

19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

11) N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 585 522

21) N° d'enregistrement national :

86 10793

51) Int Cl⁴ : H 01 S 3/19.

12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22) Date de dépôt : 25 juillet 1986.

30) Priorité : JP, 26 juillet 1985, n° 166325/85.

43) Date de la mise à disposition du public de la demande : BOPI « Brevets » n° 5 du 30 janvier 1987.

60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

71) Demandeur(s) : Société dite : SONY CORPORATION. — JP.

72) Inventeur(s) : Masao Ikeda.

73) Titulaire(s) :

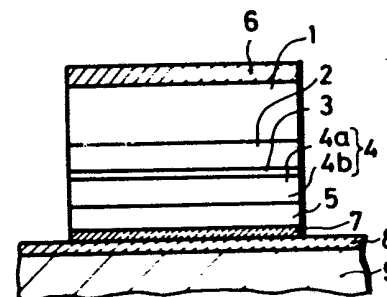
74) Mandataire(s) : Cabinet Pierre Herrburger, anciennement Cabinet Bert, de Keravenant et Herrburger.

54) Laser semi-conducteur.

57) a. Laser semi-conducteur.

b. Laser se composant d'un support d'un support 1 sur lequel est formé une première couche de revêtement 2 recouverte d'une couche active 3 et d'une seconde couche de revêtement 4 et enfin d'une couche de séparation 5 avec une première électrode 6 sur l'autre face du support 1, d'une seconde électrode 7 sur la couche de séparation 5, la seconde couche de recouvrement 4 ayant une largeur d'intervalle de bande d'énergie supérieure à la couche active étant réalisée d'une première couche 4a adjacente à la couche active 3 et d'une seconde couche 4b dont la conductivité thermique est supérieure à celle de la première couche 4a.

c. L'invention concerne la fabrication de lasers semi-conducteurs fonctionnant en continu à la température ambiante.



FR 2 585 522 - A1

" Laser semi-conducteur ".

La présente invention concerne de façon générale un laser semi-conducteur permettant d'émettre en continu un faisceau de lumière laser dans la bande des courtes longueurs d'onde, à la température ambiante et plus particulièrement l'invention concerne un laser semi-conducteur du système AlGaInP.

Description de l'art antérieur :

10 Récemment la demande de lasers semi-conducteurs permettant d'émettre en continu de la lumière laser dans la bande des courtes longueurs d'onde à la température ambiante a augmenté considérablement.

Ainsi, à titre d'exemple pour un disque optique encore appelé disque compact (CD), un disque vidéo ou analogue, si l'on utilise un laser à lumière de courtes longueurs d'onde comme source lumineuse, il est possible de réaliser un enregistrement de forte densité ainsi que d'utiliser un système de lentilles à faible ouverture optique (N), ce qui permet de fabriquer un tel système optique à faible coût. En outre comme la lumière d'une source lumineuse de courtes longueurs d'ondes est la lumière visible, le laser semi-conducteur peut se manipuler facilement et en sécurité. En outre dans une imprimante à laser ou analogue, la matière photosensible présente une grande sensibilité dans la plage du spectre visible, de sorte qu'il est avantageux d'utiliser un

laser semi-conducteur à lumière de courtes longueurs d'onde comme source lumineuse assurant l'exposition. Pour cette raison, on cherche à fabriquer à l'échelle industrielle des lasers semi-conducteurs à courtes longueurs d'onde permettant d'émettre en continu de la lumière à la température ambiante.

Pour réaliser un laser semi-conducteur à courtes longueurs d'onde, il faut augmenter la largeur de l'intervalle de bande de sa couche active.

10 Dans ces conditions, lorsqu'on choisit la matière de cette couche active, il y a différents types de contraintes comme par exemple il faut envisager une couche de revêtement pour retenir les porteurs et la lumière dans cette couche active ; il faut également tenir compte sur le

15 plan des caractéristiques du cristal, d'une constante du réseau d'un support en cristal sur lequel on développe les couches par croissance épitaxiale.

Pour un laser semi-conducteur à courte longueur d'onde, de ce type, laser semi-conducteur du système AlGaInP/GaAs dans lequel on développe par croissance épitaxiale une couche semi-conductrice du système AlGaInP sur un support GaAs pour réaliser un laser semi-conducteur, il faut veiller à ce que pour un laser semi-conducteur ayant une bande de longueurs d'ondes dite de 600 nm, on se trouve dans la plage comprise entre

25 580 nm et 680 nm.

