

19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

11) N° de publication : **2 896 254**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

21) N° d'enregistrement national : **06 50154**

51) Int Cl⁸ : C 30 B 28/04 (2006.01), C 30 B 35/00, G 01 L 5/00,
C 01 B 33/02, G 01 B 11/16

12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22) Date de dépôt : 17.01.06.

30) Priorité :

43) Date de mise à la disposition du public de la
demande : 20.07.07 Bulletin 07/29.

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) : *SOLARFORCE Société par actions
simplifiée — FR.*

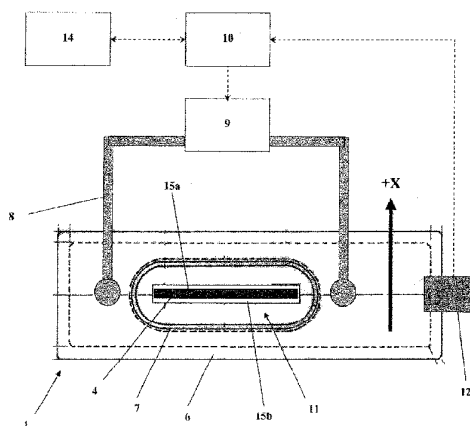
72) Inventeur(s) : BELOUET CHRISTIAN.

73) Titulaire(s) :

74) Mandataire(s) : FERAY LENNE CONSEIL.

54) TIRAGE SYMETRIQUE DE RUBANS COMPOSITES.

57) L'invention a pour objet un dispositif pour déposer une
couche à base de silicium polycristallin sur un support mo-
bile, allongé et sensiblement plat, comprenant un creuset
contenant un bain de silicium fondu, un support comportant
deux faces longitudinales et deux bords latéraux longitudi-
naux, ledit support étant plongé au moins partiellement
dans le bain et traversant sensiblement verticalement dans
le sens de la longueur la surface d'équilibre du bain, et un
écran thermique obturant sensiblement le creuset et com-
portant une ouverture par laquelle est extrait ledit support
recouvert d'une couche à base de silicium polycristallin, le-
dit dispositif comprenant en outre un organe d'entraînement
de l'écran thermique destiné à déplacer ledit écran selon un
axe de déplacement sensiblement perpendiculaire à une
face longitudinale dudit support afin de contrôler les échan-
ges thermiques entre l'intérieur et l'extérieur du creuset.



FR 2 896 254 - A1



Tirage symétrique de rubans composites

La présente invention concerne un dispositif pour déposer une couche à base de silicium polycristallin sur un support mobile ainsi que différents
5 procédés de mise en œuvre d'un tel dispositif.

Elle s'applique typiquement au tirage de rubans de silicium destinés à la fabrication de cellules photovoltaïques, notamment aux rubans composites du type Silicium/Carbone/Silicium.

Dans un exemple de réalisation, les plaques de silicium sont obtenues
10 à partir d'une couche de silicium formant un film qui est déposée sur un ruban de carbone. Ce ruban de carbone traverse en continu un bain de silicium fondu, de préférence verticalement. Après solidification, la bande qui sort du bain est une bande composite constituée d'une âme en carbone insérée entre deux couches de silicium. L'âme en carbone est ultérieurement
15 éliminée par brûlage dans un four à haute température. On obtient ainsi deux rubans de silicium de faible épaisseur qui sont découpés en plaques. Ces plaques subissent ensuite différents traitements conduisant à la réalisation de cellules photovoltaïques.

Ce type de procédé, appelé procédé RST (Ruban sur Substrat
20 Temporaire), est par exemple décrit dans les brevets FR 2 386 359 et FR 2 550 965.

Le document s'intitulant *Growth of silicon ribbons by the rad process* de C. BELOUET, publié dans le *Journal of Crystal Growth* 82 (1987) 110-116, présente un dispositif du type RST pour déposer une couche de silicium
25 polycristallin sur un ruban de carbone, comme illustré sur la figure 1. Ce dispositif 1 comprend un récipient 2 muni d'un fond horizontal dans lequel est aménagée une fente 3, un ruban de carbone 4 plongé dans un bain 5 de silicium fondu, ledit ruban 4 se déplaçant verticalement vers le haut et traversant la surface d'équilibre du bain 5 de façon à déposer ladite couche

sur les deux faces du ruban 4, et un écran thermique 6 obturant le récipient 2 et comportant une ouverture 7 par laquelle est extrait ledit ruban 4 recouvert de silicium.

Cependant, ce dispositif ne permet pas d'obtenir des épaisseurs de silicium constantes et d'égale épaisseur de part et d'autre du ruban de carbone. De ce fait, l'asymétrie engendrée par cette variation d'épaisseur entre les deux faces du ruban entraîne une chute de la productivité. En effet, cette asymétrie entraîne des contraintes d'origine thermoélastique dans le ruban composite au refroidissement et provoque ainsi des fractures dans les couches de silicium et notamment au niveau de la couche ayant l'épaisseur la plus mince.

