

**NORGE**



**STYRET  
FOR DET INDUSTRIELLE  
RETTSVERN**

**Utlegningssskrift nr. 123293**

Int. Cl. H 01 1 11/14 Kl. 21g-11/02

Patentsøknad nr. 3214/68 Inngitt 15.8.1968

Løpedag -

Søknaden alment tilgjengelig fra 19.2.1969

Søknaden utlagt og utlegningsskrift utgitt 25.10.1971

Prioritet begjært fra: 18.8.67, 2.7.68  
Storbritannia, nr. 38144/67

---

N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken,  
Kastanjelaan 1, Eindhoven, Nederland.

Oppfinnere: Julian Robert Anthony Beale, 16 Vogan Close,  
Beigate, Surrey og John Martin Shannon, 22 Earlswood  
Road, Redhill, Surrey, begge England.

Fullmektig: Bryns Patentkontor A/S.

Fremgangsmåte til fremstilling av en halv-  
lederanordning.

Fremgangsmåte til fremstilling av en halvlederanordning som omfatter en felteffekttransistor med isolert portelektrode, hvor det i halvlederlegemet eller en del av dette, av en første ledningsevnetype, til å begynne med dannes to i innbyrdes avstand beliggende områder av motsatt ledningsevnetype og liten motstandsevne og som strekker seg i legemet fra én av dets overflater, og hvor source- og drainelektrodens metallsjiktdeler rager gjennom åpninger i et isolasjonssjikt som er anbragt på den nevnte overflate, for å danne kontakt med to overflateområder med liten motstandsevne, og portelektrodens metallsjikt del er anbragt på et område av den nevnte overflate som ligger innenfor et område på denne overflate mellom de to

# 123293

områder med liten motstandsevne, og isolert fra den nevnte overflate ved et isolasjonssjikt, idet source- og drainområdene anbringes i det minste delvis ved ioninnpodning.

En kjent utførelse av en slik transistor er Metal-Oxide-Semiconductor-Transistor, vanligvis kalt MOST. I en slik transistor er halvlederlegemet av silisium og portelektroden er skilt fra silisiumoverflaten ved et isolerende sjikt av silisiumoksyd. Under drift er den tilførte spenning mellom source- og drainområdene slik at p-n-overgangen mellom source-området og den tilgrensende substratdel av halvlederlegemet vanligvis, men ikke alltid er uten forspenning, og p-n-overgangen mellom drain og substratet er reversert forspent. Strømmen som flyter mellom source- og drainområdene styres av spenningen som tilføres mellom source-området og port-elektroden. I den såkalte økede modus ved anvendelse av en spenning med egnet polaritet på portelektroden, begynner en strøm å flyte mellom source og drain. Ved en utførelse av en transistor som er egnet for drift med øket modus, bevirker den spenning som tilføres porten at det dannes et overflateomvendende sjikt i halvlederlegemet under isolasjonssjiktet i det strømførende kanalområde mellom source- og drain-områdene. MOST kan også innrettes for drift i såkalt uttømningsmodus. I dette tilfelle flyter det strøm mellom source og drain uten tilført spenning på portelektroden. Konsentrasjonen av ladningsbærere i det strømførende kanalområde minskes ved tilførsel av spenning med egnet polaritet på portelektroden. En slik innretning kan også drives i øket modus ved å øke konsentrasjonen av ladningsbærere i det strømførende kanalområde ved anvendelse av en spenning av egnet polaritet på portelektroden.

Hittil har fremstillingen av MOST vært forbundet med dannelsen av source- og drain-områdene med liten motstandsevne ved hjelp av diffusjonsteknikk. For eksempel ved fremstilling av en MOST av silisium med p-kanal og substrat av n-type silisium, dannes source- og drain-områdene av  $p^+$ -typen ved diffusjon av en akseptor, for eksempel bor, i avgrensede overflatedeler av silisiumoverflaten som er tilgjengelig gjennom åpninger i et silisiumoksydsjikt på overflaten. Silisiumoksydsjiktet kan så fjernes, og et nytt silisiumoksydsjikt kan anbringes på overflaten. I det nye silisiumoksydsjikt anbringes åpninger for tilgang til source- og drain-områdene. Metallsjiktet, f.eks. av aluminium, avsettes i disse åpninger og på den gjenværende del av overflaten av silisiumoksydsjiktet. Deretter

fjernes metallsjiktet selektivt ved fotolitografisk teknikk, for å tilveiebringe metallkontaktsjikt til source- og drain-områdene og portelektrodens metallsjikt på silisiumoksydsjiktet.

For å oppnå en brukbar innretning av denne art, er det generelt nødvendig at lengden av portelektroden i retning mellom source- og drain-områdene er slik at portelektroden ligger over hele lengden av det strømførende kanalområde i denne retning. For å sikre at portelektroden har slik lengde, utføres den sistnevnte arbeidsoperasjon i hvilken metallsjiktet fjernes selektivt for dannelsen av portelektrodens metallsjikt, på sådan måte at portelektroden i noen grad overlapper source- og drain-områdene. Under drift av en slik innretning vil denne overlapping av portelektroden øke en uønsket kapasitet mellom port og drain. Denne kapasitet har man funnet er en begrensningsfaktor for driftsfrekvensen av innretningen, fordi under drift bevirker denne kapasitet en tilbakekopling.

Ioninnpodning innebærer bombardement av halvleder-materiale ved energirike stråler av dopingsioner, for å danne områder av forskjellig ledningsevne og/eller ledningsevnetype. Foreliggende oppfinnelse anvender en fremgangsmåte for fremstilling av en felteffekttransistor med isolert port, ved hjelp av ioninnpodning på sådan måte at i et minimum av arbeidsoperasjoner og med maksimal reproduserbarhet oppnås det en felteffekttransistor med isolert portelektrode hvor lengden av det strømførende kanalområde mellom source- og drain-områdene er nøyaktig tilpasset og kan gjøres forholdsvis liten, for å oppnå en transistor med stor steilhet.

Dette oppnås ifølge oppfinnelsen ved at ioner av ledningsevnetype som bestemmer dopingskarakteren av den motsatte ledningsevnetype, podes inn gjennom isolasjonssjiktene på den nevnte overflate som ikke er dekket av metallsjiktene for source-, drain- og portelektroden, og inn i de deler av halvlederlegemet som ligger under isolasjonssjiktene, for å utvide de to områder med liten motstandsevne, i retning mot hverandre og danne i avstand beliggende source- og drain-områder med liten motstandsevne og motsatt ledningsevnetype og som avgrenser på den nevnte overflate mellom seg et strømførende kanalområde hvis lengde i retning mellom source- og drain-områdene hovedsakelig tilsvarer lengden av portelektrodens metallsjikt i samme retning.

På denne måte dannes en felteffekttransistor med isolert port hvor portelektrodemetallsjiktet praktisk talt ikke overlapper source- eller drain-området, slik at særlig kapasiteten mellom

