

TÜRKMEN POLITEHNIKI INSTITUTY

A.Jomartow

**Mikroelektron enjamlary
taslamagyň awtomatik ulgamlary**

Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw
kitaby

Aşgabat – 2010

Giriş

Türkmenistanyň özüne Garaşsyz döwlet diýip yglan eden gününden başlap, ýurdumyzda uly özgerişler başlady. Hormatly Prezidentimiz Gurbanguly Berdimuhamedowyň ýolbaşçylygy esasynda, halkymyzyň ýadawsyz tagallalarynyň netijesinde Türkmenistan gysga wagtyň içinde ösüşiň ýokary depginini tutum etdi. Türkmenistan бүтін дүнйә ýkdysadyýetinde we umumy adamzat medeniýetinde özüniň mynasyp ornuny tapmak üçin örän ykjam hereket edýär.

Türkmenistanyň döwlet garaşsyzlygy, onuň bitaraplygy, syýasy durnuklylyk şertinde ösmegi, ýurduň ykdysady we durmuş taýdan öňe gitmegi, jemgyýetiň medeni we ruhy taýdan täzelenmegi üçin giň mümkinçilikler açdy. XXI asyra Türkmenistanyň üstünlikli gelmeginiň möhüm şertleriniň biri hem, tehnikany ösdürmek we öňde baryjy tehnologiýalary ornaşdyrmakdan ybarat boldy.

Täze Galkynyş we beýik özgertmeler zamanamyzda hormatly Prezidentimiz Gurbanguly Berdimuhamedowyň ýolbaşçylygynda Garaşsyz, baky Bitarap Türkmenistan Watanymyz bedew bady bilen öňe barýar. Döwlet Baştutanymyz halkymyzyň rowaçlygyny artdyryp, türkmen döwletiniň at-abraýyny beýge galdyrýar. Milli Liderimiz: “Biz ajaýyp döwürde – täze Galkynyş eýýamynda, eziz Watanymyzda beýik özgertmeleriň batly gadamlar bilen amala aşyrylýan döwründe ýaşaýarys. Ýurdumyzyň ähli künjeklerinde döredijilikli zähmet gaýnap joşýar, iri desgalaryň gurluşygy güýçli depginler bilen alnyp barylýar” diýýär. Gözel Diýarymyzyň rowaçlygy – halkymyzyň bagty. Ol üstünlikler halkymyz bilen birlikde türkmen talyplaryny hem tüýs ýürekden begendirýär, buýsandyryýar. Milli Liderimiziň medeniýet, sungat we döredijilik işgärleri bilen geçiren maslahatynda eden çykyşynda aýdanlary, onda kabul eden resminamalary halkymyzyň ruhy baýlygyny has-da beýge galdyrjakdygy şek-şübhesizdir.

Täze Galkynyş we beýik özgeritmeler zamanamyzda hormatly Prezidentimiziň parasatly baştutanlygynda Garaşsyz, baky Bitarap Döwletimizde ähli ugurlarda göwün galkyndyryjy belent sepgitler eýelenilýär. Milli Liderimiz beýleki ugurlar blen bir hatarda bilim-ylym ulgamynyň işini döwrebaplaşdyrmaga hem kämilleşdirmäge uly üns berýär. Ýurt Baştutanymyzyň tagallasy bilen döwletimiziň dürli künjeklerinde gurulýan, döredijilikli işlemek üçin ähli amatly şertleri bolan döwrebap bilim-ylym ojaklarynyň sanynyň artmagy-da, bu ugra berilýär üns-aladadan nyşandyr.

Häzirki wagtda Türkmenistan Ýer ýüzüniň ähli ýurtlary bilen deňhukukly we özara bähbitli hyzmatdaşlyga ymtylýan, parahatçylygy ýörediji döwlet hökmünde bütin dünýäde giňden tanalýar. Hormatly Prezidentimiziň parasatly ýolbaşçylygynda ýurdumyzyň hoşniýetli, birek-birege hormat goýmak ýaly ýörelgelere esaslanyp ýöredilýän daşary syýasaty dünýä bileleşigi tarapyndan giňden goldanylýar. Hut şu nukdaý nazarda Türkmenistan döwletimiz bilen özara bähbitli gatnaşyklar, peýdaly hyzmatdaşlygy ýola goýýan daşary ýurtlaryň sany ýylsaýyn köpeliýär. Hormatly Prezidentimiz: “Biziň daşary syýasat ugrumyzyň esasy ýörelgesi ähliumumy parahatçylygyň, onuň ilerlemeleriniň we döredijilikli ösüşiniň hatyrasyna dünýäniň ähli ýurtlary bilen strategik hyzmatdaşlyk etmekdir” diýip belleýär. Muňa häzirki wagtda Türkmenistanyň dünýäniň 129 döwleti bilen diplomatik gatnaşyklaryny saklaýandygy we abraýly halkara guramalarynyň 42-siniň agzasydygy, 100-e golaý döwlet bilen söwda-ykdysady hyzmatdaşlygynyň alnyp barylýandygy, geçen ýylda halkara şertnamalarynyň 116-syna gol çekilmegi, halkara konwensiýalarynyň 10-syna we beýleki köptaraplaýyn halkara resminamalaryna goşulmagy doly subutnamadyr. Şeýle hem geçen ýylyň dowamynda Türkmenistanyň hormatly Prezidentiniň baştutanlygyndaky ýurdumyzyň Hökümet wekiliýetleriniň daşary ýurtlarda 15 gezek döwlet, resmi iş saparlarynda bolmagy, daşary ýurtlaryň döwlet we hökümet

baştutanlarynyň ýolbaşçylygynda Türkmenistana hökümet wekiliýetleriniň 15 saparynyň amala aşyrylmagy hem şaýatlyk edýär. Bu maglumatlardan görnüşi ýaly, Türkmenistan döwletimiz bilen özara peýdaly hyzmatdaşlygy alyp barmaga, bähbitli gatnaşyklary ýola goýmaga isleg bildirýän dünýä ýurtlarynyň sany barha artýar.

Garaşsyzlygymyzy, baky Bitaraplygymyzy pugtalandyrmak, mizemez döwletimiziň belent at-abraýyny goramak we barha artdyrmak üçin türkmen ýaşlarynyň etmeli işleri örän köpdür. Olar sowadyny, bilimini, ylmyny kämilleşdirmelidiklerini ýekeje pursat hem ýadan çykarmaly dälirler. Olar dünýädäki ylmy täzeliklerden, ösen tehnologiýalardan habarly bolmalydyrlar.

Watana wepaly bolmakda, zähmet-söýerlikde, ynsanperwerlikde, halallıkda beýlekilere nusga bolmalydyrlar.

Döwür, zamana ösýär, özgerýär. Döwletimiziň gülläp ösmegi türkmen ýaşlarynyň döwrebap bilim almaklaryna, ösen ýurtlarda bilimlerini artdyryp, güýçli ykdysatçylar, hukuk, bank işgärleri, inženerler, baý taryhymyzy, edebi-medeni mirasymyzy öwrenijiler we beýleki dürli ugurlardan ökde hünärmenler bolup ýetişmeklerine baglydyr. Döwletimiz olaryň dünýäniň iň abraýly ýokary okuw mekdeplerinde okamaklary, ylymlaryny artdyrmaklary we hünärlerini kämilleşdirmekleri üçin zerur tagallalary edýär. Hormatly Prezidentimiziň baş maksady dünýäniň iň ösen talaplaryna laýyk gelýän bilim ulgamyny türkmen ýaşlaryna elýeterli etmekden ybaratdyr.

Diýarymyzy ylym ojagyna, bereket çeşmesine, bolçulygyň mekanyna öwürmekde türkmen ýaşlaryna uly-uly işler garaşýar. Ata-babalarymyzyň şan-şöhratyny mynasyp beýik işleri bitirip, Garaşsyz, baky Bitarap Tüürkmenistan döwletimiz täze galkynyşlar bilen ösýän zamanasynda taryhyň ajaýyp sahypalaryny ýazar.

Türkmenistanyň ösüp gelýän ýaş nesli ata Watanymyzyň bagtly geljegidir. Olaryň zähmetsöýerligi,

tutanýerlilik, ylym ulgamyndaky gazanýan üstünlikleri, atababalarymyzyň watançylyk dăplerine wepalylygy bütin türkmen halkyny guwandyrýar.

Bagtyýar geljegimiziň girewi bolan ruhubelent, bilimli-lylymly ýaşlary terbiýelemek biziň baş maksadymyzdyr. Şanşöhraty dünýä dolan halkymyzyň täze Galkynyş eýýamyndaky abraýy-mertebesi ýaşlaryň ata Watany gülletmek üçin yhlasyny, başarnygyny, ukybyny gaýgymazdan, ak ýürekden zähmet çekmegine baglydyr.

1. Gibrid mikroshemalaryň elementlerini hasaplamak we konstruirlemek

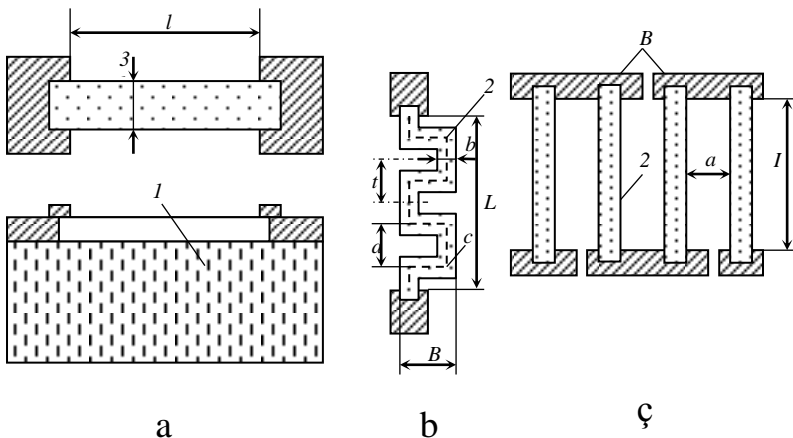
Plýonkaly rezistor gurluşy boýunça kesgitli konfigurasiýasy we utgaşdyryjy meýdançasý bolan, rezistiw plýonkadan durýar. 1-nji suratda has giňden ýaýran konfigurasiýaly indiki rezistorlar görkezilýär: gönüburçly (1.1-nji a surat) – ol kiçi garşylykly rezistorlary amala aşyrmak üçin ulanylýar; meandr görnüşli (1-nji b surat) we uly garşylykly rezistorlary amala aşyrmak üçin ulanylýar, yzygider birikdirilen rezistiw plýonkaly çyzyklar (1-nji ç surat). Bu görnüşleriň hemmesinde dürli radiusly egilen we egri çyzyklary ýokdur, şonuň üçin gibrid mikroshemalarda rezistiw gatlakly fotoşablonlary taýýarlamak ýeňilleşdirilýär.

Ýokary dargama kuwwatlykly rezistorlar ýasalanda gurluşyň dargamasy ulanylýar. Ugurdaş çyzyklara dargama usuly rezistorlaryň gyzmasynyň peseldilmegine ýardam edýär.

Plýonkaly rezistora indiki esasy talaplar edilýär: wagt boýunça durnuklylyk: düşekçede az ýeri tutmaly; garşylygyň pes temperatura koeffisiýenti; dargamanyň talap edilýän kuwwatlygy; galmagalyň pes derejesi; parazit parametrleriniň kiçi bahasy.

Plýonkaly rezistorlary gurnamaklyk rezistiw plýonkanyň materialyny seçip alynmadan soň başlanylmalydyr. Ýuka plýonkaly gibrid mikroshemalarda ulanylýan rezistiw materiallaryny üç topara bölmek bolar: metallar we olaryň eremeleri (tantal, hrom, titan, nihrom we beýlekiler); metal

silisid eremeleri (RS-3710, MLT-3M, RS-3001 we başgalar); keramika-metallar.



1.1-nji surat. Plýonkaly rezistorlaryň görnüşleri: a – gönüburçly, b – meandr görnüşli, ç – zolaklaryň yzygider birikdirilişi: 1 - düşekçe; 2 - rezistor; 3 - geçiriji plýonka; l, b - rezistiw plýonkanyň uzynlygy, giňligi; L, B - meandryň uzynlygy, giňligi; a - rezistiw zolaklaryň arasyndaky araçägi; t - meandryň bir zwenosynyň ädimi.

Galyň plýonkaly gibriz mikroshemalarda rezistorlary ýasamak üçin dürli pastalar ulanylýar. Rezistiw pastalar köp görnüşleri boýunça geçirijilere meňzeş bolýar. Funkisional material hökmünde pastalarda Ag, Au, Pt, In, OS, Ro metallary, Pt-Au, Pd-Au eremeleri we metal bilen okis goşundylary ulanylýar.

Rezistorlar üçin materiallar seçilip alynanda, bir düşekçede ýerleşýän rezistorlaryň hemmesiniň birmeňzeş udel garşylygy bolmalydyr (ρ_0). Optimal udel garşylyk – tutýan meýdany boýunça iň az bolan rezistor toparlaryny ýasamak üçin:

$$\rho_{0,tej} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n R_i}{\sum_{i=1}^n 1/R_i}}, \quad (1.1)$$

bu ýerde n - rezistorlaryň sany; R_i - i -rezistorlaryň nominaly.

Gibrid mikroshemalarynda bellenen çäkli plýonkaly rezistorlardan başga-da paýlaýjy garşylykly rezistorlar ulanylýar, olar perimetrde ýa-da omly galtaşma gatlagynyň zonasyna ýerleşen, başga görnüşli gönüburçly rezistiw gatlagyndan durýar. Paýlanylýan garşylykly rezistoryň ekwiwalent çatgysy yzygider-ugurdaş birikdirilen rezistiw zynjyry bolup durýar. 2-nji suratda prinsipial elektrik çatgy berilýär, onda rezistorlaryň öz aralarynda birikme topary kesgitli garşylykly rezistorlaryň görnüşinde ýasalýar.

a – sanly-analog özgerdijiniň prinsipial elektrik çatgysy, kesgitli garşylykly bellenen rezistorlarynyň topologiýasy; b – pes ýygylýkly güýçlendirijiniň prinsipial elektrik çatgysy, kesgitli garşylykly bellenen rezistorlarynyň topologiýasy.

Bellenen çäkli plýonkaly rezistordan, paýlanylýan garşylykly rezistora geçmegiň indiki amatlyklary bardyr:

- 1) ýasamanyň eýeleýän peýdaly meýdanynyň 5-10 esse kiçelmegi;
- 2) lokal-mehaniki zaýalanmalaryň (deşikler, çyzyklar) bolmagy sebäpli çatgynyň hatardan çykma ähtimallygyny peseltmek;
- 3) rezistiw gatlagynyň könelmesiniň önüni almak, sebäbi paýlanylýan garşylyk rezistorlarynda ýylylyk energiýasynyň has deň ölçegli siňmesi we oňositel uly meýdan gatlagy ýüze çykarylýar, ol bolsa lokal gyzmany aradan aýyrýar;
- 4) çatgyda birikme sanlaryny azaltmak, sebäbi rezistiw zynjyryň hemme içki kommutasiýa uzelleri aýrylýar;
- 5) fotolitografiýa we oýmagyň has ýönekeý tehnologiýa proseslerini ulanmak, paýlanan garşylyk rezistorlaryň çylşyrymly bolmadyk geometriýasynda we biraz gaty şertlerde belleniýär.

2. Plýonkaly rezistorlaryň hasaby.

Ýuka plýonkaly rezistorlaryň gurluş hasaby rezistoryň düşekçede tutýan in az meýdany we geometriki ölçegleri,

kesgitli formasyndan durýar. Munda rezistorlary hereket edýän tehnologiýa mümkinçilik şertlerinde, talap edilýän takyklyk γ_R kanagatlandyrylanda kuwwatlygynyň berlen dargamasyny üpjün etmelidir.

Hasap üçin başlangyç bellikler bolup aşakdakylar durýar:

- shemotekhniki bellikleri (mikroshemanyň prinsipial elektrik çatgysyndan alynýar) – rezistoryň nominaly R , Ω ; nominala ýolbererlik γ_R , %; dargama kuwwatlygy P , mWt ;
- tehnologiýa bellikleri we çäklendirmeler, ol plýonkaly elementleri döretmekde tehnologiýa usullary seçip almaklyga baglydyr: maskaly (M), fotolitografiýa (F), birikdirilen (MF), elektron-ion (EI) we tantal tehnologiýa (TA);
- ulanyş bellikleri – işçi temperaturanyň çägi, işiň dowamlygy we başgalar.

Plýonkaly rezistorlaryň hasaby materialy seçip almakdan başlanýar. Materialy seçip alma çägi bolup ρ_0 -optimal bahasy, P_0 -maksimal bahasy we TRS-yň minimal bahasy durýar. Soňra rezistory ýasamaklygynyň takyklygyny üpjün etme nukdaý nazaryndan, materialy seçip almaklygynyň dogrulygynyň barlagyny geçirmeli.

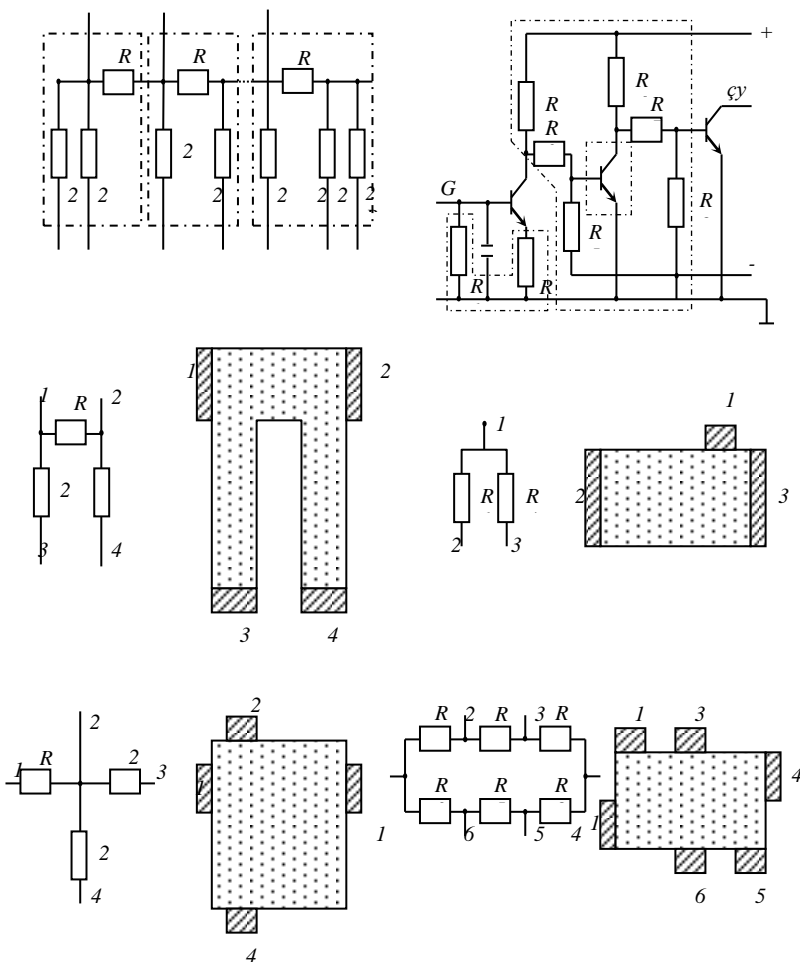
Rezistoryň doly oňnositel gyşarmasy, ony ýasamakda we gurluşyndaky gyşarmalaryň jeminden, ondan başga-da ulanyş şertleriniň täsirindäki gyşarmalarda kesgitlenilýär:

$$\gamma_R = \frac{\Delta R}{R} = \gamma_{KF} + \gamma_{PO} + \gamma_{R1} + \gamma_{R0} + \gamma_{Rst}, \quad (2.1)$$

bu ýerde γ_{KF} - formanyň gyşarma koeffisiýenti; γ_{PO} - şekillendirmäniň oňnositel gyşarmasy ρ_0 ; γ_{Rst} - plýonkanyň könelmesindäki gyşarma; γ_R - utgaşdyryjylaryň kontakt garşylygynyň gyşarmasy.

Formanyň gyşarma koeffisiýenti γ_{RF} rezistoryň geometriki ölçegleriniň gyşarmasyna – uzynlyga l we inine b baglydyr:

$$\gamma_{RF} = \Delta l/l + \Delta b/b, \quad (2.2)$$



2.1-nji surat. Bölüşdirilen garşylykly rezistorlar.
 bu ýerde Δl , Δb – rezistoryň uzynlygynyň we ininiň
 şekillendirmesiniň absolyút gyşarmasy.

Udel garşylygyň şekillendirmesiniň gyşarmasy
 $\gamma_{po} = \rho_0 / \rho_0$ materiala, rezistiw plýonkanyň girizme usulyňa we
 şertine baglydyr. Seriyaly önümçilik şertinde onuň bahasy 5%-
 den artmaýar.

Temperaturanyň gyşarmasy plýonkanyň materialynyň TKS-na we içi temperaturanyň çägene baglydyr:

$$\gamma_{R1} = \alpha_R (T_{maks} - 20^{\circ}C), \quad (2.3)$$

bu ýerde α_R – plýonkanyň materialynyň garşylygy temperatura koeffisiýenti, $t/^{\circ}C$.

Plýonkanyň könelmesi netijesindeki gyşarma γ_R – wagt birliginde plýonkanyň gurluşyny haýaldan ölçemek bilen, ondan başga-da saklanyş we ulanyş şertlerine baglydyr. Adatda γ_R 3%-den ýokary bolmaýar.

Utgaşdyryjylaryň kontakt garşylygynyň gyşarmasy γ_R plýonkanyň örtülme şertine, kontaktyň geometriki ölçegine we plýonkanyň rezistiwli udel garşylygyna baglydyr; utgaşdyryjy plýonkanyň örtügininiň uzynlygyna, rezistoryň inine baglydyr. Adatda $\gamma_{Rk}=1-2\%$.

(2)-den ugur alyp, formanyň rugsat edilýän koeffisiýent gyşarmasy:

$$\gamma_{kf} = \gamma_R - \gamma_{\rho 0} - \gamma_{RST} - \gamma_{Rt} - \gamma_{Rk}, \quad (2.4)$$

Tablisa 2.1

Plýonkaly rezistoryň materialynyň parametrleri.

Rezistoryň materialy	Kontakt meýdanynyň materialy	Udel garşylyk ρ , Om	Garşylygynyň temperatura koeffisiýenti TSK – 10^0 grad.	Dargamanyň udel kuwwaty P_0 Wt/sm ²	Garşylygynyň otňositel üýtgemesi 1000 sag işi, %	Plýonka çaýmaklygynyň usuly
Hrom	Altyn	10-50	-2,5	1	1,5-3	Termik sepme
Nihrom	Mis	300	± 1	2	1,1-1,3	-
MLT-3M splaw	Nihrom , gatlakly mis	500	± 2	2	$\pm 0,5$	-
Reniý	-	300-7000	0-20	-	-	-
Tantal	Nimrom, gatlakly alýuminiý (wanadiý)	20-100	-2	3	1	Katod sepme
Tantal	Tantal	10	-2	3	1	-
Tantal nitridi	-	200	0	3	0,2	-
RS-3001	Hrom gatlakly	1000-2000	-0,2	2	$\pm 0,5$	Termik sepme

ereme	altyn					
RS-3710 Kermet	-	3000	-3	2	-	-
K-50C	-	3000-10000	-3-den +3	2	±1	-
PR-100 Pasta	PP-1-pasta	100	-12...+10	3	±3	Setko-garfiya
PR-500	-	500	-12...+10	3	±3	-
PR-TK	-	1000	-12...+10	3	±3	-
PR-3K	-	3000	-12...+10	3	±3	-
PR-6K	-	6000	-12...+10	3	±3	-
PR-20K	-	20000	-12...+10	3	±3	-
PR-50K	-	50000	-12...+10	3	±3	-
PR-100K	-	100000	-12...+10	3	±3	-

Eger-de γ_k bahasy – otrisatel ýa-da nula deň bolsa, onda bu berlen takyklykdaky rezistorlary ýasamak seçilip alnan materialdan mümkin dälidir. Bu ýagdaýda α_{Rk} , γ_{Ro} we γ_{ao} bahaly başga materialy seçip almalydyr, ýa-da rezistory oňa gabat getirmelidir.

Rezistorlaryň gurluşyny formanyň koeffisiýent bahasy boýunça kesgitleýärler. Rezistoryň nominaly ρ_o funksiýasy we geometriki ölçeg bolup durýar:

$$R = \rho_o l / b = \rho_o K_F, \quad (2.5)$$

bu ýerde $K_F = l/b$ – rezistoryň formasynyň koeffisiýenti. Eger-de rezistoryň nominaly belli bolsa, rezistiw plýonkanyň materialy seçilip alnan bolsa, onda formanyň koeffisiýenti:

$$K_F = R / \rho_o. \quad (2.6)$$

$1 \leq K_F \leq 10$ – da gönüburçly görnüşdäki rezistory, $K_F > 10$ -da çylşyrymly görnüşdäki rezistory, $0,1 \leq K_F \leq 1$ -de uzynlygy ininden kiçi bolan, gönüburçly görnüşdäki rezistory gurmak teklipl edilýär. $K_F < 0,1$ rezistorlary gurmak maslahat berilmeýär, sebäbi onuň uly galtaşma meýdançasy bardyr we düşekçede köp ýeri tutýar. Soňraky hasaplama tertibi rezistoryň görnüşine bagly bolýar.

Gönüburçly görnüşdäki rezistorlaryň hasaby $1 \leq K_F \leq 10$ -ly rezistorlar üçin ilki bilen aşakdaky şertden rezistoryň ini kesgitlemeli:

$$b_{has} \geq \max\{b_{teh}; b_{tak}, b_{rez}\}, \quad (2.7)$$

bu ýerde b_{teh} - tehnologik prosesiniň mümkinçiliginde kesgitlenilýän, rezistoryň minimal ini (2-nji tablisa seret); b_{tak} - şekillendirme takyklygynda bellenen rezistoryň minimal ini:

$$b_{tak} \geq \frac{\Delta b + \Delta l / K_F}{\lambda K_F gos}; \quad (2.8)$$

b_{rez} - rezistoryň minimal ini, onda berlen kuwwatlyk üpjün edilýär:

$$b_{rez} = (P_{\rho o} / P_o R)^{1/2}. \quad (2.9)$$

Rezistoryň ini hökmünde (b), masştaby göz önünde tutmak bilen topologiýanyň çyzgysy üçin kabul edilen, koordinata gözeneginiň ädimine artdyrylan, golaýlaşan uly bahasy b_{has} kabul edýärler. Gibrid mikroshemalary üçin koordinata gözeneginiň ädimi adatda 1 ýa-da 0,5 mm düzýär. Mysal üçin, eger-de koordinata gözeneginiň ädimi 0,5 mm, masştab 10:1 bolsa, onda tegekleme 0,05 mm çenli ululykda geçirilýär. Dargama kuwwatlygy boýunça koeffisiýenti aşakdaky gatnaşykda kesgitlenilýär:

$$K = b_p^2 / b^2 \quad (2.10)$$

we birlikden ýokary bolmaly däldir. Eger-de $K > 1$ bolsa, onda hasaby hökman korrektirlemeli.

Soňra rezistoryň hasap uzynlygy kesgitlemeli:

$$L_{has} = b K_F. \quad (2.11)$$

Rezistoryň uzynlygy hökmünde, topologiýa çyzgysy üçin kabul edilen, koordinat gözeneginiň gysgaldylan ädiminiň golaýlaşan bahasy l_{has} kabul edilýär. l_{has} tegeklelenende (bütün sana çenli) alynan gyşarmany hökman bahalandyrmaly we mümkin boldugyça rezistoryň uly bahaly inini seçip almalı (b), onda uzynlygyň tegeklelenmesi berlen takyklygynyň alynmasyny üpjün edýär.

Soňra galtaşma ýerleriniň örtüginini göz önünde tutmak bilen, rezistoryň doly uzynlygyny tapmaly;

$$L_{doly} = l + 2l, \quad (2.12)$$

bu ýerde l-rezistoryň örtügininiň we galtaşma meýdançasynyň ölçegi Düşekçede rezistoryň tutýan ýerini aşakdaky formula boýunça tapmaly

$$S=l_{doly}b, \quad (2.13)$$

$K_F < 1$ bolan rezistorlar üçin, ilki bilen rezistoryň uzynlygy, soňra ini kesgitlenilýär.

