

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication : **2 885 410**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national : **05 04563**

⑤1 Int Cl⁸ : G 01 L 1/14 (2006.01), G 01 L 5/00, G 01 P 15/125

①2

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 04.05.05.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 10.11.06 Bulletin 06/45.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE Etablissement public à caractère scientifique technique et industriel — FR.

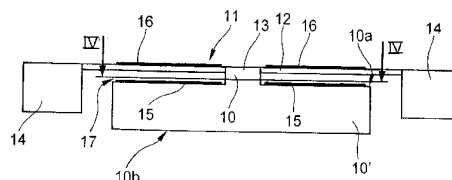
⑦2 Inventeur(s) : REY PATRICE.

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : SANTARELLI.

⑤4 DISPOSITIF DE MESURE DE FORCE PAR DETECTION CAPACITIVE.

⑤7 Le dispositif de mesure de force par détection capacitive comprend au moins une première électrode (15) disposée sur un support rigide (10') et au moins une seconde électrode (16) disposée sur une membrane déformable (12), en vis-à-vis de ladite première électrode (15). Une tige (10) est reliée à la membrane déformable (12) et est solidaire du support rigide (10').



FR 2 885 410 - A1



5 La présente invention concerne un dispositif de mesure de force par détection capacitive.

 Elle concerne de manière générale des capteurs de force pouvant être intégrés dans tout système où l'on cherche à mesurer une force (pneumatique, manette de commande ou joystick pour jeux vidéos, ...) ou une
10 accélération (déclenchement d'air bag dans une automobile, pacemaker, ...), une pression, un moment.

 La détection capacitive dans un dispositif de mesure de force est en générale réalisée grâce à un assemblage rigide de deux parties permettant de mettre en regard des électrodes formant ainsi une capacité d'impédance
15 variable.

 Un tel capteur est décrit par exemple dans le document US 5 392 658.

 Le dispositif de mesure comporte une tige rigide destinée à être sollicitée par une force ou une accélération et une tête comportant une
20 membrane déformable destinée à être reliée à la tige de manière à être déformée lorsque la tige est sollicitée.

 Des électrodes sont disposées sur cette membrane déformable. En vis-à-vis de cette membrane déformable, et à une distance qu'on appelle entrefer, se trouve une partie fixe sur laquelle sont également disposées des
25 électrodes de telle sorte que chacune de ces électrodes soient en opposition avec une autre électrode de la membrane déformable. On réalise ainsi des capacités variables dès lors que les électrodes de la membrane déformable sont déplacées sous l'action de la force transmise par la tige.

 La mesure de la variation de capacité permet de connaître la force
30 ou l'accélération grâce à une loi obtenue par étalonnage du dispositif de mesure de force.

On se reportera avantageusement au document US 5 392 658 pour la mesure de la force appliquée en fonction de la variation mesurée aux bornes des capacités.

5 Un tel capteur est cependant difficile à réaliser compte tenu des difficultés rencontrées pour contrôler la valeur de l'entrefer situé entre les électrodes.

La présente invention a pour but de résoudre les inconvénients précités et de proposer un dispositif de mesure de force de fabrication et d'étalonnage simplifiés.

10 A cet effet, la présente invention vise un dispositif de mesure de force par détection capacitive comprenant au moins une première électrode disposée sur un support rigide et au moins une seconde électrode disposée sur une membrane déformable, en vis-à-vis de ladite première électrode, et une tige reliée à la membrane déformable.

15 Selon l'invention, la tige est solidaire du support rigide.

Ainsi, grâce à l'invention et à la présence de la tige reliant à la fois la membrane et le support rigide, les électrodes tant sur la partie déformable que sur le support rigide sont déplacées lorsque la tige est sollicitée. L'entrefer au niveau de chaque capacité est ainsi modifié uniquement par la déformation
20 relative de la membrane par rapport au support rigide.

En pratique, la tige s'étend entre le support rigide et la membrane déformable, et plus particulièrement entre la zone centrale de la membrane déformable et la zone centrale du support rigide.

25 De manière avantageuse, la tige comprend des moyens de passage des conducteurs électriques reliés à ladite au moins première électrode du support rigide, permettant de déplacer la connexion électrique de la ou des premières électrodes du support rigide. Avantageusement, les plots de connexion desdites première et seconde électrodes sont disposés sur une partie non déformable de la membrane.

30 D'autres particularités et avantages de l'invention apparaîtront encore dans la description ci-après.

Aux dessins annexés, donnés à titre d'exemples non limitatifs :

- la figure 1 est une vue schématique illustrant un dispositif de mesure de force conforme à un mode de réalisation de l'invention ;

- la figure 2 est une vue analogue à la figure 1 dans laquelle le dispositif de mesure de force est sollicité par une force normale ;

5 - la figure 3 est une vue analogue à la figure 1 dans laquelle le dispositif de mesure de force est sollicité par une force tangentielle ;

- la figure 4 est une vue de dessus en coupe selon la ligne IV-IV à la figure 1 ;

10 - la figure 5 est une vue de dessus du dispositif de mesure de force de la figure 1 ;

- les figures 6, 7 et 8 illustrent différents modes de réalisation de la protection du dispositif de mesure de force à détection capacitive vis-à-vis du milieu extérieur ;

15 - les figures 9A à 9P illustrent les étapes d'un procédé de fabrication d'un dispositif de mesure de force conformément à un premier mode de réalisation de l'invention ;

- les figures 9K' à 9P' illustrent les étapes modifiées du procédé décrit en référence aux figures 9A à 9P selon un deuxième mode de réalisation de l'invention ; et

20 - les figures 10A à 10M illustrent les étapes d'un procédé de fabrication d'un dispositif de mesure de force conforme à un troisième mode de réalisation de l'invention.

On va décrire tout d'abord en référence à la figure 1 un dispositif de mesure de force conforme à un mode de réalisation de l'invention.

25 Le dispositif de mesure de force de l'invention est un capteur de force à détection de type capacitif.

Il comporte une tige rigide 10 destinée à être sollicitée par une force à mesurer ou encore à être déplacée sous l'action d'une accélération. Cette tige 10 est fixée à une tête 11 qui comporte une membrane déformable 12 reliée à
30 la tige 10. Dans cet exemple de réalisation, la tige 10 est reliée dans une zone centrale 13 de la membrane déformable 12.

Cette membrane déformable peut être une membrane pleine ou encore être constituée de plusieurs bras radiants, s'étendant entre la zone centrale 13 et une zone périphérique 14.

5 Dans cette zone périphérique 14, la membrane 12 comporte des points d'ancrage permettant de conserver une position stable en périphérie de la membrane, que celle-ci soit soumise ou non à une déformation par l'intermédiaire de la tige 10.

10 La tige 10 s'étend entre la zone centrale 13 de la membrane déformable 12 et une zone centrale d'un support rigide 10' disposé en vis-à-vis de la membrane 12.

Le support rigide 10' comporte une face 10a, qui s'étend en regard de la membrane déformable 12.

15 De préférence, le support rigide 10' comporte au moins une première électrode 15, et dans ce mode de réalisation tel qu'illustré en détail à la figure 4, trois électrodes 15 sur la face 10a du support rigide 10'.

En vis-à-vis de cette face 10a est disposée au moins une seconde électrode 16 sur la membrane déformable 12.

Ainsi, la seconde électrode 16 est en opposition avec une première électrode 15 afin de réaliser une capacité.

20 Dans ce mode de réalisation, la membrane 12 a une forme de disque et la tige 10 est cylindrique. En outre, le support rigide 10' est cylindrique de telle sorte que la face supérieure 10a disposée en regard de la membrane 12 présente également une forme de disque.

25 Comme bien illustré sur la figure 4, les trois électrodes sont ici disposées à 120° sur cette face 10a du support rigide 10'.

Comme illustré sur la figure 5, une électrode commune est disposée sur la membrane 12, cette électrode commune 16 comprenant des portions d'électrodes 16a disposées en vis-à-vis des premières électrodes 15.

30 L'impédance de chaque capacité ainsi constituée par les paires d'électrodes 15, 16a dépend de la distance séparant ces électrodes, notée entrefer 17 sur la figure 1.

On notera que dans ce mode de réalisation, la tige 10 et le support rigide 10' sont monobloc et réalisés ainsi en une seule pièce.

Lorsqu'un dispositif de mesure de force ainsi constitué est utilisé comme capteur de force, la force s'applique sur la tige 10 et déforme la membrane 12 à laquelle cette tige 10 est attachée.

Du fait de la déformation de la membrane, comme illustré sur les figures 2 et 3, l'entrefer 17 entre les capacités varie. La mesure des capacités permet de connaître les composantes de la force appliquée.

