorodly kislotasy	389 gr		
	Ftor-wodorodly kislotasy	1000- çenli	12 nm/min	293
	Ftorly ammoniý	15 ml		
	Distirlenen suw	10 ml		
	Ftor-wodorodly(49%-li) kislotasy	300 ml		
	Azot kislotasy	20	0,22	293
	Distirlenen suw	10 gr		
Al ₂ O ₂	Kükürt kislotasy (d=1,135)	10 ml	0,06 nm/min	293
	Ftorly ammoniý	30 gr		
	Ftorly-wodorodly (garylan) kislotasy	70		
	Ftorly ammoniý			
	Distirlenen suw	50		
	Ftorly-wodorodly (garylan) kislota	50		
Fe ₂ O ₃	Kükürt kislota	14 gr		
	Duz kislotasy	10 gr		
	Hlorly demir	50		
Gat aşagy	Iodly kaliý			373
	Distirlenen suw	20		

NiCr	Duz kislotasy (garylan)	20	12	293
	Duz kislotasy	60		
	Azot kislotasy	20		
	Distirlenen suw	20		303÷313
	Duz kisotasy (d=1,19)	20		
	Kükürt kislotasy (d=1,85)	20 gr		
		50 gr		293
	Distirlenen suw	1000-		
	Iýiji natriý	çenli		
	Kömürturşy natriý			
V	Distirlenen suw		12	
		10		
	Wodorod turşysy (35%-li)	100		
		10		
	Azot kislotasy	40		293
Ti	Distirlenen suw	10	12	
	Azot kislotasy	40		
	Ortofosfor kislotasy	10		305
	Uksus kislotasy			
	Distirlenen suw	90		
	Frorly-wodorodly (48%-li)	65		
		1		293
	Distirlenen suw	30		
	Kükürt kislotasy	-		Gaýnaýança
	Ftorly-wodorodly kislota	50		293

	Distirlenen suw	5		
Kremniý we germaniý	Ortofosfor kislotaşy (garylan)	20÷10		
		40÷10		
	Iýiji natriý (40%-li)	40÷30		
Si (mono)	Ftorly-wodorodly kislota	10		
	Ftorly-wodorodly kislota	40		293
		40		
Si (poli)	Uksus kislotaşy	10		
	Azot kislotaşy	40		293
	Ftorly-wodorodly kislota	10		
Ge	Azot kislotaşy	200		
	Azot-turşy kümüşi	200		293
	Ftorly-wodorodly kislota	10		
	Azot kislotaşy	10	3	293
	Azotly-turşy kümüşi (100 ml-e 1gr H ₂ O ₃)	10		
		40		
	Propilenglikol	20	12	293
	Distirlenen suw	10		
	Ftorly-wodorodly kislota	15	0,1÷0,15	293
		25		
	Azot kislotaşy	15		
	Wodorod turşysy	20	0,5÷0,6	293
	Distirlenen suw	40		
	Ftorly-wodorod kislotaşy	20		293
	Wodorod turşysy	100		

MJIT-3M	Ftorly-wodorod kislota	80		293
	Azot kislota	30		
	Uksus kislota	100		
	Ftorly-wodorod kislota	50		
	Azot kislota	100		293
	Azot kislotasy (54%-li)	10 gr		
	Etilenglikol	50		
	Distirlenen suw	45		
	Ftorly-wodorod kislotasy	5	240 nm/min	293
		50		
	Azot kislotasy	35		
	Distirlenen suw	5		
	Azot kislotasy	60	120 nm/min	293
	Ftorly natriý (doýgun)			
	Ftorly-wodorod kislotasy			
	Duz kislotasy			
	Ftorly-wodorod kislotasy			
	Distirlenen suw			
	Azot kislotasy			
	Ftorly-wodorod kislotasy			
	Distirlenen suw			

Zänerleme figurasynyň profili (100) tekizligine ugrukdyrylan suratynyň ugruna baglydyr. Profilleriň konfigurasiýasy surat 2.42. görkezilendir.



Surat 2.42. "Profilleriniň konfigurasiýasy"

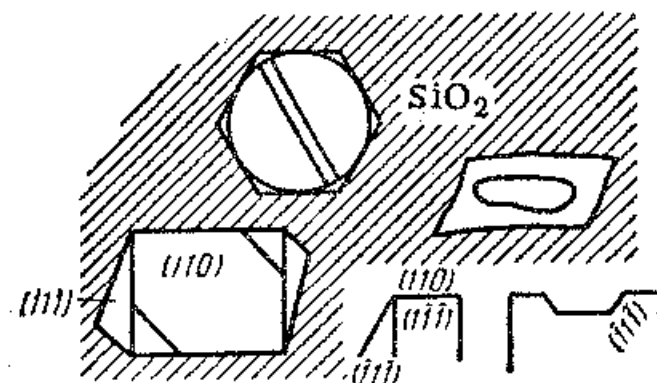
a– ýapjagazynyň ini 10 we 30 mkm we $\theta=0$ we 90° ; 15 we 75° ; 30 we 60° ; $0 \div 90$ kislota zäherleýjesindäki 36%-li KOH ergininde zäherlenendäki profilleriň konfigurasiýasy"

oriýentasiýasy (110) kremniýniň plastinasy (111)-niň alty tekizligi bilen kesişýär, olaryň dördüsi (110) tekizligine perpendikulýardyr, galan ikisi bolsa (110) tekizligi bilen $35^\circ 26'$ burçy astynda kesişýärler. (111) we (111) tekizlikleri (110) tekizligine perpendikulýär bolup,özara $109^\circ 48'$ burçy astynda kesişýärler.(surat 2.77).(111) we (111) tekizlikleri (110) tekizligi bilen $35^\circ 26'$ burçy astynda kesişýärler we lunkanyň içinde bolsa $109^\circ 48'$ burçda V-ýapjagazynyň zäherlenme prosessiniň yzygiderligi surat 2.78-de görkezilendir.

