

①2

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 19 mars 1985.

③0 Priorité : US, 18 mai 1984, n° 06/611 765.

④3 Date de la mise à disposition du public de la demande : BOPi « Brevets » n° 47 du 22 novembre 1985.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : Société dite : BECTON, DICKINSON AND COMPANY. — US.

⑦2 Inventeur(s) : Leslie Bruce Wilner.

⑦3 Titulaire(s) :

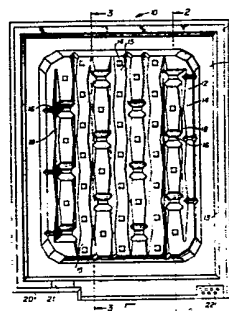
⑦4 Mandataire(s) : Rinuy, Santarelli.

⑤4 Capteur capacitif et plaque de condensateur pour ce capteur.

⑤7 L'invention concerne un capteur capacitif constitué de première et seconde couches externes 56, 50 et d'une plaque interne 10 intercalée entre elles.

La plaque interne présente un bord de liaison 30 entourant une plaque mobile 15 travaillant en piston qui lui est reliée par une membrane élastique 11. La plaque mobile présente des trous 16 et des sillons 18 servant à diriger l'écoulement de l'air pour obtenir un amortissement à gaz, ainsi que des butées d'arrêt 14 qui limitent son mouvement vers la première couche externe qui constitue la plaque fixe du condensateur. La plaque interne et éventuellement les couches externes sont réalisées par lots sur tranches de silicium.

Application : accéléromètres, capteurs de pression, etc.



La présente invention concerne un accéléromètre capacitif au silicium fabriqué par lots. Plus particulièrement, la présente invention concerne un tel capteur capacitif qui utilise une structure de type en sandwich dans laquelle une plaque mobile est montée pour se déplacer à la manière d'un piston dans une cavité en se rapprochant et s'éloignant d'une plaque fixe de façon à obtenir un domaine de mouvement de la plaque mobile exceptionnellement étendu au cours de ses déplacements qui la rapprochent et l'éloignent de la plaque fixe. C'est-à-dire que la surface totale de la plaque mobile se déplace en se rapprochant et s'éloignant de la plaque fixe, plutôt que suivant une configuration de mouvement de type incurvé telle qu'il en est habituellement prévu dans les capteurs capacitifs de ce genre.

Du fait de l'utilisation d'ordinateurs qui permettent l'emploi de systèmes d'instrumentation de plus en plus complexes, il existe un besoin urgent de capteurs discrets à haute fiabilité et de prix modique. Un aspect de ce besoin est une demande concernant les capteurs d'accélération, tant pour mesurer directement l'accélération que pour permettre l'intégration de l'accélération et du temps afin de mesurer la vitesse et le déplacement. Ceci est particulièrement vrai dans les techniques de fabrication qui font appel à des structures robotisées pour la production d'articles tels que des automobiles. Cette demande est également importante en ce qui concerne, par exemple, les systèmes de propulsion destinés aux avions ou aux projectiles de diverses natures utilisés dans le domaine militaire. Il importe que ces structures soient extrêmement petites mais, comme le reconnaîtront les spécialistes, toujours fonctionnelles sous des conditions extrêmes de température et de compression par vibration et choc, et qu'elles fonctionnent en étant extrêmement sensibles à des excitations appliquées sur une très large plage.

L'utilisation d'un "piston" central rigide se déplaçant sur un élément de flexion à l'intérieur d'un

cadre a déjà été développée. Une telle structure est par exemple décrite et revendiquée dans le brevet des E.U.A. N° 4 236 137. Dans cette structure, les moyens de détection du mouvement sont des jauges de contraintes disposées sur
5 les éléments de flexion sur lesquels la plaque centrale s'infléchit. Par contre, selon la présente invention, l'élément de flexion se situe approximativement au centre de l'épaisseur de la plaque. La disposition centrale de l'élément de flexion est importante en ce qu'elle évite
10 l'inclinaison de la masse centrale en réponse à des accélérations appliquées dans le plan de la plaque pendant le processus de détection. Dans le procédé de la présente invention, ceci est réalisé par le contrôle serré de la profondeur d'une gravure. C'est-à-dire que le fond d'une
15 cavité gravée est modifié, puis dégagé par une autre gravure pour former la membrane flexible sur laquelle la plaque travaillant en piston se déplace. Dans le dispositif décrit par le brevet des E.U.A. N° 4 236 137, un amortissement à gaz est obtenu en utilisant l'espace plan
20 séparant les plaques à proximité variable, l'amortissement à film de compression qui a lieu entre les plaques dépendant fortement de la proximité des plaques et étant limité en fréquence par la vitesse du son dans le milieu.

Par contre, selon la présente invention, une
25 plaque spécialement conçue est réalisée sous une forme qui présente plusieurs trous ou passages distants les uns des autres destinés au mouvement d'un fluide à travers eux. Ainsi, le fluide traverse les passages en même temps que la plaque se déplace en va-et-vient comme un piston. Ce
30 qui est plus important, des rainures ou sillons spéciaux s'étendent à la surface de la plaque et ont pour effet de diriger avec précision l'écoulement du fluide allant vers les passages et s'en éloignant, en guidant ainsi le mouvement du fluide pendant le mouvement de la plaque mobile
35 travaillant en piston. La principale résistance à l'écoulement du gaz se situe dans les canaux de répartition se

trouvant à la surface de la plaque. Pour cette raison, l'amortissement dans les perforations ou trous de la plaque évite les problèmes susmentionnés.

Une autre caractéristique de l'invention réside dans l'utilisation de plots de verre disposés à la surface de la plaque mobile et servant de butées. Lors d'une surcharge, par conséquent, ces butées empêchent la mise en court-circuit électrique des plaques. Ces butées évitent de plus deux formes de verrouillage pouvant se produire lors d'une surcharge. Dans les capteurs capacitifs très sensibles, la force d'attraction suscitée par la polarisation ou porteuse électrique viendra à dépasser la force de rappel de la monture à membrane du piston mobile lorsque le mouvement de la plaque amènera celle-ci à une certaine proximité de la plaque fixe. De ce fait, les plaques se verrouillent ensemble. La hauteur des butées d'arrêt est, conformément à la présente invention, choisie de façon à empêcher ce verrouillage. Par exemple, dans une forme de réalisation de l'invention, la hauteur est choisie de façon à empêcher le verrouillage sous une tension de 5 volts et avec une raideur de rappel convenant pour qu'un parcours de $25,4 \times 10^{-9}$ m soit effectué en réponse à une accélération de $9,81 \text{ m/s}^2$.

Un autre problème relatif au verrouillage peut être posé par le verrouillage pneumatique. En effet, à mesure que les plaques planes arrivent en très étroite proximité l'une de l'autre, la résistance à l'écoulement dans l'espace situé entre elles devient très grande. Dans un capteur capacitif sensible, un temps important (plusieurs secondes) peut être nécessaire pour que le gaz se réintroduise dans cet espace et permette à la plaque mobile de revenir à sa position normale après une surcharge. Les butées d'arrêt qui sont, dans l'invention, réparties à la surface de la plaque, gardent un espace libre entre les deux plaques pour permettre l'écoulement du gaz et un rétablissement rapide.

