

19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

11) N° de publication :

2 907 916

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

21) N° d'enregistrement national :

06 54669

51) Int Cl⁸ : G 02 B 6/122 (2006.01), B 81 C 1/00

12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22) Date de dépôt : 31.10.06.

30) Priorité :

43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 02.05.08 Bulletin 08/18.

56) Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

71) Demandeur(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE Etablissement public à caractère industriel et commercial — FR.

72) Inventeur(s) : JORDANA EMMANUEL, FEDELI JEAN MARC et EL MELHAOUI LOUBNA.

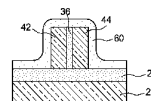
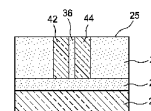
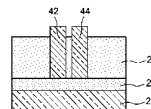
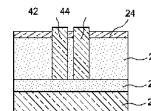
73) Titulaire(s) :

74) Mandataire(s) : BREVALEX.

54) NOUVELLE STRUCTURE DE GUIDE A FENTE.

57) L'invention concerne un procédé de réalisation d'un guide à fente, dans lequel:

- a) on forme une couche de SiO_x (26) non stoechiométrique (x<2) sur une couche d'arrêt de gravure (22),
- b) on grave deux tranchées parallèles dans la couche de SiO_x, avec arrêt de la gravure sur ladite couche d'arrêt de gravure, ces deux tranchées étant séparées par une paroi (36) en SiO_x,
- c) on remplit les tranchées ainsi réalisées par du silicium (42, 44),
- d) on effectue une étape de recuit du SiO_x (26) non stoechiométrique (x<2), après l'une quelconque des étapes précédentes a), b) ou c).



FR 2 907 916 - A1



NOUVELLE STRUCTURE DE GUIDE A FENTE**DESCRIPTION****DOMAINE TECHNIQUE ET ART ANTÉRIEUR**

5 L'invention se situe dans le domaine de la
« Nano Photonique Silicium » (domaine du guidage de
lumière dans des guides de dimensions nanométriques) et
concerne principalement les interconnexions optiques
sur puce de silicium et notamment la réalisation de
10 portes logiques photoniques.

Des fonctions optiques à forte intégration
peuvent être réalisées sur silicium. Dans une approche
générale, on dispose d'émetteurs (intégrés ou
rapportés, commandés électriquement) couplés à un
15 ensemble de guides qui réalise une fonction optique
soit passivement, soit en fonction d'une commande
électrique. Ces guides aboutissent à des
photodétecteurs qui délivrent électriquement le
résultat de la fonction optique.

20 Le fonctionnement d'un guide à fente met en
oeuvre une propagation dans un milieu de faible indice
et une discontinuité d'indice qui permet un excellent
confinement de la lumière. Cette architecture a,
jusqu'à maintenant, permis :

25 - la réalisation de commutateurs optiques
et de sources de lumière dans les circuits intégrés
photoniques, comme décrit dans les articles de
C.A. Barrios, Electronics Letters, 40, pp862-863, 2004
et C.A. Barrios et al., Optics Express, 13(25),
30 pp.10092-10101, 2005 ;

- la réalisation de photo détecteurs compacts, comme décrit dans l'article de T. Baehr-Jones et al., *Optics Express*, 13(14), pp5216-5226, 2005.

5 Dans cette structure, le champ optique est augmenté et confiné dans la fente, à la fois géométriquement et optiquement, d'autant plus que la fente est étroite et que le contraste d'indices de réfraction est élevé.

10 Les portes logiques optiques à forte vitesse de commutation requièrent un matériau non linéaire dont les variations de l'indice de réfraction sont très rapides.

Or, les nanocristaux de silicium enterrés dans une matrice de SiO₂ sont considérés comme un
15 matériau très prometteur pour les applications non linéaires. Le coefficient de Kerr de ces couches ($n_2 \sim 10^{-16} \text{ m}^2/\text{W}$) est supérieur de deux et quatre décades respectivement par rapport à celui du silicium et du SiO₂ (G. Vijaya Prakash et al, *Journal of Modern*
20 *Optics*, 49 (2002), page 719). Les propriétés non linéaires de ce matériau dépendent directement de la taille et de la densité des nanocristaux. De plus, il est totalement compatible avec la technologie CMOS et facilement transposé dans des process industriels du
25 fait de son mode d'obtention (PECVD, LPCVD)

Lorsqu'il est déposé par PECVD (Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition), ce matériau se présente sous forme d'un oxyde de silicium non stoechiométrique (SiO_x avec $x < 2$) et amorphe. Après
30 recuit, il se sépare en deux phases distinctes pour former des nanocristaux de silicium dans une matrice de

SiO₂. Le dépôt PECVD est un dépôt à basse température permettant un bon contrôle de la taille des nanocristaux. L'intérêt d'intégrer ce matériau dans ce type de guide d'onde est que la puissance nécessaire pour modifier son indice est considérablement réduite par l'effet de confinement de la lumière qui augmente l'amplitude du champ électrique dans la fente. Plus la taille des Si-x diminue, plus le coefficient de Kerr augmente. [G. Vijaya Prakash et al., Journal of Applied Physics, 91 (7), pp 4607-4610, 2002.].

Pour intégrer ce matériau dans le guide à fente, on met en œuvre un procédé de fabrication tel qu'illustré sur les figures 1A - 1D. Dans un substrat 1 de SOI (figure 1A, sur laquelle les références 2 et 4 désignent respectivement une couche de SiO₂ et une couche de silicium), on grave (figure 1B) une fente 3. Deux parois latérales 7, 9 en silicium sont ainsi formées, de part et d'autre de cette fente. On procède ensuite à un remplissage avec du SiO_x 5 comme illustré sur la figure 1C. Une étape de planarisation et de gravure conduisent à la structure de la figure 1D.

Cependant, aucun essai de remplissage n'a jusqu'à présent été conclu dans la mesure où la faible température de dépôt en PECVD ne permet pas le remplissage de la fente 3, particulièrement pour les plus étroites. Ce problème existe notamment pour un facteur de forme (équivalent de la hauteur h sur la largeur l de la fente, voir figure 1D) supérieur à 1.5, par exemple dans le cas d'un dépôt PECVD. Cela se manifeste par la formation d'une bulle 10 dans la fente 3, dégradant les performances du guide, comme illustré

sur la figure 2.

Parfois, il est impossible de remplir la fente. Dans ce cas, on n'a pas seulement une bulle liée à un défaut de remplissage, mais un défaut de remplissage.

Par exemple les différents dépôts PECVD suivants ont été testés: SiO_2 (avec une source SiH_4) à 480°C et 350°C , SiO_2 (TEOS, TetraEthylOrthoSilicate à 400°C et 350°C et SiO_x (avec une source $\text{SiH}_4/\text{N}_2\text{O}$) à 400°C .

