

(19)



(11)

EP 2 367 640 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:

09.01.2019 Bulletin 2019/02

(51) Int Cl.:

B06B 1/06 (2006.01)

(86) Numéro de dépôt international:

PCT/FR2009/052682

(21) Numéro de dépôt: **09805787.0**

(22) Date de dépôt: **23.12.2009**

(87) Numéro de publication internationale:

WO 2010/072984 (01.07.2010 Gazette 2010/26)

(54) **TRANSDUCTEUR D'ONDES ACOUSTIQUES ET ANTENNE SONAR DE DIRECTIVITE
AMELIOREE**

SCHALLWELLENWANDLER UND SONARANTENNE MIT VERBESSERTER AUSRICHTUNG

ACOUSTIC WAVE TRANSDUCER AND SONAR ANTENNA WITH IMPROVED DIRECTIVITY

(84) Etats contractants désignés:

**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL
PT RO SE SI SK SM TR**

(30) Priorité: **23.12.2008 FR 0859015**

(43) Date de publication de la demande:

28.09.2011 Bulletin 2011/39

(73) Titulaire: **IXBLUE**

78100 Saint-Germain-en-Laye (FR)

(72) Inventeurs:

- **MOSCA, Frédéric**
F-13005 Marseille (FR)
- **GIRARDI, Pascal**
F-83000 Toulon (FR)

• **GIRAULT, Robert**
F-83330 Le Beausset (FR)

• **COTTREAU, Yann**
F-83330 Le Beausset (FR)

• **MATTE, Guillaume**
F-83130 La Garde (FR)

• **THOMAS, Samuel**
F-13720 Belcodene (FR)

(74) Mandataire: **Jacobacci Coralie Harle**

32, rue de l'Arcade
75008 Paris (FR)

(56) Documents cités:

EP-A- 0 728 535 DE-C1- 3 931 453

US-A- 3 474 403 US-A- 3 593 257

US-A- 4 031 418

EP 2 367 640 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

[0001] La présente invention concerne un transducteur électro-acoustique pour antenne sonar. Un transducteur électro-acoustique est utilisé pour l'émission et/ou la réception d'ondes de pression acoustiques. En mode émission, un transducteur acoustique transforme une différence de potentiel électrique en onde de pression acoustique (et inversement en mode de réception).

[0002] Il existe différents types de transducteurs électro-acoustiques. Dans la suite de ce document nous nous intéressons en particulier aux transducteurs piezo-acoustiques de type Tonpilz et Janus-Helmholtz. Ces transducteurs comprennent un moteur piezo-électrique, constitué généralement d'un empilage de céramiques piezo-électriques et d'électrodes, ce moteur piezo-électrique étant relié d'une part à une contremasse et d'autre part à un pavillon. L'ensemble moteur piezo-électrique, contremasse et pavillon est relié par une tige de précontrainte et constitue un résonateur dont la fréquence de résonance dépend en particulier des dimensions du pavillon, du moteur et de la contremasse.

[0003] Le résonateur piezo-acoustique est généralement placé dans un boîtier de protection étanche. La face externe du pavillon est en contact direct avec le milieu d'immersion ou placée derrière une membrane acoustiquement transparente. La cavité intérieure du boîtier est remplie soit d'air soit d'un fluide choisi pour avoir une bonne impédance acoustique sans perte, sans rupture d'impédance avec l'eau. Le fluide utilisé est généralement une huile. Quand la cavité est remplie d'air, le couplage acoustique entre le transducteur et le milieu d'immersion se fait par la face externe du pavillon. Quand la cavité est remplie d'huile, le couplage acoustique entre le transducteur et le milieu d'immersion se fait par le pavillon à travers l'huile et le boîtier. Le transducteur immergé transforme l'onde de vibration du résonateur en onde de pression acoustique qui se propage dans le milieu d'immersion.

[0004] Un transducteur électro-acoustique permet de sonder un écho acoustique. La réponse spécifique d'un transducteur dépend de la fréquence, de la bande passante et de la direction de l'écho par rapport à l'axe d'émission/réception du transducteur. Dans des applications de bathymétrie, le transducteur est placé verticalement de manière à sonder l'écho provenant du fonds sous-marin. Il est alors essentiel de sonder les ondes acoustiques dans une direction précise. En effet, les sources d'écho secondaires génèrent du bruit et réduisent la sensibilité du dispositif.