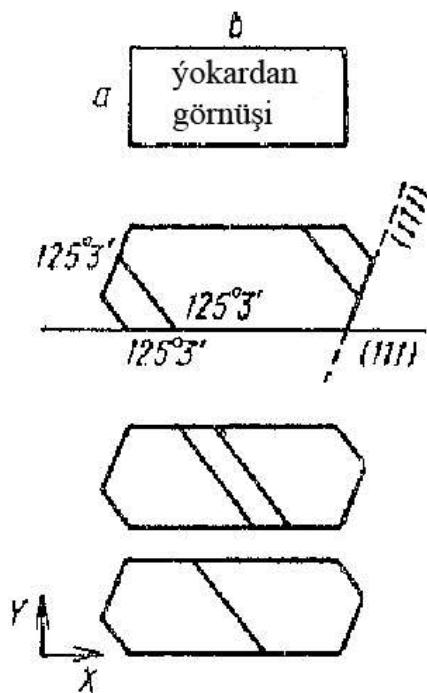
Tablisa 2.17 "Kremniý üçin zäherleýjileriň häsiýetnamasy"

Görnüşi	Düzümi	Tizligi mkm/min	Tekizlik	Goşmaça bellikler
Izotroply	$H_3PO_4:HNO_3$: CH_3COOH	5	(111)	—
Garyntgyly -bagly	$H_3PO_4:HNO_3$: CH_3COOH	3	(100)	ýuwaş zäherlendirme
Anizotroply	KOH:propil spirti: H_2O	1	(100)	$T=353\text{ K}$; $\langle 111 \rangle$ de tizlik 100 gezek peselýär, prosess $p \pm$ oblastynyň çäginde

ýa-da oriýentirle- nen-bagly				gutarýar
Anizotroply	KOH:H ₂ O	8		T=353 K;<110> ugurda tizlik 600 gezek <111>- däki ugurdan köpdir
Anizotroply konsentra- siýaly- bagly	Etilendiamin: irotehin:suw (gidrazin)	1,1	(100) (100)	T=373 K; zäherleme p++ oblastynyň bölünýän ýerinde gutarýar SiO ₂ zäherlenmesi has ýuwaşdyr



Surat 2.43."Oriýentasiýasy (110) kremniniýniň V-ýapjagyzdaky zäherlenmesi"

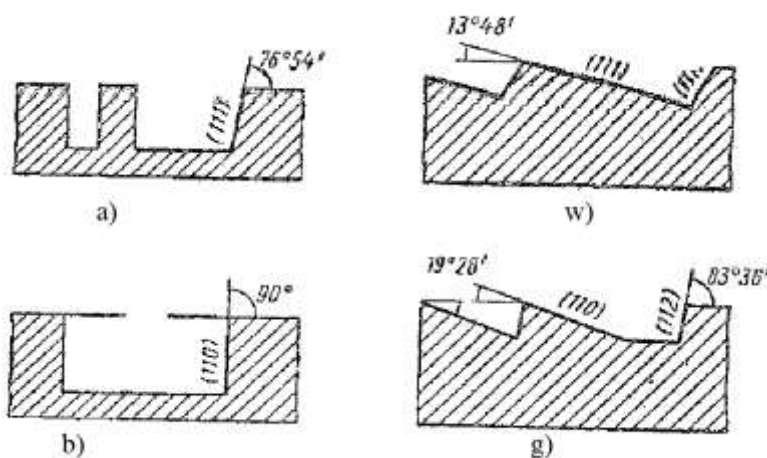


Surat 2.44. "V-ýapjagazyň zäherlenme prosessiniň yzygiderligi"

Egerde ýapjagazyň düýbi $\langle 110 \rangle$ tekizligi bilen çäklendirilen bolsa, onda zäherlenmäniň özüni çäklendirilmegi heniz başlamandyr. V- ýapjagazyň özüni çäklendirşiniň çuňlugy $d = (a + b\sqrt{2})/2\sqrt{b}$ bilen aňladylýar, başgaça aýdylanda d penjiräniň aýnasynyň inine we ýapjagazyň uzynlygy b (V-ýapjagazy üçin $d = a\sqrt{2}$) baglydyr. (100) we (110) oriýentasiýaly kremniý podložkalaryndaky zäherlemäniň figurasynyň oriýentasiýa şertlerine baglylygy tabl 2.18-de görkezilendir.

(122) oriýentasiýaly kremniý diskleri zäherlenende ol dört sany göniburçly sektora bölünip, onda II, II, V-görnüşli profilleri görmek bolar. II-görnüşli profil 11'we 79' burç astynda maskirlenende döreyär. Profiliň gapdal taraplary bölüp, (111) tekizligi gulluk edýär we ol (122) tekizligine 78°54' burç astynda gysardylýar II-şekilli profil 45°burç astyndaky maskirlemekden alynýar. Gapdal taraplary (profiliň) (110) tekizligi tarapyndan alynyp, ol anizotrop zäherleýjilerinde tiz ereýän tekizlikdir. 135°burç astynda maskirlenip alynan profil talaplarynyň simmetrik dälligi bilen tapawutlanýar. Bu profiliň gapdal talaplary bolup (111) tekizligi gulluk edýär. Gapdal taraplary tekizlige tarap $\beta = 19^\circ 28'$ we $\gamma = 63^\circ 36'$ burçlary astynda gysardylandyr, olar (122) tekizliginiň (110) we (122) tekizlikler bilen kesişende döreyär. II we V- şekilli profiller iş ýüzünde zähersizlendirilmeýärler. AT döwründe maskirleýji material bolup SiO_2 plýonkasy gulluk edýär. SiO_2 plýonkasynyň erginlikdäki durnuklylygy KOH-yň konsentrasiýasyna baglydyr. Zäherleýjiniň konsentrasiýasy 40% ýokarlandyrlanda kremniý oksidiň zäherlenme tizligini birden köpeldýär. Oksidiň plýonkasynyň

galyňlygyny dogry saýlap almak üçin onuň bir näçe tankydy ululyklaryny (SiO_2) bilmek gerekdir. Erginli zäherleýjiniň ($\text{KOH}:\text{H}_2\text{O}$) optimal konsentrasiýasynda zäherlenme tizligi SiO_2 0,01; $\text{Si}(100)$ 3,2; $\text{Si}(110)$ 4 mkm/min deňdir.

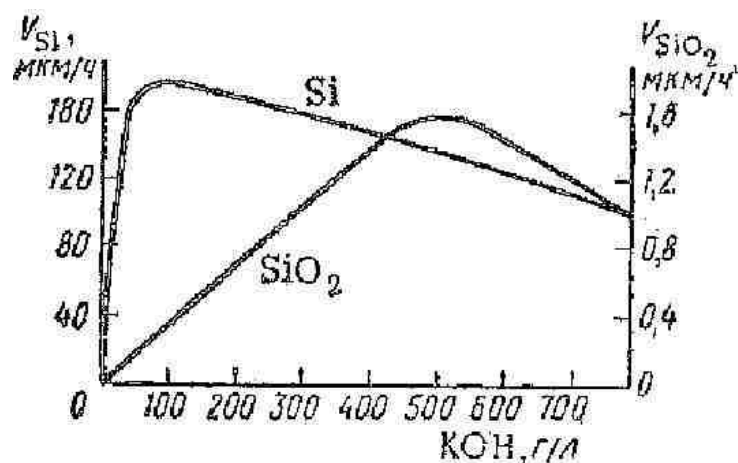


Surat 2.45. "(112)-li oriýentasiýaly kremniýniň α burçy astynda maskirlendäki zäherlenmesindäki profilleriň konfigurasiýasy: α -11° we 79°; δ -45°; β -135°; 2°-150°