Comme il est possible de le constater sur la Figure 3, représentant une vue en coupe d'un guide à fente 2 prise au Microscope Electronique à Balayage, la fente n'est pas remplie, et ce quel que soit le type de dépôt ou de matériau. Pour chacun des essais, une bulle d'air apparaît, créée par l'accumulation de dépôt sur la partie supérieure des parois de silicium.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

L'invention propose un procédé alternatif de fabrication qui permet d'éviter l'étape délicate de remplissage de la fente.

L'invention concerne d'abord un procédé de réalisation d'un guide à fente, dans lequel :

- on forme une couche de SiO_x non stoechiométrique ($x < 2$) sur une couche d'arrêt de gravure,

- on grave deux tranchées parallèles dans la couche de SiO_x , avec arrêt de la gravure sur ladite couche d'arrêt de gravure, ces deux tranchées étant séparées par une paroi en SiO_x ,

- on remplit les tranchées ainsi réalisées par du silicium.

Une étape de recuit du SiO_x est réalisée, pour séparer le SiO_x en deux phases distinctes, formant ainsi des nanocristaux de silicium dans une matrice de SiO_2 .

Selon l'invention on met en œuvre un procédé inverse des procédés connus, en déposant tout d'abord le SiO_x sur une plaque non structurée. Puis celui-ci est gravé sous la forme d'un mur. Ensuite, le silicium, sous forme cristalline, amorphe ou polycristalline, peut être déposé.

Ainsi, le SiO_x peut être obtenu de n'importe quelle manière et en particulier par LPCVD ou PECVD. Il permet de contrôler avec précision la taille des nanocristaux de silicium (le dépôt PECVD peut être réalisé à environ 400°C , le dépôt LPCVD à environ 600°C).

Le silicium utilisé pour remplir les tranchées peut être sous forme amorphe (LPCVD) ou polycristalline (PECVD); il peut être obtenu par dépôt.

La couche d'arrêt de gravure peut être en SiO_2 .

Selon un autre mode de réalisation, le silicium utilisé pour remplir les tranchées peut être sous forme monocristalline ; il peut être formé par croissance épitaxiale. La couche d'arrêt de gravure peut alors être en Silicium, c'est par exemple la couche superficielle amincie d'un substrat SOI.

Le SiO_x peut être éliminé de chaque côté du silicium, formé dans les tranchées de part et d'autre de la paroi en SiO_x.

L'étape de recuit est de préférence
5 réalisée après formation du SiO_x et avant la gravure des tranchées.

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

- Les figures 1A-1D représentent des étapes d'un procédé standard de réalisation de guide à fente.

10 - La figure 2 illustre la présence d'une bulle d'air lors du dépôt PECVD.

- La figure 3 est une vue en coupe au MEB d'un essai de remplissage.

15 - Les figures 4A-4J sont des étapes d'un procédé selon l'invention, à partir de Si amorphe ou polycristallin.

- Les figures 5A-5E sont des étapes d'un procédé selon l'invention, à partir de Si monocristallin.

20 - Les figures 6A-6J et 7A-7J sont des variantes, respectivement des procédés des figures 4A-4G et 5A-5E.

EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

25 Un premier procédé de fabrication selon l'invention va être décrit en liaison avec les figures 4A-4G.

Ce procédé est notamment adapté au cas où le silicium du guide à fente est sous forme amorphe ou polycristalline.

Dans une première étape on réalise (par dépôt ou croissance thermique), sur une plaque 20 de silicium (ce peut être une plaque standard), un oxyde de silicium 22 (figure 4A). Cet oxyde est de préférence assez épais (supérieur à $1\mu\text{m}$) pour éviter les pertes induites par couplage avec le circuit CMOS Front-End.

Il est ensuite procédé, par PECVD ou LPCVD, au dépôt d'une couche d'oxyde de silicium SiO_x non stoechiométrique ($x < 2$) 26 sur la couche d'oxyde 22 (figure 4B). On peut obtenir les nanocristaux de silicium dans une matrice de SiO_2 par CVD, ou implantation ionique de silicium, ou sputtering..

Un masque dur 24 est ensuite formé (figure 4C). De préférence, on évite de réaliser un tel masque en SiO_2 car il pourrait se consommer lors de la gravure du SiO_x . On peut par contre utiliser, pour ce masque, du SiN , ou du SiC , ou une résine ou bien un métal, ou du carbone amorphe.

Une résine positive 28 est ensuite déposée sur la couche de masque dur 24. Par lithographie, on forme des ouvertures 30 dans cette résine (figure 4D). Pour les ouvertures étroites, on peut par exemple utiliser une lithographie électronique ou optique DUV à 193nm .

Ces ouvertures permettent de réaliser une gravure de la couche 24 de masque dur (figure 4E). On peut ensuite graver le SiO_x sur toute son épaisseur, jusqu'à atteindre la couche d'oxyde 22 qui forme couche d'arrêt de gravure. On a ainsi formé deux tranchées 32, 34, séparées par une paroi 36 en SiO_x .

Dans chacune de ces deux tranchées, est

ensuite réalisé un dépôt 42, 44 de silicium amorphe ou polycristallin (figure 4G). La technique utilisée peut aussi être la croissance thermique.

Le masque dur 24 peut ensuite être éliminé (figure 4H). Une étape de planarisation (figure 4I) permet de ramener le sommet des dépôts de silicium 42, 44 à la hauteur de la surface 25 du SiO_x .

Enfin (figure 4J) on peut éliminer les portions de SiO_x de la couche 26 qui sont situées de part et d'autre des dépôts de silicium 42, 44. La paroi 36 est maintenue, par exemple par utilisation d'un masque lors d'une gravure. Là encore, la couche 22 forme la couche d'arrêt pour cette gravure.

Il reste, à l'issue de cette étape, un guide à fente, cette dernière étant constituée par la paroi 36, qui a été isolée lors de la gravure de la couche 26 (figure 4F), paroi qui est flanquée, de part et d'autre, de dépôts de silicium 42, 44.

Selon une variante, illustrée en figures 6A-6J, on réalise, sur la structure de la figure 4B, un dépôt 124 de nitrure de silicium Si_3N_4 (figure 6A), suivi d'un dépôt 126 de carbone amorphe (figure 6B) formant masque dur. Le nitrure de silicium 124 pourra servir de couche d'arrêt lors d'une étape de planarisation ultérieure.

Une résine positive 28 est ensuite déposée. Par lithographie, on forme des ouvertures 30 dans cette résine (figure 6C).

Ces ouvertures permettent de réaliser une gravure de la couche 126 de carbone amorphe et de la couche 124 de nitrure (figure 6D) jusqu'au SiO_x . On

peut ensuite graver le SiO_x 26 sur toute son épaisseur (figure 6E), jusqu'à atteindre la couche d'oxyde 22 qui forme couche d'arrêt de gravure. On a ainsi formé deux tranchées 32, 34, séparées par une paroi 36 en SiO_x .