Ce laser semi-conducteur AlGaInP/GaAs correspond à la figure 1 ; dans ce laser, une surface principale d'un support en GaAs 1 reçoit par croissance épitaxiale une première couche de revêtement 2, puis une couche active 3, une seconde couche de revêtement 4 et une couche de séparation 5, ces différentes couches étant réalisées dans cet ordre. La référence numérique 6 désigne une électrode déposée en contact

35 ohmique sur l'autre surface principale du support 1 en

GaAs ; la référence 7 désigne une électrode déposée sur la couche de séparation 5 en contact ohmique. L'électrode 7 elle-même fonctionne comme puits de chaleur. En variante, l'électrode 7 est soudée par une couche de soudure 8 sur un puits de chaleur c'est-à-dire un radiateur 9.

Les couches 2 à 4 sont en un matériau dont la composition correspond à la formule suivante :



10

La couche active 3 est réalisée en $Ga_{0,52}In_{0,48}P$ d'une épaisseur comprise par exemple entre 0,1 micron-0,2 micron. La première et la seconde couche de revêtement 2 et 4 sont constituées chacune d'une couche semi-conductrice du système AlGaInP ayant une largeur d'intervalle de bande (largeur de bande interdite) supérieure à celle de la couche active 3 d'environ 0,3eV. De façon particulière, ces couches correspondent par exemple à la composition $Al_{0,26}Ga_{0,26}In_{0,48}P$ dont la teneur en Al (la valeur de l'indice x de la formule (1)) est supérieure à 0,3 et de préférence supérieure à 0,5. Chaque épaisseur des couches 2 et 4 est choisie supérieure à 0,8 micron ; cette épaisseur est suffisante pour retenir les porteurs et la lumière dans la couche active 3 qui a par exemple une épaisseur de 1 micron. En outre, la couche de séparation 5 est par exemple une couche de GaAs.

Le laser semi-conducteur du système AlGaInP/GaAs réalisé comme indiqué ci-dessus émet une lumière laser de courte longueur d'onde égale à 653 nm. Ce laser peut émettre en continu de la lumière laser à une température de 228°K mais non à la température ambiante.

La raison pour laquelle ce laser semi-conducteur ne peut émettre en continu la lumière laser à la température ambiante est que la chaleur engen-

35

drée pendant le fonctionnement dans la couche active 3 n'est pas évacuée efficacement vers le puits de chaleur (radiateur) 9.

A titre d'exemple un laser semi-conducteur du système InGaAsP/GaAs, à structure mesa et permettant d'émettre en continu de la lumière laser à la température ambiante est décrit par exemple dans la documentation suivante "Nikkei Electronics, 1985, 20 Mai, pages 151-153"; "Nikkei Micro Device, 1985, édition d'été, 10 pages 21 à 23" et "Electronics Letters, 1985, 17 Janvier, tome 21, N° 2, pages 54 à 56". Selon ce laser semi-conducteur de type mesa, on réalise des gorges qui sont en creux dans la couche de revêtement sur laquelle est déposée une électrode métallique constituant un puits de chaleur. A 15 la surface supérieure de ce laser semi-conducteur de type mesa, en regard du support GaAs, on dépose l'électrode métallique de façon à comporter l'intérieur des gorges de sorte que l'électrode métallique ayant une fonction de radiateur soit aussi proche que possible de la couche 20 active. Ainsi, la chaleur engendrée par la couche active peut être rayonnée efficacement et permet au laser semi-conducteur d'émettre en continu de la lumière laser à la température ambiante.

Toutefois le fait que l'électrode 25 se trouve très proche de la couche active, comme cela a été indiqué ci-dessus crée une difficulté de fuite de courant. De plus sur le plan technique, il est difficile de réaliser de telles gorges, de façon à les espacer de la couche active d'une distance appropriée et à une pro- 30 fondeur adéquate pour se rapprocher suffisamment de la couche active sans engendrer de fuite de courant. En outre, il est difficile de réaliser en grande série un laser semi-conducteur à caractéristiques uniformes.

La présente invention a pour but de 35 créer un laser semi-conducteur remédiant aux inconvénients

rappelés ci-dessus des lasers semi-conducteurs de l'art
antérieur, laser qui ne soit pas de structure de type
mesa et qui puisse être émettre en continu de la lumière
laser dite de courtes longueurs d'onde dans la bande des
5 600 nm allant de 580 nm à 680 nm à la température ambiante.

