
Octooraad



⑩ A **Terinzagelegging** ⑪ **7907680**

Nederland

⑲ **NL**

- ⑤④ **Zenerdiode.**
- ⑤① Int.Cl.³: H01L29/90.
- 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 Aanvraag Nr. 7907680.
- ②② Ingediend 18 oktober 1979.
- ③② --
- ③③ --
- ③① --
- ②③ --
- ⑥① --
- ⑥② --

-
- ④③ Ter inzage gelegd 22 april 1981.

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
"Zenerdiode".

De uitvinding heeft betrekking op een halfgeleiderinrichting met een Zenerdiode bevattende een halfgeleiderlichaam met een aan een oppervlak van het lichaam grenzend eerste halfgeleidergebied van een eerste geleidingstype, een eveneens aan dit oppervlak grenzend, binnen het
5 eerste gebied gelegen tweede gebied van het tweede, tegen-
gestelde geleidingstype, en een op afstand van het oppervlak gelegen, geheel door het eerste en het tweede gebied
begrensd derde gebied van het eerste geleidingstype met een
10 hogere doteringsconcentratie dan het eerste gebied, waarbij
het tweede gebied met het eerste en het derde gebied een
aan het oppervlak eindigende, in hoofdzaak evenwijdig aan
het oppervlak lopende pn-overgang vormt.

Een halfgeleiderinrichting met een Zenerdiode
15 van de beschreven soort is bekend uit het Amerikaans octrooischrift 33 45 221.

Onder Zenerdioden worden in deze aanvraag in algemene zin verstaan dioden met een zeer nauwkeurig bepaalde en reproduceerbare doorslagspanning, die worden toege-
20 past voor het verkrijgen van een referentiespanning. Of
daarbij de doorslag wordt teweeggebracht door lawinevermenigvuldiging of door het, vooral bij kleine doorslagspanningen (< 6 Volt) op de voorgrond tredende, "Zener"-effect is daarbij in de praktijk in het algemeen niet van belang.

25 Een Zenerdiode van de beschreven structuur kan als discrete component doch ook als component van een monolithische geïntegreerde schakeling worden toegepast. Het belangrijke voordeel van deze structuur is, dat de doorslag optreedt aan het deel van de pn-overgang dat zich
30 tussen het tweede en het derde gebied bevindt, tengevolge van de daar heersende doteringsconcentraties en -gradiënten, zodat doorslag aan het oppervlak wordt vermeden. Daardoor wordt in het algemeen een nauwkeurig bepaalde doorslagspan-

ning op reproduceerbare wijze verkregen.

Bij deze bekende Zenerdioden wordt uitgegaan van een homogeen gedoteerd substraat, waarin door dotering van buiten af, hetzij door diffusie, het zij door implantatie, 5 of door een combinatie van beide achtereenvolgens het derde gebied van hetzelfde geleidingstype als het substraat en het tweede gebied van aan het substraat tegengesteld geleidingstype worden gevormd. De volgorde van aanbrengen van het tweede en het derde gebied kan desgewenst ook worden 10 omgekeerd. Bij deze wijze van vervaardigen wordt een groot aantal halfgeleiderinrichtingen tegelijkertijd uit éénzelfde halfgeleiderschijf vervaardigd.

Het is Aanvraagster echter gebleken, dat onder omstandigheden de nauwkeurigheid en de reproduceerbaarheid 15 van de doorslagspanning van de beschreven dioden te wensen overlaat. Aanvraagster is daarbij tot het inzicht gekomen, dat er verband bestaat tussen de mate van nauwkeurigheid en reproduceerbaarheid van de doorslagspanning enerzijds, en de grootte van de halfgeleiderschijf waaruit de dioden 20 worden vervaardigd anderzijds. Naarmate de halfgeleiderschijf waarvan wordt uitgegaan een grotere diameter heeft, blijken de nauwkeurigheid en de reproduceerbaarheid van de doorslagspanning af te nemen.

