



⑫ A Terinzagelegging ⑪ 8600676

Nederland

⑲ NL

⑤4 **Halfgeleiderinrichting voor het opwekken van een elektronenstroom.**

⑤1 Int.Cl⁴: H01J 19/24, H01J 1/30, H01J 29/04.

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

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

⑳1 Aanvraag Nr. 8600676.

⑳2 Ingediend 17 maart 1986.

⑳3 --

⑳3 --

⑳1 --

⑳2 --

④3 Ter inzage gelegd 16 oktober 1987.

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

N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken te Eindhoven.

Halfgeleiderinrichting voor het opwekken van een elektronenstroom.

De uitvinding betreft een halfgeleiderinrichting voor het opwekken van een elektronenstroom met een kathode bevattende een halfgeleiderlichaam met een n-type oppervlaktegebied en een n-type gebied, waarbij door het n-type gebied een positieve voorspanning te
5 geven ten opzichte van het p-type gebied in het halfgeleiderlichaam elektronen kunnen worden opgewekt die het halfgeleiderlichaam verlaten.

Daarnaast betreft de uitvinding een opneembuis en een weergeefinrichting voorzien van een dergelijke halfgeleiderinrichting.

Halfgeleiderinrichtingen van de in de aanhef genoemde
10 soort zijn bekend uit de Nederlandse Octrooiaanvraag No. 7905470 van Aanvraagster.

Zij worden onder meer gebruikt in kathodestraalbuizen, waarin zij de conventionele thermische kathode, waarbij elektronen-emissie door verhitting wordt opgewekt, vervangen. Daarnaast worden zij
15 toegepast in bijvoorbeeld apparatuur voor elektronenmicroscopie. Naast het hoge energieverbruik ten behoeve van de verhitting hebben thermische kathoden het nadeel dat zij niet direct bedrijfsklaar zijn omdat zij eerst voldoende opgewarmd moeten worden voordat emissie optreedt. Daarnaast gaat door verdamping op den duur het kathodemateriaal verloren
20 zodat deze kathoden een beperkte levensduur hebben.

Om de in de praktijk lastige verhittingsbron te vermijden en om ook aan de andere bezwaren tegemoet te komen heeft men gezocht naar een koude kathode.

De uit de genoemde octrooiaanvraag bekende koude kathoden
25 zijn gebaseerd op het uittreden van elektronen uit het halfgeleiderlichaam wanneer een pn-overgang zodanig in de keerrichting wordt bedreven dat lawinevermenigvuldiging optreedt. Hierbij kunnen sommige elektronen zoveel kinetische energie verkrijgen als nodig is om de elektronenuittree-potentiaal te overschrijden; deze elektronen komen
30 dan vrij aan het oppervlak en leveren aldus een elektronenstroom.

In dit type kathoden streeft men naar een zo hoog mogelijk rendement, te bereiken door een zo laag mogelijke uittree-

potentiaal voor de elektronen. Dit laatste wordt bijvoorbeeld
bewerkstelligd door het aanbrengen van een laag
uittreepotentiaalverlagend materiaal op het oppervlak van de kathode.
Bij voorkeur wordt hiervoor cesium gekozen omdat dit een maximale
5 verlagings van de elektronen-uittreepotentiaal veroorzaakt.

Het gebruik van cesium kan echter ook nadelen hebben. Zo
is cesium erg gevoelig voor de aanwezigheid (in de gebruiksomgeving) van
oxyderende gassen (waterdamp, zuurstof, CO_2). Bovendien is cesium
tamelijk vluchtig hetgeen nadelig kan zijn bij die toepassingen waarbij
10 zich substraten of preparaten in de nabijheid van de kathode bevinden,
zoals bijvoorbeeld het geval kan zijn bij elektronenlithografie of
elektronenmicroscopie. Het verdampte cesium kan dan op de genoemde
voorwerpen neerslaan.

De onderhavige uitvinding stelt zich onder meer ten doel
15 een halfgeleiderinrichting van de in de aanhef genoemde soort te
verschaffen waarbij niet altijd een uittreepotentiaalverlagend materiaal
hoeft te worden toegepast zodat bovengenoemde problemen zich niet
voordoën.

Daarnaast stelt zij onder andere zich ten doel koude
20 kathoden van de genoemde soort te verschaffen die, indien het gebruik
van cesium of een andere elektronenuittreeverlagende stof geen of
verwaarloosbaar weinig problemen met zich meebrengt, een veel hogere
efficiency bezitten.

