

(12)

**DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(21) Numéro de dépôt: 81402050.9

(51) Int. Cl.<sup>3</sup>: H 04 R 17/00

(22) Date de dépôt: 22.12.81

(30) Priorité: 16.01.81 FR 8100780

(43) Date de publication de la demande:  
28.07.82 Bulletin 82/30

(84) Etats contractants désignés:  
DE GB NL SE

(71) Demandeur: THOMSON-CSF  
173, Boulevard Haussmann  
F-75360 Paris Cedex 08(FR)

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

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

(74) Mandataire: Wang, Pierre et al,  
THOMSON-CSF SCPI 173, Bld Haussmann  
F-75360 Paris Cedex 08(FR)

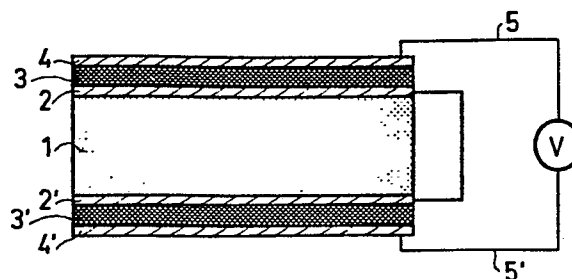
(54) Structure de transducteur électromécanique.

(57) L'invention se rapporte aux transducteurs piézoélectriques utilisant des films de matériaux susceptibles de présenter des effets de piézoélectricité par application d'un champ de polarisation.

L'invention a pour objet un film composite dans lequel une couche de matériau souple (1), dont les faces sont métallisées (2, 2') et réunies électriquement est enserré entre deux couches de matériau piézoélectrique (3, 3').

L'invention s'applique notamment aux matériaux polymère et couvre tous les domaines de l'électroacoustique.

**FIG. 2**



## STRUCTURE DE TRANSDUCTEUR ELECTROMECHANIQUE

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.

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 ( $PVF_2$ ) et certains polymères comme  $PVF_2$  - 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  $P = 6.10^{-2} \text{ Cm}^{-2}$  perpendiculaire au film d'épaisseur 20  $\mu\text{m}$ , on obtient un coefficient piézoélectrique dans une direction parallèle au film de 20  $\text{pCN}^{-1}$  et un allongement relatif dans la même direction du plan du film de  $10^{-6}$  par volt appliqué. On définit également, par le facteur de couplage électromécanique  $K$ , l'effet transducteur électro-

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

5 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  
10 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  
15 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  
20 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  
25 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 comprenant des électrodes entre lesquelles est appliquée une tension électrique et au moins un film polymère piézoélectrique,  
30 caractérisée en ce que ledit film coopère avec au moins un élément présentant une rigidité moindre que celle dudit film ; la tension appliquée entre lesdites électrodes agissant exclusivement sur ledit film.

A titre d'exemple non limitatif, l'élément sustentateur est un film doté d'une grande souplesse mécanique, métallisé sur ses deux faces. Les métalli-

sations sont électriquement réunies afin de ne créer aucune chute de tension entre les faces ; sur ces métallisations, sont déposées des couches de polymère piézoélectrique soumises à la totalité de la tension électrique appliquée à des électrodes externes.

5 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  
10 à l'invention ;

- la figure 3 représente une variante de réalisation d'un dispositif conforme à l'invention ;

- la figure 4 est une variante de la figure 2 ;

- la figure 5 est une variante de la figure 3 ;

- la figure 6 représente l'évolution des caractéristiques d'un dispositif  
15 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.

20 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  
25 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  
3) souple non piézoélectrique, enserré entre deux films de matériaux piézo-électriques 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  
5 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  
10 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  
15 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  
20 prévu que la souplesse mécanique du film sustentateur soit inférieure 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  
25 à l'invention.

Une couche de matériau souple 1, qui peut être un polymère, est métallisée sur ses deux faces principales 2 et 2' réunies électriquement. Sur chacune de ces métallisations, on dépose une couche de polymère piézoélectrique 3 et 3', par exemple le polyfluorure de vinylidène  $PVF_2$ . Chacune  
30 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, par le biais des métallisations 2 et 2', 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  
5 lors des effets de dilatation thermique.

