
Octrooiraad



⑩ A **Terinzagelegging** ⑪ **8003728**

Nederland

⑲ **NL**

⑤4 **Halfgeleiderlaser.**

⑤1 Int.Cl³.: H01S 3/19, H01L 33/00.

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. 8003728.

②2 Ingediend 27 juni 1980.

③2 --

③3 --

③1 --

⑥2 --

④3 Ter inzage gelegd 18 januari 1982.

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.

"Halfgeleiderlaser".

De uitvinding heeft betrekking op een halfgeleiderlaser met een halfgeleiderlichaam bevattende een eerste passieve halfgeleiderlaag van een eerste geleidingstype, een daaropgelegen actieve halfgeleiderlaag, een op de actieve laag gelegen tweede passieve halfgeleiderlaag van het
5 tweede, tegengestelde geleidingstype, een op de tweede passieve laag gelegen strookvormige halfgeleidende contactlaag van het tweede geleidingstype en contactmiddelen om tussen de contactlaag en de eerste passieve laag een spanning in de doorlaatrichting aan te leggen voor het opwekken van coherente electromagnetische straling in een onder de contactlaag
10 binnen een resonator gelegen strookvormig deel van de actieve laag, waarbij de passieve lagen een kleinere brekingsindex voor de opgewekte straling hebben dan de actieve laag, en waarbij een gedoteerde oppervlaktezone van het tweede geleidingstype aanwezig is die zich over althans een deel van de dikte van de contactlaag, en naast de contactlaag over tenminste
15 een deel van de dikte van de tweede passieve laag uitstrekt en een hogere doteringsconcentratie heeft dan de tweede passieve laag.

De uitvinding heeft voorts betrekking op een werkwijze ter vervaardiging van de halfgeleiderlaser.

Een halfgeleiderlaser van de beschreven soort is bekend uit
20 het artikel van Bouley et.al. in IEEE Journal of Quantum Electronics, QE 15, 1979, p. 767-771. Daarin wordt een laserstructuur beschreven van het type met dubbele hetero-overgang, met een actieve laag van p-type galliumarsenide die gelegen is tussen passieve n-type en p-type lagen van gallium-aluminiumarsenide, op de laatste waarvan een strookvormige
25 contactlaag van p-type galliumarsenide is aangebracht. Het actieve gebied waarin de straling wordt opgewekt en voortgeplant wordt daarbij in laterale richting, dat wil zeggen in een richting evenwijdig aan het oppervlak en loodrecht op de lengterichting van de strookvormige contactlaag, beperkt door een stap in de brekingsindex, die veroorzaakt wordt
30 door een zinkdiffusie welke zich over een deel van de dikte van de contactlaag uitstrekt, en naast de contactlaag door de p-type gallium-aluminiumarsenidelaag en door de actieve laag heen tot in de n-type passieve gallium-aluminiumarsenidelaag doordringt. Verder wordt de stroom

terzijde van het actieve gebied beperkt door een elektrisch praktisch isolerend, door protonbombardement verkregen gebied dat zich eveneens tot in de n-type passieve laag uitstrekt.

Met de beschreven bekende halfgeleiderlaser wordt een goede
5 lineariteit van de stralingsintensiteit versus de stroomsterkte bereikt, terwijl tevens een goede transversale en longitudinale stralingsmode-stabiliteit wordt verkregen.

Een bezwaar van deze laserstructuur is echter dat de zink-diffusie door de actieve laag heen dient te geschieden. Daardoor kunnen
10 in de actieve laag gemakkelijk fouten in de kristalstructuur ontstaan die later aanleiding kunnen geven tot degradatie en daaruit voortvloeiende oscillaties, dus tot een verkorting van de levensduur.

Verder blijken, onder meer tengevolge van de relatief grote stap in de brekingsindex van de actieve laag in laterale richting, welke
15 in de beschreven laser van de orde van 0,01 is, toch vrij gemakkelijk hogere-orde transversale stralingsmodi te kunnen optreden bij lichte afwijkingen in bijvoorbeeld de geometrie van de lagenstructuur of de stroomdichtheid. Tenslotte is de lekstroom aan weerszijden van de strookvormige contactlaag via de zinkdiffusie vrij groot, hetgeen stroombeperking
20 door middel van een protonenbombardement bij deze bekende laser noodzakelijk maakt, hetgeen een extra complicatie betekent.

De uitvinding beoogt onder meer de genoemde, met de bekende halfgeleiderlaser verbonden bezwaren op te heffen of althans in aanzienlijke mate te verminderen. In het bijzonder beoogt de uitvinding een
25 halfgeleiderlaser van de beschreven soort te verschaffen die minder gevoelig is voor degradatie en voor het optreden van hogere orde transversale stralingsmodi, voor de vervaardiging van welke laser een protonenbombardement niet vereist is.

De uitvinding berust onder meer op het inzicht dat het gestelde doel kan worden bereikt door de ligging van het gebied van de
30 gedoteerde zone ten opzichte van de actieve laag op doelmatige wijze te kiezen.