L'invention vise à résoudre les problèmes de l'art antérieur en proposant un dispositif permettant de diminuer les coûts de fabrication et d'augmenter le taux de production des plaques de silicium. Le dispositif est particulièrement avantageux pour la réalisation de couches de silicium de très faibles épaisseurs, comprises entre 30 et 100 μm , mais il s'applique également aux plus grandes épaisseurs.

A cet effet, l'invention a pour objet un dispositif pour déposer une couche à base de silicium polycristallin sur un support mobile, allongé et sensiblement plat, comprenant un creuset contenant un bain de silicium fondu, un support comportant deux faces longitudinales et deux bords latéraux longitudinaux, ledit support étant plongé au moins partiellement dans le bain et traversant sensiblement verticalement dans le sens de la longueur la surface d'équilibre du bain, et un écran thermique obturant sensiblement le creuset et comportant une ouverture par laquelle est extrait ledit support recouvert d'une couche à base de silicium polycristallin, ledit dispositif comprenant en outre un organe d'entraînement de l'écran thermique destiné à déplacer ledit écran selon un axe de déplacement sensiblement perpendiculaire à une face longitudinale dudit support afin de contrôler les échanges thermiques entre l'intérieur et l'extérieur du creuset.

Grâce à l'invention, l'asymétrie au niveau des épaisseurs des couches de silicium de part et d'autre du ruban de carbone est corrigée de façon significative, notamment pour les couches de faible épaisseur.

Selon une autre caractéristique, l'organe d'entraînement de l'écran
5 thermique est solidaire d'une table de déplacement motorisée.

L'invention concerne également un premier procédé de mise en œuvre du dispositif selon l'invention comprenant les étapes suivantes : mesurer, à l'aide d'au moins un moyen de détection optique, une déformation au niveau d'un des bords latéraux longitudinaux du support recouvert d'une couche à
10 base de silicium polycristallin sur chacune de ses faces longitudinales, et déduire à l'aide d'un ensemble d'abaques, à partir de ladite déformation, une amplitude et un sens de déplacement de l'écran selon l'axe de déplacement.

Selon un exemple de caractéristique avantageux, ladite déformation est le déplacement du support parallèlement à l'axe de déplacement de l'écran.

15 L'invention concerne également un second procédé de mise en œuvre du dispositif selon l'invention comprenant les étapes suivantes : mesurer, à l'aide d'au moins deux moyens de détection optique, une déformation au niveau de chaque face longitudinale du support recouvert d'une couche à base de silicium polycristallin sur chacune de ses faces
20 longitudinales, et déduire à l'aide d'un ensemble d'abaques, à partir de ladite déformation, une amplitude et un sens de déplacement de l'écran selon l'axe de déplacement.

Selon une caractéristique avantageuse, ladite déformation est le décalage des lignes de raccordement solide-liquide de chaque couche dans
25 un axe perpendiculaire à l'axe de déplacement de l'écran.

Le premier et le second procédés permettent de contrôler et de corriger de façon simple et peu coûteuse l'asymétrie résultant d'une différence d'épaisseur entre les couches de silicium.

Selon un mode particulier de réalisation, le premier et le second procédés comprennent les étapes suivantes : déterminer, à l'aide des abaques (14), à partir de la mesure de ladite déformation, une valeur du coefficient d'asymétrie, et déterminer, à l'aide des abaques (14), à partir de
5 ladite valeur, l'amplitude et le sens de déplacement de l'écran (6) selon l'axe de déplacement.

L'invention concerne également un troisième procédé de mise en œuvre du dispositif selon l'invention comprenant les étapes suivantes : mesurer, à l'aide d'au moins une sonde hyperfréquence, l'épaisseur de
10 chacune des couches à base de silicium polycristallin du support, et déterminer, à l'aide d'un ensemble d'abaques, à partir de la mesure des dites épaisseurs, une amplitude et un sens de déplacement de l'écran selon l'axe de déplacement.

L'invention sera mieux comprise grâce à la description qui suit en
15 référence aux dessins annotés et illustrant divers modes de réalisations.

La figure 1 représente une vue en coupe verticale d'un dispositif selon l'art antérieur décrit ci-avant.

La figure 2 représente une vue en coupe verticale d'un dispositif selon l'invention.

20 La figure 3 représente une vue de dessus d'un écran thermique du dispositif selon l'invention.

La figure 4 représente une vue schématique en coupe verticale d'une face latérale d'un ruban composite selon un type de déformation.

La figure 5 représente une vue schématique en coupe verticale d'une
25 face latérale d'un ruban composite selon un autre type de déformation.

Le tirage RST en continu requiert un certain nombre de conditions préalables connues.

La première condition consiste à ce que le tirage du ruban RST s'effectue suivant une direction sensiblement perpendiculaire à la surface du bain de silicium fondu. Cette condition est obtenue par exemple en maintenant une force de traction adéquate dans une direction opposée à la
5 force de tirage.

La seconde condition provient de la symétrie des ménisques, à partir desquels se forment les films de silicium opposés. Cette condition est obtenue par une distance ruban – parois latérales du creuset d'au moins 30 mm et d'un chauffage du creuset, de préférence par effet Joule.

