RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication : **2 475 836**
(A n'utiliser que pour les commandes de reproduction).

A1

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

(21) **N° 81 02765**

(54) **Transducteur électro-acoustique de type piézoélectrique.**

(51) Classification internationale (Int. Cl. ³). **H 04 R 17/10; A 61 B 10/00.**

(22) Date de dépôt..... 12 février 1981.
(33) (32) (31) Priorité revendiquée : *Japon, 12 février 1980, n°s 15680/1980 et 15681/1980.*

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 33 du 14-8-1981.

(71) Déposant : Société dite : KUREHA KAGAKU KOGYO KK, résidant au Japon.

(72) Invention de : Hiroshi Obara, Kenichi Nakamura et Aisaku Nagai.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet Bert, de Keravenant et Herrburger,
115, bd Haussmann, 75008 Paris.

Vente des fascicules à l'IMPRIMERIE NATIONALE, 27, rue de la Convention — 75732 PARIS *CEDEX 15*

La présente invention concerne un transducteur électro-acoustique de type piézoélectrique utilisant les caractéristiques piézoélectriques dans la direction perpendiculaire à celle d'un film de polymère piézoélectrique dans le domaine des ultra-sons.

Les transducteurs électroacoustiques utilisant des films de polymère piézoélectriques tels que du fluorure de polyvinylidène, du fluorure de polyvinyle ou analogue peuvent se répartir grossièrement en deux groupes suivant les variations et les caractéristiques piézoélectriques des films de polymère utilisés. Le premier groupe utilise les caractéristiques piézoélectriques de contraction et de dilatation des films de polymère ; le second groupe utilise les caractéristiques piézoélectriques perpendiculaires aux films de polymère. Le premier groupe est de préférence utilisé pour des transducteurs électroacoustiques dans le domaine des fréquences audio et le second pour des transducteurs électro-acoustiques dans le domaine des ultra-sons. Parmi les transducteurs électro-acoustiques, on a été récemment très intéressé par les transducteurs piézoélectriques, par exemple pour des sondes ou des détecteurs à usage médical, dans le domaine des analyses médicales aux ultra-sons.

Les transducteurs électro-acoustiques piézoélectriques utilisent des fréquences d'oscillation dans une plage centrée autour de la fréquence de résonance fondamentale $f_o = v/2t$ (relation dans laquelle : v = vitesse du son ; t = épaisseur de l'élément piézo-électrique) dans la direction perpendiculaire à celle de l'élément piézoélectrique, du point de vue du rendement de la conversion électro-acoustique. Comme éléments piézoélectriques, on a utilisé des polymères piézoélectriques et des céramiques piézoélectriques. Les polymères piézoélectriques ont des caractéristiques meilleures à celles des céramiques piézoélectriques en ce que les polymères piézoélectriques ont des caractéristiques de bandes larges du fait du faible coefficient de qualité (coefficient Q) du fait que leur impédance acoustique est bien adaptée au corps humain et qu'ils sont souples et peu fragiles. Les polymères piézoélectriques présentent toutefois l'inconvénient d'une conversion électro-acoustique plus faible que celle des céramiques piézoélectriques, même si l'on utilise les polymères piézoélectriques

dans une plage voisine de la fréquence de résonance fondamentale perpendiculaire. Ainsi, les tentatives de commercialisation de transducteurs électro-acoustiques piézoélectriques comportant un film piézoélectrique n'ont pas abouti jusqu'à présent.

On connaît un transducteur électro-acoustique piézoélectrique utilisant les caractéristiques piézoélectriques perpendiculaires d'un film piézoélectrique ; dans ce transducteur, le film piézoélectrique comporte un revêtement d'un matériau dur sur une face, ayant un module d'élasticité et une masse supérieurs à ceux du film de polymère. La bande de fréquences du film de polymère piézoélectrique utilisé à cet effet est très en-dessous de la fréquence de résonance fondamentale dans la direction perpendiculaire du film de polymère.

La présente invention a pour but de créer un transducteur électro-acoustique utilisant les caractéristiques piézoélectriques perpendiculaires des films de polymère piézoélectriques, offrant un rendement amélioré de conversions électro-acoustiques, et qui soit particulièrement adapté au domaine des ultra-sons ; l'invention a également pour but de créer un transducteur électro-acoustique comportant un film de polymère piézoélectrique dont une face est revêtue ou est garnie d'un matériau poreux, l'autre face constituant la face de transmission acoustique ou la face de réception acoustique pour améliorer le rendement de la conversion électro-acoustique en particulier dans le domaine proche de la fréquence de résonance fondamentale perpendiculaire du film de polymère piézoélectrique utilisé.

