

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

**EP 0 762 381 A1**

(12)

## DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:  
12.03.1997 Bulletin 1997/11

(51) Int Cl.<sup>6</sup>: **G10K 9/12**

(21) Numéro de dépôt: **96401885.7**

(22) Date de dépôt: **03.09.1996**

(84) Etats contractants désignés:  
**DE GB**

(30) Priorité: **08.09.1995 FR 9510534**

(71) Demandeur: **THOMSON-CSF**  
**75008 Paris (FR)**

(72) Inventeurs:  
• **Sernit, Eric**  
**92402 Courbevoie Cedex (FR)**

• **Fichaux, Robert**  
**92402 Courbevoie Cedex (FR)**  
• **Roman, Gilbert**  
**92402 Courbevoie Cedex (FR)**  
• **Lagier, Yves**  
**92402 Courbevoie Cedex (FR)**

(74) Mandataire: **Desperrier, Jean-Louis et al**  
**THOMSON-CSF-S.C.P.I.,**  
**13, Avenue du Président**  
**Salvador Allende**  
**94117 Arcueil Cédex (FR)**

### (54) Transducteur électroacoustique flexenseur

(57) L'invention concerne les transducteurs flexenseurs formés d'une coque (101) rétreinte dans sa partie centrale et munie de fentes longitudinales (104), et d'un moteur axial comportant des anneaux piézoélectriques (106) empilés sur l'axe de la coque.

Elle consiste à fileter (103) les extrémités de la coque pour visser dans ces extrémités les tapes de fermeture (113) de cette coque de manière à précontraindre directement le moteur piézoélectrique. L'étanchéité de la coque est en outre obtenue par une peau (105) surmoulée à l'extérieur de celle-ci et comportant des rainures (414) situées en face des fentes (104) pour éviter que sous l'effet de la pression d'immersion la peau d'étanchéité ne vienne fluer dans les fentes.

Elle permet d'obtenir une construction plus facile d'un tel transducteur et une meilleure tenue en immersion.

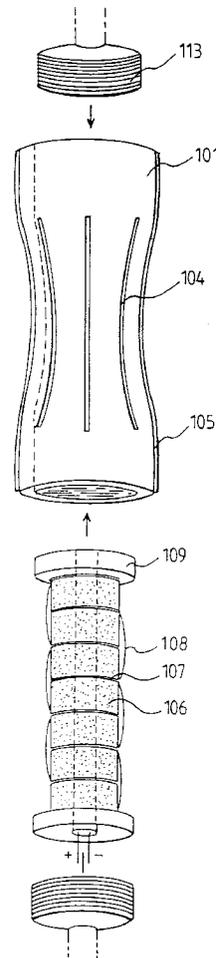


FIG. 1

EP 0 762 381 A1

## Description

La présente invention se rapporte aux transducteurs électroacoustiques flex tenseurs dans laquelle la partie émettrice est formée d'une coque fléchie qui est mise en vibration par un moteur, du type piézoélectrique par exemple. Ces transducteurs servent à émettre des ondes acoustiques, dans le domaine sonore par exemple, au sein des eaux, notamment pour détecter les autres bateaux par un système de repérage du type sonar.

On connaît différents types de transducteurs flex tenseurs, connus plus particulièrement sous l'appellation anglo-saxonne "barrel stave", qui se présentent sous la forme d'un tonneau au profil concave au lieu d'être convexe.

Un tel transducteur est par exemple décrit dans le brevet US 4,922,470. La réalisation qui est décrite dans ce brevet comporte un ensemble de panneaux bombés intérieurement qui sont usinés séparément et montés sur des flasques d'extrémités polygonales avec des vis. Le moteur piezoélectrique s'étend entre ces deux flasques pour les mettre en mouvement et exciter par conséquent les parois du corps creux rétreint constitué par les panneaux et les flasques. Une paroi externe en caoutchouc permet d'obtenir l'étanchéité nécessaire de ce corps. Des tiges filetées longitudinales s'étendant entre les deux flasques permettent de précontraindre le moteur piézoélectrique. La construction d'un tel dispositif est particulièrement compliquée et le dispositif obtenu présente de nombreux inconvénients. Plus particulièrement les tolérances sur les côtes mécaniques ne permettent pas d'obtenir une reproductibilité suffisante des performances et l'étanchéité en immersion est loin d'être assurée. En outre le coût d'un système aussi complexe est important.

