

(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
19 juillet 2001 (19.07.2001)

PCT

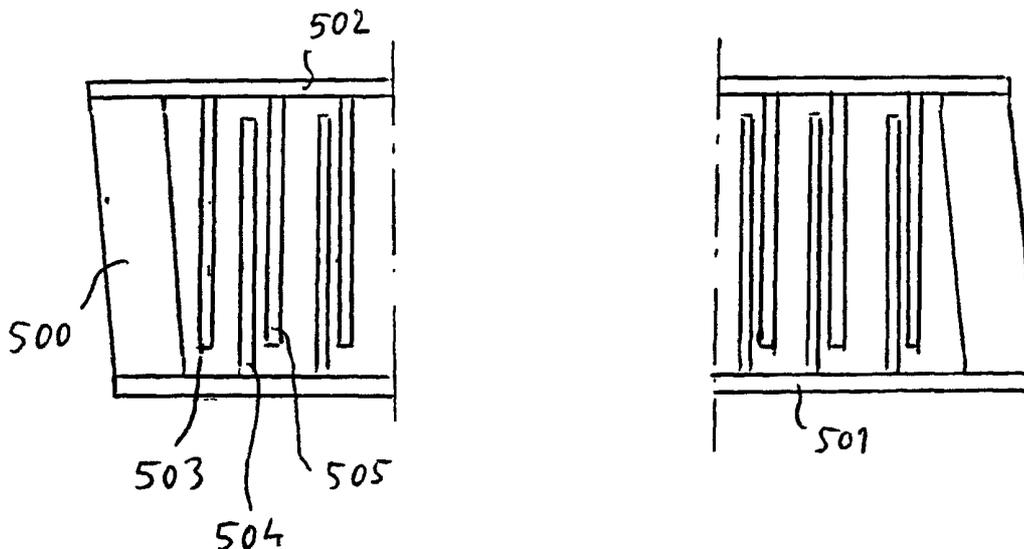
(10) Numéro de publication internationale
WO 01/52399 A1

- (51) Classification internationale des brevets⁷ : H02N 1/00, G11B 5/55
- (71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : INFORMATION TECHNOLOGY DEVELOPMENT (ITD) [FR/FR]; 45, chemin de Malanot, F-38700 Corenc (FR).
- (21) Numéro de la demande internationale : PCT/FR00/03596
- (72) Inventeur; et (72) Inventeur : LAZZARI, Jean, Marc [FR/FR]; 29, rue André Thome, F-78490 Montfort l'Amaury (FR).
- (22) Date de dépôt international : 19 décembre 2000 (19.12.2000)
- (72) Inventeur; et (75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) : LAZZARI, Jean-Pierre [FR/FR]; 45, chemin de Malanot, F-38700 Corenc (FR).
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité : 00/00403 13 janvier 2000 (13.01.2000) FR
- (74) Représentant commun : INFORMATION TECHNOLOGY DEVELOPMENT; 45, chemin de Malanot, F-38700 Corenc (FR).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: MICRO ACTUATOR WITH OPTIMISED DEFORMABLE STRUCTURE FOR DISC STORAGE AND METHOD FOR MAKING SAME

(54) Titre : MICRO-ACTIONNEUR CAPACITIF A STRUCTURE DEFORMABLE OPTIMISE POUR MEMOIRE A DISQUES ET PROCEDE DE FABRICATION



(57) Abstract: The invention concerns a deformable micro actuator with electrostatic motor for disc storage. Said microactuator located between the head and the suspension, consists of vertical electrodes (503, 504, 505) alternately maintained by an upper rigid horizontal plane (502), and a lower rigid horizontal plane (501), the horizontal planes being linked by a deformable peripheral elastomer membrane (500). The invention is useful for following narrow tracks for hard disc storage.

(57) Abrégé : Micro-actionneur déformable à moteur électrostatique pour mémoire à disque. Le micro-actionneur situé entre la tête et la suspension, est constitué d'électrodes verticales (503, 504, 505) tenues alternativement par un plan horizontal supérieur rigide (502), et un plan horizontal inférieur rigide (501), les plans horizontaux étant reliés par une membrane périphérique (500) en élastomère déformable. Application au suivi de pistes étroites pour mémoire à disques durs.



WO 01/52399 A1



(81) États désignés (*national*) : AT, BG, BR, CA, CH, CN, CU, CZ, DE, DK, ES, FI, GB, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KP, KR, LU, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SE, SG, US, VN, YU, ZA.

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale

(84) États désignés (*régional*) : brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

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.

MICRO-ACTIONNEUR CAPACITIF A STRUCTURE DEFORMABLE OPTIMISE POUR MEMOIRE A DISQUES
ET PROCEDE DE FABRICATION

DESCRIPTION

5

Domaine technique

La présente invention a pour objet un micro-actionneur permettant à la tête d'écriture- lecture de suivre des pistes enregistrées de petite dimension, sur un disque dur , ainsi que son procédé de fabrication.

10 Elle trouve des applications dans le domaine des mémoires à disques durs, pour le stockage de masse d'informations.

Etat de l'art antérieure

15 Une mémoire à disque dur montrée schématiquement sur la figure 1 comprend essentiellement un ou plusieurs disques (100) revêtus d'une couche d'enregistrement support d'informations. La ou les têtes magnétiques d'écriture et de lecture (103) sont maintenues en position par une suspension (102). Cette suspension est montée sur un actionneur électromagnétique (101) , qui par rotation positionne la tête (103) sur la

20 piste magnétique (104) qui sera lue, ou enregistrée. La piste (104) comporte des zones portant des informations particulières destinées à fournir à la tête des signaux qui après traitement seront envoyés à l'actionneur (101) afin de centrer en permanence la tête sur la piste (104).

25 D'une façon générale, les besoins de l'informatique font que les capacités des mémoires à disques doublent en moyenne tous les 18 mois. Pour suivre cette forte croissance en densité d'enregistrement, il faut augmenter à la fois le nombre de bits d'informations le long de la piste ce que l'homme de l'art appelle la densité linéique, et à la fois augmenter le

30 nombre de pistes , ce que l'homme de l'art appelle la densité radiale .

Il est admis que les actionneurs ne permettront pas d'atteindre une densité radiale supérieure à 1000 pistes par millimètre. Il devient donc indispensable d'adjoindre à l'actionneur selon l'art actuel, un autre

actionneur, permettant un très faible déplacement de la tête, mais avec une grande précision, et une grande rapidité. C'est la raison pour laquelle l'industrie envisage un second étage d'actionneur, que l'on appelle micro-actionneur, comme montré sur la figure 2 .

