



NORGE

(12) PATENT

(19) NO

(11) 308817

(13) B1

(51) Int Cl<sup>7</sup> G 02 B 6/42, H 01 S 3/06, 3/025

## Patentstyret

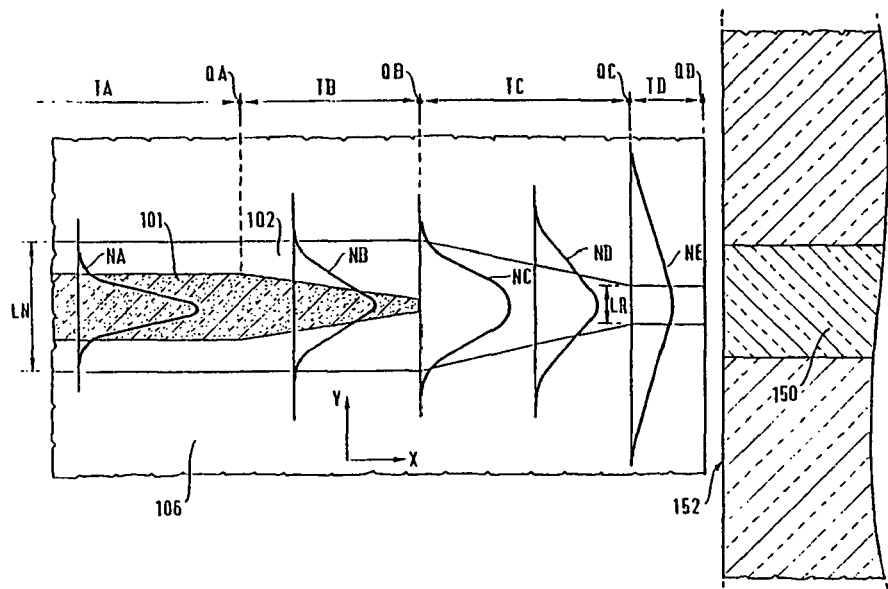
(21) Søknadsnr	19924648	(86) Int. inng. dag og søknadsnummer	
(22) Inng. dag	1992.12.02	(85) Videreføringdag	1991.12.04, FR, 9115040
(24) Løpedag	1992.12.02	(30) Prioritet	
(41) Alm. tilgj.	1993.06.07		
(45) Meddelt dato	2000.10.30		

(71) Patenthaver	Alcatel Alsthom Compagnie Générale d'Électricité, 54, rue la Boétie, F-75382 Paris Cédex 08, FR
(72) Oppfinner	Pierre Doussiere, Saint Germain les Arpajons, FR
(74) Fullmektig	J.K. Thorsens Patentbureau AS, 0134 Oslo

(54) Benevnelse **Optisk halvlederkomponent med utvidet utgangsmodus samt fremgangsmåte for dens fremstilling**

(56) Anførte publikasjoner Ingen

(57) Sammendrag En halvlederkomponent, slik som en laser, omfatter to optiske bølgeledere, henholdsvis en aktiv (101) og en passiv (102), anordnet ovenpå hverandre. Bredden av den aktive bølgeleder avtar i en bakre del (TB) av et modusovergangsavsnitt (TB, TC), for å bringe en "smal" optisk modus (NA), som forsterkes og ledes av den aktive bølgeleder, over i en "bred" modus (NA) som ledes av den passive bølgeleder og har større modusomfang enn den "smale" modus. Bredden av den passive bølgeleder (102) avtar derpå i en fremre del (TC) av dette avsnitt, for således å bringe nevnte "brede" modus over i en sirkulær modus (NE) med enda større modusomfang. Oppfinnelsen kan komme til anvendelse f.eks. i produksjonen av optiske hoder for fiberoptiske telenett.



Foreliggende oppfinnelse gjelder utformingen av en optisk halvlederkomponent og dens tilkobling til et eksternt optisk element. Den er nærmere bestemt rettet mot å løse et kjent problem, nemlig å oppnå to resultater samtidig.

5 Et første resultat som skal oppnås er å "behandle" lys effektivt i den angjeldende optiske komponent, idet uttrykket "behandling" her betegner sådanne tiltak som utsending, forsterkning, påvisning eller modulasjon av lyset. I det etterfølgende vil det ofte, for å lette forståelsen av oppfinnelsen, henvises til en optisk komponent som bare tjener som et ikke-begrensende eksempel, og hvor lyset i den optiske komponent behandles som i  
10 en laser. Lyset som skal behandles foreligger da i form av en bølge som ledes inn i laseren i en såkalt smal modus hvis modusomfang kan være begrenset av forhold som bestemmes av laserens påkrevde effektivitet og interne virkemåte.

Det andre resultat som skal nås, er at lyset som er behandlet på denne måte, tilføres  
15 nevnte ytre optiske element for å mottas effektivt fra nevnte element i form av en bred ledemodus hvis modusomfang er større enn det av nevnte smale modus. En bred modus av denne type har vanligvis fordelene av å muliggjøre lettere og mer effektiv kobling av denne bølge til en optisk fiber som mottar det behandlede lys, eller som tilfører det lys som skal behandles.

20

En første kjent løsning på dette problem er beskrevet i "*Tapered waveguide InGaAs/-InGaAsp multiple quantum well lasers*" av T.L. Koch, U. Koren, G. Eisenstein, M.G. Young, M. Oron, C.R. Giles og B.I. Miller i IEEE Photonics technology letters, bind 2, nr. 2, februar 1990, side 88. Denne artikkel beskriver en halvlederlaser som sender ut  
25 en bred ledemodus. Å fremstille denne laser er vanskelig.

En andre kjent løsning på dette problem er beskrevet i "*Efficient coupling of a semiconductor laser to an optical fiber by means of a tapered waveguide on silicon*" av Y. Shani, C.H. Henry, R.C. Kistler, K.J. Orlowsky og D.A. Ackerman, i Appl. Phys. Lett. 55,  
30 desember 1989, side 2389. Denne artikkel beskriver en koblingsanordning som mottar en smal modus på utgangen fra en halvlederlaser og overfører en bred modus som muliggjør sammenkobling til en optisk fiber.

Innsetting av en anordning av denne type kompliserer utførelsen av et optisk hode som  
35 på begrenset plass må koble laseren til den optiske fiber. Det er også vanskelig å posisjonere koblingsanordningen i forhold til laseren.

Et formål for foreliggende oppfinnelse er derfor å foreslå en løsning på dette problem, som er enkel å utøve, fordrer lite plass og fører til bare lavt lystap.

Foreliggende oppfinnelse gjelder således en optisk halvlederkomponent med utvidet  
5 utgangsmodus, og som omfatter to optiske bølgeledere med utstrekning i komponentens lengderetning fra dens bakside til dens forside for å styre utbredelsesmønsteret for et lys, idet den ene av nevnte bølgeledere er en aktiv bølgeleder tilpasset for å behandle nevnte lys og den andre er en passiv bølgeleder som i det minste i et modusovergangs-  
10 avsnitt, som utgjør en del av komponentlengden, befinner seg under nevnte aktive bølgeleder, og hvor den aktive bølgeleders tverrsnittsflate avtar i retning fremover i nevnte modusovergangsavsnitt således at en "smal" modus ledet av den aktive bølgeleder til overgangsavsnittets bakre ende, på forsiden av modusovergangsavsnittet går over i en "bred" modus ledet av den passive bølgeleder, og som har større modusomfang enn den "smale" modus.

15 På denne bakgrunn av prinsipielt kjent teknikk har da den optiske halvlederkomponent i henhold til oppfinnelsen som særtrekk at bredden av nevnte aktive bølgeleder avtar i retning fremover i en bakre del av nevnte modusovergangsavsnitt, mens bredden av nevnte passive bølgeleder avtar i retning fremover i en fremre del av modusovergangs-  
20 avsnittet, for således å bringe nevnte "brede" modus over i en sirkulær modus med enda større modusomfang.

Kort sagt omfatter den optiske halvlederkomponent i henhold til oppfinnelsen to optiske bølgeledere, nemlig en aktiv bølgeleder og en passiv bølgeleder, som i det minste over  
25 en del av deres lengdeutstrekning befinner seg ovenpå hverandre, idet tverrsnittsflaten av den aktive bølgeleder avtar i et modusovergangsavsnitt for å koble en "smal" optisk modus som er behandlet og ledet av den aktive bølgeleder, til en "bred" modus som er ledet av den passive bølgeleder og som har et modusomfang som er større enn det av den smale modus. I henhold til oppfinnelsen stammer innskrenkningen i tverrsnittsflaten  
30 i det minste delvis fra det faktum at bredden av den aktive bølgeleder avtar i modusovergangsavsnittet.

Foreliggende oppfinnelse gjelder også en fremgangsmåte for fremstilling av en variant av en slik komponent i henhold til oppfinnelsen, og som er nærmere angitt i vedføyde  
35 patentkrav 13.

