

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication :

(A n'utiliser que pour les
commandes de reproduction).

2 485 823

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21) **N° 81 12671**

(54) Laser semi-conducteur.

(51) Classification internationale (Int. Cl. 3). H 01 S 3/19.

(22) Date de dépôt..... 26 juin 1981.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée : Pays-Bas, 27 juin 1980, n° 80 03728.

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande B.O.P.I. — « Listes » n° 53 du 31-12-1981.

(71) Déposant : NV PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN, société anonyme de droits néerlandais,
résidant aux Pays-Bas.

(72) Invention de : Peter Jan De Waard.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : André Labaloue, société civile SPID,
209, rue de l'Université, 75007 Paris.

"Laser semiconducteur."

L'invention concerne un laser semiconducteur comportant un corps semiconducteur muni d'une première couche semi-conductrice passive de premier type de conductivité, d'une couche semiconductrice active disposée sur la précédente,

05 d'une seconde couche semiconductrice passive de second type de conductivité opposé située sur la couche active, d'une couche de contact semiconductrice en forme de bande de seconde type de conductivité située sur la seconde couche passive, ainsi que de moyens de contact permettant d'appliquer une

10 tension dans le sens direct entre la couche de contact et la première couche passive, tension servant à engendrer du rayonnement électromagnétique cohérent dans une partie en forme de bande appartenant à la couche active et située au-dessous de la couche de contact, à l'intérieur d'un résonateur,

15 alors qu'à l'égard du rayonnement engendré, les couches passives présentent un indice de réfraction inférieur à celui de la couche active et qu'il est prévu une zone superficielle dopée de second type de conductivité qui s'étend sur au moins une partie de l'épaisseur de la couche

20 de contact et, à côté de la couche de contact, dans la seconde couche passive, zone superficielle dont la concentration de dopage est supérieure à celle de la seconde couche passive.

L'invention concerne en outre un procédé pour la réalisation du laser semiconducteur.

Un laser semiconducteur du genre décrit ci-dessus est connu de l'article de Bouley et de ses collaborateurs, publié dans "IEEE Journal of Quantum Electronics, QE 15, 1979, pages 767-771. Dans cet article, on décrit une structure

30 laser du type à hétéro-jonction double, comportant une couche active de type p en arséniure de gallium située entre des couches passives de type n et de type p en arséniure double de gallium et d'aluminium, sur la dernière desquelles il est formé une couche de contact de type p en forme de

35 bande en arséniure de gallium. Dans ce cas, la région active

où se produit la génération et la propagation du rayonnement, est limitée dans la direction latérale, c'est-à-dire dans une direction parallèle à la surface et perpendiculaire au sens longitudinal de la couche de contact en forme de bande, par décalage de l'indice de réfraction, provoqué par une diffusion de zinc qui s'étend sur une partie de l'épaisseur de la couche de contact, et qui, à côté de la couche de contact, traverse la couche de type p en arséniure double de gallium et d'aluminium et la couche active jusqu'à 5 pénétrer dans la couche passive de type n en arséniure double de gallium et d'aluminium. De plus, à côté de la région active, le courant est limité par une région pratiquement 10 isolante, obtenue par un bombardement protonique et s'étendant également jusque dans la couche passive de type n.

15 Le laser semiconducteur connu, décrit dans l'édit article, permet d'obtenir une bonne linéarité de l'intensité de rayonnement par rapport à l'intensité de courant ainsi qu'une bonne stabilité transversale et longitudinale du mode de rayonnement.

20 Cette structure laser présente cependant un inconvénient qui consiste en ce que la diffusion de zinc doit se faire à travers la couche active. Par là, des défauts de structure cristalline risquent fort de se produire dans la couche active, défauts qui peuvent donner lieu par la suite à la 25 dégradation et à des oscillations entraînées par celle-ci, donc à une réduction de la durée de vie.

De plus, il s'avère que des modes de rayonnement transversaux d'un ordre plus élevé, causés entre autres par le décalage relativement grand de l'indice de réfraction de 30 la couche active, décalage se manifestant dans la direction latérale et qui, dans le laser décrit, est de l'ordre de 0,01, peuvent tout de même se produire assez facilement pour de faibles écarts par exemple de la géométrie de la structure en couches ou de l'intensité de courant. Enfin, 35 de part et d'autre de la couche de contact en forme de bande, le courant de fuite se produisant à travers la diffu-

sion de zinc est assez grand, de sorte que, dans le cas de ce laser connu, il est nécessaire de réduire ce courant par un bombardement protonique, ce qui signifie une complication supplémentaire.

5 L'invention vise entre autres à supprimer ou au moins à réduire notablement lesdits inconvénients présentés par le laser semiconducteur connu. L'invention vise notamment à procurer un laser semiconducteur du genre décrit ci-dessus, qui est moins sensible à la dégradation et à l'apparition 10 de modes de rayonnement transversaux d'un ordre plus élevé, laser dont la réalisation ne nécessite pas de bombardement protonique.

