
Octrooiraad



⑫ A **Terinzagelegging** ⑪ **8800953**

Nederland

⑲ NL

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

⑤1 Int.Cl⁴.: H01L21/18, H01L21/84.

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. 8800953.

②2 Ingediend 13 april 1988.

③2 --

③3 --

③1 --

⑥2 --

④3 Ter inzage gelegd 1 november 1989.

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 halfgeleiderlichaam.

De uitvinding heeft betrekking op een werkwijze voor het vervaardigen van een halfgeleiderinrichting bevattende tenminste een schijfvormig dragerlichaam en een schijfvormig monokristallijn halfgeleiderlichaam, waarbij van beide lichamen tenminste één
5 hoofdvlak vlak en optisch glad wordt gemaakt, welke beide lichamen met hun vlakke hoofdvlakken in onderling contact worden gebracht ter verkrijging van een blijvende verbinding waarna vervolgens het halfgeleiderlichaam wordt dungemaakt.

Een dergelijke werkwijze is bekend uit de op 21 januari,
10 1987 gepubliceerde Europese octrooiaanvraag 209173.

De uitvinding is onder andere gericht op het verkrijgen van monokristallijne lagen op een isolator met name de uitvoering genoemd SOI (silicium op isolator). Halfgeleidende lagen op een isolator staan in de halfgeleidertechniek sterk in de belangstelling. Bij SOI
15 kunnen namelijk dunne halfgeleidende lagen bij uitstek worden toegepast voor het verkrijgen van halfgeleiderinrichtingen met zeer gunstige prestaties. Deze prestaties zijn onder andere te danken aan het feit dat verstoringen in de drager onder deze laag, bijvoorbeeld veroorzaakt
20 van een halfgeleiderinrichting, hetgeen wel het geval zal zijn, als het halfgeleiderlichaam zelf als drager fungeert (SOI is stralingshard). Ook treden bij dunne halfgeleidende lagen geen omloopstromen op rondom in deze lagen aangebrachte halfgeleiderinrichtingen (latch up).

De in de Europese octrooiaanvraag 209173 geopenbaarde
25 werkwijze leidt in het algemeen tot goede resultaten. Er is evenwel een groeiende behoefte om bij silicium op isolator te komen tot een halfgeleiderlaag met een submicron precisie wat betreft vlakheid en evenwijdigheid van de hoofdvlakken van de laag. Voorts bestaat een streven te komen tot een volkomen gelijkmatige laagdikte van nauwkeurig
30 bepaalde grootte.

Er zijn twee soorten bewerkingstechnieken gebruikelijk voor het vlak en glad maken van een halfgeleiderlichaam.

8800953

Een eerste techniek is puur mechanisch (slijpen of polijsten met losse korrel), waarbij een hoge precisie ten aanzien van vlakheid, gladheid en evenwijdigheid kan worden bereikt. Met deze techniek, die geschikt is voor sub-micron precisie, kan evenwel
5 oppervlakeschade en kristalverstoring onder het oppervlak niet worden voorkomen. Voor het halfgeleiderlichaam waarin gefintegreerde schakelingen moeten worden gevormd zijn deze beschadigingen en kristalverstoringen niet toelaatbaar.

Een tweede methode van vlak en glad maken van een
10 halfgeleiderplak is een tribochemische ofwel mechanochemische techniek. Met deze methode wordt een schadevrij oppervlak verkregen en treden geen kristalverstoringen onder het oppervlak op. De geometrische precisie is bij deze techniek evenwel relatief gering, er treden afwijkingen op micronschaal op.

15 De uitvinding beoogt een werkwijze te verschaffen waarmee een uiterst grote geometrische nauwkeurigheid wordt verkregen vooral wat betreft de vlakheid en de evenwijdigheid van de hoofdvlakken van de halfgeleiderlaag (sub-micron-precisie) en waarbij het oppervlak schadevrij is en kristalverstoringen in de halfgeleiderlaag worden
20 vermeden.

