Octrooiraad

(10)A **Terinzagelegging** (11) **7902878**

Nederland (19) **NL**

(54) **Werkwijze ter vervaardiging van een halfgeleiderinrichting.**

(51) Int.Cl³.: H01L21/30, H01L21/265, H01L29/78, H01L27/10.

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

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

(21) Aanvrage Nr. 7902878.

(22) Ingediend 12 april 1979.

(32) - -

(33) - -

(31) - -

(23) - -

(61) - -

(62) - -

(43) Ter inzage gelegd 14 oktober 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.

Werkwijze ter vervaardiging van een halfgeleiderinrichting.

De uitvinding heeft betrekking op een werkwijze voor het vervaardigen van een halfgeleiderinrichting, waarbij op het oppervlak van althans een deel van een halfgeleidergebied van silicium een isolerende laag wordt aangebracht, op welke isolerende laag een siliciumlaag wordt aangebracht die met behulp van een maskeringslaag in een patroon wordt geëtst, waarna het vrijliggende oppervlak van het siliciumpatroon door thermisch oxyderen van een siliciumoxydelaag wordt voorzien, tijdens welke oxydatie het onder de isolerende laag gelegen siliciumgebied nagenoeg niet wordt geoxydeerd.

De uitvinding heeft voorts betrekking op een halfgeleiderinrichting, vervaardigd door toepassing van de werkwijze.

Een werkwijze van de beschreven soort is bekend uit de Nederlandse octrooiaanvrage 7116013. Bij deze bekende werkwijze wordt op het siliciumgebied een isolerende laag van oxydatieverhinderend materiaal, bijvoorbeeld een, desgewenst op en/of onder een dunne oxydelaag gelegen siliciumnitridelaag aangebracht. Deze isolerende laag verhindert tijdens de thermische oxydatie van het er op aangebrachte siliciumpatroon de oxydatie van het aan weerszijden van het patroon gelegen siliciumoppervlak. Daardoor kan zonder bezwaar het siliciumpatroon voorzien worden van een relatief dikke oxydelaag, hetgeen van belang kan zijn bijvoorbeeld

wanneer het siliciumpatroon door deze oxydelaag van een erboven gelegen geleider moet worden geïsoleerd, of wanneer het geoxydeerde siliciumpatroon als etsmasker voor het etsen van contactvensters in de isolerende laag moet worden gebruikt.

In de praktijk stuit de genoemde toepassing van een siliciumnitridelaag echter vaak op bezwaren. Zo kan, in het bijzonder bij MOS-transistoren, ladingsinjectie vanuit het siliciumsubstraat in de nitridelaag aan de zijde van de afvoerzone, waar de veldsterkte hoog is, de drempelspanning veranderen. Ook is het, wanneer het siliciumpatroon als stuurelektrode van een veldeffektinrichting wordt gebruikt, vaak moeilijk om de combinatie van de siliciumnitridelaag met de onderliggende oxydelaag en eventuele verdere lagen, die tezamen de genoemde isolerende laag vormen, de voor de stuurelektrode-isolatie gewenste geringe dikte te geven. Verder is het moeilijk, om bij samengestelde oxyde-nitridelagen het aantal oppervlaktetoestanden en interface-toestanden even laag te houden als wanneer alléén een silicium-oxydelaag wordt gebruikt. Bovendien zijn, in het geval dat contactvensters in de isolerende laag boven het niet-geoxydeerde siliciumgebied moeten worden geëtst, voor het verwijderen van samengestelde oxyde-nitridelagen meerdere etsstappen vereist.

Opgemerkt wordt verder, dat uit het Duitse octrooischrift 2250129 een werkwijze bekend is voor het vormen van oxydelagen van verschillende dikte op een siliciumoppervlak, door vóór de oxydatie plaatselijk oxydatie bevorderende en plaatselijk oxydatieremmende ionen in het oppervlak te implanteren. Een toepassing van deze werkwijze voor het verkrijgen van een relatief dikke oxydelaag op een siliciumpatroon dat door een dunne oxydelaag van een onderliggend siliciumgebied wordt gescheiden, zonder daarbij dit siliciumgebied merkbaar te oxyderen is echter aan dit octrooischrift niet te ontlenen.

De uitvinding beoogt onder meer, een werkwijze aan te geven voor het vervaardigen van een halfgeleiderinrichting voorzien van een door een isolerende laag van het

onderliggende halfgeleideroppervlak gescheiden, geoxydeerd siliciumpatroon zonder de noodzaak van het neerslaan van een siliciumnitride bevattende laag.

Een werkwijze van de in de aanhef beschreven soort is volgens de uitvinding daardoor gekenmerkt, dat een isolerende laag van siliciumoxyde wordt aangebracht en dat ná het in patroon etsen van de siliciumlaag en vóór de thermische oxydatie in aanwezigheid van althans een deel van de maskeringslaag via de isolerende laag door ionenimplantatie in het oppervlak van het siliciumgebied aan weerszijden van het siliciumpatroon oxydatieremmende ionen worden aangebracht, waarbij de op het siliciumpatroon aanwezige delen van de maskeringslaag tegen deze implantatie maskeren.

Opgemerkt dient te worden, dat onder ionenimplantatie in deze aanvraag mede begrepen wordt een bij deze implantatie behorende thermische nabehandeling (z.g."annealen"). De oxydatieremmende ionen kunnen bijvoorbeeld onder omstandigheden eerst tijdens deze thermische nabehandeling door diffusie in het siliciumgebied doordringen.

Door toepassing van een ionenbombardement op de beschreven wijze kan het gebruik van siliciumnitride bevattende lagen met de eerder beschreven daaraan verbonden nadelen worden vermeden, terwijl toch alle voordelen met betrekking tot zelf-uitrichting behouden blijven.

De uitvinding kan in principe worden toegepast onder gebruikmaking van elk gewenst oxydatieremmend ion. Bij voorkeur echter gebruikt men stikstofionen, die niet als donor of als acceptor werken en zeer goede oxydatieremmende eigenschappen hebben. Met voordeel wordt verder een zodanige implantatie-energie gekozen, dat de maximumconcentratie van de oxydatieremmende ionen zich binnen een afstand van ongeveer 20 nm van het grensvlak tussen de isolerende oxydelaag en het siliciumgebied,hetzij in het siliciumgebied of in de oxydelaag, bevindt. De concentratie van de geïmplanteerde oxydatieremmende ionen aan het grensvlak tussen de isolerende oxydelaag en het siliciumgebied bedraagt bij voorkeur tenminste 10^{21} ionen per

cm^3, teneinde een effektieve oxydatieremmende werking te verkrijgen.

De afremming van de thermische oxidatie van silicium door implantatie van bijvoorbeeld stifstofionen is veel effektiever wanneer de stikstofionen in of door een SiO_2 laagje worden geïmplanteerd, zodanig dat de range van de implantatie in de buurt van het Si/SiO_2 grensvlak ligt, dan wanneer dezelfde implantatie met dezelfde ionendosis wordt toegepast op onbedekt silicium, of op silicium dat bedekt is met een laagje SiO_2 dat dun is ten opzichte van de range van de implantatie.