La présente invention sera décrite plus en détail à l'aide des dessins annexés, dans lesquels :

- la figure 1 est un schéma d'un mode de réalisation d'un transducteur électro-acoustique piézoélectrique selon l'invention, le corps du transducteur étant coupé.

- la figure 2 est un schéma montrant le procédé de mesure du rendement de conversion électro-acoustique du transducteur électro-acoustique piézoélectrique de la figure 1, avec un bain d'eau représenté coupé.

- la figure 3 est un graphique montrant les résultats des mesures données par le procédé de la figure 2.

- la figure 4 est un schéma d'un autre mode de réalisation d'un transducteur électro-acoustique selon l'inven-

tion, le corps du transducteur étant coupé.

DESCRIPTION DE DIFFERENTS MODES DE REALISATION PREFERENTIELS :

Selon les figures 1 et 4, les transducteurs électro-acoustiques selon l'invention se composent chacun d'un corps de transducteur 10 formé d'au moins un film de polymère piézo-électrique 12 et d'une couche de matière poreuse 16, 50.

Le polymère piézoélectrique utilisé pour le film 12 peut être n'importe quel film de polymère piézoélectrique applicable à des transducteurs électro-acoustiques ; il peut s'agir par exemple d'un polymère contenant du fluorure tel qu'un copolymère ou un homopolymère de fluorure de polyvinyle, ou un copolymère ou un homopolymère de fluorure de polyvinylidène. Le film de polymère piézoélectrique 12 peut avoir une épaisseur comprise de façon générale entre environ 10 et 1 000 microns sans toutefois être limité à un tel exemple particulier.

Le film de polymère 12 comporte des électrodes 14a, 14b constituées par un film mince prévu sur ses deux faces. Les électrodes en film mince 14a, 14b sont en un matériau conducteur tel qu'un métal et en particulier de l'aluminium ou du nickel. Le film de polymère piézoélectrique 12 dont une face porte l'électrode 14a comporte en outre une couche de matière poreuse. La matière poreuse utilisée pour la couche représentée à la figure 1 peut être une mousse 16 telle que par exemple une mousse de polyuréthane, une mousse de polystyrène, du caoutchouc mousse ou tout autre polymère expansé, approprié. Le matériau poreux utilisé dans le mode de réalisation de la figure 4 peut être un matériau fibreux 50 tel que par exemple un papier à structure poreuse, un produit non tissé, un produit tissé ou un produit tricoté. Les matières fibreuses 50, les non tissés, les tissés et les tricots peuvent être des tricots de fibres habituelles ou de fibres de verre. Les matières poreuses peuvent être à cellules fermées ou à cellules ouvertes ou encore une combinaison de cellules ouvertes et fermées ou encore d'une structure interstitielle ou encore des couches composites. Les matières poreuses utilisées de préférence pour la mise en oeuvre de l'invention sont celles qui présentent une densité apparente faible par rapport à la densité spécifique vraie c'est-à-dire des produits de forte porosité. A titre d'exemple pratique de porosité d'un matériau, on peut aller de 30 % à environ 99,5 %. La mousse de polyuréthane utilisée pour la structure représentée

à la figure 1 peut présenter une densité caractéristique d'environ 0,02 et sa densité vraie peut être de l'ordre de 1,18 ; la porosité correspond ainsi à 98 %. Le produit fibreux utilisé pour la structure de la figure 4 peut avoir une porosité d'environ 50 %.

Les couches de matières poreuses 16, 50 peuvent être portées par une plaque de base 18, appropriée. La plaque de base 18 peut être en un matériau dur, relativement épais, par exemple un métal ou une matière synthétique. La plaque de base 18 a comme rôle principal celui de support ; cette plaque est de préférence réalisée de façon à n'exercer aucune influence ou pratiquement aucune influence sur le film de polymère 12 par réflexion acoustique.