De werkwijze van de in de aanhef genoemde soort heeft het kenmerk, dat het dragerlichaam tijdelijk wordt verbonden met een steunlichaam dat nauwkeurig vlakke en evenwijdige hoofdvlakken vertoont en waarvan de dikte tenminste $1/8$ van de grootste afmeting van het
25 dragerlichaam is, dat het vrije hoofdvlak van het dragerlichaam mechanisch wordt gepolijst tot een precisie van tenminste $1/2 \mu\text{m}$ vlak, dat het dragerlichaam van het steunlichaam wordt losgenomen en het gepolijste hoofdvlak tijdelijk met het steunlichaam wordt verbonden, dat het andere hoofdvlak van het dragerlichaam mechanisch wordt
30 gepolijst tot een precisie van tenminste $1/2 \mu\text{m}$ vlak en een evenwijdigheid tussen de hoofdvlakken van tenminste $1/2 \mu\text{m}$ (maximale dikteafwijking tussen de hoofdvlakken), dat nadat het halfgeleiderlichaam met een hoofdvlak blijvend is verbonden met een hoofdvlak van het dragerlichaam, het halfgeleiderlichaam mechanisch
35 wordt geslepen tot een dikte van tenminste $50 \mu\text{m}$ groter dan de gewenste uiteindelijke laagdikte, dat vervolgens alternerend mechanisch wordt gepolijst en tribochemisch wordt gepolijst met hier als laatste een

. 880 0953

mechanische polijststap, tot een dikte van ongeveer 10 μm meer dan de uiteindelijk gewenste laagdikte en dat daarna nog een tribochemisch polijststap wordt uitgevoerd, tot de gewenste laagdikte van het halfgeleiderlichaam is bereikt.

5 De toepassing van het steunlichaam met een voldoende dikte maakt het mogelijk, dat de grote geometrische precisie van vlakheid en van evenwijdigheid van de hoofdvlakken van het dragerlichaam kan worden bereikt. Het mechanisch polijsten met losse korrel geeft een grote maat en vormnauwkeurigheid. Het optreden van eventuele
10 kristalverstoringen onder het oppervlak is voor de werking als dragerlichaam niet nadelig als er spanningsevenwicht in de plak is, hetgeen kan worden verkregen door beiden hoofdvlakken dezelfde bewerking te geven, zodat kromtrekken wordt voorkomen.

Nadat het halfgeleiderlichaam blijvend met het
15 dragerlichaam is verbonden, wordt het halfgeleiderlichaam dungemaakt. Door toepassing van de werkwijze volgens de uitvinding wordt een grote geometrische precisie verkregen. Deze grote precisie wordt in hoofdzaak bereikt door de mechanische slijp- en polijststappen. Met het tribochemisch polijsten worden eventuele kristalverstoringen weggewerkt,
20 zonder dat de precisie noemenswaard verloren gaat. De combinatie van deze technieken leidt tot optimale geometrische precisie en verstoringsvrij oppervlak, waarbij de uiteindelijke halfgeleiderlaag uiterst gelijkmatig in dikte is.

Deze en verdere uitvoeringsvormen van de uitvinding
25 zullen aan de hand van een in de tekening weergegeven uitvoeringsvoorbeeld nader worden toegelicht. In de tekening toont:

Figuur 1 een aanzicht van het steunlichaam en het dragerlichaam, voordat het dragerlichaam is bevestigd,

Figuur 2 een aanzicht van het dragerlichaam bevestigd aan
30 het steunlichaam,

Figuur 3 het steunlichaam met daaraan bevestigd het bewerkte dragerlichaam, waarboven het nog niet bewerkte halfgeleiderlichaam is weergegeven en,

Figuur 4 de losgenomen dragerschijf met de blijvend erop
35 bevestigde halfgeleiderlaag.

In figuur 1 is een steunlichaam 1 getoond, waarop een dragerlichaam 2 wordt bevestigd, ter verdere bewerking. Het steunlichaam

880 0953

1 bestaat bij voorkeur uit kwartsglas. Dit is verkrijgbaar in
uitvoeringen met een grote geometrische precisie; de hoofdvlakken zijn
zeer nauwkeurig evenwijdig en perfect vlak. De dikte van het
steunlichaam 1 bedraagt tenminste $1/8$ van de grootste afmeting van het
5 dragerlichaam 2; het dragerlichaam is meestal gevormd als een
cilindrische schijf. Door de relatief grote dikte van het steunlichaam
zal zijn vorm niet aan verandering onderhevig zijn bij bewerkingsstappen
aan het dragerlichaam 2.