La figure 3 représente une variante de réalisation d'un dispositif conforme à l'invention dans le sens où la couche 1 et les métallisations 2 et 2' sont remplacées par une couche unique de polymère conducteur 6. Il est en effet avantageux de remplacer le matériau métallisé par un polymère  
10 conducteur de même souplesse. Ces 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 des figures 2 et 3, les polarisations rémanentes des couches piézoélectriques 3 et 3' sont orientées dans le même  
15 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 4 représente une variante de la figure 2. Le film composite  
20 est identique à celui décrit plus haut et les références sont les mêmes. On peut accroître l'énergie électrique fournie pour une tension donnée V, donc l'énergie mécanique transformée, en appliquant cette tension en parallèle sur les couches piézoélectriques comme il est indiqué par l'intermédiaire des connexions 5 et 5'.

25 La figure 5 est une variante de la figure 2 dans les mêmes conditions que la figure 4. Ce polymère conducteur fait donc office d'électrode pour les couches piézoélectriques 3 et 3'.

Dans les dispositifs de la figure 4 et celui de la figure 5, les polarisations remanentes des couches 3 et 3' doivent être de sens contraire,  
30 par des effets de traction -compression.

La figure 6 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 6. 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  
 5 piézoélectrique composant les couches 3 à 3', à la souplesse de matériau élastique, composant la couche 1 ou 6.

La figure 6 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  $\phi$ .

10 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.

15 Les couches piézoélectriques sont du polyfluorure de vinylidène  $PVF_2$  déposées sur le polymère intermédiaire par trempage. Le  $PVF_2$  est mis en solution dans le dyméthyl formamide DMF à raison de 100 à 200 g/l. Le film de polymère intermédiaire est enrobé par passage dans une cuve de solution  $PVF_2 + DMF$ . Le solvant est évaporé à la température de 70 à 80° C par jets  
 20 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  
 25 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  $PVF_2$ , à 80° C pendant quelques minutes : la configuration de polarisation dépend essentiellement des résultats que l'on  
 30 désire obtenir. Le générateur de tension des figures 2 à 5 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 de la variante décrite, 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, tous les matériaux extensibles comme des mousses par  
5 exemple.

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 comprenant au moins deux électrodes de commande (4, 4') et au moins un film polymère piézoélectrique (3, 3'), caractérisée en ce qu'elle comporte un film sustentateur (16) accolé audit film polymère piézoélectrique ; ledit film sustentateur (16) étant fait d'un matériau non piézoélectrique ayant une rigidité mécanique inférieure à celle dudit film piézoélectrique ; l'ensemble comprenant ledit film sustentateur et ledit film polymère piézoélectrique étant disposé entre lesdites électrodes ; les faces dudit film sustentateur étant maintenues équipotentiellles par un moyen électriquement conducteur.

2. Structure suivant la revendication 1, caractérisée en ce que le film sustentateur (1, 6) est un polymère électriquement conducteur.

3. Structure suivant la revendication 1, caractérisée en ce que ledit film sustentateur (6) est une couche de matériau polymère dont les faces sont revêtues de métallisation (2, 2') électriquement interconnectées.

4. Structure suivant l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisée en ce qu'elle comprend au moins deux films polymères piézoélectriques (3, 3') encadrant ledit film sustentateur (1, 6) ; lesdites électrodes (4, 4') encadrant lesdits films de matériau polymère piézoélectrique (3, 3').

5. Structure suivant la revendication 4, caractérisée en ce que les polarisations rémanentes des couches piézoélectriques sont de même direction et de même sens.

6. Structure suivant la revendication 4, caractérisée en ce que les polarisations rémanentes des couches piézoélectriques sont de même direction et de sens contraire.