Dit is een verrassend resultaat aangezien men, 25 gelet op de structuur van de hierboven beschreven bekende Zenerdioden, zou mogen verwachten dat de halfgeleiderschijf waaruit het substraat wordt gevormd, op de doorslagspanning weinig of geen invloed heeft. De doorslag treedt immers niet op tussen het tweede gebied en het substraat, doch tussen 30 het tweede gebied en het, hoger dan het substraat gedoteerde, derde gebied.

De uitvinding beoogt, een halfgeleiderinrichting met een Zenerdiode te verschaffen, waarbij nauwkeurige en reproduceerbare doorslagspanningen kunnen worden verkregen, 35 ongeacht de diameter van de halfgeleiderschijf waarvan wordt uitgegaan.

Daartoe is een halfgeleiderinrichting van de in de aanhef beschreven soort volgens de uitvinding daardoor

7907680

gekenmerkt, dat het eerste gebied een epitaxiale laag bevat, die is aangebracht op een hooggedoteerd substraat van het eerste geleidingstype met een hogere doteringsconcentratie dan de epitaxiale laag, waarbij de epitaxiale laag een
5 zodanige dotering en dikte heeft dat de differentiaalweerstand van de diode ook bij doorslag positief is.

Het is gebleken, dat halfgeleiderinrichtingen met Zenerdioden met de, op het eerste gezicht onnodig gecompliceerde, structuur volgens de uitvinding ook op halfgeleiderschijven met een diameter van 76 mm of groter met
10 nauwkeurige en reproduceerbare doorslagspanning kunnen worden vervaardigd. Dat dit bij de bekende structuur zonder epitaxiale laag in veel mindere mate het geval is, kan vermoedelijk op de volgende wijze worden verklaard. Aangezien
15 het derde gebied in de praktijk door dotering (implantatie en/of diffusie) van buiten af in het substraat wordt aangebracht, bepaalt de door het substraat geleverde achtergronddotering in niet onbelangrijke mate de doteringsgradiënt van het derde gebied bij de pn-overgang, en daarmee
20 de doorslagspanning. Halfgeleiderschijven met een diameter tot ongeveer 50 mm zijn nog te vervaardigen met een zodanig homogene doteringsconcentratie, dat de daaruit verkregen substraten de vereiste uniformiteit vertonen. Bij grotere halfgeleiderschijven, bijvoorbeeld met een diameter van 76
25 mm, blijkt dit niet meer mogelijk te zijn, zodat de uit eenzelfde halfgeleiderschijf vervaardigde dioden onderlinge afwijkingen in de doorslagspanning vertonen. Bij de Zenerdioden volgens de uitvinding echter wordt het eerste gebied gevormd door een epitaxiale laag, waarvan de dotering
30 veel beter gecontroleerd en veel beter homogeen gemaakt kan worden, zodat het genoemde nadeel wordt vermeden.

Zenerdioden waarbij het homogene substraat vervangen is door een epitaxiale laag op een hooggedoteerd substraat vertonen soms een onregelmatigheid bij doorslag, die
35 waarschijnlijk te wijten is aan een optredende negatieve differentiaalweerstand zoals deze ook bijvoorbeeld voorkomt bij een z.g. "IMPATT"-diode, ook wel lawinediode genoemd, waar dit verschijnsel wordt gebruikt voor het opwekken van

hoogfrequente spanningen of stromen. Dit is uiteraard geheel in tegenspraak met de aan een Zenerdiode gestelde eisen. Het genoemde verschijnsel hangt waarschijnlijk samen met het optreden van een te grote spreidingsweerstand tussen het tweede gebied en het hooggedoteerde substraat. Daarom moet, zoals reeds gezegd, de epitaxiale laag een zodanige dikte en dotering hebben, dat de differentiaalweerstand ook bij doorslag steeds positief is.