Comme indiqué ci-dessus, l'une des caractéristiques de la présente invention réside dans le montage de la plaque mobile à l'intérieur d'une structure en sandwich dans laquelle est ménagée une cavité entre les deux couches
5 externes, une couche ou plaque centrale constituant la structure de support de la plaque mobile du condensateur, cette couche centrale formant également en partie la cavité qui se trouve de part et d'autre de la plaque. Ainsi, la cavité formée communique avec chaque côté de la plaque mobile par
10 l'intermédiaire des perforations qui y sont pratiquées.

Une autre caractéristique de l'invention réside dans l'utilisation de petites bosses, arêtes, barres ou autres protubérances en silicium disposées sur la plaque centrale, lesquelles sont serrées contre un film d'aluminium placé sur une pièce opposée du sandwich, ce qui a pour
15 effet que les bosses sont maintenues en contact par déformation élastique du matériau sous-jacent en établissant ainsi une connexion stable entre les pièces. Enfin, avec le traitement de la plaque de condensateur de l'invention,
20 il est produit, conformément à celle-ci, des capteurs capacitifs de très petites dimensions munis d'éléments de flexion minces et uniformes, au moyen d'un arrêt de gravure diffusé.

En considérant d'un point de vue général les conditions de production d'un capteur capacitif au silicium conforme à la présente invention, il importe de se rendre compte que l'appareil résultant doit présenter un intervalle de condensateur qui soit déterminable dans une plage de $\pm 10 \%$, et que l'épaisseur de la membrane résiduelle
30 doit être déterminable dans une plage de $\pm 8 \%$. De même, la membrane résiduelle doit se trouver sensiblement au niveau du plan médian de la tranche. En outre, la largeur des canaux de la surface doit être déterminable dans une plage de $\pm 15 \%$ de la dimension minimale et doit
35 avoir un arrondissement prévisible au niveau des sorties, là où doivent évidemment se trouver les trous traversants.

De plus, les trous traversants et les canaux ne doivent pas présenter de matière en saillie fragile. Les butées d'arrêt doivent être isolées de façon à résister aux tensions de liaison anodique, et être d'une épaisseur située dans la
5 plage de 0,6 à 1,0 micromètre. Enfin, les bords de liaison doivent être plans et lisses pour la liaison anodique, et aucune photolithographie n'est permise après que les membranes ont été révélées ou développées.

A titre purement illustratif d'un procédé permettant d'atteindre les résultats désirés, et en particulier
10 en ce qui concerne la fabrication de la structure centrale à plaque mobile de la structure en sandwich de l'invention, la matière de départ est une tranche de silicium monocristallin de type N ou P, dont le plan (100) est orienté selon la
15 direction $\langle 110 \rangle$ à $0,7^\circ$ près. L'épaisseur initiale est choisie à $0,1905 \text{ mm} \pm 0,00508 \text{ mm}$. Les deux faces sont polies puis légèrement oxydées jusqu'à une épaisseur d'environ 0,3 micromètre. Des motifs de repères coïncidents d'impression photolithographique sont ensuite appliqués aux couches d'oxyde avant
20 et arrière et les points de repère sont réoxydés. Puis, les tracés photolithographiques de ses sillons, canaux et trous traversants sont ouverts dans l'oxyde de la surface avant, et ceux de ses trous traversants dans l'oxyde de la surface arrière. La tranche est alors gravée dans un mordant à l'hydroxyde de potassium sur légèrement plus de la
25 moitié de l'épaisseur ($0,09906 \text{ mm}$) pour ouvrir les trous traversants. Ensuite, la surface avant est photolithographiée de façon à enlever l'oxyde restant de la plaque mobile centrale, en laissant les bords intacts. Ensuite,
30 par mise en oeuvre d'une technique de gravure superficielle précise (c'est-à-dire par usinage ionique), le silicium exposé de la surface avant est éliminé sur 3,5 micromètres $\pm 10 \%$, pour former ainsi l'intervalle du condensateur.

Après quoi, l'oxyde restant est dépouillé en
35 totalité et les deux faces sont réoxydées avec une couche d'oxyde épaisse jusqu'à une épaisseur d'environ 0,6 micro-

mètre. La surface arrière est photolithographiée de façon à ne laisser de l'oxyde que sur les zones à attaquer lors de la gravure finale, et à la débarrasser de tout autre oxyde. La totalité du silicium exposé est ensuite dopée
5 au bore à un degré tel qu'à une profondeur de 2,2 micromètres, la concentration en bore soit en excès de 5×10^{19} atomes/cm³.

Dans un milieu de O₂ anhydre, la tranche est réoxydée pour réduire à 1,6 micromètre l'épaisseur globale
10 sur laquelle le bore est en excès de 5×10^{19} atomes/cm³. La couche à fort dopage ira, dans ce cas, en décroissant vers les faibles dopages, tant vers l'intérieur que vers l'extérieur. L'oxyde doit avoir une épaisseur d'environ 0,6 micromètre. Une photolithographie est ensuite effectuée pour laisser des butées d'arrêt en oxyde sur la face,
15 ce qui est suivi par l'élimination de tout autre oxyde. Enfin, le mordant final (éthylène-diamine/pyrocatéchol, mordant [EDP]) est appliqué pour révéler les membranes résiduelles en silicium dopé à plus de 5×10^{19} atomes/cm³.

20 Pour la formation de la base et du couvercle de la structure en sandwich de l'invention, une technique consiste à réaliser le couvercle et la base en Pyrex. A ce propos, il est fait usage d'un verre au borosilicate et de préférence de Pyrex. Les exigences concernant le
25 verre sont qu'il doit avoir une dilatation thermique proche de celle du silicium, en sorte que, lors du refroidissement, après liaison mutuelle des deux surfaces, la contraction coïncide étroitement avec celle du silicium. De plus, le verre doit avoir une conductivité électrique, à
30 la température de liaison de 450-550°C, comprise entre 10^5 et 10^8 ohm.cm. Enfin, le verre doit être mécaniquement et chimiquement stable aux températures inférieures à 100°C. La plaque de base porte la plaque fixe du condensateur. Celle-ci peut être un film métallique mince opposé à la
35 plaque mobile et muni d'une extension traversant une encoche ménagée dans le bord de la plaque centrale, en vue

de la connexion électrique. Cette encoche peut être obturée avec du verre de scellement pour assurer la propreté de l'intérieur du dispositif. Le couvercle doit présenter un évidement en face de la partie mobile de la plaque centrale afin de permettre le mouvement. Ces deux pièces en Pyrex peuvent être liées anodiquement à la plaque centrale.

En variante, le couvercle et la base peuvent être principalement constitués de silicium, avec des incrustations en Pyrex destinées à fournir des liaisons isolantes à faible capacité entre les couches. Une technique de fabrication de ces composites de Pyrex et de silicium consiste à graver dans le silicium des évidements légèrement plus profonds que l'épaisseur désirée de l'incrustation en Pyrex. Du Pyrex fritté est ensuite déposé sur le silicium par sédimentation et fondu pour former une couche solide de verre dont l'épaisseur est plus grande que la profondeur des évidements.

