
Octrooiraad



⑫A **Terinzagelegging** ⑪ **9000972**

Nederland

⑲ NL

- ⑤4 **Werkwijze voor het vervaardigen van een silicium lichaam met een n-type toplaag en een daaraan grenzende, hoger gedoteerde n-type basislaag.**
- ⑤1 Int.Cl.⁵: H01L21/30.
- ⑦1 Aanvrager: N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken te Eindhoven.
- ⑦4 Gem.: Ir. J.E.M. Galama c.s.
Internationaal Octrooibureau B.V.
Prof. Holstlaan 6
5656 AA Eindhoven.

-
- ⑳1 Aanvraag Nr. 9000972.
- ⑳2 Ingediend 24 april 1990.
- ⑳3 --
- ⑳3 --
- ⑳1 --
- ⑳2 --

-
- ④3 Ter inzage gelegd 18 november 1991.

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

Werkwijze voor het vervaardigen van een silicium lichaam met een n-type toplaag en een daaraan grenzende, hoger gedoteerde n-type basislaag.

Werkwijze voor het vervaardigen van een silicium lichaam met een n-type toplaag en een daaraan grenzende, hoger gedoteerde n-type basislaag, door een eerste, n-type plak silicium en een tweede, hoger gedoteerde n-type plak silicium op elkaar te plaatsen en vervolgens door verhitting met elkaar te verbinden, waarbij in de toplaag grenzend aan de basislaag, een grenslaag met een hogere dotering dan de toplaag
5 aangebracht wordt. Door het aanbrengen van deze grenslaag wordt een lage overgangsweerstand tussen toplaag en basislaag gerealiseerd. Het lichaam
10 kan vervolgens worden afgeslepen of afgeëtst om een toplaag met een gewenste dikte te verkrijgen.

Een silicium lichaam verkregen met een dergelijke werkwijze is bijzonder geschikt als uitgangsmateriaal voor het
15 vervaardigen van halfgeleiderinrichtingen, waarbij normaliter een lichaam met een epitaxiale laag dikker dan circa 100 micron als uitgangsmateriaal gebruikt wordt, zoals bij voorbeeld voor hoogspanningshalfgeleiderinrichtingen. Hoogspanningsdiodes of -
transistoren kunnen met behulp van gebruikelijke technieken in de
20 toplaag worden aangebracht. Deze diodes en transistoren kunnen veilig bedreven worden tot een bepaalde spanning, die toeneemt met de dikte en afneemt met de doteringsconcentratie van de toplaag. In de praktijk is de dikte dan ook vaak groter dan 100 microns, terwijl de dotering lager dan 10^{15}cm^{-3} is. De basislaag wordt gebruikt om een kathode of
25 collector aan te sluiten. Vanuit de basislaag kunnen ladingsdragers in de toplaag geïnjecteerd worden. Deze dient daarom zo hoog mogelijk gedoteerd te zijn. Bovendien vormt de basislaag een serieweerstand voor de diode of transistor. Aangezien de basislaag een dikte heeft die even groot is als die van een plak silicium is de serieweerstand relatief
30 groot. Om warmteontwikkeling in de basislaag gering te houden wordt ook om deze reden de basislaag in de praktijk zo hoog mogelijk gedoteerd met meer dan 10^{18} atomen per cm^3 .

9000972

Uit de europese octrooi aanvraag nr. O 190 935 is een werkwijze van de in aanhef genoemde soort bekend, waarbij de grenslaag met hogere dotering wordt gerealiseerd door, voor het verbinden van de beide plakken, in de eerste plak een hoger gedoteerde laag aan te brengen door implantatie of diffusie.

De bekende, beschreven werkwijze heeft als bezwaar, dat tijdens het aanbrengen van de hoger gedoteerde laag de eerste plak, die laag gedoteerd is, verontreinigd kan worden. De hoger gedoteerde laag wordt bij voorbeeld gemaakt via ionen implantatie, een warmtebehandeling in oxyderende atmosfeer en etsen van een tijdens de warmtebehandeling ontstane oxyde laag. Bovendien wordt deze laag zowel tijdens implantatie of diffusie van de dotering alsook tijdens het verbinden van de twee plakken onderworpen aan een warmtebehandeling. Dit betekent dat de doteringsstof van de laag zal wegdifunderen, waardoor een minder steil concentratie profiel van deze stof gerealiseerd wordt. De steilheid van een concentratieprofiel beïnvloedt eigenschappen van halfgeleideren. Zo vertonen hoogspanningsdioden bij voorbeeld een voorwaartsspanning, die afhankelijk is van de steilheid van het concentratieprofiel tussen toplaag en basislaag. Deze spanning, die over de diode valt wanneer daar stroom doorheen loopt wordt des te lager naarmate de steilheid van het concentratieprofiel groter wordt. Ook aan/uit schakelen van halfgeleideren wordt beïnvloedt door de steilheid van het concentratieprofiel. Hoe steiler het concentratieprofiel, des te sneller dit aan/uit schakelen kan gebeuren.