Hvordan foreliggende oppfinnelse kan bli utøvet vil nå bli beskrevet under henvisning til de vedføyde skjematiske tegninger. Det skal forstås at de viste og beskrevne elementer og anordninger er vist og beskrevet bare for å utgjøre ikke-begrensede eksempler. I de tilfeller hvor samme element er vist i flere enn én figur, er det alltid gitt den samme

5 henvisningsbetegnelse. På tegningene viser:

Fig. 1 et snitt gjennom en første laser i henhold til foreliggende oppfinnelse, langs et tverrgående plan I-I angitt i fig. 2,

fig. 2 et snitt gjennom en del av denne første laser, langs et langsgående plan II-II angitt i fig. 1,

10 fig. 3 et snitt gjennom en del av denne første laser, langs et horisontalt plan III-III angitt i fig. 1,

fig. 4, 5 og 6 et snitt gjennom den første laser langs et tverrgående plan I-I i påfølgende trinn under produksjonen av laseren,

15 fig. 7 et snitt gjennom en andre laser i henhold til oppfinnelsen, langs et tverrgående plan VII-VII angitt i fig. 8,

fig. 8 et snitt gjennom en del av den andre laser i henhold til oppfinnelsen, langs et langsgående plan VIII-VIII angitt i fig. 7,

fig. 9 et snitt gjennom en del av den andre laser langs et horisontalt plan XI-XI angitt i fig. 7, og

20 fig. 10 en del av den andre laser sett i perspektiv.

For å beskrive hvordan oppfinnelsen kan utøves vil først den anvendte terminologi bli forklart for tilfellet med den første laser i henhold til foreliggende oppfinnelse og under henvisning til fig. 1 og 2, idet definisjonene går ut fra en horisontal halvlederoblat 4.

25 Denne oblat har en lengderetning X og en tverretning Y. Horisontale plan inneholder disse to retninger. Tverrplanene er perpendikulære på lengderetningen. Oblaten har også en vertikal retning Z som er perpendikulær på disse horisontale plan. Lengde, bredde, tykkelse og tverrsnittsflate av oblatens indre elementer måles henholdsvis i disse lengde-, tverr- og vertikale retninger samt i nevnte tverrplan.

30

Oblaten omfatter tre påfølgende langsgående avsnitt SA, SB, SC (se fig. 2) i langsgående rekkefølge, og som består av i det minste et behandlingsavsnitt SA og et modusovergangsavsnitt SB. I dette eksempel hvor oblaten utgjør en laser, er behandlingsavsnittet SA særlig et forsterkeravsnitt. Det neste avsnitt begynner ved et startpunkt PA  
35 for overgangen nær forsterkeravsnittet og ender i et bredmoduspunkt PB som i den første laser også utgjør et endepunkt for overgangen i avstand fra nevnte avsnitt. Et

tredje avsnitt i den første laser utgjør et koblingsavsnitt SC fra hvilket laseren kan kobles til en optisk fiber.

Ifølge et kjent arrangement kan de to endeflater (ikke vist) i oblatens lengderetning  
5 utgjøres av reflektorer for å frembringe en utsendende laser. De kan derimot bli behandlet for å forhindre lysrefleksjon og derved utgjøre en laserforsterker som kan kobles til inngående og utgående optiske fibre og således oppvise to modusovergangs-  
avsnitt samt to koblingsavsnitt, én på hver side av forsterkeravsnittet.

10 Det følger nå en generell beskrivelse av visse anordninger som er tilpasset i laserene beskrevet som eksempler, og som de har felles med hensyn til nevnte funksjoner, med den laser som er beskrevet i den tidligere nevnte artikkel av T.L. Kock m.fl.

I samsvar med disse felles anordninger omfatter oblaten 4 en vertikal rekkefølge av  
15 horisontale funksjonelle lag som utgjøres av i det minste følgende elementer:

- et nedre innesperrende lag 6 av en første ledende type,
- en langsgående passiv bølgeleder 2 flankert i tverretningen av et komplimentært material 32. For at denne skal kunne lede optiske bølger, har denne bølgeleder en "forøket" brytningsindeks, dvs. en brytningsindeks som er større enn de omgivende  
20 materialers brytningsindekser. Denne indeks, normalbredden og tykkelsen av denne bølgeleder velges for å lede lys i én enkelt modus, nemlig en "bred" modus MC,
- en langsgående aktiv bølgeleder 1 flankert i tverretningen av et komplimentært material 32. Denne bølgeleder er fremstilt i et aktivt material som har en økt brytningsindeks for å lede nevnte lys og som er tilpasset for å behandle lyset ved  
25 samvirke med ladningsbærere av motsatte typer og særlig for å forsterke lyset ved hjelp av kombinasjonen av sådanne bærere. Den aktive bølgeleder utgjøres av et enkelt halvlederlag, men kunne i stedet omfatte en vertikal rekkefølge av lag av forskjellig sammensetning. Den passive og den aktive bølgeleder er anordnet ovenpå hverandre. Deres bredde, tykkelse, brytningsindekser og innbyrdes avstand velges  
30 for å oppnå gjensidig optisk kobling mellom bølgelederne i forsterkeravsnittet SA og modusovergangsavsnittet SB, således at ved hjelp av kombinasjonen av bølgelederne i forsterkerseksjonen, ledes lyset i en enkelt modus som samler energien av lyset i den aktive bølgeleder for å fremme dets forsterkning. Denne eneste modus er en smal modus med modusomfang som er mindre enn det av nevnte brede modus MC.  
35 Bredden og tykkelsen av den aktive bølgeleder 1 i forsterkerpartiet SA begrenser en behandlingstverrsnittsflate. I modusovergangsavsnittet SB og med utgangspunkt fra

startpunktet PA for overgangen, avtar bølgelederens tverrsnittsflate gradvis fra behandlingstverrsnittsflaten, således at det lys som er ledet inn i nærheten av dette punkt i smal modus, ledes av den passive bølgeleder i bred modus MC i nærheten av bredmoduspunktet PB. Den passive bølgeleder 2 har konstante egenskaper i

5 forsterkeravsnittene og i det minste så langt som til bredmoduspunktet. I den første laser har den de samme egenskaper over hele lengden av oblaten 4.

Utbredelse av lys i smal modus muliggjør effektiv forsterkning som kan være forholdsvis følsom for dets polarisering i forsterkeravsnittet. Den brede modus muliggjør kobling til

10 den optiske fiber.

I hovedsak omfatter oblaten 4 videre et øvre innesperrende lag 8 av en andre ledende type motsatt den første ledende type, således at passasjen av en elektrisk energiserende strøm i foroverretningen mellom det nedre og øvre sperrelag ledsages av

15 innføringen av nevnte ladningsbærere av motsatte typer i den aktive bølgeleder 1 i forsterkeravsnittet SA.

Det skal forstås at det komplementære material 32 består av forskjellige velkjente lag som fremmer driften av laseren og som ikke er vist. Disse innbefatter sideveis optiske og elektriske sperrelag, kontaktlag osv. Oblaten er dessuten forsynt med elektroder

20 (ikke vist) for innføring av den energiserende elektriske strøm.

Andre utførelser av de tidligere nevnte felles anordninger vil nå bli mer detaljert beskrevet.

25

I forsterkeravsnittet SA eller i det minste i startpunktet for overgangen, har den passive bølgeleder en såkalt "normal" bredde som er større enn eller lik bredden av den aktive bølgeleder 1. Den har også en tykkelse som er større enn eller lik tykkelsen av den aktive bølgeleder og en midlere brytningsindeks som er mindre enn brytningsindeksen

30 av den aktive bølgeleder. Nærmere bestemt er den midlere brytningsindeks av den passive bølgeleder gjort tilstrekkelig likedan med den av det omgivende material til at den smale modus skal bli ledet hovedsakelig ved hjelp av den aktive bølgeleder i avsnittet SA.

35 Bredmoduspunktet PB utgjør en ende av den aktive bølgeleder 1.

I tverretning og vertikalt har bredmodusen MC et modusomfang som er 200 %, fortrinnsvis 400 %, større enn modusomfanget i tverretning og vertikalt av den smale modus MA. Disse modusomfang av hver av disse modi bestemmes vanligvis av størrelsen hhv. i tverretning og vertikalt, av arealet hvor det elektriske felt i vedkommende modus er

5 svekket i en grad som er mindre enn 2,718 i forhold til modusens største elektriske felt.

I laseren beskrevet i artikkelen av Kock m.fl. oppnås innskrenkningen av den aktive bølgeleders tverrsnittsflate i modusovergangsavsnittet med en langsgående rekkefølge av plutselige reduksjoner av bølgelederens tykkelse. Denne ordning har visse ulemper

10 siden den forårsaker lystap og dens fremstilling fordrer en rekke kostbare etsetrinn.

Foreliggende oppfinnelse frembringer en meget enkel måte å helt eliminere disse ulemper på, fordi den aktive bølgeleder 1 kan ha konstant tykkelse i modusovergangsavsnittet SB og innskrenkningen i dens tverrsnittsflate utelukkende oppnås ved at dens

15 bredde avtar jevnt fra startpunktet PA for overgangen til bredmoduspunktet PB. Som et alternativ til dette kunne tverrsnittsflaten reduseres ved å minske både bredden og tykkelsen, men dette ville bare delvis fjerne nevnte ulemper.

