

Brevet d'invention délivré pour la Suisse et le Liechtenstein

Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein

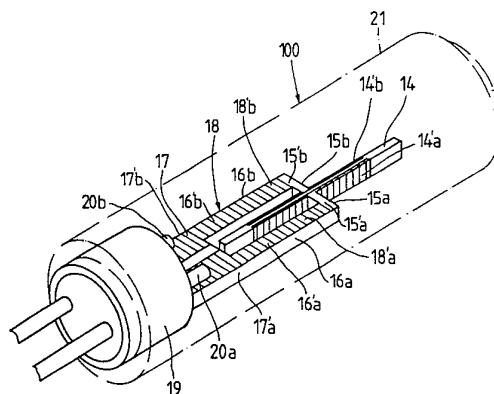
⑫ FASCICULE DU BREVET A5

- | | | | | |
|----|-----------------------------------|-------------------------|----|--|
| ②① | Numéro de la demande: | 6516/83 | ⑦③ | Titulaire(s):
Matsushima Kogyo Kabushiki Kaisha,
Suwa-shi/Nagano-ken (JP) |
| ②② | Date de dépôt: | 06.12.1983 | | |
| ③③ | Priorité(s): | 27.09.1983 JP 58-178835 | ⑦② | Inventeur(s):
Negita, Mutsumi, Kami-ina-gun/Nagano-ken
(JP)
Nakayama, Iwao, Kami-ina-gun/Nagano-ken
(JP) |
| ②④ | Brevet délivré le: | 13.02.1987 | | |
| ④⑤ | Fascicule du brevet
publié le: | 13.02.1987 | ⑦④ | Mandataire:
Bovard AG, Bern 25 |

(54) Ensemble comprenant un vibreur piézo-électrique à vibration longitudinale et son procédé de fabrication.

(57) Le vibreur piézo-électrique a une portion vibrante principale (14) vibrant longitudinalement et qui est tenue, en son endroit de moindre déplacement de vibration, par un support (18), formé de deux portions de connexion (15a, 15b) de deux bras (16a) et d'une base-support (17), de façon à présenter la forme générale d'un diapason et à entourer une moitié de la portion vibrante principale (14). Cette dernière est formée en un seul corps avec le support (18). Des fils conducteurs (20a, 20b) sont fixés sur des électrodes parvenant au pied de la base (17) et traversent un socle (19), lui-même hermétiquement coiffé par un réceptacle cylindrique (21). Les électrodes principales (14'a, 14'b) en liaison avec les fils conducteurs sont disposées sur les faces latérales de la partie vibrante principale (14).

L'ensemble vibreur est de petites dimensions et convient pour fonctionner avec une grande précision jusqu'à des fréquences de l'ordre de 1 MHz.



REVENDEICATIONS

1. Ensemble comprenant un vibreur piézo-électrique à vibration longitudinale, comprenant:

une portion vibrante principale (14, 24, 29, 31, 46, 54) vibrant longitudinalement et ayant une paire d'électrodes principales (14a, 14b, 14'a, 14'b, 24a, 24b, 29'a, 29'b, 46a, 46b, 54a, 54b) sur ses deux surfaces latérales,

un support (18) comprenant des portions de connexion (15a, 15b, 32a, 32b) symétriquement disposées à l'endroit de la portion vibrante principale où la vibration est la plus faible, des bras (16a, 16b, 33a, 33b) s'étendant depuis les deux extrémités de ces portions de connexion dans une direction parallèle à la portion vibrante principale, et une base (17, 34, 49) disposée continuellement depuis les bras, le support (13) ayant la forme d'un diapason et entourant une moitié de la portion vibrante principale, cette dernière et le support étant formés en un corps par procédé photolithographique, le support ayant sur lui des électrodes (18'a, 18'b) pour la connexion vers l'extérieur, lesquelles sont connectées avec les électrodes principales par l'intermédiaire des portions de connexion (15a, 15b, 32a, 32b), et des fils de connexion de section ronde ou plate (20a, 20b), qui traversent un socle (19) situé au bas d'un réceptacle de scellement (21), et qui sont parallèles à la surface plane supérieure de la base, à une partie de laquelle leur surface latérale est immédiatement fixée, l'aire sur laquelle la base et les fils de connexion sont en contact l'un avec l'autre étant plusieurs fois supérieure à l'aire de la section droite des fils de connexion.

2. Ensemble comprenant un vibreur piézo-électrique selon la revendication 1, dans lequel la fréquence de résonance de la portion vibrante principale (14, 24, 29, 31, 46, 54) est synchronisée avec les harmoniques secondaires du support (18).

3. Ensemble comprenant un vibreur piézo-électrique selon la revendication 1 ou 2, dans lequel des films de métal sont établis sur les surfaces latérales des parties d'extrémité de la portion vibrante principale (14, 24, 29, 31, 46, 54) pour l'ajustage de la fréquence du vibreur.

4. Ensemble comprenant un vibreur piézo-électrique selon la revendication 3, caractérisé en ce que des films d'électrode de la même polarité sont disposés sur les surfaces latérales correspondantes à la partie d'extrémité de la portion vibrante principale (14, 24, 29, 31, 46, 54).

5. Ensemble comprenant un vibreur piézo-électrique selon l'une des revendications 1 à 4, dans lequel une concavité (47, 48, 50, 57) se trouve en au moins un endroit de la portion vibrante principale (46, 54) ou de la base (49) auquel doit être assurée une séparation entre deux parties d'électrode principale (46a 46b) ou entre deux parties d'électrode de connexion avec l'extérieur.

6. Procédé de fabrication photolithographique d'un ensemble comprenant un vibreur piézo-électrique à vibration longitudinale selon la revendication 1, comprenant les phases suivantes:

formation d'une plaquette piézo-électrique (40) selon la configuration d'un vibreur,

dépôt d'un film conducteur (41a, 41b, 60) sur au moins la majeure partie de la surface de cette plaquette,

formation d'une couche photorésistante (42a, 42b, 45a, 45b) sur le film conducteur, dans la configuration des électrodes,

attaque chimique du film conducteur pour former les électrodes, en utilisant la couche photorésistante en tant que film anticorrosif, par procédé photolithographique, et

enlèvement de la couche photorésistance.

La présente invention concerne un ensemble comprenant un vibreur piézo-électrique à vibration longitudinale et le procédé de fabrication correspondant.

On connaît actuellement, en tant qu'exemple d'un vibreur piézo-électrique à vibration longitudinale dans lequel une portion principale vibrant longitudinalement et un membre support en forme de diapason sont formés en un seul corps par procédé photolithographique (ensemble désigné ci-après simplement comme «vibreur»), un dispositif qui est conforme à la demande de brevet japonaise N° 57/138212, de même qu'une unité vibreur longitudinale, au moins partiellement y relative.

