

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

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

2 738 705

21 N° d'enregistrement national : 95 10479

51 Int Cl⁶ : H 05 K 1/18, 1/14, G 01 D 5/12, G 01 P 15/00, G 01 C 19/00

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 07.09.95.

30 Priorité :

43 Date de la mise à disposition du public de la demande : 14.03.97 Bulletin 97/11.

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) : SOCIETE D'APPLICATIONS GENERALES D'ELECTRICITE ET DE MECANIQUE SAGEM SOCIETE ANONYME — FR.

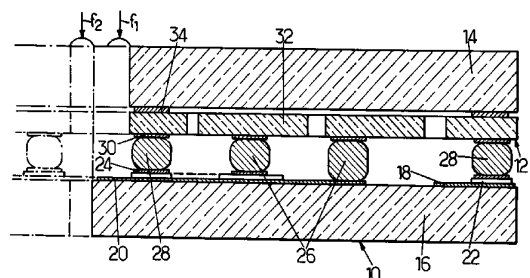
72 Inventeur(s) : ZIMMERMANN LAURENT.

73 Titulaire(s) :

74 Mandataire : CABINET PLASSERAUD.

54 DISPOSITIF CAPTEUR ELECTROMECHANIQUE ET PROCEDE DE FABRICATION D'UN TEL DISPOSITIF.

57 Le dispositif capteur électromécanique comprend une plaquette de liaison électrique (10) portant des pistes d'interconnexion électrique et une plaquette active (12). Dans la plaquette active est découpé un capteur mécanique comportant un niveau métallisé (30) d'interconnexion. Les pistes et le niveau métallisé sont ensuite solidarisés par des billes de contact ponctuelles et éventuellement un cordon en un matériau de brasure électriquement conducteur. Un tel dispositif peut constituer gyromètre ou accéléromètre.



FR 2 738 705 - A1



**DISPOSITIF CAPTEUR ELECTROMECHANIQUE ET PROCEDE
DE FABRICATION D'UN TEL DISPOSITIF**

5 La présente invention concerne les dispositifs de mesure
comprenant un capteur électromécanique, généralement minia-
ture, découpé dans une plaquette munie de pistes d'intercon-
nexion électrique destinées à véhiculer les signaux interve-
nant dans la mesure. Elle est applicable aux dispositifs de
10 mesure des paramètres physiques susceptibles de créer des
contraintes ou des déformations d'une partie active du
capteur. On peut notamment citer des dispositifs de pres-
sion, d'accélération et de vitesse de rotation, tels que
ceux utilisés sur les véhicules.

15 On connaît déjà des dispositifs capteurs comprenant
d'une part une plaquette active dans laquelle est découpé un
capteur mécanique et d'autre part sur laquelle sont déposées
des pistes d'interconnexion et une plaquette portant des
liaisons électriques et des plages de raccordement avec
20 l'extérieur, qu'on peut qualifier de "passive". Les liaisons
électriques entre les plaquettes et la solidarisation des
plaquettes entre elles (notamment lorsque l'espace entre les
plaquettes doit être rendu étanche) sont réalisées au cours
d'opérations distinctes, par des techniques qui donnent lieu
25 à un taux de rebut important.

 La présente invention vise à fournir un dispositif
capteur miniaturisable, répondant mieux que ceux antérieure-
ment connus aux exigences de la pratique, notamment en ce
qu'il est réalisable de façon simple et avec des rendements
30 de fabrication élevés.

 Dans ce but, l'invention propose notamment un dispositif
capteur électromécanique comprenant :

- une plaquette de liaison électrique portant des pistes
d'interconnexion électriques,
- 35 - une plaquette active, dans laquelle est découpé le

capteur mécanique, comportant un niveau d'interconnexion en faisant face à la plaquette de liaison électrique, et

5 - des moyens de liaison électrique et de solidarisation des deux plaquettes, comprenant des billes de contact ponctuel et, le cas échéant, un cordon entourant le capteur mécanique et les billes, les billes et le cordon étant en un matériau de brasure électriquement conducteur.

10 En général, les pistes d'interconnexion électrique de la plaquette de liaison électrique comportent, sur un substrat, un premier niveau d'interconnexion formant des plots de sortie et un second niveau d'interconnexion séparé du premier par un intercalaire diélectrique. Le premier niveau d'interconnexion peut ainsi être séparé du cordon par l'intercalaire diélectrique et permet de former les plots de
15 sortie sur une partie de la plaquette de liaison électrique qui déborde de la plaquette active.