5 Plusieurs solutions ont été proposées pour réaliser ces micro-actionneurs. Celles qui paraissent les plus prometteuses, consistent à placer le micro-actionneur (200) entre la tête (103) et la suspension (102), comme le montre la figure 2. Le micro-actionneur (200) est réalisé par les technologies souvent appelées « MEM » qui en terme anglo-saxon sont
10 les initiales de Micro Electronic Machining, c'est à dire des technologies semblables à celles de circuit intégrés. La figure 3 montre le schéma d'un micro-actionneur selon l'art antérieur. On trouve la partie mobile (300) qui se déplace dans la direction des flèches (305). Cette partie mobile est maintenue par des poutres (301) qui forment un parallélogramme
15 déformable, relié à l'autre extrémité à une partie fixe (302). Ces poutres ont une épaisseur de 30 à 40 μm , et une largeur de 4 à 5 μm . Elles sont en silicium poly cristallin, ou parfois en nickel électrolysé. Attachés à la partie mobile (300), on trouve une série de peignes (303), entrelacés avec une autre série de peignes (304) reliés à la partie fixe (302) . La
20 séparation entre les peignes est de l'ordre de 3 μm . En appliquant une tension de l'ordre de 80 volts, entre les peignes, par attraction ou répulsion électrostatique, les peignes se rapprochent ou s'éloignent l'un de l'autre. On peut donc obtenir une excursion de la partie mobile du micro-actionneur de plus ou moins 1,5 μm . Les poutres (301) présentent
25 une faible flexibilité dans la direction des flèches (305), et une plus grande rigidité perpendiculairement au plan de la figure 3. Toutes les formes et structures du micro-actionneur sont réalisées par les techniques MEM, proches de celles de la microélectronique. Il faut noter que l'on
30 trouve des micro-actionneurs à déplacement rectiligne ou d'autres micro-actionneur à déplacements rotatifs. Un exemple de ces dispositifs est décrit dans la publication « Magnetic Recording Head Positioning at Very High Track Densities Using a Microactuator-Based Two-Stage Servo System » par L.S Fan, H.H Ottesen, T.C Reilley et R.W.Wood, IEEE Trans on Industrial Electronics, vol. 42, 3, pp. 222-223, June 1995.

D'autres techniques utilisant la déformation de quartz piézo-électrique, ont été proposées.

Bien que donnant satisfaction à certains égards, les micro-actionneurs, selon les structures décrites par la figure 3, présentent de nombreux défauts :

5 La force d'attraction entre les peignes est directement liée à la capacité entre les peignes. Malgré des formes en créneaux qui permettent d'augmenter les surfaces en regard de ces peignes, la capacité ainsi formée est de 2 à 3 picofarads. L'énergie développées par ces micro-
10 actionneurs est donc très faible. Des peignes semblables à ceux des micro-actionneurs sont également utilisés pour réaliser des accéléromètres. Dans ce cas, les peignes sont protégés par un chapeau étanche, qui évite que des poussières, des particules, de l'humidité, puissent s'intercaler entre les peignes, pouvant perturber, ou même bloquer leur mouvement. Dans
15 le cas des micro-actionneurs pour mémoire à disque, la partie mobile du micro-actionneur supporte la tête. Il est donc impossible selon cet art antérieur, d'étanchéifier les espaces entre les peignes pour éviter les agressions extérieures. On trouve ce problème à deux niveaux :

20 --- Toutes les opérations de montage du micro-actionneur sur la suspension, et de la tête sur le micro-actionneur, nécessitant des manipulations sont très risquées à cause de la fragilité des micro-actionneurs. Par exemple, la soudure des plots de sortie de la tête est très délicate, car c'est un procédé ultrasonique qui est souvent utilisé. Cette
25 technique est incompatible avec la fragilité du micro-actionneur, qui serait irrémédiablement détruit par l'énergie ultra-sonique. Avant d'être monté dans la mémoire à disque, l'ensemble suspension, micro-actionneur, tête d'écriture/lecture, subit de nombreux nettoyages, qui sont autant de cause de destruction du micro-actionneur, car si un liquide s'infiltré entre les
30 peignes, il est très difficile de l'en extraire. Ainsi, on peut dire que ces micro-actionneurs, sont difficilement compatibles avec les procédés d'assemblage utilisés actuellement dans l'industrie.

--- Le risque est tout aussi grand, lorsque le micro-actionneur supportant la tête est en fonctionnement à l'intérieur de la mémoire à disque. La tête vole à quelques dizaines de nanomètres au dessus du disque. A l'arrière de la tête on trouve au cours du temps des

accumulations de fines particules , issues des atterrissages et décollages de la tête. Ces particules ne gênent pas le vol de la tête. Par contre, les mêmes particules, peuvent pénétrer entre les peignes du micro-actionneur qui sont situés juste sous la tête, et bloquer son fonctionnement. Par
5 ailleurs, la mémoire à disque est parfois soumise à des chocs accidentels. Selon les normalisations internationales, une mémoire a disque doit pouvoir accepter des chocs supérieurs à 500 g . L'énergie du choc se transmet du disque vers la tête. Cette dernière décolle du disque, puis est rabattue avec violence par la suspension sur le disque. Le micro-actionneur
10 risquerait d'être gravement endommagé.

Afin d'éviter ces inconvénients, une nouvelle structure, représentée sur les figures 4A, 4B, et 4C, a été proposée par la demande de brevet d'invention N° 9906430 du 18 mai 1999. Il s'agit d'une structure
15 déformable utilisant un élastomère du type latex (200) ayant un faible module d'Young, qui sous l'influence de couches conductrices (403) déposées dans le plan du micro-actionneur, décalées les unes des autres, formant un moteur électrostatique, qui génère des forces de cisaillement, déforment l'élastomère, produisant un déplacement du plan supérieur du
20 micro-actionneur (401) , par rapport au plan inférieur (402), comme le montrent les figures 4B et 4C, selon les polarisations électriques des électrodes (403) .

Bien que donnant satisfaction à certains égards, les micro-actionneurs utilisant la déformation d'un élastomère, décrits
25 précédemment, présentent une rigidité importante face aux forces de déformation produites par le moteurs électrostatique.

La présente invention a justement pour but de remédier à ces inconvénients, en proposant une structure de moteur électrostatique beaucoup plus efficace d'une part, et une structure déformable à base
30 d'élastomère offrant une plus faible rigidité dans le sens des déplacements, d'autre part, ainsi que le procédé de fabrication.

Exposé de l'invention

A cette fin, l'invention propose un micro-actionneur constitué d'une membrane périphérique déformable en matériau du type élastomère, séparant deux plans horizontaux qui maintiennent des électrodes verticales formant un condensateur. Les électrodes verticales sont séparées par une distance légèrement supérieure au déplacement des deux plans horizontaux, ce qui fait que le volume interne à la membrane périphérique est entièrement occupé par le moteur électrostatique, lui permettant de générer des forces très importantes, en regard de celles nécessaires à la déformation de la membrane périphérique. Les électrodes verticales sont alternativement attachées au plan horizontal supérieur, et au plan horizontal inférieur. Leur polarisation électrique est telle que les électrodes verticales supérieures sont soumises à des forces d'attraction par rapport aux électrodes verticales inférieures. Le micro-actionneur selon l'invention, présente une grande flexibilité dans la direction de déplacement, et une forte rigidité perpendiculairement au plan du micro-actionneur, ce qui lui permet d'encaisser des chocs, et même de les amortir. Selon l'invention, le micro-actionneur est très robuste, et il est insensible aux particules, ou aux liquides. Les électrodes sont dans un volume totalement isolé de l'extérieur par la membrane périphérique. Il fonctionne avec des tensions inférieures à 100 Volts. Il ne présente pas de fatigue ni d'hystérésis à un niveau gênant pour son fonctionnement. Il est parfaitement compatible avec les procédés actuellement utilisés dans l'industrie pour l'assemblage des têtes sur leur suspension. Il ne présente aucun risque à l'intérieur de la mémoire à disque face à l'accumulation de particules. Vu de l'extérieur, il se présente sous la forme d'un volume homogène, qui se déforme en fonction des forces générées par le moteur électrostatique.