Et skillelag 10 er fortrinnsvis anordnet mellom den aktive bølgeleder 1 og den passive bølgeleder 2. Dette lag har en brytningsindeks som er lavere enn den midlere brytningsindeks for hver av de to bølgeledere. Lagets tykkelse utgjør en separasjonsavstand som er gjort forholdsvis stor for å muliggjøre at den aktive bølgeleder avgrenses i tverretningen, dvs. for å muliggjøre at dens bredde bestemmes ved hjelp av en etseprosess uten risiko for at denne etseprosess skal nå frem til den passive bølgeleder som, av

25 grunner som vil fremgå senere, må være bredere i overgangsavsnittet. Avstanden er gjort tilstrekkelig liten til å opprettholde den nødvendige optiske kobling mellom den aktive og passive bølgeleder.

I modusovergangsavsnittet SB har den aktive bølgeleder 1 projisert på et horisontalt plan, hovedsakelig en tilspisset form med avskåret ende. Dens bredde avtar med andre ord jevnt til en sluttbredde som er tilstrekkelig liten til at dens påvirkning på lysutbredelsesmodusen blir neglisjerbar i sammenligning med den for bølgelederen 2. Denne virkning er vist i fig. 2 og 3, som meget tilnærmet viser energifordelingen i den smale modus MA, en mellomliggende fordeling MB og fordelingen i bredmodusen MC. Hver av disse

35 fordelinger er vist i to diagrammer, én i fig. 2 og en annen i fig. 3. Hver av disse diagrammer omfatter en kurve og en referanseakse. Referanseaksen er en linje i et

vertikalt tverrplan som går gjennom oblaten 4, idet linjen går gjennom det punkt i dette plan hvor verdien av det elektriske vekselfelt i den ledede optiske modus er størst. Verdien av det elektriske felt bestemmes i hvert punkt på denne linje og kvadratet av denne verdi er avtegnet parallelt med lengderetningen X for å oppnå et punkt på kurven i vedkommende diagram. Diagrammene representerer således modiene ved å illustrere fordelingen av deres elektriske felt.

Disse diagrammer viser at innskrenkningen i bredden av bølgelederen 1 reduserer innstengningen av den ledede modus i bølgelederen 1 sammen med en gradvis "glidning" av denne modus mot bølgelederen 2. Denne bevegelse ledsages av en utvidelse på grunn av den lavere midlere brytningsindeks for bølgelederen 2. Lengden av området med avtagende bredde må være tilstrekkelig til at overgangstapene blir så lave som påkrevet (mellom 50 og 200  $\mu\text{m}$  i tilfellet av en bølgelengde i størrelsesorden av 0,8 - 1,6  $\mu\text{m}$ ).

15

Det faktum at de to bølgeledere er anbragt ovenpå hverandre gjør foreliggende oppfinnelse særlig velegnet for fremstilling ved hjelp av vanlige epitaksialvekstteknikker. Det blir således mulig å frembringe aktive optiske komponenter hvor modusen overføres med lave tap fra en sterkt ledende (trinnindeks minst  $10^{-1}$ ) aktiv bølgeleder (bølgeleder 1) til en svakt ledende (trinnindeks høyst  $10^{-2}$ ) passiv bølgeleder (bølgeleder 2) over et kontinuerlig adiabatisk overgangsavsnitt på ett og samme substrat.

20

Ved å innskrenke bredden av bølgelederen 1 kan overgangsavsnittet og den aktive bølgeleder fremstilles i en eneste maskerings- og etseoperasjon. Dette valg kombinerer denne fordel med fordelene ved tidligere foreslåtte løsninger, som riktignok hittil fordrer flere maskeringstrinn (kfr. artikkelen av Kock m.fl.) eller bare tillater fremstilling av passive komponenter (kfr. artikkelen av Shani m.fl.).

25

Foreliggende oppfinnelse har derfor viktige anvendelsesområder i fremstillingen av aktive optoelektriske halvlederkomponenter for transmisjonssystemer med optiske enkeltmodus-fibre. Sådanne komponenter kan være signalutsendere, forsterkere og modulatorer. Her er disse generelt betegnet med uttrykket "laser".

30

I den første laser i henhold til foreliggende oppfinnelse omfatter den passive bølgeleder 2 en vertikal rekkefølge av lag 12, 14, 16, 18 med forhøyet indeks og lag 20, 22, 24 med minsket indeks. Lagene med forhøyet indeks har brytningsindekser som er høyere enn

35

dem for lagene med minsket indeks, således at den passive bølgeleder 2 har en midlere brytningsindeks som ligger mellom dem for lagene med hhv. forøket og minsket indeks.

Den andre laser som er beskrevet som et eksempel på foreliggende oppfinnelse, er  
5 hovedsakelig identisk med den første. Den omfatter således elementer som har de samme funksjoner, og derfor angis med samme betegnelse, og angivelsene gitt ovenfor er derfor gyldige med mindre noe annet angis. Når et element i den andre laser har samme funksjon som et element i den første, identifiseres det heretter ved hjelp av samme henvisningstall økt med 100. Sammenlignet med den første laser er den andre  
10 laser hovedsakelig kjennetegnet ved at bredden av den aktive bølgeleder 101 avtar fremover bare i et bakre parti TB av modusovergangsavsnittet og at bredden av den passive bølgeleder 102 avtar fremover i en fremre del TC av dette avsnitt, således at nevnte brede modus går over i en sirkulær modus NE av enda større modusomfang.

15 Nærmere bestemt består overgangsavsnittet TB, TC av påfølgende bakre og fremre deler som utgjør en første overgang TB og en andre overgang TC. Den første overgang TB strekker seg fra overgangsstartpunktet QA til nevnte bredmoduspunkt QB, idet bredden av nevnte aktive bølgeleder 101 avtar fremover i denne første overgang. Den andre overgang strekker seg i lengderetningen fremover fra bredmoduspunktet QB til  
20 nevnte overgangsendepunkt QC, idet bredden av den passive bølgeleder 102 avtar fremover i denne andre overgang, således at lys ledet av den passive bølgeleder i nevnte brede modus i nærheten av bredmoduspunktet, ledes av den samme bølgeleder inn i en sirkulær modus NE i nærheten av overgangsendepunktet QC. Den sirkulære modus har økt horisontalt og vertikalt modusomfang i forhold til den brede modus, idet  
25 det vertikale modusomfang er blitt økt i større grad enn hva det horisontale modusomfang er blitt økt.

I en foretrukket utførelse er bredden i den andre overgang TC av den passive bølgeleder 202 først lik en normal passiv bølgeleders bredde LN, målt ved bredmoduspunktet QB,  
30 og avtar så jevnt og gradvis til overgangsendepunktet QC, hvor den er lik en innskrenket passiv bølgeleders bredde LR. I laseren som her er beskrevet som et eksempel, forblir bredden så lik den innskrenkede bredde over et koblingsavsnitt TD som strekker seg fremover fra overgangsavsnittet til en ende QD av laseren. Bølgelederens tykkelse er konstant. Fra bredmoduspunktet QB er den aktive bølgeleder ikke lenger tilstede.

Den innskrenkede bredde LR er fortrinnsvis mindre enn 60 %, og f.eks. lik 40 %, av den normale bredde LN av den passive bølgeleder 102. Den passive bølgeleder 102 omfatter ett enkelt lag med forhøyet indeks. Dens tykkelse kan derved være mindre enn den av den aktive bølgeleder 101.

5

Fig. 8 - 10 viser bl.a. kjernen 150 i en optisk enkeltmodusfiber 152 som den sirkulære modus føres inn i.

I behandlingsavsnittet TA har den aktive bølgeleder 101 f.eks. en bredde av 2000 nm og en tykkelse av 100 nm.

Bredden i dens ende ved bredmoduspunktet QB er f.eks. 400 nm, mens lengden av den bakre overgang TB er 0,1 mm. Den passive bølgeleder 102 har en innskrenket bredde LR av f.eks. 2000 nm, mens lengden av den fremre overgang TC er 0,1 mm.

15

Hver av fig. 8 og 9 viser på samme måte som fig. 2 og 3 fordelingen av lysenergi i modusene ledet av bølgelederne 101 og 102.

Nevnte smale modus er angitt med NA, en første mellomliggende fordeling med NB, nevnte brede modus med NC, en andre mellomliggende fordeling med ND og nevnte sirkulære modus med NE.

20

Fordelene ved anordningene innført i den andre laser, fremgår fra de etterfølgende betraktninger.

25

Målet som skal nås er f.eks. å redusere vinkelavviket av den optiske stråle utsendt fra en halvlederlaser for således å muliggjøre innføring av strålen i en ytre leder i form av en optisk fiber. De beste innføringsbetingelser oppnås da når den modus som ledes i laseren er identisk på laserens utgang med den som kan bli ført inn i den ytre bølgeleder.

