



(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 1995/10/13  
(87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 1996/04/25  
(45) Date de délivrance/Issue Date: 2007/04/24  
(85) Entrée phase nationale/National Entry: 1997/04/09  
(86) N° demande PCT/PCT Application No.: FR 1995/001350  
(87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 1996/011752  
(30) Priorité/Priority: 1994/10/14 (FR94/12285)

(51) Cl.Int./Int.Cl. **B06B 1/06** (2006.01)

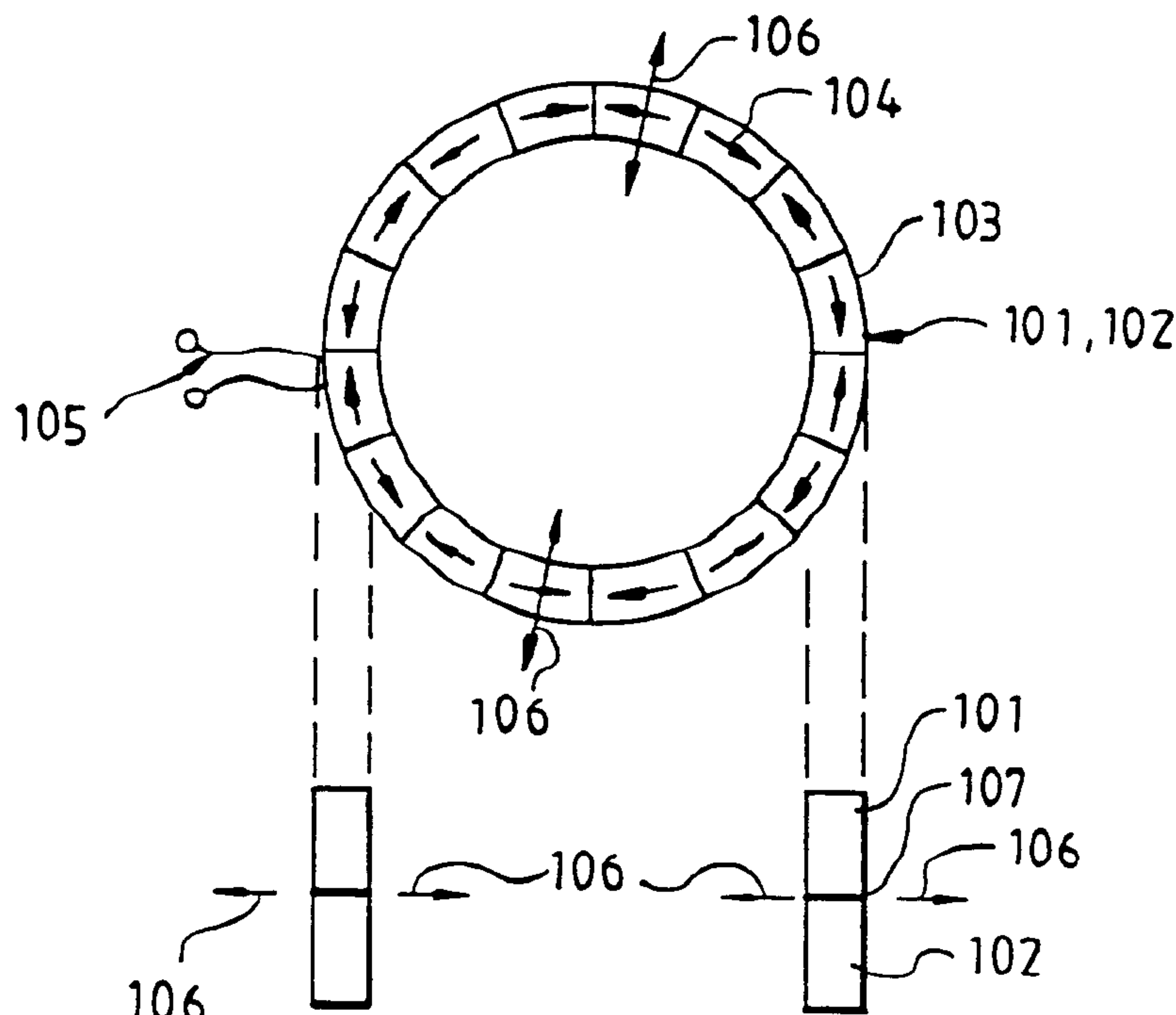
(72) Inventeurs/Inventors:  
SERNIT, ERIC, FR;  
FROMONT, BERNARD, FR;  
BOCQUILLON, PASCAL, FR;  
ADDA, JOSETTE, FR

(73) Propriétaire/Owner:  
THALES, FR

(74) Agent: ROBIC

(54) Titre : **EMETTEUR ACOUSTIQUE SOUS-MARIN POUR GRANDE IMMERSION**

(54) Title: **DEEP-SEA ACOUSTIC TRANSMITTER**



(57) **Abrégé/Abstract:**

L'invention concerne les émetteurs acoustiques sous-marins destinés à être immergés à de grandes profondeurs. Elle consiste à enfiler l'ensemble des anneaux formant l'émetteur sur un tube interne (303) réalisé de préférence en composite carbone/résine, qui supporte deux tapes (306, 307) d'extrémité permettant de soulager l'ensemble des anneaux de la composante radiale de la pression hydrostatique. En outre, on insère entre les anneaux piézo-électriques (101) de l'émetteur des anneaux de découplage (301) qui sont réalisés selon une structure tricouche comportant une couche interne (201) dure et rigide et deux couches externes (202, 203) souples et élastiques. Elle permet d'augmenter la puissance d'émission de ces émetteurs acoustiques.



