

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication : **2 614 988**

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national : **88 06140**

⑤1 Int Cl⁴ : G 01 L 9/12.

①2

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 6 mai 1988.

③0 Priorité : FI, 8 mai 1987, n° 87 2050.

④3 Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPI « Brevets » n° 45 du 10 novembre 1988.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux appa-
rentés :

⑦1 Demandeur(s) : Société dite : VAISALA OY, Société fin-
landaise. — FI.

⑦2 Inventeur(s) : Heikki Kuisma.

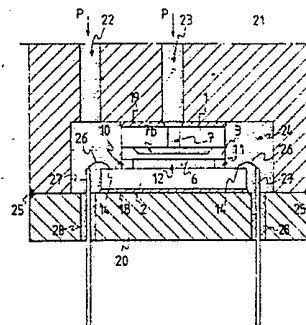
⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : Cabinet André Bouju.

⑤4 Capteur capacitif de pression.

⑤7 Le capteur de pression capacitif comprend une structure de détection capacitif 1, 2, 3, un boîtier 20, 21 dans lequel est monté le détecteur capacitif 1, 2, 3, des canaux 22, 23 adaptés dans le boîtier 21 pour introduire le milieu à mesurer dans la structure de détection capacitif 1, 2, 3 et des conducteurs électriques par l'intermédiaire desquels l'information capacitif de pression existant dans la structure de détection capacitif 1, 2, 3 est transmise à l'extérieur; la structure de détection capacitif 1, 2, 3 est adaptée dans le boîtier 20, 21 au moyen de structures fines et élastiques 18, 19, de sorte que la structure de détection capacitif 1, 2, 3 flotte entre lesdites structures 18, 19.

Utilisation notamment pour la réalisation de capteurs de pression en production de masse avec élimination des erreurs dépendant de la température.



R 2 614 988 - A1

1

La présente invention est relative à un capteur capacitif de pression comprenant une structure de détection capacitive, un boîtier dans lequel est montée ladite structure, des canaux adaptés dans ledit boîtier pour introduire le milieu à mesurer dans ladite structure de détection capacitive, et des conducteurs électriques par l'intermédiaire desquels l'information capacitive de pression existant dans ladite structure est transmise à l'extérieur.

Les références à la technique antérieure comprennent les publications des brevets suivants:

- [1] US 4589054 (Kuisma)
- [2] US 4597027 (Lehto)
- [3] US 3397278 (Pomerantz)
- [4] US 4609966 (Kuisma)
- [5] US 4599906 (Freud et autres)
- [6] US 4542435 (Freud et autres)
- [7] US 4257274 (Shimada et autres)
- [8] US 4628403 (Kuisma)

Un inconvénient des réalisations de la technique antérieure est qu'elles sont difficiles à mettre en oeuvre en production de masse. De plus, l'élimination des erreurs dépendant de la température jusqu'à un niveau raisonnable a jusqu'alors échoué.

Le but de la présente invention est de surmonter les inconvénients de la technologie antérieure et de

réaliser un type de capteur capacitif de pression totalement nouveau.

L'invention est basée sur le montage de l'élément sensible capacitif dans le boîtier du capteur entre les deux feuilles métalliques formant les moitiés du boîtier au moyen de couches isolantes électriques fabriquées par exemple, en élastomère, de sorte que le détecteur capacitif flotte entre les couches.

Plus particulièrement le capteur capacitif de pression conforme à l'invention est caractérisé en ce que la structure de détection capacitive est adaptée dans le boîtier au moyen de structures fines et élastiques, de sorte qu'elle flotte entre lesdites structures.

Le dispositif conforme à l'invention donne des avantages très importants, comprenant:

- une adaptabilité améliorée à la production de masse, et une facilité d'assemblage meilleure qu'avec les condensateurs différentiels fabriqués avec des matériaux analogues ([6], [7];
- l'isolement des sources d'erreurs dues à la différence des coefficients de dilatation thermique entre le détecteur capacitif et le boîtier métallique, ainsi qu'à la déformation des parties métalliques sous la pression à mesurer. A titre de comparaison on peut prendre, par exemple, la référence [6] qui décrit une structure compliquée visant à obtenir les mêmes avantages;
- comme il est indiqué dans la référence [8], la dépendance avantageuse de la sensibilité d'un condensateur à la pression entraîne une sensibilité plus élevée aux basses pressions qu'aux hautes pressions. Cette propriété peut aussi être utilisée avec un capteur différentiel de pression, dans lequel la pression P_1 dans le canal 22 doit être plus grande que la pression P_2 dans le canal 23. Par rapport à des structures symétriques de condensateurs différentiels [6], [7], nous

atteignons maintenant une gamme de mesure utilisable plus large avec un élément sensible unique.

