

12

# DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

21 Numéro de dépôt: 84400394.7

51 Int. Cl.<sup>3</sup>: H 04 R 17/00  
 H 04 R 1/04, H 04 R 1/06  
 H 04 R 1/22

22 Date de dépôt: 28.02.84

30 Priorité: 07.03.83 FR 8303697

43 Date de publication de la demande:  
 12.09.84 Bulletin 84/37

84 Etats contractants désignés:  
 DE GB IT NL SE

71 Demandeur: THOMSON-CSF  
 173, Boulevard Haussmann  
 F-75379 Paris Cedex 08(FR)

72 Inventeur: Ravinet, Pierre  
 THOMSON-CSF SCPI 173, bld Haussmann  
 F-75379 Paris Cedex 08(FR)

72 Inventeur: Claudepierre, Christian  
 THOMSON-CSF SCPI 173, bld Haussmann  
 F-75379 Paris Cedex 08(FR)

72 Inventeur: Guillou, Denis  
 THOMSON-CSF SCPI 173, bld Haussmann  
 F-75379 Paris Cedex 08(FR)

72 Inventeur: Micheron, François  
 THOMSON-CSF SCPI 173, bld Haussmann  
 F-75379 Paris Cedex 08(FR)

74 Mandataire: Lepercque, Jean et al,  
 THOMSON-CSF SCPI 173, Bld Haussmann  
 F-75379 Paris Cedex 08(FR)

54 Transducteur électroacoustique à diaphragme piézoélectrique.

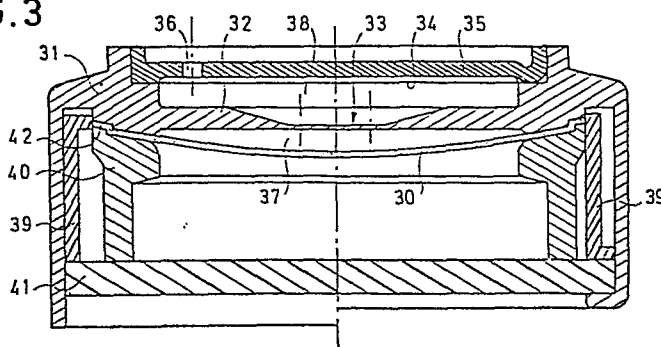
57 L'invention se rapporte aux transducteurs électroacoustiques à diaphragme piézoélectrique et à son procédé de fabrication.

L'invention a pour objet de réaliser en grande série des transducteurs avec un minimum d'éléments qui permettent

d'assurer les fonctions d'encastrement du diaphragme (30), de connectique, de blindage, de filtrage acoustique et de protection contre l'humidité et les poussières.

L'invention s'applique notamment à la réalisation de combinés téléphoniques.

FIG. 3



## TRANSDUCTEUR ELECTROACOUSTIQUE A DIAPHRAGME PIEZOELECTRIQUE

La présente invention se rapporte aux transducteurs électroacoustiques permettant de convertir une pression acoustique en une tension électrique. Elle concerne plus particulièrement les microphones dans lesquels la conversion d'une vibration acoustique en tension électrique est assurée par un élément vibrant en polymère piézoélectrique.

Un transducteur de ce type a été décrit dans une demande de brevet déposée par la Demanderesse le 11 Août 1981 et portant le numéro national 81.15 506. Ce transducteur utilise une structure élastique en forme de plaque encastrée présentant au moins une incurvation et recouverte sur ses deux faces d'électrodes reliées à un circuit électrique adaptateur d'impédance. Il est composé d'un ensemble d'éléments agencés selon un principe original qui lui confère d'excellentes qualités. Cependant, le nombre relativement grand de ces éléments et leur mode d'assemblage ne satisfont pas à une fabrication de ces transducteurs en grande série, à haute cadence et à faible coût.

Afin de pallier ces inconvénients, l'invention propose un transducteur électroacoustique réalisé avec un minimum d'éléments et qui permettent la combinaison de moyens assurant les fonctions d'encastrement de l'élément vibrant, de connectique interne et externe, de blindage, de filtrage acoustique et de protection contre l'humidité et les poussières.

L'invention a donc pour objet un transducteur électroacoustique dont l'élément vibrant est constitué par un diaphragme piézoélectrique soumis à la pression acoustique sur l'une au moins de ses faces, les faces de ladite structure étant munies d'électrodes formant condensateur reliées à un circuit électrique disposé sur un circuit imprimé, ledit diaphragme et ledit circuit électrique étant enfermés dans un boîtier, ledit transducteur comprenant des moyens d'encastrement dudit diaphragme, des moyens de connexions électriques desdites électrodes audit circuit électrique et au moins un filtre acoustique passe-bas, caractérisé en ce que ledit boîtier est constitué par un corps de forme tubulaire dont le fond est une paroi percée correspondant à la face avant du transducteur, ledit corps coopérant avec

une entretoise pour assurer l'encastrement du diaphragme, ledit corps coopérant avec ledit circuit imprimé pour assurer la fermeture du transducteur et le positionnement de l'entretoise, les moyens de connexions électrique s'étant assurés par le corps et l'entretoise, ladite paroi et le diaphragme définissant un espace constituant ledit filtre.

L'invention a également pour objet un procédé de fabrication d'un tel transducteur, caractérisé en ce que son assemblage est maintenu par la liaison mécanique du corps et du circuit imprimé, cette liaison assurant le pressage de l'entretoise sur le diaphragme.

L'invention sera mieux comprise et d'autres avantages apparaîtront au moyen de la description ci-après et des figures annexées parmi lesquelles :

- la figure 1 est une vue en coupe méridienne d'une capsule microphonique de type connu ;
- la figure 2 est une vue de principe en coupe méridienne d'une capsule selon l'invention ;
- la figure 3 est une vue en coupe méridienne d'une capsule microphonique selon l'invention ;
- la figure 4 est une vue en perspective d'une chemise isolante ;
- la figure 5 est un diagramme explicatif ;
- la figure 6 est une vue en coupe d'un emporte-pièce ;
- la figure 7 est une vue d'un dispositif de bouterollage ;
- les figures 8 et 9 sont des vues en coupe méridienne de capsules microphoniques selon l'invention ;
- la figure 10 est un schéma électrique d'un préamplificateur microphonique ;
- les figures 11 et 12 sont des diagrammes explicatifs.

La figure 1 est une vue en coupe méridienne d'une capsule microphonique à plaque piézoélectrique selon l'art connu. Elle est formée d'un boîtier comprenant une partie supérieure 2 en métal qui s'emboîte dans un fond de boîtier 11 muni de bornes de raccordement isolées 6. Une plaque piézoélectrique 3 munie de métallisations 4 et 5 est encastrée tronconiquement entre le rebord de la partie supérieure 2 du boîtier et un anneau métallique 8 à section trapézoïdale. L'anneau 8 est pressé contre la plaque 3 par une rondelle isolante 9 reposant sur une pièce élastique de blocage 10 qui

pénètre dans une fente circulaire de la partie supérieure 2 du boîtier. Un tampon 1 de matière absorbante acoustique est logé dans l'évidement central de la partie supérieure 2 du boîtier. Ce tampon est coincé entre la pièce 9 et une plaquette 7 de circuit imprimé sur laquelle sont agencés les composants électroniques d'un circuit électrique adaptateur d'impédance.

La capsule microphonique selon l'invention doit satisfaire aux exigences suivantes :

- le diaphragme piézoélectrique muni d'électrodes sur ses deux faces doit être serré dans un encastrement qui lui impose une forme plane ou bombée :

- les contacts pris sur ces électrodes doivent être reliés à des circuits électroniques implantés dans la capsule ;

- la capsule doit être enfermée dans une enveloppe conductrice assurant son blindage ;

- la capsule doit intégrer les composants acoustiques tels que cavités ou orifices qui contribuent à la mise en forme de la réponse en fréquence ;

- la capsule doit être pourvue de moyens de liaison électrique avec des circuits extérieurs de traitement du signal ;

- le procédé de fabrication de la capsule doit être compatible avec les contraintes des techniques d'assemblage automatique pour une cadence d'au moins 1000 capsules à l'heure.

La figure 2 est une vue de principe en coupe méridienne d'une capsule selon l'invention. Le diaphragme piézoélectrique 20 est représenté plan et à encastrement également plan. Il pourrait aussi bien se présenter sous une autre forme, par exemple bombée, et maintenu par un encastrement non plan ou pincé entre des couteaux. En plus du diaphragme, la capsule comporte quatre autres pièces qui assurent de manière combinée les diverses fonctions mécaniques, acoustiques et électriques précédemment mentionnées. Le diaphragme 20 est serré entre le corps 21 et l'entretoise 22. Il est recouvert sur ses deux faces de métallisations servant d'électrodes. L'encastrement assure également la prise de contact entre les électrodes du diaphragme et les pièces métalliques 21 et 22. Les pièces 21 et 22, par exemple en aluminium, en plus de leur fonction de blindage, assurent la liaison électrique entre le diaphragme et le circuit imprimé double face 23.

La chemise annulaire 24 assure l'isolement du corps 21 par rapport à l'entretoise 22. Le circuit imprimé 23 peut supporter sur sa face interne des composants électroniques soudés constituant un préamplificateur et sur sa face externe, des broches permettant de connecter la capsule à un câble de  
5 raccordement. Le diaphragme et le circuit électronique interne se trouvent ainsi complètement blindés par l'enveloppe équipotentielle constituée par l'électrode externe du diaphragme, le corps 21 et la face externe du circuit imprimé 23.