15 L'invention se base entre autres sur l'idée qu'on peut atteindre le but visé en choisissant d'une manière efficace la position de l'emplacement de la zone dopée par rapport à la couche active.

20 Conformément à l'invention, un laser semiconducteur du genre décrit dans le préambule est remarquable en ce qu'à côté de la couche de contact, la zone superficielle dopée ne s'étend que sur une partie de l'épaisseur de la seconde couche passive, la distance entre la zone superficielle et la couche active étant choisie de façon qu'à 25 l'égard du rayonnement du genre émis, l'indice de réfraction effectif dans la structure en couches située au-dessous du milieu de la couche de contact soit supérieur de 0,0005 au moins et de 0,005 au plus, à celui dans la structure en couches située à côté de la couche de contact, à l'endroit de la zone superficielle dopée.

30 Par "indice de réfraction effectif", relatif au rayonnement à la fréquence engendrée par le laser, on entend la vitesse de propagation de la lumière dans le vide, divisée par la vitesse de phase de l'onde émise dans la couche active (supposée être bidimensionnellement étendue à l'infini).

35 Par "indice de réfraction effectif", relatif au rayonnement du genre émis, et mesuré à un endroit déterminé, dans la structure en couches, on entend ici l'indice de

réfraction effectif, relatif à une onde électromagnétique à la fréquence émise, lorsque cette onde se propage dans une structure en couches dont la constitution verticale est celle existant à l'endroit considéré, et dont l'étendue est 05 supposée infinie dans tous les sens parallèles à la couche active.

Dans le laser semiconducteur conforme à l'invention, il s'avère qu'à la suite du faible décalage de l'indice de réfraction effectif, l'apparition de modes de rayonnement 10 transversaux d'un ordre plus élevé est entravée dans une mesure très importante, alors qu'en outre, grâce à la couche tivité électrique plus faible existant de part et d'autre de la couche de contact en forme de bande, il ne s'impose de recourir ni à un bombardement protonique, ni à une autre 15 forme de réduction de courant.

Lesdites conditions relatives à l'indice de réfraction effectif sont respectées par exemple dans un mode de réalisation préférentiel, dans lequel l'épaisseur de la couche active se situe entre, d'une part, une épaisseur minimale 20 de 0,05 μm , la valeur maximale correspondante de la distance qui, à côté de la couche de contact, sépare la zone superficielle dopée de la couche active, étant de 0,5 μm et la valeur minimale correspondante de la concentration de dopage moyenne de la zone superficielle étant de $5 \cdot 10^{18}$ atomes par 25 cm^3 , et, d'autre part, une épaisseur maximale de 0,2 μm , la valeur minimale correspondante de ladite distance étant de 0,1 μm et la concentration de dopage maximale correspondante de la zone superficielle étant de $5 \cdot 10^{19}$ atomes par cm^3 .

Pour les diverses couches, on a le choix entre différents 30 matériaux, selon les circonstances et la longueur d'onde voulue. Suivant un mode de réalisation préférentiel important, les couches passives sont constituées par de l'arséniure double de gallium et d'aluminium, alors que la couche de contact consiste soit en de l'arséniure double de gallium 35 et d'aluminium dont la teneur en aluminium est inférieure à celle de la seconde couche passive, soit en de l'arséniure

de gallium. Si, dans ces conditions, la seconde couche passive, c'est-à-dire la couche passive se trouvant du côté de la couche de contact, est de type de conductivité p, la zone superficielle peut avantageusement être formée par 5 dopage au zinc. En effet, le zinc diffuse plus rapidement dans l'arséniure double de gallium et d'aluminium à teneur en aluminium plus élevée, de sorte que la couche de contact peut servir avantageusement de masque à la diffusion de zinc et que le laser semiconducteur peut donc être réalisé 10 par auto-alignement.

Suivant un autre mode de réalisation préférentiel, de part et d'autre de la couche de contact, la zone superficielle dopée ne s'étend pas jusqu'au bord du cristal, mais suivant deux zones en forme de bande parallèles, contiguës 15 à la couche de contact, de sorte que le courant de fuite est réduit.

L'invention concerne en outre un procédé particulièrement approprié pour la fabrication du laser semiconducteur, procédé dans lequel, par épitaxie sur un substrat semiconducteur de premier type de conductivité, on fait croître 20 successivement une première couche semiconductrice passive de premier type de conductivité, une couche semiconductrice active dont la hauteur de bande interdite est inférieure à celle de la première couche passive, une seconde couche semiconductrice passive de second type de conductivité dont la 25 hauteur de bande interdite est supérieure à celle de la couche semiconductrice active, ainsi qu'une couche de contact semiconductrice constituée par un matériau semiconducteur différent de celui de la seconde couche passive et de second 30 type de conductivité, après quoi, par attaque chimique, on donne à la couche de contact la forme d'un mésa en forme de bande, et par dopage, on élabore une zone superficielle en forme de couche de second type de conductivité en utilisant ce mésa en forme de bande comme masque, zone superficielle 35 qui s'étend au moins sur une partie de l'épaisseur de la couche de contact et seulement sur une partie des parties

juxtaposées de la seconde couche passive, pour procéder enfin à la formation de couches d'électrode sur au moins la couche de contact et le substrat.