[0005] Un diagramme de directivité représente l'intensité acoustique en fonction de la direction de mesure (repérée angulairement). Le diagramme de directivité indicatif de la réponse d'un transducteur de type Tonpilz en fonction de la direction par rapport à l'axe acoustique du transducteur est représenté schématiquement sur la figure 2. Ce diagramme 12 étant symétrique par rapport à l'axe acoustique 7 du transducteur (axe 0-180°) seule

un demi-diagramme est représenté. La courbe de ce diagramme est une courbe de niveau d'intensité acoustique. On observe sur le diagramme de la figure 2 un lobe principal 13 centré sur l'axe acoustique 7 du transducteur et orienté dans la direction X vers l'avant du pavillon. Le diagramme de la figure 2 présente également un lobe arrière 14, sur l'axe acoustique et dans la direction X' opposée au lobe principal 13. On observe également sur la figure 2 des lobes secondaires 15, 15', 15'' parasites dans des directions comprises entre 40° et 140° par rapport à l'axe acoustique. La présence de lobes secondaires nuit à la directivité du transducteur, qui reçoit et/ou émet une énergie acoustique dans des directions différentes la direction X de l'axe du transducteur vers l'avant du pavillon.

[0006] Les transducteurs de type Tonpilz fonctionnent à des fréquences comprises entre 1 kHz et 800 kHz. Le problème des lobes secondaires apparaît lorsque la dimension caractéristique de la face émettrice est de l'ordre ou supérieure à la longueur d'onde de travail. La longueur d'onde λ étant définie reliée à la fréquence f par la relation $\lambda = c / f$, où c est la vitesse de l'onde acoustique dans le milieu d'immersion (la vitesse du son dans l'eau de mer est d'environ 1500m/s). Le problème des lobes secondaires apparaît donc plus facilement aux hautes fréquences > 50kHz (car les longueurs d'onde deviennent de l'ordre du centimètre).

[0007] Ces lobes secondaires sont généralement attribués à un découplage imparfait entre le moteur piezo-électrique et le boîtier, d'où leur désignation « lobes de boîtier ». De plus, il est connu que les forces de pression en immersion profonde produisent des déformations et ne permettent pas un découplage du moteur et du boîtier.

[0008] Un autre type de transducteur est dérivé de la structure Tonpilz : il s'agit des transducteurs de type Janus-Helmholtz. Un transducteur Janus-Helmholtz comprend en effet deux moteurs piezo-acoustiques alignés selon un même axe et fixés sur une contremasse centrale, chaque moteur piezo-acoustique étant relié à un pavillon par une tige de précontrainte. Les deux pavillons sont ainsi situés aux extrémités opposées sur l'axe du dispositif et symétriques par rapport à un plan transverse à l'axe. Un transducteur Janus-Helmholtz permet de travailler à des fréquences plus basses (de 150 Hz à 20 kHz) qu'un transducteur de type Tonpilz.

[0009] Le diagramme de directivité d'un transducteur de type Janus-Helmholtz fonctionnant à très basse fréquence (de 150 Hz à 20 kHz) est généralement très peu directif. Ce diagramme est symétrique par rapport au plan transverse de symétrie. Il présente toutefois deux maxima de puissance sur l'axe du transducteur dans la direction avant de chaque pavillon. Mais la puissance émise ou reçue dans la direction transverse à l'axe acoustique peut également induire des perturbations. De plus, lorsqu'on utilise un transducteur Janus-Helmholtz à une fréquence relativement plus élevée, des lobes secondaires apparaissent également.

[0010] Il existe des solutions connues pour améliorer

la directivité d'un transducteur électro-acoustique. La contremasse du transducteur sert de noeud de vibration et est donc un point fixe important pour la directivité du transducteur. Ainsi, on améliore la directivité du transducteur en reliant la contremasse au boîtier par une plaque métallique (en aluminium, inox, acier...).

[0011] Cependant, les lobes secondaires en site autour de la normale à l'axe acoustique sont une des restrictions majeures d'une antenne sonar, et ce quelque soit le type de transducteur utilisé (cf figure 2). En effet ces lobes secondaires occasionnent la présence d'échos de surface et dégradent considérablement le contraste sur ombre du système.

[0012] Des outils de modélisation de la réponse en fréquence d'un transducteur de type Janus-Helmholtz existent, mais ces outils ne parviennent pas à simuler parfaitement le comportement d'un transducteur.