Comme l'indique la figure 2, le corps 21 et l'entretoise 22 peuvent être  
10 utilisés avantageusement pour délimiter de part et d'autre du diaphragme des cavités et des parois percées d'orifices de manière à synthétiser des composants acoustiques propres à régulariser la courbe de réponse du microphone. Ces composants acoustiques sont matérialisés par la paroi 25 du corps 21, cette paroi étant percée de trous 26, et par la paroi 27 de  
15 l'entretoise 22, cette paroi étant percée du trou 28. Dans le cas où le diaphragme est réalisé en polymère piézoélectrique les pièces 21 et 22 peuvent présenter un profil d'encastrement propre à pallier les effets mécaniques dus aux variations importantes de température.

L'assemblage de la capsule décrite à la figure 2 est grandement  
20 facilité par le fait que la symétrie de révolution est partout conservée : le positionnement relatif des différentes pièces constituant la capsule est ainsi simplement assuré par leur empilement et leur concentricité. Le corps 21 a initialement, dans sa partie inférieure, la géométrie tubulaire indiquée en pointillés. L'ordre des opérations d'assemblage est le suivant : le corps reçoit  
25 d'abord la chemise isolante annulaire 24 qui permet ensuite le centrage du diaphragme 20 et de l'entretoise 22. Le circuit imprimé 23 avec ses composants soudés est ensuite mis en place, les composants se trouvant à l'intérieur de la capsule. Le serrage de l'empilement et de l'encastrement s'effectue par sertissage du corps 21 sur la face externe du circuit imprimé.

30 Les pièces métalliques 21 et 22 se prêtent à une réalisation industrielle selon la technique connue sous le nom de filage par choc. Cette technique est couramment employée pour fabriquer des tubes du genre tubes de comprimés pharmaceutiques. A cette fin, il est avantageux de réaliser ces pièces en aluminium et de leur faire subir un traitement chimique anti-

corrosion. La chemise isolante 24 sera de préférence réalisée dans une matière plastique à faible constante diélectrique de manière à réduire au minimum la capacité parasite entre le corps et l'entretoise. Elle peut être obtenue par tronçonnage d'un tube extrudé ou encore par injection et moulage.

Le circuit imprimé 23 peut être du type cuivre-époxy ou cuivre sur résine synthétique, les pistes du circuit étant obtenues par gravure chimique ou sérigraphie. En plus des perçages nécessaires à l'implantation des composants, ou broches de connectique externe, un orifice supplémentaire de faible diamètre (environ 0,5 mm par exemple) peut y être prévu de manière à assurer une fuite égalisatrice de pression statique entre les deux faces du diaphragme. Il est à noter que la notion de circuit imprimé double face doit être ici comprise dans son sens le plus large, et qu'elle peut être étendue à toute structure consistant en un substrat isolant entre deux systèmes d'électrodes de géométrie adaptée à la connectique voulue. A ce titre, l'électrode externe peut être constituée d'un clinquant métallique plaqué sur la face nue d'un circuit imprimé simple face et fixé par le sertissage du corps. Par microdécoupe suivie d'un pliage à 90°, ce clinquant peut être directement muni des ergots assurant la liaison avec la face cuivrée et gravée du circuit, ou de languettes jouant le rôle de broches de connectique externe. Un circuit imprimé souple (du type feillard de cuivre sur film de polymère de marque déposée Terphane par exemple) plaqué sur un substrat isolant peut être utilisé en face interne du circuit imprimé. L'intérêt de ces variantes réside principalement dans le fait qu'elles conduisent à un sous-ensemble moins coûteux qu'un véritable circuit imprimé double face.

La figure 3 est un exemple de réalisation d'une capsule microphonique selon l'invention. La capsule utilise un diaphragme piézoélectrique 30, par exemple en polyfluorure de vinylidène ( $\text{PVF}_2$ ), dont les faces principales sont pourvues d'électrodes qui peuvent consister soit en une couche de polymère chargé de particules conductrices, soit en un dépôt métallique (de préférence du type tricouche, par exemple chrome-aluminium-chrome). On peut également utiliser un diaphragme réalisé en alliages de polymères ou en copolymères de  $\text{PVF}_2$ . Le corps 31 comprend une paroi 32 qui comporte les composants acoustiques contribuant à la mise en forme de la courbe de

réponse de la capsule. Ceux-ci sont disposés du côté face avant de la capsule. Ils jouent le double rôle de filtrage passe-bas et d'amortissement de la résonance du diaphragme, par une combinaison appropriée de cavités et d'orifices et mettant en oeuvre une résistance acoustique sous la forme d'une région operculée et micropercée 33 de la paroi 32. La cavité 37 délimitée par cette paroi et le diaphragme devant être de très petit volume, la concavité du diaphragme est tournée de telle sorte qu'une augmentation de sa flèche par dilatation thermique n'entraîne pas le risque d'un contact avec cette paroi. Un film 34 en polymère, très mince et acoustiquement transparent (par exemple en téréphtalate de polyéthylène pour condensateur, d'épaisseur 6 micromètres) protège le microphone contre l'introduction de poussières ou de gouttelettes et empêche le colmatage de la résistance acoustique micropercée. Ce film est pincé à sa périphérie dans un épaulement du corps 31 par une coupelle emboutie 35 rentrée à force. Cette coupelle est percée d'orifices 36 et délimite une nouvelle cavité 38 qui constitue un deuxième filtre passe-bas, placé en amont de celui lié à la résistance micropercée. Il contribue également à assurer la coupure de la réponse du microphone au-delà de 5 kHz. La capsule comprend encore l'entretoise métallique 40, le circuit imprimé double face 41 et la chemise isolante 39.

La figure 4 est une vue en perspective de la chemise isolante. Sa surface latérale possède un profil qui, par ses évidements, permet de réduire d'environ 50 % la capacité parasite entre le corps 31 et l'entretoise 40. On remarque sur la figure 4 des évidements extérieurs 45 qui alternent avec des évidements intérieurs 46. D'autres formes sont envisageables, avec les mêmes avantages. De manière générale, on retiendra pour cette pièce l'intérêt d'une forme crénelée qui, tout en assurant le centrage du diaphragme et de l'entretoise à l'assemblage, donne lieu à une faible capacité parasite grâce aux couches d'air qu'elle introduit entre corps et entretoise.

Un autre détail de conception de ce microphone concerne la réalisation de la fuite égalisatrice de pression statique à l'arrière du diaphragme. Au lieu de percer un orifice traversant de part en part le circuit imprimé, il est possible de réaliser des fuites capillaires radiales rompant l'étanchéité des serrages de l'entretoise et du corps serti sur le circuit imprimé. La

gravure sur les deux faces du circuit est telle que des passages d'air sont créés dans l'épaisseur de la couche de cuivre du circuit imprimé. La cavité arrière du microphone est ainsi reliée à la pression atmosphérique. Ces fuites capillaires présentent une impédance acoustique suffisamment élevée pour ne pas perturber la réponse du microphone même en basse fréquence. De la même façon on peut, par des ruptures d'étanchéités entre les différentes parties de l'assemblage, assurer une mise à la pression atmosphérique sous haute impédance acoustique de la cavité 38.

L'assemblage de la capsule microphonique décrite à la figure 3 comporte deux aspects : la mise en forme du diaphragme non plan et l'assemblage par sertissage.

Une première manière de mettre en forme de dôme le diaphragme de PVF<sub>2</sub> consiste à empiler un diaphragme plan, issu par exemple d'une découpe par emporte-pièce, avec les autres pièces du montage et à effectuer le sertissage du corps, comme décrit plus loin. Le type de diaphragme employé dans ce microphone est suffisamment épais, donc présente une rigidité à la flexion suffisamment élevée, pour que le serrage de l'encastrement tronconique engendre une forme en dôme sans point anguleux. Cette déformation est extrêmement difficile à analyser et à modéliser car il s'agit d'un problème de mécanique hyperstatique. Afin d'obtenir le profil associé à des valeurs convenables de la sensibilité microphonique et de la fréquence du premier mode de résonance du diaphragme, il est donc nécessaire de procéder expérimentalement en étudiant plusieurs montages différant par exemple par l'épaisseur du diaphragme et l'angle d'encastrement. A titre indicatif, on peut noter qu'un diaphragme de PVF<sub>2</sub> de 200 micromètres d'épaisseur mis en forme selon ce procédé dans la capsule représentée à la figure 3, présente son premier mode de résonance à une fréquence comprise entre 3600 et 4400 Hz, ce qui s'avère bien adapté à l'application téléphonique.

Lors du serrage par sertissage, les limites élastiques de matériau ne sont dépassées qu'à la périphérie de l'encastrement où le polymère doit épouser le profil anguleux de la zone d'ancrage. Il en résulte que, si le diaphragme est ensuite démonté, seule cette région conserve sa forme, la partie centrale du dôme perdant de sa flèche pour se rapprocher d'une



géométrie plane. Ceci montre qu'il est nécessaire de stabiliser la forme du dôme encastré en relaxant les contraintes dont il est le siège. De ce point de vue, un traitement thermique approprié consiste à placer le microphone complètement assemblé dans une enceinte à 90° C pendant une heure.

5 Ce procédé de mise en forme de diaphragme et d'assemblage de la capsule microphonique avait déjà été décrit dans ses grandes lignes dans la demande de brevet citée plus haut. Ce procédé est particulièrement avantageux par sa simplicité. Il connaît cependant des limitations. En effet, si l'angle d'encastrement est augmenté au-delà d'une certaine valeur,  
10 environ 7°, il en résulte non pas une augmentation de la flèche du dôme mais une forme très asphérique en assiette. Ce procédé ne permet donc pas l'obtention de formes sphériques ou asphériques très bombées, c'est-à-dire dont le rapport flèche sur diamètre excède 0,03.