L'autre électrode 14b en film mince comporte sur sa face extérieure, un matériau jouant le rôle de surface de transmission acoustique ou de surface de réception acoustique. Les électrodes de films minces 14a, 14b sont branchées électriquement par les conducteurs 20a, 20b sur un générateur haute fréquence 22. Le générateur haute fréquence 22 génère des fréquences de sortie qui sont supérieures d'environ 0,6 à environ 1,4 fois la fréquence de résonance fondamentale perpendiculaire du film de polymère piézoélectrique 12 utilisé. Lorsque les conducteurs 20a, 20b sont reliés électriquement à l'amplificateur 24, il est avantageux et pratique que le transducteur puisse s'utiliser à la fois en émission et en réception suivant le système à écho impulsionnel.

Les caractéristiques du transducteur électro-acoustique selon l'invention seront décrites de façon plus détaillée à l'aide des figures 1 et 4.

Selon la figure 1, un film 12 de fluorure de polyvinylidène piézoélectrique d'une épaisseur de 350 microns porte sur ses deux faces des électrodes de nickel 14a, 14b ; le film est découpé suivant des morceaux rectangulaires de dimensions appropriées par exemple 25 mm x 40 mm. De la mousse de polyuréthane 16 collante sur ses deux faces, ayant une épaisseur par exemple de 3 mm, est fixée sur une face de l'électrode de nickel 14a, l'autre face étant fixée à une plaque de base de Bakelite 18 d'épaisseur appropriée par exemple 20 mm et de dimensions appropriées par exemple 30 mm x 50 mm, de façon à se trouver dans la partie du milieu de la plaque de base 18.

Comme exemple de comparaison, on a un transducteur d'une structure de dimensions sensiblement égales à celles ci-dessus, de sorte que le film de fluorure de polyvinylidène piézo-électrique 12 avec des électrodes de nickel 14a, 14b sur ses deux faces, soit fixé directement sur une plaque de base en Bakelite 18 à l'aide d'une colle de type époxy.

Selon la figure 4, le transducteur de l'invention est essentiellement le même que celui de la figure 1 à l'exception d'une couche de tissu de verre 50 qui remplace la couche de mousse 16. La couche de tissu de verre 50 peut avoir une épaisseur allant jusqu'à 5 mm et supérieure à celle de la couche de mousse 16.

On détermine le rendement de la conversion électro-acoustique du transducteur électro-acoustique selon l'invention en utilisant un transducteur comme celui de la figure 1, constituant l'élément de comparaison.

On mesure le rendement par immersion dans l'eau selon le procédé de mesure schématisé à la figure 2. On place au fond d'un bain d'eau 32 un échantillon 30 correspondant au corps de transducteur 10 selon les figures 1 et 4. On relie les électrodes par un atténuateur 34 à la sortie de l'oscillateur de radio-fréquence 36 (modulateur d'impulsions et récepteur 6600 de la Société Matec, Inc). On dispose un hydrophone 38 au-dessus de l'échantillon 30 dans la partie supérieure du bain 32 pour que sa surface de réception soit éloignée de l'échantillon 30 d'environ 30 cm. On relie la sortie de l'hydrophone 38 par un amplificateur 40 à un oscilloscope 42.

Selon la figure 3, on trace le coefficient d'amortissement de l'atténuateur 34 en fonction de la fréquence fournie par l'oscillateur radio 36. L'atténuateur 34 est réglé pour que le signal de sortie de l'hydrophone 38 soit constant tout en maintenant le signal de sortie de l'oscillateur 36 à la valeur constante de 1 000 V_{p-p} (le symbole "p-p" représente la valeur de pic à pic). On voit ainsi que le rendement de la conversion électro-acoustique de l'échantillon 30 est élevé lorsque le coefficient d'amortissement de l'atténuateur 34 est élevé, car la tension de l'oscillateur 36 appliquée à l'échantillon 30 est faible

La figure 3 montre les résultats des mesures faites selon le procédé de la figure 2. La courbe A représente les

résultats fournis par le transducteur 10 selon la figure 1 ; la courbe en pointillé B représente les résultats de l'exemple de comparaison à l'aide de l'échantillon 30. La figure 3 montre qu'il n'y a pas une grande différence pour les coefficients d'atténuation des deux échantillons dans les zones éloignées de la fréquence de résonance fondamentale perpendiculaire f_o. Il est à remarquer que comme la fréquence de résonance fondamentale perpendiculaire f_o est légèrement différente pour les deux échantillons, celle de l'échantillon 30 du corps de transducteur de l'exemple correspondant à la valeur f_{oA} et celle de l'exemple de comparaison correspondant à la valeur f_{oB}. On remarque toutefois qu'il y a une différence très importante entre les coefficients d'atténuation au niveau de la fréquence de résonance fondamentale perpendiculaire f_o, en particulier dans la plage allant d'environ 0,6 à environ 1,4 fois la fréquence de résonance fondamentale perpendiculaire. La figure 3 montre ainsi que le corps de transducteur 10 de la figure 1 selon l'invention présente un meilleur rendement de conversion électrostatique que celui de l'exemple de comparaison ; le rendement augmente de l'ordre d'environ 6 dB au point de résonance.