Een verdere voorkeursuitvoering van de werkwijze volgens de uitvinding is daardoor gekenmerkt, dat het siliciumgebied voorzien wordt van een althans ten dele in het gebied verzonken oxydepatroon, dat een deel van het siliciumgebied omringt, op welk deel de isolerende laag van siliciumoxyde wordt aangebracht, en dat het siliciumpatroon gedeeltelijk op het verzonken oxydepatroon wordt aangebracht. Deze voorkeursuitvoering geeft niet alleen een grote pakkingsdichtheid doch maakt ook een grotere mate van zelfuitrichting mogelijk, in het bijzonder in het geval dat in de isolerende laag contactvensters worden geëtst. Daarbij kunnen dan met voordeel het verzonken oxydepatroon en/of het geoxydeerde siliciumpatroon als etsmasker worden gebruikt.

De uitvinding zal nader beschreven worden aan de hand van enkele uitvoeringsvoorbeelden en de tekening, waarin Figuur 1 t/m 4, 6A t/m 8B, 10A en 10B schematisch in dwarsdoorsnede een veldeffekttransistor met geïsoleerde stuurelektrode-ionen in opeenvolgende stadia van vervaardiging volgens de uitvinding, Figuur 5 en 9 bovenaanzichten van de veldeffekttransistor in het stadium van Figuur 6A en 6B respektievelijk Figuur 10A en 10B tonen,

Figuur 10C een dwarsdoorsnede overeenkomend met Figuur 10A toont bij een variant van de werkwijze volgens de uitvinding,

Figuur 11 t/m 16 schematisch in dwarsdoorsnede een ladingsgekoppelde inrichting (CCD) tonen in opeenvolgende stadia van vervaardiging volgens de uitvinding,

Figuur 17 oxydatiekarakteristieken van silicium met en zonder stikstofionenimplantatie toont,
Figuur 18 oxydatiekarakteristieken van door verschillende oxydedikten heen met stikstofionen gebombardeerd silicium toont, en
Figuur 19 schematisch een dwarsdoorsnede door een andere halfgeleiderinrichting toont in een stadium van vervaardiging volgens een variant van de uitvinding.

De figuren zijn schematisch en niet op schaal getekend, waarbij in het bijzonder de afmetingen in de dikterichting sterk zijn overdreven.

De Figuren 1 t/m 10B tonen schematisch opeenvolgende stadia van een eerste uitvoeringsvorm van de werkwijze volgens de uitvinding, waarbij een MOS-transistor wordt vervaardigd. Uitgegaan wordt (zie Fig. 1) van een halfgeleiderlichaam met een halfgeleidergebied 1 van silicium. In dit voorbeeld bestaat het gehele halfgeleiderlichaam uit silicium, hoewel dit geenszins noodzakelijk is. Het siliciumgebied 1 dat in de tekening is weergegeven bestaat bijvoorbeeld uit p-type silicium met een soortelijke weerstand van 30 ohm cm. Het gebied 1 kan bijvoorbeeld een epitaxiale laag zijn, doch kan ook gevormd worden door een homogeen eenkristallijn siliciumplaatje, zoals in het hier besproken geval. Het gebied 1 wordt door selectieve oxydatie voorzien van een oxydepatroon 2, dat een dikte heeft van ongeveer 2/um en over een diepte van ongeveer 1/um in het gebied 1 is verzonken. Het oxydepatroon 2 omringt in dit voorbeeld een vierkant deel van het siliciumgebied 1. De omtrek van dit deel is in bovenaanzicht in de figuren 5 en 9 met (a) aangeduid. Het aanbrengen van het oxydepatroon 2 geschiedt op in de halfgeleidertechniek algemeen gebruikelijke wijze, zoals beschreven in Philips Research Reports, Vol.25, 1970, blz. 118-132. De wijze van aanbrengen van dit verzonken oxydepatroon is verder voor de uitvinding van geen belang en zal hier dan ook niet in detail beschreven worden. In plaats van een verzonken oxydepatroon kan ook een oxydepatroon worden aangebracht dat zich niet onder het siliciumoppervlak 3 uitstrekt, bijvoorbeeld door pyrolithisch neerslaan van

oxyde, of door eerst het gehele oppervlak van een 2/um dikke oxydelaag te voorzien en deze binnen het genoemde vierkante gebied weg te etsen.

Op het oppervlak 3 van het siliciumgebied 1 wordt nu (zie Fig. 2) een isolerende laag 4 aangebracht, door thermische oxydatie bij 950° in droge zuurstof gedurende 135 minuten. De oxydelaag 4 heeft een dikte van 0,07/um.

Daarna wordt (zie Fig. 3) op de isolerende laag 4 (en ook op het oxydepatroon 2) een laag 5 van polykristallijn silicium neergeslagen, volgens in de halfgeleidertechniek algemeen gebruikelijke methoden. De siliciumlaag 5 is in dit voorbeeld N-type geleidend, heeft een dikte van bijvoorbeeld 0,5/um en heeft een laagweerstand van ongeveer 30 ohm per vierkant.

De siliciumlaag 5 wordt vervolgens door thermische oxydatie voorzien van een 0,2/um dikke laag 6 van siliciumoxyde, zie Fig. 4.

Op de plaats waar later een contactvenster op de stuurelektrode van de MOS-transistor zal moeten worden aangebracht, wordt nu de oxydelaag 6 in dikte gereduceerd tot ongeveer 0,05/um. Daartoe wordt (zie Fig.6A en 6B) de oxydelaag 6 bedekt met een fotolaklaag 7, waarin door belichten en ontwikkelen een venster 8 (zie Figuur 5 en Fig. 6B) wordt gevormd. Figuur 6A geeft schematisch een dwarsdoorsnede volgens de lijn AA', en Figuur 6B geeft schematisch een dwarsdoorsnede volgens de lijn BB' van Figuur 5 weer. Daarna wordt binnen het venster 8 de oxydelaag 6 tot op een dikte van 0,05/um weggeëtst waarna het fotolakmasker 7 wordt verwijderd. Men kan ook binnen het venster 8 de oxydelaag 6 geheel wegetsen en later door een lichte oxydatie weer een oxydelaag van 0,05/um dikte aanbrengen.

Vervolgens wordt de siliciumlaag 6 met de daarop aanwezige oxydelaag in patroon geëtst. Dit geschiedt op gebruikelijke wijze door met behulp van een fotolakmasker (niet getekend) eerst de oxydelaag 6 en daarna de siliciumlaag 5 plaatselijk weg te etsen. Daarbij kan het fotolakmasker na het etsen van de oxydelaag 6 verwijderd worden, waarna de overblijvende delen van de laag 6 als maskerings-

laag voor het in patroon etsen van de siliciumlaag 5 dienen. Men kan ook de fotolaklaag laten zitten tot na het etsen van de siliciumlaag 5. Ofschoon dit niet noodzakelijk is, wordt hierna de oxydelaag 4 aan weerszijden van het siliciumpatroon bij voorkeur dun geëtst, bijvoorbeeld tot 0,035/um, zodat de gewenste te implanteren ionendosis aan het siliciumoppervlak gemakkelijk kan worden verkregen.