Rezistoryň hasaplanan uzynlygy l_{has} üç ululyklaryň birisiniň has uly bahasyndan kiçi bolmaly dälendir:

$$l_{has} \geq \max \{l_{tehn}; l_{tak}; l_r\}, \quad (2.14).$$

Deňsizligiň sag bölegine girýän, ululyklar l_{tehn} , l_{tak} , l_r - b_{tehn} ; b_{tak} ; b_r menzeş kesgitlenilýär,

$$l_{tak} \geq (\Delta l + \Delta b / K_F) / \gamma_{Fgoş}, \quad (2.15).$$

$$l_r = \sqrt{PK_F / P_o} \quad (2.16).$$

Rezistoryň uzynlygy hökmünde, topologiýa çyzgysy üçin kabul edilen, koordinat gözeneginiň ädimine bölüjisine golaý bahasy b_{has} alynýar. Rezistoryň meýdany (14) formula boýunça kesgitlenýär:

3. Meandr görnüşli rezistoryň hasaby.

Meandr görnüşli rezistorlar, onuň tutýan minimal meýdanynyň şertinden hasaplanýlar. Meandriň hasabyny (8)-(10) formulalar boýunça b -ni kesgitlemekden başlanýar, soňra meandriň orta çyzygynyň uzynlygyny tapýarlar:

$$l_{ort} = bK_F \quad (3.1).$$

Mundan soň tehnologik çäklenmelerden ugur alyp aralyk berilýär we meandriň bir zwenosynyň ädimi tapylýar.

$$t = a + b \quad (3.2)$$

Soňra meandriň optimal sanyny n_{opt} kesgitleýärler. Eger-de $l_{ort}/b > 10$ gatnaşyk, onda meandriň zwenosynyň optimal sany golaýlaşdyrlan formula boýunça hasaplanyp bilner:

$$n_{ort} \approx \sqrt{(l_{ort}/t)(b/\alpha)} \quad (3.3)$$

$\alpha = B$ -de (dörtburç görnüşli meandr) we $a=b$ aňlatma ýönekeýleşdirilýär:

$$n_{ort} \approx \sqrt{K_F / 2} \quad (3.4)$$

n_{opt} bahasy golaýlaşan bütewi sana çenli tegeleklemek. Meandriň göwrüm ölçegleri indiki gatnaşykda kesgitlenilýär:

$$\alpha = n(a+b); \quad B = (l_{ort} - an)/n, \quad (3.5), (3.6)$$

bu ýerde n -golaýdaky bütin sana çenli tegeklenen, meandriň zwenosynyň optimal sany. Meandr görnüşli rezistoryň tutýan meýdany:

$$S_m = LB \quad (3.7).$$

Oňa dörtburç ýa-da şoňa golaý bolan görnüş, düşekçede plýonkaly elementleri ýerleşdirilende amatly bolmaýar. Bu ýagdaýda, göwrüm meýdany bilip S_m , meandriň ölçegleriniň birisinde berilýär ýa-da ikinji ölçeg kesgitlenilýär ($B = S_m/L$) ýa-da ($L = S_m/B$) we (23) we (24) ulanyp, meandriň zweno sany (n) tapylýar.

4. Çylşyrymly konfigurasiýaly rezistorlary hasaplamak.

Plýonkaly rezistoryň birnäçe konfigurasiýasy üçin görnüş koeffesientleri berilýär.

Eger-de plýonkaly rezistora berlen, egriçyzykly görnüş bermeli bolsa, onda tegelek görnüşdäki egim üçin garşylyk (3-nji a surat) aşadaky formula boýunça kesgitlenilýär:

$$R' = \rho_0 \frac{1,57}{I_n(r_1/r_2)} \quad (4.1)$$

bu ýerde r_1 we r_2 – egimiň daşky we içki radiusy “zmeýka” şekilli, rezistorlaryň plýonkanyň doly garşylygy,

$$R = R'n + \rho_0 l/b, \quad (4.2)$$

bu ýerde n -konfigurasiýaly egim sany: l_Σ – egriçyzykly rezistoryň göniçyzykly meýdanlarynyň jemi uzynlygy.

Rezistorlaryň hasaby berlen, nomogrammanyň kömegi bilen geçirmek bolar. Eger-de dört sany bahadan (B, P, l, R) islendik ikisi belli bolsa, onda monogramma boýunça beýleki ikisini tapmak bolar. Munuň üçin nomogrammanyň wertikal (dik) çyzygyndaky belli bahalary belliklemek hökmandyr we hemme dik çyzyklary kesip geçýän, göni çyzygy geçirmeli. Beýleki iki çyzygyň iki kesişme nokady başlangyç bahasy kesgitleýär. Mysal üçin, rezistoryň nominal bahasy berlen

bolsa R we tehnologik rugsatlardan ini (b) kesgitlenen bolsa, onda dargamanyň rugsat edilýän kuwwatlygy we rezistiw gatlagyň uzynlygyny tapmak bolar. Eger-de berlen inilikde rezistorda rugsat edilýän dargama kuwwatlygy göniçyzykly däl bolsa, onda R we P bahalaryni bilip, b we l-i tapmak bolar. Berlen bahadan tapawutlanýan ρ_o , udel garşylykly ρ_{ox} plýonka üçin rezistoryň garşylyk bahasy aşakdaky ýaly kesgitlenilýär:

$$R_{\rho o}=R/K, \quad (4.3)$$

bu ýerde $K=500/\rho_{ox}$. R-ň bahasy nomogrammada $\rho_o=500 \text{ Om}/\Delta$ üçin berilýär.

Birnäçe çatgylarda alynma takyklygy tehnologik taýýarlanylş usulynda kabul edilen mümkinçilikleri üçpjün edýän, takyklygy ýokary bolan rezistorlary ulanmak talap edilýär. Bu ýagdaýlarda gibril mikroschemalar gurlanda ýörite plýonkaly rezistorlary ulanylýar, olýň mikroschemalary oturdylmazdan ön işlenilýär we kiçi rugsatlaryň çäginde çykmalý däl.

2. (2.3) we (2.4) gatnaşyklardan $\gamma_{Rst}=1\%$, $\gamma_H=2\%$; $\gamma_{R1}=0.6*10^{-4}(120-20)*100=0,6\%$; $\gamma_{MF}=15-5-0,6-1-2=6,4\%$ kabul edip, γ_{R1} we γ_{KF} goş kesgitleýäris.

3. Gömüşiň koeffisientini (2.6) boýunça hasaplaýarys:

$$K_F=2700/500=5,4 \quad (4.4)$$

4. Rezistoryň hasaplanan giňligini (2.7)-(2.9) boýunça kesgitleýäris:

$$b_{tak}=(0,01+0,01/5,4)/0,064=0,185 \text{ mm};$$

$$b_p=\sqrt{30*10^{-3}/5,4*1}=0,0745 \text{ sm}=0,745 \text{ mm}.$$

Tegeleklemäni göz önünde tutup $b=0,75 \text{ mm}$ kabul edýäris.

5. Rezistoryň uzynlygyny (2.13) we (2.14)-den tapýarys:

$$l=0,75*5,4=4,25 \text{ mm};$$

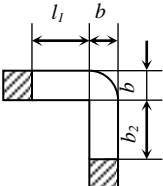
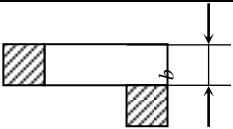
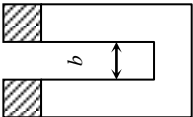
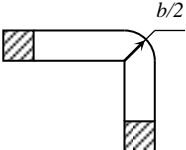
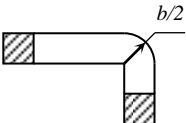
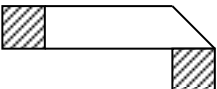
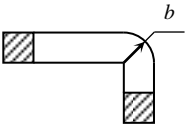
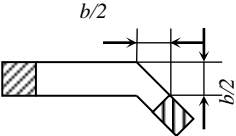
$$l_{doly}=4,05+2*0,1=4,25 \text{ mm}.$$

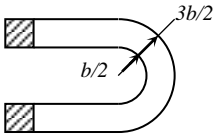
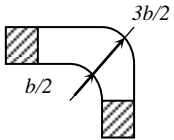
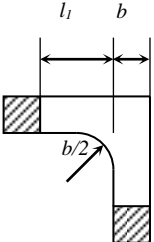
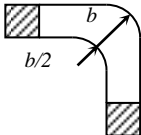
6. Rezistoryň meýdanyny kesgitleýäris:

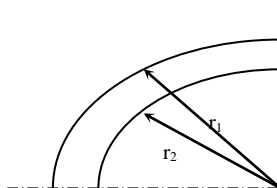
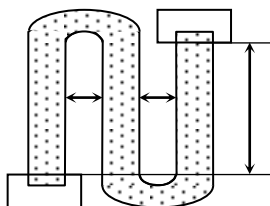
$$S=4,25*0,75=3,18 \text{ mm}^2.$$

Tablisa 4.1

Çylşyrymly gurluşly plýonkaly rezistorlar

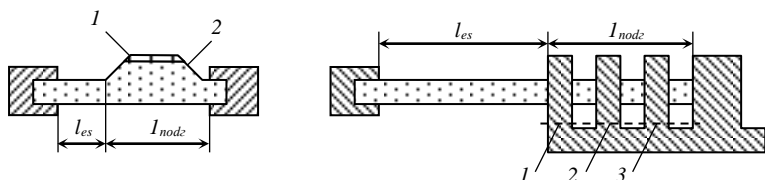
Plýonkaly rezistorlarynyň gurluşy	Formanyň koeffisienti
	$K_F = \frac{l_1 + l_2}{b} + 0,559$
	$K_F = \frac{l_1}{b} + 0,649$
	$K_F = \frac{2l_1}{b} + 2,111 \pm 0,006$
	$K_F = \frac{l_1 - l_2}{b} + 0,57 \pm 0,01$
	$K_F = \frac{l_1}{b} + 0,88 \pm 0,01$
	$K_F = \frac{l_1}{b} + 0,564$
	$K_F = \frac{l_1}{b} + 0,493$
	$K_F = \frac{l_1}{b} + 0,36$

	$K_F = \frac{2l_1}{b} + 2,96 \pm 0,01$
	$K_F = \frac{l_1}{b} + 1,48 \pm 0,05$
	$K_F = \frac{l_1 + l_2}{b}$
	$K_F = \frac{l_1 + l_2}{b} + 0,341$



4.1-nji surat. Egriçyzykly rezistoryň gurluşy *a* – umumy şekili;
b-gýşarmasynyň elementi.

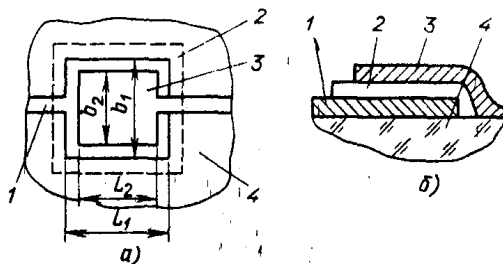
			R, Chm	40000
				35000
				30000
				25000
				22000
				20000
				17500
				15000
				12000
				11000
				10000
				9000
				8000
				7000
				6000
				5000
				4500
				4000
				3500
				3000
				2500
				2200
				2000
				1750
				1600
				1200
				1100
				1000
				900
				800
				700
				600
				500
				450
				400
				350
				300
				250
				200
				1600
				1200
				1100
				1000
				900
				800
				700
				600
				500
				450
				400
				350
				300
				250
				200
				150
				120
				100
				80
				70
				60
				50
				40
				100
				90
				50
				40



4.2-nji surat. Ýokary takyklykly plýonkaly rezistory: a-laýyk getirilen meýdançasý giňeldilen; b-laýyk getirmekligiň basgançakly usuly; 1, 2, 3-gaşylygy laýyk getirmek üçin plýonkanyň üzülen ýeriniň nomeri.

5. Plýonkaly kondensatorlaryň konstruksiýalary.

Rezistorlar bilen bilelikde kondensatorlar gibrid mikroshemalarynda has ýaýran elementleriň biridir. Plýonkaly kondensatorlary öz konstruksiýasy boýunça üç gatly düzümdir. Ol aşaky gatlak 1, dielektrik bardasy 2 we ýokarky gatlak 3 – den ybaratdyr. Ähli konstruksiýa düşekçe 4 – de ýygnaýar. Kondensatoryň aşaky gatynyň meýdany b_1 L_1 köpeldilmesi ýokarky gatlakdaky b_2 L_2 – den köp bolup, dielektrik bardasynyň meýdany bolsa aşaky obkladkanyň meýdanynyndan köpdür. Bu ýagdaý obkladkalaryň gysga utgaşmasyny düýpgöter aýyrýar we olar süýşen mahalyndaky ýalňyşlyklary düzedýär.



Surat 5.1. Plýonkaly kondensatoryň konstruksiýasy: a – topologiýa; b – kese kesigi; 1 – peski oblakda; 2 – dielektrik bardasy; 3 – ýokarky oblakda; 4 – düşekçe;

Plýonkaly kondensatoryň materialyna aşadaky talaplar edilýär: ýokary elektrik geçirijiligi, oňat adgeziýa, atomlaryň göçýän hereketlilik. Diffuziýa netijesinde dielektrikde gysga

utgaşmasy emele gelip biler. Obkladka ýasamak üçin bugarmak temperaturasy ýokary materiallar bolmaýar, iň amatly material alýumini bolup biler. Alýumin bugaryş temperaturasy ýokary däl, netijede tozanlaşdyryş prosesinde onuň atomy pes energiýaly bolýar.

Elektrik geçirijilik hatarynda altyndan we kümüşden soň üçünji orny eýeleýär.

Alýumin obkladkaly kondensator ykjamdyr; Bu ýagdaý alýuminiň üstünde Al_2O_3 turşy gatlagynyň emele gelmegi we dielektrige alýuminiň atomynyň diffuziýasyna garşy çykýar. Alýuminiň adgeziýasyny düşekçede oňatlaşdyrmak üçin titanyň ýa – da hromyň gatlagy ulanylýar.

Ýuka Plýonkaly kondensatorlarda ulanylýan dielektrik az dielektrik ýitgili, ýokary elektrik pugta, düşekçe oňat adgeziýaly, fiziki parametrleriniň birsyhlylygy, ýokary dielektrik syzdyryjylykly bolmalydyr. Ondan başga – da dielektrigiň göni çyzykly giňelmesiniň temperatura koeffisiýenti ($TK \Delta P$) düşekçäniň we obkladkanyň materiallarynyň laýyk gelýän koeffisiýentleri bilen ylalaşdyrylmalydyr.

Ýuka Plýonkaly kondensatorlarda ýokarky we aşaky obkladkalary taýýarlamak üçin material hökmünde geçiriji pastasy ulanylýar. Dielektrik pastasy edil geçiriji, rezistiw pastasy ýaly funksional materialyndan organiki goşulmalardan durýar.

Funksional materiallary hökmünde dielektrik pastalarynda ýokary dielektrik syzdyryjylykly keramiki dolduryjylary ulanylýar. (bariý titanaty, titan ikiokisi).

Dielektrik syzdyryjylygy keramiki dolduryjysy – aýna ulgamyndaky keramiki dolduryjynyň paýyny üýtgetmek bilen dolandyrylýar. Saýlanyp alynan dielektrik materialy plýonkaly kondensatorlarynyň sygymyny, işçi güýjenmesini, sygymyň temeperatura we wagtlaýyn birsyhlylygyny, ýygylýk häsiýetini, alamatyny we ululygyny kesgitleýär. Suratda

Tablissa 5.1. Plýonkaly kondensatoryň materiallarynyň parametrleri.

Kremniý dioksidi	Germaniý monooksidi	Kremniý monooksidi	Dielektrigini materialy
Alýumin	Alýumin	Alýumin	Obkladkanyň materiallary
4	10-12	5-6	1 kGs ýygylýkdaky dielektrik syzdyryjylygy ε
20000	5000, 10000, 15000	5000 – 10000	Udel sygymy C_o , pF/sm ²
0,5	0,001-0,05	0,01 – 0,02	1 kGs ýygylýkdaky dielektrik ýitgisi, tg δ
2	3 – 5	2 – 3,5	Sygymyň temperatura keffisienti TKE–10 ⁴ , grad ⁻¹
5 – 10	1	2 – 3	Elektrik ygtybarly E_{pug} –10 ⁻⁶ , W/sm
,	-1	1+ (1,5--6)	1000 sag. artyk işi güýjenmesindäki normal şertdäki stabillik
Ion plazmaly ýa-da reaktiv pürkme	,	Termiki pürkme	Bardany çaymagyň usuly

Alýumin silikat aýnasy	Borosilikat aýnasy	Tantalyň oksidi	Alýuminiý oksidi
Alýum. wannad. Alýum. titan	Alýum. wannad.	Tantal	Alýumin nikeli
5,2-5,5	3,9-4,2	20-23	8
30000	15000	50000,100000,200000	30000, 40000
0,003	0,001	0,02	0,3-1
1,5	0,2	4	3 – 4
3 – 5	3 – 5	2	5
-	-	1+ 1	,
Termiki pürkme	Termiki pürkme	,	Reaktiw pürkme, anod tursadmasy

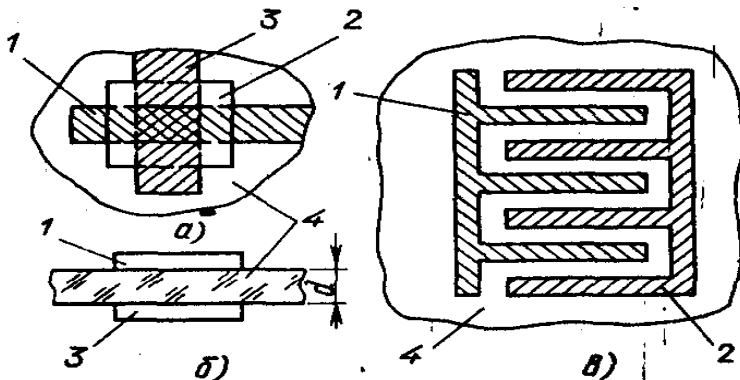
ПК1000 – 30 pastasy	ПК – 12 pastasy	Ittriý-borit aýnasy
'	Pasta pp-1;pp-2	Ol hem
'	'	10-12
3700	10000	60000
0,036	0,03-0,04	0,007
1+ 10	1+ 10	5
150 B	150 B	2 – 3
1+ 5	1+ 5	'
setkografiýa	setkografiýa	'

görkezilen Plýonkaly kondensatoryň konstruksiýasy haçan – da ýokarky obkladkanyň meýdany $S=10\text{mm}^2$ az bolmadyk mahaly ulanylýar.

Haçan – da $S = 5 \div 10 \text{ mm}^2$ bolanda plýonkaly kondensatoryň göni boş arasynda iki sany kesişýän plýonkaly 1 we 3 geçirijilerini ulanmak hödürülenýär.

Surat 5.2. Az kuwwatly Plýonkaly kondensatory: a – özara kesişýän Plýonkaly simleri; δ – dielektrik gatlagy hökmünde

düşekçenýň ulanyşy; σ – darak konstruksiýaky; 1, 3 – Plýonkaly simler; 2 – dielektrik gatlagy; 4 – düşekçe.



Plýonkaly kondensatoryň aktiw meýdanynyň 5mm^2 az mahalynda kondensatoryň yzygiderli çatylan bir näçesini ulanmak ýa-da dielektrik gatlagy bolup düşekçäniň materialy gulluk edýän iki taraply konstruksiýalaryny ulanmak hödürlenýär.

$S = 1\text{mm}^2$ bolanda darak şekilli plýonkaly kondensatorlary ulanmak hödürlenýär.

Şeýle kondensatoryň sygymynyň 90% parazit sygymyndan ybaratdyr. Şeýle kondensatoryň pikofaradada aňladylan sygymy $C = \beta \varepsilon_{\square p} l$, formulasy bilen kesgitlenilýär.

β – plýonkaly geçirijileriň inine we olaryň aralygyna bagly bolan koeffisiýentdir.

l – geçirijileriň bilelikdäkik çäginiiň uzynlygy, sm; $\varepsilon_{\square p}$ – otnositel dielektrik sazdyryjylygynyň hasaplanan bahasy

Gorag gatlagy bolmadyk kondensatorlary üçin otnositel dielektrik syzdyryjylygynyň bahasy $\varepsilon_{\square p} = (1 + \varepsilon_n) / 2$;

Gorag gatlagy bolan kondensatorlary üçin $\varepsilon_p = (\varepsilon_D + \varepsilon_n) / 2$;

ε_n – düşekçenýň materiainyň otnositel dielektrik syzdyryjylygy;

ε_d – örtülýän gatlagyň otnositel dielektrik syzdyryjylygy;

6. Plýonkaly kondensatorlaryň hasaplanýşy.

Kondensatoryň geometrik ölçeglerini kesgitlemek üçin başky berilenler bolup:

- shemotehniki berilenleri – kondensatoryň nominaly C, pF ;
- rugsat edilen nominaly $r_c, \%$;
- işçi güýjenmesi U_p, W ;
- dielektrik ýitginiň tangens burçy $tg\delta$ ýa-da dobrotnosty Q ($Q = 1/tg\delta$);
- tehnologik berilenleri we çäklendirmeleri;
- ekspluatasiýa maglumatlary – işçi temperatra çägi, işçi ýygylgy f_p we ş.m.

Plýonkaý kondensatorlary hasaplamak obkladkanyň materiallaryny saýlamaklykdan we dielektrigiň materialyny saýlamakdan başlanylýar. Kondensatoryň ýokary netijeliligini üpjün etmek üçin obkladkanyň materialynyň üst udel garşylygy az bolmalydyr. Dielektrik bilen bölünen iki obkladkadan durýan kondensatoryň sygymy:

$$C = C_0 S. \quad (6.1)$$

Bu ýerde, C_0 – udel sygym; $C = S_0$ obkladkalaryň özara örtme meýdany;

Elektrik ygtybarlylyk şertinden ugur alyp, udel sygym aşakdaky gatnaşykdan tapylýar:

$$C_w = \xi_0 \varepsilon / d \quad (6.2)$$

Bu ýerde, $\varepsilon_0 = 0,0885 \text{ pf} / \text{sm}^2$ – otnositel dielektrik syzdyryjylygy;

ε - dielektrigiň materialynyň dielektrik syzdyryjylygy;

d – dielektrigiň galyňlygy;

Dielektrigiň minimal galyňlygy kondensatoryň berilen işçi güýjenmesini ykjam saklap biler ýaly edip saýlanylýar:

$$d \geq U_p K_3 / E; \quad (6.3)$$

bu ýerde, K_3 – güýjenme boýunça ätiýaçlyk koeffisiýenti.

$$(K_3 = 2 - 3);$$

Eger – de sygymyň berilen ýalňşsyny üpjün etmek gerek bolsa, onda kondensatoryň udel sygymy aşakdaky gatnaşykdan kesgitlenýär:

$$C_{o takyk} = C (r_s / \Delta L)^2 (K_F / (1 + K_F))^2; \quad (6.4)$$

Bu ýerde, r_s – kondensatoryň meýdanynyň otnositel ýalňyşy.

$\Delta L = \Delta B$ – kondensatoryň obkladkasynyň ululygynyň absolýut ýalňyşy.

$K_F = L/B$ – kondensatoryň şekiliniň koeffisiýenti;

Kondensatoryň meýdanynyň rugsat edilen maksimal otnositel ýalňyşy:

$$\gamma_s = \gamma_c - \gamma_{Co} - \gamma_{CT} - \gamma_{Ci}; \quad (6.5)$$

γ_{Co} – udel sygymyň otnositel ýalňyşlygy; (dielektrigiň galyňlygy 3 – 5% deňdir)

γ_{CT} – kondensatoryň bardasy könелendäki otnositel ýalňyşlygy (materiala bagly bolup, 2 – 3% köp dälir).

γ_{Ci} – otnositel temperatura ýalňyşy. Ol bolsa aşakdaky ýaly aňladýar:

$$\gamma_{Ci} = a_C (T_{mah} - 20^0C); \quad (6.6)$$

a_C – sygymyň temperatura koeffisiýenti (TKE);

Kondensatoryň udel sygymy kesgitlenenenden soň, alynan iki bahadan azyny saýlap almaly:

$$C_o \leq \min \{C_{ov}, C_o \text{ takyk}\}; \quad (6.7)$$

Ondan soň ýokarky obkladkanyň meýdanyny kesgitleýäris:

$$S_B = C/C_o; \quad (6.8)$$

Ýokarky obkladkalaryň ululygyny aşakdaky gatnaşyklardan tapýarys:

$$L_B = \sqrt{S_B K_F}; \quad B_B = L_B / K_F; \quad (6.9)$$

Peski obkladkanyň ululygy:

$$L_H = L_B + 2g; \quad B_H = B_B + 2g;$$

Bu ýerde, q – kondensatoryň aşaky we ýokarky obkladkalarynyň ýapysynyň ululygy;

Dielektrigiň ululygy (ölçeği):

$$L_D = L_H + 2f; \quad B_D = B_H + 2f; \quad (6.10)$$

Bu ýerde, f – peski obkladkanyň we dielektrigiň ýapysynyň ululygy;

Ondan soň kondensatoryň tutýan ýerini kesgitleýäris:

$$S_D = L_D B_D \quad (6.11)$$

Az kuwwatly kondensatorlar hasaplananda ($S = 1 \div 5 \text{ mm}^2$) kondensatoryň sygymynyň köpelmegini hasaba almalý. Kondensatoryň meýdany azaldylan bolmaly:

$$S_B = C / (K C_o); \quad (6.13)$$

K – gyra effektlerini hasaba alyjy koeffisiýenti;

$$K = 1,3 \div 0,6 C/C_o; \quad (6.14)$$

Eger – de ýitginiň tangens burçy berilen ululykdan

$$tg\delta_{i\dot{s}çi} \leq tg\delta,$$

köp bolmasa onda kondensator dogry taslanan diýilip hasaplanylýar.

Kondensatordaky ýitgi dielektrikdäki we obkladkalardaky ýitgileri goşýarlar:

$$tg\delta_{i\dot{s}çi} \leq tg\delta_d + tg\delta_{obkl}.$$

Obkladkadaky ýitgi onuň garşylygyna baglydyr.

$$tg\delta_{obkl} = 2\pi f_p R_{obkl} C;$$

R_{obkl} – kondensatoryň obkladkasynyň garşylygy, O_M ; C – kondensatoryň sygymy, F ; f_p – işçi ýygylgy, G_s ;

Iki obkladkanyň doly garşylygy formula boýunça kesgitlenilýär:

$$R_{obk} = (2 / 3) \rho_{obk} K F;$$

ρ_{obk} – obkladkanyň materialynyň udel üstki garşylygy:

Ondan başga – da, elektrik režiminiň üpjün edilişini bahalandyrmagy we kondensatoryň takyklygyny berilen iş şertinde barlamaly:

$$E_{i\dot{s}} \leq E; \quad E_{i\dot{s}} = U_p / d^l; \quad (6.15)$$

$$d^l = 0,0885 \varepsilon / C_o; \text{ cm}; \quad \gamma_{si\dot{s}} \leq \gamma_s; \quad \gamma_{i\dot{s}} = \Delta L (1 + K_f) / \sqrt{K_f S_s};$$

Eger – de haýsy hem bolsa bir şert ýerine ýetmese, onda dielektrige başga material ýa – da obkladkanyň materialyny, konstruksiýasyny çalyşmaly. Eger – de çatgyda bir näçe kondensator bolsa, onda olary ýeke – täk tehnologik şekilde taýýarlamak üçin olaryň ählisi edil şol bir galyňlykly we birmeňzeş udl sygymy dielektrigi saýlap almalydyrys.

Bir düşekçedaky bir näçe kondensator üçin hasaby iň az nominal sygymly kondensatordan başlamaly. Material saýlanyp alynandan soň we udel sygymy tapylandan soň:

$$C_{o\min} = C_{\min} / S_{\min}; \quad (6.16)$$

C_o – yň gutarnykly saýlawyny aşakdaky formula boýunça geçirilýär:

$$C_o \leq \min \{C_{ov}, C_o \text{ takyk}, C_{o\min}\};$$

Udel kuwwatyna laýyk edip, dielektrigiň galyňlygyny hasaplaýarlar. Eger – de dielektrigiň galyňlygy bolmaly möçberinden daşa çykmasa (0,1 – 1mm), onda hasap dowam etdirilýär, tersine bolanda bolsa – başga material saýlanyp alynýar.

Eger – de kondensatoryň saýlanyp alynan ululygy uly bolsa, onda başga ýokary syzdyryjyly materialy saýlap almaly.

Şeýle kondensatorlaryň konstruktiw formalary ýönekeý kondensatorlardan seksionirlenen ýokarky obkladkalary bilen tapawutlanýarlar.

Kondensatoryň seksiýasyny üzüp, onuň sygymyny azaldyp bolar. Seksiýalary mikriomanipulýatoryň kesijisiniň kömeg arkaly aýryp bolar.

Kondensatoryň ýokarky obkladkasy özara birleşdirilmedik birnäçe seksiýalardan ybaratdyr.