En raison de sa grande élasticité, l'élastomère ne transmet pas au condensateur de détection l'effort mécanique provoqué par la déformation du boîtier métallique ou par la dilatation thermique différentielle due à la différence des coefficients de dilatation du matériau du condensateur de détection et du boîtier métallique. L'emplacement du condensateur de détection entre les deux surfaces qui le soutiennent est fixé de sorte que la différence de pressions donnée à mesurer ne puisse pas étirer excessivement la couche d'élastomère (19) dans la direction perpendiculaire à son plan. La résistance au cisaillement de l'élastomère est augmentée jusqu'à un niveau suffisant en utilisant une couche fine associée à une grande surface. On notera que la structure conforme à l'invention offre non seulement la compensation de l'effet des variations de température sur les propriétés diélectriques du matériau isolant, mais élimine aussi d'autres causes d'erreurs dues aux variations de température, telles que celles qui sont dues aux propriétés des contraintes élastiques et aux caractéristiques d'expansion thermique, ainsi qu'à l'expansion thermique du milieu constitué par l'huile au silicone sous pression si les diaphragmes d'isolement sont situés près de l'élément sensible et en bon contact thermique avec lui.

L'invention va être examinée en détail à l'aide du mode de réalisation suivant, donné à titre d'exemple, et illustré par les figures jointes.

La figure 1 est une vue latérale en coupe d'une structure de détecteur capacitif conforme à l'invention.

La figure 2 est une vue en coupe le long du plan A-A de la figure 1.

La figure 3 est une vue latérale en coupe d'un capteur de pression capacitif conforme à l'invention.

Les figures 1 et 2 montrent la partie sensible à la pression de la structure du condensateur de détection. Elle est analogue à la structure des figures 3 et 4 dans la référence [1]. Le condensateur proprement dit est constitué de couches de différentes épaisseurs de silicium et de verre au borosilicate ayant un coefficient de dilatation adapté. Dans la figure 1, le matériau de la pastille 1 est du silicium. La pastille de silicium 1 est fixée à une pastille de verre 4 en utilisant des procédés classiques, tels que ceux qui sont décrits dans les références [1] et [2]. De la même manière, une pastille 2 est fabriquée avec du silicium et fixée à une pastille de verre 5. Entre ces structures de pastilles, il y a un élément 3, en silicium. L'élément en silicium 3 est fabriqué avantageusement avec des bords plus épais entourant une surface centrale plus mince 6. L'élément en silicium 3 est fixé aux surfaces des pastilles de verre des structures de pastilles 1, 4 et 2, 5 par ses bords plus épais en utilisant par exemple, un procédé de liaison anodique décrit dans la référence [3].

L'élément en silicium 3 est travaillé sur le côté de la pastille de verre 5 de façon à avoir une cavité 12 bien formée, qui constitue l'intervalle diélectrique du condensateur de détection. La cavité 12 communique avec une pression externe par des canaux 10 et 11. L'autre côté du diaphragme aminci en silicium 6 a une seconde cavité bien formée 7B, qui communique avec la pression externe par un trou 7 taillé dans la structure de pastilles 1, 4. Si une pression externe P_1 est appliquée par l'intermédiaire du trou 7 en utilisant un milieu liquide ou gazeux sous pression, tandis qu'une pression P_2 est appliquée par l'intermédiaire des canaux 10 et 11, le diaphragme de silicium 6 fléchira en fonction

de la différence des pressions $P_2 - P_1$.

Conformément à la figure 2, des surfaces métalliques en films minces 15, 16, 17, associées à leurs surfaces conductrices 8, 9 et à des surfaces de plot de connexion 14, sont réalisées sur la surface de la pastille de verre 5. La surface de liaison anodique porte la référence 13. La surface 15 forme un contact électrique avec l'élément en silicium 3 et ensuite, grâce à une conductibilité appropriée du matériau de silicium, avec le diaphragme mince en silicium 6. Les surfaces 17 et 16 du film métallique sont placées de façon appropriée pour couvrir la cavité 12 et le diaphragme de silicium 6 de sorte que la surface 17 soit située au milieu de la structure où le fléchissement du diaphragme de silicium 6 induit par la différence des pressions est plus grand, tandis que la surface 16 est située sur les bords, là où le fléchissement du diaphragme de silicium 6 est très petit. La structure contient ainsi deux condensateurs: l'un formé par la surface 17 et le diaphragme de silicium 6, et l'autre par la surface 16 et le diaphragme de silicium 6. La cavité 12 constitue l'intervalle isolant pour les deux condensateurs. La capacité du condensateur formé par la surface 17 et le diaphragme de silicium 6 porte la référence C_p , tandis que la capacité du condensateur formé par la surface 16 et le diaphragme de silicium 6 porte la référence C_t .