Met de uitvinding wordt onder meer beoogd, genoemde bezwaren te ondervangen.

Daartoe heeft de werkwijze, volgens de uitvinding als kenmerk, dat de grenslaag gevormd wordt door diffusie van een n-type doteringsstof in de eerste plak vanuit de tweede plak tijdens het verhitten, waarbij de concentratie van deze doteringsstof hoger is dan die van als verontreiniging aanwezig boor.

De uitvinding berust op het inzicht dat oppervlakken van silicium plakken praktisch altijd verontreinigd zijn met boor. Tijdens

9000972

het verbinden van twee plakken volgens de bekende werkwijze vormt zich daarom een grensgebied tussen toplaag en basislaag, waarin zich boor zal bevinden. Als bij voorbeeld een eerste laag gedoteerde ($<10^{15}\text{cm}^{-3}$) n-type silicium plak verbonden wordt met een tweede hoger gedoteerde n-type silicium plak dan zal op het grensvlak aanwezig boor bij de 5 verhitting tijdens het verbinden de eerste plak in diffunderen. Aangezien de eerste plak laag gedoteerd is, kan er een grensgebied in de eerste plak ontstaan met een boor concentratie die hoger is dan de som van de concentraties n-type doteringsstoffen in dit gebied. Omdat boor 10 een acceptor is zal dit leiden tot een p-type gebied tussen n-type gebieden. Door de aanwezigheid van dit gebied zal de voorwaartsspanning van een diode vervaardigd met een dergelijk silicium lichaam hoger uitvallen dan zonder dit gebied. Met andere woorden het lijkt of er op het grensvlak tussen toplaag en basislaag een gebied met hoge weerstand 15 aanwezig is.

Door de maatregel volgens de uitvinding wordt het bovengenoemde probleem opgelost door het boor in de eerste plak over te doteren met een n-type doteringsstof. Deze doteringsstof wordt vanuit de tweede plak in de eerste plak gediffundeerd. De laag gedoteerde eerste 20 plak hoeft dan niet reeds voor het verbinden voorzien te worden van een hoger gedoteerde laag, waardoor verontreiniging van de eerste plak voorkomen wordt. Bovendien zal de steilheid van het concentratieprofiel tussen de toplaag en de basislaag toenemen, omdat alleen tijdens het verbinden de twee plakken verhit worden.

Als doteringsstof in de tweede plak zijn arseen, antimoon 25 en fosfor mogelijk. Arseen en antimoon hebben diffusieconstanten, die lager zijn dan die van boor. Dit betekent dat relatief lange diffusietijden noodzakelijk zijn. Het op het grensvlak aanwezige boor zal namelijk sneller de eerste plak indiffunderen dan het arseen of 30 antimoon uit de tweede plak, zodat er een gebied ontstaat waar boor de lage dotering uit de eerste plak kan overdoteren. Door voldoende lang te diffunderen, zal de boor concentratie steeds geringer worden vanwege de beperkte hoeveelheid boor op het grensvlak, terwijl door diffusie van arseen of antimoon uit de tweede plak de n-type dotering in de eerste 35 plak steeds hoger wordt. Er zal dan uiteindelijk een situatie ontstaan waar de concentratie van het boor overal lager is dan die van de n-type doteringen. Bij voorkeur wordt een tweede plak gebruikt, waarbij de

grenslaag wordt gevormd door diffusie van fosfor vanuit de tweede plak in de eerste plak. Fosfor heeft een diffusieconstante, die vergelijkbaar is met die van boor. Door nu de fosfor concentratie zo te kiezen dat ze groter is dan de maximaal optredende boor concentratie zal ook bij
5 uitdiffusie in de eerste plak tijdens bij voorbeeld een temperatuurstap de fosfor concentratie altijd groter zijn dan de boor concentratie. De verhitting tijdens het verbinden is dan ook reeds voldoende om een gewenste grenslaag te realiseren.

