

(57) Tiivistelmä

Diodipiiri monoliitti-integroituja piirejä varten, jolla on merkityksellön vioto substraattiin, on muodostettu siten, että voidaan käyttää tavanomaisia diffuusioprosesseja integroitujen prosessien valmistamiseksi. Diodin katodi (18, 23) on muodostettu piirin epitaksiaaliseen n-kollektorikerrokseen (15) samalla kun anodi muodostuu tämän kollektorikerroksen alapuolella sijaitsevasta p^+ pohjakerroksesta (13), joka on valmistettu samanaikaisesti eristysdiffuusioiden (14) alemman osan kanssa. Katodialuetta (23) rajoittaa samaa johtavuustyyppiä kuin pohjakerros (13) oleva rengas (17) ja muodostaa kosketuksen tämän kanssa. Pohjakerroksen (13) alapuolella sijaitsee n^+ -tyyppiä oleva apukollektorikerros (12), joka on varustettu samaa johtavuustyyppiä olevalla kosketusdiffuusiolla (19). Anodikerros (13) ja apukollektorikerros (12) on niin matalaohmisesti liitetty toisiinsa.

Diod för monolitintegrerad krets

Tekniskt område

Föreliggande uppfinning avser en halvledardiod speciellt lämpad för användning i elektroniska kretsar i monolitisk teknik, som drives med spänningar över emitter-bas-genombrottsspänningen hos normala transistorer, dvs ca 7V.

Teknikens ståndpunkt

Enligt känd teknik användes en av transistorernas PN-övergångar då man önskar ett diodelement i monolitiska integrerade kretsar.

Vid tillverkning av kretsar innehållande en npn-transistor utgår man från ett P-dopat substrat. I substratet indiffunderas ett kraftigt N-dopat område, bottendiffusionen, som är till för att minska kollektorns resistans. Genom en epitaxiprocess påläggs härpå ett N-dopat kollektorskikt. Ett ringformat starkt P-dopat område, har fått diffundera ända ner till substratet. Genom att lägga substratet och därmed också det ringformade P-området på kretsens lägsta potential kommer transistorn att ligga i ett område som är isolerat från den övriga delen av kretsen. Efter isolationsdiffusionen följer en diffusion av P-strömmen så att basen bildas, varefter emitterområdet och kollektorkontaktområdet samtidigt diffunderas in. Metalliserade kontakter anbringas slutligen till bas, emitter och kollektor.

Såväl bas-emitterövergången som bas-kollektorövergången kan användas för att erhålla en diod. Den förstnämnda har dock en genombrottsspänning på ca 7V, varför man för högre spänningar är hänvisad till att använda bas-kollektorövergången, varvid alltså bas-området blir anod och kollektorområdet katod. Samtidigt erhålles med diodens anod respektive katod och vars kollektor utföres av substratet. Då dioden är förspänd i den ledande riktningen, kommer då också transistorn att vara öppen och leda ström till substratet. Utan N-området kan h_{FE} vara 1 eller större, så att mer än halva diodens ström kan ledas av till substratet. Bottendiffusionen kommer med sin starka dopning att öka rekombi-

nationen för de laddningsbärare som diffunderar ner mot substratet och därmed minska substratströmmen. En ytterligare minskning erhålles genom att låta kollektorkontaktområdet bilda en ring runt anodområdet. Denna ring motverkar då på samma sätt att strömmen når isolationsområdet.

Försök att ytterligare reducera substratströmmen redovisas i de offentliggjorda svenska patentansökningarna 77070688 och 7707251-0. I den först nämnda ansökan utnyttjar man det förhållandet att verkningsgraden hos parasittransistorns emitter kan försämrast genom att koppla samman NPN-transistorns emitter med diodens anod. Den andra ansökan går ut på att dessutom lägga en P-dopad zon runt anoden.

Vid transistorer avsedda för höga spänningar är det utrymme isolationsområdet upptar avsevärt. Vid ökad spänning måste nämligen epitaxiskiktets tjocklek ökas för att ge plats åt det djupare utarmningsområdet för kollektor-basövergången hos transistorerna. Då isolationsområdet härmed måste diffunderas längre ner, kommer på grund av den samtidiga sidodiffusionen området att kräva större utrymme. Det är känt att reducera detta utrymme genom ett förfarande där man före påläggning av det epitaktiska skiktet deponerar dopämnen av samma slag som de som användes vid isolationsdiffusionen under de områden där isolationsdiffusionen senare skall ske. Genom att låta dessa dopämnen diffundera upp i det epitaktiska skiktet erhålles tillsammans med det uppifrån neddiffunderade isolationsområdet ett isolationsområde med mindre utbredning.