La capacité C_p dépend fortement de la différence des pressions, car les variations de la différence de pressions fléchissent le diaphragme de silicium 6, provoquant des variations de la distance mutuelle entre les plaques 6 et 17 du condensateur, et par conséquent des changements de capacité. La capacité C_t est par essence moins dépendante de la pression, car les variations de la différence de pressions provoquent un

changement négligeable de la distance mutuelle entre les plaques 6 et 16 du condensateur. Les deux capacités C_p et C_t dépendent des propriétés diélectriques du milieu isolant remplissant l'intervalle 12 de façons sensiblement égales.

Les figures 1 et 2 sont simplifiées pour illustrer les détails les plus essentiels d'un condensateur sensible aux différences de pressions et concernant son fonctionnement. Différentes modifications dans les structures de ses éléments sont possibles, comme illustré, par exemple dans les figures 1, 6 de la référence [4], et sont même fréquemment avantageuses. En plus des formes métalliques illustrées dans les figures 1 et 2, la surface de la pastille de verre 5 peut avoir des anneaux de garde tels que ceux qui sont représentés dans la figure 1B de la référence [4], ou bien la pastille de silicium 2 peut être fixée à la surface métallisée au moyen d'une structure traversante pénétrant la pastille de verre 5 conformément aux procédés décrits dans les références [2] ou [4].

Les dimensions du condensateur sensible aux différences de pression peuvent varier dans une large gamme. La largeur des éléments 1, 2 et 3 est généralement de 2 à 20 mm, de préférence de 5 à 7 mm. Les épaisseurs des éléments 1 et 2 sont généralement de 0,2 à 2 mm, de préférence environ 1 mm. L'épaisseur de l'élément 3 peut être de 0,1 à 0,5 mm, de préférence 0,38 mm. Les épaisseurs des pastilles de verre 4 et 5 sont généralement de 0,01 à 0,2 mm, de préférence 0,05 mm. L'épaisseur du diaphragme aminci en silicium 6 peut varier dans la gamme de 0,005 à 0,2 mm, de préférence, suivant la gamme de pressions, de 0,01 à 0,1 mm, et la longueur du côté du diaphragme en silicium 6 (ou du diamètre correspondant du diaphragme circulaire) est de 1 à 10 mm, de préférence 2 à 4 mm. L'épaisseur de

l'isolant diélectrique 12 est généralement dans la gamme de 0,001 à 0,02 mm, de préférence 0,004 à 0,008 mm.

L'utilisation du condensateur des figures 1 et 2 dans un élément sensible à la pression d'un capteur est illustrée sur la figure 3. Le condensateur est monté, par la pastille de silicium 2 avec une couche fine appropriée 18 d'un élastomère convenable, par exemple du caoutchouc au silicone, sur une base métallique 20. La base 20 est munie de moyens de traversée, dans lesquels des conducteurs métalliques 27 sont isolés de la base 20 par des manchons en verre 28. Les manchons en verre sont coulés à leur place pour assurer l'étanchéité des traversées. Les surfaces de connexion 14 du condensateur sont connectées de façon appropriée aux conducteurs correspondants 27 au moyen de fils métalliques fins 26. La base métallique 20 est fixée par exemple par soudure le long d'une gorge 25 à une autre partie 21 du boîtier, qui peut d'ailleurs être une partie d'une structure plus importante. La partie 21 du boîtier comporte un espace 24 pour le condensateur. Le condensateur est monté, par la pastille de silicium 1 avec une couche fine d'élastomère 19, sur la partie 21 du boîtier métallique. Ainsi, le condensateur flotte entre deux coussins d'élastomère. Les couches d'élastomère ont une épaisseur de 0,05 à 0,3 mm, de préférence 0,1 mm.

