
Octrooiraad



⑩ A **Terinzagelegging** ⑪ **8003637**

Nederland

⑲ NL

⑤4 **Veldeffekttransistor van het overgangstype, en werkwijze voor de vervaardiging ervan.**

⑤1 Int.Cl.: H01L21/22, H01L21/265, H01L21/30, H01L29/76.

⑦1 Aanvrager: N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken te Eindhoven.

⑦4 Gem.: Ir. R.A. Bijl c.s.
Internationaal Octroobureau B.V.
Prof. Holstlaan 6
5656 AA Eindhoven.

②1 Aanvraag Nr. 8003637.

②2 Ingediend 24 juni 1980.

③2 Voorrang vanaf 29 juni 1979.

③3 Land van voorrang: Frankrijk (FR).

③1 Nummer van de voorrangsaanvraag: 7916970 .

②3 --

⑥1 --

⑥2 --

④3 Ter inzage gelegd 31 december 1980.

De aan dit blad gehechte stukken zijn een afdruk van de oorspronkelijk ingediende beschrijving met conclusie(s) en eventuele tekening(en).

N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken te Eindhoven.

"Veldeffekttransistor van het overgangstype, en werkwijze voor de ver-
vaardiging ervan".

De uitvinding heeft betrekking op een veldeffekttransistor van het overgangstype met een halfgeleiderlichaam bevattende een aan een oppervlak grenzende halfgeleiderlaag van een eerste geleidingstype, en eveneens aan het oppervlak grenzende aan- en afvoerzones van het tweede, 5 tegengestelde geleidingstype waartussen zich een aan het oppervlak grenzend laagvormig poortgebied van het eerste geleidingstype en een daaronder gelegen laagvormig kanaalgebied van het tweede geleidingstype uitstrekken, waarbij het poortgebied met de halfgeleiderlaag is verbonden door middel van ten minste een hooggedoteerde verbindingzone van het 10 eerste geleidingstype.

Een dergelijke veldeffekttransistor is bekend uit het Franse octrooischrift 2020851.

De uitvinding heeft in het bijzonder doch niet uitsluitend betrekking op zeer gevoelige veldeffekttransistors die funktioneren bij 15 zwakke voedingsspanning en met lage drempelspanning, welke transistoren in het bijzonder gebruikt worden als ingangscomponenten van operationele versterkers met laag ruisniveau, bijvoorbeeld versterkers die deel uitmaken van opvangelementen voor medisch gebruik.

De ondervinding heeft geleerd dat slechts de ionenimplantatie- 20 tietechniek het mogelijk maakt dergelijke zeer gevoelige transistors, althans wat betreft hun kanaal- en poortgebieden, te realiseren. Voor het verkrijgen van veldeffekttransistoren met grote gevoeligheid is het nodig dat de kanaal- en poortgebieden - in het bijzonder het kanaalgebied - een zeer kleine dikte hebben en laag gedoteerd zijn; dit is in de praktijk 25 slechts op reproduceerbare wijze mogelijk door toepassing van ionenimplantatie.

Voor het verkrijgen van de gewenste verbinding tussen het poortgebied en de halfgeleiderlaag met hetzelfde geleidingstype in een via ionenimplantatie verkregen veldeffekttransistor, is het nodig, gedu- 30 rende een eerste implantatie en via een eerste masker het kanaalgebied te vormen, en daarna, gedurende een tweede implantatie en via een tweede masker waarvan de afmetingen althans in een richting groter zijn dan die van het eerste masker, het poortgebied te vormen.

800 3637

Genoemde maskeerstappen zijn nodig naast de handelingen die vereist zijn voor het aanbrengen van bipolaire transistors, wanneer deze deel uitmaken van een geïntegreerde schakeling met de genoemde veldeffekttransistor. Deze maskeerstappen bemoeilijken dan ook onvermijdelijk de
5 fabricage van een dergelijke geïntegreerde schakeling.

De uitvinding beoogt onder meer een veldeffekttransistor van het overgangstype te verschaffen waarvan het kanaalgebied en het poortgebied bij voorkeur gevormd zijn door ionenimplantatie, waarbij het aantal maskeringsstappen minimaal is, welke veldeffekttransistor daardoor
10 bovendien gemakkelijker integreerbaar is in een geïntegreerde schakeling die tevens bipolaire transistors bevat.