Vid transistorer för högre spänningar är det också känt att sänka kollektorns resistans genom att låta kollektorns starkt dopade kontaktområde sträcka sig ner till bottendiffusionen.

Redogörelse för uppfinningen

Utnyttjandet av samtliga ovannämnda åtgärder kan minska substratströmmen till ca 5 % av diodströmmen. Vid kretsar för högre spänningar ger dock även denna reducerade substratström upphov till problem på grund av den effektutveckling den förorsakar då dioden ligger nära kretsens pluspotential.

Vid t ex en diodström på 500 mA i ledriktningen betyder 5 % substratläckström en extra effektutveckling på 1W då dioden ligger ca 40V ovanför substratets potential. Denna effektutveckling är av samma storleksordning som den effekt-
5 utveckling som erhålls för en viss krets och ger därför en klar begränsning av kretsens belastningstålighet.

Enligt uppfinningen är det möjligt att minska substratläckströmmen till helt försumbara värden. Detta sker med en diod som är utförd på det sätt som framgår av bifo-
10 gade patentkrav.

Figurbeskrivning

Figur 1 visar i sektion och figur 2 i en planvy principen för en monolitisk integrerad diod utförd enligt uppfinningen. Figur 3 visar en detalj av en integrerad krets
15 med en diod enligt uppfinningen.

Föredragen utföringsform

I figurerna betecknar 11 ett kiselhalvledarsubstrat av p-typ försett med en första bottendiffusion av n-typ som har utförts så att ett starkt n^+ -dopat område 12 erhålls.
20 Över bottendiffusionen 12 finns en andra bottendiffusion 13 av p-typ liksom en undre yttre isolationsring 14 av p-typ. Över substratet finns ett epitaktiskt n-skikt 15. I detta finns indiffunderat en övre, yttre isolationsring 16, som når ner till den undre isolationsringen 14 samt en inre ring
25 17 som når ned till den övre bottendiffusionen 13. Ringen 17 och den övre bottendiffusionen utgör diodens anod. Samtliga dessa områden är av p^+ -typ. I n-området 23 som bildar diodens katod finns en n^+ -kontaktdiffusion 18. En n^+ -diffusion 19 förbinder bottendiffusionen 12 med halvledarbrickans yta
30 där den är försedd med en kontaktering 20 som är förbunden med kontaktringen 21 på anodanslutningen. Denna anslutning har till uppgift att ge området 12 en definierad potential eftersom pn-övergången 13-12 kan bli förspänd så att ström kan gå till substratet vid snabba stömändringar då dioden
35 går från ledande till oledande tillstånd.

Att området 19 diffunderats ner ända till området 12 beror på att en lågohmig strömbana krävs ner till detta

område. En större del av diodens ström i framriktningen kommer att gå denna väg då skiktet 12 verkar som kollektor i den transistor som bildas av skikten 12, 13 (bas) och 23 (emitter). Skulle serieresistansen i kretsen till under-
5 diffusionen vara stor finns risk att övergången mellan n^+ -skiktet 12 och p^+ -skiktet 13 får en förspänning i backriktningen varvid strömläckning kan ske till substratet. Om däremot skikten 12 och 13 hålls på praktiskt taget samma potential är läckningen försumbar fränsett en mycket liten
10 backström i backriktningen.

Som ett exempel på en diod enligt uppfinningen har tillverkats en krets avsedd att drivas vid 40V spänning. Det epitaktiska skiktet 15 hade en resistivitet på 3 ohmcm och var 16 μ m tjockt. p^+ -diffusionen 13 var ca 8 μ m tjock
15 och avståndet mellan detta område och katodkontaktområdet 18 var 5 μ m. Då en ström på 500 mA passerade dioden i ledarriktningen uppmättes en substratström under 1 μ A. Kretsens effektutveckling i övrigt låg under 0,5W varför tillskottet från substratläckströmmen är helt försumbart.
20 Detta kan jämföras med de bästa kända dioderna där substratläckströmmen uppgår till ca 5 % av diodströmmen. Om dioden ligger 40V över substratets potential innebär detta en förlusteffekt på 1W, dvs dubbla förlusteffekten för kretsen i övrigt.

