

19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

11) N° de publication : **2 913 117**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

21) N° d'enregistrement national : **07 01439**

51) Int Cl⁸ : **G 02 B 7/185 (2006.01), H 01 L 41/04**

12) **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

A1

22) Date de dépôt : 28.02.07.

30) Priorité :

43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 29.08.08 Bulletin 08/35.

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) : *COMPAGNIE INDUSTRIELLE DES LASERS CILAS Société anonyme — FR.*

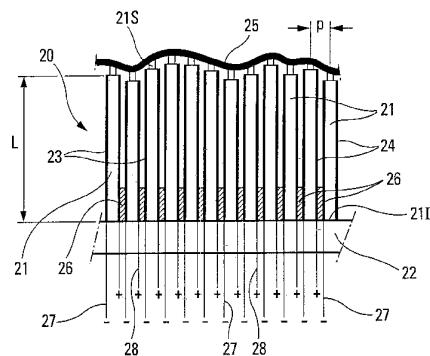
72) Inventeur(s) : *SINQUIN JEAN CHRISTOPHE, LURCON JEAN MARIE et GUILLEMARD CLAUDE.*

73) Titulaire(s) :

74) Mandataire(s) : *CABINET BONNETAT.*

54) **MIROIR ADAPTATIF PIEZOELECTRIQUE.**

57) Selon l'invention, le miroir adaptatif (20) comporte une pluralité d'actionneurs formés par des barreaux monolithiques (21) de matière piézoélectrique et, à chaque barreau monolithique (21), sont associées deux électrodes (23, 24) disposées sur des faces longitudinales opposées dudit barreau (21).



FR 2 913 117 - A1



La présente invention concerne un miroir adaptatif, c'est-à-dire un miroir déformable, destiné à être disposé dans une chaîne optique pour corriger en temps réel la déformation du front d'une onde incidente et, donc, maintenir ladite chaîne optique à sa performance optimale.

5 On connaît déjà un miroir adaptatif comportant :

- une pluralité d'actionneurs piézoélectriques, en forme de barreaux, solidaires d'une base rigide par une de leurs extrémités et pourvus d'électrodes grâce auxquelles des tensions électriques peuvent être appliquées auxdits actionneurs piézoélectriques pour y engendrer des
10 champs électriques ; et
- une surface réfléchissante souple, portée par l'autre des extrémités desdits actionneurs piézoélectriques et apte à être localement déformée par chacun de ceux-ci dont la longueur varie sous l'action desdits champs électriques.

15 Par ailleurs, on sait que la variation de dimension d'un bloc de matière piézoélectrique, parallèlement à la direction du champ électrique qui lui est appliqué, dépend de la tension électrique engendrant ledit champ, mais est indépendante de cette dimension.

Aussi, dans le miroir adaptatif connu rappelé ci-dessus, afin d'obtenir
20 une course satisfaisante pour l'extrémité de chaque barreau piézoélectrique reliée à ladite surface réfléchissante souple à déformer, on est obligé de constituer ledit barreau par un empilement d'une pluralité d'éléments piézoélectriques dont chacun est pourvu d'une paire d'électrodes, de façon que la course dudit barreau puisse être égale à la somme des
25 variations d'épaisseur desdits éléments.

Ainsi, la course de tels barreaux piézoélectriques composites est d'autant plus grande que le nombre d'éléments est lui-même plus grand. Toutefois, si le nombre d'éléments empilés est élevé, il est nécessaire que lesdits éléments empilés présentent une large surface pour assurer une
5 assise satisfaisante auxdits barreaux composites. Il est alors impossible d'obtenir un faible pas de répartition desdits barreaux piézoélectriques sur ladite base rigide.

Dans ces miroirs adaptatifs connus, on doit donc respecter un compromis entre la course et le pas de répartition désirés pour les barreaux. Dans la pratique, le pas de répartition minimal que l'on puisse obtenir est de l'ordre de 3 mm, pour une course de l'ordre de quelques micro-
10 mètres.