Bij voorkeur wordt een tweede plak gebruikt, waarin
10 fosfor over de gehele dikte aanwezig is. Er is dan geen implantatie of diffusie proces nodig om het fosfor aan te brengen, zodat de werkwijze goedkoper wordt. Bovendien is de hoeveelheid fosfor, die beschikbaar is voor uitdiffusie in de eerste plak praktisch onbeperkt. Dit betekent dat met een lagere fosfor concentratie in de tweede plak volstaan kan
15 worden. Dit in tegenstelling tot diffusie vanuit een laag, waar vanwege de beperkte hoeveelheid fosfor, die in de laag aanwezig is, de concentratie in de laag voor het verbinden hoger moet zijn.

Een extra voordeel wordt verkregen als volgens de uitvinding de hoeveelheid fosfor per volume eenheid in de tweede plak
20 groter of gelijk is aan 10^{17}cm^{-3} . Deze dotering is voldoende hoog, om in de praktijk in alle gevallen op het grensvlak een fosfor concentratie te geven, die hoger is dan de concentratie van boor verontreinigingen. Een grensvlak hoeveelheid boor van 10^{12}cm^{-2} geeft bij voorbeeld na 3 uur verhitten op circa 1100°C een maximale
25 boor concentratie van circa 10^{16}cm^{-3} , zodat een fosfor concentratie van 10^{17}cm^{-3} het ontstaan van een p-type gebied kan voorkomen.

In de praktijk wordt de tweede plak zo hoog mogelijk gedoteerd ($> 10^{18} \text{cm}^{-3}$) om zoveel mogelijk ladingsdragers in de toplaat te kunnen injecteren en om een zo gering mogelijke
30 serieweerstand van de basislaag te verkrijgen. Fosfor heeft bij temperaturen, waarbij monokristallijne silicium staven gemaakt worden, een dermate hoge dampdruk, dat er te veel fosfor verdampt om doteringsconcentraties hoger dan 10^{19}cm^{-3} te kunnen realiseren. In de praktijk is een hoge fosfor dotering dan ook slechts beperkt mogelijk
35 bij plakken tot circa 10^{19}cm^{-3} vervaardigd met een 'floating zone' proces. Deze plakken zijn echter mechanisch zwakker dan plakken gegroeid vanuit een smelt via het zogenaamde 'Czochralski' proces. Wil men een

9000972

mechanisch sterkere plak met een doteringsconcentratie hoger dan 10^{18}cm^{-3} als tweede plak dan zal men een via het 'Czochralski' proces gegroeide plak met een dotering van arseen of antimoon moeten gebruiken. Het heeft dan voordeel om een tweede plak te gebruiken, 5 waarin naast fosfor ook antimoon of arseen als doteringsstof aanwezig zijn. In de praktijk kan men een tweede plak gedoteerd met arseen of antimoon gebruiken, waarin bij voorbeeld in het te verbinden oppervlak een fosfor laag gediffundeerd of geïmplanteerd wordt.

Silicium plakken met een n-type dotering hoger dan circa 10 10^{18}cm^{-3} kunnen vervaardigd worden uit silicium staven getrokken vanuit een smelt met antimoon of arseen dotering. Door aan deze smelt fosfor toe te voegen kan op eenvoudige wijze een silicium staaf worden verkregen met zowel een hoge antimoon of arseen dotering, alsook een fosfor dotering. Toevoeging van een hoeveelheid fosfor aan de smelt is 15 een technologisch zeer eenvoudige en goedkope stap, zodat silicium plakken vervaardigd met deze techniek goedkoper kunnen zijn dan silicium plakken met een arseen of antimoon dotering, waarin een fosforlaag via diffusie of implantatie is aangebracht. Bij voorkeur wordt dan ook, volgens de uitvinding een tweede silicium plak gebruikt, die verkregen 20 wordt uit een silicium staaf, die getrokken wordt vanuit een smelt, die zowel antimoon of arseen alsook fosfor bevat.

De uitvinding wordt in het navolgende, bij wijze van 25 voorbeeld, nader toegelicht aan de hand van tekeningen. Hierin tonen:

Figuur 1 de werkwijze voor het vervaardigen van een silicium lichaam met een n-type toplaag en een daaraan grenzende, hoger gedoteerde n-type basislaag.

Figuur 2 doteringsconcentratie als functie van de diepte 30 loodrecht op het oppervlak van een halfgeleiderlichaam, gemaakt door het verbinden van twee plakken.

Figuur 3 een dwarsdoorsnede door een hoogspanningsdiode, gemaakt met een werkwijze volgens de uitvinding.