Pour considérer l'art antérieur, on va, anticipant en cela sur la nomenclature des figures qui sera fournie plus loin, considérer les fig. 1 à 3 qui justement illustrent cet art antérieur.

La fig. 1 est une vue en perspective d'un vibreur construit en conformité avec la demande de brevet japonaise N° 57/138212. Sur cette fig. 1, on voit une portion vibrante principale 1, des bras 3a, 3b, une portion de connexion 2a, 2b pour connecter les bras 3a, 3b au centre de la portion vibrante principale 1, et une base 4, toutes ces parties étant formées à partir d'une plaque de cristal de quartz, en un seul corps, par un procédé photolithographique, tel que par exemple un procédé d'attaque photochimique. Les portions de connexion 2a, 2b, les bras 3a, 3b et la base 4, constituent un tout qui est désigné comme étant le support 5. La plaque de cristal de quartz est coupée dans la direction verticale qui correspond à l'axe optique ou axe Z. La portion vibrante principale 1 s'étend parallèlement à l'axe Y du cristal de quartz. Des électrodes 1'a, 1'b, sont disposées par placage sur les deux surfaces latérales de la portion vibrante principale 1, respectivement, et des électrodes externes 5'a, 5'b leur sont connectées par l'intermédiaire des portions de connexion 2. L'exemple d'exécution représenté à la fig. 1 est conçu pour fournir une fréquence de 1 MHz et la portion vibrante principale 1 du vibreur a une longueur L égale à 2,75 mm, une largeur W égale à 0,1 mm et une épaisseur T égale à 0,2 mm, l'épaisseur T de la portion vibrante principale 1 étant ainsi plus grande que sa largeur W. La base 4 est montée sur une base de montage 6, et le tout est hermétiquement scellé dans un réceptacle (non représenté au dessin).

Un tel vibreur présente l'avantage d'avoir des caractéristiques de vibration excellentes, du fait que les électrodes principales 1'a, 1'b produisent un champ électrique dans une direction parallèle à l'axe électrique, ou axe X, du cristal de quartz, et du fait que la portion vibrante principale 1 est supportée par le support 5 qui a la forme d'un diapason.

Toutefois, le dispositif selon l'art antérieur représenté à la fig. 1 présente quelques défauts. D'une façon générale, un vibreur piézo-électrique à vibration longitudinale a une caractéristique telle que l'expansion et la contraction de la portion vibrante principale dans la direction de son long côté provoquent une expansion et une contraction dans la direction de son côté court. Ainsi, dans le vibreur selon la fig. 1, si le support 5 est immédiatement monté sur la base de montage 6 qui consiste en un corps rigide tel qu'une pièce de céramique, la vibration du support 5, provoquée par l'expansion et la contraction de la portion vibrante principale dans la direction de son côté étroit, est directement transmise au réceptacle de l'assemblage (non représenté au dessin). De ce fait, les excellentes caractéristiques de vibration du vibreur selon la fig. 1 se trouvent détériorées.

De plus, afin de permettre au vibreur de vibrer sans être affecté par les chocs externes subis par le réceptacle, le poids de ce dernier doit être suffisamment grand par rapport à celui du vibreur. Cela fait qu'il est difficile de donner à l'assemblage des dimensions vraiment petites.

De plus, puisque la base 4 du support 5 est en contact avec la base de montage 6 sur une aire relativement grande et puisque ensuite tout l'assemblage est hermétiquement scellé, la vibration principale de la portion vibrante principale se trouve gênée, ce qui détériore le rendement de vibration.

On se référera maintenant aux fig. 2 et 3 qui représentent une unité vibreur à vibration longitudinale qui se trouve actuellement sur le marché et dans laquelle est utilisé le vibreur connu représenté à la fig. 1.

Les fig. 2A à 2E sont des vues en perspectives des parties individuelles de l'unité vibreur, laquelle comprend comme on le voit un couvercle 13, un cadre 12, un vibreur 7, une plaque de montage 8 (correspondant à l'ensemble du corps de la base de montage 6 représentée à la fig. 1) et un fond 9. La fig. 2F montre en plan la portion vibrante. Comme cela est particulièrement bien illustré à la fig. 2C, le vibreur 7 est monté sur la plaque de montage 8 par la base 4 de ce vibreur 7 à l'aide de soudure au Pb/Sn, ou à l'aide d'autres moyens, tels qu'un adhésif et notamment un adhésif organique. L'évidement 10 à l'intérieur de la plaque 8 fournit l'espace nécessaire pour permettre au vibreur de vibrer.

Dans la structure selon la fig. 2, les électrodes principales 1'a, 1'b sont connectées aux électrodes externes 8'a, 8'b établies sur la plaque de montage 8 par l'intermédiaire d'électrodes plaquées sur la base 4. Les électrodes externes 8'a, 8'b sont connectées à une autre paire d'électrodes externes 9'a, 9'b, plaquées sur le fond 9, par les portions creusées 11a, 11b, présentées par la plaque de montage 8. Ainsi, les électrodes principales 1'a, 1'b du vibreur 7 sont électriquement connectées aux électrodes externes 9'a, 9'b. Après que la plaque de montage 8 et le fond 9 ont été joints l'un à l'autre, toute la configuration des électrodes externes 9'a, 9'b ne peut plus être vue de l'extérieur. Par ailleurs, aux deux extrémités de la portion vibrante principale 1, des électrodes 1'c, 1'd d'ajustage de la fréquence du vibreur sont plaquées sur les surfaces planes de ce vibreur.

En plaçant le cadre 12 sur la plaque de montage 8, puis en plaquant le couvercle 13 sur le cadre 12, on achève le scellement hermétique du vibreur.

Les fig. 3A, 3B, 3C montrent l'assemblage complet du vibreur de la fig. 2, respectivement par une vue en plan, une vue en coupe et une vue de dessous. Cet assemblage représenté aux fig. 3A, 3B, 3C a une longueur égale à 8,33 mm et une largeur B égale à 3,94 mm, tandis que son épaisseur C est de 1,52 mm.

Ainsi, comme précédemment mentionné en liaison avec l'art antérieur décrit en référence à la fig. 1, la miniaturisation de cet ensemble vibreur manque d'être complètement satisfaisante.

De plus, la fabrication de l'assemblage susmentionné, dans lequel la plaque de montage 8 et le fond 8 sont utilisés, représente des frais de fabrication élevés du fait du grand nombre de pièces et du coût impliqué par le processus d'assemblage de ces pièces.

La présente invention a donc pour but d'éliminer les défauts susmentionnés de l'art antérieur.