**PCT**ORGANISATION MONDIALE DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE  
Bureau international

DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |           |                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (51) Classification internationale des brevets <sup>6</sup> :<br><b>B06B 1/06</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <b>A1</b> | (11) Numéro de publication internationale: <b>WO 96/11752</b><br>(43) Date de publication internationale: 25 avril 1996 (25.04.96)                                                            |
| <p>(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR95/01350</p> <p>(22) Date de dépôt international: 13 octobre 1995 (13.10.95)</p> <p>(30) Données relatives à la priorité:<br/>94/12285 14 octobre 1994 (14.10.94) FR</p> <p>(71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US): THOMSON-CSF [FR/FR]; 173, boulevard Haussmann, F-75008 Paris (FR).</p> <p>(72) Inventeurs; et<br/>(75) Inventeurs/Déposants (US seulement): SERNIT, Eric [FR/FR]; Thomson-CSF SCPI, Boîte postale 329, F-92402 Courbevoie Cédex (FR). FROMONT, Bernard [FR/FR]; Thomson-CSF SCPI, Boîte postale 329, F-92402 Courbevoie Cédex (FR). BOCQUILLON, Pascal [FR/FR]; Thomson-CSF SCPI, Boîte postale 329, F-92402 Courbevoie Cédex (FR). ADDA, Josette [FR/FR]; Thomson-CSF SCPI, Boîte postale 329, F-92402 Courbevoie Cédex (FR).</p> |           | <p>(81) Etats désignés: AU, CA, US, brevet européen (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p> <p><b>Publiée</b><br/>Avec rapport de recherche internationale.</p> |

(54) Title: DEEP-SEA ACOUSTIC TRANSMITTER

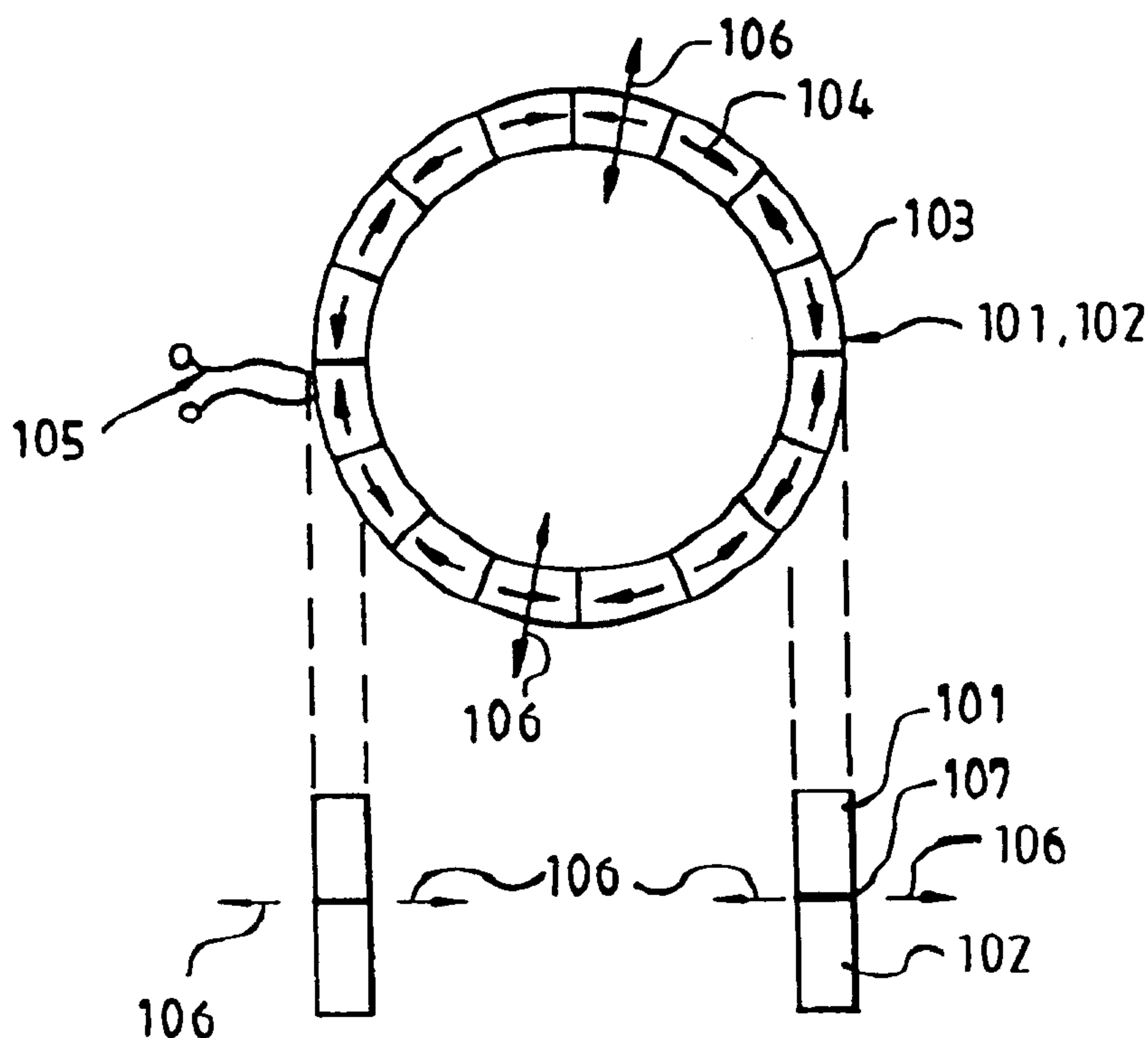
(54) Titre: EMETTEUR ACOUSTIQUE SOUS-MARIN POUR GRANDE IMMERSION

## (57) Abstract

A deep-sea acoustic transmitter wherein the set of rings forming the transmitter is positioned around an inner tube (303), preferably made of carbon/resin composite, supporting two end bungs (306, 307) which take up the radial hydrostatic pressure component exerted on the rings. Furthermore, decoupling rings (301) consisting of a three-layer structure with an inner hard and stiff layer (201) and two outer flexible and resilient layers (202, 203) are inserted between the piezoelectric rings (101) of the transmitter. As a result, the transmission power of such acoustic transmitters may be increased.

