(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication : **2 537 607**
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national : **83 19920**

(51) Int Cl³ : C 30 B 29/62, 29/38.

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) **Date de dépôt :** 13 décembre 1983.

(30) **Priorité** JP, 13 décembre 1982, n° 219961/82.

(43) **Date de la mise à disposition du public de la demande :** BOPI « Brevets » n° 24 du 15 juin 1984.

(60) **Références à d'autres documents nationaux apparentés :**

(71) **Demandeur(s) :** *Société dite : MITSUBISHI DENKI KABUSHIKI KAISHA.* — JP.

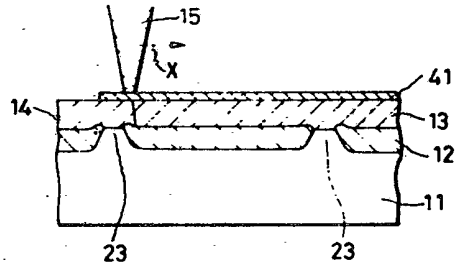
(72) **Inventeur(s) :** Tadashi Nishimura.

(73) **Titulaire(s) :**

(74) **Mandataire(s) :** Société de protection des inventions.

(54) Procédé de fabrication d'une couche semi-conductrice monocristalline sur une couche isolante.

(57) Le procédé consiste à former une couche anti-reflet 41 au-dessus d'une couche 13 semi-conductrice polycristalline ou amorphe sur une face principale d'un substrat semi-conducteur monocristallin portant sur la face principale une couche isolante épaisse 12 formée avec des fenêtres 23 par lesquelles la couche semi-conductrice est en contact avec le substrat. La couche anti-reflet comporte une première partie qui couvre toute la surface de la couche semi-conductrice polycristalline ou amorphe au-dessus des fenêtres et une seconde partie ayant la forme d'une grille de lignes parallèles à partir de la première partie, dans la direction de l'axe cristallographique du substrat. Un faisceau laser 15 est balayé à partir des premières parties dans des directions parallèles aux lignes de la grille.



FR 2 537 607 - A1

Vente des fascicules à l'IMPRIMERIE NATIONALE, 27, rue de la Convention — 75732 PARIS CEDEX 15

2537607

PROCEDE DE FABRICATION D'UNE COUCHE SEMI-CONDUCTRICE MONOCRISTALLINE SUR UNE COUCHE ISOLANTE.

La présente invention concerne un procédé de réalisation d'une couche semi-conductrice monocristalline sur une couche isolante formée sur l'un des plans principaux d'un substrat semi-conducteur monocristallin. Plus particulièrement, l'invention concerne un procédé selon lequel la couche semi-conductrice monocristalline est formée par fusion d'une couche semi-conductrice polycristalline ou amorphe formée sur la couche isolante avec un laser à ondes entretenues pour transformer en monocristal la couche semi-conductrice polycristalline ou amorphe, en utilisant la matière semi-conductrice monocristalline formant le substrat comme un germe.

La figure 1 illustre un exemple du procédé courant de formation d'une couche semi-conductrice monocristalline sur une couche isolante. Selon la figure 1, sur une surface principale d'un substrat de silicium monocristallin 11, précisément une surface qui correspond à une face (100) du substrat, une couche 12 relativement épaisse de bioxyde de silicium est formée, sur laquelle une couche 13 de silicium polycristallin est produite par dépôt chimique en phase vapeur (CVD). La couche 13 de silicium polycristallin est irradiée avec un faisceau de laser 15 pour la fondre. Elle est ensuite laissée à se solidifier, ce qui la transforme en un monocristal suivant le plan principal du substrat 11, en formant ainsi une couche de silicium monocristallin 14.

