

2. KOMPONENTE BIPOLARNIH MONOLITNIH INTEGRISANIH KOLA

Monolitni integrisani sklopovi mogu se uopšteno podijeliti na bipolarne i MOS unipolarne sklopove. U bipolarnim monolitnim integrisanim sklopovima osnovna komponenta je bipolarni silicijumski planarni *npn* tranzistor. Tranzistor kao osnovna komponenta određuje kompletan tehnološki proces proizvodnje monolitnog sklopa. Cijeli je proces tako podešen da se osiguraju što bolje karakteristike osnovne komponente tj. tranzistora. Zato je tranzistor najkvalitetnija komponenta koju koju može dati planarna tehnologija na silicijumu. Sve ostale aktivne i pasivne komponente moraju se proizvesti u monolitnom silicijumskom bloku istim postupcima kojima su proizvedeni tranzistori. Ti postupci nisu prilagođeni zahtjevima za optimalnim karakteristikama ostalih elemenata, pa će njihove karakteristike biti prosječne ili loše. S obzirom da tranzistor zauzima manju površinu nego pasivne komponente i da ima bolje električne karakteristike, u monolitnoj tehnici se teži za takvim sklopovima koji obavljaju zahtjevane električne funkcije sa što je moguće manjim brojem pasivnih komponenti.

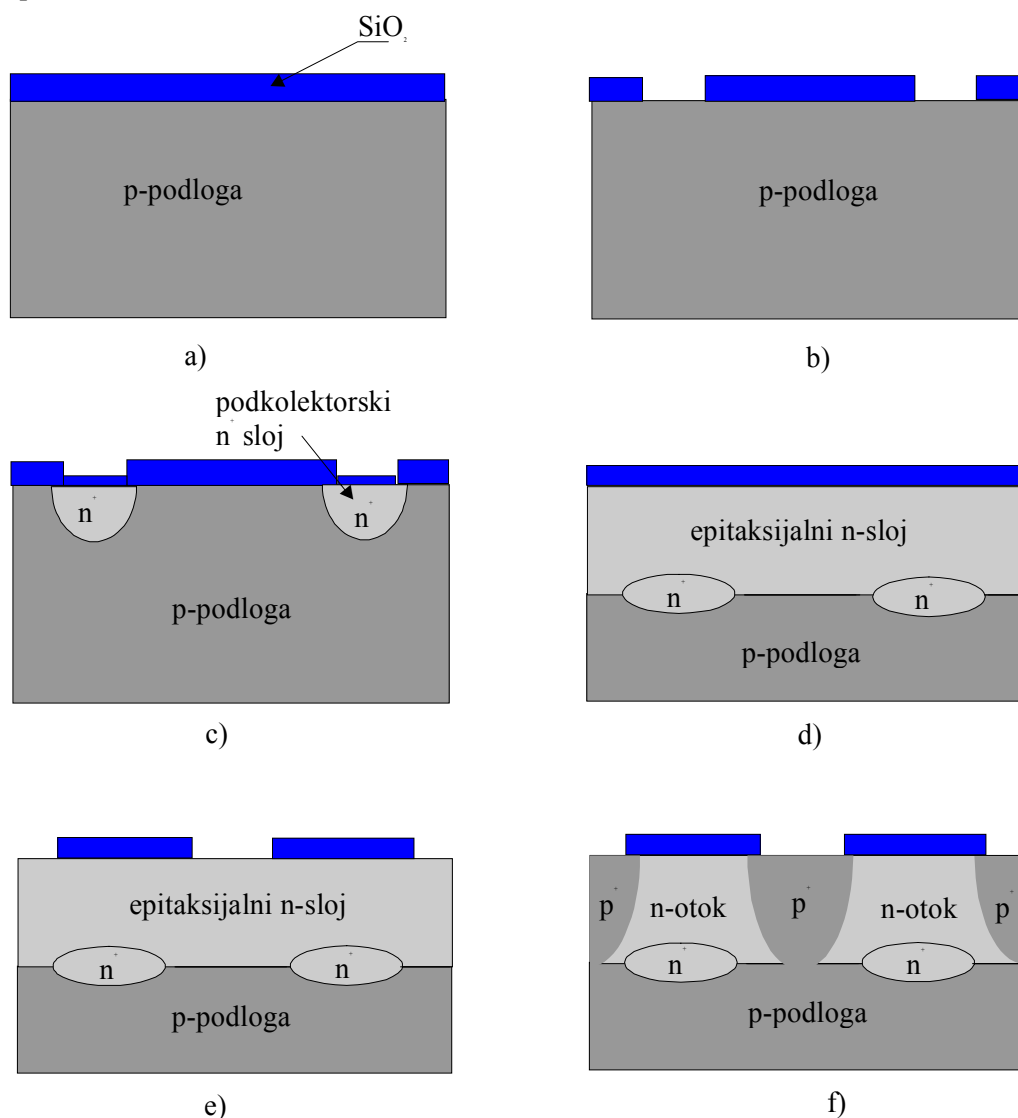
2.1 IZOLACIJA BIPOLARNIH KOMPONENATA POMOĆU INVERZNO POLARISANIH pn -SPOJEVA

Osnovni problem u monolitnoj integraciji bipolarnih komponenata je osiguravanje njihove međusobne izolacije. Sve komponente monolitnog sklopa dijelovi su iste silicijumske pločice i svi su dobijeni istovremeno primjenom postupaka planarne tehnologije na silicijumu. Najčešći način izolacije je pomoću inverzno polarisanih pn -spojeva. Način realizacije takve izolacije prikazan je na sl.2.1