On connaît aussi du brevet US 3,258,738 un transducteur flex tenseur semblable à celui-ci et dans lequel le corps creux est monobloc et comporte des fentes longitudinales permettant d'obtenir la forme rétreinte. Toutefois là aussi les flasques d'extrémités sont fixées sur le corps par un système de vis, et l'étanchéité est obtenue par un revêtement de caoutchouc interne. En outre ce dispositif ne comporte apparemment pas de système de précontrainte, ce qui oblige à priori à l'utilisateur d'éviter de fortes immersions, sauf à prévoir des modalités de fabrication particulièrement compliqués. Comme par ailleurs les flasques d'extrémités sont étanches, une telle immersion tendrait à décoller le revêtement interne de caoutchouc et à perturber le fonctionnement du transducteur.

Pour pallier ces inconvénients, l'invention propose un transducteur flex tenseur, du type comprenant une coque en forme de cylindre rétreint en sa partie centrale et munie de fentes longitudinales s'étendant le long de cette partie rétreinte, un moteur formé d'anneaux piézoélectriques superposés et placés à l'intérieur de la coque selon l'axe de celle-ci, des tapes pour fermer la co-

que, et une enveloppe élastique pour assurer l'étanchéité de la coque, principalement caractérisé en ce que les extrémités de la coque et les tapes sont filetées pour s'assembler par vissage afin de précontraindre ledit moteur, et en ce que l'enveloppe forme une peau surmoulée sur l'extérieur de ladite coque et présentant au niveau des fentes longitudinales des rainures creuses destinées à empêcher la peau surmoulée de fluer dans les dites fentes sous l'effet de la pression d'immersion.

Selon une autre caractéristique, le transducteur comprend des pièces de jonction de diamètre supérieur à celui des anneaux piézoélectriques, placées aux deux extrémités de l'empilage d'anneaux pour venir s'emboîter dans les épaulements intérieurs situés aux deux extrémités de la coque afin de centrer le moteur à l'intérieur de cette coque.

Selon une autre caractéristique, le transducteur comprend en outre des bagues de précontrainte placées entre les pièces d'extrémités et les tapes et filetées pour venir se visser dans les extrémités filetées de la coque afin d'obtenir une valeur précise de la précontrainte appliquée au moteur.

Selon une autre caractéristique, les anneaux piézoélectriques comportent des entailles latérales longitudinales permettant de faire passer les fils de connexion des électrodes d'excitation de ces anneaux, sans que ces fils de connexion ne débordent du diamètre extérieur des anneaux.

Selon une autre caractéristique, les fentes longitudinales sont de largeur variable pour optimiser le fonctionnement du transducteur en fonction de l'immersion.

Selon une autre caractéristique les tapes présentent une partie qui déborde à l'extérieur des extrémités de la coque; cette partie débordante étant usinée en forme de rotule pour permettre d'assembler les transducteurs les uns au bout des autres à l'aide de pièces de jonction adaptées à ces rotules.

Selon une autre caractéristique les fentes longitudinales sont remplies par un matériau plastique très mou.

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

- la figure 1, une vue simplifiée et éclatée d'un transducteur selon l'invention;
- la figure 2, une vue en coupe d'un tel transducteur assemblé;
- la figure 3, une vue en perspective de l'assemblage des anneaux piézoélectriques de ce transducteur;
- la figure 4, un détail en coupe de la coque de ce transducteur;
- la figure 5, une vue en coupe d'une pièce de jonction entre deux transducteurs successifs; et
- la figure 6, une vue en coupe partielle d'un transducteur assemblé avec un module de jonction de deux transducteurs entre eux.