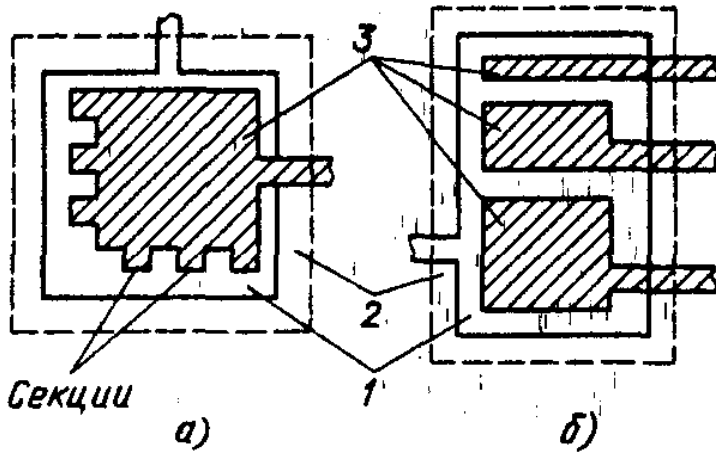
Plýonkaly tehnologiýanyň kömegi bilen kondensatoryň sygymyny uly dipozonda birsydyrgyn sazlanýşyny üpjün etmek mümkin däl. Şonuň üçin sygymyny basgançakly üýtgedip bolýan Plýonkaly kondensatorly ulanylýar.

Surat 2.9. görkezilen Plýonkaly kondensatoryň “maksimaly”, sygymyny uly dipozonda üýtgedip bolýan görnüşidir.

Bu kondensatoryň 1 we 2 obkladkalary umumy dielektrik 3 gatlagy bilen bölünen darakdan ybaratdyr. Sim bardalaryň özara gabat gelýän (kesişýän) ýerlerinde kondensatoryň seksiýasy emele gelýär.

Matrisaly kondensatoryň seksiýalarynyň gerek sany.

$$n = C_{mah} / l_c;$$



Surat 6.1. Ýokarlandyrylan takykly plýonkaly kondensatorlar:

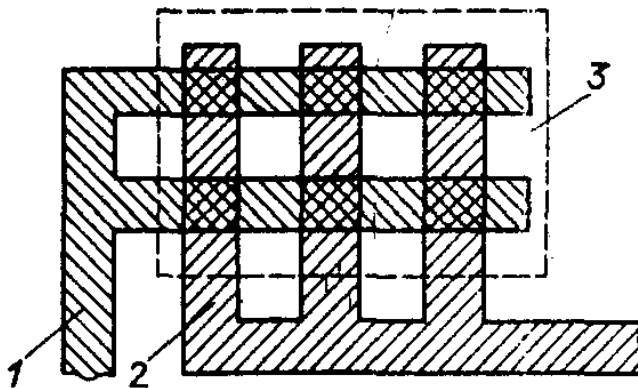
a – gabatlama wagty sygymy azalýan görnüşi;

b – gabatlama wagty sygymy üýtgeýän görnüşi;

1 – kondensatoryň aşaky obkladkasy; *2* – dielektrik gatlagy; *3* – ýokarky obkladka;

C_{mah} – matrisaly kondensatoryň başdaky maksimal sygymy;

l_c – sygym gabatlanmasynyň ädimi;



Surat 6.2. Matrisaly plýonkaly kondensator.

1 – *2* – kondensatoryň obkladkalary; *3* – dielektrik gatlagy;

Seksiýalaryň sany n kesgitlenenden soň pesdäki n_1 we ýokarky n_2 obkladkanyň – daragyň gerek bolan plýonkaly simleriň sany tapylýar.

Mysal: Aşakdaky berilenler esasynda plýonkaly kondensatoryň ölçegini tapmaly:

$$C = 870 \text{ pF}; U_p = 15 \text{ W}; \gamma_C = 15\%; tg\delta = 0,04;$$

Tehnologik berilenler:

$$\Delta B = \Delta L = 0,01 \text{ mm}; q = 0,2 \text{ mm}; f = 0,1 \text{ mm}; \gamma_{Co} = 5\%; \gamma_{CCT} = 1\%;$$

1) Dielektrigiň materialyny – kremniý monooksini saýlap alalyň.

$$\text{Onuň parametrleri: } \varepsilon = 5; tg\delta = 0,01; E = 2 \cdot 10^6 \text{ W / sm}$$

$$\text{TKE} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ 1 / } ^\circ\text{C};$$

2. Gerek bolan elektrik durnuklygyny üpjün edip biljek dielektrigiň minimal galyňlygy we C_o udel sygymyny tapalyň:

$$d = 2 \cdot 15 / 2 \cdot 10^6 = 15 \cdot 10^{-6} \text{ sm}; C_{ou} = 0,0885 \cdot 5 / 15 \cdot 10^6 = 29500 \text{ pF/sm}^2 = 295 \text{ pF / mm}^2;$$

3. γ_{C1} , γ_C we Co takyk tapalyň:

$$\gamma_{C1} = 2 \cdot 10^{-4} / 120 - 20 / 100 = 2\%; \gamma_C = 15 - 5 - 1 - 2 = 7\%;$$

$$C_{o \text{ tak}} = 870 \times (0,07 / 2 \cdot 0,01)^2 = 10657,5 \text{ pF / mm}^2;$$

Şeýlelikde sygymyň iki bahasyndan, onuň az ululykdaky bahasyny $Co = 295 \text{ pF / mm}^2$ saýlalyň.

4. Saýlanyp alynan Co udel sygymyna dielektrigiň haýsy galyňlygy laýyk gelýändigini tapmaly:

$$d = 0,0885 \cdot 5 / 295 \cdot 10^2 = 0,15 \cdot 10^{-4} \text{ sm}, \text{ Bu ululyk ýuka plýonkaly tehnologiýasy üçin doly laýykdyr.}$$

5. Ýokarky obkladkanyň meýdanyny kesgitläliň:

$$S_B = 870 / 295 = 2,949 \text{ mm}^2$$

6. Çetki effekti hasaba alýan koeffisiýenti tapmaly:

$$K = 1,3 - 0,06 \cdot 2,949 = 1,123;$$

7. Ýokarky obkladkanyň meýdanyny kesgitläliň:

$$S_o = 2,949 \cdot 1,128 = 2,627 \text{ mm};$$

8. Ýokarky obkladkanyň ululygyny kesgitleliň:

$$K_F = 1; \text{ onda } L_o = B_o = \sqrt{2,63} = 1,62 \text{ mm}.$$

9. Aşaky obkladkanyň ululygyny hasaplaýyň:

$$L_o = B_o = 1,62 + 2 \cdot 0,2 = 2,02 \text{ mm};$$

10. Dielektrigiň ululygyny tapalyň:

$$L_D = B_D = 2,02 + 2 \cdot 0,1 = 2,22 \text{ mm};$$

11. Kondensatoryň meýdanyny kesgitleliň:

$$S_D = 2,22 \cdot 2,22 = 4,928 \text{ mm}^2;$$

12. Indi barlag geçireliň

$$tg\delta_{obk} = 2/3 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 30 \cdot 10^3 \cdot 0,2 \cdot 870 \cdot 10^{-12} = 2,18 \cdot 10^{-4};$$

$$tg\delta_D = 0,02 \text{ (tablissa boýunça)}$$

$$tg\delta_{i\dot{c}i} = 0,02 + 0,000218 < 0,04;$$

$$E_{i\dot{c}i} = 1f / 0,14 \cdot 10^{-4} = 1 \cdot 10^6 \text{ W / sm} < 2 \cdot 10^6 \text{ W / sm};$$

$$\gamma_{Si\dot{c}i} = 0,01 \cdot 2 / \sqrt{2,63} = 1,2\% < 7\%;$$

7. Plýonkaly induktiwligiň we gurluşlaryň hasaplamasy.

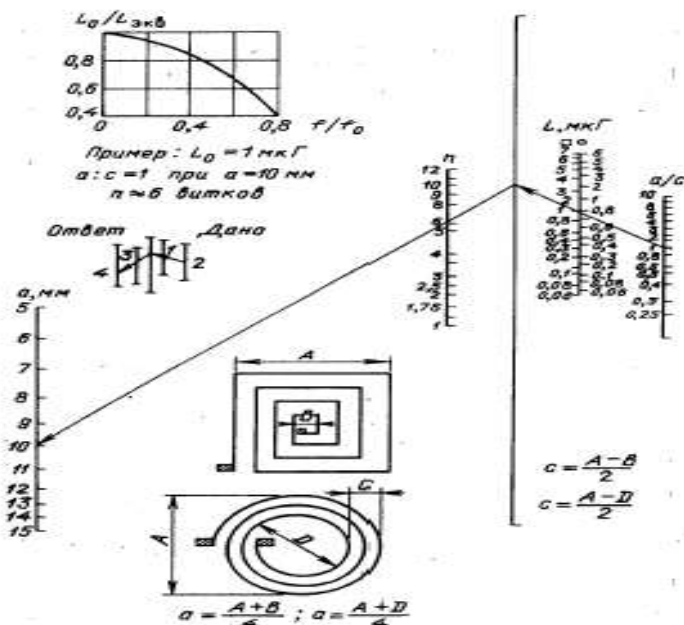
Käbir gibrid mikroshemalarda induktiw elementleriň ulanylmagy zerurdyr. Köplenç şeýle elementler awtogeneratorlaryň aýlanýan konturlarynyň, güýçlendirijileriň zolakly süzgüçleriniň düzümine ýygylýk häsiýetnamalarynyň düzediliji zynjyrlaryna girýär.

Suratda induktiw tegegiň tipli konstruksiýasy görkezilen iki sany güçli baglansykly tegeklerde aragatnaşyk koefisiýentini, eger olaryň merkezleri gabat gelse, uludyr we birlige ýakyndyr. Aragatnaşygy kemeltmeklik üçin tegekleriň merkezlerini süýşdürýärler. Olaryň arasyndaky kiçi aragatnaşyk bir zolakda ýerleşende we olaryň merkezleriniň bir birinden üzňe bolan ýagdaýynda bolýar.

Spirallaryň metall geçirijileri, şeýlede kommutasiýa geçirijileri we kontaktly meýdançalar ýaly iki ýa-da üç gatlakly düzülişe eýedir. Plýonkaly tegekleriň esasy kemçilikleri olaryň ortaça mikrogenri birliginden geçmeýän, az induktiwligi bolup durýar. Induktiwligiň diapazonlarynyň çäklenmesi, nominaly 5

mkG uly bahaly tegekleriň gabara ölçegleriniň gibril mikroshemalarda ulanmak üçin ulanarlyk dældigi bilen düşündirilýär.

Ýuka plýonkaly mikroshemalaryň tegekleriniň jaýlaşdyrma parametrlerini önünden bahalandyrmak üçin ýeterlik takyklygy we wagtyň ujypsyz utuşy nomogramalary we çatgyny ulanmaklyk berýär. Nomogramma boýunça kwadratly ýa-da tegelek bir meňzeş tegelekleriň esasy parametrleri kesgitlenilýär, çyzgy boýunça bolsa-tegegiň hususy rezonansynyň ýygylgyna ýakyn, ýygylkda tegegiň induktiwliginiň kemelmesini kesgitleýärler. Tegegiň geometriki parametrleriniň kesgitlenmesi indiki tertipde



Surat. 7.1. Plýonkaly induktiw tegegiň tipli gurluşy, onuň nomogrammasy we hasaby hem-de hakyky bahasyny bahalandyrmagyň grafigi.

geçirilýär. L-ň berilen bahasy we tegegiň orta radiusynyň A onuň inine C bolan gatnaşygy boýunça parametrleriň bahasyny tapýarys. Sonar sarymlaryň berilen sany N boýunça orta

radiusy A tapýarys ýa-da tersine. Tegegiň induktiwliligini we onuň zyýanly sygymyny bilmek bilen, hususy rezonansyň ýygylgynyň bahasyny hasaplaýarys we f/f_0 gatnaşyk boýunça (bu ýerde f -işçi ýygylýk, f_0 -tegegiň hususy rezonansynyň ýygylgy) L_0 hasaplanylýan baglylykda induktiwligiň hakyky bahasyny L_{ekw} kesgitleýäris.

Hakyky induktiwligi hasaplamak üçin kwadrat we tegelek bir meýdanly tegekler üçin aşakdaky ýazylan, ýönekeýleşdirilen empiriki formulany ulanýarlar:

$$L_0 = 0,0241 \text{ an}^{5/3} / \ln(8a/c) \quad (7.1)$$

8. Ýuka plýonkaly paýlanan RC – düzülişleriň gurluşy we hasaplanşy.

Gibrid mikroshemalarda passiw zynjyryň käbir görnüşleri ulanylýar. Resistor we kondensator oblastlaryň belli bir çäginde jemlenmän, plýonkanyň ähli ýerine paýlanýar. Passiw zynjyrlaryň käbir görnüşleriniň ulanylyşy giň gerime eýe bolýarlar. Paýlanan parametrli zynjyrlar, elementleriň gutarnykly sanlaryny beýleki usullaryň kömegi bilen almaklyk başartmaýan elektrik häsiýetnamalaryny şolaryň kömegi bilen gurmaklyga mümkinçilik berýär. Kondensatorlaryň we rezistorlaryň integrasiýalarynyň netijesinde RC-düzülüşleriň ulanylmasy goýulýan meýdanyny tygşytlamaga mümkinçilik berýär. Paýlanan parametrli Plýonkaly RC-düzülüşler saýlama güýçlendirijileri, süzgüçleri, generatorlary we beýleki gurulmalary işläp düzmekde giň gerime eýe boldylar. Paýlanan parametrli RC-düzülişiň ýönekeý ýagdaýda özünde örtmeleriň birisi rezistiw gatlak bilen çalyşylan, ýuka plýonkaly kondensatory özünde saklaýar. Şeýlelik bilen, sygym rezistoryň liniýalaryň gapdaly bilen bölner. RC-düzülişiň tejribe taýdan amala aşyrylmasy birnäçe gezekleşýän ortükleriň ulanylmasy esasanandyr: rezistiwli, alyp gidiji we dielektrik materiallaryňky RC-düzülişleriň elektrik parametrleri we häsiýetnamalry geometrik konfigurasiýalardan we örtükleriň ölçeglerinden, olaryň elektro-fiziki häsiýetnamalaryna

baglydyr. Şeýle elementleriň hasaplamasy indiki ýagdaýda ýerine ýetirilýär.

Paýlanan parametrli RC-düzülişiň ýönekeý ýagdaýda özünde örtmeleriň birisi rezistiw gatlak bilen çalyşylan, ýuka plýonkaly kondensatory özünde saklaýar. Şeýlelik bilen, sygym rezistoryň liniýalaryň gapdaly bilen bölner. RC-düzülişiň tejribe taýdan amala aşyrylmasy birnäçe gezekleşýän ortükleriň ulanylmasy esasanandyr: rezistiw, alyp gidiji we dielektrik materiallaryňky RC-düzülişleriň elektriki parametrleri we häsiýetnamalry geometriki konfigurasiýalardan we örtükleriň ölçeglerinden, olaryň elektro-fiziki häsiýetnamalaryna baglydyr. Şeýle elementleriň hasaplamasy indiki ýagdaýda ýerine ýetirilýär.

Elektriki hasaplamadan mälüm bolan R we C bahalary ýerlaşdirmek bilen, rezistoryň materialyny we kondensatoryň örtmesini saýlaýarlar. Soňra rezistoryň we kondensatoryň eýeleýän meýdanynyň birmeňzeşligini, ýagny $S_R = b^2(R/\rho_{lw})$; $S_c = (C/C_0)$ ünsi çekmeklik bilen, rezistiw zolagyň inini hasaplaýarlar.

Soňra rezistoryň inini $b = \sqrt{\frac{C\rho_{kw}}{C_0R}}$, kesgitleýärler,

şondan soň rezistoryň uzynlygyny $l = bR_f$ hasaplaýarlar.

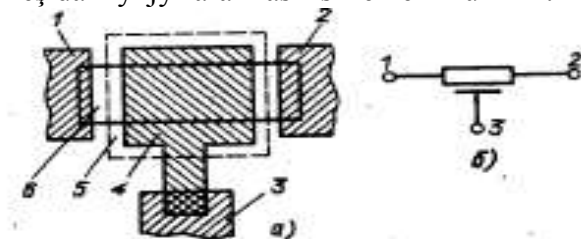
Razistiw zolagyň ininiň alynan bahasyny, bu rezistiw materially üçin ýaýramaklygyň ýol berilýän kuwwatlygy şertinden kesgitlenilýän ini bilen we tehnologiýasy bilen üpjün edilýän b zolagyň kiçi ini bilen gabatlamaklyk gerekdir. RC-düzülişiň getirilen gurluşy birmeňzeş düzülüşlere degişlidir, sebäbi ähli liniýalar üçin uzynlyk birligine degişli edilen, sygym we garşylyk mydamalyk bolup durýarlar. Bir meňzeş RC-düzülüşlerden başgada mikroschemalarda birmeňzeş däl düzülişler hem ulanylýar. Plýonkaly RC-düzülüşlerde parametrleriň zerur bolan birmeňzeşligine liniýalaryň ininiň üýtgemegi bilen ýetilip biliner. Kiçelýän inli liniýalar garşylygyň ösmegine we sygymyň göni baglanyşykly kemelmesine gabat gelýärler, ulalýan inli liniýalar –

garşylygyň kemelmesine we sygymyň ösmegine gabat gelýärler. Ini eksponensial we liniýaly kanunlar boýunça üýtgeýän zolaklar has köp ulanylýar.

RC-düzüşi amala aşyrmaklyk üçin materiallary paýlamakda takmynlaşdyrylan rezistorlary we kondensatorlary ýasamakda şu talaplary ýerine ýetirmek gerekdir. Şol wagtda materiallaryň birleşmesine aýratyn üns çekmek gerekdir. Meselem: RC-düzüşi üçin Al-A12O3-PC-3710 ya-da Ta-Ta2O3-Au material ulanylyp biliner.

Paýlanan parametrli köp gatlakly RC-düzüişler dürli görnüşli çatgylý funksiyalary ýerine ýetirmek üçin ulanylýar. Meselem: rezistorlaryň we kondensatorlaryň ylaýyklygynyň kesgitli gatnaşygynda baş gatlakly düzülişde pes ýygylykly süzgüç alynýar.

RC-zynjyrlary paýlanan mikroschemalarda köplenç dörtpolýusly, üç polýusly ýa-da iki polýusly işledilmäni ulanýarlar. Şol wagtda n-polýusly düzülişleriň käbir çykalgalary erkin galyp bilerler. Häzirki wagtda R-C-NR we C-R-NC ýaly belenenilýän, üç we dört gatlakly RC-düzüişler has köp derňelendir we ulanyş taýdan giň gerime eýe bolýarlar. Liniýalarynda meňzeşlik boýunça RC-zynjyrlary birmeňzeş we birmeňzeş däl zynjyrlara klasifisirlemek mümkin.



8.1-njy surat. Paýlanan ölçegli RC-düzüm:

a – topologiýa; b – ekwiwalent çatgysy; 1-3 – kontakt meýdançasý; 4 – ýokarky obkladka; 5 – dielektrik gatlak; 6 – garşylykly gatlak.

Birmeňzeş diýilip, eginli garşylygy hemişelik bahaly r we sygymy c liniýalaryň uzynlygynyň gapdalynda, ýagny

toguň akýan ugrunda bolan, RC-zynjyry atlandyrylýar. Eger L-liniýalaryň uzynlygy degişli birlikde bolsa, onda $r=R/L$, $C=C/L$. differensial eginli garşylyk we birmezeş däl liniýalaryň sygymy liniýalaryň gapdalyndaky aralygyň funksiýasy bolup durýar: $r=r(X)$ we $C=C(X)$.

Birmeňzeş däl RC-zynjyryň doly garşylygy we sygymy, degişlilikde deň:

$$R = \int_0^l r(x)dx; \quad C = \int_0^l c(x)dx. \quad (8.1)$$

Iki ýagdaýda-da paýlanan RC-zynjyryň bir ölçegli modeli adalatly hasaplanylýar, başgaça aýdylanda, udel parametrlere dine X koordinatalardan baglydyr, bu göniburçly konfigurasiýalary birmeňzeş zynjyrlar üçin we birmeňzeşlik göniburçly konfigurasiýalaryň saklanmagyna rezestiwli we diolektriki örtükleriň udel parametrleriň üýtgemeginiň hasabyna görnüşe gelýän, birmeňzeş däl zynjyrlar üçin ýerine ýetirilýär, Has ýönekeý birmeňzeş dälligi paýlanan RC-zynjyryň geometriki görnüşleri üýtgetmek bilen almak mümkin. Ýokary ýygylýklaryň araçäklerinde f paýlanan RC-düzülişleriň esasyndaky pes ýygylýkly süzgüçiň hasaplamasy indiki ýagdaýda ýerine ýetirilýär. $RC=2,43/2\pi f_w$ gatnaşykdan peýdalanyň paýlanan zynjyryň gerek bolan mydamalyk wagty kesgitleýärler. Mydamalyk wagty RC-düzülişleriň parametrleri bilen baglanyşdyrmak mümkin: $RC=l^2rc$. Iki getirilen gatnaşygy deňlemek bilen, RC-düzülişleriň uzynlygyny tapýarys: $l = 0,62/\sqrt{f_w}$ In b rezistorlaryň taslamasyndaky ýaly, gurluşly we tilsimatly berilenleriň esasynda saýlanylýar. Meselem: goýbermekligiň dar zolaklarynda rezistiw zolagyň uzynlygy uly bolýar we oňa burawyň configureasiýasyny berýär.

9. Plýonkaly geçirijileriň we kontakt meýdançalaryň hasaplamasy.

Plýonkaly gibrid mikroshemalaryň elementleri, beýleki örtgüli elementler bilen birleşýän ýerinde, kontaktly geçitler

emele getirýän, plýonkaly komutasion geçirijileriň ulgamynyň kömegi bilen ýeke täk çatga birleşýärler. Kontaktly meýdançalar gibridd mikroshemalarda mikroshemalaryň daşky çykalgalaryny we asma elementleriniň çykalgalaryny birleşdirmek üçin gerekdir.

Munuň bilen plýonkaly geçirijilere we kontaktly meýdançalara bildirilýän, ähli köp görnüşli talaplar esaslanandyr. Olar mikroshemanyň funksional komponentlerine iýmitlendiriş güýjenmesine kiçi ýitgiler bilen eltmelidir, signallary az ýalňyşlyk bilen eltmelidir, mikroshemanyň elementleri bilen ygtybarly, köplenç egrlmeýän we az galmagally kontaktly üpjün etmelidir.

Plýonkaly geçirijilere we kontaktly meýdanlara bildirilýän talaplar, ýagdaýlaryň hatarynda gapmagarşylykly bolup durýarlar. Meselem: plýonkaly geçirijiniň ininiň ulalmagy onuň induktiwliginiň kemelmegine we onuň sygymynyň şol bir wagtda ýere degişlilikde ulalmagyna we gönüden göni ýakynda ýerleşen mikroshemanyň elementleriniň ulalmagyna getirýär. Geçirijiler we kontaktly meýdanlar üçin ulanylýan, udel garşylygy az bahaly materiallar, düzgün boýunça goýguja bolan ýaramaz adgeziýa eýedir.

Plýonkaly gibridd mikroshemalarda kontaktly geçirijileriň iki görnüşüni ulanýarlar. Birinji özünde rezistiw we pes omly örtüklerden kontakt parasyny, ikinjisi-iki pes omly örtüklerden kontaktly parasyny saklaýar.

Islendik görnüşli kontaktly kontakt gutarnykly garşylyga eýedir. Rezistiwli 1 we pes omly 2 örtüklerden emele gelen, kontaktly kontaktyň ekwiwalent garşylygy, kontaktyň geometriki ölçeglerden, rezistiw örtügiň geçirijiliginden we kontaktyň gatlaklaryna kadalar boýunça akýan, toguň kontaktly gatlagynyň meýdanynyň birlik garşylygyna düşünilýän, udel kontaktli garşylykdan ρ_k baglydyr.

Udel garşylygyň berilen bahasynda geçiriji örtügiň kiçi ini hem geçirijiniň üstünden geçýän toguň çakli ýol berilen dykzyzlygy we güýjenmäniň ýol berilýän düşmesi bilen

kesgitlenilýär. Toguň dykzyzlygy, öz nobatynda, mikroshemalaryň gurluşlarynyň ýylylyk fiziki parametrleriniň hataryndan baglydyr, üstesinede ol geçiriji-daşky sreda ulgamlarynyň ýylylyk garşylyklarynyň kemelmegi bilen monotonnaly ösýär diýip hasaplamak mümkin. Plýonkaly geçirijilerde ýylylyk bölünme adatça uly däl, geçiriji aýyrmak goýguç ulgamlarynyň ýylylyk garşylygy bolsa az. Şonuň üçinem hasaplamalar üçin ýeterlikli takyklyk bilen, ähli ýylylyk goýguç bilen akumulirlenýär diýip hasaplamak bolar.

Geçirijiniň inine üstlenýär, köp sanly tehnologikly çäkendirmelerden, diňe käbirini belläp geçeris ýuka plýonkaly rezistorlar üçin mikroshemalary ähli geçirijileriniň berilen bahaly uzynluklarynda geçirijileriň üzülmesi boýunça ýaramly çykalgaň kiçi goýberilýän göterimi bilen kesgitlenilýän, geçirijiniň kwadratlarynyň käbir çäkli sanlary bardyr. Ýagdaýlaryň aglabasy üçin baha 5000-den 10000-li üýtgeýär.

Geçiriji örtügiň kiçi ini onuň beýleki geçirijiler bilen kesişýän ýerlerinde, ýyllyk hasaplamalary göteriminden baglylykda saýlanylýan, mikroshemanyň ähli kesimleriniň çäkli ýol berilýän bahaly meýdany bilen kesgitlenilýär.

Kontaktly meýdanyň örtügiň uly inine goşmaça çäklendirme haçanda asma komponentleriň daşky çykalgalaryny goýgyja ýokary ýylylyk garşylyk bilen kebşirmek zerur bolan ýagdaýynda ýüklenýär. Görülip durulsa, mikrokebşirlemäň režimleri bu ýagdaýda ýylylyk äkidilmäň gönümel ösmegi sebäpli massiw kontaktly meýdanyň meýdanyndan güýçli bagly bolýan ekeni. Bu kebşirleme režimlerini forsirlemegiň zerurlygyna getirýär, şonuň netijesinde geçiriji örtügiň gatlaklaşmagy mümkin.

Kontaktly meýdanyň kiçi ini mikroshemalaryň integrasiýalarynyň derejesinden baglylykda 50 – 350mkm düzýän, käbir synag bahalaryndan kiçi bolmaly dälidir.

Ýuka plýonkaly gibril mikroshemalaryň kommutasion birleşmelerini we kontaktly meýdanlaryny ýasamakda gatlak aşagyndan tok geçiriji we goraw gatlaklaryndan durýan, köp

gatlakly düzülişi ulanýarlar. Nihromdan, hromdan, wanadiden we beýleki materiallardan ýerine ýetirilýän, gatlak aşagy, goýguçly tok geçiriji gatlaklaryň adgeziýasyny gowulamdyrýar. Gatlak aşagy materilynyň galyňlygy 10 –30 mm düzýär. Tok geçiriji gatlaklar üçin has ýakyn bolan material altyn, med, alýuminiý, tantal bolup durýar. Köp düzülişiň ýokarky gatlagy daşky täsirlerden goramaklyk üçin gulluk edýär. Geçirijileri we kontaktly meýdanlary goramaklyk üçin kä halatda olaryň pripoý bilen örtülmesini geçirýärler. Geçiriji materiallaryň häsiýetnamalary aşakda getirilendir. Galyň plýonkaly mikroshemalarda geçirijileri we kontaktly meýdanlary döretmeklik üçin geçiriji pastalary ulanýarlar. Geçiriji pastalaryň düzümine indiki komponentler girýär: geçiriji ýollaryň emele gelmegini üpjün ediji, metal;

Tablisa 9.1. Geçiriji materiallaryň häsiýetnamalary.

Gatlak aşagy, gatlak we örtük materiallary	Gatlagyň galyňlygy nm	Udel garşylyk OM/A
Gatlak aşagy – nihrom X20H80 Gatlak – altyn 3n. 999,9	10-30 600-800	- 0,03-0,05
Gatlak aşagy – nihrom X20H80 Gatlak – wakuumda eredilen mis Goraw örtügi – nikel	10-30 600-800 80-120	- - 0,02-0,04
Gatlak aşagy – nihrom X20H80 Gatlak–misiň wakuumly ergini Goraw örtügi – kümüş 999,9	10-30 400-1000 80-100	- - 0,02-0,04
Gatlak aşagy – nihrom X20H80 Gatlak – misiň wakuumly ergini Goraw örtügi – altyn 999,9	10-30 600-800 50-60	- - 0,02-0,04
Gatlak aşagy – nihrom X20H80 Gatlak – alýuminiý A97	10-30 300-500	- 0,06-0,10

kontakda metally bölegi saklaýjy we gaýguçda pastanyň berkidilmesini üpjün ediji, ýeňil ereýän aýna; we pasta kesgitli akymlylygy bermeklik üçin niýetlenen, organiki goşundylar. Pastalary funksional materialyň ähli görnüşleri boýunça bir

komponentlere we köp komponentlere klawisirleýärler. Bir komponentli ulgamda kümüşi, altynny, platinany, palladini, indini we beýleki materiallary, köp komponentli ulgamda platina – altyn, palladiý – kümüş, palladiý – altyn erginlerini we beýlekileri ulanýarlar.