Ofschoon het derde gebied zich tot aan het substraat kan uitstrekken, wordt bij voorkeur het derde gebied geheel door het tweede gebied en door de epitaxiale laag begrensd.

De epitaxiale laag heeft met voordeel een dikte van tenminste 10 μm en ten hoogste 35 μm , en een soortelijke weerstand van tenminste 0,5 Ohm.cm en ten hoogste 2 Ohm.cm. Hiermee kunnen bijvoorbeeld in silicium doorslagspanningen tussen 12 Volt en 120 Volt worden gerealiseerd. De soortelijke weerstand van het hooggedoteerde substraat is, ter verkrijging van een zo laag mogelijke serieweerstand bij voorkeur ten hoogste 12 m Ohm.cm.

Opgemerkt wordt verder nog dat diodestructuren als hierboven beschreven op zichzelf voor IMPATT-dioden en voor capaciteitsdioden bekend zijn. Deze inrichtingen zijn echter van die volgens de uitvinding geheel verschillend en dienen aan eisen te voldoen, die aan de aan Zenerdioden gestelde eisen tegengesteld zijn. Zo dient, in tegenstelling tot een Zenerdiode, een IMPATT-diode bij doorslag juist een negatieve differentiaalweerstand te hebben, terwijl een capaciteitsdiode naast een bepaalde gewenste capaciteitsspanningskarakteristiek liefst een hoge doorslagspanning, die echter niet nauwkeurig bepaalt hoeft te zijn, moet vertonen. Voor het functioneren van deze inrichtingen is voorts, in tegenstelling tot de uitvinding, de veldverdeling over de epitaxiale laag van bijzonder belang.

De uitvinding zal thans nader worden toegelicht aan de hand van de tekening, waarin

Figuur 1 schematisch in dwarsdoorsnede een halfgeleiderinrichting met een Zenerdiode volgens de uitvinding

7907680

toont,

Figuur 2 schematisch een bovenaanzicht van de inrichting van Figuur 1 toont,

Figuren 3 t/m 5 schematisch dwarsdoorsneden van de inrichting volgens de uitvinding in opeenvolgende stadia van vervaardiging tonen, en

Figuur 6 schematisch in dwarsdoorsnede een andere uitvoeringsvorm van de inrichting volgens de uitvinding toont.

De figuren zijn terwille van de duidelijkheid schematisch en niet op schaal getekend, waarbij in het bijzonder de afmetingen in de dikterichting sterk zijn overdreven. Halfgeleidergebieden van hetzelfde geleidingstype zijn in dezelfde richting gearceerd; overeenkomstige delen zijn in de figuren in het algemeen met hetzelfde verwijzingscijfer aangeduid.

In figuur 1 is schematisch een dwarsdoorsnede van een discrete Zenerdiode volgens de uitvinding weergegeven. De diode bevat een halfgeleiderlichaam met een eerste halfgeleidergebied 1 van een eerste geleidingstype, dat in dit voorbeeld n-type geleidend is, welk eerste gebied aan een oppervlak 4 van het halfgeleiderlichaam grenst. Verder is aanwezig een eveneens aan het oppervlak 4 grenzend, binnen het eerste gebied 1 gelegen tweede gebied 2 van het tweede, tegengestelde geleidingstype, in dit voorbeeld dus van het p-geleidingstype. De inrichting bevat voorts nog een, op afstand van het oppervlak 4 gelegen, geheel door het eerste gebied 1 en het tweede gebied 2 begrensd derde gebied 3 van het eerste, hier dus n-, geleidingstype met een hogere doteringsconcentratie dan het eerste gebied 1. Het tweede gebied 2 vormt met het eerste gebied 1 en het derde gebied 3 een aan het oppervlak 4 eindigende, in hoofdzaak evenwijdig aan het oppervlak 4 lopende pn-overgang 5. Het deel van de pn-overgang tussen het tweede gebied 2 en het derde gebied 3 is in de figuur aangeduid met 5A; het gedeelte tussen het tweede gebied en het eerste gebied 1 met 5B. Aangezien de doteringsconcentratie van het gebied 3 hoger is dan die van het gebied 1 treedt bij het aanleggen van een voldoende hoge spanning in de keer-

richting over de pn-overgang 5 doorslag op van het deel 5A van de pn-overgang, en niet van het deel 5B, zodat oppervlakte doorslag wordt vermeden.