Le transducteur selon l'invention représenté en vue éclatée et simplifiée sur la figure 1, et en coupe assemblée et plus détaillée sur la figure 2, comprend une coque 101, en titane par exemple, présentant la forme générale d'un tube rétreint dans sa partie centrale et ayant donc grossièrement la forme du jouet d'enfant connu sous le nom de "diabolo". Cette partie centrale rétreinte est mince et les deux extrémités sont plus épaisses et comportent à l'intérieur un épaulement 102 surmonté d'une partie filetée 103. Cette coque sera par exemple usinée dans un barreau massif pour obtenir les différentes formes et épaisseurs voulues. Le cas échéant pour faciliter la fabrication on pourra partir d'un tube dont les extrémités seront forgées pour obtenir les sur-épaisseurs nécessaires à l'épaulement et au filetage, et dont la partie centrale sera rétreinte.

Cette coque comprend sur sa partie centrale rétreinte des fentes longitudinales 104, 6 par exemple, réparties régulièrement sur la périphérie de la coque. Ces fentes permettent d'obtenir une souplesse suffisante et une contraction régulière de la coque sous l'effet de l'immersion. Elles sont obtenues par exemple par fraisage et leur largeur est constante lorsque la pression n'est pas appliquée.

La paroi extérieure de la coque est recouverte par surmoulage d'une enveloppe d'étanchéité 105, ou peau, en polyuréthane par exemple.

A l'intérieur de cette coque, on place un moteur d'excitation formé d'un empilement d'anneaux en céramique piézoélectrique 106 séparés par des électrodes 107. Ces électrodes sont réunies, d'une manière alternée connue, par des fils de connexion 108 qui permettent d'appliquer les tensions d'excitation nécessaires aux anneaux de céramique. Les deux extrémités de cet empilage sont terminées par des pièces de jonction 109 dont le diamètre est plus grand que les anneaux de céramique et qui viennent se loger exactement sur les épaulements 102 pour maintenir le moteur centré au milieu de la coque. Le diamètre des anneaux de céramique est choisi pour qu'à l'immersion maximale la coque 101, contractée sous l'effet de la pression, ne touche pas ces anneaux. Les pièces 109 comportent au niveau de la jonction avec les anneaux de céramique un chanfrein 110, non représenté sur la figure 1, qui permet de répartir la pression de précontrainte appliquée sur les anneaux par ces pièces. Pour garder néanmoins un diamètre maximal aux anneaux de céramique, qui représentent l'élément moteur du dispositif, l'invention propose de ménager, comme représenté sur la figure 3, sur les faces latérales de l'empilage d'anneaux deux gorges 111 qui permettent de faire passer les fils de connexions 108.

En outre on a ménagé sur la face latérale de jonction entre les anneaux et l'une ou l'autre, ou les deux, pièces de jonction 109, des rainures radiales qui permettent ensuite de faire pénétrer les fils de connexion 108 à l'intérieur du trou central 112 de l'empilage d'anneaux, de manière à pouvoir faire sortir ces fils de con-

nexion du transducteur assemblé.

Pour terminer l'assemblage du transducteur, et obtenir la précontrainte nécessaire à son fonctionnement, après avoir placé à l'intérieur de la coque le moteur formé par l'assemblage des anneaux on visse au deux extrémités de cette coque des tapes terminales 113 qui sont filetées au pas du filetage intérieur 103. Sur la vue simplifiée de la figure 1, ces tapes sont monoblocs et prévues pour appuyer directement sur les pièces de jonction 109, alors que dans la réalisation préférée représenté sur la figure 2 on utilise des bagues de précontrainte 114 qui sont vissées en premier dans le filetage 103 pour obtenir la précontrainte souhaitée à une valeur bien fixe. On visse ensuite les tapes 113 elles-mêmes, qui viennent se bloquer contre les bagues 114 sans modifier la valeur de la précontrainte et en effectuant un verrouillage du type écrou/contre-écrou.