30

Diameteren av den ledede modus i halvlederlaseren er i størrelsesorden 1  $\mu\text{m}$  for å oppnå effektiv lys/bærer-samvirke. Diameteren av modusen ledet av en optisk fiber er standardisert til 10  $\mu\text{m}$  for å gjøre forplantningstapene i fiberen så små som mulig samt muliggjøre sammenkobling. Anordningene som er lagt inn i den andre laser muliggjør at lysets utbredelsesmodus utvides adiabatisk fra den optiske bølgeleder for å oppnå en

35

modus av tilstrekkelig modusomfang og med hovedsakelig sirkulær form ved overgangs-  
endepunktet QC. Umiddelbart foran den bakre overgang TB må modusen ledet i  
bølgelederen 102 være nesten helt innesluttet i horisontalplanet i denne bølgeleder for å  
utgjøre en så stor som mulig ledet ladning for ledning av lys, som tykkelsen av bølge-  
5 lederen tillater. For å oppnå dette resultat, dvs. å tillate modusens lyseffekt å bevege  
seg fra bølgelederen 101 til bølgelederen 102 til tross for sistnevntes lavere brytnings-  
indeks, må bredden av bølgelederen 102 være vesentlig større enn den av bølgelederen  
101. Av dette følger at den modus som er særegen for bølgelederen 102 nødvendigvis  
er sterkt utflatet, idet dens vertikale modusomfang er så mye mindre enn dens  
10 horisontale modusomfang som en faktor av 2.

På dette stadium er modusomfangets økning utilstrekkelig, særlig i vertikalplanet, til å  
oppnå den nødvendige sammenkoblingskvalitet ved laserutgangen. Denne utilstrekkelig-  
het stammer fra den tykkelse og indeks som bølgelederen 102 er utført med, for å få  
15 modusen til å bevege seg mot denne leder.

I henhold til foreliggende oppfinnelse er dette grunnen til at bølgelederen 102 strekker  
seg forbi det bakre overgangsavsnitt mens dens bredde avtar gradvis for å sirkelforme  
og så utvide modusen som den leder. Den innskrenkede bredde må være mindre enn  
20 modusomfanget av den ledede modus, og i dette eksempel mindre enn en faktor av 2.

Utvidelsen og sirkelformingen av den modus som den leder forklares av det faktum at  
tilstrekkelig innskrenkning av bølgelederens bredde bevirker tap av innesperring av  
modus i horisontalplanet. Under disse betingelser vil fordelingen av modusen i  
25 vertikalplanet blir meget avhengig av dens innesperring i horisontalplanet. Fordelingen  
av modusen i hhv. vertikal- og horisontalplanet blir meget avhengig av hverandre, idet  
styrereformen betegnes som "svak". Denne situasjon er motsatt en hvor bølgelederen er  
tilstrekkelig bred til at dens bredde kan betraktes som uendelig i forhold til dens tykkelse.  
I sistnevnte situasjon er den horisontale og vertikale fordeling av modusen uavhengig av  
30 hverandre og styrereformen betegnes som "kraftig sideveis".

Overgangen må være fordelt over en lengde som er tilstrekkelig til å unngå tap ved  
utstråling.

35 Et tilsvarende resultat kan oppnås med en enkelt overgang, slik som den i den første  
laser som er beskrevet som et eksempel. Da må imidlertid lengden av overgangen

være lik den samlede lengde av de to overganger beskrevet ovenfor. Fremstillingen av laseren ville da bli meget vanskelig på grunn av de meget små vinkler som ville være nødvendige ved kantene av den aktive bølgeleder. Driften av laseren ville bli tilfeldig, fordi det ikke ville være mulig adskilt å optimalisere overgangen fra bølgelederen 1 til bølgelederen 2 og sirkelformingen av modusen. På den annen side muliggjør begrensningen av modusens utvidelse i den første overgang i den andre laser i henhold til oppfinnelsen, tildeling av en økt ledet ladning på den passive bølgeleder 102, idet sluttbredden av den aktive bølgeleder 101 ved dens ende QB må være liten nok til å tildele lederen på dette punkt en ledet ladning som er neglisjerbar i sammenligning med den i den passive bølgeleder 102. Denne økning i lederladningen i bølgelederen 102 gjør det unødvendig å måtte gjøre sluttbredden av den aktive bølgeleder 101 for liten til at den lett og effektivt kan fremstilles. Produksjonstoleransene med hensyn til sluttdimensjonene av det punkt som dannes av bølgelederen 101 er derfor ikke så strenge. Modusens følsomhet overfor ufullkommenheter ved kantene av bølgelederen 101 er også redusert. Dette muliggjør mer reproducerbar drift av laseren.

Foreliggende oppfinnelse tillater også mye større toleranse (noen få  $\mu\text{m}$ ) med hensyn til plasseringen av fiberen i forhold til komponenten, enn kjente lasere. Den gjør det derfor mulig å forenkle fremstillingen av optiske hoder for bruk som optiske kilder i fiberoptiske telenett.

Noe av beskrivelsen ovenfor gjelder i like stor grad for tillegget av aktive optiske komponenter i andre typer halvlederkomponenter (hybrid utførelse på silisium) som har samme type problemer.

Foreliggende oppfinnelse kan også anvendes ved fremstilling av ikke-resonante optiske halvlederforsterkere med begravet strimmel, som er forholdsvis ufølsomme overfor polariseringer av den ledede modus. Det lille modusomfang av den ledede modus i den aktive bølgeleder fremmer lav forsterkningsfølsomhet overfor polariseringen av modusen, mens det store modusomfang av modusen i den passive bølgeleder fremmer reduksjon av refleksivitet fra komponentens endeflate (spalteflate) i det tilfelle normalen på denne flate ikke er på linje med bølgelederaksen.

Nå skal det angis en generell fremgangsmåte for fremstilling av den første laser beskrevet ovenfor:

- En første epitaksialvekstprosess (fig. 4) danner en vertikal rekkefølge av startlag som vil utgjøre nevnte funksjonelle lag 6, 2, 10, 1, 8 etter avgrensning i tverretningen av den aktive bølgeleder 1 og den passive bølgeleder 2, og som er betegnet med hvert sitt tilsvarende henvisningstall.

5

Vanlige epitaksialvekstteknikker (slik som "Molecular Beam Epitaxy" (MBE), "Metal-Organic Chemical Vapor Deposition" (MOCVD), osv) kan anvendes. Bølgelederen 2 kan bestå av en tynn film eller, som tidligere beskrevet, en stabel av meget tynne transparente filmer 12, 14, 16, 18 med forøket indeks og adskilt av et material med minsket indeks, identisk med det i substratet (fortynnede sjakter). Adskillelsen mellom og antall lag med økt indeks muliggjør nøyaktig styring av den midlere brytningsindeks for bølgelederen 2.

10

- En først etseprosess utføres på en i det minste midlertidig øvre oblatoverflate 30 som befinner seg på samme side som det øvre sperrelag 8. Denne prosess fortsetter inn i tykkelsen av skillelaget 10. Dens formål er å avgrense den aktive bølgeleder 1 i tverretningen. Nærværet av skillelaget 10 muliggjør denne prosess.

15

- En andre etseprosess gjennomtrenger dypere ned i tykkelsen av startlaget 2 for å avgrense den passive bølgeleder 2 i tverretningen. Denne prosess muliggjøres ved det faktum at bredden av bølgelederen 2 er større enn den av bølgelederen 1 (fig. 6). Etsedybden styrer det tverrgående indekstrinn og sikrer forplantning av bare én modus.

20

Disse to etseprosesser utføres ved å utnytte passende vanlige maskeringsteknikker (fig. 5).

- En andre og fortrinnsvis epitaksial vekstprosess begraver så bølgelederne, skillelaget 10 og det øvre sperrelag 8 i et komplementært material 32 for å fullføre oblaten 4. Denne vekstprosess kan være selektiv, eller ikke (fig. 1).

25

Den andre laser beskrevet som et eksempel kan produseres ved hjelp av den samme prosessrekkefølge, men formen av maskene som benyttes for etseprosessene må modifiseres. Det kan også være nødvendig å endre parametrene for epitaksialvekstprosessene.