Volgens de uitvinding is een halfgeleiderlaser van de in de aanhef beschreven soort daardoor gekenmerkt, dat de gedoteerde oppervlaktezone zich naast de contactlaag over slechts een deel van de dikte
35 vlakkezone zich naast de contactlaag over slechts een deel van de dikte van de tweede passieve laag uitstrekt, waarbij de afstand tussen de oppervlaktezone en de actieve laag zodanig is gekozen, dat de effectieve brekingsindex voor straling van de uitgezonden soort in de lagenstruk-

tuur onder het midden van de contactlaag een bedrag van tenminste 0,0005 en ten hoogste 0,005 groter is dan in de lagenstructuur naast de contactlaag ter plaatse van de gedoteerde oppervlaktezone.

Onder de effectieve brekingsindex voor straling van de door
5 de laser opgewekte frequentie wordt verstaan de lichtsnelheid in vacuum, gedeeld door de fasesnelheid van de uitgezonden golf in de (tweedimensionaal oneindig uitgebreid veronderstelde) actieve laag.

Met de effectieve brekingsindex voor straling van de uitgezonden soort in de lagenstructuur op een bepaalde plaats wordt hier bedoeld
10 de effectieve brekingsindex voor een electromagnetische golf van de uitgezonden frequentie, wanneer deze zich voortplant in een lagenstructuur waarvan de verticale opbouw gelijk is aan die op de beschouwde plaats, en waarvan de uitgestrektheid in alle richtingen evenwijdig aan de actieve laag oneindig wordt verondersteld.

15 Het blijkt dat bij de halfgeleiderlaser volgens de uitvinding, tengevolge van de geringe stap in de effectieve brekingsindex, het optreden van hogere orde transversale stralingsmodi zeer sterk wordt bemoeilijkt terwijl tevens door de geringere elektrische geleiding aan weerskanten van de strookvormige contactlaag geen protonenbombardement
20 of andere vorm van stroombeperking noodzakelijk is.

Aan de genoemde voorwaarden voor de effectieve brekingsindex wordt bijvoorbeeld voldaan bij een voorkeursuitvoering volgens welke de dikte van de actieve laag gelegen is tussen enerzijds een minimumdikte van 0,05 μm , met daarbij behorende maximumwaarde van 0,5 μm voor de af-
25 stand naast de contactlaag tussen de gedoteerde oppervlaktezone en de actieve laag en van een bijbehorende minimumwaarde van $5 \cdot 10^{18}$ atomen per cm^3 voor de gemiddelde doteringsconcentratie van de oppervlaktezone, en anderzijds een maximumdikte van 0,2 μm voor de actieve laag, met een daarbij behorende minimumwaarde van 0,1 μm voor de genoemde af-
30 stand en een daarbij behorende maximum doteringsconcentratie van $5 \cdot 10^{19}$ atomen per cm^3 voor de oppervlaktezone.

Voor de diverse lagen kunnen al naar gelang de omstandigheden en de gewenste golflengte verschillende materialen worden gekozen. Volgens een belangrijke voorkeursuitvoering bestaan de passieve lagen uit
35 gallium-aluminiumarsenide, terwijl de contactlaag uit gallium-aluminiumarsenide met een lager aluminiumgehalte dan de tweede passieve laag, of uit galliumarsenide bestaat. Wanneer daarbij de tweede passieve laag, dat wil zeggen de passieve laag aan de zijde van de contactlaag, p-type ge-

leidend is kan de oppervlaktezone met voordeel door dotering met zink gevormd worden. Zink diffundeert namelijk sneller door gallium-aluminium-arsenide met een hoger aluminiumgehalte, zodat de contactlaag met voordeel als masker voor de zinkdiffusie gebruikt kan worden en de halfge-
5 leiderlaser dus in zelfregistratie kan worden vervaardigd.

Volgens een verdere voorkeursuitvoering strekt de gedoteerde oppervlaktezone zich aan weerszijden van de contactlaag niet tot aan de rand van het kristal uit, doch volgens twee evenwijdige, aan de contactlaag grenzende strookvormige zones, waardoor de lekstroom wordt vermin-
10 derd.

De uitvinding heeft ook betrekking op een bijzonder geschikte werkwijze ter vervaardiging van de halfgeleiderlaser, waarbij op een halfgeleidersubstraat van een eerste geleidingstype achtereenvolgens epitaxiaal een eerste passieve halfgeleiderlaag van het eerste geleidingstype, een actieve halfgeleiderlaag met een kleinere verboden bandafstand
15 dan de eerste passieve laag, een tweede passieve halfgeleiderlaag van het tweede geleidingstype met een grotere verboden bandafstand dan de actieve halfgeleiderlaag en een halfgeleidende contactlaag van een van de tweede passieve laag verschillend halfgeleidermateriaal van het tweede
20 geleidingstype worden aangegroeid, waarna door etsen de contactlaag in de vorm van een strookvormige mesa wordt gebracht en door dotering een laagvormige oppervlaktezone van het tweede geleidingstype wordt gevormd die zich over althans een deel van de dikte van de contactlaag en over slechts een deel van de daarnaast gelegen delen van de tweede passieve laag uitstrekt, waarna elektrodelagen worden aangebracht op althans
25 de contactlaag en het substraat.

