(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication : **2 556 165**
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national : **84 18224**

(51) Int Cl⁴ : H 04 R 17/00, 1/44.

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) Date de dépôt : 29 novembre 1984.

(30) Priorité : US, 2 décembre 1983, n° 557,769.

(43) Date de la mise à disposition du public de la demande : BOPI « Brevets » n° 23 du 7 juin 1985.

(60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

(71) Demandeur(s) : *Société dite : RAYTHEON COMPANY.* — US.

(72) Inventeur(s) : Donald Ricketts.

(73) Titulaire(s) :

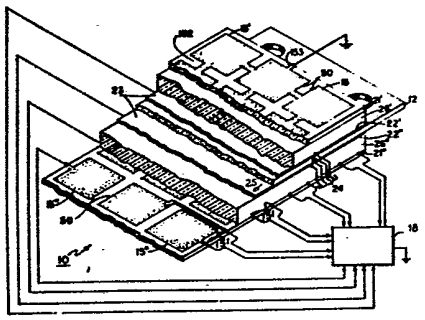
(74) Mandataire(s) : Cabinet Lavoix.

(54) Réseau d'hydrophones en polymère à couches multiples.

(57) L'invention concerne un réseau d'hydrophones en un polymère de fluorure de polyvinylidène piézo-électrique en couches multiples.

Le réseau comporte une couche support 12 sur les deux faces de laquelle sont collées des couches piézo-électriques 22′, 22′′. Sur ces dernières, sont à nouveau collées des couches d'amortissement 26′, 26′′ qui supportent à leur tour des couches piézo-électriques 21′, 21′′. Des électrodes métalliques 15′, 15′′ définissent les transducteurs du réseau.

L'invention s'applique notamment à des hydrophones remorqués ou fixés sur la coque d'un navire.



FR 2 556 165 - A1

La présente invention se rapporte aux réseaux d'hydrophones et concerne plus particulièrement un réseau d'hydrophones en polymère piézo-électrique (polymère de fluorure de polyvinylidène à couches multiples.

Dans la technique antérieure, des céramiques piézo-électriques, particulièrement des zirconates-titanates de plomb ont été couramment utilisées comme des matières de transducteurs dans des hydrophones et des projecteurs. La piézo-céramique offre une souplesse considérable dans la réalisation des hydrophones car elle peut être faite dans une large variété de formes comme des cylindres, des anneaux, des plaques et des hémisphères. Bien que la céramique puisse être réalisée en différentes formes, il existe des contraintes pratiques sur les dimensions maximales qui peuvent être fabriquées en une seule pièce. Cela est une conséquence de la nature dure et cassante des matières piézo-céramiques. Les dimensions maximales limitées, la rigidité de la céramique et sa densité massique élevée - qui est presque égale à la densité de l'acier - sont des inconvénients dans certaines applications ; par exemple, des réseaux remorqués et des réseaux à grande ouverture montés sur coque utilisés dans des navires.

Le polymère de fluorure de polyvinylidène piézo-électrique, un développement récent dans de nouvelles matières des transducteurs, élimine ces contraintes et a conduit au développement d'hydrophones légers et souples. Tel qu'il est utilisé selon l'invention, le polymère de fluorure de polyvinylidène piézo-électrique peut être fabriqué sous forme de longues bandes pour l'application à des réseaux remorqués ou de grandes feuilles planes destinées à des réseaux à large ouverture. La plus faible densité et la souplesse mécanique de ce polymère se sont déjà avérées avantageuses

dans son utilisation dans des réseaux remorqués en minces lignes, dans lesquelles les hydrophones doivent être longs, minces, souples et légers. Un hydrophone de grande longueur réduit les bruits associés avec le phénomène de couches limites turbulentes par le procédé de moyennes spatiales. Ce procédé tire profit de la vitesse de bruit d'écoulement inférieur à la vitesse du son du signal dont il résulte une discrimination du bruit de couche limite turbulente, mais non du signal. Les éléments d'hydrophones de réseaux à larges ouvertures peuvent aussi avoir de grandes dimensions latérales, être légers, minces, semi-flexibles et capables de discriminer les bruits des couches limites turbulentes d'ondes d'ordres supérieurs . Les hydrophones en réseaux à large ouverture montés sur coque, doivent aussi être capables de discriminer les bruits des vibrations de la coque d'ondes d'ordres moyens, comme selon l'invention.

En raison de sa légèreté et de sa souplesse mécanique, ce polymère résiste mieux aux chocs que la piézo-céramique. Egalement, la souplesse mécanique du polymère permet que cette matière épouse des formes irrégulières, ce qui permet de nouveaux types de réalisation d'hydrophones. En outre, l'impédance caractéristique du polymère est mieux adaptée à celle de l'eau. Le polymère présente également l'avantage d'avoir de hautes constantes de contraintes piézo-électriques.