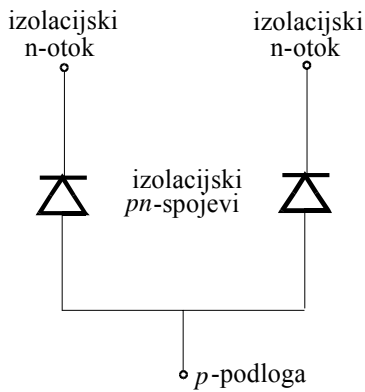
Polazni materijal za izradu monolitnog sklopa kome je osnovna komponenta bipolarni nnp tranzistor je silicijumska pločica p -tipak koja služi kao podloga ili supstrat cijelog sklopa.

Oksidacijom se cijela podloga pokrije tankim slojem SiO_2 (sl.a). Fotolitografskim postupkom naprave se u sloju SiO_2 otvori za difuziju podkolektorskog n^+ -sloja koji se nalazi praktično ispod svake komponente sklopa (sl.b). Sljedeći postupak je difuzija donorskih atoma koji formiraju podkolektorski n^+ -slojevi (sl.c). Proces difuzije se obavlja u prisustu kiseonika pa tokom difuzije raste iznad otvora za difuziju tanki sloj SiO_2 . Na sl.c prikazan je dio pločice sa dva podkolektorska sloja iz čega će, na kraju postupka, rezultirati struktura sa dva međusobno izolirana n -područja za dvije međusobno izolirane komponente. SiO_2 se u sljedećem korasku odstrani s površine pločice, a zatim se vrši rast n -epitaksijalnog sloja preko površine cijele pločice (sl.d). Nakon rasta epitaksijalnog n -sloja ponovo se oksidira površina pločice, a zatim se fotolitografskim postupkom formiraju otvori za izolacijsku p^+ -difuziju (sl.e). Slijedi izolacijske p^+ -difuzija za koju se obično upotrebljava bor (sl.f). Pri izolacijskoj p^+ -difuziji i ostalim visokotemperaturnim postupcima koji se nakon toga koriste, atomi primjesa moraju stići do p -podloge, kao što je prikazano na sl.f. Zato se p^+ -difuzija zove izolacijska difuzija.

Pomoću nje su formirani epitaksijalni n -otoci tzv. *izolacijski otoci*, okruženi sa svih strana, osim gornje, silicijumom p -tipa.