De façon plus précise, la présente invention a pour objet, un micro-actionneur pour mémoire à disques, et son procédé de fabrication, constitué d'un ensemble d'électrodes planes verticales maintenues alternativement par un plan horizontal supérieur et par un plan horizontal inférieur, les plans horizontaux supérieur et inférieur, étant tenus par une membrane périphérique déformable du type élastomère, comme du caoutchouc du latex, ou du silicone. La polarisation électrique des électrodes verticales,

génère sur chacune d'elle des forces d'attraction par rapport aux électrodes voisines. La membrane déformable qui supporte les plans horizontaux supérieurs et inférieurs, assure l'étanchéité du moteur électrostatique, par rapport à l'environnement extérieur au micro-actionneur. Le plan horizontal inférieur du micro-actionneur est collé sur la suspension, le plan horizontal supérieur du micro-actionneur supporte la tête. La déformation de la membrane périphérique est très petite par rapport à sa hauteur, ce qui engendre une hystérésis et une fatigue négligeables. Le micro-actionneur, selon l'invention, présente une capacité sensiblement supérieure à celle des micro-actionneurs selon l'art antérieur. L'intensité des forces engendrées par le moteur électrostatique, dont les électrodes se déplacent perpendiculairement à leur plan, est sensiblement plus importante que celle des moteurs électrostatiques de l'art antérieur. Selon un autre mode de l'invention, la membrane périphérique entre les plans horizontaux supérieur et inférieur, a une forme optimisée, afin qu'elle offre une faible résistance à la déformation, dans la direction du déplacement. Selon un autre mode préféré de l'invention, le micro-actionneur a un pivot central, permettant de faire pivoter l'un par rapport à l'autre les plans horizontaux supérieur et inférieur.

Le micro-actionneur selon l'une quelconque des structures décrites précédemment, présente une grande rigidité verticale. En cas de choc, le matériau déformable de par son élasticité, absorbera le choc, évitant par la même une détérioration de la tête, du micro-actionneur lui même, ou de la surface du disque.

Selon l'invention, le déplacement de la surface supérieure du micro-actionneur par rapport à sa surface inférieure, peut-être rectiligne, ou rotatif. Ce déplacement peut être mesuré par la variation de capacité entre des électrodes voisines. Il est donc possible d'asservir les déplacements du micro-actionneur, et par là même de s'affranchir de possibles non linéarités dans la déformation de la membrane périphérique.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention, ressortiront mieux de la description qui va suivre, donnée à titre illustratif mais non limitatif, en référence aux dessins annexés.

Brève description des dessins.

- ◆ les figures 1, déjà décrite, montre le schéma d'une mémoire à disques
- ◆ la figure 2 , déjà décrite, montre la position du micro-actionneur, entre la tête et la suspension.
- ◆ la figure 3 déjà décrite, montre la structure d'un micro-actionneur selon un art antérieur.
- ◆ les figures 4 A, 4B, 4C, déjà décrites, montrent une structure d'un micro-actionneur selon un autre art antérieur utilisant la déformation d'un matériau du type élastomère, ainsi que les déplacements des plans (401) et (402) selon la polarité des électrodes.
- ◆ les figure 5 montre la coupe d'un micro-actionneur selon l'invention.
- ◆ la figure 6 montre le mouvement du plan horizontal supérieur par rapport au plan horizontal inférieur.
- ◆ la figure 7 montre un micro-actionneur à déplacement circulaire,
- ◆ la figure 8 montre le procédé de réalisation du premier groupe d'électrodes verticales, attachées au plan inférieur.
- ◆ la figure 9 montre le procédé de réalisation du second groupe d'électrodes verticales attachées au plan supérieur.
- ◆ la figure 10 montre le procédé de réalisation de la membrane périphérique ainsi que celui du plan supérieur.

25

Exposé détaillé d'un mode de réalisation :

La figure 5 montre un premier mode de réalisation du micro-actionneur selon l'invention. Le micro-actionneur (200) selon un premier mode de l'invention, se présente sous la forme d'un parallélépipède plat. Sa largeur et sa longueur sont sensiblement égales à celles de la tête (103) de la figure 2, qui sera collée sur sa surface supérieure (502), tandis que sa surface inférieure (501) sera collée sur la suspension (102) de la figure 2. L'épaisseur du micro-actionneur (200) est de l'ordre de 30µm à 100µm, sa longueur de 1,25 mm, et sa largeur de 1mm, lorsque la tête (103) est au format international dit « pico » . Le micro-actionneur (200) apparaît de

30

L'extérieur, comme un parallélépipède plat, constitué de deux surfaces rigides (502) et (501) reliées entre elles par une membrane périphérique déformable (500), constituée d'un élastomère, comme du caoutchouc, du latex, ou du silicone, donné à titre d'exemple non limitatif. L'élasticité d'un matériau se définit par son module d'Young. Le nickel par exemple a un module d'Young de 200 Giga Pascal (200Gpa). Le silicium supérieur à 100Gpa. Les élastomères déformables (500) selon l'invention, présentent un module d'Young compris entre 0,1 Méga Pascal (0,1Mpa), et 100 Mpa. Le latex par exemple a un module d'Young compris entre 4Mpa et 40Mpa.

A l'intérieur du micro-actionneur, on trouve un ensemble d'électrodes verticales supportées alternativement par les plans (502) et (501). Ainsi, les électrodes (503) et (505) sont tenues par le plan supérieur (502), alors que l'électrode (504) est tenue par le plan inférieur (501). Ces électrodes une fois alimentées par une tension électrique, forment un moteur électrostatique, qui génère des forces horizontales entre chaque électrode, qui se transmettent aux surfaces rigides supérieure (502) et inférieure (501). Ces surfaces sous l'effet des forces produites par les électrodes vont se déplacer en déformant légèrement la membrane périphérique (500). La figure 6 montre un exemple de déplacement. Supposons que l'électrode (503) ait la même polarité que l'électrode (504), et que l'électrode (504) soit polarisée positivement par rapport à l'électrode (505), l'électrode (505) sera attirée par l'électrode (504), alors que l'électrode (505) ne subira aucune force par rapport à l'électrode (504). On voit donc, selon l'invention, que selon les polarité des électrodes supérieures par rapport aux électrodes inférieures, des forces d'attraction entre les électrodes supérieures et inférieures, permettent un déplacement du plans horizontal supérieur par rapport au plan horizontal inférieur. A titre d'exemple, si l'on considère un micro-actionneur ayant les dimensions définies précédemment, les électrodes forment une capacité de l'ordre de 58pf, et génèrent une force de l'ordre de 0,24 Newtons, pour une tension appliquée de 100 volts. Si les déplacements maximum recherchés entre le plan supérieur (502) et le plan inférieur (501) sont de plus ou moins 1 μm , alors la séparation entre chaque électrode sera légèrement supérieure à 1 μm , soit par exemple 1,5 μm . Afin d'éviter tout court circuit entre électrode si à cause d'un