5 Le carbone amorphe 126 est alors retiré (figure 6F).

Dans chacune de ces deux tranchées, est ensuite réalisé un dépôt 42, 44 de silicium amorphe ou polycristallin (figure 6G). La technique utilisée peut
10 aussi être la croissance thermique. Par planarisation on amène la surface supérieure de ces dépôts à la hauteur ou au niveau de la surface extérieure 125 de la couche 124 de nitrure.

Une résine 128 est ensuite déposée. Par
15 lithographie, on définit les bords en vue de la gravure de la couche de nitrure 124 et de la couche sous-jacente 26 (figure 6H).

A l'issue de la gravure de ces dernières couches, puis de l'élimination de la résine 128 (figure
20 6I), il reste un guide à fente, cette dernière étant constituée par la paroi 36, qui a été isolée lors de la gravure de la couche 26. Cette paroi est flanquée, de part et d'autre, de dépôts de silicium 42, 44. Elle est surmontée d'un reste 124' de nitrure de silicium Si_3N_4 .

25

Les figures 5A à 5E décrivent un autre mode de réalisation, particulièrement adapté au cas où le silicium utilisé pour combler les tranchées se présente sous forme monocristalline.

30 L'élément de départ est constitué d'un empilement d'une couche 52 en dioxyde de silicium et

d'une couche 51 en silicium. Un tel empilement est par exemple obtenu à partir d'une plaque SOI, la référence 50 désignant un substrat semi-conducteur, par exemple en silicium. La couche 51 a une structure monocristalline qui permet de servir de cristal de départ en vue d'une étape d'épithaxie. Cette fine couche 51 permet en outre de réduire la dispersion thermique induite par la lumière en se propageant dans le guide.

Un dépôt 56 de SiO_x non stoechiométrique ($x < 2$) est ensuite réalisé (figure 5B), de préférence par épithaxie comme indiqué ci-dessus.

Cette couche peut être gravée (voir figure 5C). On retrouve donc la structure constituée par la paroi 36 en SiO_x et par les deux tranchées 32, 34 de chaque côté de la paroi. La couche de silicium 51 sert notamment de couche d'arrêt.

Du silicium monocristallin 42, 44 peut ensuite être formé par épithaxie sur la couche de silicium 51, dans les tranchées 32, 34 (voir figure 5D). Une étape de planarisation permet de ramener le sommet de ces zones épithaxiées au niveau de la surface extérieure 55 de la couche 56.

Le SiO_x peut ensuite, de part et d'autre des zones épithaxiées de silicium 42, 44, être éliminé, laissant ainsi une structure de guide à fentes comme illustrée sur la figure 5E. Là encore, la paroi 36 reste protégée, par exemple par masquage, lors de cette opération.

Selon une variante, illustrée en figures 7A-7J, on réalise, sur la structure de la figure 5B, un

dépôt 124 de nitrure de silicium Si_3N_4 (figure 7A),
suivi d'un dépôt 126 de carbone amorphe (figure 7B)
formant masque dur. Le SiO_x peut aussi avoir été formé
par PECVD ou LPCVD. Le nitrure de silicium 124 pourra
5 servir de couche d'arrêt lors d'une étape de
planarisation ultérieure.

Une résine positive 28 est ensuite déposée.
Par lithographie, on forme des ouvertures 30 dans cette
résine (figure 7C).

10 Ces ouvertures permettent de réaliser une
gravure de la couche 126 de carbone amorphe et de la
couche 124 de nitrure (figure 7D) jusqu'au SiO_x 56. On
peut ensuite graver ce SiO_x 56 sur toute son épaisseur
(figure 7E), jusqu'à atteindre la couche de silicium 51
15 qui forme couche d'arrêt de gravure. On a ainsi formé
deux tranchées 32, 34, séparées par une paroi 36 en
 SiO_x .

Le carbone amorphe 126 est alors retirée
(figure 7F).

20 Dans chacune de ces deux tranchées, est
ensuite réalisé du silicium 42, 44 monocristallin par
épitaxie (figure 7G). Par planarisation on amène la
surface supérieure de ces dépôts à la hauteur ou au
niveau de la surface extérieure 125 de la couche de la
25 couche 124 de nitrure.

Une résine 128 est ensuite déposée. Par
lithographie, on définit les bords en vue de la gravure
de la couche de nitrure 124 et de la couche sous-
jacente 56 (figure 7H).

30 A l'issue de la gravure de ces dernières
couches, puis de l'élimination de la résine 128 (figure

7I), il reste un guide à fente, cette dernière étant constituée par la paroi 36, qui a été isolée lors de la gravure de la couche 56 (étape 7F), paroi qui est flanquée, de part et d'autre, de dépôts de silicium 42, 44, et qui est surmontée d'un reste 124' de nitrure de silicium Si₃N₄.

Quel que soit le mode de réalisation envisagé, le recuit du SiO_x non stoechiométrique (x<2) pour la formation de nanocristaux de silicium peut être effectué après la gravure du SiO_x (c'est-à-dire après les étapes des figures 4F, 5C, 6E ou 7F) mais avant le dépôt de silicium 42, 44 dans les tranchées, ou après ce dépôt de silicium 42, 44 dans les tranchées, mais avant la gravure de SiO_x, ou après la gravure de SiO_x (figures 4J, 5E, 6I ou 7I).

Mais, si ce SiO_x non stoechiométrique est déposé par PECVD, son épaisseur diminue lors du recuit. Dans ce cas, il est préférable d'insérer l'étape de recuit juste après le dépôt de SiO_x et avant toute étape de gravure (et notamment l'étape des figures 4F, 5C, 6E et 7F). Sinon il se peut qu'apparaissent des dislocations entre le SiO_x et le Si. De plus, le recuit a pour effet d'augmenter les pertes optiques de la couche de Silicium.

Un fois le guide formé et gravé, une couche 60 d'encapsulation en SiO₂ peut être effectuée (figures 4J, 5E, 6J et 7J).

Par la présente technique le guide à fente est réalisé sous la forme de 3 couches 36, 42, 44 (en fait : la paroi 36 et les deux dépôts 42, 44 réalisés

de part et d'autre de cette paroi) disposées perpendiculairement au substrat support, soit le substrat 20 de Si ou la couche 22 de SiO₂, dans le cas des figures 4A-4I, ou 6A-6J, soit la couche de silicium 51 ou le SOI dans le cas des figures 5A-5E ou 7A-7J.

L'invention est particulièrement intéressante pour un facteur de forme (comme défini ci-dessus en liaison avec la figure 1D) de la fente supérieur à 1.5.

