



⑫ A **Terinzagelegging** ⑪ **8304008**

Nederland

⑬ NL

⑤4 **Halfgeleiderinrichting voor het opwekken van elektro-magnetische straling.**

⑤1 Int.Cl.: H01S 3/19.

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.

②1 Aanvraag Nr. 8304008.

②2 Ingediend 22 november 1983.

③2 --

③3 --

③1 --

⑥2 --

④3 Ter inzage gelegd 17 juni 1985.

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 elektro-magnetische straling.

De uitvinding heeft betrekking op een halfgeleiderinrichting voor het opwekken van elektro-magnetische straling in een actief laagvormig halfgeleidergebied waarbij het actieve gebied is opgebouwd uit tenminste een actieve laag of draad van een eerste halfgeleidermateriaal
5 gelegen tussen barrièrelagen van een tweede halfgeleidermateriaal, waarbij het stralingsrecombinatievermogen van het eerste halfgeleidermateriaal hoog is ten opzichte van dat van het tweede halfgeleidermateriaal.

Halfgeleiderinrichtingen voor het opwekken van elektro-magnetische straling worden op verschillende gebieden van de techniek toegepast. De onderhavige uitvinding richt zich in het bijzonder op halfgeleiderinrichtingen waarbij de opgewekte straling coherent is, de zogenaamde
10 halfgeleiderlasers. De golflengte van de uitgezonden straling kan daarbij in het zichtbare gebied van het spectrum liggen maar ook bijvoorbeeld in het infrarode of ultraviolette gebied.

Halfgeleiderinrichtingen van de in de aanhef genoemde soort zijn
15 ontstaan uit de wens halfgeleiderlasers te vervaardigen met een kortere golflengte dan de tot op heden meest gebruikte zogenaamde dubbele hetero-overgang (DH) lasers met een laagvormig actief gebied van bijvoorbeeld galliumarseen (GaAs) of gallium-aluminiumarsenide (AlGaAs) met een
20 kleinere bandafstand die gelegen is tussen twee tegengesteld gedoteerde passieve bekledingslagen van materiaal met een grotere bandafstand dan die van het actieve materiaal, zoals gallium-aluminiumarsenide (AlGaAs) waarbij de grotere bandafstand het gevolg is van een hoger aluminiumgehalte.

De door deze bekende halfgeleiderlasers opgewekte straling heeft
25 (in lucht) doorgaans een golflengte van 800 à 900 nanometer. Om diverse redenen is het gewenst lasers te vervaardigen die straling met een kortere golflengte uitzenden. Zo is bijvoorbeeld bij het opslaan van informatie in beeld- en geluiddragers (VLP, DOR, compact disc) de benodigde hoeveelheid oppervlakte voor één bitinformatie omgekeerd evenredig met het kwadraat van de golflengte van de laserstraling. Een halvering van deze golflengte biedt hier dus de mogelijkheid van een verviervoudiging van de
30 informatiedichtheid. Een bijkomend voordeel is dat bij kortere golflengtes met eenvoudiger optiek kan worden volstaan.

8304008

In halfgeleiderinrichtingen van de in de aanhef genoemde soort kunnen in de lagenstructuur van het actieve gebied, afhankelijk van de opbouw van deze lagenstructuur diverse effecten optreden. Een eerste effect dat op kan treden is het zogeheten "quantum-well-effect".

5 Het "quantum-well"-effect treedt op wanneer een zéér dunne laag van een eerste halfgeleidermateriaal is opgesloten tussen twee lagen van een tweede halfgeleidermateriaal met grotere bandafstand dan het eerste materiaal. Het heeft ten gevolge dat de effectieve bandafstand in de zeer dunne laag van het eerste materiaal groter, en derhalve de
10 golflengte van de opgewekte straling korter wordt. Hierbij kunnen één of meerdere lagen van het eerste halfgeleidermateriaal zich (in het actieve gebied) bevinden tussen de lagen van het tweede halfgeleidermateriaal. Indien de lagen van het eerste halfgeleidermateriaal zeer dicht bij elkaar liggen kan het zogenaamde "zonefolding" effect optreden
15 doordat deze lagen een superroosterstructuur vormen. Het "zone folding" effect treedt op als gevolg van de superrooster-structuur en resulteert in de conversie van "indirect" halfgeleidermateriaal tot, met betrekking tot de bandovergangen van ladingsdragers, effectief "direct" halfgeleidermateriaal. Dit verhoogt de stralingsovergangswaarschijnlijkheid van de
20 ladingsdragers, zodat een hoge stralingsdichtheid kan worden bereikt. Voor een beschrijving van het "quantum well"-effect wordt verwezen naar onder meer het artikel van Holonyak et al in IEEE Journal of Quantum Electronics Vol. GE 16, 1980, p. 170-184.