Ainsi, comme bien illustré à la figure 2, lorsqu'une force normale F_z c'est-à-dire perpendiculaire à la membrane 12, est appliquée aux capteurs, l'entrefer 17 varie de manière identique pour les trois capacités formées respectivement d'une première électrode 15 et d'une portion d'électrode 16a de l'électrode commune 16.

En revanche, comme illustré à la figure 3, lorsque la force appliquée est une force tangentielle F_x , l'entrefer 17 est diminué pour l'une ou l'autre des capacités et augmenté pour les autres capacités.

Le fonctionnement est identique lorsque le dispositif de mesure de force est utilisé comme accéléromètre, la tige 10 et le support rigide 10' constituant une masse sismique à laquelle est appliquée l'accélération à mesurer.

Cette masse sismique est alors soumise à une force comme décrit précédemment en référence aux figures 2 ou 3.

Comme bien illustré sur les figures 4 et 5, la tige 10 comprend des moyens de passage 18 de conducteurs électriques reliés à chaque première électrode 15 disposée sur le support rigide 10'.

Comme bien illustré sur la figure 5, ces moyens de passage 18 affleurent à la surface de la membrane déformable 12 ; les plots de connexion 19 de ces premières électrodes 15 sont en général déportés sur la partie non déformable de la membrane et, par exemple, la zone périphérique 14 de la membrane.

De même, l'électrode commune 16, dont chaque portion 16a s'étend en regard des premières électrodes 15, est connectée par un plot de connexion

commun 20 disposé également sur la partie non déformable 14 de la membrane.

Ainsi, en disposant les plots de connexion 19, 20 des électrodes sur une même surface, dans cet exemple la membrane déformable 12, on facilite
5 l'interconnexion du capteur avec l'électronique de traitement du signal mesuré aux bornes des capacités.

On va décrire à présent en référence aux figures 6 à 8 différents modes de réalisation d'un capteur de force selon l'invention.

On notera tout d'abord, que dans le mode de réalisation décrit
10 précédemment, le support rigide 10' présente une extrémité libre 10b de surface importante par rapport à la zone d'ancrage de la tige 10 au niveau de la zone centrale 13 de la membrane.

Cette surface importante 10b peut être éventuellement gênante si une force normal F_z appliquée ne présente pas un champ uniforme dans le plan
15 de cette extrémité 10b de la tige 10.

En effet, si la force normale F_z n'est pas uniforme, la déformation sous l'action de cette force normale peut s'apparenter à une déformation telle qu'engendrée par une force tangentielle F_x et illustrée à la figure 3.

Afin de résoudre cet inconvénient, il est possible de structurer le
20 support rigide 10' de manière différente, et en particulier de diminuer cette face d'extrémité terminale 10b par la réalisation d'un épaulement. Un tel capteur de force est illustré par exemple à la figure 7.

Dans le cas où le support rigide 10' doit coopérer avec un élément extérieur à mesurer, il peut être avantageux de structurer une ou des faces du
25 support rigide par des créneaux de diverses formes gravés sur les différentes faces (parallèlement ou perpendiculairement à la membrane, de forme circulaire ou sous forme de stries), de façon à améliorer l'ancrage du support dans l'élément extérieur.

Un exemple de créneaux réalisés dans la face d'extrémité 10b du
30 support rigide 10' est illustré à la figure 6.

Lorsque le dispositif de mesure de force tel que décrit précédemment est utilisé en accéléromètre, la protection des capacités du milieu extérieur peut

être réalisé simplement comme illustré à la figure 6, en rapportant sur la face arrière du capteur, au niveau de la zone périphérique 14 de l'ancrage de la membrane 12 un substrat 21 collé ou scellé.

5 Ainsi, la tige 10 et le support rigide 10' sont enfermés dans une cavité 22 fermée par la membrane.

Dans des techniques de fabrication par micro technologie, le scellement de ce substrat 21 peut être réalisé par des techniques classiques telles que le scellement anodique verre silicium ou le scellement direct par adhésion moléculaire. Un gaz emprisonné à l'intérieur de la cavité 22 et présent
10 notamment au niveau de l'entrefer 17 peut être un gaz inerte à une pression contrôlée. Le scellement peut également être réalisé sous vide.

Comme illustré à la figure 7, lorsque le dispositif de mesure de force est utilisé en capteur de force, la tige 10, et notamment son extrémité libre 10b doit être en contact avec la zone d'application de la force que l'on souhaite
15 mesurer. Pour assurer la protection des capacités, on peut également rapporter un substrat 23 dans lequel une ouverture, ici circulaire, est ménagée pour laisser le passage à l'extrémité 10b de la tige 10.

L'étanchéité peut être réalisée au moyen d'un joint souple 24 disposé entre une paroi longitudinale de la tige 10 et le substrat de protection 23.

20 On notera que la raideur supplémentaire apportée par le joint 24 doit être faible par rapport à la raideur de la structure qui doit être sensible à une force appliquée dans les trois directions.

Le scellement peut être également réalisé sous vide ou en présence d'un gaz inerte à une pression contrôlée.

25 De manière alternative, on a illustré à la figure 8 une solution permettant également de réaliser le scellement d'un substrat 25 sur la périphérie 14 de la tête 11 du capteur. Dans ce mode de réalisation, la zone centrale 13 de la membrane 12 et la tige 10 présentent un trou 26 adapté à recevoir des moyens de transmission de la force à mesurer et, par exemple,
30 une seconde tige (non représentée) qui sera elle-même en contact avec la zone d'application de la force à mesurer.

On va illustrer à présent en référence aux figures 9A à 9P un premier mode de fabrication par micro technologie d'un capteur de force tel que décrit précédemment.

Ce mode de fabrication utilise un substrat silicium sur isolant (SOI).

5 A partir d'un substrat SOI tel qu'illustré à la figure 9A, on réalise comme illustré à la figure 9B l'implantation ionique des électrodes inférieures 15.

On notera que le type (P ou N) du dopant doit être différent du type du substrat dans lequel les électrodes sont implantées de manière à réaliser une jonction P/N qui isole les électrodes du substrat.

Ainsi, par exemple, les électrodes sont obtenues par implantation d'ions de type P pour un substrat de type N afin de former une jonction P/N.

On réalise ensuite, comme illustré à la figure 9C, l'ouverture de trous 30 dans la surface du substrat pour permettre la reprise d'épitaxie.

15 La figure 9D illustre l'étape d'épitaxie. Cette étape d'épitaxie consiste à faire croître une couche de silicium monocristallin à partir du silicium superficiel monocristallin du substrat SOI. L'épaisseur d'épitaxie règle l'épaisseur de la membrane 12 en fin de procédé de fabrication.

Comme illustré à la figure 9E, on réalise ensuite un masque 31, par exemple à base de Si_3N_4 , pour une gravure humide anisotrope de la couche superficielle de silicium.

L'étape illustrée à la figure 9F montre le résultat d'une gravure anisotrope de la couche de silicium superficielle.

Comme illustré à la figure 9G, le masque Si_3N_4 est ensuite éliminé.

25 On dépose ensuite, comme illustré à la figure 9H, une couche diélectrique 32 permettant d'isoler le substrat en vue d'une gravure métallique ultérieure.

On réalise ensuite comme illustré à la figure 9I des ouvertures 33 permettant d'établir la connexion sur les électrodes inférieures 15 au travers des couches de diélectrique 32.

30 Une étape de dépôt et de gravure d'un métal 34 est illustrée à la figure 9J, pour permettre la création des contacts au niveau des électrodes

inférieures 15 et la réalisation des pistes conductrices jusqu'aux plots de connexion 19 comme décrit précédemment en référence à la figure 5.

Les étapes suivantes illustrent une gravure profonde de la face arrière du substrat pour réaliser la tige et le support rigide des électrodes inférieures 15.

En pratique, à l'étape telle qu'illustrée à la figure 9K, on réalise un double masque 35, 36 de gravure profonde sur la face arrière du substrat.

Une première gravure profonde est illustrée à la figure 9L pour amorcer la forme du support rigide 10'.

Le premier masque de gravure profonde 35 est ensuite éliminé comme illustré sur la figure 9M.

Une seconde gravure profonde est mise en œuvre jusqu'à l'oxyde du substrat SOI.

Le second masque 36 est également retiré comme illustré à la figure 9N.

Avant de réaliser la gravure de la couche d'oxyde sacrificée, on protège tout d'abord les couches superficielles par un masque 37 en résine par exemple sur la face supérieure du substrat comme illustré à la figure 9O.

Une gravure humide de la couche d'oxyde sacrificée est ensuite mise en œuvre comme illustré à la figure 9P pour réaliser l'entrefer 17 des capacités.

La couche de protection supérieure 37 est également retirée.

On notera que grâce à ce procédé, la dimension de l'entrefer 17 est très précise dès lors qu'il correspond à l'épaisseur de la couche d'oxyde sacrificée dans le substrat SOI de base.