10 L'invention s'applique notamment dans le domaine des interconnexions optiques, dans celui des connections optiques intra puces, ou encore dans les télécommunications optiques.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de réalisation d'un guide à fente, dans lequel :

5 - a) on forme une couche de SiO_x (26, 56) non stoechiométrique ($x < 2$) sur une couche d'arrêt de gravure (22, 51),

- b) on grave deux tranchées (32, 34) parallèles dans la couche de SiO_x (26), avec arrêt de
10 la gravure sur ladite couche d'arrêt de gravure, ces deux tranchées étant séparées par une paroi (36) en SiO_x ,

- c) on remplit les tranchées ainsi réalisées par du silicium (42, 44),

15 - d) on effectue une étape de recuit du SiO_x (26, 56) non stoechiométrique ($x < 2$), après l'une quelconque des étapes précédentes a), b) ou c).

2. Procédé selon la revendication 1, le
20 silicium (42, 44) qui remplit les tranchées étant sous forme amorphe ou polycristalline.

3. Procédé selon la revendication 2, le
25 silicium qui remplit les tranchées étant formé par dépôt.

4. Procédé selon la revendication 2 ou 3, la couche d'arrêt de gravure (22) étant en SiO_2 .

5. Procédé selon la revendication 1, le silicium (42, 44) qui remplit les tranchées étant sous forme monocristalline.

5 6. Procédé selon la revendication 5, le silicium qui remplit les tranchées étant formé par croissance épitaxiale.

7. Procédé selon la revendication 5 ou 6,
10 la couche d'arrêt de gravure (51) étant en Silicium.

8. Procédé selon la revendication 7, la couche d'arrêt étant la couche superficielle d'un SOI.

15 9. Procédé selon l'une des revendications 1 à 8, le SiO_x (26, 56) étant ensuite éliminé de chaque côté du silicium, formé dans les tranchées (32,34) de part et d'autre de la paroi (36) en SiO_x , cette paroi étant maintenue lors de cette élimination.

20 10. Procédé selon l'une des revendications 1 à 9, le SiO_x étant formé par PECVD ou LPCVD et l'étape d) de recuit étant réalisée après l'étape a) de formation du SiO_x et avant l'étape b) de gravure des
25 tranchées.

11. Procédé selon l'une des revendications 1 à 10, l'étape b) de gravure des tranchées étant réalisée à l'aide d'un masque dur (24, 124, 126).

30

12. Procédé selon la revendication 11, le masque dur étant en SiN, ou en SiC, ou en une résine ou en un métal, ou en carbone amorphe (126).

1 / 12

FIG. 1A

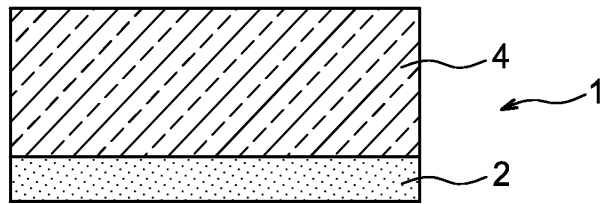


FIG. 1B

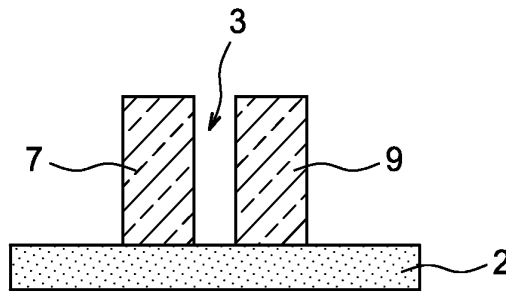


FIG. 1C

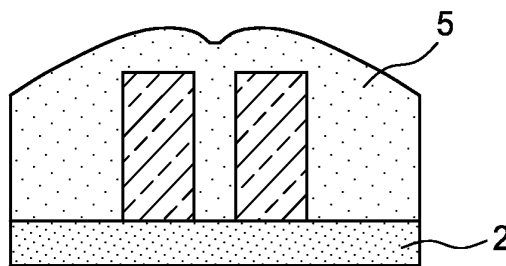
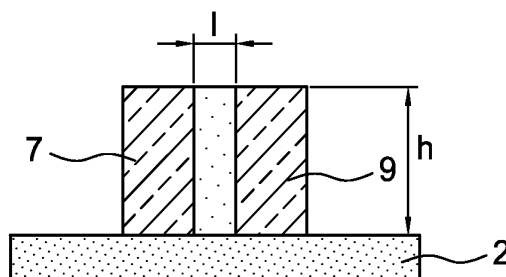


FIG. 1D



2 / 12

FIG. 2

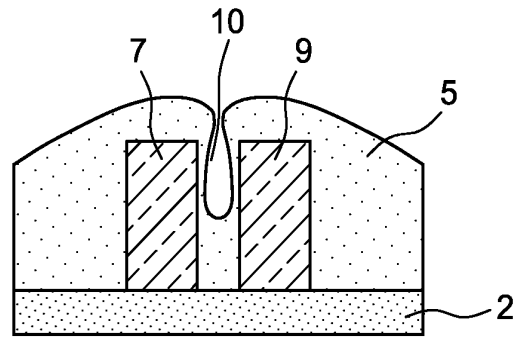


FIG. 3

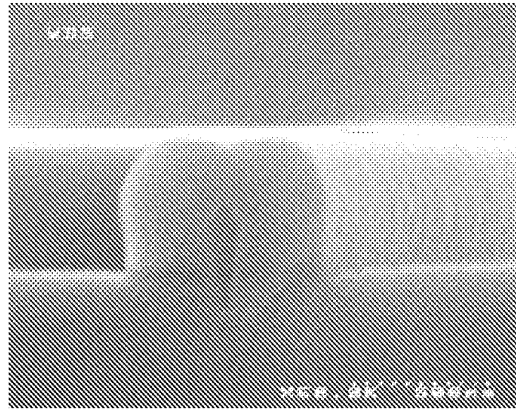


FIG. 4A

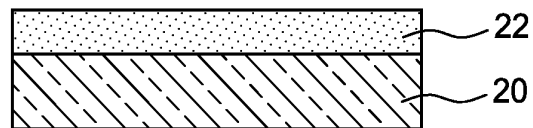
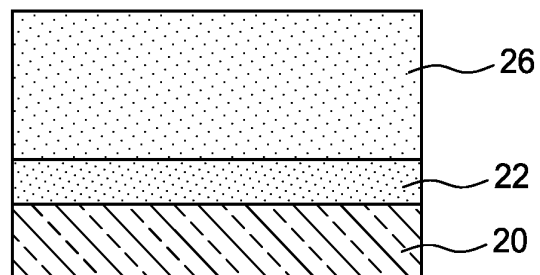