La partie 21 du boîtier métallique possède deux trous 22 et 23, à travers desquels les pressions mesurées sont appliquées au condensateur. Le trou 22 communique avec l'espace 24, tandis que le trou 23 est aligné avec un trou 7 dans la plaque 1 du condensateur. Une couche d'élastomère 19 isole ces deux canaux de pressions l'un de l'autre. L'espace 24 est rempli par un milieu liquide sous pression, par exemple de l'huile au silicone, de sorte que ce milieu remplit aussi l'intervalle diélectrique en forme de cavité 12 à travers

les canaux 10 et 11. Le trou 23 et la cavité 7B qui communique avec lui par le trou 7 sont aussi remplis par un milieu pouvant être liquide ou gazeux, par exemple de l'air.

5 Les trous 22 et 23 peuvent de plus communiquer avec les espaces à milieu huileux, qui sont isolés du milieu sous pression à mesurer par un diaphragme métallique mince de la façon décrite par exemple dans les références [5] et [6]. Si le capteur est utilisé pour des
10 étalonnages plutôt que pour des mesures de pressions différentielles, le trou 23 n'a pas besoin d'être rempli par un milieu liquide, et le diaphragme isolant associé n'est pas non plus nécessaire. L'espace 24 peut être
15 formé de manière appropriée en fonction des dimensions du condensateur de détection pour minimiser le volume du milieu.

La structure du condensateur décrite ci-dessus met en jeu deux capacités mesurables, C_p et C_t . L'une d'elles, C_p , dépend fortement de la différence de pres-
20 sions, tandis que C_t en dépend faiblement, les deux capacités dépendant des propriétés diélectriques du milieu.

Si le milieu remplissant la cavité 12 est de l'huile au silicone, le coefficient de température de
25 la constante diélectrique est élevé, approximativement 1000 ppm/°K. Ceci provoque une forte dépendance de la température pour les capacités C_p et C_t , qui pourrait induire des erreurs dues aux variations de température dans la mesure de la pression, dans le cas où la capa-
30 cité C_p serait utilisée seule pour la mesure de la différence de pressions. Du fait qu'une seconde capacité C_t dépendant de la pression de façon différente de C_p existe aussi, avec également une forte dépendance de la température, des fonctions mathématiques peuvent être
35 formulées pour déterminer, à partir des valeurs des

capacités, aussi bien la différence de pressions que la température, avec une précision suffisante:

$$P_2 - P_1 = p(C_p, C_t)$$

$$t = t(C_p, C_t)$$

5

Les fonctions p et t peuvent être formulées, par exemple, sous forme polynomiale. Les coefficients des polynômes peuvent être déterminés en mesurant les deux capacités, C_p et C_t , avec un nombre suffisant de valeurs de différences de pressions et de températures.

10

REVENDICATIONS

1. Un capteur de pression capacitif, comprenant:
- une structure de détection capacitive (1, 2, 3);
- un boîtier (20, 21), dans lequel est monté le
5 détecteur capacitif (1, 2, 3);
- des canaux (22, 23) adaptés dans le boîtier
(21) pour introduire le milieu à mesurer dans la struc-
ture de détection capacitive (1, 2, 3); et
- des conducteurs électriques (14, 26) par
10 l'intermédiaire desquels l'information capacitive de pres-
sion existant dans la structure de détection capacitive
(1, 2, 3) est transmise à l'extérieur,
caractérisé en ce que la structure de détection capaci-
tive (1, 2, 3) est adaptée dans le boîtier (20, 21) au
15 moyen de structures fines et élastiques (18, 19), de
sorte que la structure de détection capacitive (1, 2, 3)
flotte entre lesdites structures (18, 19).
2. Une structure de condensateur conforme à
la revendication 1, caractérisée en ce que l'épaisseur
20 de la couche des structures en élastomère (18, 19) est
de 0,05 à 0,3 mm, de préférence 0,1 mm.
3. Un capteur de pression conforme aux revendications 1 ou 2, dans la structure duquel le détecteur
capacitif comprend une plaque support (2, 5) formée par
25 une pastille de silicium (2) et une pastille de verre
(5) fixée sur la pastille de silicium (2) à l'aide d'un
procédé de liaison électrostatique, cette pastille de
verre (5) étant essentiellement plus mince que la pas-
tille de silicium (2), une première plaque fixe (17) de
30 condensateur disposée sur une plaque de substrat (2, 5),
une plaque de silicium (3) disposée sur la plaque de
base (2, 5) et entourant la plaque fixe (17) du conden-
sateur avec sa partie centrale traitée en structure de
diaphragme (6) agissant comme une plaque mobile du
35 condensateur, une plaque supérieure (1, 4) disposée sur
la plaque de silicium (3) avec une structure combinée