La description suivante, en regard du dessin annexé, donné à titre d'exemple non limitatif, permettra de mieux comprendre comment l'invention est réalisée.

5 La figure 1 représente partiellement en coupe transversale et partiellement en perspective un laser semiconducteur conforme à l'invention ;

10 - les figures 2 à 4 représentent schématiquement et en coupe transversale les différentes étapes successives de fabrication de ce laser semiconducteur ;

- la figure 5 représente schématiquement et en coupe transversale une première variante du laser semiconducteur conforme à l'invention ;

15 - la figure 6 représente schématiquement et en coupe transversale une seconde variante du laser semiconducteur ;

- les figures 7 et 8 représentent schématiquement et en coupe transversale deux autres variantes du laser semiconducteur.

20 Les figures sont schématiques et pas à échelle, alors que notamment les dimensions dans le sens de l'épaisseur sont relativement exagérées.

En règle générale, des parties correspondantes sont indiquées par les mêmes références.

25 Les régions semiconductrices du même type de conductivité sont généralement hachurées dans le même sens.

La figure 1 représente partiellement en coupe transversale et partiellement en perspective un laser semiconducteur conforme à l'invention. Le laser est constitué par un corps semiconducteur comportant une première couche semiconductrice passive 1 de premier type de conductivité, dans cet exemple une couche de type de conductivité n en arséniure double de gallium et d'aluminium. Sur cette couche il s'étend une couche semiconductrice active 3, dans cet exemple en arséniure double de gallium et d'aluminium (par exemple de type n), et sur la couche active 3, il se

trouve une seconde couche semiconductrice passive 2 de second type de conductivité opposé, dans cet exemple donc une couche 2 de type p. Dans le mode de réalisation décrit ci-après, la couche 2 est également en arséniure double de gallium et d'aluminium.

Sur la seconde couche passive 2, il s'étend une couche de contact semiconductrice 4 en forme de bande, de second type de conductivité (ici donc de type p), couche qui, ici, est constituée par de l'arséniure double de gallium et d'aluminium dont la teneur en aluminium est notablement plus faible que celle de la couche 2. La structure en couches décrite ci-dessus a été réalisée par croissance épitaxiale sur un corps-support, qui dans cet exemple, est constitué par un substrat 5 en arséniure de gallium de type n, sur lequel, afin d'obtenir une surface cristalline la plus appropriée possible à la croissance épitaxiale, on dépose une couche épitaxiale 6, également en arséniure de gallium de type n.

Dans la structure en couches décrite ci-dessus, il se trouve une jonction p-n 7 entre la couche de contact 4 et la première couche passive 1. Si la couche active 3 est de type de conductivité n, comme supposé dans le cas de la figure 1, cette jonction p-n se situe entre les couches 2 et 3, et si la couche active 3 est de type de conductivité p, elle se situe entre les couches 1 et 3. Afin de conduire un courant dans le sens direct à travers cette jonction p-n, on a prévu des moyens de contact servant à appliquer une tension dans le sens direct entre la couche de contact 4 et la première couche passive 1. Du côté de la couche de contact 4, ces moyens de contact sont constitués par une couche d'électrode 8, et du côté de la première couche passive 1, par la couche 6, le substrat 5 et une couche d'électrode 9 formée sur le substrat 5. L'application de ladite tension permet d'engendrer un rayonnement électromagnétique cohérent 10 dans une partie en forme de bande 11 (hachurée dans le sens vertical) appartenant à la couche active 3 et se situant au-dessous de la couche de contact 4, à l'intérieur d'un

résonateur. Dans cet exemple, ce résonateur est constitué de manière usuelle par des surfaces de clivage réfléchissantes (12, 13) du cristal, pratiquement perpendiculaires à la couche de contact en forme de bande.

5 Pour limiter la propagation d'onde dans la mesure du possible à la couche active 3, on a choisi la concentration de dopage des couches passives 1 et 2 par rapport à la couche active 3 de façon que, à l'égard du rayonnement engendré, les couches 1 et 2 présentent un indice de réfraction plus faible que la couche active 3.