Souvent, le cordon sera prévu pour constituer une barrière d'étanchéité entre un volume contenant le capteur mécanique proprement dit et l'extérieur. Dans d'autres cas,
20 tel que celui d'un dispositif de mesure de pression, un passage sera au contraire ménagé dans le cordon ou l'une des plaquettes.

Le dispositif capteur peut être complété par un capot de protection contre l'environnement extérieur, rapporté sur la
25 plaquette active, par exemple à l'aide d'un adhésif.

Le substrat de liaison électrique peut être en divers matériaux, par exemple en silicium monocristallin, en céramique, en verre résistant à la température de consti-
30 tution des moyens de solidarisation. La plaquette peut même être constituée par un circuit intégré d'application spécifique, ou ASIC.

La présente invention vise également à fournir un procédé de fabrication de dispositif capteur permettant une
35 réalisation collective d'un grand nombre de dispositifs sur une même tranche de substrat, avec découpage ultérieur de

séparation de dispositifs.

Dans ce but, l'invention propose notamment un procédé de fabrication de capteur électromécanique, suivant lequel :

- 5 - on constitue, sur une première plaquette, des pistes d'interconnexion électrique sous forme d'au moins un niveau
- on dépose, sur la plaquette de liaison électrique, des gouttes et un cordon de brasure à des emplacements destinés à être reliés à la plaquette active,
- 10 - on relie, par refusion sous vide, ou en atmosphère inerte ou réductrice, les plaquettes l'une à l'autre par chauffage et refroidissement, de façon à créer des liaisons électriques et de solidarisation entre les plaquettes, et d'interconnexion,
- 15 - on constitue enfin une plaquette active par découpe d'un capteur mécanique et dépôt d'un niveau d'interconnexion.

Les caractéristiques ci-dessus ainsi que d'autres apparaîtront mieux à la lecture de la description qui suit de modes particuliers de réalisation de l'invention, donnés à titre d'exemples non limitatifs. La description se réfère 20 aux dessins qui l'accompagnent, dans lesquels :

- 25 - la figure 1 est une coupe, montrant la constitution de principe d'un dispositif suivant un mode particulier de réalisation de l'invention, pouvant constituer un accéléromètre ;
- la figure 2, similaire à la figure 1, montre une fraction d'un dispositif pouvant constituer un capteur de pression ;
- 30 - la figure 3 est une vue de dessus, avec arrachement partiel de la plaquette active, d'un accéléromètre constituant un mode particulier de réalisation ;
- la figure 4, similaire à la figure 3, montre schématiquement un dispositif constituant gyromètre vibrant.

Le dispositif capteur dont la constitution de principe est montrée en figure 1 comporte une plaquette de liaison 35

électrique 10 et une plaquette active 12 recouverte par un capot de protection 14. La plaquette de liaison électrique 10 représentée comporte un substrat 16. Dans le cas d'un -
5 dispositif miniaturisé, ce substrat sera généralement du silicium monocristallin. Toutefois, d'autres matériaux sont utilisables. En particulier, on peut utiliser un substrat constitué de quartz, de verre résistant à la température nécessaire au brasage, voire même de céramique. Pour consti-
10 tuer un dispositif miniature, on utilisera généralement un substrat en silicium monocristallin de 500 à 600 μm d'épaisseur, présentant en surface une pellicule d'oxyde isolant.

La plaquette de liaison électrique 10 du mode de réalisation de la figure 1 comporte deux niveaux de métallisation. Le premier niveau 18 qui peut être réalisé par une
15 des techniques habituelles à l'heure actuelle, par exemple par photo-lithographie, comporte les plots de sortie 20 permettant de raccorder un circuit extérieur. Il a quelques μm d'épaisseur.

Sur le premier niveau 18, on dépose ou forme une couche
20 mince de diélectrique 22 pouvant être constituée par un oxyde ou un nitrure ou, plus fréquemment, par une résine diélectrique, telle qu'un polyimide. Dans la couche diélectrique 22 sont ensuite ménagées, par un processus de gravure qui peut être classique, des ouvertures destinées à une
25 interconnexion avec le second niveau de métallisation ou avec les moyens de liaison électriques qui seront décrits plus loin.