Une pellicule de polymère piézo-électrique est actuellement fabriquée en fluorure de polyvinylidène. Une opération de polarisation doit être utilisée pour que le polymère soit rendu piézo-électrique. Cette opération consiste en un allongement uni-axial de la pellicule à température élevée, jusqu'à plusieurs fois sa longueur initiale. Dans un procédé de polarisation, les deux surfaces de la pellicule sont métallisées,

et un champ continu électrique élevé est appliqué aux électrodes et maintenu pendant environ 1 heure à 100°C. Ensuite, un refroidissement à la température ambiante sous l'effet du champ appliqué, entraine une polarisation permanente.

L'invention concerne donc un réseau d'hydrophones en polymère de fluorure de polyvinylidène piézo-électrique à couches multiples qui consiste en plusieurs couches de matières disposées symétriquement de chaque côté de la couche médiane. La rigidité de structure est assurée par la couche médiane pour éviter les modes de flexion dans la bande des fréquences de fonctionnement. Le montage du réseau sur la couche médiane conduit à une configuration équilibrée en inertie pour l'annulation des accélérations. Les couches extérieures du réseau à couches multiples consistent dans des couches de polymères de fluorure de polyvinylidène piézo-électriques, avec des couches intermédiaires qui découplent les couches de polymères par rapport à la couche support médiane. Une configuration de métallisation sur les surfaces des couches continues de polymère de fluorure de polyvinylidène piézo-électrique définit la géométrie du réseau d'hydrophones, et le nombre des éléments.

L'invention tire profit des propriétés uniques du polymère de fluorure de polyvinylidène piézo-électrique et du fait qu'il peut être réalisé en grandes feuilles continues. L'invention apporte à la fois de meilleures performances et une plus grande simplicité de réalisation. Les caractéristiques essentielles de l'invention sont : (1) des éléments d'hydrophones multiples de grandes surfaces, étroitement espacés sur une feuille continue de polymère de fluorure de polyvinylidène piézo-électriques avec les avantages associés de la moyenne spatiale

pour la réduction des bruits ; (2) une couche de détection indépendante fixée sur la couche de support de structure médiane du réseau qui peut être utilisée pour l'annulation des bruits ; (3) des couches intermédiaires entre les couches extérieures de fluorure de polyvinylidène pour assurer l'isolement des couches extérieures de détection de signaux et de la couche support, et permettant en outre un contrôle d'impédance de l'ensemble des couches ; (4) une configuration d'inertie équilibrée pour l'annulation des accélérations par une connexion électrique appropriée des couches extérieures de fluorure de polyvinylidène, et (5) un fonctionnement en mode hydrostatique.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront au cours de la description qui va suivre.

Aux dessins annexés donnés uniquement à titre d'exemples nullement limitatifs :

La figure 1 est une vue en perspective d'un réseau de transducteurs réalisés selon l'invention,

La figure 2 est une vue en coupe de la figure 1 suivant les lignes II-II,

La figure 3 est une vue en perspective d'un autre mode de réalisation de l'invention, et

La figure 4 est une coupe du mode de réalisation de la figure 3, suivant la ligne IV-IV.

La figure 1 est une vue en perspective d'un réseau 10 selon un mode de réalisation de l'invention. L'ensemble de réseau 10 comporte une couche centrale de raidissement et de support 12 qui se prolonge à chaque extrémité pour former un support de montage 11 par lequel l'ensemble 10 peut être fixé au moyen d'un montage absorbant les vibrations sur une structure de support (non représentés). Un montage pour réduire les vibrations transmises par

la structure à un transducteur est bien connu dans la technique antérieure. La structure de réseau 10 comporte également des couches composites 14', 14" respectivement au-dessus et au-dessous de la couche support 12. Des électrodes 15' et des électrodes opposées correspondantes 15" sur l'autre côté des couches 14', 14" (non représentées sur la figure 1) forment des éléments transducteurs 16 qui sont connectés par des fils 17 à un circuit conventionnel 18 de formation de faisceau. Seules les régions ou électrodes 15' conductrices de l'électricité sur la surface extérieure de la couche 14' sont représentées sur la figure 1 mais il est bien entendu qu'une configuration correspondante d'électrodes 15', 15", apparaît sur les surfaces extérieure et intérieure de l'autre couche composite 14" bien que n'apparaissant pas sur la vue en perspective de la figure 1.