port og drain blir meget liten, og som eksempel kan nevnes at kapasiteten kan reduseres til en tjuendedel av den verdi som oppnås ved vanlig diffusjonsteknikk. Dette gjør at det kan fremstilles felt-effekttransistorer som kan arbeide på meget høy frekvens. Da denne fremgangsmåte gir en transistor hvor lengden av det strømførende kanalområde hovedsakelig tilsvarende lengden av portelektrodens metallsjiktdel, kan lengden av kanalen tilpasses meget nøyaktig og kan gjøres betydelig mindre enn det som er vanlig ved diffusjonsteknikk alene. Videre kan ved innpodning av ioner i de nevnte deler av halvlederlegemet eller delen av halvlederlegemet gjennom de uavmaskede isolasjonssjiktdeler på den nevnte overflate, oppnås en forholdsvis enkel fremgangsmåte, fordi isolasjonssjiktdelene gjennom hvilke innpodningen av ioner skjer, kan danne deler av samme isolasjonssjikt som det portelektrodens metallsjiktdel befinner seg på, og etter innpodningen behøver det ikke foretas noen arbeidsoperasjon for å fjerne noen del av dette isolasjonssjikt, fordi source- og drain-elektrodenes metallsjiktdeler lett kan anbringes ved hjelp av åpninger i isolasjonssjiktet. Denne fremgangsmåte hvor innpodning skjer gjennom de uavmaskede isolasjonssjiktdeler, har mange fordeler sammenlignet med en fremgangsmåte hvor innpodningen skjer under tilstedeværelsen av portelektrodens metallsjikt, men uten isolasjonssjiktdeler på den overflatedel hvor innpodningen skal skje. Ved den sistnevnte fremgangsmåte er det nødvendig i tillegg til det å anbringe portelektrodens metallsjikt før innpodningen, å anbringe åpninger i et underliggende isolasjonssjikt på den nevnte overflate. Dette er i mange tilfeller utilfredsstillende, fordi anbringelsen av åpninger i isolasjonssjiktet ved etsing kan bevirke en etsing av dette sjikt under og utover omkretsen av det overliggende metallsjikt for portelektroden. Hvis en slik etsing finner sted, vil den etterfølgende innpodning gi den ønskede kanallengde, fordi den overhengende omkretsdel av portelektrodens metallsjikt avmasker innpodning av ioner i den nevnte overflate, og den resulterende struktur har en kanallengde som ikke fullt ut dekkes av den gjenværende del av isolasjonssjiktet som samvirker med portelektrodens metallsjikt. Også ved den fremgangsmåte hvor innpodningen skjer direkte inn i overflatedeler, vil den resulterende struktur ha source- og drain-områder som har upassifiserte overflatedeler. I enkelte tilfeller kan en ytterligere arbeidsoperasjon være nødvendig for anbringelse av et sjikt som passifiserer overflaten, men ved fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen utføres passifiseringen i det minste delvis,

ved innføring av sjiktdeler gjennom hvilke innpodningen utføres.

I en foretrukket utførelsesform av fremgangsmåten anbringes til å begynne med to områder med innbyrdes avstand, motsatt ledningsevnetype og liten motstandsevne, ved diffusjon av et stoff som har karakter av den motsatte ledningsevnetype, inn i den nevnte overflate gjennom åpninger i et isolasjonssjikt som er anbragt på den nevnte overflate. Denne diffusjon danner derfor to områder med liten motstandsevne og motsatt ledningsevnetype i forhold til overflatedelene som etterpå forsynes med elektrode metall-sjiktdeler for ohm'sk kontakt før disse områder utsettes for en etterfølgende ioninnpodning, for å danne de fullstendige source- og drainområder.

Efter dannelsen av de to i avstand beliggende områder med liten motstandsevne ved diffusjon, kan isolasjonssjiktet fjernes og et nytt isolasjonssjikt kan anbringes på den nevnte overflate før source- og drain-elektrodenes metallsjiktdeler anbringes og portelektrodens metallsjiktdeler anbringes.

Ved en annen foretrukket utførelsesform av fremgangsmåten anbringes til å begynne med to områder med innbyrdes avstand, motsatt ledningsevnetype og liten motstandsevne ved innpodning av ioner av et stoff med samme karakter som den motsatte ledningsevnetype i en begrenset del av den nevnte overflate. På denne måte dannes altså source- og drain-områdene bare ved ioninnpodning, og ingen diffusjonsoperasjoner er anvendt. Dette muliggjør fremstilling av en halvlederanordning med nøyaktige dimensjoner, særlig for source-, drain- og kanalområdene. Den tillater også fremstilling av halvlederinnretninger med meget liten lengde av den strømførende kanal.

Dopingsstoffet som bestemmer ledningsevnetypen av de til å begynne med i innbyrdes avstand anbragte områder med liten motstandsevne og motsatt ledningsevnetype, og dopingsstoffet som bestemmer ledningsevnetypen av delene med ioninnpodning og som grenser umiddelbart til den strømførende kanal, kan være det samme stoff.

Den første innpodning av ioner i de begrensede overflatedeler av den nevnte overflate kan skje gjennom åpninger i et metallavmaskingssjikt som befinner seg på isolasjonssjiktet på den nevnte overflate.

Den første innpodning av ioner i de begrensede overflatedeler av den nevnte overflate kan skje ved større energi enn den etterfølgende innpodning av ioner som skjer for å utvide områdene

med liten motstandsevne i retning mot hverandre.

Under innpodning av ioner gjennom isolasjonssjikt-delene på den nevnte overflate som ikke er dekket av metallsjikt-delene for source-, drain- og portelektroden, kan disse metallsjikt-deler tilsammen danne et enkelt metallsjikt som etter innføringen av ionene fjernes selektivt, for å danne metallsjikt-delene for source-, drain- og portelektroden. Det enkle metallsjikt kan være forbundet med et jordingspunkt på en ioneaksellerator under innpodningen, for å hindre ladning av isolasjonsdeler av halvlederlegemet og derved muliggjøre sammenbrudd.

Halvlederlegemet eller halvlederlegemedelen kan være av silisium, og isolasjonssjiktet mellom portelektrodens metallsjikt-del og den nevnte overflate av halvlederlegemet eller halvlederlegemedelen, kan være av silisiumoksyd. Et slikt isolerende sjikt kan dessuten omfatte et stabiliserende sjikt på silisiumoksydet og være beliggende under portelektrode-metallsjikt-delen, for eksempel et stabiliserende sjikt av fosforglass. Isolasjonssjiktet kan bestå av annet materiale, f.eks. silisiumnitrid eller av to delsjikt av silisiumoksyd og silisiumnitrid, idet oksyddelen anbringes på halvlederoverflaten og nitridsjikt-delen anbringes på oksydsjikt-delen under portelektrode-metallsjikt-delen.

Source-, drain- og portelektrode-metallsjikt-delene kan bestå av aluminium.

To utførelseseksempler på oppfinnelsen skal forklares nærmere under henvisning til tegningene.

Figur 1 viser et grunnriss av et halvlederlegeme av en silisium felteffekttransistor med isolert port fremstilt ved en første utførelsesform av fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen.

Figur 2 viser et tverrsnitt langs linjen II-II på figur 1.

Figur 3, 5 og 7 viser grunnriss av tre forskjellige etterfølgende fremstillingstrinn av felteffekttransistoren på figur 1 og 2.

Figur 4 viser et tverrsnitt langs linjen IV-IV på figur 3,

figur 6 viser et tverrsnitt langs linjen VI-VI på figur 5, og

figur 8 viser et snitt langs linjen VIII-VIII på figur 7.

Figur 9 til 15 viser tverrsnitt gjennom et halv-

lederlegeme under de forskjellige fremstillingstrinn for en felt-effekttransistor med isolert portkrets fremstilt ved en andre utførelsesform av fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen.

Felteffekttransistoren med isolert port som er vist på figur 1 og 2, omfatter et silisiumsubstrat 1 av n-ledningsevnetype med en tykkelse på 300 mikron og en motstandsevne på 1-5 ohm-cm. På en plan overflate 2 av legemet 1 anbringes et isolasjonssjikt 12 av silisiumoksyd med en tykkelse på 2000 Å. I substratet 1 diffunderes et source-område 6 av  $p^+$ -ledningsevnetype, og kantområder 26 av  $p^+$ -ledningsevnetype dannes ved innpodning av bor-ioner. To drain-områder 7 anbringes ved diffusjon på motsatte sider av source-området 6, 26, og disse består av  $p^+$ -ledningsevnetype og har rektangulær form og har kantområder 25 av  $p^+$ -ledningsevnetype dannet ved innpodning av bor-ioner og har også rektangulær form. Mellom source-området 6, 26 og substratet 1 av n-ledningsevnetype er det en  $p^+$ -n-overgang 9, og mellom drain-områdene og substratet 1 av n-ledningsevnetype er det  $p^+$ -n-overganger 10, og alle disse overganger grenser til overflaten 2 under silisiumoksydsjiktet 12. I substratet 1 med n-ledningsevnetype er det mellom source-området 6, 26 og drain-områdene 7, 25 to strømførende kanalområder 24.