Le second niveau de métallisation 24 peut avoir une constitution similaire à celle du premier. Ce niveau 24 a
30 quelques μm d'épaisseur. Pour permettre la fixation ultérieure, il a une structure composite. Il peut en particulier comporter des dépôts successifs de titane, de nickel et d'or de quelques μm d'épaisseur. Cette constitution peut également être celle du premier. Le dépôt peut s'effectuer, par
35 exemple, par pulvérisation cathodique.

Après masquage éventuel par une résine, on constitue localement une couche de matériau de brasure qui formera ensuite les moyens de liaison électriques et mécaniques. On peut notamment utiliser une résine de masquage jouant un rôle de vernis épargne pour délimiter les zones où doit être déposée la brasure. La composition de brasure peut être un étain-plomb couramment adoptée et ayant un point de fusion de l'ordre de 200°C à 300°C (alliage étain-plomb 60/40 ou 95/5). Cette composition peut être déposée par dépôt électrolytique.

Les billes 26 et le cordon 28 destinés ultérieurement à assurer les liaisons sont constitués par refusion et refroidissement de la brasure sous vide, en atmosphère inerte ou en atmosphère légèrement réductrice (par exemple en atmosphère d'azote ou de N^2H^2). La tension superficielle au cours du refroidissement assure la forme de bille ou de cordon.

L'épaisseur du dépôt et la taille de la base des plots et du cordon sont choisis de façon que les billes aient un diamètre de 10 à 100µm de diamètre et que le cordon ait 20 à 30µm d'épaisseur.

On prépare séparément la seconde plaquette 12, représentée sur la figure 1 dans l'état où elle se trouve après usinage. Cette plaquette est constituée, comme la précédente, à partir d'un substrat, dont la nature sera différente suivant le type d'effet que l'on veut mettre en oeuvre (notamment effet piézo-résistif, piézo-électrique ou capacitif). Sur le substrat est déposé un niveau de métallisation 30, par un procédé qui peut être le même que celui utilisé pour la plaquette 10.

Les deux plaquettes 10 et 12 sont ensuite fixées l'une à l'autre, en alignement. Pour cela, on effectue un traitement préalable de surface, par exemple par pulvérisation cathodique. Puis les deux plaquettes sont mises en contact et les scellements effectués par chauffage jusqu'à la

température de fusion de la brasure et refroidissement, sous vide, en atmosphère inerte ou en atmosphère légèrement réductrice.

5 Dans le cas illustré sur la figure 1, on a représenté des portions 32 en porte-à-faux dont l'ancrage est réalisé par une ou plusieurs lignes de billes. Le découpage peut être effectué par des procédés de litho-photographie puis de gravure anisotrope, telle que la gravure ionique réactive. A titre d'exemple de structures réalisables, on peut citer
10 celles décrites dans les demandes de brevet français Nos 92 02782 et 95 08447 auxquelles on pourra se reporter.

Un intérêt de la constitution qui vient d'être décrite est qu'il est possible de réaliser collectivement un grand nombre de dispositifs à partir de tranches de substrat, par
15 exemple de silicium. L'usinage de la plaquette active peut être effectué après la solidarisation qui donne naissance à un ensemble robuste (par exemple par rodage jusqu'à quelques dizaines de μm d'épaisseur, puis gravure chimique de la face supérieure et/ou gravure ionique réactive).

20 Comme le montre la figure 1 en traits mixtes, les motifs de métallisation et d'isolement sont alors reproduits à intervalles réguliers sur les tranches, avant montage et découpage final, à la scie.

Dans ce cas, une protection des dispositifs par un capot
25 14 peut être nécessaire. En effet, on découpe les tranches scellées l'une sur l'autre avec arrosage par de l'eau désionisée. Les distances entre les parties mobiles et les parties fixes étant faibles, les forces de capillarité peuvent causer, au cours d'un séchage ultérieur, la destruction de parties actives.
30

Ce risque est évité en prévoyant une plaquette constituant l'ensemble des capots 14 collée, à l'aide d'une pellicule d'adhésif 34, sur chacune des zones de la plaque destinée à donner naissance à la plaquette 12. La découpe
35 peut être effectuée ensuite en deux phases. Au cours de la

première phase, une découpe partielle suivant la direction de la flèche f1 permet de dégager les plots de contact 20. Une seconde découpe suivant f2, à travers le capot et les deux tranches, permet de séparer les dispositifs.