sl.2.1

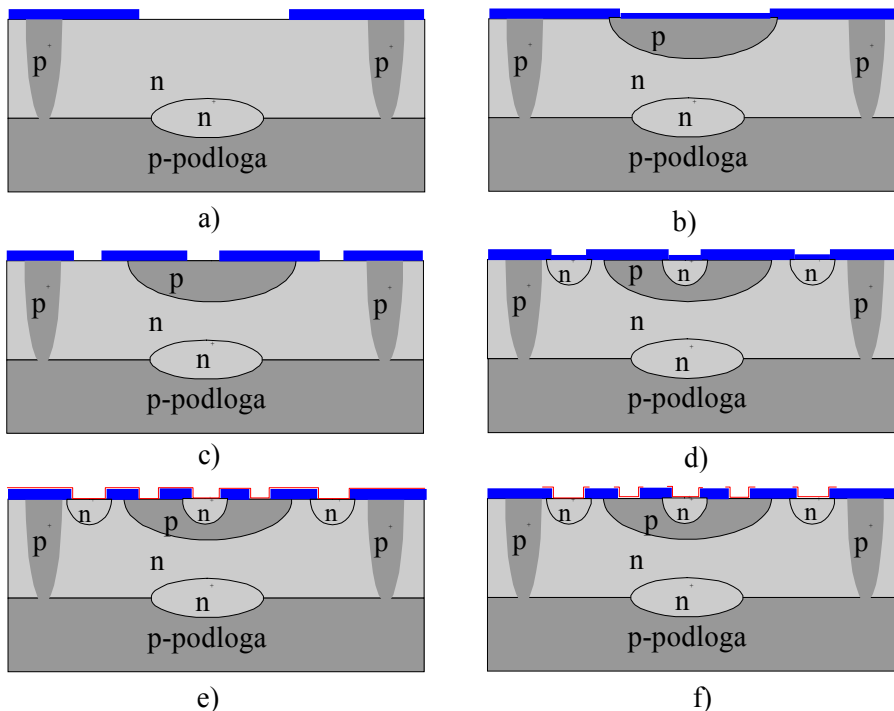


Ako se p -podloga sklopa priključi na potencijal niži od potencijala bilo kojeg izolacijskog n -otoka, n -otoci će biti izolirani međusobno i od podloge inverzno polarisanim pn -spojevima. Kvalitet izolacije zavisit će od struje inverzno polarisanih pn -spojeva i o parazitnom barijernom kapacitetu između izolacijskih n -otoka i podloge. Kapacitivna sprega izolacijskih n -otoka i podloge ograničava frekventni domen monolitnih integrisanih sklopova i predstavlja jedan od glavnih nedostataka ove vrste izolacije komponenata sklopa, međusobno i od podloge.

sl.2.1g

2.2 MONOLITNI NPN TRANZISTOR

Način dobijanja monolitnog NPN tranzistora uz izolaciju inverzno polarisanim pn -spojevima prikazan je na sl.2.2.



sl.2.2

U izolacijski n -otok koji služi kao kolektor NPN tranzistora difundiraju se područja baze i emitera. Na sl.2.2a prikazan je izolacijski n -otok sa otvorom, za baznu difuziju, u sloju SiO_2 . Dimenzije otvora određuju planarne dimenzije baze, a trajanje procesa difuzije udaljenost spoja baza-kolektor od površine pločice. Struktura sa difundiranom bazom prikazana je na sl.2.2b.

Nakon difuzije baze fotolitografskim postupkom se formiraju otvori u sloju SiO_2 za difuziju n^+ emitera i n^+ područja ispod metalnog kontakta kolektora (sl.2.2c). Ponovnom primjenom postupka difuzije formiraju se n^+ područja ispod formiranih otvora. Promjenom fotolitografskog postupka formiraju se u sloju SiO_2 otvori za kontakte emitera, baze i kolektora, a zatim se u postupku metalizacije cijela površina pločice prekrije tankim slojem aluminijuma (sl.2.2e). Fotolitografskim postupkom se odstrani aluminijum sa onih dijelova površine pločice gdje nije predviđen. Nakon toga metal ostaju samo na metalni kontakti i potrebne veze sa ostalim komponentama monolitnog sklopa (sl.2.2f). Postupkom legiranja kontakti aluminijuma sa silicijumom konačno su oblikovani.

Tranzistor na sl.2.2f je n^+pnn^+p -struktura sa tri pn -spoja, za razliku od diskretnog nnp tranzistora, koji je struktura sa dva pn -spoja. Ovaj tranzistor uz željeni nnp tranzistor ima i jedan neželjeni, paraziti, $pnnp$ tranzistor kojem je p -područje baze emiter, nn^+ -područje kolektora i podkolektorskog sloja nnp -tranzistora baza, a p -podloga monolitnog sklopa je kolektor.

Izolacija komponenata je ostvarena inverzno polarisanim pn -spojevima pa je podloga spojena na najnegativniji napon sklopa. Kao posljedica toga spoj baza-kolektor parazitnog $pnnp$ tranzistora je inverzno polarisan. Ako nnp tranzistor radi u aktivnom području, koje je uobičajeno područje rada tranzistora u linearnim sklopovima, tada će spoj kolektor-baza ovog tranzistora, koji je ujedno i spoj baza-emiter parazitnog $pnnp$ tranzistora, biti inverzno polarisan.

To znači da će u normalnim radnim uslovima oba pn -spoja parazitnog $pnnp$ tranzistora biti inverzno polarisana. Kolektorska struja takvog tranzistora je vrlo mala, pa će monolitni nnp tranzistor biti dovoljno dobro izolovan od podloge za većinu primjena.

Tipične geometrijske i električne veličine nnp tranzistora su:

1. dubina emitorskog spoja : 0,5-3,5 μm ;
2. širina baze : 0,3-0,7 μm ;
3. dubina kolektorskog spoja : 0,8-5 μm ;
4. najmanja širina otvora u sloju SiO_2 za difuziju i kontakte : 2 μm ;
5. ukupna površina koju na pločici zauzima monolitni tranzistor : 50 μm x 50 μm do 300 μm x 300 μm ;
6. probojni napon emitorskog spoja : 6-9 V;
7. probojni napon kolektorskog spoja : 25-60 V;
8. barijerni kapacitet kolektorskog spoja : 0,4-2 pF;
9. faktor strujnog pojačanja u spoju zajedničkog emitera : 50-250 ;