Les fentes 104 dans la coque 101 permettent à cette coque de vibrer sous l'influence du moteur piézoélectrique, selon justement la caractéristique d'un flexenseur, en donnant à la partie centrale rétreinte de cette coque la souplesse nécessaire. Pour éviter que sous l'influence de la pression la peau extérieure élastique 105 qui est surmoulée sur la coque vienne fluer dans ces fentes 104 en limitant cette souplesse, l'invention propose, comme représenté sur la figure 4, de placer dans ces fentes lors de l'opération de surmoulage un outillage d'obturation formé d'un profilé 404 en forme de T, dont la branche horizontale vient s'appuyer sur la face intérieure de la coque 101, et dont la branche verticale vient obstruer la fente en dépassant légèrement de la surface extérieure de la coque. Ce dépassement est par exemple prévu pour avoir une dimension sensiblement égale à la moitié de l'épaisseur de la peau 105. A la fin des opérations de moulage de la peau 105, lorsque la consistance de celle-ci a atteint la valeur souhaitée, on retire les outils d'obturation 404, ce qui libère les fentes 104 et laisse subsister en face de ces fentes dans l'épaisseur de la peau une cavité 414 de largeur sensiblement égale à celle de la fente. Cette cavité empêche le matériau constituant la peau de fluer à l'intérieur de la fente 104 sous l'effet de la pression lorsque le transducteur est immergé.

La représentation de la figure 4 est faite selon une coupe radiale de la coque au niveau de l'une des fentes 104, et pour la simplicité du dessin la courbure de la coque et de sa peau d'étanchéité n'ont pas été représentées.

Sous l'effet de la pression due à l'immersion, la partie centrale de la coque tend à se rétreindre de plus en plus et les fentes se ferment petit à petit. Lorsque l'on est arrivé à l'immersion maximale pour laquelle le transducteur est étudié, les fentes se ferment complètement et leurs bords viennent en contact. Ceci perturbe particulièrement le fonctionnement du transducteur dont la souplesse due aux fentes disparaît, et dans la pratique il ne peut plus émettre un niveau acoustique suffisant. Ceci n'a pas une grande importance, puisque l'on a

alors dépassé la profondeur maximale pour laquelle le transducteur est prévu. En contrepartie la résistance mécanique de la coque augmente de manière importante et en pratique le diamètre de la partie centrale rétreinte ne diminue pratiquement plus. Comme l'ensemble des pièces est étudié que pour le jeu résiduel à cet instant entre la coque ainsi refermée et le pilier central de céramiques piézoélectriques soit suffisant pour éviter tout contact entre cette coque et ce pilier, même sous l'effet d'une pression beaucoup plus importante que la pression nominale prévue, on protège ainsi les anneaux de céramique, qui sont particulièrement fragiles. On obtient ainsi une sécurité importante du transducteur contre les immersions accidentelles trop profondes.

A titre de variante on peut prévoir également de ne pas faire déboucher complètement les fentes 104, afin qu'elles présentent simplement la forme d'une gorge fermée vers l'intérieur de la coque par un matériau de faible raideur permettant de faire l'étanchéité.

Une autre variante consiste à remplir ces fentes, dont la largeur est par exemple de 0,5 mm et l'épaisseur (égale à l'épaisseur de la coque) de 2,5 mm, par un matériau de remplissage extrêmement mou, une autre variété de polyuréthane que celle permettant d'obtenir la peau 105 par exemple, afin d'obtenir un remplissage à la fois améliorant l'étanchéité et luttant contre le fluage de la peau sans gêner les propriétés acoustiques de la coque.

Les transducteurs de ce type sont souvent utilisés sous forme de chapelet pour réaliser une antenne linéaire émettant radialement. Pour faciliter l'assemblage d'une telle antenne, l'invention propose donc d'usiner les tapes 113 sous la forme d'une rotule percée en son centre pour assurer la continuité du trou central 112 qui traverse l'empilage d'anneaux 106. De cette manière on peut réunir en chapelet les transducteurs successifs en utilisant par exemple une pièce de jonction démontable telle que représentée sur la figure 5. Cette pièce de jonction comprend deux parties identiques 213 réunies par une vis 214. L'ensemble présente deux creux sphériques 215 dans lesquels peuvent se loger les rotules des extrémités 113 de deux transducteurs adjacents. Ceci permet d'avoir une fixation présentant une certaine flexibilité pour obtenir une antenne linéaire complète flexible pouvant être enroulée sur un tambour de grand diamètre et se déformer légèrement sous l'effet des efforts hydrodynamiques appliqués lorsqu'elle est tractée, afin de ne pas risquer de rupture.