Plýonkaly geçirijiniň hasaplamasynda mikroshemalaryň häsiýetnamalaryna bildirilýän talaplary hasaba almaklyk zerurdyr. Bu talaplary indiki kriteriýalaryň görnüşinde görnüşe getirmek mümkin:

- 1) Geçirijide güýjenmäniň düşmesi käbir uly bahadan uly geçmeli däl.
- 2) Geçirijiniň garşylygy käbir uly bahadan R uly geçmeli däl.
- 3) Geçirijiniň üstünden akýan toguň dykzlygy I/S_{min} gatnaşyk bilen kesgitlenilýän bahadan geçmeli däl, bu ýerde S_{min} – geçirijiniň kesim meýdany.
- 4) Geçirijiniň hususu sugymy käbir uly bahadan C uly bolmaly däl.
- 5) Geçirijiniň hususy induktiwliligi käbir uly bahadan L uly geçmeli däl.

Mundan başga-da geçirijileriň özara sygymy we özara induktiwliligi hasaba alynmalydyr. Geçirijileriň hasaplamasy güýjemäniň ýol berilýän düşmeginiň bahasy $V_{pr} \leq V_{pr\ gop}$ boýunça signallaryň az derejesinde az pesgel gorawly çatgylary taslamakda gerekdir we $V_{pr} = I R_{pr} > V_{pr\ gop}$ şertiň barlanylmagyna getirilýär, bu ýerde R_{pr} – geçirijiniň garşylygy; I – geçirijiniň üstünden akýan tok. Prezisionly pes omly rezistorly we güýjenme bölüjili mikroshemalary ýasamakda hasaplama geçirijiniň garşylygynyň ýol berilýän bahasy boýunça geçirilýär.

$$R_{pr} = \rho_{ol}/b < R_{pr\ gop}. \quad (9.1)$$

$R_{pr\ gop}$ baha adadça, prezisionly rezistorly garşylygynyň ýalňyşlygy geçirijiniň gaslygy sebäpli rezistorly ylaýyklygyna 0,1-0,2 Yol berilenden uly bolmaly däl diýilen şerden kesgitlenilýär.

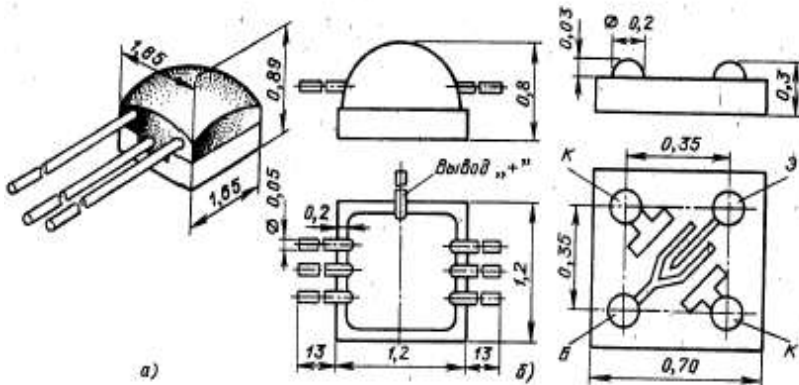
Toguň dykyşlygynyň ýol berilyän bahasy Plýonkaly geçirijilerde örän ýokary bolanlygynda, onda geçirijilerde toguň dykyzlygynyň hasaplamasy geçirilmeýar.

Plýonkaly geçirijileriň zuýanly parametrleri indiki gatnaşyklardan kesgitlenilip bilner: hususy sygym, $\Pi\Phi$, göniburçly görnüşli Plýonkaly geçirijiniňki $C=0,024\varepsilon'1/1n(4L/b)$, bu ýerde ε' -howanyň we goýguçlaryň degişli sümujiligi bilen kesgitlenilýän, dielektriki sümujiligiň orta arifmetiki bahasy; hususy induktiwlilik, mkG , göniburçly görnüşli Plýonkaly geçirijiniňki $b \ll l$:

$$L=2 \cdot 10^{-4} l [\ln(2l/b)+0,22(b/l)+0,5] \quad (9.2)$$

10. Asma elementleriň gurluşlary.

Gibrid mikroshemalarda asma işleň elementler



Sur. 10.1. Korpussyz enjamlaryň gurluşy:

a – tranzistor; b – diodly matrisa;

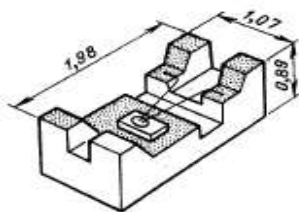
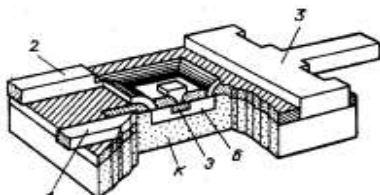
Sur. 11. Gaty sferik çykytly ýarymgeçiriji enjamyň gurluşy.

höküminde korpussyz diodlary we diodly materiallary, tranzistorlary we tranzistorly materiallary, rizistorlary, MDP-düzülüşleri, ýarymgeçirijili mikroçätgylary, şeýle-de miniatýur ýerine ýetirilişdäki korpussy ýarym geçirijili esbaplary ulanýarlar. Korpussyz ýarymgeçirijili esbaplar az gabarit ölçeglerine we agrama eýedirler we şonuň üçinem gibridly mikroshemalar has giňden ulanýarlar.

Korpusssyz esbaplar planar tehnologikda ýasalýarlar. Bu esbaplar germewli bolman hen bilerler we gibritly mikroshemalaryň germewli korpusynda ýa-da bir näçe gibridly mikroshemalardan durýan, mudullarda gurnalyp bilinerler. Daşky sredada saklanýan, hapalaryň we çigýň täsirinden wagtlaýyn goraw hökmünde bu esbaplardaky kristallar lakyň, emalyň, smalanyň, aýnanyň kompaundyň goraw örtükleri bilen örtülýärler. Korpyssyz ýarym geçirijili esbaplary özleriniň mikroshemalarda gurnalýş usullary boýunça iki topara bölmeklik mümkin: maýyşgak çykalgaly esbaplar we berk göwürimli çykalgaly esbaplar. Şeýle gurluşlaryň düýpli kemçilikleri kontaktlaşdyrma prosesiniň pes öndürilidgi bolup durýar. Symly çykalgalary birleşdirmek operasiýasyny awtomatlaşdyrmak başartmaýar. Mundan daşga-da maýyşgak çykalgaly işjeň elementleriň ulanylmasy birleşdirmäniň ýokary ygtybarlygyny üpjün etmeýär. Şonuň üçinem häzirk wagtda berk çykalgaly esbaplary giňden ulanýarlar, meselem: sferiki ýa-da, şeýlede keramiki kristal saklaýjylardaky esbaplar. Bu iki gurluşlar üçin hem birleşdiriji symlaryň bolmazlygy mahsusdyr, bu bolsa mikroshemalaryň ýygnaýş prosesini awtomatlaşdyrmaga we birleşmeleriň ygtybarlygyny ýokarlandyrmaga mümkinçilik berýär.

Şarikler adynyň aşagynda mälüm bolan berk sferiki çykalgaly ýarym geçirijili esbaplar hem bardyr. Emma çykalgalar diňe bir şarikleriň görnüşüne eýe bolman, eýsem kertilen konus, silindir we ş.m. görnüşlere hem eýe bolup bilerler. Ýarym gäçiriji düzülişleriň kontaktkly meýdanlarynda sferiki çykalgalar metelly wakuumly pürkmeklik ýa-da galwaniki ekmeklik bilen döredilýär. Berk çykalgaly esbaplaryň gurnalşy, goýgujyň degişli kontaktkly meýdanlary bilen ýarym geçiriji kristallaryň kontaktkly meýdanlarynyňgöniden-göni elektriki we mehaniki birleşmesini üpjün ediji, “öwürülen kristall” usuly bilen geçirilýär. Şol wagtda gurnalmada kristal goýguja ýüzlenip bilýän ýüzleýin üst bolup durýar. Şeýle birleşdirilme çykalgalaryň az induktiwlige bilen tapawudlanýar,

usulyň özi bolsa integrasiýalaryňhas ýokary derejesini üpjün edýär. Gurnalyş ultra sesli, termokompressorlary kebşirlemäň kömegi bilen ýerine ýetirilýär. Şarikli çykalgaly korpussyz ýarym geçirijili esbaplary ulanmakda esbaby mikroshemalaryňkontaktly meýdanlarynda ornaşdyrmaklyk üçin örän takyk optiki we mehaniki ulgamlar gerek bolýar, sebäbi esbabyň çykalgalarynda, mikroshemalaryň kotaktly meýdançalarynda esbabyň ornaşdyrylmasynda gönüden-göni gözekçilik edip bilmeýär. Mundane başga-da, esbabyň ornaşdyrylmagyndan soň birleşmäniň hiline wizual gözekçilik mümkin däl bolýar.



Sur.10.2.Balka görnüşli çykgytly tranzistoryň Sur. 13. Keramiki kristal görnüşü. saklaýjyly korpussyz tran- 1 – emitter çykgydy; 2 – bazanyň zistor. çykgydy; 3 – kollektoryň çykgydy.

Süneli çykalgaly tranzistorlar. Süneli çykalgalar özlerinde kristallaryň gyrasyna çykýan, özenleriň görnüşine eýe bolan metaldan degerlikli galyň Plýonkaly saklaýarlar. Süneli çykalgaly esbaplar az zyýanly sygymlara (0,05-0,002pF) we çykalgalryň induktiwliline (0,2nG töweregi) eýedirler, bu bolsa olary ýokary ýygyllykly diapazonda ulanmaklyga mümkinçilik berýär. Süneli çykalgalr ýygnamaklyk üçin amatlydyrlar, sebäbi gurnalşyň islendik usullarynyň ulanylmagyna ýol berýärler we ýygnaşy awtomatlaşdyrmagy ýeňilleşdieýär. Soňky ýagdaý, çykalgalaryň kristallaryň gyrasyna çykýanlygy bilen ölçegleri saklamak takyklygyna talaplar bilen baglanşyklydyr we daşky birleşmeleriň ýerleşiş peselýär. Çykýan çykalgalar, ulanylyş pursatynda esbabyň işjeň oblastyna gyzyş täsirlenmesi hem kemeldýär. Süneli çykalgalaryň kemçiligi esasy ýagdaýda

olaryň ýaşaýyş tehnologiýanyň çylşyrymlylygyna esaslanandyr.

Ýygnaşyň tisimatly prosesini awtomatlaşdyrmak gibriddy mikroshemalarda keramiki kristal saklaýjylardaky ýarymgeçirijili esbaplary ulanmaklyga mümkinçilik berýär. Kristal keramiki saklaýjynyň çuňlugynda gurnalýar. Saklaýjynyň metallaşdyrylan çykalgalaryna esbapyň symly çykalgalaryny birleşdirýärler. Şeýle gurluşy kähalatda “çykmaýan öwrülen esbap” diýip atlanlandyrýarlar. Metallaşdyrylan meýdançalaryň kömegi bilen saklaýjynyň çykalgasynda esbap degişli kontaktly meýdanlara kebşirlenilýär. Keramiki korpus esbabyň parametrlerini ölçemeklik üçin amatlydyr, çatgyda köp gezekleyin gurnalmaklyk ukyplydyr we çykalgalaryň ujypsyz zýýanly induktiwliligine (0,6nG töweregi) we az zýýanly elektrot aralyk sygymalaryna (0,1pF töweregi) eýedir. Keramiki saklaýjylarda korpussyz ýarymgeçirijili esbaplaryň ulanylmasy, mikriçatgyda esbaplaryň ornaşdyrylmasy üçin ýönekeý enjamlary ulanmaklyga we ýygnaşyş operasiýalarynyň wagtyny gysgaltmaklyga mümkinçilik berýär, sebäbi ähli esbaplaryň şol bir wagtda ornaşdyrylmagy ahmaldyr.

Gibridli mikroshemalarda ýagdaýlaryň hatarynda asma diskretli gowşak elementleri ulanmagyň zerurlygy ýüze çykýar: sygymlar, drosseller, transformatorlar we ş.m. Aýratynam bu, şol ýa-da beýleki bir funksiýalary üpjün etmeklik üçin sygymy uly ylaýyk bahaly kondensatorlar zerur bolan, liniýaly gubridli mikrocatgylar üçin mahsusdyr. Şeýle sygymlary amatly gabaritly ölçeglerde almaklyk kyndyr. Diskretli gowşak elementler mikroshemalaryň gurluşy bilen ylalaşykly bolmalydyr, goýguçda ýönekeý we ygtybarly gurnalmalydyrlar we mikroshemalaryň meňzeş häsiýetlerine ýakyn, uanyş häsiýetnamalaryna eýe bolmalydyrlar.

Asma diskret görnüşli gowşak elementler hökmünde КЛГ, КМ, К10-9, К10-17, К10-22, К52-6, К53-10, К-53-15 görnüşli kondensatorlary, DM drossellerini, ММТН-35

transformatorlaryny ulanmaklyk maslahat berilýär. Asma diskretli elementleriň ornaşdyrylmasy goýguçda ýelimiň kömegi bilen amala aşyrylýar gurnalys ýörite desgada kebşirleme arkaly geçirilýär.

Häzirki wagtda dürli gurluşly ýazgy edilmeli korpussyz ýarymgeçirijili esbaplaryň uly mukdary işlenip düzüldir. Ýarymgeçirijili esbapyň görnüşini saklamaklygy, ilkinji nobatda elektriki we gurluşly parametrleriň takyk çatgylary üçin zerur bolanlardan salgylanyp geçirýärler. Mundan başgada, goýguçda asma elementleriň gurnalşyny üpjün ediji, önümçiligiň tehnologikly mümkinçiliklerine ünsi çekmeklik gerekdir.

Mikrocatgylary işläp düzmekde ýarym geçirijili esbaplaryň indiki aýratynlyklaryny hasaba almaklyk zerurdyr: esbaplaryň parametrleriniň temperaturalardan we rejimlerden baglylygy; elektriki ýüklenmelere duýgurlylyk.

Has güýçli temperaturaly baglylyk ters tok üçin häsiýetlidir. Temperaturanyň 1C ýokarlanmagynda germanili p-n-kontaktiň ters iki esse, p-n-kontaktli kremnilide-2,5 esse ulalýar. Işçi temperaturalaryň diapazonynda tigy geçirmek koefisiýenti has ujyply üýtgeýär. Esbaplaryň iş şertini we režimlerini saklamakda çäkli režimleriň parametrleri bilen üstlenýän, çäklendirilmelere berk gözekçilik zerurdyr. Güýjenmäni, togy we esbapda ýaýraýan kuwwatlygy 0,7-0,5 olaryň çäkli ähmiýetine çenli çäklendirmek maslahat berilýär. Şol wagtda dine bir esbaplaryň saklanmasynyň güýçli depginliligi peselmän, eýsem olaryň iýmitlendirme güýjenmesiniň mümkin bolan serpilmesinden we beýleki töötätleýin ýüklenmelerden gorawyny hem eňilleşdirýär.

Mikrokuwwatlymikroshemalary gurmakda esbapyň görnüşüni saýlamaklygy mikrorežide tranzistorlaryň işiniň aýratynlyklarynyň hasaby bilen geçirmeklik gerekdir ($I_k=200\text{mkA}$, $U_k=1-5\text{W}$). Mikrorežimde tranzistorlaryň parametrleri we häsiýetnamalary, temperaturadan we işçi tokdan togy geçirek häsiýetini adaty has güýçli baglylygyndan,

has ýokary giriji garşylyk, bazanyň garşylygynyň az täsiri we onuň taslanmasy, emitter zunjyrynyň has bahaly roly bilen tapawudlanýar.

Çatgynyň talap edilýän çalt hereketlilik ýa-da güçlenmäniň bölekleyin çägi esasanam ýarymgeçirijili esbabyň ýygylýk häsiýetleri bilen kesgitlenilýär. Ýokary ýygylýkly esbablaryň öte ýüklenme örän duýgurdyklaryny, olardaky çatgylaryň bolsa öz özünden oýanmaklyga tabyndyklaryny hasaba almaklyk gerekdir. 80°C çenli temperayurada germanili ýarymgeçirijili esbaplary ulanmaklyk, 100-120°C temperaturada bolsa-kremnilini ulanmaklyk maksada laýykdyr.

Şeýlelik bilen, esbabyň şol ýa-da beýleki bir görnüşini saýlamakda mikroshemada esbabyň has ygtybarly işini üpjün etmekde çalyşmakludan salgylanmak gerekdir.

11. Gibrit mikroshemalarynyň topologiýasyny taslamak.

Topologiýanyň aýratynlyklary we işläp taýýarlama döwürleri.

Gibrit mikroshemalaryny işläp taýýarlamagyň esasy edilip konstruirlemeginiň funksional – düwün usuly we taýýarlamagyň köpçülikleýin usuly gurnalandyr. Şeýle diýmek, gibrit mikroshemalaryny edil funksional gutarnykly önüm hökmünde taýýarlap elektrik signallaryny diskret we üznüksiz çözmeklige niýetlenendir diýmekdir. Gibrit mikroshemany işläp taýýarlamak gaty kän çäreleri öz içine alyp, konstruktor dokumentlerini döretmeklige ugrukdyrylandyr.

Taslama üçin başdaky berlenler bolup: Mikroshemany işläp taýýarlamak ýa-da mikroshemanyň seriýasyny taýýarlamak üçin tehniki ýumuş. Tehniki ýumuşa girýär: Tehniki talaplar: funksiýa, elektrik häsiýetnamalary, işläp taýýarlanan.

Mikroshemanyň parametrleri, iýmitlendiriş çeşmesi we ş.m. Ulanmaklyk talaplary: klimat we mehaniki täsirleri boýunça; Ygtybarly talaplary: bökdençsiz, döwürlän işläp biljek möledi, ortaça gulluk edip – işläp biljek wagty we ş.m.

Saklamaklyk talaplary: ambarlarda ýa-da açyk ýerde saklamak şertleri. Konstruktiw talaplary: göwresiniň tipi we ölçegi,

çykyşlara edilýän talaplar. Tehniki ýumuş esasynda taýýarlamak prinsipial elektrik çatysy. Tehnologik mümkinçilikleri we çäklendirmeleri, ýagny tehnologik prosesleri we enjamlary barabaky maglumatlar; Gibrit mikroshemany taslamak aşakdaky yzygiderlikde alnyp barylýar:

- 1) Shematehnikasynyň talabyna we tehniki mümkinçiligine görä plýonkaly (gatlakly) passiw elementleri taslamak;
- 2) Kommutasiýa shemasyny we düşekçenyň belli bir meýdançasyny işläp taýýarlamak;
- 3) Topologiýanyň eskizini işläp taýýarlamak;
- 4) Barlag – synag hasaplamalary;
- 5) Topologiýanyň gutarnykly wariantyny işläp taýýarlamak;
- 6) Gatlaklaýyn çyzgylary işläp taýýarlamak;
- 7) Tehniki dokumentleri dolandyrmak we gobermek;

12. Ýuka plýonkaly GSM-ýň topologiýasyny taslamak.

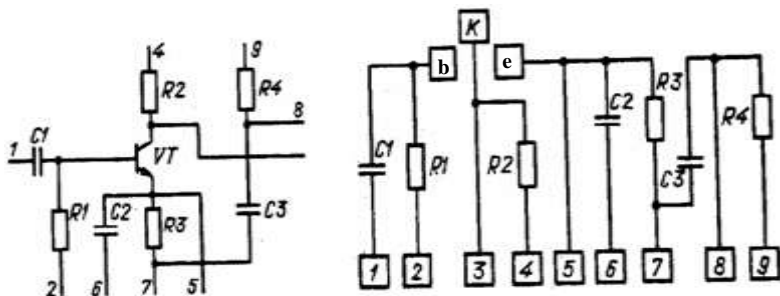
Konstruktirlenme prosesiniň esasy gutarnykly döwri diýlip, MS-ýň topologiýasyn işläp taýýarlamak we optimizirlemekdöwürlerine aýdylýar. MS-ýň topologiýa shemasy mikroshemanyň düşekçe meýdançasyndaky özara ýerleşişini kesgitleýän dokumentdir. Ol ýörite talaplara we çäklendirilmelere görä düzülýär. Toplogiýa çyzgysy mikroshemanyň elementleriniň optimal ýerleşişlerini, özara baglanşygyny görkezýä dokumentdir.

Topologiýa çyzgysy arkaly mikroshemadaky mümkin bolan parazit aragatnaşyklarynyň häsiýetlerini we parametrlerini görkezýän esasy dokument bolup gulluk edýär. Ondan başgada mikroshemadaky elementleriniň ýyllyk režimlerini, olaryň ygtybarlylygyny, elementleriň işçi temperaturalaryny kesgitlemäge mümknçilik berýär.

Diňe prinsipial shemasy boýunça ony kesgitlemek mümkin däl.

MS-ýň topologik çyzgylary işläp taýýarlamakda aşakdaky aýratynlyklary göz önünde tutmalydyr. GSM-ýň shemaly elementleri, aktiw kompýuterlerden başgasy

düşekçenyň üstünde ýokarky gürlükde, dykzylykda edilip döredilýär. Bu bolsa shemanyň esasy elementleriniň arasynda parazit özara täsirleriniň köpelmegine getirýär, olaryň arasyndaky ýylylykçalyşmasyny we hususy sesleriniň köpelmegine alyp barýar.



Surat 12.1. Prinsipial elektrik (a) we kommutasiýa (b) shemasy K224YC2

MS-nyň topologiýasyny işläp taýýarlamakdan owal ýerleşiş shemasyny kommutasiýa shemasy düzülmelidir. Ony düzmekde esasy dokument prinsipial elektrikçatgysy bolmalydyr.

$$S = K \left(\sum_{i=1}^n S_{R_i} + \sum_{i=1}^m S_{C_i} + \sum_{i=1}^k S_{L_i} + \sum_{i=1}^l S_{H_i} + NS_K \right)$$

Daşarky kontakt meýdançalarynda ýörite komponentleriň ýerleşiş tertibi, hem-de içki kontakt meýdançalary üçin goşmaça meýdançalar göz önünde tutulýar.

Ondan soň platalaryň meýdançalaryny kesgitlemeklige girişilýär:

Bu ýerde, k-platadaky meýdançanyň ulanyşynyň koeffisiýenti, ol elementleriň arasyndaky aralygy hasaba alýar.

S_{H_i} - rezistiw elementiniň meýdançasy;

S_{C_i} - i – sygym elementleriniň meýdançasy;

S_{L_i} - i – induktiw elementiniň meýdançasy;

S_{H_i} - asylyan elementiniň meýdançasy;

S_K - kontakt meýdançasynyň meýdany;

N – kontakt meýdançasynyň sany;

n,m,k,e – Plýonkaly kondensatorlaryň, induktiw tegekleriň we açylan garyndylaryň rezistorlarynyň sany;

Gibrit MS-iň topologiýasyny işläp taýýarlamak üçin başdaky berilenler hökümünde:

Kommutasiýa shemasy; plataalaryň ululygy (ölçeği) we göwresiniň tipi; Plýonkaly elementleriň geometrik ululyklary we şekili; komponentleriň geometrik razmeri; konstruksiýa we tehnologik çäklendirmeleri; Bu ululyklar bardakly elementleriň döredilişiniň tehnologik usulyna, ýagny maskaly (M), fotolitografik (MF), elektron – ionly (EI), tantaly (TA) usullaryna baglydyr.

Topologiýany işläp taýýarlamagyň başdaky döwri 10:1 ýa-da 20:1 gerimde ýerne ýetirlen eskizini taýýarlamakdan ybaratdyr. Ilki bilen elementleriň düşekçeda optimal ýerleşdirmesi meselesi çözülýär. Elementler ýerleşdirilenden soň element ara we komponent ara birleşmeleri amala aşyrylýar. Platalarda simleri ýerleşdirmek umumy ulanylýan talaplara görä edilýär. Olardan esasy birleşdirmesi simleriniň mümkin gadar gysga bolmaklygy, olaryň özara kesişmesiniň az bolmaklygyna ugrukdyrylmalydyr. Gibrit MS-yny taslamakda birnäçe düzgünler berjaý edilmelidir, meselem, Plýonkaly simleriň minimal uzynlygy, ýokary ýygyllykly giriş we çykyş simleri mümkin boldugyça bbiiri-birinden daşrakda ýerleşdirilmeli. Asylýan komponentleri setirleýin, platalaryň taraplaryna parallel ýerleşdirmeklik hödürlenýär.

Işlenip taýýarlanan topologiýa konstruktiw, tehnologik, elektrik talaplaryny berjaý edýän prinsipial shemasyna laýyk gelmelidir. Plýonkaly elementleriň elektrik parametrlerini we mikroshemalaryň berlen şertde ylaýyk işläp bilmelikleriň doly üpjün edilmelidir, belli bir ygtybarlykda işläp bilmelidir.

Tablisa 12.1. Platalaryň tipli ululyklary (mm)

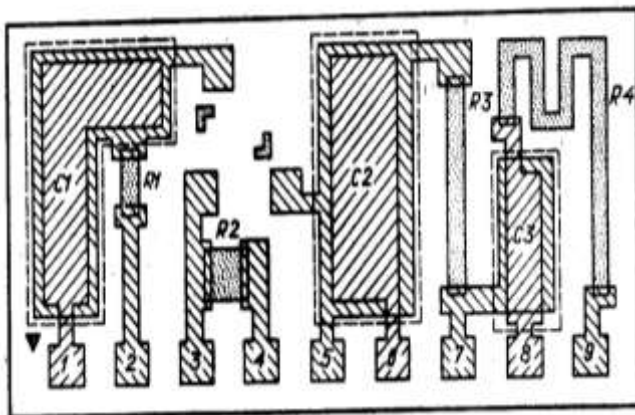
Tip ululyk ölcegi	Ini	Uzynlygy	Tip ululyk ölcegi	Ini	Uzynlygy	Tip ululyk ölcegi	Ini	Uzynlygy	Tip ululyk ölcegi	Ini	Uzynlygy
1	96	120	6	20	24	11	5	6	16	8	10
2	60	96	7	16	20	12	2,5	4	17	24	60
3	48	60	8	12	16	13	16	60	18	20	45
4	30	48	9	10	16	14	32	60	19	20	45
5	24	20	10	10	12	15	8	15	—	—	—

Gibrit mikroshemasynyň topologiýasynyň dogry işläp taýýarlanandygyny barlamak aşakdaky yzygiderlikde amala aşyrylýar. Ilki bilen göwräniň uçlaryna daşky kontakt meýdançalarynyň laýyklygy prinsipial elektrik shemasynda barlanylýar. Ondan soň shemadaky Plýonkaly geçirijileriň özara kesişmeleri, olary dielektrikler bilen goramak, elementleri barlamak, mikroshemanyň ylaýyk funksirlenmegini üpjün etmek we ş.m. barlanylýar. Onuň üçin induktiw we sygym aragatnaşyklaryna baha berilýär.

Topologiýanyň eskizini barlamak takykklamak we düzedişler bilen ugradylyp, onuň netijesinde topologiýanyň gutarnykly warianty işläp taýýarlanylýar.

Suratda ýukagatlakly gibrit mikroshemanyň topologiýasy görkezilýär. Topologiýa çyzgysy gerimde ýerine ýetirilýär. Topologik çyzgyda platany elementleriň orunlaryna göre ondaky ähli gatlaklary girizip şekillendirilýär. Her bir gaty oňa laýyk ştrih bilen şekillendirmeli. Ştrihowkanyň görnüşi tablissada seljerilýär. Ýokarky we aşaky obkladkalaryň ştrihleriň egrisi dürli-dürli bolmalydyr. Kontakt meýdançalary nomerlenýär, ol çyzgynyň aşaky meýdançasından başlap, sagat strelkasynyň ugruna ters ugur boýunça amala aşyrylýar. Ilki bilen ähli daşky kontakt meýdançalary nomerlenýär, ondan içkileri. İçerki kontakt meýdançalaryny nomerlemek aşakdan –

ýokary we çepden saga peski aşaky burdan başlanýar.



Sur. 12.2. Ýuka gatly GMS-yň topologiýasy

Eger-de mikroschemanyň platasyny göwrüme – göwrä ýerleşdirilse, onda daşarky kontakt meýdançalaryny nomerlemek çykyşlaryň – uçlaryň nomerasiýasyna ylaýyk gelmelidir.

Eger-de göwräniň ähli usullary ulanylmasa, olaryň nomerasiýasy saklanylmalydyr. MS-yň topologiýa çyzgysynda hömany açar, ýagny, kontakt meýdançalarynyň hasaba alynyp başlanýan wagty görkezilmelidir. Açar haýsy hem bolsa bir şekil görnüşinde meselem, plitanyň boş meýdançasyna çalyňan üçburçlyk şekilinde, ýa-da peski çep gapdalyndaky periteriýa kontakt meýdançasynda köpeldilen görnüşde görkezilýär.