Figuur 4 een dwarsdoorsnede door een vermogenstransistor 35 gemaakt met een werkwijze volgens de uitvinding.

9000972

De figuren zijn zuiver schematisch en niet op schaal getekend. Overeenkomstige delen zijn in de figuren in het algemeen met dezelfde verwijzingscijfers aangeduid.

Figuur 1 toont de werkwijze voor het vervaardigen van een
5 silicium lichaam met een n-type toplaag en een daaraan grenzende, hoger gedoteerde n-type basislaag. Figuur 1A toont twee silicium plakken 1 en 2. De eerste plak 1 bestaat uit laag gedoteerd n-type materiaal, bij voorbeeld met een fosfor dotering van $8 \times 10^{13} \text{cm}^{-3}$. De tweede plak 2 bestaat uit een hoog gedoteerd materiaal met een dotering van hetzelfde
10 geleidingstype, bij voorbeeld met een antimoon dotering van $2.1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$. De dikte van plakken 1 en 2 bedraagt circa 400 microns. Oppervlakken 3 en 4 van de plakken 1 en 2 worden met elkaar verbonden. Daartoe worden de oppervlakken 3 en 4 eerst gepolijst om optisch gladde oppervlakken te verkrijgen en daarna geëktiveerd door
15 een chemisch-mechanische fijnpolijst behandeling, waarbij gebruik gemaakt wordt van bij voorbeeld collofdaal siliciumdioxide in een alkalische oplossing met een oxydant, bij voorbeeld de polijstvloeistof bekend onder de naam Syton van Monsanto. De twee plakken 1 en 2 worden dan via oppervlakken 3 en 4 in contact gebracht in een stofvrije
20 omgeving. De verbonden plakken worden vervolgens aan een verhittingsstap onderworpen om de adhesie tussen plakken 1 en 2 te vergroten, bij voorbeeld 3 uur op 1120°C . Dan resulteert na afetsen of polijsten van plak 1 tot een gewenste dikte een halfgeleiderlichaam 5 als geschetst in figuur 1B. Een grensvlak 6 ontstaan uit de oppervlakken 3 en 4 vormt de
25 overgang tussen de laag gedoteerde toplaag 1' ontstaan uit plak 1 en de hoog gedoteerde basislaag 2' ontstaan uit plak 2.

De eigenschappen van halfgeleiderinrichtingen vervaardigd met behulp van halfgeleiderlichaam 5 blijken echter niet optimaal te zijn. Vermoed wordt dat dit te maken heeft met een hoogohmige
30 weerstandslaag grenzend aan het grensvlak 6. Het grensvlak 6 is daarom nader onderzocht. De laag gedoteerde toplaag 1' werd daartoe 4 micron dik gemaakt en met behulp van SIMS (Secondary Ion Mass Spectrometry) onderzocht. Hierbij werden 10.5 keV primaire O_2^+ ionen gebruikt. De SIMS resultaten werden samen met resultaten van een simulatie programma
35 gebruikt om de doteringsconcentraties te beschrijven. Het resultaat is te zien in figuur 2A. Horizontaal is de diepte Z in micrometers onder het oppervlak 7 van lichaam 5 (fig. 1B) uitgezet. De laag gedoteerde

9000972

toplaag 1' bevindt zich tussen $Z=0$ en $Z=4$, de hoog gedoteerde basislaag 2' bij $Z>4$. Bij $Z=0$ bevindt zich oppervlak 7 en bij $Z=4$ het grensvlak 6. Verticaal is de doteringsconcentratie C in cm^{-3} uitgezet. Lijnen 10, 11 en 12 laten respectievelijk de fosfor, de
5 antimoon en de boor concentratie zien. Figuur 2A geeft concentratieprofielen voor een halfgeleiderlichaam 5 gemaakt zoals voorheen bij figuur 1 beschreven. Het is duidelijk dat rond het grensvlak 6 (bij $Z=4$) boor aanwezig is. Deze boor verontreiniging blijkt praktisch altijd op silicium plakken aanwezig te zijn. De lijn 12 laat
10 zien dat het boor tijdens het verhitten in de toplaag 1' en de basislaag 2' gediffundeerd is. De totale boor dosis bedraagt $7.3 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2}$. We merken op dat een gedeelte van het fosfor uit de toplaag 1' in de basislaag 2' gediffundeerd is (lijn 10), terwijl een gedeelte van het antimoon uit de basislaag 2' in de toplaag 1'
15 gediffundeerd is (lijn 11). De diffusieconstante van antimoon is circa tien keer lager dan die van boor, zodat dus het oorspronkelijk op het grensvlak 6 aanwezige boor sneller de toplaag 1' in diffundeert dan het antimoon van de basislaag 2'. Hierdoor ontstaat er een gebied 13
20 gelegen tussen $Z=2$ en $Z=3$ waar de boor concentratie hoger is dan de som van de fosfor en de antimoon concentratie. Omdat boor een acceptor is zal dit leiden tot een p-type gebied tussen de n-type toplaag 1' en de n-type basislaag 2'. De boor verontreiniging veroorzaakt dus extra pn overgangen, hetgeen een ongunstige invloed op de eigenschappen van halfgeleiderinrichtingen gemaakt met halfgeleiderlichaam 5 heeft.