10 Cependant, même lorsque toutes ces conditions sont remplies, un tirage non symétrique, c'est-à-dire avec des épaisseurs de silicium différentes de part et d'autre du ruban de carbone, peut encore être observé.

L'origine de cette asymétrie est attribuée à des échanges thermiques différenciés de part et d'autre du ruban de carbone provenant d'un chauffage
15 imparfait du creuset, du transfert thermique par convection entre le ruban composite et le gaz de balayage de l'enceinte et des échanges thermiques radiatifs entre ledit ruban et le milieu environnant.

Même avec des contrôles appropriés tels que par exemple une circulation contrôlée du gaz de balayage dans la zone de cristallisation ou
20 une configuration géométrique optimisée de l'ensemble du four de tirage, des différences d'épaisseur relativement faibles sont toujours présentes. Ces différences peuvent entraîner, notamment dans la couche de silicium la plus mince, des contraintes d'origine thermoélastique susceptibles d'induire des fractures dans ladite couche.

25 Ces contraintes, dites « résiduelles », croissent rapidement avec le coefficient d'asymétrie p_{asym} , notamment dans le cas de tirage où les couches de silicium sont de faible épaisseur. Le coefficient d'asymétrie p_{asym} est défini par le rapport suivant :

$$p_{\text{asym}} = (E1 - E2) / Et, \text{ avec } Et = E1 + E2$$

où E1 est l'épaisseur de la couche épaisse de silicium, E2 est l'épaisseur de la couche mince de silicium, et Et est l'épaisseur totale.

L'invention vise donc à éliminer tout problème d'asymétrie au niveau
5 d'un ruban composite du type Silicium/Carbone/Silicium. Le dispositif selon l'invention va agir sur l'asymétrie thermique globale qui est la somme de toutes les asymétries résiduelles précédemment citées.

Pour cela, l'invention propose un dispositif de type RST comprenant un organe d'entraînement de l'écran thermique destiné à déplacer ledit écran
10 selon un axe de déplacement sensiblement perpendiculaire à une face longitudinale dudit ruban composite.

Le déplacement de l'écran, notamment de l'ouverture par laquelle est extrait le ruban composite, permet de contrôler les échanges thermiques entre l'intérieur et l'extérieur du creuset et donc de modifier les échanges
15 thermiques autour de la zone de cristallisation du silicium : l'asymétrie thermique globale est ainsi éliminée.

Ainsi, ce dispositif permet d'obtenir un taux élevé de plaques utilisables : le rendement de fabrication des plaques de silicium est donc amélioré de façon significative. De plus, ce dispositif permet d'accéder à des
20 plaques de silicium d'épaisseur inférieure à 80 μm avec des vitesses de tirage élevées.

Sur la figure 2, est représenté un creuset 2 parallélépipédique contenant un bain 5 de silicium fondu. Le fond du creuset 2 comporte une fente 3 à travers laquelle passe verticalement un ruban 4 de carbone qui sort
25 du bain 5 en traversant sa surface d'équilibre. Le dispositif 1 comprend, en outre, des moyens de chauffage, non représentés, disposés autour du creuset 2 pour maintenir le silicium à l'état liquide.

Un écran thermique 6 obture sensiblement le creuset 2 et comprend une ouverture 7 par laquelle est extrait le ruban composite 11 Silicium/Carbone/Silicium.

Comme représenté sur les figures 2 et 3, un organe d'entraînement 8, 5 du type élément mécanique rigide en forme de « U », est fixé sur l'écran thermique 6.

Un signal de mesure est envoyé par un moyen de détection 12 à un automate programmable 10.

L'automate programmable 10 traite le signal de mesure à l'aide d'un 10 ensemble d'abaques 14 établis expérimentalement et envoie un signal de commande à un dispositif d'entraînement 9, du type table de déplacement motorisée.

La table de déplacement 9, pilotée par ledit automate 10, supporte l'écran 6 via l'organe d'entraînement 8.

15 L'écran thermique 6 est ainsi déplacé par l'organe d'entraînement 8 selon un axe de déplacement (axe X) sensiblement perpendiculaire à une face longitudinale du ruban composite 11.

Le sens de déplacement de l'écran 6 est défini par l'épaisseur des 20 couches 15a,15b de silicium du ruban composite 11, pour une hauteur du bain 5 de silicium fondu dans le creuset 2 sensiblement constante et située à quelques millimètres de l'écran thermique 6.

Dans de telles conditions, pour corriger l'asymétrie, il est effectué un déplacement de l'écran 6 vers la couche 15a,15b la plus épaisse, afin de 25 réduire l'espace, entre l'ouverture 7 de l'écran 6 et la face longitudinale dudit ruban composite 11 comprenant cette couche plus épaisse.

En outre, ledit écran 6 est placé à une hauteur ajustable de 0 à quelques millimètres au-dessus du creuset 2, afin de pouvoir le déplacer facilement au-dessus du creuset 2.