10 De plus, on a prévu une zone superficielle dopée 14 de second type de conductivité, ici de type p, qui s'étend au moins sur une partie de l'épaisseur de la couche de contact 4 et, à côté de la couche de contact, dans la seconde couche passive 2, zone qui présente une concentration de dopage plus élevée que la seconde couche passive 2. Comme expliqué d'une façon plus détaillée dans la suite de cet exposé, cette zone superficielle 14 sert à la limitation latérale du rayonnement à l'intérieur d'une région en forme 15 de bande 11 de la couche active 3.

20 Conformément à l'invention, à côté de la couche de contact 4, la zone superficielle dopée 14 ne s'étend que sur une partie de l'épaisseur de la seconde couche passive 2. Dans ces conditions, la distance d entre la zone superficielle 14 et la couche active 3 (voir figure 1) a été choisie de façon qu'à l'égard du rayonnement du genre émis, l'indice de réfraction effectif dans la structure en couches situé au-dessous du milieu de la couche de contact 4 dépasse de 0,0005 au moins et de 0,005 au plus l'indice de 25 réfraction de la structure en couches située à côté de la couche de contact 4, au niveau de la zone superficielle dopée 14.

30 Par l'indice de réfraction effectif dans la structure en couches située au-dessous du milieu de la couche de contact, on entend l'indice de réfraction effectif dans la structure en couches qui, dans le sens vertical, présente 35

la disposition dans le sens vertical, suivant la ligne AA' (figure 1), mais qui dans le sens x et y, s'étendrait à l'infini. Compté suivant la ligne BB', il en est de même pour l'indice de réfraction dans la structure en couches située à côté de la couche de contact, au niveau de la zone superficielle 14.

5 Dans le mode de réalisation décrit, pour atteindre le résultat voulu, on a utilisé les dimensions, compositions et dopages suivants :

10 Substrat 5 : GaAs de type n, dopé à $5 \cdot 10^{17} - 5 \cdot 10^{18}$ atomes donneurs par cm^3 , épaisseur 300 μm

Couche 6 : GaAs de type n, dopé à 10^{18} atomes d'étain par cm^3 , épaisseur 10-15 μm ,

15 Couche 1 : $\text{Ga}_{0,67}\text{Al}_{0,33}\text{As}$ de type n, dopé à $1-3 \cdot 10^{17}$ atomes d'étain par cm^3 , épaisseur 1-1,5 μm

Couche 3 : $\text{Ga}_{0,95}\text{Al}_{0,05}\text{As}$, non dopé (de type n) épaisseur 0,05 - 0,15 μm

Couche 2 : $\text{Ga}_{0,67}\text{Al}_{0,33}\text{As}$ de type p, dopé à $1 - 3 \cdot 10^{17}$ atomes de germanium par cm^3 , épaisseur 1,6 μm

20 Couche 4 : $\text{Ga}_{0,95}\text{Al}_{0,05}\text{As}$ de type p, dopé à 10^{18} atomes de germanium par cm^3 , épaisseur 1,7 μm .

25 La zone superficielle dopée 14 de type p a été obtenue par diffusion de zinc, et avait une concentration de dopage moyenne de l'ordre de $2 \cdot 10^{19}$ atomes par cm^3 . La distance d (voir figure 1) était voisine de 0,3 μm . Selon les calculs pour les données de cet exemple, la différence précitée entre les indices de réfraction effectifs mesurés au-dessous 30 de la couche de contact et à côté de celle-ci, était de l'ordre de 0,001.

35 Ceci peut être expliqué comme suit. Dans la publication "Heterostructure Lasers" de H.C. Casey et M.B. Panish, Volume A, Academic Press 1978, page 31, on aboutit pour le changement d'indice de réfraction dû à des porteurs de charge libres, à une expression (2.3-2) qui, pour le GaAs

de type p, est :

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

dans laquelle p est la concentration en trous libres en cm^{-3} . Pour $p = 2 \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-3}$, il en résulte (n étant égal à 5 3,6) :

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

A la page 55, figure 2.5-13(a) du même livre, on arrive à un "coefficient de confinement" de 0,2 environ (pour $\% \approx 0,1$ et $d \approx 0,15 \mu\text{m}$). Comme la fraction du champ électrique dans la région diffusée est égale à $\frac{1-\sqrt{1-p}}{2} = 0,4$, 10 le décalage effectif de l'indice de réfraction peut s'exprimer approximativement par :

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

La largeur de la couche de contact en forme de bande 4 15 était de l'ordre de $4 \mu\text{m}$ et celle des zones en forme de bande 14, de part et d'autre de la couche de contact était de l'ordre de $2 \mu\text{m}$.

Le laser suivant ce mode de réalisation ne présentait qu'un faible courant de fuite à la suite de la profondeur 20 de diffusion et de la largeur faibles de la zone 14 située de part et d'autre de la couche de contact 4, alors que, jusqu'à des intensités de courant relativement élevées, il ne se produisait de l'oscillation que dans un seul mode transversal.

