

19



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets

11

Numéro de publication:

**0 056 549  
B1**

12

**FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

45

Date de publication du fascicule du brevet:  
**27.03.85**

61

Int. Cl.4: **H 04 R 17/00**

21

Numéro de dépôt: **81402050.9**

22

Date de dépôt: **22.12.81**

54

**Structure de transducteur électromécanique.**

30

Priorité: **16.01.81 FR 8100780**

73

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

43

Date de publication de la demande:  
**28.07.82 Bulletin 82/30**

72

Inventeur: **Micheron, François, THOMSON-CSF SCPI 173, bld Haussmann, F-75360 Paris Cedex 08 (FR)**  
Inventeur: **Dubois, Jean-Claude, THOMSON-CSF SCPI 173, bld Haussmann, F-75360 Paris Cedex 08 (FR)**

45

Mention de la délivrance du brevet:  
**27.03.85 Bulletin 85/13**

74

Mandataire: **Wang, Pierre et al, THOMSON-CSF SCPI 173, Bld Haussmann, F-75379 Paris Cedex 08 (FR)**

84

Etats contractants désignés:  
**DE GB NL SE**

56

Documents cités:  
**CH - A - 587 595  
DE - A - 2 742 133  
DE - A - 2 803 168  
US - A - 3 816 774**

**EP 0 056 549 B1**

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

## Description

L'invention se rapporte à des dispositifs transducteurs utilisant des films de polymères susceptibles de présenter des phénomènes de piézoélectricité par application d'un champ de polarisation.

Il est connu de réaliser un transducteur électromécanique composé d'une feuille médiane de matière absorbant l'énergie vibratoire, sur les deux faces de laquelle adhèrent des éléments actifs constitués par un film de polymère piézoélectrique métallisé sur ses deux faces. Les métallisations intérieures sont reliées à une première borne et les métallisations extérieures sont reliées à une seconde borne. Une telle structure est mentionnée dans le document DE-A-2 803 168.

L'invention s'applique notamment à des structures composées de films polymères piézoélectriques associés à d'autres films polymères, en particulier à une structure comportant au moins une couche de polymère polaire associée à une autre couche de polymère, telle que à épaisseur égale, la réponse mécanique à une tension électrique de commande est accrue par rapport à celle que produirait un film homogène de même polymère polaire.

Certains films de polymères polaires tels que le chlorure de polyvinyle (PVC), le polyfluorure de vinyle (PVF), le polyfluorure de vinylidène (PVF<sub>2</sub>) et certains polymères comme PVF<sub>2</sub>-PTFE (polyfluorure de vinylidène - polytétrafluorure d'éthylène), sont connus pour présenter des propriétés piézoélectriques, et trouvent leurs applications dans des transducteurs et capteurs électroacoustiques par exemple.

D'une façon générale, les propriétés piézoélectriques de ces films sont décrites par une relation tensorielle entre les composantes  $P_i$  de la polarisation et les composantes  $X_{jk}$  des contraintes mécaniques. On définit alors un tenseur appelé tenseur des coefficients piézoélectriques  $D_{ijk}$ . En première approximation, dans le cas d'une polarisation rémanente uniaxiale, un polymère piézoélectrique présente des coefficients piézoélectriques d'autant plus élevés que la valeur de la polarisation rémanente est grande, et que sa souplesse mécanique, dans une direction considérée, est plus élevée.

Par exemple, dans le cas du polyfluorure de vinylidène, pour une polarisation rémanente de  $P=6.10^{-2}$  Cm<sup>-2</sup> perpendiculaire au film d'épaisseur 20 μm, on obtient un coefficient piézoélectrique dans une direction parallèle au film de 20 pCn<sup>-1</sup> et un allongement relatif dans la même direction du plan du film de 10<sup>-6</sup> par volt appliqué. On définit également, par le facteur de couplage électromécanique  $K$ , l'effet transducteur électromécanique. Plus précisément,  $K^2$  est égal au rapport de l'énergie mécanique transformée par effet piézoélectrique, à l'énergie électrique stockée.