5 La figure 2, où les éléments correspondants à la figure 1 sont désignés par le même numéro de référence, montre une fraction des plaquettes 10 et 12 d'un dispositif destiné à constituer un capteur de pression.

10 Dans ce cas, la plaquette active 12 est localement amincie pour constituer une membrane déformable 36. Dans ce cas, avant gravure, on soumet la plaquette (ou la tranche tout entière en cas de fabrication collective) à un rodage et un polissage mécaniques. Un polissage sur les deux faces sera souvent nécessaire, en cas de fabrication collective,
15 pour permettre de graver des marques d'alignement permettant ultérieurement un positionnement relatif précis des plaquettes, avant scellement.

20 La membrane mince 36 peut être réalisée, une fois l'épaisseur de la plaquette 12 réduite à quelques dizaines de μm , par gravure chimique de la partie supérieure ou par gravure ionique réactive.

25 La fixation des deux plaquettes l'une sur l'autre s'effectue comme indiqué précédemment. Toutefois, le cordon de scellement 28 laisse subsister une brèche pour permettre l'accès de la pression de référence, comme indiqué par la
30 flèche P. La mesure des déformations de la membrane 36 peut s'effectuer par un des procédés connus à l'heure actuelle. On peut notamment utiliser une mesure capacitive, piézo-résistive ou même piézo-électrique.

35 Sur la figure, seuls le cordon de scellement et une bille de fixation ont été représentés. D'autres liaisons seront prévues entre l'élément actif et les plages de sortie 20, sur la partie de la plaquette 10 qui déborde latéralement de la plaquette 12.

 Les plaquettes seront généralement constituées du même

matériau ou de matériaux ayant des coefficients de dilatation sensiblement égaux, pour éviter les contraintes d'origine thermique.

5 Le dispositif capteur représenté schématiquement sur la figure 3 est destiné à mesurer les accélérations intervenant dans la direction des flèches F. Sur cette figure, les éléments correspondant à ceux de la figure 1 sont encore désignés par le même numéro de référence.

10 La plaquette de liaison électrique 10 a la constitution précédemment décrite. Avant montage de la plaquette active, elle reçoit les niveaux de métallisation, les billes de matériau de brasure 26 et le cordon 28. La plaquette active pourra être constituée à partir d'une tranche de silicium monocristallin ayant l'épaisseur standard de 500 ou 600 μm .
15 Cette plaquette peut être rodée et polie après fixation à la plaquette d'interconnexion, pour réduire son épaisseur jusqu'à 10 à 30 μm . Le découpage destiné à constituer la masse sismique et ses bras de liaison peut être effectué par
20 des procédés déjà utilisés pour le micro-usinage du silicium dans toute son épaisseur, par exemple par gravure humide ou par gravure sèche anisotropique, qui permet d'obtenir des flancs perpendiculaires aux faces. Si des parties de la plaquette active sont séparés du reste, elles sont maintenues par les billes 26.

25 Dans le cas illustré sur la figure 3, l'accéléromètre comporte une masse sismique centrale 38 reliée à deux parties latérales formant socle par des bras flexibles, obtenus par découpage. Une telle constitution ne sera pas décrite en détail, car elle est l'une de celles habituellement
30 utilisées pour constituer des accéléromètres miniatures.

Le dispositif capteur montré schématiquement sur la figure 4 constitue un gyromètre vibrant. La plaquette active présente un plot de fixation central 40, fixé à la plaquette
35 d'interconnexion par des billes 26, reliées par des bras

découpés constituant des ressorts de suspension 42 à une masse sismique cylindrique 44. Des billes supplémentaires 26 placées à la périphérie assurent la liaison entre les sorties 20 et des électrodes fixes 46 de détection et d'excitation. Dans le cas illustré, neuf plots de sortie 20 sont prévus. Huit plots correspondent aux électrodes circonférentielles. Le neuvième correspond à l'électrode reliée au plot 40.

On voit que l'invention permet de réaliser des dispositifs capteurs ayant une plaquette dans laquelle est micro-usinée une structure déformable dans le plan de la plaquette ou perpendiculairement à ce plan, par exemple en forme de poutre ou de membrane. La structure est ancrée mécaniquement et connectée électriquement à une seconde plaquette formant substrat d'interconnexion et elle peut être entièrement protégée de l'environnement extérieur, cela en conservant des plages de contact électrique directement accessibles.