Na het in patroon etsen van de siliciumlaag 5 en het verwijderen van de fotolaklaag wordt, in aanwezigheid van de op het siliciumpatroon gelegen delen van de oxydelaag 6, het gehele oppervlak gebombardeerd met oxydatieremmende ionen, in dit voorbeeld stikstofionen ($12^{'}$)volgens de pijlen 12, met een dosis van $4x10^{16}$ moleculaire stikstof (N_2^+) ionen per cm^2 en een implantatie-energie van 50 keV. Deze dosis en energie zijn zo gekozen, dat de maximumconcentratie van de stikstofatomen zich binnen 20 nm van het grensvlak tussen de laag 4 en het gebied 1 bevindt, en zodanig dat de via de isolerende laag 4 in het oppervlak van het siliciumgebied 1 aangebrachte stikstofconcentratie na het uitgloeien (annealen) voor het verminderen van de kristalschade ter plaatse van het grensvlak 3 tussen de oxydelaag 4 en het onderliggende siliciumgebied 1 tenminste ongeveer 10^{21} atomen per cm^3 bedraagt. Dit uitgloeien vindt meestal plaats bij 900° à 1000° in stikstof gedurende ongeveer 15 minuten, voorafgaand aan de hierna volgende thermische oxydatie. Binnen het door het oxydepatroon 2 omringde deel van het siliciumgebied 1 is de dikte van de op het siliciumpatroon 5 aanwezige oxydelaag 6 zo groot, dat de laag 6 tegen de implantatie maskeert. Daardoor blijven in de doorsnede AA' (Figuur 7A) de stikstofionen $12^{'}$ (aangeduid door de stippellijn) praktisch alle in het oxyde 6 achter. In de doorsnede BB' echter, waar de oxydelaag 6 veel dunner is, dringen de stikstofionen door tot in het oppervlak van het siliciumpatroon 5. (Fig.7B).

Vervolgens wordt een oxydatie uitgevoerd bij 1000^oC in vochtige zuurstof, gedurende ongeveer 90 minuten. Daarbij vormt zich op de blootliggende delen in het siliciumpatroon 5 een oxydelaag 13 ter dikte van ongeveer 0,5/um.

Het onder de isolerende laag 4 gelegen siliciumgebied 1 (Fig. 8A) en het onder het verdunde deel van de oxydelaag 6 liggende deel van het siliciumpatroon 5 (Fig. 8B) worden daarbij nagenoeg niet geoxydeerd, tengevolge van de aangebrachte stikstofionenconcentratie.

De n-type aan- en afvoerzones 14 en 15 (Fig. 8A) kunnen nu worden aangebracht door implantatie van bijvoorbeeld arseenionen, waarbij het geoxydeerde siliciumpatroon 5, dat onder meer de stuurelektrode vormt, en het oxydepatroon 2 tegen deze implantatie maskeren, althans in de doorsnede AA' (Fig. 8A). Mocht het dunne gedeelte van de oxydelaag 6 in doorsnede BB' (Fig. 8B) niet tegen deze implantatie maskeren, dan kan daarop vooraf een (niet kritisch) masker, bijvoorbeeld een fotolakmasker, worden aangebracht. Wanneer het siliciumpatroon 5 reeds n-type geleidend is, zoals in dit voorbeeld, is ter plaatse van de doorsnede van Fig. 8B geen maskering nodig.

De volgorde van de arseen- en stikstofimplantaties kan ook worden omgekeerd, zodat na het verwezenlijken van de struktuur volgens Fig. 7A en Fig. 7B eerst de aan- en afvoerzones gevormd worden, en daarna de stikstofimplantatie plaats heeft.

Door een kort etsproces, waarbij geen etsmasker nodig is, worden nu de blootliggende delen van de oxydelaag 4 alsmede het dunne deel van de oxydelaag 6 in doorsnede BB' (Fig. 8B) verwijderd. Daardoor ontstaan contactgaten 16,17 en 18 voor de aan-en afvoerzones en op de stuurelektrode. Door opdampen van bijvoorbeeld aluminium en etsen worden vervolgens de aanvoer-, afvoer- en stuurelektrodeaansluitingen 19,20 en 21 verwezenlijkt, in Fig. 9 in bovenaanzicht gearceerd aangeduid. Fig. 10A en 10B tonen doorsneden volgens de lijnen AA' respektievelijk BB' in Figuur 9. Daarmee is de MOS-transistor gereed.

Volgens een variant van de werkwijze kan (zie Fig. 10C), alvorens de metallisering aan te brengen, over het geheel een dikke siliciumoxydelaag 22 bijvoorbeeld door pyrolithisch neerslaan worden aangebracht, waarna in deze laag 22 contactvensters worden geëtst met behulp van

een masker dat niet kritisch is en ten opzichte van de aan- en afvoerzones verschoven mag zijn, zoals in Figuur 10C is aangegeven.

In het beschreven voorbeeld werd voor het in patroon etsen van de siliciumlaag een combinatie van een oxydelaag 6 en een fotolakmasker gebruikt. Dit is echter niet noodzakelijk, en in het volgende voorbeeld, waarin een ladingsgekoppelde inrichting wordt vervaardigd, wordt het siliciumpatroon verkregen door alleen een fotolakmasker toe te passen.

Ook in dit geval wordt (zie Figuur 11) uitgegaan van een p-type siliciumgebied 31, met een soortelijke weerstand van bijvoorbeeld 30 ohm.cm. Dit gebied wordt, evenals in het vorige voorbeeld, voorzien van een gedeeltelijk in het silicium verzonken oxydepatroon 32, dat een rechthoekig, strookvormig deel van het gebied 1 van het oppervlak omringt. Op het oppervlak 33 wordt een isolerende laag 34 van siliciumoxyde aangebracht, bijvoorbeeld door thermische oxydatie, met een dikte van bijvoorbeeld eveneens 0,07 μm. Op de laag 34 wordt een geleidende laag 35 van n-type polykristallijn silicium neergeslagen, met een dikte van 0,5 μm en een laagweerstand van bijvoorbeeld 20 tot 40 Ohm per vierkant.

Met behulp van een maskeringslaag bestaande uit een op gebruikelijke wijze aangebracht fotolakmasker 36 wordt nu (zie Figuur 12) de siliciumlaag 35 in patroon gebracht; dit patroon bevat een aantal evenwijdige en onderling verbonden stroken.

Vervolgens wordt het oppervlak (zie Fig. 13) onderworpen aan een bombardement met arseenionen 37, met bijvoorbeeld een energie van 150 keV en een dosis van 4×10^{15} ionen per cm^2. De arseenionen dringen door de oxydelaag 34 heen doch worden gemaskeerd door de fotolaklaag 36 en het oxydepatroon 32. Daarbij worden ongeveer 0,35 μm diepe n-type zones 38 gevormd in het gebied 1.