On peut ainsi obtenir un entrefer aussi petit que possible pour avoir une sensibilité maximum de la capacité.

Contrairement à des méthodes de fabrication dans lesquelles les différentes parties sont assemblées, et pour lesquelles le contrôle de l'entrefer dépend de la précision d'usinage des parties et de la méthode d'assemblage, le procédé de fabrication permet de manière reproductible de réaliser des capteurs avec un entrefer de faible dimension.

Les étapes telles que décrites en référence aux figures 9K à 9P peuvent éventuellement être modifiées si l'extrémité terminale 10c de la tige 10 doit présenter une surface d'application réduite afin de capter de manière fiable une force perpendiculaire au plan de la membrane même si celle-ci n'est pas
5 uniforme dans son plan d'application.

Pour cela, à l'étape modifiée telle qu'illustrée à la figure 9K', on réalise un double masque 38, 39 de gravure profonde dont les dimensions du second masque 39 sont inférieures à celles du premier masque externe 38.

Comme précédemment, les figures 9L' et 9M' illustrent la première
10 gravure profonde et l'élimination du premier masque 38 de gravure profonde.

Le second masque 39 n'ayant qu'une portion réduite au centre de la tige, l'étape de seconde gravure profonde telle qu'illustrée à la figure 9N' permet de réaliser une gravure jusqu'à l'arrêt de gravure sous l'oxyde et un épaulement dans l'extrémité libre 10c de la tige.

Les figures 9O' et 9P' illustrent de manière similaire aux figures 9O et 9P la protection des couches superficielles pour la gravure humide de la couche d'oxyde sacrificielle et la réalisation de l'entrefer 17.

Dans ces deux cas, on peut contrôler de manière précise la valeur de l'entrefer, jusqu'à quelques centaines de nanomètre.

20 Cet entrefer est déterminé ici par l'épaisseur de l'oxyde enterré du substrat SOI utilisé au départ.

En outre, ce procédé de fabrication permet de reporter les contacts électriques sur une même face du substrat sans nécessité le passage de conducteurs d'un substrat à un autre comme cela serait le cas si le dispositif de
25 mesure de force était réalisé en deux parties assemblées.

On va décrire à présent un second mode de fabrication dans lequel deux substrats SOI sont collés l'un à l'autre.

Comme illustré à la figure 10A, on utilise tout d'abord un substrat S en silicium.

30 Une étape d'oxydation thermique est illustrée à la figure 10B.

Les électrodes inférieures 15 sont ensuite réalisées par dépôt et gravure polysilicium, tel qu'illustré à la figure 10C.

Un dépôt d'oxyde 40 sur la face supérieure du substrat est ensuite réalisé, comme illustré à la figure 10D, puis l'ensemble est soumis à une étape de planarisation afin d'obtenir une surface plane 40 comme illustrée à la figure 10E.

5 L'oxyde est ensuite ouvert en partie au niveau des électrodes inférieures 15 tel qu'illustré sur la figure 10F.

On colle ensuite un substrat SOI, tel qu'illustré sur la figure 10G, afin de réaliser la membrane déformable.

Comme bien illustré sur la figure 10H, ce substrat est ensuite aminci.

10 Grâce à l'utilisation d'un substrat SOI, le contrôle de l'épaisseur restante est plus facile, notamment si la membrane est très fine (inférieure à 2 ou 3 μ m)

Une étape de gravure anisotrope du silicium superficiel est ensuite mise en œuvre sur la figure 10I afin de permettre la réalisation des connexions
15 électriques.

Une couche 41 d'un matériau diélectrique est ensuite déposée telle qu'illustré à la figure 10J, puis, comme illustré à la figure 10K, des ouvertures 42 sont réalisées au niveau des électrodes inférieures 15 pour permettre la réalisation des contacts électriques au travers des couches diélectriques
20 superficielles.

Comme illustré sur la figure 10L, un dépôt et une gravure métallique 43 permettent de réaliser les contacts au niveau des électrodes inférieures 15 et les différentes pistes conductrices.

Enfin, un procédé de gravure de la face arrière est mis en œuvre de
25 manière identique à celui décrit précédemment en référence aux figures 9K à 9N ou 9K' à 9N' pour permettre la réalisation de la face arrière.

On notera que dans ce mode de réalisation, l'épaisseur de l'entrefer 17 dépend de l'épaisseur d'oxyde après polissage lors de l'étape de planarisation telle que décrite précédemment en référence à la figure 10E.

30 Dans ce cas également, on peut réaliser un contrôle précis de l'entrefer, avec des valeurs de l'ordre de quelques centaines de nanomètres.

Bien entendu, de nombreuses modifications peuvent être apportées à l'exemple de réalisation décrit précédemment sans sortir du cadre de l'invention.

5 En particulier, dans tous les exemples décrits précédemment, la seconde électrode 16 est située sur la face externe de la membrane 12, à l'opposé de la face 10a du support rigide 10', la membrane étant elle-même conductrice. Bien entendu, la disposition de la seconde électrode 16 pourrait être interne, sur la face de la membrane directement en regard de la face 10a du support rigide 10'.

REVENDICATIONS

1. Dispositif de mesure de force par détection capacitive comprenant au moins une première électrode (15) disposée sur un support rigide (10') et au moins une seconde électrode (16) disposée sur une membrane déformable (12), en vis-à-vis de ladite première électrode (15), et une tige (10) reliée à ladite membrane déformable (12), caractérisé en ce que ladite tige (10) est solidaire du support rigide (10').

2. Dispositif de mesure de force conforme à la revendication 1, caractérisé en ce que la tige (10) s'étend entre le support rigide (10') et la membrane déformable (12).

3. Dispositif de mesure de force conforme à l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que la tige (10) s'étend entre la zone centrale (13) de la membrane déformable (12) et la zone centrale du support rigide (10') placé en vis-à-vis de la membrane (12).

4. Dispositif de mesure de force conforme à l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il comporte un trou (26) dans une zone centrale (13) de la membrane et dans la tige (10), ce trou (26) étant apte à recevoir des moyens de transmission de la force à mesurer.

5. Dispositif de mesure de force conforme à l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que le support rigide (10') est structuré.

6. Dispositif de mesure de force conforme à l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que le support rigide (10') comporte plusieurs premières électrodes (15).

7. Dispositif de mesure de force conforme à la revendication 6, caractérisé en ce que la membrane déformable (12) comporte une électrode commune (16) comprenant des portions d'électrodes (16a) disposées respectivement en vis-à-vis desdites premières électrodes (15).

8. Dispositif de mesure de force conforme à l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que la tige (10) comprend des moyens de passage (18) des conducteurs électriques reliés à ladite au moins première électrode (15) du support rigide (10').

9. Dispositif de mesure de force conforme à la revendication 8, caractérisé en ce que les plots de connexion (19, 20) desdites première et seconde électrodes (15, 16) sont disposés sur une partie non déformable (14) de la membrane.

5 10. Dispositif de mesure de force conforme à l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que la tige (10) et le support rigide (10') sont monobloc.

10 11. Dispositif de mesure de force conforme à l'une des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que la tige (10) et le support rigide (10') sont enfermés dans une cavité fermée par la membrane.