REVENDICATIONS

1. Dispositif capteur électromécanique comprenant :

5 - une plaquette de liaison électrique (10) et de structure portant des pistes d'interconnexion électrique ;

- une plaquette active (12) dans laquelle est découpé un capteur mécanique, comportant un niveau métallisé (30) d'interconnexion, en face de la plaquette de liaison électrique (10) ;

10 - des moyens de liaison électrique et de solidarisation des deux plaquettes, comprenant des billes de contact ponctuel (26) et éventuellement un cordon (28) entourant le capteur mécanique et les billes, les billes et éventuellement le cordon étant en un matériau de brasure électriquement conducteur.

15 2. Dispositif capteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que la plaquette active (12) a des dimensions inférieures à celles de la plaquette de liaison électrique (10) pour permettre l'accès à des plots de sortie électrique (20) prévus sur ladite plaquette de liaison électrique.

20 3. Dispositif capteur selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que les plaquettes comportent un substrat en silicium monocristallin, quartz, verre ou céramique, la plaquette de liaison électrique pouvant être un circuit intégré d'application spécifique.

25 4. Dispositif selon la revendication 1, 2 ou 3, caractérisé en ce que les pistes d'interconnexion électrique de la plaquette de liaison électrique (10) comportent, sur un substrat (16), un premier niveau d'interconnexion formant des plots de sortie (20) et un second niveau d'interconnexion séparé du premier par un intercalaire diélectrique (22).

30 5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que le cordon (28) constitue une barrière d'étanchéité entre un volume contenant le capteur

35

métallique proprement dit et l'extérieur.

5 6. Dispositif capteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'il comporte un capot (14) de protection contre l'environnement extérieur, rapporté sur la plaquette active (10) à l'aide d'un adhésif (34).

10 7. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la plaquette active est découpée de façon à constituer un accéléromètre ou un gyromètre à mesure par effet capacitif, piézo-électrique ou piézo-résistif.

8. Procédé de fabrication d'un dispositif capteur électromécanique, suivant lequel :

15 - on forme, sur un premier substrat (16), des pistes d'interconnexion électrique sous forme d'au moins un niveau d'interconnexion pour constituer une plaquette de liaison électrique (10),

20 - on prépare une plaquette active (12) dans un second substrat et par dépôt d'un niveau d'interconnexion (30),

- on dépose, sur la plaquette de liaison électrique, des billes et un cordon de brasure à des emplacements destinés à être reliés à la plaquette active,

25 - on relie, par refusion sous vide ou en atmosphère inerte ou réductrice, les plaquettes l'une à l'autre par chauffage et refroidissement, de façon à créer des liaisons électriques et de solidarisation entre les plaquettes, on usine la plaquette active (12) pour terminer la réalisation du capteur mécanique.

30 9. Procédé selon la revendication 8, caractérisé en ce que l'on rode et polit la plaquette active (12), après fixation de la plaquette active (12) à la plaquette de liaison (10).

35 10. Procédé selon la revendication 8 ou 9, caractérisé en ce que l'on constitue collectivement plusieurs dispositifs en formant simultanément les pistes d'interconnexion

électrique de plaquettes de liaison sur une première tranche, en ce que l'on dépose les billes et les cordons de brasure destinés à l'ensemble des dispositifs sur ladite première tranche, en ce que l'on constitue le niveau
5 d'interconnexion des plaquettes actives correspondantes sur une seconde tranche et en ce qu'on usine collectivement les plaquettes actives avant découpage de tranches.

11. Procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce que, avant séparation des dispositifs, on fixe une tranche
10 supplémentaire, destinée à constituer des capots (14), sur les deux premières tranches déjà fixées l'une à l'autre, en ce que l'on découpe l'empilement ainsi constitué sans attaquer la première tranche, et en ce qu'on achève ensuite la séparation des dispositifs.