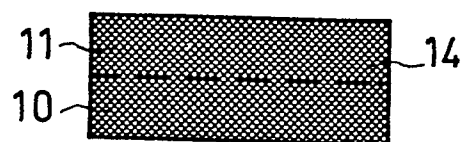
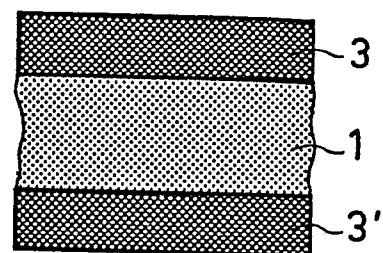
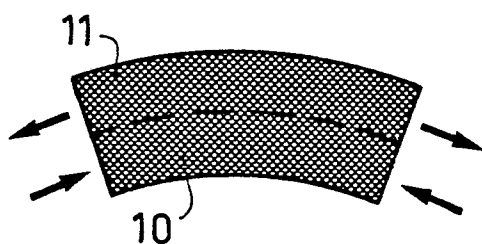
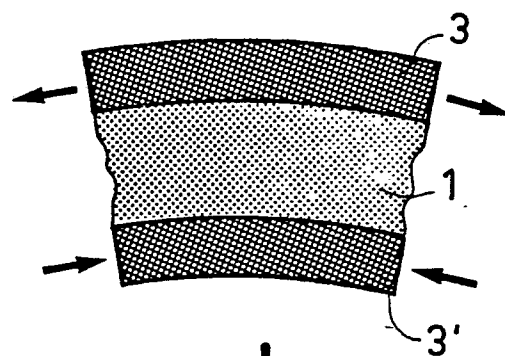
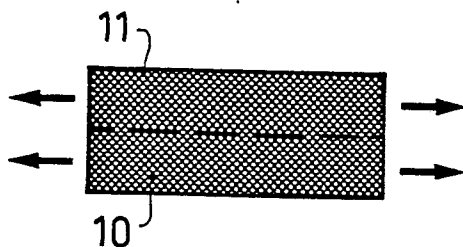
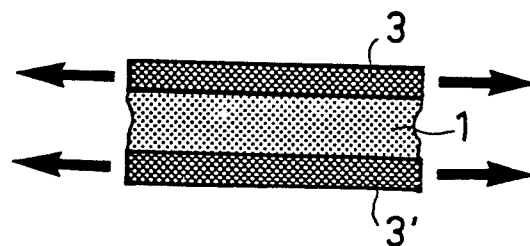
7. Structure suivant l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisée en ce que le film polymère piézoélectrique est le polyfluorure de vinylidène.

8. Structure suivant la revendication 3, caractérisée en ce que lesdites électrodes (4, 4') sont reliées à une première borne (5) ; lesdites métallisations (2, 2') sont reliées à une seconde borne (5') ; deux films polymères piézoélectriques encadrant ledit film sustentateur et étant encadrés par lesdites électrodes.

9. Structure suivant la revendication 2, caractérisée en ce que lesdites électrodes (4, 4') sont reliées à une première borne (5) ; le polymère conducteur central (6) étant relié à une seconde borne (5') ; deux films polymères piézoélectriques encadrant ledit film sustentateur et étant encadrés par lesdites électrodes.