Voor een beschrijving van het "zone folding" effect wordt ver-
25 wezen naar bijvoorbeeld het artikel van Osbourn et al in Applied Physics Letters, Vol. 41 (1982) p. 172-174.

Ook kan in de actieve laag zogeheten "isoelectronische dotering plaatsvinden waarbij in een halfgeleiderinrichting van de in de aanhef beschreven soort in het actieve gebied het eerste halfgeleidermateriaal
30 in een draadvorm of laagvormig is aangebracht waarbij de afmetingen van de draad respectievelijk de laag, gezien in een richting loodrecht op de draad respectievelijk de laag ten hoogste gelijk is aan de dikte van twee monomoleculaire lagen van het eerste halfgeleidermateriaal.

Een dergelijke halfgeleiderinrichting is beschreven in de niet-
35 voorgepubliceerde Octrooiaanvraag No. 8301187 (PHN 10.639) van Aanvraagster.

In de hierboven beschreven laserstructuren is een actieve laag gelegen tussen een tweetal halfgeleiderlagen of -zones met een grotere

bandafstand dan de effectieve bandafstand van het actieve gebied. Dergelijke passieve halfgeleiderlagen die ertoe dienen om de opgewekte straling zoveel mogelijk binnen de actieve laag op te sluiten zijn in dergelijke lasers van tegengesteld geleidingstype en zijn bovendien voorzien van elektroden. Via deze elektroden worden ladingdragers toegevoerd die in de actieve laag de gewenste bezettingsinversie en daarmee laserstraling veroorzaken.

Met name in die gevallen waarin het actieve gebied een "quantum-well"-structuur bezit of verkregen is door iso-elektronische dotering kunnen zich problemen voordoen omdat de injectie van ladingdragers plaatsvindt in een richting loodrecht op de vlakken van actief materiaal met een hoog stralingsrecombinatievermogen. Voor een enkelvoudige "quantum-well"-structuur is dit probleem gesignaleerd in het tijdschriftartikel "Very narrow graded-barrier single quantum well lasers grown by metal-organic chemical vapor deposition" door D. Kasemset et al. verschenen in Applied Physics Letters, 41 (10), 15 November 1982, pag. 912-914. Het genoemde probleem bestaat hierin dat de ^{voor}geïnjecteerde ladingdragers die in deze lagen bezettingsinversie moeten veroorzaken de invangkans zeer gering is, met name wanneer de laagdikte kleiner wordt dan de gemiddelde vrije weglengte van de ladingdragers in het betreffende materiaal (van de actieve laag).

Voor de configuratie met een enkelvoudige "quantum-well" wordt in het genoemde artikel een oplossing voorgesteld waarbij de actieve laag zich bevindt tussen twee opsluitlagen met een verloop in de bandafstand, waarbij de opsluitlagen over een afstand van 220 nanometer een geleidelijke toename in bandafstand vertonen. Hierdoor treedt strooiing op van de ladingdragers en worden deze via recombinatieprocessen ingevangen in de eigenlijke "quantum-well". Op deze wijze is het mogelijk tot een enkelvoudige "quantum-well" laser te komen met een breedte van de "quantum-well" (in het geval van galliumarseen) van 75 nanometer.

Bij halfgeleiderlasers voorzien van iso-elektronisch gedoteerde actieve gebieden doen bovenstaande problemen zich in nog ergere mate voor omdat hier de actieve lagen (of draden) ten hoogste twee monomoleculaire lagen dik zijn en deze structuren als het ware gezien moeten worden als het grensgeval van een "quantum-well"-structuur.

De uitvinding stelt zich ten doel een halfgeleiderinrichting van de in de aanhef genoemde soort te verschaffen waarbij een hoog rende-

ment wordt verkregen doordat zoveel mogelijk geïnjecteerde ladingdragers bijdragen tot de bezettingsinversie in de actieve lagen met hoog stralingsrecombinatievermogen.

5 Zij berust op het inzicht dat dit bereikt kan worden door de te injecteren ladingdragers niet dwars op de actieve lagen te injecteren, maar deze zich zoveel mogelijk langs deze gebieden te laten bewegen, waardoor de kans op invang wordt vergroot.

Een halfgeleiderinrichting volgens de uitvinding heeft daartoe het kenmerk dat het actieve gebied _____ aan twee zijden
10 wordt begrensd door halfgeleidergebieden van het tweede halfgeleidermateriaal van respectievelijk een eerste en een tweede aan het eerste tegengesteld geleidingstype.