Un bombage important du diaphragme est cependant avantageux si l'on  
15 désire une grande stabilité de la sensibilité microphonique pour un fonctionnement à des températures inférieures à la température ambiante. En effet, en raison de la forte dilatation différentielle entre diaphragme en polymère et pièces d'encastrement métalliques, une diminution de la température entraîne une contraction radiale du diaphragme se traduisant d'abord par une  
20 diminution de sa flèche, puis par l'apparition d'une tension radiale lorsque la géométrie du diaphragme devient voisine du plan. Dans cette seconde phase, la sensibilité du microphone chute brutalement. On conçoit que cette situation se rencontre à une température d'autant plus basse que le diaphragme est initialement plus bombé, car la flèche initiale détermine la  
25 provision de longueur d'arc que le diaphragme peut absorber en se rapprochant du plan corde, avant que sa contraction ne commence à le raidir.

La figure 5 est un diagramme explicatif qui montre l'influence du rapport flèche sur diamètre sur la sensibilité microphonique en fonction de la température. Le diagramme porte en abscisses la température T en  
30 degrés Celsius et en ordonnées la sensibilité S en décibels, en fonction du paramètre  $\frac{H}{D}$  à 20° (H représentant la flèche et D le diamètre de la partie du diaphragme non encastrée). La courbe 50 a été tracée

pour  $\frac{H}{D} = 0,020$ , la courbe 51 pour  $\frac{H}{D} = 0,024$ , la courbe 52 pour  $\frac{H}{D} = 0,027$  et la courbe 53 pour  $\frac{H}{D} = 0,039$ . D'après ce diagramme, on

constate que le rapport  $\frac{H}{D}$  doit être d'au moins 0,04 pour que l'écart entre les sensibilités à  $-20^{\circ}\text{C}$  et  $+20^{\circ}\text{C}$  soit inférieur à 3 dB. Les conditions de mise en forme du diaphragme et d'encastrement doivent être telles que le rapport  $\frac{H}{D}$  soit au moins égal à 0,04 à la température ambiante. Il existe  
5 plusieurs façons d'y parvenir.

Le diaphragme peut être rentré en force dans la chemise. Il est d'abord découpé à un diamètre supérieur d'une fraction de pour cent du diamètre intérieur de la chemise. L'insertion du diaphragme dans la chemise provoque donc son bombage, sa concavité étant dirigée par pression du corps de la  
10 capsule sur l'entretoise. Après serrage, la flèche du diaphragme est supérieure à la flèche que l'on obtiendrait avec un diaphragme rentrant juste libre dans la chemise.

Une autre méthode est le sertissage à froid qui revient à traiter le problème par la cause qui l'a engendré, à savoir la dilatation différentielle  
15 entre encastrement et diaphragme. Elle consiste simplement à serrer le diaphragme par sertissage à une température inférieure à la température ambiante. Lors du retour à la température ambiante, l'effet inverse de celui décrit précédemment se produit, le diaphragme se dilatant pour acquérir une flèche supérieure à celle résultant de la mise en forme par simple  
20 encastrement. En ce qui concerne la capsule représentée à la figure 3, une température de sertissage légèrement supérieure à  $0^{\circ}\text{C}$ , afin d'éviter le givrage, s'avère appropriée pour obtenir par la suite une sensibilité microphonique stable à  $\pm 0,5\text{ dB}$  entre  $-5$  et  $+35^{\circ}\text{C}$  et réduite d'environ 3 dB à  $-20^{\circ}\text{C}$ . La mise en oeuvre de cette méthode suppose que le banc de  
25 sertissage automatique de la capsule soit enfermé dans une cabine maintenue à la température de sertissage et que les capsules pré-assemblées et prêtes à être serties y séjournent pendant un temps suffisant à leur mise en condition thermique.

Un dernier moyen d'obtenir les formes voulues consiste à insérer dans  
30 le montage un diaphragme préformé non plan. On peut pour ce faire procéder d'abord à une découpe du diaphragme selon un disque non plan puis le thermoformer dans un moule de géométrie adaptée avant de le sertir dans son encastrement. Ce procédé a l'inconvénient d'introduire une opération supplémentaire entre la découpe du diaphragme et l'assemblage de la

capsule. Cette opération de préformage peut être intégrée à la découpe à l'aide d'un outillage tel que celui représenté à la figure 6. Cette figure montre un emporte-pièce dont le poinçon de formage 60 chauffant et sphérique dans le cas considéré est susceptible d'imposer la forme désirée à un film de polymère piézoélectrique par l'intermédiaire de la matrice 61. Le poinçon de formage 60 est solidaire du poinçon de découpe 62 grâce à la vis 63. Le presse-flanc 64 empêche le glissement du film lors de l'opération. La découpe s'effectue après l'opération de formage. Le presse-flanc a par exemple la forme d'une paraboloïde dans sa partie en contact avec le film. Il peut être constitué par un matériau connu sous la marque déposée ELADIP. A la différence du thermoformage d'un disque préalablement découpé, ce procédé implique que le film subit un sur-étirement qu'il importe de rendre irréversible de manière à assurer ultérieurement la stabilité de forme du diaphragme encastré. Ceci impose que le thermoformage avant découpe soit effectué à une température élevée (90 à 100°), par ailleurs compatible avec le traitement thermique de stabilisation du matériau sous forme de bande ou de plaques préalablement effectué à 110-120° C.

Une technique adaptée au sertissage du corps de la capsule après préassemblage des pièces par simple empilement consiste en un bouterollage rotatif à l'aide de l'outillage représenté à la figure 7 dont l'axe principal est confondu avec celui de la capsule. Il comprend un mandrin 70 qui entraîne en rotation le corps 71 de l'outil qui supporte la bouterolle 72. L'axe de la bouterolle ne se confond pas avec l'axe principal de l'outil. La capsule dont le corps 74 seul est visible est placée dans un support 75 sur une butée 76. La vitesse de rotation du mandrin est de l'ordre de quelques centaines de tours par minute. La bouterolle est également entraînée en rotation et est progressivement abaissée. Elle aborde tangentiellement la lèvre verticale du corps de la capsule selon l'une de ses génératrices pour lui faire épouser un profil arrondi. L'axe de rotation 73 de la bouterolle décrit un cône autour de l'axe principal de l'outil. En une dizaine de tours, la lèvre est finalement complètement rabattue et serre l'empilement des pièces par appui sur le circuit imprimé. L'opération complète s'effectue en quelques secondes, y compris l'insertion de la capsule préassemblée dans le support et son éjection après sertissage.

Dans la description générale de la capsule tout comme dans l'exemple de réalisation, le corps et l'entretoise sont exécutés en métal. Ce choix de matériau, bien que très bien adapté aux fonctions que ces pièces assurent et à leurs procédés de fabrication, n'est pas limitatif. En effet, la même structure générale de transducteur peut être adoptée tout en réalisant ces pièces ou l'une au moins de ces pièces, en matière plastique. Le choix du matériau approprié est tout d'abord guidé par l'exigence d'une très bonne tenue mécanique et thermique. Notamment, une excellente résistance au fluage est nécessaire pour assurer une bonne stabilité de l'empilement des pièces après serrage. Ceci conduit à choisir un matériau possédant une température de transition vitreuse très supérieure à la température la plus élevée à laquelle peut être exposé le transducteur.

Dans le cas où le corps et l'entretoise de la capsule sont en plastique, le problème de leur conductibilité électrique peut être envisagé de deux manières. Une conductibilité volumique peut être obtenue grâce à une charge de ces pièces par du noir de carbone. La conductibilité de matériaux ainsi chargés est très faible devant celle des métaux mais est suffisante dans l'application aux microphones. En effet, l'impédance d'entrée du préamplificateur étant de l'ordre de quelques  $10^6 \Omega$ , des résistances de l'ordre de 10 à 100 k $\Omega$  placées en série avec le diaphragme sont parfaitement tolérables. Si une plus grande conductivité est exigée, comme dans le cas d'un transducteur émetteur, une conduction de surface est également envisageable par l'intermédiaire d'un revêtement des pièces en question. Le choix du matériau les constituant est alors guidé par son aptitude à recevoir un revêtement conducteur. Le revêtement peut être réalisé par vernissage, par métallisation sous vide ou encore par voie chimique. Par un procédé de masquage on peut éviter de métalliser la surface latérale externe de l'entretoise. Il est alors possible de supprimer la chemise isolante et ainsi réduire encore la capacité parasite entre le corps et l'entretoise. La surface extérieure du corps de la capsule peut être revêtue d'une couche conductrice servant de blindage.

Le procédé d'assemblage de la capsule par bouterollage peut être maintenu si on emploie une matière plastique forgeable. Toutefois, ce procédé de serrage et d'assemblage est généralement mieux adapté aux

métaux qu'aux matières plastiques. La figure 8 est une vue en coupe méridienne d'une capsule à corps et entretoise en matière plastique moulée dont le sertissage est réalisé par molletage. On remarque sur cette figure un corps 80 comprenant une paroi 81 percée de trous 82. Le diaphragme 83 est serré à sa périphérie entre le corps 80 et l'entretoise 84. Le circuit imprimé 85 est plaqué contre l'entretoise par la pièce métallique 86 jouant le rôle d'électrode externe pour le circuit imprimé. La pièce 86, obtenue par exemple par filage, est sertie par molletage sur le corps comme l'indique la flèche sur la figure 8. Le corps et l'entretoise reçoivent des revêtements conducteurs superficiels 87 et 88 qui assurent les liaisons électriques entre les faces du diaphragme et le circuit imprimé, soit directement soit par l'intermédiaire de la pièce métallique 86. Le sertissage a pour effet d'une part d'engendrer un serrage diamétral assurant le contact du revêtement conducteur 88 sur l'épaule 89 de la pièce 86, d'autre part de serrer axialement l'empilement et d'assurer un encastrement efficace du diaphragme. D'autres moyens d'assemblage de la capsule sont possibles en mettant à profit l'aptitude des matières plastiques au collage ou à la soudure, notamment par ultrasons.