[0013] Le document US 4,031,418 décrit un transducteur électro-acoustique et mentionne l'utilisation d'une enveloppe déformable en matériau absorbant. Le document US 3,474,403 décrit un transducteur électro-acoustique présentant une résistance aux chocs améliorée.

[0014] Un des buts de l'invention est d'améliorer la directivité d'un transducteur électro-acoustique de type Tonpilz ou Janus-Helmholtz. Un autre but de l'invention est la réduction des lobes de boîtier dans un transducteur de type électro-acoustique.

[0015] Pour obtenir cet objectif, la présente invention propose un transducteur d'ondes acoustiques tel que défini dans la revendication indépendante 1.

[0016] Selon un premier mode de réalisation, le boîtier s'étend longitudinalement selon l'axe du transducteur et est d'épaisseur E , ladite épaisseur E étant supérieure à la longueur d'onde acoustique λ correspondant à la fréquence f dans le boîtier de manière à absorber une partie des ondes acoustiques à la fréquence f dans au moins une direction transverse à l'axe.

[0017] Les moyens d'atténuation peuvent comprendre en outre une gaine réfléchissante autour du réseau diffractant et des moyens de suspension aptes à amortir le couplage d'ondes acoustiques entre la gaine réfléchissante et la gaine absorbante.

[0018] Selon un mode de réalisation particulier, la gaine réfléchissante est en aluminium, la gaine absorbante est en résine polymère ou en mousse syntactique, et les moyens de suspension en polymère viscoélastique.

[0019] Selon encore un mode de réalisation particulier, la gaine réfléchissante est de forme extérieure bombée de manière à atténuer une partie des ondes acoustiques provenant du milieu d'immersion dans des directions transverses à l'axe.

[0020] Selon un mode de réalisation préféré, le transducteur est un transducteur de type Tonpilz, comprenant un moteur piezo-électrique de forme allongée, ledit moteur comprenant un empilage de composants piezo-électriques et des électrodes, l'empilage étant relié selon un axe de symétrie par une extrémité au pavillon et par l'autre extrémité à la contremasse.

[0021] Selon un autre mode de réalisation, le transducteur est un transducteur de type Janus-Helmholtz, comprenant deux moteurs piezo-électriques de forme allongées dont les axes sont alignés, chaque moteur comprenant un empilage de composants piezo-électriques et des électrodes, l'empilage étant relié selon un axe de symétrie par une extrémité à un pavillon et par l'autre extrémité à une contremasse centrale commune aux deux moteurs, ledit transducteur comprenant deux boîtiers entourant chaque sous-ensemble moteur-pavillon.

[0022] L'invention concerne également une antenne sonar comprenant une pluralité de transducteurs, lesdits transducteurs étant placés dans un boîtier commun selon l'un des modes de réalisation précédents.

[0023] La description est donnée à titre d'exemple non limitatif et fera mieux comprendre comment l'invention peut être réalisée en référence aux dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 représente schématiquement les composants internes d'un transducteur acoustique de type Tonpilz à symétrie de révolution autour de son axe (vue en demi-section sans le boîtier) ;
- la figure 2 représente un exemple de diagramme de directivité d'une antenne acoustique type Tonpilz ;
- la figure 3 représente schématiquement un transducteur acoustique de type Tonpilz avec son boîtier ;
- la figure 4 représente schématiquement une vue en coupe de moyens d'atténuation des lobes de boîtier ;
- la figure 5 illustre le diagramme de directivité représentatif d'une antenne acoustique Tonpilz selon l'invention ;
- la figure 6 représente schématiquement une vue en coupe d'un transducteur acoustique de type Janus-Helmholtz ;
- la figure 7 représente une antenne sonar comprenant plusieurs transducteurs dans un même boîtier.