Het dragerlichaam 2 wordt bij voorkeur met behulp van een
10 kit met het steunlichaam verbonden. Als in het steunlichaam groeven 3
van geringe diepte worden aangebracht zal, bij het aandrukken van het
dragerlichaam op het steunlichaam, het meerendeel van de kit in de
groeven 3 worden opgenomen. De kit, die bijvoorbeeld kan bestaan uit
bijenwas met een vulmiddel (Al_2O_3 of $CaCO_3$) kan warm worden
15 aangebracht. Bij afkoelen krimpt de kit en trekt daarbij het
dragerlichaam vast tegen het steunlichaam. Zo nodig wordt het
dragerlichaam onder enige druk gehouden tijdens het afkoelen van de kit.

Het dragerlichaam kan ook op andere wijze met het
steunlichaam worden verbonden. In het bovenzvlak van het steunlichaam kan
20 bijvoorbeeld een ringvormige groef worden aangebracht, waarvan de
diameter iets kleiner is dan de diameter van het dragerlichaam en
waarvan de loodrechte doorsnede slechts enkele microns bedraagt. Via een
inwendig kanaal in het steunlichaam kan in de ringvormige groef vacuüm
gezogen worden.

25 Het dragerlichaam 2 kan bestaan uit een, in de handel
verkrijgbare halfgeleiderschijf met één of twee gepolijste
hoofdvlakken. De vlakheid van deze schijven voldoet niet aan eisen voor
microprecisie, evenmin als de evenwijdigheid van de hoofdvlakken.

Een eerste stap in de werkwijze volgens de uitvinding is,
30 een dragerlichaam 2 te verkrijgen met volkomen gladde en vlakke
hoofdvlakken, die tevens volkomen evenwijdig aan elkaar zijn. Het
dragerlichaam 2 wordt met één van zijn hoofdvlakken aan het
steunlichaam bevestigd, bijvoorbeeld op de hierboven aangegeven wijzen
zoals getoond in figuur 2. Vervolgens wordt het andere hoofdvlak
35 mechanisch gepolijst. Dit mechanisch polijsten gebeurt bijvoorbeeld met
behulp van $\alpha-Al_2O_3$ -poeder in water, op een polijstondergrond die
bestaat uit pek. De korrelgrootte van het $\alpha-Al_2O_3$ -poeder kan bij

880 0953

dit voorpolijsten 0,3 μm bedragen. Napolijsten kan geschieden met betha- Al_2O_3 -poeder met een korrelgrootte van 0,05 μm . Er wordt ongeveer 10-25 μm gepolijst; het gepolijste hoofdvlak is nu volkomen evenwijdig aan het steunvlak.

5 Nadat het dragerlichaam is losgenomen van het steunlichaam wordt het gepolijste hoofdvlak aan het steunlichaam bevestigd en wordt het andere hoofdvlak op soortgelijke wijze gepolijst. Na deze bewerking is een dragerlichaam verkregen met evenwijdige hoofdvlakken; de afwijking in dikte is minder dan 1/2 μm
10 gezien over het totale dragerlichaam, dat bijvoorbeeld een diameter van 10 cm heeft. De gladheid is zodanig, dat afwijkingen van de gemiddelde waarde kleiner zijn dan 50 \AA , bij voorkeur kleiner dan 5 \AA .

Figuur 3 toont het steunlichaam 1 met het ermee verbonden dragerlichaam 2 en daarboven het halfgeleiderlichaam 4, in dit geval
15 voorzien van een dunne laag 5 van siliciumoxyde. De dikte van de halfgeleiderschijf bedraagt gewoonlijk 525 μm bij een diameter van 10 cm. De oxydelaag kan een dikte van 1 μm hebben. De halfgeleiderschijf 4 wordt met zijn van oxyde voorziene hoofdvlak star verbonden met het dragerlichaam. De te verbinden hoofdvlakken moeten daarbij volkomen
20 schoon en stofvrij zijn. De verbinding van de hoofdvlakken gebeurt bij voorkeur door middel van aansprengen. Dit is een van der Waals binding die wordt opgeroepen door dipoolkrachten van beide oppervlakken. Een voorbeeld is beschreven in EP 209173.

De halfgeleiderplak 4 moet nu worden dungemaakt en wel
25 tot een geringe dikte die overal uiterst nauwkeurig gelijk moet zijn. Onder het uiteindelijke oppervlak mogen daarbij geen kristalverstoringen optreden. Begonnen kan worden met mechanisch slijpen tot een dikte van bijvoorbeeld 50 μm . Hierbij wordt een oppervlak verkregen dat voldoet aan hoge geometrische precisie. Het mechanisch slijpen geschiedt, ter
30 verkrijging van deze grote nauwekeurigheid, met bijvoorbeeld siliciumcarbide korrels in een waterige oplossing. In dit stadium zijn er onder het oppervlak beschadigingen aanwezig; het zijn kristalverstoringen waarvan de schadediepte afhankelijk is van de gebruikte korrel. Deze diepte kan wel 25 μm bedragen.