A titre d'exemple de matériaux plastiques qui satisfont aux différents critères de tenue mécanique et thermique, d'aptitude à recevoir une charge conductrice ou un revêtement conducteur, on peut citer les polycarbonates de phénylène (renforcés ou non) et les polyoxydes de phénylènes modifiés au moyen de polystyrène ou de polyacrylonitrile. Pour fabriquer à partir de ces matériaux le corps et l'entretoise, on peut utiliser des techniques de moulage ou d'injection. L'emploi de matériaux plastiques est particulièrement bien adapté aux cas où il est impératif de réduire au maximum la dilatation différentielle entre le diaphragme et ses mors d'encastrement.

Des transducteurs émetteurs à diaphragme piézoélectriques tels que : écouteurs, haut-parleurs ou vibrateurs peuvent être également conçus selon la structure faisant l'objet de la présente invention. Le circuit imprimé peut y jouer un simple rôle de support de connectique, mais peut aussi porter des composants électroniques comme dans le cas des microphones, afin si nécessaire d'intégrer à la capsule un amplificateur ou un générateur de signaux. Les composants acoustiques faisant monolithiquement partie du

corps ou de l'entretoise peuvent être adaptés à l'application considérée notamment sous la forme de résonateurs ou de pavillons.

5 La capsule faisant l'objet de l'invention se prête très bien à la mise en oeuvre de matériaux visco-élastiques en contact avec le diaphragme afin de réaliser des moyens acoustiques de filtrage et d'amortissement. Ces maté-  
riaux peuvent remplir les cavités définies par le corps et l'entretoise. Un  
coussin de mousse ou d'élastomère peut par exemple être assemblé avec les  
autres pièces. On peut également envisager d'injecter dans les cavités après  
10 assemblage une dose d'une résine subissant une forte expansion de volume à la polymérisation par exemple une mousse de la marque déposée RHODORSIL.

De tels procédés peuvent être employés comme moyens d'amortisse-  
ment dans un transducteur aérien, mais permettent en outre d'étendre  
l'invention à l'encapsulation de transducteurs piézoélectriques sous-marins.  
15 Dans de tels dispositifs, le remplissage des cavités adjacentes au diaphragme par un matériau approprié (résine de polyuréthane par exemple) peut assurer l'une ou plusieurs des fonctions suivantes : étanchéité, adaptation d'impé-  
dance acoustique, résistance du diaphragme à l'action de fortes pressions  
hydrostatiques.

20 La figure 9 est une vue en coupe méridienne d'une capsule microphoni-  
que selon une variante de l'invention. Elle diffère de la capsule représentée à la figure 3 par la présence d'une bague située vers l'avant de la capsule. Elle comprend un corps 90, une bague d'encastrement avant 91, une  
entretoise 92, une chemise isolante 93, un circuit imprimé 94 supportant des  
25 composants électroniques et sur lequel sont fixées des cosses de sortie telles que 95. Le diaphragme 96 est encastré entre la bague 91 et l'entretoise. Un film protecteur 97 est maintenu entre le corps 90 et la bague 91. Le corps est percé sur la face avant de la capsule de trous 98. Il est préserti par  
molletage suivant une circonférence 99 sur la bague d'encastrement. Ce  
30 présertissage contribue au serrage du film protecteur et à assurer la liaison électrique entre l'électrode située sur la face avant du diaphragme et la face arrière du circuit imprimé. L'entretoise assure la liaison électrique entre l'électrode située sur la face arrière du diaphragme et la face interne du circuit imprimé. Le corps, la bague et l'entretoise doivent donc être

conducteurs électriquement. La mise en forme de la réponse en fréquence est assurée par les cavités et orifices pratiqués dans la bague 91. Ce dispositif permet une réalisation mécanique plus facile du corps par rapport à la figure 3, la bague d'encastrement possède ses angles vifs mieux faits et le film protecteur est mieux fixé.

La figure 10 est un schéma possible du préamplificateur du microphone. Le circuit 100 correspond à la capsule microphonique. La tension  $V_e$  délivrée par le diaphragme est symbolisée par le générateur de tension 101,  $C_a$  représente sa capacité active (environ 83 pF),  $C_p$  la capacité parasite de la capsule (environ 64 pF). Le circuit 102 est un montage DARLINGTON se présentant sous la forme d'un microboîtier.  $R_1$  est une résistance d'une dizaine de mégohms,  $R$  est une résistance ajustable. Le circuit 100 est relié par un câble de raccordement à un poste de traitement du signal comprenant un circuit d'alimentation 103 et un circuit de transmission 104. Le circuit 103 permet d'alimenter en tension continue (+ V, - V) le circuit 100 par l'intermédiaire des résistances  $R_a$  (environ 3 k  $\Omega$ ). Il permet également de transmettre le signal venant de la capsule par l'intermédiaire des capacités de liaison C au circuit de transmission 104 dont on n'a représenté que l'impédance d'entrée  $Z_e$ .  $Z_e$  est généralement de l'ordre de 100 à 200  $\Omega$ .

La résistance  $R$  peut être ajustée de l'extérieur de la capsule par un trou pratiqué dans le circuit imprimé. Ce réglage peut se faire par faisceau laser.

La réponse en fréquence du préamplificateur est fonction des valeurs données à la résistance  $R$  et à l'impédance  $Z_e$ . La figure 11 est un diagramme montrant l'influence de la résistance  $R$  sur le gain du préamplificateur  $G_v = \frac{V_s}{V_e}$  ( $V_s$  étant sa tension de sortie) en fonction de la fréquence  $f$ . Cette figure a été tracée en prenant  $Z_e = 200 \Omega$  et pour quatre valeurs de  $R$ :  $R = 100 \Omega$  (courbe 110),  $R = 200 \Omega$  (courbe 111),  $R = 300 \Omega$  (courbe 112),  $R = 400 \Omega$  (courbe 113). L'étalonnage de l'axe des ordonnées a été réalisé en prenant pour origine des décibels  $G_v = 0,43$ . Au vu de la figure 11, on constate que le gain  $G_v$  diminue lorsque  $R$  augmente.

Le coefficient de température de la résistance  $R$  peut être avantageusement choisi pour procurer une compensation de la variation de sensibilité du diaphragme avec la température.

La figure 12 est un diagramme donnant l'allure du gain  $G_v$  en fonction de la fréquence  $f$  avec pour paramètre l'impédance d'entrée  $Z_e$ . Cette figure a été tracée pour  $R = 200 \Omega$  et pour trois valeurs de  $Z_e$  :  $Z_e = 100 \Omega$  (courbe 120),  $Z_e = 200 \Omega$  (courbe 121) et  $Z_e = 430 \Omega$  (courbe 122). L'éta-

5 lonnage de l'axe des ordonnées a été réalisé en prenant pour origine des décibels  $G_v = 0,43$ . Au vu de la figure 12, on constate que le gain  $G_v$  augmente lorsque  $Z_e$  augmente. Les courbes des figures 11 et 12 indiquent la possibilité d'un compromis entre le gain de la capsule avec son préamplifica-

10 teur et la fréquence de coupure basse du système microphonique.

Il entre dans le cadre de l'invention d'appliquer la structure de la capsule microphonique au cas le plus général : microphones à diaphragme piézoélectrique polymère ou minéral plan ou non plan, encastré ou maintenu par tout autre moyen de fixation entre des mors. L'invention est également applicable aux cas de transducteurs fonctionnant en émetteurs.



REVENDEICATIONS

1. Transducteur électroacoustique dont l'élément vibrant est constitué par un diaphragme piézoélectrique soumis à la pression acoustique sur l'une au moins de ses faces, les faces de ladite structure étant munies d'électrodes formant condensateur reliées à un circuit électrique disposé sur un circuit imprimé, ledit diaphragme et ledit circuit électrique étant enfermés dans un boîtier, ledit transducteur comprenant des moyens d'encastrement dudit diaphragme, des moyens de connexions électriques desdites électrodes audit circuit électrique et au moins un filtre acoustique passe-bas, caractérisé en ce que ledit boîtier est constitué par un corps de forme tubulaire dont le fond est une paroi percée correspondant à la face avant du transducteur, ledit corps coopérant avec une entretoise pour assurer l'encastrement du diaphragme, ledit corps coopérant avec ledit circuit imprimé pour assurer la fermeture du transducteur et le positionnement de l'entretoise, les moyens de connexions électriques étant assurés par le corps et l'entretoise, ladite paroi et le diaphragme définissant un espace constituant ledit filtre.

2. Transducteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit diaphragme est en polymère ou en alliage de polymères.

3. Transducteur selon la revendication 2, caractérisé en ce que ledit polymère est en polyfluorure de vinylidène ou en copolymère de polyfluorure de vinylidène.

4. Transducteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le corps et l'entretoise sont métalliques.

5. Transducteur selon la revendication 4, caractérisé en ce que le corps et l'entretoise sont en aluminium.

6. Transducteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que le corps (31) et l'entretoise (40) ont subi un traitement chimique anti-corrosion.

7. Transducteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce qu'il comprend en outre une chemise isolante (39) réalisée dans un matériau présentant une faible constante diélectrique, ladite chemise assurant l'isolation électrique du corps (31) et de l'entretoise (40).