La couche de silicium polycristallin 13 est formée sur le substrat 11 par les opérations illustrées par les figures 2a à 2d. Comme le montre la figure 2a, le substrat de silicium 11 comportant une surface principale correspondant à une face cristalline (100) du silicium, est exposé à une atmosphère oxydante à 950°C pour former une couche d'oxyde thermique 21 d'une épaisseur de 500 Angstroms sur la surface du substrat. Ensuite, une couche 22de nitrure de silicium d'une épaisseur d'environ 1000 Angstroms est formée par dépôt chimique en phase vapeur. Ensuite, des parties de la couche de nitrure de silicium 22 sont éliminées

par photolithogravure, comme le montre la figure 2b.

Ensuite, en utilisant la couche 22 de nitrure de silicium comme un masque, des parties de la couche d'oxyde 21 sont éliminées et le substrat de silicium 11 est gravé jusqu'à une profondeur de 5000 Angstroms. Ensuite, le substrat de silicium 11 est mis en présence d'une atmosphère oxydante à 950°C pour former une couche d'oxyde 12 de dioxyde de silicium ayant une épaisseur d'environ 1 µm sur la partie gravée du substrat comme le montre la figure 2c. Ensuite, la couche 22 de nitrure de silicium et le reste de la couche d'oxyde 21 sur le substrat de silicium 11 sont éliminés et ensuite, une couche 13 de silicium polycristallin d'une épaisseur d'environ 7000 Angstroms est formée par dépôt chimique en phase vapeur. Ainsi, la couche 13 de silicium polycristallin est formée sur l'épaisse couche d'oxyde 12 comme le montre la figure 2d, et est en contact direct avec le susbstrat 11 par une région 23, appelée ci-après une fenêtre 23.

La couche 13 de silicium polycristallin sur la fenêtre 23 est irradiée avec un faisceau de laser 15 comme le montre la figure 1 pour fondre cette couche 13 jusqu'à une profondeur suffisante pour atteindre la surface du substrat. Ensuite, la transformation monocristalline de la couche 13 de silicium polycristallin est effectuée par solidification de la couche cristalline fondue 13. Le faisceau de laser 15 est déplacé par rapport à la couche 13 de silicium polycristallin dans une direction indiquée par la flèche X sur la figure 1 de manière qu'une fusion suivie d'une solidification de la couche de silicium progresse dans cette direction, produisant ainsi une croissance épitaxiale continue de la couche monocristalline, même sur la couche d'oxyde 12.

Mais selon ce procédé courant, la puissance du laser nécessaire pour fondre la partie de la couche 13 de silicium polycristallin sur la fenêtre 23 est différente de celle nécessaire pour en fondre la partie qui se trouve sur la couche d'oxyde 12 en raison de la différence de

conductivité thermique entre le substrat et la couche d'oxyde. Autrement dit, si la partie de la couche de silicium polycristallin sur la couche d'oxyde était irradiée avec la même puissance de lumière laser nécessaire pour fondre la partie sur la fenêtre, la première de ces parties serait excessivement chauffée, entraînant une tendance au décollement de la couche de silicium polycristallin.

Afin de résoudre ce problème, il a été proposé de contrôler la puissance du laser en prévoyant des couches anti-reflet séparées sur les surfaces des parties de la couche de silicium polycristallin au-dessus des fenêtres et de la couche d'oxyde. Mais dans ce cas, étant donné que la distribution latérale de chaleur à l'intérieur de la couche de silicium polycristallin sur la couche d'oxyde n'est pas correctement contrôlée pendant la fusion, la largeur de la matière monocristalline déposée par épitaxie à la partie de la fenêtre peut ne pas être constante et aucune croissance de matière ne se fait sur la couche d'oxyde. En outre, en raison de la distribution latérale non contrôlée de la chaleur, même une légère variation de la distribution de puissance du laser peut entraîner des discontinuités de croissance épitaxiale de la matière monocristalline. Autrement dit, la distribution de puissance d'un faisceau de laser est généralement une distribution normale ou pratiquement normale comme le montre la figure 3a et, quand la fusion et la monocristallisation de la couche de silicium polycristallin sont effectuées avec un tel faisceau laser, la distribution de température dans la couche de silicium polycristallin est similaire à celle représentée sur la figure 3a. Par conséquent, avec le mouvement du faisceau de laser 31, l'interface solide-liquide 32 peut se déplacer comme le montre la figure 3b. Autrement dit, la direction 33 suivant laquelle la monocristallisation progresse, change progressivement vers une ligne centrale avec le mouvement du point lumineux, et ainsi, un joint de grains peut

se former le long de celle-ci, rendant impossible une monocristallisation uniforme.