Een halfgeleiderinrichting volgens de uitvinding heeft
25 daartoe het kenmerk, dat zich tussen het n-type oppervlaktegebied en het
p-type gebied een praktisch intrinsiek halfgeleidergebied bevindt
waarbij de bandafstand van het intrinsieke halfgeleidermateriaal ter
plaats van de overgang tussen het intrinsieke halfgeleidermateriaal en
het p-type gebied kleiner is dan die ter plaats van de overgang tussen
30 het intrinsieke halfgeleidermateriaal en het n-type oppervlakte gebied.

Door met name bij de overgang tussen het p-type gebied en
het intrinsieke materiaal de bandafstand voldoende klein te kiezen
kunnen hier bij voldoende sterk elektrisch veld elektronen uit de
valentie band naar de geleidingsband tunnelen. Deze elektronen hebben
35 voldoende potentiële energie om de uittreepotentiaal te
overschrijden. Doordat de bandafstand bij het oppervlak groter is,
treedt daar het tunneleffect nauwelijks op, en doet zich derhalve

praktisch geen elektronengeneratie voor. Dit wordt met name bereikt door het intrinsieke halfgeleidermateriaal uit tenminste twee verschillende halfgeleidermaterialen met verschillende bandafstand te laten bestaan.

5 Onder praktisch intrinsiek wordt in deze Aanvraag ook verstaan een gebied dat een lichte dotering van het p-type of het n-type bevat met een verontreinigingsconcentratie van tenhoogste $5 \cdot 10^6$ atomen/cm³.

De uitvinding zal thans nader worden toegelicht aan
10 de hand van enkele uitvoeringsvoorbeelden en de tekening, waarin

Figuur 1 een schematische dwarsdoorsnede toont van een halfgeleiderinrichting volgens de uitvinding,

Figuur 2 een schematische doorsnede toont langs de lijn II-II in figuur 1,

15 Figuur 3 schematisch het bijbehorende elektronen-energiediagram toont, en

Figuur 4 een kathodestraalbuis toont voorzien van een halfgeleiderinrichting volgens de uitvinding.

Figuur 1 toont in dwarsdoorsnede een halfgeleider-
20 inrichting volgens de uitvinding die is ingericht voor het opwekken van een elektronenstroom. Deze bevat daartoe een kathode met een halfgeleiderlichaam 1. Het halfgeleiderlichaam 1 bevat in dit voorbeeld aan een hoofdoppervlak 2 van het halfgeleiderlichaam een n⁺-type oppervlaktegebied 3 met een dikte van circa 15 nanometer dat van
25 een p⁺-type substraat 4 gescheiden is door een praktisch intrinsieke halfgeleiderlaag. De praktisch intrinsieke halfgeleiderlaag is in dit voorbeeld opgedeeld in deellagen 5 en 6 met diktes van respectievelijk ca 25 nanometer en ca. 5 nanometer. Het n⁺-type oppervlaktegebied 3, het p-type substraat 4 en de deellaag 6 bestaan in dit voorbeeld uit
30 galliumarsenide (GaAs) terwijl de deellaag 5 uit een gebied met een grotere bandafstand bestaat zoals aluminiumgalliumarsenide (Al_xGa_{1-x}As met x = 0,4). In de bedrijfsconditie worden elektronen vrijgemaakt die aanleiding geven tot een elektronenstroom 7. Voor het aanleggen van elektrische spanningen om deze bedrijfsconditie te bereiken
35 is de inrichting voorzien van metaalcontacten 8 en 9 die respectievelijk het n⁺-type gebied 3 en p⁺-substraat 4 contacteren. De emissie blijft beperkt tot een opening 10 in de aansluitelektrode 8 doordat het

gebied 11 elektrisch inactief gemaakt is.

