



⑫ A **Terinzagelegging** ⑪ **8501992**

Nederland

⑲ NL

⑤4 **Werkwijze voor het vervaardigen van een halfgeleiderinrichting.**

⑤1 Int.Cl.: H01L21/265, H01L21/425, H01L21/31, H01L21/469.

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

⑦4 Gem.: Ir. P.J.P.G. Simons c.s.
Internationaal Octroobureau B.V.
Prof. Holstlaan 6
5656 AA Eindhoven.

②1 Aanvraag Nr. 8501992.

②2 Ingediend 11 juli 1985.

③2 --

③3 --

③1 --

⑥2 --

④3 Ter inzage gelegd 2 februari 1987.

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.

Werkwijze voor het vervaardigen van een halfgeleiderinrichting.

De uitvinding heeft betrekking op een werkwijze ter vervaardiging van een halfgeleiderinrichting, waarbij een halfgeleiderlichaam, dat een hoofdoppervlak en een of meer aan dit hoofdoppervlak gelegen actieve gebieden heeft en waarbij de actieve gebieden op het hoofdoppervlak gezien begrensd zijn door een eerste patroon van veldisolatie, dat een eerste dikte heeft, wordt voorzien van een maskering met een tweede patroon, dat een of meer openingen heeft, die zodanig gelegen zijn, dat via elke opening tenminste een deel van de genoemde een of meer actieve gebieden voor dotering toegankelijk is en voor deze dotering een implantatiebehandeling bij een bepaalde implantatieënergie wordt uitgevoerd en waarbij de maskering een van de openingen voorziene laag bevat van een voor de bij de implantatiebehandeling gebruikte ionen. half-maskerend materiaal, welke laag een tweede dikte heeft en de bepaalde implantatieënergie zo groot gekozen wordt, dat in het voor dotering toegankelijke deel van de genoemde een of meer actieve gebieden de indringdiepte van de doteringsstof tenminste praktisch gelijk is aan de eerste laagdikte en waarbij de van de openingen voorziene laag geheel van het halfgeleiderlichaam wordt verwijderd.

Een dergelijke werkwijze is bekend uit de publikatie "Scaleable retrograde p-well CMOS technology", International Electron Devices Meeting 1981, Technical Digest blz. 346-349. De implantatiebehandeling dient voor het doteren van actieve gebieden ter vorming van een zogenoemde "retrograde p-well". Er worden boriumionen met dosis van $2 \cdot 10^{13}$ per cm^2 geïmplantéerd. De indringdiepte van deze ionen, d.w.z. de diepte onder het oppervlak waarop na de implantatiebehandeling de concentratie van de geïmplantéerde doteringsstof praktisch een maximum heeft, bedraagt in de betreffende actieve gebieden ongeveer $1 \mu\text{m}$. De veldisolatie bestaat uit een patroon van oxide, dat op gebruikelijke wijze door plaatselijke oxidatie van het halfgeleiderlichaam is verkregen. De dikte van het patroon van veldoxide, d.w.z. de eerste laagdikte, bedraagt ongeveer $0,8 \mu\text{m}$. Tijdens de implantatiebehandeling is een niet nader beschreven maskering op het halfgeleiderlichaam aanwezig, die een aantal van de actieve gebieden bedekt en die ter plaatse van andere ak-

tieve gebieden openingen heeft, waarbinnen naast het betreffende actieve gebied steeds ook een aangrenzend en dit gebied omgevend deel van het veldoxide gelegen is. De geïmplanteerde dotering dringt binnen de openingen zowel in de actieve gebieden als onder het niet door de maskering bedekte deel van het veldoxide in het halfgeleidermateriaal van het halfgeleiderlichaam binnen. Aannemend dat de indringdiepte (in het Engels met "range" aangeduid) in siliciumdioxide ongeveer gelijk is aan de indringdiepte in silicium, zal de maximale doteringsconcentratie, die in de actieve gebieden ongeveer $1\text{ }\mu\text{m}$ onder het halfgeleideroppervlak ligt, zich onder het veldoxide op een diepte van ongeveer $0,2\text{ }\mu\text{m}$ bevinden. Bijgevolg is na de voor de vervaardiging van de komplette geïntegreerde schakeling benodigde behandelingen bij hoge temperatuur de oppervlakteconcentratie van de dotering van de "p-well" in de onder het veldoxide gelegen delen relatief hoog, waardoor mogelijk geen specifieke doteringsbehandeling voor het verkrijgen van aan het veldoxide grenzende p-type kanaalonderbrekende zones nodig is. In dat geval is, als gevolg van de genoemde relatief hoge oppervlakteconcentratie onder het veldoxide, de parasitaire drempelspanning voor kanaalvormig onder dit oxide in de "p-well" reeds voldoende groot.

Bij de bekende werkwijze dringen de versnelde ionen binnen de openingen door de daar blootliggende gedeelten van het veldoxide heen tot in het onderliggende halfgeleidermateriaal door. Tijdens de implantatiebehandeling maskeert het veldoxide dus niet tegen de bij deze behandeling gebruikte ionen. Dit komt omdat siliciumdioxide voor de versnelde ionen, in bijzonder in vergelijking tot silicium, geen werkelijk dicht materiaal is. Siliciumdioxide is een half-maskerend materiaal. Daaronder wordt in het kader van de onderhavige beschrijving een materiaal verstaan, dat een gemiddelde indringdiepte of "range" van de te gebruiken versnelde ionen heeft, die vergelijkbaar is met of althans praktisch van dezelfde orde van grootte is als de gemiddelde indringdiepte van deze ionen in het te maskeren halfgeleidermateriaal.

Gebruikelijk is om bij implantatiebehandelingen een in patroon gebrachte fotolaklaag als masker te gebruiken. De in de halfgeleidertechniek gebruikelijke fotolakken (resisten) zijn echter halfmaskerende materialen. Om als masker te kunnen dienen moet de dikte van de laag van half-maskerend materiaal, d.w.z. de tweede dikte, groter zijn dan de gemiddelde indringdiepte van de te gebruiken versnelde ionen in dit materiaal om de versnelde ionen volledig te kunnen tegenhouden. Dit

betekent onder meer, dat bij implantatiebehandelingen met een hoge implantatieënergie en een maskering van half-maskerend materiaal, zoals bij de onderhavige werkwijze, de maskering een aanmerkelijke dikte moet hebben. In dergelijke relatief dikke maskerende fotolaklagen is het
5 gewenste maskeringspatroon vaak moeilijk met de gewenste nauwkeurigheid aan te brengen.

De onderhavige uitvinding beoogt onder meer om een wijze van maskeren aan te geven, die in het bijzonder geschikt is voor gebruik bij implantatiebehandelingen, waarbij relatief hoge implantatieënergieën
10 worden toegepast. Onder implantatieënergie wordt in dit verband zoals gebruikelijk het produkt van het aantal elektronladingen per ion en de versnellingspotentiaal verstaan.

De onderhavige uitvinding berust onder meer op het inzicht, dat gezien de steeds kleinere afmetingen, die in geïntegreerde schakelingen worden toegepast en de steeds hogere eisen, die aan de elektrische
15 eigenschappen van de geïntegreerde schakelingen en de daarin opgenomen schakelelementen worden gesteld, een aangepaste wijze van maskeren voor implantatie bij hoge energie gewenst is en dat de voor dit doel gebruikte maskering meer kompleks van aard mag zijn, naarmate daardoor bijvoorbeeld
20 beeld aan flexibiliteit, aan additionele mogelijkheden en/of aan nauwkeurigheid van te realiseren afmetingen wordt gewonnen.

De werkwijze van de in de aanhef beschreven soort is volgens de uitvinding daardoor gekenmerkt, dat de van de openingen voorziene laag van half-maskerend materiaal een relatief dikke tweede laag van een
25 tweede materiaal is, die wordt aangebracht op een eveneens tot de maskering behorende, relatief dunne eerste laag van een eerste materiaal, waarbij deze eerste laag tenminste die gedeelten van het oppervlak van het halfgeleiderlichaam bedekt, die korresponderen met de openingen in de tweede laag en het eerste en het tweede materiaal van elkaar verschillend zijn en dat als derde laag van de maskering een relatief dunne laag
30 van een derde materiaal wordt toegepast, die op de tweede laag gelegen is en die een of meer verdere openingen heeft, waarbij elke verdere opening met één van de één of meer openingen in de tweede laag korrespondeert, waarbij het derde materiaal van het tweede materiaal verschilt.

Volgens de onderhavige uitvinding wordt dus een uit tenminste drie lagen opgebouwde maskering toegepast. Met de eerste of onderste laag kan het halfgeleidermateriaal van de actieve gebieden en/of het materiaal van het patroon van veldisolatie worden afgeschermd. Hierdoor

staat bijvoorbeeld een grotere keuze voor de materialen van de tweede en de derde laag van de maskering open. Waar nodig kan deze eerste laag bij het in patroon brengen en/of verwijderen van de tweede en/of de derde laag een geschikte beschermingslaag vormen. Bovendien staat deze
5 afscherming toe, dat plasma-etsen voor het in patroon brengen van de maskering kan worden toegepast zonder dat in het onderliggende halfgeleiderlichaam schade wordt veroorzaakt. De tweede laag dient vooral om de maskering de gewenste relatief grote dikte te kunnen geven. Voor deze laag kan een materiaal worden gekozen, dat gemakkelijk met een grote
10 dikte kan worden aangebracht. De derde laag verschaft de mogelijkheid om relatief nauwkeurig openingen in de maskering aan te brengen. Als eerst bijvoorbeeld met behulp van fotolithografische methoden de relatief dunne derde laag in patroon is gebracht, kan deze derde laag vervolgens als maskering bij een etsbehandeling dienen, waarbij het genoemde
15 de patroon nauwkeurig in de relatief dikke tweede laag wordt overgebracht.

In een voorkeursuitvoeringsvorm van de werkwijze volgens de uitvinding wordt het eerste materiaal verschillend van het materiaal, waaruit het patroon van veldisolatie althans in hoofdzaak bestaat, gekozen. De veldisolatie kan bijvoorbeeld door plaatselijke oxidatie
20 van het halfgeleiderlichaam of door het aanbrengen en weer opvullen van groeven in het halfgeleiderlichaam worden verkregen.

Bij voorkeur bevat het eerste materiaal van de eerste laag siliciumnitride. Een dergelijke laag is relatief eenvoudig aan te brengen en
25 voor het daaronderliggende materiaal verkregen. daarmee wordt een goede bescherming

In een verdere voorkeursuitvoeringsvorm van de werkwijze volgens de uitvinding wordt het derde materiaal verschillend van het eerste materiaal gekozen. Als de eerste laag een nitridelaag is, is siliciumoxide bijzonder geschikt als derde materiaal. Het aanbrengen en
30 van een patroon voorzien van siliciumoxidelagen zijn in de halfgeleider-techniek vertrouwde bewerkingen.

In een belangrijke voorkeursuitvoeringsvorm van de werkwijze volgens de uitvinding wordt als tweede laag een laag toegepast, waarvan althans een deellaag uit halfgeleidermateriaal bestaat, waarbij bij
35 voorkeur tegelijk met deze halfgeleiderlaag van de maskering op een tegenover het eerstgenoemde hoofdoppervlak gelegen, daaraan praktisch evenwijdig tweede hoofdoppervlak van het halfgeleiderlichaam een verdere laag van halfgeleidermateriaal wordt aangebracht. Deze amorfe of polykris-

tallijne verdere laag kan dan als getterlaag worden gebruikt.

