(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 0 785 825 B1

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:
31.03.1999 Bulletin 1999/13

(21) Numéro de dépôt: **95935491.1**

(22) Date de dépôt: **13.10.1995**

(51) Int. Cl.^{6}: **B06B 1/06**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR95/01350

(87) Numéro de publication internationale:
WO 96/11752 (25.04.1996 Gazette 1996/18)

(54) **EMETTEUR ACOUSTIQUE SOUS-MARIN POUR GRANDE IMMERSION**
AKUSTISCHER UNTERWASSERSENDER FÜR GROSSE TAUCHTIEFE
DEEP-SEA ACOUSTIC TRANSMITTER

(84) Etats contractants désignés:
DE GB IT

(30) Priorité: **14.10.1994 FR 9412285**

(43) Date de publication de la demande:
30.07.1997 Bulletin 1997/31

(73) Titulaire: **THOMSON-CSF**
75008 Paris (FR)

(72) Inventeurs:
- **SERNIT, Eric**
  F-92402 Courbevoie Cédex (FR)
- **FROMONT, Bernard**
  F-92402 Courbevoie Cédex (FR)
- **BOCQUILLON, Pascal**
  F-92402 Courbevoie Cédex (FR)
- **ADDA, Josette**
  F-92402 Courbevoie Cédex (FR)

(74) Mandataire:
Desperrier, Jean-Louis
Thomson-CSF Propriété Intellectuelle,
13, Avenue du Président Salvador Allende
94117 Arcueil Cédex (FR)

(56) Documents cités:
US-A- 3 444 508
US-A- 3 781 781
US-A- 5 099 460

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

EP 0 785 825 B1

Description

[0001] 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 effectuer des repérages sous-marins selon la technique des sonars.

[0002] 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 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.

[0003] Pour des immersions relativement faibles, correspondant par exemple à celles d'un sonar de coque, la pression hydrostatique de l'eau influence de manière négligeable le fonctionnement d'un tel émetteur.

[0004] Ainsi on connaît du brevet US 3, 444, 508 un récepteur acoustique sous-marin suspendu par un câble à une bouée. Il comporte un tube support terminé par deux tapes. En outre, il est uniquement récepteur.

[0005] On connait aussi du brevet US 5, 099, 460 l'usage de joints pour protéger des anneaux de céramique acoustique contre les chocs.

[0006] 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 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 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.

[0007] 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 10^8 Pascals.

[0008] 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 et coûteuse à mettre en oeuvre.

[0009] 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.

[0010] Pour pallier ces inconvénients, l'invention propose un émetteur acoustique sous-marin selon les revendications annexées.

[0011] 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 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
- la figure 4, une vue en coupe d'une partie du tube interne de l'émetteur de la figure 3.

[0012] 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 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 radiale au rythme de ces signaux. Ce mouvement radial est représenté par les flèches 106.

[0013] 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 rondelle car son épaisseur dans cet exemple de réalisation est nettement plus faible que sa largeur.

[0014] 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 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.

[0015] 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.

[0016] Cette structure tricouche est formée d'une couche interne 201 dure et rigide entourée de deux couches externes 202 et 203 souples et 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.

[0017] 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 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 203 jouent le rôle de ressorts apportant la compliance nécessaire et la couche interne joue le rôle de la masse apportant l'inerte souhaitée.

[0018] Dans la pratique, et pour les dimensions et fréquences pré-citées, en utilisant une couche centrale en polyéthylène d'une épaisseur de l'ordre 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.

[0019] 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.

[0020] Cet émetteur est donc constitué d'un empilement d'anneaux en 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.

[0021] Le diamètre interne de ces anneaux de découplage est ici plus 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.

[0022] On enfile alors cet ensemble sur un tube interne 303 dont le 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 repose le dernier anneau de découplage et le dernier anneau de centrage. Le tube se termine également en haut par un épaulement intérieur 305.

[0023] On vient alors faire reposer l'épaulement externe 304 sur une tape inférieure 306 qui constitue la base de l'émetteur.

[0024] On ferme ensuite cet ensemble par une tape supérieure 307 qui 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.