De uitvinding zal thans worden toegelicht aan de hand van enkele uitvoeringsvoorbeelden, waarin

30 Figuur 1 gedeeltelijk in dwarsdoorsnede en gedeeltelijk in perspectief een halfgeleiderlaser volgens de uitvinding toont,

Figuur 2 t/m 4 schematisch in dwarsdoorsnede opeenvolgende stadia tonen van de vervaardiging van deze halfgeleiderlaser,

Figuur 5 schematisch in dwarsdoorsnede een eerste variant van de halfgeleiderlaser volgens de uitvinding toont,

35 Figuur 6 schematisch in dwarsdoorsnede een tweede variant van de halfgeleiderlaser toont, en

Figuur 7 en 8 schematisch in dwarsdoorsnede twee verdere varianten van de halfgeleiderlaser tonen.

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

Overeenkomstige delen zijn als regel met dezelfde verwijzingscijfers aangeduid.

Halfgeleidergebieden van hetzelfde geleidingstype zijn in de regel in dezelfde richting gearceerd.

Figuur 1 toont gedeeltelijk in dwarsdoorsnede, gedeeltelijk in perspectief een halfgeleiderlaser volgens de uitvinding. De laser is opgebouwd uit een halfgeleiderlichaam bevattende een eerste, passieve halfgeleiderlaag 1 van een eerste geleidingstype, in dit voorbeeld een n-type geleidende laag van gallium-aluminiumarsenide. Daarop is gelegen een actieve halfgeleiderlaag 3, in dit voorbeeld van (bijvoorbeeld n-type) gallium-aluminiumarsenide, en op de actieve laag 2 bevindt zich een tweede passieve halfgeleiderlaag 2 van het tweede, tegengestelde geleidingstype, in dit voorbeeld dus een p-type laag 2. In het hier beschouwde voorbeeld bestaat ook de laag 2 uit gallium-aluminiumarsenide.

Op de tweede passieve laag 2 ligt een strookvormig halfgeleidende contactlaag 4 van het tweede (dus hier p-) geleidingstype, welke contactlaag hier uit gallium-aluminiumarsenide met een aanzienlijk lager aluminiumgehalte dan de laag 2 bestaat. De hierboven beschreven lagenstructuur is epitaxiaal aangegroeid op een dragerlichaam, dat in dit voorbeeld bestaat uit een substraat 5 van n-type galliumarsenide waarop, teneinde een zo goed mogelijk kristaloppervlak voor de epitaxiale aangroeiing te verkrijgen, een epitaxiale laag 6, eveneens van n-type galliumarsenide is neergeslagen.

In de beschreven lagenstructuur bevindt zich tussen de contactlaag 4 en de eerste passieve laag 1 een pn-overgang 7. Deze bevindt zich, wanneer de actieve laag 3 n-type geleidend is, zoals in Figuur 1 wordt aangenomen, tussen de lagen 2 en 3, en wanneer de actieve laag 3 p-type geleidend is tussen de lagen 1 en 3. Teneinde door deze pn-overgang een stroom in de doorlaatrichting te sturen zijn contactmiddelen aanwezig om tussen de contactlaag 4 en de eerste passieve laag 1 een spanning in de doorlaatrichting aan te leggen. Deze contactmiddelen bestaan aan de zijde van de contactlaag 4 uit een electrodelaag 8, en aan de zijde van de eerste passieve laag 1 uit de laag 6, het substraat 5, en een op het substraat 5 aangebrachte electrodelaag 9. Door het aanleggen van de genoemde spanning kan coherente electromagnetische straling

10 worden opgewekt in een onder de contactlaag 4 binnen een resonator
gelegen strookvormig deel 11 (vertikaal gearceerd) van de actieve laag 3.
De resonator wordt in dit voorbeeld, zoals gebruikelijk, gevormd door
praktisch loodrecht op de strookvormige contactlaag staande reflecteren-
5 de splijtvlakken (12,13) van het kristal.

Om de golfvoortplanting zoveel mogelijk te beperken tot de
actieve laag 3 is de doteringsconcentratie van de passieve lagen 1 en 2
ten opzichte van de actieve laag 3 zodanig gekozen, dat de lagen 1 en 2
een kleinere brekingsindex voor de opgewekte straling hebben dan de ac-
10 tieve laag 3.

Verder is een gedoteerde oppervlaktezone 14 aanwezig van het
tweede, hier dus p-geleidingstype, welke oppervlaktezone 14 zich over al-
thans een deel van de dikte van de contactlaag 4, en naast de contact-
laag over tenminste een deel van de dikte van de tweede passieve laag 2
15 uitstrekt, en een hogere doteringsconcentratie heeft dan de tweede pas-
sieve laag 2. Deze oppervlaktezone 14 dient, zoals hieronder nader be-
schreven, voor het zijwaarts begrenzen van de straling binnen het strook-
vormige gebied 11 van de actieve laag 3.

Volgens de uitvinding strekt de gedoteerde oppervlaktezone 14
20 zich naast de contactlaag 4 over slechts een deel van de dikte van de
tweede passieve laag 2 uit. Daarbij is de afstand d tussen de oppervlak-
tezone 14 en de actieve laag 3 (zie Figuur 1) zodanig gekozen, dat de
effectieve brekingsindex voor straling van de uitgezonden soort in de
lagenstructuur onder het midden van de contactlaag 4 een bedrag van ten-
25 minste 0,0005 en ten hoogste 0,005 groter is dan in de lagenstructuur
naast de contactlaag 4, ter plaatse van de gedoteerde oppervlaktezone 14.