La surface de la tranche est ensuite meulée et polie pour éliminer le Pyrex de la surface intacte du silicium afin d'obtenir une surface plane et lisse sur le Pyrex des évidements. La base, qui constitue la plaque fixe du condensateur, est revêtue d'un film mince d'aluminium, qui est conformé par voie photolithographique pour procurer les connexions appropriées, tant à la base qu'à la couche centrale munie de la plaque mobile. Le couvercle nécessite un évidement afin d'autoriser le mouvement de la plaque mobile. Cet évidement est commodément réalisé par gravure dans le mordant EDP, celui-ci attaquant le silicium mais non le Pyrex.

Il y a deux intérêts à l'utilisation de couches externes en silicium munies d'incrustations en Pyrex. L'un est d'aller hors du plan avec l'électrode fixe pour supprimer le besoin d'une encoche pratiquée dans le bord de liaison et le besoin corrélatif d'obturer cette encoche. L'autre est de réduire la disparité des dilatations thermiques entre les pièces en les réalisant presque entièrement en un seul matériau.

La présente invention va maintenant être décrite plus en détail et ses buts et avantages susmentionnés ainsi que d'autres ressortiront des revendications et de la description suivante faite en regard des dessins annexés sur
5 lesquels :

la figure 1 est une vue en plan de dessus de la plaque de condensateur de l'invention qui est la plaque centrale de la structure en sandwich constituant le capteur capacitif de l'invention ;

10 la figure 2 est une vue d'une coupe faite suivant la ligne 2-2 de la figure 1 ;

la figure 3 est une vue d'une coupe faite suivant la ligne 3-3 de la figure 1 ;

la figure 4 est une vue en plan de dessus du capteur capacitif de l'invention et montre la surface supérieure de sa structure en sandwich ;
15

la figure 5 est une vue en plan de dessus de la plaque centrale de condensateur de l'invention, la plaque de couvercle de la structure en sandwich étant ôtée ;

20 la figure 6 est une vue en plan de la surface inférieure du couvercle de la structure en sandwich de l'invention, ce couvercle étant éloigné de la plaque centrale de condensateur de la structure ;

la figure 7 est une vue en plan de dessous analogue à celle de la figure 1 de la plaque centrale de condensateur de la structure en sandwich de l'invention, la plaque de base en étant ôtée ;
25

la figure 8 est une vue en plan de la plaque de base de la structure en sandwich de l'invention et montre la surface supérieure interne de la base, cette surface
30 faisant face à la plaque centrale de l'invention ; et

la figure 9 est une vue latérale en élévation de la structure en sandwich du capteur capacitif de l'invention.

On se reporte maintenant aux dessins dans lesquels des éléments identiques sont partout désignés par
35 des références numériques identiques. La figure 1 donne

une vue en plan de la plaque centrale de condensateur de l'invention, cette plaque étant placée entre la plaque de base et la plaque de couvercle de façon à constituer une structure en sandwich destinée à servir de capteur capacitif à haute sensibilité. En fait, la vue en plan montre la surface inférieure de la plaque centrale, surface qui fait face à la plaque de base comme décrit ci-dessus. Ainsi, une plaque centrale 10 de condensateur comprend une plaque mobile 15 disposée en son centre et mobile à la façon d'un piston dans une direction normale au plan du dessin de la figure 1, le mouvement de cette plaque mobile 15 s'effectuant suivant une membrane flexible 11. Comme on peut le voir sur la figure 1, la surface externe de la membrane 11 est reliée à un bord de liaison 30.

Une caractéristique de l'invention réside, comme décrit ci-dessus, dans l'existence de plusieurs perforations ou passages 16 ménagés de façon dispersée à la surface de la plaque mobile 15. Ces perforations ou passages permettent à l'air de se déplacer dans la structure en sandwich du capteur capacitif de l'invention, depuis la surface inférieure de la plaque 15 jusqu'à sa surface supérieure et réciproquement. Un évidement 12, subdivisé par des sillons 18, se trouve sur la surface de face de la plaque centrale 10 de condensateur, dans la partie constituant la plaque mobile 15 de celle-ci, afin de former une partie de la cavité inférieure qui est ménagée entre la plaque de base ci-dessous décrite de la structure en sandwich de l'invention et la plaque centrale 10 de condensateur. En outre, les évidements et/ou les sillons de la surface forment des surfaces de guidage qui guident l'air le long de la surface vers les perforations 16, en vue de l'amortissement par écoulement d'air. Ceci sert à établir un écoulement d'air rapide et dirigé avec précision afin de procurer un rétablissement rapide lorsque les plaques en vis-à-vis viennent à se rapprocher l'une tout contre l'autre. Comme on l'a exposé ci-dessus, une caractéristique

supplémentaire de l'invention réside dans l'existence de bosses ou protubérances 22 pour contact électrique qui sont prévues sur la surface inférieure de la plaque centrale 10 afin d'établir un contact avec un film métallique mince placé en opposition sur la surface en vis-à-vis de la base lorsque les diverses pièces constituant de la structure en sandwich du capteur capacitif de l'invention sont assemblées. Un évidement 21 traverse la plaque centrale 10 de telle façon qu'une électrode de contact en film métallique de la plaque fixe puisse la traverser.

Une autre caractéristique de la présente invention réside dans le fait que, pendant la formation de la plaque centrale 10 de l'invention, plusieurs butées 14 sont formées à l'écart les unes des autres sur la surface de la partie mobile 15 travaillant en piston. Ainsi, les butées 14 sont diélectriques et servent à empêcher la mise en contact électrique de la plaque 15 avec la surface en vis-à-vis qui fait partie de la base fixe de la structure en sandwich de l'invention. Ces butées servent de plus à empêcher le verrouillage pneumatique en permettant à l'air de s'écouler rapidement entre les plaques.

On se réfère maintenant à la figure 2 qui donne une vue en coupe transversale de la plaque centrale 10 de l'invention. Comme on peut le voir sur la figure 2, la surface 26 est gravée en dessous du niveau de la surface réelle 70 du bord de la plaque 10. A une profondeur moindre sont gravées les rangées des butées 14 qui présentent les surfaces d'application de la plaque flexible 15 travaillant en piston lors de son mouvement vers la plaque fixe opposée du condensateur, laquelle est formée dans la partie de base de la structure en sandwich de l'invention. Le profil des sillons 18 d'amortissement par circulation d'air est représenté en trait interrompu sous la ligne représentant la surface 26 de la plaque 10. Des "talus" 27, 29 s'étendent depuis les surfaces respectives 24, 26 pour venir former la membrane 11 sur laquelle est suspendue la plaque 15 en vue de son mouvement.

On doit ici se rendre compte que les dimensions en profondeur des gravures sont extrêmement petites dans les dispositifs réalisés. Ainsi, la profondeur de gravure des surface des butées 14 et de la surface 26 en dessous de la surface 70 ne serait pas visible à l'oeil nu dans l'illustration de la figure 2. L'illustration est fortement exagérée, tout comme les autres de la présente description, à des fins de clarté. On examinera ci-après les dimensions globales du condensateur décrit.

On se réfère maintenant à la figure 3 qui est une vue en coupe montrant la même surface 26 de face du condensateur qui présente les sillons 18. Cette coupe est faite à travers une zone ne comportant pas de perforations.