[0025] 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 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.

[0026] 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 polyuréthanne par exemple.

[0027] 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 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.

[0028] 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 mas-

sive 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 appliqués aux céramiques.

[0029] 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 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.

[0030] Dans l'exemple de réalisation représenté sur la figure 3, les anneaux de céramiques et les anneaux de découplage sont identiques. A 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 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 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. Emetteur 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 le coefficient élastique du tube est beaucoup plus faible que celui de l'empilage d'anneaux piézo-électriques et que ses dimensions sont telles qu'il supporte l'essentiel des efforts dus à la pression qui s'exerce sur les tapes à ses extrémités pour protèger l'empilage des anneaux des efforts dus à la pression, et en ce qu'il comprend en outre un ensemble d'anneaux de découplage (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. Emetteur 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. Emetteur selon la revendications 2, caractérisé en ce la couche interne est en polyéthylène et la couche externe en néoprène.

4. Emetteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que les épaisseurs des anneaux de découplage (301) sont différentes entre elles pour obtenir une pondération de l'émission des anneaux piézo-électriques (101) en fonction de leur emplacement selon la hauteur de l'antenne.

5. Emetteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que le tube interne (303) est formé d'un composite carbone/résine.

Claims

1. Underwater acoustic transmitter for large submersion, of the type comprising a set of piezoelectric annuli (101, 102) stacked to form a transmitter cylinder, which is threaded onto a tube (303) supporting at its two ends plugs (306, 307), characterized in that the elastic coefficient of the tube is much smaller than that of the stack of piezoelectric annuli and that its dimensions are such that it supports the most part of the loads due to the pressure exerted on the plugs at its ends so as to protect the stack of annuli from the loads due to the pressure, and in that it furthermore comprises a set of decoupling annuli (301) inserted respectively between the piezoelectric annuli and the effectiveness of which stems from the axial stress reduction due to the resistant tube (303).

2. Transmitter according to Claim 1, characterized in that the decoupling annuli have a three-layer structure comprising a hard and rigid internal layer (201) and two flexible and elastic external layers (202, 203).

3. Transmitter according to Claims [sic] 2, characterized in that the internal layer is made of polyethylene and the external layer of neoprene.

4. Transmitter according to any one of Claims 1 to 3, characterized in that the thicknesses of the decoupling annuli (301) differ from one another so as to obtain a weighting of the transmission of the piezoelectric annuli (101) as a function of their location along the height of the antenna.

5. Transmitter according to any one of Claims 1 to 4, characterized in that the internal tube (303) is formed from a carbon/resin composite.

Patentansprüche

1. Akustischer Unterwassersender für große Tauchtiefe mit einer Gruppe aus piezoelektrischen Ringen (101, 102), die übereinandergelegt sind, um einen Sendezylinder zu bilden, wobei die Gruppe über ein Rohr (303) geschoben ist, das an seinen beiden Enden Deckel (306, 307) umfaßt, dadurch gekennzeichnet, daß der Elastizitätskoeffizient des Rohres sehr viel kleiner ist als derjenige des Stapels piezoelektrischer Ringe und daß seine Abmessungen so sind, daß es den Hauptteil der sich aus dem Druck auf die Deckel an seinen Enden ergebenden Kräfte trägt, um den Stapel der Ringe vor den Druckkräften zu schützen, und daß er ferner eine Gruppe aus Entkopplungsringen (301) umfaßt, die jeweils zwischen die piezoelektrischen Ringe eingesetzt sind und deren Wirksamkeit von der Verringerung der vom Widerstandsrohr (303) ausgehenden axialen Spannungen herrührt.

2. Sender nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Entkopplungsringe eine dreischichtige Struktur haben mit einer harten und starren inneren Schicht (201) und zwei weichen und elastischen äußeren Schichten (202, 203).

3. Sender nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die innere Schicht aus Polyethylen und die äußere Schicht aus Neopren ist.

4. Sender nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß sich die Dicke der Entkopplungsringe (301) voneinander unterscheidet, um eine Gewichtung des Sendens der piezoelektrischen Ringe (101) in Abhängigkeit von ihrer Anordnung je nach Antennenhöhe zu erhalten.