Conformément à l'invention, ce but est atteint par la présence des caractères énoncés par la revendication indépendante 1, en ce qui concerne l'ensemble comprenant le vibreur, et par la revendication indépendante secondaire 6, en ce qui concerne le procédé de fabrication.

Le dessin annexé illustre, à titre d'exemple et comparativement à ce que connaissait l'art antérieur, des formes d'exécution d'un ensemble comprenant un vibreur conforme à l'invention. Dans ce dessin:

la fig. 1 est une vue en perspective montrant un vibreur piézo-électrique à vibration longitudinale, de type connu,

les fig. 2A à 2E sont des vues en perspective montrant, de façon disjointe, un autre ensemble vibreur piézo-électrique à vibration longitudinale, de type connu,

la fig. 2F est une vue en plan du vibreur selon les fig. 2A à 2E,

les fig. 3A, 3B et 3C montrent un ensemble vibreur dans lequel le vibreur selon la fig. 2 est scellé dans un réceptacle, ces trois figures étant respectivement une vue en plan de dessus, une vue en coupe, et une vue en plan de dessous de cet ensemble vibreur,

les fig. 4 et 4A à 4C représentent, respectivement par une vue en perspective, une vue en plan, une vue en coupe, et une vue de côté, une forme d'exécution d'un ensemble vibreur conforme à la présente invention,

la fig. 5 représente le déplacement de vibration à l'endroit d'une partie du support de la portion vibrante principale du vibreur,

la fig. 6 représente la vibration des bras selon des harmoniques secondaires élevées,

les fig. 7 à 10 illustrent la présence et les particularités de portions d'ajustage de fréquence présentées par la portion vibrante principale,

les fig. 11 à 13 illustrent le processus de formation des électrodes, et

les fig. 14 à 16 illustrent une structure concave qui constitue une particularité de certaines formes d'exécution.

Une forme d'exécution d'un ensemble vibreur selon l'invention est décrite en liaison avec les fig. 4, 4A, 4B et 4C. Dans le vibreur piézo-électrique à vibration longitudinale 100 de la fig. 4, la portion vibrante principale 14, qui vibre en direction longitudinale, est supportée par les portions de connexion 15a, 15b à l'endroit du vibreur où l'importance du déplacement de vibration est le plus faible (c'est-à-dire en général au centre). Les portions de connexion sont symétriques dans la direction de la largeur de la portion vibrante principale 14. Depuis les deux extrémités des portions de connexion 15a, 15b, des bras 16a, 16b s'étendent parallèlement à la portion vibrante principale 14, dans la même direction, ces bras se continuant par la base 17. Ainsi, le support 18 consistant en les portions de connexion 15a, 15b les bras 16a, 16b et la base 17, entourent une moitié de la portion vibrante principale 14, ce membre 18 formant ainsi un diapason. Les pièces susmentionnées sont formées en une seule pièce par un procédé photolithographique tel qu'un procédé d'attaque photochimique. Deux électrodes 14'a, 14'b sont plaquées respectivement contre les deux surfaces latérales de la portion vibrante principale 14, et des électrodes externes 18'a, 18'b sont plaquées sur le membre support 18. Les électrodes principales 14'a, 14'b, et les électrodes externes 18'a, 18'b sont connectées par l'intermédiaire des portions de connexion 15a, 15b. Un socle 19 est disposé à l'extrémité basse du support 18. Des connexions à fils conducteurs 20a, 20b, ayant par exemple la forme de tiges de section ronde ou la forme de plaquettes, sont disposées, de façon parallèle, sur la surface supérieure de la base 17, et elles traversent par ailleurs le socle 19. Dans la partie de la base 17 située à proximité de l'extrémité basse de celle-ci, la surface supérieure de cette base 17 et la surface latérale des fils de connexion 20a, 20b dans leur partie adjacente à la base 17 sont directement connectées par une soudure au Pb/Sn ou d'autres moyens de liaison, notamment des adhésifs organiques. L'aire de contact entre eux est plus grande que celle de la section des fils de connexion 20a, 20b. Finalement, l'ensemble vibreur est hermétiquement scellé dans un réceptacle 21 lié au socle 19.

Comme indiqué ci-dessus, le vibreur piézo-électrique à vibration longitudinale conforme à la conception proposée se distingue par une structure selon laquelle la base 17 du vibreur 100 est fixée par les fils de connexion élastiques 20a, 20b. Une telle structure présente divers avantages qui n'étaient pas obtenus avec les structures connues de l'art antérieur.

Premièrement, les électrodes sur le vibreur peuvent être directement tirées hors du réceptacle en fixant le vibreur 100 à l'aide des fils conducteurs de connexion 20a, 20b. Comme la vibration produite par la portion vibrante principale 14 est suffisamment amortie par la résilience des fils conducteurs de connexion, le socle 19 et le réceptacle 21 peuvent être prévus d'un poids moindre que celui qui était nécessaire dans les ensembles vibreurs connus.

Deuxièmement, l'aire de contact entre la base 17 et les fils de connexion 20a, 20b peut être aussi petite que 0,15 mm, et ainsi l'effet de liaison des membres relativement à la vibration du vibreur est fortement réduit. En conséquence, la fréquence de vibration du vibreur peut être commandée pour ne se présenter que d'une manière extrêmement faible sur la base 17.

Troisièmement, dans l'ensemble comprenant un vibreur selon la conception particulière proposée, le vibreur est hermétiquement scellé à l'aide d'un simple réceptacle cylindrique lié hermétiquement au socle 19 sur lequel il est pressé et qui est traversé également de façon hermétique par les fils de connexion. Ainsi le nombre des pièces utilisées est petit et le processus de scellement hermétique est facile, ces deux facteurs réduisant le coût de fabrication comparativement à celui des ensembles vibreurs connus. Par exemple, dans le

cas du dispositif antérieurement connu représenté à la fig. 3 la surface de quatre pièces doit être polie de façon soignée afin de réaliser une liaison parfaite entre six plans de ces quatre pièces. En conséquence, le coût de fabrication est augmenté du fait du nombre de pièces utilisées, du fait du soin considérable requis pour polir les surfaces des pièces, et pour d'autres raisons du même ordre. De plus, la nécessité de lier un grand nombre de pièces conduit nécessairement à détériorer l'efficacité du scellement.

Par ailleurs, il est bien connu que, pour arriver à réduire la consommation de puissance de l'ensemble vibreur, la valeur $C \cdot I$ doit être maintenue basse. Ainsi en général, la technique consistant à sceller un vibreur sous vide est utilisée pour produire une basse fréquence, par exemple de l'ordre de 32 kHz. Lors du scellement du vibreur connu selon la fig. 3 sous vide, de nombreux processus sont requis qui doivent être effectués dans un appareil à vide, ces processus comprenant notamment la dissolution des adhésifs par chauffage, puis l'application de pressions sur l'assemblage, puis le refroidissement de l'ensemble. Par contre, lors du scellement du vibreur selon la conception particulière proposée, ce scellement est achevé simplement par engagement par pression entre le socle 19 et le réceptacle 21, à température normale, dans un appareil à vide. Un tel processus simplifié de scellement constitue aussi un avantage pour la réduction du coût de fabrication.