1/8

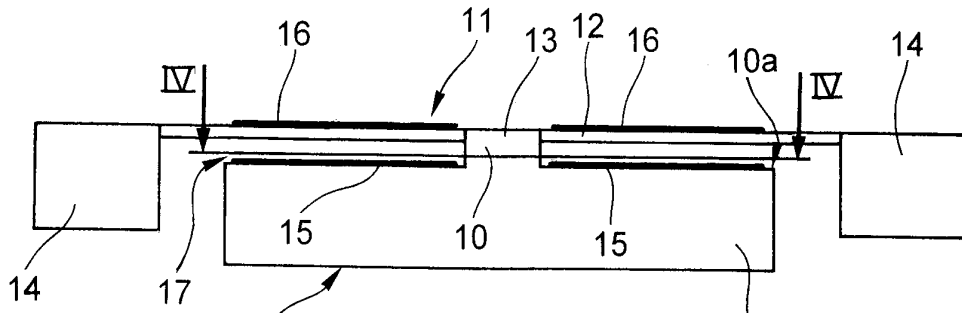


Fig.1

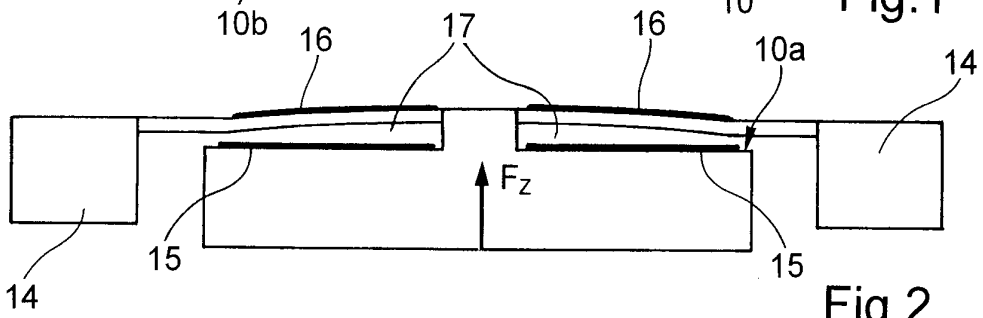


Fig.2

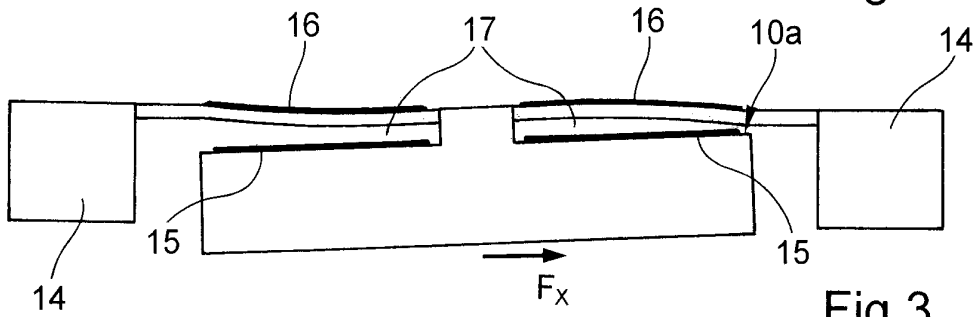


Fig.3

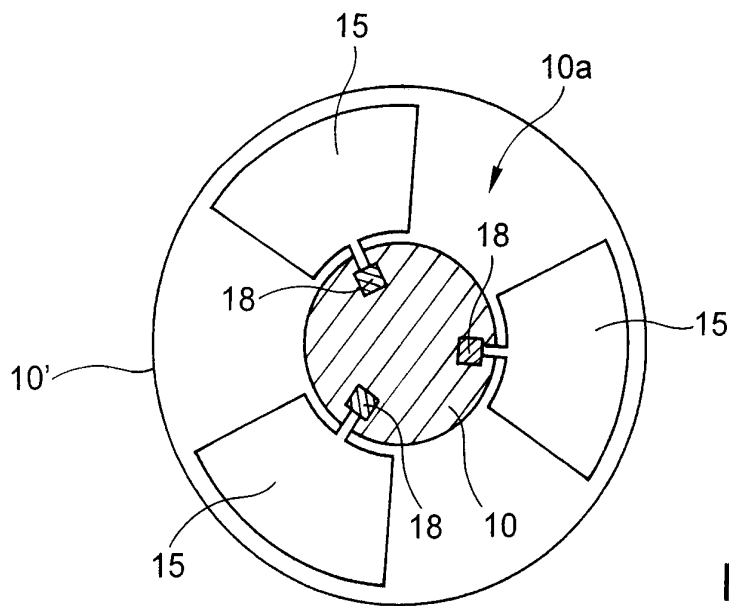


Fig.4

2/8

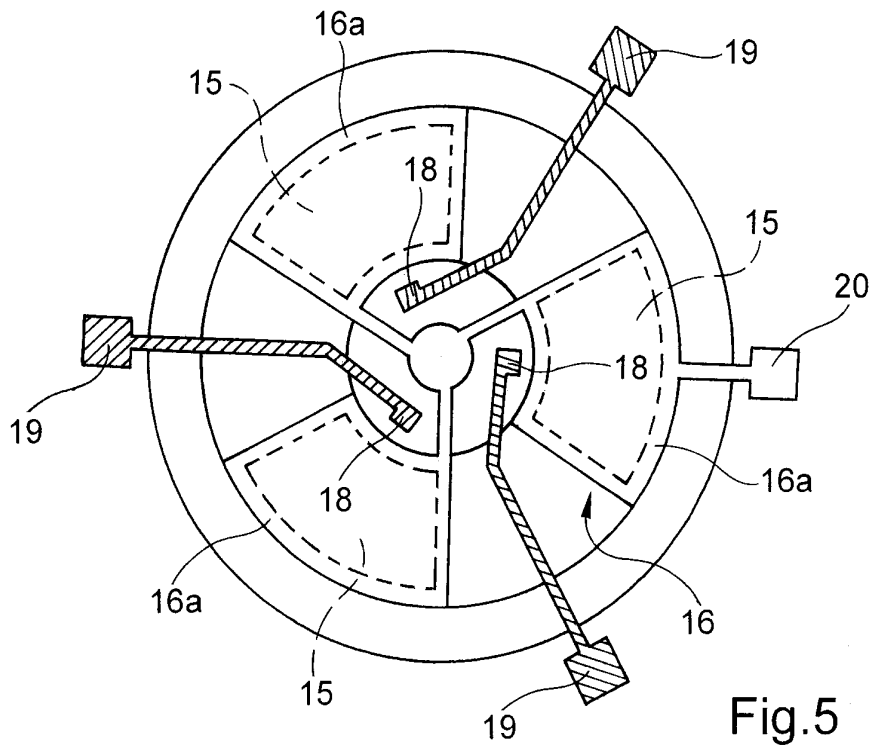


Fig. 5

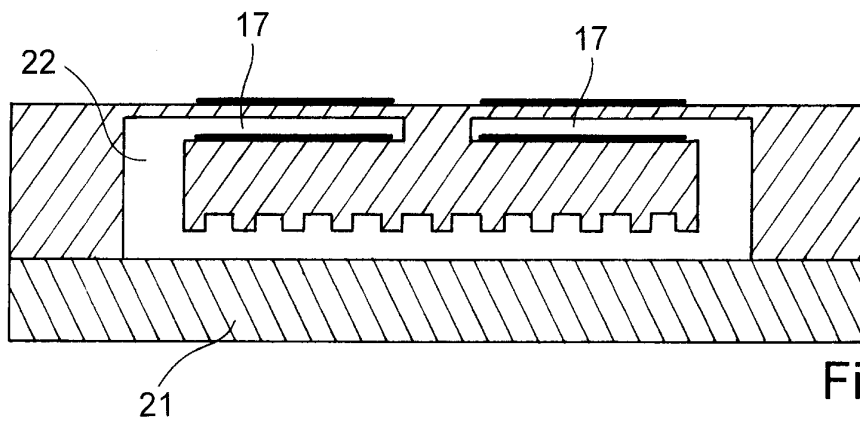


Fig. 6

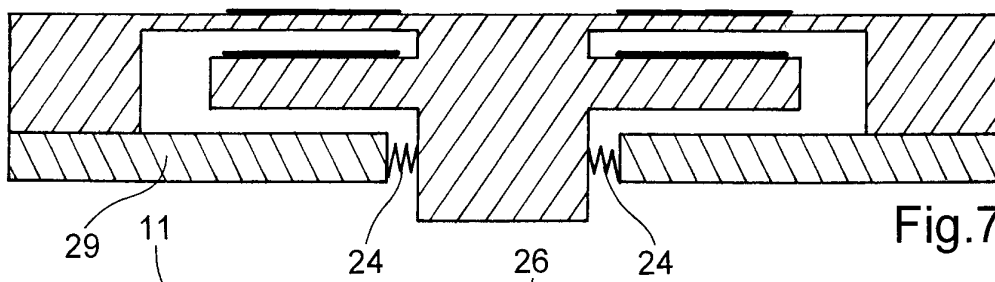


Fig. 7

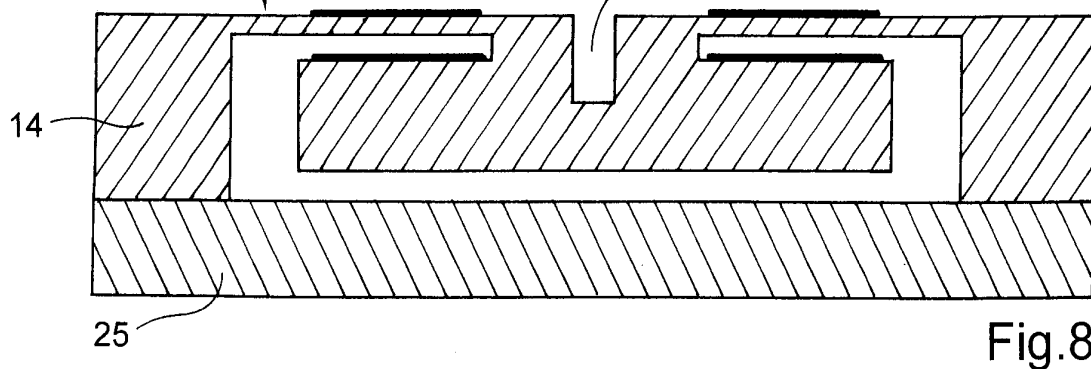


Fig. 8

3/8

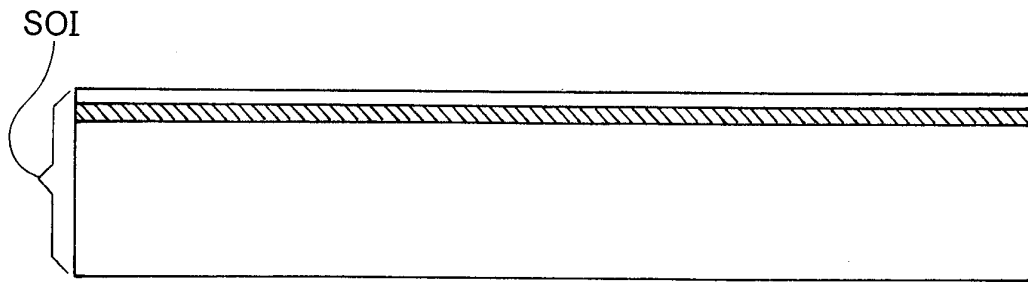