25 De uitvinding geeft nu een manier aan om een halfgeleiderlichaam 5 te maken, waarin goede halfgeleiderinrichtingen te fabriceren zijn. Daartoe wordt in de toplaag 1' grenzend aan de basislaag 2', een grenslaag met een hogere dotering dan de toplaag
aangebracht, waarbij de grenslaag gevormd wordt door diffusie van een n-
30 type doteringsstof in de eerste plak 1 vanuit de tweede plak 2 tijdens het verhitten, waarbij de concentratie van deze doteringsstof hoger is dan die van als verontreiniging aanwezig boor. De n-type doteringsstof bestaat bij voorkeur uit fosfor. Het aanbrengen van fosfor in plak 2 kan op traditionele wijze met behulp van ionenimplantatie of diffusie
35 geschieden. Bij voorkeur wordt echter voor plak 2 een plak gebruikt, waarin fosfor over de gehele dikte aanwezig is. Figuur 2B laat de doteringsconcentraties zien wanneer een plak 2 met een fosfor dotering

van $1 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ gebruikt wordt in plaats van een plak met een antimoon dotering als in figuur 2A. Wanneer de hoeveelheid fosfor per volume eenheid groter of gelijk is aan 10^{17}cm^{-3} dan zal in de praktijk in alle gevallen na het verbinden de som van de

5 fosforconcentraties 10 en 14 in plak 1 groter zijn dan de boorconcentratie 12. Een extra voordeel wordt verkregen, wanneer voor de tweede plak een plak gebruikt wordt, waarin naast fosfor ook antimoon of arseen als doteringsstof aanwezig zijn. Het antimoon of arseen kan dan dermate hoog gedoteerd worden dat in de basislaag voldoende

10 ladingsdragers voor injectie in de top laag aanwezig zijn en dat de basislaag een lage serieweerstand vormt, terwijl het fosfor zorgt dat het als verontreiniging aanwezig boor wordt overgedoteerd, zodat tussen top- en basislaag geen grote overgangsweerstand ontstaat. Bij voorkeur wordt een dergelijke plak 2 verkregen uit een siliciumstaaf, die

15 getrokken wordt vanuit een smelt, die zowel antimoon of arseen alsook fosfor bevat. Voor plak 2 wordt dan bij voorbeeld een plak gebruikt met een arseen dotering van $5 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ en een fosfor dotering van $5 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$. Figuur 2C geeft de doteringsconcentraties in lichaam 5 na verbinden. De lijn 14 geeft de fosfor concentratie ontstaan vanuit de

20 tweede plak 2 en lijn 11 de arseen dotering. We constateren dat de boorconcentratie 12 nergens hoger is dan de som van de arseen en de fosforconcentraties 11, 10 en 14, zodat nergens een p-type gebied ontstaat. Een halfgeleiderlichaam 5 gemaakt met een werkwijze volgens de

uitvinding, waarbij het als verontreiniging aanwezig boor is

25 overgedoteerd met een n-type doteringsstof, kan als basis dienen voor de vervaardiging van goede halfgeleiderinrichtingen.

Figuur 3 schetst een toepassing van het halfgeleiderlichaam 5 verkregen met de werkwijze van de uitvinding. In een halfgeleiderlichaam 5 wordt in oppervlak 7 als voorbeeld een

30 acceptor laag 20 van boor met een dotering van $1 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ aangebracht met gebruikelijke technieken, waarna op oppervlak 7 en 21 een metallisering 22 en 23 van bij voorbeeld aluminium wordt aangebracht. De zo ontstane structuur fungeert als een

hoogspanningsdiode met laag 22 de kathode en laag 23 de anode.