La figure 2 est une coupe suivant les lignes II-II d'un mode modifié de réalisation du réseau 10 de la figure 1, la coupe étant décalée dans la direction longitudinale de chaque couche pour illustrer plus clairement l'invention. Le mode de réalisation de la figure 2 comporte trois couches 21', 22', 26' formant la couche composite 14'. La couche composite 14" est identique à la couche 14'. La couche support centrale assure la rigidité de structure pour éviter les modes de flexion dans la bande de fréquence de fonctionnement du réseau transducteur 10. La couche 12 constitue également une structure de montage du réseau d'hydrophones 10 pour former une configuration équilibrée en inertie annulant les accélérations. Une matière qui convient pour la couche support 12 est une résine renforcée de fibres de verre, disponible dans le commerce sous le type G-10. La haute rigidité et la faible densité de la couche 12 de résine renforcée de

fibres de verre entraine que le réseau résiste aux contraintes de flexion et contribue également à la légèreté du réseau. Mais d'autres matières plastiques possédant ces propriétés et des métaux comme l'aluminium ou l'acier peuvent convenir dans d'autres modes de réalisation.

Les couches extérieures 21', 21" consistent dans des pellicules épaisses de polymère de fluorure de polyvinylidène piézo-électriques avec une sensibilité maximale aux contraintes dans la direction transversale par rapport au plan. Les couches 21', 21", constituent les couches principales, actives électromécaniquement du réseau d'hydrophones 10. Les électrodes 15', les électrodes correspondantes 15" sur les surfaces intérieures des couches 21', 21" (représentées sur la figure 2 sur la surface intérieure de la couche de polymère 21") avec les couches intermédiaires 21', 21" de polymère de fluorure de polyvinylidène piézo-électrique forment les éléments transducteurs 50 du réseau 10. Les régions correspondantes 15" des couches 21', 21" sont connectées en parallèle et à des circuits de formation de faisceau comme des réseaux de transducteurs conventionnels. Les électrodes extérieures 15' des couches 21', 21" sont connectées ensemble par les conducteurs électriques 152 et sont également connectées à la masse par un conducteur 153 pour former ainsi un écran qui évite que des signaux parasites soient captés par les électrodes intérieures 15". En variante, les électrodes 15', peuvent, comme le montre la figure 1, être connectées par des connecteurs individuels 17 à un circuit de formation de faisceau 18 dans lequel elles sont mises à la masse. Cette autre connexion des fils 17 réduit au minimum le problème de transmodulation qui apparaît quelquefois lorsqu'un fil de masse commun est utilisé, comme cela est connu dans la

technique antérieure. Les signaux produits par les électrodes 15" du réseau 10 sont délivrés par des fils 151 à la périphérie du réseau, dont les connexions électriques peuvent être établies avec un circuit conventionnel de formation de faisceau. Les électrodes 15', 15" et les fils 151, 152, 153 sont formés par gravure sélective de la pellicule commercialisée de polymère de fluorure de polyvinylidène métallisé, utilisée pour les couches 21', 21". Etant donné que ces couches de polymère 21', 21" doivent être sensibles aux variations de pression exercées sur leurs surfaces extérieures, ce polymère doit être fabriqué d'une manière connue de manière que l'axe le plus sensible de piézo-électricité se trouve dans la direction transversale par rapport au plan de chaque couche 21', 21" et elles doivent avoir une épaisseur maximale (une épaisseur de 1mm est actuellement disponible) pour une sensibilité maximale à l'incidence normale de la pression acoustique qu'il y a lieu de détecter.

Les couches 22', 22" de polymère de fluorure de polyvinylidène piézo-électrique en pellicules minces sont fixées sur les faces opposées de la couche support 12. Chaque couche de polymère 22', 22", comporte sur chacune de ses faces une pellicule 23 conductrice de l'électricité, avec laquelle une connexion électrique est établie par des fils 24. Les minces couches de polymère 22', 22" sont allongées dans la direction de la flèche 25 et elles sont polarisées dans la direction de leur épaisseur (transversale par rapport à son plan) pour obtenir une pellicule qui produit une tension de sortie maximale avec une contrainte dans la direction de la flèche 25. Ainsi, la pellicule mince 22', 22" détecte une contrainte de la couche support 19 et produit une tension proportionnelle à la contrainte. Etant donné que la pellicule 22',

22" est mince, en général environ 0,025 mm, elle est également fixée par collage à chaque couche support 12, la pellicule étant plus sensible aux vibrations mécaniques de la couche 12 qu'à la pression acoustique d'incidence normale. De la pellicule allongée bi-axialement est également disponible et pourrait remplacer la pellicule uniaxiale des couches 21', 21", 22', 22". Le signal sur les conducteurs 24 est appliqué au circuit électrique auquel les éléments transducteurs 50 sont connectés pour éliminer la même composante de bruit de vibrations qui est détectée de façon indésirable par chacun des éléments transducteurs 151 des couches de polymères 21', 22". Etant donné que les couches de polymères 22', 22" sont minces et sont polarisées pour une sensibilité maximale dans leur plan, elles ne produisent pas de tension de sortie notable sous l'effet des contraintes de compression produites par les variations de pression d'eau et n'ont pas pour effet de diminuer les effets produits par les éléments transducteurs 50 des couches 21', 21". Ainsi, la tension de sortie sur les lignes 24 des couches de détection de bruit 22', 22", est proportionnelle aux contraintes superficielles de la couche support 12.