30

**PATENTKRAV**

1. Optisk halvlederkomponent med utvidet utgangsmodus, og som omfatter to optiske bølgeledere med utstrekning i komponentens lengderetning fra dens bakside til dens  
5 forside for å styre utbredelsesmønsteret for et lys, idet den ene av nevnte bølgeledere er en aktiv bølgeleder (101) tilpasset for å behandle nevnte lys og den andre er en passiv bølgeleder (102) som i det minste i et modusovergangsavsnitt (TB, TC), som utgjør en del av komponentlengden, befinner seg under nevnte aktive bølgeleder, og hvor den aktive bølgeleders tverrsnittsflate avtar i retning fremover i nevnte modusovergangs-  
10 avsnitt således at en "smal" modus (NA) ledet av den aktive bølgeleder til overgangsavsnittets bakre ende, på forsiden av modusovergangsavsnittet går over i en "bred" modus (NC) ledet av den passive bølgeleder (102), og som har større modusomfang enn den "smale" modus,  
karakterisert ved at bredden av nevnte aktive bølgeleder (101) avtar i  
15 retning fremover i en bakre del (TB) av nevnte modusovergangsavsnitt (TB, TC), mens bredden av nevnte passive bølgeleder (102) avtar i retning fremover i en fremre del (TC) av modusovergangsavsnittet (TB, TC), for således å bringe nevnte "brede" modus over i en sirkulær modus med enda større modusomfang.
- 20 2. Komponent som angitt i krav 1, og som omfatter en halvlederoblat (4) som i tre retninger, nemlig lengderetning (X), tverretning (Y) og vertikal retning (Z), oppviser innbyrdes perpendikulære plan, således at de horisontale plan inneholder nevnte langs- og tverrgående retninger og tverrsnittsplanene er rettvinklet på nevnte lengderetning, og hvor lengde, bredde, tykkelse og tverrsnittsflate av oplatens indre elementer måles i  
25 henholdsvis nevnte lengde-, tverr- og vertikalretning samt i vedkommende tverrsnittsplan, idet nevnte oblat oppviser avsnitt (SA, SB, SC) som følger etter hverandre i lengderetningen bakfra og fremover og i det minste omfatter et behandlingsavsnitt (SA) samt et modusovergangsavsnitt (SB) som begynner nær nevnte behandlingsavsnitt i et startpunkt (PA) for overgangen og slutter i avstand fra behandlingsavsnittet i et  
30 endepunkt (PB) for overgangen, og oplatens videre inneholder en vertikal rekkefølge av horisontale funksjonelle lag, som i det minste utgjøres av:
- et nedre sperrelag (6) av en første type ledende material,
  - en langsgående passiv bølgeleder (2) som i tverretning er omgitt av et komplimentært material (32) og som har en forøket brytningsindeks for å lede et lys, idet denne  
35 indeks, normalbredden og tykkelsen av bølgelederen er valgt for å lede nevnte lys i en eneste form som utgjør en "bred" modus (MC),

- en langsgående aktiv bølgeleder (1) som i tverretning er omgitt av et komplimentært material (32) og som er av et aktivt material som har en forøket brytningsindeks for å lede nevnte lys og er velegnet for å behandle dette lys ved forsterkning, modulasjon eller påvisning av lyset i vekselvirkning med ladningsbærere av motsatte typer, idet 5 nevnte passive og aktive bølgeledere befinner seg ovenpå hverandre og har bredde, tykkelse, brytningsindekser og en innbyrdes avstand som er valgt for å oppnå gjensidig optisk kobling mellom nevnte bølgeledere, således at lyset i dette behandlingsavsnitt ledes av kombinasjonen av bølgelederne i en eneste form som samler lysets energi i den aktive bølgeleder og også fremmer dets behandling, og nevnte 10 eneste form utgjør en "smal" modus med mindre modusomfang enn det av nevnte "brede" modus (MC), mens den aktive bølgeleders bredde og tykkelse i dette behandlingsavsnitt (SA) begrenser behandlingstverrsnittsflaten, og den aktive bølgeleder (1) i nevnte modusovergangsavsnitt (SB) samt med begynnelse i nevnte startpunkt (PA) for overgangen, har en tverrsnittsflate som avtar fremover fra denne 15 behandlingstverrsnittsflate, således at lys ledet nær dette punkt i nevnte "smale" modus, ved et "bredmodus"-punkt (PB) i modusovergangsavsnittet er utvidet til nevnte "brede" modus (MC) ved hjelp av den passive bølgeleder,
- et øvre sperrelag (8) av en andre type ledende material motsatt den første, for å tillate forflytning av nevnte ladningsbærere av motsatte typer nær den aktive bølgeleder (1) 20 inn i nevnte behandlingsavsnitt (SA), idet nevnte forøkte brytningsindekser er større enn brytningsindeksene for nevnte nedre og øvre sperrelag (6, 8) samt nevnte komplementære materialer,

k a r a k t e r i s e r t v e d at den aktive bølgeleder (1) har jevn tykkelse på alle steder hvor den befinner seg i modusovergangsavsnittet (SB), mens dens bredde avtar 25 gradvis fra nevnte startpunkt (PA) for overgangen til nevnte "bredmodus"-punkt (PB).

3. Komponent som angitt i krav 2,

k a r a k t e r i s e r t v e d at den passive bølgeleder (2) i nevnte startpunkt (PA) for overgangen har en større normalbredde og en mindre midlere brytningsindeks enn 30 henholdsvis normalbredden og brytningsindeksen av den aktive bølgeleder (1) i nevnte behandlingsavsnitt (SA).

4. Komponent som angitt i krav 3,

k a r a k t e r i s e r t v e d at et skillelag (10) er anordnet mellom nevnte aktive og 35 passive bølgeleder (1, 2), og som har en lavere brytningsindeks enn den midlere brytningsindeks for hver av de to bølgeledere.

5. Komponent som angitt i krav 2,  
karakterisert ved at nevnte "bredmodus"-punkt (PB) utgjør en ende av den aktive bølgeleder (1).
- 5 6. Komponent som angitt i krav 5,  
karakterisert ved at den aktive bølgeleder (1) i nevnte modusovergangs-  
avsnitt (SB) og projisert på nevnte horisontale plan har hovedsakelig form av en  
tilspisning med avskåret ende (28).
- 10 7. Komponent som angitt i krav 2,  
karakterisert ved at nevnte "brede" modus (MC) har et modusomfang i  
tverretning og vertikalt som er 200% større enn modusomfanget henholdsvis i tverretning  
og vertikalt av nevnte "smale" modus (MA), idet modusomfangene av hver av disse modi  
er lik størrelsen målt henholdsvis i tverretning og vertikalt av det område i hvilket det  
15 elektriske felt av vedkommende modus er svekket i en grad som er mindre enn 2,718 i  
forhold til det største elektriske felt av nevnte modus.
8. Komponent som angitt i krav 7,  
karakterisert ved at nevnte "brede" modus (MC) har et modusomfang i  
20 tverretning og vertikalt som er 400% større enn modusomfanget henholdsvis i tverretning  
og vertikalt av nevnte "smale" modus (MA).
9. Komponent som angitt i krav 2,  
karakterisert ved at nevnte modusovergangsavsnitt (TB, TC) omfatter et  
25 første avsnitt (TB) og et andre avsnitt (TC), idet det første avsnitt (TB) strekker seg fra  
nevnte startpunkt (QA) for overgangen til nevnte "bredmodus"-punkt (QB) og bredden av  
nevnte aktive bølgeleder (101) avtar i retning fremover i dette første modusovergangs-  
avsnitt, mens det andre modusovergangsavsnitt strekker seg i lengderetningen fremover  
fra nevnte "bredmodus"-punkt (QB) like til nevnte endepunkt (QC) for overgangen og  
30 bredden av nevnte passive bølgeleder (102) avtar i retning fremover i dette andre  
modusovergangsavsnitt, således at lys ledet nær nevnte "bredmodus"-punkt i nevnte  
"brede" modus (NC) ved hjelp av den passive bølgeleder, ved endepunktet (QC) for  
overgangen er utvidet ved hjelp av den samme bølgeleder til en sirkulær modus (NE),  
som har forøket horisontalt og vertikalt modusomfang i forhold til den "brede" modus, og  
35 hvor det vertikale modusomfang er økt i større grad enn det horisontale modusomfang.

10. Komponent som angitt i krav 9,  
karakterisert ved at i nevnte andre modusovergangsavsnitt (TC) er bredden  
av den passive bølgeleder (202) til å begynne med, dvs. i "bredmodus"-punktet (QB), lik  
en passiv bølgeleders normalbredde (LN) og avtar deretter gradvis like til endepunktet  
5 (QC) for overgangen, hvor den blir lik en innskrenket passiv bølgeleders bredde (LR),  
idet tykkelsen av denne bølgeleder er jevn og nevnte aktive bølgeleder er fraværende.

11. Komponent som angitt i krav 10,  
karakterisert ved at den passive bølgeleders innskrenkede bredde (LR) er  
10 60% mindre enn den passive bølgeleders normalbredde (LN).

12. Komponent som angitt i krav 10,  
karakterisert ved at den videre omfatter et koblingsavsnitt (TD) som trekker  
seg fremover fra nevnte endepunkt (QC) for overgangen, og i hvilket bredden av nevnte  
15 passive bølgeleder (102) forblir lik nevnte innskrenkede bredde (LR).

13. Fremgangsmåte for fremstilling av en komponent som angitt i krav 4,  
karakterisert ved at fremstillingen av nevnte oblat (4) omfatter følgende  
prosesstrinn:  
20 – en første epitaksialvekstprosess for å danne en vertikal rekkefølge av startlag som vil  
utgjøre nevnte funksjonelle lag (6, 2, 10, 1, 8) etter avgrensning i tverretning av  
nevnte aktive og passive bølgeleder (1, 2),  
– en første etseprosess på en i det minste midlertidig øvre overflate (30) av nevnte  
oblat og som befinner seg på samme side som nevnte øvre sperrelag (8), inn i  
25 tykkelsen av nevnte skillelag (10), for derved å avgrense nevnte aktive bølgeleder (1) i  
tverretning,  
– en andre etseprosess som trenger dypere igjennom og i det minste inn i tykkelsen av  
nevnte startlag (2) som vil utgjøre den passive bølgeleder (2), for derved å avgrense  
denne bølgeleder i tverretning, og  
30 – en andre vekstprosess for å begrave nevnte bølgeledere (1, 2) samt nevnte skillelag  
(10) og det øvre sperrelag (8) i et komplimentært material (32) som gjør oblaten (4)  
fullstendig.