Met de effectieve brekingsindex in de lagenstructuur onder het
midden van de contactlaag wordt bedoeld de effectieve brekingsindex in
een lagenstructuur waarvan de verticale opbouw overeenkomt met die op de
30 lijn AA' (Fig. 1), doch die zich in de x- en y-richting oneindig ver zou
uitstrekken. Voor de brekingsindex in de lagenstructuur naast de contact-
laag ter plaatse van de oppervlaktezone 14 geldt hetzelfde, nu gerekend
volgens de lijn BB'.

Om het gewenste resultaat te bereiken werden in het beschre-
35 ven voorbeeld de volgende afmetingen, samenstellingen en doteringen toe-
gepast:

Substraat 5: n-y type GaAs, gedoteerd met $5 \cdot 10^{17} - 5 \cdot 10^{18}$
donoratonen per cm^3 , dikte $300 \mu\text{m}$

800 3728

Laag 6 : n-type GaAs, gedoteerd met 10^{18} tinatomen per cm^3 ,
dikte $10-15\text{ }\mu\text{m}$

Laag 1 : n-type $\text{Ga}_{0,67}\text{Al}_{0,33}\text{As}$, gedoteerd met $1-3 \cdot 10^{17}$ tin-
atomen per cm^3 , dikte $1-1,5\text{ }\mu\text{m}$

5 Laag 3 : ongedoteerd (n-type) $\text{Ga}_{0,95}\text{Al}_{0,05}\text{As}$, dikte $0,05 -$
 $0,15\text{ }\mu\text{m}$

Laag 2 : p-type $\text{Ga}_{0,67}\text{Al}_{0,33}\text{As}$, gedoteerd met $1 - 3 \cdot 10^{17}$ ger-
maniatomen per cm^3 , dikte $1,6\text{ }\mu\text{m}$

10 Laag 4 : p-type $\text{Ga}_{0,95}\text{Al}_{0,05}\text{As}$ gedoteerd met 10^{18} germanium-
atomen per cm^3 , dikte $1,7\text{ }\mu\text{m}$.

De gedoteerde p-type oppervlaktezone 14 werd verkregen door
een zinkdiffusie en had een gemiddelde doteringsconcentratie van onge-
veer $2 \cdot 10^{19}$ atomen per cm^3 . De afstand d (zie Fig. 1) bedroeg ongeveer
 $0,3\text{ }\mu\text{m}$. Het hierboven genoemde effectieve brekingsindexverschil onder en
15 naast de contactlaag bedroeg bij de gegevens van dit voorbeeld volgens
berekening ongeveer 0,001.

Dit kan als volgt worden ingezien. Uit H.C. Casey en M.B.
Panish, "Heterostructure Lasers" deel A, Academic Press 1978, blz. 31
volgt voor de brekingsindexverandering tengevolge van vrije ladingsdra-
20 gers een uitdrukking (2.3-2) die voor p-type GaAs luidt:

$$\frac{\Delta n}{n} = 1,27 \cdot 10^{-22} p$$

waarin p de vrije gatenconcentratie in cm^{-3} is. Voor $p = 2 \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-3}$
25 volgt hieruit (met $n = 3,6$):

$$\Delta n = 2,54 \cdot 10^{-3}$$

Uit blz. 55, Fig. 2.5-13(a) van hetzelfde boek volgt een "confinement-
faktor" Γ van ongeveer 0,2 (voor $x \approx 0,1$ en $d \approx 0,15\text{ }\mu\text{m}$). Aangezien de
30 fractie van het elektrische veld in het gediffundeerde gebied gelijk
is aan $\frac{1 - \Gamma}{2} = 0,4$ geldt voor de effectieve stap in de brekingsindex on-
geveer

$$\Delta n = 2,54 \times 10^{-3} \times 0,4 = 0,001.$$

De breedte van de strookvormige contactlaag 4 was ongeveer
35 $4\text{ }\mu\text{m}$, die van de strookvormige zones 14 aan beide zijden van de contact-
laag ongeveer $2\text{ }\mu\text{m}$.

De laser volgens dit uitvoeringsvoorbeeld vertoonde slechts
een geringe lekstroom, tengevolge van de geringe breedte en indringdiep-

te van de zone 14 aan weerszijden van de contactlaag 4, terwijl tot relatief hoge stroomsterkten oscillatie in slechts één enkele transversale mode optrad.

De beschreven laser kan op de volgende wijze worden vervaardigd.

Uitgegaan wordt van een substraat 5 van n-type galliumarsenide waarop vervolgens op algemeen gebruikelijke wijze epitaxiaal de lagen 6,1,3,2 en 4 van de hierboven aangegeven samenstelling en dikte worden aangegroeid. Dit kan bijvoorbeeld geschieden door aangroeien vanuit de vloeibare fase; voor de details van deze techniek wordt verwezen naar het boek *Crystal Growth from High Temperature Solutions*, van D.Elwell en J.J. Scheel, Academic Press 1975, p.433-367. Daarmee wordt de structuur volgens Figuur 2 verkregen.