Comme mentionné précédemment, le but de la présente invention est de fournir un vibreur piézo-électrique à vibration longitudinale améliorée, en une structure telle que le vibreur se trouve scellé dans un réceptacle cylindrique, des fils conducteurs de connexion résilients étant utilisés. L'avantage intéressant qui est obtenu avec l'ensemble vibreur selon l'invention peut également être obtenu, même si le genre de fils conducteurs de connexion ou le genre de réceptacle est modifié. Par exemple, les fils conducteurs de connexion peuvent être soit en forme de tiges de section ronde, soit en forme de plaquettes plates. Le réceptacle peut être fait soit de matériau non transparent, comme du métal ou de la matière céramique, soit de matériau transparent, comme du verre ou du cristal de quartz. Le réceptacle peut également avoir une section qui ne soit pas ronde, mais par exemple ovale.

On va maintenant décrire plus en détail des particularités de l'ensemble vibreur proposé par l'invention.

La vibration longitudinale de la portion vibrante principale 14 amène les portions de connexion 15a, 15b et les bras 16a, 16b à vibrer à la flexion dans la direction du côté court de la portion vibrante principale 14. Le déplacement des portions de connexion 15a, 15b et des bras 16a, 16b, provoqué par cette vibration de flexion est montré à la fig. 5 par des lignes en traits pointillés. En vue d'augmenter le rendement de la vibration, l'effet de la vibration de flexion des membres supports dû à la vibration de la portion vibrante principale (désignée ci-après comme étant la «vibration principale») doit être rendu aussi petit que possible. La condition susmentionnée est remplie en synchronisant, de façon générale, la fréquence de résonance de la vibration de flexion des supports avec celle de la vibration principale. En général, la fréquence du vibreur se situe dans le domaine de quelque 100 kHz à 1 MHz, tandis que celle de la vibration de flexion des bras 16a, 16b est beaucoup plus faible, dépendant de la largeur et de la longueur de ces bras. Afin de synchroniser la fréquence de résonance du support avec celle de la portion vibrante principale, on utilise des harmoniques secondaires du support, lesquelles harmoniques sont représentées à la fig. 6. Sur cette figure, on voit en 21 la base 17 de la fig. 4, et on a représenté, respectivement, les harmoniques secondaires de rangs élevés des bras 16a, 16b, montrés à la fig. 5. Il apparaît clairement à la fig. 6 que les phases des harmoniques élevées 22a et 22b sont décalées de 180° . La fréquence des harmoniques secondaires élevées est approximativement quinze fois plus grande que celle de l'onde de base de la fréquence de vibration du support, et ainsi la fréquence f de quelque 100 kHz à 1 MHz est aisément obtenue en utilisant ces harmoniques élevées secondaires. En conséquence, la synchronisation des fréquences de résonance de la portion vibrante principale et du support est réalisée.

A la fig. 4, puisque les vibrations de flexion des bras symétriques 16a, 16b sont compensées et puisque la vibration de la base 17 est petite, il est possible de fixer cette base 17 à une pièce de montage en forme de corps rigide. Ici, en vue de diminuer encore le déplacement de vibration de la portion de fixation, c'est-à-dire afin d'éviter encore plus strictement les pertes d'énergie de vibration, la longueur D (fig. 4A) de la base 17 est rendue plus grande que le double de la largeur W des bras 16a, 16b.

Le vibreur est formé par un processus d'attaque photochimique à partir d'une fine plaque de cristal de quartz obtenue par rotation d'une plaque en coupe Z autour de l'axe X d'un angle situé entre -5° et $+5^\circ$. Par ailleurs, le vibreur est formé de façon que sa largeur se trouve selon l'axe X, sa longueur selon l'axe Y et son épaisseur selon l'axe Z, de la plaque de cristal de quartz. Les électrodes principales 14'a, 14'b sont disposées, respectivement sur les surfaces latérales de la portion vibrante principale 14, ce qui produit un champ électrique selon la direction de l'axe X, c'est-à-dire la direction de la largeur du vibreur. Ainsi, le vibreur vibre selon la direction de l'axe Y, c'est-à-dire la direction de la longueur du vibreur.

En vue de faire plein usage du champ électrique produit par les électrodes principales et de rendre petite la valeur $C \cdot I$ de façon à améliorer le rendement de la vibration du vibreur, la portion vibrante principale 14 doit être configurée de sorte que sa largeur F (fig. 4A) soit petite et que son épaisseur soit grande. Par la réduction de la largeur F de la portion vibrante 14, la vibration selon la largeur de cette portion vibrante principale 14 provoquée par la vibration longitudinale de cette dernière diminue. En conséquence, l'énergie de vibration produite par la portion vibrante principale 14 est mise à l'abri des pertes par transmission aux bras 16a, 16b, et cela augmente le rendement du vibreur.

Ici, il est nécessaire de prévoir un film fin d'électrode ou des films métalliques, à l'extrémité de la portion vibrante principale, en vue d'ajuster la fréquence du vibreur. Les parties de la portion vibrante principale auxquelles des électrodes ou des films métalliques sont ainsi fixés sont désignées par la suite comme étant les parties d'ajustage de fréquence.

Comme mentionné précédemment, en conformité avec la conception particulière proposée, l'aire de la surface plane de la portion vibrante principale 14 est petite. Ainsi, si les parties d'ajustage de fréquence sont formées sur la surface plane de cette portion vibrante, de la même manière que, par exemple, dans le dispositif antérieurement connu selon la fig. 2F, et si le cas d'un film de métal plaqué pour l'ajustage de la fréquence sur cette position est envisagé, les problèmes suivants se présentent:

1) Comme l'aire sur laquelle le film de métal peut être disposé est petite, le domaine de modifications de fréquence possible, pour la même épaisseur de film, est petit. En conséquence, une grande quantité de métal est requise et l'efficacité de l'ajustement devient faible.

2) Considérant la stabilité du film de métal, du fait de la petite aire disponible, l'épaisseur du film est limitée. Ainsi, le domaine de la fréquence ajustable est étroit et le rendement de fabrication (importance du déchet de fabrication) devient mauvais.