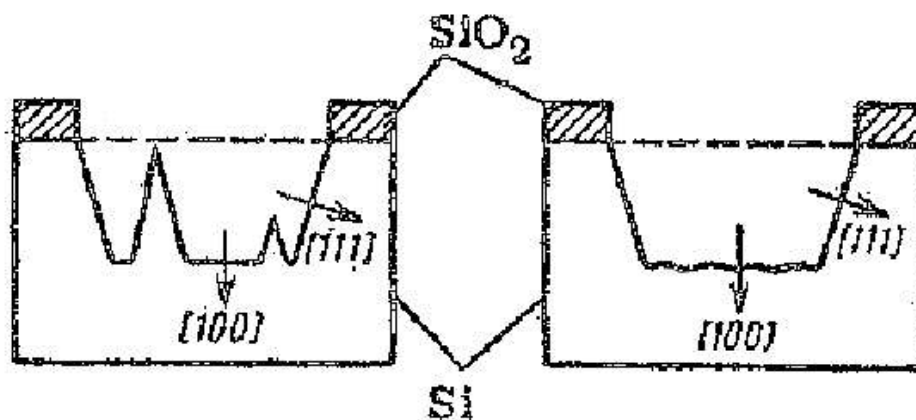
Ergin zäherleýjiler alýuminden ýasalan maskalara täsir edýärler. SiO_2 plýonkasy tejribe ýüzünde gidrazingidratda ($\Gamma\Gamma$) eremeýär, bu bolsa maska hökmünde onuň hatda (0,3÷0,5mkm) ýuka gatlagyny ulanmaklyga mümkinçilik berýär. Alýümin bilen maskirleme $\Gamma\Gamma$ -de mežoblastyň beýikligi 30 mkm barabar ýagdaýdakysyny zäherlemeklige mümkinçilik döreýär. Aminopirokatik garyntgylary maska deregine diňe kremniý dioksidiki däl-de, onda başga Al, Ag, Au, Cu, we ş.m. ulanmaklyga mümkinçilik berýär.

Iýdirilen relýefiň hili

Kremniýniň zäherlenme prosessini (100) we (110) tekizlikleriň zäherlenmesi, gapdal diwalary we düýpleri, burç we gapdal kömekçi zäherlendirilmeleri bilen bahalandyrylýar. Bular bolsa öz gezeginde zäherlendirijiniň düzümine, onuň temperaturasyna we wagtyna baglydyr.



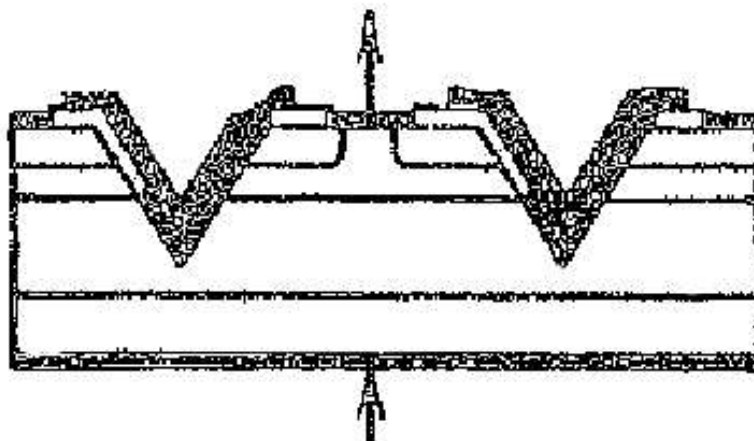
Surat 2.46. "Kremniýniň we SiO_2 plýonkasynyň zäherlendirilme tizliginiň 370÷371 K-däki erginiň konsentrasiýasyna baglylygy"



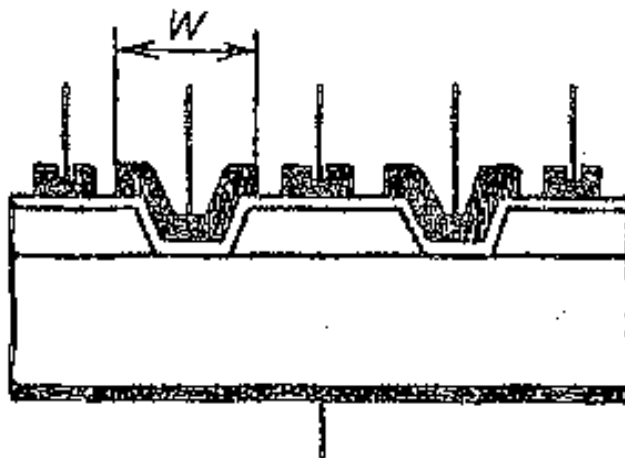
Surat 2.47. "V-ýapjagazyň (100) düýbündäki näsazlyklar"

Kremniýniň AT zäherlenmesinde zäherlenýän relýefiň elementleriniň formasynyň pozulma meseleleri has ýitidir. Berilen relýefi gapdallaýyn we burçlaýyn zäherlenme görnüşleri bardyr. (110) kremniý üçin surat altyburçly (romb,parallelogram) bolmaly, onuň taraplary parallel ýa-da [111] ugra tarap 70° burç astynda bolmalydyr. Kremniýniň anizotrop zäherlenmesi komponentleriniň ýokary derejedäki integrirlenen howa ýa-da elektrik izolýasyýasynda taýýarlanan giňden ulanylýar. YÇ-dielektrik izolirlmek üçin kanawkalar zäherlenende göniburçlyk görnüşindäki surat ulanylýar, onuň taraplary (100) oriýentasiýaly plastinkalardaky $\langle 110 \rangle$ ugurlara perpendikulýar ýa-da paralleldir. AT arkaly döredilen V-görnüşli we trapeseidal ýapjagazlary has güýçli МДП-wertikal konstruksiýaly, doýgunlyk režiminde işleýän meýdan tranzistorlarynda hem giňden ulanylýar. AT usuly konsul görnüşli miniatýur balkaly uçlary taýýarlamaklyga mümkinçilik döredýär. Her bir dördünji balkaly uç ini 5÷40 we uzynlygy 15÷160 mkm görnüşde taýýarlanylýar. Ýapjagazyň çuňlugy (balkaly uçlaryň aşagyndaky)