Dans le cas du polyfluorure de vinylidène cité plus haut en exemple, le coefficient de couplage

électromécanique vaut :  $K^2=1,2 \times 10^{-2}$ .

Dans la plupart des applications de transducteurs électroacoustiques, haut parleur, écouteur, émetteur pour sonar ou échographie, la tension d'excitation disponible est limitée, mais non l'intensité.

L'intérêt de l'invention par rapport aux dispositifs existant dans l'art antérieur, réside dans le couplage maximum d'énergie électrique, à basse tension, pour en tirer le maximum d'énergie mécanique.

En effet, un dispositif monolithique possède une certaine raideur qui, lors d'une excitation électrique, contrarie les déformations mécaniques et limite donc, par ce fait, les effets piézoélectriques perçus extérieurement. On peut améliorer les résultats en augmentant la valeur de l'énergie électrique cédée au dispositif. Pour un même matériau piézoélectrique, cet effet peut s'effectuer en réduisant l'épaisseur du film piézoélectrique mais dans ce cas, la résistance mécanique du dispositif n'est plus satisfaisante.

Un dispositif conforme à l'invention permet de conserver une bonne résistance mécanique, étant donné que l'épaisseur totale des matériaux est inchangée, d'augmenter notablement les effets piézoélectriques en réduisant l'influence de la raideur inhérente aux couches piézoélectriques utilisées et de délivrer plus d'énergie électrique aux couches actives du dispositif.

La présente demande de brevet concerne une structure comprenant au moins un film piézoélectrique dans lequel l'allongement relatif par volt appliqué, ainsi que l'énergie mécanique fournie par volt appliqué, sont supérieurs à ceux du polymère polaire homogène de même épaisseur.

En conséquence, l'invention a pour objet une structure de transducteur électromécanique composée d'un élément sustentateur passif encadré par deux films polymères actifs en matériau piézoélectrique ayant des faces internes qui adhèrent aux faces porteuses dudit élément sustentateur et des faces externes revêtues d'électrodes; une liaison électrique équipotentielle étant établie entre lesdites faces porteuses, caractérisé en ce que lesdites faces porteuses sont les faces d'un film en matériau polymère assurant par conductivité électrique propre ladite liaison électrique équipotentielle; ledit matériau polymère offrant une rigidité mécanique inférieure à celle dudit matériau piézoélectrique.

L'invention sera mieux comprise à l'aide de la description suivante et des figures annexées parmi lesquelles:

la figure 1 représente les comportements respectifs d'un dispositif transducteur suivant l'art antérieur et d'un dispositif suivant l'invention;

la figure 2 représente un mode de réalisation d'un dispositif conforme à l'invention;

la figure 3 est une variante de la figure 2;

la figure 4 représente l'évolution des caractéristiques d'un dispositif selon l'invention.

La figure 1 représente les comportements, lors de sollicitations extérieures électriques, d'un dispositif transducteur suivant l'art antérieur, et d'un dispositif suivant l'invention.

Un dispositif selon l'art antérieur est représenté dans la partie gauche de la figure, celui conforme à l'invention était représenté dans la partie droite.

Un dispositif, tel qu'il existe dans l'art antérieur est constitué d'un film monolithique de matériau piézoélectrique, par exemple un polymère, tel que le montre la figure 1a. Pour visualiser les effets de déformation mécanique, on imagine une ligne de séparation 14 qui limite deux couches (10 et 11) dans le film.

Un dispositif conforme à l'invention, qui sera décrit plus précisément dans la suite de la description, comporte un film sustentateur 1 de matériau souple non piézoélectrique, enserré entre deux films de matériaux piézoélectriques 3 et 3', comme il est indiqué figure 1b. Les films 3 et 3' sont mécaniquement solidaires du film 1.