## (57) Abrégé

L'invention concerne les émetteurs acoustiques sous-marins destinés à être immergés à de grandes profondeurs. Elle consiste à enfiler l'ensemble des anneaux formant l'émetteur sur un tube interne (303) réalisé de préférence en composite carbone/résine, qui supporte deux tapes (306, 307) d'extrémité permettant de soulager l'ensemble des anneaux de la composante radiale de la pression hydrostatique. En outre, on insère entre les anneaux piézo-électriques (101) de l'émetteur des anneaux de découplage (301) qui sont réalisés selon une structure tricouche comportant une couche interne (201) dure et rigide et deux couches externes (202, 203) souples et élastiques. Elle permet d'augmenter la puissance d'émission de ces émetteurs acoustiques.



La présente invention se rapporte aux émetteurs acoustiques sous-marins utilisés sous des immersions importantes, pouvant atteindre par exemple 1000 m. Ces émetteurs acoustiques peuvent être utilisés pour  
5 effectuer des repérages sous-marins selon la technique des sonars.

Il est connu de réaliser des émetteurs acoustiques sous-marins permettant d'obtenir un diagramme d'émission omnidirectionnel dans un plan, généralement en gisement. On utilise pour cela un empilement de céramiques piézo-électriques annulaires qui vibrent radialement. Pour  
10 obtenir un bon rendement acoustique on fixe la fréquence d'émission sensiblement à la fréquence de résonance des anneaux. Des valeurs opérationnelles courantes sont un diamètre de 20 cm environ pour une fréquence d'émission de l'ordre de 5 KHz.

Pour des immersions relativement faibles, correspondant par  
15 exemple à celles d'un sonar de coque, la pression hydrostatique de l'eau influence de manière négligeable le fonctionnement d'un tel émetteur.

Ainsi on connaît du brevet US 3, 444, 508 un récepteur acoustique sous-marin suspendu par un câble à une bouée. Ce dispositif ne permet pas d'atteindre de grandes immersions, en raison de la longueur  
20 limitée du câble. Il comporte un tube support terminé par deux tapes dont la structure n'apparaît pas particulièrement adaptée pour être résistante aux effets d'une immersion à grande profondeur. En outre, étant récepteur, ce dispositif n'a pas à supporter de grands efforts mécaniques provenant des ondes acoustiques, comme c'est le cas dans un émetteur.

25 On connaît aussi du brevet US 5, 099, 460 l'usage de joints pour protéger des anneaux de céramique acoustique contre les chocs.

Lorsqu'on veut procéder à des explorations à de plus grandes profondeurs, en plaçant par exemple l'émetteur dans un poisson remorqué sous une immersion importante, l'influence de la pression hydrostatique sur  
30 cet émetteur devient de plus en plus importante et finit par perturber son fonctionnement d'une manière excessive. On peut même dans certains cas assister à un endommagement, voire à une destruction, de l'émetteur en raison de la superposition des contraintes hydrostatiques et des contraintes dynamiques provenant de la vibration nécessaire à l'émission de l'onde  
35 acoustique. Pour obtenir en effet une puissance d'émission acoustique

suffisante, on est amené à solliciter la céramique piézo-électriques par un champ électrique important qui entraîne des contraintes internes qui peuvent être très fortes, au point de provoquer des fractures de la céramique, ce qui nécessite alors de limiter la puissance rayonnée.

A grande profondeur, les anneaux de céramique de diamètre  $R$  et d'épaisseur  $e$  sont soumis à une pression hydrostatique dont la composante radiale génère dans la céramique une contrainte elle-même amplifiée d'un facteur  $\frac{R}{e}$ . A titre d'exemple ce facteur d'amplification est de l'ordre de 10

pour une profondeur de 1000 m et on obtient donc une contrainte d'origine radiale de l'ordre de **106 hectopascals (1000 bars)**.

10

En outre, la force axiale due à la pression hydrostatique sur les extrémités de l'émetteur atteint pour une profondeur de 1000 m et un émetteur de 20 cm de diamètre une valeur de 300 000 Newtons (30 tonnes). Cette force appliquée sur la tranche des anneaux de céramique engendre une autre contrainte supplémentaire de l'ordre de 600 000 hectopascals (600 bars). Outre les risques de fracture la résultante de ces deux contraintes supplémentaires entraîne des conséquences graves en modifiant les coefficients piézo-électriques des céramiques, d'où une dérive des performances sur le niveau sonore et sur les impédances de l'antenne. Ces dérives présentent au moins partiellement un caractère irréversible qui peut s'aggraver au fur et à mesure des immersions successives. La compensation de tous ces effets est sinon impossible tout au moins difficile

20

et coûteuse à mettre en oeuvre.