A cet effet, l'invention concerne un
laser semi-conducteur caractérisé en ce qu'il se compose
d'un support sur lequel est formée une première couche
de revêtement laquelle est recouverte d'une couche active
10 et celle-ci d'une seconde couche de revêtement et enfin
une couche de séparation réalisée sur la seconde couche
de revêtement, une première électrode étant déposée sur
l'autre face du support, une seconde électrode étant
déposée sur la couche de séparation, la seconde couche
15 de recouvrement ayant une largeur d'intervalle de bande
d'énergie supérieure à la couche active et réalisée
d'une première couche adjacente à la couche active et
d'une seconde couche dont la conductivité thermique est
supérieure à celle de la première couche.

La présente invention sera décrite de façon plus détaillée à l'aide des dessins annexés, dans lesquels :

5 - la figure 1 est une vue en coupe agrandie d'un exemple de laser semi-conducteur selon l'art antérieur.

- la figure 2 est une vue en coupe schématique, agrandie d'un mode de réalisation d'un laser semi-conducteur selon la présente invention.

10 DESCRIPTION D'UN MODE DE REALISATION PREFERENTIEL :

Un mode de réalisation d'un laser semi-conducteur selon la présente invention sera décrit ci-après. La figure 1 est une vue en coupe schématique à échelle agrandie d'un mode de réalisation du laser semi-
15 conducteur selon l'invention. A la figure 2, on a utilisé les mêmes références qu'à la figure 1 pour désigner les mêmes parties dont la description ne sera pas reprise.

Selon la figure 2, on a un support
20 1 en GaAs sur lequel on a développé par croissance épitaxiale une première couche de revêtement 2 avec une couche-tampon (non représentée) réalisée le cas échéant par exemple en GaAs, une couche active 3, une seconde couche de revêtement 4 et une couche de séparation 5.

De façon particulière selon la pré-
25 sente invention, la couche de séparation a au moins la fonction d'un puits à chaleur. Cela signifie que la seconde couche de revêtement 4 est constituée d'une couche 4a en AlGaInP adjacente à la couche active 3 et d'une couche 4b en AlGaAs adjacente à la couche 4a en AlGaInP
30 dont la conductance thermique est supérieure à celle de la couche 4a en AlGaInP. En d'autres termes, la couche 4a adjacente à la couche active 3 est constituée d'une couche de AlGaInP dont la largeur de l'intervalle de la bande d'énergie est suffisamment grande par comparaison
35 à celle de la couche active 3 et son épaisseur est suffi-

samment réduite pour avoir au moins l'effet de retenir les porteurs dans la couche active 3. En fait, l'épaisseur de la couche Aa est choisie supérieure à plusieurs 100s Å, par exemple de l'ordre de 0,1 à 0,3 µm, couche pour laquelle l'exigence relative à un confinement suffisant de la lumière n'est pas aussi stricte. Par ailleurs, il faut pour la couche 4b que la largeur de l'intervalle de bande soit grande par comparaison avec celle de la couche active 4 et que l'indice de réfraction soit plus faible que celui de la couche active 3. Toutefois, il n'est pas nécessaire que la différence des intervalles de bande entre la couche 4b et la couche active 3 soit suffisamment grande pour réaliser la fonction de confinement des porteurs. Cette couche 4b est une couche de AlGaAs. L'épaisseur de la couche 4b de AlGaAs est choisie de façon à pouvoir au moins retenir la lumière dans cette couche active 3 en coopération avec la couche 4a en AlGaInP.

Selon la présente invention, dans le semi-conducteur à cristaux mélangés, du fait que plus le cristal mélangé est complexe et plus réduite sera la conductivité thermique, la couche 4a formée d'un système à quatre cristaux mélangés AlGaInP à faible conductivité thermique se trouve entre la couche active 3 et le puits à chaleur 9 en constituant seulement une partie d'une couche mince de la couche de revêtement. Ainsi, la chaleur engendrée par la couche active 3 est conduite effectivement vers le puits à chaleur 9 à travers la couche 4b ayant une conductivité thermique élevée et la fonction de revêtement pour la couche 4 en particulier une fonction de retenue de lumière, diminuée lorsque la couche 4a en AlGaInP est mince, et qui peut être compensée par la coopération de la couche 4b en AlGaAs à effet de retenue de lumière. Ainsi, le laser semi-conducteur à courte longueur d'onde peut émettre en continu de la lumière à la

température ambiante.