Différents procédés permettent de déterminer l'amplitude et le sens de déplacement de l'écran thermique à partir de mesures de grandeurs physiques fonction de l'asymétrie instantanée et sur la base d'un ensemble d'abaques reliant ces grandeurs au coefficient d'asymétrie pour chaque configuration de tirage.

Un premier type de procédé permet de déterminer de façon indirecte l'amplitude et le sens de déplacement de l'écran.

On mesure le déplacement du ruban composite parallèlement à l'axe X par rapport à une valeur de consigne en réponse à sa courbure, générée par l'asymétrie.

Les conditions nominales ou les valeurs de consigne du tirage de rubans RST sont définies par l'obtention, à une vitesse de tirage donnée, d'un film de silicium sur chaque face du ruban de carbone, les épaisseurs des deux couches de silicium étant égales à une valeur prédéfinie constante, de préférence comprise environ entre 50 et 300 μm .

Comme représenté sur la figure 4, lorsque les couches de silicium opposées ont une épaisseur différente, le ruban composite se courbe au refroidissement en raison des propriétés thermomécaniques différentes du ruban de carbone 4 et des couches 15a, 15b de silicium : la valeur du coefficient de dilatation thermique du silicium est plus grande que celle du carbone.

Au refroidissement, la couche de silicium 15a la plus épaisse est ainsi en compression et la couche de silicium 15b la moins épaisse est en extension.

Ainsi, pour réguler le tirage symétrique utilisant cette propriété, on corrige l'asymétrie en mesurant le déplacement algébrique dx du ruban composite 11 dans la direction selon l'axe X , qui est associé à la courbure dudit ruban 11, par rapport à sa position nominale x_0 .

- 5 En se référant à la figure 3, le déplacement algébrique dx du ruban composite 11 est mesuré à l'aide d'un moyen de détection optique 12 du type caméra CCD à haute résolution. Cette caméra est placée à une hauteur fixe située au-dessus de la ligne de raccordement solide-liquide.

Le déplacement algébrique dx est fonction du coefficient d'asymétrie
10 p_{asym} , précédemment défini, pour des conditions opératoires données, à savoir l'épaisseur totale E et notamment, la tension appliquée sur le ruban de carbone.

Le déplacement dx mesuré est envoyé à l'automate programmable 10 de traitement du signal.

- 15 L'automate programmable 10 compare le déplacement dx à un déplacement de consigne dx_0 , puis le corrèle, à l'aide des abaques 14, à une valeur du coefficient d'asymétrie du ruban composite 11.

La valeur du coefficient d'asymétrie est ensuite corrélée, à l'aide des
20 abaques 14, à une amplitude et à un sens de déplacement de l'écran 6 selon l'axe X afin de corriger l'asymétrie.

Selon la figure 4, le sens de déplacement de l'écran 6 s'effectue dans le sens $-X$ puisque la couche de silicium 15a est la plus épaisse.

Enfin, selon la figure 3, l'automate programmable 10 envoie un signal de commande à la table de déplacement 9 motorisée afin de mettre en
25 action l'organe d'entraînement 8.

Un second type de procédé permet également de déterminer de façon indirecte l'amplitude et le sens de déplacement de l'écran.

On corrige l'asymétrie en comparant le décalage vertical entre les lignes de raccordement solide - liquide du ruban composite avec une valeur de consigne.

Comme illustré sur la figure 5, chaque ligne de raccordement 13a,13b au niveau des faces longitudinales du ruban composite 11 se trouve dans un axe perpendiculaire à l'axe X, correspondant respectivement à chacune des couches 15a,15b de silicium dudit ruban 11.

La position de chaque ligne de raccordement solide-liquide 13a,13b est mesurée respectivement à l'aide d'une caméra CCD 12a,12b à haute résolution, placée en vis-à-vis de chaque face longitudinale du ruban composite 11.

Les positions h1 et h2 de chaque ligne sont parfaitement identifiables par contraste de couleur entre le ménisque liquide 5a,5b et la couche 15a,15b de silicium cristallisé.

Dans un exemple particulier, la couche de silicium 15a la plus épaisse est celle dont la ligne de raccordement solide-liquide 13a à la position h1 la plus basse.

Le décalage dh, correspondant à la différence entre les positions h1 et h2, est fonction du coefficient d'asymétrie p_{asym} précédemment défini. La recherche du tirage symétrique, caractérisé par p_{asym} environ égal à zéro, nécessite le maintien de dh à une valeur de référence proche de zéro, notamment de dh inférieure en valeur absolue à $50\mu\text{m}$.

En outre, d'autres moyens de détection optique peuvent être utilisés comme un photodétecteur.

En se référant à la figure 3, le signal de mesure du décalage dh est envoyé à l'automate programmable 10 de traitement du signal.

L'automate programmable 10 compare le décalage dh à un décalage de consigne dh_0 , puis le corrèle, à l'aide des abaqués 14, à une valeur du coefficient d'asymétrie du ruban composite 11.