L'invention a donc été conçue au vu de l'état actuel de la technique et son objet est donc de proposer un procédé de fabrication d'une couche semi-conductrice monocristalline uniforme à partir d'une couche semi-conductrice polycristalline ou amorphe sur un substrat semi-conducteur monocristallin qui débouche sur la couche semi-conductrice polycristalline ou amorphe par des fenêtres formées dans une couche isolante épaisse, formée entre le substrat et la couche semi-conductrice polycristalline ou amorphe.

Selon l'invention, ce résultat est obtenu en disposant une mince couche anti-reflet de matière isolante sur les parties de surface de la couche semi-conductrice polycristalline ou amorphe couvrant les fenêtres et une couche anti-reflet en forme de grille sur les autres parties de la couche semi-conductrice polycristalline. Avec cette disposition, les parties de la couche semi-conductrice polycristalline ou amorphe sur les fenêtres absorbent une plus grande partie de la puissance du laser que celle absorbée par les autres parties de cette couche sur les couches isolantes, ce qui facilite la croissance épitaxiale de matière semi-conductrice monocristalline au voisinage des fenêtres, et contrôle la distribution latérale de température dans la couche semi-conductrice polycristalline ou amorphe sur la couche isolante. Une monocristallisation uniforme est ainsi obtenue sur une large surface.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront au cours de la description qui va suivre d'un exemple de réalisation et en se référant aux dessins annexés sur lesquels :

La figure 1 est une coupe schématique d'une couche semi-conductrice monocristalline courante, utilisée pour expliquer le procédé courant de fabrication de cette couche,

Les figures 2a à 2d montrent les opérations utilisées

pour la fabrication de la couche de silicium polycristallin de la figure 1,

La figure 3a montre la distribution de puissance d'un faisceau de laser,

La figure 3b est un diagramme illustrant l'interface solide-liquide et les directions de croissance du cristal lorsqu'un faisceau de laser en mouvement est dirigé sur une couche de silicium polycristallin,

La figure 4a est une vue de dessus d'un composant semi-conducteur, destinée à expliquer un mode de réalisation préféré du présent procédé de fabrication d'une couche semi-conductrice monocristalline,

La figure 4b est une coupe suivant la ligne I-I de la figure 4a,

La figure 4c est une coupe suivant la ligne II-II de la figure 4a,

La figure 5a montre la distribution de la température dans une couche de silicium polycristallin qui est fondue par irradiation au laser puis recristallisée, et

La figure 5b est un diagramme montrant les directions de croissance de cristal avec le mouvement d'un faisceau de laser.

Selon les figures 4a à 4c, sur lesquelles les parties identiques ou les parties similaires à celles représentées sur les figures 1 et 2 sont désignées par les mêmes références numériques, une couche 13 de silicium polycristallin est formée sur une couche épaisse 12 d'oxyde de silicium, formée de façon classique sur un substrat de silicium monocristallin 11. La couche 12 d'oxyde de silicium comporte une fenêtre 23 par laquelle la couche 13 de silicium polycristallin est en contact avec le substrat de silicium 11, de la même manière que dans la structure courante.

Sur la couche 13 de silicium polycristallin, une mince couche 41 de nitrure de silicium, mise en forme, remplit la fonction de couche anti-reflet. La couche anti-reflet 41 est formée de préférence sur la couche

13 de silicium polycristallin par dépôtchimique en phase vapeur jusqu'à une épaisseur de l'ordre de 600 à 1000 Angstroms.