Comme cela est particulièrement illustré à la fig. 7, la partie d'ajustage de fréquence est formée sur la surface latérale de la portion vibrante principale 14, aux extrémités de celle-ci, afin d'éliminer les problèmes précédemment mentionnés. La configuration du vibreur de la fig. 7 est la même que celle du vibreur selon la fig. 4. La seule différence entre eux consiste en ce que la partie d'ajustage de fréquence 23 se trouve sur la surface latérale de la portion vibrante principale 14 — à l'extrémité de la demi-longueur 14 — de cette portion qui n'est pas entourée par le support 18 formé des portions de connexion 15a, 15b, des bras 16a, 16b et de la base 17. Un film métallique ainsi formé peut être enlevé même après que le vibreur est scellé dans un réceptacle comme représenté à la fig. 4, par l'irradiation d'un faisceau laser depuis l'extérieur, si ce réceptacle est fait d'un matériau transparent. La structure selon la conception proposée présente les avantages suivants en prévoyant le film de métal pour l'ajustage de la fréquence du vibreur:

1) Comme l'aire de la surface latérale de la portion vibrante principale est suffisamment large, le domaine de modification de fréquence, pour une même épaisseur de film métallique, est plus grand. En conséquence, le métal requis est moindre en quantité et l'efficacité d'ajustement est élevée.

2) Par le film de métal ayant une épaisseur située dans le domaine du possible, la distribution de la fréquence du vibreur peut être prévue de façon moyenne et ajustée. Ainsi, le rendement de fabrication (proportion de déchet) devient bon.

A la fig. 7, la partie d'ajustage de fréquence 23 est formée sur une seule surface latérale de la portion vibrante principale 14a, à titre d'exemple. Toutefois, si la partie d'ajustage de fréquence est formée sur les deux surfaces de cette portion vibrante, l'ajustement de fréquence est effectué d'une façon plus efficace. Des structures envisagées pour la portion d'extrémité de la portion vibrante principale du vibreur à cristal de quartz selon la conception proposée sont partiellement décrites aux fig. 8, 9 et 10.

A la fig. 8, l'électrode principale est disposée sur la surface latérale et une part de la surface plane, comme cela est représenté par des hachures, et les portions d'ajustage de fréquence sont les régions 25, 26. Dans cette structure, lorsque l'on effectue le placage du film de métal sur la portion d'ajustage de fréquence, on rencontre un problème du fait que les films de métal s'étendent à la surface plane et détériorent la résistance d'isolation des électrodes principales 24a, 24b.

Les variantes selon les fig. 9 et 10 présentent des structures dans lesquelles le problème susmentionné de la déficience d'isolation des électrodes principales est éliminé. A la fig. 9, la partie d'ajustage de fréquence 27, 28 se trouve dans les parties périphériques de la surface planaire de la portion vibrante principale. A la fig. 10, une électrode principale 29'a s'étend de façon à couvrir la partie d'extrémité de la portion vibrante principale, comme cela est montré par des hachures. Par ailleurs, l'électrode principale 29'a est séparée de l'autre électrode principale 29'b.

En vue de former ce film sur la surface latérale, une méthode de masquage est communément utilisée. La fig. 11 illustre la méthode de masquage pour le cas d'un vibreur 30 consistant en une portion vibrante principale 31, des portions de connexion 32a, 32b, des bras 33a, 33b, et une base 34, les électrodes principales 31'a, 31'b, faites d'un fin film conducteur, devant être déposées sur la surface du vibreur 30. Un cadre 35 supporte un certain nombre de vibrateurs 30 qui sont à monter sur une plaquette commune. Le vibreur 30 est connecté au cadre 35 au moyen de la partie connectante 36. Le procédé pour former les électrodes sur la surface latérale de la portion vibrante principale 31 est décrit ci-dessous. Tout d'abord, un masque 39, présentant des ouvertures 37, 38 pour former le film conducteur fin, est posé immédiatement sur le vibreur 30. Ensuite, les fins films conducteurs sont giclés à travers le masque 39 pour former l'électrode sur la surface latérale qui est électriquement connectée aux électrodes principales 31a, 31b, lesquelles électrodes principales sont préalablement formées sur la surface plane.

On se référera maintenant à la fig. 12 qui illustre le processus pour former les électrodes, d'une façon plus détaillée et dans l'ordre chronologique, par des vues en coupe allant de A à H. Premièrement, les fins films conducteurs 41a, 41b sont déposés sur les deux surfaces de la plaquette piézo-électrique 40 (A). Les fins films conducteurs 41a, 41b sont anticorrosifs à l'égard de la solution d'attaque chimique appliquée à la plaquette piézo-électrique. Des revêtements photorésistants 42a, 42b sont ensuite formés sur les fins films conducteurs 41a, 42b, dans la configuration du vibreur (B). Puis, les fins films conducteurs 41a, 41b sont enlevés par attaque chimique, selon la configuration du vibreur, en utilisant les enduits photorésistants 42a, 42b en tant que films anticorrosifs (C). Puis la plaquette piézo-électrique 40 est découpée par attaque chimique dans la configuration du vibreur, en utilisant les fins films conducteurs 41a, 41b en tant que films anticorrosifs (D). Ensuite, les films photorésistants 42a, 42b sont attaqués pour former la configuration des électrodes de surface plane (E). Ensuite encore, les fins films conducteurs 41a,

41b sont enlevés par attaque chimique, pour former la configuration des électrodes plane, en utilisant les couches photorésistances 42a, 42b en tant que films anticorrosifs (F); puis les couches photorésistances 42a, 42b sont enlevées (G). Enfin, les électrodes de surface latérale 44a, 44b sont formées par la méthode de masquage précédemment mentionnée, utilisant les masques 32a, 32b (H). Dans le procédé montré à la fig. 12, le pas (E) pour former les couches photorésistances 42a, 42b dans la configuration des électrodes peut être inséré après le pas (C).

La méthode classique par masquage, précédemment décrite, présente les désavantages suivants:

1) Lorsque l'on dépose un vibreur piézo-électrique et un masque en contact l'un avec l'autre, une précision ayant une erreur de position de moins de 10 microns est requise. De plus, les deux pièces doivent être attachées ensemble avant d'être mises dans l'appareil formant le film fin, ce qui augmente le nombre des phases de fabrication.

2) Si le dépôt du vibreur et du masque est fait sans la précision précédemment mentionnée, deux électrodes peuvent être court-circuitées, ou alors la formation des films fins sur les faces latérales est insuffisante, ce qui diminue le rendement de fabrication et mène également à une instabilité des caractéristiques de vibration.