Les figures 5-9 montrent la structure en sandwich du capteur capacitif de l'invention. Par exemple, la figure 9 montre les pièces assemblées qui comprennent la plaque de base 56, la plaque centrale 10 et la plaque de couvercle 50.

La figure 4 donne une vue en plan de dessus de la structure en sandwich de l'invention et montre la surface externe du couvercle 50 ainsi que l'électrode de contact 38 de la base et l'électrode de contact 40 de la plaque centrale. Lorsque le couvercle 50 est ôté de la face supérieure de la plaque centrale 10, la surface interne exposée du couvercle 50 est telle que le montre la figure 6. Ainsi, un bord se présentant sous forme d'une pellicule de Pyrex 52 s'étend autour de la surface extérieure du cristal de silicium constituant le couvercle. A ce propos, on peut mentionner qu'une épaisseur typique de la pellicule de Pyrex formée à partir de granules de Pyrex frittés, comme exposé ci-dessus, est d'environ 0,01016 mm, sous sa forme polie et/ou à recouvrement. La partie centrale 54 est constituée de silicium nu gravé en retrait sur une profondeur de 0,00889 mm à partir de la surface d'appui du couvercle. Ainsi, cette surface de silicium nu gravée en retrait a

pour effet de former une partie de la cavité de la structure en sandwich de l'invention. Lorsque le couvercle 50 est ôté de la surface supérieure de la plaque centrale 10, l'aspect de la surface de dessus de la plaque centrale est tel que représenté à la figure 5. Comme on peut le voir sur la figure 5, plusieurs trous ou perforations 16 sont ménagés dans la surface supérieure de la plaque centrale 10, dans la partie constituant la plaque mobile 15 qui est mobile sur la membrane 11.

On se réfère maintenant à la figure 8. Lorsque la base 56 est ôtée de la plaque centrale, la surface de la base 56 qui fait face à cette dernière se présente comme le montre la figure 8. Dans le cas présent, la base 56 comprend également un bord 58 en une pellicule de Pyrex qui est formé de la même manière que le bord en pellicule de Pyrex du couvercle de la structure en sandwich de l'invention. Une électrode de contact 62 sert à établir un contact avec la plaque 10 et présente une jonction métal-Pyrex qui l'isole d'un contact avec la base 56, tandis qu'une électrode de contact 64 établit un contact avec la base 56 par une jonction métal/silicium. La partie de silicium nu 60 qui forme la plaque fixe de condensateur est gravée en retrait à une profondeur typique représentative de 0,003048 mm. La partie gravée en retrait forme de plus une partie de la cavité dans laquelle la plaque 15 s'infléchit dans la structure en sandwich de l'invention.

La figure 7 donne une représentation analogue à celle de la figure 1 et montre la surface plane inférieure de la plaque centrale 10, munie d'évidements appropriés 32, 34 et 35, qui forment plusieurs arêtes ou barres de silicium écartées les unes des autres qui viennent en contact avec l'électrode 62 de la base 58. Des barres étroites 33 sont formées entre des cavités séparées 32 et 35 pour venir au contact de l'électrode 62 représentée sur la figure 8. La cavité 35 traverse la plaque centrale 10 à la rencontre de la cavité 46 (figure 5) pour donner une vue sur l'élec-

trode métallique 62 et permettre un alignement visuel. Les diverses électrodes de contact servent à connecter l'appareil de l'invention à des circuits appropriés destinés à la lecture des variations de capacité produites par les variations d'accélération ou de pression mesurée.

Le capteur capacitif de l'invention est extrêmement petit, comme on l'a brièvement signalé ci-dessus. A titre purement illustratif des dimensions qui peuvent être prévues pour la réalisation du capteur capacitif du type en sandwich de l'invention, l'épaisseur de la structure en sandwich peut être, par exemple, de 1,4605 mm. Dans l'hypothèse de cette épaisseur, la largeur peut être de 2,6924 mm et la longueur de 3,4798 mm.

On voit d'après ce qui précède que, conformément à la présente invention, il est ainsi fourni un capteur ou accéléromètre capacitif au silicium, fabriqué par la technologie des tranches de silicium, et dans lequel la masse d'inertie, son support élastique, le cadre auquel est fixé ce support et les moyens permettant l'utilisation d'un amortissement à gaz, sont réalisés à partir d'un monocristal de silicium. L'intervalle de condensateur peut également être obtenu par gravure de la même pièce de silicium et les pièces associées fournissent la seconde plaque de condensateur, celle-ci pouvant également être constituée d'un cristal de silicium. Le présent agencement fournit un accéléromètre très stable du fait que ses composants principaux sont chacun réalisés en un monocristal continu. Il est économique à produire malgré les exigences concernant la haute précision et la complexité de l'amortissement à gaz, étant donné qu'il est possible de fabriquer simultanément sous forme de tranche un grand nombre de dispositifs identiques.

En outre, la présente structure est particulièrement importante en ce qu'elle est prévue pour la flexion centrale d'une plaque se déplaçant comme un piston afin d'éviter l'inclinaison de la masse centrale en réponse à

des accélérations qui auraient l'effet de signaux incorrects. Le capteur de l'invention est amorti au gaz, la principale résistance à l'écoulement du gaz étant le fait des canaux de répartition formés à la surface de la plaque.

5 Ainsi, l'amortissement dans les perforations évite les problèmes de l'art antérieur bien qu'il mette en jeu une masse importante de gaz en mouvement. Le présent agencement, qui utilise des butées formées à la surface du dispositif ainsi que le contrôle de l'écoulement d'air, évite

10 deux formes de verrouillage. C'est-à-dire que la surcharge par tension de la membrane élastique supportant la plaque mobile du condensateur est évitée par un choix de l'épaisseur des butées d'arrêt. De plus, le verrouillage pneumatique est évité du fait que les butées d'arrêt gardent un

15 espace ouvert entre les plaques opposées du condensateur, ce qui permet l'écoulement du gaz et un rétablissement rapide.

Bien que les procédés et les produits obtenus par les procédés décrits ici représentent les formes de

20 réalisation préférées de la présente invention, celle-ci n'est pas limitée à ces procédés et produits particuliers et des modifications peuvent y être apportées sans s'écarter du cadre de la présente invention tel qu'il est défini dans les revendications annexées. Par exemple, le procédé

25 de la présente invention et les produits qui en résultent peuvent être modifiés pour donner des capteurs de pression au silicium, ainsi qu'il ressortira clairement des enseignements de la présente description.

De plus, les spécialistes comprendront que le

30 nombre des ouvertures 16 peut être modifié, selon l'application particulière à laquelle le dispositif est destiné, les sillons 18 subissant en conséquence des modifications en nombre et dimensions. En outre, au lieu d'une membrane élastique 11 unique, il est possible de réaliser deux mem-

35 branes élastiques partielles, une pour chaque surface de la plaque centrale 10.

On comprendra de plus qu'un système symétrique peut être réalisé conformément à la présente invention, la seconde plaque extérieure devenant dans un tel système un troisième élément capacitif. Selon cet agencement, des
5 sillons et butées sont formés sur les deux surfaces de la plaque mobile ou masse d'inertie. Les intervalles ménagés de chaque côté de la plaque sont sensiblement égaux.