La couche anti-reflet 41 couvre des parties de la couche 13 de silicium polycristallin sur les fenêtres 23 de la couche d'oxyde 12,et couvre partiellement le reste de la couche 13 dans une configuration en grille parallèle comme le montre la figure 4a.

Pour former la couche semi-conductrice monocristalline sur la couche d'oxyde 12, un faisceau de laser 15 à ondes entretenues balaye la couche anti-reflet 41 depuis la partie couvrant la partie de la couche 13 de silicium polycristallin correspondant à la fenêtre 23, parallèlement aux lignes de sa partie de grille, indiquée par la flèche X sur la figure 4b.

La croissance épitaxiale de la matière monocristalline commence dans la couche 13 de silicium polycristallin depuis sa partie qui est en contact avec le substrat 11 de silicium monocristallin par la fenêtre 23. La monocristallisation de la couche de silicium polycristallin se fait parallèlement à l'axe cristallographique du silicium monocristallin constituant le substrat 11 dans la direction du mouvement du faisceau de laser 15 vers la région de la couche 13 de silicium polycristallin sur la couche d'oxyde 12. En raison de la présence de la couche 41 de nitrure de silicium ayant la configuration de grille représentée sur la figure 4 a, l'irradiation au laser produit une distribution de températures pratiquement uniforme dans la couche 13 de silicium polycristallin même si la distribution réelle de puissance dans le faisceau est une distribution normale comme le montre la figure 5a. Sur la figure 5a, MP indique le point de fusion du silicium polycristallin.

Avec le spot de laser 31 se déplaçant dans la direction X indiquée sur la figure 5b, la transformation monocristalline qui commence dans le silicium polycristallin sur la fenêtre 23, procède toujours vers les régions du silicium polycristallin de température plus élevée ,

c'est-à-dire vers les parties au-dessous des lignes de la couche de nitrure de silicium 41 en forme de grille comme le montrent les flèches 33 de la figure 5b. Bien que des joints de grains puissent se former sous les lignes de la couche 41 de nitrure de silicium, il est possible d'obtenir une couche de silicium monocristallin de qualité sensiblement élevée, indépendamment de la direction dans laquelle se déplace le spot de laser. En outre, étant donné que s'ils existent, les joints de grains se situent suivant les lignes des grilles 41, la position de ces joints n' entraîne aucune perturbation des performances ou des caractéristiques du composant. En outre, il est facile de fabriquer des éléments semi-conducteurs à l'extérieur de ces joints de grains et il est donc possible de produire des composants semi-conducteurs d'une haute fiabilité selon l'invention.

Dans le mode de réalisation décrit ci-dessus, la couche anti-reflet est obtenue en formant la couche 41 de nitrure de silicium à une épaisseur de 600 à 1000 Angstroms directement sur la couche de silicium polycristallin par dépôt chimique en phase vapeur, de manière que les parties de cette dernière couche qui se trouvent sur la couche isolante 12 soient partiellement exposées. Cependant, la couche anti-reflet peut être formée à l'aide de matières diélectriques autres que le nitrure de silicium, pourvu que la matière soit transparente à la lumière laser et évite une réflexion substantielle de la lumière laser par la couche de silicium polycristallin. Par exemple, une couche d'oxyde thermique préparée en chauffant la couche de silicium polycristallin ou une couche d'oxyde formée par dépôt chimique en phase vapeur peut convenir à cet effet. Il est en outre possible de combiner soit l'oxyde thermique soit l'oxyde déposé avec la couche de nitrure de silicium pour obtenir un effet similaire sur la fonction anti-réflexion. En outre, il est possible de couvrir toute la surface de la plaquette avec une mince couche de nitrure de silicium pour éviter l'exposition à l'environnement, de la couche de

silicium polycristallin, avec des effets similaires à ceux obtenus dans le mode de réalisation décrit.