La fig. 13 comprend des vues en coupe qui montrent le processus de formation des électrodes proposé par l'invention, dans lequel les défauts précédemment mentionnés de la méthode classique sont éliminés. Ici, la description des pas allant jusqu'au moment où la plaquette piézo-électrique est découpée par attaque chimique dans la configuration du vibreur est omise, étant donné que ces pas sont les mêmes que ceux qui ont été décrits de (A) à (D) en liaison avec la fig. 12. A la fig. 13, les pas qui interviennent après que la plaquette piézo-électrique a été découpée par attaque chimique pour former la configuration du vibreur sont illustrés comme étant les pas (E') à (H'). Sur la fig. 13, on voit en 40 la portion vibrante principale, constituant un exemple d'une partie du vibreur pour l'explication de ce procédé. Tout d'abord le fin film conducteur 60 est formé d'une façon générale sur la surface entière du vibreur 40, lequel avait été établi par le procédé d'attaque chimique (E'). Ensuite, les portions photorésistances 45a, 45b sont formées dans la configuration des électrodes (F'). Puis les fins films conducteurs 41a, 41b, 60a, 60b sont établis par attaque chimique en utilisant les couches photorésistances 45a, 45b en tant que films anticorrosifs (G') et, finalement, les couches photorésistances 45a, 45b sont enlevées (H'). Il est également acceptable que les fins films conducteurs 41a, 41b soient enlevés avant la formation de l'autre fin film conducteur 60, comme cela est fait à la phase (E') de la fig. 13.

Le procédé de formation des électrodes qui vient d'être décrit, conforme à l'invention, présente les avantages suivants:

1) La technique requise dans ces pas est seulement celle, bien connue, du processus par attaque photochimique et une technique de masquage très précise n'est pas nécessaire. Ainsi, le coût de fabrication est réduit.

2) Puisque les électrodes sont formées par le processus d'attaque photochimique, la configuration de ces électrodes est définie avec précision. Il en résulte que la caractéristique ne va pas varier notablement d'un dispositif à l'autre.

Dans le procédé conforme à la conception proposée, il est nécessaire de former les couches photorésistances sur la surface latérale, comme cela est montré en (F') à la fig. 13. Cependant, la formation de la couche photorésistante sur la surface latérale est aisément réalisée par trempage dans une solution de substance photorésistante, par revêtement par giclage à l'aide d'un vaporisateur (canon de giclage) ou par des moyens similaires.

Bien que les fins films conducteurs 41a, 41b et 60 soient formés en une simple couche dans l'exemple montré à la fig. 13, le processus peut également être appliqué dans le cas de la formation des films fins en plusieurs couches.

Comme cela apparaît clairement de la description donnée jusqu'ici, en vue de former les électrodes principales en tant qu'une

paire d'électrodes, par division, un fin film conducteur doit être formé sur la surface plane et la surface latérale du vibreur en une configuration déterminée par le processus d'attaque photochimique. En général, l'exposition de la surface latérale à la lumière, afin d'obtenir la configuration des électrodes, intervient dans une direction oblique par rapport à la plaquette. Toutefois, certains problèmes se présentent avec cette méthode classique. Par exemple, un dessin minutieux est difficile à obtenir. De même, du fait de la nécessité de mettre la plaquette et le masque-photo en contact l'un avec l'autre, le masque-photo est susceptible d'être endommagé, ce qui entraîne une diminution du rendement de fabrication. De plus, comme une exposition lumineuse doit intervenir dans deux directions par rapport à une surface, quatre fois plus d'expositions à la lumière s'avèrent nécessaires pour les deux surfaces, ce qui est incommode. La structure du vibreur selon la conception proposée est configurée pour éliminer les problèmes susmentionnés dans le processus de fabrication et elle est décrite en se référant aux dessins annexés.

La fig. 4 montre une forme d'exécution du vibreur selon la conception proposée dans laquelle les deux électrodes principales 46a, 46b sont formées sur la portion vibrante principale 46, des concavités 47, 48 étant établies aux deux extrémités de la portion vibrante principale 46, respectivement, et une autre concavité 50 étant établie dans le «creux de fourchette» de la base 49. On voit en 51 la souche de la partie de connexion entre le vibreur et le cadre dont le vibreur est tiré, cette souche étant cassée et correspondant à ce qu'on voit en 36 à la fig. 11. Les concavités 47, 48 sont représentées plus en détail et à plus grand échelle aux fig. 15A et 15B. La fig. 15A est une vue en plan de l'extrémité de la portion vibrante principale 46. On voit sur cette figure que, du fait de la rapidité de l'attaque chimique et de l'anisotropie du matériau piézo-électrique, des «bavures» 52 subsistent après qu'une opération d'attaque chimique est intervenue à l'endroit de la concavité 47, à l'extrémité de la portion vibrante principale 46. La fig. 15B est une vue en coupe le long de la ligne P-P' de la fig. 15A, et elle montre que les bavures 52a, 52b forment des pentes 53a, 53b, respectivement. Par cette structure, même si la direction de la lumière est perpendiculaire à la plaquette piézo-électrique, la surface latérale, à l'endroit où une concavité est ménagée, peut être exposée à la lumière. Ainsi, dans les parties munies des concavités 47, 48, 50, l'électrode sur la surface latérale est aisément divisée, c'est-à-dire fendue, partagée. Une division ou partage de l'électrode est également requise à l'endroit de cassure 51 (fig. 14). Toutefois, au moment où le vibreur est enlevé par cassure de la portion de connexion entre le vibreur et le cadre, l'électrode est éga-

lement partagée. Ainsi, il n'y a pas de nécessité de prévoir une concavité à l'endroit du point de cassure 51.

Les avantages qui sont inhérents à cette structure qui est particulièrement à la conception proposée sont:

1) Comme l'exposition à la lumière du vibreur est achevée en utilisant seulement de la lumière dirigée verticalement contre la plaquette, une configuration précise est obtenue.

2) Puisqu'une exposition de lumière du type par projection est possible, le masque-photo est à l'abri des endommagements, ce qui mène à un bon rendement de fabrication.

3) Du fait qu'une exposition à la lumière du type par projection est possible, l'alignement des vibreurs devient facile et de plus une exposition à la lumière intervenant une seule fois est suffisante. De ce fait, le coût de fabrication se trouve fortement réduit.

La fig. 16 représente encore une autre variante du vibreur, conforme à l'invention, dans laquelle la structure représentée à la fig. 10 est incorporée au dispositif selon la fig. 14. A la fig. 16, les deux électrodes 54a, 54b sont formées sur la portion vibrante principale 54. Dans cette structure, il est impossible, compte tenu de la contrainte mécanique des parties, de prévoir une concavité aux endroits de partage 55, 56 de l'électrode sur la portion vibrante principale 54. Ainsi, seule la concavité 57 est établie, à l'endroit du «creux de fourchette» de la forme de diapason du support. Dans ce cas, une exposition de lumière oblique est nécessaire après que la plaquette et le masque-photo ont été disposés en contact l'un avec l'autre. Si la concavité 57 n'est pas prévue, l'exposition oblique à la lumière doit être effectuée deux fois, c'est-à-dire une fois dans la direction X et l'autre fois dans la direction Y, directions qui sont représentées par des flèches à la fig. 16. Par rapport à cela, la présence de la concavité 57 fait qu'il suffit d'effectuer l'exposition oblique à la lumière seulement une fois, dans la direction X, cela étant à nouveau une particularité intéressante de la conception proposée.