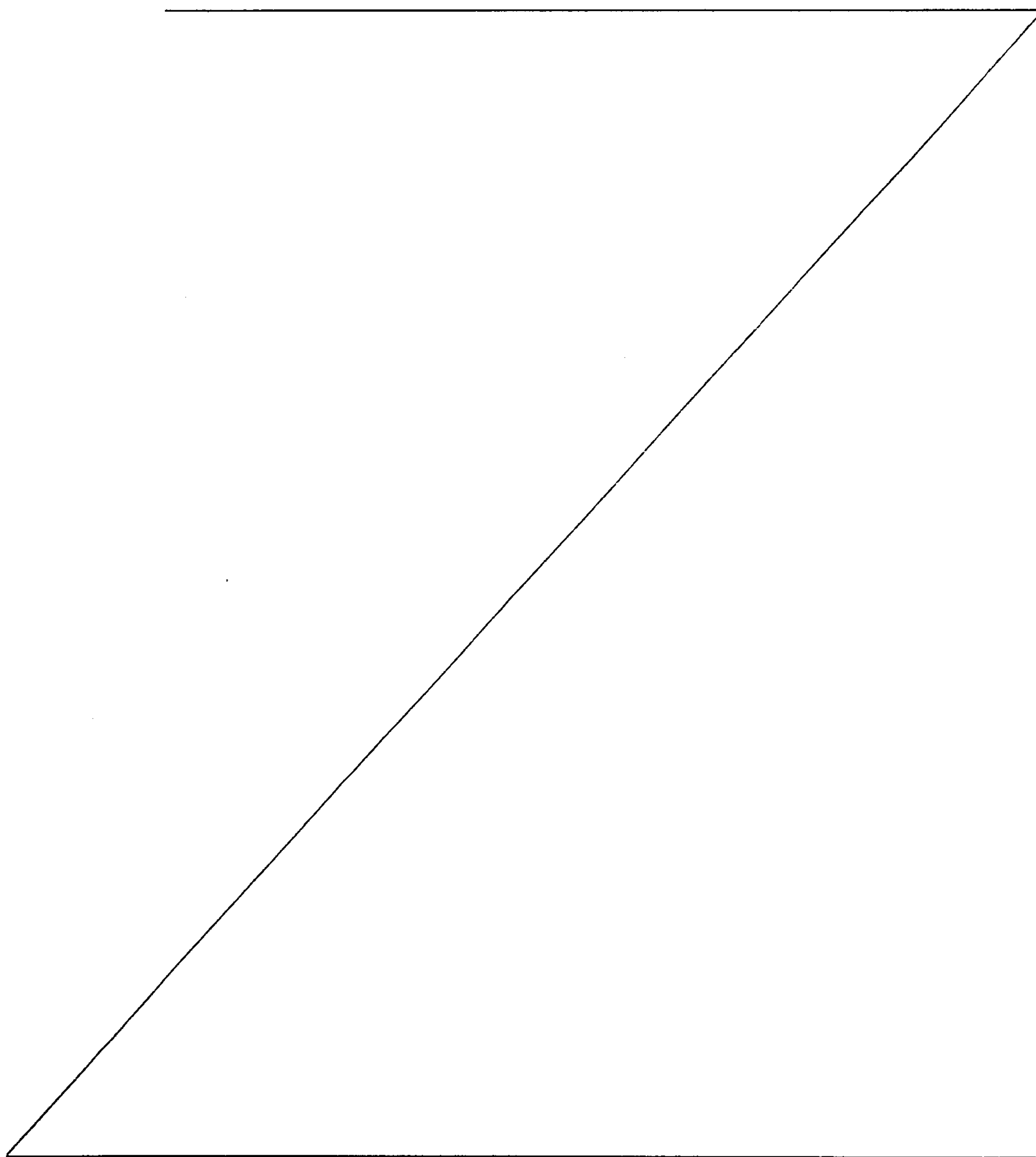
En outre, pour des raisons proprement acoustiques bien connues, il est utile de découpler mécaniquement les uns des autres les anneaux de céramique empilés les uns sur les autres pour former l'antenne de manière à pouvoir obtenir les performances souhaitées sur le diagramme d'émission de l'émetteur acoustique. Des forces aussi importantes que celles citées plus haut dues à des immersions profondes rendent impossible, par des moyens utilisés habituellement, un tel découplage mécanique entre les anneaux de céramique.

30

Pour pallier ces inconvénients, l'invention propose un émetteur acoustique sous-marin pour grande immersion, du type comprenant un ensemble d'anneaux piézo-électriques empilés pour former un cylindre

2a

émetteur, qui est enfilé sur un tube supportant à ses deux extrémités des tapes, caractérisé en ce que ledit tube est apte à résister à la composante axiale de la pression hydrostatique appliquée sur les tapes pour protéger l'empilage des anneaux de l'action de cette composante axiale, et en ce qu'il comprend en outre un ensemble d'anneaux de découplage insérés respectivement entre les anneaux piézo-électriques et dont l'efficacité provient de la réduction des contraintes axiales due au tube résistant.



D'autres particularités et avantages de l'invention apparaîtront clairement dans la description suivante, faite à titre d'exemple non limitatif en regard des figures annexées qui représentent :

- la figure 1, une vue de dessus et de côté en coupe de deux  
5 anneaux piézo-électriques séparés par un anneau de découplage ;
- la figure 2, une vue en coupe de l'anneau de découplage de la figure 1 ;
- la figure 3, une vue en coupe verticale d'un émetteur selon l'invention ; et
- 10 - la figure 4, une vue en coupe d'une partie du tube interne de l'émetteur de la figure 3.

Les deux anneaux de céramique piézo-électrique 101 et 102 représentés sur la figure 1 sont formés dans cet exemple de réalisation par des segments 103 polarisés alternativement dans un sens et dans l'autre  
15 selon la circonférence des anneaux. Ces polarisations sont représentées par les flèches 104. Ces segments comportent entre eux des électrodes radiales qui sont alimentées par des connexions 105 de manière à les faire se contracter et se dilater en fonction des signaux appliqués par ces connexions. Dans ces conditions, l'anneau s'élargit et se rétrécit de manière  
20 radiale au rythme de ces signaux. Ce mouvement radial est représenté par les flèches 106.