De uitvinding maakt bij voorkeur gebruik van en combineert de voordelen van ionenimplantatietechniek en de diffusietechniek.

Volgens de uitvinding is een veldeffekttransistor van de in
15 de aanhef beschreven soort daardoor gekenmerkt, dat het poortgebied en het kanaalgebied zich beide tot aan de aan- en afvoorzones uitstrekken en deel uitmaken van respectievelijk een halfgeleidergebied van het eerste geleidingstype en een halfgeleidergebied van het tweede geleidingstype, van welke halfgeleidergebieden de omtrekken praktisch samenvallen,
20 terwijl de genoemde verbindingszone aan het halfgeleidergebied van het eerste geleidingstype grenst.

De vorming van beide dezelfde omtrek hebbende halfgeleidergebieden van het eerste en het tweede geleidingstype, kan geschieden via hetzelfde masker; dit betekent één enkele maskerings- en etsstap voor
25 het vormen van het poortgebied en het kanaalgebied, in plaats van de twee maskerings- en etsstappen die volgens conventionele werkwijzen nodig zouden zijn.

Verder is het belangrijk dat de vorming van de genoemde verbindingszone geen extra masker vereist. Genoemde zone, die met voordeel
30 door diffusie wordt verkregen, kan namelijk gevormd worden tezelfdertijd en via hetzelfde masker als andere halfgeleiderzones van hetzelfde geleidingstype die deel uitmaken van componenten die zich met veldeffekttransistor volgens de uitvinding in dezelfde geïntegreerde schakeling bevinden; zo is het bijvoorbeeld mogelijk de verbindingszone tegelijkertijd
35 met de emitterzones van bipolaire transistors te vormen.

De nieuwe veldeffekttransistor volgens de uitvinding is dus veel eenvoudiger te vervaardigen, terwijl de elektrische eigenschappen niet slechter zijn dan die van de op conventionele wijze vervaardigde

8003637

veldeffekttransistors.

Bij voorkeur worden de aan- en afvoerzones via diffusie verkregen. Hierdoor kan een hoge oppervlakteconcentratie, en daardoor een lage aan- en afvoercontactweerstand worden verkregen.

5 De dikte van de hooggedoteerde verbindingsszone die een ohms contact vormt tussen het poortgebied en de halfgeleiderlaag kan in principe beperkt blijven tot de dikte van genoemd poortgebied. In de praktijk strekt genoemde verbindingsszone zich echter meestal uit tot voorbij het kanaalgebied, omdat genoemde zone tegelijk met emitterzones van na-
10 burige bipolaire transistors wordt gevormd. Dit levert geen enkel nadeel op.

De uitvinding zal nader worden beschreven aan de hand van enkele uitvoeringsvoorbeelden en de tekening, waarin:

- figuur 1 een bovenaanzicht toont van een eerste veldeffekt-
15 transistor volgens de uitvinding,
- figuur 2 schematisch een dwarsdoorsnede toont volgens de lijn II-II van figuur 1,
- figuur 3 schematisch een dwarsdoorsnede toont volgens de lijn III-III van figuur 1,
- 20 - figuur 4 een bovenaanzicht toont van een andere veldeffekttransistor volgens de uitvinding, en
- figuur 5 schematisch een dwarsdoorsnede toont volgens de lijn V-V van figuur 4.

Op te merken is dat ter verduidelijking de afmetingen niet op
25 schaal zijn weergegeven. In het bijzonder zijn de afmetingen in de dikterichting overdreven voorgesteld.

Halfgeleiderzones van hetzelfde geleidingstype zijn in dezelfde richting gearceerd. Overeenkomstige delen zijn als regel met dezelfde verwijzingscijfers aangeduid.