Bij bekende Zenerdioden van dit type wordt het eerste gebied 1 gevormd door een homogeen substraat. Daarbij treden echter de in de inleiding genoemde problemen op.

Volgens de uitvinding echter bevat het eerste gebied een epitaxiale laag 1 die is aangebracht op een hooggedoteerd substraat 6 van het eerste (n-) geleidingstype, met een hogere doteringsconcentratie dan het eerste gebied 1. In dit voorbeeld wordt het derde gebied 3 geheel begrensd door het tweede gebied 2 en door de epitaxiale laag 1. Daarbij heeft de epitaxiale laag een zodanige dotering en dikte dat de differentiaalweerstand van de diode ook bij doorslag steeds positief is. Het oppervlak 4 is gedeeltelijk bedekt met een isolerende laag 7; via een venster in de isolerende laag 7 sluit een contactelektrode 8 aan op het gebied 2, terwijl aan de andere zijde het substraat 6 gecontacteerd wordt door een metaallaag 9.

De beschreven Zenerdiode vertoont een doorslagspanning, die afhankelijk is van de gebruikte doteringsconcentraties en van de bij de vervaardiging toegepaste diffusie- en implantatieparameters. De doorslagspanning van gelijktijdig in een groot aantal uit eenzelfde halfgeleiderschijf vervaardigde dioden vertoont zeer weinig spreiding en is ook, bij constant gehouden vervaardigingsomstandigheden, zeer goed reproduceerbaar.

De beschreven diode kan op de volgende wijze worden vervaardigd, zie Figuren 3 t/m 5. Uitgegaan wordt van een halfgeleiderschijf 6 van n-type silicium met een diameter van 76 mm, een dikte van 380 μ m en een soortelijke weerstand van bijvoorbeeld 8 m Ohm.cm. Hierop wordt op gebruikelijke wijze een n-type geleidende siliciumlaag met een dikte van bijvoorbeeld 30 μ m en een soortelijke weerstand van 1,5 Ohm.cm epitaxiaal aangegroeid. Deze laagdikte en dotering zijn geschikt voor dioden met een doorslagspanning van ongeveer 30 Volt of hoger; in het algemeen kiest men voor het verkrijgen van doorslagspanningen van

minder dan 30 Volt liever een epitaxiale laag met een wat kleinere dikte, bijvoorbeeld 20-25 μm , en een wat lagere soortelijke weerstand, bijvoorbeeld 0,6 Ohm.cm. In de figuren is terwille van de duidelijkheid slechts één diode
5 getekend, ofschoon tegelijkertijd een groot aantal dioden op één halfgeleiderschijf wordt vervaardigd.

Op het oppervlak van de laag 1 wordt nu, bijvoorbeeld door thermische oxydatie, een laag 7 van siliciumoxyde met een dikte van ongeveer 0,45 μm aangebracht, zie
10 Figuur 3. Hierin wordt vervolgens een venster 10 geëtst, bijvoorbeeld een vierkant venster met zijden van 180 μm en afgeronde hoeken (zie bovenaanzicht volgens Figuur 2).

In het venster wordt een zeer dunne (ongeveer 0,05 μm dikke) oxydelaag 11 aangegroeid. Dan worden fosforionen (zie Figuur 4) door de dunne oxydelaag 11 heen in
15 het siliciumgebied geïmplanteerd, waarbij de oxydelaag 7 voldoende dik is om tegen deze implantatie te maskeren. De energie van de fosforionen is ongeveer 70 keV, de dosis bedraagt 6×10^{13} ionen per cm^2 . Hierbij ontstaat het n-type
20 gebied 3, dat hoger gedoteerd is dan de laag 1.