Vervolgens wordt door toepassing van fotolithografische ets-technieken uit de laag 4 een strookvormige mesa geëtsd, waarbij als etsmasker een fotolaklaag en als etsmiddel bijvoorbeeld water en 30% H_2O_2 in een volumeverhouding 1:1, met NH_4OH op een P_H van 7,5 gebracht, wordt toegepast. Dit etsmiddel is selectief en etst de laag 4 veel sneller dan de laag 2 zodat deze laatste praktisch onaangetast blijft. Dan wordt, bijvoorbeeld door opdampen, een laag 15 van siliciumoxyde of van aluminiumoxyde aangebracht, met een dikte van ongeveer $0,2\mu m$, waarna in deze laag een venster wordt geëtsd dat de contactlaag 4 en een gebied ter breedte van ongeveer $2\mu m$ aan weerszijden daarvan vrijlaat. Zo wordt de structuur van Figuur 3 verkregen.

Dan wordt in een vooraf geëvacueerde capsule bij een temperatuur van $620^\circ C$ gedurende 60 minuten zink ingediffundeerd vanuit een bron van $ZnAs_2$. De indringdiepte in de laag 4 bedraagt dan ongeveer $0,7\mu m$, en in de laag 2 ongeveer het dubbele daarvan, namelijk $1,4\mu m$. Zo wordt de p-type oppervlaktezone 14 gevormd, met een zeer steil diffusieprofiel, en een gemiddelde, vrij homogene doteringsconcentratie van ongeveer $2 \cdot 10^{19}$ atomen per cm^3 , zie Figuur 4.

Tenslotte worden elektrodelagen 8 en 9 aangebracht op de contactlaag 4 en op de passieve laag 2 (van welke lagen het gecontacteerde deel wordt ingenomen door de hooggedoteerde zone 14), en op het substraat 5.

Door krassen en breken worden dan de splijtvlakken 12 en 13 gevormd, die als reflectors voor de opgewekte straling dienen en de resonatorholte vormen. De laser kan dan op gebruikelijke wijze op een koel-

lichaam worden bevestigd en worden afgemonteerd.

Van de beschreven halfgeleiderlaser volgens de uitvinding zijn vele varianten mogelijk. Enkele daarvan worden getoond in de figuren 5 t/m 8, waarbij ter vereenvoudiging slechts een enkelvoudig substraat 5 (zonder epitaxiale laag 6) is getekend.

5 Figuur 5 toont schematisch in dwarsdoorsnede een halfgeleiderlaser volgens de uitvinding, die praktisch gelijk is aan de laser volgens Figuur 1 met dit verschil, dat de isolerende laag 15 doorloopt tot aan de contactlaag 4, zodat de gedoteerde oppervlaktezone 14 naast de contactlaag 4 geheel door de isolerende laag 15 bedekt is. Dit heeft het voordeel dat de lekstroom kleiner is, daar de weerstand via de contactlaag over de in de passieve laag 2 gediffundeerde zones 14 groter is dan in de halfgeleiderlaser volgens Figuur 1, waar de binnen de laag 2 gelegen zones 14 direkt door middel van de elektrodelaag 8 gecontacteerd zijn.

15 Een dergelijke structuur kan op eenvoudige wijze gerealiseerd worden door eerst een oxydelaag 15 met vensters aan weerszijden van de contactlaag 4 te vormen (zoals in Figuur 3), vervolgens de zone 14 te vormen en daarna over het gehele oppervlak een isolerende laag te vormen. Daarna wordt over het gehele oppervlak een (negatieve) fotolaklaag aangebracht die in vloeibare toestand praktisch geheel van de mesa 4 wegtrekt en alleen naast de mesa 4 blijft zitten. Door belichten en ontwikkelen ontstaat een fotolakmasker dat alleen naast de mesa 4 op de isolerende laag 15 aanwezig is, en door etsen wordt de isolerende laag in de vorm van Figuur 5 gebracht.

25 Figuur 6 toont schematisch in dwarsdoorsnede een uitvoering die gelijk is aan die volgens Figuur 5 doch waarbij de gedoteerde oppervlaktezone 14 zich tot aan de rand van het kristal uitstrekt. Een dergelijke structuur is eenvoudig te vervaardigen (voor het diffunderen van de zone 14 is geen masker nodig), doch de lekstroom aan weerszijden van het actieve gebied is groter.

30 Figuur 7 toont een uitvoeringsvorm waarbij de zone 14 zich over de gehele dikte van de contactlaag tot in de passieve laag 2 uitstrekt, waarbij echter de indringdiepte in de laag 2 onder de mesavormige contactlaag kleiner is dan er naast. Ook op deze wijze kan, wanneer het verschil in indringdiepte goed gedimensioneerd is, het gewenste verschil in effectieve brekingsindex gerealiseerd worden.