30 De veldeffekttransistor volgens figuren 1,2 en 3 is gevormd in een halfgeleiderlaag 10 van een eerste geleidingstype, welke laag 10 gelegen is op een substraat 11 van het tweede, tegengestelde geleidingstype. Het substraat 11 en de laag 10 vertegenwoordigen een deel van een halfgeleiderplaatje waarop verder nog andere componenten kunnen worden
35 gerealiseerd, bij voorbeeld andere veldeffekttransistors verschillend van die volgens de uitvinding, en desgewenst eveneens bipolaire transistors, waarbij deze componenten samen een geïntegreerde schakeling vormen.

In de veldeffekttransistor kunnen worden onderscheiden:

800 3637

- een hooggedoteerde aanvoerzone 12 van het tweede geleidings-
type,
- een hooggedoteerde afvoerzone 13 van het tweede geleidings-
type, waarbij genoemde aan- en afvoerzones 12 en 13 in dit voorbeeld
5 rechthoekig en volgens hun lengte aan elkaar evenwijdig zijn, zie Figuur
1,
- een poortgebied 14 van het eerste geleidingstype, dat gele-
gen is tussen de aan- en afvoerzones 12 en 13, waarbij het poortgebied
14 zich tot aan de aan- en afvoerzones 12 en 13 uitstrekt en via een
10 hooggedoteerde verbindingszone 16 van het eerste geleidingstype in ohms
contact is met de laag 10, en
- een relatief laaggedoteerd kanaalgebied 15 van het tweede
geleidingstype, dat aangebracht is onder het poortgebied 14 en zich vol-
gens de uitvinding eveneens uitstrekt tot aan de aan- en afvoerzones 12
15 en 13.

Verder is volgens de uitvinding de hierboven beschreven tran-
sistor daardoor gekenmerkt dat het poortgebied 14 deel uitmaakt van een
halfgeleidergebied 114 van het eerste geleidingstype en dat het kanaal-
gebied 15 deel uitmaakt van een halfgeleidergebied 115 van het tweede
20 geleidingstype, van welke beide gebieden 114 en 115 de omtrekken praktisch
samenvallen, en dat de verbindingszone 16 grenst aan het halfgeleiderge-
bied 114 van het eerste geleidingstype.

De gebieden 114 en 115 overlappen zijdelings de lange zijden
van de aan- en afvoerzones 12 en 13. In het beschouwde geval werden twee
25 halfgeleiderzones 16A en 16B aangebracht die symmetrisch gevormd zijn ten
opzichte van de aan- en afvoerzones 12 en 13, hetgeen gedaan werd om de
stuur-elektrodespanningen zo gelijkmatig mogelijk te verdelen langs het
kanaalgebied 15.

Het poortgebied 14 en het kanaalgebied 15 corresponderen met
30 de middengedeelten der gebieden 114 en 115, welke middengedeelten gelegen
zijn tussen de aan- en afvoerzones 12 en 13 waarvan de lengte ongeveer
de breedte van het transistorkanaal definieert (op randeffekten na).

De lijn 17 die deels ononderbroken en deels onderbroken is
weergegeven, duidt de projectie aan der grenzen van het rechthoekige vens-
35 ter van het masker met behulp waarvan de domeinen 114 en 115 werden ge-
vormd. Genoemde grenzen verlopen (onderbroken delen van lijn 17) gedeel-
telijk binnen de aan- en afvoerzones 12 en 13 en de zones 16A en 16B. In
feite echter wordt de dotering van de gebieden 114 en 115 onder deze zo-

nes bepaald door de (hoge) dotering van de zones 12, 13, 16A en 16B, die door hun hoge doteringsconcentratie niet door die van de gebieden 114 en 115 kunnen worden omgedoteerd.

5 Het actieve oppervlak 10A van de laag 10 is voorzien van een passiverende isolerende laag 18 van bijvoorbeeld siliciumoxyde, waarin vensters worden gevormd voor het aanbrengen van elektroden 19, 20 en 21B op de aanvoer- en afvoerzones en het poortgebied. De contacten 21A en 21B zijn onderling verbonden bijvoorbeeld door de op de laag 18 aangebrachte geleider 22.