Or, de nombreuses applications d'optique adaptative exigent des pas de répartition des barreaux piézoélectriques de l'ordre de 1 mm, pour une course également de l'ordre de quelques micromètres.
15

L'objet de la présente invention est de remédier aux inconvénients de la technique antérieure et de permettre la réalisation de miroirs adaptatifs dans lesquels le pas de répartition des barreaux piézoélectriques est faible, ces derniers présentant cependant une course appropriée.
20

A cette fin, selon l'invention, le miroir adaptatif du type décrit ci-dessus est remarquable en ce que :

- chacun desdits actionneurs comporte un barreau monolithique de matière piézoélectrique ; et
- à chaque barreau monolithique sont associées deux électrodes disposées sur des faces longitudinales opposées dudit barreau.
25

Ainsi, dans la présente invention, on met en œuvre l'effet piézoélectrique transverse, au contraire de la technique antérieure connue qui utilise l'effet piézoélectrique direct : de ce fait, l'invention peut utiliser des

barreaux monolithiques de section inférieure à celle des barreaux composites de la technique antérieure, pour des courses du même ordre.

De préférence, des entretoises électriquement isolantes sont disposées entre lesdits barreaux monolithiques adjacents.

5 Par ailleurs, il est avantageux que les contacts des électrodes desdits barreaux monolithiques traversent ladite base pour être accessibles du côté de cette dernière opposé auxdits barreaux monolithiques.

Avantageusement, lesdits barreaux monolithiques présentent une section carrée et ils sont agencés en lignes et en colonnes sur ladite base rigide pour former une matrice.

On peut avantageusement réaliser chaque ligne (ou chaque colonne) de ladite matrice sous la forme d'un peigne monolithique de matière piézoélectrique, dont les dents constituent lesdits barreaux monolithiques de ladite ligne (ou de ladite colonne) et dont le dos constitue une tranche de ladite base. Il suffit alors d'assembler, par exemple par collage, une pluralité de tels peignes juxtaposés pour obtenir ladite matrice, dont la base est formée par le dos des différents peignes solidarisés.

On remarquera de plus que l'architecture dudit miroir adaptatif selon l'invention est particulièrement simple puisque chaque actionneur est monolithique et ne comporte qu'une seule paire d'électrodes, alors que chaque actionneur de la technique antérieure est constitué d'un empilement d'une pluralité d'éléments piézoélectriques et comporte donc une encore plus grande pluralité d'électrodes.

Les figures du dessin annexé feront bien comprendre comment l'invention peut être réalisée. Sur ces figures, des références identiques désignent des éléments semblables.

La figure 1 est un schéma électrique permettant d'expliquer l'effet piézoélectrique direct et l'effet piézoélectrique transverse.

La figure 2 est un schéma illustrant la structure de miroirs adaptatifs piézoélectriques connus.

La figure 2A est un agrandissement d'une partie de la figure 2.

La figure 3 est un schéma illustrant la structure du miroir adaptatif piézoélectrique conforme à la présente invention.

L'élément piézoélectrique 1, représenté en coupe sur la figure 1, comporte une plaquette monolithique 2 de matière piézoélectrique sur deux faces opposées de laquelle sont disposées deux électrodes parallèles opposées 3 et 4. La hauteur de la plaquette 2, portant la référence h, correspond à la distance entre lesdites électrodes 3 et 4. La plaquette 2 présente une section de longueur ℓ et de largeur x. Cette largeur x, orthogonale au plan de la figure 1, n'est pas visible sur celle-ci.

Si, entre les électrodes opposées 3 et 4, on applique une tension électrique V, il en résulte que la plaquette 2 est soumise à un champ électrique \vec{E} de direction orthogonale auxdites électrodes 3, 4.

Parallèlement à la hauteur h, la plaquette subit alors, sous l'effet piézoélectrique direct, une variation de hauteur dh telle que $dh/h = d_{33}E$, expression dans laquelle d_{33} désigne le coefficient de charge direct de la matière piézoélectrique de la plaquette 2.