Mede in verband met de gewenste goede getterwerking kan de verdere laag met voordeel uit halfgeleidermateriaal met een relatief hoge concentratie van een doteringsstof, zoals fosfor, bestaan.

5 Bij voorkeur wordt reeds in een relatief vroeg stadium van de vervaardiging van de halfgeleiderinrichting na de implantatiebehandeling, die met de bepaalde implantatieënergie wordt uitgevoerd en voorafgaand aan een of meer doteringsbehandelingen voor het verkrijgen van halfgeleiderzones van schakelelementen, het halfgeleiderlichaam
10 aan een getterbehandeling onderworpen. Een dergelijke vroegtijdige getterbehandeling kan de kwaliteit van het halfgeleidermateriaal in de actieve gebieden en van op de actieve gebieden nog te groeien diëlektrische lagen ten goede komen. Hierdoor worden de elektrische eigenschappen van de in deze actieve gebieden te realiseren schakelelementen gunstig beïnvloed.
15

De uitvinding zal nader worden uiteengezet aan de hand van enkele voorbeelden en de bijgaande schematische tekening, waarin

Fig. 1 t/m 5 dwarsdoorsneden tonen van een halfgeleiderlichaam van een halfgeleiderinrichting in verschillende stadia van de vervaardiging,
20

Fig. 6 t/m 8 dwarsdoorsneden tonen van een halfgeleiderlichaam in verschillende stadia van de vervaardiging en behorend bij een variant van het eerste voorbeeld van de werkwijze volgens de uitvinding,

25 Fig. 9 een dwarsdoorsnede van een halfgeleiderlichaam toont, die hoort bij een tweede voorbeeld van de werkwijze volgens de uitvinding,

Fig. 10 en 11 dwarsdoorsneden van een halfgeleiderlichaam tonen, die horen bij een variant van het tweede voorbeeld,

30 Fig. 12 en 13 dwarsdoorsneden van een halfgeleiderlichaam tonen, die bij een derde voorbeeld van de werkwijze volgens de uitvinding behoren en de

Fig. 14 t/m 16 dwarsdoorsneden tonen van een halfgeleiderlichaam, die behoren bij een vierde voorbeeld van de werkwijze volgende de uitvinding.

35 Het eerste voorbeeld wordt beschreven aan de hand van de Fig. 1 t/m 5. Alle figuren zijn zoals gebruikelijk schematisch en niet op schaal getekend. Ten behoeve van de duidelijkheid van de figuren zijn afmetingen en laagdiktes weergegeven zonder op de onderlinge verhou-

dingen acht te slaan.

Fig. 1 toont een halfgeleiderlichaam 1, dat bijvoorbeeld in hoofdzaak uit p-type silicium kan bestaan met een soortelijke weerstand van ongeveer $10\ \Omega\ \text{cm}$. Uitgegaan kan worden van een homogeen gedoteerde monokristallijne siliciumschijf, waarvan het hoofdoppervlak 2 bij voor-
keur een (100)-vlak is. Ook kan een siliciumschijf worden gebruikt, die bestaat uit een hoger gedoteerd substraat, waarop zich een lager gedoteerde epitaxiale laag van voldoende dikte bevindt. De schakelelementen van de geïntegreerde schakeling worden dan hoofdzakelijk in deze
epitaxiale laag aangebracht. Deze mogelijkheid is in fig. 1 schematisch aangeduid met de streep-stippel-lijn 1a, die de grens tussen het substraat en de epitaxiale laag voorstelt.

Het halfgeleiderlichaam 1 kan aan het hoofdoppervlak 2 op een gebruikelijke wijze worden voorzien van een eerste patroon van veldisolaties 6a. Dit patroon van veldisolaties 6a heeft een eerste dikte 7 en begrenst op het hoofdoppervlak 2 gezien een of meer actieve gebieden 4,5. Het actieve gebied 5 heeft in dit voorbeeld twee gedeelten 5a en 5b, waartussen zich een isolerend gebied 6b bevindt, dat met het patroon van veldisolaties 6a een geheel vormt, maar een geringere dikte 16 heeft.

Op het halfgeleiderlichaam met de isolerende gebieden 6a en 6b kan nu een maskering 8,9,10 met een tweede patroon worden aangebracht. Deze maskering heeft een of meer met hun rand aangeduide openingen 12, die zodanig gelegen zijn, dat via elke opening 12 tenminste een deel van de genoemde een of meer actieve gebieden 4,5 voor dotering toegankelijk is. In het onderhavige voorbeeld betreft het het actieve gebied 5, dat in zijn geheel binnen de opening 12 ligt. Dan volgt een implantatiebehandeling bij een bepaalde energie, hetgeen is voorgesteld door de pijlen 13. Daarbij is onder implantatieënergie, zoals gebruikelijk is, het produkt van het aantal elektronladingen per ion en de versnellingspotentialaal te verstaan.

De maskering 8,9,10 bevat een van de openingen 12 voorziene laag 9 van een voor de bij de implantatiebehandeling gebruikte ionen half-maskerend materiaal. De laag 9 heeft een tweede dikte 11. De implantatieënergie is zo groot gekozen, dat in het voor dotering toegankelijke deel 5a, 5b van de genoemde een of meer actieve gebieden 4, 5 de indringdiepte 17 van de doteringsstof tenminste praktisch gelijk is aan de eerste laagdikte 7 van de veldisolaties 6a. Onder het isolerende gebied 6b dringen de versnelde ionen tot op een geringere diepte 18 in

het halfgeleidermateriaal van het halfgeleiderlichaam 1 door, doordat de ionen ter plaatse door het isolerende gebied 6b heen moeten dringen en daarbij een deel van hun energie verliezen. Als bijvoorbeeld fosfor wordt geïmplanteerd kan een aaneengesloten n-type gebied 21 worden ver-
5 kregen, dat door een pn-overgang 15 van het overige deel van het halfgeleiderlichaam 1 is gescheiden. Dit n-type gebied 21 kan bijvoorbeeld als substraatgebied van een daarin aan te brengen p-kanaal-veldeffekt-transistor of als kollektor- of emittergebied van een bipolaire npn-transistor dienen. In het gedeelte 5b kan bijvoorbeeld een substraat-
10 kontakt respectievelijk een kollektor- of emitterkontakt of bijvoorbeeld ook een tweede transistor worden aangebracht.

Volgens de uitvinding is de van de openingen 12 voorziene laag 9 van half-maskerend materiaal een tweede, relatief dikke laag van een tweede materiaal, die wordt aangebracht op een eveneens tot de
15 maskering 8,9,10 behorende relatief dunne eerste laag 8 van een eerste materiaal, waarbij de eerste laag 8 tenminste die gedeelten van het oppervlak van het halfgeleiderlichaam 1 bedekt, die korresponderen met de openingen 12 in de tweede laag 9. Daarbij zijn het eerste en het tweede materiaal van elkaar verschillende materialen. De derde laag
20 10 van de maskering 8,9,10 is een relatief dunne laag van een derde materiaal, die op de tweede laag 9 gelegen is. Deze derde laag 10 heeft een of meer verdere openingen 22, waarbij elke verdere opening 22 met een van de een of meer openingen 12 in de tweede laag 9 korrespondeert. Het derde materiaal verschilt van het tweede materiaal.

25 In een voorkeursvorm van de werkwijze volgens de uitvinding wordt een maskering 8,9,10 toegepast, waarbij de eerste laag 8 een laag siliciumnitride met een dikte van bijvoorbeeld ongeveer $0,1\text{ }\mu\text{m}$ is en waarbij de tweede laag 9 een polykristallijne of amorse siliciumlaag is met een dikte van bijvoorbeeld ongeveer $1,5\text{ }\mu\text{m}$ en waarbij de derde
30 laag 10 een dunne laag siliciumoxide is, die bijvoorbeeld door thermische oxidatie van de siliciumlaag 9 kan zijn verkregen en die bijvoorbeeld ongeveer $0,2\text{ }\mu\text{m}$ dik is.

Alvorens op de voordelen en op de nadere details van het eerste voorbeeld van de werkwijze volgens de uitvinding in te gaan,
35 zullen eerst de begrippen "indringdiepte" en "half-maskerend materiaal" nader worden toegelicht.

In de onderhavige beschrijving worden "indringdiepte" en "gemiddelde indringdiepte" door en naast elkaar gebruikt. Beide begrippen

hebben in deze beschrijving dezelfde betekenis en staan voor hetgeen in het Engels meestal met "range" wordt aangeduid. Bij het implanteren van versnelde ionen in een lichaam of laag van een bepaald materiaal wordt onder "indringdiepte" of "range" de afstand verstaan van de plaats in
5 het lichaam of de laag waar de concentratie van de geïmplanteerde stof een maximum vertoont tot aan het oppervlak van het lichaam of de laag waardoor de versnelde ionen het lichaam of de laag zijn binnengedrongen. De concentratieverdeling van de geïmplanteerde stof rondom het concentratiemaximum kan daarbij op gebruikelijke wijze gekarakteriseerd worden
10 met een spreiding σ . De indringdiepte hangt in het algemeen onder meer af van de grootte van de ionen, van de versnellingsenergie en van het betreffende materiaal.

Veel van de in de halfgeleidertechniek gebruikelijke materialen, zoals silicium, siliciumoxide, silicium(oxi)nitrider, maar ook de
15 gebruikelijke fotolakken (resisten) hebben een vergelijkbare indringdiepte voor versnelde ionen. Dit betekent onder meer, dat vaak voor dunne lagen van siliciumoxide of -nitrider heen in het daaronder liggende halfgeleidermateriaal kan worden geïmplanteerd. Een ander gevolg is, dat lagen van dergelijke materialen alleen als maskeringslaag bij implantatie-
20 behandelingen kunnen worden gebruikt, voorzover de laagdikte voldoende groot gekozen wordt om het gewenste maskeringseffect te bereiken. Anders ligt dit bij veel metaallagen, zoals lagen van molybdeen of wolfram of andere niet te lichte metalen. De indringdiepte van deze materialen is meestal veel kleiner dan de indringdiepte van silicium, zodat metaal-
25 lagen vaak ook als zij relatief dun zijn, een goede maskering vormen. Ter onderscheiding van goed maskerende materialen, zoals de zwaardere metalen, worden de eerder genoemde materialen, zoals siliciumoxide, in het kader van de onderhavige beschrijving "half-maskerend" genoemd. In het algemeen omvat de categorie of groep van half-maskerende materialen de
30 materialen, die voor dezelfde versnelde ionen en dezelfde implantatieënergie een indringdiepte, die vergelijkbaar is met of althans praktisch van dezelfde orde van grootte is als de indringdiepte van het materiaal van het lichaam, waarin de versnelde ionen moeten worden geïmplanteerd. Met andere woorden, bij maskeringen, die uit een laag van half-maskerend
35 materiaal bestaan, zal steeds de dikte van de maskeringslaag een belangrijke, niet te verwaarlozen parameter zijn, waarvan kan afhangen of het gewenste maskerende effect wel of niet wordt verkregen.