10 De veldeffekttransistor volgens de uitvinding wordt met voordeel op de volgende wijze vervaardigd.

- in een eerste phase worden door diffusie tegelijkertijd de aanvoerzone 12 en de afvoerzone 13 gevormd, hetzij door een afzonderlijke diffusiestap, hetzij gelijktijdig met de vorming van een halfgeleiderzone die deel uitmaakt van een andere component van de geïntegreerde schakeling. Daarna worden, eveneens via diffusie, de halfgeleiderzones 16A en 16B gevormd, bijvoorbeeld tegelijkertijd met de emitterzones van in de genoemde geïntegreerde schakeling eveneens aanwezige bipolaire transistors. Eerst daarna worden, via hetzelfde masker, successievelijk de halfgeleidergebieden 114 en 115 aangebracht (bij het vervaardigen van een geïntegreerde schakeling worden de implantaties gewoonlijk na de diffusiestappen verricht). Door een eerste implantatie worden op het niveau van het kanaalgebied 15 doteringsionen aangebracht die het tweede geleidingstype bepalen; door een tweede implantatie worden doteringsionen die het eerste geleidingstype bepalen aangebracht op een geringere diepte, die overeenkomt met die van het poortgebied 14. Bij voorkeur worden de implantaties uitgevoerd in de hierboven aangeduide volgorde, doch dit is niet noodzakelijk.

De door implantatie aangebrachte doteringsatomen die direct na de implantatie interstitiële posities innemen ten opzichte van de atomen van het kristalrooster, nemen na uitgloeien een substitutionele positie in en worden daardoor actief. De omstandigheden waaronder dit uitgloeien plaatsvindt worden van geval tot geval bepaald; deze omstandigheden hangen nauw samen met de implantatieomstandigheden. Genoemde uitgloeihandeling gebeurt vaak in een stikstof- en/of zuurstofatmosfeer bij een temperatuur tussen ongeveer 850 en 900°C.

Wat betreft de aard van het bij de implantaties gebruikte masker wordt op bekende wijze bijvoorbeeld een fotoresistmasker gebruikt

800 3637

met een dikte die bepaald wordt in afhankelijkheid van de toegepaste implantatie energie .

Na de uiteindelijke uitgloeibehandeling wordt de vervaardiging van de transistor en tevens van de geïntegreerde schakeling beëindigd
5 door het aanbrengen van elektroden en geleiders.

Als praktisch voorbeeld worden hierna enkele fysische en geometrische kenmerken gegeven met betrekking tot een veldeffekttransistor volgens de uitvinding voor een geïntegreerde schakeling en tot zijn vervaardiging. De genoemde numerieke waarden hebben uiteraard geen begren-
10 zend karakter.

Het substraat 11 is bijvoorbeeld P-geleidend en zwak gedoteerd; de weerstand ervan bedraagt ongeveer 10 ohm.cm. De N-geleidende laag 10 wordt verkregen door epitaxiale aangroeiing; de doteringsconcentratie van genoemde laag bedraagt ongeveer 10^{15} atomen/cm³, terwijl de dikte
15 ervan 15,um tot 20,um bedraagt.

De via boorddiffusie verkregen P-geleidende aan- en afvoerzones 12 en 13 hebben een hoge doteringsconcentratie die ongeveer 10^{18} atomen/cm³ bedraagt nabij het oppervlak 10A; de dikte van genoemde gebieden bedraagt 2,um tot 3,um.

20 De door fosfordiffusie verkregen N-geleidende zones 16A en 16B hebben een lagere doteringsconcentratie die ongeveer 10^{19} atomen/cm³ bedraagt bij het oppervlak. De dikte van genoemde gebieden bedraagt 1,5,um tot 2,5,um.

Het halfgeleidergebied 114 waarin zich het N-geleidende poort-
25 gebied 14 bevindt wordt verkregen door fosforionenimplantatie bij een energie van ongeveer 150 keV en een ionen dosis die gemiddeld $1.6 \cdot 10^{12}$ ionen/cm² bedraagt. Na de implantatie bedraagt de maximale concentratie ongeveer $4 \cdot 10^{17}$ atomen/cm³ op een diepte van ongeveer 0,2,um. Na een uiteindelijke uitgloeibehandeling, bedraagt de gemiddelde doterings-
30 concentratie in dit gebied $5 \cdot 10^{16}$ tot 10^{17} atomen/cm³.