FIG. 4B



3 / 12

FIG. 4C

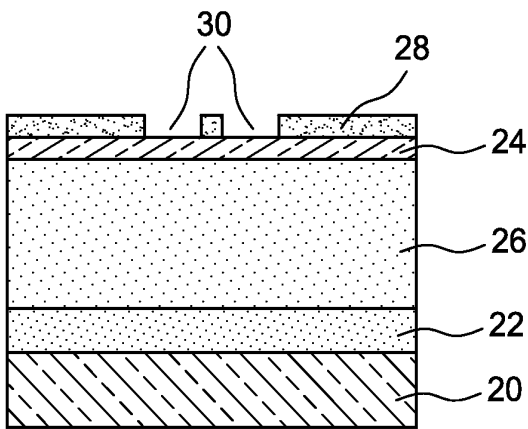
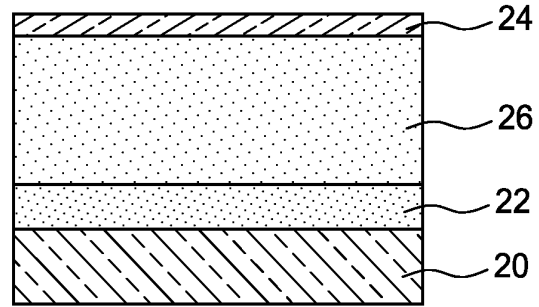


FIG. 4D

FIG. 4E

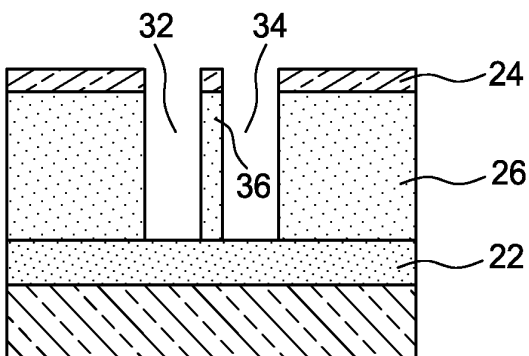
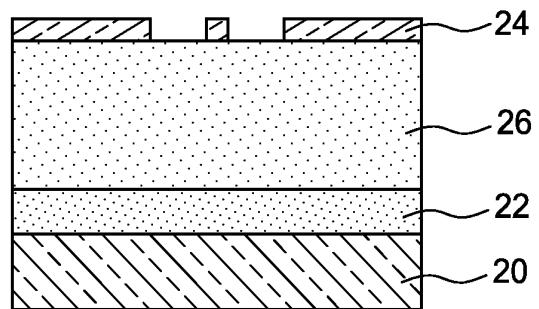


FIG. 4F

4 / 12

FIG. 4G

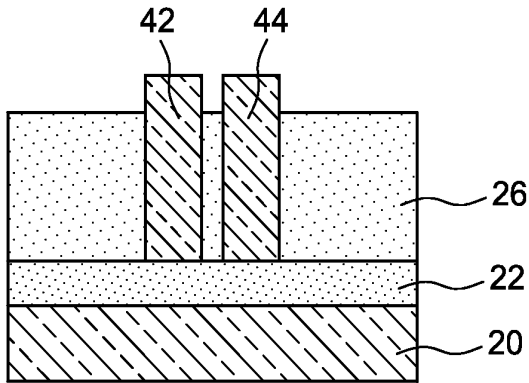
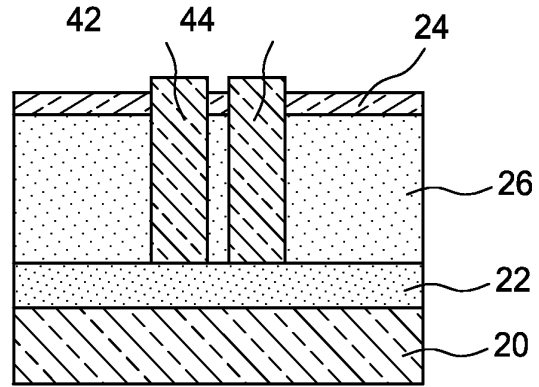


FIG. 4H

FIG. 4I

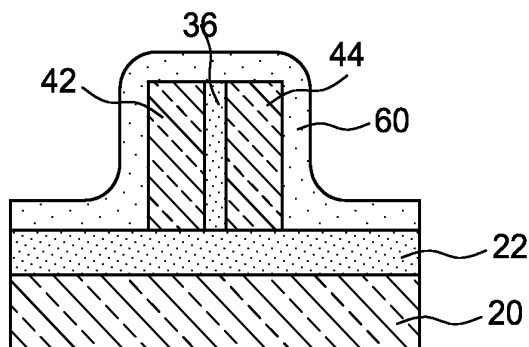
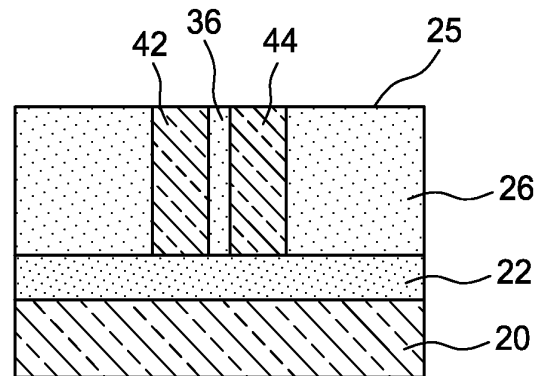