15

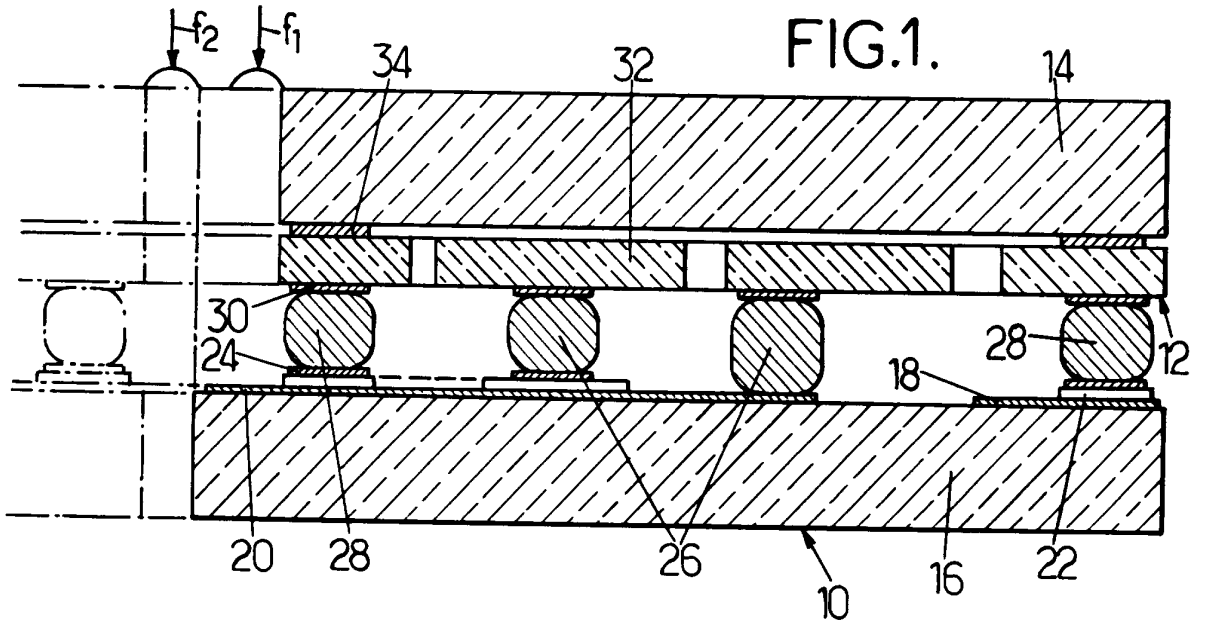


FIG. 3.