Comme cela a été décrit en détail, et selon l'invention, une mince couche isolante est produite comme couche anti-reflet. De plus, une couche semi-conductrice polycristalline ou amorphe est formée sur une face principale d'un substrat semi-conducteur monocristallin comportant, sur une partie de sa surface principale, une couche isolante épaisse formée avec des fenêtres par lesquelles la couche semi-conductrice polycristalline ou amorphe est en contact avec le substrat semi-conducteur monocristallin. La couche anti-reflet comporte une première partie qui couvre exactement toute une première surface de la couche semi-conductrice polycristalline ou amorphe sur les fenêtres et une seconde partie qui a la forme d'une grille parallèle s'étendant à partir de la première partie le long de l'axe cristallographique du substrat semi-conducteur monocristallin et couvrant partiellement une seconde surface entre des premières surfaces voisines. Par balayage d'un faisceau de laser depuis les premières parties de la couche anti-reflet au-dessus des fenêtres le long des secondes parties de la couche anti-reflet, une croissance épitaxiale de matière semi-conductrice monocristalline est facilement exécutée en commençant par la partie de la matière semi-conductrice polycristalline en contact avec le substrat semi-conducteur monocristallin. De plus, étant donné que la distribution latérale de température dans la matière semi-conductrice polycristalline ou amorphe est contrôlée avec la couche anti-reflet, la transformation monocristalline se fait uniformément sur une surface relativement grande. En outre, et selon l'invention, une couche semi-conductrice monocristalline de haute qualité est obtenue, dans laquelle l'axe cristallographique et la position des joints de grains sont contrôlés par la présence de la couche anti-reflet. Il est ainsi possible de produire des composants semi-conducteurs d'une haute fiabilité grâce au procédé de l'invention.

REVENDICATIONS

1. Procédé de fabrication d'une couche semi-conductrice monocristalline à partir d'une couche (13) semi-conductrice polycristalline ou amorphe formée sur une face principale d'un substrat (11) semi-conducteur monocristallin portant sur ladite face principale une couche isolante épaisse (12) formée avec des fenêtres (23) par lesquelles ladite couche semi-conductrice polycristalline ou amorphe est en contact avec ledit substrat semi-conducteur monocristallin, dans lequel la couche semi-conductrice polycristalline ou amorphe est fondue en la balayant avec un faisceau de laser (15) à ondes entretenues pour transformer en monocristal ladite couche semi-conductrice polycristalline ou amorphe à partir de parties dudit substrat semi-conducteur monocristallin s'étendant par lesdites fenêtres, la matière semi-conductrice transformée en monocristal ayant un axe cristallographique commun avec celui dudit substrat semi-conducteur monocristallin, procédé caractérisé en ce qu'il consiste à produire une mince couche anti-reflet (41) de matière isolante sur ladite couche semi-conductrice polycristalline ou amorphe, comprenant une première partie et une seconde partie, une partie de ladite couche semi-conductrice polycristalline ou amorphe au-dessus desdites fenêtres étant couverte par ladite première partie de ladite mince couche anti-reflet , ladite seconde partie de ladite mince couche anti-reflet étant disposée sur les parties qui subsistent de ladite couche semi-conductrice polycristalline ou amorphe, ladite seconde partie ayant la forme d'une grille de lignes parallèles s'étendant depuis ladite première partie dans la direction de balayage dudit faisceau de laser, et la puissance dudit faisceau de laser étant constante.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit substrat (11) semi-conducteur monocristallin consiste en du silicium, ladite couche isolante épaisse étant

en bioxyde de silicium et ladite mince couche anti-reflet étant en nitrure de silicium.

3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que ladite couche anti-reflet (41) a une épaisseur dans la plage de 600 à 1000 Angstroms.