35 In een volgende stap wordt met behulp van tribochemisch polijsten de oppervlakteschade weggepolijst. Het tribochemisch polijsten geschiedt bijvoorbeeld met SiO_2 -korreltjes met een gemiddelde

880 0953

korrelgrootte van 30 nm in een NaOH oplossing met een zuurgraad tussen 10 en 11. De polijstdruk kan bijvoorbeeld 300-500 gr/cm² bedragen. Nadat ongeveer de schadediepte is weggepolijst is een dikte van bijvoorbeeld 25 µm bereikt. Het oppervlak is nu schadevrij, maar er is ingeboet aan
5 geometrische precisie. De afwijking van de evenwijdigheid bedraagt nu bijvoorbeeld 1 µm of nog iets meer.

Vervolgens wordt weer mechanisch bewerkt, maar nu wordt een polijstmethode toegepast met geringste oppervlakteschade. De schadediepte bedraagt daarbij maximaal 5 µm. Dit fijnpolijsten kan
10 worden uitgevoerd met polijstpoeder Al₂O₃ met een korrelgrootte van 0,05 µm in waterige oplossing. Als ondergrond kan een polishing chemotextile, bijvoorbeeld bekend onder de merknaam PAN-W worden gebruikt; er wordt een druk toegepast van 100-150 gr/cm² en er wordt bij voorkeur roterend gewerkt op een dubbel excentrische polijstmachine
15 met een rotatieverschil van 25%. Dit fijnpolijsten, waarmee weer een zeer grote geometrische precisie wordt bereikt, kan worden voortgezet tot de dikte van de halfgeleiderschijf ongeveer 10 µm bedraagt.

De laatste polijstfase geschiedt tribochemisch, op soortelijke wijze als boven is beschreven, nu tot een dikte van de
20 halfgeleiderlaag van bijvoorbeeld 5 µm. Door de geringe afname van materiaal wordt de geometrische precisie niet wezenlijk meer beïnvloedt.

Met welke polijststap wordt begonnen, is in principe niet van belang. De mechanische stappen zorgen voor grote geometrische
25 precisie; de laatste polijststap is een tribochemische waarbij oppervlakteschade geheel wordt weggenomen.

De drager met de dunne halfgeleiderschijf wordt nu losgenomen van het steunlichaam. Er is nu een samenstel van componenten verkregen (zie figuur 4) met een halfgeleiderlichaam waarin
30 gefintegreerde circuits in silicium op isolator kunnen worden vervaardigd. Voor de overzichtelijkheid zijn de dikteafmetingen niet op schaal.

Als voorbeeld werd de halfgeleiderlaag tot een dikte van 5 µm bewerkt. Het is ook mogelijk om zeer nauwkeurig een geringere
35 laagdikte te bereiken. Daartoe wordt eerst aan de laag (die ongeveer 5 µm dik is) een nauwkeurige diktemeting uitgevoerd. Daarna wordt het oppervlak thermisch geoxydeerd gedurende een vast te stellen tijd.

880 0953

Vervolgens wordt het gevormde siliciumoxyde met een etsproces (bijvoorbeeld in een HF-oplossing) weggenomen, waarmede een exact voorgeschreven dikte van de halfgeleiderlaag is te realiseren.

Er zijn varianten mogelijk van het beschreven

- 5 uitvoeringsvoorbeeld, waarbij de uitvindingsgedachte van toepassing blijft. De dikte van het steunlichaam is tenminste $1/8$ van de diameter van het dragerlichaam. In de praktijk is een verhouding $1/4$ zeer gunstig gebleken. De tijdelijke bevestiging van het dragerlichaam geschiedt bij voorkeur op de aangegeven wijzen, maar kan, indien gewenst, ook op een
10 andere manier worden uitgevoerd.