Les couches 26', 26" sont fixées par une colle ou autre matière de fixation appropriée sur les couches extérieures 21', 21" et les couches intérieures 22', 22" respectivement. Les couches 26', 26" remplissent deux fonctions. Elles servent à isoler électriquement la couche extérieure 21' de la couche intérieure 22' mais elles sont destinées principalement au découplage des hydrophones des couches 21', 21" de la couche support centrale 12. En raison de son facteur d'amortissement élevé, le polymère de fluorure de polyvinylidène polarisé ou non polarisé est une matière qui convient pour les couches 26', 26".

Etant donné que l'impédance de ce polymère polarisé ou non est voisine de celle de l'eau et en raison du facteur d'amortissement élevé, l'impédance présentée par le réseau de transducteurs 10 est voisine de celle de l'eau. En raison de cette étroite adaptation d'impédance, les effets de diffusion sont réduits, ce dont il résulte des faisceaux mieux définis.

La figure 3 est une vue en perspective d'un réseau de transducteurs 10', similaire au réseau 10 de la figure 1, mais différent en ce que sa pellicule conductrice extérieure 30 est une pellicule continue qui n'est pas mise en forme en électrodes15' comme sur la figure 1. Les éléments transducteurs 50, non représentés sur la figure 3, sont donc définis par les électrodes conductrices 15" de la surface intérieure des couches extérieures 21', 21", de polymère de fluorure de polyvinylidène. Les performances acoustiques du réseau de transducteurs de la figure 3 sont comparables à celles du réseau de transducteurs de la figure 1 tout en introduisant un blindage électrique équivalent en raison de la couverture continue plus simple de la pellicule 30 qui est mise à la masse par le fil électrique 31.

La figure 4 est une coupe suivant la ligne IV-IV du réseau de transducteurs de la figure 3, dans le cas où les couches composites 14', 14" comportent plus de trois couches constituantes comme représentées sur la figure 2. En particulier, N couches sont prévues entre les couches extérieures 21', 21" de polymère de fluorure de polyvinylidène et les couches intérieures 22', 22" de ce polymère (soit un total de 2N couches) au lieu des seules couches 26', 26" représentées sur la figure 2. Les N couches (couches 1,2... (N-1), N) qui peuvent comporter des couches de colle (couches intermédiaires de collage) si elles ont une

signification acoustique, sont choisies pour produire un amortissement entre les couches extérieures de polymère 21', 21" et la couche support 12, et elles sont également choisies pour assurer l'adaptation d'impédance avec l'eau, des couches 21', 21" selon les techniques bien connues d'adaptation d'impédance utilisant des couches multiples de matières. Les N couches sont disposées symétriquement autour de la couche support médiane 12, en ce qui concerne à la fois leurs épaisseurs et leurs propriétés. Les couches 1 à N peuvent être isotropes ou orthotropes et comprennent des couches d'amortissement (ou de découplage) en polymère de fluorure de polyvinylidène.

Il faut noter que la coupe de la figure 4 montre la pellicule électrique continue sur la surface extérieure des couches polymère 21', 21".

Comme cela a déjà été indiqué, les configurations métallisées 15', 15" sur les couches de polymère 21', 21" des figures 1 et 2 définissent la configuration du réseau, avec chaque paire de surfaces métallisées discrètes opposées 15', 15" et leur matière polymère intermédiaire constituant un élément d'hydrophone 16. La même configuration métallisée apparaît des deux côtés de ces couches dans le mode de réalisation des figures 1 et 2. Bien que la forme de chaque élément d'hydrophone soit arbitraire, un facteur d'équipement de haute densité est souhaité pour obtenir les avantages de réduction de bruit de la moyenne spatiale. Une configuration carrée ou rectangulaire satisfait cette condition avec de petits intervalles non métallisés entre les éléments. La dimension, le nombre et le groupement des éléments d'hydrophones sont établis en utilisant les critères bien connus de réalisation des réseaux récepteurs. Les connexions électriques sont effectuées sur les surfaces métallisées de chaque

élément d'hydrophone par les conducteurs électriques 151.

Le réseau d'hydrophones 10 est protégé contre l'eau par un revêtement de matière plastique ou de caoutchouc (non représenté) qui enveloppe le réseau 10 pour assurer la protection contre l'eau des connexions électriques du réseau. Etant donné que les deux couches de polymère 21', 21" sont exposées aux champs acoustiques produits par l'environnement de l'eau dans lequel le réseau est utilisé, ce dernier fonctionne dans le mode hydrostatique et sa sensibilité est déterminée par la constante piézo-électrique g_h. La sensibilité de tous les éléments transducteurs 151 est la même en raison de l'absence des modes de flexion, obtenue par la couche support 12 qui assure la rigidité nécessaire pour l'élimination des résonances en flexion dans la bande de fréquences de fonctionnement. Il faut également noter que les couches constituant le réseau 10 sont disposées symétriquement autour de la couche support 12 en ce qui concerne à la fois leurs épaisseurs et leurs propriétés. Ainsi, les couches correspondantes peuvent aussi être des plaques isotropiques ou orthotropiques. La couche 21' a la même épaisseur et les mêmes propriétés que la couche 21", ou plus généralement, la couche N' a la même épaisseur et les mêmes propriétés que la couche N".