A titre de variante, représentée sur la figure 6, l'invention propose également de réaliser la jonction entre deux transducteurs successifs à l'aide d'un module 301 présentant extérieurement une forme tout à fait semblable à celle d'un transducteur mais dont les extrémités sont évidées pour présenter des creux sphériques 313 adaptés à recevoir les extrémités sphériques des tapes 113. La fixation entre ces tapes et ces creux se fera de toutes manières connues dans l'art de la mécanique. On aura ainsi une antenne linéaire parfaitement régu-

lière et flexible et les pièces 301 pourront être creuses pour présenter un volume intérieur suffisant pour pouvoir y disposer des circuits électroniques, tels que des amplificateurs, des multiplexeurs, et des convertisseurs analogiques/numériques destinés à être connectés aux anneaux de céramique piézoélectrique 106 des transducteurs afin de pouvoir alimenter ceux-ci. Cette connexion se fera par l'intermédiaire de câbles traversant le trou axial 112 qui s'étend d'une extrémité à l'autre du transducteur. Un trou axial de même nature s'étendant d'une extrémité à l'autre de la pièce intermédiaire 301 permettra de faire passer des câbles qui s'étendent le long de l'antenne pour pouvoir remonter jusqu'au bâtiment tracteur de cette antenne.

## Revendications

1. Transducteur flexenseur, du type comprenant une coque (101) en forme de cylindre rétreint en sa partie centrale et munie de fentes (104) longitudinales s'étendant le long de cette partie rétreinte, un moteur formé d'anneaux piézoélectriques (106) superposés et placés à l'intérieur de la coque selon l'axe de celle-ci, des tapes (113) pour fermer la coque, et une enveloppe élastique (105) pour assurer l'étanchéité de la coque, caractérisé en ce que les extrémités de la coque et les tapes sont filetées (113) pour s'assembler par vissage afin de précontraindre ledit moteur, et en ce que l'enveloppe forme une peau surmoulée sur l'extérieur de ladite coque et présentant au niveau des fentes longitudinales (104) des rainures creuses (414) destinées à empêcher la peau surmoulée de fluer dans lesdites fentes sous l'effet de la pression d'immersion.
2. Transducteur selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend des pièces de jonction (109) de diamètre supérieur à celui des anneaux piézoélectriques (106), placées aux deux extrémités de l'empilage d'anneaux pour venir s'emboîter dans les épaulements intérieurs (102) situés aux deux extrémités de la coque (101) afin de centrer le moteur à l'intérieur de cette coque.
3. Transducteur selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des bagues de précontrainte (114) placées entre les pièces d'extrémités (113) et les tapes et filetées pour venir se visser dans les extrémités filetées (103) de la coque afin d'obtenir une valeur précise de la précontrainte appliquée au moteur.
4. Transducteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que les anneaux piézoélectrique comportent des entailles latérales longitudinales (111) permettant de faire passer les fils de connexion (108) des électrodes d'excitation

(107) de ces anneaux, sans que ces fils de connexion ne débordent du diamètre extérieur des anneaux.

5. Transducteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que les fentes longitudinales (104) sont de largeur variable pour optimiser le fonctionnement du transducteur en fonction de l'immersion. 5
- 10
6. Transducteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que les tapes (113) présentent une partie qui déborde à l'extérieur des extrémités de la coque (101); cette partie débordante étant usinée en forme de rotule pour permettre d'assembler les transducteurs les uns au bout des autres à l'aide de pièces de jonction (301) adaptées à ces rotules. 15
7. Transducteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que les fentes longitudinales (104) sont remplies par un matériau plastique très mou. 20