A la figure 3, la fréquence de résonance fondamentale perpendiculaire f_{oA} du corps de transducteur 10 de la figure 1 est fixée à environ 2,5 MHz. La fréquence de résonance fondamentale perpendiculaire f_{oA} peut être prévue pour se trouver dans une plage appropriée entre 1 et 15 MHz lorsque le corps de transducteur 10 est appliqué à une sonde médicale, alors que l'on peut prévoir une plage de 15 à 200 MHz pour des applications à un microscope ; on prévoit enfin une plage de plusieurs dizaines de KHz à 1 MHz pour les applications à la technique sonar.

A l'essai du corps de transducteur 10 de la figure 4, on a constaté que l'on obtenait pratiquement les mêmes résultats que ceux de la courbe A de la figure 3.

Le transducteur électrostatique selon l'invention donne un rendement de conversion électrostatique amélioré à cause de l'effet de réflexion, par le matériau poreux tel qu'une mousse ou un matériau fibreux, d'un côté du film de polymère piézoélectrique. On améliore de façon certaine le rendement lorsque les fréquences sont situées dans une plage allant de 0,6 à environ 1,4 fois la fréquence de résonance fondamentale

perpendiculaire du film de polymère piézoélectrique. Ainsi le transducteur électro-acoustique piézoélectrique selon l'invention convient en particulier pour la transmission et/ou la réception en particulier d'ultra-sons.

REVENDICATIONS

1°) Transducteur électrostatique caractérisé en ce qu'il comporte un film de polymère piézoélectrique (12) dont chaque face est munie d'une électrode (14a, 14b), une couche de matière poreuse (16, 50) étant prévue sur l'une des faces du film de polymère piézoélectrique, la surface extérieure de l'électrode sur le film de polymère piézoélectrique étant prévue pour ne pas fonctionner comme surface de transmission acoustique et/ou comme surface de réception acoustique et la conversion électro-acoustique se fait dans une bande de fréquences d'un domaine correspondant approximativement à 0,6 jusqu'à 1,4 fois la fréquence de résonance fondamentale perpendiculaire du film de polymère piézoélectrique (12).

2°) Transducteur électro-acoustique selon la revendication 1, caractérisé en ce que la matière poreuse a une porosité d'environ 30 jusqu'à environ 99,5 %.

3°) Transducteur électro-acoustique selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que la matière poreuse est de la mousse.

4°) Transducteur électro-acoustique selon la revendication 3, caractérisé en ce que la mousse est choisie dans le groupe formé par la mousse de polyuréthane, la mousse de polystyrène, de caoutchouc mousse et d'autres polymères expansés.

5°) Transducteur électro-acoustique selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que la matière poreuse est une matière fibreuse.

6°) Transducteur électro-acoustique selon la revendication 5, caractérisé en ce que la matière fibreuse est choisie dans le groupe formé par le papier, les non tissés, les tissus et les tricots.

7°) Transducteur électro-acoustique selon la revendication 6, caractérisé en ce que les non tissés, les tissus et les tricots sont formés de fibres de tissu ou de fibres de verre.

8°) Transducteur électro-acoustique selon l'une quelconque des revendications 1, 2, 3, 5, caractérisé en ce que la couche de matière poreuse est placée entre une plaque de support dure et l'électrode prévue sur le film de polymère piézoélectrique.

9°) Transducteur électro-acoustique selon la reven-

dication 8, caractérisé en ce que la plaque de base dure porte un métal ou une matière synthétique.

10°) Transducteur électro-acoustique selon l'une quelconque des revendications 1 et 8, caractérisé en ce que l'électrode est une électrode en film mince de nickel ou d'aluminium.

11°) Transducteur électro-acoustique selon l'une quelconque des revendications 1 et 8, caractérisé en ce que le film de polymère piézoélectrique est un polymère contenant un fluorure.

