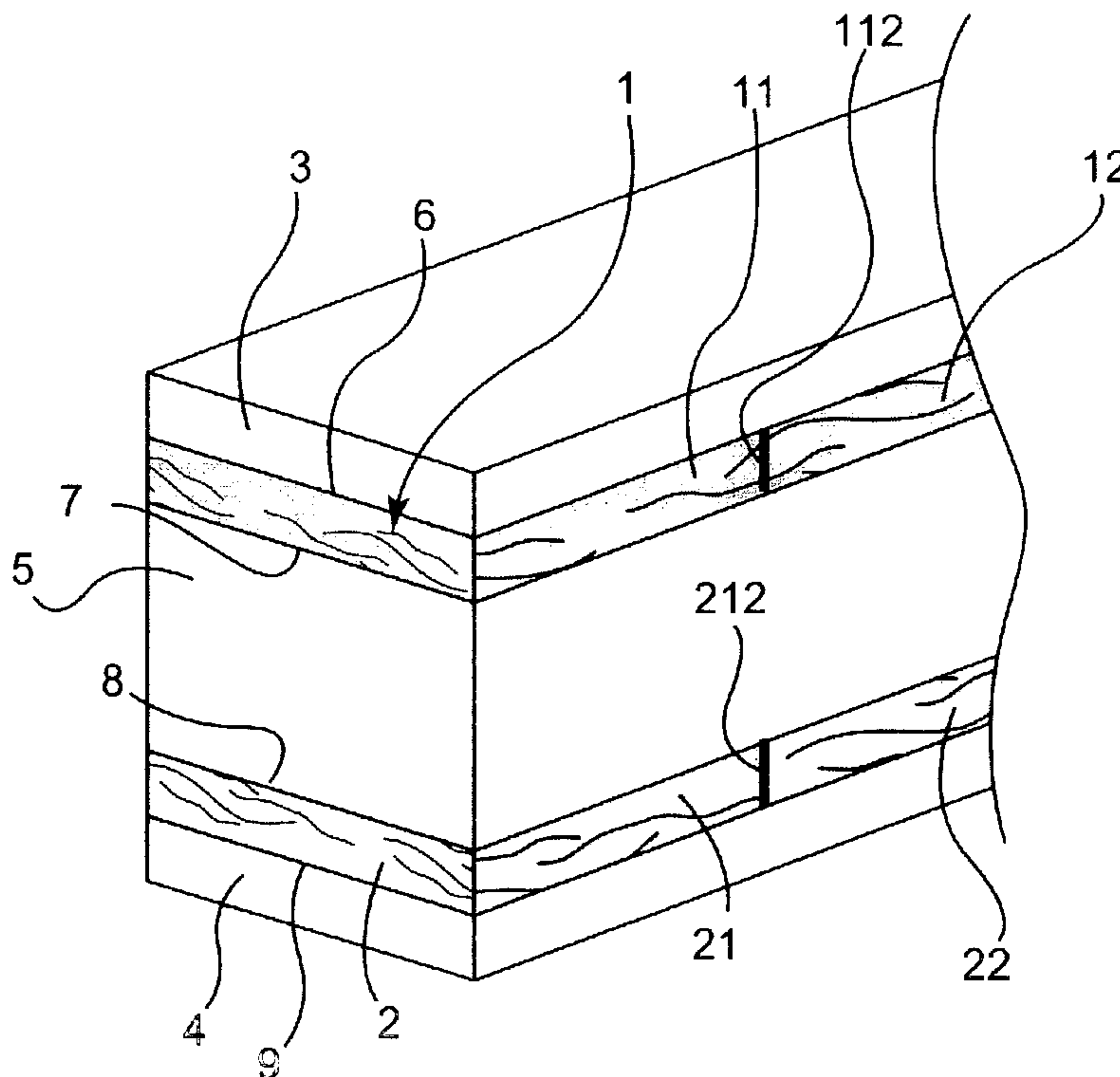




(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2005/01/13  
 (87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2005/09/15  
 (45) Date de délivrance/Issue Date: 2013/04/02  
 (85) Entrée phase nationale/National Entry: 2006/08/03  
 (86) N° demande PCT/PCT Application No.: FR 2005/000075  
 (87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2005/085931  
 (30) Priorité/Priority: 2004/02/06 (FR0401194)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *G02B 26/08* (2006.01),  
*G02B 5/08* (2006.01)  
 (72) Inventeurs/Inventors:  
CARRE, JEAN-FRANCOIS, FR;  
FERME, JEAN JACQUES, FR  
 (73) Propriétaire/Owner:  
SOCIETE EUROPEENNE DE SYSTEMES OPTIQUES,  
FR  
 (74) Agent: BORDEN LADNER GERVAIS LLP

(54) Titre : MIROIR BIMORPHE AVEC DEUX COUCHES PIEZO-ELECTRIQUES SEPARÉES PAR UNE ÂME CENTRALE EN MATERIAU SEMI-RIGIDE  
 CENTRALE EN MATERIAU SEMI-RIGIDE  
 (54) Title: BIMORPH MIRROR PROVIDED WITH TWO PIEZOELECTRIC LAYERS SEPARATED BY A CENTRAL CORE MADE OF A SEMI-RIGID MATERIAL



(57) Abrégé/Abstract:

L'invention est relative à un miroir bimorphe présentant une première (1) et une deuxième (2) couche en céramique piézo-électrique ainsi qu'au moins une électrode permettant de faire varier au moins une courbure du miroir en fonction d'au moins une tension électrique appliquée aux céramiques piézo-electriques. Le miroir selon l'invention est caractérisé en ce que la première (1) et la deuxième (2) couche sont séparées par une âme centrale (5), en matériau tel que du verre ou de la silice, qui forme une poutre semi-rigide.