FIG. 4J

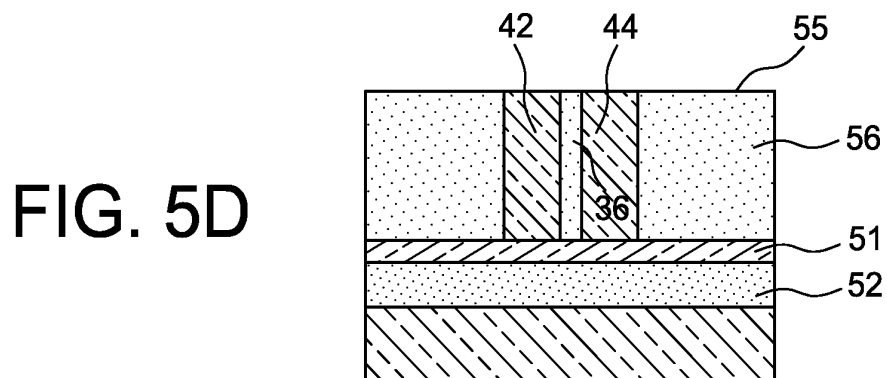
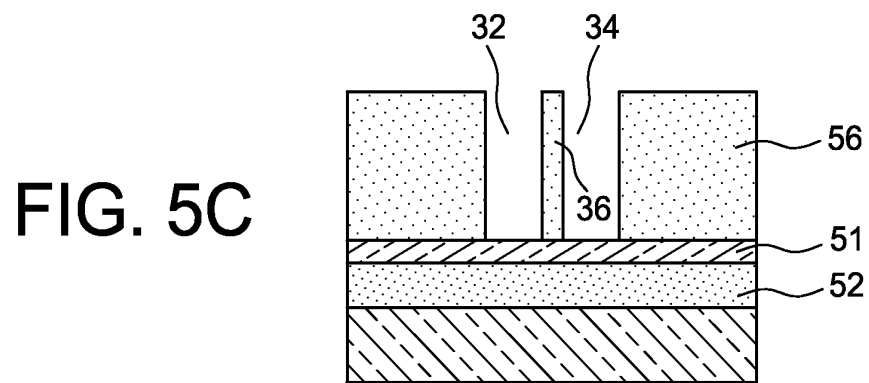
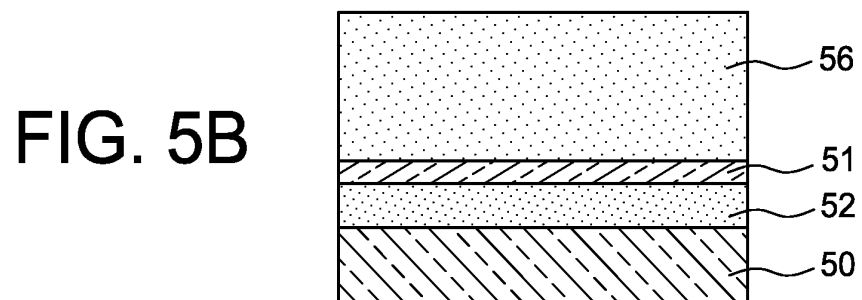
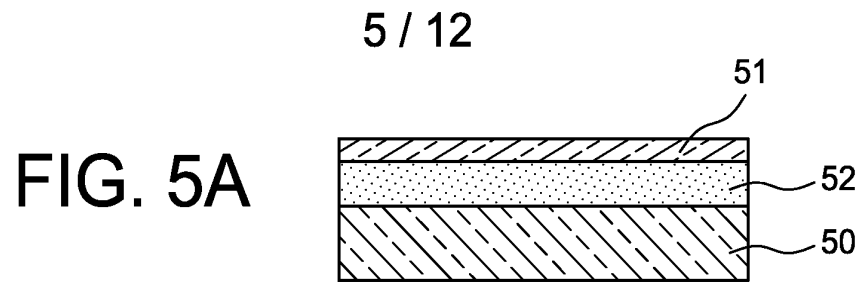


FIG. 5E

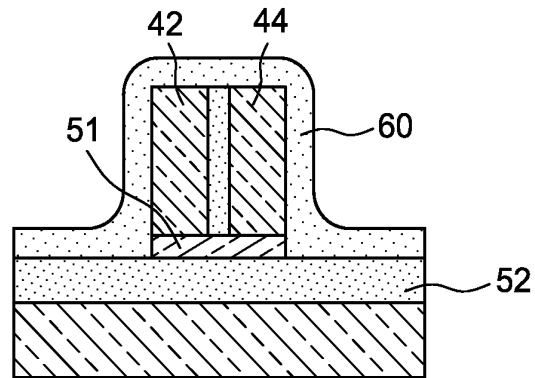


FIG. 6A

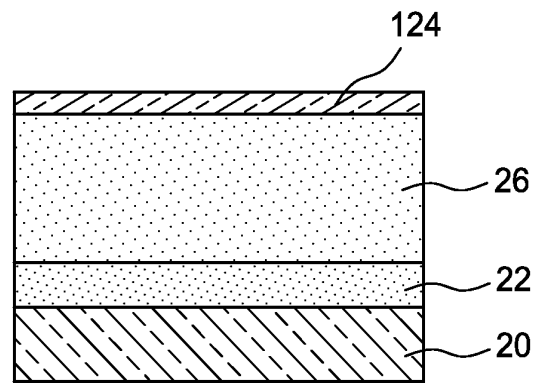
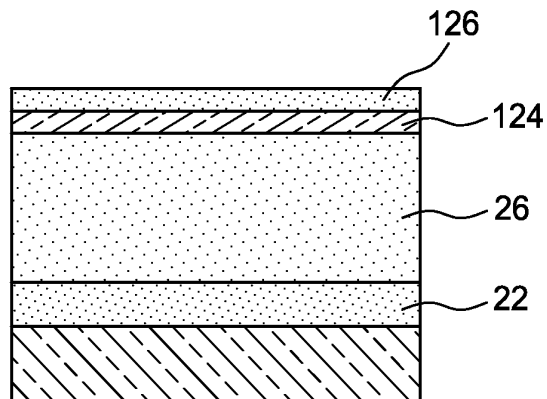


FIG. 6B



7 / 12

FIG. 6C

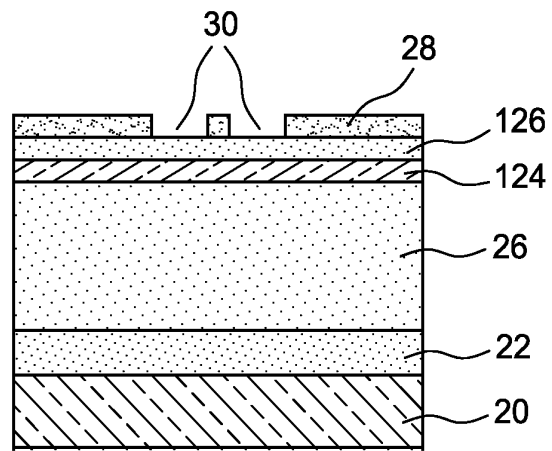


FIG. 6D

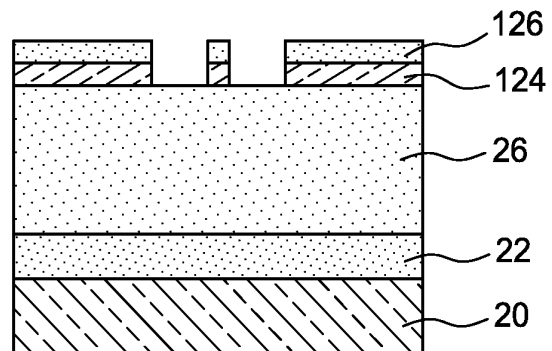
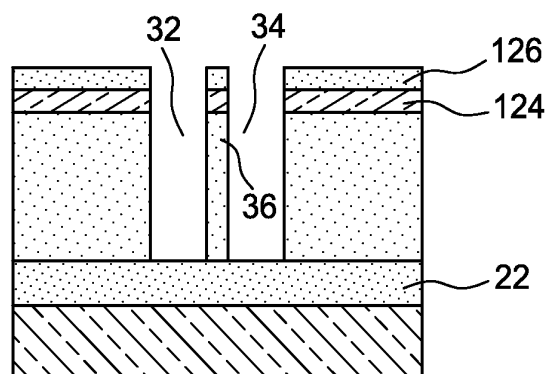