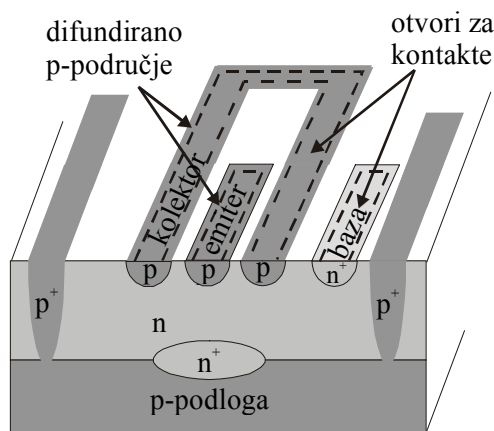
2.3 MONOLITNI PNP TRANZISTOR

U monolitnim integrisanim sklopovima često se uz nnp tranzistore javlja potreba i za $pnnp$ tranzistorima. Pri tome $pnnp$ tranzistore treba proizvesti u istoj podlozi sa nnp tranzistorima i bez dodatnih tehnoloških postupaka. Dodatni postupci povećavaju cijenu sklopa i mogući broj defekata u sklopu. Razvojem monolitne tehnike pojavio se određeni broj varijanti $pnnp$ tranzistora, od kojih su najčešće dvije:

1. lateralni $pnnp$ tranzistor
2. supstratni $pnnp$ tranzistor

2.3.1. LATERALNI PNP TRANZISTOR

Izvedba lateralnog $pnnp$ tranzistora tehnološki kompatibilnog sa monolitnim nnp tranzistorom, prikazana je na sl.2.3.1.a.



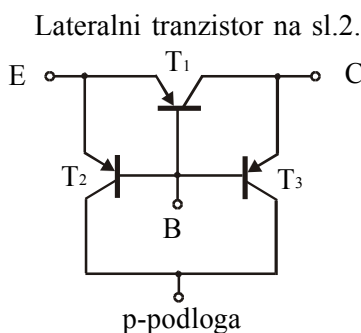
sl.2.3.1.a

dijelu baze ispod emitera lateralnog sklopa. Tranzistor T_3 je takođe emiter identičan donjem dijelu

Kao emiter i kolektor služe p područja dobivena baznom p difuzijom istovremeno sa bazama nnp tranzistora.

Kao baza lateralnog $pnnp$ tranzistora služi izolacijski n otok tj. područje koje je nnp tranzistoru kolektor. Radi formiranja neispravljačkog kontakta baze izvršena je emitorska n^+ difuzija u n područje izolacijskog otoka.

Ova vrsta tranzistora se naziva lateralnim zato što šupljine koje od p emitera putuju kroz n bazomogu stići do p kolektora samo ako putuju lateralno tj. paralelno s površinom pločice.



sl.2.3.1b

Lateralni tranzistor na sl.2.3.1a ima dva parazitična vertikalna $pnnp$ tranzistora prikazana na sl.2.3.1b. T_1 je sam željeni lateralni $pnnp$ tranzistor. T_2 je parazitični vertikalni $pnnp$ tranzistor kojem je emiter identičan donjem dijelu emitera samog lateralnog tranzistora, baza mu je identična tranzistora, a kolektor mu je podloga cijelog vertikalni parazitični $pnnp$ tranzistor kojem je kolektora lateralnog tranzistora, baza mu je

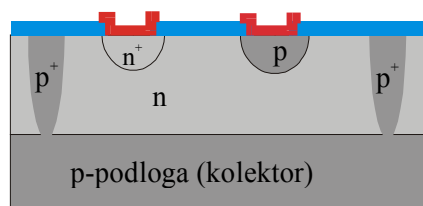
identična dijelu baze ispod kolektora lateralnog tranzistora, a kolektor mu je podloga cijelog sklopa.

Kad lateralni *pnp* tranzistor radi u normalnom aktivnom području, tad parazitni tranzistor T_2 takođe radi u aktivnom području, a T_3 radi u području zakočenja. To znači da T_3 ne narušava izolaciju lateralnog tranzistora od zajedničke podloge sklopa, dok tranzistor T_2 svojim radom u normalnom aktivnom području slabi izolaciju lateralnog tranzistora od podloge i odvođenjem dijela struje emitera smanjuje iznos faktora strujnog pojačanja lateralnog tranzistora.

Da bi se smanjilo štetno djelovanje tranzistora T_2 potrebno je što više smanjiti površinu emitera u odnosu na njegov opseg. Zato je u strukturi na sl.2.3.1a kolektor tako izveden da on sa svih strana okružuje emiter, pa se skuplja praktično sva struja šupljina emitera ubačena u bazu u lateralnom smijeru.

2.3.2. SUPSTRATNI PNP TRANZISTOR

Supstratni tranzistor je druga varijanta *pnp* tranzistora koja se upotrebljava u monolitnim integrisanim sklopovima. Presjek supstratnog *pnp* tranzistora dat je na sl.2.3.2.



sl.2.3.2

Kao emiter služi *p* područje dobiveno baznom difuzijom. Kao baza služi izolacijski epitaksijalni *n* otok. Zajednička *p* podloga služi (supstrat) kao kolektor, dakle kao aktivni dio tranzistora, pa se stoga ovakav *pnp* tranzistor i naziva supstratni tranzistor.