8. Transducteur selon la revendication 7, caractérisé en ce que ladite chemise isolante présente des évidements périphériques (45, 46).

9. Transducteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce qu'il comprend sur sa face avant un film imperméable (34).

5 10. Transducteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce qu'il comprend une coupelle percée (35) placée en face avant dudit transducteur et définissant avec ladite paroi (32) une cavité (38) constituant un filtre passe-bas.

10 11. Transducteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que ledit circuit imprimé (41) comporte au moins un orifice assurant une fuite égalisatrice de pression statique entre les deux faces du circuit imprimé.

15 12. Transducteur selon la revendication 11, caractérisé en ce que ladite fuite égalisatrice s'effectue par des ruptures d'étanchéité des serrages de l'entretoise (40) et du corps (32) serti sur le circuit imprimé, lesdites ruptures d'étanchéité étant réalisées par des défauts de gravure dudit circuit imprimé.

20 13. Transducteur selon l'une quelconque des revendications 9 à 12, caractérisé en ce que des ruptures d'étanchéité entre ledit boîtier (90) et l'un desdits moyens d'encastrement (91) sont prévues afin d'assurer une mise à la pression atmosphérique de la face avant dudit diaphragme.

14. Transducteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, caractérisé en ce que l'encastrement dudit diaphragme contribue à lui donner une forme bombée.

25 15. Transducteur selon la revendication 14, caractérisé en ce que, H étant la flèche du diaphragme et D le diamètre de sa partie non encastree, la relation  $\frac{H}{D} \gg 0,04$  soit satisfaite.

30 16. Transducteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 15, caractérisé en ce qu'au moins l'une des pièces d'encastrement (80, 84) du diaphragme est en matière plastique.

17. Transducteur selon la revendication 16, caractérisé en ce que ladite matière plastique possède une température de transition vitreuse supérieure à la température maximale d'utilisation du transducteur.

18. Transducteur selon l'une des revendications 16 ou 17, caractérisé en ce que lesdites pièces d'encastrement sont rendues conductrices par incorporation d'éléments conducteurs.

5 19. Transducteur selon l'une des revendications 16 ou 17, caractérisé en ce que lesdites pièces d'encastrement possèdent des éléments de leur surface rendus conducteurs par un revêtement conducteur (87, 88).

20. Transducteur selon l'une quelconque des revendications 16 à 19, caractérisé en ce que ladite matière plastique est à base de polycarbonate.

10 21. Transducteur selon l'une quelconque des revendications 16 à 19, caractérisé en ce que ladite matière plastique est à base de polyoxyde de phénylène.

22. Transducteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 21, caractérisé en ce que ledit diaphragme est en contact avec un élément viscoélastique servant d'amortisseur.

15 23. Transducteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 22, caractérisé en ce que ledit boîtier comprend en outre une bague conductrice (91) placée entre le diaphragme (96) et le fond dudit corps (90), cette bague assurant des fonctions d'encastrement du diaphragme et de filtrage acoustique.

20 24. Procédé de fabrication d'un transducteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 23, caractérisé en ce que l'assemblage du transducteur est maintenu par la liaison mécanique du corps (31) et du circuit imprimé (41), cette liaison assurant le pressage de l'entretoise (40) sur le diaphragme (30).

25 25. Procédé de fabrication selon la revendication 24, caractérisé en ce que ladite liaison mécanique résulte du sertissage dudit corps sur ledit circuit imprimé.

26. Procédé de fabrication selon la revendication 25 caractérisé en ce que ledit sertissage est réalisé par un bouterollage rotatif.

30 27. Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 24 à 26, caractérisé en ce que ledit transducteur subit, après assemblage, un traitement thermique de stabilisation dimensionnelle du diaphragme.

28. Procédé de fabrication selon la revendication 27, caractérisé en ce que ledit traitement thermique est effectué à 90° C pendant 1 heure.

5 29. Procédé de fabrication selon l'une des revendications 24 à 26, caractérisé en ce que ledit sertissage est effectué à une température proche de la plus basse température de fonctionnement dudit transducteur.

30. Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 24 à 29, caractérisé en ce que ledit diaphragme est préformé avant l'assemblage du transducteur.

10 31. Procédé de fabrication selon la revendication 30, caractérisé en ce que ledit préformage est effectué à la découpe dudit diaphragme.

FIG. 1

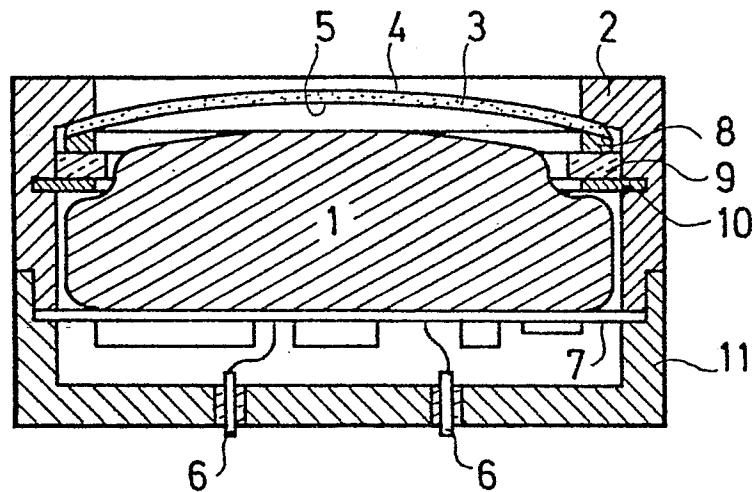


FIG. 2

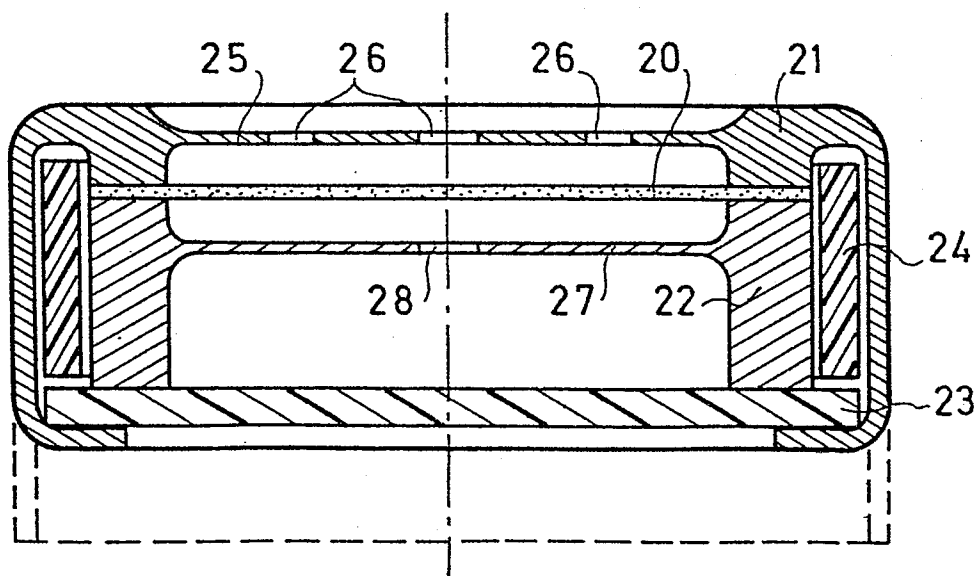


FIG. 3

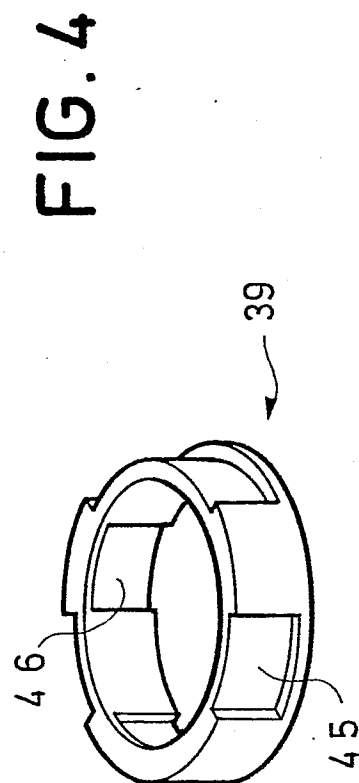
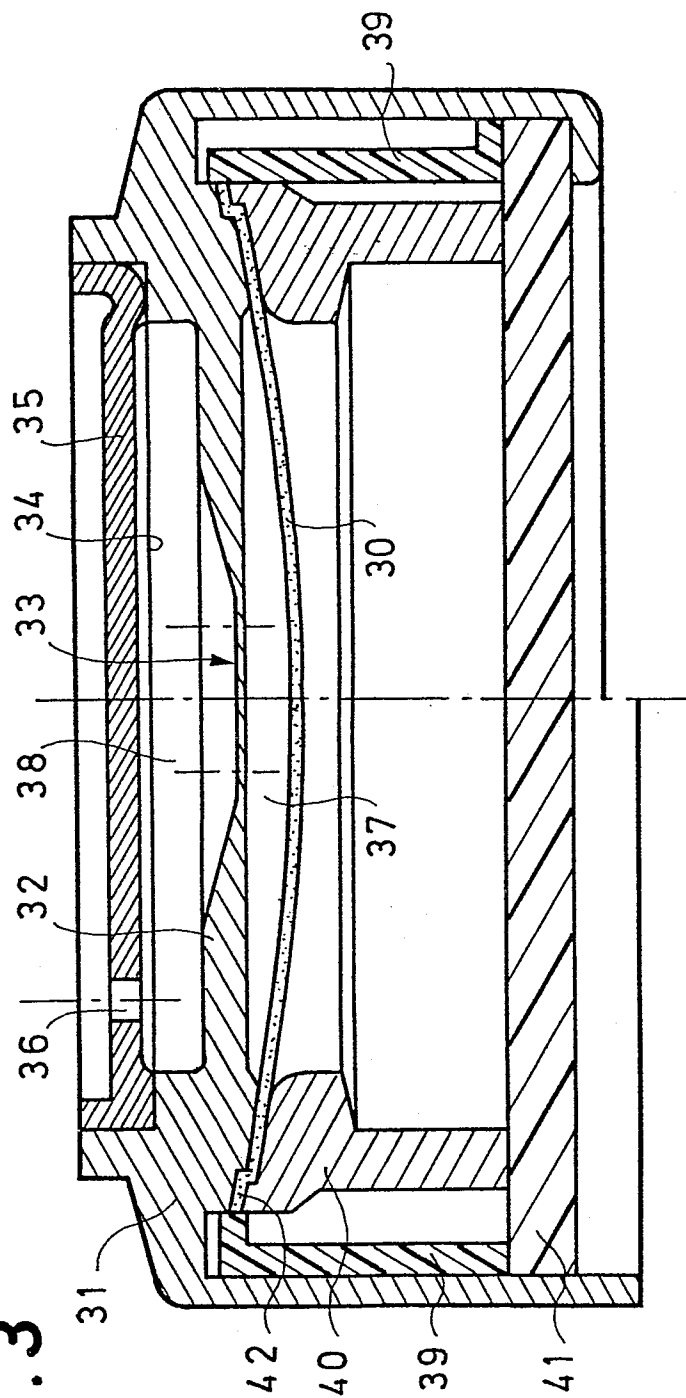