Le mode de réalisation de l'invention sera décrit de façon plus détaillée en se reportant à la figure 2. Dans l'exemple représenté, on a un support 1 en GaAs sur lequel on a développé par croissance épitaxiale la première couche de revêtement 2, la couche active 3 et une couche 4a appartenant à la seconde couche de revêtement 4 sous la forme de couches semi-conductrices de AlGaInP. Sur la couche 4a, on développe par croissance épitaxiale la couche 4b en AlGaAs sur laquelle on réalise la couche de séparation 5 en GaAs par croissance épitaxiale. Ces couches 2, 3, 4a, 4b et 5 peuvent être développées en continu par croissance épitaxiale par une série de procédés utilisant la méthode épitaxiale par exemple à partir d'un composé métallique organique c'est-à-dire par le procédé de dépôt chimique à la vapeur d'un composé métallique et organique (procédé encore appelé MOCVD) ou encore le procédé de croissance épitaxiale par faisceau moléculaire encore appelé procédé MBE.

Sur l'autre face du support 1 en GaAs, on dépose une électrode 6 en contact ohmique ; on dépose une autre électrode 7 sur la couche de séparation 5 par contact ohmique. Puis, on relie étroitement le côté de l'électrode 7 par une couche de soudure 8 au puits à chaleur 9 pour assurer une bonne conductivité thermique.

L'électrode 7 est constituée par exemple d'une couche de Au-Zn ou encore d'une structure à couches multiples dans laquelle on réalise une couche de Ti sur une couche de Au. Cette électrode 7 est collée par fusion par la couche de soudure 8 par exemple en Sn, Sn-Pb, In ou analogue sur le puits à chaleur 9.

La première couche de revêtement 2, la couche active 3 et la couche 4 de la seconde couche de revêtement 4 ont des compositions correspondant à la formule (1) ci-dessus dans laquelle la grandeur y est

choisie par exemple dans la plage comprise entre 0,51 et 0,52 ; la constante du réseau est fixée à une valeur proche ou égale de celle du support 1 en GaAs et la couche de cristal est développée par croissance épitaxiale en concordance avec le support 1 en GaAs.

La couche active 3 peut être une couche semi-conductrice d'une épaisseur par exemple égale à 0,1-0,2 μm et dont l'intervalle de bande de $\text{Ga}_{0,52}\text{In}_{0,48}\text{P}$ pour $x = 0$, selon la formule (1) ci-dessus, est égal à 1,9eV. Dans ces conditions, la première couche de revêtement 2 et la couche 4a de la seconde couche de revêtement 4 sont des couches semi-conductrices AlGaInP ayant des intervalles de bande étendus par comparaison à celle de la couche active 4 et la différence entre ces intervalles est supérieure à 0,3eV, par exemple $\text{Al}_{0,26}\text{Ga}_{0,26}\text{In}_{0,48}\text{P}$ avec $x = 0,5$ pour les compositions données par la formule (1) ci-dessus. Dans ces conditions, l'épaisseur de la première couche de revêtement 1 constituée d'une seule couche est fixée à une valeur suffisante pour assurer la fonction de retenue de lumière et de retenue des porteurs ; cette épaisseur est par exemple de l'ordre de 1 micron. De plus, l'épaisseur de la couche 4a du système AlGaInP de la seconde couche de revêtement 4 est suffisante pour assurer la fonction de retenue de porteurs ; elle peut par exemple avoir une épaisseur de plusieurs 100s Å de préférence de l'ordre de 0,1 à 0,3 micron.

Dans la seconde couche de revêtement 4, la couche 4b en AlGaAs a une largeur d'intervalle de bande supérieure à la largeur de l'intervalle de bande de la couche active 3 par exemple une largeur d'intervalle de bande de 2,0 à 2,17eV. Cette couche 4b en AlGaAs peut alors avoir la composition $\text{Al}_{0,8}\text{Ga}_{0,2}\text{As}$ (largeur de l'intervalle de bande égale à 2,1eV) pour une formule de composition suivante :



formule dans laquelle, on a $0,6 \leq z \leq 1$.

L'épaisseur de cette couche 4b en
5 AlGaAs est choisie de façon à pouvoir retenir la lumière
dans la couche active 3. En pratique, l'épaisseur de la
couche 4b est choisie supérieure à 0,8 micron et la somme
de l'épaisseur de la couche 4b et celle de la couche 4a
est supérieure à 1 micron.