Certaines modifications de la forme des concavités ci-décrites sont possibles. Par exemple, la concavité peut, à côté de la forme d'un arc circulaire, avoir la forme d'un triangle, ou d'un carré, ou d'autres formes similaires, pour autant que les bavures qui sont désirables puissent être obtenues par l'attaque chimique du matériau piézo-électrique où une concavité intervient dans la configuration.

De plus, un des avantages significatifs du processus par attaque photochimique consiste en ce que la facilité de réaliser le procédé n'est pas affectée par la complexité de la configuration devant être découpée par attaque chimique.

FIG. 1

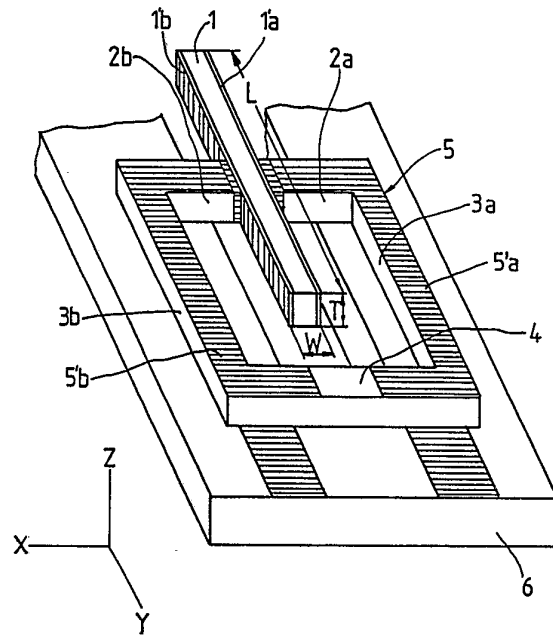