FIG. 4

3 / 8

FIG. 5

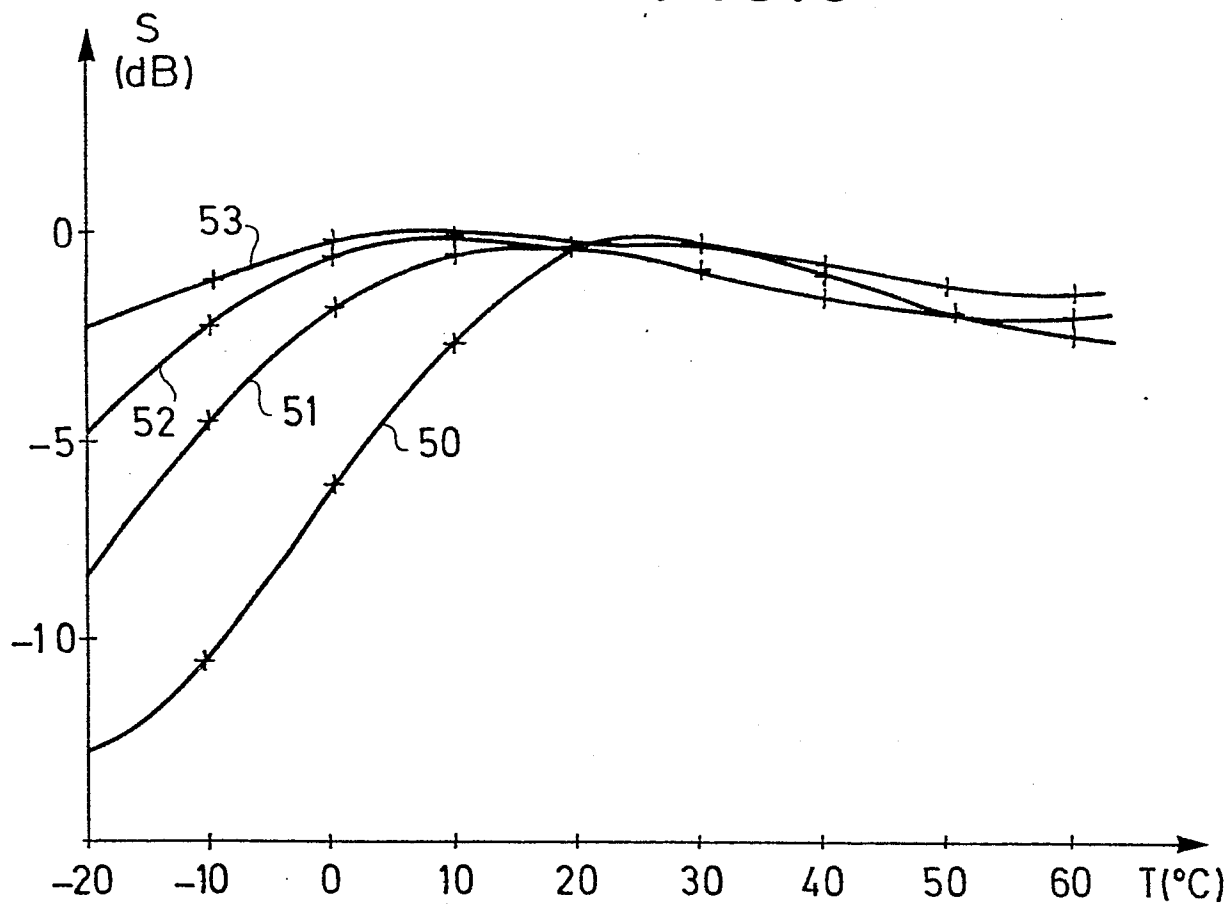
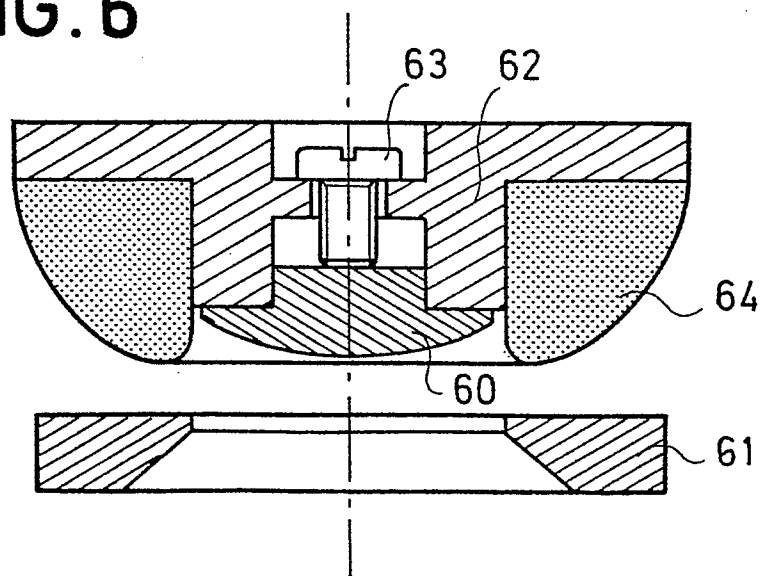
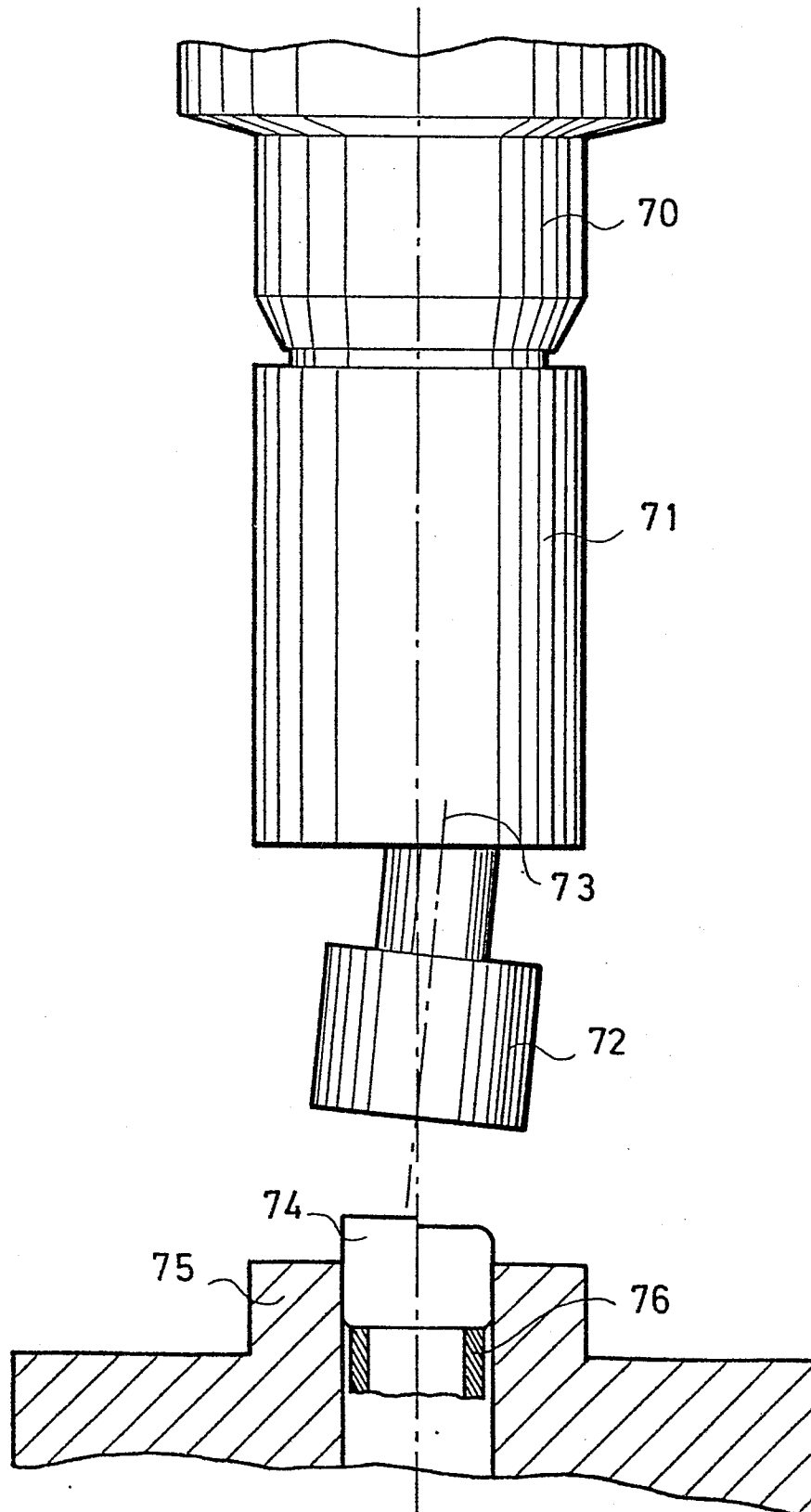