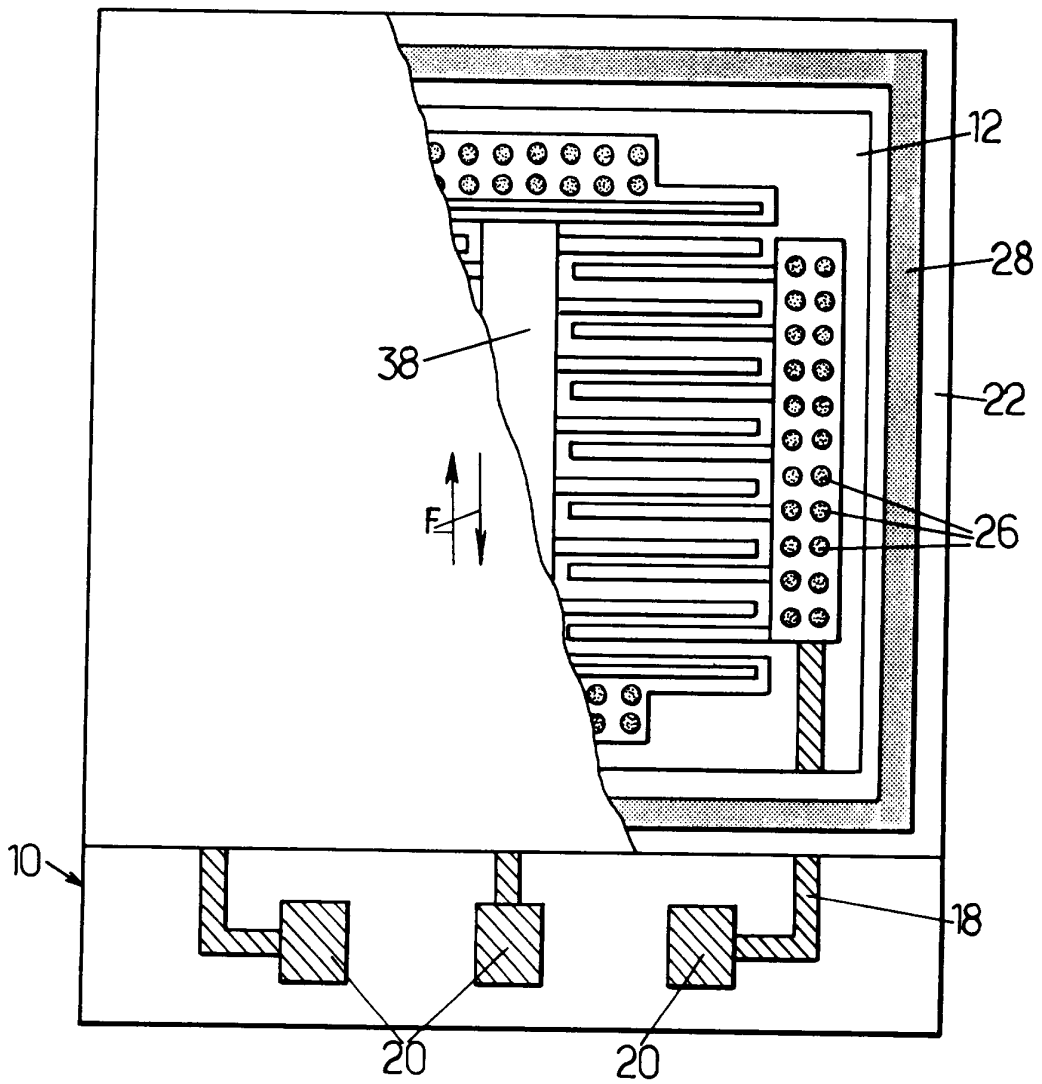


FIG. 2.

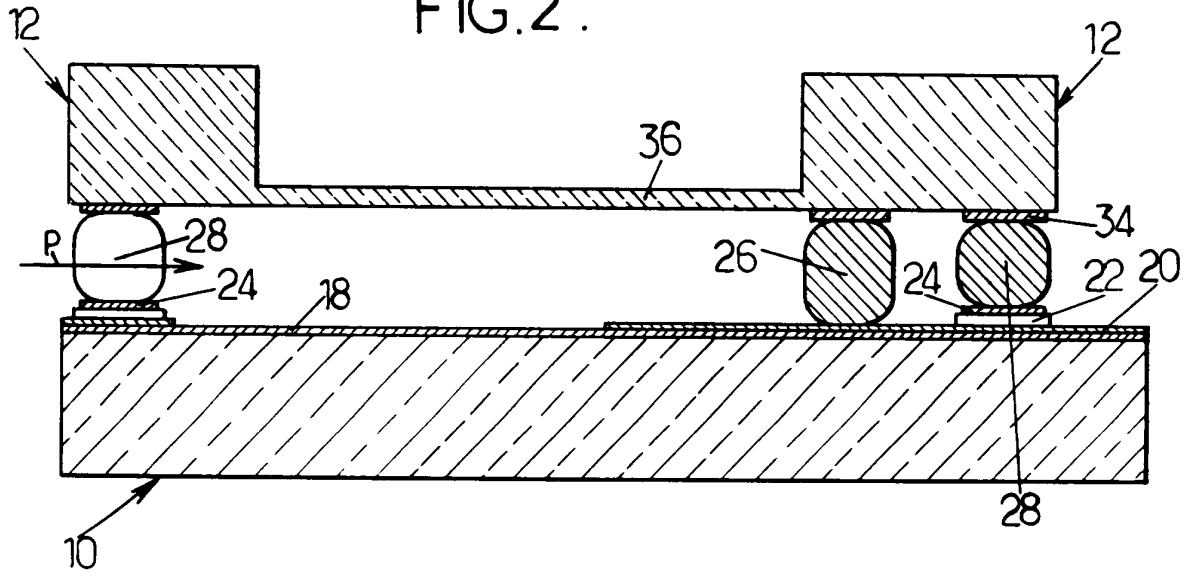
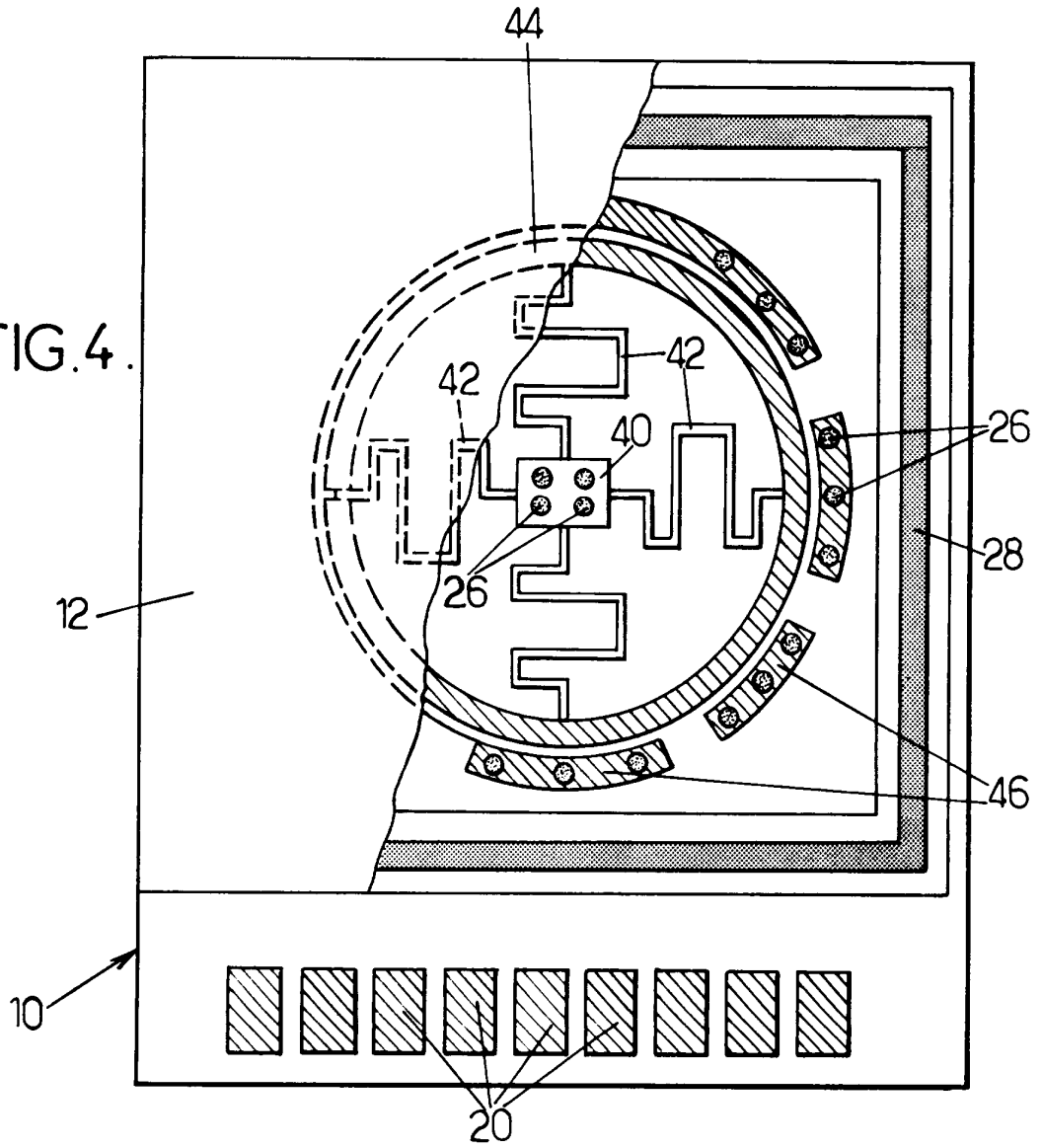