Tehniki talaplary MS-yň topologiýa çyzgysynyň meýdançasynda ýerleşdirýärler. Ýörite tablisa nominal parametrleri we Plýonkaly elementleriň rugsat edilen çäkleri we parametrleri ölçemek baradaky görkezmeler ýerleşdirilýär.

Topologiýa çyzgysynyň esasynda gatlaklaýyn çyzgysy edil topologiýa çyzgysynyň giriminde edilip ýerne ýetirilýär. Bu çyzgylar topologiýa fotogalyplaryny, maskalaryny taýýarlamaga esas bolup gulluk edýärler: Her bir gatyň elementiniň ululygy göniburçly koordinat ulgamynda berilip, tablisa salynýar we her bir gatlagyň çyzgy meýdançasynda

ýerleşdirilýär. Plýonkaly gatlaklary çekýän şekilleriň ýokarsy nomerlenýär. Nomerlemek her bir elementiň çäginde beýikligiň gyrasyndaky çepden aşaky böleginden başlanýar (onuň koordinaty has pesdir) we sagat strelkasyna garşy ugur boýunça dowam etdirilýär; gatlak çägindeki elementleriň depesini nomerlemek – aşakdan ýokary we çepden – saga ugur boýunça indiki golaý elemente geçirmek bilen peski çep elementden başlanýlar. Aýratyn gatlaklardaky çyzgylar gatlagyň adyny ýazmak bilen belliklenýär. GSM-ýň gutarnykly döwri konstruktor dokumentlerini işläp taýýarlamak bilen tamamlanýar. GMS-ýň konstruktor dokumentleriniň esasy topary edilip grafiki we tehniki maglumatlar toplumyna aýdylýar. Esasy topluma girýärler:

MS-ýň spesifikasiýasy, prinsipial elektrik çatgysy, MS-ýň ýygnama çyzgysy, onuň topologiýa çyzgysy, aýratyn gatlaklaryň passiw böleginiň topologiýa çyzgysy, her bir gatlagyň elementleriniň konfigurasiýasynyň koordinat tablisalary, tehniki şertleri, satyn alynmaly önümleriň wedomosty we ş.m.

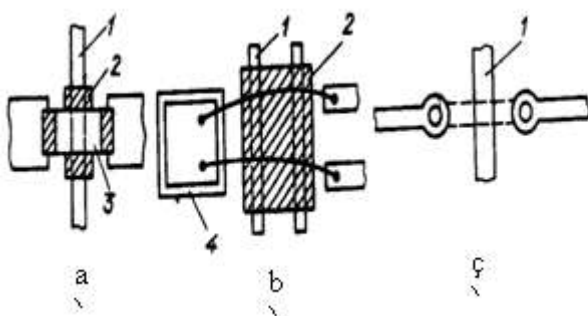
13. Galyň Plýonkaly GMS-ýň topologiýasyny taslamak

Galyň Plýonkaly GMS-ýň topologiýasyny işläp taýýarlamagyň birinji döwri prinsipial elektrik çatgysyny düşekçedaky aragatnaşyk liniýalarynyň kesişme sanynyň minimal sana getirilenden soňkysyna golaý edip özgertmekden ybaratdyr. Surat 3-4-de ýogyngatly Plýonkaly ulanmakdan goşmaga mümkinçilik berýän usullar görkezilýär.

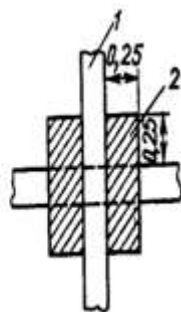
Eger-de bu usullardan derek bolmasa, onda trafaret çap etmesiniň usuly bilen ýogyngatlaklykesişmeleri taýýarlamak mümkindir. Gatlakara dielektrigi üçin pastanyň häsiýetnamasy getirilendir,

Käwagtlar düşekçenyň ululygy tehniki ýumuşda berilýär, eger-de düşekçenyň ululygy hasaplama boýunça birgatly elementleri ýerleşdirmek üçin alynan bahadan az bolsa, onda düşekçenyň ikinji aşaky üsti ulanylýar. Eger-de şeýle ýerleşdirilenden hem soň düşekçenyň ululygy bolmaly

çägindeň çyksa, onda elementleriň köpgatlykly ýerleşmeleri geçirilýär. Gatlak sanyny çözmek tehniki we ykdysady faktorlary bilen berkidilýär.



Sur. 13.1. ÝogynPlýonkaly kesişmelerini ulanmakdan daşlaşdyrýan usullar: a) geçiriji asma kondensatorynyň aşagyndan geçýär; b) tokgeçiriji ýojagazlarynyň üstünden taşlanan sim birleşmeleri; ç) simleriň biri düşekçenyň başga tarapyndan girýär; 1 – Plýonkaly geçiriji; 2 – ýapyk gorag gatlamasy; 3 – asma kondensatory; 4 – asma diody



Sur. 13.2. Galyň Plýonkaly kesişmeler: 1 – Plýonkaly geç. 2 – gorag gatlagy.

Düşekçenyň ululygy we gatlak sany çözüleniden soňra elementleriň amatly ýerleşdirilmegine girişilýär. Bu meseläni köp usul arkaly çözmek bolar. In oňat warianty gözleg arkaly tapylýar. Şol gözleg wagty aşakdaky ýagdaýlar göz önünde tutulmalydyrlar:

- platadaky rezistorlary birmeňzeş edip almaly;
- galyňgatlykly rezistorlary meandra görnüşde taslamak bolmaýar;
- nominal garşylyklara golaý rezistorlar bir pastadan taýýarlanylýar we düşekçenyň bir tarapynda ýerleşdirilýär;
- asma komponentleri platanyň bir tarapynda ýerleşdirmeklik hödürleýär;
- asma komponentleri dielektrik bilen goralýan rezistorlarda dikeltmeklige rugsat edilýär;
- birleşme arasyndaky köpgatly bölünişikte geçirijileriň aşaky gatlakda ýerleşenleri lazer ýsygy bilen gabatlandyrylýan rezistoryň aşagynda bolmaly däl.

Tablisa 13.1. Gatlakara dielektrigi üçin pastanyň häsiýetnamasy.

Pastanyň belledişi	Bardanyň galyňlygy, mm	Udel sygymy $C_0, \text{pF/sm}^2$	$1,5M\Gamma \text{tg}\delta \cdot 10^{-3}$ ýygylýkdaky dielektrik ýitgisiniň tangens burçy	Ulanulýan ýerleri
PD-1	60-70	160	2	Bardaly elementleriň iki derejedäki gatlaklara izolýasyýasy üçin
PD-2	50-60	220	3	Bardaly elementleriň üç derejedäki gatlaklara izolýasyýasy üçin
PD-3	30-50	—	2	PD1-pastasy ulanylandaky ýokarky gorag gatlagy üçin
PD-4	30-50	—	3	PD2-pastasy ulanylandaky ýokarky gorag gatlagy üçin

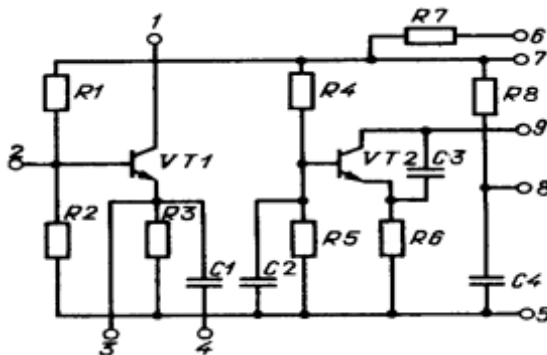
MS-yň topologiýasynyň eskizini işlenip taýýarlananda tehnologik çäklendirmeleri we konstruktiw talaplary hasaba alynmalydyr.

Topologiýanyň eskizini işläp taýýarlamagynyň mysaly. Başky berlenler: spesifikasiýaly prinsipial elektrik çatgysy,

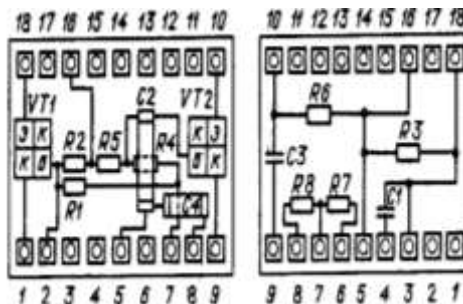
göwresiniň tipi, uçlary nomerlenen düşekçenyň ululygy görkezilen tehniki ýumuş.

Prinsipial elektrik çatgysynda asma we Plýonkaly elementlerini aýratyn belleýärler. Aktiv komponentleriň deregine KT 359 markaly tranzistory, kondensator hökmünde C_3 we C_4 – K – 10 – 9 görnüşli asma kondensatorlary ulanylýar.

Asma komponentlerini düşekçeny bir tarapynda ýerleşdirýärler. Düşekçenyň dürli tarapynda ýerleşýän elementler deşiň üsti bilen birleşdirilýär. R_1 , R_2 , R_4 , R_5 rezistorlary nominal ululyklary boýunça ýakyn we PR– 6k pastasyndan

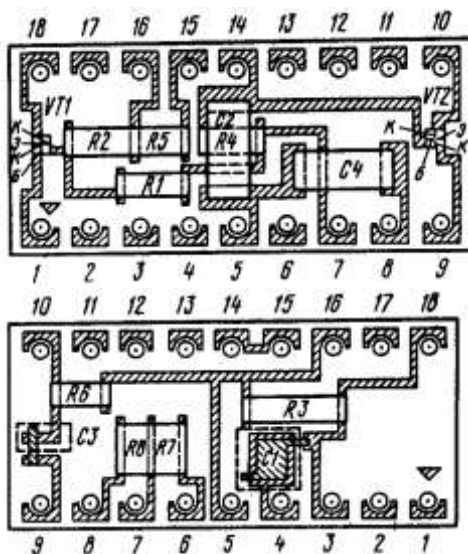


Sur. 13.3. Smesiseliň, geterodiniň prinsipial elektrik çatgysy. Elementleriň çatylyşy surat 20-de görkezilendir.



Sur.13.4. GalyňPlýonkaly GSM-yň kommutasiýa shemasy. taýýarlanandyr. Olary edil asma elementleriň asylýan tarapyndan ýerleşdirýärler. Nominal ululygy boýunça ýakyn R_3 , R_6 – R_8 rezistorlary PR– 550 pastadan taýýarlanylýar we

Plýonkaly kondensatorlary düşekçenyň başga tarapynda ýerleşdirilýär.



Sur.13.5. GalyňPlýonkaly GSM-yň ýygnama-gurnama shemasy.

14. Ýarymgeçirji mikroshemalar

Ýarymgeçirji mikroshemalar ýa-da ýöne mikroshemalar - bu elementleriň topary ýarymgeçirjili, örtükli ýa-da üstünde we gaty esasy göwürümde islendik beýleki tilsimatda ýerine ýetirilýän mikroelektronly modullardyr. Ýarymgeçirji mikroshemalarda bu çatga girýän, aýry gurluşly tamamlanan şaýlaryň toplумы, materialyň esasyndaky göwürümde ýa-da üstde sökülmän ýerine ýetirilen, elementleriň topary bilen çalyşýar. Bu gurnalyşyň dykzlygyny birden ulaldýar we radioelektronly düwüniň gurluşyny ujyply ýönekeýleşdirmäge mümkinçilik berýär. Ulanylýan tilsimatdan baglylykda mikroshemalaryň ýasalşy iki sany esasy görnüşe bölünýär: ýarymgeçirjili we gibrilidi. Ýarymgeçirjili mikroshema- ähli

elementleri üstde ýa-da ýarymgeçirjili materialdan düşekçäniň göwrümünde ýerine ýetirilen mikroshemadyr.

Gibridli mikroshema –bu üst bilen ýa-da düşekçäniň göwrümünde sökülmän baglansykly elementler bilen bir hatarda, düzgün boýunça, ýarymgeçirjili enjamlar bolup durýan asma mikrominiatýurler ulanylýan mikroshemalardyr.

Gibridli ýarymgeçirjili mikroshemalarda asma elementi örtükli tilsimatýň usuly bilen ýarymgeçirjiniň üstünde ýerine ýetirilen rezistorlar we kondensatorlar bolup durýar. Gibridli integrally mikroshemalar örtükleriň galyňlygyndan we olaryň dielektriki düşekçesiniň üstüne girizilmegi usulundan baglylykda inçe örtükli (1 mkmçenli) we galyň örtükli (1 mkm uly) bölünýärler. Inçe örtükleriň ulanylmagy parametrleriň bahainiň has giň diapazony bilen gowşak elementleri döretmäge we gurnalyşyň uly dykzylygyna ýetmeklige mümkinçilik berýär. Inçe örtükli gibridli integral mikroshemanyň gowşak elementleri düşekçä termowakumly çökündileme wekatodly pürkülme usuly bilen artykmaçlykda girizilýär.

Inçe örtükli gibridli integral mikroshemalaryň gowşak elementleri ýokary udel garşylykly pastany ulanyp, şelkografiýanyň kömegi bilen ýasaýarlar. Girizilmeden soň pastany düşekçede ýakýarlar. Galyň örtükleriň ulanylmasy uly kuwwatlygy dargatmaga ukyply rezistorlary ýasamaklyk mümkinçiligi berýär.

Ýarymgeçirjili, gibridli integrally mikroshemalar integrasiýa derejesi boýunça integrasiýanyň az, orta we uly derejeleri bolan çatgylara bölünýärler. Integrasiýasy az derejesi bolan çatgylara 10-30 elementleri saklaýan , çatgylar degişlidir ; Integrasiýasy orta derejesi bolan çatgylar 40-150 elementleri saklaýar;

150-200 uly elementleri saklaýanlara uly integrally çatgylar degişlidir.

Funksional belenilşi boýunça integrally mikroshemalar iki klassa bölünýärler : paýhasly(ýa-da sanly) we liniýaly-

impulsly(ýa-da analogly) çatgylar. Paýhasly çatgylar habary diskretli bejermek gurulmasynda we awtomatika ulgamynda, liniýaly-impulsly çatgylar bolsa pes we ýokary ýygyllykly signallary güýlendirijiler, generatorlar, gatyşdyryjylar we işjeň elementleri liniýaly rezimde işleýän ýa-da liniýasyz özgerdilmäni amala aşyrylýan beýleki gurulmalar üçin ulanylýarlar.

Mehaniki we klimatiki täsirlenmelerden goranmak, şeýle-de apparaturany ýygnamak amatlylygy integrally mikroshemalary kebşirleme galyplama ýa-da ýelmemeklik bilen germewlenýän korpuslarda ýerleşdirýärler. Käbir mikroshemalary plastmassaly guýuş ýoly bilen germewleýärler. Gibridli integrally mikroshemalarda ulanylmaklyk üçin ýörite korpussyz diodlar, diodly matrisalar we tranzistorlar işlenilip düzüldir.

Integrally mikroshemalaryň markirowkasy olaryň funksional klasslara we toparlara degişliligini, seçle-de çatgynyň kesgitli seriýasyna degişliligini şöhlelendirýär. Ýerine ýetiriliş funksiýasynyň häsiýeti boýunça radioelektronly apparaturada integrally mikroshemalar toparlara we her toparyň çäklerinde klasslara bölünýärler.

Ýarymgeçitji mikroshemalaryň birini beýlekisinden ýasalýş tehnologiýasy, häsiýetleri ýaly birnäçe alamatlary bilen tapawutlandyryýarlar:

15. Konstruktiv(tehnologiki alamatly)ýarymgeçirjili IS, gibridli IS, plýonka görnüşli IS, utgaşdyrylan IS. Bular hakda gysgaça maglumatlar:

Ýarymgeçirjili IS-bu mikroshemada ähli elementler we elementara birleşmeler ýarymgeçirjiniň göwrüminiň içinde we üstünde geçirilýär.

Gibridli IS-bu mikroshemada ýönekeý elementlerden başga-da örän çylşyrymly komponentler bolýar.

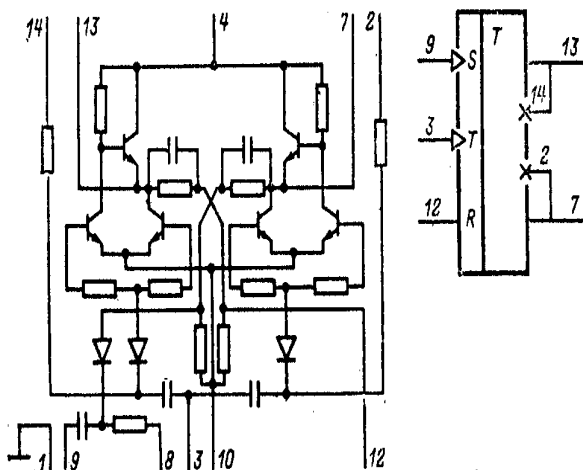
Plýonka görnüşli IS-bu mikroshemada ähli elementler we elementara birleşmeler plýonka görnüşli geçiriji we dielektrik materiallardan ýasalýarlar.

Utgaşdyrylan IS-bu mikroshemada bar bolan ähli aktiw elementler ýarymgeçirji kristalda ýerleşdirilýän bolsalar, onda passiw elementler we elementara birleşmeler plýonka görnüşdedirler.

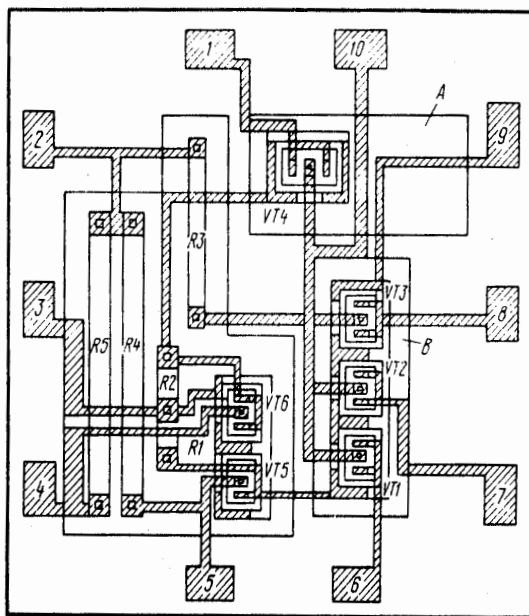
Ýarymgeçirji mikroshemanyň elementi IMS-iň bir bölegi bolup, haýsy-da bolsa bir elektradioelementiň funksiýasyny ýerine ýetirýän ýarymgeçirji kristaldan ýa-da ýarymgeçiriji düşeginden üznelikde däldigi üçin, özbaşdak synagdan geçirmek, ýa bolmasa, signallary kabul etmek, tabşyrmak(ibermek), aýratynlykda ekspluatirlemek ýaly mümkinçiliklerden mahrumdyr.

IMS-iň komponentleri IMS-iň bir bölegi bolup, haýsy-da bolsa bir elektradioelementiň funksiýasyny ýerine ýetirýän özbaşdak önümdigi üçin, özbaşdak synagdan geçirmek, signallary kabul etmek, ibermek, aýratynlykda ekspluatirlemek ýaly mümkinçilikleri bar.

Seriýanyň şertli bellenilşi iki sany elementlerden durýar. Birinji element-mikroshema seriýasynyň tilsimatly dürligörnüşliligini görkeziji san. Ikinji element-bu seriýanyň belgisini görkeziji, iki bahali san.



Surat.15.1. Ýarymgeçirjili mikroshemanyň prinsipial çatgysy.



Surat.15.2. Ýarymgeçirjili mikroshemanyň topologik çatgysy.

Integrally çatgynyň şertli bellenilşi alty elementlerden durýar. Bbirinji element-mikroshemanyň tilsimatly dürli görnüşliligini görkeziji we seriýanyň bellenilşiniň ikinji elementi bilen gabat gelýän san. Ikinji element-mikroshemanyň funksional klassyny görkeziji harp. Üçinji element-bu funksional klassyň toparyny görkeziji harp. Dördünji element-seriýanyň belgisini görkeziji, iki bahali san. Başınji element-bu seriýaly mikroshemanyň işlenip düzülišiniň belgisini görkeziji san. Altynjy element-A-dan ýa çenli harp.

Käbir seriýaly mikroshemalar mydamalyk we üýtgeýän tokly güýçlendirijiler hökümünde çözüji güýçlendirijileriň analogly-sanly özgerdijileriň awtomatika çatgysynda bosagaly gurulmalaryň ulanylmasy üçin niýetlenendir. Mikroshemalar uly metally korpusda 12 çykylyş bilen çykarylýar we -10°C den $+70^{\circ}\text{C}$ çenli temperaturalaryň diapazonynda işlemeklik üçin göz önünde tutulandyr.

16. Bipolýar ýarymgeçirjili mikroshemalaryň elementlri.

Bipolýar ýarymgeçirjili mikroshemalaryň esasy aýratynlyklary.

Mikroelektronikanyň has ösüşli ugry ýarymgeçirjili mikroshemalar bolup durýar. Ýarymgeçirjili mikroshemalaryň gurluşy edil gibridlileriňki ýaly, klassiki çatgyly düşüňjä we döp bolan çtglyly elementlere esaslanandyr. Gibridli mikroshemalardan tapawutlylykda ýarymgeçirjili işjeň we gowşak elementler ýarymgeçirjiniň göwrümünde döredilýär.

Ýarymgeçirjili mikroshemalar gibridler bilen deňeşdirilende indiki esasy artykmaçlyklara eýedirler. Integrasiýanyň çenden aşa ýokary derejesine ýetmeklik mümkinçiligi; ýokary ýagtybarlyk; kiçi geometriki ölçegler we agramdyr.

Ýöne bu mikroshemalar käbir kemçiliklerde eýedir, olaryň sanyna degişli; elementleriniň parametrleriniň ylaýyk bahainiň çäkliligi; işjeň we gowşak elementleriň häsiýetnamalarynyň ujyply temperaturaly baglylygy; elementleriň arasynda zyýanly özara gatnaşyklaryň bolmagy; gowşak elementleriş göýberilşiniň az çäklerini almagyň kynlygy.

Agzalyp geçilen kemçiliklerden birleşdirilen mikroshemalarda ýarymgeçirjili düşekçäni örtüji gorag örtüginin üstünde inçe örtükli tilsimatyň usullary bilen döredilýän, gowşak elementleri düzetmeklik mümkin. Ýarymgeçirjili mikroshemalary gurmakda elementleriň bir birinden, şeýle-de düşekçeden özara izolýasiýasyny üpjün etmeklik zerurdyr.

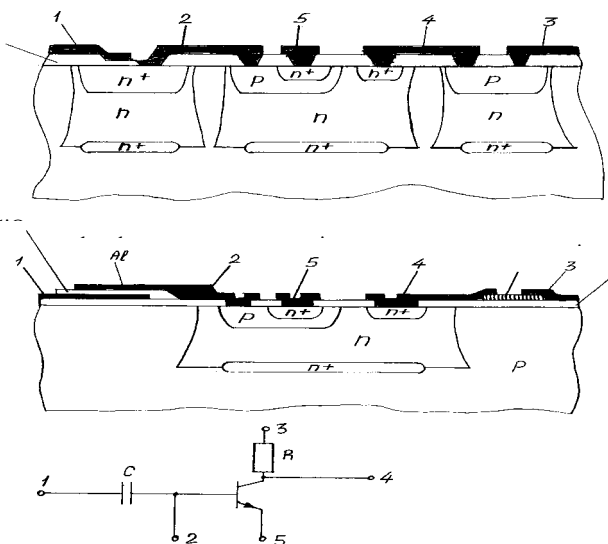
Bipolýar ýarymgeçirjili mikroshemalarda indiki elementleri bölmeklik mümkin: düşekçe, gowşak we işjeň elementler; özara birleşdirme we kontaktly meýdanlar.

17. Ýarymgeçirji mikroshemalaryň düşekçeleri.

Ýarymgeçirjili mikroshemalaryň düşekçeleri geçirjili we geçirmeýän bolup biler. Ýarymgeçirjili mikroshemalary gurmakda materiallary saýlamak barada mesele köp sanly faktorlardan baglylykda çözülýär. Ikinji nobatda mikroshemanyň eýe bolmaly, elektriki we beýleki parametrlerine üns çekilýär. Geçiriji düşekçeler üçin material

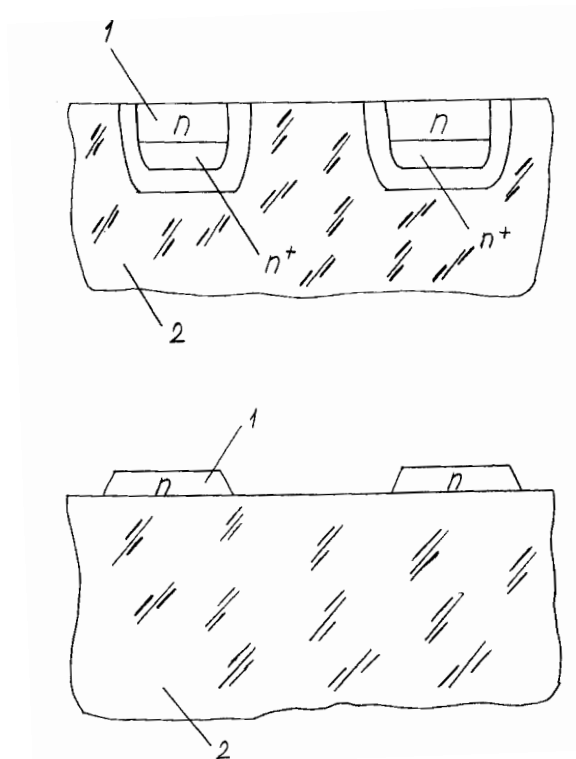
höküminde köplenç 250-400 mkm galyňlykly we 60-150 mkm diametrli plastin görnüşinde monokristally kremniýany ulanýarlar. Plastinany ýasamaklyk tilsimaty üsti işläp bejermegiň zerur bolan hilini üpjün etmelidir, üstesinede işçi üst 14-nji klassa çenli arassalyk bilen, işçi däl bolsa 12-nji klassa çenli işlenilip bejerilýär. Düşekçäniň üsti (111), (100) ýa-da (110) tekizliklere takmynlanýar.

Kremnili plastinalardan başga-da mikroelektronika önümlerinde indiýa we galliýa fosfidiniň, arsenidiň we antimonid galliýa monokristally plastinalary we beýleki ýarymgeçirji birleşmelere giň gerime eýe bolýarlar. Arsenid galliý esasyndaky mikroshemalar aýratyn üstünlikli işlenilip düzülýär we tejribä ornaşdyrylýar. Bu ýarymgeçirjili material mikroshemalaryň kremniýa seredeňde has ýokary temperaturada işlemegini üpjün edýär we elektronlaryň ýokary



Surat 17.1. Mikroshemanyň düzüşi.

a-ýarymgeçirjili; b-birleşdirilen IM; w-olaryň elektriki çargysy;



Surat 17.2. Ýarymgeçirjili mikroshemanyň dielektriki düşekçeleri :

a-KWD görnüşli düşekçe; b-KHD görnüşli düşekçe;

1-monokristally kremniý; 2-dielektriki düşekçe;

18. Ýarymgeçirji mikroshemalaryň gowşak elementleri.

Ýarymgeçirjili mikroshemalarda gowşak elementleri öndürmek prosessi işjeň elementleri öndürmek prosessine seredeňde has gymmatly bolup durýar. Diskretli elementleri ýasamakda gapma garşy kanunalaýyklygy görmek bolýar. Ýarymgeçirjili mikroshemalaryň gowşak elementleriniň meýdanlary işjeň elementleriň meýdanalaryndan öte geçýär. Ýarymgeçirjili plastinada ýasalan çatgylaryň sany bilen mikroshemanyň bahasynyň göniden göni kesgitlenýänliginde onda

ýarymgeçirjili mikroshemalary iöläp düzülmesinde gowşak elementleriň sany kemelýärler, işjeňleriňki bolsa ulaldýarlar.

Ýarymgeçirjili mikroshemalaryň gowşak elementleri üçin ylaýyk bahaleriň ujyply temperaturaly dreýfi, şeýle olryň uly absolýut taşlamalary häsiýetlidir. Mundan başga-da gowşak elementleriň alynmasy diňe ylaýyk bahaiň çäklendirilen diapazonynda mümkindir. Ýöne gowşak elementler mikroshemalaryň işjeň elementlerini ýasamaklygyň tilsimatly prosesleri bilen birleşdirmek ýaly monolitli düzülişleriň käbir artykmaçlyklaryna eýedirler. Köp ýagdaýlarda elementleriň degişli saýlawynda we çatgylý taslama golaýlaşmada elementleriň monolitli ýerine ýetirilişi bilen üstlenýän çäklenmeleriň önüni almaklyk başardýar.