FIG. 2A

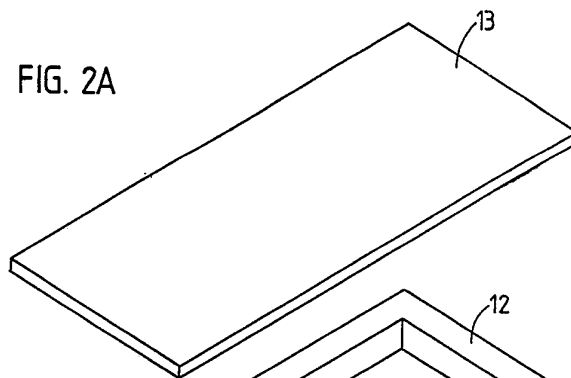


FIG. 2B

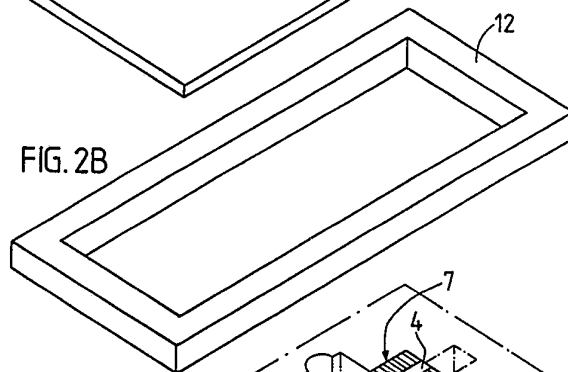


FIG. 2C

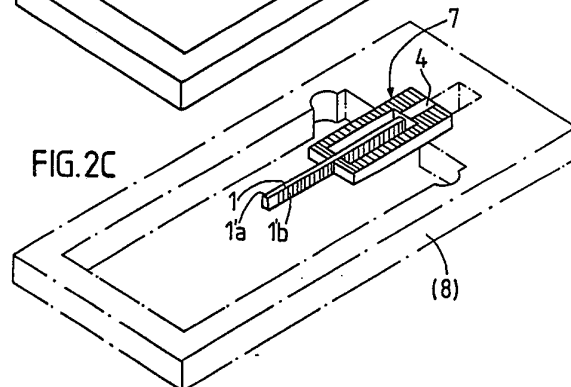


FIG. 3A

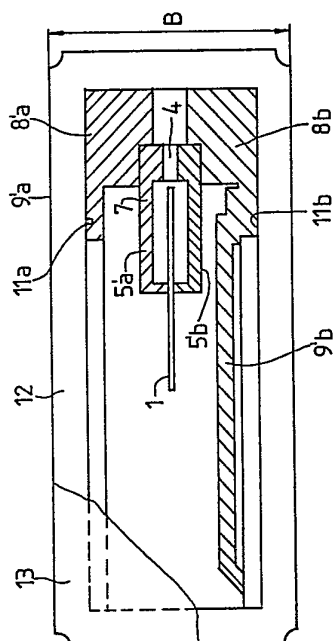


FIG. 3B

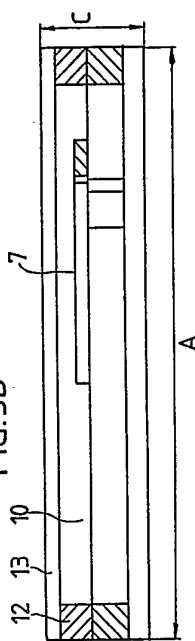


FIG. 3C

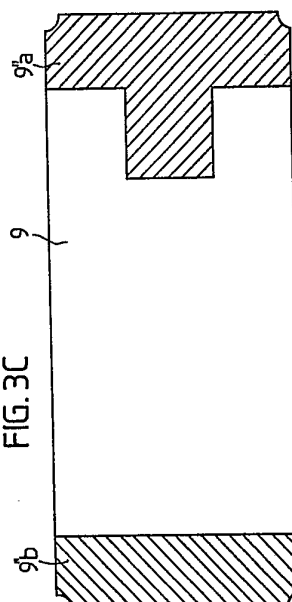


FIG. 2D

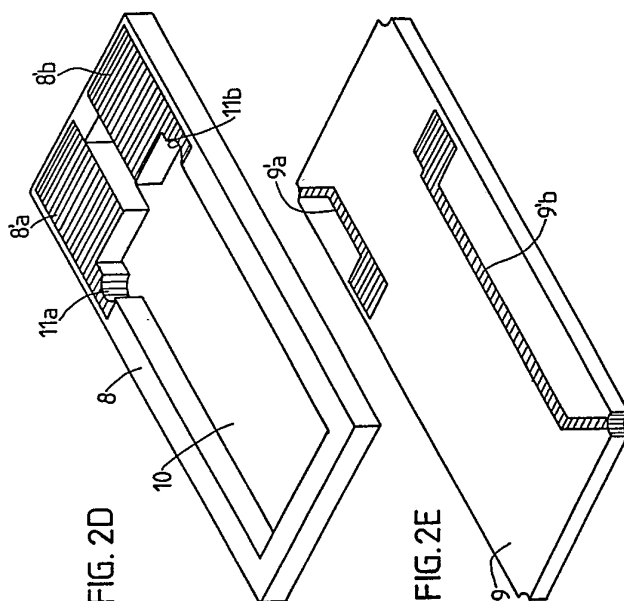


FIG. 2E

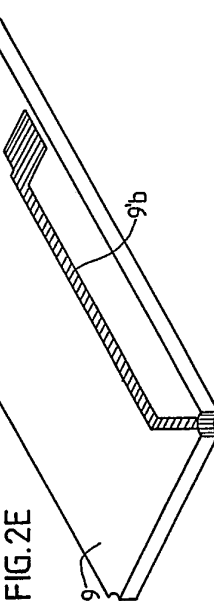
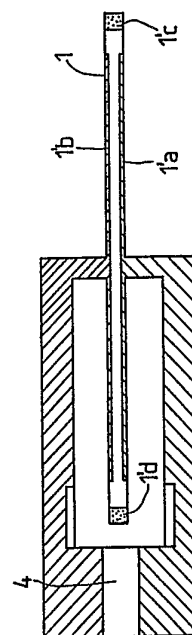
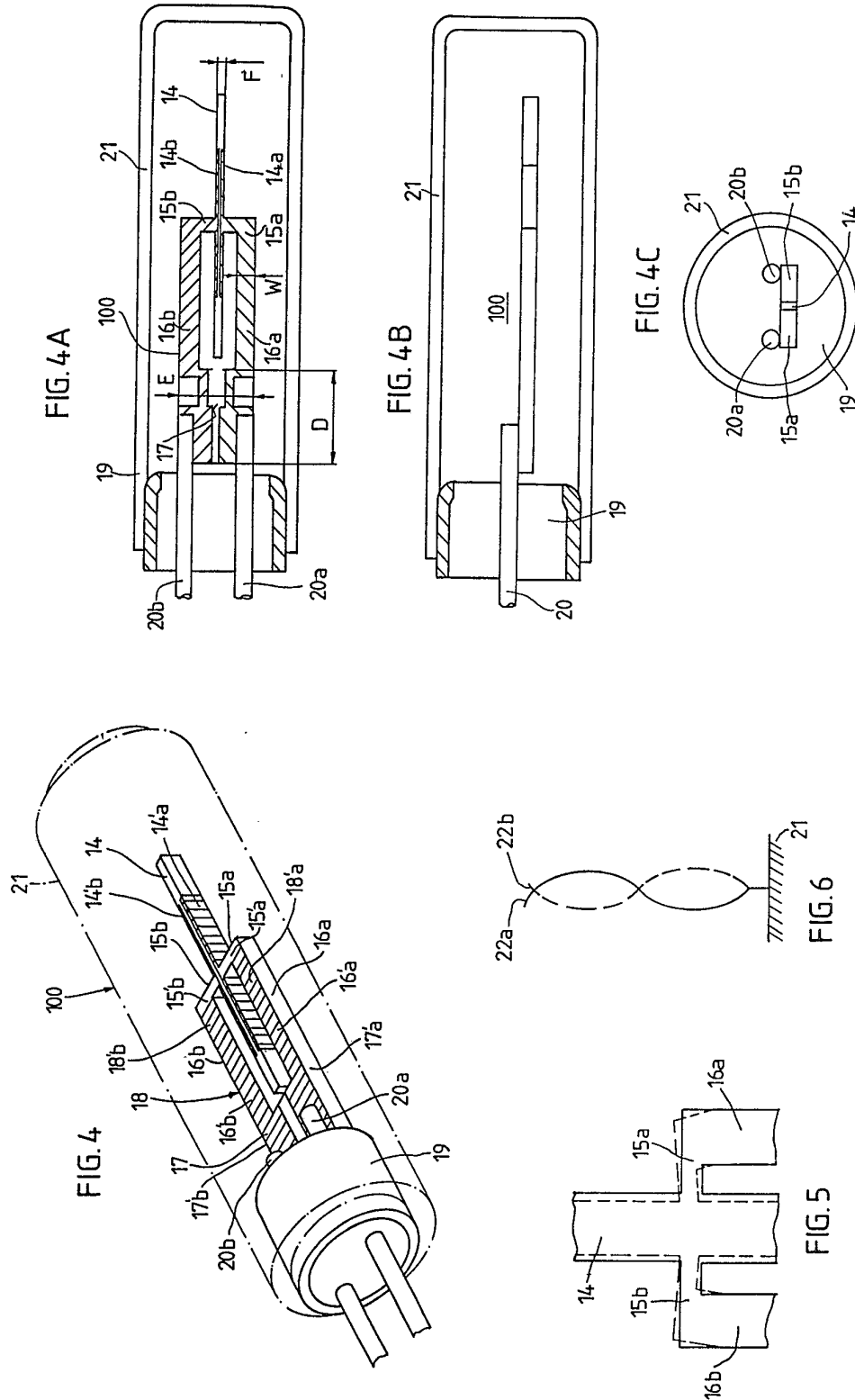
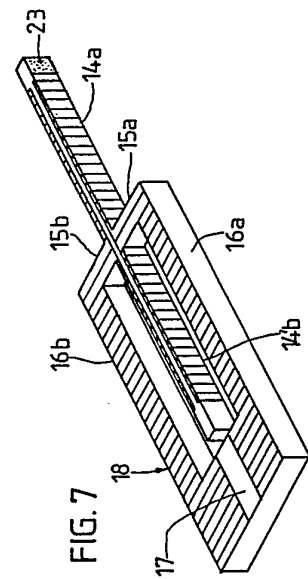
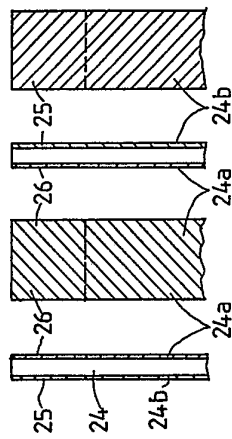
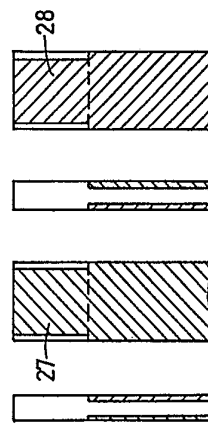


FIG. 2F





**FIG. 8****FIG. 9****FIG. 10**