Bij de structuren volgens Figuur 1,5 en 7 wordt voor de vorming van de naast de contactlaag gelegen delen van de zone 14 gebruik

gemaakt van maskering door enerzijds de contactlaag 4 en anderzijds de isolerende laag 15. In plaats van een isolerende laag 15 kunnen echter ook andere delen van de contactlaag 4 als maskering worden toegepast. Zo toont Figuur 8 schematisch in dwarsdoorsnede een laserstructuur van het type van Figuur 1, waarbij in het vervaardigingsstadium van Figuur 3 de oxydelaag 15 is vervangen door delen 4B en 4C van de contactlaag, terwijl het deel 4A voor de stroomtoevoer dient. De delen 4B en 4C zijn, na de zinkdiffusie, bedekt met een elektrisch isolerende laag 25 van bijvoorbeeld silicium-oxyde.

De uitvinding is niet beperkt tot de gegeven uitvoeringsvoorbeelden. Zo kan voor de vorming van de oppervlaktezone 14 in plaats van de diffusie ook een andere doteringsmethode, bijvoorbeeld ionen implantatie, worden toegepast. Verder kunnen de geleidingstypen alle door hun tegengestelde worden vervangen, en kunnen in plaats van galliumarsenide en gallium-aluminiumarsenide andere halfgeleidermaterialen, bijvoorbeeld InP en InGaAsP worden toegepast. In plaats van zink kunnen andere doteringsstoffen worden toegepast; zo kan bijvoorbeeld bij een p-type passieve laag 2 cadmium of magnesium, en kan bij een n-type passieve laag 2 tellurium worden ingediffundeerd, en vele andere combinaties zijn mogelijk. De zone 14 kan bijvoorbeeld in plaats van uit de dampfase vanuit een gedoteerde oxydelaag worden ingediffundeerd.

Als resonator is in de voorbeelden een door reflecterende splijtvlakken gevormde resonator toegepast. In plaats daarvan echter kunnen ook andere resonators bijvoorbeeld periodieke buigingstralies over althans een deel van de lengte van het actieve strookvormige gebied worden toegepast. Dergelijke resonators worden ondermeer gebruikt in lasers met zogenaamde verdeelde terugkoppeling, ook DFB "(Distributed feedback)" lasers genoemd zoals bijvoorbeeld beschreven in Applied Physics Letters, Vol.18, 15 February 1971, blz. 152-154.

Conclusies:

1. Halfgeleiderlaser met een halfgeleiderlichaam bevattende een eerste passieve halfgeleiderlaag van een eerste geleidingstype, een daarop gelegen actieve halfgeleiderlaag, een op de actieve laag gelegen tweede passieve halfgeleiderlaag van het tweede, tegengestelde geleidingstype, een op de tweede passieve laag gelegen strookvormige halfgeleidende contactlaag van het tweede geleidingstype en contactmiddelen om tussen de contactlaag en de eerste passieve laag een spanning in de doorlaatrichting aan te leggen voor het opwekken van coherente electromagnetische straling in een onder de contactlaag binnen een resonator gelegen strookvormig deel van de actieve laag, waarbij de passieve lagen een kleinere brekingsindex voor de opgewekte straling hebben dan de actieve laag, en waarbij een gedoteerde oppervlaktezone van het tweede geleidingstype aanwezig is die zich over althans een deel van de dikte van de contactlaag, en naast de contactlaag over tenminste een deel van de dikte van de tweede passieve laag uitstrekt en een hogere doteringsconcentratie heeft dan de tweede passieve laag, met het kenmerk, dat de gedoteerde oppervlaktezone zich naast de contactlaag over slechts een deel van de dikte van de tweede passieve laag uitstrekt, waarbij de afstand tussen de oppervlaktezone en de actieve laag zodanig is gekozen, dat de effectieve brekingsindex voor straling van de uitgezonden soort in de lagenstructuur onder het midden van de contactlaag een bedrag van tenminste 0,0005 en ten hoogste 0,005 groter is dan in de lagenstructuur naast de contactlaag ter plaatse van de gedoteerde oppervlaktezone.

2. Halfgeleiderlaser volgens conclusie 1, met het kenmerk dat de dikte van de actieve laag gelegen is tussen enerzijds een minimum dikte van $0,05\text{ }\mu\text{m}$, met daarbij behorende maximumwaarde van $0,5\text{ }\mu\text{m}$ voor de afstand naast de contactlaag tussen de gedoteerde oppervlaktezone en de actieve laag en van een bijbehorende minimumwaarde van $5 \cdot 10^{18}$ atomen per cm^3 voor de gemiddelde doteringsconcentratie van de oppervlaktezone, en anderzijds een maximumdikte van $0,2\text{ }\mu\text{m}$ voor de actieve laag, met een daarbij behorenden minimumwaarde van $0,1\text{ }\mu\text{m}$ voor de genoemde afstand en een daarbij behorende maximum doteringsconcentratie van $5 \cdot 10^{19}$ atomen per cm^3 voor de oppervlaktezone.

3. Halfgeleiderlaser volgens een der voorgaande conclusies, met het kenmerk, dat althans de tweede passieve laag uit gallium-aluminiumarsenide bestaat, terwijl de contactlaag uit gallium-aluminiumarsenide met een lager aluminiumgehalte dan de tweede passieve laag, of uit galliumarsenide bestaat.