I en åpning 13 i isolasjonssjiktet 12 hvor delen 6 av source-området 6, 26 er diffundert slik at den strekker seg til overflaten 2, er anbragt source-elektrodens metallsjikt 16, slik at dette danner en ohm'sk kontakt med source-området 6, 26. Metallsjiktet 16 som består av aluminium, strekker seg over isolasjonssjiktet 12, og dets ene ende er forsynt med en kontaktdel 22. I to ytterligere åpninger 14 i isolasjonssjiktet 12 diffunderes delene 7 av drain-områdene 7, 25 til overflaten 2 hvor drain-elektrodenes metallsjikt 19 danner ohm'sk kontakt med drain-områdene 7, 25. Metallsjiktene 19 er av aluminium og strekker seg over isolasjonssjiktet 12 og er forbundet med to utvidede kontaktområder 20. På isolasjonssjiktet 12 er det rett over de strømførende kanalområder 24 anbragt to rektangulære portelektrode metallsjikt 17. Metallsjiktene 17 som er av aluminium, strekker seg over isolasjonssjiktet 12 og er i den ene ende forbundet med en kontaktdel 21.

På figur 1 ender overgangene 9 og 10 på overflaten 2 under isolasjonssjiktet 12 som vist med strekprikkede linjer. Åpningene 13 og 14 i isolasjonssjiktet 12 er vist ved strekede linjer. Lengden av de strømførende kanalområder 24 i retning mellom source-området 6, 26 og drain-områdene 7, 25 tilsvarer praktisk talt dimen-

sjonen av portelektrodemetallsjiktet 17 i denne retning. Denne dimensjon er i begge tilfeller ca. 8 mikron. De diffunderte områdedeler 6 og 7 for source- og drain-områdene har en overflatemotstand på mindre enn 50 ohm pr. flateenhet, og de innpodede områdedeler 26 og 25 for source- og drain-områdene har en overflatemotstand på ca. 3 kg.ohm pr. flateenhet. Deler av  $p^+$ -n-overgangene 9 og 10 mellom de diffunderte områdedeler 6 og 7 og substratet 1 med n-ledningsevnetype strekker seg hovedsakelig parallelt med overflaten 2 i en dybde på ca. 2 mikron fra overflaten 2. Delene av overgangene 9 og 10 mellom de ioninnpodede områder 26,25 og substratet 1 med n-ledningsevnetype strekker seg hovedsakelig parallelt med overflaten 2 og har en dybde på ca. 0,2 mikron fra overflaten 2. Source-området 6,26 har en total bredde på ca. 48 mikron. Den diffunderte del 6 av source-området har en bredde på ca. 22 mikron. Drain-områdene 7,25 har begge en total bredde på ca. 32 mikron. De diffunderte områder 7 av drain-områdene har hver en bredde på ca. 20 mikron. Aluminiumsjiktene 16, 17 og 19 har hver en tykkelse på ca. 1 mikron.

Den målte kapasitet mellom hvert portelektrode-metallsjikt 17 og drain-området er 115 mpF hvilket er betydelig mindre enn det som ville vært oppnådd med en felteffekttransistor med isolert portelektrode og tilsvarende dimensjoner, men fremstilt bare ved diffusjon. Den målte steilhet for transistoren som er vist på figur 1 og 2, kan sammenlignes med den som oppnås ved en tilsvarende transistor fremstilt ved diffusjon alene.

Fremstillingen av felteffekttransistoren på figur 1 og 2 skal beskrives nærmere under henvisning til figur 3 til 8. Man går ut fra en skive silisium av n-ledningsevnetype med en diameter på ca. 2,5 cm. Det er da tale om å fremstille et antall slike transistorer på skiven, og disse transistorer skilles fra hverandre på et senere trinn i fremstillingen. Beskrivelsen i det følgende gjelder bare én transistor på en slik skive, idet det er klart at de forskjellige trinn av fremstillingen skjer samtidig ved et antall transistorer på skiven.

Orienteringen av skiven er 1-1-1. Overflaten 2 er gjort optisk plan ved vanlig etsing og polering. På overflaten 2 er dyrket et silisiumoksydskikt 3 med en tykkelse på ca. 2000 Å ved oksydering av silisiumoverflaten 2 i 60 minutter ved 1000°C i fuktig oksygen. Ved fotolitografisk teknikk dannes en sentral, rektangulær åpning 4 med dimensjoner 20 x 190 mikron, og på motsatte



sider av denne åpning dannes to rektangulære åpninger 5 med dimensjoner 18 x 190 mikron i silisiumoksydsjiktet 3, slik at den underliggende silisiumoverflate 2 frilegges. Deretter følger en bor-diffusjon for diffundering av bor inn i de frilagte overflatedeler, slik at det dannes et sentralt område 6 av  $p^+$ -ledningsevnetype, og på motsatte sider av dette område, to områder 7 av  $p^+$ -ledningsevnetype, slik at det dannes  $p^+$ -n-overganger 9 og 10 mellom områdene 6 og 7 og substratet 1 av n-ledningsevnetype, hvilke områder ender i overflaten 2 under silisiumoksydsjiktet 3. Bor-diffusjonen utføres med bor-nitrid som bor-kilde. Silisium-legemet holdes på 900°C og bor-nitridet på 980°C. Gass-strømmen opprettholdes inntil overflate-motstandsevnen for områdene på hvilke bor avsettes er mindre enn 50 ohm pr. flateenhet. En inndrivningsoperasjon utføres så ved at silisiumlegemet opphetes ved 1000°C i 30 minutter i argon. Figur 3 viser avslutningen av overgangene 9 og 10 på overflaten 2 ved strekede linjer. Under bor-diffusjonen dannes det på de utsatte deler av overflaten 2 borsilikatglass i form av sjiktdeler 8. Også sjiktet 3 øker i tykkelse i en viss grad ved dette glasssjikt.

Det sammensatte isolasjonssjikt 3,8 blir så fjernet, og et nytt isolasjonssjikt av silisiumoksyd dyrkes på overflaten 2 ved oksydasjon av silisiumoverflaten 2 i 30 minutter ved 1000°C i fuktig oksygen. Dette silisiumoksydsjikt etses så inntil sjiktet 12 har en tykkelse på 2000 Å. Ved fotolitografisk teknikk dannes tre åpninger i silisiumoksydsjiktet 12. Den ene åpning 13 frilegger det diffundererte område 6 hvor dette strekker seg til overflaten 2, og de to andre åpninger 14 avdekker de diffundererte områder 7 hvor disse strekker seg til overflaten 2. Åpningene 13 og 14 har hver et areal på 8 x 180 mikron.

Et aluminiumsjikt 15 med en tykkelse på 1 mikron anbringes så på hele overflaten av silisiumoksydsjiktet 12 og fyller åpningene 13 og 14, slik at det dannes ohm'sk kontakt med områdene 6 og 7 (figur 6). Figur 5 viser beliggenheten av åpningene 13 og 14 med strekede linjer.

Aluminiumsjiktet 15 fjernes så selektivt ved fotolitografisk teknikk, slik at source-elektrodens metallsjiktdel 16 dannes med ohm'sk kontakt til området 6, samt to portelektrode-metallsjiktdeler 17 og drain-elektrode-metallsjiktdeler 18 med ohm'sk kontakt til de diffundererte områder 7. Dette utføres ved fjerning av fire hovedsakelig rektangulære områder av aluminiumsjiktet 15. De resulterende metallsjiktdeler 16, 17 og 18 er på dette fremstillings-

trinn fremdeles forbundet med hverandre. Åpningene frilegger deler av silisiumoksydsjiktet 12 som befinner seg på overflaten 2 mellom områdene 6 og 7 og over ytterkanten av området 6 og innerkanten av områdene 7, idet portelektrodemetallsjikt delen 17 ligger innenfor det areal av overflaten som ligger mellom områdene 6 og 7. Figur 7 viser metallsjikt delene 16, 17 og 18.