Het halfgeleidergebied 115 waarin zich het P-geleidende kanaal-
gebied 15 bevindt wordt verkregen door boorionenimplantatie bij een energie van ongeveer 150 keV en een ionendosis die gemiddeld $1.6 \cdot 10^{12}$ ionen/cm² bedraagt. Na de implantatie bedraagt de maximale doterings-
35 concentratie $5 \cdot 10^{15}$ atomen/cm³ op een diepte van 0,4,um. Na de uiteindelijke uitgloeibehandeling bedraagt de gemiddelde doteringsconcentratie tussen $5 \cdot 10^{14}$ en 10^{15} atomen/cm³. Via de zones 16A en 16B wordt een goed ohms contact verkregen tussen het poortgebied 14 dat aansluit

8003637

op genoemde zones en het deel van de laag 10 dat direct onder het kanaalgebied 15 gelegen is.

De hierboven beschreven veldeffekttransistor volgens de uitvinding is een eenvoudige uitvoeringsvorm. Andere, meer complexe uitvindingsvormen zijn eveneens mogelijk, namelijk de "interdigitale" vorm volgens welke deelgebieden van de aan- en afvoerzones alternerend aan-
5 gebracht zijn en van elkaar gescheiden worden door deelgebieden van de stuuerelektrode, waarbij verbindingsstroken de nodige tussenverbindingen vormen tussen overeenstemmende deelgebieden. De uitvinding is in dit geval eveneens van toepassing, daar het aantal openingen van het masker dat de gemeenschappelijke omtrek van het kanaalgebied en van het poortgebied definieert, gelijk is aan het aantal deelgebieden van het kanaalgebied en het poortgebied.

De in Figuur 4 en 5 weergegeven veldeffekttransistor is van het "concentrische" type, waarbij de afvoerzone de aanvoerzone omringt (of omgekeerd). In de figuren 4 en 5 wrden dezelfde verwijzingscijfers gebruikt als in de Figuren 1 en 3 voor het aanduiden van overeenkomstige delen.

In het centrale deel bevindt zich de aanvoerzone 12 met zijn elektrode 19, terwijl aan de rand de afvoerzone 13 ligt, voorzien van zijn elektrode 20. De zone 12 heeft bijvoorbeeld de vorm van een vierkant. De zone 13 die op constante afstand de zone 12 omringt, heeft aan de rechterzijde van Figuur 4 een brede opening.

De halfgeleidergebieden 114 en 115 bevinden zich gedeeltelijk tussen de zones 12 en 13 (poort- en kanaalgebieden 14 en 15), en gedeeltelijk buiten de zone 13 die in figuur 4 rechts overlapt wordt, waardoor de gebieden 114 en 115 aansluiten op de zone 16 die het ohms contact verzekert tussen het poortgebied 14 en de laag 10.

De gebieden 114 en 115 werden gevormd door ionenimplantatie over een oppervlaktegebied dat gelegen is tussen de lijnstukken 17A en 17B die de rand van het implantatiemasker aangeven.

De Figuren 4 en 5 tonen eveneens de elektrode 19 op de aanvoerzone 12, de elektrode 20 op de afvoerzone 13, en de elektrode 21 op de verbindingzone 16.