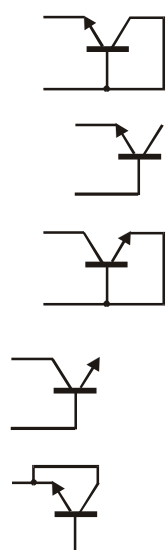
Podloga ovog tranzistora je zbog pravilnog djelovanja izolirajućih *pn* spojeva spojena na najviši negativni istosmjerni potencijal, pa je u dinamičkim uslovima rada sklopa kolektor uzemljen, što znači da ovaj tranzistor radi u spoju zajedničkog kolektora. Time je znatno ograničeno područje mogućih upotreba ovog tranzistora.

Baza supstratnog *pnp* šira je od baze *nnp* tranzistora dobivenog istim procesom, što dovodi do relativno lošeg faktora strujnog pojačanja (obično oko 50 u spoju zajedničkog kolektora) i dosta dugog vremena prolaska šupljina kroz bazu, što rezultira lošim frekventnim osobinama ovog tranzistora.

Ovaj tip tranzistora nema potkolektorski n^+ sloj jer bi on znatno reducirao faktor strujnog pojačanja a zbog djelovanja kočećeg polja.

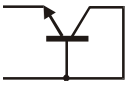

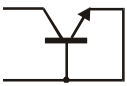


2.4 MONOLITNE PN DIODE

U principu svaki *pn* spoj u monolitnom sklopu može poslužiti kao *pn* dioda. Međutim u najvećem broju standardnih izvedbi koristi se spojem emiter-baza ili spojem kolektor-baza *nnp* tranzistora kao *pn* diodom za monolitne sklopove. Standardni *nnp* tranzistor služi kao *pn* dioda u pet različitih konfiguracija:



1. dioda emiter-baza s kolektorom spojenim na bazu
2. dioda emiter-baza s prekinutim krugom kolektor-baza
3. dioda kolektor-baza s emiterom spojenim na bazu
4. dioda kolektor-baza s prekinutim krugom emiter-baza
5. dioda emiter-baza paralelno spojena s diodom kolektor-baza

Svaka od tih diodnih konfiguracija ima određene prednosti, ali i nedostatke. Diode koje se koriste spojem emiter-baza imaju relativno niski iznos probojnog napona, tipični 6-9 V, što je posljedica visoke specifične vodljivosti emitera. S druge strane diodama koje se koriste spojem kolektor-baza iznos probojnog napona je visok, tipično više od 25 V, što je posljedica umjereno visokog specifičnog otpora baze. Diode koje se baziraju na *pn* spoju emiter-baza imaju nizak iznos serijskog otpora, a diode s *pn* spojem kolektor-baza relativno visok serijski otpor. Inverzna struja zasićenja manja je kad se upotrebljava spoj emiter-baza nego kada se koristi spoj kolektor-baza, zbog manje površine emiterskog spoja i većih specifičnih vodljivosti *p* i *n* strane diode ako se koristi spoj emiter-baza. U dinamičkim uslovima rada diode sa *pn* spojem emiter-baza imaju kraće vrijeme zadržavanja od onih s *pn* spojem kolektor-baza. Svojstva diodnih konfiguracija prikazana su u tabeli datoj na sl.2.4.

DIODNI SPOJ	PROBOJNI NAPON	INVERZNA STRUJA ZASIĆENJA	SERIJSKI OTPOR	VRIJEME ZADRŽAVANJA	PARAZITNI PNP TRANZISTOR
	6-9 V	40 nA	nizak	6 ns	ne postoji
	6-9 V	40 nA	nizak	90 ns	postoji
	>25 V	100 nA	visok	70 ns	postoji
	>25 V	100 nA	visok	130 ns	postoji
	6-9 V	140 nA	nizak	150 ns	postoji

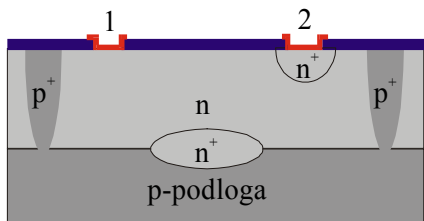
sl.2.4

2.5 DIODE I TRANZISTORI SA ŠOTKIJEVOM BARIJEROM

Dosad opisane komponente monolitnih integrisanih sklopova baziraju se na upotrebi ispravljačkog *pn* spoja. Međutim, svoje mjesto u monolitnim integrisanim sklopovima ima i spoj metal-poluprovodnik, koji može biti i ispravljački i neispravljački.

Kod formiranja metalnog kontakta sa silicijumom *p* tipa dolazi do pojave neispravljačkog kontakta između aluminijuma i silicijuma. Pri stvaranju metalnog kontakta sa silicijumom *n* tipa, u određenim slučajevima moguća je pojava ispravljačkog kontakta jer pri procesu legiranja nastaje prelaz atoma aluminijuma u silicijum. Priroda procesa legiranja je takva da pri koncentraciji donora na površini silicijuma $N_{Do} < 5 \cdot 10^{18} \text{ atoma/cm}^{-3}$ dolazi do nadkompenzacije donorskih atoma u silicijumu aluminijevim akceptorskim atomima koji prodiru u silicijum, čime se formira ispravljački *pn* spoj.