Fig. 9A

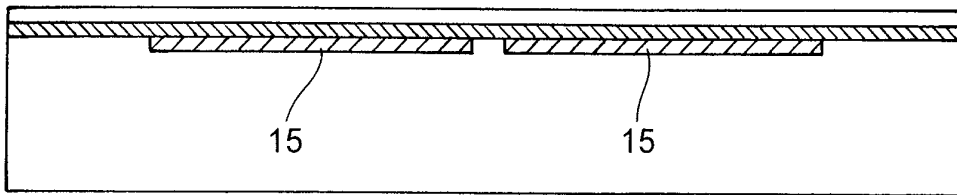


Fig. 9B

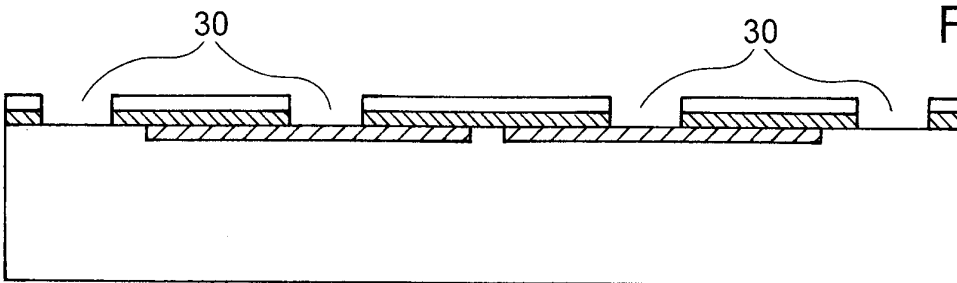


Fig. 9C

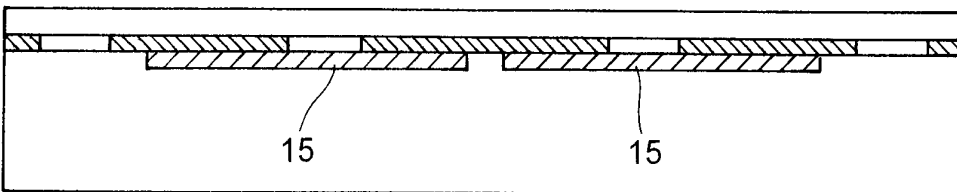


Fig. 9D

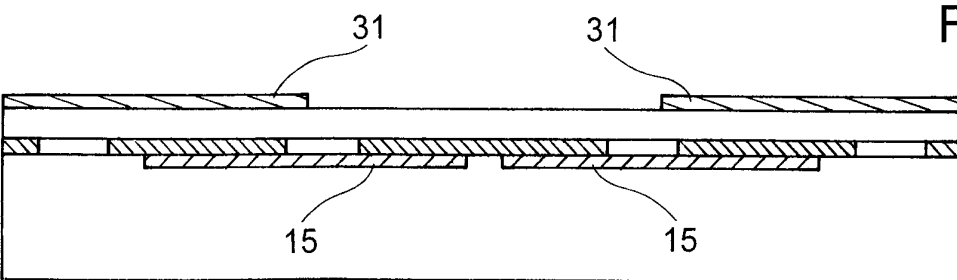


Fig. 9E

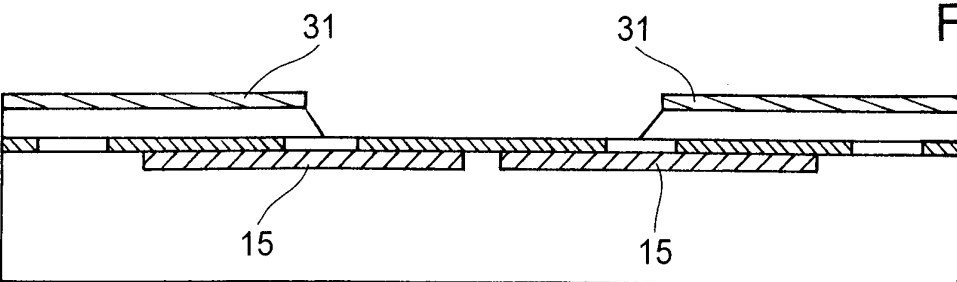


Fig. 9F

4/8

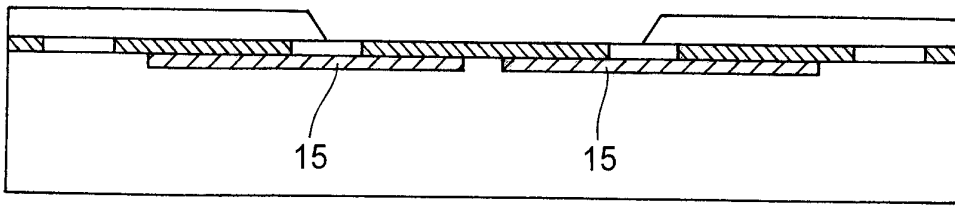


Fig.9G

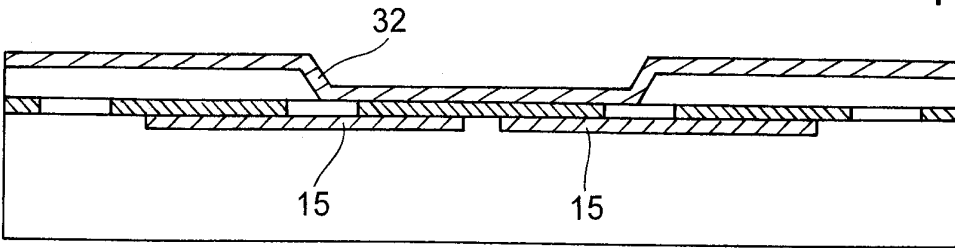


Fig.9H

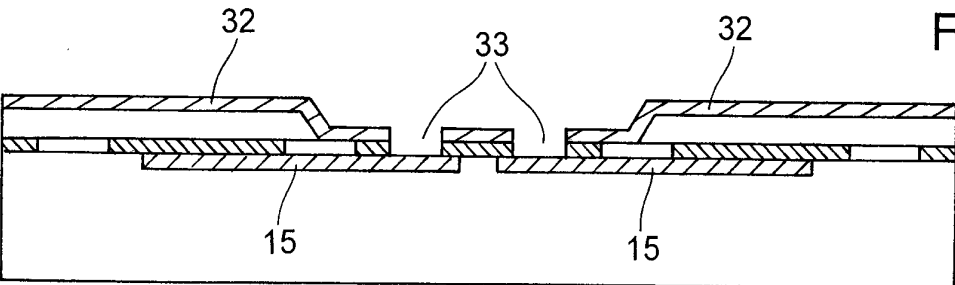


Fig.9I

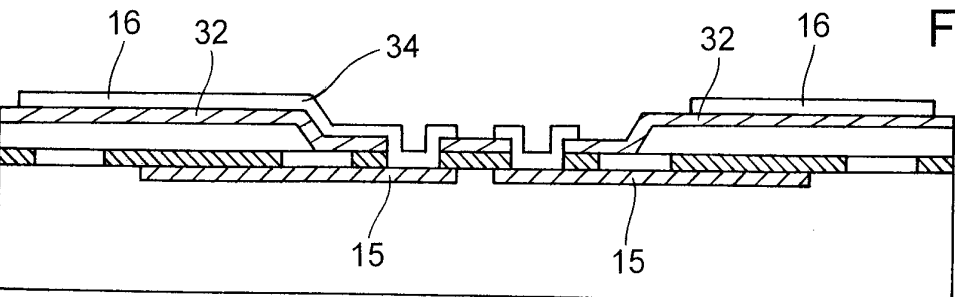