Ladingdragers worden nu ofwel direct in de actieve lagen van het eerste halfgeleidermateriaal geïnjecteerd en veroorzaken bezettingsinversie ofwel in de passieve lagen van het tweede halfgeleidermateriaal geïnjecteerd.
15

Door het verschil in stralingsrecombinatievermogen hebben de ladingdragers in het passieve materiaal van de barrièrelagen een levensduur die veel groter (in de orde van 1.000 à 10.000 maal) is dan in het
20 actieve materiaal. Door een geschikte keuze van de afstand tussen de begrenzende halfgeleidergebieden wordt nu bereikt dat weliswaar een aantal ladingdragers, afhankelijk van de levensduur van deze ladingdragers en de gebruikscondities, het gehele traject door één van de barrièrelagen doorloopt maar toch een groot gedeelte door botsingsprocessen en andere
25 verstrooiingsprocessen wordt verstrooid naar de actieve lagen waar zij ten gevolge van de daar geldende veel kortere levensduur recombineren en de gewenste straling uitzenden.

Zoals hierboven beschreven is de genoemde maatregel uitermate effectief bij lasers van het "quantumwell" type en bij lasers waar het
30 actieve gebied is verkregen door middel van isoelectronische dotering.

Een eerste voorkeursuitvoering van een halfgeleiderinrichting volgens de uitvinding heeft dan ook het kenmerk dat het actieve gebied is opgebouwd uit een lagenstructuur met meerdere actieve lagen van het eerste halfgeleidermateriaal van onderling praktisch gelijke dikte die
35 gelegen zijn tussen en gescheiden worden door barrièrelagen van het tweede halfgeleidermateriaal.

Voor een goede laserwerking is het noodzakelijk dat de opgewekte electromagnetische golf opgesloten blijft in het actieve gebied. Hiertoe

8304008

bevindt dit gebied zich bij voorkeur tussen twee gebieden met een lagere brekingsindex. Voor het opsluiten van de elektromagnetische golf in laterale richting zijn in een halfgeleiderinrichting volgens de uitvinding de begrenzendende halfgeleidergebieden van het eerste en tweede geleidings-
5 type bij voorkeur zo hoog gedoteerd, dat degeneratie optreedt. In dit verband wordt onder degeneratie verstaan dat een zodanig hoge verontreinigingsconcentratie is aangebracht dat het Fermi-niveau in de geleidingsband (n-type degeneratie) ofwel de valentieband (p-type degeneratie) ligt. Ten gevolge van de zogeheten "Burstein-verschuiving" treedt daardoor
10 een effectieve verlaging op van het reële deel van de brekingsindex in deze gebieden. Bovendien geeft de hoge dotering van deze gebieden aanleiding tot superinjectie in de lagen van het eerste halfgeleidermateriaal, waardoor sneller bezettingsinversie optreedt.

In de longitudinale en transversale richting kunnen de dimensies zodanig gekozen worden dat optimale laserwerking wordt verkregen.
15 Zo wordt bij voorkeur de dikte van het actieve gebied gelijk gekozen aan praktisch $\frac{1}{2n}$ maal de uitgezonden golflengte (n =brekingsindex van het tweede halfgeleidermateriaal), omdat dan de optische flux een optimale versterking ondervindt, hetgeen een optimaal rendement oplevert.

20 De uitvinding zal thans nader worden besproken aan de hand van enkele uitvoeringsvoorbeelden en de tekening waarin

Figuur 1 schematisch een halfgeleiderinrichting volgens de uitvinding toont, terwijl

Figuur 2 schematisch een beeld geeft van de energieniveaus in
25 het actieve gebied van de inrichting van Figuur 1 ten opzichte van de richting van het ladingdragerstransport en

de Figuren 3 t/m 4 schematisch in doorsnede de inrichting van Figuur 1 tonen tijdens verschillende stadia van zijn vervaardiging. De figuren zijn zuiver schematisch en niet op schaal getekend, waarbij
30 omwille van de duidelijkheid in het bijzonder de afmetingen in de dikterichting sterk zijn overdreven. Overeenkomstige delen zijn als regel met dezelfde verwijzingscijfers aangeduid. Halfgeleidergebieden van hetzelfde geleidingstype zijn in dezelfde richting gearceerd.

Figuur 1 geeft schematisch gedeeltelijk in dwarsdoorsnede en gedeeltelijk in perspectief een halfgeleiderinrichting volgens de uitvinding weer, in dit geval een halfgeleiderlaser bevattende een semi-isolerend substraat 2 van galliumfosfide met een dikte van circa 80 micrometer en afmetingen van circa 300 micrometer bij circa 250 micrometer.