4. Halfgeleiderlaser volgens conclusie 3 met het kenmerk, dat de tweede passieve laag p-type geleidend, en de oppervlaktezone met zink gedoteerd is.
5. Halfgeleiderlaser volgens een der voorgaande conclusies, met
5 het kenmerk, dat de oppervlaktezone zich aan weerszijden van de contactlaag in de vorm van twee evenwijdige, aan de contactlaag grenzende strookvormige zones uitstrekt.
6. Halfgeleiderlaser volgens een der voorgaande conclusies met het kenmerk, dat de gedoteerde oppervlaktezone naast de contactlaag ge-
10 heel bedekt is met een elektrisch isolerende laag.
7. Halfgeleiderlaser volgens een der conclusies 1 t/m 5 met het kenmerk, dat een elektrode de oppervlaktezone zowel op de contactlaag als op de tweede passieve laag contacteert.
8. Halfgeleiderlaser volgens een der voorgaande conclusies met
15 het kenmerk, dat de gedoteerde oppervlaktezone zich alleen naast de contactlaag in de tweede passieve laag uitstrekt.
9. Halfgeleiderlaser volgens conclusie 8 met het kenmerk, dat de oppervlaktezone zich in de contactlaag over een geringere diepte uitstrekt dan in de tweede passieve laag.
- 20 10. Werkwijze voor het vervaardigen van een halfgeleiderlaser volgens een der voorgaande conclusies, met het kenmerk, dat op een halfgeleidersubstraat van een eerste geleidingstype achtereenvolgens epitaxiaal een eerste passieve halfgeleiderlaag van het eerste geleidingstype, een actieve halfgeleiderlaag met een kleinere verboden bandafstand dan de
25 eerste passieve laag, een tweede passieve halfgeleiderlaag van het tweede geleidingstype met een grotere verboden bandafstand dan de actieve halfgeleiderlaag en een halfgeleidende contactlaag van een van de tweede passieve laag verschillend halfgeleidermateriaal van het tweede geleidingstype worden aangegroeid, waarna door etsen de contactlaag in de vorm
30 van tenminste een strookvormige mesa wordt gebracht en door dotering onder toepassing van deze strookvormige mesa als masker een laagvormige oppervlaktezone van het tweede geleidingstype wordt gevormd die zich over althans een deel van de dikte van de contactlaag en over slechts een deel van de daarnaast gelegen delen van de tweede passieve laag uitstrekt,
35 waarna elektrodelagen worden aangebracht op althans de contactlaag en het substraat.
11. Werkwijze volgens conclusie 10 met het kenmerk, dat in de contactlaag twee evenwijdige spleetvormige openingen worden geëetst, en

800 3728

de oppervlaktezone onder toepassing van de overblijvende delen van de contactlaag als masker in de tweede passieve laag wordt aangebracht.

12. Werkwijze volgens conclusie 10 of 11 met het kenmerk, dat al-
thans de tweede passieve laag uit gallium-aluminiumarsenide, en de con-
5 tactlaag uit gallium-aluminiumarsenide met een lager aluminiumgehalte
dan de tweede passieve laag of uit galliumarsenide wordt gevormd.

13. Werkwijze volgens conclusie 12 met het kenmerk, dat een p-type
tweede passieve laag wordt gevormd, en dat de oppervlaktezone met zink
gedoteerd wordt.

10

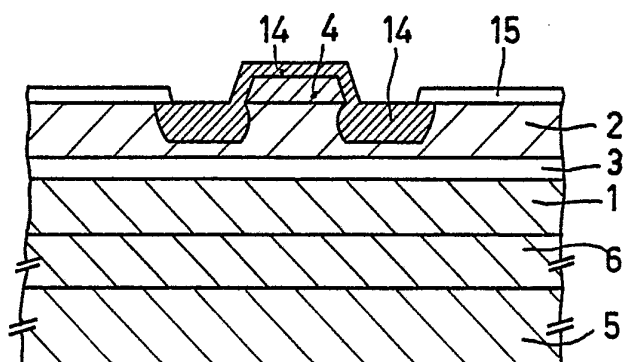
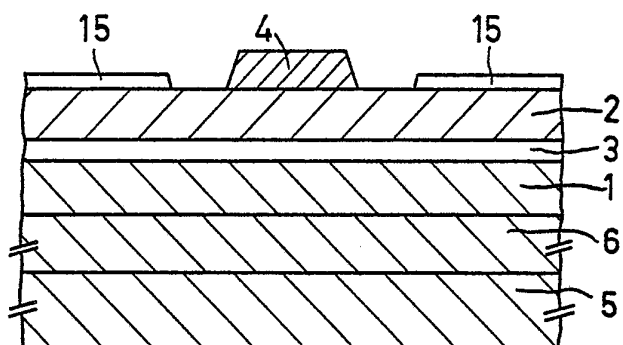
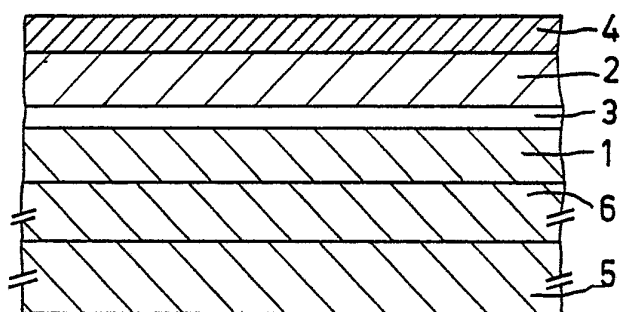
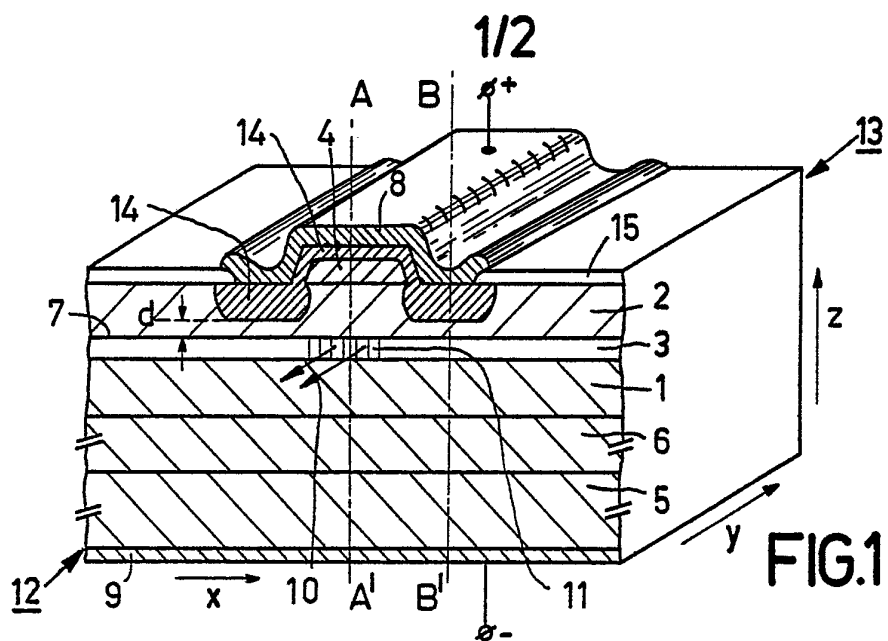
15