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION  
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle  
Bureau international(43) Date de la publication internationale  
15 septembre 2005 (15.09.2005)

PCT

(10) Numéro de publication internationale  
**WO 2005/085931 A1**(51) Classification internationale des brevets<sup>7</sup> :**G02B 26/08**, 5/08Armand - B.P. 55000, F-13792 AIX-EN-PROVENCE  
CEDEX 3 (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/FR2005/000075

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (*pour US seulement*) : **CARRE, Jean-François** [FR/FR]; 457 Chemin du Ventoux, F-84120 PERTUIS (FR). **FERME, Jean-Jacques** [FR/FR]; 12 Allée Paul Gauguin, F-13880 VELAUX (FR).

(22) Date de dépôt international :

13 janvier 2005 (13.01.2005)

(25) Langue de dépôt :

français

(74) Mandataires : **CABINET ORES** etc.; 36, rue de St Petersburg, F-75008 PARIS (FR).

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

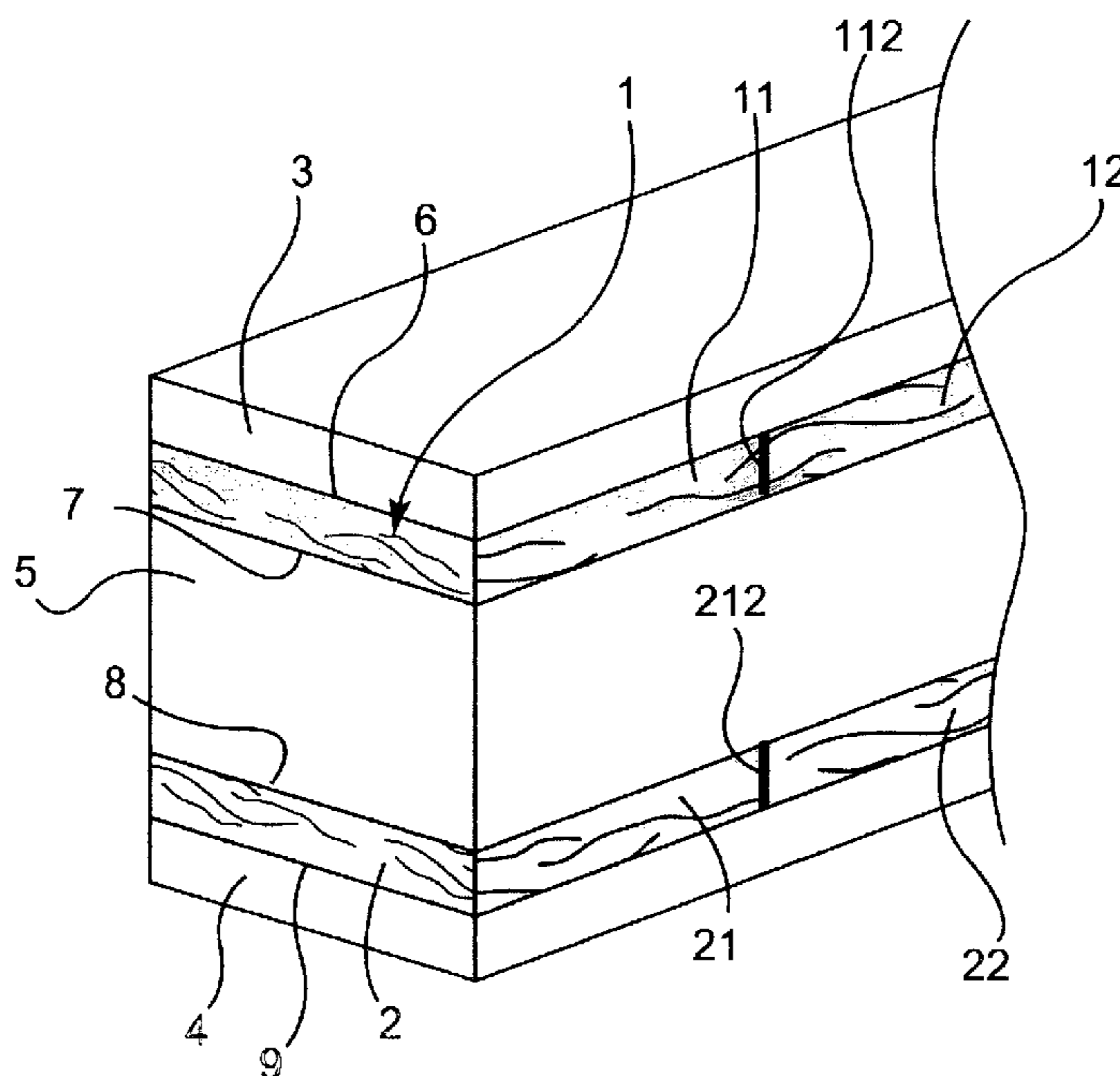
0401194 6 février 2004 (06.02.2004) FR

(81) États désignés (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible*) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: BIMORPH MIRROR PROVIDED WITH TWO PIEZOELECTRIC LAYERS SEPARATED BY A CENTRAL CORE MADE OF A SEMI-RIGID MATERIAL