Op dit substraat bevindt zich een actief gebied 3 met een breedte van ongeveer 2 micrometer bij een lengte van circa 250 micrometer. Het actieve gebied 3 bevat in dit geval een multi-quantum-well structuur en is opgebouwd uit afwisselend actieve lagen 4 met kleine bandafstand en barrièrelagen 5 met grote bandafstand. De actieve lagen bevatten in dit voorbeeld galliumfosfide en hebben een dikte van ongeveer 1 nanometer, terwijl de barrièrelagen uit aluminiumfosfide bestaan en een dikte van circa 6 nanometer bezitten.

De actieve lagen kunnen zelfs zo dun zijn dat zij slechts één of ten hoogste twee monomoleculaire lagen galliumfosfide bevatten en een dikte van ten hoogste 0,6 nanometer bezitten. In dit laatste geval is er niet langer sprake van een quantum-well structuur, maar spreekt men van iso-elektronische doping zoals nader is beschreven in de genoemde Nederlandse octrooiaanvraag No. 8201187.

Volgens de uitvinding wordt het actieve gebied 3 zijdelings begrensd door een eerste halfgeleidergebied 6 van n-type aluminiumfosfide en een tweede halfgeleidergebied 7 van p-type aluminiumfosfide. De beide halfgeleidergebieden zijn hooggedoteerd en voor verdere contactering voorzien van resp. hooggedoteerde contactlagen 8 (n-type) en 9 (p-type) van galliumfosfide. Bij voorkeur begrenzen zij het gebied 3 over de gehele dikte van dit gebied 3.

Het actieve gebied 3 is bovendien aan zijn bovenzijde bedekt met een beschermingslaag 10 van boornitride. Het materiaal van deze laag 10 heeft een lagere brekingsindex dan die van het actieve gebied 3 en vormt samen met het semi-isolerende substraat 2 de transversale begrenzing van de trilhaute waarin de elektronenmagnetische straling wordt opgewekt. De laterale modi van de straling worden beperkt doordat de brekingsindex in de hooggedoteerde gebieden 6 en 7 effectief verlaagd wordt door de zogeheten "Burststein-verschuiving". In de longitudinale richting tenslotte vormen de eindvlakken van het actieve gebied 3 gedeeltelijk doorlatende spiegels voor de opgewekte straling zodat deze straling de laser 1 verlaat in een richting loodrecht op dit vlak. In Figuur 1 is dit schematisch aangegeven door de bundel 11. De golflengte van de straling bedraagt ca. 530 nanometer. Voor een optimaal rendement wordt voor de dikte van het gebied 3 ca. 0,2 micrometer gekozen (de brekingsindex van aluminiumfosfide bedraagt ca. 2,8).

Aan de hand van Figuur 2 zullen thans de voordelen van de structuur volgens de uitvinding nader uiteengezet worden. Figuur 2 toont een energiediagram van het actieve gebied 3 waarbij in verticale richting de

8304008

energieniveaux van de ladingdragers zijn uitgezet. In horizontale richting is het verloop van respectievelijk de geleidingsband 12 en de valentieband 13 uitgezet voor een materiaal opgebouwd uit afwisselende lagen van twee halfgeleiders met verschillende bandafstand overeenkomend met
5 een soortgelijke samenstelling als die van het actieve gebied 3 in de inrichting van Figuur 1. De bandafstanden 14 en 15 komen hierbij overeen met die van respectievelijk de actieve lagen 4 van galliumfosfide en de barrièrelagen 5 van aluminiumfosfide. De energieniveaux zijn getekend als vlakken doorlopend in een richting loodrecht op het vlak van tekening,
10 waarmee aangegeven wil zijn dat deze vlakken (en de daarbij behorende energieniveaux) zich voortzetten over de gehele lengte van het actieve gebied 3. Voor de duidelijkheid zij tenslotte vermeld dat de richting van de materiaalvariatie in Figuur 2 90° gedraaid is ten opzichte van die in Figuur 1.

15 Het gebied 3 heeft een multi-quantumwellstructuur, hetgeen erop neer komt dat voor de ladingdragers (elektronen, gaten) ten gevolge van quantisatie-effecten energietoestanden worden gecreeërd in de schematische aangegeven vlakken 16 en 17 in de dunne lagen galliumfosfide. De effectieve uitgezonden elektromagnetische straling in een dergelijk
20 gebied bezit dan een golflengte overeenkomend met de bijbehorende effectieve bandafstand 17 (zie Figuur 2).