Pour découpler l'anneau 101 par rapport à l'anneau 102, l'invention propose de séparer ces deux anneaux par un anneau intermédiaire 107, qui présente plutôt dans le cas de la figure la forme d'une  
25 rondelle car son épaisseur dans cet exemple de réalisation est nettement plus faible que sa largeur.

Un tel anneau de découplage doit présenter des caractéristiques mécaniques relativement contradictoires. En effet, il doit résister à la pression axiale résiduelle pour ne pas s'écraser d'une manière excessive, ce qui correspond normalement à une dureté relativement importante (le caractère résiduel de cette pression axiale sera explicité plus loin dans le  
5 texte). D'autre part, il doit présenter une impédance en cisaillement faible vis-à-vis de l'impédance de cisaillement des anneaux de céramique, de manière à obtenir un découplage efficace, ce qui correspond normalement à une élasticité relativement grande, donc à une dureté plutôt faible.

10 Pour obtenir simultanément ces deux résultats, l'invention propose de réaliser les anneaux intermédiaires de découplage selon une structure tricouche représentée sur la figure 2.

Cette structure tricouche est formée d'une couche interne 201 dure et rigide entourée de deux couches externes 202 et 203 souples et  
15 élastiques. De cette manière, la couche interne s'oppose à l'écrasement alors que les couches externes permettent un jeu relativement libre des anneaux de céramiques les uns par rapport aux autres.

On obtient cette caractéristique, qui correspond à une impédance en cisaillement faible, en jouant sur les caractéristiques (module de cisaillement, coefficient de Poisson, pertes) des matériaux qui constituent  
20 cet anneau et sur les dimensions (épaisseur, hauteur, diamètre) des trois couches. Compte tenu de la bande de fréquence dans laquelle doit fonctionner l'émetteur, on peut optimiser dynamiquement les caractéristiques de cet anneau intermédiaire en le modélisant, de manière connue dans l'art, sur un principe masse-ressort dans lequel les deux couches externes 202 et  
25 203 jouent le rôle de ressorts apportant la compliance nécessaire et la couche interne joue le rôle de la masse apportant l'inertie souhaitée.

Dans la pratique, et pour les dimensions et fréquences pré-citées, en utilisant une couche centrale en polyéthylène d'une épaisseur de l'ordre  
30 du millimètre entourée par deux couches externes en néoprène ayant sensiblement la même épaisseur, on obtient déjà un résultat très proche du résultat souhaité et l'on peut affiner ce résultat en modifiant expérimentalement les épaisseurs. L'optimisation est obtenue très rapidement après quelques essais.

On assemble alors les anneaux de céramique avec les autres éléments formant la structure de l'émetteur pour obtenir un émetteur complet tel que représenté sur la figure 3.

Cet émetteur est donc constitué d'un empilement d'anneaux en  
5 céramique piézo-électriques 101 séparés par des anneaux de découplage 301. Sur la figure, ces anneaux ont été représentés monoblocs pour des besoins de simplification, alors que leur structure est bien entendu celle de la figure 2.

Le diamètre interne de ces anneaux de découplage est ici plus  
10 petit que le diamètre interne des anneaux de céramique, ce qui permet de venir les encastrer dans une rainure circulaire externe ménagée dans des anneaux de caoutchouc de centrage 302. Le diamètre externe de ces anneaux de centrage est égal au diamètre interne des anneaux de céramique.

On enfile alors cet ensemble sur un tube interne 303 dont le  
15 diamètre externe est égal au diamètre interne des anneaux de centrage 302. Outre cette fonction de centrage, ces anneaux 302 permettent également de découpler la vibration des anneaux de céramique par rapport au tube 303. Ce tube se termine à sa base par un épaulement extérieur 304 sur lequel  
20 repose le dernier anneau de découplage et le dernier anneau de centrage. Le tube se termine également en haut par un épaulement intérieur 305.

On vient alors faire reposer l'épaulement externe 304 sur une  
tape inférieure 306 qui constitue la base de l'émetteur.

On ferme ensuite cet ensemble par une tape supérieure 307 qui  
25 constitue le sommet de l'émetteur et qui vient reposer sur l'épaulement interne 305 et sur le premier anneau de découplage supérieur et le premier anneau de centrage supérieur.

Au fur et à mesure de l'assemblage des différents anneaux sur le  
tube interne 303, on a fait passer les connexions 308 des anneaux de  
30 céramiques par des trous ménagés dans les anneaux de centrage. L'ensemble de ces connexions repasse à l'intérieur du tube interne par un trou ménagé dans celui-ci. Il ressort ensuite de l'émetteur par un passage étanche non représenté et ménagé par exemple dans la tape supérieure 307.

On termine l'assemblage en recouvrant la face extérieure des anneaux de céramiques et des anneaux de découplage par une chemise 309 en matériau acoustiquement transparent, du polyuréthane par exemple.

5 Selon l'invention, le tube interne 303 supporte l'essentiel des efforts dus à la pression qui s'exerce sur les tapes inférieure 306 et supérieure 307. L'effort appliqué par ces tapes sur les anneaux de découplage d'extrémité inférieur et supérieur et par conséquent sur l'ensemble des anneaux de céramique et des autres anneaux de  
10 découplage est alors considérablement réduit et se limite essentiellement à la valeur de précontrainte obtenue à l'assemblage en utilisant le tube 303 comme tige de précontrainte pour précontraindre à une valeur faible et maîtrisée l'empilage de céramiques, de façon à obtenir des caractéristiques acoustiques reproductibles dans l'air et dans l'eau.