FIG. 1

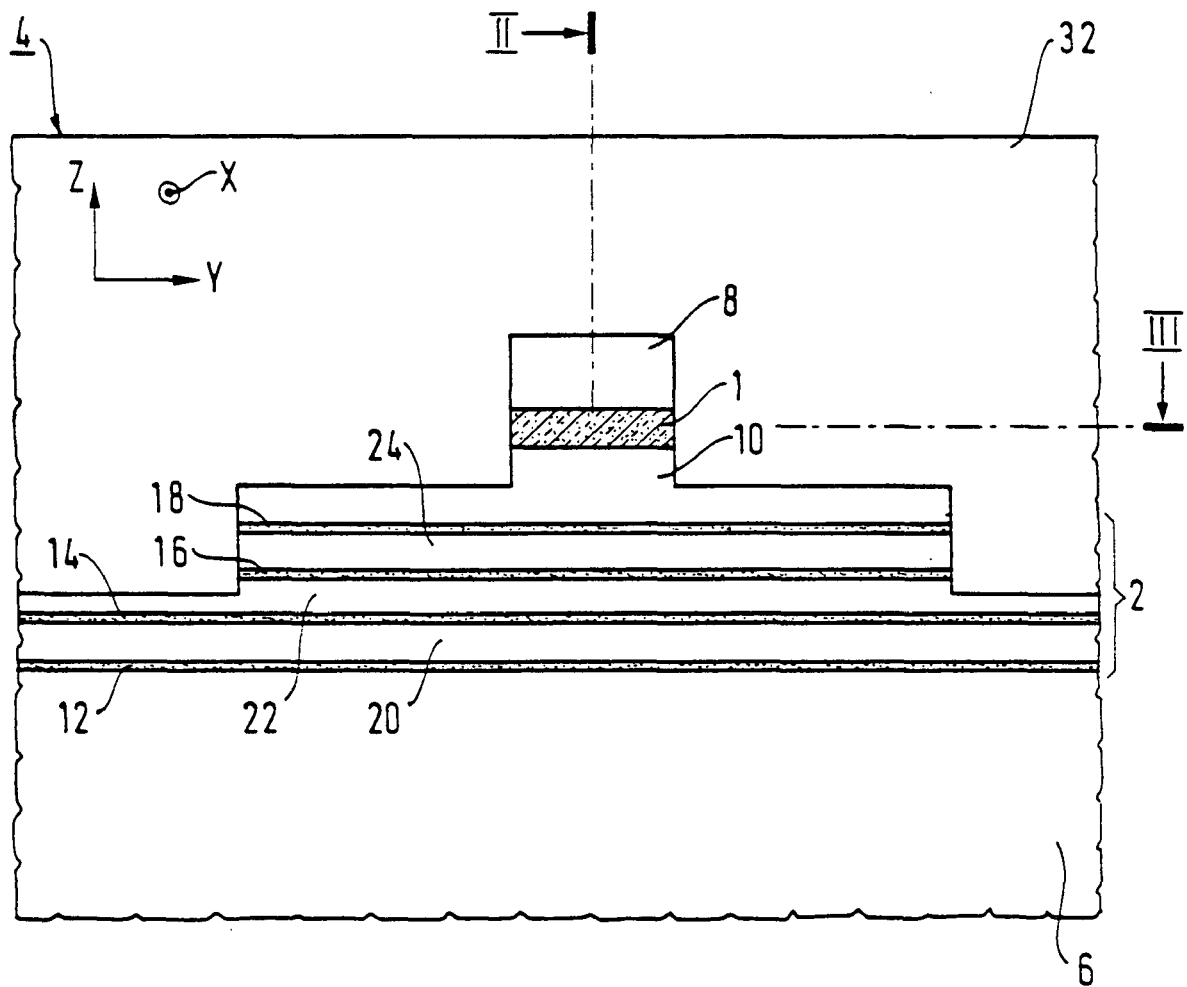


FIG. 2

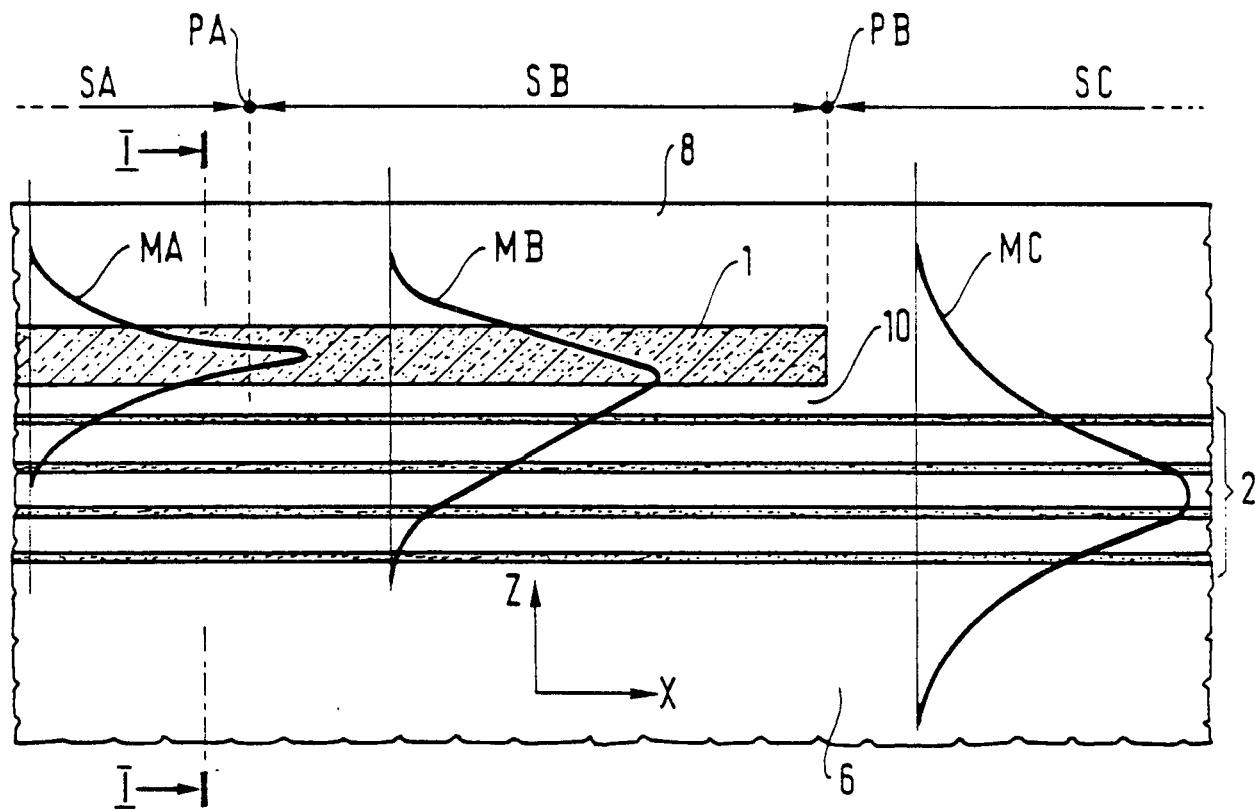


FIG. 3

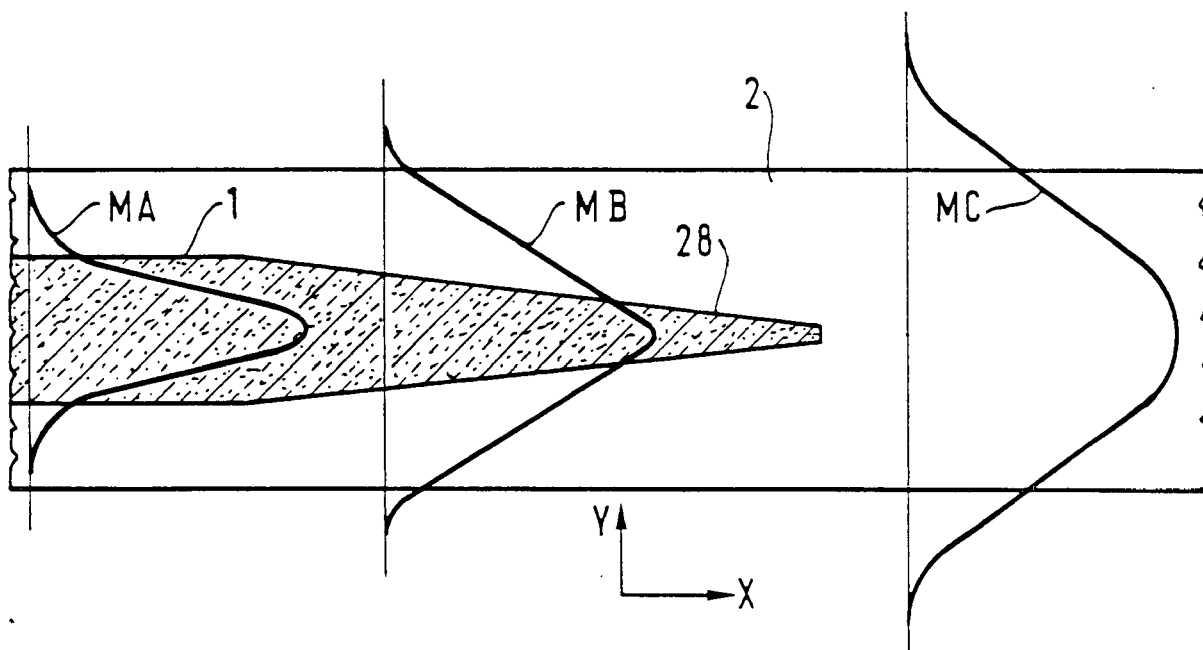