Figuur 2 toont schematisch een dwarsdoorsnede langs de lijn II-II in Figuur 1, terwijl Figuur 3 het bijbehorende elektronen-energiediagram toont indien over de contacten 8, 9 (zie Fig. 1) via een spanningsbron 12 een spanning wordt aangesloten ter grootte V_d , waarbij het oppervlaktegebied 3 positief ten opzichte van het substraat 4 wordt voorgespannen. De spanning V_d is voldoende hoog om in het intrinsieke gedeelte 5, 6 een veldsterkte op te wekken met een voldoende hoge waarde (bijvoorbeeld $> 10^6$ V/cm) dat in het GaAs gebied 6 door tunnelen elektronen vanuit de valentieband de geleidingsband bereiken (aangegeven met pijlen 13 in Figuur 3). Aangezien de tunnelstroomdichtheid sterk afneemt bij grotere waarden van de bandafstand van het halfgeleidermateriaal zal een dergelijke tunnelstroom vrijwel uitsluitend ontstaan in het GaAs-gebied 6. Door de gekozen waarden van de diktes van de gebieden 5 en 6 en de spanning V_d is de potentiële energie van de elektronen in het gebied 6 groter dan de elektronenuittree-energie ϕ . Het energieverval ten opzichte van ϕ is zodanig dat na eventueel energieverlies door interacties met het rooster een aanzienlijk deel van de elektronen voldoende energie bezit om uit het halfgeleiderlichaam te kunnen treden.

Hoewel bij de genoemde veldsterkte ook electronengeneratie door lawinevermenigvuldiging op kan treden zal deze door een geschikte keuze van materiaal en afmetingen gering zijn. Zo is in $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ de ionisatie-energie hoog terwijl door de kleine afmetingen een elektron in het weliswaar hoge veld nauwelijks voldoende potentiële energie kan opdoen om extra ionisatie te bewerkstelligen in een gebied waar de energie van de door deze ionisatie gegenereerde elektronen boven de elektronenuittree-energie ϕ ligt.

De inrichting van Figuur 1 kan als volgt worden vervaardigd. Uitgegaan wordt van een $\langle 100 \rangle$ -georiënteerd p^+ -substraat van galliumarsenide dat met zink gedoteerd is en een verontreinigingsconcentratie van ca. $2 \cdot 10^{19}$ atomen/cm³ bezit. Hierop wordt door middel van epitaxiale groeitechnieken zoals MBE of MOVPE achtereenvolgens de praktisch intrinsieke laag aangebracht met een dikte van ca 5 nanometer eveneens van galliumarsenide. Hierop wordt op soortgelijke wijze de $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ laag aangebracht met een dikte van ca. 25 nanometer. De lagen 5 en 6 kunnen hierbij licht gedoteerd

zijn (π - of ν -type) tot een maximale verontreinigingsconcentratie van 10^{16} atomen/cm³, maar bij voorkeur veel minder.

Eveneens door epitaxatie groeitechnieken wordt het n^+ -type oppervlakte gebied 3 aangebracht met een dikte van ca. 15
5 nanometer en een verontreinigingsconcentratie van ca. $4 \cdot 10^{19}$ atomen/cm³. Door middel van een patronenbombardement wordt het halfgeleidermateriaal ter plaatse van de gebieden 11 elektrisch inactief gemaakt tot in het substraat 4, waarna het geheel van aansluitcontacten 8 en 9 wordt voorzien. Voor het aanbrengen van het
10 aansluitcontact 8 kan de inrichting ook van een isolerende laag, bijvoorbeeld een oxidelaag, met een opening worden voorzien waarover zich ten behoeve van de aansluiting geleiders uitstrekken. In dat geval kan het elektrisch inactieve gebied 13 desgewenst vervallen.

In plaats van de zones 11 elektrisch inactief te maken
15 kunnen op deze plaatsen ook holten worden geëtst die daarna zonodig worden opgevuld met oxyde totdat een vlak oppervlak is verkregen, waarover zich aansluitgeleiders 8 kunnen uitstrekken.

Om het rendement nog verder te verhogen kan de inrichting aan het oppervlak 2 binnen de opening 10 nog voorzien worden van een
20 laag uittreepotentiaalverlagend materiaal zoals barium of cesium.

Figuur 4 toont schematisch een opneembuis 21, voorzien van een halfgeleiderkathode 1 volgens de uitvinding. De opneembuis bevat verder in een hermetisch afgesloten vacuumbuis 23 een fotogeleidende trefplaat 24, welke laag door de elektronenbundel 7 wordt
25 afgetast, terwijl de opneembuis verder is voorzien van een spoelenstelsel 27 om de bundel af te buigen en een schermrooster 29. Een op te nemen beeld wordt met behulp van de lens 28 op de trefplaat 24 geprojecteerd, waarbij de eindwand 22 voor straling doorlatend is. Ten behoeve van elektrische aansluiting is de eindwand 25 voorzien van
30 doorvoeren 26. In dit voorbeeld is de halfgeleiderkathode volgens figuur 1 gemonteerd op de eindwand 25 van de opneembuis 21.