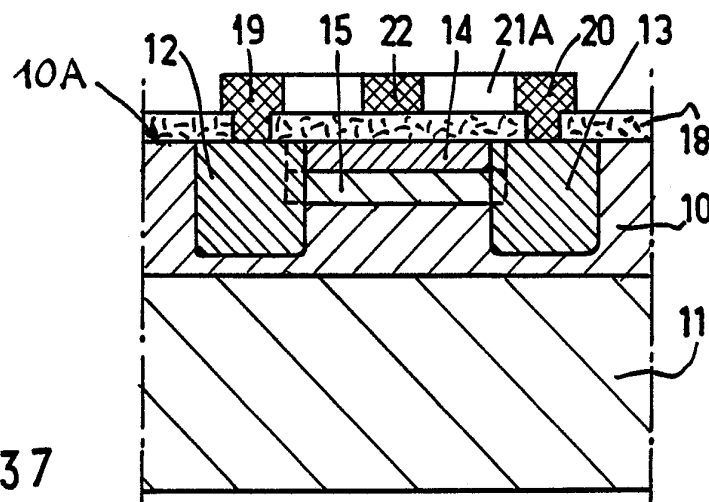
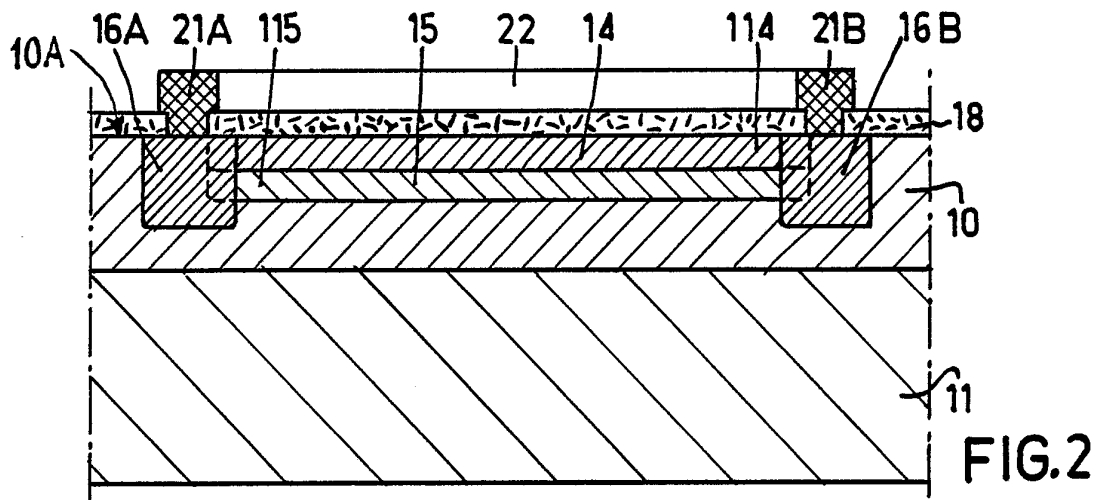
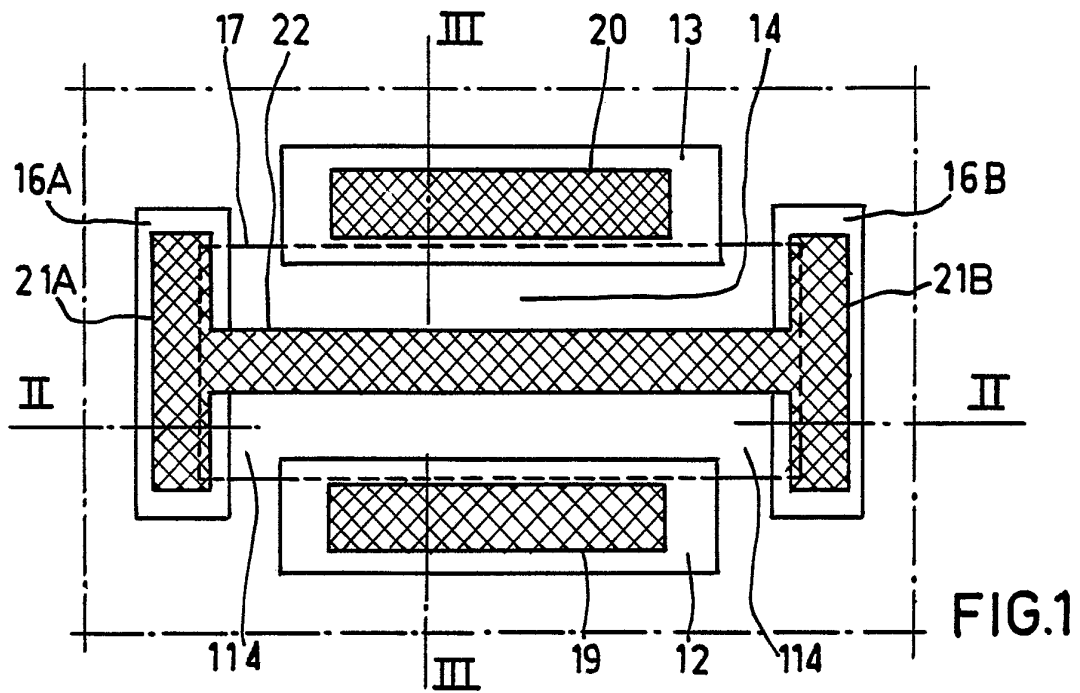
Conclusies:

1. Veldeffekttransistor van het overgangstype met een halfgeleiderlichaam bevattende een aan een oppervlak grenzende halfgeleiderlaag van een eerste geleidingstype, en eveneens aan het oppervlak grenzende aan- en afvoerzones van het tweede, tegengestelde geleidingstype waar-
5 tussen zich een aan het oppervlak grenzend laagvormig poortgebied van het eerste geleidingstype en een daaronder gelegen laagvormig kanaalgebied van het tweede geleidingstype uitstrekken, waarbij het poortgebied met de halfgeleiderlaag is verbonden door middel van ten minste een hooggedoteerde verbindingszone van het eerste geleidingstype, met het ken-
10 merk dat het poortgebied en het kanaalgebied zich beide tot aan de aan- en afvoerzones uitstrekken en deel uitmaken van respectievelijk een halfgeleidergebied van het eerste geleidingstype en een halfgeleidergebied van het tweede geleidingstype, van welke halfgeleidergebieden de omtrekken praktisch samenvallen, terwijl de genoemde verbindingszone
15 aan het halfgeleidergebied van het eerste geleidingstype grenst.
2. Veldeffekttransistor volgens conclusie 1, met het kenmerk dat de dikte van de verbindingszone ongeveer gelijk is aan de dikte van het poortgebied.
3. Veldeffekttransistor volgens conclusie 1, met het kenmerk dat
20 de dikte van de verbindingszone tenminste gelijk is aan de totale dikte van het poortgebied en het kanaalgebied.
4. Werkwijze voor het vervaardigen van een veldeffekttransistor volgens conclusie 1, met het kenmerk dat de genoemde halfgeleidergebieden waarin het poortgebied en het kanaalgebied zijn gelegen door ionen-
25 implantatie worden verkregen, en dat de genoemde halfgeleidergebieden successievelijk gevormd worden met behulp van hetzelfde implantatiemas-ker.