25

30

35

40

45

50

55

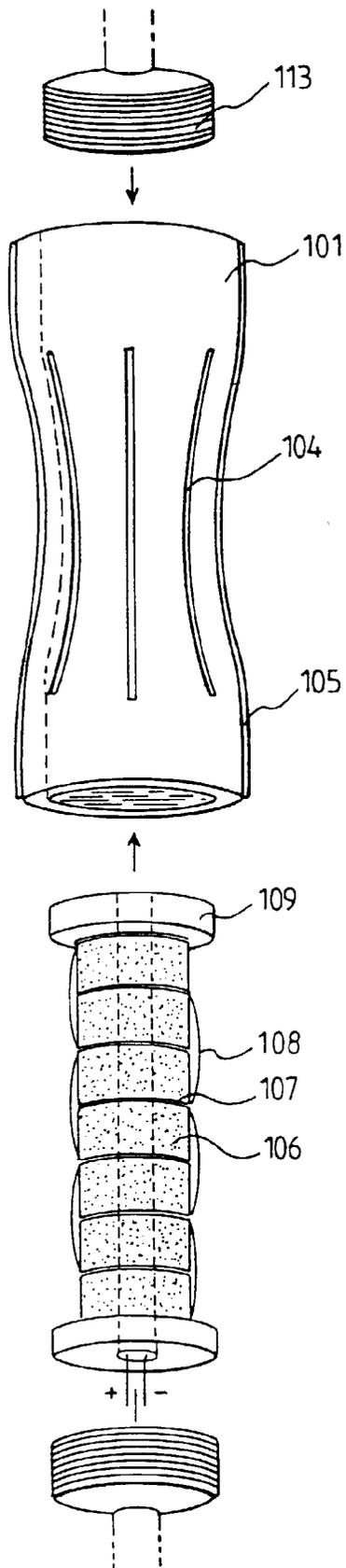


FIG. 1

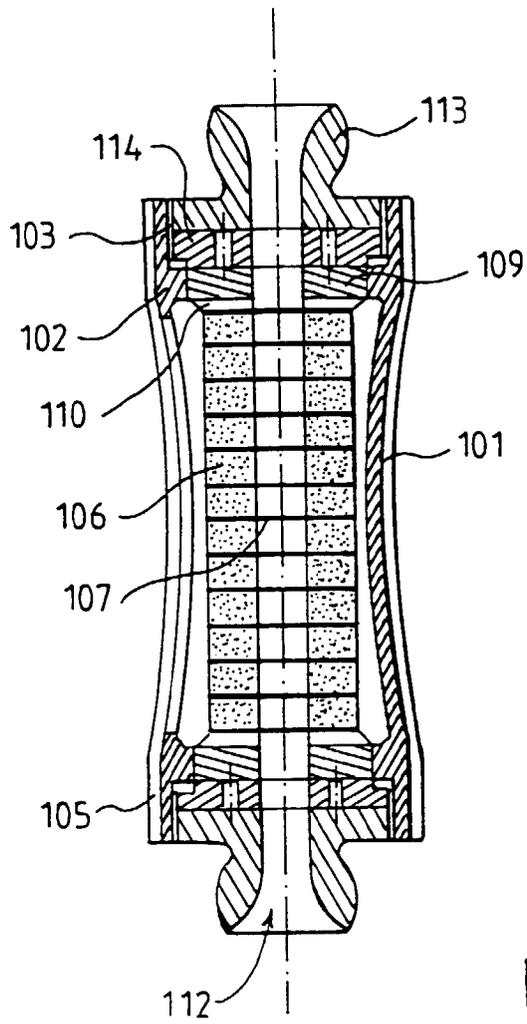


FIG. 2

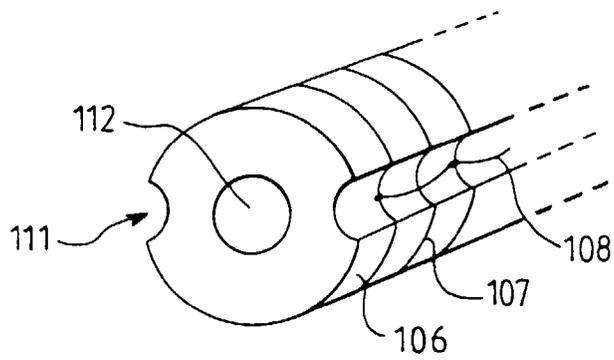


FIG. 3

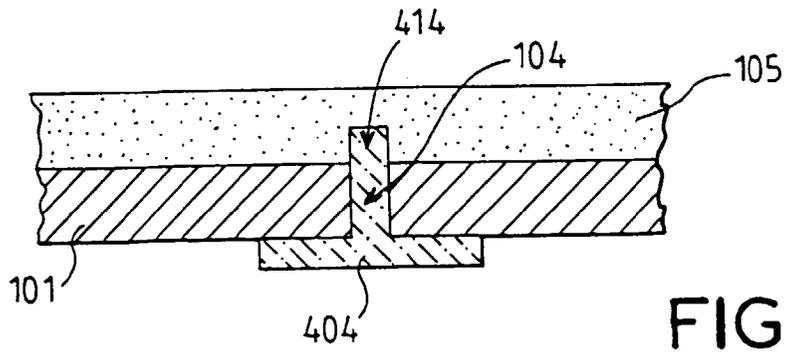


FIG. 4

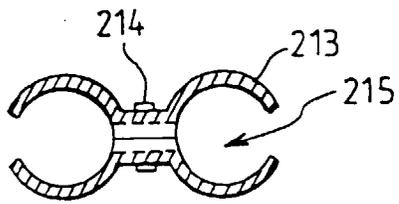


FIG. 5

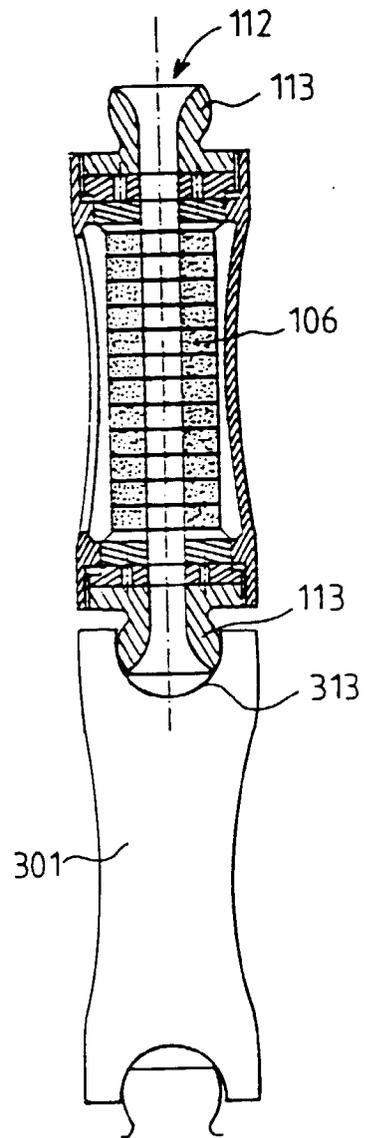


FIG. 6



Office européen  
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande  
EP 96 40 1885

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.6)
A	US-A-3 258 738 (MERCHANT ET AL.) 28 Juin 1966 * colonne 5, ligne 71 - colonne 6, ligne 65; figures 1,5 *	1	G10K9/12
A	US-A-4 894 811 (PORZIO RAYMOND) 16 Janvier 1990 * colonne 5, ligne 59 - ligne 66; figure 8 *	1	
A	US-A-4 922 470 (MCMAHON GARFIELD W ET AL) 1 Mai 1990 * figures 1A,2 *	1	
A	EP-A-0 568 205 (FERRANTI THOMSON SONAR SYSTEMS) 3 Novembre 1993 * figures 1,3,4 *	1	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.6)
			G10K
Lieu de la recherche	Date d'achèvement de la recherche	Examineur	
LA HAYE	18 Décembre 1996	de Heering, P	
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons ..... & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

EPO FORM 1500 01/82 (P4/C02)