Silisiumlegemet anbringes så i et kammer for ion-innpodning. Innpodning av bor-ioner utføres gjennom silisiumoksydsjiktet 12 og inn i deler av legemet under delene av silisiumoksydsjiktet 12 som ikke er dekket av aluminiumsjikt delene 16, 17 og 18 som tjener som avmasking. Under innpodningen forbindes aluminiumsjikt delene 16, 17 og 18 med jordingspunktet i ione-akselleratoren. Bor-ione-kilden består av bor-triklorid. Innpodningsenergien er 80 KeV, og dosen er  $6 \times 10^{15}$  atomer/cm<sup>2</sup>, og orienteringen av legemet er med overflaten 2 vinkelrett på ione-strålen. Innpodningen av bor-ionene skjer gjennom de frilagte deler av silisiumoksydsjiktet 12. Etter ione-innpodningen utsettes silisiumlegemet for en herdning ved 500°C i 30 minutter i en atmosfære av argon.

Innpodningen og herdningen resulterer i dannelsen av områdedelene 26 og 25 av p<sup>+</sup>-ledningsevnetype. Områdene 26 utvider den diffundererte del 6 i retning mot de tidligere dannede områder 7, slik at det komplette source-område 6,26 dannes. Områdedelene 25 utvider de diffundererte områdedeler 7 i retning mot den tidligere dannede del 6, slik at det dannes to komplette drain-områder 7,25. På grunn av tilstedeværelsen av portelektrodemetallsjikt delene 17 under innpodningen, forblir de strømførende kanal-områder 24 praktisk talt fri for bor-ioner, og lengden av disse områder i retning mellom source-området 26,6 og drain-områdene 7, 25 svarer hovedsakelig til de tilsvarende dimensjoner av portelektrodemetallsjikt delene 17.

Aluminiumsjikt delene 18 fjernes så selektivt på fotolitografisk måte, slik at man får det mønster av aluminium-kontakter som er vist på figur 1 og 2, og source-elektrodens metallsjikt 16 avsluttes i et større kontaktområde 22, portelektrodens metallsjikt 17 avsluttes i et større kontaktområde 21 og drain-elektrodenes metallsjikt 19 avsluttes i et større kontaktområde 20.

De enkelte felteffekttransistorer med isolert port som er fremstilt på silisiumskiven, skilles så fra hverandre ved vanlig teknikk. Deretter blir de enkelte transistorer forsynt med en egnet kappe.

Det skal bemerkes at MOST som fremstilles på denne måte, er det ikke tatt spesielle hensyn til dimensjoner og geometri for å oppnå spesielle egenskaper, men er valgt for å demonstrere enkelheten ved fremstilling av en MOST ved fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen med liten port, for å minske kapasiteten. Ved egnet reduksjon av forskjellige dimensjoner kan det fremstilles transistorer med spesielle egenskaper. For eksempel kan det fremstilles en transistor med større forsterkning ved at avstanden mellom source- og drain-områdene og lengden av portelektrodemetallsjiktet reduseres. Ved å minske bredden av de ion-innpodede områdedeler, kan det oppnås en transistor med mindre source- og drain-seriemotstand.

En andre utførelsesform av fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen skal forklares nærmere under henvisning til figur 9 til 15. Ved denne fremgangsmåte fremstilles en silisium-MOST bare ved ion-innpodning av source- og drain-områdene av  $p^+$ -ledningsevnetype i et substrat av n-ledningsevnetype, og diffusjon anvendes overhodet ikke. Man går ut fra en skive 31 av silisium av n-ledningsevnetype med en diameter på ca. 2,5 cm. Motstandsevnen for silisiumskiven er ca. 1 - 5 ohm-cm. Det skal samtidig fremstilles et antall transistorer på skiven som etterpå deles opp på vanlig måte. Beskrivelsen gjelder her imidlertid bare en enkelt transistor, idet det er klart at alle transistorene på skiven fremstilles samtidig.

Orienteringen av skiven er 1-1-1. Overflaten 32 gjøres optisk plan ved vanlig etsing og polering. På overflaten 32 dyrkes et silisiumoksydsjikt ved oksydering av silisiumoverflaten 32 i 30 minutter ved  $1000^{\circ}\text{C}$  i fuktig oksygen. Dette sjikt etses så til silisiumoksydsjiktet 33 med en tykkelse på 2000 Å. På fotolitografisk måte dannes to åpninger 34 og 35 (figur 9) i silisiumoksydsjiktet 33, for å frilegge den underliggende silisiumoverflate. Åpningene 34 og 35 har hver en bredde på ca. 4 mikron, og deres overfor hverandre liggende kanter har en innbyrdes avstand på ca. 12 mikron. Et aluminiumsjikt 36 (figur 10) anbringes så på hele overflaten av silisiumoksydsjiktet 33, slik at åpningene 34 og 35 fylles. Aluminiumet danner et sjikt 36 med en tykkelse på ca. 3 mikron. To åpninger 37 og 38 (figur 11) dannes i aluminiumsjiktet 36 ved fotolitografisk teknikk. Disse åpninger har en bredde på 8 mikron, og ved selektiv fjerning av aluminiumsjiktet 36 fjernes aluminiumet lokalt i de tidligere dannede åpninger 34 og 35 i isolasjonssjiktet 33. I åpningene 37 og 38 vil kantpartiene av

silisiumoverflaten være dekket av isolasjonssjiktet 33, og en sentral del består av den frilagte silisiumoverflate. Aluminiumsjiktdelene 39 og 40 som står igjen, er på dette fremstillingstrinn fremdeles forbundet med hverandre. Bredden av aluminiumsjiktdelen 39 mellom åpningene 37 og 38 er ca. 8 mikron.

Silisiumlegemet anbringes så i et kammer for ion-innpodning. Innpodningen av bor-ioner skjer i de deler av legemet som ikke er dekket av aluminiumsjiktdelene 39 og 40 som da tjener som avmasking. Under innpodningen er aluminiumsjiktdelene 39 og 40 forbundet med jordpunktet for ion-akselleratoren. Bor-ione-kilden består av bor-triklorid. Innpodningsenergien er 150 KeV, og dosen er  $10^{16}$  atomer/cm<sup>2</sup>, og orienteringen av legemet med flaten 32 er vinkelrett på ionstrålen. Innpodningen av bor-ionene skjer i substratet 31 i de deler som ikke er dekket av avmaskingssjiktdelene 39 og 40. Bor-ionene innpodes derfor i de frilagte silisiumoverflatedeler gjennom de tilgrensende, frilagte deler av silisiumoksydsjiktet 33.

Innpodningen resulterer i dannelsen av områdene 42 og 43 av p<sup>+</sup>-ledningsevnetype (figur 11) med p<sup>+</sup>-n-overganger 44 og 45 mellom området 42 og substratet 31 og mellom området 43 og substratet 31, og avsluttes på overflaten 32 under silisiumoksydsjiktet 33. Delene av p<sup>+</sup>-n-overgangene 44 og 45 som befinner seg under den frilagte silisiumoverflate, har en dybde på ca. 0,75 mikron fra overflaten 32, og delene av p<sup>+</sup>-n-overgangene 44 og 45 som er beliggende under silisiumoksydsjiktdelene, har en dybde på ca. 0,55 mikron fra overflaten 32.

Aluminiumsjiktdelene 39 og 40 fjernes så og et nytt aluminiumsjikt 47 med en tykkelse på 1 mikron anbringes på hele overflaten av silisiumoksydsjiktet 33. Sjiktet 47 fyller de ovenfor nevnte åpninger 44 og 45 i silisiumoksydsjiktet 33, og danner ohm'ske kontakter med de ion-innpodede områder 42 og 43.

Figur 12 viser aluminiumsjiktet 47 på silisiumoksydsjiktet 33 og som danner ohm'sk kontakt med områdene 42 og 43.