Il est bien entendu que de nombreuses modifications peuvent être apportées aux modes de réalisation décrits et illustrés à titre d'exemples nullement limitatifs sans sortir du cadre ni de l'esprit de l'invention.

REVENDICATIONS

1. Transducteur, caractérisé en ce qu'il comporte une couche support plane (12), des premières couches d'un polymère piézo-électrique (22', 22') sur chaque côté de ladite couche support, lesdites premières couches piézo-électriques étant fixées sur ladite couche support, chacune desdites premières couches produisant un signal électrique, produit principalement par une contrainte dans le plan de ladite première couche, des secondes couches (26', 26") fixées sur lesdites premières couches, chacune desdites secondes couches ayant un facteur élevé d'amortissement acoustique, des troisièmes couches d'un polymère piézo-électrifuge (21', 21") fixées sur lesdites secondes couches, chacune desdites troisièmes couches produisant des signaux électriques, principalement en réponse à une pression transversale par rapport au plan de ladite troisième couche, lesdites premières et lesdites troisièmes couches piézo-électriques portant des pellicules conductrices de l'électricité (15', 15") sur les deux côtés de chaque couche pour produire lesdits signaux électriques aux bornes de chaque couche en réponse à la contrainte appliquée à chaque couche.

2. Transducteur selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte en outre un circuit (18) de formation de faisceau et un dispositif (151) pour connecter les pellicules correspondantes des couches correspondantes audit circuit de formation de faisceau.

3. Transducteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite seconde couche est une couche d'un polymère.

4. Transducteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite seconde couche est une couche d'un polymère de fluorure de polyvinylidène piézo-électrique.

5. Transducteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite couche support plane (12) est une couche de raidissement résistant à la flexion.

6. Transducteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite couche support (12) est une couche d'une résine renforcée par des fibres de verre dont l'épaisseur assure une rigidité suffisante pour que la réponse de l'hydrophone soit uniforme dans la bande des fréquences de fonctionnement.

7. Transducteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que lesdites pellicules conductrices (15', 15") de la troisième couche comportent au moins une pellicule mise en forme pour former des régions isolées électriquement sur une surface de ladite couche, lesdites régions définissant des éléments transducteurs d'un réseau d'éléments transducteurs de ladite troisième couche.

8. Transducteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que lesdites premières couches sont des couches minces qui sont plus sensibles aux contraintes dans la couche support qu'à la pression d'un signal acoustique.

9. Transducteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que lesdites troisièmes couches sont des couches épaisses de manière qu'elles produisent des signaux électriques principalement sous l'effet d'une pression transversale par rapport à leurs plans.

10. Réseau de transducteurs, caractérisé en ce qu'il comporte une couche support plane (12), des premières couches d'un polymère piézo-électrique (22', 22") sur chaque côté de ladite couche support, lesdites premières couches piézo-électriques étant fixées sur ladite couche support, lesdites premières couches ayant leur direction de sensibilité maximale aux contraintes dans le plan desdites premières couches et étant insensibles

aux contraintes produites par une pression transversale par rapport au plan de ladite première couche, des secondes couches (26', 26") fixées sur lesdites premières couches, lesdites secondes couches ayant un facteur élevé d'amortissement acoustique, des troisièmes couches d'un polymère piézo-électrique (21', 21") fixées sur chacune desdites secondes couches, lesdites troisièmes couches étant sensibles à des variations de pression dans une direction transversale au plan desdites troisièmes couches pour produire un signal électrique, lesdites premières et troisièmes couches piézo-électriques portant des pellicules conductrices de l'électricité (15', 15") sur les deux côtés de chaque couche pour produire une tension aux bornes de chaque couche en réponse aux contraintes appliquées à chaque couche, lesdites troisièmes couches piézo-électriques comportant une configuration d'électrodes formées sur sa pellicule conductrice de l'électricité, les électrodes de la surface extérieure desdites troisièmes couches étant connectées ensemble, le réseau comportant en outre un circuit (18) de formation de faisceau, les électrodes correspondantes de la surface intérieure de ladite troisième couche étant connectées ensemble et audit circuit de formation de faisceau, les pellicules conductrices de la surface extérieure desdites premières couches étant connectées à la masse, et les pellicules conductrices de la surface intérieure desdites premières couches étant connectées audit circuit de formation de faisceau.