FIG. 1

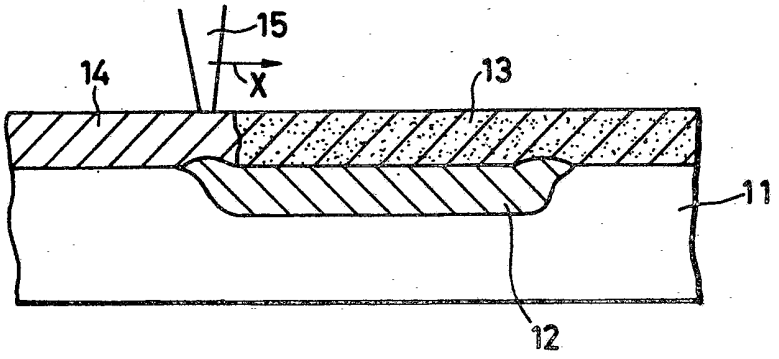


FIG. 2a

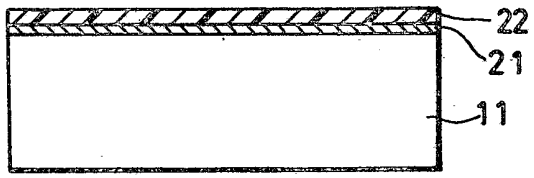


FIG. 2b

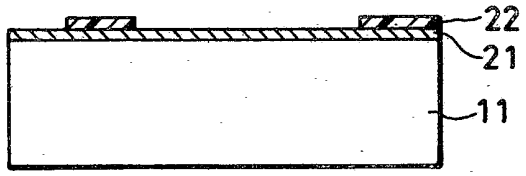


FIG. 2c

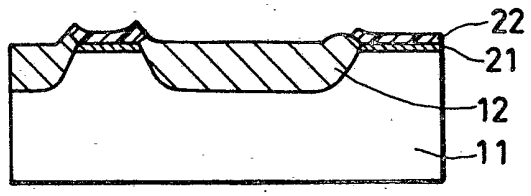


FIG. 2d

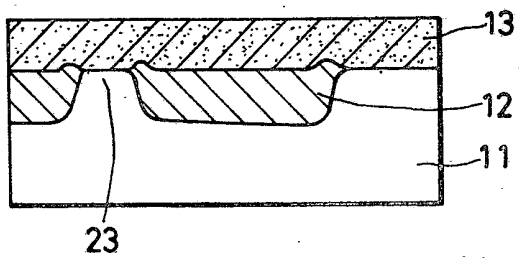


FIG. 3a

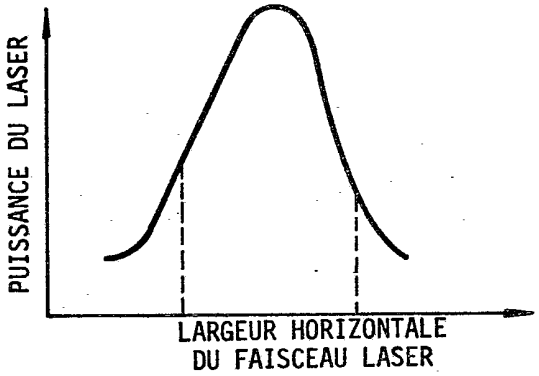

PUISSANCE DU LASER
LARGEUR HORIZONTALE
DU FAISCEAU LASER

FIG. 3b