25 Dioden enligt uppfinningen kan helt tillverkas enligt de processer som används för tillverkning av transistorer avsedda för hög spänning i integrerade kretsar. Detta framgår av figur 3 som visar en diod enligt uppfinningen och en transistor T i samma substrat 11. Transistorn T har sitt
30 kollektorskikt 33 i det epitaktiska skiktet 33. Under skiktet 33 ligger ett subkollektorskikt av n^+ -typ som via n^+ -diffusionen är förbundet med kollektorkontakten C. I kollektorskiktet är basskiktet 31 och emitterskiktet 38 indiffunderade på vanlig sätt. Transistorns isolationsdiffusion 36
35 är framställd i två steg på samma sätt som visats för dioden enligt figur 2.

Följande diffusionsteg används vid tillverkningen;

- 1 Deponering av dopämne för n^+ -områdena 12 och 32
- 2 Indiffusion av deponeringarna enligt punkt 1
- 3 Deponering av dopämne för p^+ -områdena 13, 14 och 34
- 4 Påläggning av det epitaktiska n -dopade skiktet 15
- 5 5 Deponering av dopämne till p^+ -områdena 16, 17 och 36
- 6 Deponering av dopämnen till n^+ -områdena 19 och 39
- 7 Indiffusion av de enligt punkterna 5 och 6 deponerade dopämnena
- 8 Deponering av dopämne till det p -dopade basområdet 31 i
- 10 transistor
- 9 Indiffusion av dopämnet enligt punkt 8
- 10 Deponering av dopämnena för katodkontaktområdet 18 och emittorn 38
- 11 Indiffusion av områdena enligt punkt 10
- 15 Dessa processer är helt konventionella och har tidigare beskrivits i litteraturen.

Patentkrav:

1. Halvledardiod avsedd att ingå i integrerade kretsar även innefattande transistorer och utformad i ett substrat (11)
5 av en första ledningstyp (p) försett med en första högdopad bottendiffusion (12) av den andra ledningstypen (n) och ett däröver liggande epitaktiskt skikt (15) av den andra ledningstypen (n) i vilket diodens ena skikt (23) är utformat och till vilket en kontakt (22) är ansluten som utgör diodens
10 ena pol (K), k ä n n e t e c k n a d av en andra högdopad bottendiffusion (13) av den första ledningstypen (p) belägen omedelbart över den första bottendiffusionen (12), ett ringformat, högdopat område (17) av den första ledningstypen (p) vilket omsluter diodens ena skikt (23) och gör kontakt med
15 den andra bottendiffusionen (13) samt en högdopad kontaktdiffusion (19) av den andra ledningstypen (n) vilken gör kontakt med nämnda första bottendiffusion (12), varvid anslutningar (20, 21) till det ringformade området (17) och kontaktdiffusionen (19) är sammankopplade och utgör diodens
20 andra pol (A).

Patenttivaatimus:

1. Puolijohdediodi, joka on tarkoitettu sisältymään integroituihin piireihin, jotka käsittävät myös transistoreja ja jotka on muodostettu ensimmäistä johtavuustyyppiä (p) olevaan substraattiin (11), joka on varustettu korkeaseosteisella toista johtavuustyyppiä (n) olevalla ensimmäisellä pohjadiffuusiolla (12) ja sen päällä sijaitsevalla toista johtavuustyyppiä (n) olevalla epitaksiaalisella kerroksella (15), johon diodin toinen kerros (23) on muodostettu ja johon on liitetty kosketin (22), joka muodostaa diodin toisen navan (K), t u n n e t t u toisesta ensimmäistä johtavuustyyppiä (p) olevasta korkeaseosteisesta pohjadiffuusiosta (13), joka sijaitsee välittömästi ensimmäisen pohjadiffuusion (12) päällä, renkaan muotoisesta, ensimmäistä johtavuustyyppiä (p) olevasta korkeaseosteisesta alueesta (17), joka ympäröi diodin toista kerrosta (23) ja muodostaa kosketuksen toisen pohjadiffuusion (13) kanssa sekä toista johtavuustyyppiä (n) olevasta korkeaseosteisesta kosketusdiffuusiosta (19), joka muodostaa kosketuksen mainitun ensimmäisen pohjadiffuusion (12) kanssa, jolloin liitännät (20, 21) renkaan muotoiseen alueeseen (17) ja kosketusdiffuusioon (19) on kytketty yhteen ja ne muodostavat diodin toisen navan (A).

Viitejulkaisuja-Anförda publikationer

—

Fig. 3