(54) Titre : MIROIR BIMORPHE AVEC DEUX COUCHES PIEZO-ELECTRIQUES SEPARÉES PAR UNE AME CENTRALE EN MATERIAU SEMI-RIGIDE



(57) Abstract: The invention relates to a bimorph mirror comprising first (1) and second (2) layers made of a piezoelectric ceramic material and at least one electrode which enables to vary at least one curve of the mirror according at least to the electric voltage applied to piezoelectric ceramics. The inventive mirror is characterised in that the first (1) and second (2) layers are separated by a central core (5) made of a material such as glass or silicon which forms a semi-rigid beam.

[Suite sur la page suivante]

WO 2005/085931 A1

**WO 2005/085931 A1**

MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) **États désignés** (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Publiée :**

- avec rapport de recherche internationale
- avec revendications modifiées

**Date de publication des revendications modifiées:**

3 novembre 2005

*En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.*

---

(57) **Abrégé :** L'invention est relative à un miroir bimorphe présentant une première (1) et une deuxième (2) couche en céramique piézo-électrique ainsi qu'au moins une électrode permettant de faire varier au moins une courbure du miroir en fonction d'au moins une tension électrique appliquée aux céramiques piézo-électriques. Le miroir selon l'invention est caractérisé en ce que la première (1) et la deuxième (2) couche sont séparées par une âme centrale (5), en matériau tel que du verre ou de la silice, qui forme une poutre semi-rigide.

## MIROIR BIMORPHE AVEC DEUX COUCHES PIEZO-ELECTRIQUES SEPARÉES PAR UNE ÂME CENTRALE EN MATERIAU SEMI-RIGIDE

La présente invention a pour objet un miroir bimorphe. Un miroir bimorphe est réalisé de manière classique par superposition de deux céramiques piézo-électriques, et au moins une électrode de commande est  
5 disposée à l'interface entre les deux céramiques pour faire varier la courbure du miroir en fonction d'une tension électrique appliquée aux céramiques piézo-électriques. De ce fait, plus le miroir est mince plus la variation du rayon de courbure est importante.

De plus, la fabrication des céramiques connaît des limitations  
10 en ce qui concerne la largeur maximale qui peut être obtenue, ce qui a pour conséquence l'obligation de réaliser des assemblages avec des segments de céramique, ce qui influence la raideur et/ou la stabilité du miroir bimorphe. En particulier, la raideur et la stabilité sont des paramètres importants pour le polissage du miroir qui intervient nécessairement après assemblage du miroir  
15 bimorphe.

Un objet de l'invention est un miroir bimorphe présentant une raideur plus élevée qu'un miroir de l'Art Antérieur.

Un autre objet de l'invention est un miroir bimorphe présentant une stabilité plus élevée qu'un miroir de l'Art Antérieur.

20 Encore un autre objet de l'invention est un miroir bimorphe qui puisse être réalisé dans de grandes dimensions par exemple de l'ordre d'un mètre.

Au moins un objet précité est atteint grâce à un miroir bimorphe présentant une première et une deuxième couches en céramique  
25 piézo-électrique ainsi qu'au moins une électrode permettant de faire varier au moins une courbure du miroir en fonction d'au moins une tension électrique appliquée aux céramiques piézo-électriques, caractérisé en ce que la première et la deuxième couche sont séparées par une âme centrale, en matériau tel que du verre ou de la silice, qui forme une poutre semi-rigide.

30 L'épaisseur  $e$  de l'âme centrale est par exemple comprise entre 1 mm et 80 mm, et elle peut être supérieure à 2 mm ou bien à 3 mm, ou bien encore à 5 mm. L'épaisseur totale  $E$  du miroir bimorphe est par exemple comprise entre 10 mm et 150 mm.

Le miroir bimorphe peut être caractérisé en ce que la  
35 première et la deuxième couche en céramique piézo-électrique sont formés d'une pluralité d'éléments céramiques placés côte à côte le long de plans dits

de coupure, et en ce que les plans de coupure de ladite deuxième couche sont décalés dans au moins une direction par rapport aux plans de coupure de ladite première couche.

Il peut alors être caractérisé en ce que ledit décalage entre les  
5 éléments piézo-électriques selon au moins une direction est égal à la moitié d'un pas P selon lequel les éléments piézo-électriques sont disposés dans cette direction.