En rapport avec cet agencement, il est possible de réaliser un capteur de pression en utilisant la seconde
10 couche extérieure en tant que surface de sommation des forces, en contact mécanique avec la masse d'inertie. Dans un tel cas, la surface de sommation des forces applique des forces de déformation à la masse, proportionnellement à la pression appliquée.

REVENDICATIONS

1. Plaque de condensateur destinée à servir de plaque mobile dans un capteur capacitif, caractérisée en ce que : ladite plaque (10) est constituée de silicium monocristallin ; un bord (30) forme la périphérie de ladite plaque ; une masse d'inertie (15) centrale se trouve sur ladite plaque, chacun de ses côtés latéraux étant espacé dudit bord ; une membrane élastique (11) entoure ladite masse d'inertie et relie celle-ci de tous côtés audit bord ; ladite masse d'inertie est supportée par ladite membrane en vue de son mouvement dans un plan normal au plan de ladite plaque, lorsqu'elle est montée dans un capteur capacitif ; au moins un trou (16) est ménagé dans ladite masse d'inertie pour établir une voie de communication de fluide entre chaque face de ladite masse lorsqu'elle est montée dans un capteur capacitif ; plusieurs sillons (18) sont formés sur une face de ladite plaque ; lesdits sillons s'étendent sur ladite face à partir dudit trou jusqu'à un point distant dudit trou ; lesdits sillons présentent une section qui décroît en raison directe de la distance audit trou ; et des moyens (22) pour établir des contacts électriques sont prévus sur ladite plaque afin de transmettre les variations physiques mesurées de ladite plaque lorsqu'elle est montée dans un capteur capacitif.
2. Plaque de condensateur selon la revendication 1, caractérisée de plus en ce que : plusieurs saillies diélectriques (14) espacées les unes des autres s'étendent à partir de l'une des faces de ladite masse d'inertie, lesdites saillies pouvant venir s'appliquer sur une surface placée en opposition lorsque ladite plaque est montée en vue de son mouvement dans un capteur capacitif.
3. Plaque de condensateur selon la revendication 1, caractérisée de plus en ce que : plusieurs desdits trous sont répartis sur ladite masse d'inertie ; et plusieurs desdits sillons s'étendent à partir de chacun desdits trous.

4. Capteur capacitif caractérisé en ce qu'il se compose d'un stratifié à trois couches comprenant une couche ou plaque interne (10), une première couche externe (56) et une seconde couche externe (50) ayant sensiblement la même taille, et en ce que : chacune des trois dites couches est constituée de silicium monocristallin ; chacune desdites première et seconde couches externes est isolée de ladite plaque interne ; un bord (30) forme la périphérie de ladite plaque interne ; chacune desdites couches externes est jointe et scellée par sa périphérie à l'un des côtés dudit bord de la plaque ; une masse d'inertie centrale (15) se trouve sur ladite plaque interne et constitue la plaque de condensateur mobile dudit capteur et présente des première et seconde faces, chaque côté latéral de ladite masse étant placé à l'écart dudit bord ; une membrane élastique (11) entoure ladite masse d'inertie sur chacun de ses côtés latéraux et relie ladite masse d'inertie audit bord ; ladite masse d'inertie est supportée par ladite membrane en vue de son mouvement dans un plan normal au plan de ladite plaque interne ; au moins un trou (16) est ménagé dans ladite masse d'inertie pour établir une voie de communication de fluide entre lesdites première et seconde faces de ladite masse d'inertie ; plusieurs sillons (18) sont formés sur ladite première face de ladite masse d'inertie ; lesdits sillons s'étendent sur ladite face à partir dudit trou jusqu'à un point distant dudit trou ; lesdits sillons présentent une section qui décroît en raison directe de la distance audit trou ; ladite première couche externe constitue la plaque fixe dudit capteur capacitif ; ladite seconde couche externe enferme ladite masse d'inertie et limite le mouvement de celle-ci dans le sens de l'éloignement à partir de ladite première couche externe ; lesdites couches externes et ledit bord forment une cavité pouvant contenir un gaz ; et des moyens (33, 38, 40) agissant conjointement pour établir des contacts électriques sont placés sur ladite plaque interne et sur l'une au moins desdites couches externes pour transmettre les variations physiques mesurées dudit capteur.

5. Capteur selon la revendication 4, caractérisé de plus en ce que : plusieurs saillies diélectriques (14) espacées les unes des autres s'étendent à partir de ladite première face, lesdites saillies pouvant venir s'appliquer
5 contre ladite première couche externe.

6. Capteur selon la revendication 4, caractérisé de plus en ce que : plusieurs desdits trous sont répartis sur ladite masse d'inertie ; et plusieurs desdits sillons s'étendent, sur ladite première face, à partir de chacun
10 desdits trous.

7. Capteur selon la revendication 4, caractérisé de plus en ce que lesdits moyens agissant conjointement pour établir des contacts électriques comprennent plusieurs saillies métalliques situées sur ladite plaque interne, et
15 une feuille métallique déformable destinée à s'appliquer contre lesdites saillies métalliques en établissant un contact électrique sûr.

8. Capteur capacitif caractérisé en ce qu'il se compose d'un stratifié à trois couches comprenant une couche ou plaque interne (10), une première couche externe (56)
20 et une seconde couche externe (50) ayant sensiblement la même taille, et en ce que : ladite plaque interne est constituée de silicium monocristallin, et lesdites couches externes sont constituées d'un verre au borosilicate ayant
25 des caractéristiques de dilation sensiblement identiques à celles du silicium ; un bord (30) forme la périphérie de ladite plaque interne, ledit bord comportant sur ses deux surfaces latérales une pellicule de verre au borosilicate
liée auxdites première et seconde couches placées en opposition afin de lier ladite plaque interne auxdites première
30 et seconde couches externes et de l'isoler de celles-ci ; un film métallique est disposé sur ladite première couche externe, ledit film métallique constituant la plaque fixe de condensateur dudit capteur ; une masse d'inertie cen-
35 trale (15) se trouve sur ladite plaque interne et constitue la plaque mobile de condensateur dudit capteur et présente

des première et seconde faces, chaque côté latéral de ladite masse étant placé à l'écart dudit bord ; une membrane élastique (11) entoure ladite masse d'inertie sur chacun de ses côtés latéraux et la relie audit bord ;

5 ladite masse d'inertie est supportée par ladite membrane en vue de son mouvement dans un plan normal au plan de ladite plaque interne ; au moins un trou (16) est ménagé dans ladite masse d'inertie pour établir une voie de communication de fluide entre lesdites première et seconde

10 faces de ladite masse d'inertie ; plusieurs sillons (18) sont formés sur ladite première face de ladite masse d'inertie ; lesdits sillons s'étendent sur ladite face à partir dudit trou jusqu'à un point distant dudit trou ; lesdits sillons présentent une section qui décroît en raison directe de la distance audit trou ;

15 ladite seconde couche externe enferme ladite masse d'inertie et limite le mouvement de celle-ci dans le sens de l'éloignement à partir de ladite première couche externe ; lesdites couches externes et ledit bord forment une cavité pouvant contenir

20 un gaz ; et des moyens (33, 38, 40) agissant conjointement pour établir des contacts électriques sont placés sur ladite plaque interne et sur au moins l'une desdites couches externes pour transmettre les variations physiques mesurées dudit capteur.