La valeur du coefficient d'asymétrie est ensuite corrélée, à l'aide des
5 abaqués 14, à une amplitude et à un sens de déplacement de l'écran 6 selon l'axe X afin de corriger l'asymétrie.

Selon la figure 5, le sens de déplacement de l'écran 6 s'effectue dans le sens +X puisque la couche de silicium 15a est la plus épaisse.

Enfin, selon la figure 3, l'automate programmable 10 envoie un signal
10 de commande à la table de déplacement 9 motorisée afin de mettre en action l'organe d'entraînement 8.

Un troisième type de procédé, non représenté, permet de déterminer de façon directe l'amplitude et le sens de déplacement de l'écran.

A l'aide de deux sondes hyperfréquences positionnées respectivement
15 de part et d'autre du ruban composite, en vis-à-vis de chacune des faces longitudinales du ruban composite, on mesure respectivement l'épaisseur E1 et E2 de chacune des couches de silicium au-dessus du front de cristallisation.

Les mesures des épaisseurs E1 et E2 sont envoyées à un automate
20 programmable de traitement du signal.

L'automate programmable calcule directement la valeur du coefficient d'asymétrie à partir desdites épaisseurs E1 et E2, puis la corrèle, à l'aide d'un ensemble d'abaqués, à une amplitude et un sens de déplacement de l'écran selon l'axe X.

25 Le signal de commande en résultant est envoyé à une table de déplacement motorisée afin de mettre en action l'organe d'entraînement.

Selon une autre caractéristique non représentée et quel que soit le type de procédé utilisé, l'épaisseur totale du ruban composite est contrôlée continuellement par une caméra CCD placée à une hauteur fixe située au-dessus de la zone de cristallisation.

- 5 En effet, après retour au tirage symétrique, il faut s'assurer que l'épaisseur totale E_T de silicium déposé est bien comprise dans l'intervalle de consigne, dans la mesure où les échanges thermiques globaux ont été perturbés par la correction.

Cette caméra CCD est interfacée avec un automate programmable
10 pour le traitement des données et l'extraction du signal de commande. L'épaisseur mesurée E_T par la caméra CCD correspond à l'épaisseur totale E_T additionnée de l'épaisseur du ruban de carbone E_c .

Cependant, le ruban de carbone, lorsqu'il est extrait du bain de silicium, est également recouvert de silicium sur ses bords latéraux longitudinaux et la
15 mesure de E_c est donc inaccessible par des moyens de mesure directs.

Ainsi, à l'aide de techniques capacitives ou tactiles, on détermine l'épaisseur du ruban de carbone E_c' avant l'entrée dudit ruban dans le creuset et l'épaisseur E_c est déduite de l'épaisseur E_c' sur la base d'un ensemble d'abaques expérimentaux.

- 20 La mesure de l'épaisseur E_T est ensuite envoyée à l'automate programmable de traitement du signal.

L'automate programmable compare l'épaisseur E_T , corrigée de l'épaisseur E_c définie précédemment, à une épaisseur de consigne E_{t_0} .

- 25 La différence entre d'une part, l'épaisseur E_T corrigée de l'épaisseur E_c , et d'autre part, l'épaisseur de consigne E_{t_0} , est traduite en un signal de commande, qui ramène l'épaisseur du ruban composite à son épaisseur de consigne plus ou moins $3\mu\text{m}$, en modifiant par exemple la puissance de

chauffage du creuset à vitesse de tirage constante ou bien la vitesse de tirage à puissance de chauffage constante.

L'invention n'est pas limitée aux modes de réalisations précédentes.

Ainsi, le procédé peut comprendre une boucle de régulation de type
5 PID afin d'ajuster au mieux le déplacement de l'écran thermique.

En outre, bien qu'il soit avantageux d'obtenir simultanément deux films de silicium c'est-à-dire un film par face du ruban, un seul film peut être obtenu en empêchant le dépôt de silicium sur l'une des deux faces du ruban de carbone et le dispositif selon l'invention permet également de contrôler
10 l'épaisseur de la couche de silicium de ce type de ruban.

15

20

REVENDICATIONS

1. Dispositif (1) pour déposer une couche (15) à base de silicium polycristallin sur un support (4) mobile, allongé et sensiblement plat, comprenant :
- 5
- un creuset (2) contenant un bain (5) de silicium fondu,
 - un support (4) comportant deux faces longitudinales et deux bords latéraux longitudinaux, ledit support étant plongé au moins partiellement dans le bain (5) et traversant sensiblement verticalement dans le sens de la longueur la surface d'équilibre du

10

 - bain (5), et
 - un écran thermique (6) obturant sensiblement le creuset (2) et comportant une ouverture (7) par laquelle est extrait ledit support (11) recouvert d'une couche (15a,15b) à base de silicium polycristallin,

15

 - caractérisé en ce que ledit dispositif (1) comprend en outre un organe (8) d'entraînement de l'écran thermique (6) destiné à déplacer ledit écran (6) selon un axe de déplacement sensiblement perpendiculaire à une face longitudinale dudit support (4,11) afin de contrôler les échanges thermiques entre l'intérieur et l'extérieur du creuset (2).