L'invention sera mieux comprise à l'aide de la description qui va suivre, donnée à titre d'exemple non limitatif, en liaison avec les dessins  
10 dans lesquels :

- la figure 1 illustre un miroir bimorphe de l'Art Antérieur,
- la figure 2 illustre un miroir bimorphe selon la présente invention,

les figures 3a à 3d représentent un miroir bimorphe selon un  
15 mode de réalisation préféré de l'invention, la figure 3a en étant une vue latérale, la figure 3b un détail agrandi de l'encadré de la figure 3a, et la figure 3c une vue suivant B, alors que la figure 3d illustre les électrodes de pilotage.

Selon la figure 1, un miroir bimorphe de l'Art Antérieur comporte deux couches céramiques piézo-électriques empilées 1 et 2, prises  
20 en sandwich entre deux couches dites de peau 3 et 4 en verre ou en silicium dont l'une au moins est utilisée comme miroir. Ces miroirs, utilisés notamment en optique adaptative, ont une courbure qui varie en fonction d'une tension électrique appliquée aux céramiques piézo-électriques.

Cependant, l'épaisseur des miroirs bimorphes est limitée à  
25 une valeur de l'ordre de 25 mm par l'épaisseur des céramiques piézo-électriques dont la fabrication définit une épaisseur maximale et par l'épaisseur des couches de peau 3 et 4, car lorsque cette épaisseur augmente, la courbure dynamique du miroir diminue.

Selon l'invention, on interpose entre les couches 1 et 2 une  
30 couche centrale ou âme 5 en un matériau tel que le verre ou le silice.

Cette âme 5 présente plusieurs avantages :

- elle permet d'améliorer l'efficacité de chaque céramique en l'éloignant de la fibre neutre du miroir, qui est située sensiblement dans le plan médian de l'âme 5,
- 35 - elle permet d'ajouter une épaisseur qui augmente l'inertie du miroir et donc sa raideur et sa stabilité,

- du fait qu'elle est continue sur la longueur du miroir, elle présente un effet très favorable sur la stabilité, car elle agit comme une poutre semi-rigide. Ceci permet de réaliser des miroirs de grande longueur, par exemple un mètre, sans perte de stabilité ni de gamme de courbure.

5 L'épaisseur  $e$  de cette âme centrale 5 peut être définie en fonction des caractéristiques de courbure recherchées. En effet, une augmentation de cette épaisseur augmente la raideur du miroir, mais également l'efficacité des actionneurs piézo-électriques en raison de leur éloignement progressif de la fibre neutre. A chaque épaisseur, correspond  
10 ainsi une caractéristique de courbure en fonction de la tension appliquée. L'épaisseur adéquate peut donc être déterminée expérimentalement ou à l'aide d'un calcul de déformation par éléments finis. En pratique, il est avantageux de mettre en œuvre une épaisseur  $e$  comprise entre 1 et 80 mm. L'épaisseur  $e$  du miroir bimorphe est par exemple comprise entre 10 mm et  
15 150 mm, et notamment supérieure à 25 mm.

Les figures montrent des couches piézo-électriques qui sont formées d'une pluralité d'éléments céramiques 11,12 et 21,22 ... placés côte à côte selon une dimension ou selon un réseau à deux dimensions le long de plans de coupure (112, 123, 134, ..., 178, 212, 223, 234..., 267) qui sont  
20 perpendiculaires aux faces principales 6, 7, 8, 9 desdites couches 1 et 2.

Avantageusement, l'invention prévoit (voir figures 3a et 3c) de décaler parallèlement auxdites faces principales les plans de coupure (212, 223, 234, ..., 267) de la couche 2 par rapport aux plans de coupure (112, 123, 134, ... 178) de la couche 1, par exemple en les décalant d'un demi-pas,  
25 selon au moins une direction parallèle à ces faces principales. Ceci permet de rigidifier la structure, même si elle ne comporte pas d'âme 5.

Les figures 3a à 3d montrent la disposition des électrodes de commande des couches céramiques 1 et 2. Il existe tout d'abord entre les couches 1 et 3 une électrode commune 45 continue sur toute la longueur du  
30 miroir avec une prise de contact latérale 45<sub>1</sub> (Fig. 3d), et entre les couches 2 et 4 une électrode commune 65 continue sur toute la longueur du miroir, avec une prise de contact latérale 65<sub>1</sub> (Fig. 3d). Il existe ensuite entre la couche 1 et l'âme 5 une pluralité d'électrodes de pilotage désignées par le repère général 30. Il y a ainsi dans cet exemple 14 électrodes de pilotage 31 à 44  
35 avec autant de plages de prises de contact sur un bord latéral du dispositif pour piloter la couche 1. Il existe enfin entre la couche 3 et l'âme 5 une

pluralité d'électrodes de pilotage désignées par le repère général 30. Il y a ainsi dans cet exemple 14 électrodes de pilotage 51 à 64 disposées en vis-à-vis des électrodes 31 à 44, pour piloter la couche 3, avec autant de plages de prises de contact sur un bord latéral du dispositif.

- 5 Les éléments piézo-électriques des couches 1 et 2 étant montés de manière classique avec des polarités inversées, une même tension appliquée aux électrodes de pilotage en vis-à-vis (31,51 ; 32,52, etc...) produit un déplacement en compression pour l'une des couches et en traction pour l'autre d'où un mouvement de courbure du miroir puisque les couches 1 et 2  
10 sont disposées de part et d'autre de la fibre neutre.