Daarna worden, in aanwezigheid van de maskeringslaag 36, via de oxydelaag 34 in het niet door het siliciumpatroon 35 bedekte deel van het oppervlak van het gebied 1

(zie Figuur 14) oxydatieremmende ionen aangebracht volgens de pijlen 39. Dit kunnen weer stikstofionen zijn, met een zodanige energie dat zij wel door de laag 34 maar niet door de fotolaklaag 36 heendringen. Ook is het mogelijk, een energie en een dosis te kiezen waarbij de stikstofionen nog niet geheel door de laag 34 dringen, doch wel in een zodanige concentratie en op een zodanige diepte in de laag 34 aanwezig zijn, dat zij bij de bij de implantatie behorende uitgloeibehandeling (na verwijdering van het fotolakmasker 36) tot in het oppervlak van het gebied 1 diffunderen. Als de laag 34 ongeveer 0,07 /um dik is, kan dezelfde dosis en energie als in het voorafgaande voorbeeld worden gebruikt. Ookkunnen de uitgloeitemperatuur en -tijd dezelfde waarde hebben. Bij het uitgloeien wordt tevens de kristalschade gevormd bij het implanteren van de arseenionen grotendeels hersteld. De plaats van de geïmplanteerde stikstofatomen aan het oppervlak is in Fig. 14 met de stippellijn 39' aangeduid.

Hierna wordt het vrijliggende oppervlak van het siliciumpatroon 35 door thermisch oxyderen in vochtige zuurstof bij 1000°C gedurende 90 minuten van een 0,5 /um dikke oxydelaag 40 voorzien, zie Figuur 15. Tengevolge van de aanwezigheid van de oxydatieremmende stikstofatomen 39' worden de niet door het siliciumpatroon 35 bedekte delen van het oppervlak bij dit oxydatieproces nagenoeg niet geoxydeerd, zodat de oxydelaag 34 vrijwel niet in dikte toeneemt.

Na deze thermische oxydatie wordt een tweede geleidende laag aangebracht, bijvoorbeeld eveneens een polykristallijne siliciumlaag, of een aluminiumlaag, waaruit door fotolithografisch etsen een tweede geleiderpatroon 41 (zie Figuur 16) wordt gevormd. Dit tweede geleiderpatroon bevat eveneens een aantal evenwijdige stroken. Voorafgaand hieraan is eerst nog, onder toepassing van een niet-kritisch fotolakmasker, ter plaatse van de uiterste zones 38 door wegetsen van de oxydelaag 34 het siliciumoppervlak blootgelegd. Daardoor sluit het geleiderpatroon 41 op de uiterste zones 38 aan, en vormt daar de ingang I en de uitgang

U van de ladingsgekoppelde inrichting, zie Figuur 16. De zo verkregen inrichting is een zogenaamde tweefaze ladingsgekoppelde inrichting (CCD); zowel de elektroden 41 als de elektroden 35 worden om de andere op de klokspanning ϕ_1 en op de klokspanning ϕ_2 aangesloten, zoals schematisch in Figuur 16 aangegeven. De werking van deze ladingsgekoppelde inrichting, waarmee informatiedragende ladingspakketten van de ingangsaansluiting I naar de uitgangsaansluiting U kunnen worden getransporteerd is in de literatuur op vele plaatsen in detail beschreven, zie bijvoorbeeld het boek "Charge Transfer Devices" van C.H. Séquin en M.F. Tompsett, New York 1975, in het bijzonder hoofdstuk III A2, blz. 25 t/m 30, en zal daarom hier niet nader worden besproken aangezien zij verder met de uitvinding geen verband houdt. Opgemerkt wordt nog dat, wanneer de arseenimplantatie achterwege wordt gelaten, de ladingsgekoppelde inrichting ook kan functioneren, doch dan met meer dan twee klokspanningen.

De uitvinding heeft in dit voorbeeld het belangrijke voordeel dat geen siliciumnitride bevattende laag behoeft te worden neergeslagen, terwijl toch de isolatie tussen de overlappende stuurelektroden 41 en 35 door een voldoende dikte van de oxydelaag 40 wordt verzekerd, en de laag 34 onder de stuurelektroden dun genoeg (nagenoeg even dik als onder de stuurelektroden35) is, om een efficiente besturing met niet te hoge klokspanningen mogelijk te maken.

Ofschoon in dit voorbeeld terwille van de duidelijkheid van de tekening slechts een klein aantal stuurelektroden getekend is, zal dit aantal in werkelijkheid meestal veel groter zijn.

De uitvinding is niet beperkt tot de gegeven uitvoeringsvoorbeelden, doch kan worden toegepast in alle gevallen waarbij een geoxydeerd siliciumpatroon moet worden verkregen zonder merkbare oxydatie van het aan weerszijden van dit patroon gelegen siliciumoppervlak. Daarbij kunnen de geometrie van de te vervaardigen inrichting, de dikten van de silicium- en siliciumoxydelagen en de gebruikte doteringsconcentraties door de vakman naar behoefte worden gekozen.

Wat betreft de thermische oxydatie wordt opgemerkt dat gebleken is, dat de remmende werking van geïmplanteerde stikstofionen veel sterker is voor een oxydatie in droge zuurstof dan voor een oxydatie in vochtige zuurstof. De oxydatietijden zijn echter in droge zuurstof veel langer. In Figuur 17 is de dikte d van de oxydelaag in /um op niet-geïmplanteerd n-type polykristallijn silicium met een laagweerstand van 30 Ohm per vierkant (curve A) en op met een stikstofionendosis van 4×10^{16} ionen per cm^2 bij 50 keV geïmplanteerd eenkristallijn silicium dat bij het begin van de oxydatie met een oxydelaag van 0,07 /um bedekt is (curve B) weergegeven als functie van de oxydatietijd t in minuten, voor een oxydatie in vochtige zuurstof bij 1000° C.

Zoals reeds eerder werd opgemerkt, is de oxydatieremmende werking van geïmplanteerde stikstofatomen veel effektiever wanneer deze ionen door een oxydelaag heen in de onmiddellijke nabijheid van het oxyde-siliciumgrensvlak worden geïmplanteerd, dan wanneer zij direct in het silicium, of via een ten opzichte van de implantatierange dunne oxydelaag worden geïmplanteerd. Als voorbeeld geeft Figuur 18 de oxydedikte in /um (voor oxydatie in vochtige zuurstof) als functie van de tijd in minuten voor een stikstofionenimplantatie van 55keV bij een dosis van 5×10^{16} N_2^+ - ionen. Daarbij geeft curve I het geval van implantatie door een 50 nm dikke oxydelaag, en curve II dat van implantatie door een 70 nm dikke oxydelaag weer.

Tenslotte wordt nog opgemerkt, dat herhaalde toepassing van de werkwijze volgens de uitvinding mogelijk is. Zo toont Figuur 19 in dwarsdoorsnede het aanbrengen van overlappende geoxydeerde polykristallijne stuurelektroden 55 en 56, waarbij eerst de elektrode 55 op de beschreven wijze aangebracht en geoxydeerd is, waarna over de oxydelaag 57 heen de tweede elektrode 56 wordt neergeslagen en in patroon gebracht, en onder toepassing van althans een deel van het voor dit in patroon brengen gebruikte masker als implantatiemasker opnieuw stikstofionen 12' naast de elektrode 56 worden geïmplanteerd via de oxydelaag 54, ge-

volgd door thermische oxydatie van de elektrode 56.