Fig.9J

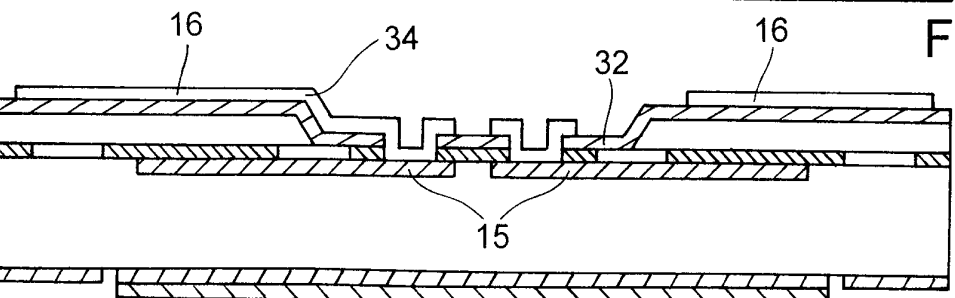


Fig.9K

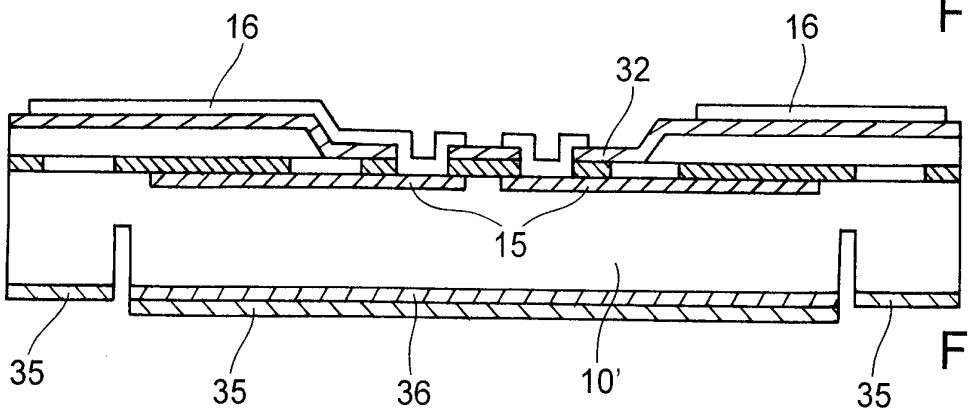


Fig.9L

5/8

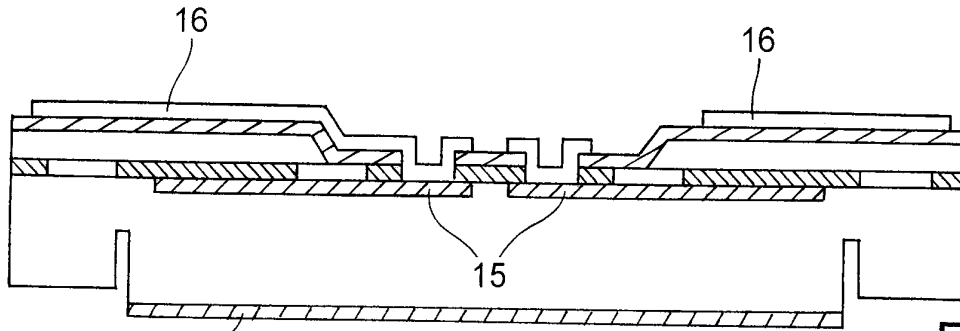


Fig. 9M

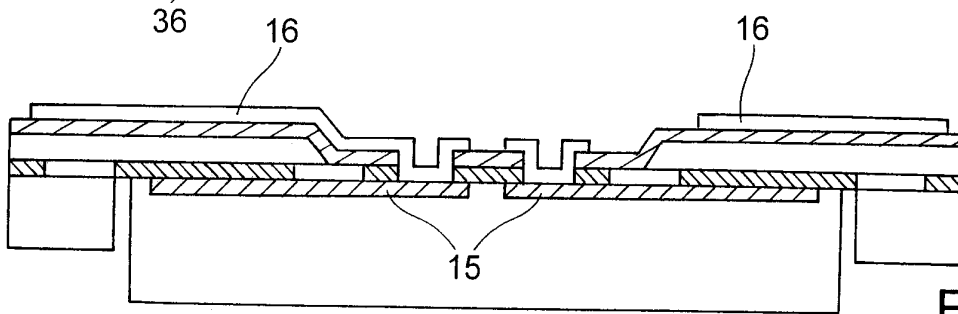


Fig. 9N

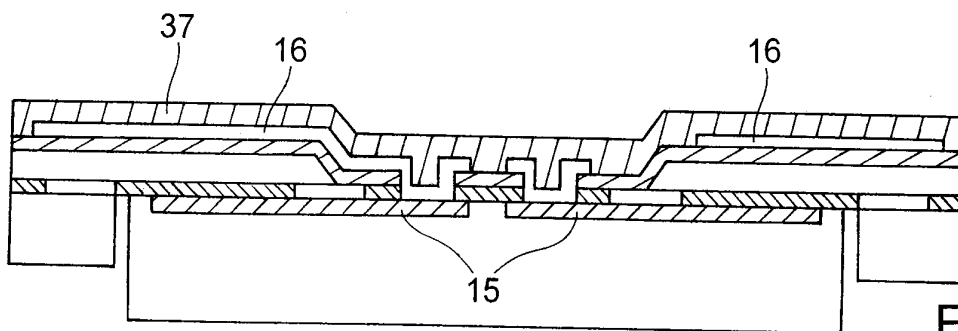


Fig. 9O

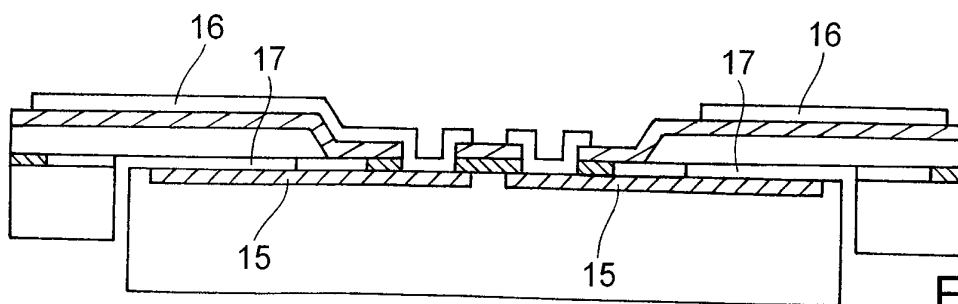


Fig. 9P

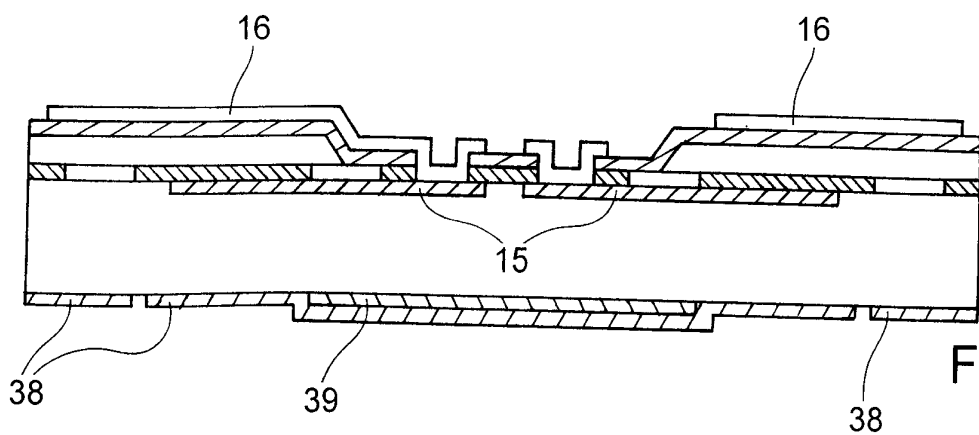


Fig. 9K'

6/8

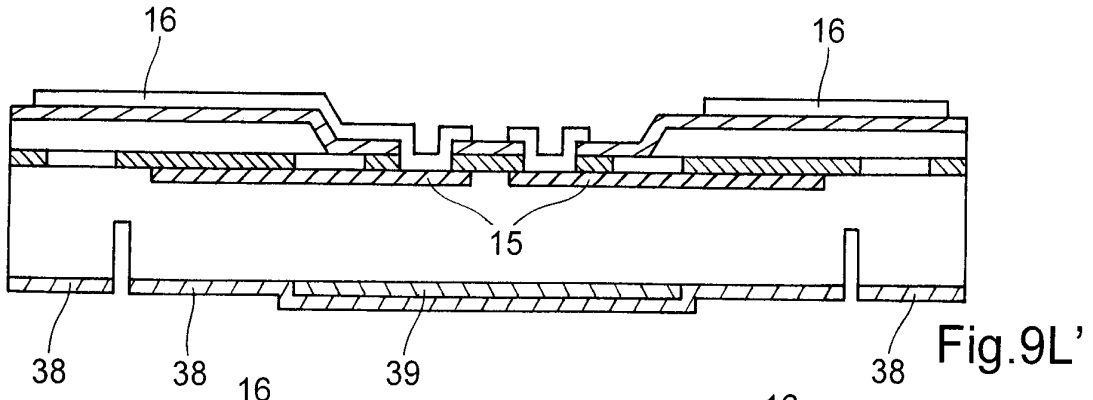


Fig. 9L'