## **REVENDICATIONS**

1) Miroir bimorphe présentant une première et une deuxième couche en céramique piézo-électrique ainsi qu'au moins une électrode permettant de faire varier au moins une courbure du miroir en fonction d'au moins une tension électrique appliquée aux céramiques piézo-électriques, où la première et la deuxième couche en céramique piézo-électrique sont séparées par une âme centrale, qui forme une poutre semi-rigide, l'épaisseur de l'âme centrale étant comprise entre 1 et 80 mm.

2) Miroir bimorphe selon la revendication 1, où l'épaisseur de l'âme centrale est comprise entre 2 et 80 mm.

3) Miroir bimorphe selon la revendication 2, où l'épaisseur de l'âme centrale est comprise entre 5 et 80 mm.

4) Miroir bimorphe selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, où ladite âme centrale est constituée d'un matériau choisi parmi le verre et la silice.

5) Miroir bimorphe selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, où la première et la deuxième couche en céramique piézo-électrique sont prises en sandwich entre deux couches de peau.

6) Miroir bimorphe selon la revendication 5, où les deux couches de peau sont en verre ou en silicium.

7) Miroir bimorphe selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, présentant une épaisseur totale comprise entre 10 mm et 150 mm.

8) Miroir bimorphe selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, où la première et la deuxième couche en céramique piézo-électrique sont formées d'une pluralité d'éléments céramiques placés côte à côte dans au moins une direction le long de plans de coupure, et en ce que les plans de coupure de ladite deuxième couche sont décalés dans au moins une direction par rapport aux plans de coupure de ladite première couche.

9) Miroir bimorphe selon la revendication 8, où ledit décalage entre les éléments piézo-électriques selon au moins une direction est égal à la moitié d'un pas  $P$  selon lequel les éléments piézo-électriques sont disposés dans cette direction.