N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken te Eindhoven.

13.4.79 14 PHN 9414

CONCLUSIES:

1. Werkwijze voor het vervaardigen van een halfgeleiderinrichting, waarbij op het oppervlak van althans een deel van een halfgeleidergebied van silicium een isolerende laag wordt aangebracht, op welke isolerende laag een siliciumlaag wordt aangebracht die met behulp van een maskeringslaag in een patroon wordt geëtst, waarna het vrijliggende oppervlak van het siliciumpatroon door thermisch oxyderen van een siliciumoxydelaag wordt voorzien, tijdens welke oxydatie het onder de isolerende laag gelegen siliciumgebied nagenoeg niet wordt geoxydeerd, met het kenmerk dat een isolerende laag van siliciumoxyde wordt aangebracht en dat ná het in patroon etsen van de siliciumlaag en vóór de thermische oxydatie in aanwezigheid van althans een deel van de maskeringslaag via de isolerende laag door ionenimplantatie in het oppervlak van het siliciumgebied aan weerszijden van het siliciumpatroon oxydatieremmende ionen worden aangebracht, waarbij de op het siliciumpatroon aanwezige delen van de maskeringslaag tegen deze implantatie maskeren.

2. Werkwijze volgens conclusie 1 met het kenmerk dat de oxydatieremmende ionen stikstofionen zijn.

3. Werkwijze volgens conclusie 1 of 2 met het kenmerk dat de implantatiedosis en implantatieenergie zo worden gekozen, dat de concentratie van de geïmplanteerde oxydatieremmende ionen aan het grensvlak tussen de isolerende laag en het onderliggende siliciumgebied tenminste 10^{21}

atomen per cm^3 bedraagt.

4. Werkwijze volgens een der voorgaande conclusies met het kenmerk dat de oxydatieremmende ionen met een zodanige energie geïmplanteerd worden, dat hun maximum concentratie zich binnen een afstand van ongeveer 20 nm van het grensvlak tussen de isolerende laag en het siliciumgebied bevindt.

5. Werkwijze volgens een der voorgaande conclusies met het kenmerk dat de siliciumlaag, alvorens deze in patroon te etsen, door oxydatie van een oxydelaag wordt voorzien.

6. Werkwijze volgens conclusie 5 met het kenmerk dat vervolgens, alvorens de siliciumlaag in patroon te etsen, ter plaatse van een op het te vormen siliciumpatroon aan te brengen contactvenster de oxydelaag over althans een deel van zijn dikte weggeëtst.

7. Werkwijze volgens een der voorgaande conclusies, met het kenmerk dat het siliciumgebied voorzien wordt van een althans ten dele in het gebied verzonken oxydepatroon, dat een deel van het siliciumgebied omringt, op welk deel de isolerende laag van siliciumoxyde wordt aangebracht, en dat het siliciumpatroon gedeeltelijk op het verzonken oxydepatroon wordt aangebracht.

8. Werkwijze volgens een der voorgaande conclusies met het kenmerk dat na de oxydatie van het siliciumpatroon in de isolerende laag contactvensters worden geëtst.

9. Werkwijze volgens conclusie 8 met het kenmerk dat bij het etsen van de contactvensters het geoxydeerde siliciumpatroon als etsmasker wordt gebruikt.

10. Werkwijze volgens conclusies 8 of 9, met het kenmerk dat bij het etsen van de contactvensters het verzonken oxydepatroon als etsmasker dient.

11. Werkwijze volgens een der conclusies 8,9 en 10 met het kenmerk dat het siliciumpatroon/de stuurelektrodestruktuur van een veldeffekttransistor met geïsoleerde stuurelektrode vormt./ althans een deel van

12. Werkwijze volgens een der conclusies 1 t/m 7 met het kenmerk dat het siliciumpatroon althans een deel van

de stuurelektrodenstruktuur van een ladingsgekoppelde inrichting vormt.