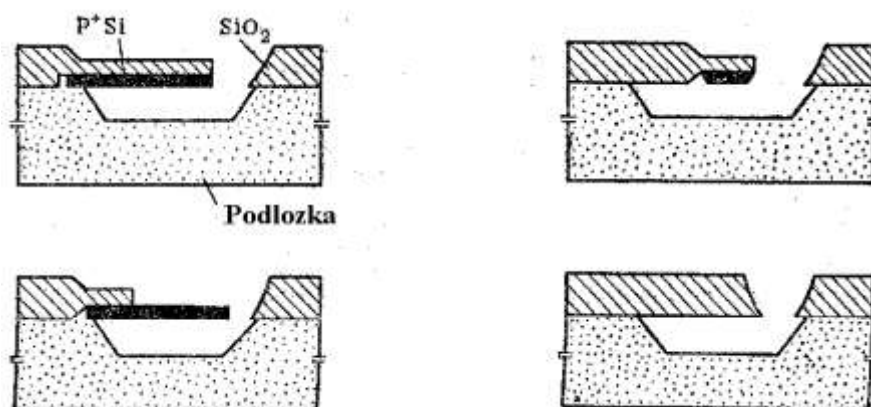
zäherleme wagty bilen kesgitlenip, ýönekeý wagty onuň ululygy $15 \div 50$ mkm deňdir.



Surat 2.48. "Wertikal kanally MДП-транзисторыň kese-keseginiň düzümi"



Surat 2.49. "Trapeseidal ýapjagazly meýdan MДП-транзисторыnyň düzümi"



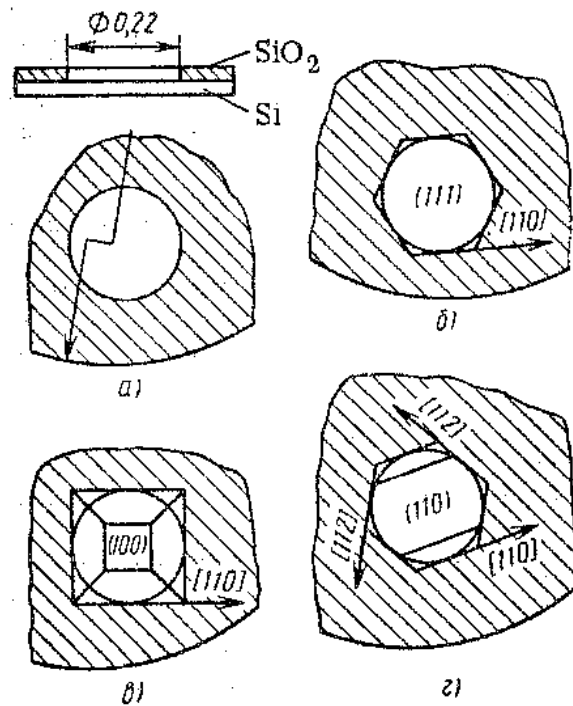
Surat 2.50. "Balkaly uclar (wywodlar)"

AT usuly has ýuka plýonkalary – membranalary taýýarlamakda hem ulanylýar. Meýdany 1 mm^2 çenli, galyňlygy bolsa 125 mkm deň bolan ýerde ýuka kremniý membranasy alyndy. Ýuka plýonkalar fotogalyplarda (Φ III)maska hökmünde, uly çözgi ukyply radioliniýalarda ulanylýar. AT usuly has ýokary hilli, ýapjagazy takyk geometrik görnüşindäki we doly yzyna serpiji diwalary difraksiýa gözeneklerini taýýarlamaga mümkinçilik berýär. Bu gözenekler bölüji şahalaýjy hökmünde, filtr hökmünde integral optikasynda giňden ulanylýar. Anizotrop zäherlenmesiniň häsiýeti kwadrat şekilindäki tegelek, ululygy kwadratyň taraplaryna we tegegiň diametrine deň şekilleri hem alyp bolar. AT usuly mežoblastynda dogry (kwadrat, göniburçlyk) geometrik şekilini almak bolar. Bu bolsa öz gezeginde köpşirli elektrik birleşdirijilerini taýýarlamaga mümkinçilik berýär. Elektrik ştirleri kriogen temperaturasynda, köp kanally matrisalaryň düzüminde, olar öz gezeginde zaryad gurnamalarynda optiki abzallarda ulanylýar. Anizotrop zäherlenmesi (AT) optiki tolkunäkidişlerinde, optiki filtrlinde, plastinallaryň kristallara bölünýän toparlaýyn tehnologiýasynda hem ulanylýar. Bu usul arkaly monokrastalyň tebygy mikroşliflerini hem almak bolar. Meselem, ony nokatly näsazlyklara tapmaklyk usulynda (deşikleriň), ýagny oriýentasiýasy (100) we (110)-ly plastinkaly kremniý oksidindäki näsazlyklara ýüze çykarmakda hem ulanyp biliner.

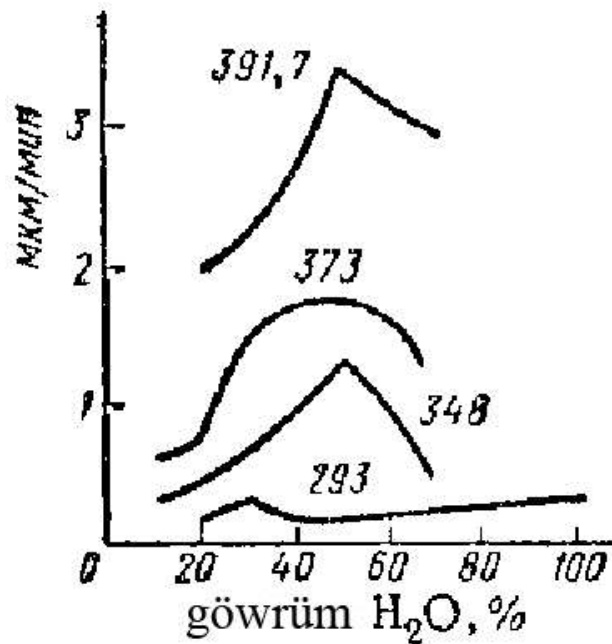
2.4.2. Kremnini anizotropiki iýijiler

Gidrazin (ГГ) N_2 -suw H_2O ulgamy.

Zäherlenmäniň netijesine erginiň temperaturasy we konsentr5asiýasy täsir edýär. Optimal temperaturasy 373 K deňdir. (100) tekizligi bilen çäklendirilen düýbün üstüniň hili temperatura hem-de konsentrasiýa baglydyr (Surat 9.89,9.90,9.91). Suwy we gidrozini deň göwrümdäki ergin üçin islendik zäherleme temperaturasynda düýpde piramidanyň we tolkungörnüşindäki üstüň döremegi mahsusdyr. $T=373\text{ K}$ temperaturada ergindäki suwuň azalmagy onuň düýbündäki üstüň has ýokary hilliligine alyp barýar, emma 30% we ondan hem az bolanda bolsa, düýpde piramida we tolkun şekilli üstler düýbünden döremeýär. 20% suwly we 80% gidrazinli hem-de $T=373\text{ K}$ bolan argindäki zäherlenme düýpde tolkun görnüşli (100) üsti döredýär (tekizligi).