25 9. Capteur selon la revendication 8, caractérisé de plus en ce que : plusieurs saillies diélectriques (14) espacées les unes des autres s'étendent à partir de ladite première face de ladite masse d'inertie, lesdites saillies pouvant venir s'appliquer contre ladite première couche

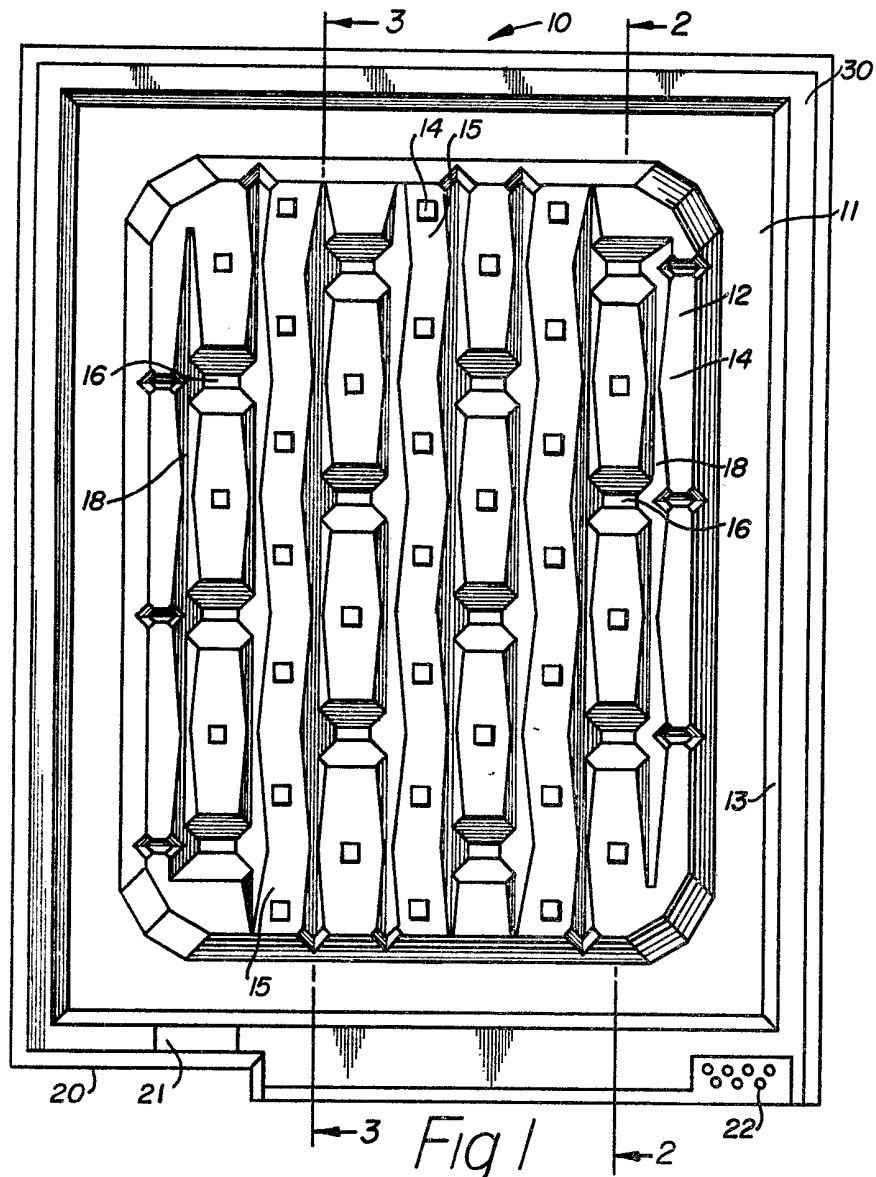
30 externe.

10. Capteur selon la revendication 8, caractérisé de plus en ce que : plusieurs desdits trous sont répartis sur ladite masse d'inertie ; et plusieurs desdits sillons s'étendent, sur ladite première face, à partir de chacun

35 desdits trous.

11. Capteur selon la revendication 8, caractérisé

de plus en ce que lesdits moyens agissant conjointement pour établir des contacts électriques comprennent plusieurs saillies métalliques situées sur ladite plaque interne et une feuille métallique déformable destinée à s'appliquer
5 contre lesdites saillies métalliques en établissant un contact électrique sûr.