In het onderhavige voorbeeld worden de openingen 12 door ani-

sotroop etsen van de oxidelaag 10 en de siliciumlaag 9 verkregen, waarbij op gebruikelijke wijze een niet-getekende, in patroon gebrachte fotolaklaag als maskering kan dienen. Deze behandeling kan worden uitgevoerd met behulp van gebruikelijke plasma-etstechnieken. Het siliciumoxide van de derde laag 10 kan selektief ten opzichte van het silicium van de tweede laag 9 en dit silicium kan selektief ten opzichte van het materiaal van de eerste laag 8 worden geëtsd. Daarbij heeft de aanwezigheid van de eerste laag 8 binnen de openingen 12 het voordeel, dat ter plaatse tijdens het etsen eventuele beschadiging van het actieve halfgeleideroppervlak althans in belangrijke mate wordt voorkomen. Deze eerste laag 8 bevat bij voorkeur siliciumnitride.

Bij voorkeur wordt voor het plasma-etsen van de tweede laag, maar anders daarna, de fotolaklaag op gebruikelijke wijze verwijderd. Na het maken van de openingen 12 volgt bijvoorbeeld een implantatiebehandeling, waarbij fosfor met een dosis van ongeveer $3 \cdot 10^{12}$ per cm^2 bij een implantatieënergie van ongeveer 800 keV wordt geïmplaneerd. Op de onderbroken lijn 14 heeft de concentratie van de geïmplaneerde fosfor een maximum. De indringdiepte 17 in de delen 5a en 5b van het actieve gebied 5 bedraagt ongeveer $0,9 \mu\text{m}$. Indien gewenst, kunnen aansluitend een of meer implantatiebehandelingen bij lagere energie worden uitgevoerd. Bijvoorbeeld kan fosfor met een dosis van ongeveer $1 \cdot 10^{12}$ per cm^2 en een energie van ongeveer 400 keV worden geïmplaneerd. Door aanpassing van het aantal implantaties, de doses en/of de implantatieënergien kunnen geschikte doteringsconcentratieprofielen in het gebied 21 worden verkregen. Voor het doteringsconcentratieprofiel zijn verder ook het aantal nog volgende behandelingen bij hoge temperatuur, de tijdsduur van deze behandelingen en de temperatuur, waarbij zij worden uitgevoerd van belang. Bij dergelijke behandelingen kan immers diffusie van de geïmplaneerde dotering plaats vinden. Tussen de genoemde implantatiebehandelingen in en/of na afloop van deze behandelingen kunnen indien gewenst op gebruikelijke wijze een of meer annealbehandelingen worden uitgevoerd onder meer om eventuele schade te herstellen en/of om de geïmplaneerde dotering te activeren.

In het onderhavige voorbeeld is het patroon van veldisolatie 6a op gebruikelijke wijze door plaatselijke oxidatie van het halfgeleiderlichaam 1 verkregen. Daarbij kan een siliciumnitride bevattende laag als oxidatiemasker worden toegepast. De dikte van deze maskeringslaag bedraagt bijvoorbeeld ongeveer $0,1 \mu\text{m}$. Zonodig kan onder deze maskerings-

laag nog een dunne laag van siliciumoxide of siliciunoxinitride met een dikte van bijvoorbeeld ongeveer 40 nm worden toegepast.

Het oxidatiemasker bedekt de actieve gebieden 4 en 5 geheel. Eventueel kan nu een implantatiebehandeling voor het verkrijgen van p-type kanaalonderbrekende zones volgen, waarbij zonodig het actieve gebied 5 en zijn directe omgeving op gebruikelijke wijze met een fotolakpatroon is afgedekt. Na verwijdering van het fotolakpatroon volgt een gebruikelijke oxidatiebehandeling. Na de oxidatiebehandeling bedraagt de dikte 7 bijvoorbeeld ongeveer 0,6 μm . De dikte 16 kan bijvoorbeeld ongeveer 0,4 μm zijn. Nadat de oxidatiebehandeling is voltooid, wordt het oxidatiemasker geheel verwijderd. Zonodig wordt op de actieve gebieden 4,5 een nieuwe dunne siliciumoxidelaag 24 aangebracht. De dikte van de laag 24 kan bijvoorbeeld ongeveer 40 nm zijn. Vervolgens kunnen de lagen van de maskering 8,9,10 worden aangebracht.

Voorzover het patroon van veldisolatie 6a niet door de in patroon gebrachte lagen 9 en 10 van de maskering 8,9,10 is bedekt, dringen de bij hoge energie geïmplanteerde fosforionen door de veldisolatie 6a heen. Ter plaatse zal het concentratiemaximum van de geïmplanteerde doteringsstof, dat zich ongeveer op de onderbroken lijn 14 bevindt, ongeveer 0,3 μm onder de veldisolatie 6a liggen. Onder de veldisolatie 6a kan de oppervlakteconcentratie van de dotering aan het grensvlak van het n-type gebied 21 en de veldisolatie ongeveer $1 \text{ à } 3 \cdot 10^{16}$ per cm^3 bedragen. Mits de afstand 23, waarover het concentratiemaximum aan de buitenrand van het actieve gebied 5 op een praktisch konstante diepte onder het siliciumoxide-silicium-grensvlak ligt, niet te klein is, biedt de genoemde oppervlakteconcentratie een redelijke bescherming tegen ongewenste kanaalvorming, zodat geen kanaalstopper meer hoeft te worden aangebracht. Wel is de benodigde afstand 23 mede van invloed op de toelaatbare minimale afstand tussen de actieve gebieden 4 en 5 en de daarin aan te brengen schakelelementen. De afstand 23 kan worden verkleind als de oppervlakteconcentratie ter plaatse wordt verhoogd. Zoals nog zal blijken, is een van de voordelen van de maskering 8,9,10 gelegen in flexibiliteit, die onder meer tot uitdrukking komt in verschillende nog nader te beschrijven mogelijkheden om, zonder afbreuk te doen aan het gewenste doteringsconcentratieprofiel in het actieve gebied 5 zelf, gunstige doteringsconcentraties onder de veldisolatie 6a te realiseren.

Onder het dunnere isolatiegebied 6b zal de indringdiepte 18 van

de bij hoge energie geïmplanteerde doteringsstof ongeveer $0,5 \mu\text{m}$ kunnen bedragen. De oppervlakteconcentratie van de doteringsstof zal onder het isolatiegebied 6b ongeveer $1 \text{ à } 3 \cdot 10^{16}$ per cm^3 zijn.

Nadat de beschreven implantatiebehandelingen zijn uitgevoerd
5 kunnen op voor het overige gebruikelijke wijze schakelementen in de
aktieve gebieden 4,5 en/of in of op het halfgeleiderlichaam 1 aan te
brengen lagen worden aangebracht. Vooral indien veldeffekttransistors
met geïsoleerde poortelektrode in de halfgeleiderinrichting worden
toegepast, is de kwaliteit van het halfgeleidermateriaal in de actieve
10 gebieden en van op die gebieden aan te brengen poortdiëlektrika van
belang. Ondermeer in dit verband is het van voordeel om voor de tweede
laag 9 halfgeleidermateriaal te gebruiken. Bij voorkeur wordt dan tege-
lijk met de tweede laag 9 van de maskering 8,9,10 op een tegenover het
eerstgenoemde hoofdoppervlak 2 gelegen, daaraan praktisch evenwijdig
15 tweede hoofdoppervlak 3 van het halfgeleiderlichaam 1 een verdere laag
19 van halfgeleidermateriaal aangebracht.

In het onderhavige voorbeeld is voorafgaande aan het aan-
brengen van de tweede laag 9 en de verdere laag 19 het gehele hoofd-
oppervlak 3 op een gebruikelijke wijze schoon gemaakt, waarbij bijvoor-
20 beeld eventueel aanwezige oxide- en/of nitridelagen zijn verwijderd. Tij-
dens het schoon maken van het hoofdoppervlak 3 kan de tegenoverliggende,
aktieve zijde van het halfgeleiderlichaam 1 met een beschermende fotolak-
of waslaag zijn afgedekt, die na de behandeling wordt verwijderd. Ver-
volgens is de verdere laag 19 op het hoofdoppervlak 3 direkt op het half-
25 geleidermateriaal van het halfgeleiderlichaam 1 aangebracht.

Volledigheidshalve wordt opgemerkt, dat het ook voldoende is,
als althans een aanmerkelijk deel van het tweede hoofdoppervlak 3 wordt
schoon gemaakt, zodat het hoofdoppervlak 3 bijvoorbeeld nabij de randen
van de siliciumschijf tijdens het schoon maken met een beschermende
30 laag bedekt kan zijn.

In een voorkeursvorm van de werkwijze volgens de uitvinding
wordt althans voor de verdere laag 19 halfgeleidermateriaal met een
relatief hoge concentratie van een doteringsstof toegepast. Deze dote-
ringsstof kan op gebruikelijke wijze tijdens het aanbrengen van de
35 tweede en de verdere lagen 9 en 19 worden ingebouwd. Ook kan de verdere
laag 19 of kunnen de beide lagen 9 en 19 na het aanbrengen op gebruike-
lijke wijze worden gedoteerd, bijvoorbeeld vanuit de gasfase, waarbij
 PH_3 kan worden gebruikt.

Op de verdere laag 19 van halfgeleidermateriaal wordt bij voorkeur nog een beschermingslaag 20 aangebracht. Dit kan bijvoorbeeld een siliciumoxidelaag zijn, die tegelijk met de derde laag 10 kan worden aangebracht. Ook kan de derde laag 10 voor het aanbrengen van de dotering in de verdere laag 19 zijn aangebracht en kan de beschermingslaag 20 na deze doteringsbehandeling worden aangebracht.

Dankzij het aanbrengen van de verdere laag 19 is het mogelijk op ieder gewenst moment in het verdere verloop van het vervaardigingsproces op op zichzelf gebruikelijk wijze een getterbehandeling uit te voeren. Een belangrijk voordeel is daarin gelegen, dat implantatiebehandelingen bij hoge energie meestal in een relatief vroeg stadium van het totale vervaardigingsproces worden uitgevoerd, zodat bij toepassing van de werkwijze volgens de uitvinding reeds vanaf dit vroege stadium van de vervaardiging de voorzieningen voor het realiseren van een goede getterwerking op het halfgeleiderlichaam 1 aanwezig zijn. Zo is het bijvoorbeeld gunstig, dat reeds voor het groeien of opbrengen van poortdiëlektrika voor veldeffekttransistors een getterbehandeling kan worden uitgevoerd. Dit kan de kwaliteit van het halfgeleidermateriaal in de actieve gebieden en van het poortdiëlektrikum ten goede komen. In het algemeen wordt met voordeel na de implantatiebehandeling met de bepaalde, hoge energie en voorafgaand aan een of meer doteringsbehandelingen voor het verkrijgen van halfgeleiderzones van schakelementen, een getterbehandeling uitgevoerd. Bijvoorbeeld kunnen de hiervoor genoemde annealbehandeling(en) en de bedoelde getterbehandeling geheel of gedeeltelijk tegelijk, als een gekombineerde behandeling worden uitgevoerd. Bij de getterbehandeling wordt het halfgeleiderlichaam 1 bijvoorbeeld gedurende ongeveer 15 min. in een inerte atmosfeer op een temperatuur van ongeveer 925°C verhit, waarna op gebruikelijk wijze wordt afgekoeld.