Surat 2.51. "Zäherlenme figurasynda nokatly geometriýasynyň döreyän döwründäki kremniý plastinalary"



Surat 2.52. "TT-däki Si (100) zäherlenme tizliginiň zäherleýjiniň düzümine we temperaturasyňa baglylygy"

Düýbün üstüniň ýokary hilli bolmaklygy talap edilende suwuň sany 30 % köp bolmaly däldir. Gidrazin-suwuň düzümindäki gidraziniň mukdary AT-niň

ähmiýetine laýyklykda alynmalydyr. 293 K temperaturadaky zäherlenme köp sandaky piramidajyklaryň döremegine alyp barýar. Egerde ergine katehin goşulanda şonda-da onuň sany köpeliýär. Egerde penjilerde SiO_2 -niň ýuka gaty galan bolsa, onda zäherlenme bolmaýar; egerde oksid gatynyň soňuna çenli zäherlenmedik adajyklary galan bolsa, onda piramidal nädüzlikleri döreýär. Şonuň üçin AT-ni gysga wagtlaýyn dowam etdirmelidiris(2..5 min),ony KOH (350 g/litr) ergininde geçirilýär. Şeýle işlerinden soň nädüzlikleriň sany has azalýar we olar deşik deşmeklige päsgelçilik bermeýärler. Γ -niň artykmaclygy, onda kremniý dioksidiniň eremeýänligi bilen düşündirilýär, ol bolsa öz gezeginde SiO_2 -niň has ýuka ($0,3 \div 0,5$ mkm) gatyny 500 mkm galyňlygy çenli Si plastinkalary deşilende maskalaýjy gatlak hökmünde ulanylýar. Goraýyş maskasynyň ornyny alýumin gatynyň wakuumdaky tozanlamasy ýerine ýetirip biler. Γ -ulanylanda içki burçlarynyň goşmaça zäherlemesi örän ujypsyzdyr, emma daşarky burçlarda has göze görünýän tovlanma emele gelip, bu bolsa tekizlikleriň zäherlenmesi bilen baglydyr. Belli bolşy ýaly Γ -niň suw bilen garyndysy 4:1 gatnaşygynda ulanylanda ($T=373\text{K}$) V-MДП-транзисторlary döredilende giňden ulanylýar. Γ -öz boluşly güýçli zäherdir we onuň bilen işlenilende örän ägä bolmalydyrys. Etilendiamin $\text{NH}_2(\text{CH}_2)_2\text{NH}_2$ -piratohin $\text{CH}_4(\text{OH})_2$ - suw ulgamy. Etilendiamin-pirokatehin – suw (ЭПБ) integral (YÇ) çatgylarynda we V-MДП-транзисторlaryny taýýarlananda giňden ulanylýar. Bu zäherleýji öňkölere(Γ -ä) garanyňda az taksidlidir we metallaryň ionlary bilen has az hapalanandyr (KOH bilen deňleşdirlende). Şonuň üçin zäherlendirijiniň düzüminde olaryň oklugy sebäpli V-ýapjagazynyň zäherläp, V-MДП-транзисторlaryny taýýarlamakda has köp ulanylýar. ЭПБ ergini garyndy konsentrasiýalaryna has duýgurdyr, zäherlenme prosessi ýuwaşýar. Zäherleýjini [110] ugry zäherlemekde hem ulanylyp biliner. Zäherlenmäniň tizligini köpeltmek üçin oňa Γ goşulýar. Zäherleme erginiň hemişelik düzümlü bolmagy üçin ony ýapyk ulgamda geçirmeli we zäherleýjiniň buglanýan komponentleriniň çalyşyp durmagyny üpjün etmeli. Birşyhly we barlanýan zäherlenmäni (göwrüm paýy, %, etilendiamin (Э), piratohin,(П),suw(B)=46,4:4:49,4. Zäherlenme $391 \pm 1\text{K}$ ergin gaýnamsyndaky temperaturada geçirilýär. Zäherleýjiniň tizligi (100), (110) we (111) tekizlikleri üçin 50,30 we 1 mkm/sag deňdir. Tehniki ösdürilen SiO_2 plýonkasy üçin zäherlenmäniň tizligi we Si_3N_4 wakuuma gimiki girizilen plýonka üçin 15 we 8 nm/sag deňdir. Э:П:В=255 ml:45gr:120ml zäherlejileri hem durnuklydyrlar. Bu suwuklyk ergin 373 K temperaturada $\langle 100 \rangle$ we $\langle 111 \rangle$ kremnini 1,1 mkm/min we birnäçe mkm/sag, emma SiO_2 üçin – 0,8 nm/min tizlikde zäherlendirilýär. Zäherleýji kislorodyň täsirine has durnuklydyr we hiç hili galyndysy ýok bolup,ol 6 gr pirazini (1 l etildiaminde) we onuň düzüminde Э:П:В=7,5 ml :2,4 gr:2,4 ml bardyr. Olar mono we ýarymkristally kremnini 323 ÷ 392 K temperaturalarda zäherlemede ulanylýar. Erginiň düzüminde ЭПБ–niň bolmagy ony kislorodyň täsirine has durnukly edýär. ЭПБ erginindäki p+ Si(100) zäherlenme tizligi