35 Figuur 4 schetst een vermogenstransistor verkregen met de werkwijze volgens de uitvinding. Uitgangspunt is weer het halfgeleiderlichaam 5. Met standaardtechnieken zijn in de laag

9000972

gedoteerde toplaag 1 p-type gedoteerd gebied 30 met $2 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$
boor dotering en n-type gedoteerd gebied 31 met bij voorbeeld
 $1 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$ arseen gecreëerd. Zo ontstaat een npn structuur, die
als transistor kan fungeren. Via metalliseringslagen 32 gemaakt van bij
5 voorbeeld aluminium is het p-type gebied 30 verbonden met de
basisaansluiting, terwijl via metalliseringslaag 33 het n-type gebied 31
verbonden is met de emitter van de transistor. Oppervlak 35 van
basislaag 2 wordt gemetalliseerd met laag 34 van aluminium en wordt
verbonden met de collectoraansluiting.

9000972

Conclusies:

1. Werkwijze voor het vervaardigen van een silicium lichaam met een n-type toplaag en een daaraan grenzende, hoger gedoteerde n-type basislaag, door een eerste, n-type plak silicium en een tweede, hoger gedoteerde n-type plak silicium op elkaar te plaatsen en vervolgens door
5 verhitting met elkaar te verbinden, waarbij in de toplaag grenzend aan de basislaag, een grenslaag met een hogere dotering dan de toplaag
aangebracht wordt, met het kenmerk, dat de grenslaag gevormd wordt door
diffusie van een n-type doteringsstof in de eerste plak vanuit de tweede
plak tijdens het verhitten, waarbij de concentratie van deze
10 doteringsstof hoger is dan die van als verontreiniging aanwezig boor.
2. Werkwijze volgens conclusie 1, met het kenmerk dat de grenslaag wordt gevormd door diffusie van fosfor vanuit de tweede plak
in de eerste plak.
3. Werkwijze volgens conclusie 2, met het kenmerk dat
15 een tweede plak wordt gebruikt, waarin fosfor over de gehele dikte aanwezig is.
4. Werkwijze volgens conclusie 3, met het kenmerk dat een tweede plak wordt gebruikt, waarin de hoeveelheid fosfor per volume
eenheid groter of gelijk is aan 10^{17}cm^{-3} .
- 20 5. Werkwijze volgens conclusie 2, met het kenmerk dat een tweede plak wordt gebruikt, waarin naast fosfor ook antimoon of
arseen als doteringsstof aanwezig zijn.
6. Werkwijze volgens conclusie 5, met het kenmerk dat een tweede plak wordt gebruikt, die verkregen wordt uit een silicium
25 staaf, die getrokken wordt vanuit een smelt, die zowel antimoon of
arseen alsook fosfor bevat.