1/2

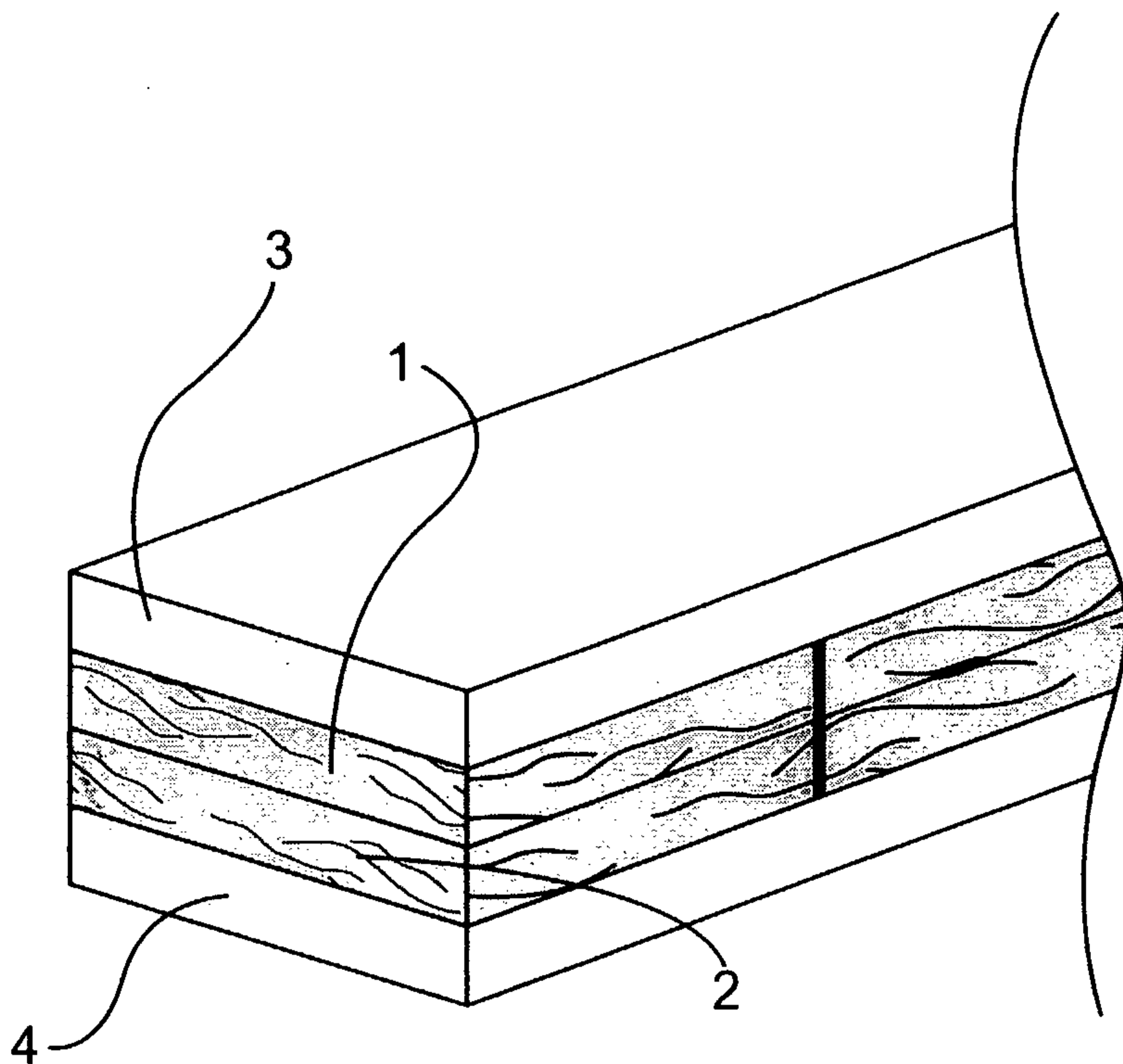


FIG. 1

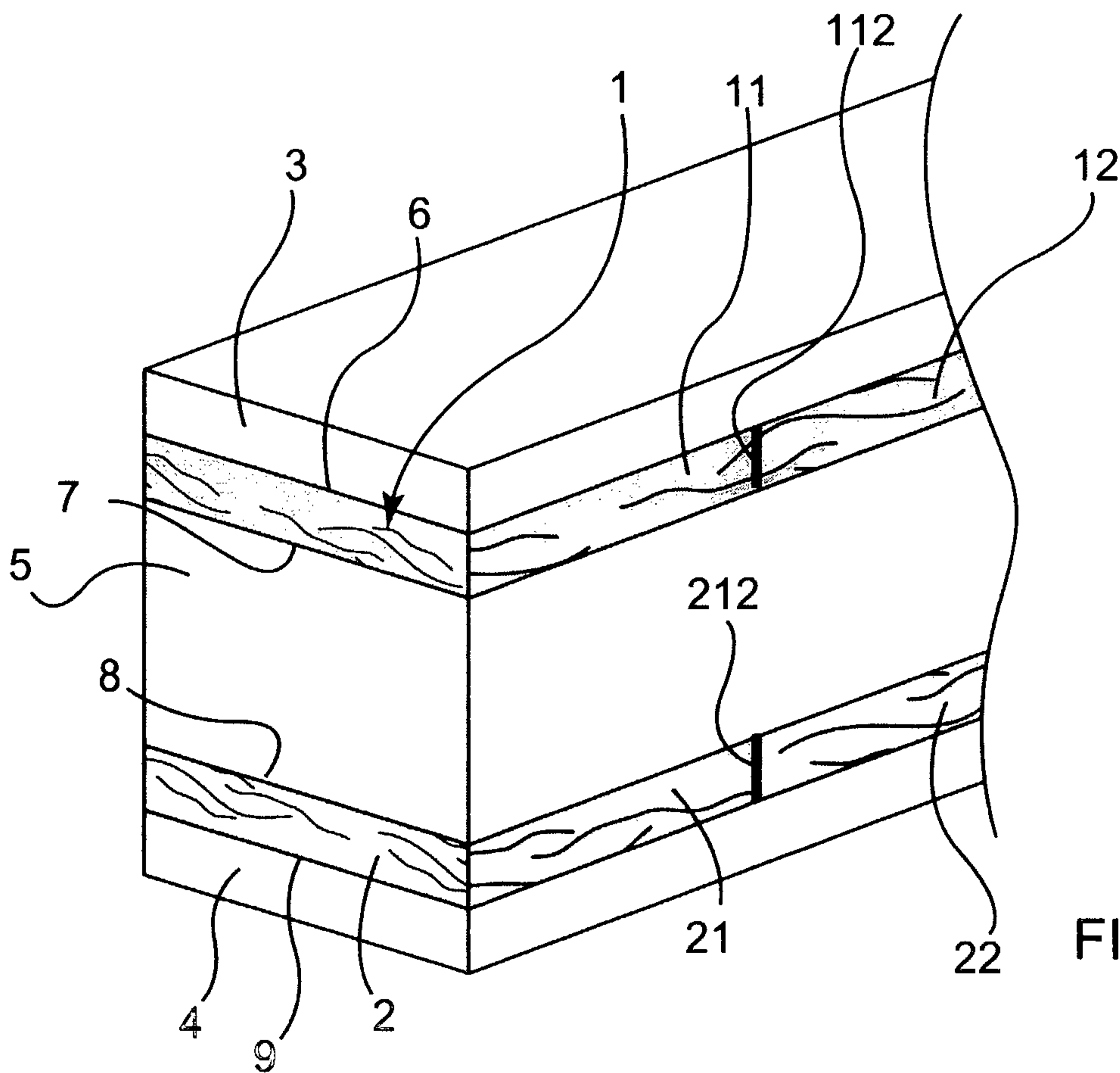


FIG. 2