To åpninger 48 og 49 dannes i aluminiumsjiktet 47 ved fotolitografisk teknikk, for å frilegge det underliggende silisiumoksydsjikt 33. Åpningene 48 og 49 har begge en bredde på 3 mikron. På denne måten oppstår aluminiumsjiktdeler 50 og 51 som på dette trinn i fremstillingen fremdeles er forbundet med hverandre.

Figur 13 viser aluminiumsjiktdelene 50 og 51 med åpningene 48 og 49. Bredden av aluminiumsjiktdelen 50 er ca. 4 mikron og danner portelektrodens metallsjiktdel.

Silisiumlegemet anbringes så i et kammer for ion-innpodning i et ytterligere innpodningstrinn i fremstillingen, men dette skjer med en mindre energi enn ved den tidligere utførte bor-ione-innpodning. Innpodning av bor-ionene skjer gjennom silisiumoksydsjiktet 33 inn i deler av halvlederlegemet under de deler av silisiumoksydsjiktet 33 som ikke er dekket av aluminiumsjiktdelene 50 og 51, som i dette tilfelle virker som avmasking. Under innpodningen er aluminiumsjiktdelene 50 og 51 forbundet med et jordpunkt i ion-akselleratoren. Innpodningsenergien er 60 KeV, og dosen er på  $6 \times 10^{15}$  atomer/cm<sup>2</sup>, og orienteringen av legemet med overflaten 32 er vinkelrett på retningen av ionstrålen. Innpodningen av bor-ioner skjer gjennom de frilagte deler av silisiumoksydsjiktet 33. Etter fjerning fra akseleratoren, blir silisiumlegemet utsatt for en herding ved 500°C i 30 minutter i en atmosfære av argon.

Innpodningen og herdingen resulterer i dannelsen av områdedeler 52 og 53 (figur 14) av p<sup>+</sup>-ledningsevnetype. Områdedelene 52 og 53 strekker seg ut over de tidligere dannede områder 42 og 43 mot hverandre, for å danne de komplette source- og drain-områder 42, 52 og 43, 53. På grunn av tilstedeværelsen av portelektrodens metallsjikt 50 under innpodningen, vil et strømførende kanalområde 54 mellom source-området 42, 52 og drain-området 43, 53 forbli hovedsakelig fri for bor-ioner, og lengden av området 54 i retning mellom source-området 42, 52 og drain-området 43, 53 svarer hovedsakelig til den tilsvarende dimensjon av portelektrode-metallsjiktdelen 50, dvs. 4 mikron.

Aluminiumsjiktdelen 51 fjernes så selektivt ved fotolitografisk teknikk, slik at det dannes atskilte source- og drain-elektrodesjiktdeler 56 og 57 som vist på figur 15.

De enkelte felteffekttransistorer med isolert port dannes så ved oppdeling av silisiumskiven og ved anbringelse i en kappe.

Det skal nevnes at mange modifikasjoner av fremgangsmåten som ovenfor er beskrevet med to utførelseseksempler, er tenkelige innenfor oppfinnelsens ramme. For eksempel hvis metallsjiktene er av nikkel, må det anvendes en høyere herdetemperatur. Et stabiliseringssjikt, f.eks. av fosforglass, kan anvendes på

overflaten av silisiumoksydsjiktet, for å minske ionedrift i silisiumoksydsjiktet. Denne operasjon kan kombineres med en fuktig opphetning av det sammensatte isolerende sjikt, for å minske overflatespenninger i overgangsflaten mellom silisiumet og silisiumoksydet.

Også kanalisering kan anvendes i ione-innpodningen, og dette gir en dypere inntrengning av de innpodede ioner. De viktigste fordeler ved en slik teknikk kan oppnås ved at materialet orienteres i 1-1-0-retningen.

Den første fremgangsmåte ifølge oppfinnelsen kan med fordel anvendes ved fremstilling av en felteffekttransistor med isolert port og som danner en del av en integrert halvlederanordning hvor transistoren dannes i en del av et halvlederlegeme av den første ledningsevnetype. Fremgangsmåten med ioneinnpodning kan anvendes for dannelsen av andre kretsedelementer i resten av halvlederlegemet, f.eks. bipolare transistorer, dioder, motstander og andre felteffekttransistorer med isolert port og andre egenskaper.

#### P a t e n t k r a v .

1. Fremgangsmåte til fremstilling av en halvlederanordning som omfatter en felteffekttransistor med isolert portelektrode, hvor det i halvlederlegemet eller en del av dette, av en første ledningsevnetype, til å begynne med dannes to i innbyrdes avstand beliggende områder av motsatt ledningsevnetype og liten motstandsevne og som strekker seg i legemet fra én av dets overflater, og hvor source- og drainelektrodens metallsjiktdeleler rager gjennom åpninger i et isolasjonssjikt som er anbragt på den nevnte overflate, for å danne kontakt med to overflateområder med liten motstandsevne, og portelektrodens metallsjikt er anbragt på et område av den nevnte overflate, som ligger innenfor et område på denne overflate mellom de to områder med liten motstandsevne, og isolert fra den nevnte overflate ved et isolasjonssjikt, idet source- og drainområdene anbringes i det minste delvis ved ioneinnpodning, k a r a k t e r i s e r t v e d at ioner av en ledningsevnetype som bestemmer dopingskarakteren av den motsatte ledningsevnetype podes inn gjennom isolasjonssjiktdelelene på den nevnte overflate som ikke er dekket av metallsjiktdelelene for source-, drain- og portelektroden, og inn i

de deler av halvlederlegemet som ligger under isolasjonssjiktdeelene for å utvide de to områder med liten motstandsevne, i retning mot hverandre og danne i avstand beliggende source- og drainområder med liten motstandsevne og motsatt ledningsevnetype, og som avgrenser på den nevnte overflate mellom seg et strømførende kanalområde hvis lengde i retning mellom source- og drainområdene hovedsakelig tilsvarer lengden av portelektrodens metallsjiktdel i samme retning.

2. Fremgangsmåte ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at det til å begynne med anbringes to områder med innbyrdes avstand, motsatt ledningsevnetype og liten motstandsevne, ved diffusjon av et stoff som har karakter av den motsatte ledningsevnetype, inn i deler av den nevnte overflate gjennom åpninger i et isolasjonssjikt som er anbragt på den nevnte overflate.

3. Fremgangsmåte ifølge krav 2, k a r a k t e r i s e r t v e d at etter dannelsen av de to områder med liten motstandsevne ved diffusjon, fjernes isolasjonssjiktet og et nytt isolasjonssjikt anbringes på den nevnte overflate før anbringelsen av source- og drainelektrode metallsjiktdeelene og portelektrode metallsjiktdelen.

4. Fremgangsmåte ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at de først anbragte områder med liten motstandsevne og motsatt ledningsevnetype dannes ved innpodning av ioner av et stoff med samme karakter som den motsatte ledningsevnetype, i en begrenset del av den nevnte overflate.

5. Fremgangsmåte ifølge et av de foregående krav, k a r a k t e r i s e r t v e d at dopingsstoffet som bestemmer ledningsevnetypen av de først anbragte områder med liten motstandsevne og motsatt ledningsevnetype, og dopingsstoffet som bestemmer ledningsevnetypen av de ioninnførte deler som grenser direkte til den strømførende kanal, er samme stoff.

6. Fremgangsmåte ifølge krav 4, k a r a k t e r i s e r t v e d at den første innpodning av ioner i de begrensede overflatedeler av den nevnte overflate, skjer gjennom åpninger i et metallavmaskinssjikt som befinner seg på isolasjonssjiktet på den nevnte overflate.

7. Fremgangsmåte ifølge krav 4 eller 6, k a r a k t e r i s e r t v e d at den første innpodning av ioner i de begrensede overflatedeler av den nevnte overflate, skjer ved større

energi enn den etterfølgende innpoding av ioner som skjer for å utvide områdene med liten motstandsevne, i retning mot hverandre.