De blijvende bevestiging van het halfgeleiderlichaam aan het dragerlichaam kan, in afwijking van het hiervoor beschrevene, ook geschieden met het van het steunlichaam losgenomen dragerlichaam. Het aansprengen kan dan gemakkelijker worden gemechaniseerd. De combinatie
15 moet voor het dunmaken van de halfgeleiderplak daarna echter weer met het steunlichaam worden verbonden. De precisie van het terugplaatsen op het steunlichaam moet daarbij groot zijn.

Het dragerlichaam 2 kan bijvoorbeeld uit kwartsglas bestaan. Het is ook gunstig een dragerlichaam van silicium te kiezen,
20 bij voorkeur monokristallijn silicium. Het dragerlichaam zowel als het halfgeleiderlichaam kunnen eventueel zijn gedoteerd, waarbij iedere gewenste dotering tot de mogelijkheden behoort en de dotering zowel van gelijk als van tegengesteld type (p en n) kan zijn.

Een voorbeeld van toepassing is weergegeven in L'Onde
25 Electrique, het artikel "Solid state image sensors for electronic readout of image tubes", November 1987, Vol. 67, blz. 99-107, zie de electronic mode weergegeven in figuur 3. De daar getoonde uitvoering kan met voordeel worden vervaardigd op de wijze als hiervoor beschreven.

Het halfgeleiderlichaam kan functioneel verschillende
30 eigenschappen hebben, bijvoorbeeld elektrische maar ook optische (laser) of opto-elektrische.

Het dragerlichaam heeft een zeer grote geometrische precisie, dank zij het mechanische polijstproces. Indien gewenst kan ook de door dit polijstproces optredende schadediepte aan het dragerlichaam
35 worden weggenomen met behulp van een tribochemische handeling.

Het dragerlichaam kan bestaan uit materiaal met specifieke eigenschappen, bijvoorbeeld magnetische, magneto-optische,

8800953

fotorefractieve, piezo-elektrische of opto-elektrische.

Tussen het dragerlichaam en het halfgeleiderlichaam kan daarbij een chemische barrière gewenst zijn. Hiervoor kan bijvoorbeeld gekozen worden een silicium-nitridelaag, die ingebed is tussen twee
5 siliciumoxydelagen.

Het halfgeleiderlichaam kan reeds voorzien zijn van actieve elektronische elementen. Een hoofdvlak kan geplanariseerd zijn, zodanig dat aansprengen op het dragerlichaam mogelijk is. De werkwijze als beschreven kan ook in zulke gevallen worden toegepast, als het van
10 actieve elementen voorziene geplanariseerde hoofdvlak wordt verbonden met een hoofdvlak van het dragerlichaam.

8800953

Conclusies:

1. Werkwijze voor het vervaardigen van een
halfgeleiderinrichting bevattende tenminste een schijfvormig
dragerlichaam en een schijfvormig monokristallijn halfgeleiderlichaam,
waarbij van beide lichamen tenminste één hoofdvlak vlak en optisch
5 glad wordt gemaakt, welke beide lichamen met hun vlakke hoofdvlakken in
onderling contact worden gebracht ter verkrijging van een blijvende
verbinding waarna vervolgens het halfgeleiderlichaam wordt dungemaakt,
met het kenmerk, dat het dragerlichaam tijdelijk wordt verbonden met een
steunlichaam dat nauwkeurig vlakke en evenwijdige hoofdvlakken vertoont
10 en waarvan de dikte tenminste $1/8$ van de grootste afmeting van het
dragerlichaam is, dat het vrije hoofdvlak van het dragerlichaam
mechanisch wordt gepolijst tot een precisie van tenminste $1/2 \mu\text{m}$ vlak,
dat het dragerlichaam van het steunlichaam wordt losgenomen en het
gepolijste hoofdvlak tijdelijk met het steunlichaam wordt verbonden,
15 dat het andere hoofdvlak van het dragerlichaam mechanisch wordt
gepolijst tot een precisie van tenminste $1/2 \mu\text{m}$ vlak en een
evenwijdigheid tussen de hoofdvlakken van tenminste $1/2 \mu\text{m}$,
dat nadat het halfgeleiderlichaam met een hoofdvlak blijvend is
verbonden met een hoofdvlak van het dragerlichaam, het
20 halfgeleiderlichaam mechanisch wordt geslepen tot een dikte van
tenminste $50 \mu\text{m}$ groter dan de gewenste uiteindelijke laagdikte, dat
vervolgens alternerend tribochemisch wordt gepolijst en mechanisch wordt
gepolijst tot een dikte van ongeveer $10 \mu\text{m}$ boven de uiteindelijk
gewenste laagdikte en dat daarna tribochemisch wordt gepolijst tot de
25 gewenste laagdikte van het halfgeleiderlichaam is bereikt.
2. Werkwijze volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat de
dikte van de halfgeleiderlaag nog verder wordt verkleind, door na meten
van de dunne halfgeleiderlaag thermisch te oxyderen tot een nauwkeurig
bepaalde diepte en het thermisch oxyde vervolgens selectief weg te etsen.
- 30 3. Werkwijze volgens conclusie 1 of 2, met het kenmerk, dat
het steunlichaam is gevormd uit kwarts, dat het dragerlichaam is gevormd
uit een materiaal dat halfgeleidende, magnetische, piëzo-elektrische,
fotorefractieve of elektro-optische eigenschappen heeft, dan wel een
combinatie daarvan.
- 35 4. Werkwijze volgens conclusie 3, met het kenmerk, dat het
monokristallijne halfgeleiderlichaam op het met het dragerlichaam te
verbinden hoofdvlak is voorzien van een siliciumoxydelaag, vervolgens