FIG.3b

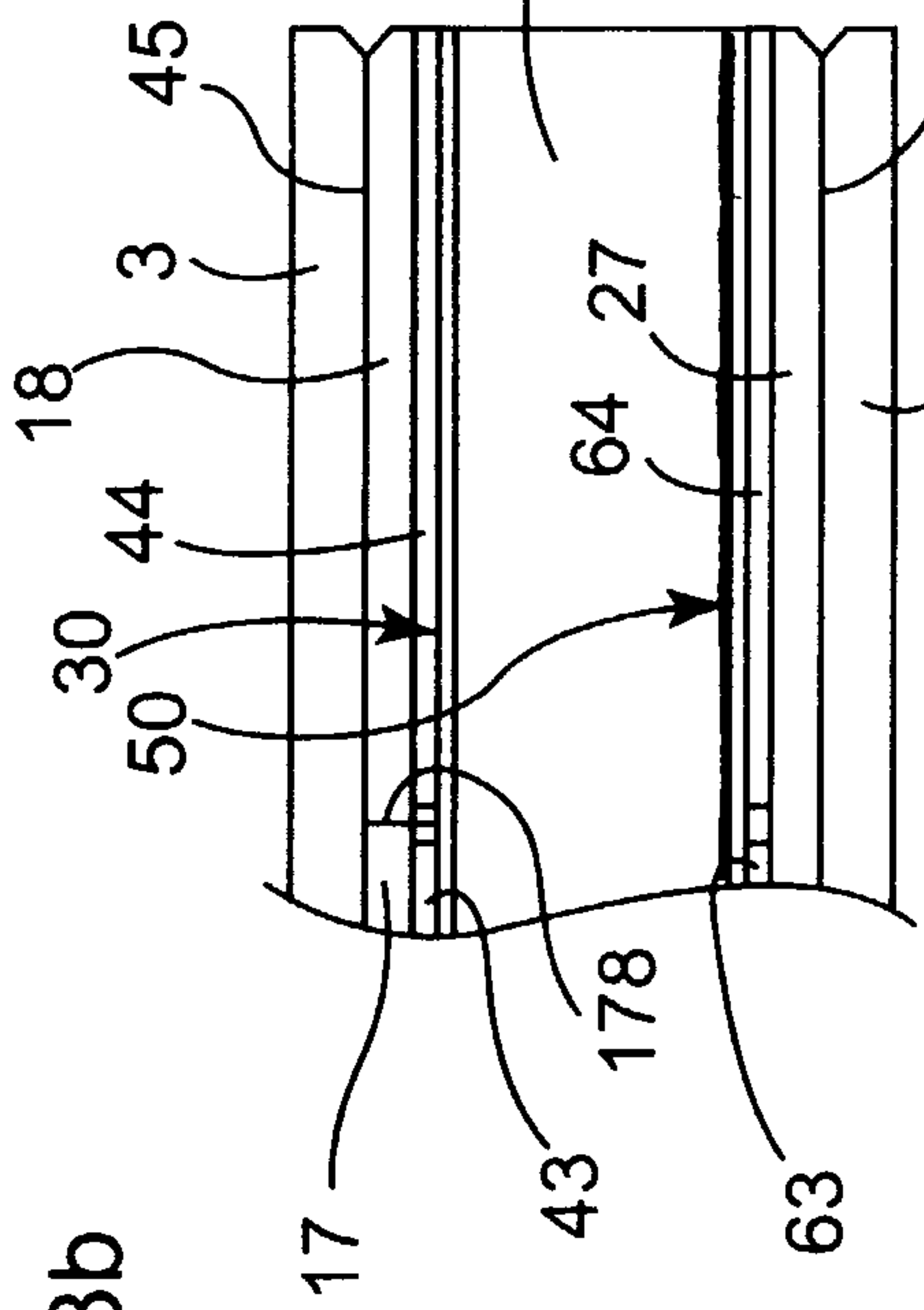


FIG.3c

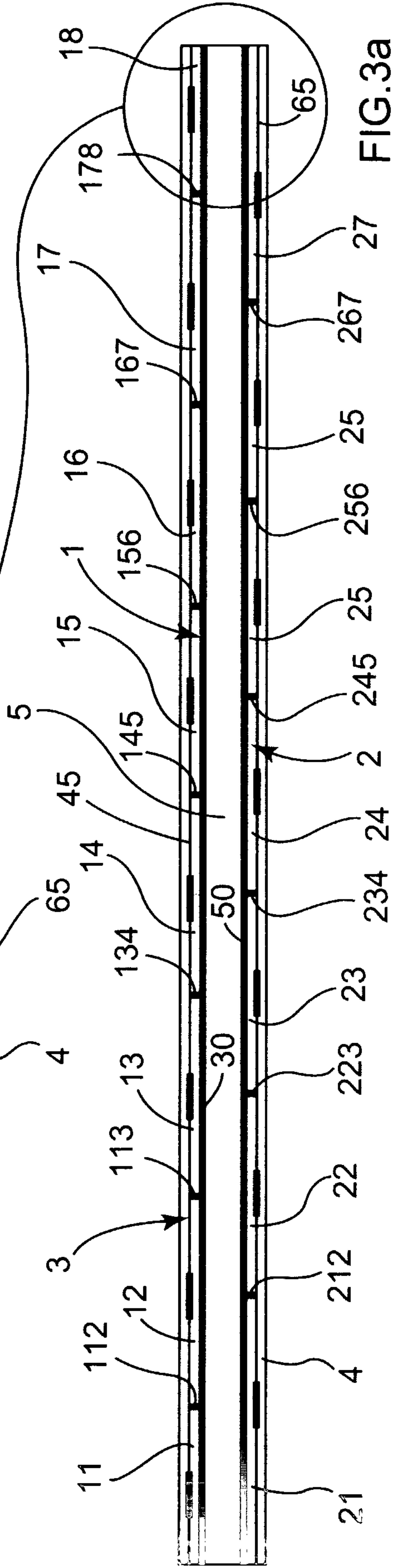