11. Transducteur, caractérisé en ce qu'il comporte une couche support plane (12), des premières et des secondes couches de transducteurs (21', 21"), des troisièmes et des quatrièmes couches (14', 14"), lesdites troisièmes et lesdites quatrièmes couches étant fixées sur et entre lesdites premières et lesdites secondes couches de transducteurs et ladite couche

support respectivement, lesdites troisièmes et lesdites quatrièmes couches assurant l'amortissement acoustique entre ladite couche support et lesdites premières et lesdites secondes couches de transducteurs, lesdites premières et lesdites secondes couches de transducteurs produisant une tension de sortie maximale en réponse à des contraintes dans une direction transversale au plan des premières et des secondes couches.

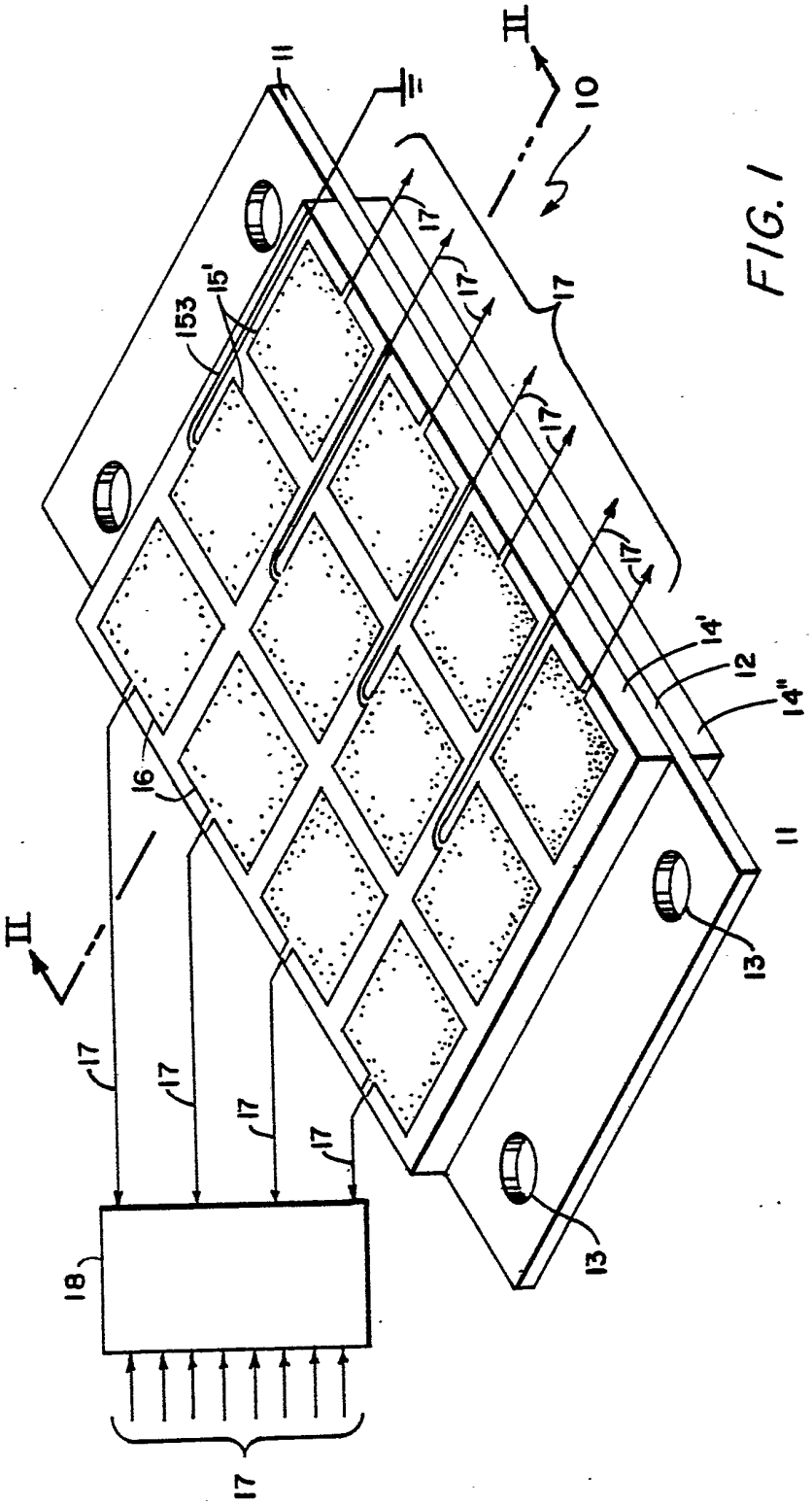


FIG. 1

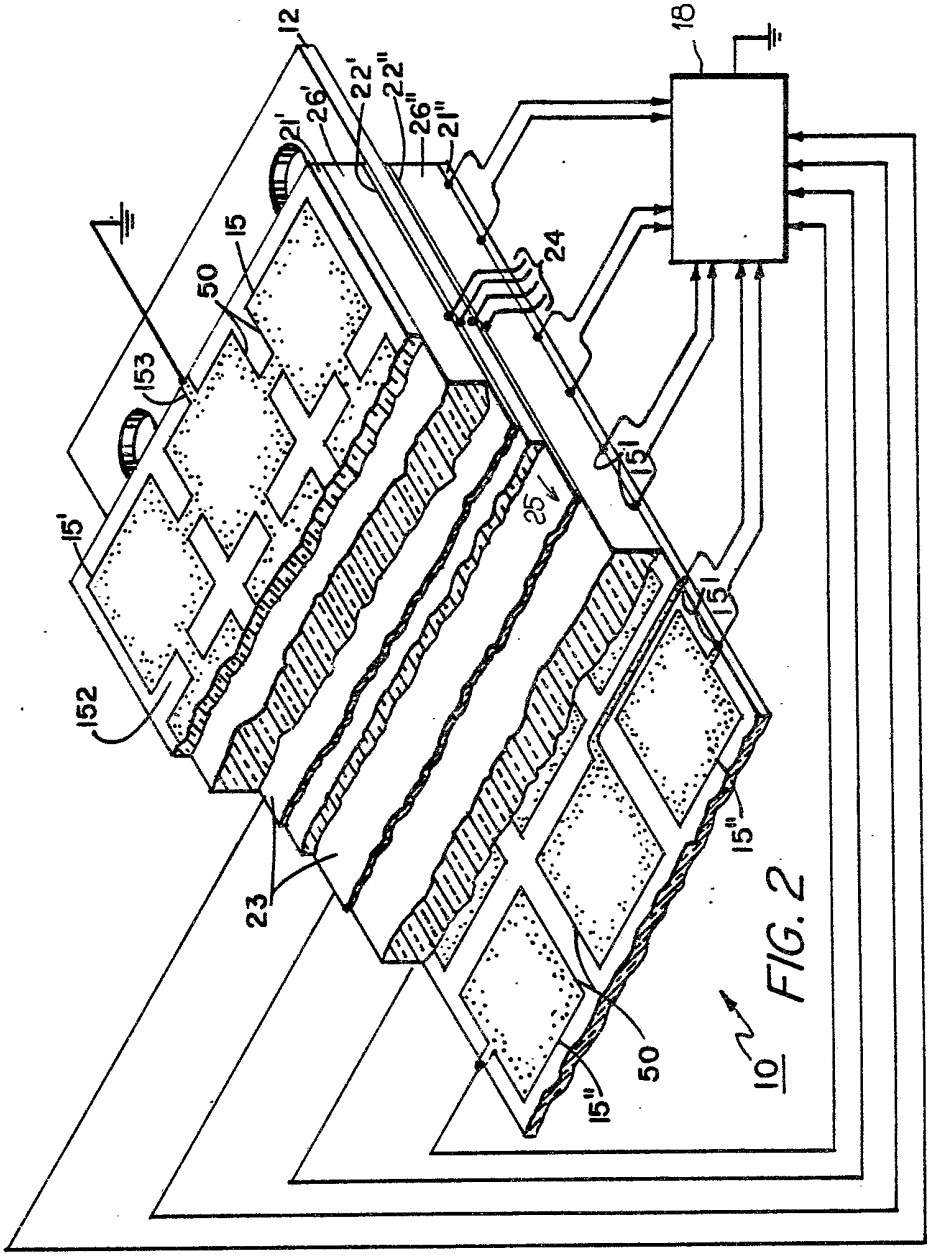


FIG. 2

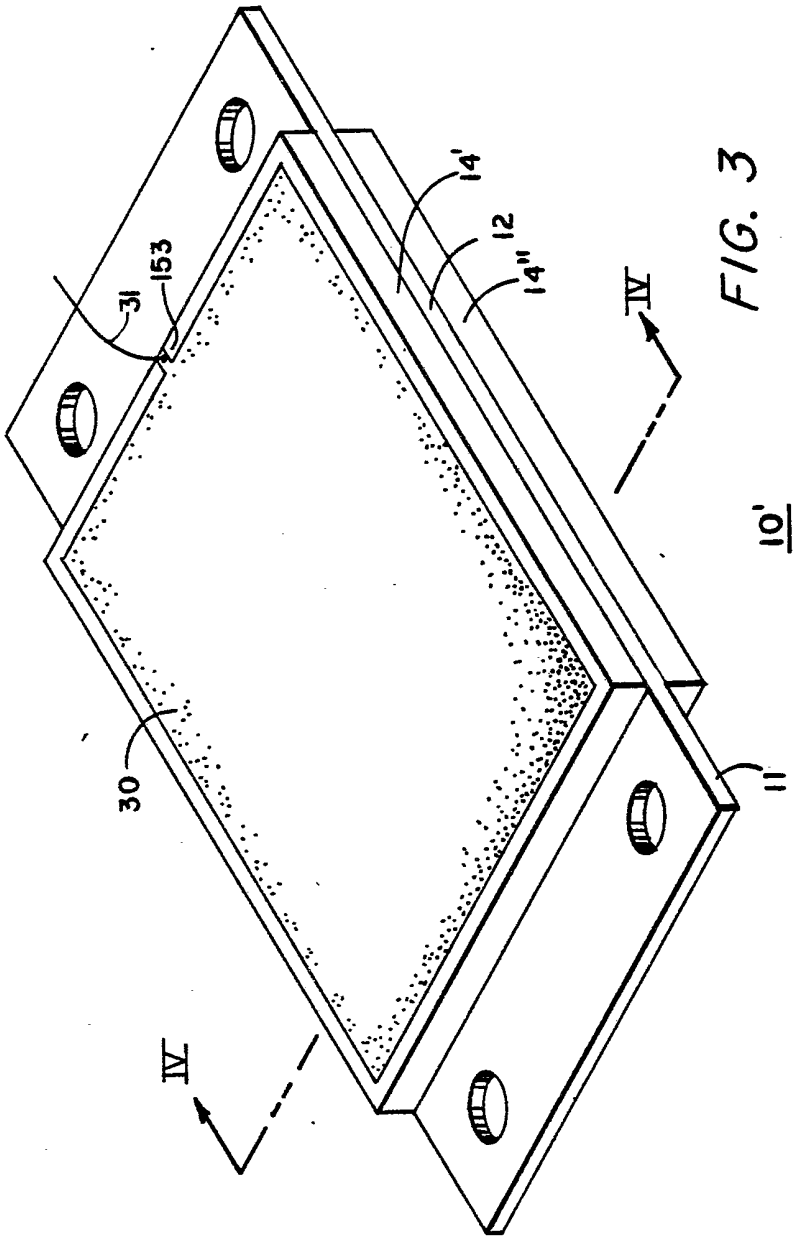


FIG. 3

2556165

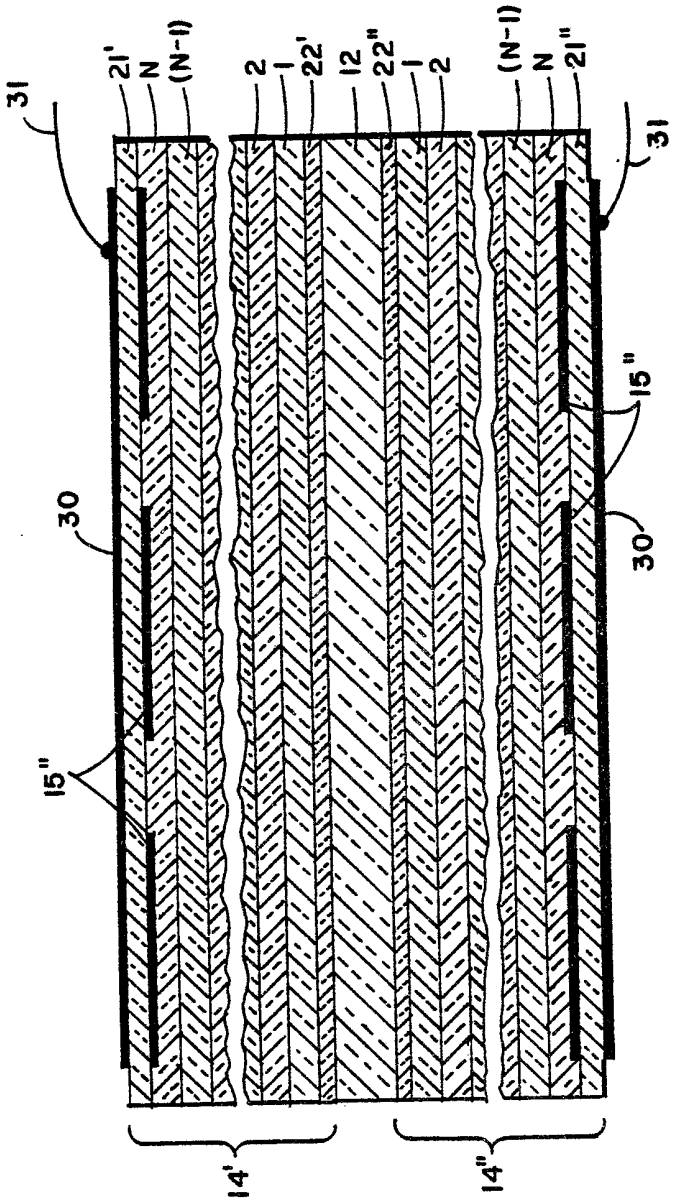


FIG. 4