Om bezettingsinversie te krijgen worden ladingdragers geïnjecteerd in het actieve gebied. In de tot nu toe bekende lasers met een dergelijke quantum-wellstructuur of met iso-elektronische vlakken vond
25 deze injectie plaats in een richting loodrecht op de vlakken waarin de quantisatie optreedt (h.l. de actieve lagen 3). Voor de elektronen kwam dit er bijvoorbeeld op neer dat zij werden geïnjecteerd volgens een richting aangegeven met de pijl 19 in Figuur 2. Zoals hierboven reeds vermeld is daarbij de kans van invang in de actieve lagen 3 zeer gering.

30 In de halfgeleiderinrichting volgens de uitvinding echter worden de elektronen geïnjecteerd in de richting volgens de pijl 20. De niet direct in de lagen 3 geïnjecteerde elektronen bewegen zich daarbij afhankelijk van de gemiddelde vrije weglengte, gedurende een relatief lange tijd in de barrièrelagen langs paden 21. Daarbij bezitten zij in het
35 indirecte aluminiumfosfide met laag stralingsrecombinerend vermogen een levensduur in de orde van 100 μ sec. terwijl deze in het effectief directe galliumfosfide met hoog stralingsrecombinerend vermogen in de orde van enkele tientallen nanoseconden ligt.

8304008

De afstand tussen de halfgeleidergebieden 6 en 7 is zodanig gekozen dat deze onder de gebruikelijke bedrijfsspanning ongeveer gelijk is aan of iets minder dan de diffusie-recombinatielengte van de ladingdragers in het indirecte aluminiumfosfide zodat een groot deel van de electronen tijdens het doorlopen van de barrièrelagen via diverse botsingsmechanismen (electron-fonon-interactie, strooiing etc.) verstrooid worden naar de halfgeleiderlagen van effectief direct actief galliumfosfide. Deze processen geschieden binnen een zo korte tijd (in de orde van picoseconden) dat dit verwaarloosbaar is ten opzichte van de gemiddelde levensduur van de ladingdragers in zowel het aluminiumfosfide als het galliumfosfide. Voor de in het actieve gebied 3 geïnjecteerde gaten geldt een soortgelijke beschouwing als voor de electronen. Door de ladingdragers op de geschetste wijze als het ware lateraal te injecteren treedt bezettingsinversie op van elektronen en gaten in de gequantiseerde vlakken 16,17.

Daarnaast wordt bezettingsinversie bewerkstelligd doordat zich aan de overgangen tussen de actieve lagen 3 en de halfgeleidergebieden 6,7 het verschijnsel superinjectie voordoet. Zo vormt bijvoorbeeld de overgang tussen het halfgeleidergebied 6 en een actieve laag 4 een hetero-overgang tussen een materiaal met een grote bandafstand en een materiaal met een kleine bandafstand. Wanneer over een dergelijke hetero-overgang een voorwaartsspanning wordt aangelegd komt het quasi-Fermi-niveau in het actieve materiaal 4 (althans over korte afstand) boven de onderkant van de geleidingsband hetgeen dus plaatselijk tot bezettingsinversie aanleiding geeft. Een soortgelijke redenering geldt voor de injectie van gaten via de hetero-overgang tussen het p-type gebied 7 en de actieve lagen 4. Voor een verdere verklaring van het verschijnsel superinjectie zij verwezen naar L.J. v. Ruyven "Phenomena at heterojunctions", verschenen in Annual Review of Materials Science, Vol. 2, 1972, pagina's 501-528, in het bijzonder pagina's 524-525.

Door de hoge dotering met verontreinigingen van de gebieden 6 en 7 treedt hier een verhoging op van de effectieve bandafstand, en daarmee een verlaging van de brekingsindex. Deze zogeheten "Burstein-verschuiving" wordt verklaard in hoofdstuk 7.1a van Semiconducting III-V Compounds, Vol. 1 door C. Hilsum en A.C. Rose-Innes, met name pagina's 173-174. Door de lagere brekingsindex in de gebieden 6 en 7 wordt de trilhoute voor de opgewekte electro-magnetische straling in laterale richting begrensd.

Halfgeleiderlasers zoals beschreven in Figuur 1 kunnen als

volgt worden vervaardigd (zie de Figuren 3 t/m 5).

Uitgegaan wordt van een halfisolerend galliumfosfide-substraat 2 waarop vervolgens ten behoeve van de actieve gebieden 3 afwisselend barrière-
lagen 5 van aluminiumfosfide en actieve lagen 4 van galliumfosfide worden
5 aangegroeid, bijvoorbeeld door middel van moleculaire bundel-epitaxie
of met metallo-organische dampfase-epitaxie (MOVPE-techniek), totdat
het actieve gebied de gewenste dikte heeft bereikt (in dit voorbeeld
ca. 0,2 micrometer). Vervolgens wordt het geheel bedekt met een bekle-
dingslaag 10 van boornitride. Dit kan met soortgelijke technieken worden
10 aangebracht. Hiermee is de situatie volgens Figuur 3 verkregen.