20
2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'organe d'entraînement (8) de l'écran thermique (6) est solidaire d'une table de déplacement (9) motorisée.
- 25
3. Procédé de mise en œuvre du dispositif selon la revendication 1 ou 2 comprenant les étapes suivantes :
- mesurer, à l'aide d'au moins un moyen de détection optique (12), une déformation au niveau d'un des bords latéraux longitudinaux du support (11) recouvert d'une couche (15a,15b) à base de silicium

30

 - polycristallin sur chacune de ses faces longitudinales, et

- déduire à l'aide d'un ensemble d'abaques (14), à partir de ladite déformation, une amplitude et un sens de déplacement de l'écran (6) selon l'axe de déplacement.
- 5 **4.** Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que ladite déformation est le déplacement du support (11) parallèlement à l'axe de déplacement de l'écran.
- 5.** Procédé de mise en œuvre du dispositif selon la revendication 1 ou 2
10 comprenant les étapes suivantes :
- mesurer, à l'aide d'au moins deux moyens de détection optique (12a,12b), une déformation au niveau de chaque face longitudinale du support (11) recouvert d'une couche (15a,15b) à base de silicium polycristallin sur chacune de ses faces longitudinales, et
 - 15 - déduire à l'aide d'un ensemble d'abaques (14), à partir de ladite déformation, une amplitude et un sens de déplacement de l'écran (6) selon l'axe de déplacement.
- 6.** Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que ladite
20 déformation est le décalage des lignes de raccordement (13a,13b) solide-liquide de chaque couche (15a,15b) dans un axe perpendiculaire à l'axe de déplacement de l'écran (6).
- 7.** Procédé selon l'une quelconque des revendications 3 à 6, comprenant
25 les étapes suivantes :
- déterminer, à l'aide des abaques (14), à partir de la mesure de ladite déformation, une valeur du coefficient d'asymétrie, et
 - déterminer, à l'aide des abaques (14), à partir de ladite valeur, l'amplitude et le sens de déplacement de l'écran (6) selon l'axe de
30 déplacement.

8. Procédé de mise en œuvre du dispositif selon la revendication 1 ou 2 comprenant les étapes suivantes :
- mesurer, à l'aide d'au moins une sonde hyperfréquence, l'épaisseur de chacune des couches (15a,15b) à base de silicium polycristallin du support (11), et
 - déterminer, à l'aide d'un ensemble d'abaques (14), à partir de la mesure desdites épaisseurs, une amplitude et un sens de déplacement de l'écran (6) selon l'axe de déplacement.
- 5