15 Pour cela il est nécessaire d'utiliser un tube interne 303 dont le coefficient élastique soit le plus faible possible et qui ne présente pas de forme trop massive pour éviter d'alourdir à l'excès l'émetteur. Ceci permet en outre d'utiliser un tube creux dont le volume intérieur peut être utilisé pour loger au moins une partie de l'électronique de traitement des signaux  
20 appliqués aux céramiques.

Pour obtenir ces résultats, l'invention propose de réaliser ce tube interne 303 dans un matériau composite formé de fibres bobinées avec un angle d'inclinaison très faible par rapport à l'axe vertical de ce tube, comme représenté de manière schématique sur la figure 4. Ces fibres seront  
25 immobilisées à l'intérieur d'une matrice de maintien. A titre d'exemple on utilisera un matériau de type carbone/résine, dont on sait que les performances sont à l'heure actuelle parmi les meilleures disponibles.

Dans l'exemple de réalisation représenté sur la figure 3, les anneaux de céramiques et les anneaux de découplage sont identiques. A  
30 titre de variante, l'invention propose d'utiliser des anneaux de découplage dont la hauteur et éventuellement la constitution sont variables de l'un à l'autre afin de modifier le découplage entre les anneaux de céramique selon leur position dans l'émetteur. Cette modification de découplage permet de modifier les vitesses radiales de déplacement des céramiques, c'est à dire  
35 les amplitudes relatives d'émission des ondes acoustiques des anneaux les

uns par rapport aux autres. On obtient ainsi un profil de vitesse radiale sur toute la hauteur qu'on peut faire varier dans de grandes limites. Comme on le sait la forme du diagramme de rayonnement de l'émetteur dépend beaucoup de ce profil de vitesse, en particulier en ce qui concerne  
5 l'atténuation des lobes secondaires. Le profil ainsi obtenu peut donc être adapté aux conditions opérationnelles dans lesquelles on souhaite utiliser l'émetteur. On pourrait aussi faire varier la hauteur des anneaux de céramique piézo-électriques, ce qui donnerait un degré de liberté supplémentaire pour configurer l'émetteur.

## **REVENDICATIONS**

1. Émetteur acoustique sous-marin pour grande immersion, du type comprenant un ensemble d'anneaux piézo-électriques (101,102) empilés pour former un cylindre émetteur, qui est enfilé sur un tube (303) supportant à ses deux extrémités des tapes (306,307), caractérisé en ce que ledit tube est apte à résister à la composante axiale de la pression hydrostatique appliquée sur les tapes pour protéger l'empilage des anneaux de l'action de cette composante axiale, et en ce qu'il comprend en outre un ensemble d'anneaux de découplage  
10 (301) insérés respectivement entre les anneaux piézo-électriques et dont l'efficacité provient de la réduction des contraintes axiales due au tube résistant (303).
2. Émetteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que les anneaux de découplage ont une structure tricouche comprenant une couche interne (201) dure et rigide et deux couches externes (202,203) souples et élastiques.
3. Émetteur selon la revendication 2, caractérisé en ce que la couche interne est en polyéthylène et la couche externe en néoprène.
4. Émetteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que les anneaux de découplage (301 ) ont des hauteurs différentes, la  
20 hauteur de chaque anneau de découplage étant définie pour obtenir une pondération de l'amplitude du signal émis par chaque anneau piézo-électrique (101), ladite pondération étant fonction de la position dans l'émetteur de l'anneau piézo-électrique (101) considéré.
5. Émetteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que le tube interne (303) est formé d'un composite carbone/résine.