8. Fremgangsmåte ifølge et av kravene 1 - 7, k a r a k - t e r i s e r t v e d at under innpodingen av ioner gjennom isolasjonssjiktdeelene på den nevnte overflate, som ikke er dekket av metallsjiktdeelene for source-, drain- og portelektroden, danner disse metallsjiktdeeler tilsammen et enkelt metallsjikt som etter innføringen av ionene fjernes selektivt for å danne metallsjiktdeelene for source-, drain- og portelektroden.

9. Fremgangsmåte ifølge krav 8, k a r a k t e r i s e r t v e d at i det minste under ioneinnpodningen, er det enkle metallsjikt forbundet med et jordingspunkt i ioneakseleratoren.

10. Fremgangsmåte ifølge et av kravene 1 - 9, k a r a k - t e r i s e r t v e d at halvlederlegemet eller -delen som er av silisium påføres isolasjonssjiktet i form av silisiumoksyd mellom portelektrodens metallsjikt del og på den nevnte overflate av halvlederlegemet eller -delen.

11. Fremgangsmåte ifølge et av kravene 1 - 10, k a r a k - t e r i s e r t v e d at metallsjiktdeelene for source-, drain- og portelektroden påføres i form av aluminium.

Anførte publikasjoner:

Svensk patent nr. 197.366

U.S. patent nr. 2.750.541, 2.787.564



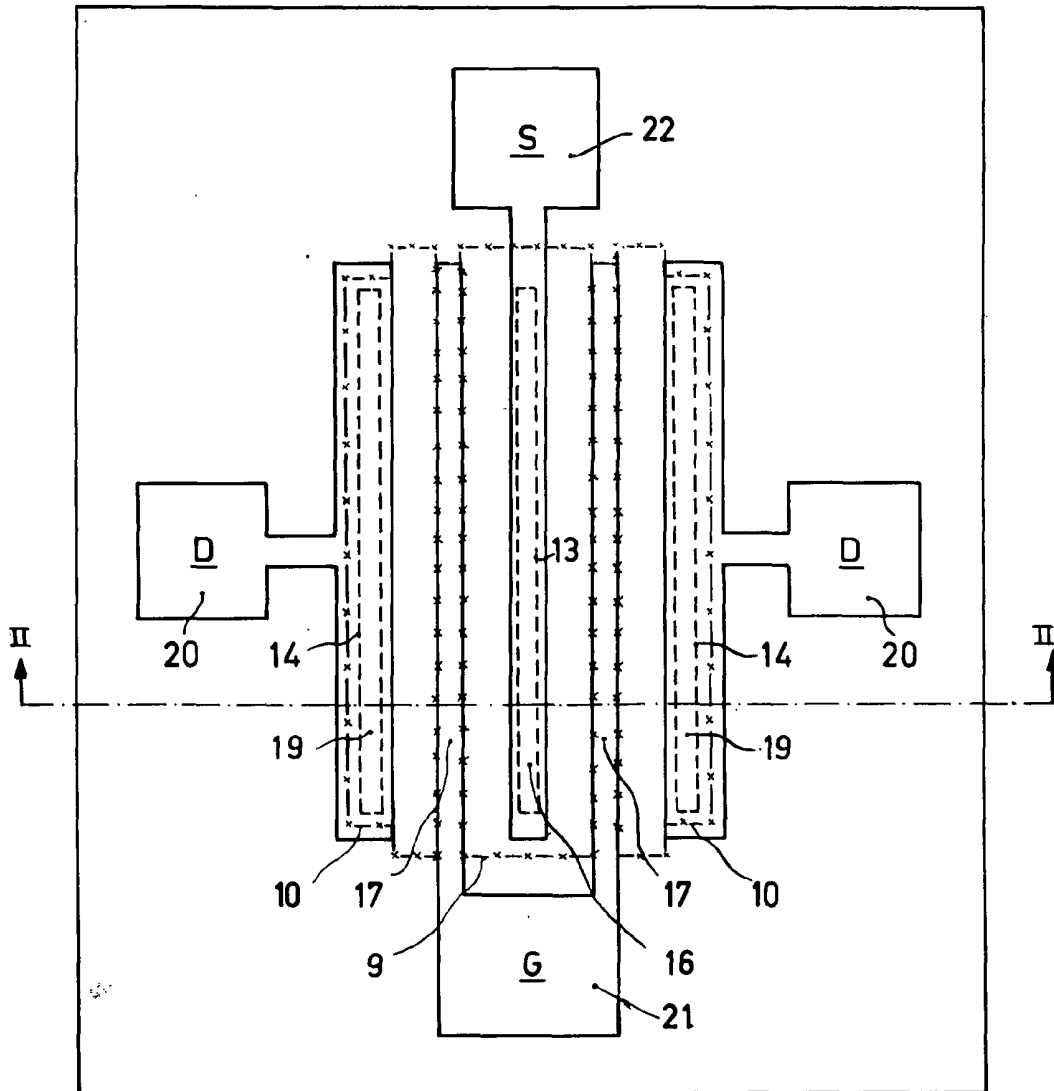


fig. 1