Lorsque, par l'intermédiaire d'électrodes appropriées, les couches piézoélectriques travaillent en flexion, comme il est représenté sur la figure 1c par un dispositif de l'art antérieur et sur la figure 1d par un dispositif selon l'invention, on voit que les différences d'épaisseur globales des films, ainsi que les différences de rigidité au niveau de la séparation des différentes couches, permettent d'obtenir un couple moteur plus important dans le dispositif selon l'invention en supposant que la tension d'excitation soit exclusivement appliquée aux couches 3 et 3'.

Lors d'un travail en traction compression d'un dispositif selon l'art antérieur, comme il est montré figure 1e, la raideur du matériau limite les effets mécaniques dûs aux excitations électriques. On peut alors songer à réduire l'épaisseur du film pour augmenter l'énergie électrique cédée, sous des valeurs de tension identique, mais dans ce cas la résistance mécanique devient insuffisante.

Le même effet sur un dispositif conforme à l'invention est montré figure 1f. L'épaisseur des films piézoélectriques 3 et 3' peut être réduite notablement, car la résistance mécanique globale est renforcée par la présence du film sustentateur 1. L'énergie électrique cédée à ce film sustentateur doit être nulle, ce qui peut se réaliser en métallisant les surfaces de contact entre les couches 1 et 3 et les couches 1 et 3' puis en réunissant électriquement ces métallisations. Outre cette condition, il est prévu que la souplesse mécanique du film sustentateur soit supérieure à celle des polymères piézoélectriques utilisés afin que les allongements engendrés par ceux-ci ne soient pas fortement réduits par la nécessité d'allonger l'élément sustentateur.

La figure 2 représente un mode de réalisation d'un dispositif conforme à l'invention.

Une couche de matériau souple 6, qui est un polymère, reçoit sur chacune de ses deux faces principales des couches 3 et 3' de polymère piézoélectrique, par exemple le polyfluorure de vi-

nylédène PVF<sub>2</sub>. Chacune de ces couches est recouverte d'une électrode 4 et 4', reliées respectivement par les connexions 5 et 5', à un générateur électrique délivrant une tension V. L'énergie électrique délivrée par ce générateur électrique est uniquement fournie aux couches actives 3 et 3'. A tension égale, l'énergie mécanique transformée est plus importante que dans un dispositif de polymère piézoélectrique de même épaisseur, puisque la capacité des couches piézoélectriques est plus forte, du fait de la réduction d'épaisseur. Selon un mode de réalisation particulièrement avantageux, on adopte une structure symétrique qui assure à l'ensemble une forme stable lors des effets de dilatation thermique.

Sur la figure 2, la couche 6 est faite d'un polymère conducteur.

De tels polymères conducteurs sont préparés en général à partir d'un élastomère, dans lequel sont incluses des particules de carbone, ou de métaux:cuivre, cuivre argenté . . .

Il faut noter que dans le cas de la figure 2, les polarisations rémanentes des couches piézoélectriques 3 et 3' sont orientées dans le même sens pour obtenir des effets de traction compression les plus intenses; compte-tenu que les champs électriques de commande sont de même sens. Cependant, en inversant l'une des polarisations on peut obtenir un fonctionnement en flexion.

La figure 3 est une variante de la figure 2.

Le polymère conducteur fait donc office d'électrode pour les couches piézoélectriques 3 et 3'.

Dans le dispositif de la figure 3, les polarisations rémanentes des couches 3 et 3' doivent être de sens contraire, pour des effets de traction-compression.

La figure 4 représente l'évolution des caractéristiques d'un dispositif selon l'invention. Pour un fonctionnement en flexion, il suffit de changer le sens d'une polarisation. Le gain en allongement relatif d'un film composite par rapport à un film homogène est représenté par l'ordonnée G de la courbe de la figure 4. La grandeur en abscisse  $\Phi$  représente le rapport de la somme des épaisseurs des films piézoélectriques 3 et 3', à l'épaisseur totale de la structure stratifiée.

Le coefficient  $\sigma$  représente le rapport de souplesse du matériau actif piézoélectrique composant les couches 3 à 3', à la souplesse de matériau élastique, composant la couche 1 ou 6.