30

35

800 3637



8003637

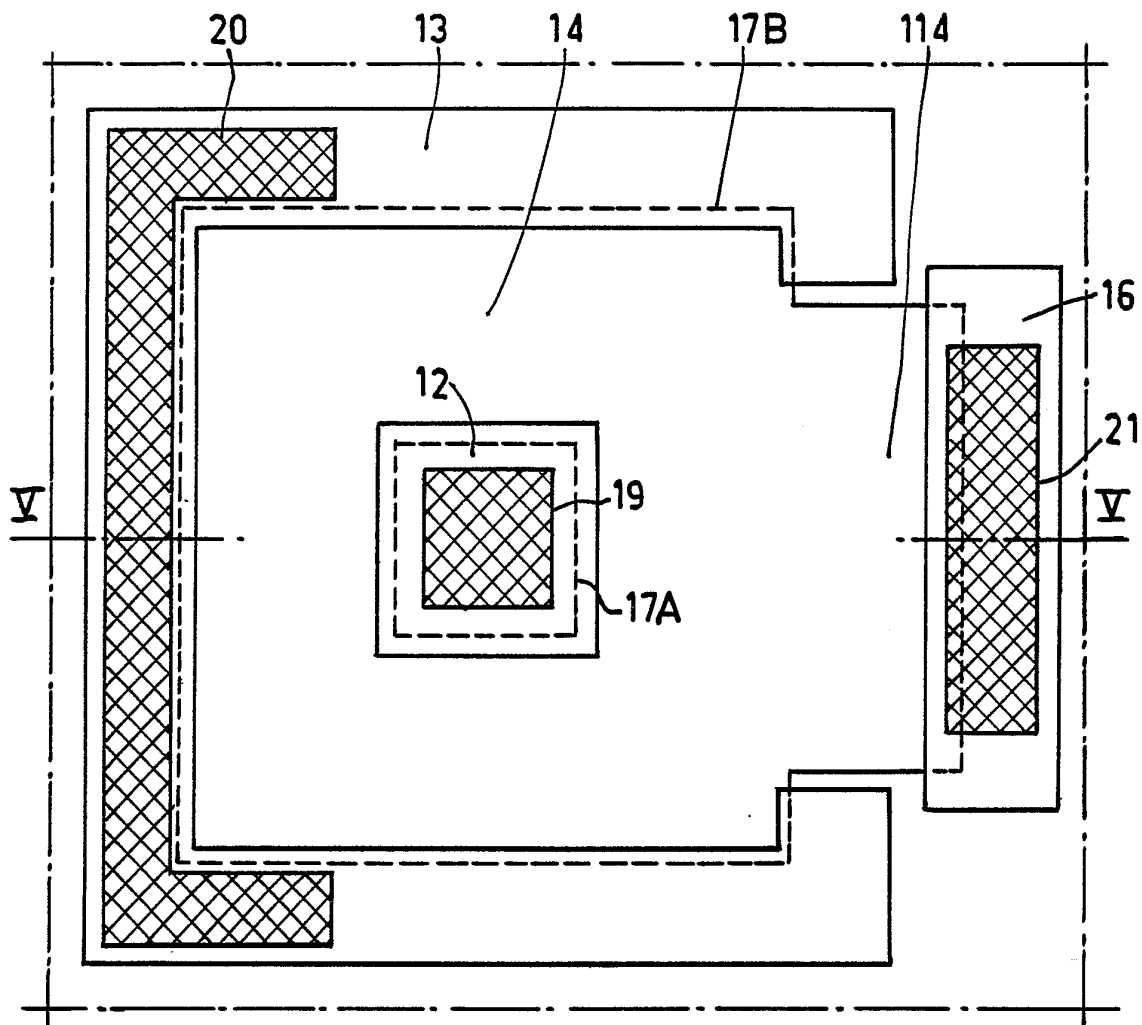


FIG.4

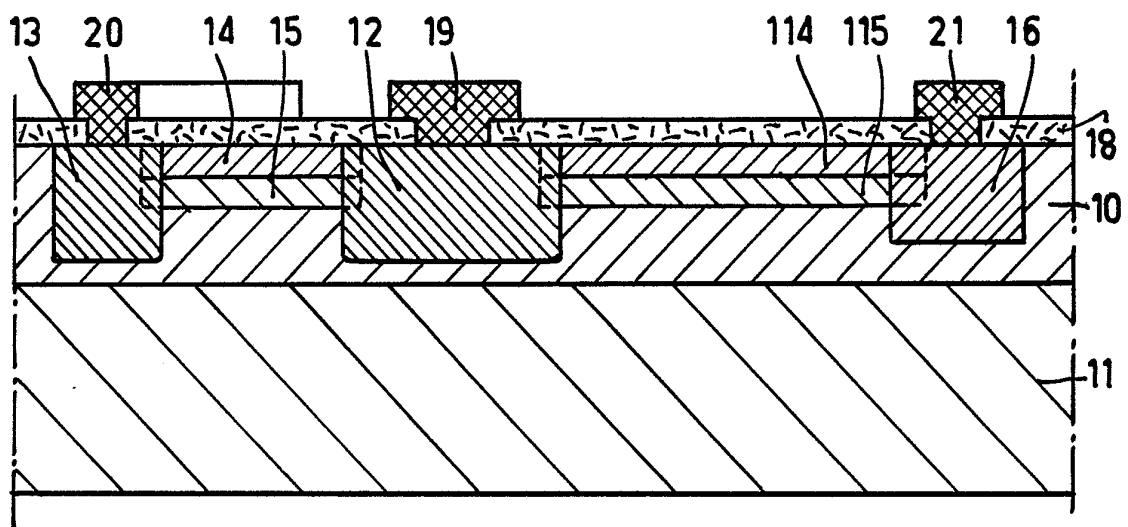


FIG. 5

8003637