FIG. 4

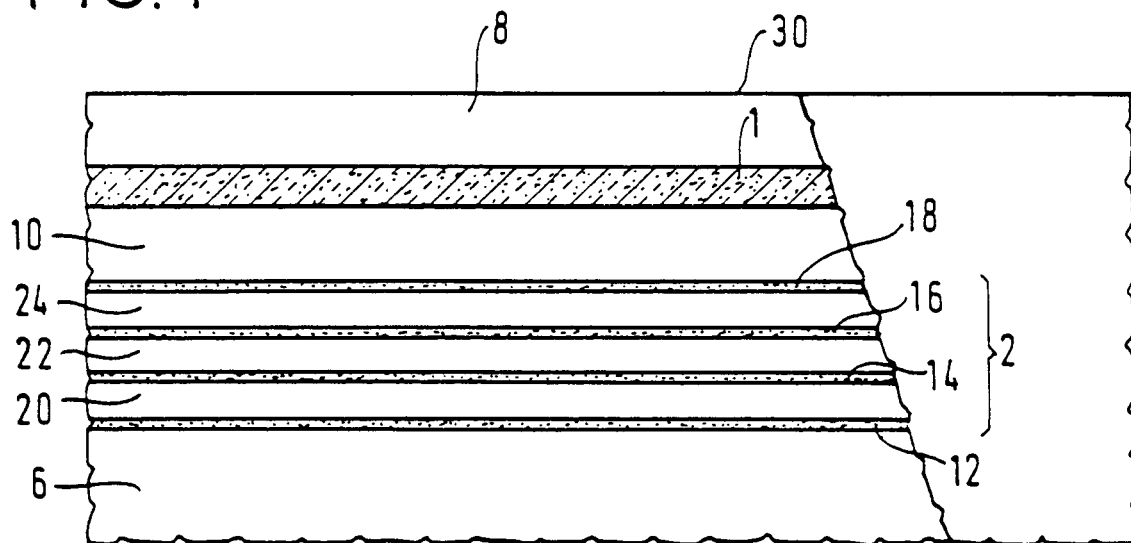


FIG. 5

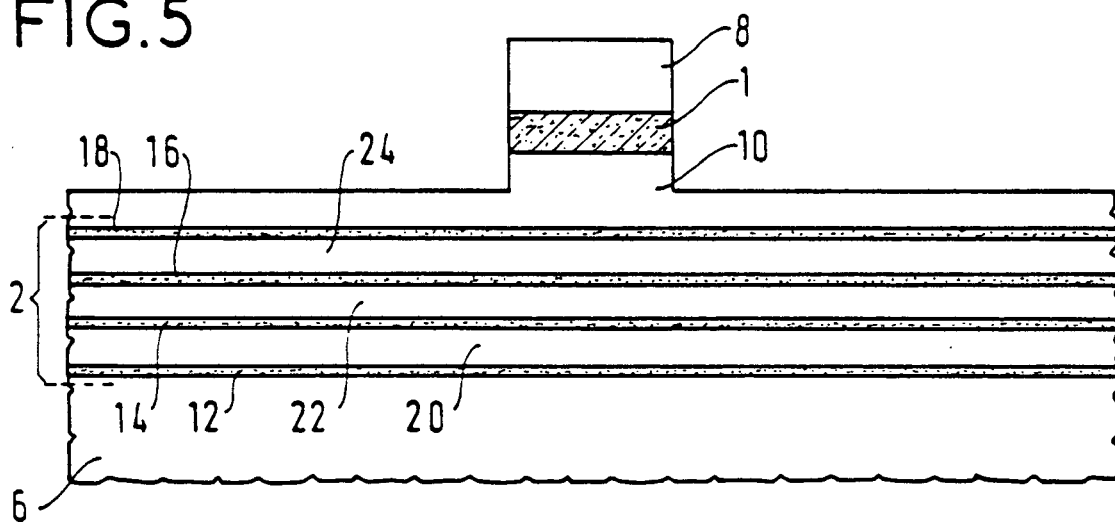


FIG. 6

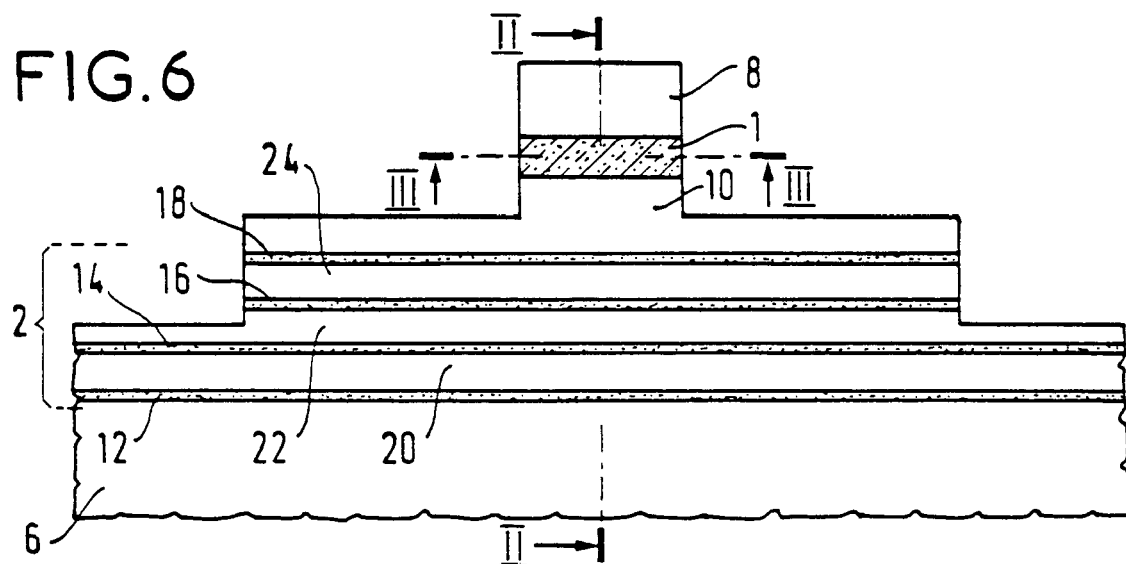