Or, l'amplitude E du champ \vec{E} est égale à V/h , de sorte que dh est égale au produit $d_{33}V$.

Ainsi, la variation dh de la hauteur h sous l'effet de la tension électrique V est une fonction croissante de cette tension V, mais est indépendante de la hauteur h.

Sur la figure 2, on a représenté schématiquement un miroir adaptatif 10, de type connu, comportant :

- une pluralité d'actionneurs piézoélectriques 11 en forme de barreaux de hauteur H, par exemple agencés en matrice, solidaires d'une base rigide

- 12 par une de leurs extrémités 11I et pourvus d'électrodes 13, 14 grâce auxquelles des tensions électriques peuvent être appliquées auxdits actionneurs piézoélectriques 11 pour y engendrer des champs électriques ; et
- 5 – une surface réfléchissante souple 15, portée par l'autre extrémité 11S desdits actionneurs piézoélectriques 11 et apte à être localement déformée par chacun de ces derniers, dont la hauteur varie sous l'action desdits champs électriques.

Pour que le miroir adaptatif 10 soit opérationnel, il est indispensable que la variation de hauteur dH de chaque actionneur piézoélectrique 11
10 soit suffisamment grande. Or, comme on l'a vu ci-dessus en regard de la figure 1, la variation de hauteur d'un bloc de matière piézoélectrique par effet piézoélectrique direct est indépendante de la hauteur de ce bloc.

Aussi, pour obtenir une grande variation de hauteur dH désirée, de
15 façon connue, on forme chaque actionneur piézoélectrique 11 par l'empilement d'un nombre élevé N d'éléments piézoélectriques identiques, semblables à l'élément 1. Les électrodes 13, 14 sont alors formées par la pluralité des électrodes 3, 4 desdits éléments constitutifs 1. Ainsi, la hauteur H de chaque actionneur 11 est égale à Nh et la variation de hauteur dH de
20 chaque actionneur piézoélectrique 11 peut être égale à N fois la valeur de la variation de hauteur dh d'un élément constitutif 1. En choisissant convenablement N , on peut donc obtenir une variation dH suffisamment grande, telle que désirée.

Toutefois, pour que l'assise des empilements d'éléments 1 soit
25 bonne et que la solidité des actionneurs 11 soit satisfaisante, il est indispensable de donner à chaque élément 1 une surface importante (cette surface étant déterminée d'une part par la longueur ℓ et d'autre part par la dimension x qui est alors au moins approximativement égale à ℓ , de sorte que le pas de répartition P des actionneurs 11 sur la base rigide 12 ne

peut en pratique être inférieur à 3 mm, ce qui n'est pas suffisamment petit pour de nombreuses applications du miroir 10.

Comme indiqué ci-dessus, l'un des objets de l'invention est de permettre d'abaisser la valeur de ce pas de répartition P.

5 L'invention est basée sur la constatation que, lorsqu'on applique la tension électrique V à la plaquette piézoélectrique 2 par l'intermédiaire des électrodes 3 et 4 (voir la figure 1), non seulement la hauteur h subit une variation $dh = d_{33}V$ par suite de l'effet piézoélectrique direct, mais encore la longueur ℓ subit une variation $d\ell$ par l'effet piézoélectrique transverse. 10 Cette variation de longueur $d\ell$, due à l'effet piézoélectrique transverse, est telle que $d\ell/\ell = d_{31}E = d_{31}V/h$, expression dans laquelle d_{31} est le coefficient de charge transverse de la matière piézoélectrique.

Certes, ce coefficient de charge transverse d_{31} est inférieur au coefficient de charge direct d_{33} (généralement d_{31} est au plus égal à la 15 moitié de d_{33} , en fonction de la matière piézoélectrique de la plaquette 2), mais il est important de remarquer de ce qui précède que $d\ell = d_{31}\ell V/h$, c'est-à-dire que la variation de longueur $d\ell$ due à l'effet piézoélectrique transverse est une fonction croissante non seulement de la tension électrique V, mais encore de la longueur ℓ , et est une fonction décroissante de 20 la hauteur h.