19. Fiziki düzülişi saýlamak.

Elektriki parametrleri we mikroshemalaryň häsiýetnamasyny kesgitleýji, esasy düzüliş tranzistor bolup dueýar. Şonuň üçinem, tranzistorlara bildirilýän talaplardan esaslanyp, dürli oblastlaryň fiziki düzülişiniň saýlawy geçirilýär, ýagny sanyna legirleýji garyndylaryň konsentrasiýasy göterijileriň hereketligi esasy däl göterijileriň üstleýin rekombinasiýasynyň tizligi we durmuş wagty, materialyň dielektriki sümüjiligi materialyň udel garşylygy degişli bolan, kesgitli elektrofiziki parametrlere ýüzlenilýär. Galan elementleriň hasaplamasy üçin esasy tranzistoryň saýlanan fiziki düzülişini ulanýarlar.

p-n-geçiş kömegi bilen izolirlenen, mikroshemalaryň elementleriniň düzülişi, indiki gatlaklara eýedir; emitter bezaly, epitaksial ýapyk. Bu gatlaklaryň ählisi düşekçede (ýokary omly kremniý) görnüşe gelýärler, üstesinede elementleriň izolýasiýasy, geçirjilik görnüşü epitaksial gatlagyň geçirjilik görnüşine gapma garşy bolan we düşekçäniň geçirjilik görnüşü bilen gabat gelýän, dürli gatlaklar bilen amala aşyrylýar.

Düşekçäniň udel garşylygy uly (1-10 Om.şm) bolmalydyr. Bu ýokary geçiş güýjenmesini we ters süýşýän p-n-geçişniň az baryerli sygymyny üpjün etmeklige mümkinçilik

berýär. Düşekçe bozulma howpy bolmazdan işlenilip bejeriler ýaly ýeterlikli galyň (0,25-0,44 mm) edilip saýlanylýar. Mikroshemalary ýasamaklygyň häzirki zaman tilsimatynda düşekçe hökümünde adatça p-görnüşli kremnini ulanýarlar, epitaksially gatlak bolsa n-görnüşli geçirijilige eýedir.

Kollektorly oblasty legirlemegiň derejeli gapma garşy talaplardan esaslanyp saýlanylýar: ýokary geçiş güýjenmäni we kollektor-baza geçişini az sygymyny almaklyk üçin legirlemegiň derejesi pes bolmalydyr. Kollektoryň pes yzygiderli garşylygyny almaklyk üçin bolsa ýokary bolmalydyr. Epitaksial gatlagyň udel garşylygy (0.15-5 Om.şm) düzýär, onuň galyňlygy bolsa (1-den 15 mkm) çenli üýtgeýär. Inçe epitaksial gatlaklaryň (1-3 mkm) ulanylmasy parajitli sygymlary kemeltmäge we elementleriň ýerleşiş dykzylygyny ulaltmaga mümkinçilik berýär.

Kollektoryň yzygiderli garşylygyny kemeltmeklige n^+ -görnüşli gizlin gatlagyň görnüşe getirilmegi bilen ýetilýär. Mundan başga-da kollektorly kontakt görnüşe gelyän oblastda n^+ -oblastyň döremegi üçin donarly garyndynyň diffuziýasy geçirilýär. Bu n^+ -oblastyň bellenişi kollektoryň gowşak legirlenen n-oblastyna alýuminiýanyň göneltmeýän kontaktynyň ygtybarly görnüşe gelmegini üpjün edilmesinden durýar, sebäbi alýuminiý kontaktyň görnüşe gelmek temperaturasynda 10^{18} atom/sm³ tertipdäki erýijilikli kremnide akseptorly garyndy bolup durýar. Käbir ýagdaýlarda kollektoryň doýgunlaşma garşylygyny kemeltmeklik üçin gizlin n^+ -gatlagga çenli donorly garyndylaryň çuňňur diffuziýasyny ulanýarlar. Bu kollektoryň çykalgasynyň we gizlin gatlagyň arasyndaky dik garşylygyň kemelmesine getirýär. Gizlin gatlakly düzülişde kollektoryň yzygiderli garşylygy 10-50 Om düzýär, kollektoryň göwre garşylygynyň gizlin gatlagynyň ýoklugynda – birnäçe kiloomdyr.

Bazany we emitteri legirlemegiň derejesi hem birnäçe gapma garşy talaplaryň hasaby bilen saýlanylýar. Emitteriň täsirini ulaltmak we baza-emitter geçişiniň geçijilik

güýjenmesini ýokarlandyrmak üçin bazany legirlemegiň derejesini peseltmek gerekdir. Ýöne bazany legirlemegiň derejesini peseltmeklik bazaly kontaktyň we bazanyň işjeň oblastynyň arasynda parazitli omiki garşylygyň ulalmagyna getirýär. Mundan başga-da bazaly gatlagyň üstleýin konsentratsiýasy $5 \cdot 10^{16} \text{ sm}^{-3}$ kiçi dursa onda bu gatlagyň üstünde okisiň üstleýin gatlagynda bolan, öwezi dolmadyk zaryad bilen girizilen, n-görnüşli inwersion oblastyň emele gelmegi ahmaldyr. Netijede kollektoryň we emitteriň arasynda geçiriji kanalyň döremegi ahmal. Emitteri legirlemegiň derejesini ýokarlandyrmak inžeksiýanyň has ýokary koeffisiýentini almak üçin zerurdyr. Ýöne legirlemegiň örän ýokary derejesinde (10^{21} sm^{-3} çenli) emitterli oblastda kristally gözenegiň döreyän ýoýulmasy esasy däl göterijileriň durmuş wagtyňy kemeldýär, bu öz nobatynda inžeksiýa koeffisiýentiniň kemelmesine getirýär.

Goşa diffuziýa usulynda ýasalan tranzistoryň bazaly oblastynda, garyndyň konsentratsiýasynyň gradiýentiniň täsiriniň aşagynda döreyän güýçli elektriki meýdan bardyr. Şonuň üçinem esasy däl göterijileriň bazanyň üstünden geçirilmesi dreýfiň we diffuziýanyň hasabyna amala aşyrylýar. Bazanyň işjeň bölegi örän az galyňlyga ($w \approx 0.1-1.0 \text{ mkm}$) eýedir. Şonuň üçinem esasy däl göterijileriň bazanyň üstünden uçuş wagty tranzistoryň ýygylýk häsiýetini kesgitleyji esasy faktor bolup durýandyr.

20. Kondensatorlar.

Ýarymgeçirjili mikroshemalarda iki görnüşli kondensatorlaryň ulanylmagy ahmaldyr. Birinji görnüşdäkiniň amala aşyrylmasy ters süýşýän p-n-geçişiň häsiýetine, ikinjinki bolsa-haýsdyr dielektriki materialyň adaty ulanylmasynda esaslanandyr.

Kondensatorlary almakdaky esasy kynçylyk udel sygymynyň ýeterlikli ýokary bahaini üpjün etmekde jemlenýär. Bu bilen ýarym geçirjili mikroshemalarda kondensatorlaryň iki görnüşini hem ulanmaklygy kynlaşdyrýan, düýpli çäklenme

baglanşyklydyr. Sygymlaryň uly düýpli ýetilýän bahai $\pm 20\%$ göýberişli 100-200 пф çäklerde ýatyr.

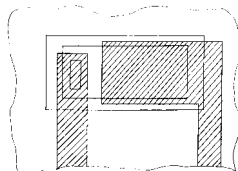
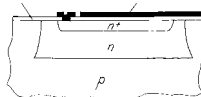
Häzirki wagtda p-n-geçiliş esasyndaky kondensatorlar giň gerime eýe bolýarlar. Bu görnüşdäki kondensatorlaryň has giňden ýaýramagy diffuzion rezistorlaryň, ýagny tranzistorly düzülişin diffuzion oblastlaryny almak bilen şol bir wagtda olaryň görnüşe getirilmegi mümkinçiligi bilen düşündirilýär. Şeýle kondensatorlary almaklyk üçin indiki ters süýsmeli geçişli sygym ulanylyp biliner: kollektor-düşekçe, kollektor-baza, emitter-baza.

Mundan başga-da goşmaça operasiýalar bolmasyzdan ýene-de bir kondensatory ýasamaklyk mümkin, eger p-görnüşli garyndyň bölüniş diffuziýasy prosesini gizlin n-gatlakda geçiş emele geler ýaly edip geçirsek. Udel zarýadly sygym goşulan güýjenmäniň we geçişin tilsimatly araçäkleriniň golaýynda garyndylaryň bölüniş kanunyndan baglydyr. Kondensatorlyň beýleki elementlerden izolýasiýasy üçin p-görnüşli düşekçe shemada has uly otrisatel ösüş goýulýar.

Dielektrikli kondensator özünde adaty tekiz kondensatory saklaýar. (sur 5.9).

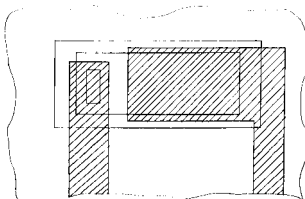
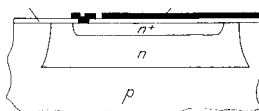
Şeýle kondensatoryň düzülişi ýerine emitterli oblast, dielektriki ulanylýan aşaky obkladkany we degişli görnüşli hem-de ölçegli metallaşdyrylan gatlagy özünde saklaýan ýokarky obkladkany goşýar. Kondensatorlaryň bu görnüşü diffuzionlaryň önünde artykmaçlyklaryň giňden hataryna eýedir, sebäbi olaryň udel sygymy goşulan güýjenmeden bagly däldir. Mundan başga-da uly gowulyga eýedirler we meýdansyz bolup durýarlar, ýagny olar üçin obkladkalaryň islendiginiň ösüş belgisi bahae eýe däldir. Birleşdirilen mikroshemalarda ýuka örtüklü kondensatorlar ulanylýar. Olaryň ýasalyşy üçin birnäçe goşmaça operasiýalaryň – metally we dielektriki materiallaryň yzygiderli çökdürlenmesiniň girizilmegi, şeýle-de kesgitli geometriki konfigurasiýany almak üçin fotolitografiki operasiýalaryň ulanylmagy gerek bolýar.

Ýuka örtükli kondensatorlar iň gowy elektriki parametrlere eýedirler. Köp gatlakly düzüliş iň ulanylmagyň netijesinde düzüliş iň berilen meýdanynda sygymy uýjyly ulaltmaklyk mümkin. Ýuka örtükli kondensatorlarynyň parametrleri obkladkalaryň we dielektriki saýlanan materialyndan baglydyr. Obkladkalaryň has giňden ýaýran materialy alýuminiý bolup durýar. Dielektriki gatlaklary ýasamaklyk üçin monooksid kremniýany, dioksid kremniýany, dioksid titany, tantal oksidlerini we beýlekileri ulanýarlar.

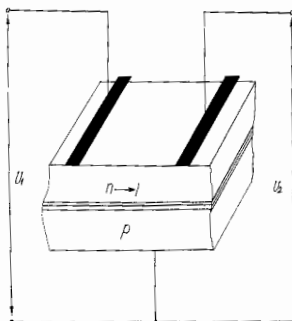


Surat 20.1.p-n-geçişleriň esasyndaky kondensatorlaryň düzülişi.

a-kollektor düşekçäniň kondensator geçişi ; b-kollektor bazanyň kondensator geçişi ; ç-emitter bazanyň kondensator geçişi ; w-p⁺-n kondensator geçişi ;



Surat 20.2. Dielektriki kondensatorlar.



Surat 20.3. Paýlanan RC-düzüliş.

21. Kondensatorlaryň gurluşy we hasaplamasy.

Ýarymgeçirjili mikroshemalarda sygymlary mydamalyk ýa-da güýjenmeli dolandyrylýan kondensatorlar p-n-geçişiň esasynda görnüşe getirilýär. Ýokarda belenilip geçişi ýaly p-n-geçiş barýerli we diffuzionly sygymlara eýedir. P-n-geçişiň diffuzionly sygymynyň fiziki tebigaty, p-n-görnüşli oblastlarda esasy däl görterijileriň inžeksiýasyna esaslanandyr.

Diffuzionly sygym açyk p-n-geçişiň az garşylygy bilen şuntirlenendir. Şonuň üçinem onuň pugtalygy azdyr. Kondensatorlaryň funksiýasyny ýerine ýetirmeklik üçin ýarymgeçirjili shemalarda esasy ýagdaýda p-n-geçişiň ters süýşmesinde döreýän barýerli sygym ulanylýar. Şeýle sygym has ýokary pugtalyga eýedir. Köp çatgylarda indiki belenişler ulanylýandyr : R_{p-n} -p-n-geçişiň garşylygy, P_n -kontaklaryň garşylygyny goşmak bilen, ýarymgeçirjiniň materialynyň yzygiderli göwrümlü garşylygy ýokary ýyglyklarda p-n-geçişiň R_{p-n} garşylygynyň täsirini ünsden düşürip bolýanlygynda onda pugtalyk

$$Q = 1/2\pi f C R_n, \quad (21.1)$$

Bu ýerde f -işçi ýyglyk.

Bu aňlatmadan pugtalygyň, kondensator bilen yzygiderli işledilen garşylygyň ulalmagy bilen kesgitlenýänligi görmek bolar. Göwrümli garşylyk R_n esasanam p-n-geçişiň ýokary omly oblastynyň udel garşylygyndan baglydyr. Şonuň üçinem kondensatoryň emitter-baza geçiş esasyndaky pugtalygy kollektor-baza geçiş esasyndaky kondensatoryň pugtalygyndan ýokary bolar.

Kondensatoryň sygymy

$$C=C_{oj}S, \quad (21.2)$$

Bu ýerde S- p-n-geçilşiň meýdany.

Udel sygym C_{oj} geçilşiň görnüşlerinden baglydyr we gatnaşyklar bilen kesgitlenýär. Gatnaşyklaryň üstleýin garşylygyny erkin bermekligiň bolmaýandygyny belläp geçmeklik gerekdir, sebäbi kondensatorlar tranzistora geçiş bilen şol bir wagtda döredilýär. Şonuň üçinem gatlaklaryň udel garşylygyny tranzistora bildirilýän talaplardan salgylanyp oňaylaşdyrýarlar. Kondensatoryň sygymy geçilse goşulan güýjenmä ters göni baglansyklydyr. Uly sygym nolly süýşirilmä gabat gelýär. P-n-geçilşe goşulýan ters güýjenmäniň ulalmagy bilen, kondensatoeryň sygymy $C \sim 1/U^n$ kanun boýunça kemeler, bu ýerde U- p-n-geçilşe goşulýan güýjenme ; $n=1/2$ basgançakly geçiş üçindir.

Surat 6.21. p-n-geçiliş esasdaky kondensatoryň ýönekeýleşdirilen ekwiwalentli çatgysy.

Bu bahaleriň derňewinden, p-n-geçişler esasynda ýerine ýetirilýän, kondensatorlaryň sygymalarynyň ylaýyk bahai 100-200 пф öte geçmeýär diýilen netijä gelmek mümkin. Bu çäklenmeler gaty uly bolup durýan we ýarymgeçirjili mikroshemalaryň beýleki elementleri bilen ölçenip bilinmeýän, kondensatorlaryň ölçegleriniň köplenç üstüne düşýär.

p-n-geçişiň ters ugura uly süýşmeli geçişiň bozuluş güýjenmesinden geçmeli däl. Şonuň üçinem taslanylýan kondensatoryň zerur bolan işçi güýjenmesinden baglylykda şol ýa-da başga bir p-n-geçiş saýlanylýar. Geçişiň saýlanan görnüşinden salgylanyp, berilen sygymy almaklyk üçin zerur

bolan meýdany kesgitleýärler. Meselem 5W kiçi işçi güýjenmeli kondensatory taslamakda emitter-baza geçişini ulanmaklyk maksada laýykdyr, sebäbi onuň üçin beýleki p-n-geçişlere seredeňde uly ydel sygym we has ýokary pugtalyk häsiýetlidir.

p-n-geçilşiň sygymyny kesgitleýji gatnaşyklaryň derňewinden görnüşi ýaly diffuzionly kondensatoryň sygymynyň temperaturaly baglylygy dielektriki sümüjiligiň we kontakly ösüşiň temperaturaly baglylygyna esaslanandyr. Birden p-n-geçiş üçin

$$TKE=0.5(TK_{\epsilon}-\varphi_K/-U+ \varphi_K*TK \varphi_K) \quad (21.3)$$

bu ýerde $TKE=(1/C)(dC/dT)$ -sygymlary[temperaturaly koeffisiýenti;

$TK_{\epsilon}=(1/\epsilon)(d\epsilon/dT)$ -dielektriki sümüjiligiň ϵ temperaturaly koeffisiýenti;

$TK \varphi_K=(1/\varphi_K)(d \varphi_K/ Dt)$ -kontaktly ösüşiň φ_K temperaturaly koeffisiýenti;

Garyndylaryň konsentratsiýasynyň liniýaly bölünmesi bilen geçmeklik üçin

$$TKE=2/3TKE- \varphi_K/3(-U+ \varphi_K)TK \varphi_K. \quad (21.4)$$

Dielektriki sümüjilik temperaturanyň ulalmagy bilen ösýär, kontakly ösüş bolsa kemelýär. Kremniýanyň dielektriki sümüjiligi ϵ ($TK_{\epsilon}=2*10^{-4}1/^{\circ}C$) temperaturadan gowşak baglydyr. Kontakly ösüşiň temperaturaly baglylygy p-we n-görnüşli oblastlarda garyndynyň çylşyrymly funksiýa bolup durýar;

$TK\varphi=(3-6)*10^{-3}1/^{\circ}C$. Kontaktly ösüşiň barýerli sygyma täsiri, p-n-geçilşe goşulan ters güýjenmäniň ulalmagynda kemelýär. Şonuň üçinem diffuzionly kondensatoryň temperaturaly baglylygy uly güýjenmelerde esasanam dielektriki sümüjiligiň temperaturaly baglylygy bilen, az ters güýjenmede bolsa kontakly ösüşiň baglylygy bilen kesgitlenýär.

p-n-geçişli esasdaky kondensator mikroschemanyň beýleki elementleri ýaly, zyýanly elementleriň hatarynyň täsirine tabyn edilendir, sebäbi onda p-n-geçişden başga-da

emele gelen peýdaly sygymdan başga-da diffuzion kondensatoryň görnüşinden laýykdykda zyýanly roly oýnaýan bir ýa-da iki geçiş bardyr. Kollektor-baza esasyndaky kondensatoryň ýönekeýleşdirilen ekwiwalentli çatgysynda peýdaly sygymdan C başga-da zyýanly tranzistor VT , zyýanly sygym C , kollektor-düşekçe geçiş izolirleýji we zyýanly yzygiderli garşylyk R_n bardyr. Bu zyýanly elementler kondensatoryň häsiýetnemasyny düýpli ýaramazlaşdyryp bilerler. Zyýanly tranzistorynyň täsiriniň düýbinden düzedilendigini belläp geçmek gerek, sebäbi n -oblastda mydama položitel ösüş berilýär. Düşekçeli kondensatoryň zyýanly sygymly aragatnaşygyny kemeltmeklik üçin, ýagny A nokatdan B nokada signaly geçirmegiň uly koeffisiýentini almaklyk üçin, C/C gatnaşyklaryň mümkin boldugyça uly bolmaklygy zerurdyr. C/C gatnaşyklary B nokadyň we düşekçäniň arasyna goýulan, süýşme güýjenmesiniň üýtgemegi bilen warirlemek mümkin, sebäbi geçiş sygymy süýşme güýjenmesinden baglydyr.

Ýarymgeçirjili shemalarda giňden ulanylýan kondensatoryň ikinji görnüşü dielektriki kondensator bolup durýar. Şeýle kondensatory ýasamaklyk üçin goşmaça tilsimatly operasiýalaryň geçirilmegi gerek bolmaýar. Olar mikroshemanyň beýleki elementleri ýeke täk tilsimatly döwürde döredilýärler. Zyýanly bolup durýan VD we $C1$ elementler p - n -geçiş bilen mikroshemanyň beýleki elementlerden kondensatoryň izolýasiýasy üçin girizilýär. Dielektriki kondensatorlarda yzygiderli garşylyk R_n , diffuzionly garşylyklara seredeňde azdyr. Bu kondensatoryň aşakdaky obkladkasy bolup n^+ -görnüşli ýokary legirlenen gatlagyň gullyk edýänligi bilen düşündirilýär. Yz ýanyndan dielektriki kondensatoryň pugtalygy diffuzionly kondensatoryň pugtalygyndan ýokarydyr.

Dielektriki kondensatoryň sygymy pikoforadda aňladylan:

$$C=0.0885 \varepsilon S/d=C_0S \quad (21.5)$$

Bu ýerde S-kondensatoryň obkladkasynyň meýdany Sm^2 ; ϵ -degişli dielektriki sümüjilik ; d-dielektrigiň galyňlygy, Sm ; C_o -udel sygym.

Kremniýa dioksidiň dielektriki sümüjiligi $\epsilon=4$. Kremniýa dioksidiň gatlagynyň galyňlygy 50 Hm kiçi bolup bilmez, sebäbi galyňlygyň soňky kemeltmesinde birmeňzeş oksidli gatlagy almaklyk örän kyndyr. Udel sygymynyň mahsus bahai $320-800 \text{ пф/mm}^2$ düzýär, dielektriki gatlagyň galyňlygyndan SiO_2 50-100nm.

Dielektrikli kondensatoryň işçi güýjenmesi dielektrigiň bozulma güýjenmesi bilen çäklenendir we indiki ýaly kesgitlenýär

$$V_{np} = E_{np}d, \quad (21.6)$$

Bu ýerde E_{np} - dielektrigiň elektriki berkligi ($SiO_2 E_{np}=10^7$ B/Sm üçün).

p-n-geçişleriň bozulşyndan tapawutlylykda dielektrigiň bozulmasy ýüzlenip bolmaýan häsiýete eýedir, ýagny bozuluşdan soň kondensator hatardan çykýar.

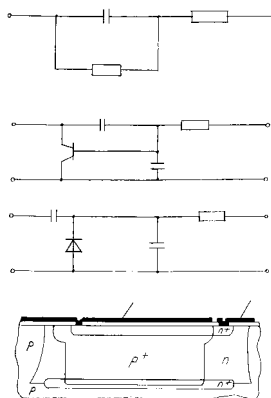
Dielektrikli kondensatoryň sygymlarynyň temperaturaly baglylygy dielektriki sümüjiligiň temperaturaly baglylygyna esaslanandyr. Kondensatoryň sygymynyň ýokary ylaýyk bahaini almaklyk üçin (450 pf çenli) az ýeri tutýan meýdanlarda toplumlaşdyrylan kondensatorlary ulanýarlar. Toplumlaşdyrylan kondensatoryň düzüşi özünde dielektriki parallel işledilen kondensatory we p-n-geçişler esasyndaky dört sany kondensatorlary saklaýar.

Tablisa 21.1. Integrally kondensatorlaryň parametrleri.

Kondensatorlaryň görnüşi	Udel Sygym $C_o \text{ пф/mm}$	Goyberiliş %	$TKE \cdot 10^{-3} \text{ } 1^\circ\text{C}$	Barlag Güýjenmesi V_{np}, B	Pugtalyk $f=10 \text{ Mgs}$ bolmagynda
Diffuzionly kondensatorlar geçişde					
Emitter-	600(1000)	± 20	—1.0	5—9	15—20

baza					
Kollektor -baza	150(350)	$\pm 15-2$ 0	-1.0	30—70 5—10	
Kollek- düşekçe	100(250)	$\pm 15-2$ 0	-1.0	35—100 1—5	
Dielektrik kondensatorlar					
SiO ₂	320—800	± 20	0.01 5	30—50	25—80
Si ₃ N ₄	800—160 0	± 20	0.01	50	20—10 0
Bellik. Ýaýda p-n-geçilşiň dik(gapdal) diwarlary üçin C ₀ baha görkezilen.					

Şeýlelikde kondensatoryň takyk gurluşyny we görnüşini saýlamaklyk üçin indiki faktorlary hasaba almak zerurdyr; kondensatoryň parametrlerni; kondensatoryň sygymlarynyň wagtlaýyn we temperaturaly baglylygyny; kondensatoryň izolýasiýasynyň görnüşini; mikroshemanyň işjeň elementlerini ýasamagyň tilsimatly prosessiniň birleşdiriliş derejesini; ýasalýş bahasyny. Integrally kondensatorlaryň parametrleri ýokarda görkezilendir.



Surat 21.1. Yarymgeçirjili mikroshemanyň kondensatory

22. Diodlary konstruirlemek we hasaplamak

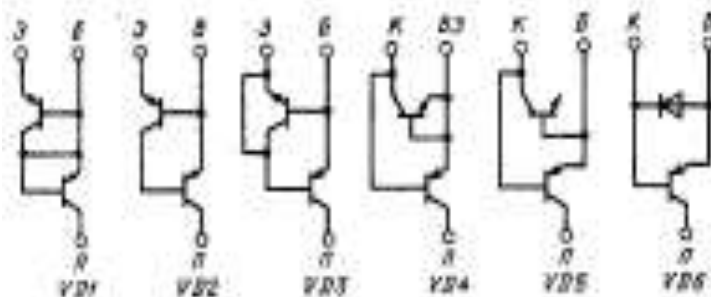
Integral görnüşdäki diod köpgatlakly düzümden ybaratdyr. Şeýle diodlary taýýarlamak, ýörite diod düzümlerini taýýarlamakdan ykdysady taýdan has peýdalydyr we arzandyr.

Integral diody ýörite belli bir derejede kommutirlenen gerişlerden durup, onuň häsiýetnamasy birlik kontakt häsiýetnamasyndan az kem tapawutlanýar.

ID – yň özüniň diskret analogyndan tapawudy, onda parazit sygymyň we tranzistoryň barlygydyr. ID – y ýöne aýdylanda üç polýusly abzal bolup, onuň üçünji elektrody hökmünde düşekçe ulanylýar. Diodyň ekwiwalent shemasyndan görnüşi ýaly bazadan, kollektordan we tranzistoryň n– p – П düşekçesinden durýan parazit tranzistoryň hereketini ýarymgeçiriji MS -y taslananda hökmany suratda hasaba alynmalydyr.

Egerde integral diody göni ugra süýşe, onda parazit tranzistorynyň emitter kontakti hem göni ugra süýşüriler. (VD1)

Parazit tranzistor güýçlendiriş režiminde işleýär, şonuň üçin diodyň üstünden akýan toguň bir bölegi düşekçe berilýär, başgaça aýdylanda bolsa dioda gelýän tok ondan akyp gidýän toga deň dälidir.



Sur.22.1. Diodlaryň ekwiwalent shemasy.

Şahalandyryjy toguň ululygy parazit tranzistoryň togy geçiriş koeffisiýentine baglydyr. (Umumy emitterli çatylan). Parazit tranzistorynyň aktiw häýetini düzetmek n-p-n tranzistorynyň kollektor oblastyny ýa-da p-n-p tranzistoryň bazaly oblastyny altyn bilen legirlemek arkaly gazanylýar.

Altyn bilen legirlenen düzüm üçin tok boýunça güýçlendiriş koeffisiýenti $h_{21Э}=0,01$ – e deňdir.

Parazit $p - n - p$ tranzistory $VD1$ – diodyna hiç hili täsir etmeýär, sebäbi $n-p-n$ tranzistoryň kollektor baza kontakti gysga ulaşdyrylandyr (korotkozamknutyý) ýarymgeçiriji MS – y konstruirlemekde wolt-amper häsiýetnamany kesgitleýji parametrleri hasaba alynmalydyr.

Diodyň Wolt-amper häsiýetnamasy aşakdaky baglanyşyndan tapylýar:

$$I_D = I_{\text{ters}} [\exp(gV_D / kT) - 1] ; \quad (22.1)$$

Bu ýerde – I_D – diodyň kontakt togy.;

U_D – kontakte berilen güýjenme;

$$I_D \approx I_{\text{ters}} \exp(qU_D / kT) ; (22.2)$$

Wolt – amper häsiýetnamasyny häsiýetlendirýän diodyň parametrlerine berilýän göni güýjenmäniň pese gaçyşy hem degişlidir, ýagny

$$U_{\text{göni}} = (kT / q) \ln(I_{\text{göni}} / I_{\text{ters}}) ; \quad (22.3)$$

Toguň edil şol bir ululygyndaky göni ugurda güýjenmäniň has uly pese gaçyşy $VD1$ tranzistory edil gysga ulaşan kollektorly kontakti bilen işleýär. Emmitter bilen inžektirlenen elektronlar bazanyň üsti bilen süýşüp, kollektorly kontakte ýetýärler we asuda kollektora gelip gowuşýarlar. Diýmek, giriş togynyň esasy bölegi kollektoryň üsti bilen akýar we bazanyň garşylygyndaky güýjenme pese gaçyşy başga diod düzümindäkilerden has az bolar.

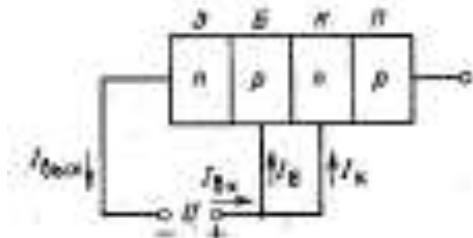
$VD4$ diodynda tranzistor düzümi inwers işleýjinde bolar. Egerde integral diodlaryny güýjanmäniň pese gaçyşynyň peselmegi tertibinde goýulsa, olaryň üstünden uly tok geçen mahaly, aşakdaky yzygiderligi alarys: $VD2$, $VD3$, $VD5$, $VD4$, $VD6$, $VD1$.