peselýär. Boryň $10^{(19)} \text{ sm}^{-3}$ konsentrasiýasynda ol gaty peselýär we $7 \cdot 10^{(19)} \text{ sm}^{-3}$ ululykda tasdan nola deň bolýar. Ýuka membranalar döredilende $\text{Э:П:В}=10:3:8$ ml zäherleýji düzümi; temperaturasy 383 K; $\langle 100 \rangle$ ugra tarap kremniý zäherlenmesiniň tizligi 60-70 mkm/sag barabardyr. Edil şolar ýaly düzümdäki zäherleýji balkaly uçlary taýýarlamakda ulanylýar. KOH iýiji kaliý – $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$ (ПС) propil spirti – suw H_2O ulgamy. Anizotrop garyndysyna propil spirtiniň $0,01 \div 0,03$ mol KOH-yň we suwuň girizilmegi tejribe ýüzünde diňe bir A fazasynyň döremegine alyp barýar (ýokarky gatlagyň). Şol wagt dörän B fazanyň göwrüminden (aşaky gatlagyň) azyndan iki esse azdyr. Bu ýagdaýda zäherleýjiniň gaýnaýyş temperaturasy azeotrop garyndysynyň gaýnaýan temperaturasyna laýyk gelýär we zäherleýiş prosessinde hemişe 361 K deň bolup, bu bolsa zäherleýjiniň düzüminiň birsyklydygyny görkezýär. ПС bilen suwuň azotrop gatnaşygynda 71,7% (0,43mol) spirt we 28,3 % (0,57 mol). Suw bolup, bu ýagdaýda zäherleme prosessiniň hemişeligini görmek bolýar. Kremniý we kremniniň eremek tizligi zäherlňiş režiminde hemişelikdir we olar 1 we 0,019 mkm/min deňdir, başgaça aýdylanda $V(100) : V(111) = 50:1$ bolan gatnaşygyny görmek bolar. SiO_2 -niň zäherleniş tizligi 10 nm/min azdyr. Kremnini zäherlemek üçin (100) anizotrop zäherleýjisi KOH:ПС: H_2O (deionizirlenen)=250 gr:200 ml :800 ml has ownuk zäherlenişde, ýagny FR 298 K maska deregine çuňy üçin (>20 mkm). Zäherleme 353 K SiO_2 ýa Si_3N_4 giňden ulanylýar. $\langle 100 \rangle$ ugra tarap zäherlenişiniň tizligi $\langle 111 \rangle$ ugra tarapyňkydan 100 gezek köpdür. Bu zäherleýji SiO_2 -ny 2,8 nm/min tizlikde eredip, ol Si_3N_4 görä aýdyň enetlidir. Hatda 5 sag zäherlenişden soň (353 K) hem goşmaça zäherleniş synlanylmady. KOH iýiji kaliý – (ИПС) izopropil spirti $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$ – H_2O suw ulgamy. Optimizirlenen ulgam KOH:ИПС: H_2O =32 gr :250 ml:375 ml ybaratdyr zäherleýiş temperaturasy 353 ± 2 K, bi 1,5 we KOH erginiň ИПС болан 3:2 gatnaşygyna laýyklykdur. Si(100) zäherleniş tizligi KOH we ИПС-иň konsentrasiýalaryna baglydyr. Bu ulgam (ИПС 83% azdyr) gapdal zäherlenmesini $\langle 310 \rangle$ we $\langle 210 \rangle$ ugurlary boýunça berýär ИПС-иň goşulmagy SiO_2 ereme tizligini peseldýär. KOH – ИПС- H_2O ulgamy YÇ-da ýüklemek МДП-транзисторlaryny taýýarlamakda ulanylýar. Zäherlenişdäki temperatura 333 K deňdir. Bellemeli zat, peseldim temperatura (100) V-ýapjagazynyň düýbünde nädüzlükleri düzeltmeklige mümkinçilik döredýär. Ýokary woltly V-МДП транзисторlaryny taýýarlamakda KOH:ИПС: H_2O =15 gr:50 ml:100 ml zäherleýjileri ulanylýar. 353 K temperaturada $\langle 100 \rangle$ ugurdaky kremniý zäherlenmesiniň tizligi 0,11 mkm/min deňdir. Difraksiýaly gözeneklerini döretmekde KOH:ИПС: H_2O =4,5 gr:25 ml:15 ml zäherleýjisi giňden ulanylýar (zäherleme temperaturasy 333 K, wagty 45 sek). KOH iýiji kaliý ulgamy-izopropil spirit $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$ -suw H_2O – wodorodyň perekisi H_2O_2 ; KOH iýiji kaliý – suw H_2O – wodorodyň perkisi. Aşgar zäherleýjiniň polirleme täsirini gowulandyrmak üçin oňa H_2O_2 goşulýar. Anizotrop zäherleýjisiniň düzümine KOH – $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$ - H_2O - H_2O_2 (A) we KOH- H_2O - H_2O_2 (B) (100) oriýentasiýaly kremniý plastinalarynda

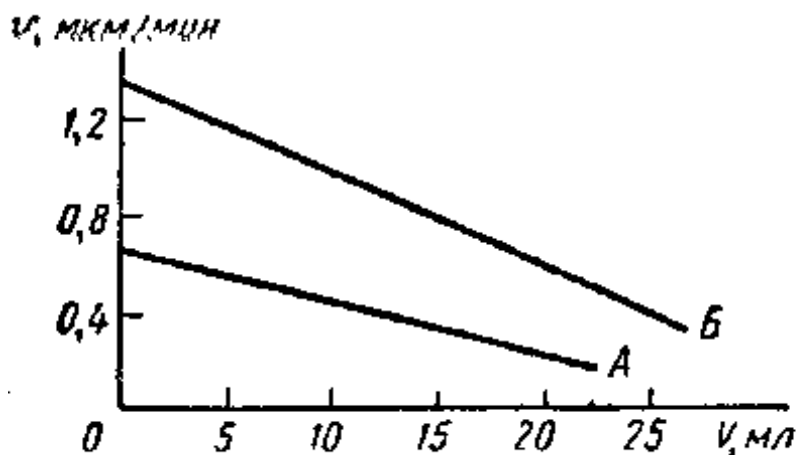
ýokary häsiýetli mikrorelýefini almaklygy üpjün edýär. Bu bolsa granlary $(111) 10^4 \div 10^2 \text{ sm}^{-2}$ çenli piramidajyk görnüşindäki näsazlyklarynyň dykzlygyny azaltmaga mümkinçilik berýär. Zäherleýiş temperaturasy $353 \pm 1 \text{ K}$; H_2O_2 köp bolmadyk sanyny zäherleýjä goşsak $\langle 100 \rangle$ ugurdaky kremniniň zäherlenme tizligi peselýär, ýöne tejribe ýüzünde ol elementleriniň gapdaldaky we burçdaky zäherlenmesine uly täsir etmeýär 30%-li H_2O_2 -nyň 5 ml-i A zäherlemek üçin optimaldyr. B ulgamy üçin optimal edilip 2,5 ml alynýar. 30%-li H_2O_2 goşulmasynyň netijeliligi zäherleme çuňlugynyň ösdügiçe onuň täsiri peselýär. Ol bolsa 353 K temperaturada 30 min zäherlendirlende H_2O_2 dargamagy bilen düşündirilýär. Bu kemçilik AT prosessine goşmaça 30%-li H_2O_2 -nyň göniden-göni goşulmagy arkaly düzeldilip biliner. KOH iýiji kaliý-suw H_2O ulgamy kremnini $\langle 110 \rangle$ ugurda zäherlemek üçin $\text{KOH}:\text{H}_2\text{O} = 33:35:65$ ergini ulanylýar, zäherleýjiniň temperaturasy 353 K. Kremniý $\langle 111 \rangle$ ugurda $\langle 110 \rangle$ ugurdan 600 gezek zäherlenilýär. Kremniniň zäherlenme tizligi $V(110) = 0,8 \text{ mkm/min}$, $V\text{SiO}_2 \sim 3 \text{ nm/min}$ deňdir.