De derde laag 10 van siliciumoxide dient in het voorbeeld onder meer om een goede hechting van de tijdens het etsen van de openingen 22 en 12 gebruikte maskerende fotolaklaag te verkrijgen. Als derde laag 10 kan ook een ander diëlektrisch materiaal worden toegepast. Het gebruik van de derde laag heeft ook het voordeel, dat de openingen 22 in deze relatief dunne derde laag nauwkeurig aan te brengen zijn en dat voorts door de goede maskerende eigenschappen van de derde laag tijdens het plasma-etsen van de openingen 12 een nauwkeurige afbeelding van de openingen 22 in de tweede laag 9 kan worden verkregen.

De derde laag 10 kan voor of na de bij hoge energie uitgevoerde

implantatiebehandeling worden verwijderd. Voorts wordt voor of tijdens, maar bij voorkeur na het verwijderen van de derde laag 10 het siliciumnitride van de eerste laag 8 uit de openingen 12 verwijderd. Bij de laatstgenoemde uitvoeringswijze kan tijdens het verwijderen van de derde
5 laag 10 het patroon van veldisolatie 6a niet worden aangetast.

Dit is vooral van belang, indien het patroon van veldoxide 6a geheel of gedeeltelijk uit het zelfde materiaal als de derde laag 10 bestaat. Het verwijderen van het siliciumnitride uit de openingen 12 wordt bij voorkeur pas na de genoemde implantatiebehandeling uitge-
10 voerd. Daarna kan de tweede laag 9 worden verwijderd. Het actieve gebied 5 is daarbij nog beschermd door de dunne siliciumoxidelaag 24. In vereenvoudigde en nog verder geschematiseerde vorm kan het halgeleiderlichaam 1 in dit stadium van de vervaardiging worden voorgesteld zoals is getekend in fig. 2.

15 Met het resterende deel van de eerste laag 8 als een maskering, die zonder dat daarvoor een verdere fotolithografische behandeling nodig was, uit de maskering 8,9,10 werd verkregen, kan nu bijvoorbeeld een verder implantatiebehandeling worden uitgevoerd. Bijvoorbeeld kan borium worden geïmplantéerd om de drempelspanning van een in het actieve gebied
20 5 aan te brengen p-kanaal-veldeffekttransistor in te stellen. De dosis kan ongeveer $1 \cdot 10^{12}$ per cm^2 en de implantatieënergie kan ongeveer 25 keV zijn. Zonodig kan voorafgaand aan deze implantatiebehandeling de oxide- laag 24 van het actieve gebied 5 worden verwijderd of door een oxide- laag met goed gedefinieerde dikte worden vervangen.

25 Na verwijdering van het resterende deel van de eerste laag 8 kunnen in het actieve gebied 4 een of meer implantatiebehandelingen worden uitgevoerd, waarbij zonodig het actieve gebied 5 bijvoorbeeld met een fotolakmasker kan worden afgeschermd.

Indien in het actieve gebied 4 ook een implantatiebehandeling
30 bij hoge implantatieënergie moet worden uitgevoerd, kunnen bijvoorbeeld als het resterende deel van de eerste laag 8 nog aanwezig is, een nieuwe tweede laag 9 van halfgeleidermateriaal en een nieuwe derde laag 10 worden aangebracht. In deze lagen 9 en 10 worden vervolgens zoals hiervoor al beschreven is, openingen 12 en 22 gemaakt, die dit
35 maal boven het actieve gebied 4 gelegen zijn (fig. 3). Bij deze variant van de maskering 8,9,10 is de eerste laag 8 geen geheel gesloten laag, maar bedekt deze eerste laag 8 wel tenminste die gedeelten van het oppervlak van het halfgeleiderlichaam 1, die corresponderen met de openingen

12 in de tweede laag 9. Door de openingen 12 kan bijvoorbeeld borium relatief diep in het halfgeleiderlichaam 1 worden geïmplantéerd.

Als met een of meer implantatiebehandelingen op analoge wijze als voor het actieve gebied 5 beschreven is, in het actieve gebied 4
5 ook het daar gewenste doteringsconcentratieprofiel van de p-type dotering verkregen is, de lagen 8, 9 en 10 van de maskering verwijderd zijn en een getterbehandeling is uitgevoerd, is het halfgeleiderlichaam 1 zover voorbereid, dat verder op gebruikelijke wijze veldeffekttransistors in de actieve gebieden 4 en 5 kunnen worden aangebracht. Ter illustratie
10 en bij wijze van voorbeeld zal hierna een van de mogelijkheden voor het verdere verloop van het vervaardigingsproces worden aangegeven.

Voorzover de siliciumoxidelaag 24 nog aanwezig is, wordt deze verwijderd en wordt door thermische generatie een nieuwe oxidelaag aangebracht, die als poortdiëlektrikum 25 dient. De dikte van deze silicium-
15 oxidelaag kan 30 à 50 nm bedragen. Over deze oxidelaag kan door middel van depositie uit de gasfase bij lage druk (LPCVD) een polykristallijne of amorf siliciumlaag met een dikte van ongeveer 0,6 μm worden aangebracht. Deze siliciumlaag wordt vanuit de gasfase met behulp van PH_3 met fosfor gedoteerd en door oxidatie van een siliciumoxidelaag met een
20 dikte van ongeveer 50 nm voorzien.

Daarna kunnen de bovenste oxidelaag en de siliciumlaag op gebruikelijke wijze in patroon worden gebracht, zodat de poortelektroden 26 en eventueel ook geleidersporen 27 worden verkregen. Indien gewenst, kan een korte oxidatiebehandeling volgen om ook de verticale wanden van
25 de poortelektroden 26 en de geleidersporen 27 met een oxidelaag te bedekken. De siliciumsporen 26 en 27 zijn dan geheel omsloten door oxidelagen 25, 28. Dan wordt een fotolaklaag 29 opgebracht en van een patroon voorzien. Met deze fotolaklaag 29 als maskering kan dotering voor toe- en afvoerzones 30 en kontaktzones 31 voor n-type gebieden 21 worden aan-
30 gebracht. Bijvoorbeeld wordt arseen met een dosis van ongeveer $5 \cdot 10^{15}$ per cm^2 en een implantatieënergie van ongeveer 40 keV geïmplantéerd. Fig. 4 geeft het halfgeleiderlichaam 1 in dit stadium van de vervaardiging schematisch weer.

Vervolgens wordt de fotolakmaskering 29 vervangen door een
35 fotolakmaskering voor het aanbrengen van de dotering voor p-type toe- en afvoerzones 32 en kontaktzones 33. Als dotering wordt bijvoorbeeld borium met een dosis van ongeveer $3 \cdot 10^{15}$ per cm^2 en een implantatieënergie van ongeveer 16 keV geïmplantéerd. Daarna wordt de fotolakmaskering ver-

wijderd en wordt een siliciumoxidelaag 34 met een dikte van ongeveer 0,5 μ m gedeponereerd. Dan kan een annealbehandeling worden uitgevoerd, waarbij het halfgeleiderlichaam 1 bijvoorbeeld 30 tot 60 min. bij een temperatuur van ongeveer 650°C wordt verhit. Deze behandeling kan
5 voor een gedeelte (bijvoorbeeld ongeveer 15 min.) ook bij een hogere temperatuur van ongeveer 925°C worden uitgevoerd, waarbij op gebruikelijke wijze wordt afgekoeld zodat tevens getterwerking wordt verkregen.

Als in de oxidelagen 34, 25 en 28 kontaktopeningen zijn aangebracht, kan een geleidende laag van bijvoorbeeld aluminium worden
10 gedeponereerd en door etsen van een patroon worden voorzien. Onder het aluminium kan zonodig een barrièrelaag van bijvoorbeeld wolfram of titaan worden toegepast. Ook kan in de kontaktopeningen silicide worden aangebracht of gevormd voor dat het aluminium wordt gedeponereerd. Daarmee is de halfgeleiderinrichting voorzien van geleidersporen 35
15 voor elektrische aansluiting en onderlinge elektrische doorverbinding van de schakelementen (fig. 5). Indien gewenst, kan de halfgeleiderinrichting ook van een of meer, niet-getekende verdere lagen van geleidersporen worden voorzien, die door niet-getekende verdere isolerende lagen van elkaar en/of van de laag van de geleidersporen 35 zijn gescheiden. Voorts kan de actieve zijde van het halfgeleiderlichaam 1
20 van de halfgeleiderinrichting praktisch geheel met een niet-getekende, beschermende, isolerende laag van bijvoorbeeld siliciumnitride worden bedekt. Tenslotte kan de siliciumschijf op gebruikelijke wijze in afzonderlijke geïntegreerde schakelingen worden opgedeeld en kunnen deze
25 geïntegreerde schakelingen op gebruikelijke wijze in een gebruikelijke omhulling worden afgemonteerd.

De lagen 19 en 20 op het hoofdoppervlak 3 zijn na de laatste getterbehandeling niet meer nodig en kunnen, indien gewenst, na die behandeling worden verwijderd. Verwijdering van deze lagen is echter
30 niet noodzakelijk.

In het eerste voorbeeld is het patroon van veldisolatie 6a verkregen door plaatselijke oxidatie van het siliciumlichaam 1. Een dergelijk patroon kan echter ook op andere wijze worden vervaardigd. Zo wordt bij een variant van het eerste voorbeeld op de siliciumschijf 1
35 allereerst een etsmasker aangebracht, dat bijvoorbeeld uit een laag 40 van siliciumoxide kan bestaan, die met behulp van een fotolakmasker 41 in patroon is gebracht (fig. 6). Het etsmasker 40 bedekt de actieve gebieden van de halfgeleiderinrichting. Na verwijdering van de laag 41

worden door plasma-etsen groeven in het halfgeleiderlichaam 1 aangebracht met een diepte 42 van bijvoorbeeld ongeveer $0,8\text{ }\mu\text{m}$. Deze groefdiepte kan met voordeel zo worden gekozen, dat de lijn 14 van maximale concentratie in het halfgeleiderlichaam 1 onder de uiteindelijke veldisolatie dicht
5 onder het grensvlak tussen het halfgeleidermateriaal en de veldisolatie verloopt. Indien gewenst kan in de wanden van de groeven of in gedeelten daarvan bijvoorbeeld borium worden geïmplanteerd ter verhoging van de oppervlakteconcentratie ter plaatse. De wanden van de groeven kunnen worden voorzien van een siliciumoxidelaag 43 met een dikte van ongeveer
10 50 nm , waarna een laag 44 van siliciumnitride kan worden gedeponereerd met een dikte van ongeveer $0,1\text{ }\mu\text{m}$ (fig. 7). Vervolgens kan een laag 45 van polykristallijn of amorf halfgeleidermateriaal of van siliciumoxide worden gedeponereerd. De dikte van de laag 45 kan ongeveer $1\text{ }\mu\text{m}$ bedragen. Daarna kan op gebruikelijke wijze worden geplanariseerd, waarbij bij-
15 voorbeeld een fotolaklaag 46 kan worden toegepast. Bij het terugetsen van de lagen 46,45 kan worden gestopt als het op de actieve gebieden gelegen siliciumnitride 44 is bereikt. Als de laag 45 uit halfgeleidermateriaal bestaat kan verder worden geëtsd, waarna het halfgeleidermateriaal in de groeven kan worden geoxideerd zodanig dat de groeven
20 daarna weer geheel gevuld zijn. Nadat het siliciumnitride 44 en het siliciumoxide 43 van de actieve gebieden zijn verwijderd, wordt op de actieve gebieden een nieuwe siliciumoxidelaag 24 aangebracht (fig. 8). Het halfgeleiderlichaam 1 is nu voorzien van een patroon van veldisolatie 6a, dat in hoofdzaak bestaat uit de nog resterende gedeelten van de
25 lagen 43, 44 en 45.