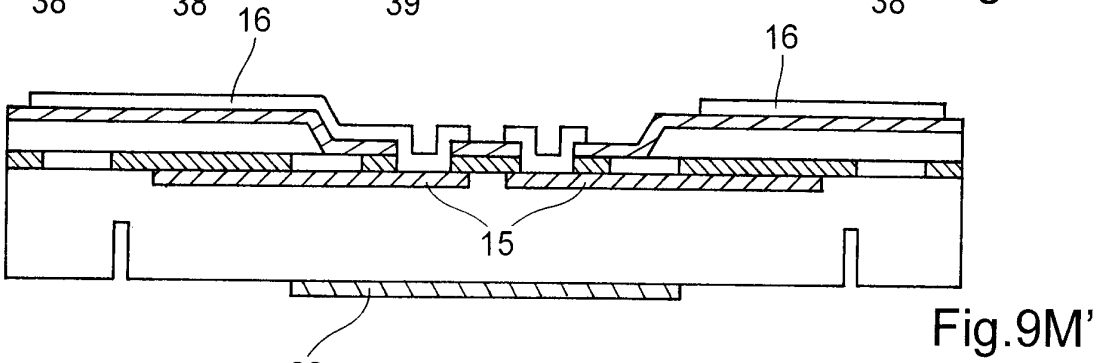


Fig. 9M'

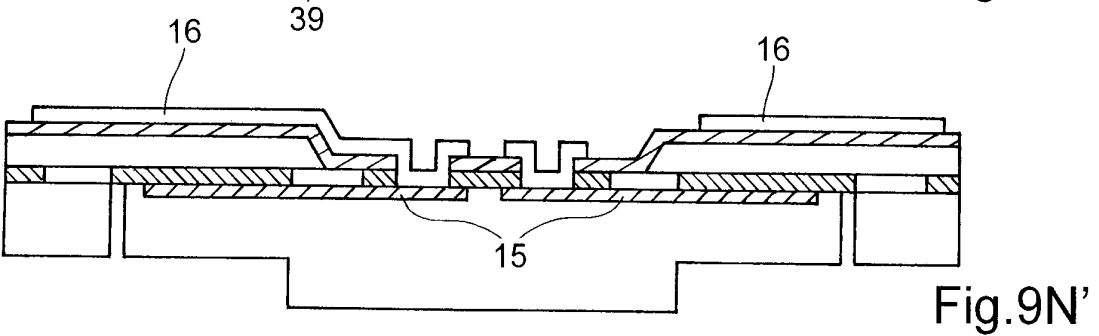


Fig. 9N'

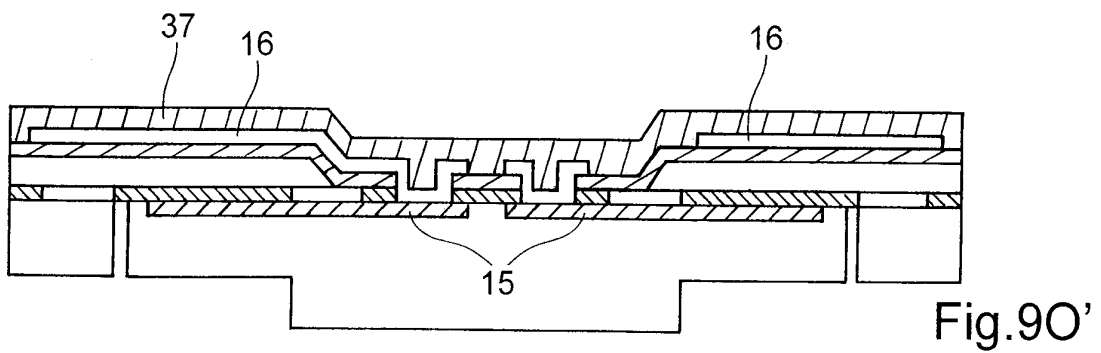


Fig. 9O'

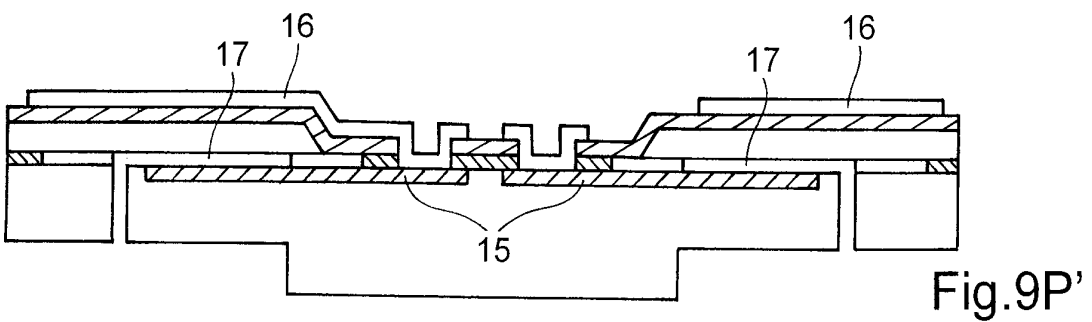


Fig. 9P'