Ainsi, malgré la faible valeur du coefficient de charge transverse d_{31} , il est possible d'obtenir une variation de longueur $d\ell$ d'amplitude satisfaisante en choisissant ℓ et V suffisamment grands et h suffisamment petit.

25 La présente invention fait application des remarques ci-dessus. En effet, le miroir adaptatif 20 conforme à la présente invention et représenté sur la figure 3 est remarquable en ce que :

- il comporte une pluralité d'actionneurs piézoélectriques respectivement constitués par des barreaux monolithiques de matière piézoélectrique 21, semblables à la plaquette 2 de la figure 1, la valeur L de la longueur ℓ desdits actionneurs étant choisie pour obtenir une variation de longueur $dL = d_{31}LV/h$ désirée ;
- chaque barreau monolithique 21 est rendu solidaire d'une base rigide 22, par une de ses extrémités 21I, de façon que sa longueur L soit au moins approximativement orthogonale à ladite base 22, lesdits barreaux 21 présentant par exemple une section carrée ($h = x$) et étant agencés en lignes et en colonnes pour former une matrice ;
- chaque barreau monolithique 21 est pourvu de deux électrodes 23 et 24 (semblables aux électrodes 3 et 4 ci-dessus) disposées sur des faces longitudinales opposées dudit barreau ; et
- une surface réfléchissante souple 25 est portée par l'autre extrémité 21S des barreaux 21, pour être localement déformée par chacun de ceux-ci lorsque leur longueur L varie.

Par ailleurs, entre les barreaux monolithiques 21 adjacents sont interposées des entretoises électriquement isolantes 26.

Avantageusement, les contacts 27, 28 des électrodes 23, 24 traversent la base 22 pour être accessibles du côté de celle-ci opposé auxdits barreaux monolithiques 21.

On comprendra aisément que les barreaux monolithiques 21 peuvent présenter, sans nuire à leur solidité, des sections hx plus faibles que la section ℓx des barreaux composites 11. Le pas de répartition p des barreaux monolithiques 21 peut donc être plus petit que le pas de répartition P des barreaux composites 11.

Dans un exemple particulier de réalisation, on a utilisé, pour la réalisation des barreaux monolithiques 21, une matière piézoélectrique

dont le coefficient de charge transverse d_{31} est égal à $1,3 \cdot 10^{-10}$ mètres par volt. La tension électrique V a été choisie égale à ± 400 volts. Les barreaux monolithiques 21 présentait une section hx carrée avec $h=x=0,7$ mm et la longueur L était égale à 20 mm. On calcule alors aisément que
5 dL est comprise entre $-1,5$ micromètres et $+1,5$ micromètres, ce qui offre une course totale de 3 micromètres.

En choisissant des entretoises 26 de 0,3 mm, le pas p est égal à 1 mm.

Lorsque le miroir adaptatif 20 comporte une pluralité de barreaux monolithiques 21 agencés en lignes et en colonnes, on comprendra aisément que chaque ligne (ou chaque colonne) peut être réalisée sous la
10 forme d'un peigne monolithique de matière piézoélectrique, dont les dents forment lesdits barreaux monolithiques 21 de ladite ligne (ou de ladite colonne) et dont le dos forme une tranche de ladite base 22. Pour obtenir ledit miroir adaptatif 20, on assemble alors, par exemple par collage, les-
15 dits peignes juxtaposés.

REVENDEICATIONS

1. Miroir adaptatif (20) comportant :

- une pluralité d'actionneurs piézoélectriques, en forme de barreaux, solidaires d'une base rigide (22) par une (21I) de leurs extrémités et
5 pourvus d'électrodes grâce auxquelles des tensions électriques peuvent être appliquées auxdits actionneurs piézoélectriques pour y engendrer des champs électriques ; et
- une surface réfléchissante souple (25), portée par l'autre (21S) des extrémités desdits actionneurs piézoélectriques et apte à être localement
10 déformée par chacun de ceux-ci dont la longueur varie sous l'action desdits champs électriques,
caractérisé en ce que :
 - chacun desdits actionneurs comporte un barreau monolithique (21) de matière piézoélectrique ; et
 - 15 – à chaque barreau monolithique (21) sont associées deux électrodes (23, 24) disposées sur des faces longitudinales opposées dudit barreau (21).