25 Le laser décrit peut être réalisé de la manière suivante.

On part d'un substrat 5 de type n en arsénure de gallium sur lequel de manière usuelle, on fait croître par épitaxie les couches 6, 1, 3, 2 et 4 de composition et d'épaisseur précitées. Cela peut se réaliser, par exemple, par croissance à partir de la phase liquide; pour les détails 30 de cette technique, on s'en réfère au livre "Crystal Growth from High Temperature Solutions", de D. Elwell et J.J. Sched, Academic Press 1975, pages 433-467. Ainsi l'on obtient la 35 structure selon la figure 2.

Ensuite, par la mise en oeuvre de techniques de gravure photolithographique, on transforme la couche 4 en un mésa en forme de bande, en utilisant comme masque une couche de laque photosensible et comme décapant par exemple de l'eau et de l'eau oxygénée à 30 %, dans un rapport volumétrique de 1:1, avec du NH_4OH amené à un pH de 7,5. Ce décapant est 5 sélectif et attaque la couche 4 plus rapidement que la couche 2, de sorte que cette dernière reste pratiquement intacte. Ensuite, on forme par exemple par évaporation une couche 10 de silice ou d'alumine, d'une épaisseur d'environ 0,2 μm , après quoi on forme dans cette couche une fenêtre mettant à découvert la couche de contact 4 et une région d'une largeur d'environ 2 μm se situant de part et d'autre de cette couche. Ainsi on obtient la structure selon la figure 3.

15 Ensuite, dans une ampoule préalablement évacuée, on procède à une diffusion de zinc s'effectuant durant 60 minutes à 620°C à partir d'une source de ZnAs_2 . Dans ces conditions, la profondeur de diffusion de la couche 4 est de 20 l'ordre de 0,7 μm , et dans la couche 2 de l'ordre du double de cette valeur, c'est-à-dire de 1,4 μm . Ainsi, on obtient la zone superficielle 14 de type p, à profil de diffusion très raide, et avec une concentration de dopage moyenne, assez homogène, voisine de $2 \cdot 10^{19}$ atomes par cm^3 (voir figure 4).

25 Enfin, on élabore des couches d'électrode 8 et 9, d'une part sur la couche de contact 4 et sur la couche passive 2 (couches dont la partie contactée est occupée par la zone fortement dopée 14), d'autre part sur le substrat 5.

30 Par traçage et casse, on forme ensuite les surfaces de clivage 12 et 13, qui servent de réflecteurs au rayonnement engendré, et forment la cavité résonatrice. Alors, après être fixé de manière usuelle sur un dissipateur, le laser est prêt à subir les opérations de montage.

35 Il est très possible de concevoir de nombreuses variantes du laser semiconducteur décrit ci-dessus, sans sortir du cadre de l'invention. Plusieurs d'entre elles

sont montrées sur les figures 5 à 8; sur lesquelles, pour simplifier les choses, on n'a dessiné qu'un substrat simple 5 (sans couche épitaxiale 6).

La figure 5 représente schématiquement et en coupe transversale un laser semiconducteur conforme à l'invention, qui est sensiblement équivalent au laser selon la figure 1, à la différence que la couche isolante 15 se prolonge jusqu'à la couche de contact 4, de sorte que la zone superficielle dopée 14 se situant à côté de la couche de contact 4 est entièrement recouverte de la couche isolante 15. Cela présente l'avantage que le courant de fuite est plus faible, du fait que la résistance à travers la couche de contact, aux extrémités des zones 14 diffusées dans la couche passive 2, est plus grande qu'elle ne l'est dans le laser semiconducteur selon la figure 1, où les zones 14 situées à l'intérieur de la couche 2 sont directement contactées par la couche d'électrode 8.

On peut réaliser une telle structure de manière simple, en formant d'abord une couche d'oxyde 15 à fenêtres de part et d'autre de la couche de contact 4 (telle que sur la figure 3), ensuite la zone 14 et enfin une couche isolante recouvrant toute la surface. Ensuite, on forme sur toute la surface une couche de laque photosensible (négative) qui, à l'état liquide, s'écoule à peu près entièrement du mésa 4 de façon à laisser seul le mésa à découvert. Par exposition et développement, on obtient un masque de laque photosensible qui ne recouvre la couche isolante 15 qu'à côté du mésa 4, et, par attaque chimique, on donne à la couche isolante la forme telle que représentée sur la figure 5.

La figure 6 représente schématiquement et en coupe transversale un mode de réalisation du même genre que celui selon la figure 5, mais dans lequel la zone superficielle dopée 14 s'étend jusqu'au bord du cristal. La réalisation d'une telle structure est simple (il ne faut pas de masque pour la diffusion de la zone 14), mais le courant de fuite

se produisant des deux côtés de la zone active est plus grand.