Prema tome, na mjestu kontakta aluminijuma sa silicijumom n tipa, kada je površinska koncentracija donora u silicijumu manja od $5 \cdot 10^{18} \text{ atoma/cm}^{-3}$, formira se Šotkijeva barijera, pa rezultira ispravljački spoj metal-poluprovodnik.

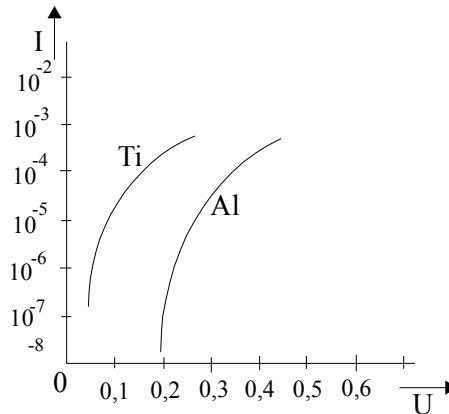


sl.2.5.1a



sl.2.5.1b

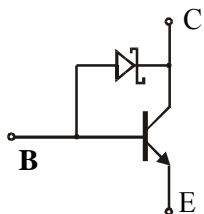
Presjek diode sa Šotkijevom barijerom dat je na sl.2.5.1a, simbol ove diode na sl.2.5.1b a UI karakteristika diode sa aluminijumom i titanom na sl.2.5.1c.



sl.2.5.2c

kontakt 1 naparen je na površinu epitaksijalnog izolacijskog n otoka kojem je površinska koncentracija donora znatno manja od $5 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$, te s njim formira ispravljački spoj metal-poluprovodnik. Kontakt 2 ostvaren je tako da je prije naparavanja aluminijuma na n silicijumu izvršena emitterska n^+ difuzija u silicijum ispod područja kontakta. Budući da je površinska koncentracija donora na površini silicijuma u n^+ području veća od $5 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$, aluminijum će u području kontakta 2 formirati neispravljački spoj metal-poluprovodnik sa n^+ silicijumom. Prema tome Šotkijeva dioda je formirana između stezaljki 1 i 2, pri čemu je propusni smjer diode od stezaljke 1 prema stezaljci 2. Kada je dioda polarizovana propusno (plus na stezaljci 1) elektroni iz n poluprovodnika prelaze u metal, pa ta dioda, za razliku od pn diode, radi zbog transporta većinskih nosilaca. Kako nema akumulacijemanjinskih nosilaca u blizini barijere, Šotkijeva dioda ima zanemarljivo malo vrijeme zadržavanja, tipično $0,1 \text{ ns}$. Naponsko-strujna karakteristika u propusnom smjeru, sl.2.5.2c, određena je eksponencijalnim zakonom kao i kod pn diode, ali su radni naponi kod iste struje $0,2$ do $0,3 \text{ V}$ manji nego kod pn dioda. Zato je Šotkijeva dioda po svojim karakteristikama bliža idealnom prekidaču od pn diode. Ako se kao metal u Šotkijevoj diodi umjesto aluminijuma upotrijebi titan, dobija se povoljnija U-I karakteristika pomaknuta za približno $0,2 \text{ V}$ ulijevo u odnosu na U-I karakteristiku Šotkijeve diode sa aluminijumom.

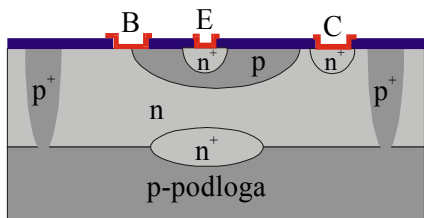
Aluminij
umski



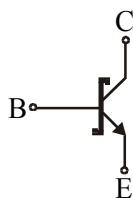
sl.2.5.2a

Šotkijeva dioda spojena između baze i kolektora monolitnog npn tranzistora, sl.2.5.2a, sprječava prelaz tranzistora iz aktivnog područja u područje zasićenja, čime se gotovo eliminiše vrijeme zadržavanja tranzistora.

Tehnološka realizacija npn tranzistora i Šotkijeve diode prikazana je na sl.2.5.2b. Šotkijeva dioda je tu realizovana tako da je aluminijum kojim je formiran bazni kontakt naparen dijelom i preko n područja kolektora bez prethodne n^+ difuzije. Takav tranzistor zove se Šotkijev tranzistor. U električnim šemama on se prikazuje simbolom na sl.2.5.2c.