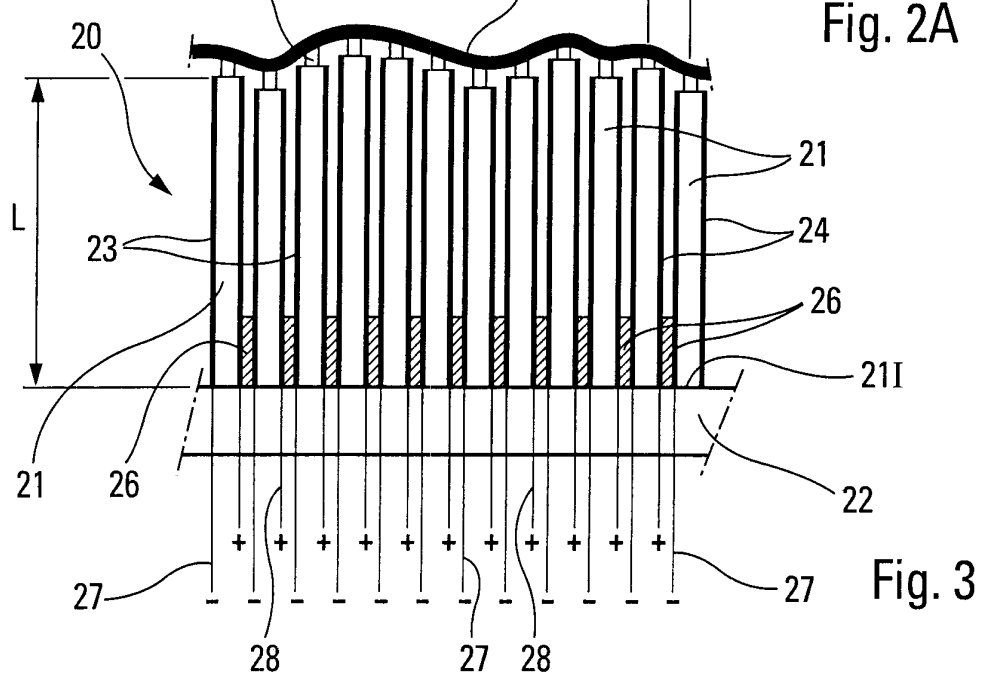
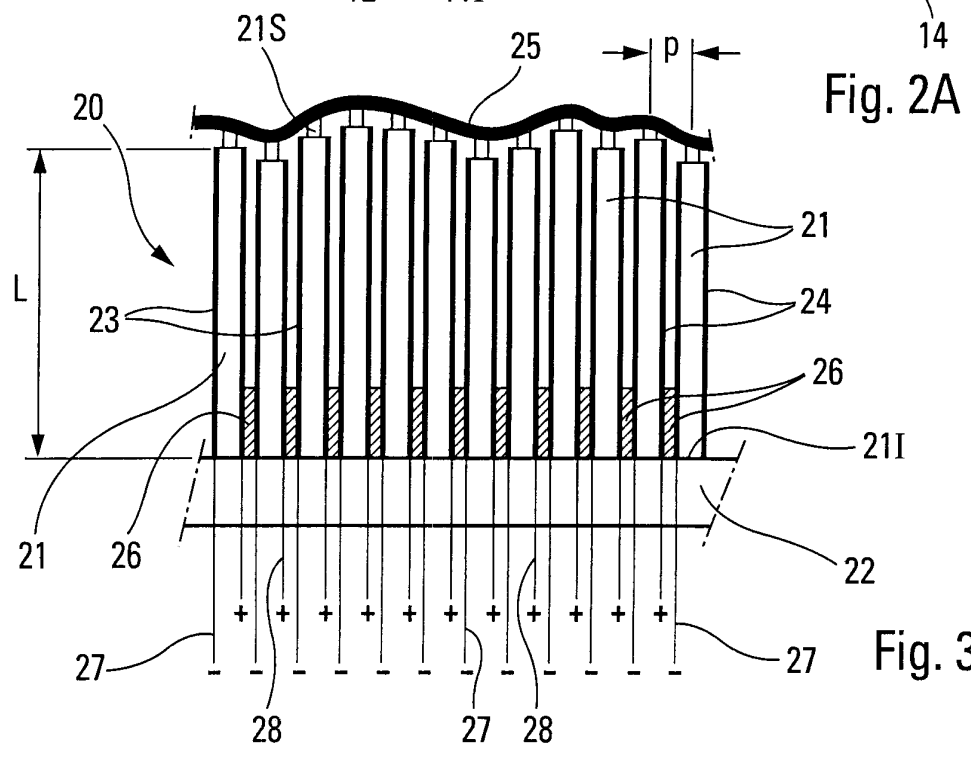
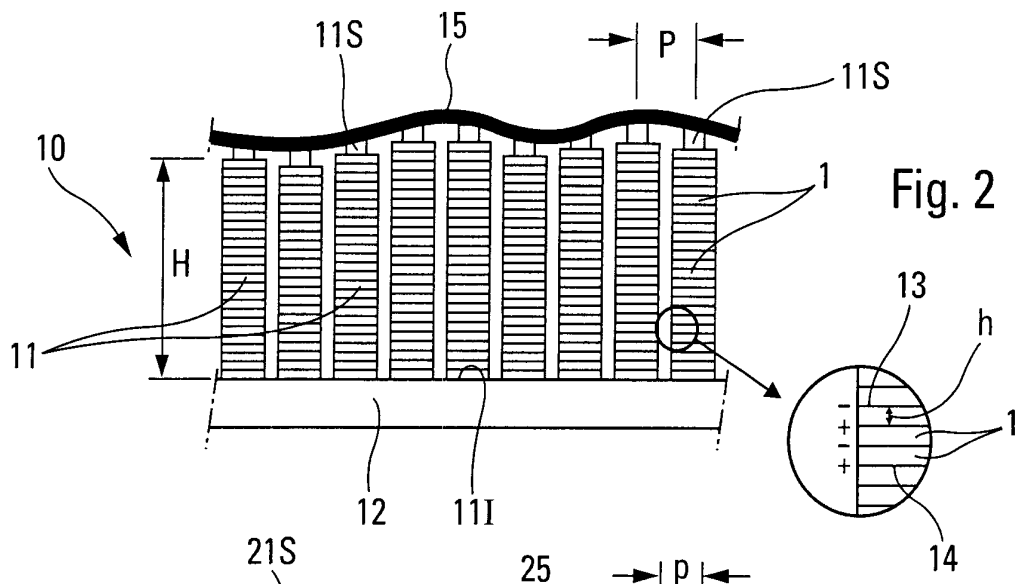
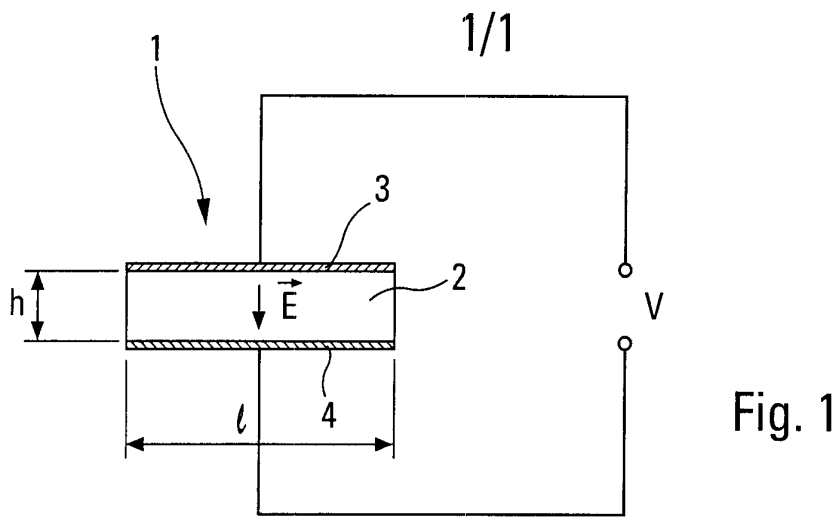
2. Miroir adaptatif selon la revendication 1,
caractérisé en ce que lesdits barreaux monolithiques (21) présentent une section carrée.