problème quelconque, le déplacement du plan supérieur par rapport au plan inférieur était plus grand que $1,5\mu\text{m}$ qui ferait que les électrodes puissent se toucher, l'ensemble des électrodes attachées au plan horizontal inférieur par exemple, selon l'invention sont isolées par une
5 couche mince diélectrique. Selon l'invention, le micro-actionneur a une forme rectangulaire, avec un mouvement rectiligne du plan supérieur par rapport au plan inférieur. Afin de réduire la rigidité de la partie de la membrane périphérique parallèle au déplacement, selon un mode optimisé de l'invention, la forme de ces parties de la membrane, peuvent
10 avantageusement être circulaires, ou coudées. Selon un autre mode de réalisation, le micro-actionneur est rotatif. Dans ce cas, les plans supérieur (502) et inférieur (501) ont une forme circulaire. Les électrodes verticales sont positionnées selon des rayons, et la membrane
15 périphérique extérieure est circulaire, comme le montre la figure 7 vue en plan. On retrouve la membrane périphérique (500), les électrodes verticales (503), (504), (505), installées sous forme de rayons, attachées alternativement aux surfaces supérieures et inférieures du micro-
actionneur. Au centre, on trouve un pilier (700) qui présente une rigidité importante dans le plan, mais une faible rigidité en rotation.

20 Le déplacement relatif des deux surfaces supérieure et inférieure, est de l'ordre de plus ou moins un à deux microns. Si l'épaisseur du micro-actionneur est de $100\mu\text{m}$, la déformation de la membrane périphérique ne sera que de quelques pour-cent. Les matériaux
25 déformables selon l'invention peuvent accepter des déformations élastiques de l'ordre de 700 pour-cent. Les déformations du micro-actionneur selon l'invention, sont tellement petites par rapport à ce que le matériau pourrait encaisser, qu'elles ne s'accompagnent ni d'hystérésis, ni de fatigue. En mesurant la capacité entre les électrodes (503) et (504)
30 par exemple, qui traduit directement la séparation entre ces électrodes, c'est à dire qui donne une mesure précise des déplacements, il est possible de réaliser une boucle d'asservissement électronique, qui de ce fait annule toute non linéarité dans les déplacements.

Le micro-actionneur (200) selon l'invention, apparaît comme un ensemble homogène, sans micro-cavités. Il est inerte chimiquement, notamment aux agents liquides de nettoyage. Il est très robuste

mécaniquement, surtout dans les directions perpendiculaires au plan des surfaces (501) et (502). Comme la membrane périphérique reliant les deux plans rigides du micro-actionneur, est constitué de matériau déformable, et comme le micro-actionneur est situé entre la suspension et la tête, il constitue un parfait amortisseur de chocs.

Procédé de fabrication :

Sur un substrat (800) qui peut avantageusement être une tranche de silicium, comme utilisé dans le domaine de la microélectronique, on dépose une première couche (801) dite « sacrificielle », c'est à dire que l'on éliminera par la suite. Cette couche peut-être de la résine, ou un polymère que l'on peut dissoudre dans des solvants spécifiques, ou une couche métallique ou diélectrique, connus de l'homme de l'art. La couche sacrificielle peut avoir une épaisseur de quelques microns. Sur cette couche sacrificielle, on dépose une couche diélectrique (501) qui constituera la surface inférieure du micro-actionneur. Cette couche peut être du SiO₂ par exemple déposé selon des procédés à basse température, comme le CVD soit en terme anglo-saxon « Chemical Vapor Deposition », procédé connu de l'homme de l'art. La couche de SiO₂ peut avoir une épaisseur de l'ordre de quelques microns. Sur cette couche de SiO₂, on dépose une couche conductrice qui après photolithographie et gravure, techniques connues des procédés de la microélectronique, constituera des interconnexions (802) reliés à la source de tension, sur lesquels on va réaliser le premier ensemble d'électrodes . On dépose ensuite une couche de résine photosensible (803) d'épaisseur de quelques microns à une centaine de microns. On réalise ensuite une lithographie, suivie d'une révélation qui va réaliser des tranchées (804) dans la résine, ces tranchées débouchant vers le bas sur les conducteurs (802) . On comblera ensuite ces tranchées par croissance électrolytique d'un conducteur, comme du cuivre, ou du nickel par exemple. D'autres méthodes de comblement connues de l'homme de l'art, comme le CVD par exemple peuvent également être utilisées. On élimine ensuite la résine, et on dépose sur toutes les surfaces des électrodes, une couche diélectrique fine de l'ordre de 1000 Å°, comme du SiO₂ par exemple, en

utilisant un dépôt CVD par exemple, afin que le dépôt soit le plus homogène possible . Cette couche isolera les électrodes.

Sur cet ensemble, on dépose une couche de résine, ou de matériau organique dissolvable par un solvant connu de l'homme de l'art. Cette
5 couche (900) de la figure 9, a une épaisseur supérieure à la hauteur du premier ensemble d'électrodes (804) . Sur cette couche (900), on dépose une couche de SiO₂ (901) qui servira de masque de gravure de la couche (900). Après lithographie, et gravure de la couche de SiO₂ (901), on grave
10 la couche (900) sous forme de tranchées (902) , dont le fond ne touchera pas la couche (501) . Le fond pourra se situer à environ 5 µm au dessus de la couche (501). On dépose ensuite une couche mince conductrice (903) qui tapissera l'intérieur des tranchées (902). En utilisant cette
15 couche conductrice comme électrode, on fera pousser par électrolyse un matériaux conducteur comme du nickel ou du cuivre à l'intérieur des tranchées (902) constituant ainsi un second ensemble d'électrodes qui seront attachées au plan supérieur. On peut également utiliser un dépôt CVD pour combler les tranchées (902) . Sur la surface (903), on réalise
20 ensuite une lithographie, suivie d'une gravure pour faire les connexions (1000) des électrodes du plan supérieur, comme le montre la figure 10. Les connections (1000) relient donc les électrodes supérieures à la source de tension. On réalise ensuite une lithographie suivie d'une gravure de la
25 couche de SiO₂ (901), afin de réaliser par gravure sélective, une tranchée (1001) dans la couche (900) . Cette tranchée peut avoir une largeur de 10 à 100µm par exemple. Elle a la forme de la membrane périphérique. Cette tranchée est ensuite comblée par l'élastomère. Il se présentent sous la
forme soit liquide, soit pâteuses , et se polymérise par ajout d'un liquide de polymérisation, associé à une température de l'ordre de 50°C.
L'élastomère peut-être déposé soit à la raclette, soit par centrifugation.
30 On dépose sur l'ensemble une couche de SiO₂ épaisse, de plusieurs microns (1003) . On réalise ensuite une lithographie sur la couche de SiO₂ (1003), afin de réaliser de nombreuses ouvertures, qui laissent la couche de SiO₂ sous la forme d'une grille (1002) ouverte, jusqu'à la surface de la
couche (900). On grave sélectivement par gravure ionique réactive, la couche (900), au travers des trous de la grille de SiO₂, puis on élimine
totalement la couche (900) par dissolution sélective à l'aide d'un solvant

approprié, connu de l'homme de l'art. On obtient donc la structure complète du micro-actionneur selon l'invention. Les électrodes supérieures sont tenues par la grille de SiO₂ rigide, réalisée dans la couche épaisse (1003), qui est déposée sur la membrane périphérique (1001). On dépose par collage, sur la couche épaisse de SiO₂ en forme de grille (1003) une couche qui peut-être un polymère, d'une dizaine de microns d'épaisseur, qui assurera l'étanchéité totale du micro-actionneur. On élimine enfin la première couche sacrificielle (801) afin de libérer chaque micro-actionneur du substrat (800) qui les a tenus pendant toute les étapes de fabrication.