FIG. 4.



DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
X Y	US-A-5 164 328 (W.C. DUNN ET AL.) * le document en entier * ---	1-3,5-7 8
X Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 12, no. 418 (E-678), 7 Novembre 1988 & JP-A-63 155676 (AGENCY OF IND SCIENCE & TECHNOL), 28 Juin 1988, * abrégé *	1,3 8
Y	---	1
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 16, no. 53 (P-1309), 10 Février 1992 & JP-A-03 252539 (FUJI ELECTRIC CORP RES & DEV LTD), 11 Novembre 1991, * abrégé *	1
Y	---	1
Y	EP-A-0 025 336 (FORD MOTOR COMPANY LIMITED ET AL.) * le document en entier *	1
Y	---	1
Y	EP-A-0 415 541 (SHIMADZU CORPORATION) * le document en entier *	1
Y	---	1
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 7, no. 272 (E-214), 3 Décembre 1983 & JP-A-58 154254 (HITACHI SEISAKUSHO KK), 13 Septembre 1983, * abrégé *	1
Y	---	1
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 9, no. 318 (E-366), 13 Décembre 1985 & JP-A-60 150660 (MITSUBISHI DENKI KK), 8 Août 1985, * abrégé *	1
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
15 Mai 1996		Van Assche, P
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>		

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C13)