Vervolgens kan op de al beschreven wijze de maskering 8,9,10 worden aangebracht en kunnen ook de verdere reeds beschreven bewerkingsstappen voorzover nodig, worden uitgevoerd. In fig. 8 is het halfgeleiderlichaam 1 getekend in hetzelfde stadium van de vervaardiging als
30 waarop fig. 1 betrekking heeft.

In het tweede voorbeeld wordt het halfgeleiderlichaam 1 ook eerst op gebruikelijke wijze van een patroon van veldisolatie 6a voorzien. Daarna worden de lagen van de maskering 8,9,10 aangebracht. Nadat op de derde laag 10 een fotolakpatroon is aangebracht, worden de
35 lagen 10 en 9 geëtsd, waarbij althans tijdens het etsen van de laag 9 een geschikt gekozen combinatie van isotroop en anisotroop etsen wordt gebruikt, zodat openingen 12 met schuine randen worden verkregen. Etsmethoden, waarbij schuine randen worden verkregen, zijn beschreven in de vakli-

teratuur. Voorbeelden daarvan zijn te vinden in Solid State Technology, Aug. '82, blz. 98-103 en Journal Vacuum Science and Technology B, Vol. 3, No. 1, Jan.-Feb. '85, blz. 16-19. Zonodig worden na het etsen van de laag 9 de openingen 22 in de laag 10 bijvoorbeeld door onderetsen
5 van het fotolakpatroon vergroot of wordt de derde laag 10 geheel verwijderd (fig. 9).

Het gebruik van een half-maskerende laag 9 met openingen 12 met schuine randen, zoals getekend in fig. 9, heeft het voordeel, dat na de implantatiebehandeling bij hoge energie de lijn 14 van de maximale concentratie van de doteringsstof onder de schuine randen van de
10 opening 12 het grensvlak tussen het halfgeleidermateriaal van het halfgeleiderlichaam 1 en het aangrenzende materiaal van het patroon van veldisolatie 6a snijdt. Als gevolg wordt in de directe omgeving van deze doorsnijding van de maximale concentratielijn en het genoemde
15 grensvlak een relatief hoge drempelspanning voor parasitaire kanaalvorming, dus een relatief goede kanaalstopperwerking, verkregen.

Bij een variant van het tweede voorbeeld wordt eerst enige tijd isotroop geëtsd, totdat de resterende laagdikte 36 van de tweede laag 9 in de openingen 12 juist zo groot is, dat de bij implantatie
20 te gebruiken versnelde ionen nog door het resterende deel van de tweede laag 9 en het patroon van veldisolatie 6a heen het halfgeleidermateriaal van het halfgeleiderlichaam 1 kunnen bereiken (fig. 10). Het laatste deel van de openingen 12 wordt vervolgens anisotroop geëtsd. Na verwijdering van de derde laag 10 (fig. 11) wordt de implantatiebehandeling
25 werkelijk uitgevoerd. De lijn 14 van de maximale concentratie zal in het halfgeleiderlichaam 1 aan de randen van het gebied 21 over enige afstand (het gedeelte 37) praktisch parallel aan en dicht onder het grensvlak tussen het halfgeleidermateriaal en het patroon van veldisolatie 6a verlopen. Als gevolg wordt een verder verbeterde kanaalstop-
30 perwerking verkregen.

In het derde voorbeeld wordt een tweede laag 9 met een dikte 11 toegepast, die zodanig gekozen is, dat de gezamenlijke dikte van de tweede laag 9, de eerste laag 8 en het patroon van veldisolatie 6a zo groot is, dat de lijn van maximale concentratie 14 na de implantatie-
35 behandeling onder de veldisolatie 6a in het halfgeleidermateriaal vlak onder het grensvlak met de veldisolatie en praktisch parallel aan dat grensvlak verloopt. Het betreffende gedeelte van de lijn 14 is in fig. 13 aangegeven met 37. De derde laag 10 bestaat in dit voorbeeld uit een

goed-maskerend materiaal, zoals molybdeen of wolfraam. Op deze derde laag 10 is een verdere laag 38 van bijvoorbeeld siliciumoxide en/of fotolak aangebracht. Eerst worden openingen ter grootte van de openingen 12 in de lagen 38, 10 en 9 aangebracht (fig. 12). Daarna worden, bijvoorbeeld door onderetsen, de vergrote openingen 22' in de laag 10 aangebracht. De openingen 22' zijn dus van hetzelfde oorspronkelijke patroon afgeleid als de openingen 12. De openingen 22' zijn groter dan de openingen 12, maar korresponderen verder geheel met deze openingen 12. Vervolgens wordt de laag 38 verwijderd. Daarna kan de implantatie-behandeling worden uitgevoerd (fig. 13). Ook in dit voorbeeld kan zo de best mogelijke kanaalstopperwerking onder de veldisolatie 6a worden verkregen, die zonder dat daarvoor een speciale en extra implantatie-behandeling wordt uitgevoerd, realiseerbaar is.

Het zal duidelijk zijn, dat in het derde voorbeeld de tweede dikte 11 van de tweede laag 9 te klein is om praktisch volledige maskering van de geïmplanteerde doteringsstof te kunnen realiseren. In dit voorbeeld is die praktisch volledige maskering verzekerd door de toepassing van de derde laag 10 van goed-maskerend materiaal. In de voorbeelden, waarin de maskering 8,9,10 alleen lagen van half-maskerend materiaal bevat, is de gezamenlijke dikte van de lagen echter steeds zo groot gekozen, dat buiten de openingen 12,22 een praktisch volledige maskering wordt verkregen. In dit verband is de tweede dikte 11 van de tweede laag 9 bij voorkeur groter dan de eerste dikte 7 van het patroon van veldisolatie 6a.

In het vierde voorbeeld worden op het halfgeleiderlichaam 1, dat reeds voorzien is van het patroon van veldisolatie 6a, een laag 8 van siliciumnitride, een laag 47 van amorf op polykristallijn silicium, een laag 48 van siliciumoxide of -nitride, een laag 49 van amorf of polykristallijn silicium en een laag 10 van siliciumoxide of -nitride aangebracht. De lagen 47, 48 en 49 vormen samen de laag 9 van halfmaskerend materiaal. Eerst worden nu in de laag 10 openingen 22 aangebracht. De laag 10 dient vervolgens als maskering bij het etsen van openingen 50 in de laag 49 (fig. 14).

Vervolgens kan een laag van bijvoorbeeld siliciumoxide worden gedeponereerd, die daarna zonder maskering anisotroop, bijvoorbeeld door plasma-etsen, wordt verwijderd, zodanig dat langs de randen van de openingen 50 een deel 51 achterblijft (fig. 15). Indien de laag 48 uit tegen oxidatie maskerend materiaal bestaat, kan het randdeel 51 ook door

oxidatie van de laag 49 worden verkregen. Als daarbij de laag 10 ook uit tegen oxidatie maskerend materiaal bestaat, kan met genoemde oxidatiebehandeling worden volstaan. Bij voorkeur wordt de laag 10 eerst verwijderd (maar zonder dat daarbij ook het in de openingen 50 vrijliggende deel van de laag 48 verdwijnt) of bestaat deze laag 10 bijvoorbeeld uit siliciumoxide. In dat geval wordt na de oxidatiebehandeling van de laag 49 het aanwezige oxide anisotroop teruggeëetst tot praktisch alleen het randdeel 51 overblijft.

Vervolgens worden openingen 53 in de laag 47 geëetst, waarbij eerst het vrijliggende deel van de laag 48 wordt verwijderd, indien dit vrijliggende deel tenminste tijdens de voorafgaande bewerkingsschappen nog niet is weggeëetst. De dikte 52 van de deellaag 47 is in dit voorbeeld praktisch gelijk gekozen aan de dikte 11 van de laag 9 in het voorbeeld volgens fig. 13. In het onderhavige voorbeeld is verder de dikte 11 van de uit de deellagen 47, 48 en 49 opgebouwde tweede laag 9 groter dan de som van de dikten 7 en 52 van resp. het patroon van veldisolatie 6a en de onderste deellaag 47. Deze dikte 11 is bovendien zo groot gekozen, dat buiten de openingen 22,50 met de maskering 8,9,10 een praktisch volledige maskering van de geïmplanteerde doteringsstof wordt verkregen. Deze dikte 11 is bij voorkeur tenminste gelijk aan de indringdiepte 17 van de dotering in het binnen de openingen 12 gelegen, voor dotering toegankelijke deel van de actieve gebieden.

Daarna kunnen de randdelen 51 worden verwijderd. Als de laag 10 en/of de laag 48 uit hetzelfde materiaal bestaan, zullen de laag 10 en/of het eerst door de randdelen 51 bedekte gedeelte van de laag 48 daarbij tegelijk verdwijnen. Als de laag 10 en/of de laag 48 uit een ander materiaal bestaan, kan voor of na de implantatiebehandeling bij hoge energie een verdere etsbehandeling worden uitgevoerd, waarbij eventueel tegelijk ook het vrijliggende deel van de laag 8 wordt verwijderd.

Fig. 16 toont het halfgeleiderlichaam 1 na de implantatiebehandeling. De openingen 50 en 53 in de laag 49 resp. de laag 47 vormen samen de openingen 12 in de laag 9 van halfmaskerend materiaal, die een getrappt profiel hebben. Daardoor wordt een doteringsconcentratieprofiel verkregen, dat vergelijkbaar is met dat van het voorbeeld volgens fig. 13. De lijn 14 van maximale concentratie van de dotering loopt over een door het getrapte profiel van de opening 12 nauwkeurig bepaalde afstand 37 vlak onder en praktisch parallel aan het grensvlak tussen het

patroon van veldisolatie 6a en het halfgeleidermateriaal van het halfgeleiderlichaam 1.

Bij vergelijking van het derde en het vierde voorbeeld blijkt, dat de tussenlaag 47 van het vierde voorbeeld kan worden vervangen door
5 de goed-maskerende derde laag 10 van het derde voorbeeld. De laag 10 van het vierde voorbeeld, die dan niet meer als derde laag van maskering dient en de deellaag 49 zijn dan hulplagen, die dienen om op nauwkeurige wijze de in fig. 13 getekende openingen 12,22' te realiseren.

Als in het vierde voorbeeld de niet-getekende getterlaag 19
10 op de achterzijde van het halfgeleiderlichaam 1 wordt toegepast, kan deze laag 19 tegelijk met de deellaag 47 en/of tegenlijk met de deellaag 49 worden aangebracht.