20 3. Miroir adaptatif selon l'une des revendications 1 ou 2,
caractérisé en ce que des entretoises électriquement isolantes (26) sont disposées entre des barreaux monolithiques adjacents.

4. Miroir adaptatif selon l'une des revendications 1 à 3,
caractérisé en ce que les contacts (27, 28) des électrodes (23, 24) des-
25 dits barreaux monolithiques (21) traversent ladite base (22) pour être accessibles du côté de cette dernière opposé auxdits barreaux monolithiques (21).

5. Miroir adaptatif selon l'une des revendications 1 ou 4, caractérisé en ce que lesdits barreaux monolithiques (21) sont agencés en lignes et en colonnes sur ladite base rigide (22) pour former une matrice.

6. Miroir adaptatif selon la revendication 5, caractérisé en ce qu'il comporte une pluralité de peignes monolithiques de matière piézoélectrique accolés et solidarisés les uns des autres.





**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

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

FA 689988
FR 0701439

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			
Y	EP 1 432 048 A1 (NGK INSULATORS LTD [JP]) 23 juin 2004 (2004-06-23) * alinéas [0014], [0050], [0057], [0073], [0128] * * figure 1a *	1-6	G02B7/185 H01L41/04	
Y	EP 0 936 684 A (NIPPON ELECTRIC CO [JP]) 18 août 1999 (1999-08-18) * alinéas [0001], [0006], [0018], [0029] * * figures 2A,2B,2C *	1-6		
Y	EP 1 408 561 A (NGK INSULATORS LTD [JP]) 14 avril 2004 (2004-04-14) * alinéa [0009] *	1-6		
Y	US 2003/001454 A1 (TAKEUCHI YUKIHISA [JP] ET AL) 2 janvier 2003 (2003-01-02) * alinéas [0073], [0095] *	1-6		
Y	EP 0 793 120 A1 (YALESTOWN CORP NV [AN]) 3 septembre 1997 (1997-09-03) * le document en entier *	1-6		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
Y	JP 2005 043544 A (RICOH KK) 17 février 2005 (2005-02-17) * abrégé *	1-6		G02B H01L
Date d'achèvement de la recherche		Examineur		
16 octobre 2007		Denise, Christophe		
<p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <p>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</p>		<p>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</p>		

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0701439 FA 689988**

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 16-10-2007

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
EP 1432048	A1	23-06-2004	WO 03028123 A1 03-04-2003 JP 2003282988 A 03-10-2003
EP 0936684	A	18-08-1999	JP 3058143 B2 04-07-2000 JP 11227189 A 24-08-1999 US 6222303 B1 24-04-2001
EP 1408561	A	14-04-2004	JP 2004247703 A 02-09-2004 US 2004070315 A1 15-04-2004
US 2003001454	A1	02-01-2003	US 2005102807 A1 19-05-2005
EP 0793120	A1	03-09-1997	AU 5707596 A 27-03-1997 CA 2207470 A1 13-03-1997 HU 9602918 A2 28-11-1997 JP 11506223 T 02-06-1999 KR 100230723 B1 15-11-1999 LT 96122 A 27-10-1997 PL 322714 A1 16-02-1998 RO 118340 B 30-04-2003 WO 9709642 A1 13-03-1997 RU 2069883 C1 27-11-1996
JP 2005043544	A	17-02-2005	AUCUN