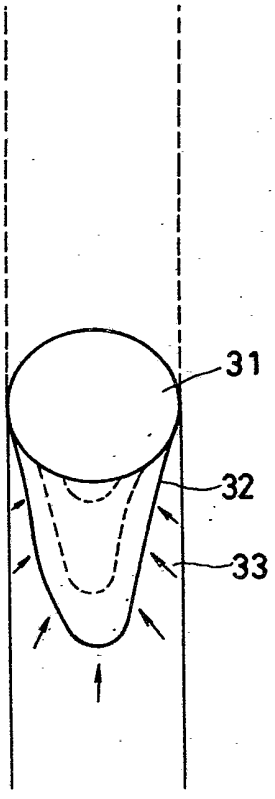

31
32
33

FIG. 4a

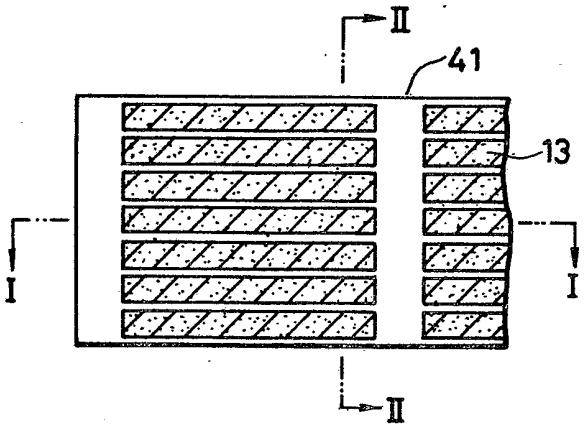


FIG. 4c

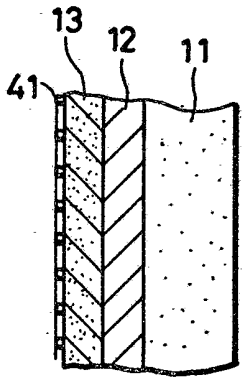


FIG. 4b

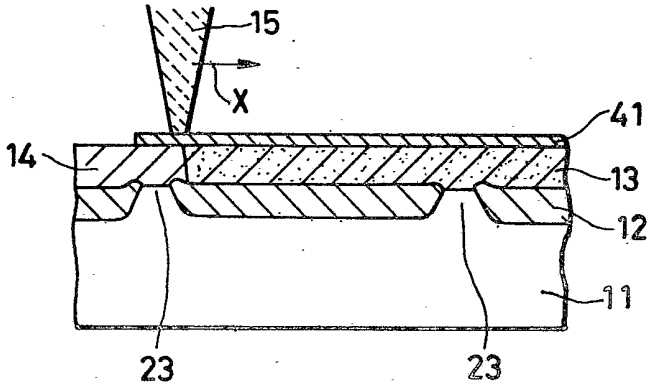


FIG. 5a

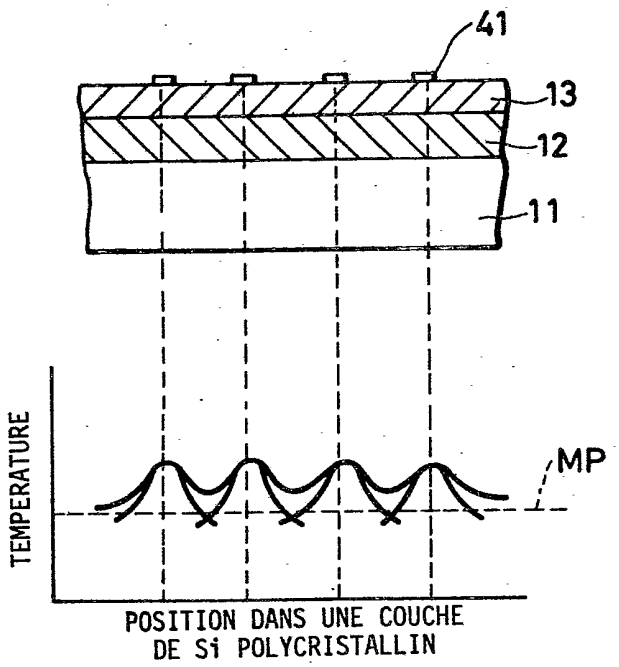
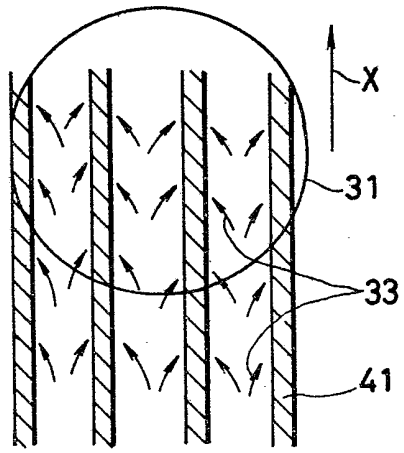

41
13
12
11
MP
TEMPERATURE
POSITION DANS UNE COUCHE
DE Si POLYCRISTALLIN

FIG. 5b


X
31
33
41