12°) Transducteur électro-acoustique selon la revendication 11, caractérisé en ce que le polymère contenant du fluorure est un copolymère ou un homopolymère de fluorure de polyvinyle, ou de fluorure de polyvinylidène.

13°) Transducteur électro-acoustique selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, et 10, caractérisé en ce que l'électrode est reliée à un générateur haute fréquence qui génère un signal de sortie dont la fréquence est comprise dans un domaine allant d'environ 0,6 à environ 1,4 fois la fréquence de résonance fondamentale perpendiculaire du film de polymère piézoélectrique.

14°) Transducteur électro-acoustique selon la revendication 13, caractérisé en ce que l'électrode est reliée à un amplificateur.

FIG. 1

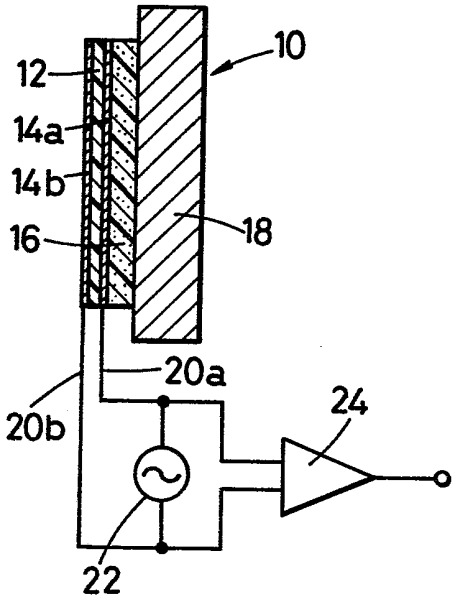

FIG. 2

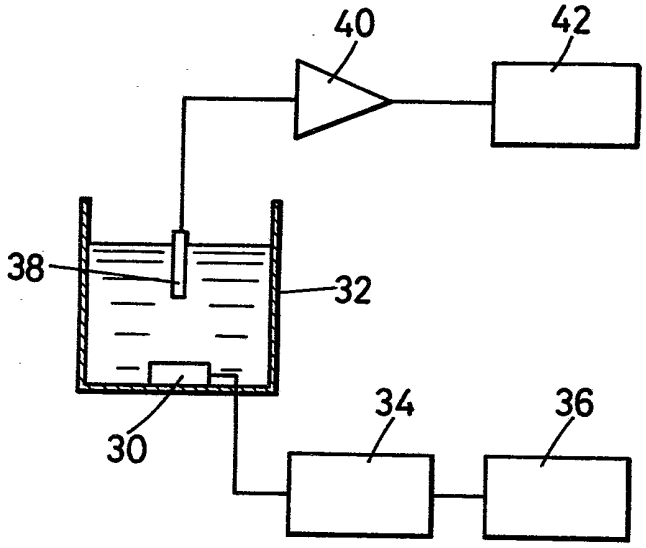

FIG. 3

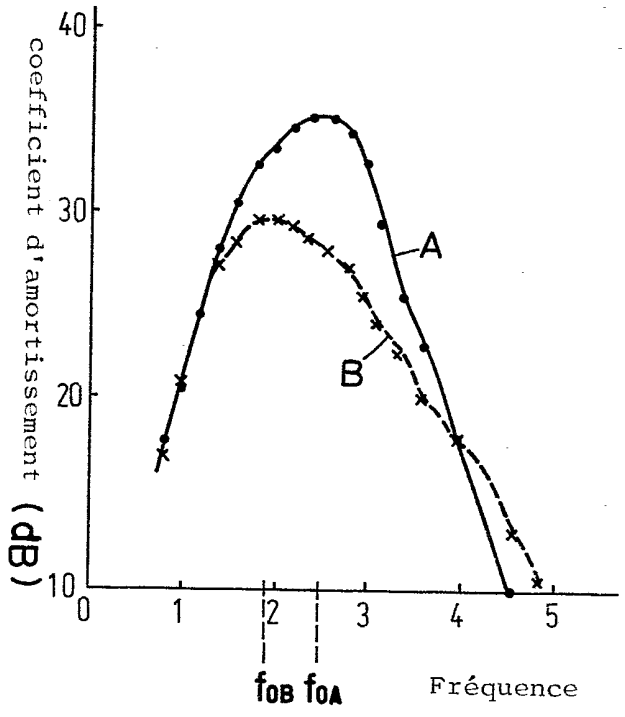

FIG. 4