La figure 7 représente un mode de réalisation dans lequel la zone 14 s'étend sur toute l'épaisseur de la couche de contact, jusque dans la couche passive 2, mais dans lequel la profondeur de diffusion dans la couche 2 est plus faible au-dessous de la couche de contact en forme de mésa qu'à côté de celle-ci. Ce mode de réalisation permet également de réaliser la différence voulue d'indices de réfraction effectifs, pourvu que la différence des profondeurs de diffusion soit adéquatement dimensionnée.

Dans les structures selon les figures 1, 5 et 7, ce sont, d'une part la couche de contact 14 et d'autre part, la couche isolante 15 qui servent de masque pour la formation des parties de la zone 14 situées à côté de la couche de contact. Au lieu d'une couche isolante 15, il est possible aussi d'utiliser comme masques d'autres parties de la couche de contact 4. Ainsi, la figure 8 représente schématiquement et en coupe transversale une structure laser du type selon la figure 1, où, dans l'étape de fabrication de la figure 3, la couche d'oxyde 15 a été remplacée par des parties 4B et 4C de la couche de contact, alors que la partie 4A sert d'entrée de courant. Après la diffusion de zinc, les parties 4B et 4C sont recouvertes d'une couche isolante électrique 25, par exemple en silice.

L'invention n'est nullement limitée aux modes de réalisation précités. Ainsi, pour la formation des zones superficielles 14, il est possible d'utiliser une méthode de dopage autre que la diffusion, par exemple l'implantation ionique. De plus, tous les types de conductivité peuvent être remplacés par le type opposé, et, au lieu d'arséniure de gallium et d'arséniure double de gallium et d'aluminium, on peut utiliser d'autres matériaux semiconducteurs, par exemple de l'InP et de l'InGaAsP. Au lieu de zinc, on peut utiliser d'autres dopants; ainsi pour une couche passive 2 de type p on peut effectuer une diffusion de cadmium ou de

magnésium et, pour une couche passive 2 de type n, une diffusion de tellure, alors que de nombreuses autres combinaisons sont également possibles. Au lieu d'à partir de la phase gazeuse, la diffusion de la zone 14 peut se faire également 5 à partir d'une couche d'oxyde dopée.

Comme résonateur, on a utilisé dans les modes de réalisation précités un résonateur formé par des surfaces de clivage réfléchissantes. Toutefois, au lieu d'un résonateur de ce genre, on peut utiliser également d'autres résonateurs 10 par exemple des grilles de diffraction périodiques sur au moins une partie de la longueur de la région active en forme de bande. De tels résonateurs sont utilisés entre autres dans des lasers dits à réaction répartie, ou encore DFB "(Distributed feedback)", tels que décrits par exemple 15 dans la publication *Applied Physics Letters*, volume 18, 15 février 1971, pages 152-154.

REVENDICATIONS

1.- Laser semiconducteur comportant un corps semiconducteur muni d'une première couche semiconductrice passive (1) de premier type de conductivité, d'une couche semiconductrice active (3) disposée sur la précédente, d'une seconde couche semiconductrice passive (2) de second type de conductivité opposé située sur la couche active, d'une couche de contact semiconductrice (4) en forme de bande de second type de conductivité située sur la seconde couche passive (2), ainsi que de moyens de contact permettant d'appliquer une tension dans le sens direct entre la couche de contact (4) et la première couche passive (1), tension servant à engendrer du rayonnement électromagnétique cohérent dans une partie (11) en forme de bande appartenant à la couche active (3) et située au-dessous de la couche de contact (4) à l'intérieur d'un résonateur (12,13), alors qu'à l'égard du rayonnement engendré, les couches passives (1,2) présentent un indice de réfraction inférieur à celui de la couche active (3), et qu'il est prévu une zone superficielle (14) dopée de second type de conductivité qui s'étend sur au moins une partie de l'épaisseur de la couche de contact (4), et, à côté de la couche de contact, dans la seconde couche passive (2) zone superficielle dont la concentration de dopage est supérieure à celle de la seconde couche passive, caractérisé en ce qu'à côté de la couche de contact (4), la zone superficielle (14) dopée ne s'étend que sur une partie de l'épaisseur de la seconde couche passive (2), la distance (d) entre ladite zone superficielle (14) et la couche active (3) étant choisie de façon qu'à l'égard du rayonnement du genre émis, l'indice de réfraction effectif dans la structure en couches située au-dessous du milieu de la couche de contact (4) soit supérieur, de 0,0005 au moins et de 0,005 au plus, à celui dans la structure en couches située à côté de la couche de contact (4), à l'endroit de la zone superficielle dopée (14).

2.- Laser semiconducteur selon la revendication 1,

caractérisé en ce que l'épaisseur de la couche active (3) se situe entre, d'une part, une épaisseur minimale de 0,05 um, la valeur maximale correspondante de la distance qui, à côté de la couche de contact (4), sépare la zone superficielle (14) dopée de la couche active (3), étant de 0,5 um et la valeur minimale correspondante de la concentration de dopage moyenne de la zone superficielle étant de 5.10¹⁸ atomes par cm³, et, d'autre part, une épaisseur maximale de 0,2 um, la valeur minimale correspondante de ladite distance étant de 0,1 um et la concentration de dopage maximale correspondante de la zone superficielle (14) étant de 5.10¹⁹ atomes par cm³.