consistant en une pastille de silicium (1) et une pastille de verre (4) fixée sur cette pastille de silicium (1) et disposée contre la plaque de silicium (3), cette pastille de verre étant essentiellement plus mince que la pastille de silicium (1), caractérisé en ce qu'une
5 seconde plaque du condensateur est disposée sur la plaque support de base (2, 5) entre la première plaque du condensateur (17) et la plaque de silicium (3), qui entoure pratiquement la première plaque (17) du condensateur, et en ce que la structure du détecteur capacitif
10 est fixée au boîtier (20, 21) par ses pastilles de silicium inférieure et supérieure (1, 2) à l'aide de coussins en élastomère (18, 19).

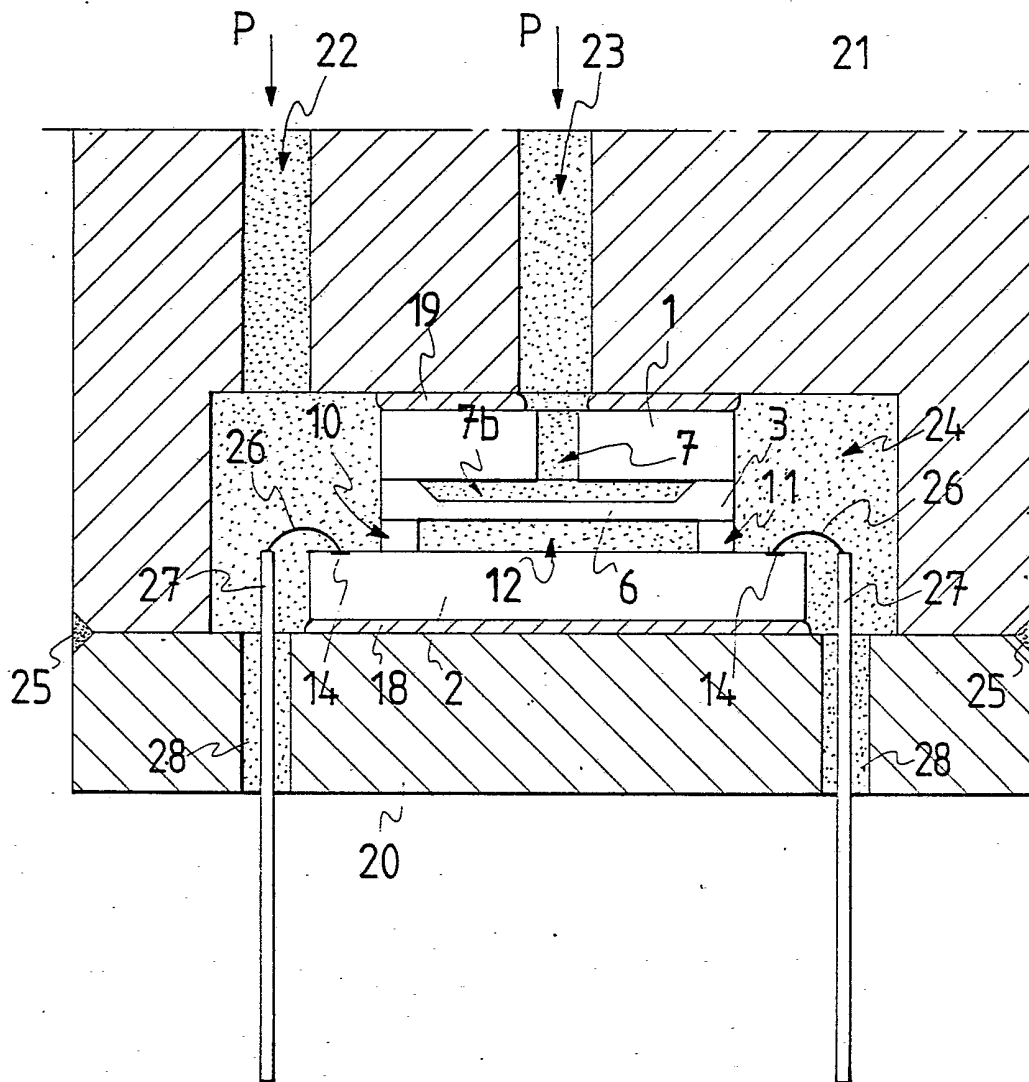


Fig. 3