FIG. 7

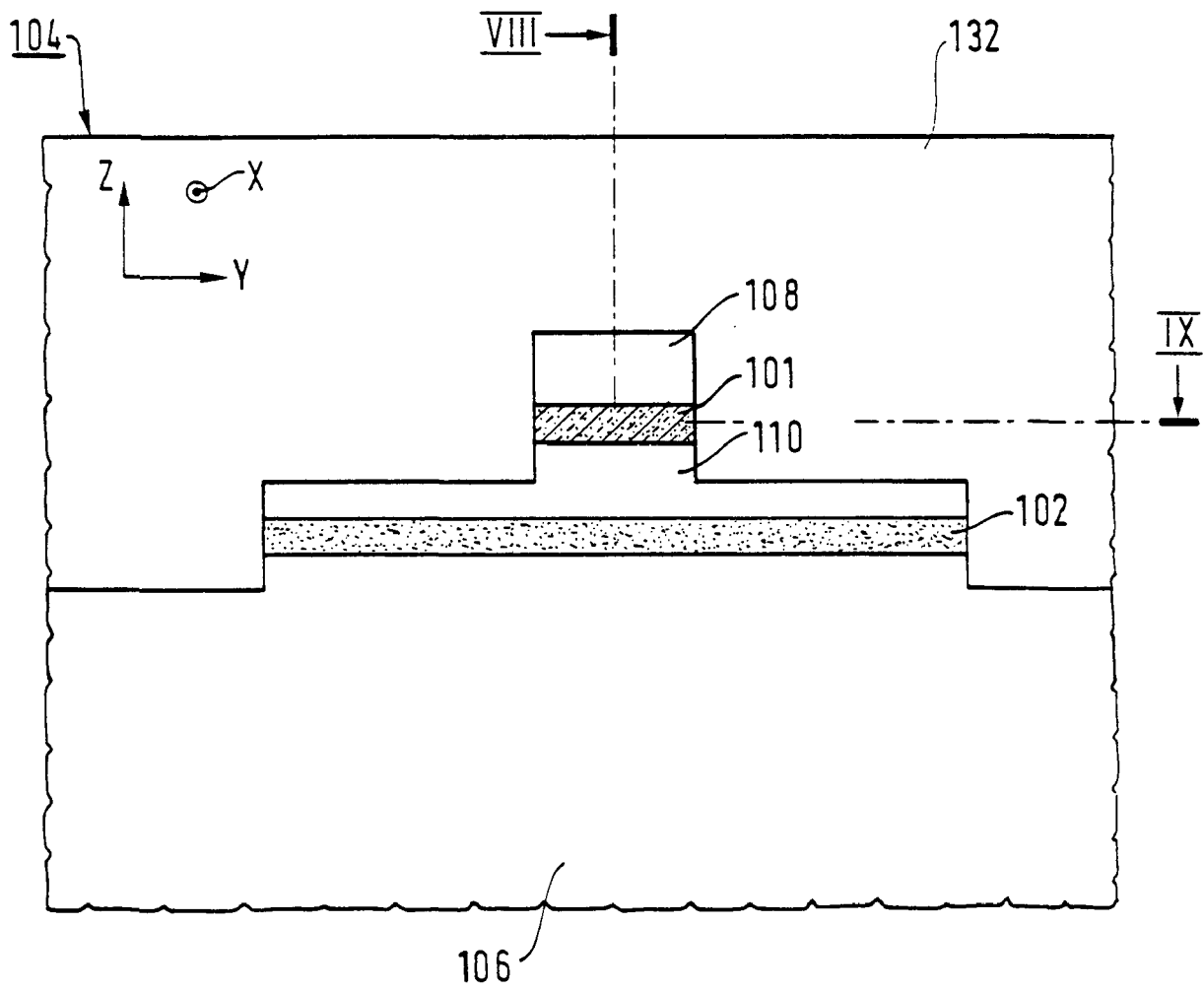
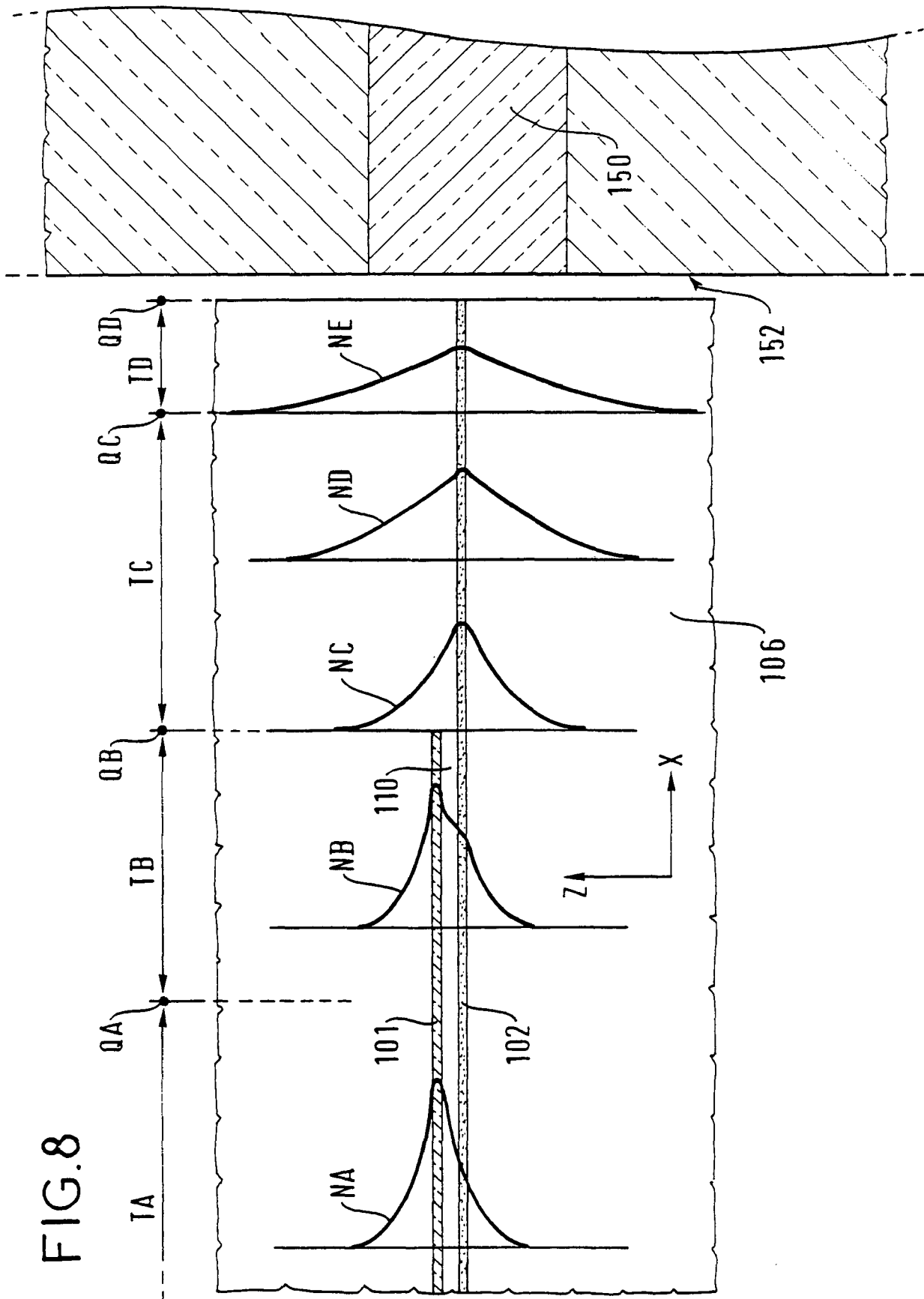


FIG. 8



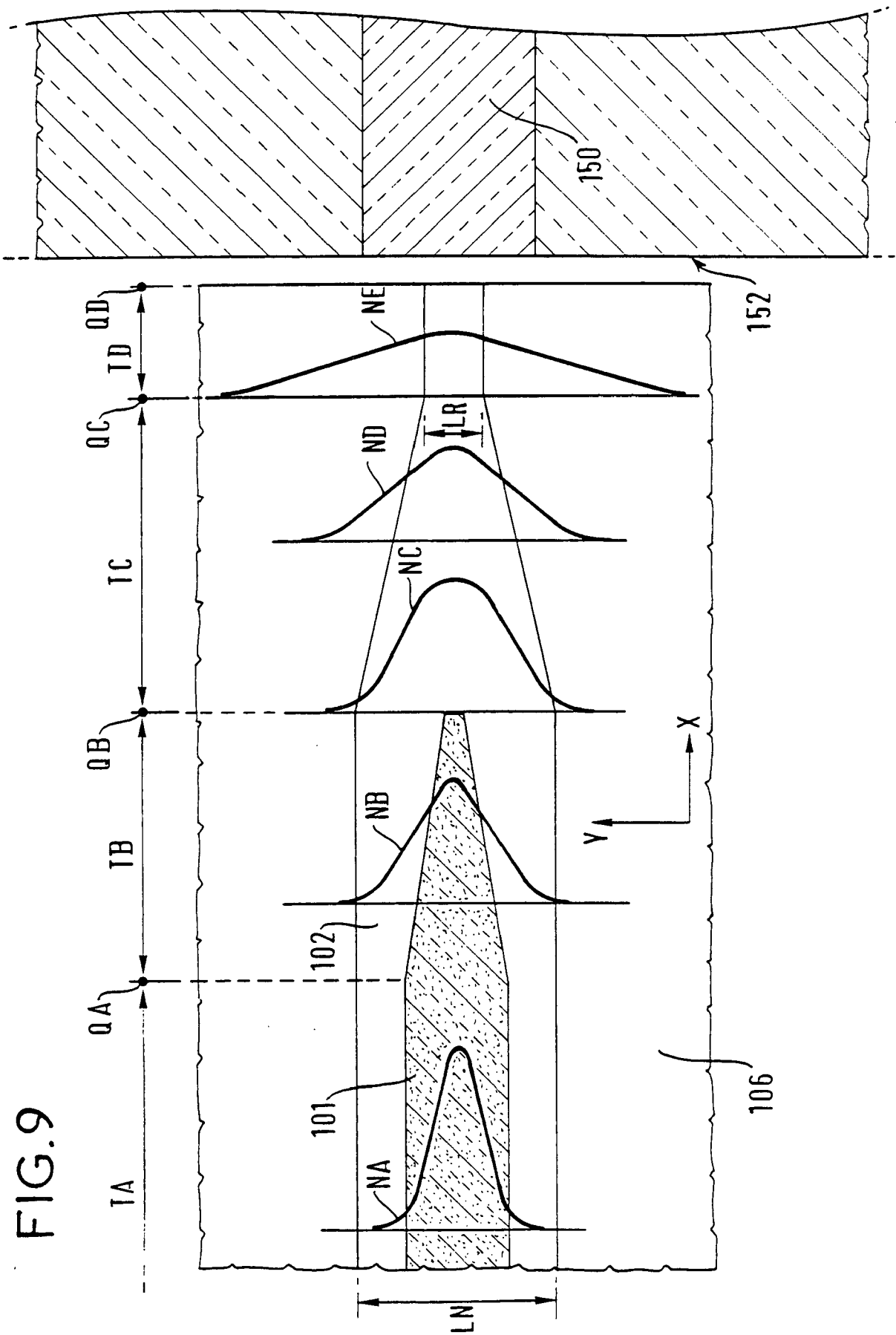


FIG.10