Tablisa 2.19. "КДБ-4,5 $\langle 100 \rangle$ oriýentasialy kremniý plastinalarynda çuňlugy 400 mkm mikrorelýefiň AT prosessindäki esasy görkezijisi"

Zäherleýjiniň düzümi	$V\text{Si}$ mkm/min	$V\text{SiO}_2$ mkm/min	Gapdal zäherlenmesi B, mkm	Burç zäherlenmesi r, mkm	Piramidanyň dykzlygy sm^{-2}	Maksimal ululyk
$\text{KOH}:\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}:\text{H}_2\text{O} = 35 \text{ gr}:250 \text{ ml}:375 \text{ ml}$	0,6	3	3,25	19	10^4	40
$\text{KOH}:\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}:\text{H}_2\text{O}:\text{H}_2\text{O}_2(\text{A}) = 32 \text{ gr}:250 \text{ ml}:375 \text{ ml}:5 \text{ ml}$	0,5	2	3,35	27	10^5	20

KOH:H ₂ O:H ₂ O ₂ (Б)=	1,3	2,1	3,4	100	10 ²	10
32 gr:375 ml:2,5 ml						

Goşmaça :30%-li H₂O₂ ulanylýar.

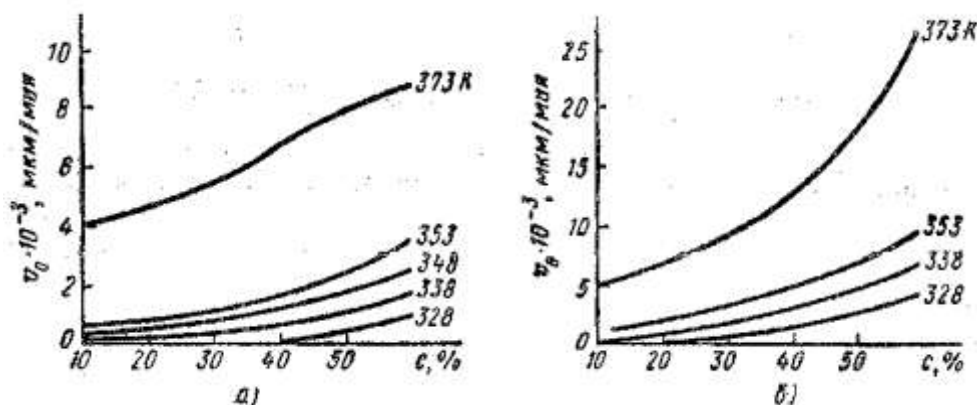


Surat 2.53. "Kremniýniň [100] ugra zäherlenme tizliginiň 353 K temperaturadaky A we B zäherleýjisindäki 30%-li H₂O₂-nyň düzümine baglylygy"

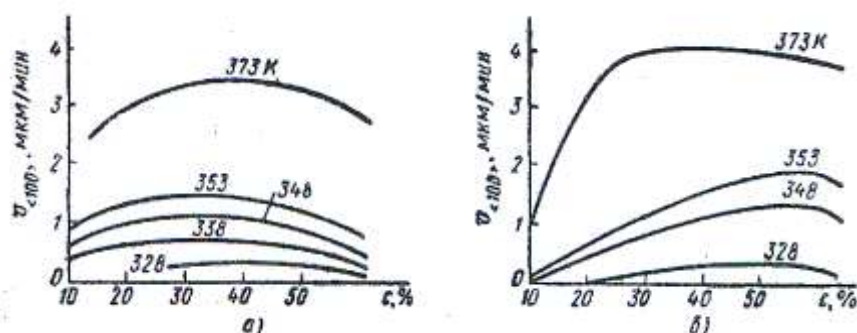
Zäherlemeden owal H₂O₂:NH₄OH:H₂O=1:1:4 garyntgysy bilen 6 mminutlap ykjam işläp taýýarlamaly. Kremniýniň zäherlenen tekizligini ИПС-іň konsentrasiýasyny köpeltmek arkaly artdyrylýar. Aýna ýaly tekizlikdäki düýbi temperaturasy 373 K we konsentrasiýasy KOH 350 gr/litr (V(100)=2,6±0,1 mkm/min) almak mümkindir.

Suratyň elementleriniň göniburçly şkilini görnüşini diňe elementleriň taraplaryny 15% burçda <110> ugra ýerleşdirlende hiç hili üýtgetmezden saklap bolar. Egerde düzüminiň burçynyň formasynyň üýtgemeginiň hiç hili ähmiýeti bolmasa ýa-da hasaba alynan bolsa, onda (100) tekizligindäki V-görnüşli jaýryklaryň zäherlenmesini KOH (300÷350 gr/litr) ergini bilen suw gabynda geçirmek bolar. Şol ýagdaýda <100> ugurda goşmaça gapdal zäherlenmesi we 145 mkm/min çuňlukda maksimal tizlikdäki zäherlenme geçirilip biliner. Si-niň we SiO₂-niň zäherlenme tizligi KOH üçin zäherlenmesiniň optimal režimi hasaplanyp:

$T=373\text{ K}$, $C=30\%$ massaly mukdary, emma NaOH üçin: $T=373\text{ K}$; $C=40\%$ massaly mukdary hasaplanýar. Ýýji kaliniň suw erginini kremniý plastinasynda oksid bardasynyň az galyňlygy gerek wagtynda ulanmak has amatlydyr. SiO_2 -niň has ýuka gatlagyny almak bolar.



Surat 2.54. "Kremniý dioksidniň zäherlenme tizliginiň zäherleýjiniň agram konsentراسیاسyna we suw KOH (a) we NaOH erginleri üçin temperaturasyna baglylygy"



Surat 2.55. "Kremniý (100)-iň zäherlenme tizliginiň zäherleýjiniň konsentراسیاسyna we KOH (a) we NaOH (b) suw erginleriniň temperaturasyna baglylygy"