REVENDICATIONS

1. Micro-actionneur pour mémoire à disque, disposé entre la tête (103) et la suspension (102) animé par un moteur électrostatique, caractérisé en ce que le moteur électrostatique est constitué d'électrodes planes verticales (503), (504), (505) tenues alternativement par deux plans rigides horizontaux (502) et (501), les deux plans horizontaux étant reliés par une membrane périphérique déformable (500).
2. Micro-actionneur pour mémoire à disque, selon la revendication 1 caractérisé en ce que la membrane périphérique (500) est un élastomère du type caoutchouc, latex, silicone, ayant un module d'Young compris entre 0,1 et 100Mpa.
3. Micro-actionneur pour mémoire à disque, selon la revendication 2 caractérisé en ce que les électrodes verticales soient isolées les unes des autres par une couche diélectrique.
4. Micro-actionneur pour mémoire à disques, selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que les électrodes verticales (503), (504), (505), soient dans un milieu étanche protégé par la membrane périphérique déformable (500) et les deux plans horizontaux (501) et (502), par rapport à l'environnement extérieur au micro-actionneur.
5. Micro-actionneur pour mémoire à disques, selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que le micro-actionneur a un déplacement linéaire, ou un déplacement rotatif.
6. Micro-actionneur pour mémoire à disque, selon l'une quelconque des revendications 1 à 5 caractérisé en ce qu'il comporte des moyens de mesure de la capacité entre deux électrodes voisines, représentative du déplacement du micro-actionneur.

7. Micro-actionneur pour mémoire à disque, selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que les plans horizontaux (501) et (502) sont reliés par un matériau élastique qui absorbe les chocs mécaniques, entre la suspension (102), et la tête (103).

- 5 8. Procédé de fabrication du micro-actionneur pour mémoire à disque, selon la revendication 1 dans lequel on réalise les étapes suivantes :
- Sur un substrat (800), on dépose une couche sacrificielle (801), puis une couche rigide (501) isolante.
 - 10 ---On réalise un premier niveau d'interconnexions (802) du premier ensemble d'électrodes maintenues sur le plan horizontal inférieur.
 - On dépose une couche épaisse de résine (803) dans laquelle on réalise des tranchées (804) que l'on comble par un matériau conducteur.
 - On élimine la résine (803)
 - 15 ---On dépose une couche mince diélectrique d'isolation qui recouvre les électrodes.
 - On dépose une couche sacrificielle organique (900) d'épaisseur supérieure à la hauteur du premier ensemble d'électrodes.
 - On dépose une couche de SiO₂ (901) sur la couche sacrificielle
 - 20 (900)
 - On réalise une lithographie, suivie d'une gravure de la couche de SiO₂ (901) afin de réaliser un masque de gravure de tranchées (902) dans la couche sacrificielle (900).
 - On dépose une couche conductrice (903), et on comble par
 - 25 électrolyse les tranchées (902).
 - On grave la couche conductrice sur la surface de la couche de SiO₂ (901) afin de réaliser un second niveau d'interconnexions du second ensemble d'électrodes verticales.
 - On grave la couche de SiO₂ (901) afin de faire un masque à la
 - 30 gravure profonde de la couche (900) pour réaliser une tranchée (1001) ayant la forme de la membrane périphérique (500).
 - On comble la tranchée (1001) par un matériau élastomère à l'aide d'une raclette, ou par centrifugation.
 - On dépose une couche de SiO₂ épaisse (1003) que l'on grave sélectivement sous la forme d'une grille. On grave par gravure ionique

réactive la couche (900) au travers des trous de la grille de SiO₂, puis on élimine par dissolution chimique la totalité de la couche sacrificielle (900)

---On colle sur la grille de SiO₂, une membrane d'étanchéité

5 ---On élimine la couche sacrificielle (801) pour libérer tous les micro-actionneurs réalisés sur le substrat (800).