Na een uitgloeibehandeling van ongeveer 30 minuten bij 900°C in stikstof wordt gedurende ongeveer 16 uur bij 1200° het gebied 3 verder ingediffundeerd. Daarna wordt (zie Figuur 5) in de op de laag 1 aanwezige oxyde-
25 laag een venster 12 met zijden van ongeveer 220 μm geëtst; het gebied 3 ligt symmetrisch binnen dit venster, zie ook Figuur 2.

Vervolgens wordt, onder toepassing van de oxydelaag 7 als masker, boor ingediffundeerd bij een temperatuur
30 van ongeveer 1200° ter verkrijging van het p-type gebied 2. De diffusie geschiedt bij een zodanige oppervlakteconcentratie dat het gebied 2 geheel p-type geleidend wordt, onder omdotering van het gebied 3 aan het oppervlak. De dikte van het gebied 2 bedraagt na afloop van de beschreven pro-
35 cessen ongeveer 2 μm ; het gebied 3 strekt zich vanaf het oppervlak tot een diepte van ongeveer 4 μm in het lichaam uit. Tenslotte wordt de dikte van de halfgeleiderschijf door slijpen en etsen verminderd tot ongeveer 120 μm , en

de contactelektroden 8 en 9 aangebracht. Dan wordt de halfgeleiderschijf door krassen en breken of op andere wijze in afzonderlijke dioden verdeeld, en worden de dioden op gebruikelijke wijze afgemonteerd.

5 De zo verkregen diode had een doorslagspanning van 30 Volt en de doorslagspanningen van op eenzelfde halfgeleiderschijf vervaardigde dioden bleken een zeer geringe spreiding te vertonen, terwijl ook de doorslagspanning van op dezelfde wijze verkregen dioden zeer goed reproduceer-
10 baar was. De hoogte van de verkregen doorslagspanning is, zoals reeds eerder gezegd, van de vervaardigingsparameters afhankelijk, die door de vakman naar willekeur kunnen worden gewijzigd. Zo kan bijvoorbeeld, bij gelijk blijvende dikte en dotering van de epitaxiale laag en bij ook overi-
15 gens ongewijzigde vervaardigingsomstandigheden, de doorslagspanning verlaagd worden door verlaging van de dosis van de voor het vormen van het derde gebied 3 geïmplanteerde ionen en omgekeerd.

De uitvinding is niet beperkt door het gegeven
20 uitvoeringsvoorbeeld. Zo kan het tweede gebied 2 in plaats van door diffusie ook door ionenimplantatie worden gevormd. Omgekeerd kan het gebied 3 ook door diffusie worden verkregen. Verder kan de Zenerdiode ook deel uitmaken van een geïntegreerde schakeling. In plaats van silicium kan ook
25 germanium of een ander halfgeleidermateriaal, zoals bijvoorbeeld een $A_{III}B_V$ -verbinding worden toegepast. Tenslotte wordt nog opgemerkt, dat het derde gebied 3 zich desgewenst ook tot aan het substraat kan uitstrekken, zoals aangeduid in Figuur 6, waardoor een zeer lage serieweerstand wordt
30 verkregen.