Vervolgens worden op regelmatige afstand de beschermende laag 10 en delen van het actieve gebied 3 verwijderd. Hierbij wordt eerst een fotolithografisch masker 22 gebruikt voor het etsen van de laag 10 van boornitride. Zowel de door etsen vrijgelegde delen van het half-
15 geleideroppervlak als de resterende stroken van de laag 10 hebben een breedte van circa 300 μm .

Nadat ter plaatse van de openingen in de laag 10 het actieve gebied 3 door etsen is verwijderd wordt in de aldus verkregen groeven hooggedoteerd p-type aluminiumfosfide aangegroeid door middel van
20 bijvoorbeeld moleculaire bundelepitaxie ter vorming van de hooggedoteerde (gedegenereerde) gebieden 7. Voor een goede contactering worden deze gebieden 7, eveneens door moleculaire bundelepitaxie bedekt met goedgeleidend p-type galliumfosfide gebieden 9.

Vervolgens worden met een tweede masker de groeven 23 geëtsd,
25 zodanig dat deze een breedte hebben van circa 300 μm en de tussenliggende resterende actieve gebieden 3 een breedte van circa 2 μm bezitten (zie Figuur 4). De groeven 23 worden nu weer, op soortgelijke wijze als hierboven beschreven, opgevuld met hooggedoteerd n-type (gedegenereerde) aluminiumfosfide 6 en galliumfosfide 8. Hiermee is de inrichting volgens
30 Figuur 5 verkregen.

Tussen twee streeplijnen 24 in Figuur 5 bevindt zich nu steeds één strook van het actieve gebied 3 met een breedte van ca. 2 μm zijdelings begrensd door hooggedoteerde gebieden 6 en 7. Afhankelijk van de grootte van het substraat 2 waarvan uitgegaan is kunnen hieruit nu meerdere
35 lasers 1 volgens Figuur 1 worden verkregen door krassen en breken langs vlakken in de richting van de streeplijnen 24 loodrecht op het vlak van tekening en langs vlakken evenwijdig aan het vlak van tekening.

Uiteraard is de uitvinding niet beperkt tot het hierboven be-

schreven voorbeeld maar zijn binnen het kader van de uitvinding voor de vakman diverse variaties mogelijk. Zo kunnen afhankelijk van de gewenste golflengte andere combinaties van materialen in het actieve gebied gekozen worden zoals bijvoorbeeld galliumnitride tussen gallium-
5 fosfidelagen als barrièrelagen of galliumarsenide tussen aluminiumarsenide als barrièrelagen. Ook voor de beschermende laag 10 kunnen andere materialen worden gekozen zoals bijvoorbeeld siliciumoxyde of -nitride.

10

15

20

25

30

35

8304008

Conclusies:

1. Halfgeleiderinrichting voor het opwekken van elektromagnetische straling in een actief laagvormig halfgeleidergebied, waarbij het actieve gebied is opgebouwd uit tenminste een actieve laag van een eerste halfgeleidermateriaal gelegen tussen barrièrelagen van een tweede halfgeleidermateriaal, waarbij het stralingsrecombinatievermogen van het eerste halfgeleidermateriaal hoog is ten opzichte van dat van het tweede halfgeleidermateriaal, met het kenmerk, dat het actieve gebied aan twee zijden wordt begrensd door halfgeleidergebieden van het tweede halfgeleidermateriaal van respectievelijk een eerste en een tweede aan het eerste te-
10 gengesteld geleidingstype.
2. Halfgeleiderinrichting volgens conclusie 1 of 2 met het kenmerk dat het actieve gebied over zijn gehele dikte wordt begrensd door de halfgeleidergebieden van het tweede halfgeleidermateriaal.
3. Halfgeleiderinrichting volgens conclusie 1 of 2 met het kenmerk
15 dat het actieve gebied is opgebouwd uit een lagenstructuur met meerdere actieve lagen van het eerste halfgeleidermateriaal van onderling praktisch gelijke dikte die gelegen zijn tussen en gescheiden worden door barrièrelagen van het tweede halfgeleidermateriaal.
4. Halfgeleiderinrichting volgens één der vorige conclusies
- 20 met het kenmerk dat de halfgeleidergebieden van het tweede halfgeleidermateriaal die het actieve gebied begrenzen een zodanige dotering bezitten dat van degeneratie sprake is.
5. Halfgeleiderinrichting volgens één der vorige conclusies met het kenmerk dat de halfgeleidergebieden van het tweede halfgeleider-
25 materiaal van respectievelijk het eerste en het tweede geleidingstype bedekt zijn met een contactlaag van het eerste halfgeleidermateriaal.
6. Halfgeleiderinrichting volgens één der vorige conclusies met het kenmerk dat het actieve gebied een dikte heeft van praktisch
1 maal de golflengte van de uitgezonden elektromagnetische straling.
2n
30 waarbij n de brekingsindex is van het materiaal van de barrièrelagen.
7. Halfgeleiderinrichting volgens één der vorige conclusies met het kenmerk dat de actieve lagen galliumfosfide en de barrièrelagen aluminiumfosfide bevatten.
8. Halfgeleiderinrichting volgens conclusie 7 met het kenmerk
35 dat het actieve gebied een dikte heeft van praktisch 0,2 micrometer.