10

15

1/5

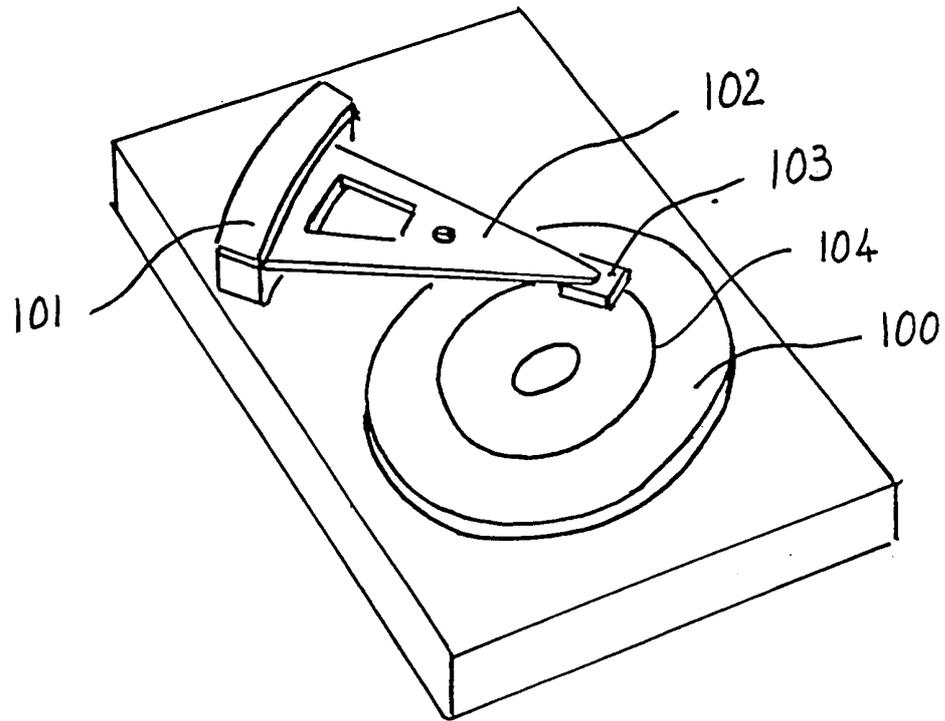


FIG 1

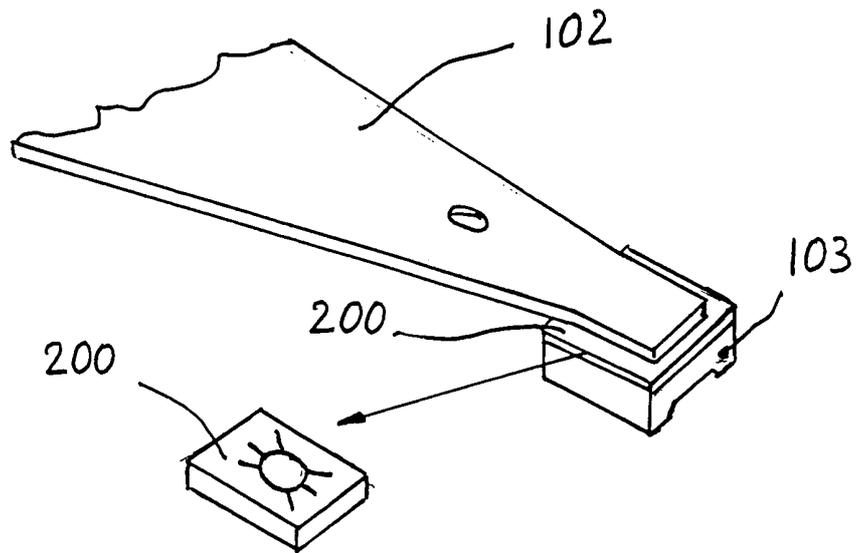


FIG 2

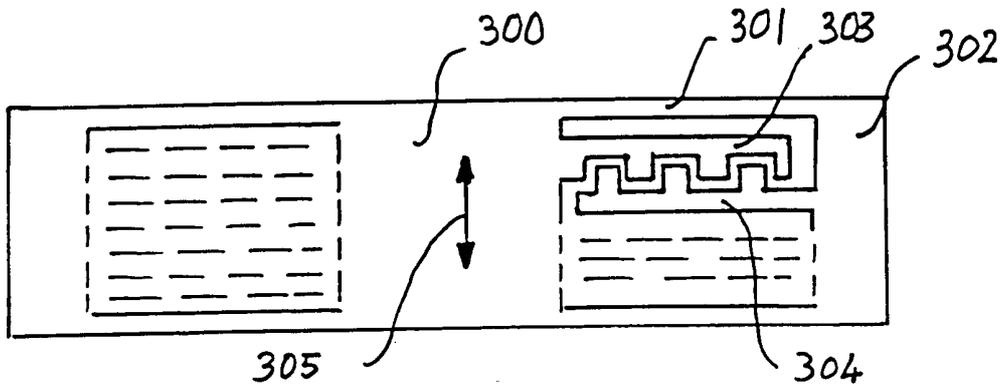


FIG 3

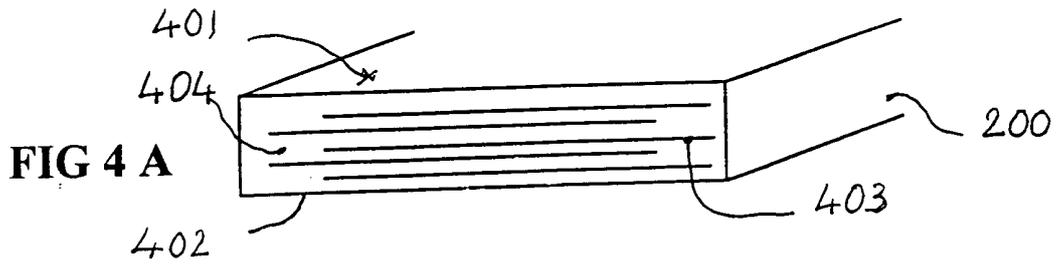


FIG 4 A

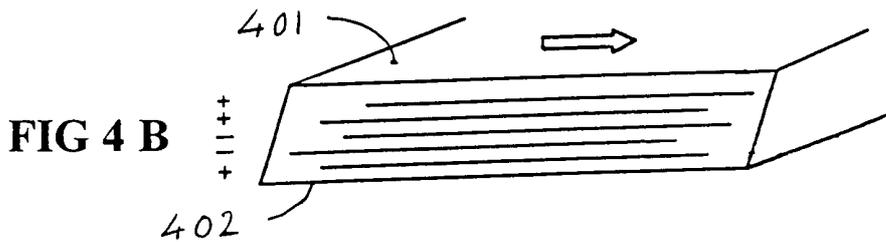


FIG 4 B

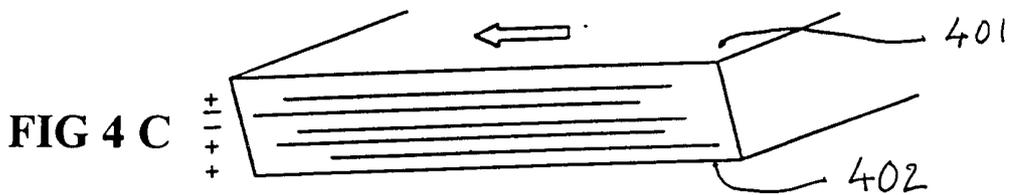


FIG 4 C

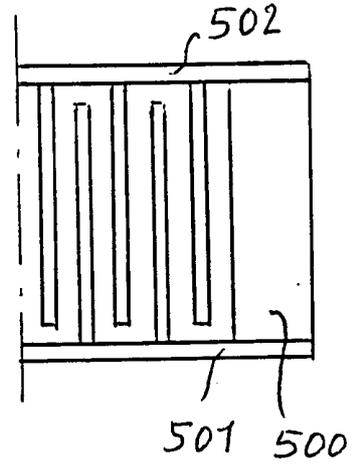
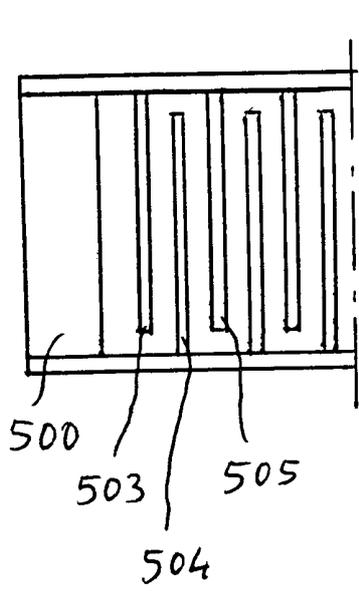


FIG 5

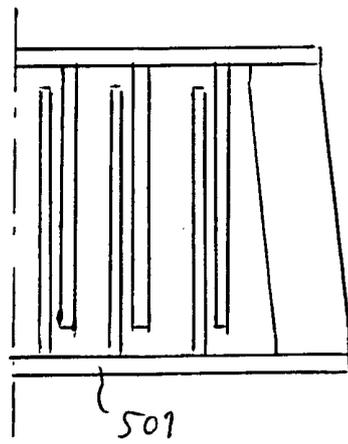
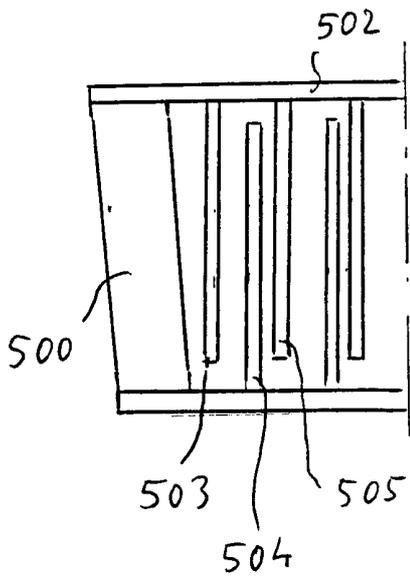