FIG. 6E



8 / 12

FIG. 6F

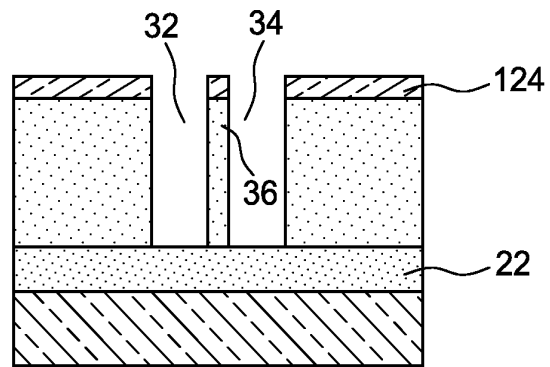


FIG. 6G

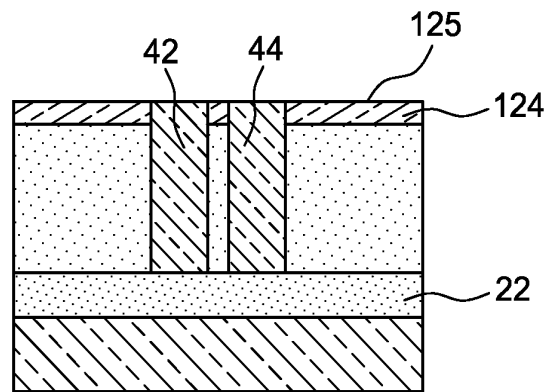
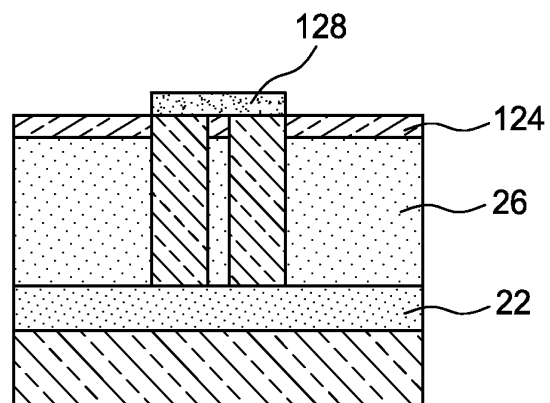


FIG. 6H



9 / 12

FIG. 6I

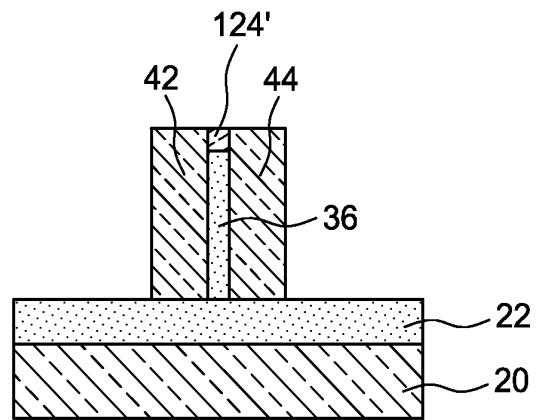


FIG. 6J

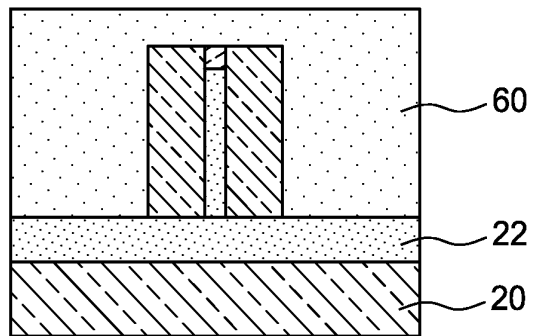
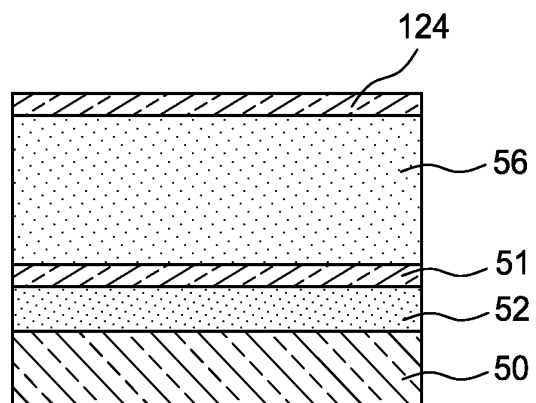


FIG. 7A



10/ 12

FIG. 7B

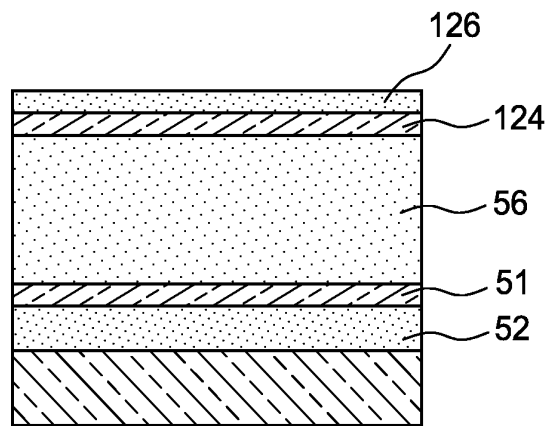


FIG. 7C

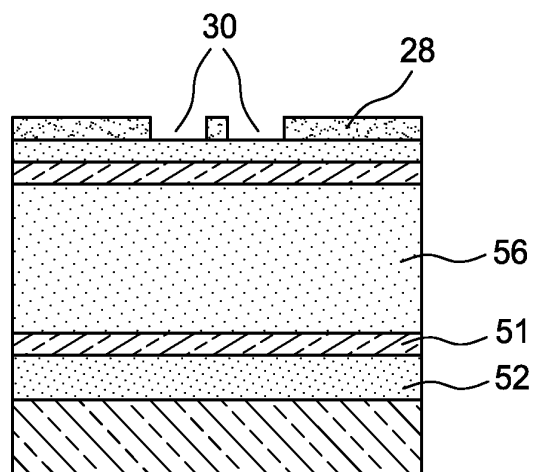
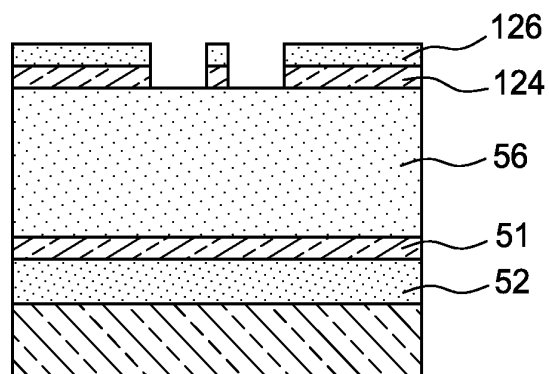