9000972

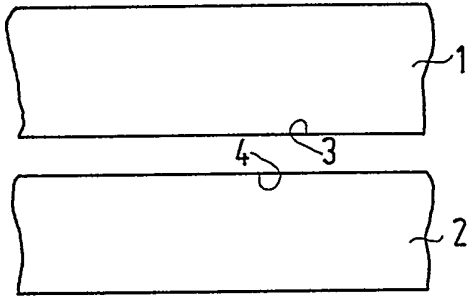


FIG.1A

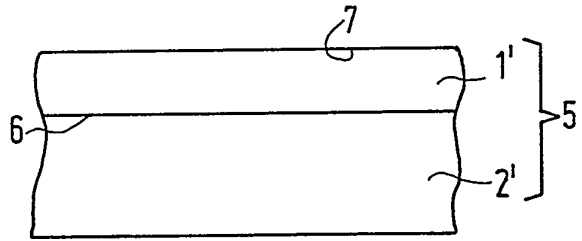


FIG.1B

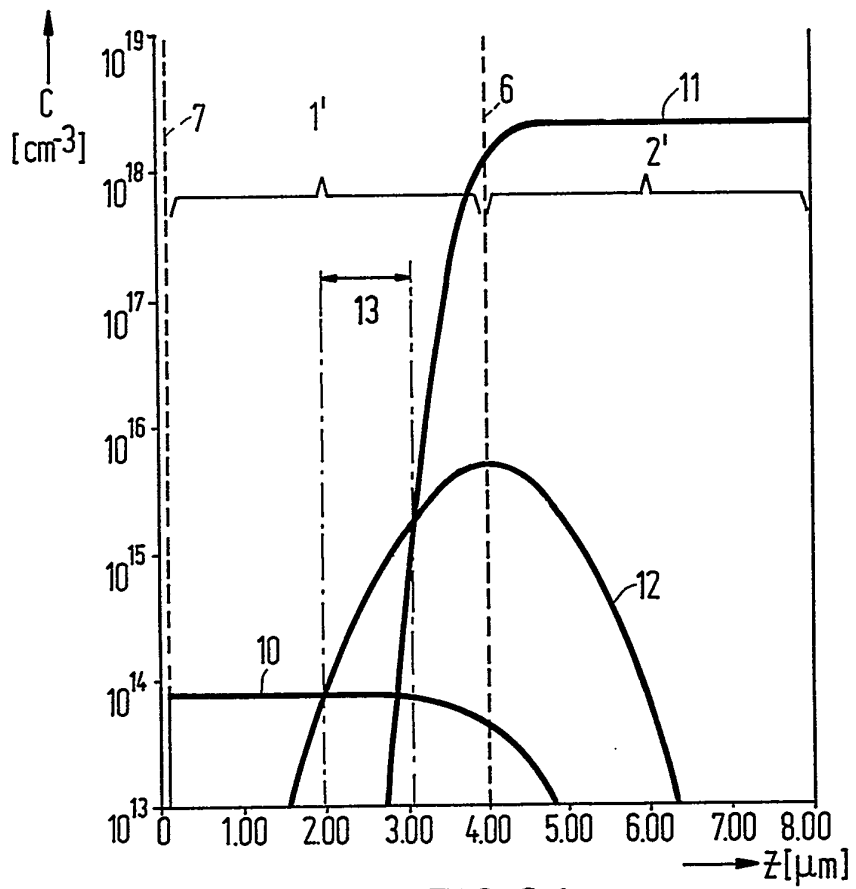


FIG.2A

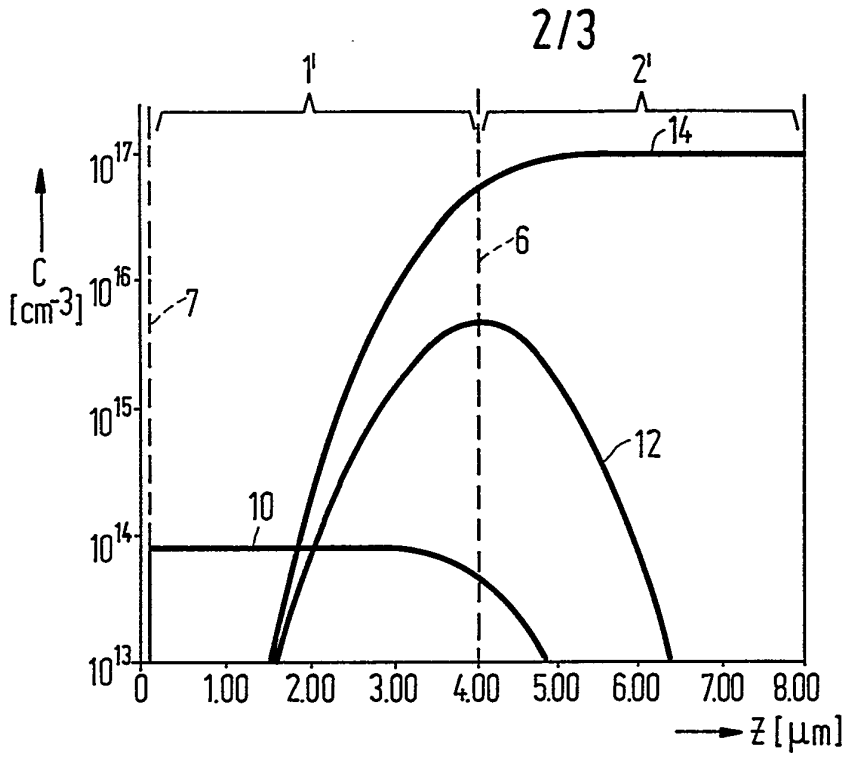