FIG 6

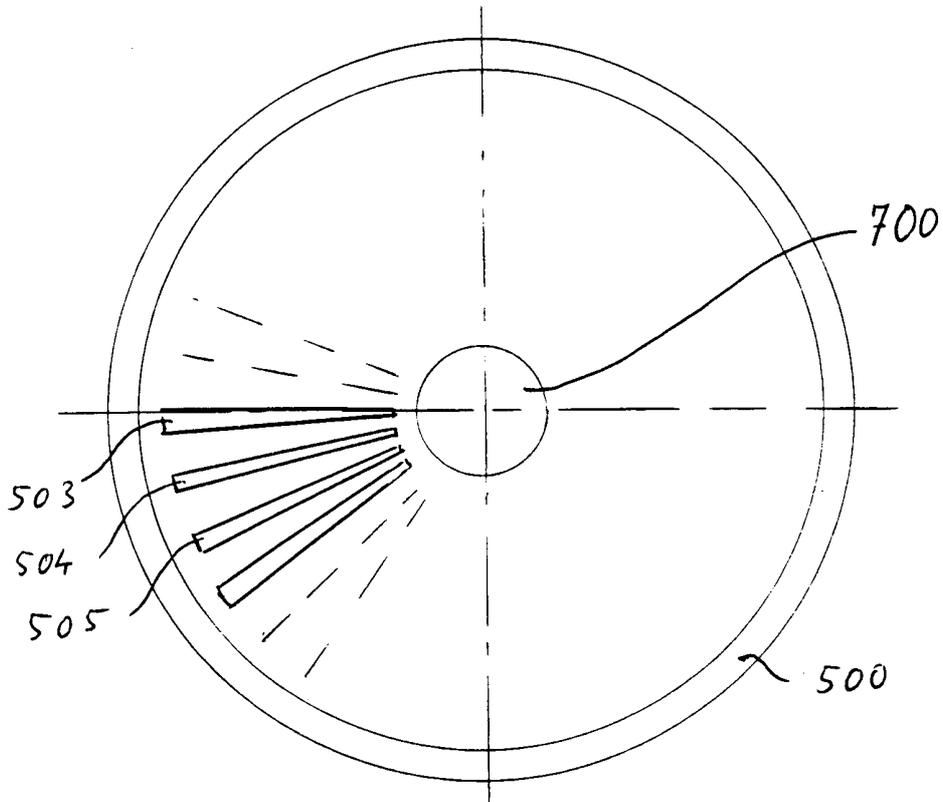


FIG 7

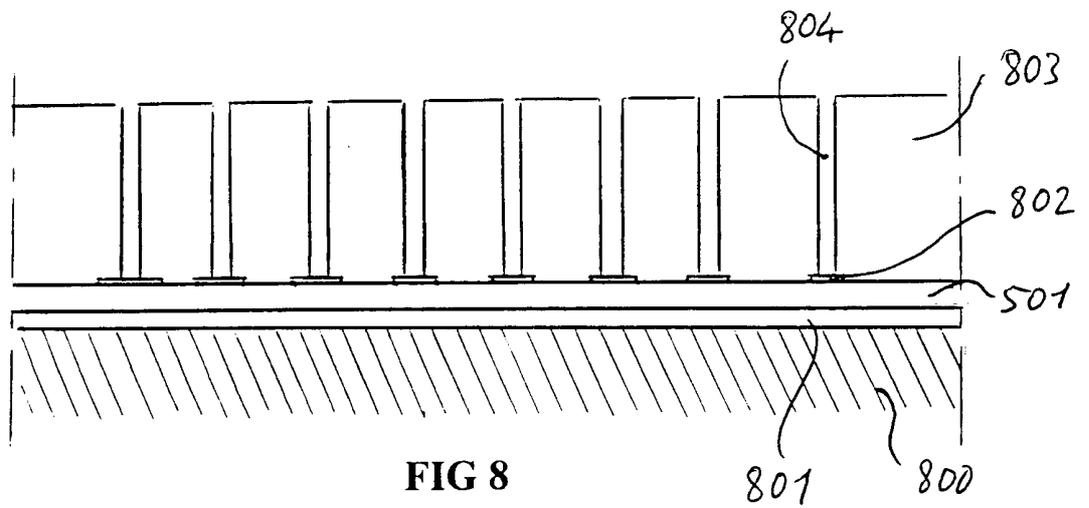
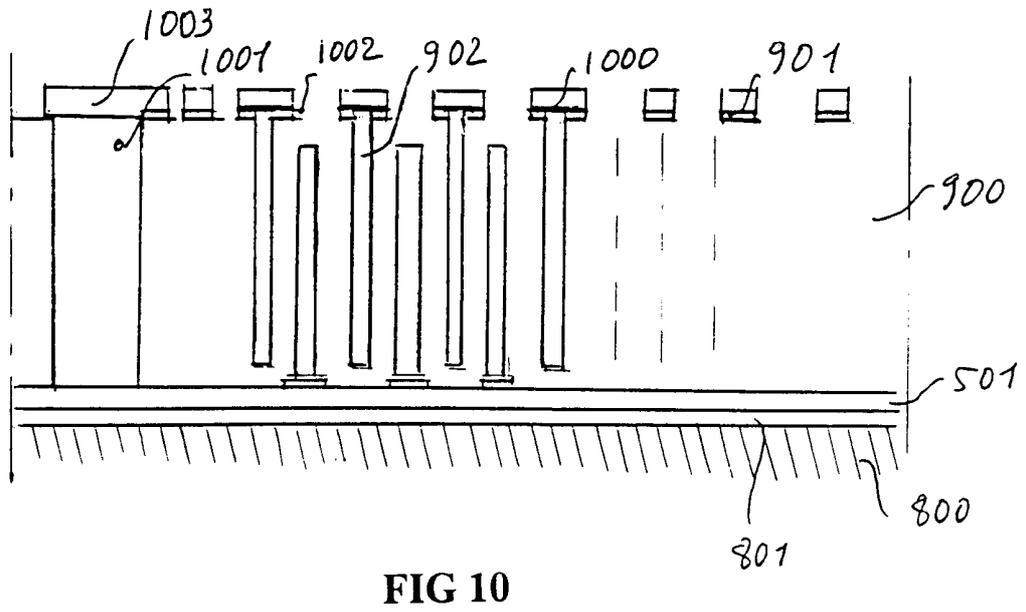
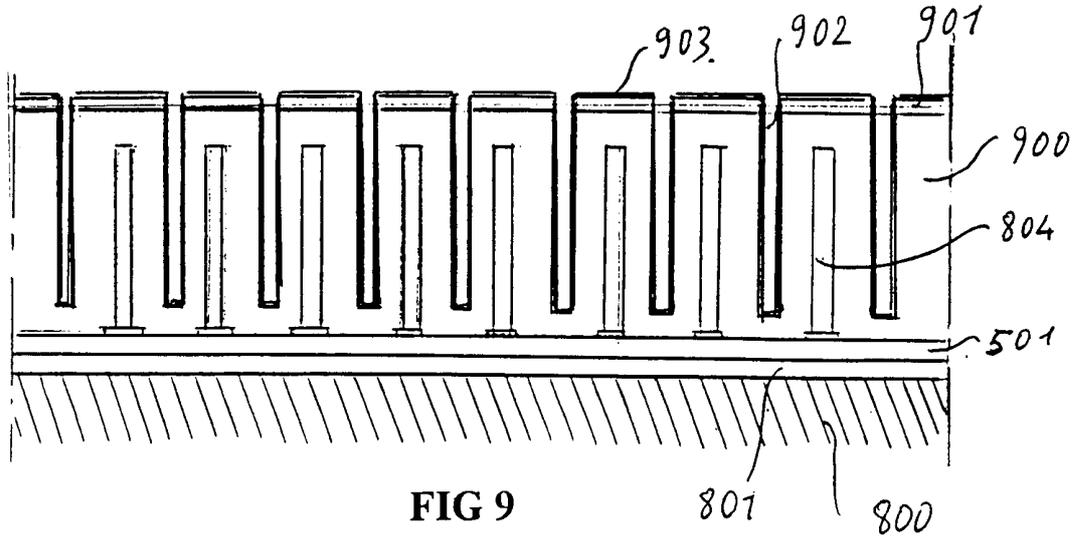