In de beschreven voorbeelden zal in het bijzonder de tweede laag 9 een voldoende grote dikte hebben om als lift-off-maskering te
15 kunnen dienen. Zo kan bijvoorbeeld een relatief dunne laag van molybdeen of een ander geschikt materiaal in een richting praktisch dwars op het hoofdoppervlak 2 van het halfgeleiderlichaam 1 worden opgedampt. Daarna kan de laag 9 worden verwijderd, waarbij ook het daarop gelegen deel van de opgedampte molybdeenlaag verdwijnt. Op deze wijze wordt een
20 molybdeenpatroon verkregen, dat een nauwkeurige afbeelding van de openingen 12 vormt. Waar openingen 12 aanwezig waren, is het oppervlak bedekt met molybdeen, terwijl overal elders op het oppervlak geen molybdeen aanwezig is. Dit molybdeenpatroon kan bijvoorbeeld als maskering bij verdere gewenste bewerkingen van het halfgeleiderlichaam worden
25 gebruikt. Als in het voorbeeld volgens fig. 13, voorafgaand aan het opdampen van de genoemde molybdeenlaag, de openingen 22' worden gebruikt om het daarbinnen vrijliggende deel van de laag 9 selectief te verwijderen, bedekt het uiteindelijke molybdeenpatroon nauwkeurig de gedoteerde gebieden 21. Op soortgelijke wijze kan in het voorbeeld volgens fig. 16
30 met de van openingen 50 voorziene deellaag 49 als maskering eerst het vrijliggende deel van de deellaag 47 worden verwijderd. Ook in dat geval zal het molybdeenpatroon de gedoteerde gebieden 21 nauwkeurig afdekken.

In alle voorbeelden beschermt de eerste laag 8 het daaronder liggende halfgeleiderlichaam tijdens het maken van de openingen 22 en/of
35 12. In dit verband wordt een belangrijk voordeel verkregen als het eerste materiaal van de eerste laag 8 verschilt van het materiaal, waaruit het patroon van veldisolatie 6a althans in hoofdzaak bestaat. Meestal zal dit laatste materiaal siliciumoxide zijn. In het voorbeeld volgens fig. 8

kan dit hoofdbestanddeel van het patroon van veldisolatie 6a ook halfgeleidermateriaal zijn. Als eerste materiaal is siliciumnitride een goede keuze, die de voorkeur heeft. Deze keuze heeft het belangrijke voordeel, dat de verdere, voor de lagen 9 en 10, 47, 48 en 49 en de randdelen
5 51 gebruikte materialen niet selektief ten opzichte van het materiaal van het patroon van veldisolatie 6a verwijderbaar behoeven te zijn. Met name kan voor de lagen 10 en 48 en voor de randdelen 51 dan siliciumoxide worden toegepast. Het betreffende siliciumoxide kan immers worden weggeëtst zonder dat het door de eerste laag 8 afgedekte patroon van
10 veldisolatie 6a kan worden aangetast.

Alleen voor het eerste voorbeeld is beschreven hoe het vervaardigingsproces na de implantatiebehandeling bij hoge energie kan worden voortgezet en voltooid. De verdere beschreven voorbeelden van de werkwijze volgens de uitvinding kunnen op soortgelijke wijze of op een
15 andere op zichzelf bekende wijze worden voltooid. Bepalend hierbij is vooral welke schakelelementen moeten worden gerealiseerd.

De onderhavige uitvinding is overigens niet tot de beschreven uitvoeringsvoorbeelden beperkt. Voor de vakman zijn binnen het kader van de uitvinding vele variaties mogelijk. Zo kunnen andere halfgeleidermaterialen dan silicium, zoals germanium of $A_{III} B_V$ -verbinding worden gebruikt. Als de derde laag 10 een laag van siliciumoxide bevat, kan deze in plaats van door thermische generatie bijvoorbeeld ook door depositie worden aangebracht. Hetzelfde geldt bijvoorbeeld ook voor de lagen 20 en
25 43. Het aanbrengen van dotering tot een hoge concentratie in de laag 19 is niet noodzakelijk om getterwerking te verkrijgen. Voorts kan ook in de voorbeelden volgens de fig. 9 t/m 16 een laag 19 op de achterzijde van het halfgeleiderlichaam 1 worden toegepast. Deze laag 19 kan tegelijk met de laag 9, de deellaag 47 en/of de deellaag 49 worden aangebracht.

Gemakshalve is in de meeste voorbeelden de invloed van de
30 aanwezigheid van dunne lagen binnen de openingen 12 op de indringdiepte van de geïmplanteerde dotering in het halfgeleidermateriaal van het halfgeleiderlichaam 1 verwaarloosd of althans buiten beschouwing gelaten. Het zal duidelijk zijn, dat vooral als vooraf een nauwkeurige schatting van het resulterende doteringsconcentratieprofiel gewenst is, de invloed
35 van alle binnen de openingen 12 gelegen lagen voor wat betreft hun dikte en hun specifieke indringdiepte (stopping power) in rekening moet worden gebracht.

In de voorbeelden verschilt het eerste materiaal van de eerste

laag 8 van het tweede materiaal van de tweede laag 9 en verschilt dit laatste materiaal weer van het derde materiaal van de derde laag 10. Als de tweede laag 9 uit een aantal deellagen is opgebouwd, zoals in het voorbeeld volgens de fig. 14 t/m 16, kan daarbij een tussenliggende deellaag worden toegepast, die uit hetzelfde materiaal als de derde laag 10 of het zelfde materiaal als de eerste laag 8 bestaat. Alhoewel dit niet noodzakelijk is, verschilt het eerste materiaal bij voorkeur ook van het derde materiaal.

In het voorbeeld volgens de fig. 14 t/m 16 bestaat bij voorkeur althans één van de deellagen 47 en 49 uit halfgeleidermateriaal. In dit voorbeeld is de dikte van de deellaag 49 niet alleen minimaal zo gekozen, dat buiten de openingen 12 de gewenste, praktisch totale maskering wordt verkregen, maar tevens zodanig gekozen, dat randdelen 51 van geschikte afmetingen kunnen worden verkregen.

Als de tweede laag 9 geheel of gedeeltelijk uit hetzelfde halfgeleidermateriaal bestaat als het halfgeleiderlichaam 1 en/of de laag 45 en althans een deel van de tweede laag 9 nog moet worden verwijderd in een stadium, dat de eerste laag 8 geen gesloten laag vormt, is het halfgeleidermateriaal van het halfgeleiderlichaam 1 en/of de laag 45 bij voorkeur bedekt met een beschermende laag zoals de laag 24, die is aangebracht, voordat de eerste laag 8 van de maskering 8,9,10 werd aangebracht. Bij voorkeur bestaat deze beschermende laag uit een isolerend materiaal, dat van het eerste materiaal van de eerste laag 8 verschillend is.

De maskering 8,9,10 is bij voorkeur voldoende dik om buiten de openingen van het tweede patroon een praktisch volledige maskering van de geïmplanteerde doteringsstof te verkrijgen. Volledige maskering is niet altijd noodzakelijk. Als na de implantatiebehandeling bij hoge energie de concentratie van de geïmplanteerde doteringsstof in het halfgeleidermateriaal van het halfgeleiderlichaam 1 onder de maskering 8,9,10, dus buiten de openingen van het tweede patroon, gering is ten opzichte van de aanwezige achtergronddoteringsconcentratie of ten opzichte van later nog in het betreffende gebied van het halfgeleiderlichaam 1 aan te brengen doteringsconcentraties, zal een dergelijk niet volledige maskering meestal toelaatbaar zijn. Ook kan de bij niet volledige maskering onder de maskering 8,9,10 verkregen doteringshoeveelheid bijvoorbeeld mede voor de instelling van de drempelspanning van in het betreffende halfgeleidergebied te realiseren veldeffekttransistors worden gebruikt.

Voor elk van de lagen 8, 10 en 48 kan een geschikte keuze gemaakt worden uit materialen, zoals siliciumoxide, siliciumnitride en aluminiumoxide. Voor de derde laag 10 kan in het algemeen ook een geschikt metaal, dat in de andere voorbeelden dan het voorbeeld volgens
5 de fig. 12 en 13, niet goed-maskerend behoeft te zijn, worden toegepast. Voor de laag 49 komt behalve halfgeleidermateriaal eventueel ook oxide of bijvoorbeeld polyimide in aanmerking. De laag 9 kan ook uit een geschikte fotolak bestaan. In dat geval kan voor de laag 10 bijvoorbeeld spin-on glass of aluminium, chroom of een ander geschikt metaal worden
10 toegepast.

15

20

25

30

35

Conclusies:

1. Werkwijze ter vervaardiging van een halfgeleiderinrichting, waarbij een halfgeleiderlichaam, dat een hoofdoppervlak en een of meer aan dit hoofdoppervlak gelegen actieve gebieden heeft en waarbij de actieve gebieden op het hoofdoppervlak gezien begrensd zijn door een eerste patroon van veldisolatie, dat een eerste dikte heeft, wordt voorzien
5 van een maskering met een tweede patroon, dat een of meer openingen heeft, die zodanig gelegen zijn, dat via elke opening tenminste een deel van de genoemde een of meer actieve gebieden voor dotering toegankelijk is en voor deze dotering een implantatiebehandeling bij een bepaalde im-
10 plantatieënergie wordt uitgevoerd en waarbij de maskering een van de openingen voorziene laag bevat van een voor de bij de implantatiebehandeling gebruikte ionen half-maskerend materiaal, welke laag een tweede dikte heeft en de bepaalde implantatieënergie zo groot gekozen wordt, dat in het voor dotering toegankelijk deel van de genoemde een of meer
15 actieve gebieden de indringdiepte van de doteringsstof tenminste praktisch gelijk is aan de eerste laagdikte en waarbij de van de openingen voorziene laag geheel van het halfgeleiderlichaam wordt verwijderd, met het kenmerk, dat de van de openingen voorziene laag van half-maskerend materiaal een relatief dikke tweede laag van een tweede materiaal
20 is, die wordt aangebracht op een eveneens tot de maskering behorende, relatief dunne eerste laag van een eerste materiaal, waarbij deze eerste laag tenminste die gedeelten van het oppervlak van het halfgeleiderlichaam bedekt, die korresponderen met de openingen in de tweede laag en het eerste en het tweede materiaal van elkaar verschillend zijn en dat als
25 derde laag van de maskering een relatief dunne laag van een derde materiaal wordt toegepast, die op de tweede laag gelegen is en die een of meer verdere openingen heeft, waarbij elke verdere opening met één van de één of meer openingen in de tweede laag korrespondeert, waarbij het derde materiaal van het tweede materiaal verschilt.
- 30 2. Werkwijze volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat het eerste materiaal verschillend van het materiaal waaruit het patroon van veldisolatie althans in hoofdzaak bestaat, gekozen wordt.
3. Werkwijze volgens conclusie 1 of 2, met het kenmerk, dat het derde materiaal verschillend van het eerste materiaal gekozen wordt.
- 35 4. Werkwijze volgens een of meer van de voorgaande conclusies, met het kenmerk, dat het eerste materiaal van de eerste laag silicium-nitride bevat.
5. Werkwijze volgens een of meer van de voorgaande conclusies,

met het kenmerk, dat als tweede laag een laag wordt toegepast, waarvan althans een deellaag uit halfgeleidermateriaal bestaat.