Diodyň ters süýşme güýjenmesi we $p-n$ izolirleýji kontakti kontaktiň böwsýän güýjenmesinden köp bolmaly däl. $VD1$ – $VD3$ diodlaryň maksimal rugsat edilen ters güýjenmesi emitter – baza kontaktiň böwslenme güýjenmesi bilen çäklendirilýär.

Diodyň parametrine wolt – amper häsiýetnamasynyň ters şahasyny häsiýetlendirýän dioda onuň üstünden akýan ters

süýşürmesiniň goýulan wagtyndaky hemişelik ters togy hem deňişlidir.

Sur.22.2. VD1 diodyň ýönekeýleşdirilen düzümi.



Kremni p-n kontaktde ters toguň düzüjisi bolup, termogenerasiýa düzüji togy gulluk edýär.

Onuň ululygy $p - n$ kontaktiň meýdanyna we onuň sanyna baglydyr.

VD1 we VD2 diodlary üçin ters toguň azlygy bilen belli bolýar, sebäbi ol emitter – baza kontaktde döreýär, ol az meýdanly we göwrüm zarýadynyň has dar oblastyna deňişlidir.

VD4 – VD6 diodlary kollektor baza kontakti esasynda döräp, olaryň ters togy has uludyr.

VD3 diodyň ters togy has uludyr, sebäbi bu wariantda kollektor – baza we emitter – baza kontaktiniň ikisi hem parallel satylan halda bolýarlar.

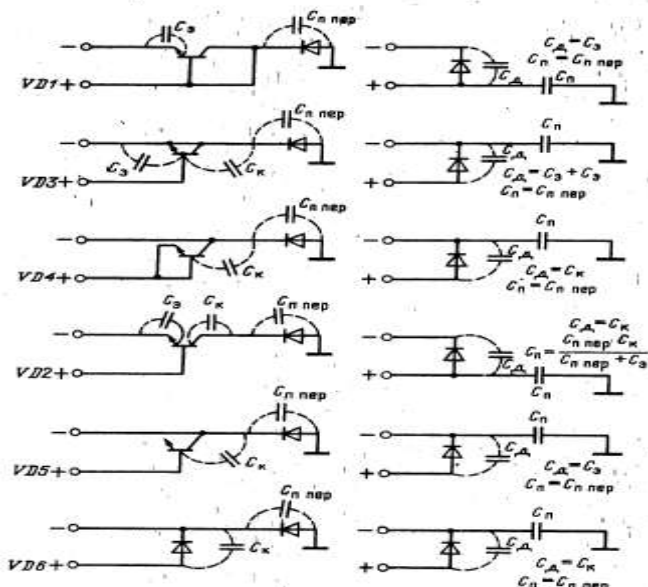
Ýokarda seredilen diodlaryň ählisiniň ters togy 0,1 – 100 mA çäkde üýtgeýär.

Ýarym geçiriji integral mikroshemalarynyň tiz täsirliги köp wagtlar elementleriň parazit sygymy bilen kesgitlenilýär. Şonuň üçin her bir diod düzümi üçin parazit sygymynyň ululygyny bilmek gerekdir.

Shemany ýer bilen birleşdirýän islendik sygym shemanyň tiz täsirliğini peseldýär, diýmek ol parazitdyr. Has pes parazit sygymy VD3 diodda, in azlysy – VD2 diodyndadyr.

Diodyň tiz hereketliligi ters garşylygyň dikelme wagty bilen häsiýetlendirilýär. Impuls režiminde işleýän diodlary inertliliginiň esasy sebäbi tranzistoryň düzümlü oblastynda

zarýad äkidijileriniň deň agramsyz ýygnaľmagy bilen düşündirilýär.



Sur.22.3. Tranzistoryň diod shemasyndaky çatylşynda täsir edýän sygymlar.

Ters garşylygynyň dikelme wagty tranzistor düzüminiň oblastynyň ululygyna, zarýad äkidijileriň ýaşap biljek wagtyna baglydyr.

VD1 diodynda ters garşylygyň dikelme wagty has azdyr, sebäbi kollektor oblastynda goşmaça zarýad üýşmesi bolmaýar. (kollektor – baza kontakti gysga ulaşdyrylandyr).

VD1 diodynda kollektoryň zynjyry açykdyr, şonuň üçin baza oblastyndaky esasy däl äkidijileriň inžeksiýasy kollektor kontaktini göni ugra süýşürýär.

Bu bolsa baza we kollektor oblastlarynda goşmaça zarýadlaryň üýşmegine alyp barýar.

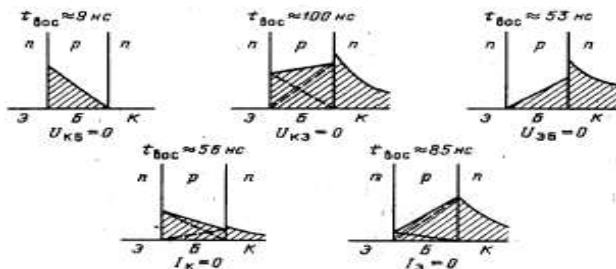
VD2 diodynyň ters garşylygynyň dikelme wagty VD1 diodynyňka garanyňdakydan has köpdür. (uzakdyr).

VD4 diody üçin esasy däl äkidijileriň dargama (bölünme) diagrammasynda görnüşi ýaly, ondaky toplanan (ýygňalan) zarýad hem VD1 diodyňkydan köpdür. Bu ýagdaýda, kollektor kontakti göni ugra süýşüp, äkidijileriň inžeksiýasy baza, oblastynda edil şonuň ýaly hem kollektor oblastlarynda bolup geçýär.

VD5 diodynda emitter kontaktiniň ýüksiz islän mahaly uly potensialy bolup, ony göni ugra süýşürýär.

Bu bolsa düzümde zarýadyň goşmaça üýşmesine getirýär.

Diodlaryň dürli shemadaky çatylyşyndaky häsiýetnamalary tabl. 22.1. görkezilýär.



Sur.22.4. Tranzistorlaryň diod shemalary üçin esasy däl äkidijileriň dargaaýyş grafigi.

Kollektor – baza ýapyk kontaktli VD1 diodyny logiki mikroshemalarynda ulanmak has amatlydyr, sebäbi ol tiz täsirliги almaga mümkinçili berýär. VD2 diodyny ýygnaýjy diody hökmünde logiki MS – da ulanmak bolar.

VD4 we VD5 diodlaryny umumy bahaly diod hökmünde ulanyp bolar.

Tablisa 22.1. Integral diodlarynyň nusgaly parametrleri

Parametr	Emitter geçişi		Kollektorly geçişi		Geçiriş-leriň parallel-birleşdirişi $U_{K3}=1$
	VD1 $U_{KB}=0$	VD2 $I_K=0$	VD4 $U_{3B}=0$	VD5 $I_3=0$	

Böwürsme güýjenmesi $U_{b\ddot{o}ws}, W$	7	7	56	55	7
Göni güýjenme $U_{g\ddot{o}ni}, W$	0,85	0,96	0,94	0,96	0,92
Ters tok, I_{ters}, nA	5	5	20	20	25
Ters garşylygyň dikelme wagty, t_{dik}, ns	9	56	53	85	100
Diodyň sygymy C_d, pF ($U_{ters}=5W$ deň mahaly)	0,5	0,5	0,7	0,7	1,2
Mugtho sygymy C_m, pF ($U_{kp}=5 W$ deň mahaly)	2,9	1,2	2,9	2,9	2,9
Mugthor tranzistoryň geçiş koeffisiýenti	0	3	2	3	3

Başga elementler bilen bilelikde KHC tipli düşekçeda taýýarlanan diodlar ýokarda seredilen diodlara garanyňda has tiz täsirli seredilen diodlara garanyňda has tiz täsirlidirler. Gapdal $p - n$ kontaktli diodlar az kuwwatly bolup, netijede hem az sygymlydyrlar. Ters garşylygyň dikelme wagty 1 HC – e golaýdyr.

23. Şotki germewli – päsgelçilikli diodlary we tranzistorlary taslamak

Şotki diodlary. Şotki germewli – päsgelçilikli diodlary dürli görnüşli logiki mikroshemalarynda giňden ulanylýar. Şotki diodynyň kömegi bilen olaryň tiz täsirliligi köpeldilip, kuwwat dargamasy bolsa azaldylýar.

Belli boluşy ýaly göni ugra süýşürilen ýönekeý p-n-kontaktde äkidijileri geçirmek esasy däl äkidijileriniň inžeksiýasynyň bir oblastdan başga bir oblasta kontakti bilen esaslandyrylýar. Edil şol wagtda kontaktiň golaýynda esasy däl zarýad äkidijileriniň artykmaçlygy döreýär. Eger-de güýjenmäniň polýarnosty (alamaty) üýtgeýän bolsa, onda ol äkidijiler kontaktiň üsti bilen ters ugra akýarlar.

Netijede, geçelgäniň üstünden uly ters togy tä esasy däl äkidijileriň artykmaç konsentrasiýasy nola çenli peselýänçä akar.

Şotki germewli diodlarda zaryad üýşmesi ýokdur, sebäbi n- tipli kremniý kontaktynyň häsiýetiniň alýumin bilen edişýän täsirine esaslanandyr.

Göni süýşmedäki Şotki germewindäki geçirijiligiň aýratynlygy, olardaky togyň elektronlar arkaly ýarymgeçirijiden metala doly geçirilmegidir.

Ol elektronlary ýarym geçirijä dolandyryp getirmek, diňe süýşürmäniň polýarnosty (alamaty) üýtgedilende mümkin bolup, galyberse-de bu ýagdaý diňe olardaky energiýanyň päsgelçiligi ýeňip geçmäge ýeterlik energiýasynyň bar mahaly mümkindir. Haçan-da elektronlar metalda inžektirlenende, olar ol ýerde “gyzgyň” bolup galýarlar, ýagny olaryň energiýasy päsgelçiligiň beýikligine laýyk ululykda metaldaky energiýadan ýokary bolup galýar. Bu artykmaç energiýa başga elektronlar bilen çaklyşanda tizden tiz dargaýar, diýmek bu elektronlar ýarym geçirijä diňe süýşmäniň polýarnosty (alamaty) üýtgänden soň mümkin bolýar.

Şeýlelikde, p-n- kontakti üçin häsiýetli Şotki diodlaryndaky esasy däl äkidijileriniň ýygnaýma effekti hakytda ýok diýilip hasaplanýar.

Şotki diodynyň wolt – amper häsiýetnamasy BAX p-n- kontaktine meňzeş deňleme bilen beýan edilýär:

$$I_{d\varphi} = I_{sd\varphi} [\exp (U_{d\varphi} / n T \varphi_T) - 1], \quad (23.1)$$

$$I_{sd\varphi} = S_{d\varphi} A_R T^2 \exp (- \varphi_{MP} / \varphi_T), \quad (23.2)$$

Bu ýerde, n_T – tehnologiýanyň aýratynlyklaryna bagly ($n_T = 1,02 - 1,1$) we metallyň ýarymgeçiriji bilen birleşdirijisiniň hili bilen kesgitlenýän koeffisiýent;

A_R – Riçardsonyň hemişeligi, n – tipli kremniý üçin ol $100 - 270 \text{ A}/(\text{cm}^2 \cdot \text{K}^2)$;

φ_{MP} – metal – ýarymgeçiriji birleşmesiniň potensial päsgelçiliginiň beýikligi;

$\varphi_T = kT / q$ – temperaturanyň potensialy;

S_{dIII} – Şotki diodynyň meýdany;

Şotki diodyny ýönekeý p-n-kontaktiden tapawutlandyryan zat, onuň açylmak güýjenmesiniň ýönekeý diodlaryňkydan azlygydyr we onuň ýarymgeçiriji bilen birleşmesini döredýän metalyň tipini saýlap almak arkaly sazlanyp bolunýanlygydyr. Açyk ýagdaýdaky Şotki diodynyň $I_{np} = 1 \text{ mA}$ tokdaky güýjenmesi $U_{np} = 0,2 - 0,5 \text{ B}$ deň bolup, ol p-- kontaktdäki güýjenme pese gaçyşyndan takmynan, iki gezek azdyr.

Şotki diodynyň rugsat edilen işçi ýygylgy

$$F_{\max d\text{ş}} = (2\pi\tau_{\max d\text{ş}})^{-1} = (2\pi r_{d\text{ş}} C_{d\text{ş}})^{-1}, \quad (23.3)$$

$r_{d\text{ş}}$ – Şotki diodynyň benduriniň yzygiderli garşylygy.

$C_{d\text{ş}}$ – Şotki diodynyň sygymy $C_{d\text{ş}} = S_{d\text{ş}} C_{0d\text{ş}}$;

Şotki diodynyň udel sygymy:

$$C_{0d\text{ş}} = \sqrt{\frac{q\varepsilon_n\varepsilon_0 N_D}{2(\varphi_n - U - \varphi_T)}}, \quad (23.4)$$

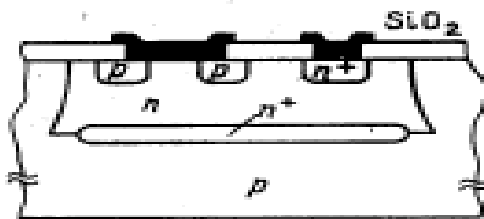
Bu ýerde, φ_p – diffuziýa potensialy ýa-da zolak egrisi.

Tablisa 23.1 n – tipli kremniý üçin metal – kremniý kontaktynyň potensial böwediniň beýikligi.

Metal	Na	Zr	Mo	W	Ni	Ag	Al	Pd	PtSi	Au	Pt
$\varphi_{\text{мп}}, \text{B}$	0,43	0,55	0,59	0,68	0,68	0,76	0,77	0,78	0,82	0,84	0,86

Metal – ýarymgeçiriji kontaktiň gyralaryndaky güýçli elektrik meýdanyny gowşatmak üçin “giňlendirilen metallizasiýany” ulanýarlar. Edil şol wagtda kremniý turşysynyň gatlagy metallizasiýa bilen bölekleyin ýapylýar.

Turşynyň üstündäki metal kontakty ýapgytdaky oblastda üstki gatlagyň birleşmegine alyp barýar.



Sur. 23.1. Gorag halkaly Şotki diody.

Bu bolsa elektrik meýdanynyň dartgynlygyny azaldýar. p – n – kontaktiň şeýlelikde dörän mahalyndaky ters süýşmesinde ulanan zaryad göwrümi döreýär, ol bolsa Şotki diodynyň göwrüm zaryad oblasty bilen birleşýärler. p – n – kontaktiň has beýik böwüsmе güýjiniň barlygy sebäpli ol Şotki diodynyň işleýşine has uly täsir eder.

Şotki diodlarynyň häsiýetnamalarynyň uly aýratynlygy esasan hem logiki mikroshemalarynda ulanylanda ýüze çykýar.

Ol diodlar arkaly shemalaryň tiz hereketlilik taraplary onuň aktiw elementleriniň ulaşdyryş wagtyny üýtgetmegiň hasabyna çözülýär.

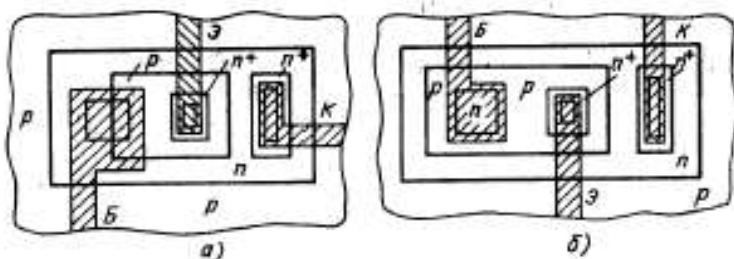
24. Şotki böwetli tranzistorlary taslamak

Surat 24.1. – de Şotki tranzistorlarynyň iki konstruksiýasynyň topologiýasy beýan edilýär. Böwüsmе güýjenmesini köpeltmek we toguň dykzlygyny azaltmak üçin I_{SdIII} ýörite P – tipdäki geçirijili gorag halkasy ulanylýar. Ol baza ablastynyň bir bölegi bolup, giňeldilen metallizirlemesi ulanylýar. Şotki diodyny döredýän metal saýlanyp alynanda Şotki diodynyň tiz täsirlilik $n - p - n$ tranzistorynyň tiz täsirlilikinden köp bolmalydyr. Şotki böwedi kollektoryň materiallarynyň udel garşylygy $\rho_K \geq 0,1 \text{ Om} \cdot \text{cm}$ ($N_{DK} \leq 10^{17} \text{ cm}^{-3}$) bolan mahaly döreýär.

Şotki diodynyň sygymyny üýtgetmek üçin (C_{dIII}) ρ_K köpeldip, S_{dIII} azaldylmalydyr.

ρ_K – iň köpelmegi bilen kollektor C_K kontaktiniň sygymy azalýar. Şonuň üçin ρ_K – nyň we S_{dIII} – iň optimal ululygy

saýlanyp alynmalydyr; edil şol mahaly C_k – niň Şotki diodynyň BAX – y üçin gerek bolan minimal sygymy üpjün edilyär.



Sur.24.1. Şotki böwetli tranzistoryň topologiýasy.

25. Rezistorlary konstruirlemek we hasaplamak.

Owal aýdylyşy ýaly ýarymgeçiriji MS – da rezistw elementleri amala aşyrmagyň bir usuly tranzistorlaryň bazaly we emitter oblastlarynyň dörän mahaly alynan diffuziýa gatlaklaryny almak usulydyr.

Ondan başga-da epitaksial we ionly – legirlenen rezistorlary giňden ulanylýar.

Integral ýarymgeçiriji rezistorlarynyň geometrik ululyklaryny kegitlemek üçin ulanylýan başky berilenelr bolup, aşakdakylar ulanylýar:

a) Prinsipial elektrik shemasynda berilen R – iň nominal ululygy we oňa rudsat edilen $\gamma_R = \Delta R / R$;

b) R_s legirlenen gatlagyň üstki garşylygy;

w) P rezistoryň dargadýan orta kuwwaty we maksimal rugsat edilen udel P_0 kuwwaty;

g) Esasy konstruktiv we tehnologik çäklendirmeleri;

Rezistoryň $R = R_s l / b$ garşylygy, l we b – rezistoryň uzynlygy we ini;

Rezistorlary taslamak rezistiw gatlagynyň konfigurasiýasyny kesgitlemekden ybaratdyr.

Ýarymgeçiriji rezistorlaryň ahyrlarynda ýerleşýän kontakt meýdançalaryna goşmaça garşylyklar girizilýär. Şonuň üçin hasaplama formulasyna kontakt oblastlarynyň

konfigurasiýasyna bagly düzediji koeffisiýentleri girizilýär. Surat 29. – da ýarymgeçiriji rezistorlarynyň tipli topologiýalary görkezilendir. Surat 6.16. – da görkezilen konfigurasiýalar pesomly bir näçe omdan bir kilo oma çenli rezistorlary ulanmaga mümkinçilikler berýär. (a, b)

Edil şol wagtda has pesomly rezistorlarda onuň ini beýikliginden artyk bolýar.

Surat 28 a, b suratda görkezilen rezistorlaryň garşylygy:

$$R = R_S (l / b + 2 k_1),$$

$$R = R_S [(l_1 + l_2) / b + 3 k_1],$$

Bu ýerde, $k_1 = 0,07$ – düzediş koeffisiýenti;

400 Om – dan ýokary nominal ululy uly rezistorlary üçin surat 28 b (a) – daky topologiýany ulanmak bolar. Bu ýagdaýda rezistoryň hasaplanýan garşylygyny tapmak üçin:

$$R = R_S (l / b + 2 k_2);$$

Bu ýerde, $k_2 = 0,65$ – düzediş koeffisiýenti;

Nominal ululygy 1 kOm – dan ýokary rezistorlara ýylan şekilini bermeklik amatly bolup, rezistoryň tutýan meýdançasyny azaldyp bolýar.

Rezistorlaryň egriligi onuň ululygyna täsir edýär:

$$R = R_S (l \Sigma / b + 2 \cdot 0,65 + n 0,55);$$

$l \Sigma$ - göniburçly meýdançalaryň jemi uzynlygy;

$n - 90^\circ$ burçly egrili rezistorlary.

Surat 25.1.. – de gowşak legirlenen bazaly oblasti ulanylýan we emitter diffuziýa gatlagynyň aşagynda ýerleşýän pinç – rezistorynyň topologiýasy görkezilýär.

Şeýle rezistory hasaplamak üçin gatnaşyk

$$R'_s (l_2 / b) + R_S [(l_1 + l_3) / b + 2 k_1], \quad \text{ýerlidir.}$$

Bu ýerde, R'_s – emitteriň aşagyndaky bazaly gatlagyň üstki garşylygy;

R_S – bazaly gatlagyň üstki garşylygy;

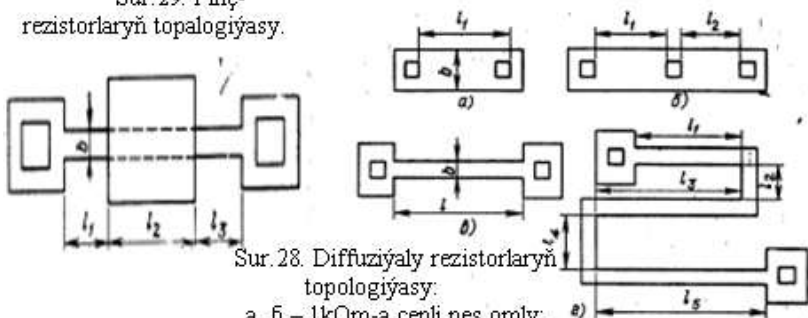
Käbir wagtlar ýarymgeçiriji mikroshemadaky rezistorlary köppolýusly diffuziýaly gatlakara birleşdirmek has amatlydyr. Şeýle birleşdirmе ýarymgeçirijili kristallaryň meýdançalaryny gysgaltmaga mümkinçilikler berýär.

rezistorlary bazaly oblastda ýerine ýetirilendir. R_2 we R'_2 rezistorlary pesomly bolup, olaryň konfigurasiýasy dürlidir we R_1 rezistoryna garanynda ýerleşişleri birmeňzeş dälidir.

Ýaçeýkalaryň tiz täsirliliginini we päsgeçililige durnuklylygyny üpjün etmek üçin rezistorlaryň nominallarynyň has takyk, ikinjiden $R_2 = R'_2$ we $R_1 / R_2 = R_1 / R'_2$ deňligini berilen takyklykda bolmaklygy talap edilýär. Kömekçi çäre hökmünde güýçli legirlenen p^+ - tipli diffuziýaly gatlagynyň ulanylmagyndan peýdalanylýar. Edil şu gatlak metallizirleme bilen kontaktlenýän (birleşýän) oblastda hem ulanylýar.

Ýarymgeçiriji mikroshemalarynda rezistiw köppolýuslylary köp wagtlarda maşyn usuly bilen hasaplanylýar. Şonuň üçin rezistiw zynjyrlarynyň fiziki we matematiki modelleri hem-de hasaplamagyň algoritmi işlenip taýýarlanylýar.

Sur. 29. Pinç-rezistorlaryň topologiýasy.

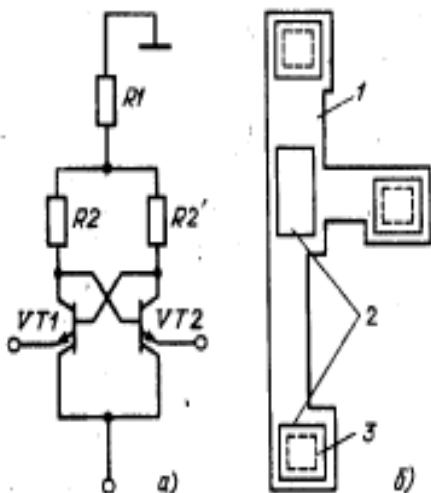


Sur. 28. Diffuziýaly rezistorlaryň topologiýasy.

a, b – 1kOm-a çenli pes omly;
B, r – 400 Om-dan ýokary.

Ýarymgeçiriji integral rezistorlarynyň geometrik ululyklaryny hasaplamak olaryň inini kesgitlemekden başlanýar. Rezistoryň ini hökmünde aşakdaky ululyklaryň bahasyndan az bolmadyk bahasy kabul edilip alynýar:

tehnologik prosesiň çözügi ukybysy bilen kesgitlenýän rezistoryň b_{tex} minimal ini; rezistoryň taýýarlanandaky takyklygynyň hakyky bolmalysyna gabat gelýän mahalyndaky b_{takyk} minimal ini; maksimal rugsat edilen dargama kuwwatyndan tapylýan rezistoryň b_p minimal ini;



Sur.25.1. Rezistiw köppolýusly:
a – rezistiw köppolýusly prinsipial elektrik shemasy;
b – köppolýuslynyň topologiýasy
1 – bazanyň oblasty
3 – kontakt penjiresi.
2 – p-tipli oblasty

$$b_{pac} \geq \max \{b_{tex}, b_{takyk}, b_p\}.$$

Rezistoryň ini:

$$B_{takyk} = \frac{\Delta b + \Delta l / K_f}{\gamma K_f}, \quad (25.1)$$

Bu ýerde, Δb , Δl – rezistiw zolagynyň ininiň we uzynlygynyň absolyt ýalňyşlygy;

$$(\Delta b = \Delta l = 0,05 - 0,1 \text{ mkm});$$

$K_f - K_f = R / R_S$ gatnaşygyndan kesgitlenýän formanyň koeffisiýenti;

K_f – rezistoryň formasynyň koeffisiýentiniň otnositel ýalňyşlygy.

$$\gamma K_f = \gamma_R - \gamma_{RS} - \gamma_T \quad (25.2)$$

Bu ýerde $\gamma_{RS} = \Delta R_S / R_S$ – legirlenen gatlagyň udel üstki garşylygynyň otnositel ýalňyşlygy;

$$(\text{tehnologik prosesleri üçin } \gamma_{RS} = 0,05 - 0,1);$$

$\gamma_T = \alpha_R$; ($T_{maks} = 20^\circ\text{C}$) – garşylygyň temperatura ýalňyşy;

b_p – niň ininiň minimal bahasy şeýle kesgitlenilýär:

$$b_p = \sqrt{\frac{PR_s}{P_0R}} = \sqrt{\frac{P}{P_0K_f}}, \quad (25.3)$$

bu ýerde, $P_0 = 0,5 - 4,5 \text{ BT/mm}^2$ çäklerindäki mikroshemanyň göwresiniň tipine we onuň işleýän şertine baglylykda saýlanyp alynýan dargama udel minimal rugsat edilen kuwwaty;

Topologiýa çyzgysyny düzmek üçin rezistoryň ininiň we uzynlygynyň aralyk bahalaryny kesgitleýäris:

$$\begin{aligned} b_{\text{aralyk}} &= b_{\text{hasap}} - 2 \Delta_{\text{traw}} - \alpha X_j; \\ b_{\text{aralyk}} &= l_{\text{hasap}} - 2 \Delta_{\text{traw}} - \alpha X_j; \end{aligned} \quad (25.4)$$

bu ýerde, Δ_{traw} – turşydaky kontakt penjiresini yzygiderli zäherlendirmesiz arkaly çykarylýan ýalňyşlyk; ($\Delta_{\text{hasap}} = 0,1 - 0,5 \text{ mkm}$);

αX_j – bazaly diffuziýanyň turşy aşagyna gapdala gidýäniniň hasabyna çykarylýan ýalňyşlyk;

α - nyň üsti bilen rezistoryň çäklerindäki garyntgylary hasaba alýan koeffisiýent belleniýär. ($0 \leq \alpha \leq 2$). Ini 10 mkm – den köp rezistorlar üçin gapdal diffuziýasyny hasaba almasak hem bolar. Has dar rezistorlarda gapdal diffuziýasy has köp täsir edip, hasaba gerekli düzetmeleri girizmekligi talap edýär.

Ondan soň koordinat torynyň d ädimi saýlanylýar.

($d=0,1; 0,2; 0,5; 1 \text{ mm}$); we girime berilip

$100:1; 200:1$ we ş.m. rezistorynyň ininiň we uzynlygynyň topologiýa bahasy kesgitlenilýär:

$$\begin{aligned} b_{\text{top}} &= K_b d \geq b_{\text{aralyk}}; \\ l_{\text{top}} &= K_l d \geq l_{\text{aralyk}}; \end{aligned}$$

bu ýerde K_b we K_l – bütin goşmak san;

Şondan soň alynan ýalňyşlga baha berilýär:

$$\gamma_R = [R(l_{\text{top}}, b_{\text{top}}) - R] / R, \quad (25.5)$$

nirde, $R(l_{\text{top}}, b_{\text{top}}) - l - l_{\text{top}}$; $b = b_{\text{top}}$ – daky hasaplanan garşylyk;

Eger-de $|\gamma_R| > \gamma_{R_{3ad}}$, onda rezistoryň ini ol baha çenli köpeler we ähli hasap ýañadandan gaýtalanylýar;

Integral ýarymgeçiriji rezistorlary taslananda hökmany suratda dargamadylan sygymlaryň we dargadylan tranzistorlaryň parazit elementleriniň täsiri hasaba alynmalydyr. Surat 6.19. – da bazaly diffuziýasy esasynda döredilen rezistoryň ýönekeýleşdirilen ekwiwalent shemasy görkezilendir.