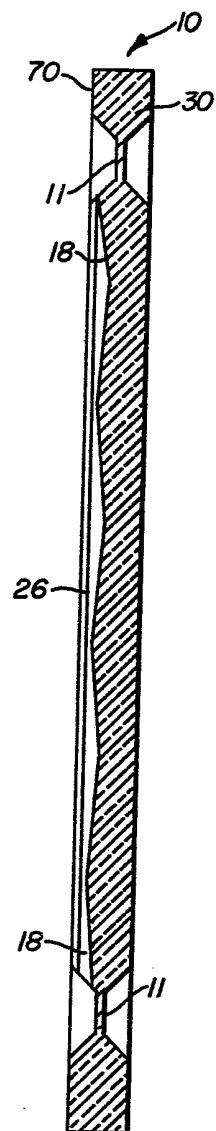


Fig 3

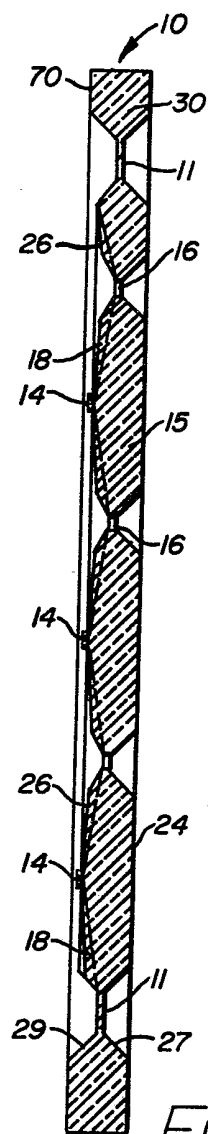
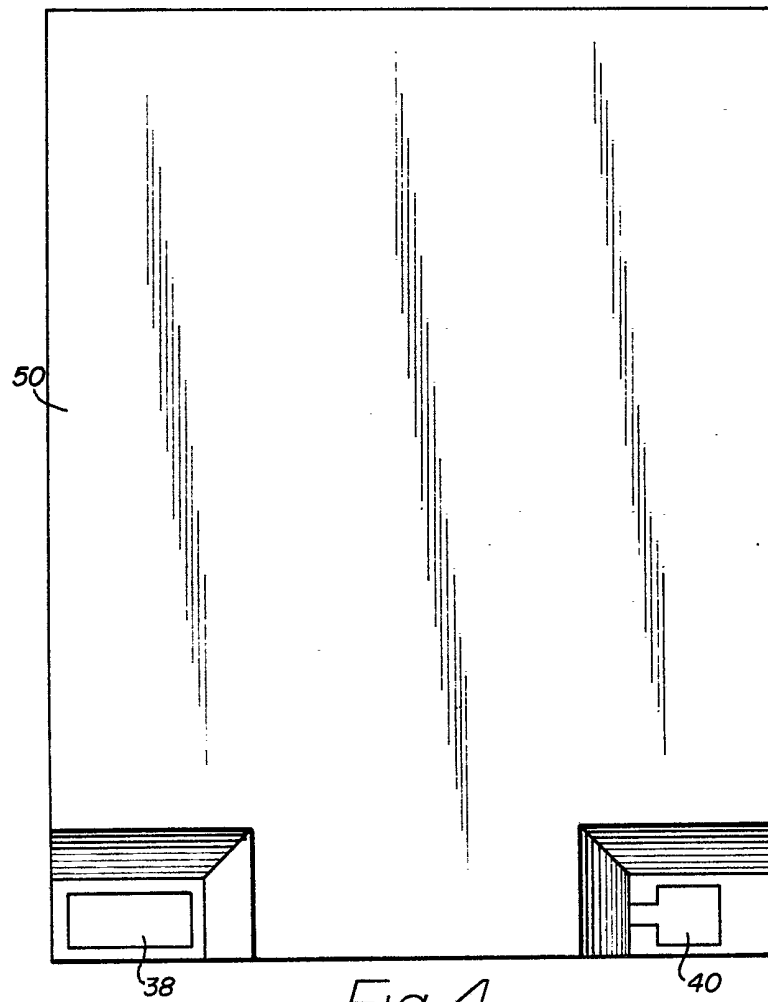
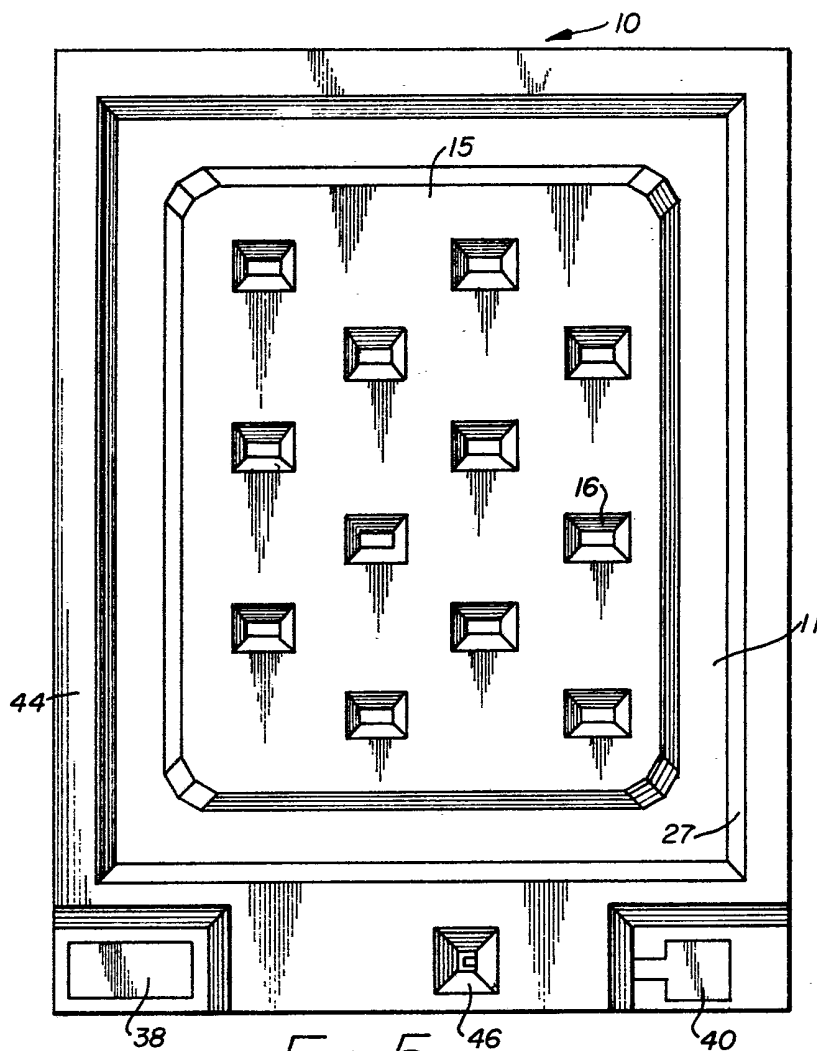
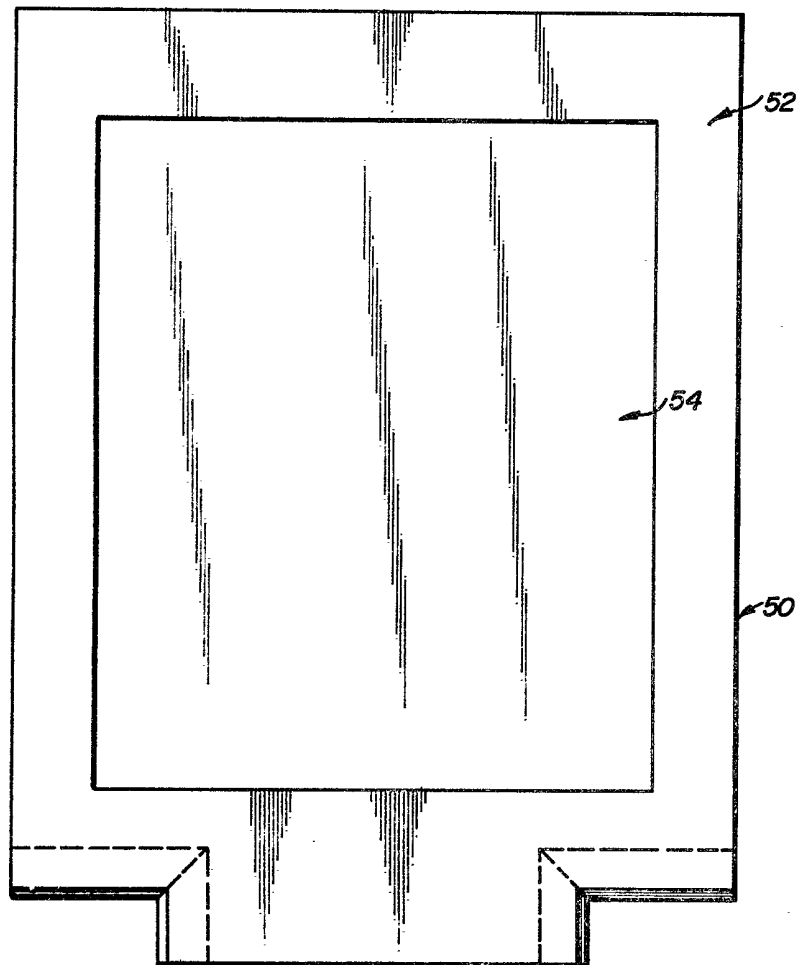
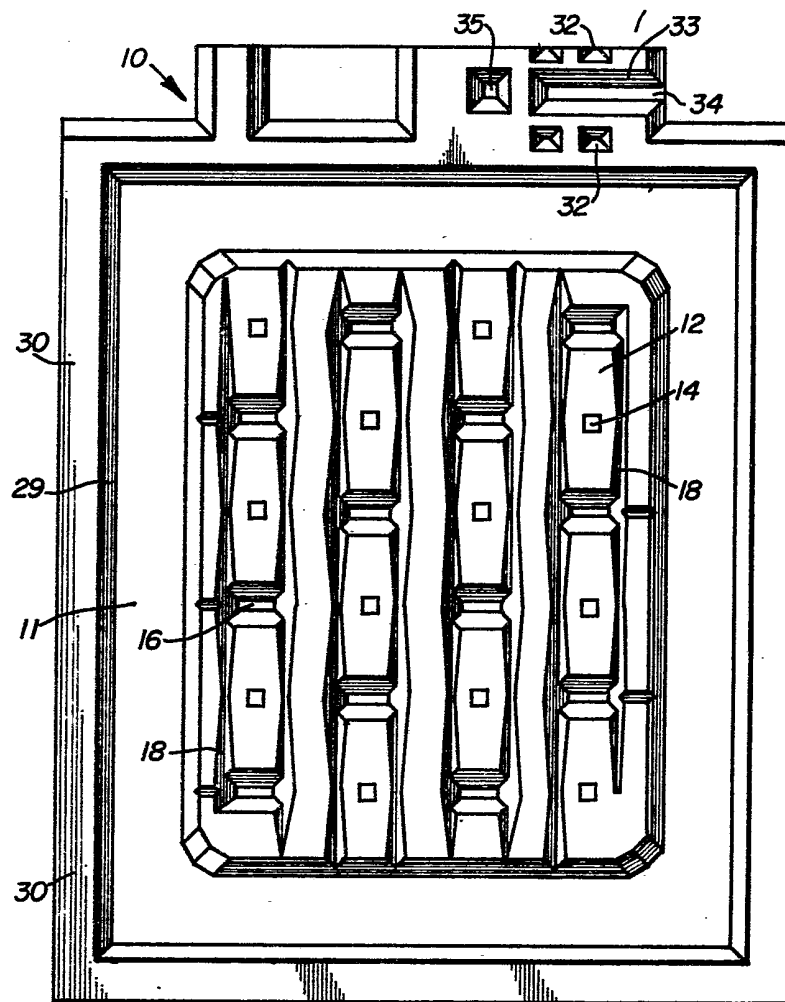