8304008

1/2

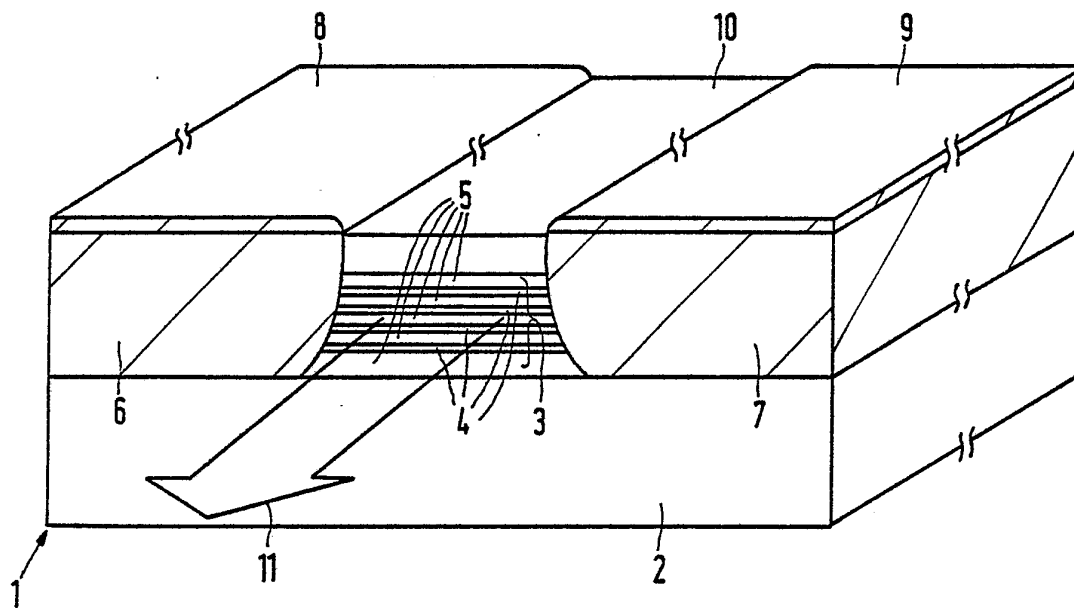


FIG. 1

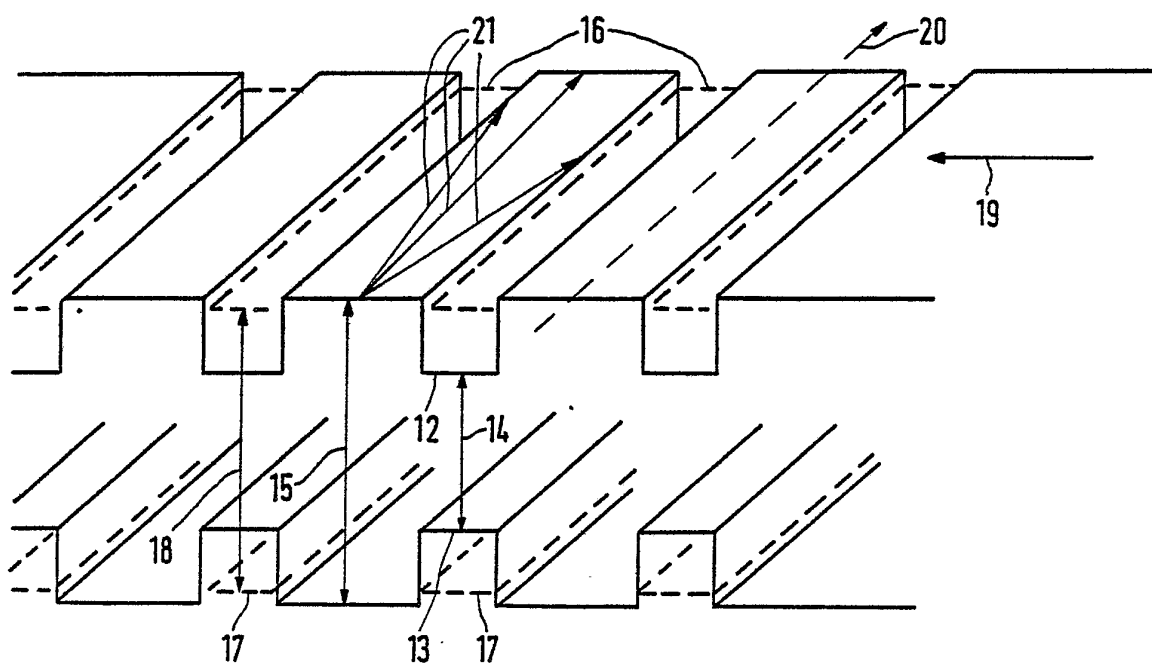


FIG. 2

8304008