3.- Laser semiconducteur selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'au moins la seconde couche passive (2) est en arséniure double de gallium et d'aluminium, alors que la couche de contact (4) est en arséniure double de gallium et d'aluminium dont la teneur en aluminium est plus faible que celle de la seconde couche passive (2), ou en arséniure de gallium.

4.- Laser semiconducteur selon la revendication 3, caractérisé en ce que la seconde couche passive (2) est de type de conductivité p et en ce que la zone superficielle (14) est dopée au zinc.

5.- Laser semiconducteur selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que de part et d'autre de la couche de contact (4), la zone superficielle (14) s'étend suivant deux zones parallèles en forme de bande, contiguës à la couche de contact (4).

6.- Laser semiconducteur selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'à côté de la couche de contact (4), la zone superficielle (14) dopée est entièrement recouverte d'une couche électriquement isolante (15).

7.- Laser semiconducteur selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'une électrode (8) contacte la zone superficielle (14) tant sur la couche de contact (4) que sur la seconde couche passive (2).

8.- Laser semiconducteur selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que, dans la seconde couche passive (2), la zone superficielle (14) dopée ne s'étend qu'à côté de la couche de contact (4).

05 9.- Laser semiconducteur selon la revendication 8, caractérisé en ce que, dans la couche de contact (4), la zone superficielle (14) s'étend sur une profondeur plus faible que dans la seconde couche passive (2).

10 10.- Procédé pour la réalisation d'un laser semiconducteur conforme à l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que, par épitaxie sur un substrat semiconducteur de premier type de conductivité, on fait croître successivement une première couche semiconductrice passive (1) de premier type de conductivité, une couche 15 semiconductrice active (3) dont la hauteur de bande interdite est inférieure à celle de la première couche passive, une seconde couche semiconductrice passive (2) de second type de conductivité dont la hauteur de bande interdite est supérieure à celle de la couche semiconductrice active, 20 ainsi qu'une couche de contact semiconductrice (4) constituée par un matériau semiconducteur différent de celui de la seconde couche passive et de second type de conductivité, après quoi, par attaque chimique, on donne à la couche de contact (4) la forme d'au moins un mésa en forme de bande, 25 et, par dopage, on élabore une zone superficielle (14) en forme de couche de second type de conductivité en utilisant ce mésa en forme de bande comme masque, zone superficielle (14) qui s'étend au moins sur une partie de l'épaisseur de la couche de contact (4) et seulement sur une partie des 30 parties juxtaposées de la seconde couche passive (2), pour procéder enfin à la formation de couches d'électrode (8,9) sur au moins la couche de contact (4) et le substrat (5).

35 11.- Procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce que, par attaque chimique, on pratique dans la couche de contact (4) deux ouvertures parallèles en forme de fente, et qu'on élabore la zone superficielle (14) dans la seconde couche passive (2) en utilisant comme masque les parties restantes (4A, B, C) de la couche de contact.

12.- Procédé selon l'une des revendications 10 et 11, caractérisé en ce qu'on forme au moins la seconde couche passive (2) d'arséniure double de gallium et d'aluminium, et qu'on forme la couche de contact (4) d'arséniure double de gallium et d'aluminium à teneur en aluminium plus faible que la seconde couche passive, ou d'arséniure de gallium.

5 13.- Procédé selon la revendication 12, caractérisé en ce qu'on forme une seconde couche passive (2) de type p, et
10 que la zone superficielle (14) est dopée au zinc.

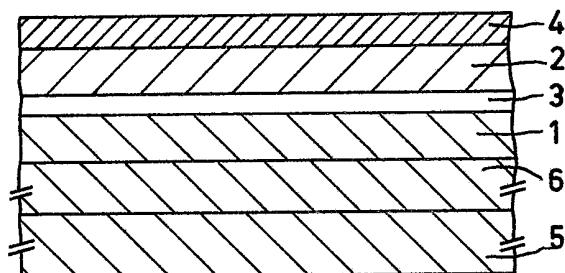
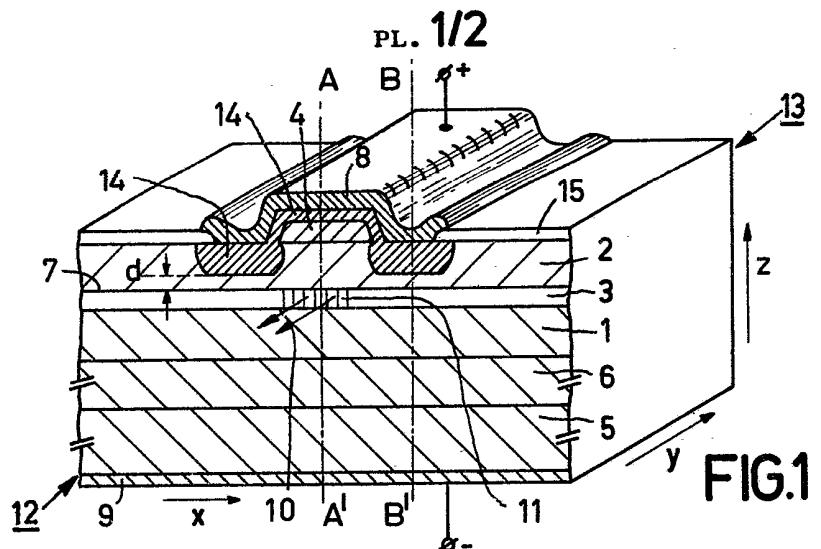