FIG. 7D



11 / 12

FIG. 7E

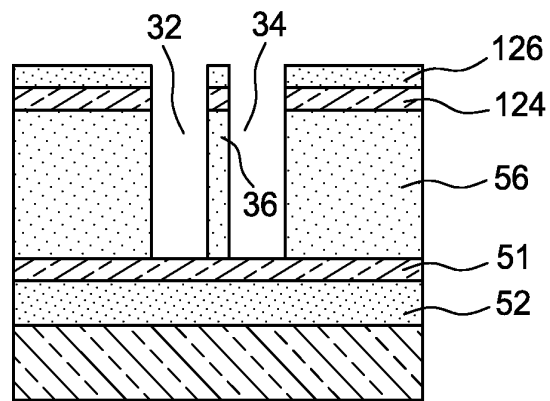


FIG. 7F

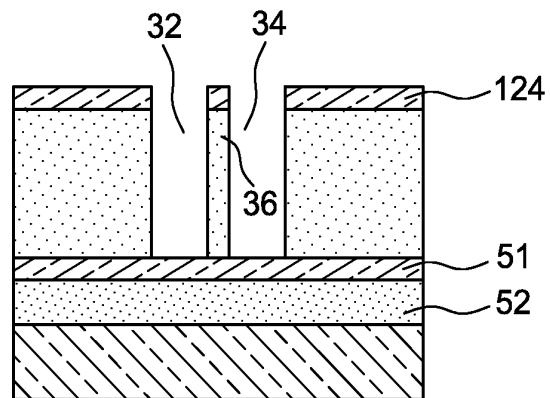
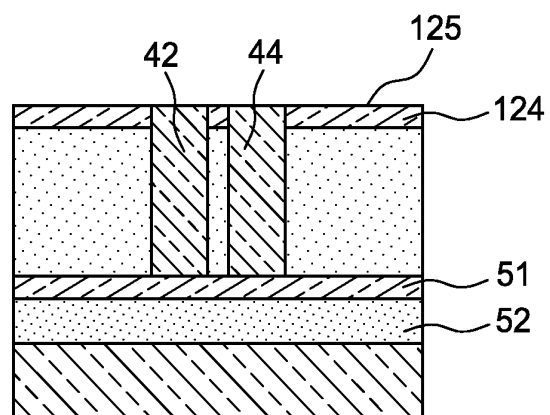


FIG. 7G



12 / 12

FIG. 7H

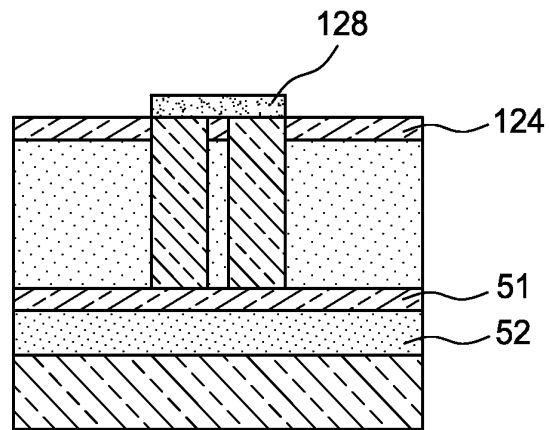


FIG. 7I

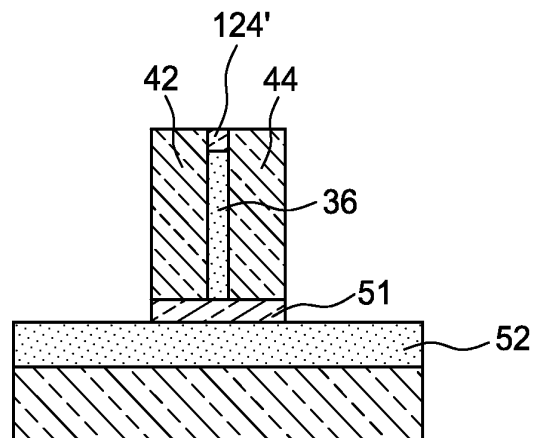
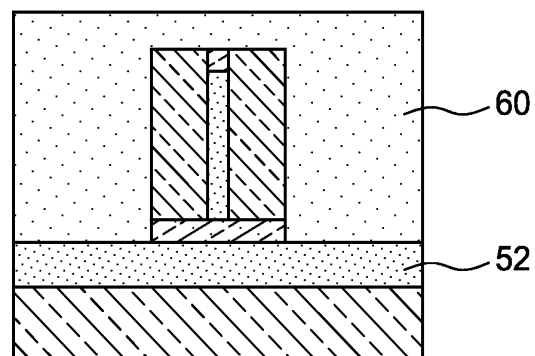


FIG. 7J



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 684836
FR 0654669

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	US 2006/228074 A1 (LIPSON MICHAL [US] ET AL) 12 octobre 2006 (2006-10-12) * abrégé * * alinéas [0003], [0014] - [0016], [0023] - [0026], [0038] * * figures 1,5 *	1-12	G02B6/122 H01L21/30 B81C1/00
A	US 2005/089291 A1 (YAMADA HIROHITO [JP]) 28 avril 2005 (2005-04-28) * abrégé * * alinéas [0054] - [0058] * * figure 9 *	1-12	
D,A	BARRIOS C A ET AL: "Electrically driven silicon resonant light emitting device based on slot-waveguide" OPTICS EXPRESS OPT. SOC. AMERICA USA, vol. 13, no. 25, 12 décembre 2005 (2005-12-12), pages 10092-10101, XP002434288 ISSN: 1094-4087 * abrégé * * page 10094 - page 10095 * * figures 1,2 *	1-12	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) G02B H01L
A	ALMEIDA V R ET AL: "Guiding and confining light in void nanostructure" OPTICS LETTERS, OSA, OPTICAL SOCIETY OF AMERICA, WASHINGTON, DC, US, vol. 29, no. 11, 1 juin 2004 (2004-06-01), pages 1209-1211, XP002417871 ISSN: 0146-9592 * le document en entier *	1-12	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
22 mai 2007		Moroz, Alexander	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0654669 FA 684836**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 22-05-2007

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2006228074 A1	12-10-2006	AUCUN	
US 2005089291 A1	28-04-2005	JP 2005128419 A	19-05-2005