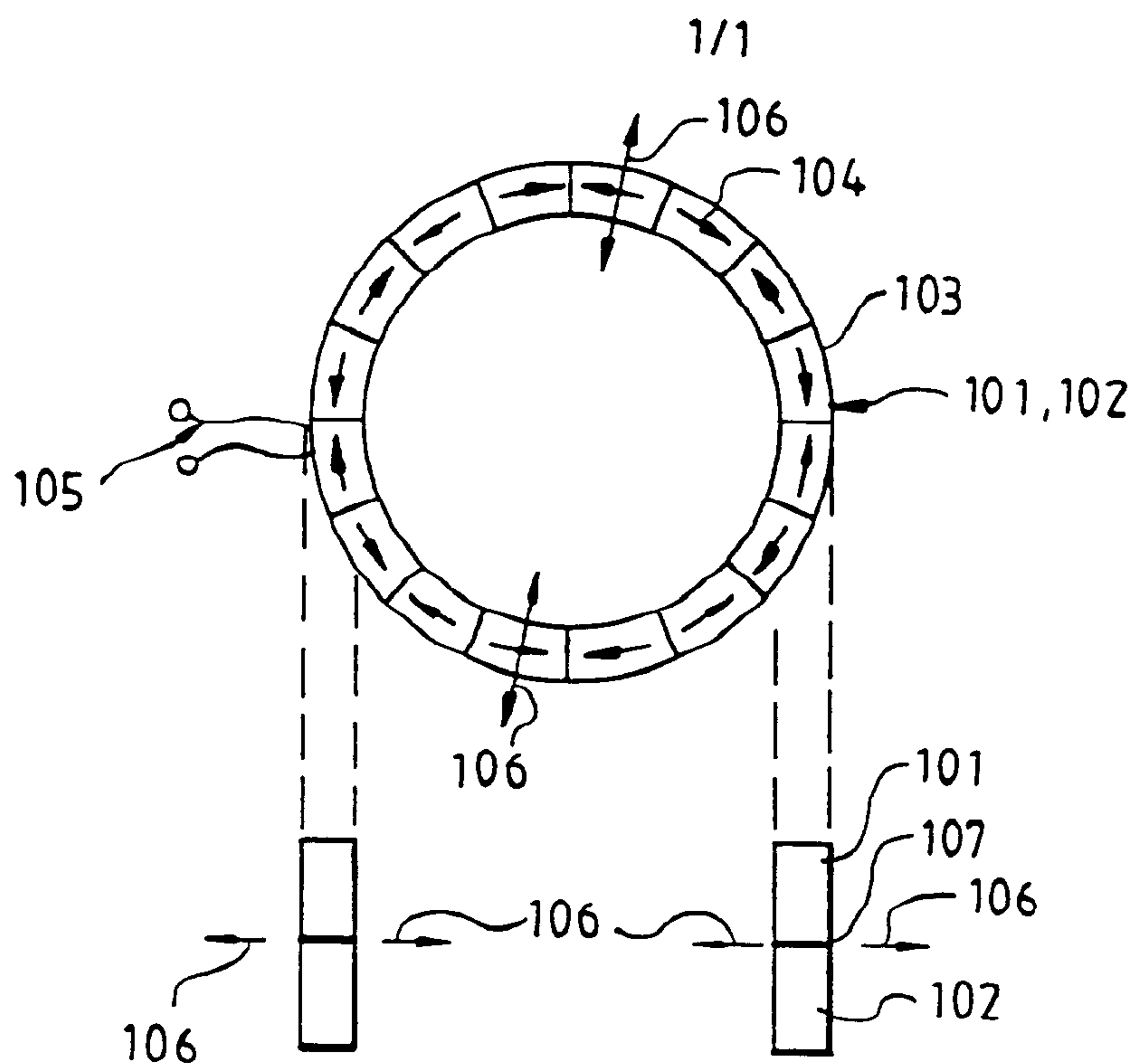


FIG.1

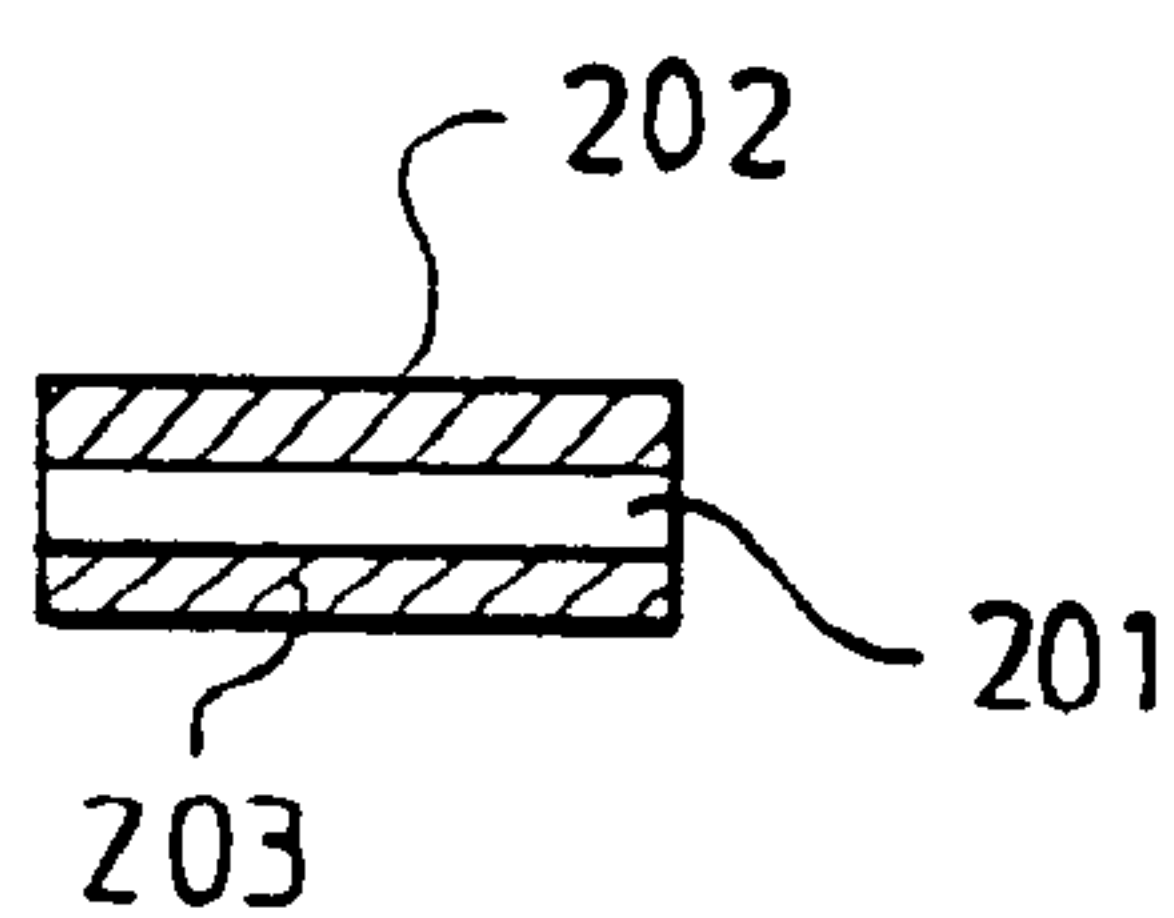


FIG.2