6. Werkwijze volgens conclusie 5, met het kenmerk, dat tegelijk met de laag van halfgeleidermateriaal van de maskering op een tegenover
5 het eerstgenoemde hoofdoppervlak gelegen, daaraan praktisch evenwijdig tweede hoofdoppervlak van het halfgeleiderlichaam een verdere laag van halfgeleidermateriaal wordt aangebracht.

7. Werkwijze volgens conclusie 6, met het kenmerk, dat voorafgaande aan het aanbrengen van de verdere laag van halfgeleidermateriaal
10 althans een aanmerkelijk deel van het tweede hoofdoppervlak wordt schoon- gemaakt en de verdere laag op dit deel van het tweede hoofdoppervlak direkt op het halfgeleidermateriaal van het halfgeleiderlichaam wordt aangebracht.

8. Werkwijze volgens conclusie 6 of 7, met het kenmerk, dat al-
15 thans voor de verdere laag halfgeleidermateriaal met een relatief hoge concentratie van een doteringsstof wordt toegepast.

9. Werkwijze volgens conclusie 6, 7 of 8, met het kenmerk, dat de verdere laag van halfgeleidermateriaal wordt bedekt met een bescher- mingslaag.

20 10. Werkwijze volgens conclusie 6, 7, 8 of 9, met het kenmerk, dat het halfgeleiderlichaam na de implantatiebehandeling, die met de bepaalde energie wordt uitgevoerd en voorafgaand aan een of meer doteringsbehandelingen voor het verkrijgen van halfgeleiderzones van schakelelementen, aan een getterbehandeling wordt onderworpen.

25 11. Werkwijze volgens een of meer van de voorgaande conclusies, met het kenmerk, dat de tweede dikte van de tweede laag groter gekozen wordt dan de eerste dikte van het patroon van veldisolatie.