8800953

een siliciumnitridelaag en tenslotte van een siliciumoxydelaag.

5. Werkwijze volgens conclusie 1 of 2, met het kenmerk, dat het steunlichaam is gevormd uit kwarts, dat het dragerlichaam is gevormd uit kwarts en dat het monokristallijne halfgeleiderlichaam op het met
5 het dragerlichaam te verbinden hoofdvlak is voorzien van een siliciumoxydelaag.

6. Werkwijze volgens conclusie 1 of 2, met het kenmerk, dat het steunlichaam is gevormd uit kwarts, dat het dragerlichaam is gevormd uit een optisch transparant materiaal en dat het halfgeleiderlichaam,
10 vóór het verbinden, aan de zijde van het te verbinden hoofdvlak is voorzien van actieve halfgeleider-elementen en het hoofdvlak is geplanariseerd.

8800953

1/1

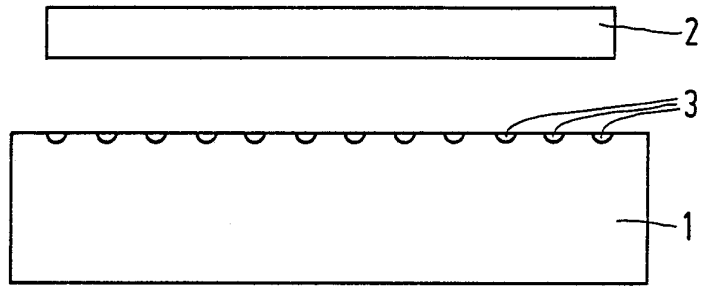


FIG. 1

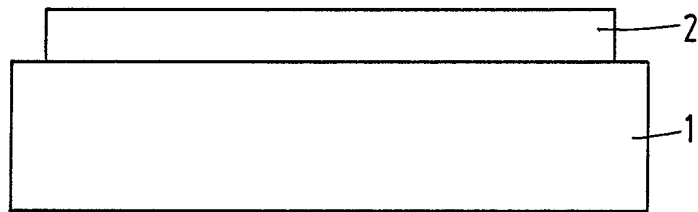


FIG. 2

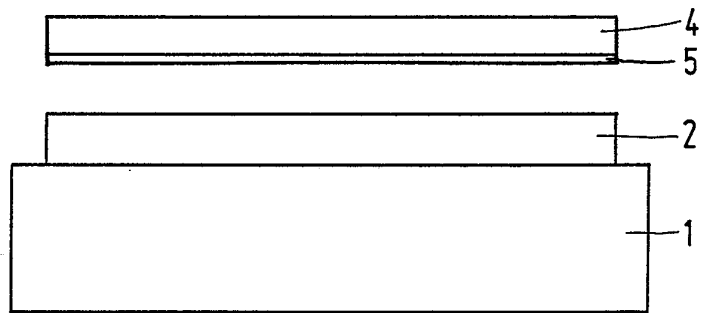


FIG. 3

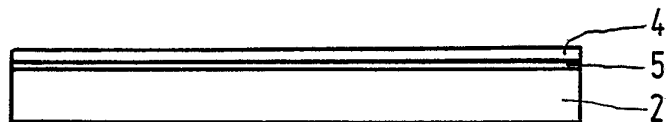


FIG. 4