20

25

30

35



800 37 28

1-II-PHN 9781

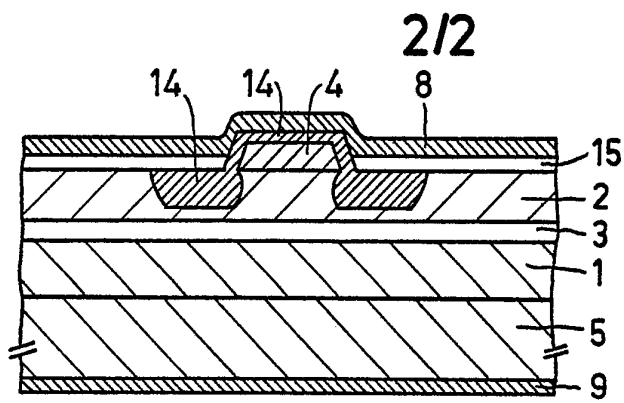


FIG. 5

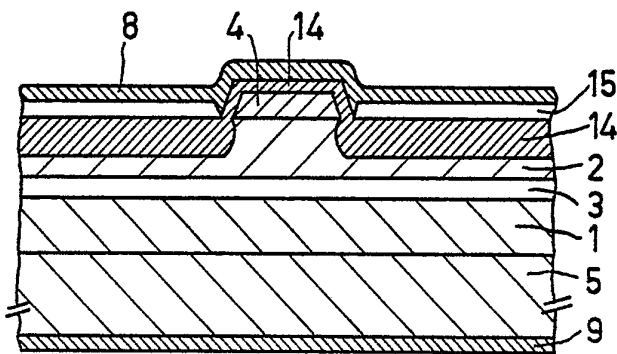


FIG. 6

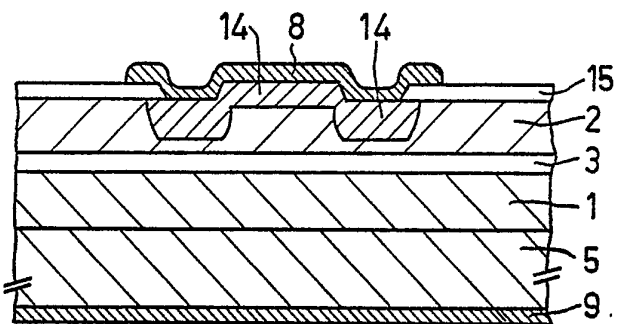


FIG. 7

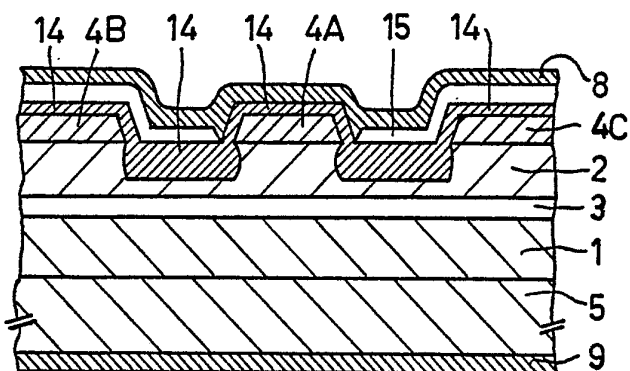


FIG. 8