Edebiýatlar

1. Türkmenistanyň Konstitusíasy. Aşgabat, 2008.
2. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşň täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. I tom. Aşgabat, 2008.
3. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşň täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. II tom. Aşgabat, 2009.
4. Gurbanguly Berdimuhamedow. Garaşsyzlyga guwanmak, Watany, Halky söýmek bagtdyr. Aşgabat, 2007.
5. Gurbanguly Berdimuhamedow. Türkmenistan – sagdynlygyň we ruhubelentligiň ýurdy. Aşgabat, 2007.
6. Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Berdimuhamedowyň Ministrler Kabinetiniň göçme mejlisinde sözlän sözi. (2009-njy ýylyň 12-nji iýuny). Aşgabat, 2009.
7. Türkmenistanyň Prezidentiniň «Obalaryň, şäherleriň, etrapdaky şäherçeleriň we etrap merkezleriniň ilatynyň durmuş-ýaşayyş şertlerini özgertmek boýunça 2020-nji ýyla çenli döwür üçin» Milli maksatnamasy. Aşgabat, 2007.
8. «Türkmenistany ykdysady, syýasy we medeni taýdan ösdürmegiň 2020-nji ýyla çenli döwür üçin Baş ugry» Milli maksatnamasy. «Türkmenistan» gazetiniň, 2003-nji ýylyň, 27-nji awgusty.
9. «Türkmenistanyň nebitgaz senagatyny ösdürmegiň 2030-njy ýyla çenli döwür üçin Maksatnamasy». Aşgabat, 2006.
10. Ökdirow A., Kuliýew T.A. Senagat elektronikasy – Aşgabat: Ýlym, 2005.
11. Ансельм А.И. Введение в теорию полупроводников: Изд. «Наука» - М., 1978.
12. Бонч-Бруевич В.Л., Калашников С.Г. Физика полупроводников: Изд. «Наука» - М., 1977.
13. Бриндли Кейт, Карр Джозеф Д. Карманный справочник инженера электронной техники, Издательство: Додека XXI век, 2009.
14. Броудай И., Мерей Дж. Физические основы микротехнологии: Пер. с англ. – М.: Мир, 1995 в 2 томах, Издательство: «Додека XXI век», 2008.
15. Валиев К. А. Физика субмикронной литографии. М.: Наука, 1990
16. Вендик О.Г., Горин Ю. Н., Попов В. Ф. Корпускулярно – фотонная технология. – М.: Высшая школа, 1984.
17. Викулин И.М., Стафеев В.И. Физика полупроводниковых приборов, -М.: Радио и связь, 1990.
18. Готра З.Ю. Технология микроэлектронных устройств: Справочник. - М.: Радио и связь, 1991
19. Зеегер К. Физика полупроводников: Перевод с английского Р. Бразиса, А. Матулениса и А. Тетервова. Под ред. Ю. К. Пожелы. : Изд. «Мир» - М.: 1977.

20. Зи С. «Физика полупроводниковых приборов». В 2-х книгах, М: Мир, 1987.
21. Киреев П.С. Физика полупроводников: Учебное пособие для втузов. – М.: «Высш. школа», 1975.
22. Молекулярно-лучевая эпитаксия и гетероструктуры. /Под ред. Л. Ченга и К. Плога. М.: Мир, 1989.
23. Пасынков В.В., Чиркин Л.К. Полупроводниковые приборы (учебник для вузов, 7-е издание). СПб: Лань, 2003
24. Пикус Г.Е. Основы теории полупроводниковых приборов – М.:, 1965.
25. Старосельский В. Физика полупроводниковых приборов микроэлектроники: учебное пособие .Издательство: «Высшее образование », 2009.
26. Технология и автоматизация производства радиоэлектронной аппаратуры - М.: Радио и связь, 1989.
27. Физика полупроводников: Лабораторный практикум. Часть 1./ Под редакцией В.И. Ильина. – СПб. : СПбГТУ, 1994.
28. Физика полупроводников: Лабораторный практикум. Часть 2./ Под редакцией В.И. Ильина. – СПб. : СПбГТУ, 1996.
29. Фистуль В.И. Введение в физику полупроводников: Учебное пособие для вузов. – М.: «Высш. школа», 1984.
30. Шалимова К.В. Физика полупроводников: Учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1985.

Mazmuny

GIRIŞ.....	3
------------	---

1-NJI BAP. MIKROELEKTRON GURLUŞLARYNY ÝYGNAMAK 4

1. 1. Mikroelektron çatgylarynyň platalarynda.....	4
1.1.1. Yelimlemek usuly.....	4
1.1.2. Galaýylamak usuly.....	10
1.1.3. Içki güýjenmelere gözekçilik.....	11
1.2. Mikroelektron gurluşlarynyň (MEG) simleriniň uçlary ýygnalandaky (bejerilendäki) mikrokebşirleme	16
1.2.1. Ýylylyk kompresiýasy	16
1.2.2. Gytak impuls ýylaldyjyly basyşly kebşirleme.....	20
1.2.3. Kontakt kebşirlemesi.....	22
1.2.4. Ultrases kebşirlemesi.....	24
1.3. Mikrokebşirleme üçin iş gurallary.....	29
1.3.1. Guralyň böleginiň geometriýasy.....	29
1.3.2. Guralyň konstruksiýasy.....	30
1.3.3. Mikrokebşirlemäniň tehnologiýasy.....	33
1.3.4. Gejiriji - gatlak mikrokebşirleme çatgysynyň hilini barlamak	36
1.4. Mikroelektron gurluşlar ýygnalanda mikrogalaýylamanyň tehnologiýasy we pripoýlary.....	41
1.4.1. Galaýylama.....	41
1.4.2. Galliý we indiy pripoýlary.....	43
1.4.3. Elektrik geçiriji ýelimler.....	45
1.5. Simsiz ýygnamagyň tehnologiýasy.....	48
1.5.1. Simsiz ýygnamagyň konstruksiýasy.....	48
1.5.2. Göwrümli sütünjikleriň aýajyklarynyň konstruksiýasy.....	48

2-NJI BAP. FOTOLIGRAFIÝANYŇ MANYSY WE ESASY PROSESLER 51

2.1. Mikroelektron gurnamalarynyň tehnologiýasyndaky litografiki prosesleri(işleri).....	51
2.1.1. Fotolitografiýanyň mazmuny we esasy prosesleri.....	51
2.1.2. Fotogalyplardaky reper bellikleri.....	59
2.1.3. Fotorezistiň perdeleýji bardasyndan rezistiw perdesini aýyrmak.....	65
2.1.4. Şekilleri geçirmek usullary.....	73
2.2. Elektron şöhle litografiýasy.....	82
2.2.1. Elektron rezistleri.....	83
2.2.2. Elektron - şöhle eksponirlemek usuly (EŞE).....	88
2.2.3. EŞE – i üçin galyplar.....	90
2.3. Rentgen litogrfiýasy.....	92

2.3.1. Rentgenolitografiya üçün maskalar.....	93
2.3.2. Ylalaşdırma(sowmeşeniye).....	98
2.4. Litografiyada iydirmə (trawleniye) prosesleri.....	100
2.4.1. Kremniýni anizotropik iydirmek.....	101
2.4.2. Kremniýni anizotropiki iyijiler.....	115
Peýdalanylan edebiýatlar.....	122