FIG. 6



4/8

FIG. 7





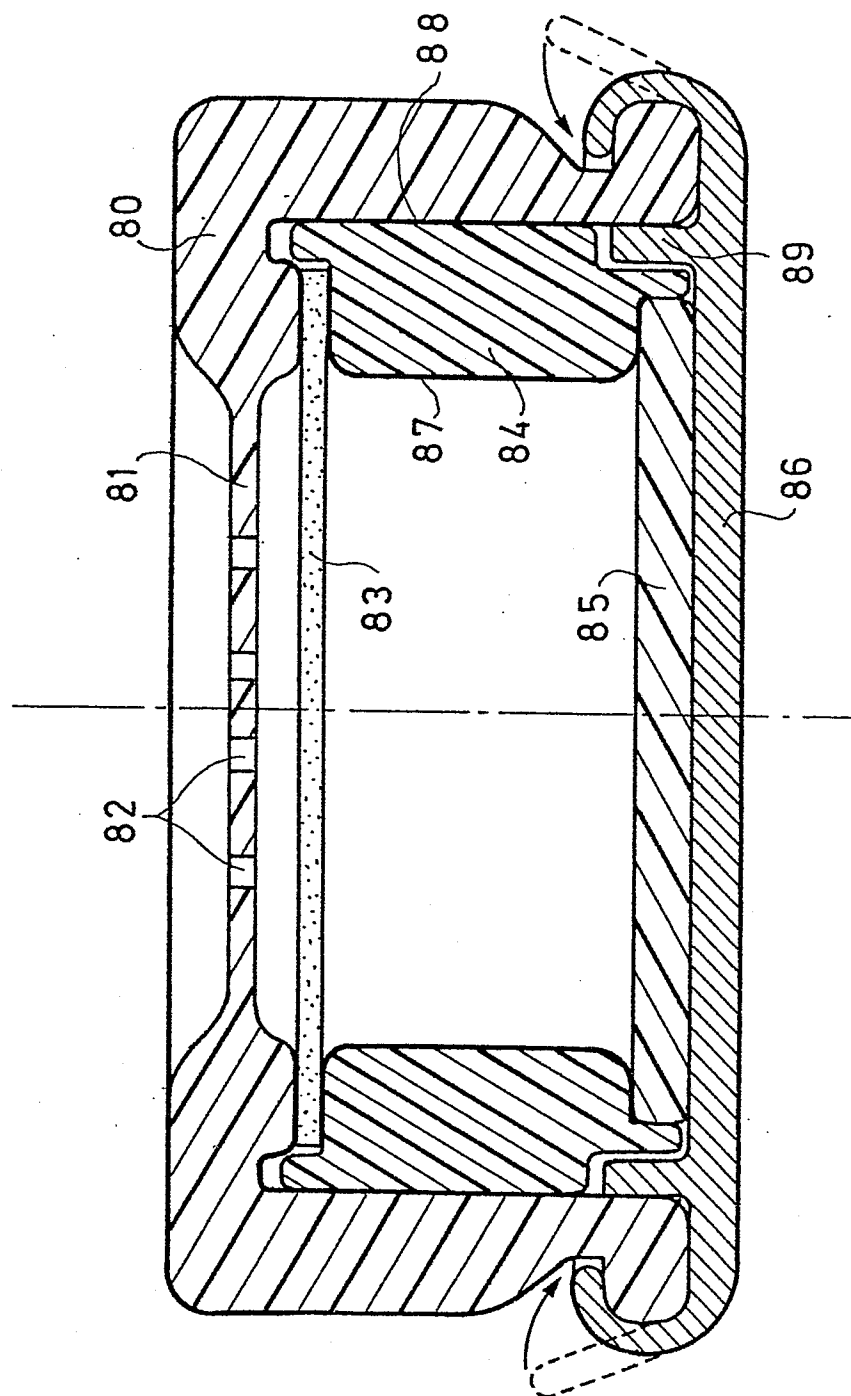
$$\frac{5}{11}$$


FIG. 9

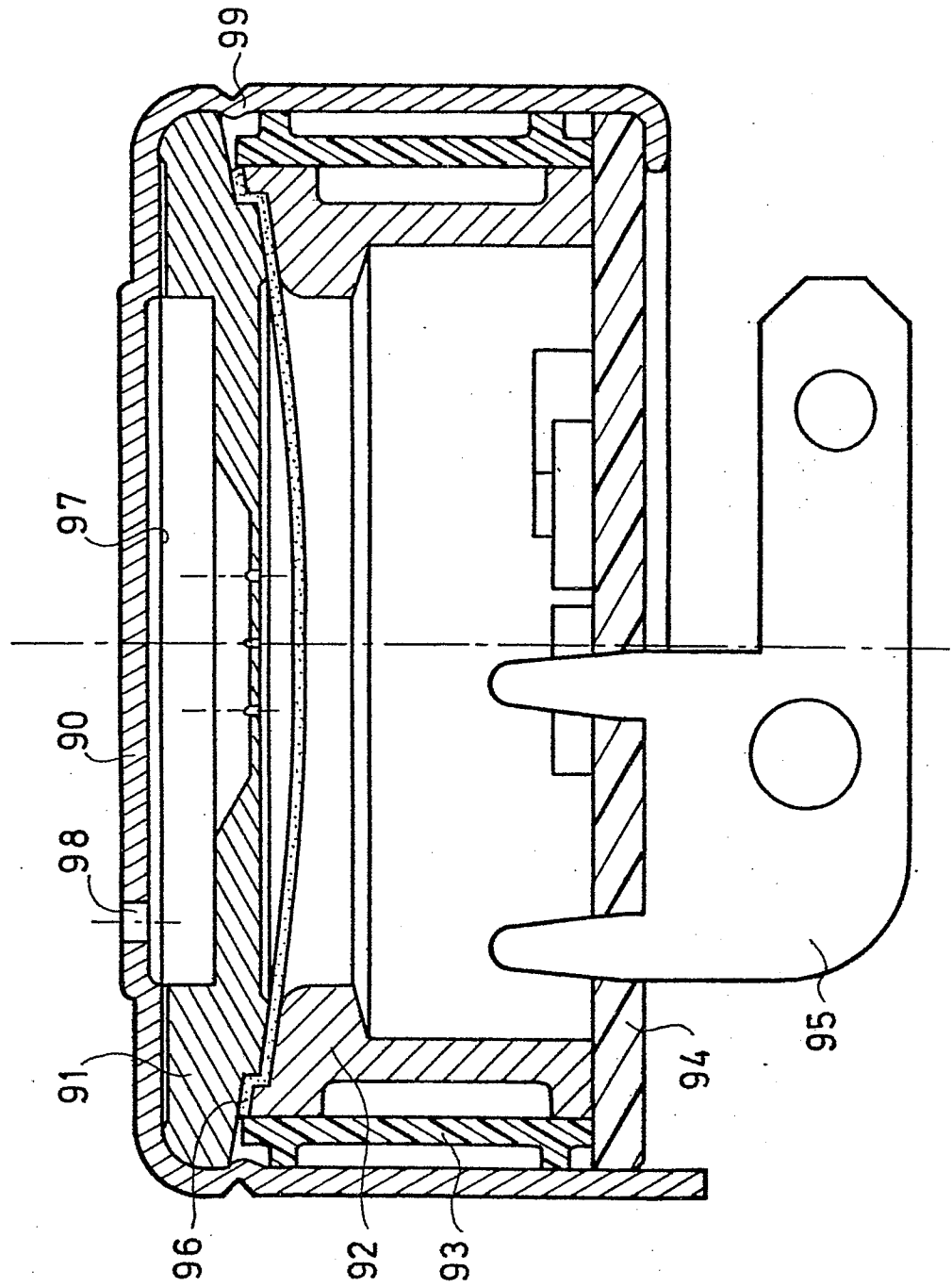
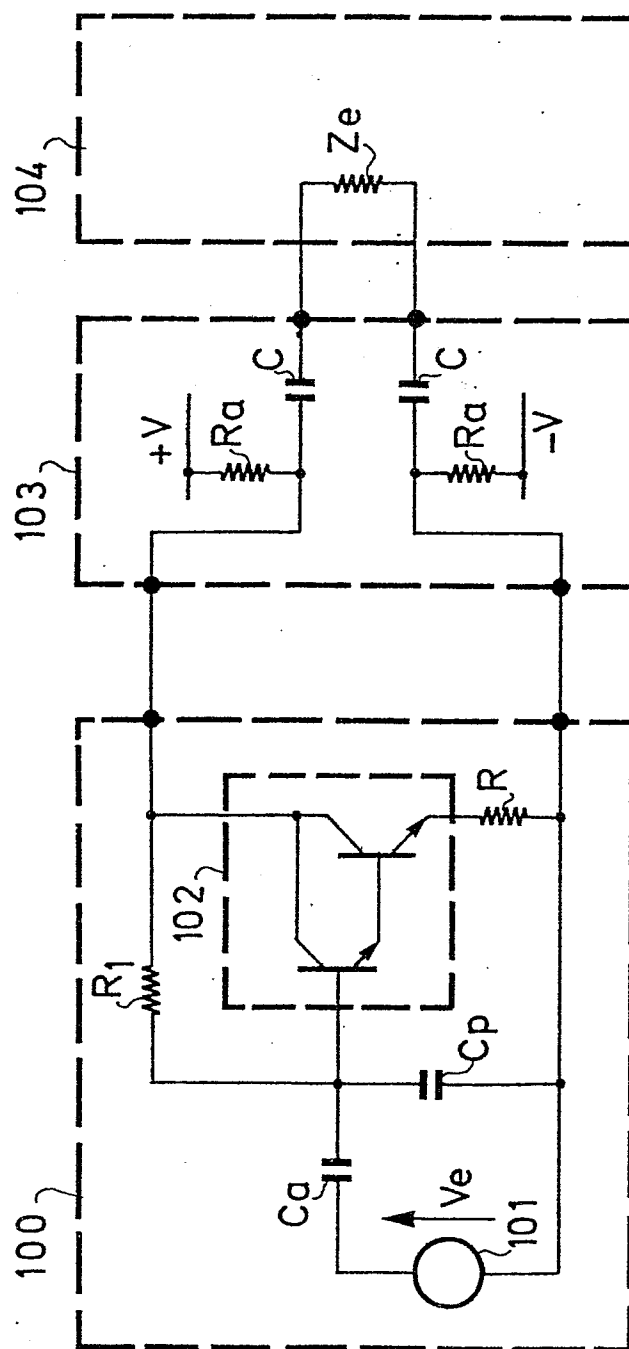