1/2

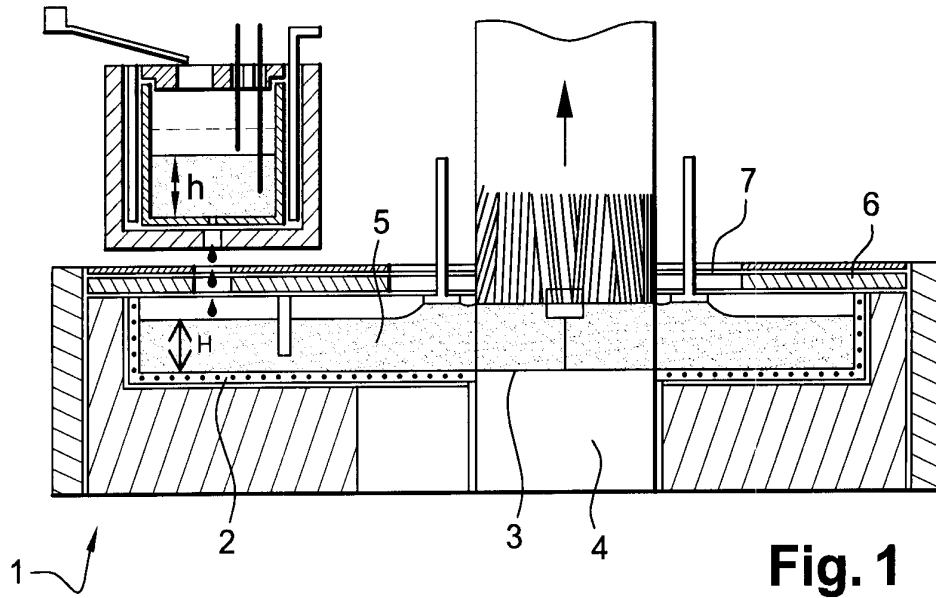


Fig. 1

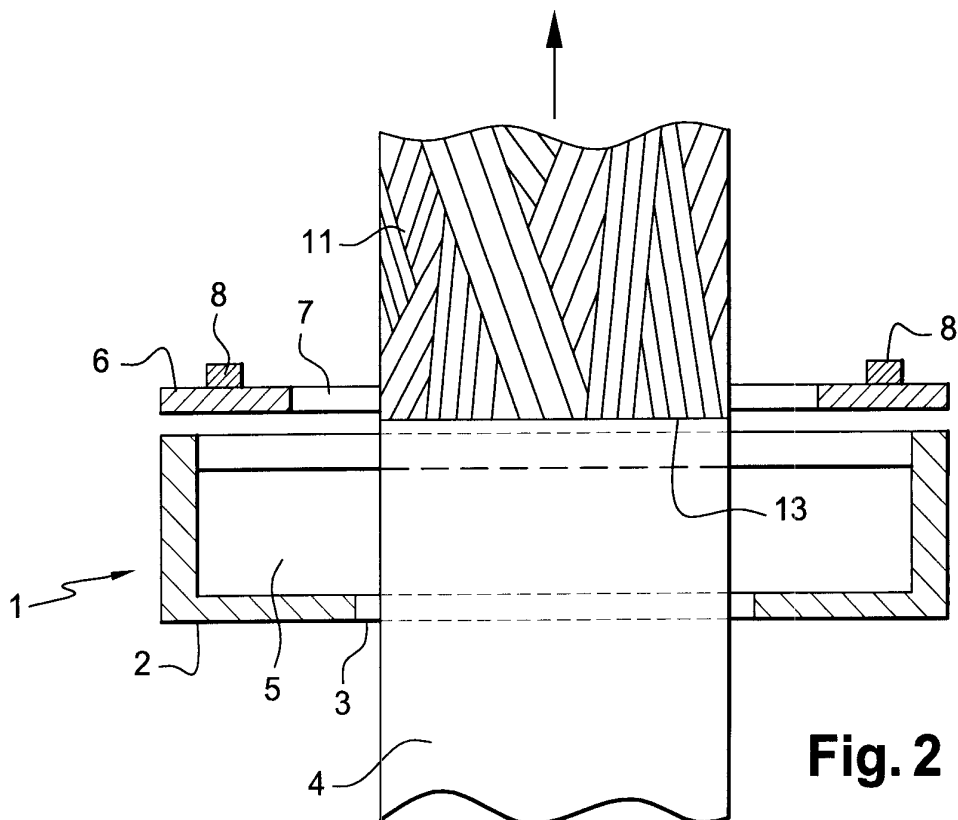


Fig. 2

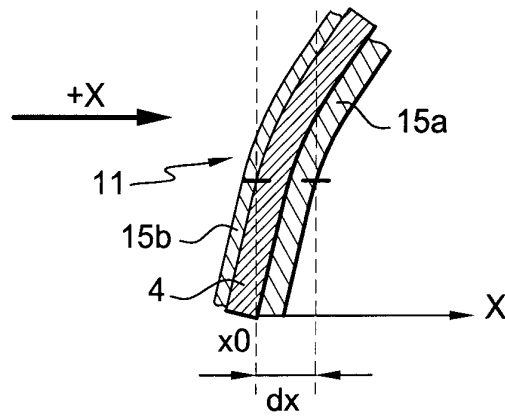
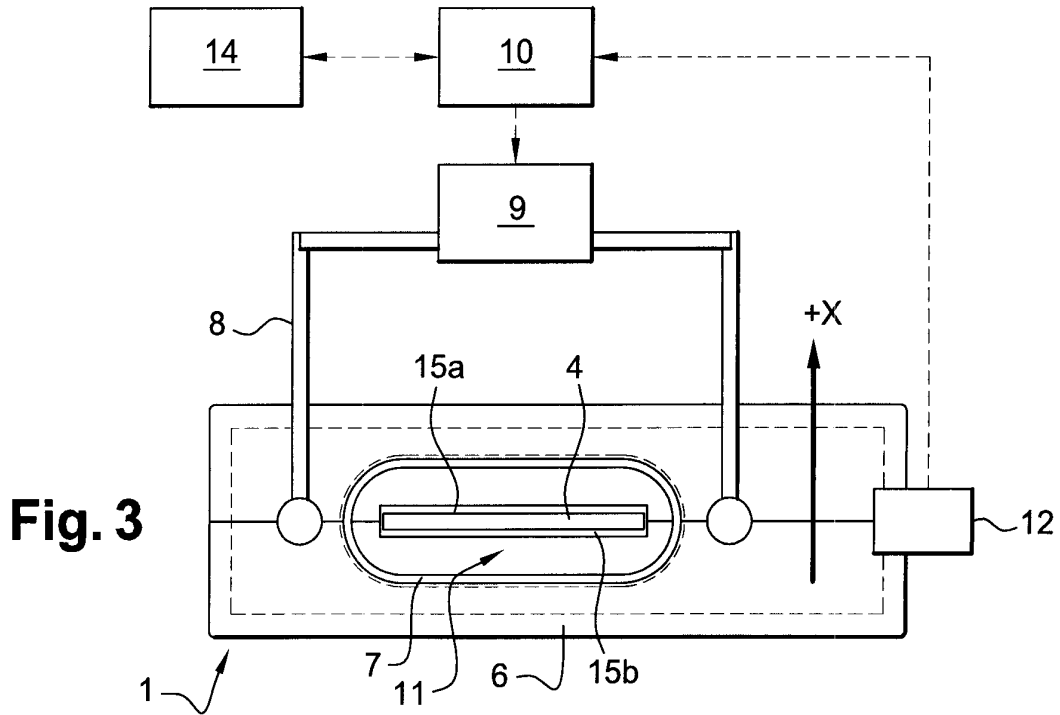