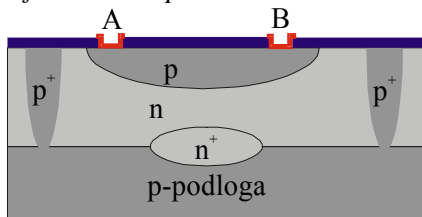
sl.2.5.2b



sl.2.5.2c

2.6 OTPORNICI ZA MONOLITNA INTEGRISANA KOLA

Najčešće se u monolitnim integrisanim kolima susreću otpornici dobijeni baznom p difuzijom i nazivaju se *difundirani otpornici*.



sl.2.6a

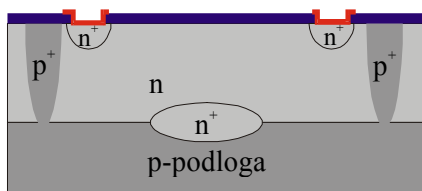
Između kontakata A i B nalazi se bazno p područje koje služi kao monolitni difundirani otpornik. Razmak između kontakata određuje dužinu otpornika, a širina mu je određena širinom otvora za baznu p difuziju. Da bi struja tekla od kontakta A prema kontaktu B samo kroz p područje, potrebno je da pn spoj između p područja baze i n područja izolacijskog otoka bude inverzno polarizovan. To se postiže spajanjem izolacijskog n otoka na najviši pozitivni potencijal sklopa. Pri tome je pn spoj inverzno polarizovan u svakoj tački. U monolitnim integrisanim kolima obično su svi otpornici realizovani na ovaj način difundiraju u zajednički izolacijski

otokčime se postiže njihova izolacija i prema n području i međusobno, jer dva susjedna p otpornika sa n područjem izolacijskog otoka formiraju npn tranzistor koji radi u zapornom području.

Baznom difuzijom može se pokriti područje od 50Ω do $30 \text{ k}\Omega$ uz prihvatljivu površinu otpornika. Tolerancije apsolutnih iznosa otpora u baznoj difuziji su loše i iznose do 20%.

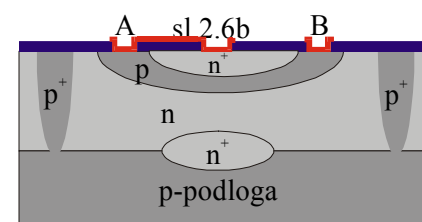
Kada su potrebni veći iznosi otpora od onih koji se dobijaju baznom difuzijom koristimo se sljedećim rješenjima:

1. izolacijski n otok kao otpornik (kolektorski otpornik)
2. baza npn tranzistora kao otpornik.



Kolektorski otpornik prikazan je na sl.2.6b.

Za razliku od baze koncentracija primjesa u kolektoru ne zavisi od udaljenosti od površine, pa je specifični otpor u svakom dijelu kolektorskog otpornika isti. Uz prihvatljive dimenzije mogu se na ovaj način realizovati otpornici otpornosti do par stotina $\text{k}\Omega$.



sl.2.6c

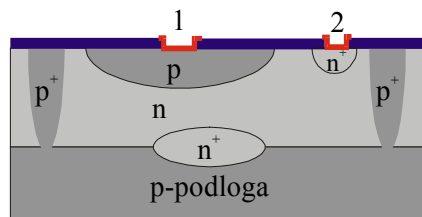
Otpornici još većeg iznosa otpora mogu se realizovati uz upotrebu baze npn tranzistora kao na sl.2.6c. Na ovaj način se dobijaju otpornici reda veličine $1 \text{ M}\Omega$. Kod praktične izvedbe otpornika emitorsko n^+ područje prekriva cijelo p područje, tako da je tijelo otpornika sa svih strana okruženo n materijalom. Inverznom polarizacijom pn spoja između otpornika i n materijala se osigurava izolacija otpornika. To se postiže spajanjem n^+ područja emitera i n područja kolektora na stezaljki A otpornika za koju se pretpostavlja da je na pozitivnijem istosmjernom potencijalu od stezaljke B.

2.7 KONDENZATORI ZA MONOLITNA INTEGRISANA KOLA

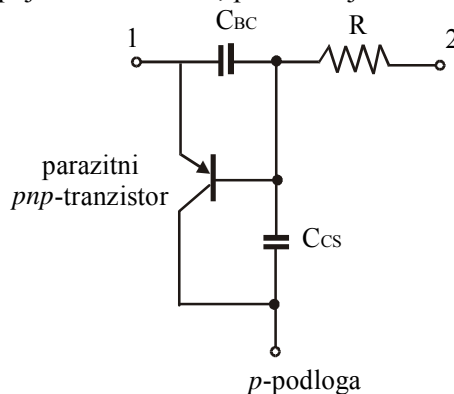
Kondenzatori se, zbog malih mogućih iznosa kapaciteta, rijetko susreću u monolitnim integrisanim sklopovima. Moguća su dva osnovna načina formiranja monolitnih kondenzatora postupcima planarne tehnologije, pa su poznate i dvije njihove osnovne vrste:

- pn kondenzatori koji se koriste kapacitetom inverzno polarisanih pn spojeva tranzistora
- MOS kondenzatori koji se koriste kapacitetom strukture metal- SiO_2 -Si.