Op soortgelijke wijze kan een weergeefbuis worden gerealiseerd waarbij zich ter plaatse van eindwand 22 onder meer een fluorescerend scherm bevindt.

35 Uiteraard is de uitvinding niet beperkt tot de hier gegeven voorbeelden. Zo kan een aantal van de structuren volgens Figuur 1 in een matrix gerangschikt worden waarbij het p^+ -substraat 4

vervangen is door in rijen gerangschikte p^+ -type zones die rijaansluitingen vormen, welke dan het oppervlak van het halfgeleiderlichaam worden gecontacteerd terwijl kolomaansluitingen plaats vinden via evenwijdige gerangschikte aansluitpennen 8.

5 Ook kan het verloop van de bandafstand van het intrinsieke halfgeleidermateriaal worden verkregen door gebruik te maken van $Al_xGa_{1-x}As$ waarbij x in de richting naar het oppervlak langzaam toeneemt. Het gebruik van meer dan twee soorten halfgeleidermateriaal is eveneens mogelijk.

10 Daarnaast kunnen diverse andere materialen gekozen worden zoals bijvoorbeeld andere combinaties van A_3B_5 materialen.

In plaats van deze halfgeleidermaterialen kan men ook materialen van het A_2B_6 type kiezen.

Tenslotte zijn in de wijze van vervaardiging diverse
15 variaties mogelijk.

CONCLUSIES:

1. Halfgeleiderinrichting voor het opwekken van een elektronenstroom met een kathode bevattende een halfgeleiderlichaam met een n-type oppervlaktegebied en een p-type gebied, waarbij door het n-type gebied een positieve voorspanning te geven ten opzichte van het p-type gebied in het halfgeleiderlichaam elektronen kunnen worden opgewekt die het halfgeleiderlichaam verlaten met het kenmerk, dat zich tussen het n-type oppervlaktegebied en het p-type gebied een praktisch intrinsiek halfgeleidergebied bevindt waarbij de bandafstand van het intrinsieke halfgeleidermateriaal ter plaatse van de overgang tussen het intrinsieke halfgeleidermateriaal en het p-type gebied kleiner is dan die ter plaatse van de overgang tussen het intrinsieke halfgeleidermateriaal en het n-type oppervlaktegebied.
2. Halfgeleiderinrichting volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat het intrinsieke halfgeleidergebied ten minste twee verschillende halfgeleidermaterialen met verschillende bandafstand bevat.
3. Halfgeleiderinrichting volgens conclusie 1 of 2, met het kenmerk, dat het praktisch intrinsieke halfgeleidergebied van het n-type of het p-type is met een maximale verontreinigingsconcentratie van $5 \cdot 10^6$ atomen/cm³.
4. Halfgeleiderinrichting volgens conclusie 2, met het kenmerk, dat voor het halfgeleidermateriaal met de kleinere bandafstand GaAs gekozen is en voor het andere halfgeleidermateriaal AlGaAs gekozen is.
5. Halfgeleiderinrichting volgens één der vorige conclusies, met het kenmerk dat zich aan het oppervlak een elektrisch isolerende of inactieve laag bevindt voorzien van tenminste één opening die een deel van het halfgeleideroppervlak vrijlaat via welke opening de elektronen uit het halfgeleiderlichaam kunnen treden.
6. Halfgeleiderinrichting volgens conclusie 5, met het kenmerk, dat de n-type oppervlaktegebieden aan het hoofdoppervlak gecontacteerd worden met behulp van aansluitelektroden die zich uitstrekken over de elektrisch isolerende of inactieve laag.
7. Halfgeleiderinrichting volgens een der vorige conclusies, met het kenmerk, dat de emitterende gebieden matrixwijze gerangschikt zijn en de n-type oppervlaktegebieden gecontacteerd worden via aansluitelektroden die kolomaansluitingen vormen terwijl de

rijaansluitingen plaats vinden via laagohmige begraven zones die zich uitstrekken in een richting loodrecht op die van de kolomaansluitingen.

8. Opneembuis voorzien van middelen om een elektronenbundel te sturen, welke elektronenbundel een ladingsbeeld aftast, met het kenmerk, dat de elektronenbundel wordt opgewekt met een halfgeleiderinrichting volgens één der conclusies 1 tot en met 7.

9. Weergeefinrichting voorzien van middelen om een elektronenbundel te sturen, welke elektronenbundel een afbeelding teweeg brengt, met het kenmerk, dat de elektronenbundel wordt opgewekt met behulp van een halfgeleiderinrichting volgens één der conclusies 1 tot en met 7.