30

35

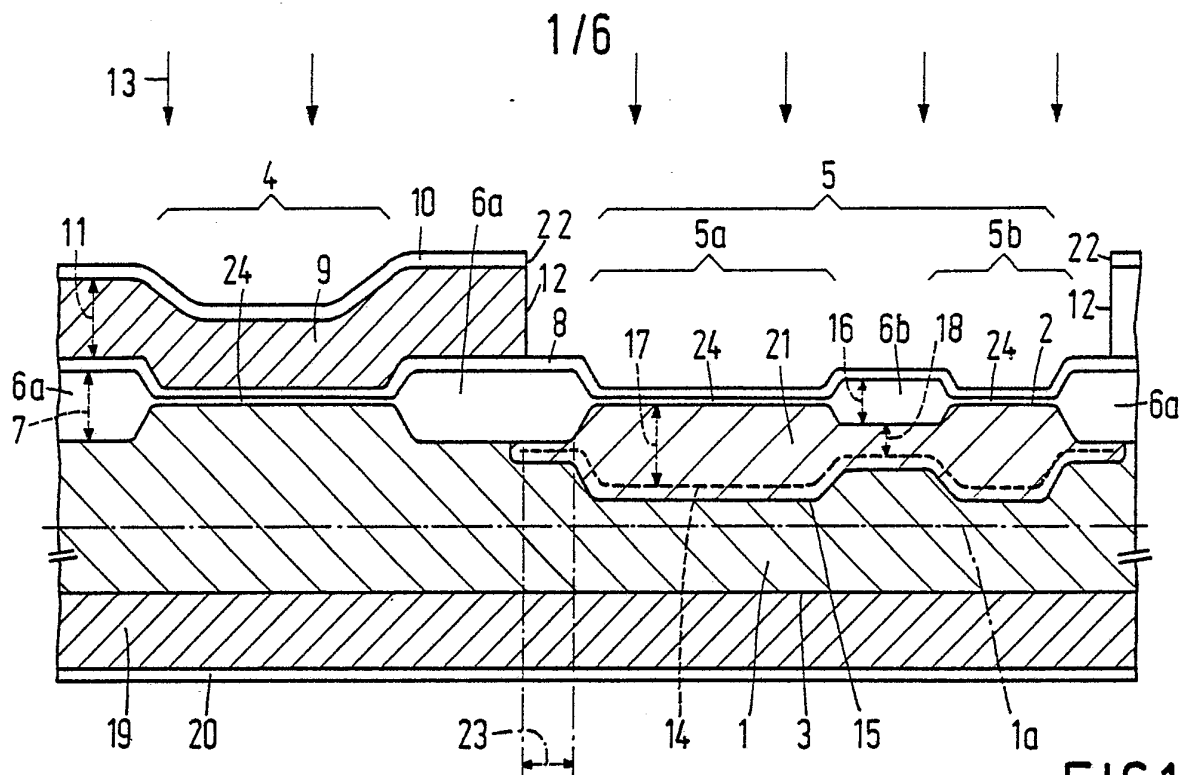


FIG.1

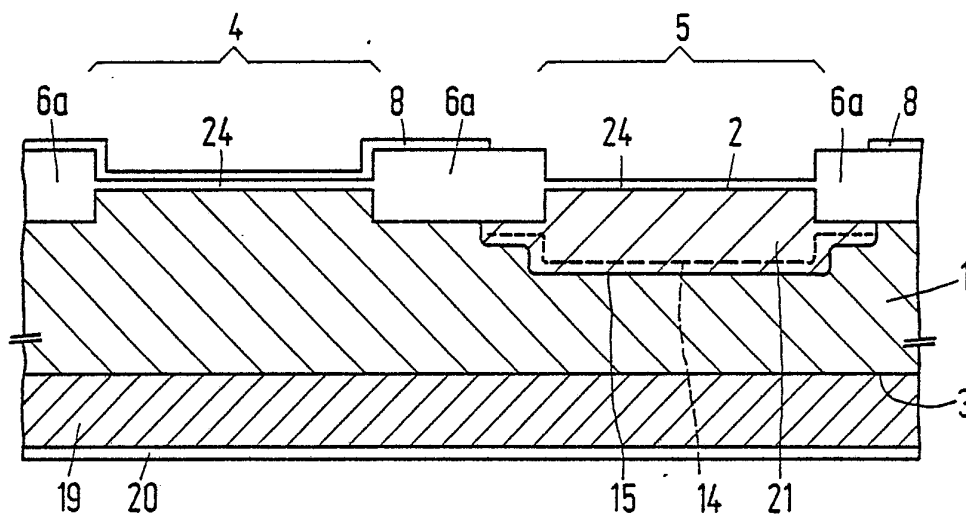


FIG.2

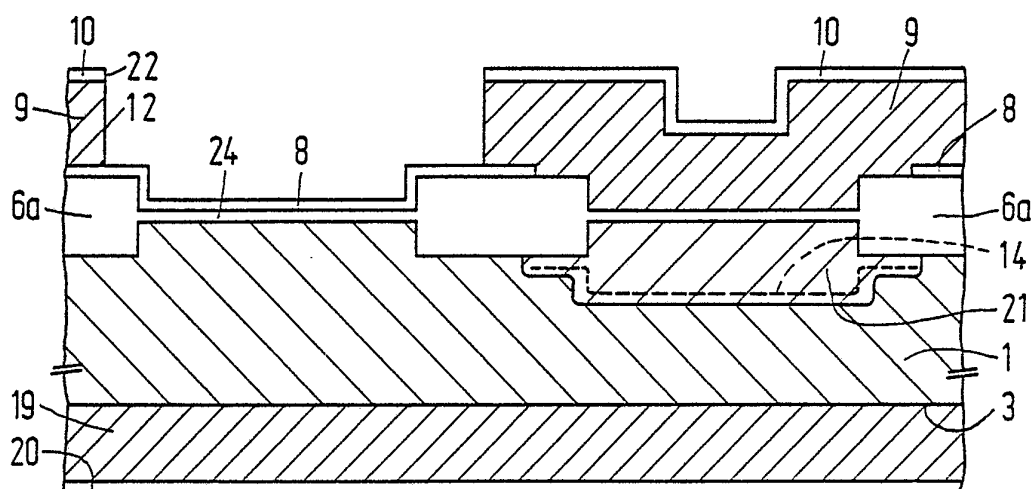


FIG.3

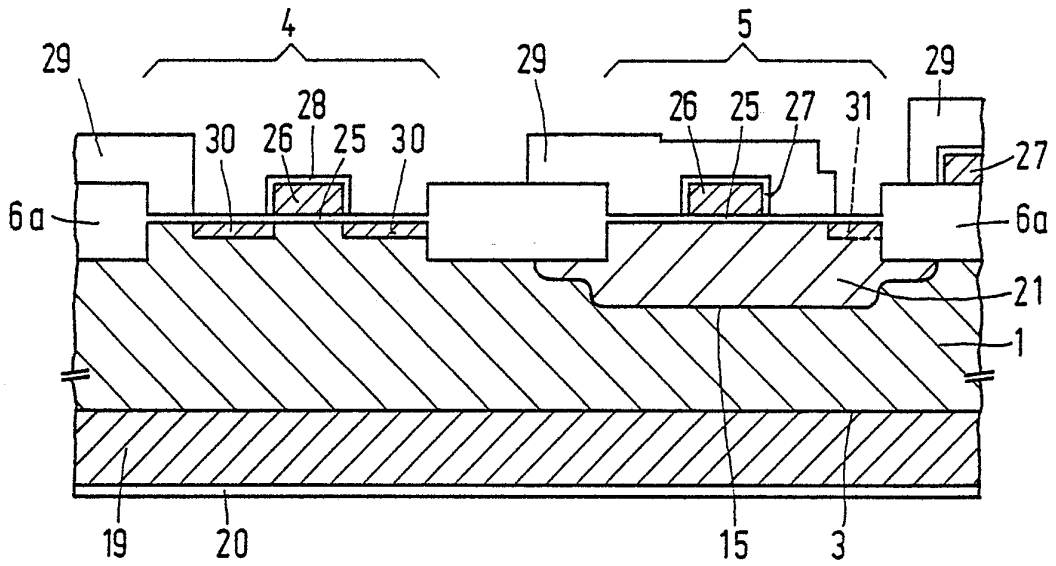


FIG. 4

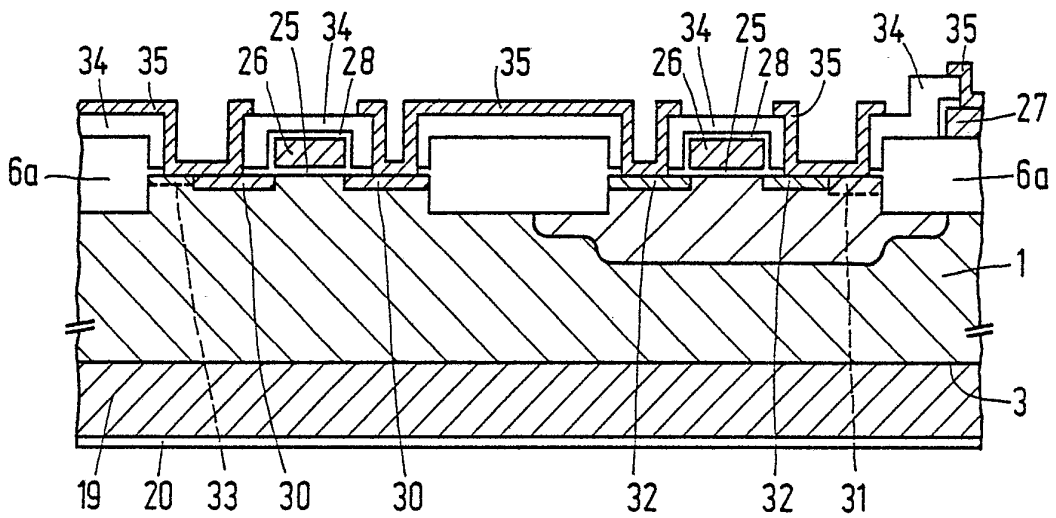


FIG. 5

3/6

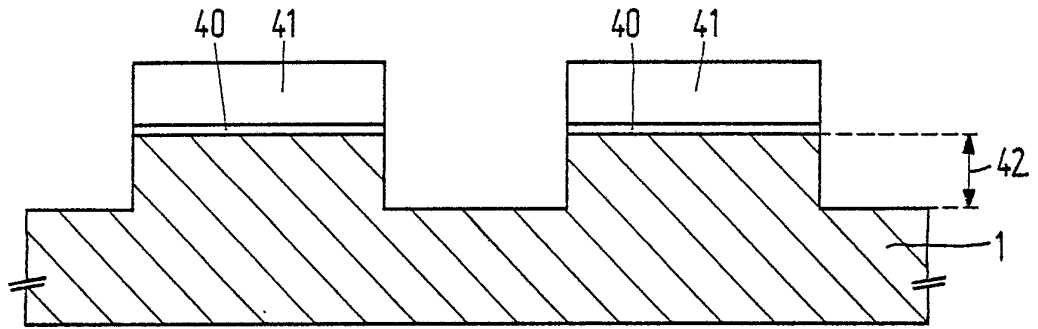


FIG. 6

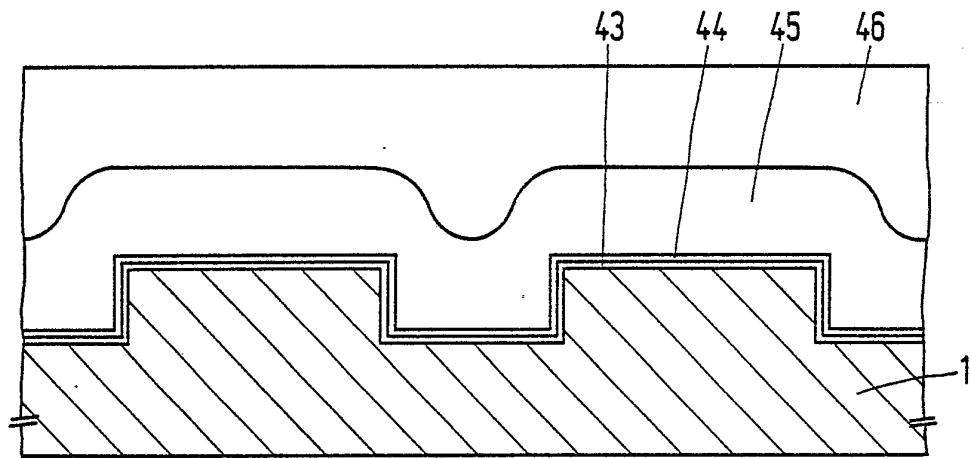


FIG. 7

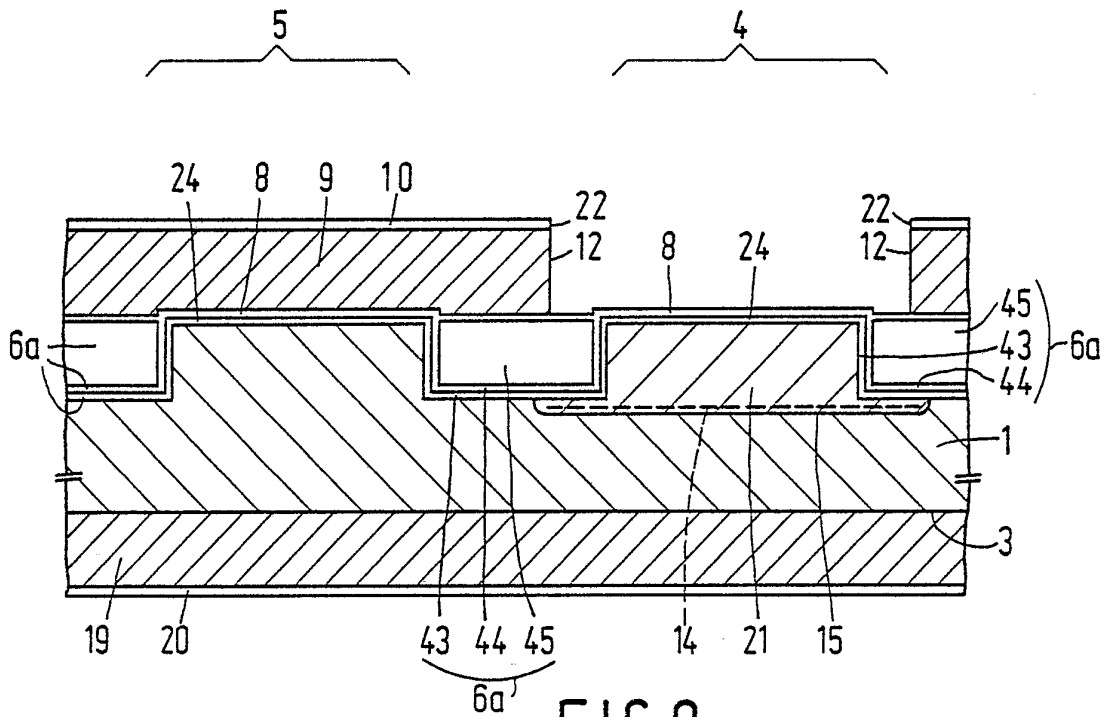


FIG. 8

000000

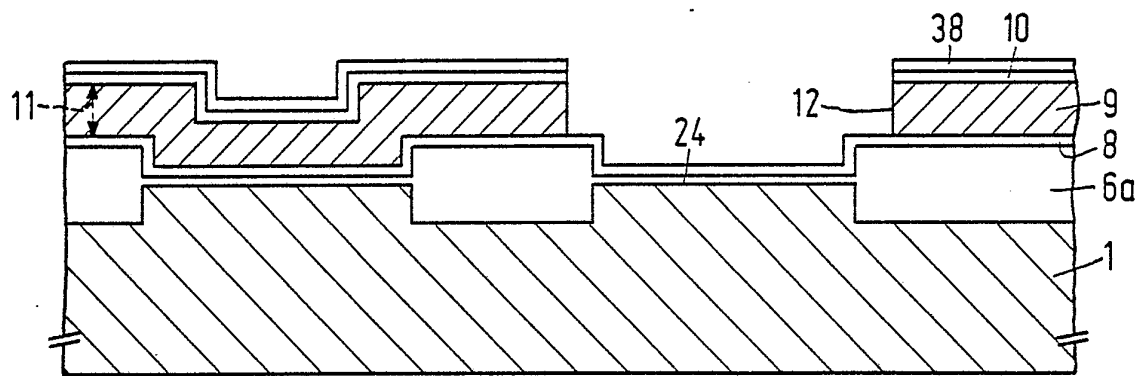


FIG. 12

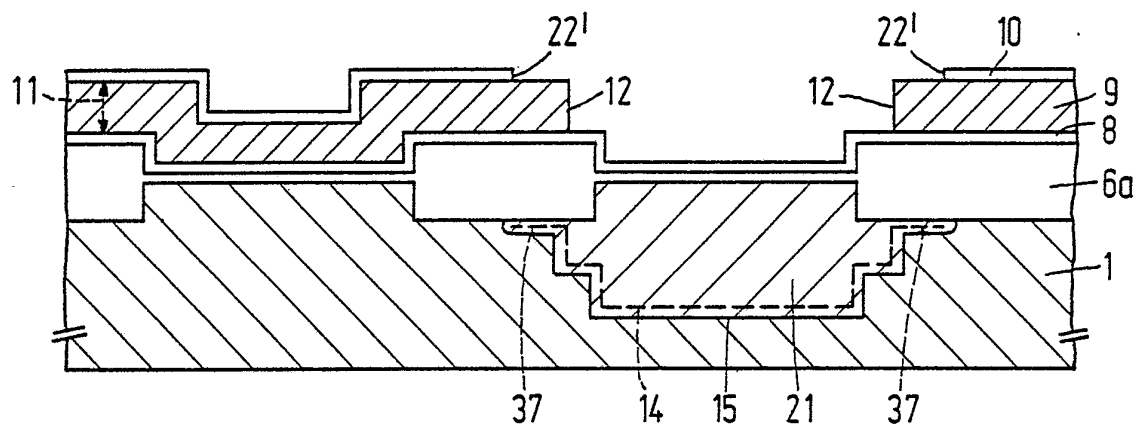


FIG. 13

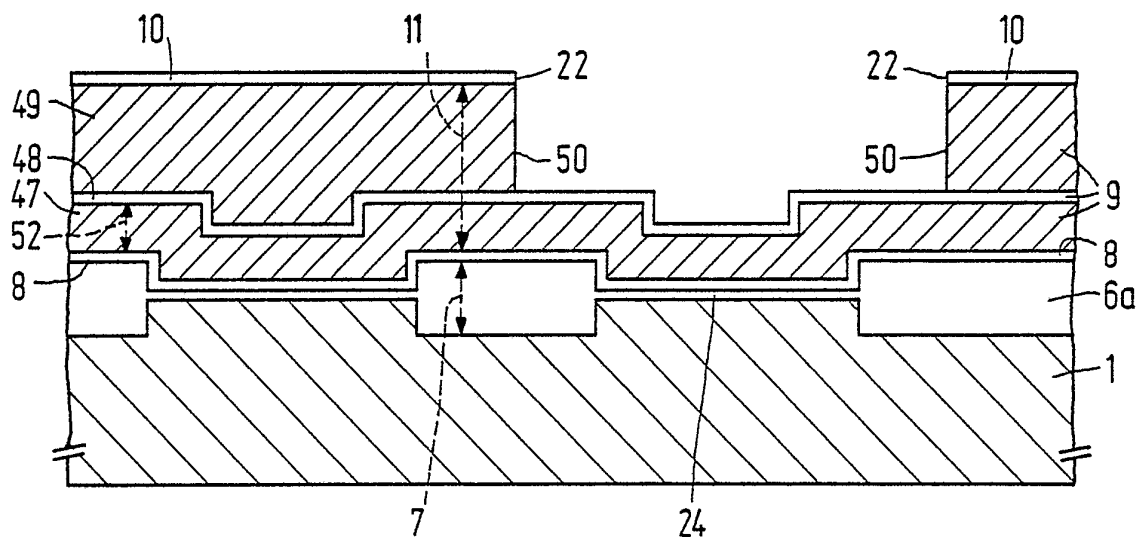


FIG.14