La figure 4 montre la variation du gain en fonction du rapport des épaisseurs  $\Phi$ , suivant certaines valeurs du coefficient  $\sigma$ . On constate que si  $\sigma=1$ , le gain G est minime quelle que soit la valeur de la grandeur  $\Phi$ .

Les courbes sont difficilement exploitables en pratique pour les différences trop grandes entre souplesses et épaisseurs des matériaux. Elles sont alors indiquées en lignes pointillées dans ces régions.

Un exemple de dispositif selon l'invention peut être réalisé de la façon suivante, à titre non

limitatif.

Les couches piézoélectriques sont du polyfluorure de vinylidène PVF<sub>2</sub> déposées sur le polymère intermédiaire par trempage. Le PVF<sub>2</sub> est mis en solution dans le diméthyl formamide DMF à raison de 100 à 200 g/l. Le film de polymère intermédiaire est enrobé par passage dans une cuve de solution PVF<sub>2</sub> + DMF. Le solvant est évaporé à la température de 70 à 80°C par jets d'air chaud, ou rayonnement de résistances électriques. La basse température favorise l'apparition de la phase  $\gamma$  non orientée. Le film peut ensuite être étiré, d'un facteur 2 à 3 à 90 – 100°C: la phase  $\gamma$  est donc transformée en phase  $\beta$  orientée; si le film composite n'est pas étiré, ses propriétés mécaniques et piézoélectriques seront isotropes dans son plan. Le film composite est ensuite métallisé sur ses deux faces, en utilisant par exemple le dépôt d'Aluminium sous vide. Il est ensuite polarisé entre ces dernières électrodes, par application d'un champ électrique de 0,5 à 1 MV/cm dans les couches de PVF<sub>2</sub>, à 80°C pendant quelques minutes: la configuration de polarisation dépend essentiellement des résultats que l'on désire obtenir. Le générateur de tension des figures 2 et 3 est alors remplacé par un générateur de tension de polarisation. Les épaisseurs de couches piézoélectriques réalisables sont supérieures ou égales à 1  $\mu$ m. Dans le cas décrit, utilisant un polymère intermédiaire conducteur, on peut utiliser les mêmes polymères, chargés en particules de carbone ou de métal.

Le matériau souple a été spécialement décrit comme un polymère ayant une faible raideur. On peut également employer sans sortir du cadre de l'invention, d'autres matériaux extensibles.

L'invention concerne toutes les applications des films piézoélectriques et des transducteurs, notamment électroacoustiques comme les haut-parleurs, écouteurs, émetteurs divers.

### Revendications

1. Structure de transducteur électromécanique composé d'un élément sustentateur passif (6) encadré par deux films polymères actifs (3, 3') en matériau piézoélectrique ayant des faces internes qui adhèrent aux faces porteuses dudit élément sustentateur et des faces externes revêtues d'électrodes (4, 4'); une liaison électrique équipotentielle étant établie entre lesdites faces porteuses, caractérisé en ce que lesdites faces porteuses sont les faces d'un film (6) en matériau polymère assurant par conductivité électrique propre ladite liaison électrique équipotentielle; ledit matériau polymère offrant une rigidité mécanique inférieure à celle dudit matériau piézoélectrique.

2. Structure suivant la revendication 1, caractérisée en ce que lesdites électrodes (4, 4') sont constituées par des métallisations situées exclusivement sur lesdites faces externes.

3. Structure selon la revendication 2, caracté-

sée en ce que lesdites métallisations sont interconnectées électriquement; ledit film (6) constituant une contre-électrode commune desdits films polymères actifs (3, 3').

4. Structure selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que ledit matériau polymère est un polymère chargé en particules de carbone ou de métal.

5. Structure selon la revendication 1, caractérisée en ce que les polarisations rémanentes desdits films polymères actifs sont de même direction et de même sens.

6. Structure selon la revendication 1, caractérisée en ce que les polarisations rémanentes desdits films polymères actifs sont de même direction et de sens contraire.

7. Structure selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérisée en ce que ledit matériau polymère piézoélectrique est le polyfluorure de vinylidène.