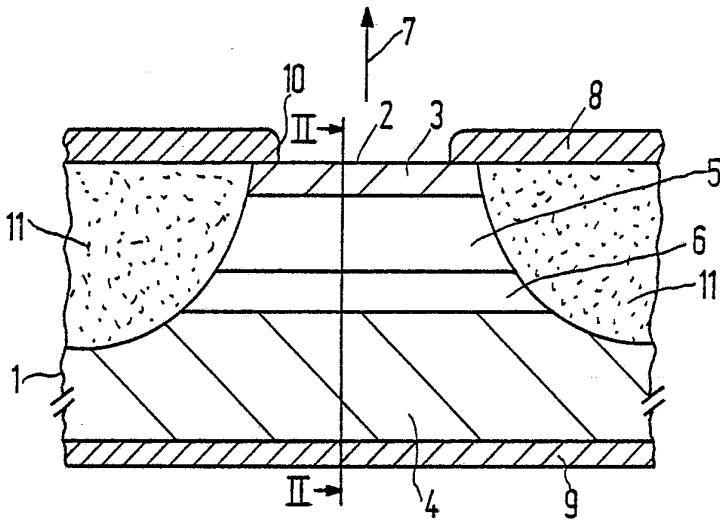


FIG. 1

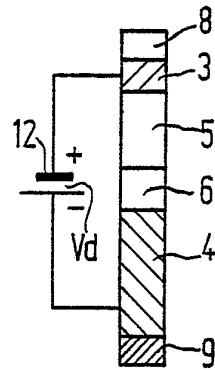


FIG. 2

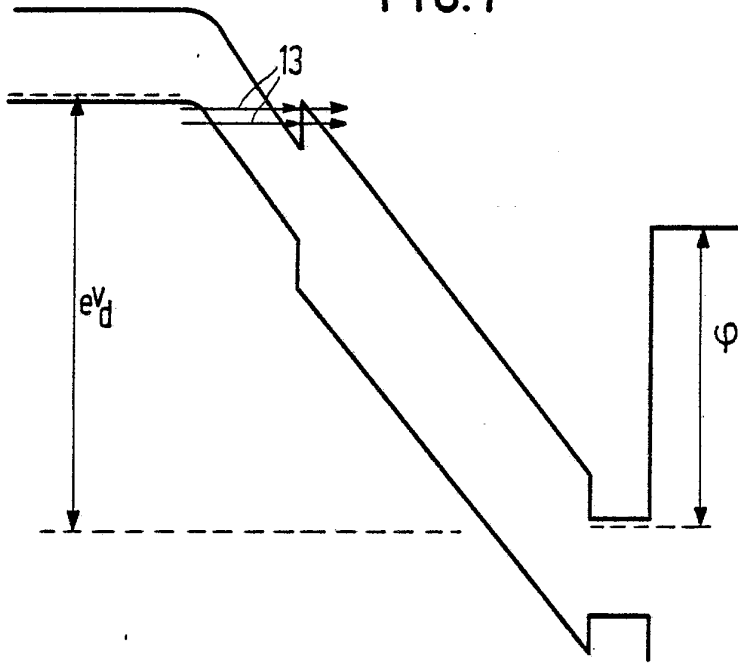


FIG. 3

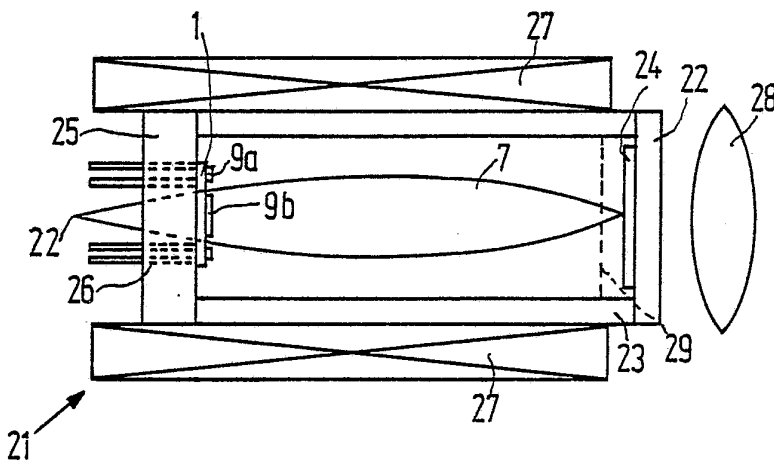


FIG. 4