FIG 8



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. l. Application No

PCT/FR 00/03596

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 IPC 7 H02N1/00 G11B5/55

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H02N G11B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	KIM B -H ET AL: "MEMS FABRICATION OF HIGH ASPECT RATIO TRACK-FOLLOWING MICRO ACTUATOR FOR HARD DISK DRIVE USING SILICON ON INSULATOR" ORLANDO, FL, JAN. 17 - 21, 1999, NEW YORK, NY: IEEE, US, 1999, pages 53-56, XP000830721 ISBN: 0-7803-5195-9 the whole document	
A,P	EP 0 978 832 A (HEWLETT PACKARD CO) 9 February 2000 (2000-02-09) column 2, line 8 -column 3, line 42 column 7, line 50 -column 8, line 1 figure 1A	

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *G* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

12 April 2001

Date of mailing of the international search report

23/04/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Ramos, H

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 00/03596

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 982 585 A (FAN LONG-SHENG ET AL) 9 November 1999 (1999-11-09) column 3, line 6 -column 3, line 9 column 5, line 54 -column 6, line 25 figure 9	
A	----- US 5 642 015 A (WHITEHEAD LORNE A ET AL) 24 June 1997 (1997-06-24) abstract -----	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 00/03596

Information on patent family members

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0978832	A	09-02-2000	JP 2000061900 A	29-02-2000
US 5982585	A	09-11-1999	NONE	
US 5642015	A	24-06-1997	US 5450498 A	12-09-1995
			AU 5394596 A	21-11-1996
			CA 2218876 A	07-11-1996
			WO 9634701 A	07-11-1996
			CN 1186458 A, B	01-07-1998
			DE 69609414 D	24-08-2000
			DE 69609414 T	08-03-2001
			EP 0824381 A	25-02-1998
			JP 3016870 B	06-03-2000
			JP 10511528 T	04-11-1998
			AT 161439 T	15-01-1998
			AU 7224494 A	13-02-1995
			CA 2159900 A	26-01-1995
			WO 9502464 A	26-01-1995
			DE 69407592 D	05-02-1998
			DE 69407592 T	20-08-1998
			EP 0708689 A	01-05-1996
			JP 9500247 T	07-01-1997
			US 5682075 A	28-10-1997

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Der le internationale No

PCT/FR 00/03596

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE CIB 7 H02N1/00 G11B5/55				
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB				
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE				
Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) CIB 7 H02N G11B				
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche				
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data, PAJ				
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS				
Catégorie °	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées		
A	KIM B -H ET AL: "MEMS FABRICATION OF HIGH ASPECT RATIO TRACK-FOLLOWING MICRO ACTUATOR FOR HARD DISK DRIVE USING SILICON ON INSULATOR" ORLANDO, FL, JAN. 17 - 21, 1999, NEW YORK, NY: IEEE, US, 1999, pages 53-56, XP000830721 ISBN: 0-7803-5195-9 le document en entier ---			
A,P	EP 0 978 832 A (HEWLETT PACKARD CO) 9 février 2000 (2000-02-09) colonne 2, ligne 8 -colonne 3, ligne 42 colonne 7, ligne 50 -colonne 8, ligne 1 figure 1A --- -/--			
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; border: none;"> <input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents </td> <td style="width: 50%; border: none;"> <input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe </td> </tr> </table>			<input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents	<input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe
<input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents	<input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe			
° Categories speciales de documents cités:				
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; border: none;"> *A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent *E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date *L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) *O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens *P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée </td> <td style="width: 50%; border: none;"> *T* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention *X* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément *Y* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier *&* document qui fait partie de la même famille de brevets </td> </tr> </table>			*A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent *E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date *L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) *O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens *P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée	*T* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention *X* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément *Y* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier *&* document qui fait partie de la même famille de brevets
A document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent *E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date *L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) *O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens *P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée	*T* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention *X* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément *Y* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier *&* document qui fait partie de la même famille de brevets			
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée <p style="text-align: center; font-size: 1.2em;">12 avril 2001</p>		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale <p style="text-align: center; font-size: 1.2em;">23/04/2001</p>		
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tél. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé <p style="text-align: center; font-size: 1.2em;">Ramos, H</p>		

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Der le Internationale No
PCT/FR 00/03596

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 5 982 585 A (FAN LONG-SHENG ET AL) 9 novembre 1999 (1999-11-09) colonne 3, ligne 6 -colonne 3, ligne 9 colonne 5, ligne 54 -colonne 6, ligne 25 figure 9 ---	
A	US 5 642 015 A (WHITEHEAD LORNE A ET AL) 24 juin 1997 (1997-06-24) abrégé -----	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

De. de internationale No
PCT/FR 00/03596

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 0978832 A	09-02-2000	JP 2000061900 A	29-02-2000
US 5982585 A	09-11-1999	AUCUN	
US 5642015 A	24-06-1997	US 5450498 A	12-09-1995
		AU 5394596 A	21-11-1996
		CA 2218876 A	07-11-1996
		WO 9634701 A	07-11-1996
		CN 1186458 A, B	01-07-1998
		DE 69609414 D	24-08-2000
		DE 69609414 T	08-03-2001
		EP 0824381 A	25-02-1998
		JP 3016870 B	06-03-2000
		JP 10511528 T	04-11-1998
		AT 161439 T	15-01-1998
		AU 7224494 A	13-02-1995
		CA 2159900 A	26-01-1995
		WO 9502464 A	26-01-1995
		DE 69407592 D	05-02-1998
		DE 69407592 T	20-08-1998
		EP 0708689 A	01-05-1996
		JP 9500247 T	07-01-1997
		US 5682075 A	28-10-1997