1/4

FIG. 1

**a****b****c****d****e****f**

2/4

FIG. 2

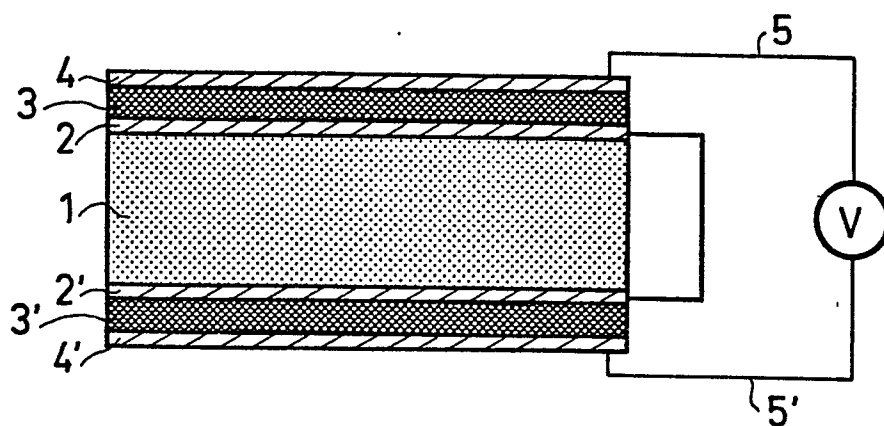
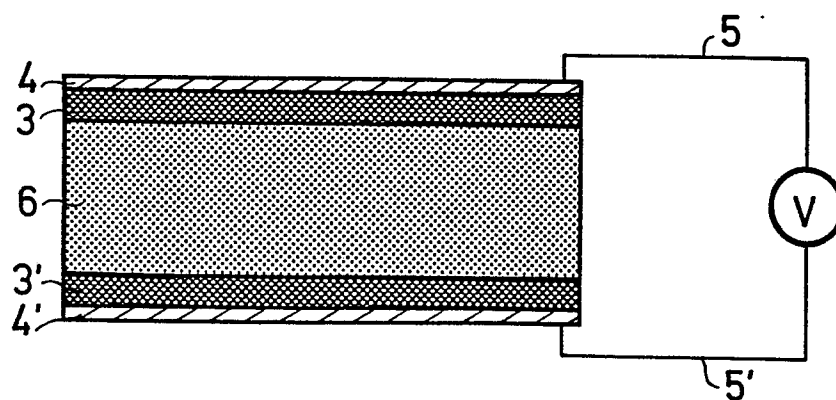


FIG. 3



3/4

FIG. 4

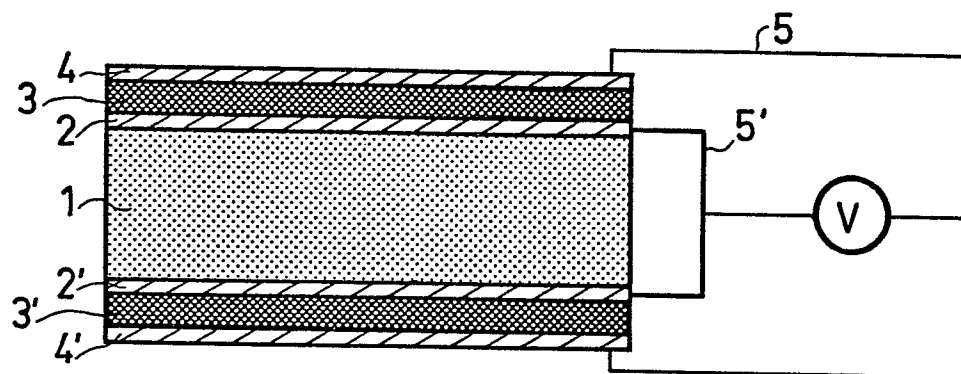
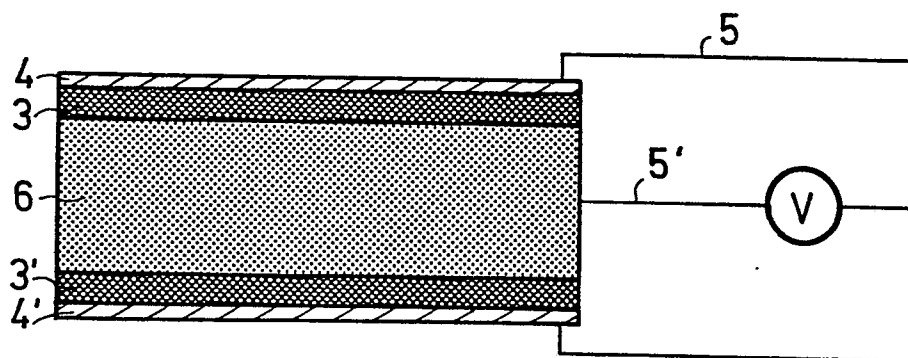


FIG. 5



4/4

FIG. 6