### Patentansprüche

1. Elektromechanische Wandlerstruktur, die zusammengesetzt ist aus einem passiven Stützelement (6), welches von zwei aktiven Polymerfilmen (3, 3') aus piezoelektrischem Material eingerahmt ist, deren Innenflächen an den Trägerflächen des genannten Stützelementes anhaften und deren Außenflächen von Elektroden (4, 4') bedeckt sind; wobei eine elektrische Äquipotentialverbindung zwischen den genannten Trägerflächen hergestellt ist, dadurch gekennzeichnet, daß die genannten Trägerflächen die Flächen eines Films (6) aus einem Polymermaterial sind, welches durch elektrische Eigenleitfähigkeit die elektrische Äquipotentialverbindung gewährleistet; wobei dieses Polymermaterial eine mechanische Steifigkeit bietet, die geringer als die des piezoelektrischen Materials ist.

2. Struktur nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die genannten Elektroden (4, 4') durch Metallisierungen gebildet sind, welche ausschließlich auf den genannten Außenflächen liegen.

3. Struktur nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die genannten Metallisierungen elektrisch miteinander verbunden sind; wobei der Film (6) eine gemeinsame Gegenelektrode der genannten aktiven Polymerfilme (3, 3') bildet.

4. Struktur nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Polymermaterial ein Polymer mit einem Zuschlag aus Kohlenstoff- oder Metallteilchen ist.

5. Struktur nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die remanenten Polarisierungen der genannten aktiven Polymerfilme dieselbe Richtung und denselben Sinn haben.

6. Struktur nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die remanenten Polarisierungen der genannten aktiven Polymerfilme dieselbe Richtung und entgegengesetzten Sinn haben.

7. Struktur nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das ge-

nannte piezoelektrische Polymermaterial Polyvinylidenfluorid ist.

### Claims

1. Electromechanic transducer structure composed of a passive suspension member (6) framed by two active polymer films (3, 3') of piezoelectric material having internal faces adhering to the supporting faces of said suspension member and external faces covered with electrodes (4, 4'); an electric equipotential connection being established between said supporting faces, characterized in that said supporting faces are the faces of a film (6) of a polymer material assuring said electric equipotential connection by its inherent electric conductivity; said polymer material offering a mechanical rigidity lower than that of said piezoelectric material. 5
2. Structure according to claim 1, characterized in that said electrodes (4, 4') are formed of metallizations exclusively lying on said external faces. 10
3. Structure according to claim 2, characterized in that said metallizations are electrically interconnected; said film (6) forming a common counterelectrode of said active polymer films (3, 3'). 15
4. Structure according to any of claims 1 to 3, characterized in that said polymer material is a polymer loaded with carbon or metal particles. 20
5. Structure according to claim 1, characterized in that the remanent polarizations of said active polymer films have the same direction and the same sense. 25
6. Structure according to claim 1, characterized in that the remanent polarizations of said active polymer films have the same direction and opposite senses. 30
7. Structure according to any of the preceding claims, characterized in that said piezoelectric polymer material is polyvinylidene fluoride. 35