FIG. 2B

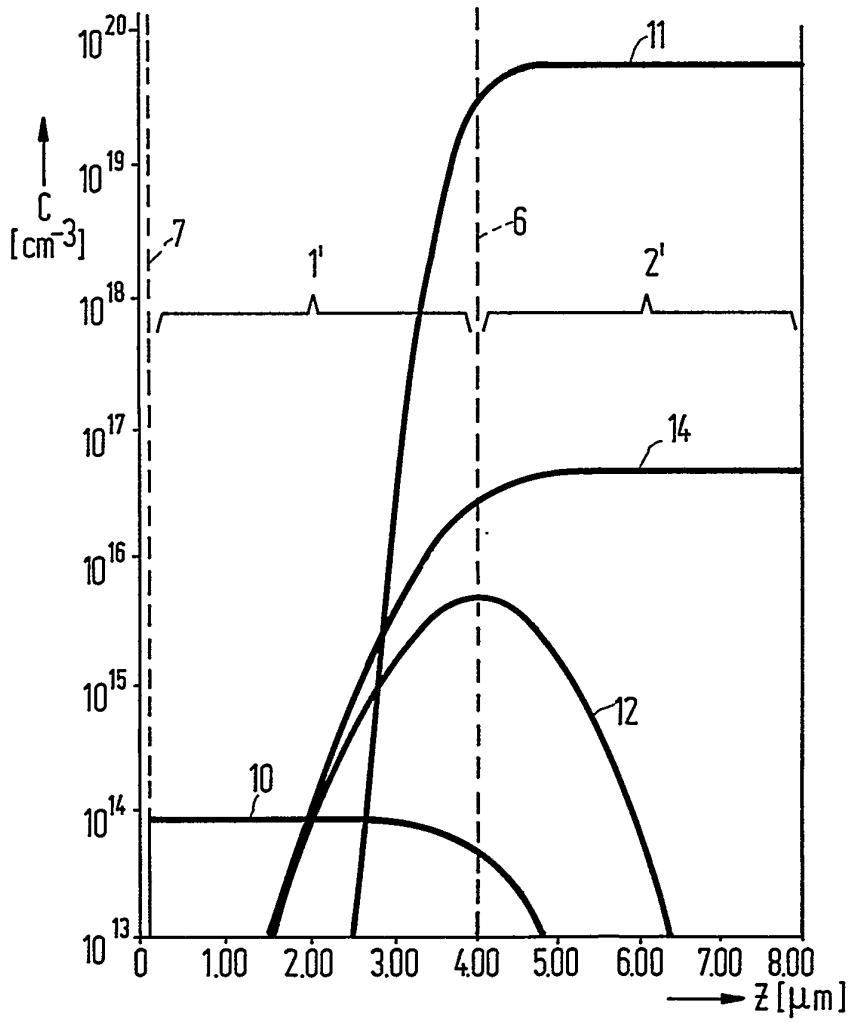


FIG. 2C

9000972

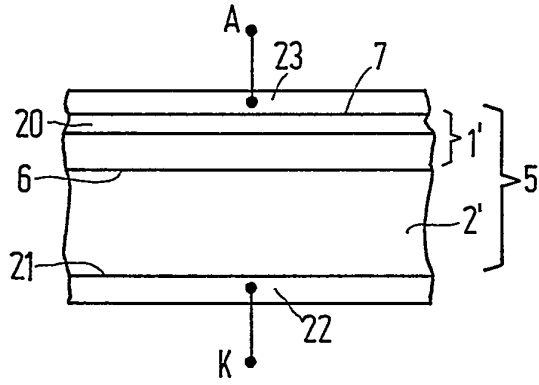


FIG. 3

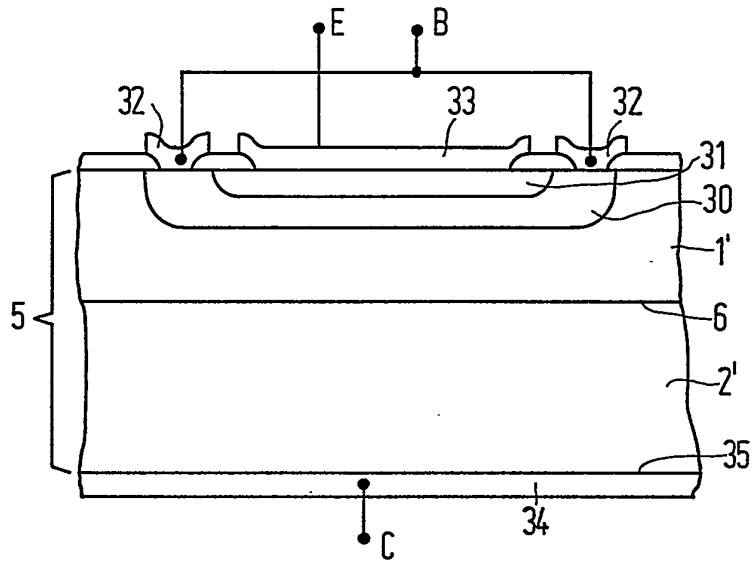


FIG. 4