10 Alors que dans le mode de réalisation décrit ci-dessus, seule la seconde couche de revêtement 4 sur les côtés du puits à chaleur 9 est composée des couches 4a et 4b, les deux couches de revêtement 2 et 4 peuvent être constituées par une couche mince du
15 système AlGaInP qui assure la fonction de retenue des porteurs et d'une couche du système AlGaAs ayant une conductivité thermique élevée, utilisable pour assurer la fonction de retenue de lumière.

20 Selon la présente invention, comme indiqué ci-dessus dans la couche de revêtement prévue entre la couche active 3 et le côté du puits à chaleur 9, on a réalisé la couche semi-conductrice 4a du système AlGaInP à faible conductivité thermique ; cette couche est mince et la fonction de retenue de lumière est principalement assurée par la couche 4b en AlGaAs qui présente
25 une conductivité thermique importante ; ainsi, le laser semi-conducteur à faible longueur d'onde réalisé en un matériau du système AlGaInP peut émettre en continu un faisceau de lumière laser à la température ambiante par
30 action de rayonnement de chaleur effectif.

De plus selon la structure de l'invention, comme le laser semi-conducteur a une structure de type planaire ne comportant pas de gorge, il donne de nombreux avantages ; le laser semi-conducteur peut se
35 fabriquer facilement et permet la fabrication en grande

série d'un laser semi-conducteur à courte longueur d'onde ayant des caractéristiques uniformes et stables.

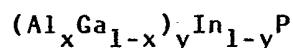
La description ci-dessus a été faite dans le cas d'un seul mode de réalisation préférentiel de l'invention. Toutefois de nombreuses variantes peuvent être envisagées sans sortir du cadre de l'invention.

R E V E N D I C A T I O N S

1°) Laser semi-conducteur caracté-
 risé en ce qu'il se compose d'un support (1) sur lequel
 est formée une première couche de revêtement (2) laquelle
 5 est recouverte d'une couche active (3) et celle-ci d'une
 seconde couche de revêtement (4) et enfin une couche de
 séparation (5) réalisée sur la seconde couche de revête-
 ment (4), une première électrode (6) étant déposée sur
 l'autre face du support (1), une seconde électrode (7)
 10 étant déposée sur la couche de séparation (5), la seconde
 couche de recouvrement (4) ayant une largeur d'intervalle
 de bande d'énergie supérieure à la couche active étant
 réalisée d'une première couche (4a) adjacente à la couche
 active (3) et d'une seconde couche (4b) dont la conducti-
 15 vité thermique est supérieure à celle de la première cou-
 che (4a).

2°) Laser semi-conducteur selon la
 revendication 1, caractérisé en ce que la première couche
 est en un matériau correspondant à la formule suivante :

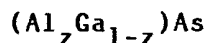
20



dans laquelle y est compris entre 0,51 et 0,52.

3°) Laser semi-conducteur selon la
 25 revendication 1, caractérisé en ce que la seconde couche
 est réalisée en un matériau dont la composition est la
 suivante :

30



formule dans laquelle, on a $0,6 \leq z \leq 1$.

4°) Laser semi-conducteur selon la
 revendication 1, caractérisé en ce que l'épaisseur de la
 première couche (4a) est comprise entre 0,1 et 0,3 micron.

35

5°) Laser semi-conducteur selon la

revendication 1, caractérisé en ce que l'épaisseur de la seconde couche (4b) est supérieure à 0,8 micron.

5 6°) Laser semi-conducteur selon l'une quelconque des revendications 4 et 5, caractérisé en ce que la somme de l'épaisseur de la première couche (4a) et de la seconde couche (4b) est supérieure à 1 micron.

PL UNIQUE

FIG. 1

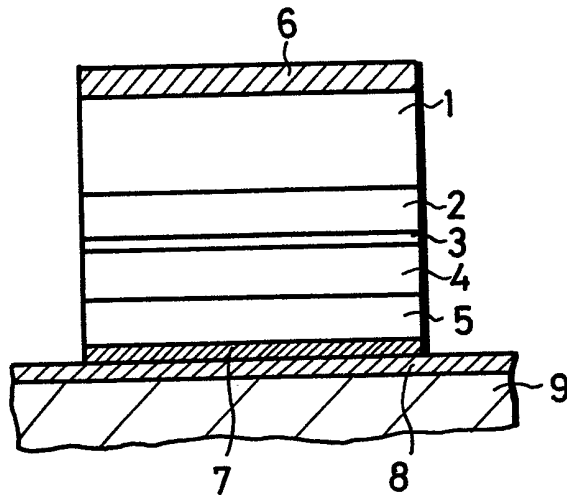


FIG. 2