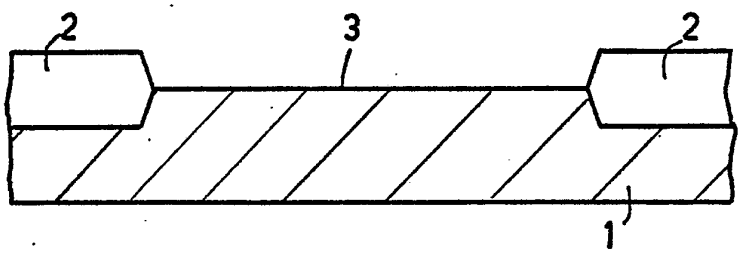

FIG.1

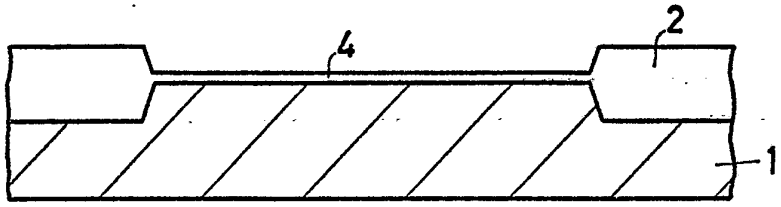

FIG.2

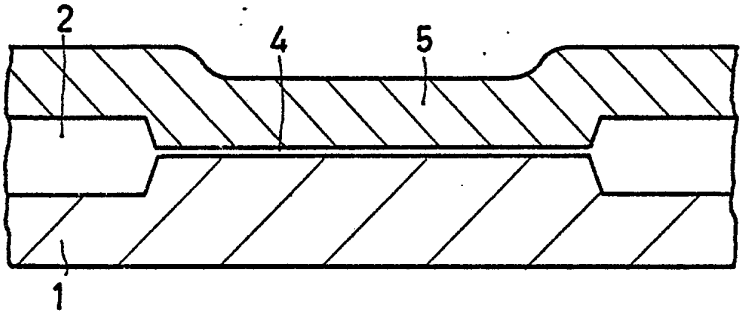

FIG.3

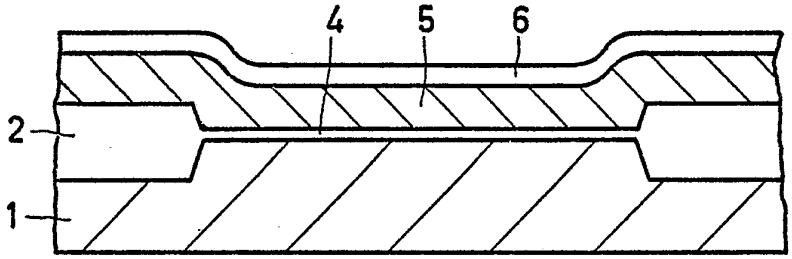

FIG.4

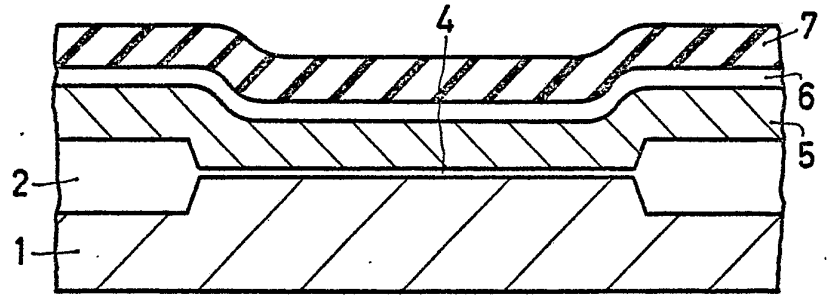

FIG.6A

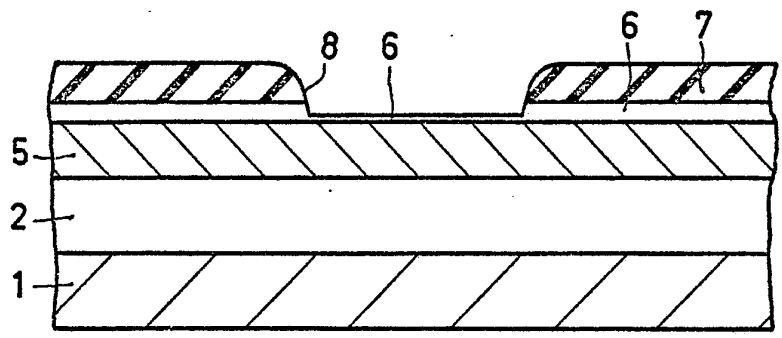

FIG.6B

1-V-PHN 9414
N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken
EINDHOVEN

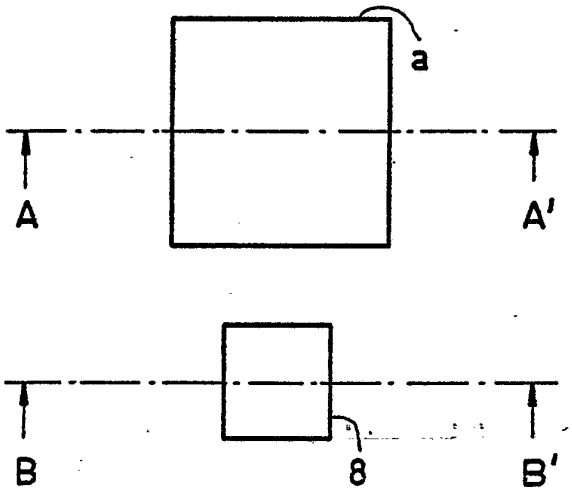

FIG.5

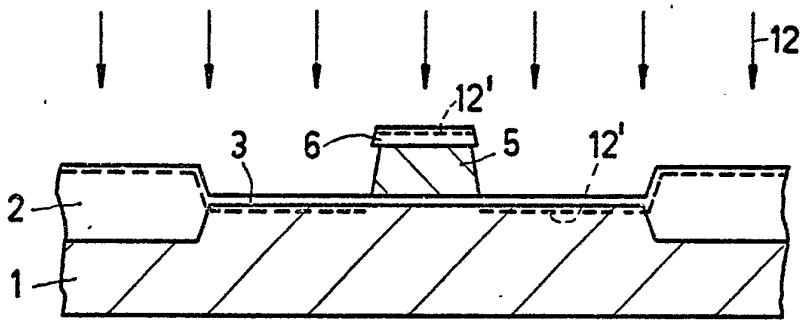

FIG.7A

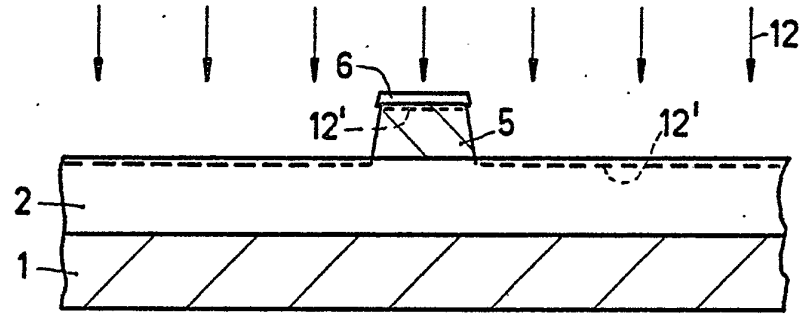