Ekwiwalent çatgysy aşakdaky elementlerden durýar:

R_{II} – rezistoryň omiki kontaktlarynyň garşylygy;

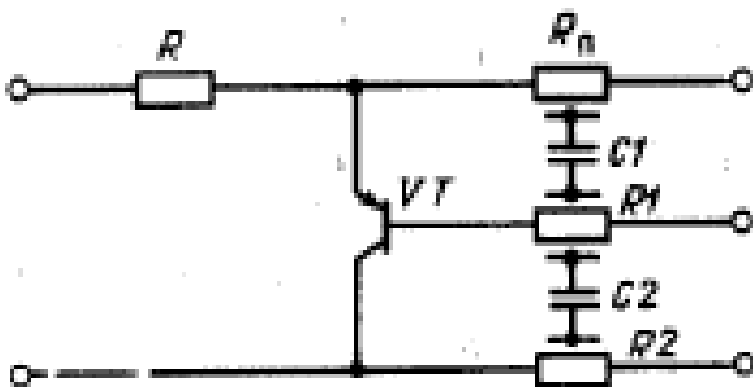
R_1 we R_2 – epitaksial gatlagyň we düşekçenyň dargadylan garşylygyny häsiýetlendirýän garşylyklar.

C_1 we C_2 – $p-n$ kontaktiň dargadylan sygymy;

R – bazaly diffuziýasy esasynda ýygňalan rezistor;

V_T – $p-n$ – tipli parazit tranzistory.

Diffuziýaly rezistory dargadylan sygymlaryň barlygy sebäpli, onuň sygym geçirijiligi bardyr. Şonuň üçin onuň doly garşylygy ýygnylygyň beýigelmegi bilen kiçelýär. Dargadylan sygymyň täsiri 10 mΓ – den ýokarky ýygnylyklarda has täsirlidir.



Sur.25.2. Baza deffuziýasy esasynda ýasalan rezistoryň ekwiwalent çyzgysy.

$p-n-p$ – tipli parazit tranzistory düşekçeda syzma togynyň döremegini çagyýar.

Parazit tranzistoryň doly aýyrmak üçin rezistoryň diffuziýaly kontaktini süýşürmek arkaly amala aşyrylýar. Onuň üçin n – oblastynda omiki kontakty döredilip, ony shemanyň has oňat potensially nokadyna çatýarlar. Tranzistoryň düzüminiň ol ýa-da başga oblastynda rezistory ulanmagy saýlap almak rezistoryň garşylygyny, onuň tutýan meýdanyny, garşylyk temperaturasynyň koeffisiýentini has wajyp parametrleri hökmünde kesgitlemelidiris. Udel garşylygynyň temperatura baglylygy netijesinde ýarymgeçiriji rezistoryň garşylygy temperaturanyň üýtgemegi zerarly üýtgeýär.

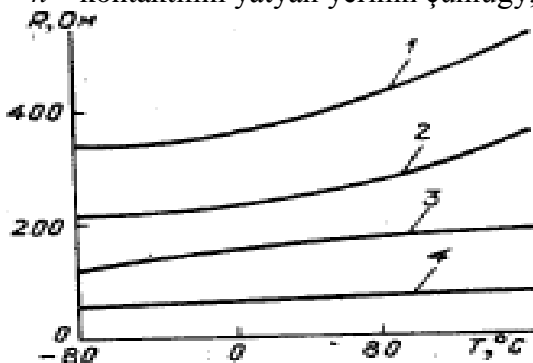
Garşylyk kesgitlemekde ulanylýan gatnaşygy şeýle aňlatmak bolar:

$$R = \frac{1}{q\mu N} \frac{l}{xb} \quad (25.6)$$

bu ýerde, μ - zarýad äkidijileriň süýşmesi;

N – garyntgylaryň konsentrasiýasy;

$x - p - n$ – kontaktiniň ýatýan ýeriniň çuňlugy;



Sur.25.3. Dürli üstki udel garşylykly edilip taýýarlanan diffuziýaly rezistorlaryň nominallarynyň temperatura baglylygy:

1) $R_s = 300 \text{ Ohm}$; $TKC = 0,28\%/^{\circ}\text{C}$; 2) $R_s = 200 \text{ Ohm}$;

$TKC = 0,19\%/^{\circ}\text{C}$;

3) $R_s = 100 \text{ Ohm}$; $TKC = 0,15\%/^{\circ}\text{C}$; 4) $R_s = 50 \text{ Ohm}$;

$TKC = 0,96\%/^{\circ}\text{C}$.

Eger-de garyntgylar bilen legirlenme derejesi uly bolsa onda zarýad äkidijileriň konsentrasiýasy temperatura bagly diýmesek hem bolar. Temperatura bagly ululyk – äkidijileriň hereketlenmesi – süýşmesi bolup, ol işçi temperaturasynyň çäginde temperaturanyň köpelmegi bilen azalýar. Şeýlelikde, diffuziýaly rezistorlar goşmak TKC – li bolup, olaryň ululygy üstki garşylygyň derejes bilen kesgitlenilýär. Az TKC – li rezistory almak üçin ýokary legirlenen oblastlary ulanmak zerurdyr.

Ýarymgeçiriji integral rezistorlary çaklendirilen dargatma kuwwatly bolup, onuň çenden aşa ýylamagy göni çyzykly dääl wolt – amper häsiýetnamasyna getirmegi mümkindir. Rezistoryň dargadýan kuwwaty ýylylyk çykaryjynyň hiline, ýagny mikroshemanyň göwresiniň konstruksiýasyna baglydyr.

Rezistordaky maksimal güýjenme izolýasiýany böwsüji güýjenmesi bilen çaklendirilýär we izolýasiýanyň usulyna baglydyr.

Rezistoryň garşylygyna berilýän göýbermeler (rugsatlar) tehnologik faktorlary bilen kesgitlenilýär.

Tablisa 25.1. Diffuziýaly rezistorlary taýýarlanandaky ýalňyşlar.

Operasiýa	Otnositel ýalňyşlyk, %	Garşylygyň dargamagy – üýtgemegi
Fotogalyplary taýýarlamak we fotolitografiýa işläp taýýarlanyşy	1	1
Gorag markasy taýýarlanandaky zäherlendirme	2	1
“Garyntgylaryň diffuziýasy	7	1
Ählitehnologik prosesi	± 10	± 3

Rezistoryň garşylygyndaky göýbermeleri – rugsatlary üpjün etmek fotogalyplaryň, diffuziýanyň we fotolitografiýanyň taýýarlanyşynyň takyk barlagyny talap edýär.

ÝukaPlýonkaly rezistorlary konstruirlemek we hasaplamak gibrid mikroshemasyna doly laýyklykda alnyp barylýar.

Ýöne ýukaPlýonkaly rezistorlaryň MS – a bileleşmesindäki hususy häsiýetnamasy parazit dargama sygymy bilen çäklendirilip, onuň udel bahasy SiO_2 – galyňlygyna göniden – göni baglydyr.

26. Metall - dielektrik - ýarymgeçiriji düzümindäki mikroshemalary taslamak

MDP tranzistorlaryndaky mikroshemalary häzirki wagtda gaty giňden ulanylýar MDP tehnologiýalynyň esasynda orta (regiztrler, hasaplaýjylar, summatorlar we ş.m), uly we has uly (hemişelik we operatiw ýatdasaklaýjy gurluşlary, mikroprossorlary) integrasiýa derejeli çatgylary döredilýär. MDP tranzistorlaryndaky mikroshemalary örän ýönekeý, tehnologiýaly bolup, ýokary prosentdäki işe ýaramly we çatgyda goşmaça izolýasiýany talap etmeýän elementli çatgylary üpjün edýär. MDP tranzistorlaryndaky mikroshemalary birkristalda 500000 elemente çenli bolup biler , özi hem soňky wagtlar bu sany gaty artar. Ýöne MDP tranzistorlaryndaky mikroshema bipolar tranzistorlaryndaky mikroshemalaryndakydan tiz hereketlilik (tiz täsirli) pesdir.

MDP tranzistordaky mikroshemalaryny taýarlamakda planar tehnologiýasy ulanylýar, olary taýýarlamak has ýeňildir. MDP-ni döretmek usulunda tranzistorlaryň indusirlenen we berkitme (içine salynan) kanall görnüşlisi ulanylýar.

Indi bolsa MDP tranzistorlarynyň gurluşyna we iş tertibine, özi hem indusirlenen kanally p- görnüşine seredeliň (surat 8.1) Geçirijiligi p – görnüşli we udel garşylygy 1-10 Om /sm kremniý düşekçesýnda diffuziýa arkaly üstki konstruksiýasy 10^{18} - 10^{20} sm⁻³ deň p – görnüşli iki güýli ligirlenen oblasty döredilýär. Bu oblastlar özara uly bolmadyk aralyrda ($\ell \approx 5$ mkm) ýerleşýär. Olara (H) gözbaşy (HCTOK) we (C) akym (CTOK) diýilýär. Belli bir şertde olaryň arasynda geçirijilik kanaly döreyär.

Gözdaşy tranzistoryň esasy äkidijilerini kanala getirýän, akym bolsa esasy äkidijiliri kanaldan ýygnaýan oblastydyr. Akyma gözbaşyň potensialyna garalanda aýyrmak potensialy berilýär.

Şeýlelikde p- görnüşli kanally MDP tranzistoryň gapdal düzümini p^{\pm} n-p diýip bellemek bolar. MDP tranzistoryň dolandyryjy elektrody bolup metal zatwory (3), ol gözbaş bilen akym arasyndaky oblasty ýapyjydyr. Zatwor ýarymgeçirijiniň düşekçesýndan ýuka dielektrik gatlagy bilen (0,1 mkm) izolirlenendir, şonuň üçin MDP tranzistoryň giriş garşylygy 10^{12} - 10^{15} Oma barabardyr. Dielektrik hökümünde kremniniň iki okisli gatlagy, ýagny MOP transistor düzümlü görnüşli ulanylýar. Zatwory SiO_2 – den başga ikigatly dielektrik gatlagy bilen hem izolirlemek bolar.

Birinji gat – SiO_2 göniden – göni kremniý düşekçesýnda ösdürülýär, ikinji gat - kremniý nitride Si_3N_4 ýa – da alund Al_2O_3 , SiO_2 gatlagga oturdylýar. $\text{SiO}_2=\text{Si}_3\text{N}_4$ ulgamy izolirlenede metal – nitrid – oksid ýarymgeçiriji (MNOP transistor) düzümi, $\text{SiO}_2 = \text{Al}_2\text{O}_3$ ulgamynda – metal – alumin – turşy – ýarymgeçiriji (MOAP transistor) düzümi ösdürilýär. MDP tranzistorynyň iş düzgüni polewoý effektde esaslanandyr. Çykyş zynjyryndaky togy elektrik meýdany arkaly, ýagny giriş güýjenmesi tarapyndan döredilen elektrik meýdany arkaly dolandyrylýar. Gözbaşynyň we akymyň elektrodlarynyň arasynda örän az p – n – kontaktiň ýapyk örän az togy arýar (10^{-10}A). Oksitde položitel zarýadyň bolmagy düşekçeda ýarymgeçiriji we dielektrik aralygyny bölýän çäkde elektronlaryň ýokary konsentrasiýasy döreýär. p-görnüşli kremniniň alýumin zatwory bilen kontaktlaşmagy üçin potenciallaryň kontakt tapawudy $\phi_{\text{MDP}} = 0,4\text{B}$ deňdir. Şeýlelikde oksitdäki položitel zarýad we hereketli elektronlaryň aýyrmak zarýadynyň jemi tekizligiň golaýyndaky, töweregindäki ýarymgeçirijiniň gatlagynda elektrik meýdanyny döredýär, ol toplanma ýarymgeçiriji bilen dielektrikigiň bölünýän çäginde toplanýar. Oksitdäki zarýady

neýtrallamak (bitaraplamak) we g geçirijiranalyny döretmek üçin zatwora aýyrmak guýjenmesi berilýär. Döreyän elektrik meýdany zarýadyň barlygy bilen çykyş işleriniň döreyän tapawudynyň öwezini dolýär, elektronlary ýarymgeçiriji niň çün ýerine itýär.

Elektronlaryň tekizligindäki konsentrasiýasynyň azalmagy deşikleriň konsentrasiýasynyň köpelmegine getirýär. Bir näçe güýçenmede zatworda deşikleriň konsentrasiýasy elektronlaryň konsentrasiýasy bilen deňeşer we giňişligiň golaýyndaky gatlak hususy geçiriji bolar. Zatwordaky güýçenmäniň mundan beýläk köpelmesi p – görnüşli inwers gatlagynyň döremegine alyp barar.

Inwers gatlagynyň galyňlygy 10_{HM} barabardyr. Zatwordaky U_0 güýçenmesinde kanal döreyär we gözbaşy bilen akym oblastlaryny birleşdirýär oňa bosaga güýçenmesi diýilýär.

$$U_0 = \varphi_{\text{MDP}} + 2\varphi_{\text{F}} - Q_{\text{NOB}} / C_0 \pm Q_0 / C_0 \quad (1) \quad (26.1)$$

φ_{F} – Ferminiň dereje potensialy;

φ_{MD} – MDP – düzümindäki kontaktlaryň tapawudy;

Q_{NOB} – dielektrik bilen ýarymgeçirijiniň bölünýän çägendäki udel giňişlik zarýady;

C_0 – düşekçe bilen zatworyň aralygynda udel sygymy;

Q_0 – goşulan gatlagyň udel zarýady;

“-“ alamaty (1) p – kanally tranzistora, “+” alamaty bolsa n – kanally tranzistora laýyk gelýär.

Udel sygym:

$$C_0 = \varepsilon_D \varepsilon_0 / h_D \quad (26.2)$$

bu ýerde, ε_0 – wakuumdaky dielektrik gyzdyryjylygy;

ε_D – dielektrigiň otnositel dielektrik gyzdyryjylygy;

h_D – dielektrigiň gatlagynyň galyňlygy;

Fermi derejesiniň potensialy:

$$\varphi_{\text{F}} = \varphi_{\text{T}} \ln (N_{\text{D(a)}} / n_i) \quad (26.3)$$

bu ýerde, $\varphi_{\text{T}} = 0,026 \text{ B}$ – temperatura potensialy;

n_i – kremniý üçin $2 \cdot 10^{10} \text{ sm}^{-3}$ deň bolan ýarymgeçirijidäki äkidijileriň hususy konsentrasiýasy;

$N_{D(a)}$ – donor garyndysynyň konsentrasiýasy;
MDP düzümindäki potensiallaryň kontakty tapawudy aşakdaky
aňlatmadan tapylýar:

$$\varphi_{MDP} = \varphi_{MD} - (3,8 \pm \varphi_F) \quad (26.4)$$

Tablisa 26.1 Metall – SiO₂ ulgamyndaky çykyşdaky iş

Metall	$\varphi_{MD, B}$	Metall	$\varphi_{MD, B}$
Alýüminiý	3,2	Kümüş	4,2
Altyn	4,1	Nikel	3,65

bu ýerde, φ_{MD} – metal–dielektrik ulgamynyň çykyşyndaky iş;
Udel giňişlik zarýad:

$$Q_{\text{поб}} = qN_{\text{поб}} \quad (26.5)$$

q-elektronyň zarýady; $N_{\text{поб}}$ – üstki ýagdaýlaryň konsentrasiýasy,
ol üstki ýagdaýlary üstki hiline baglydyr.

Üstki ýagdaýlaryň konsentrasiýasy $N_{\text{pow}} = 5 \cdot 10^{11} \text{ см}^{-2}$
oriýentasiýasy (111) deň kristallar üçin; $N_{\text{pow}} = 2 \cdot 10^{11} \text{ см}^{-2}$ –
(110) oriýentasiýasy üçin; $N_{\text{pow}} = 9 \cdot 10^{10} \text{ см}^{-2}$ oriýentasiýasy
(100) üçin;

Bileleşen gatlagyň zarýadynyň dykyzlygy:

$$Q_0 = \pm \sqrt{2q\varepsilon_n \varepsilon_0 N_{D(a)} / 2\varphi_F} \quad (26.6)$$

bu ýerde, ε_n – ýarymgeçirijiniň dielektrik çyzdyryjylygy; “+”
“–” alamaty p kanally tranzistora laýykdyr;

Bosaga güýjenmesine esasy täsiri $Q_{\text{поб}}$ zarýadynyň
üstki effektiw dykyzlygy edýär. Bosaga güýçenmesiniň
azalmaga iýmitlendiriji güýçenmäni, iýmitlenme kuwwatyny
azaltmaga hem – de MDP çatgyny bipolar çatgysy bilen bufer
elementlerini ulanmazdan utgaşdyrmaklyga mümkinçilik
berýär. Surat (8.2) görnüşi ýaly p- görnüşli hemme oblastlar (
diffuziýaly we inwersi) ýokary omly brileşdirilen gatlak arkaly
düşekçenyň materialyndan izolirlenendir. Şonuň üçin MDP
mikroçatkylary taýýarlananda MDP tranzistorlary üçin

goşmaça izoliýasiýa gerek dälär. Göz başy “ – “ güýçenmesi berilende ýapydaky fiksirlenen $/U_3/>/U_0/$ güýçenmede deşikler göz başydan akyma tarap indusirlenen kanal bilen süýşüp başlaýarlar. Akymyň togynyň akmagy kanalyň golaýynda güýçenme pese gaçyşyny döredýär. Togyň köpelmegi akymdaky güýçenme tä $U_{\text{chac}} = U_3 - U_0$ derejesine ýetinchä köpeler. Şol bir wagtda kanalyň güýçenmesi ýapylýar, ýapylýar we tranzistor doýgunlyk režimine geçýär. Togyň doýgunlyk halyna ýeteninden soň kanalyň inwers gatlagyndaky güýçenme durnyklylaşýar we $U_3 - U_0$ deň bolýar. Akymyndaky aýyrmak güýçenmesi islendik ululykda ulaldulsa, onda kanalyň birleşen oblasty artyýar, edil şonda goşmaça güýçenme peselmesi bolup geçýär $U_c - (U_3 - U_0)$;

Doýgunlyk režiminde kanalyň uzunlygy az kem üýtgeýär:

$$/U_c / > / U_{\text{chac}} /;$$

MDP tranzistorynyň p – görnüşindäki indusirlenen kanally statiki hasiýetnamasy görkezilendir: akym (çykş) hasiýetnamalarynyň maşgalasy

$I_c = f (U_c)$ haçanda $U_3 = \text{const}$ we akym – ýapyjy hasiýetnamasynyň maşgalasy

$I_c = f (U_3)$, haçanda $U_c = \text{const}$.

Getirilen hasiýetnamalaryň maşgalasynda aşakdaky režimlere laýyk gelýan dört oblasty bellemek bolar:

1. Arasyny kesmek režimi $/U_c / < / U_0 /$. Bu mahal akym togy ýokdyr, sebäbi

ýapydaky güýjenme az bolup, kanalyň döremegini çagyryp bilmeýär;

2. Doýgundäl ýrežim $/U_c / \leq / U_3 / - / U_0 /$ bolanda ol akym hasiýetnamasynyň zawun oblastyna laýyk gelýär.

3. Doýgun režimi $/U_c / \geq / U_3 / - / U_0 /$ akym hasiýetnamasynyň boş oblastyna laýykdyr.

4. MDP tranzistory deşilende, $/U_c / \geq / U_{c \text{ нроб}} /$ ol wagt akymyň togy birden güýçlenýär, onuň sebäbi p – n – kontaktiň zygiderli deşilmegi bilen düşündürmek bolar.

Zabun we boş oblastlary - MDP tranzistorynyň işçi oblastlatydyr. Akym hasiýetnamalarynyň maşgalasynda bu oblastlar ştrih çyzyklary bilen tapawutlandyrylýar, onuň üçin şu şert ýerine ýetirilýäri $/U_c/ = /U_3/ - /U_0/$.

MDP tranzistorlarynyň çatgylarynda analitek hasaplamalary geçirilende aşakdaky kertik hasaplamalaryny doly, takyk düşündirýän aňlatma giňden ulanylýar:

$$I_c = K[2(U_3 - U_0)U_c = U_c^2] \quad (26.7)$$

$$I_c = K(U_3 - U_0)^2 \quad (26.8)$$

bu ýerde, k – tranzistoryň udel kertligi:

K parametri MDP düzüminiň elektrofiziki hasiýetine we kanalyň geometriýasyna baglydyr:

$$K = \frac{\mu \varepsilon_D \varepsilon_0}{2h_D} \frac{\omega}{l} \quad (26.9)$$

μ – kanakdaky esasy äkidijilikleriň çalasynlygy;

Esasy parametr hökümünde ýapylma boýunça kertikdir, ol:

$$S = \partial I_c / \partial U_3 \quad (26.10)$$

Kesgitlenilýär. Bu aňlatma akymda we podlozkada hemişelik güýjenme ($U_c = \text{const}$, $U_n = \text{const}$) bolandaky bahadyr.

Doýgun oblastyndaky kertlik differensial aňlatmasy arkaly alynýar:

$$S_{\text{nas}} = \left. \frac{dI_c}{dU_3} \right|_{U_c = U_3 - U_0} = \frac{\varepsilon_D \varepsilon_0 \mu \omega}{h_D l} (U_3 - U_0); \quad (26.11)$$

$$S_n = dI_c / \partial U_n \quad (26.12)$$

Onda defferensial garşylygy:

$$R_{\text{cyk}} = \partial U_c / \partial I_c \quad (26.13)$$

we akymda we ýapyda hemişelik güýlenmede kesgitlenilýär ($U_3 = \text{const}$, $U_n = \text{const}$)

Ýenede bir häsiýetnama bolsa güýçenme boýunça güýjlendiriji koeffisientidir:

$$M = \partial U_c / \partial U_3 \quad (26.14)$$

$$(I_c = const)$$

8.10 we 8.13aňlatmalaryndaky baglanyşmany hasaba alyp, ony şeýle ýazmak bolar:

$$M = SR_{\text{блх}}$$

Şonuň üçin MDP tranzistoryň rugsat berilen ýygylgy:

$$f_{\max} = 1/2\pi\tau ; \quad (26.15)$$

bu ýerde $\tau = RC_3$ - ýapynyň sygymynyň zarýadynyň

hemişelik wagty:

Ýapynyň sygymy:

$$C_3 = \varepsilon_D \varepsilon_0 l \omega / h_D \quad (26.16)$$

15 aňlatmasynda $S_{\text{нac}}$ we C_3 (26.11) we (26.16) bahalaryny goýup, alarys:

$$f_{\max} = \frac{\mu}{2\pi l^2} (U_3 - U_0) \quad (26.17)$$

Meselem, p – görnüşli indusirlenen kanally MDP tranzistory üçin, $l = 5 \text{ mkm}$ we $\mu = 200 \text{ sm}^2/(\text{B}\cdot\text{c})$ bolondaky rugsat berilen ýygylgy

$$(U_3 - U_0) = -5\text{B bolsa, onda } f_{\max} = \frac{200 \cdot 5}{2 \cdot 3.14 \cdot 25 \cdot 10} = 0.63 \text{ GGs};$$

Hakyky MDP düzümlerinde rugsat berilen ýygylgyk has pesdir. MDP mikroçatkylary hasaplananda metal taslamalarynyň arasyndaky sygym hasaba alynmalydyr. Göwräniň muguthor (parazit) sygymynyň ulylygy $0.6 \div 1 \text{ pF}$ çenlidir.

MDP tranzistorlarynyň tiz hereketlilikini ýokarlandyrmakda birinji nobatda, onuň düzümindäki parazit sygymlyrny ýok etmeklige ugrukdyrylýar. Ondan başgada kanalyň uzunlygyny we bosaga güýjenmesini azaltmak gerekdir.

Elektronlaryň çakanlygy (kremnide) $\mu_{\Pi} = 350-400 \text{ sm}^2/(\text{B}\cdot\text{c})$; bu bolsa deşikleriň hereketlilikinden iki esse

köpdür. ($\mu_p = 150 - 200 \text{ sm}^2 / (B \cdot c)$); Şonuň üçin MDP düzümleri n – görnüşdäki kanallysy UIÇ(БИС) we çendenaşa ýokary (ÇAY) (СБИС) döretmek üçin ulanylýar.

Element çatgysyna girýan her bir elemen örän takyk fiziki mazmunlydyr. Tranzistoryň guýçlendiriş häsiýeti ekwiwalent çatgysynda SU_3 tok generatoryny girzmek bilen hasaba alynýar. C_3 elementi sygymdan durup, onuň zaryady bolsa kanalyň geçirijiligini kesgitleýär. Bileleşip olar MDP tranzistorynyň ýygylýk çäginde kesgitleýär (onuň hemişelik wagty $\tau = R_k C_3$; C_{3k} , C_{3c} , $C_{ин}$ we $C_{сн}$ bilen örän ymykly erleşen parazit sygymlary belenenendir, bu bolsa kontakt prosesine täsir edýär. C_{3H} we C_{3c} ýapygyynyň metallizasiýasy bilen gözbaşynyň we akymyň oblastlaryny ýapmak üçin ulanylýar. $C_{ин}$ we $C_{сн}$ düşekçe legirlenen oblastynyň kontaktini ýapmak üçin ulanylýar. VD_1 we VD_2 üsti bilen ters süýşirilen gözakym düşekçe kontakti we akym polžka belenenilýär.

R_H we R_c üsti bilen gözýaşyň we akymyň ýokary legirlenen oblatynyň göwrüm garşylygy belenenilýär. Düşekçenyň göwrüm garşylygy ekwiwalent çatgysyna $R_{п}$ parametrini girizmek bilen hasaba alynýar.

MDP tranzistorlaryň hemme görnüşleri üçin düşekçenyň potensialy woltaper häsiýetnamasyna epesli tasir edýär. Gaty kän çatgy çözgülerinde düşekçenyň potesialy we MDP tranzistorynyň gözbaşy dürlidir. Egerde düşekçenyň “ - ” potensialy gözbaşynyň potensialyndan has aýyrmak potensialy bolsa, onda ol düşekçe bilen akym oblastlarynyň arasyndaky p – n – kontaktleriň açylmagyna kömek edýär.

Peýdalanylan edebiýatlar

1. Türkmenistanyň Konstitusiyasy. Aşgabat, 2008.
2. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşiň täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. I tom. Aşgabat, 2008.
3. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşiň 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 ruhbelentligiň 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» gazeti, 2003-nji ýylyň, 27-nji awgusty.
9. «Türkmenistanyň nebitgaz senagatyny ösdürmegiň 2030-njy ýyla çenli döwür üçin Maksatnamasy». Aşgabat, 2006.
10. И. М. Николаев, Н. А. Филинчук. Интегральные микросхемы и основы их проектирования. Москва. “Радио и связь” 1992

Mazmuny

Giriş.....	7
Gibrid mikroshemalaryň elementlerini hasaplamak we konstruirlemek.....	10
Pýlonkaly rezistorlaryň hasaby.....	12
Meandr görnüşli rezistoryň hasaby.....	18
Çylşyrymly konfigurasiýaly rezistorlary hasaplamak....	19
Plýonkaly kondensatorlaryň konstruksiýalary.....	24
Plýonkaly kondensatorlaryň hasaplanyşy	29
Plýonkaly induktiwligiň gurluşlary we hasaplamasy....	36
Ýuka Plýonkaly paýlanan RC – düzülişleriň gurluşy we hasaplamasy.....	38
Plýonkaly geçirijileriň we kontaktly meýdanlaryň hasaplamasy.....	41
Asma elementleriň gurluşlary.....	46
Gibrit mikroshemalarynyň topologiýasyny taslamak....	51
ÝukaPlýonkaly GMS-yň topologiýasyny taslamak.....	52
Galyň Plýonkaly GMS-yň topologiýasyny taslamak.....	57
Ýarymgeçiriji mikroshemalar	61
Konstruktiv(tehnologiki alamatly)ýarymgeçirijili IS,	63
Bipolýar ýarymgeçirijili mikroshemalaryň element- lleri. Bipolýar ýarymgeçirijili mikroshemalaryň esasy aýratynlyklary.	65
Ýarymgeçiriji mikroshemalaryň düşekçeleri.	66
Ýarymgeçiriji mikroshemalaryň gowşak elementleri.	68
Fiziki düzülişi saýlamak.	69
Kondensatorlar.	71
Kondensatorlaryň gurluşy we hasaplamasy.	74
Diodlary konstruirlemek we hasaplamak.....	79
Şotki germewli – päsgelçilikli diodlary we tranzistorlary taslamak.....	85
Şotki böwetli tranzistorlary taslamak.....	88
Rezistorlary konstruirlemek we hasaplamak.....	89
Metall - dielektrik - ýarymgeçiriji düzümlü mikroshemalary taslamak.....	97