45

50

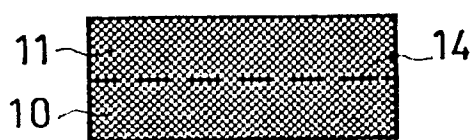
55

60

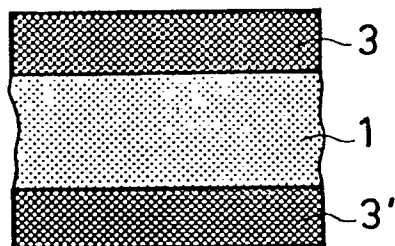
65

5

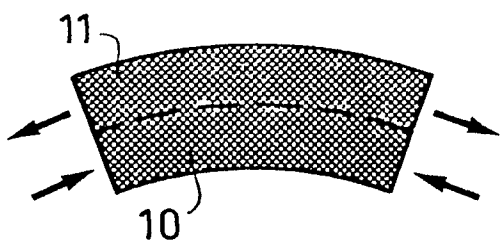
FIG. 1



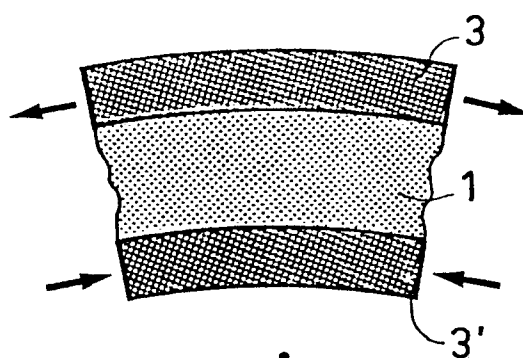
a



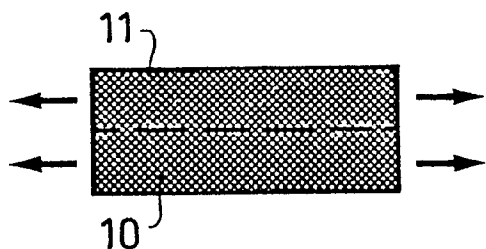
b



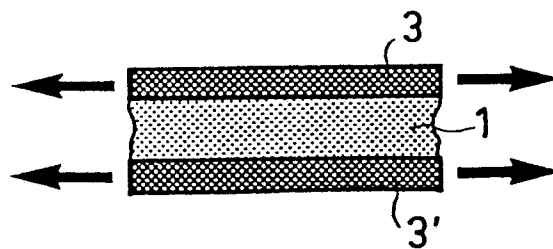
c



d



e



f

FIG. 2

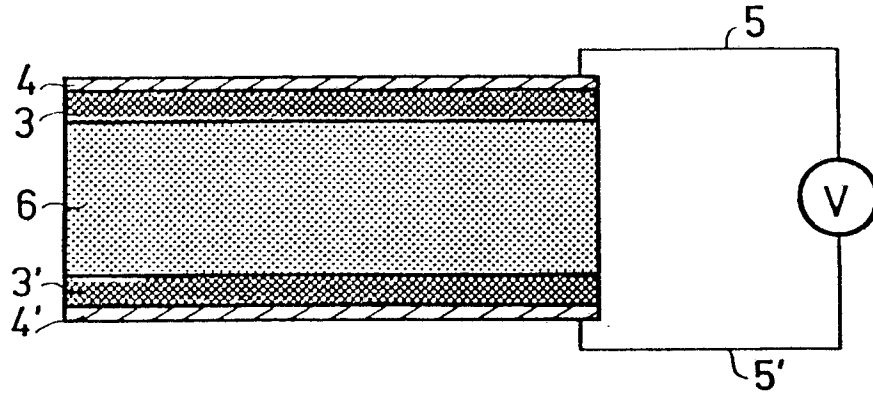


FIG. 3

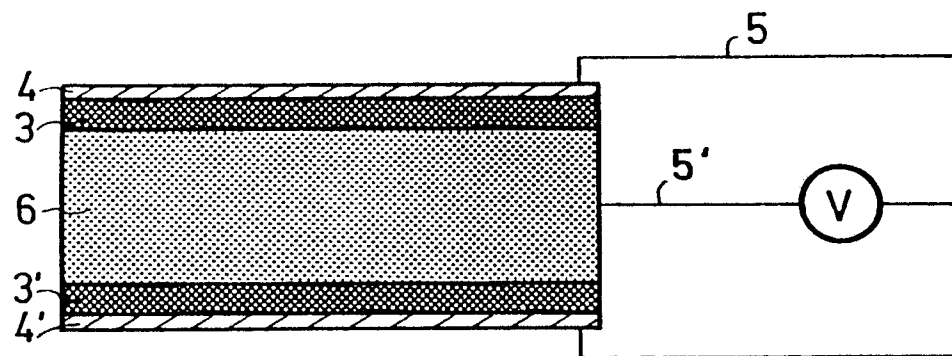


FIG. 4