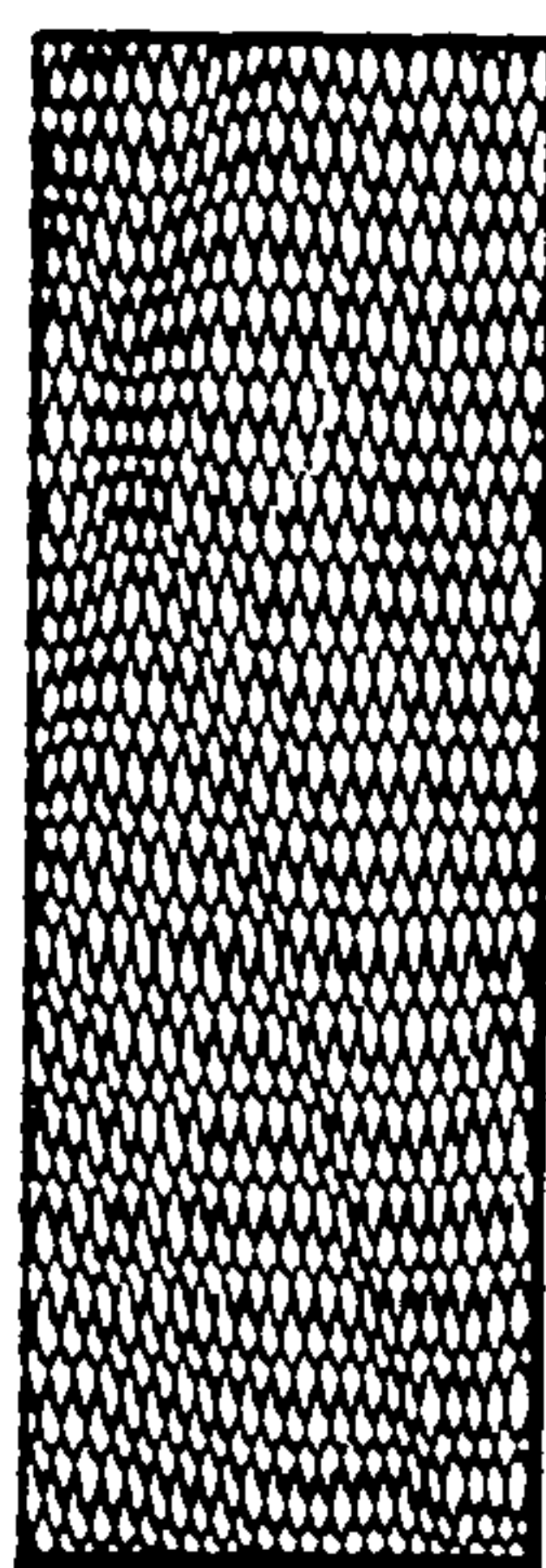


FIG.4

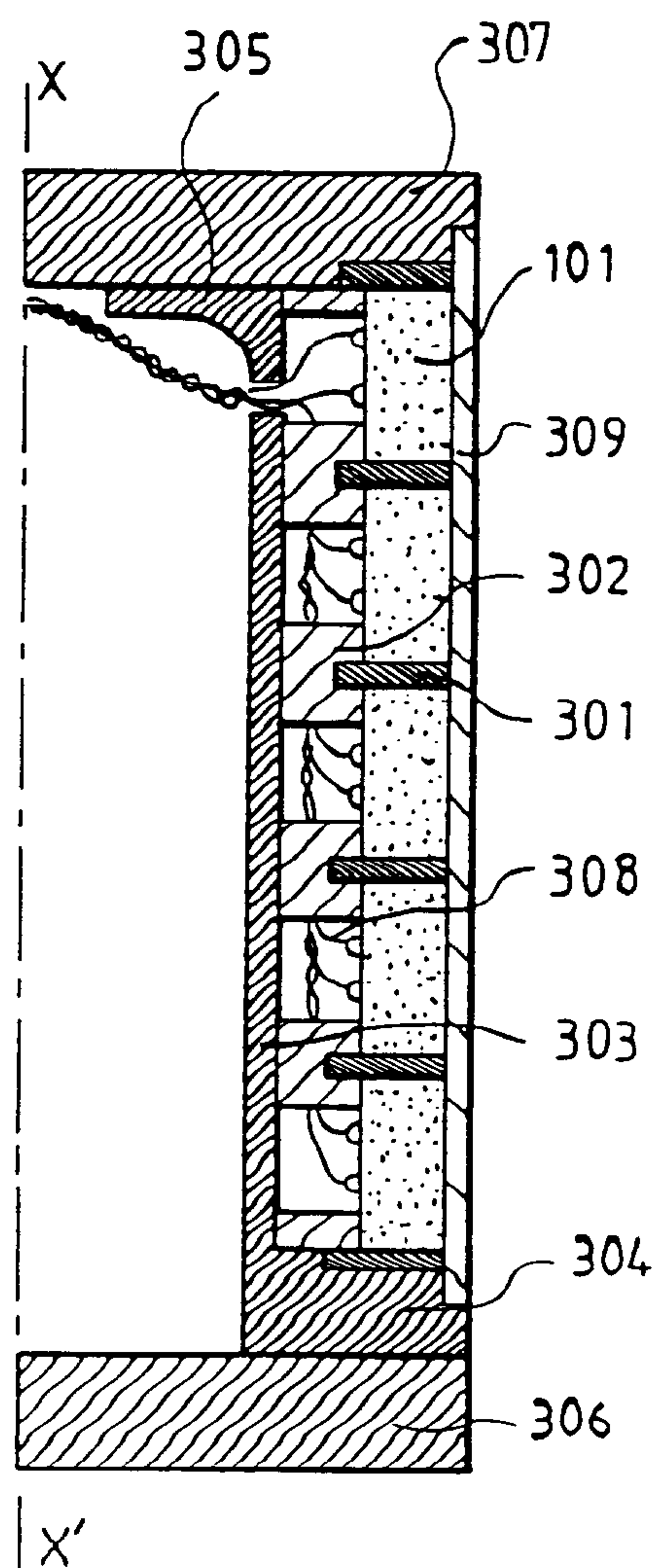


FIG.3