FIG.10



8/8

FIG.11

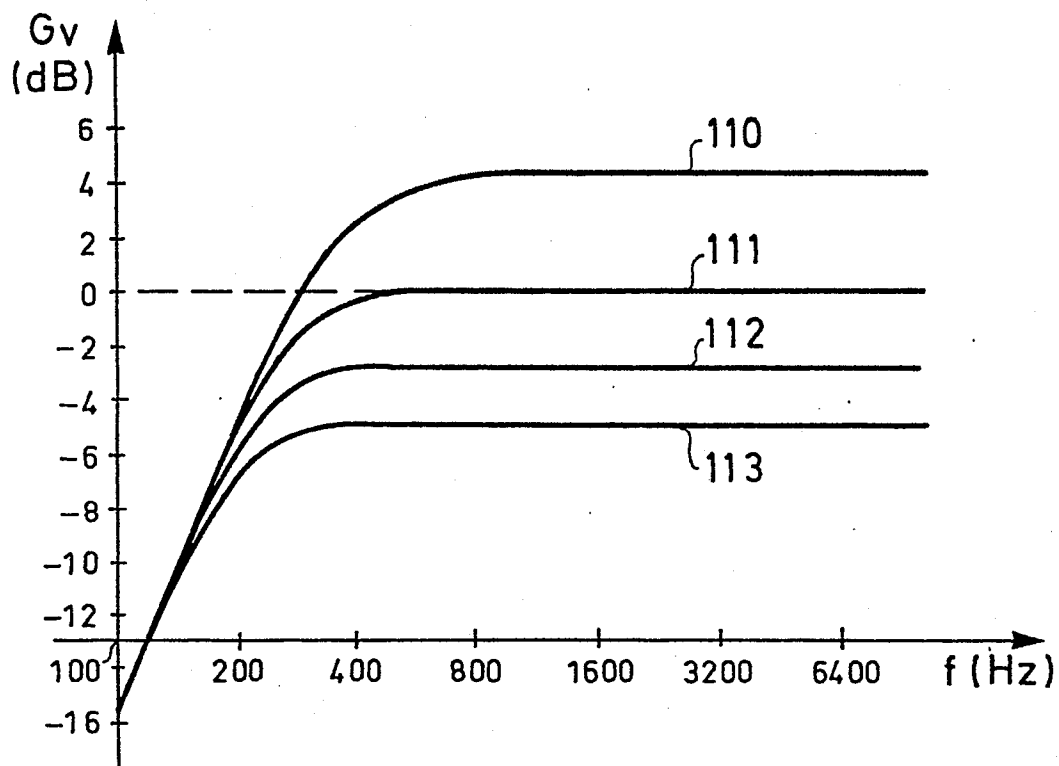
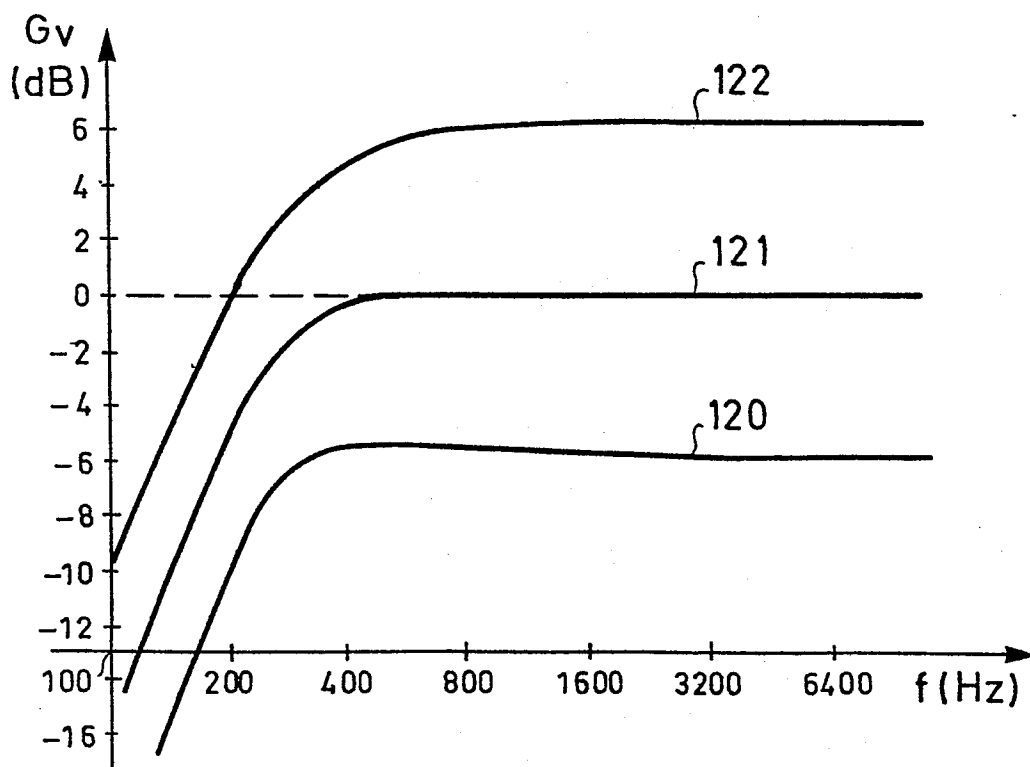


FIG.12





Office européen  
des brevets

# RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

0118356

Numéro de la demande

EP 84 40 0394

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl. 3)
Y	EP-A-0 072 288 (THOMSON-CSF)  * Page 7, lignes 20-24; page 11, lignes 9-34; figures 5,13; revendications 10,20 *	1-4,14 ,16,22 -26	H 04 R 17/00 H 04 R 1/04 H 04 R 1/06 H 04 R 1/22
Y	US-A-4 117 275 (MIYANAGA et al.)  * Colonne 2, ligne 38 - colonne 3, ligne 20; figure 4 *	1-4,14 ,16,22 -26	
A	DE-A-2 939 479 (HOSIDEN ELECTRONICS) * Page 12, ligne 2 - page 14, ligne 17; figure 2 *	1,9,11 ,23-26	
A	EP-A-0 007 436 (SIEMENS) * Page 5, ligne 29 - page 7, ligne 7; figures 1,2 *	1,10	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. 3)  H 04 R
A	DE-A-3 007 773 (SIEMENS) * Page 5, lignes 15-25; figure 1 *	1,10	
A	LU-A- 65 199 (SIEMENS) * Page 4, lignes 1-20; figure 1 *	1	
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 13-06-1984	Examineur LUBERICH S. A.
<b>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</b> 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  T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons  & : membre de la même famille, document correspondant			



DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			Page 2
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl. <sup>3</sup> )
A	GB-A-2 059 715 (S.T.C.)  * Page 1, ligne 69 - page 2, ligne 10; figures 1-3; revendications 5,6 *	1,3,14 ,16,18 ,22	
A	DE-A-2 948 034 (TELEFONBAU & NORMALZEIT) * Page 4, lignes 10-22; figure *	11	
A	ULTRASONICS, vol. 14, no. 1, janvier 1976, pages 15-23, Guildford, GB N. MURAYAMA et al.: "The strong piezoelectricity in polyvinylidene fluoroïde (PVDF)" * Page 16, colonne de droite, lignes 23-26; page 19, colonne de gauche, ligne 42 - colonne de droite, ligne 3; page 21; figure 12 *	2,3,14	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. <sup>3</sup> )
A	DE-A-2 739 735 (PHILIPS)  * Page 7, ligne 26 - page 8, ligne 9; page 9, lignes 5-16 *	3,27, 28	
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 13-06-1984	Examineur LUBERICH S. A.
<b>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</b> 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  T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons  & : membre de la même famille, document correspondant			