Fig. 4

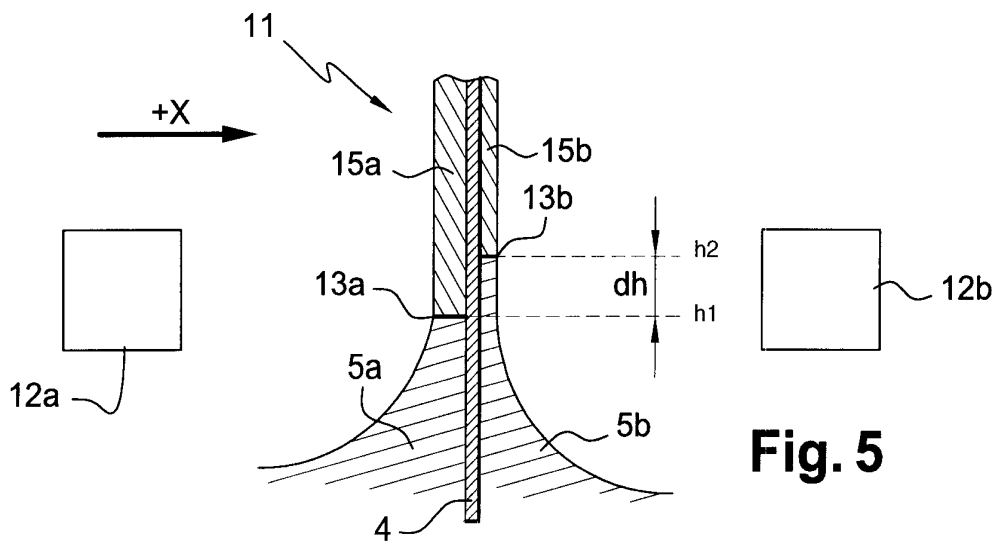


Fig. 5



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**
établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
nationalFA 676500
FR 0650154

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,D	BELOUET C: "Growth of silicon ribbons by the RAD process" JOURNAL OF CRYSTAL GROWTH NETHERLANDS, vol. 82, no. 1-2, mars 1987 (1987-03), pages 110-116, XP002402138 ISSN: 0022-0248 * page 111, colonne de droite, dernier alinéa - page 112, colonne de gauche, alinéa 1 * * page 112, colonne de droite, alinéa 2 * * figures 1,4 *	1	B05C3/12 B05D7/24 G01L1/00 C01B33/02
A	BELOUET C ET AL: "Growth of polysilicon sheets on a carbon shaper by the RAD process" JOURNAL OF CRYSTAL GROWTH NETHERLANDS, vol. 61, no. 3, avril 1983 (1983-04), pages 615-628, XP002402139 ISSN: 0022-0248 * page 616, alinéa 3 - page 618, alinéa 4; figures 4,6 *	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
A	EP 0 141 114 A (COMPAGNIE GENERALE D'ELECTRICITE SOCIETE ANONYME DITE:; SOCIETE NATION) 15 mai 1985 (1985-05-15) * le document en entier *	1,3,5,8	C23C B05C C30B G01B H01L
A	US 4 217 165 A (CISZEK, THEODORE F) 12 août 1980 (1980-08-12) * le document en entier *	1,3,5,8	
A	WO 03/027346 A (SMS DEMAG AKTIENGESELLSCHAFT; BRISBERGER, ROLF) 3 avril 2003 (2003-04-03) * le document en entier *	3,5	
A	EP 0 048 688 A (CABLES CORTAILLOD S.A) 31 mars 1982 (1982-03-31) * le document en entier *	3,5	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
9 octobre 2006		JOFFREAU, P	
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 0650154 FA 676500**

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 09-10-2006

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
EP 0141114	A	15-05-1985	AU 564654 B2	20-08-1987
			AU 3246984 A	07-03-1985
			CA 1224026 A1	14-07-1987
			DE 3474222 D1	27-10-1988
			FR 2556109 A2	07-06-1985
			US 4577588 A	25-03-1986

US 4217165	A	12-08-1980	AUCUN	

WO 03027346	A	03-04-2003	BR 0212722 A	05-10-2004
			CA 2461004 A1	03-04-2003
			CN 1556871 A	22-12-2004
			DE 10146791 A1	10-04-2003
			EP 1427867 A1	16-06-2004
			JP 2005503487 T	03-02-2005
			MX PA04002626 A	08-07-2004
			PL 367506 A1	21-02-2005
US 2004241336 A1	02-12-2004			

EP 0048688	A	31-03-1982	CH 641275 A5	15-02-1984
			DE 3174247 D1	07-05-1986