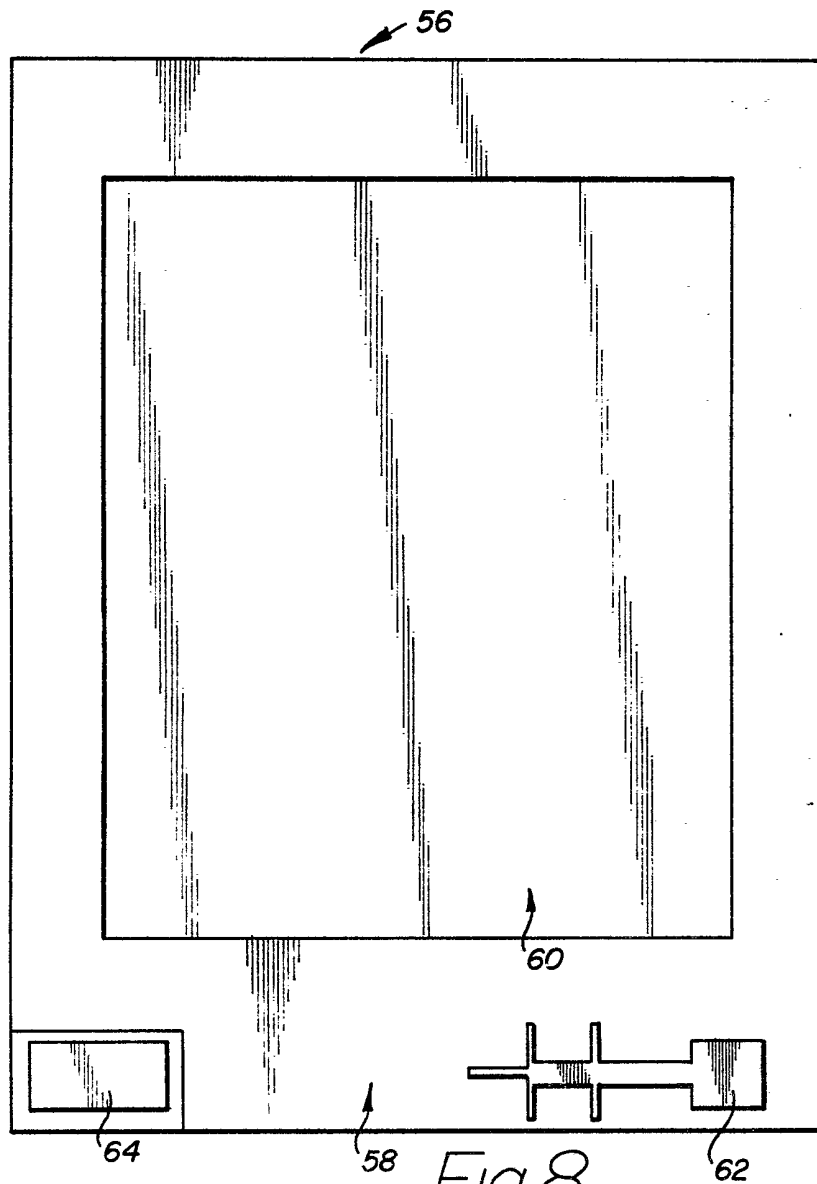
Fig 2

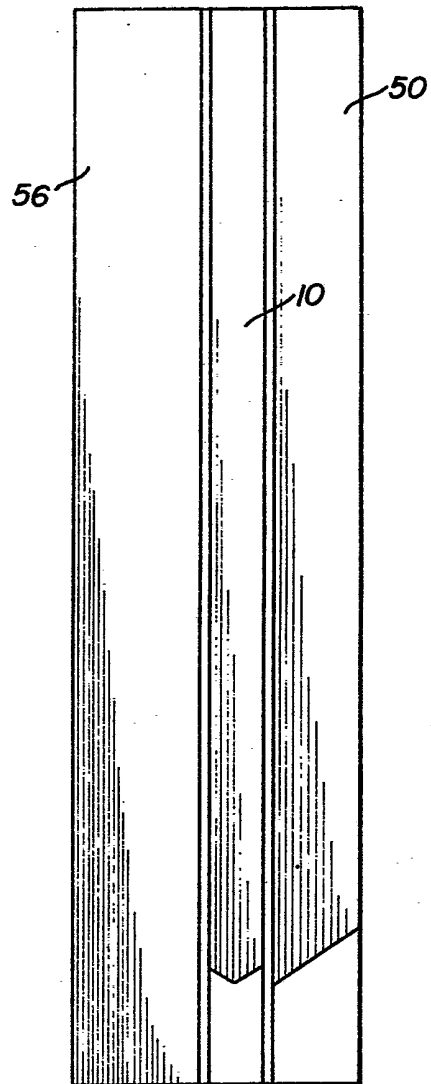
*Fig 4*

*Fig 5*

*Fig 6*

*Fig 7*

*Fig 8*

*Fig 9*