5. Sender nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das innere Rohr (303) aus einem Kompositteil aus Kohlenstoff und Harz besteht.

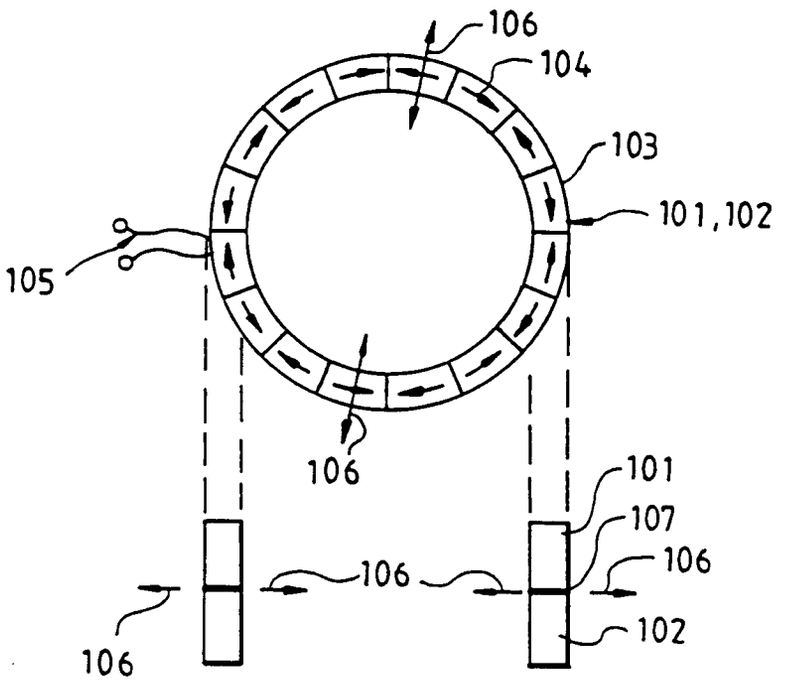


FIG.1

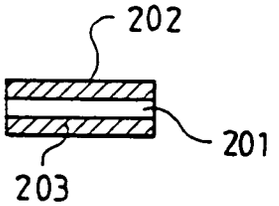


FIG.2

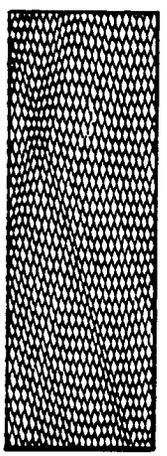


FIG.4

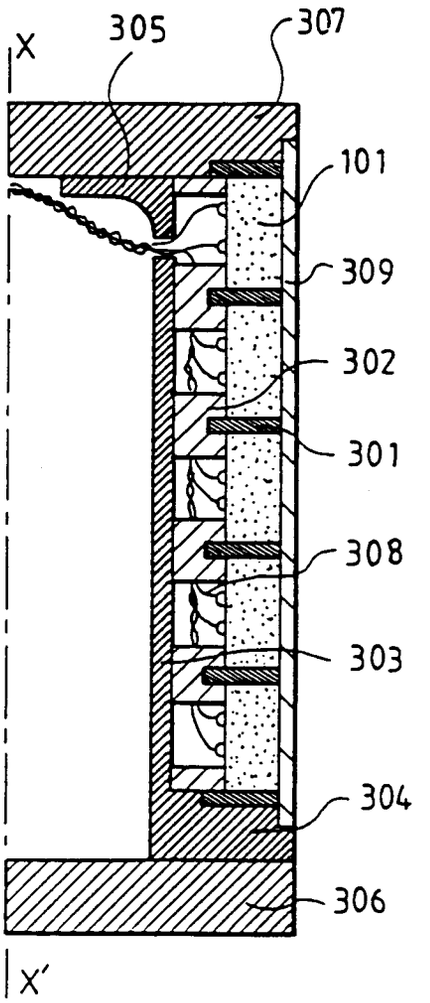


FIG.3