FIG.7B

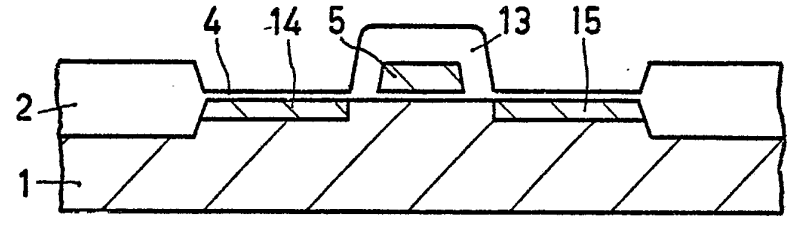

FIG.8A

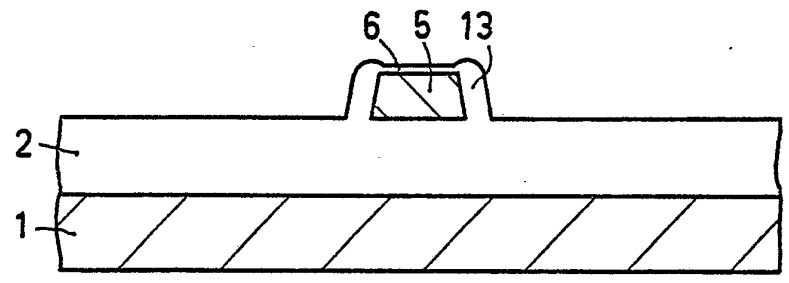

FIG.8B

2-V-PHN 9414
N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken
EINDHOVEN

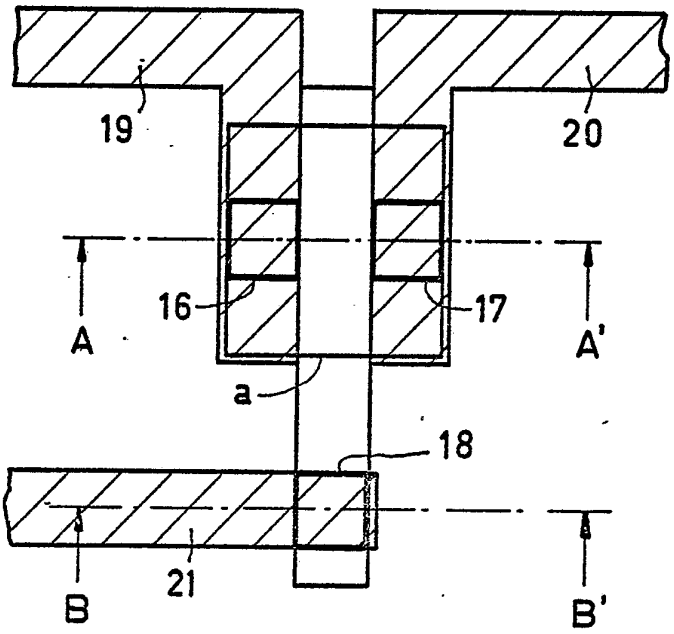

FIG.9

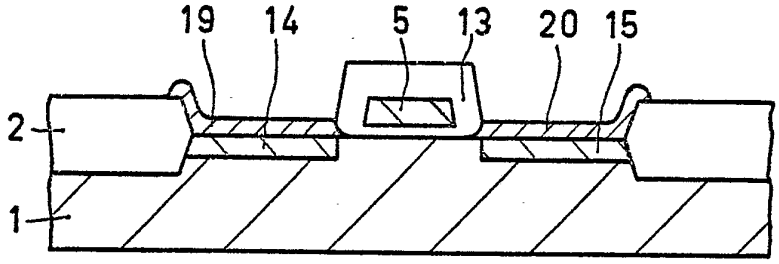

FIG.10A

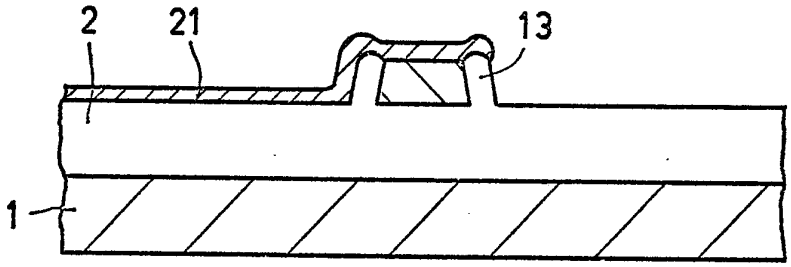

FIG.10B

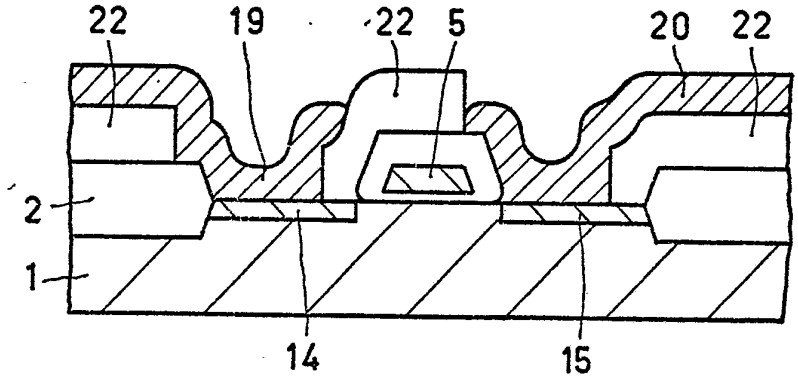

FIG.10C

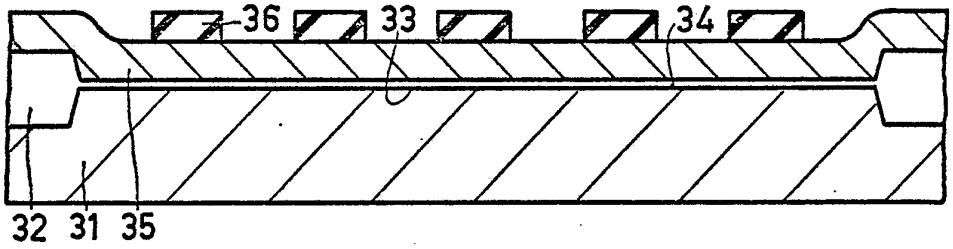

FIG.11

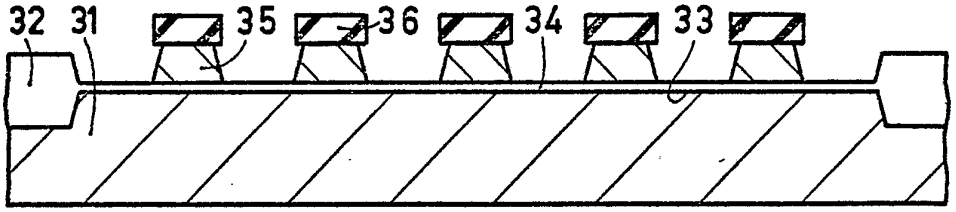

FIG.12