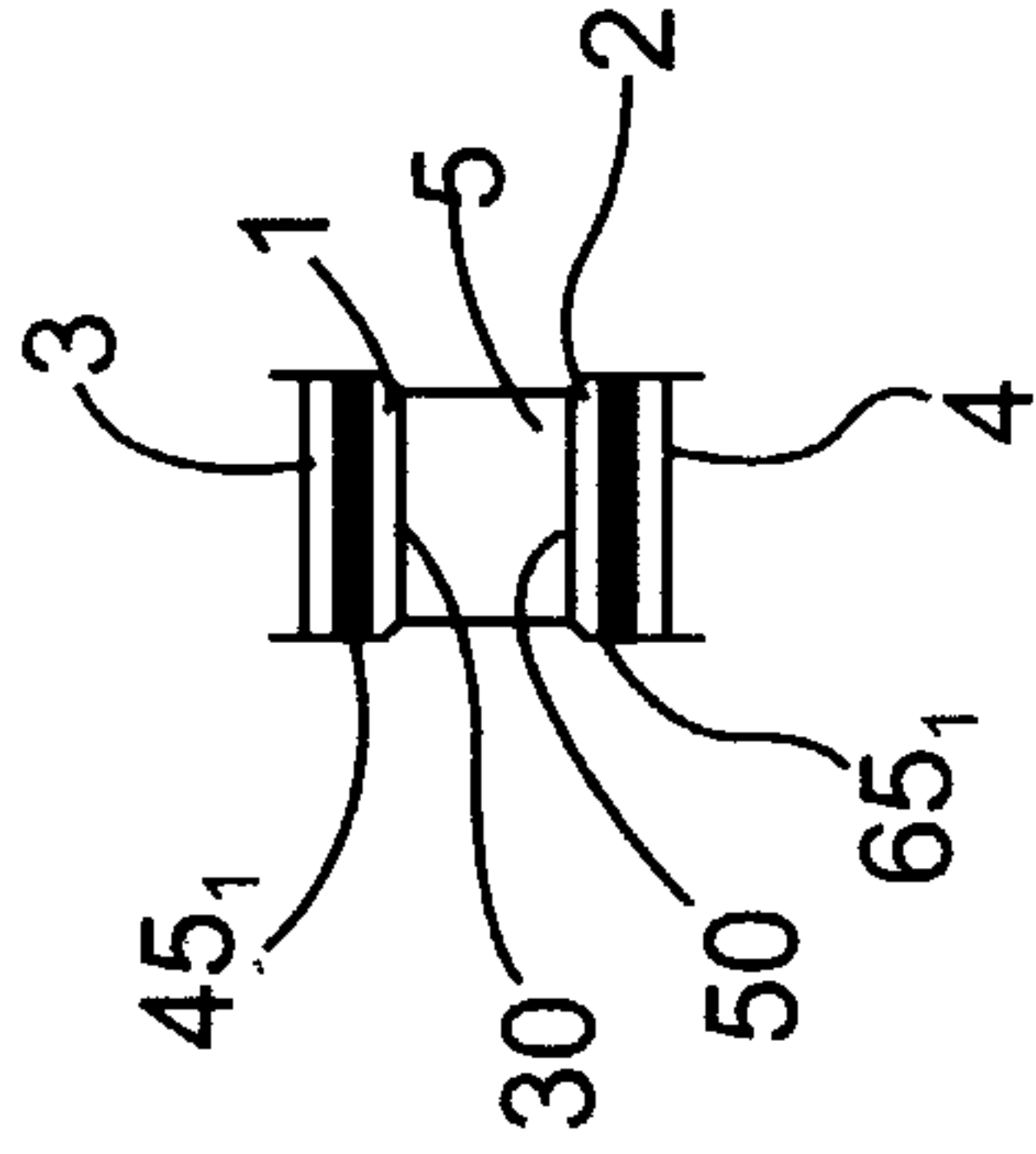


FIG.3a

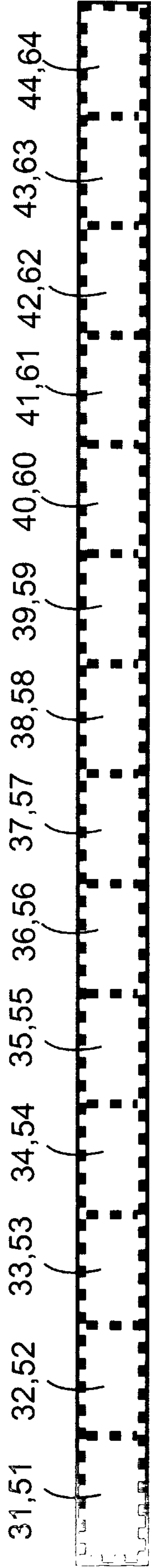


FIG.3d

30,50