7/8

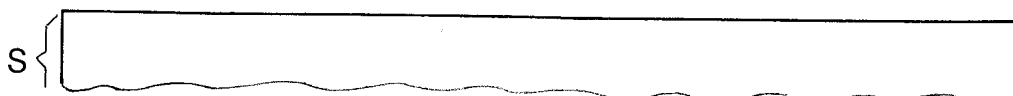


Fig. 10A

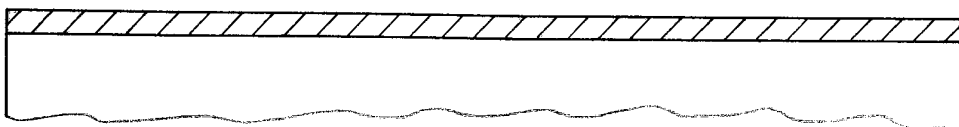


Fig. 10B

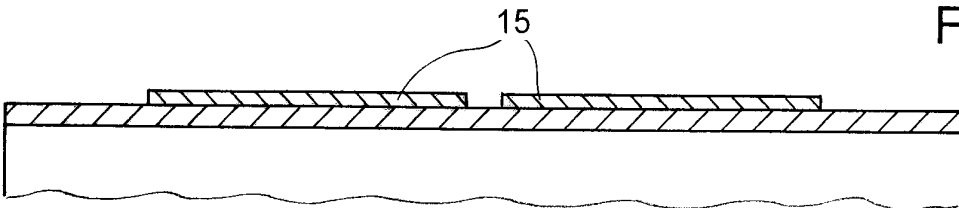


Fig. 10C

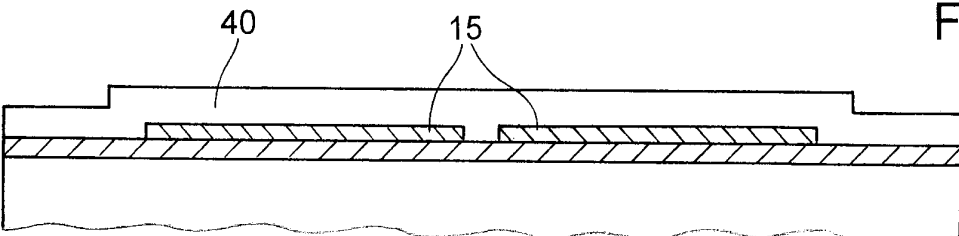


Fig. 10D

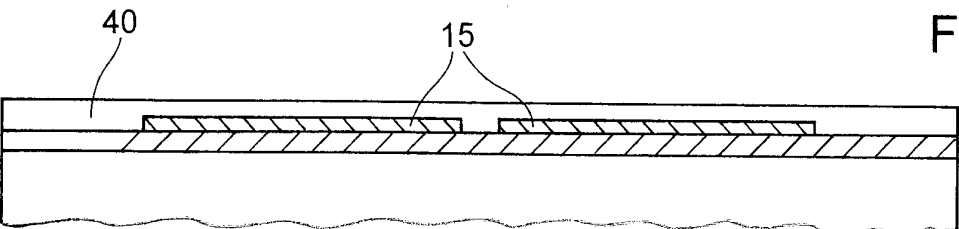


Fig. 10E

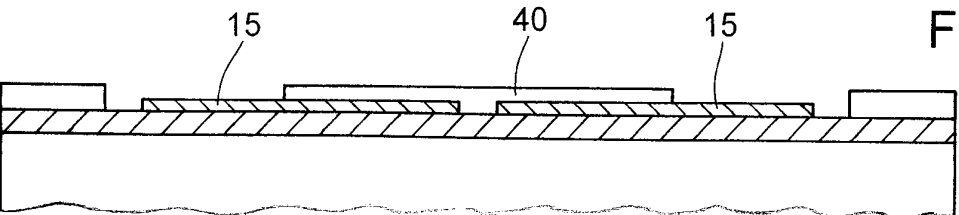


Fig. 10F

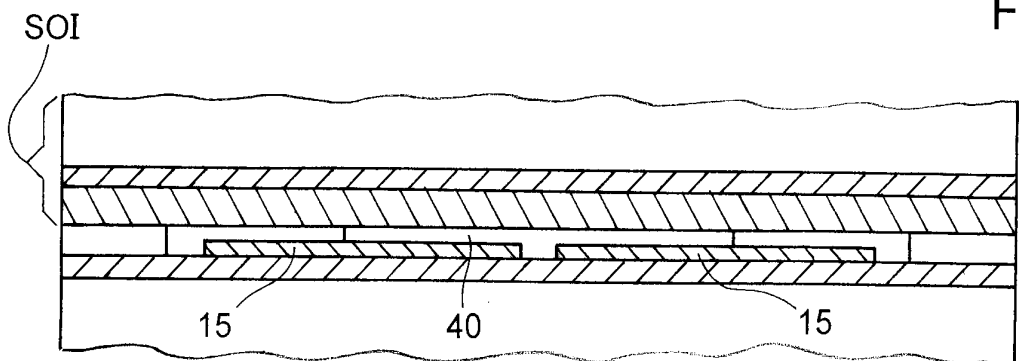


Fig. 10G

8/8

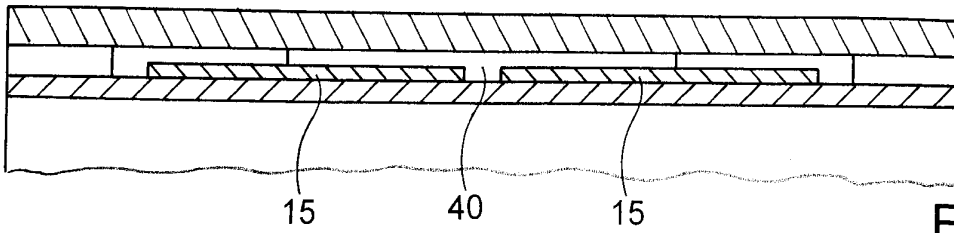


Fig.10H

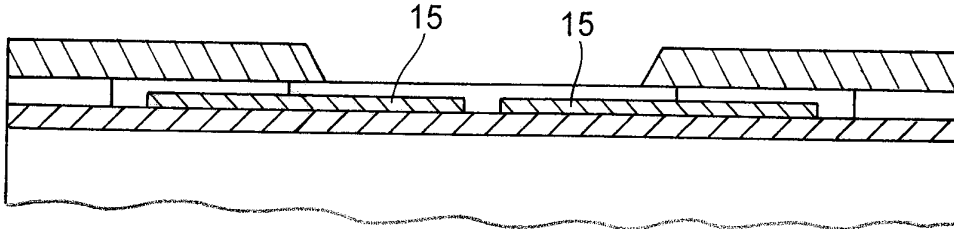


Fig.10I

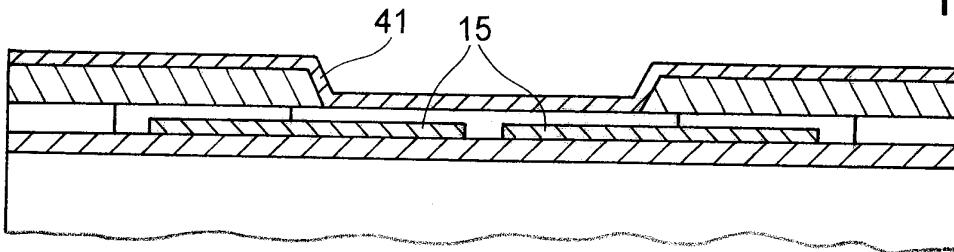


Fig.10J

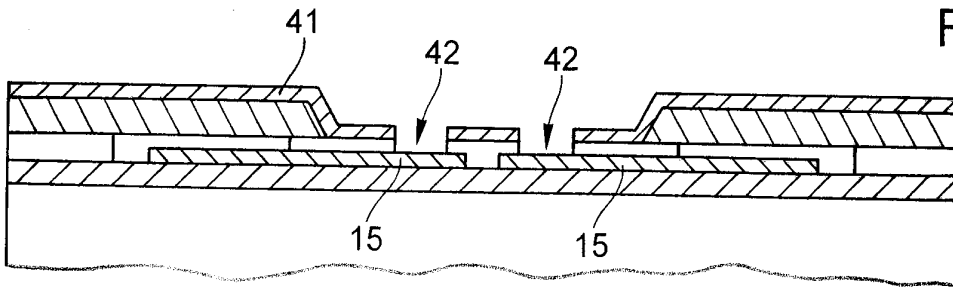


Fig.10K

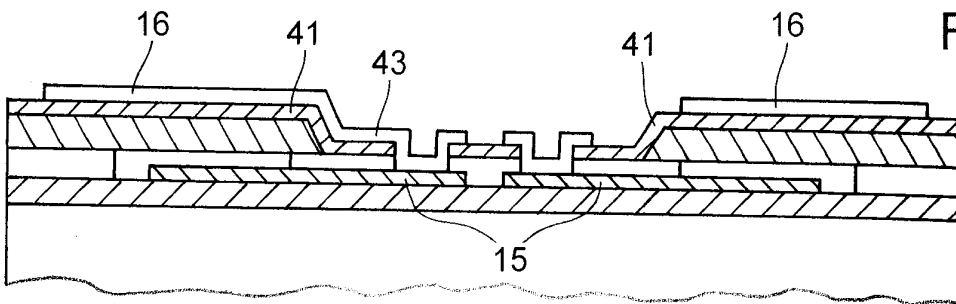


Fig.10L

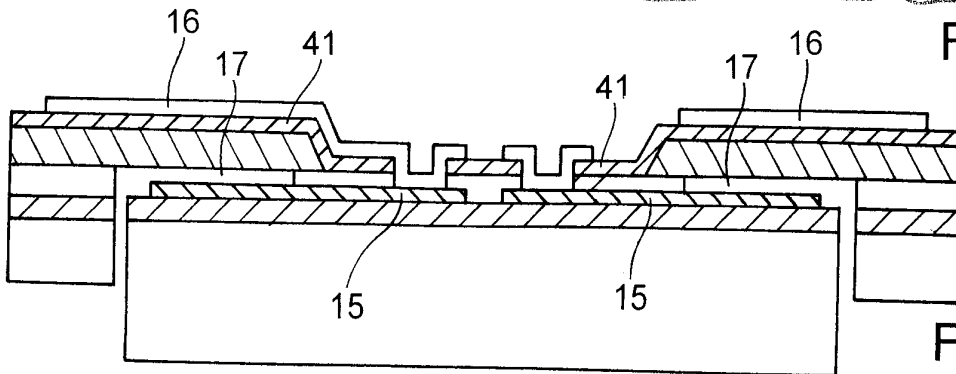


Fig.10M



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

N° d'enregistrement
national

FA 664057
FR 0504563

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 4 719 538 A (COX ET AL) 12 janvier 1988 (1988-01-12)	1-3,5-7	G01L1/14 G01L5/00 G01P15/125
Y	* page 7, colonne 3, ligne 39 - page 7, colonne 3, ligne 55; revendications 1,2,6,7; figures 1-4 *	4,10,11	
Y	----- US 5 437 196 A (OKADA) 1 août 1995 (1995-08-01) * page 20, colonne 5, ligne 33 - page 21, colonne 7, ligne 66; figure 4 *	10,11	
Y	----- US 5 492 020 A (OKADA) 20 février 1996 (1996-02-20) * page 22, colonne 17, ligne 18 - page 22, colonne 17, ligne 22; figure 16 *	4	
A	----- EP 0 525 830 A (RENISHAW PLC) 3 février 1993 (1993-02-03) * page 2, colonne 2, ligne 48 - page 3, colonne 4, ligne 31; figures 1-4 *	1-11	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			G01L
		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
		16 janvier 2006	Gruss, C
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0504563 FA 664057**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 16-01-2006

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 4719538 A	12-01-1988	AUCUN	
US 5437196 A	01-08-1995	JP 5215627 A	24-08-1993
US 5492020 A	20-02-1996	US 5497668 A	12-03-1996
EP 0525830 A	03-02-1993	AUCUN	