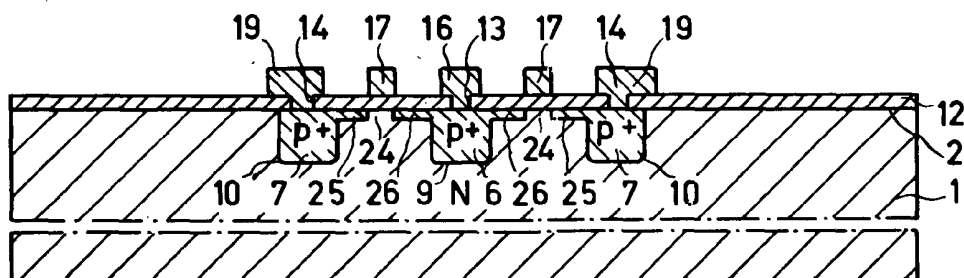


fig. 2

123293

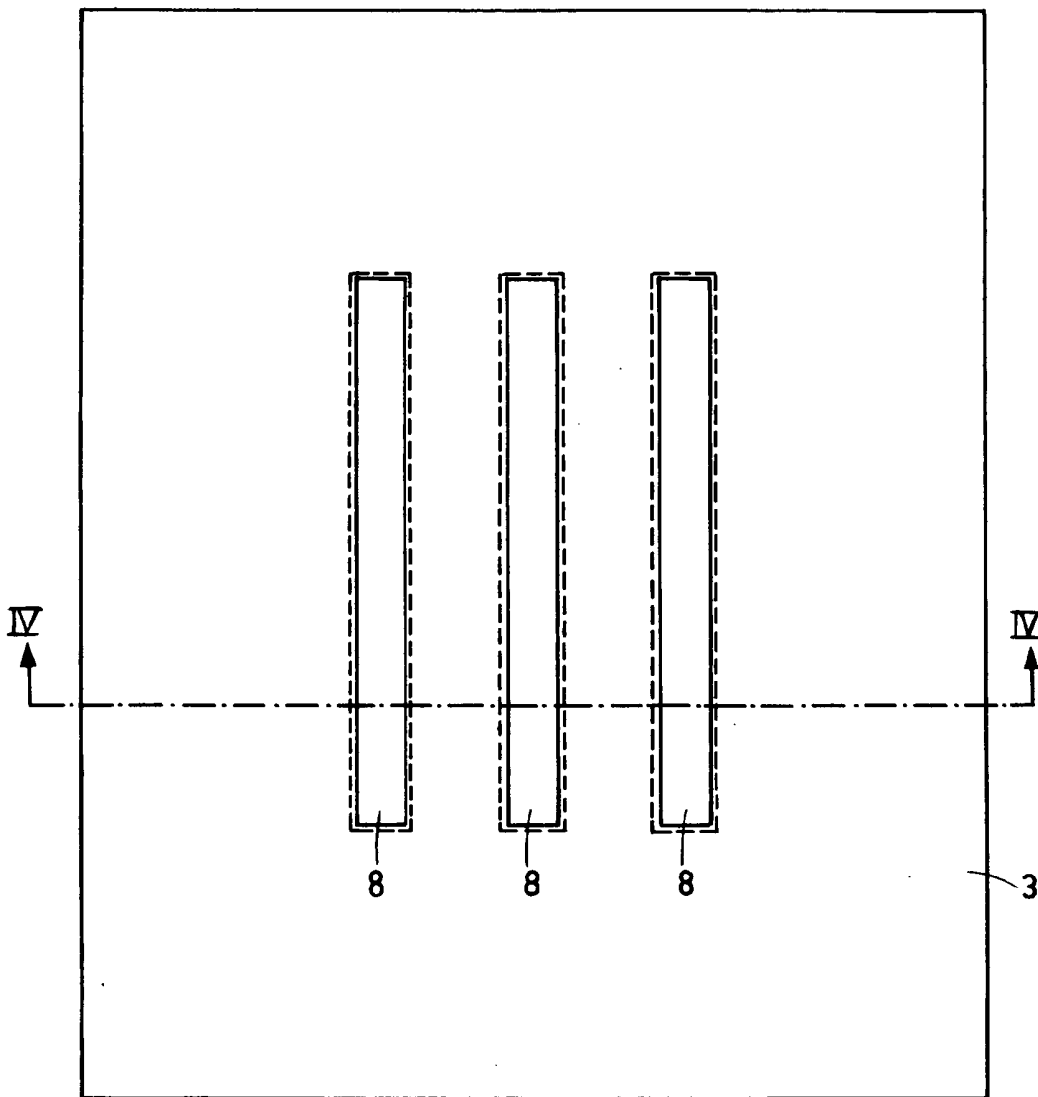


fig.3

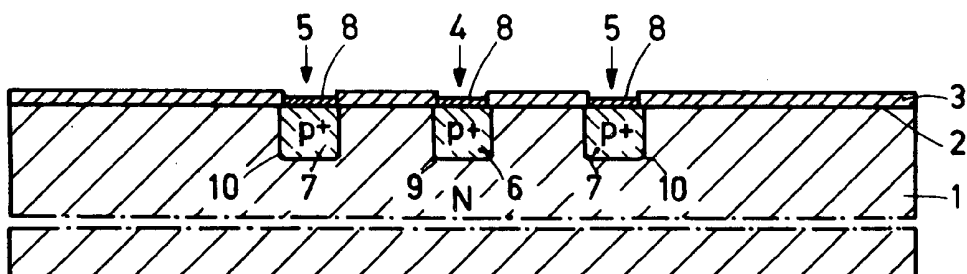


fig.4

123293

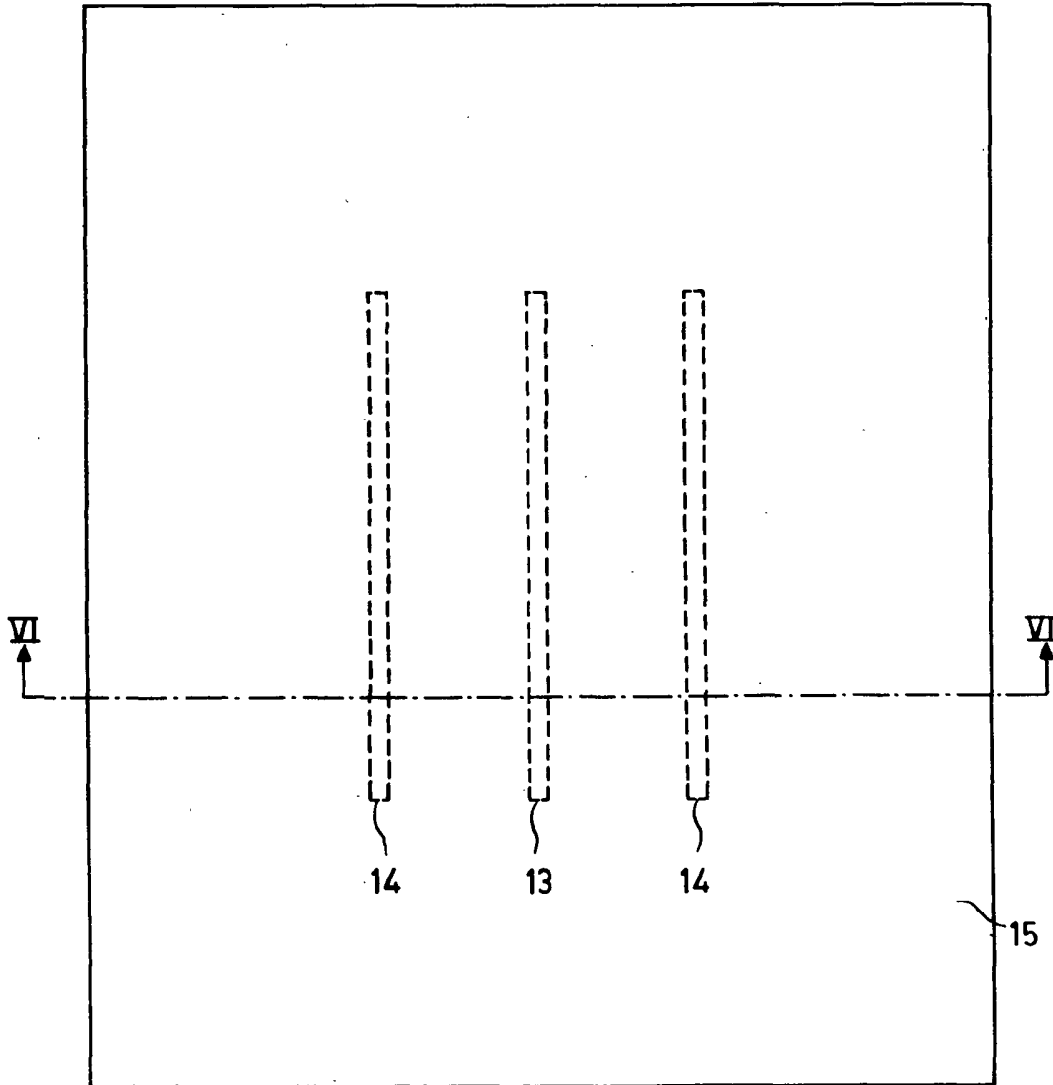


fig. 5

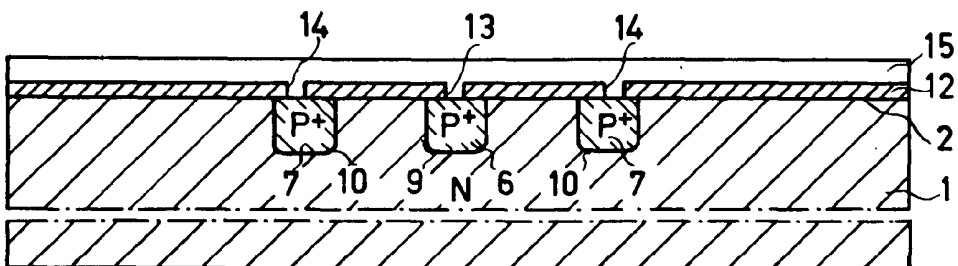


fig. 6

123293

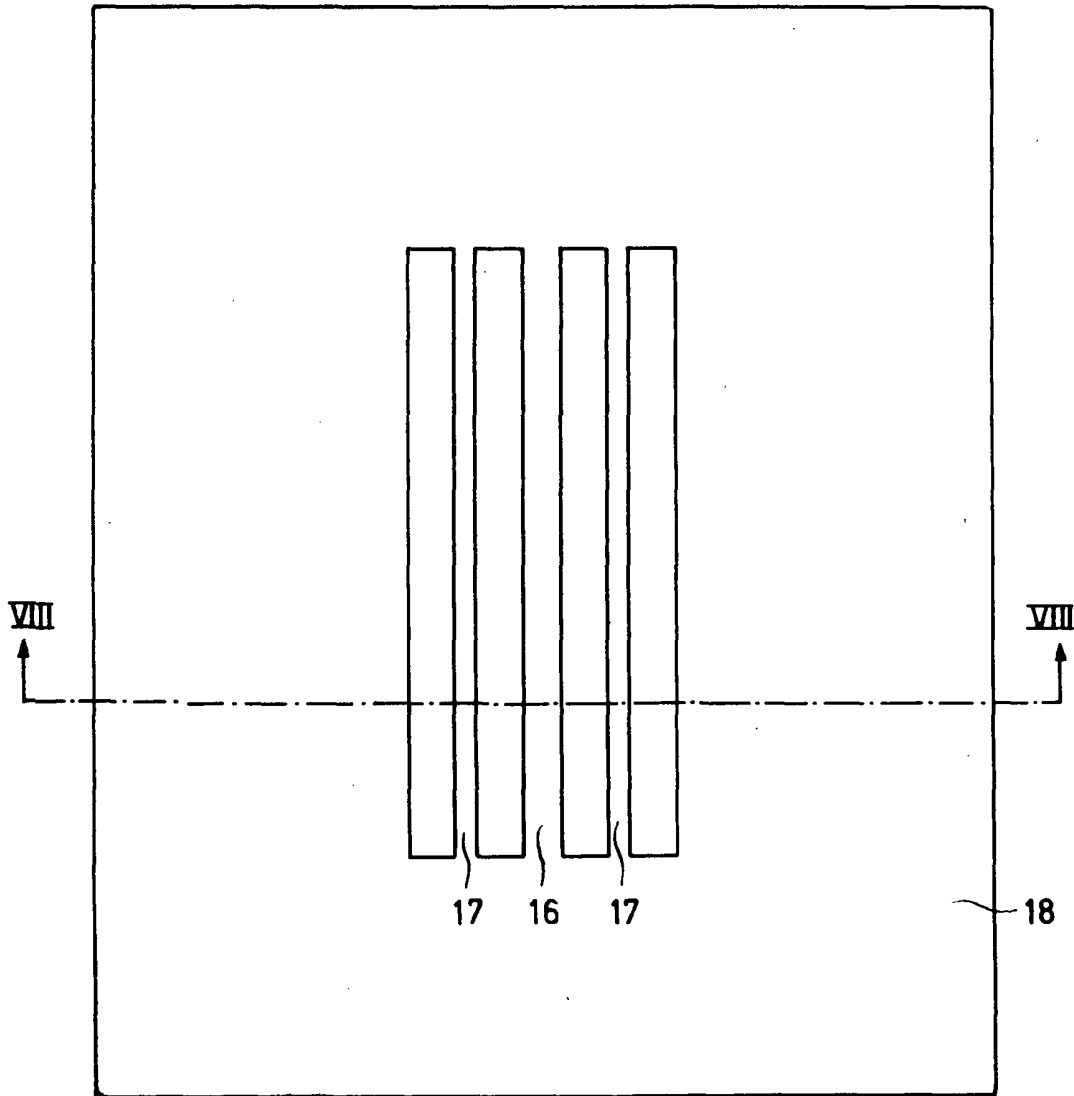


fig. 7

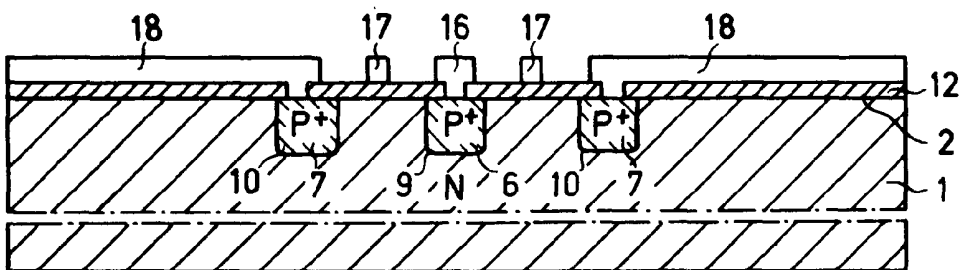


fig. 8

123293

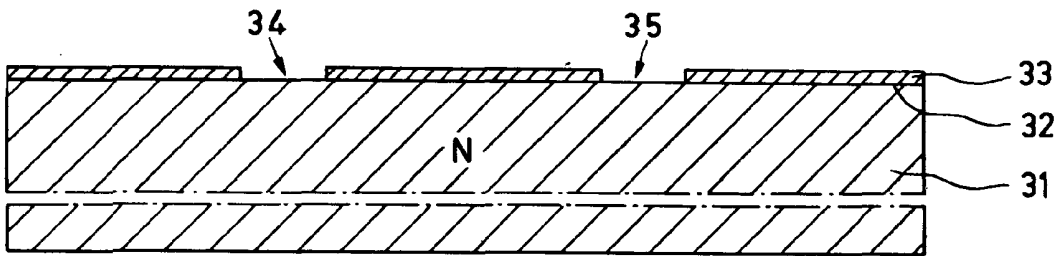


fig. 9

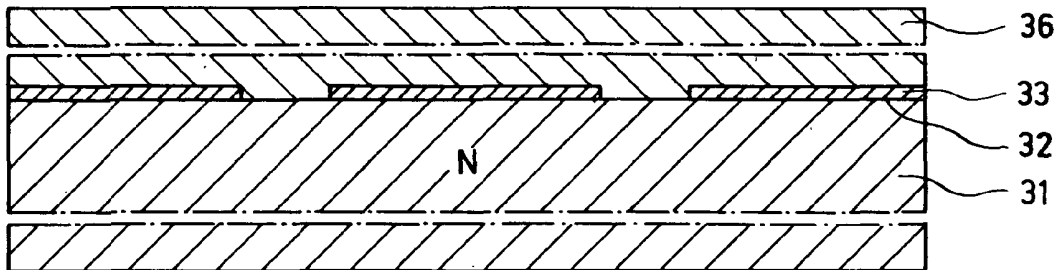


fig. 10

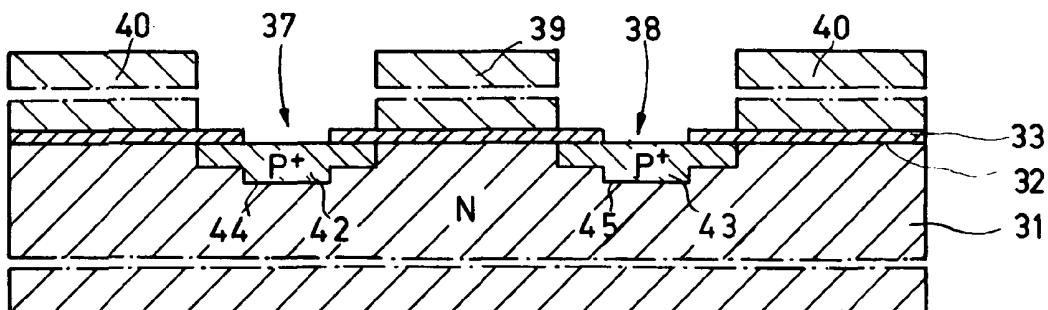


fig. 11

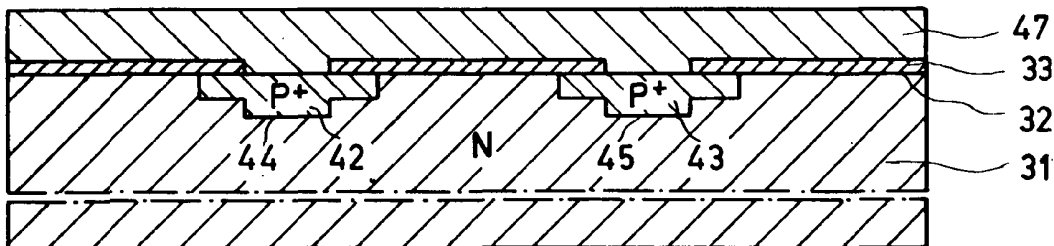


fig. 12

123293