CONCLUSIES:

1. Halfgeleiderinrichting met een Zenerdiode bevat-
tende een halfgeleiderlichaam met een aan een oppervlak
van het lichaam grenzend eerste halfgeleidergebied van een
eerste geleidingstype, een eveneens aan dit oppervlak gren-
5 zend, binnen het eerste gebied gelegen tweede gebied van
het tweede, tegengesteld geleidingstype, en een op afstand
van het oppervlak gelegen, geheel door het eerste en het
tweede gebied begrensd derde gebied van het eerste gelei-
dingstype met een hogere doteringsconcentratie dan het
10 eerste gebied, waarbij het tweede gebied met het eerste
en het derde gebied een aan het oppervlak eindigende, in
hoofdzaak evenwijdig aan het oppervlak lopende pn-overgang
vormt, met het kenmerk, dat het eerste gebied een epitaxiale
laag bevat, die is aangebracht op een hooggedoteerd substraat
15 van het eerste geleidingstype met een hogere doteringscon-
centratie dan de epitaxiale laag, waarbij de epitaxiale laag
een zodanige dotering en dikte heeft dat de differentiaal-
weerstand van de diode ook bij doorslag positief is.
2. Halfgeleiderinrichting volgens conclusie 1, met
20 het kenmerk, dat het derde gebied geheel door het tweede
gebied en door de epitaxiale laag wordt begrensd.
3. Halfgeleiderinrichting volgens conclusie 1 of 2,
met het kenmerk, dat de dikte van de epitaxiale laag ten-
minste 10 μm en ten hoogste 35 μm bedraagt, en dat haar
25 soortelijke weerstand tenminste 0,5 Ohm.cm en ten hoogste
2 Ohm.cm bedraagt.
4. Halfgeleiderinrichting volgens één der voor-
gaande conclusies, met het kenmerk, dat de soortelijke
weerstand van het substraat ten hoogste 12 Ohm.cm bedraagt.