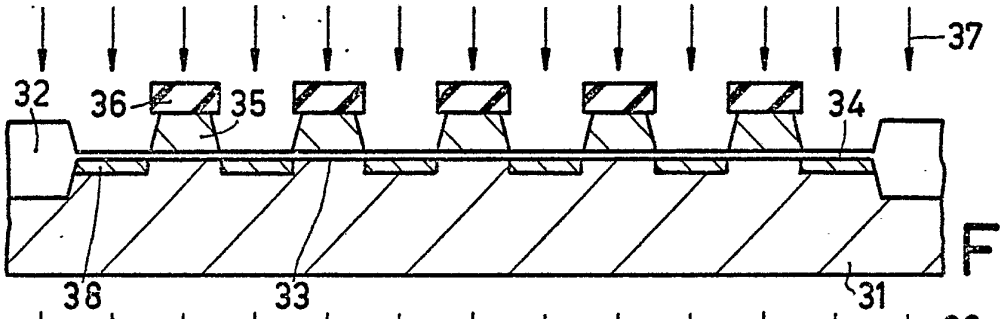

FIG.13

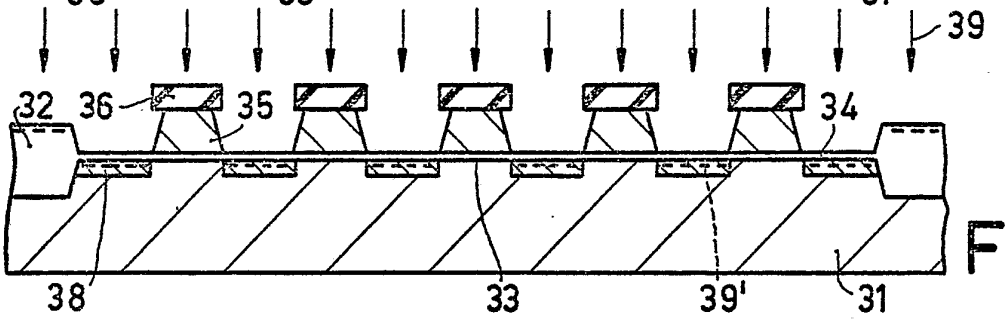

FIG.14

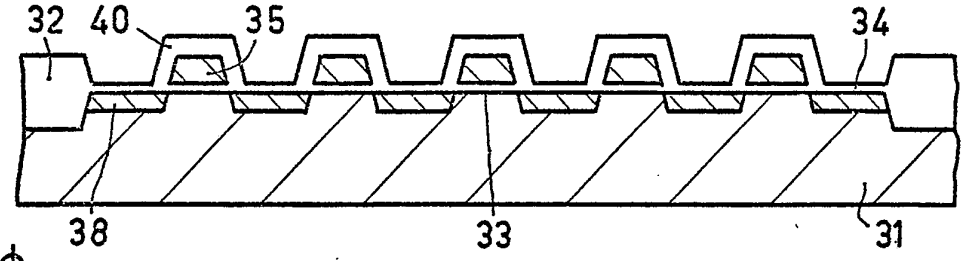

FIG.15

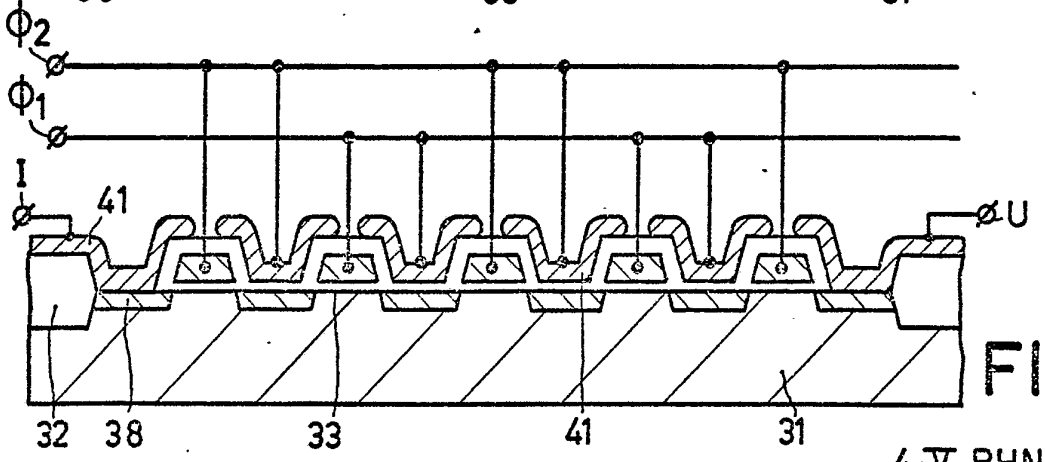

FIG.16

N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken
EINDHOVEN

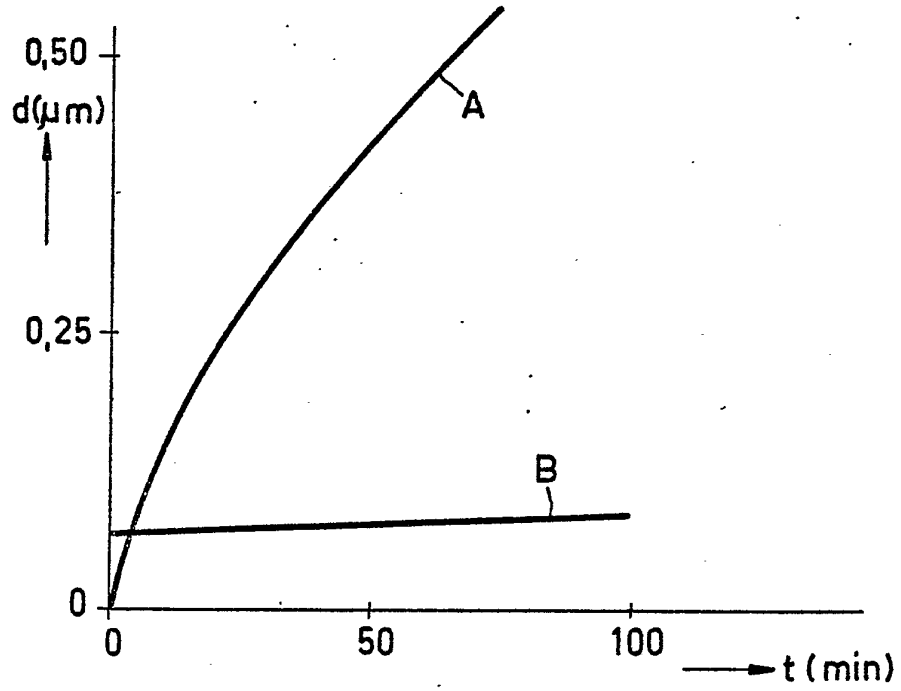

FIG.17

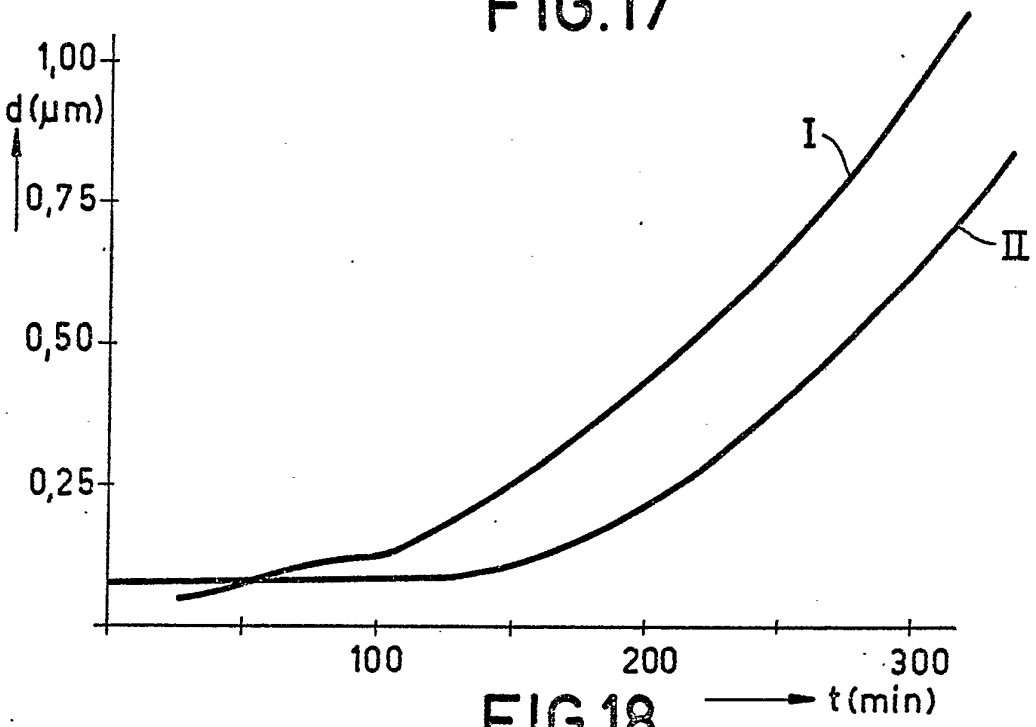

FIG.18

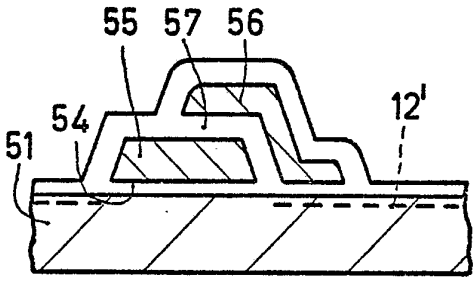

FIG.19

5 -V- PHN 9414
N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken
EINDHOVEN