Kao pn kondenzatori mogu poslužiti inverzno polarisani spojevi emiter-baza, baza-kolektor i kolektor-podloga. Kondenzator koji se koristi kapacitetom spoja baza-kolektor, prokazan je na sl.2.7a, a pripadne parazitne komponente na sl.2.7b.



sl.2.7a



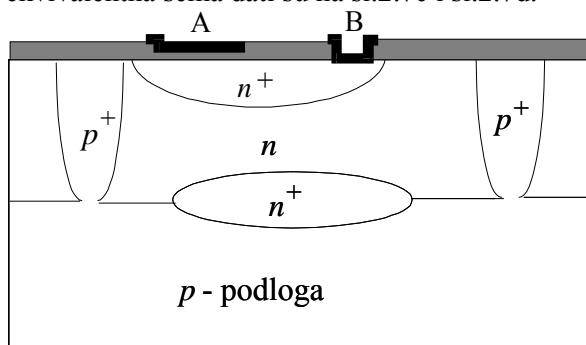
sl.2.7b

Za ispravan rad kondenzatora na slici potrebno je da n područje bude na pozitivnom istosmjernom potencijalu u odnosu na p područje da bi se osigurala inverzna polarizacija pn spoja baza-kolektor. Budući da je p podloga priključena na najviši negativni potencijal, osigurana je izolacija od podloge. Kapacitet C_{BC} je kapacitet inverzno polarisanog pn spoja baza-kolektor, a C_{CS} je kapacitet inverzno polarisanog pn spoja između kolektora i podloge. R je paraziti serijski otpor područja kolektora. Kondenzator baza-kolektor je naponski zavisna komponenta. S porastom iznosa inverznog napona na pn spoju baza-kolektor širi se potencijalna barijera i pada njen kapacitet. Uz uobičajene iznose i profile koncentracija u bazi i kolektoru postizu se kapaciteti C_{BC} od nekoliko desetaka do nekoliko stotina pF/mm^2 . Uz prihvatljiv iznos površine ne mogu se ostvariti kapaciteti veći od $100 pF$. Kapacitet C_{CS} obično je 3 do 10 puta manji od kapaciteta C_{BC} , što takođe ograničava upotrebu pn kondenzatora baza-kolektor. Otpor R kod uobičajenih iznosa specifične vodljivosti epitaksijalnog sloja, obično iznosi od 10 do 50Ω . Zavisnost kapaciteta od priključenog istosmjernog napona, mali iznos kapaciteta po jedinici površine i relativno loša izoliranost od podloge u dinamičkim uslovima, znatno ograničava primjenu ove komponente u monolitnim integrisanim kolima.

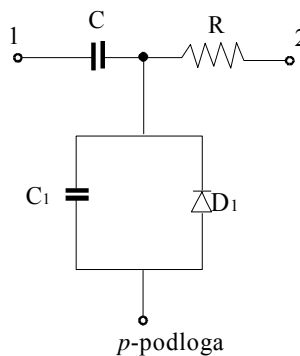
Bolje osobine u pogledu iznosa kapaciteta i izoliranosti od podloge pokazuje pn kondenzator koji se koristi kapacitetom inverzno polarisanog pn spoja između emitera i baze $nnpn$ tranzistora. Uz uobičajene iznose istosmjernog napona iznos kapaciteta je tipično $1000 pF/mm^2$. Međutim probojni napon je puno niži nego kod pn spoja baza-kolektor i iznosi od 6 do 9 V.

U principu se kao pn kondenzator može uzeti i inverzno polarisan pn spoj između n područja kolektora i p podloge. Kapacitet tog kondenzatora obično nije veći od $100 pF/mm^2$, zbog relativno visokog specifičnog otpora strana p i n kondenzatora. Upotreba ovih kondenzatora je sasvim ograničena jer im je jedna stezaljka (p podloga) uzemljena za izmjenični signal.

Druge vrste kondenzatora za monolitna integrisana kola su MOS kondenzatori. Presjek i odgovarajuća ekvivalentna šema dati su na sl.2.7c i sl.2.7d.



sl.2.7c



sl.2.7d

Kao jedna vodljiva elektoda MOS kondenzatora služi tanki metalni Al sloj, a kao druga n^+ područje dobijeno emitterskom difuzijom. Između vodljivih elektroda nalazi se tanki dielektrični sloj SiO_2 . Budući da je relativna dielektrična konstanta SiO_2 $\epsilon_r=3,82$ i da se iz tehnoloških i električnih razloga ne praktikuju oksidni slojevi tanji od $0,05 \mu m$ na ovaj način nije moguće formirati kondenzatore kapaciteta većeg od $670 pF/mm^2$. MOS kondenzator ima i svoje parazitne komponente:

- serijski otpor R koji pripada n^+ području i obično iznosi od 5 do 10Ω .
- parazitna dioda D_1 i parazitni kapacitet C_1 inverzno polarisanog izolacijskog n otoka prema p podlozi.

Probojni napon MOS kondenzatora je veći od 25 V.