FIG.2

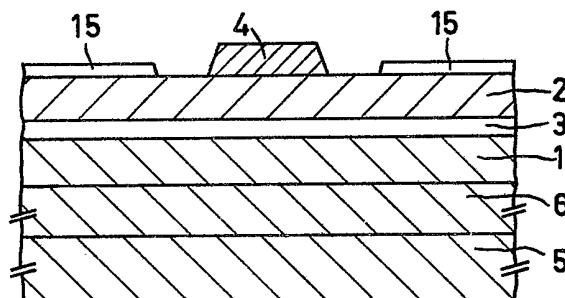


FIG.3

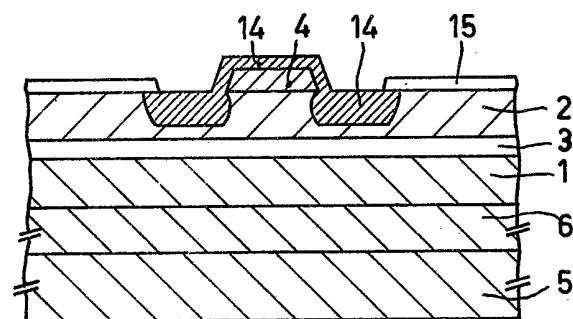


FIG.4

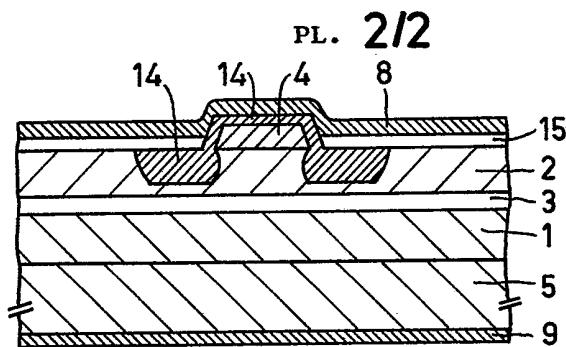


FIG.5

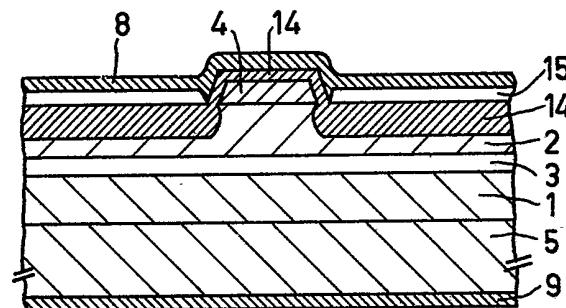


FIG.6

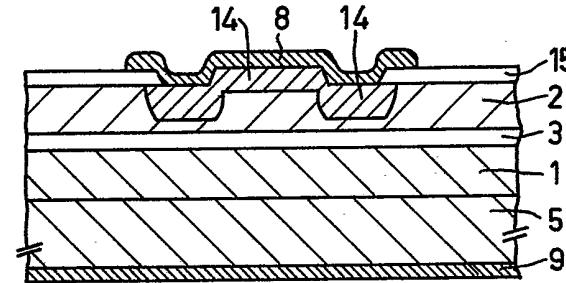


FIG.7

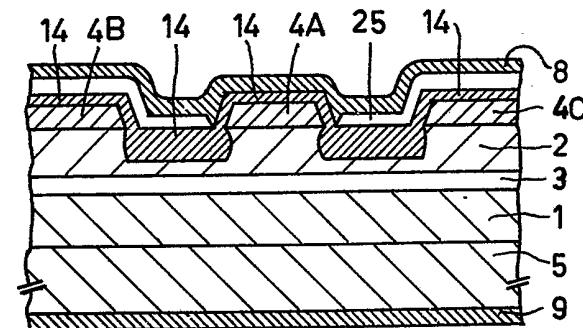


FIG.8