30

35

1/2

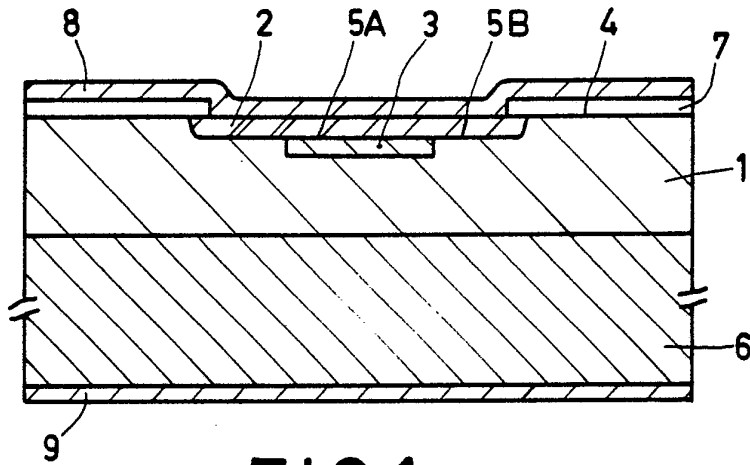


FIG.1

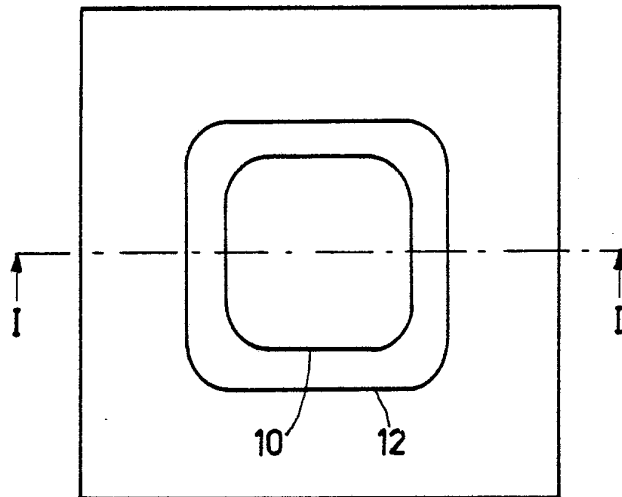


FIG.2

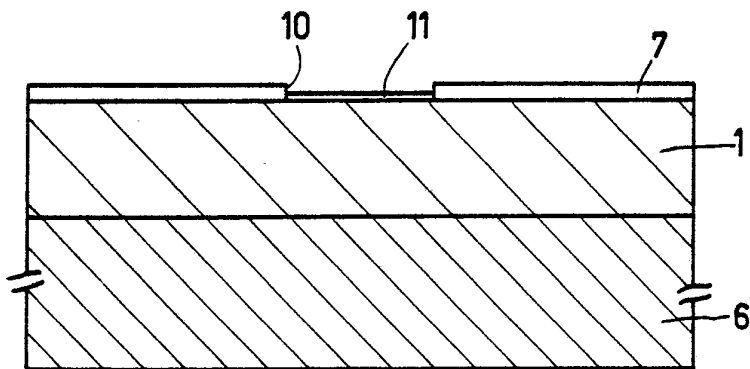


FIG.3

7907680

N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken
EINDHOVEN

1-II - PHN 9598

2/2

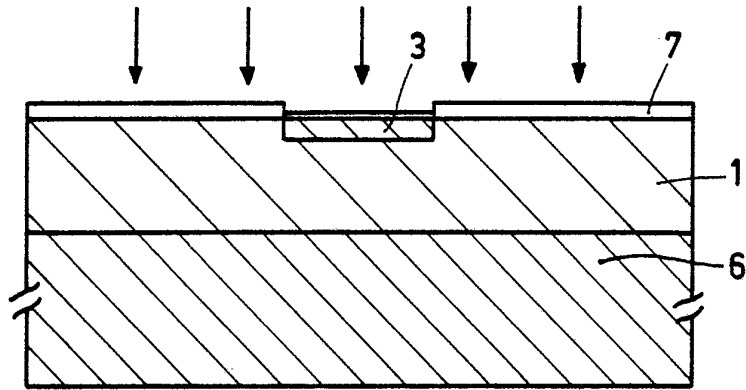


FIG. 4

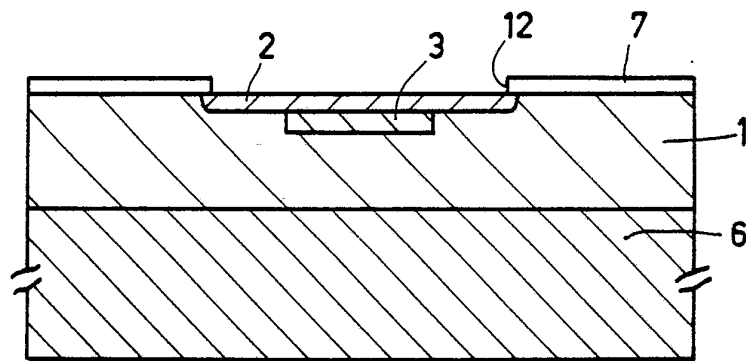


FIG. 5

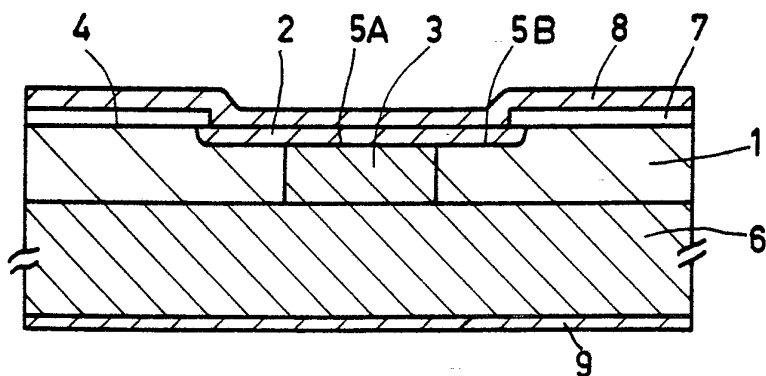


FIG. 6

7907680

N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken
EINDHOVEN
2-II-PHN 9598