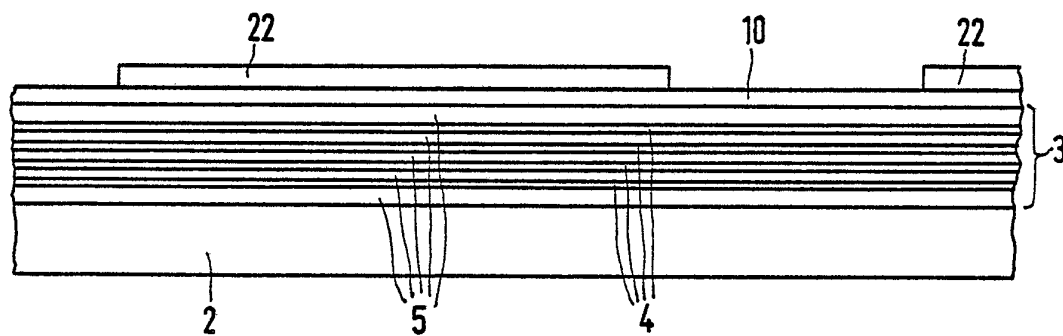


FIG. 3

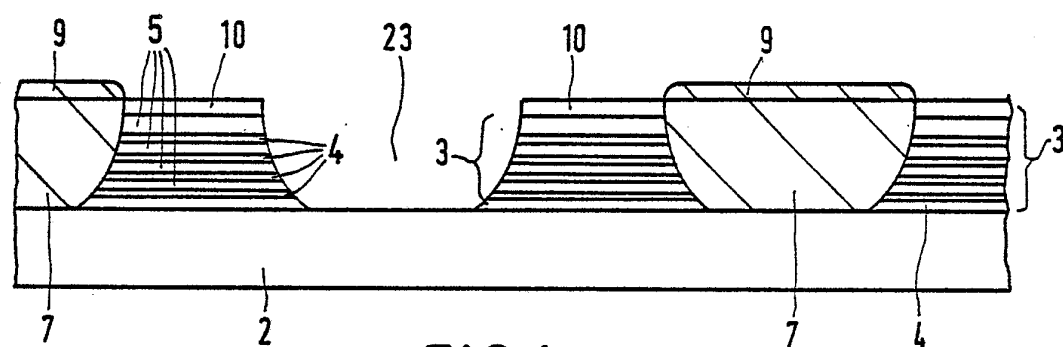


FIG. 4

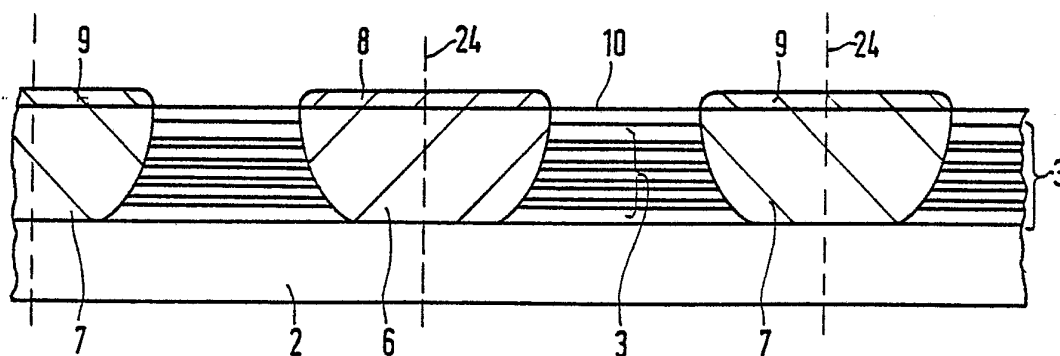


FIG. 5

8304008