[0024] La figure 1 représente une vue partielle d'un transducteur Tonpilz (le boîtier n'est pas représenté), le transducteur étant symétrique de révolution autour de l'axe acoustique 7. Le transducteur comprend un moteur électro-acoustique 1 relié à un pavillon 4 et une contremasse 5 par une tige de précontrainte 6. Dans l'exemple représenté ce moteur comprend des céramiques piézoélectriques reliées à des électrodes 3 qui sont soumises à une tension sinusoïdale. Les céramiques piézoélectriques subissent ainsi une déformation mécanique sinusoïdale dans la direction de polarisation des céramiques. Le pavillon 4 assure une double fonction d'élargissement de la bande passante du transducteur due à son mode propre de papillonnage et d'adaptation d'impédance acoustique entre la céramique et le milieu fluide. La contremasse 5 stabilise l'ensemble et décale le plan nodal de vibration vers l'arrière du transducteur assurant une transmission maximale de l'énergie dans la direction souhaitée de l'axe acoustique vers l'avant du pavillon 4. La tige de précontrainte 6 maintient l'ensemble moteur

acoustique-pavillon-contremasse sous précontrainte de façon à assurer son fonctionnement en compression seule.

[0025] Le transducteur Tonpilz est intégré dans un boîtier 8 (non représenté sur la figure 1) rempli d'huile 10 afin d'assurer l'équilibre en pression avec le milieu d'immersion dans lequel est plongé le transducteur. Généralement, la contremasse 5 est montée en force dans le boîtier 8. Les lobes secondaires ou lobes de boîtier (cf Figure 2) sont un inconvénient connu depuis de nombreuses années dans les transducteurs et en particulier les transducteurs de type Tonpilz.

[0026] Les inventeurs ont analysé le comportement d'un tel transducteur. Selon cette analyse, la génération de ces lobes secondaires dits « de boîtier » est due à un couplage entre les éléments du transducteur (pavillon et contremasse), le fluide dans lequel baigne le résonateur et le boîtier. Ce couplage se traduit par la génération de quatre ondes de cisaillement à partir de deux sources 16 et 16' au sein du boîtier 8, chacune des sources 16, 16' générant deux ondes de cisaillement dans des directions opposées. L'origine des lobes secondaires est un couplage lié à une conversion mode d'une onde de cisaillement se propageant dans le boîtier. Un premier couplage acoustique a lieu entre le fluide 9 et le boîtier 8. Ce couplage génère une première source 16 d'ondes de cisaillement, schématiquement représentée au niveau du pavillon dans le boîtier. De manière inattendue le couplage ne se produit pas uniquement à l'interface entre le milieu fluide et le boîtier mais un second couplage mécanique se situe au niveau de la contremasse. Selon les applications et les type de montage la contremasse n'est pas nécessairement un noeud de vibrations parfaitement immobile, mais subit des déplacements transverses à l'axe. Ces déplacements induisent des ondes de cisaillement à partir d'un foyer secondaire 16' représenté schématiquement sur la figure 3 dans le boîtier en regard de la contremasse. La combinaison d'ondes de couplage provenant des deux foyers 16 et 16' produit en outre des ondes interférentes.

[0027] Ces couplages se traduisent par la génération de quatre ondes de cisaillement au sein du boîtier représentées schématiquement sur la figure 3. Par conversion de mode, transformation de l'onde S en onde P, et après avoir interféré ces ondes se propagent sous forme d'onde de compression dans le milieu fluide et forment des lobes secondaires dits de boîtier.

[0028] L'invention propose différents moyens complémentaires pour piéger l'énergie des lobes secondaires. La figure 4 représente schématiquement une portion de boîtier vue en coupe comprenant différents moyens d'atténuation des ondes acoustiques. Ces moyens sont avantageusement disposés sur les flancs du boîtier qui s'étendent longitudinalement par rapport à l'axe acoustique 7 d'émission/réception du transducteur, de manière à atténuer les ondes acoustiques se propageant dans des directions sensiblement transverses (90 ± 40 degrés) à l'axe acoustique 7. Les moyens d'atténuation

peuvent être placés sur un ou plusieurs flancs autour de l'axe, ou bien former une gaine continue qui entoure la périphérie du boîtier autour de l'axe acoustique.

[0029] Plus précisément, un premier moyen consiste à augmenter l'épaisseur du boîtier pour que celle-ci soit supérieure à la longueur d'onde acoustique λ correspondant à la fréquence f dans le boîtier. De préférence, l'épaisseur du boîtier est égale à environ 2λ ou 3λ . Une telle épaisseur de boîtier permet de convertir l'onde de cisaillement en onde de compression. Par exemple pour un transducteur Tonpilz dont la fréquence est de 100 kHz, une enveloppe d'épaisseur 2,5-3 cm est bien adaptée. Pour un Tonpilz de fréquence inférieure, l'épaisseur adaptée sera proportionnelle à la fréquence.

[0030] De préférence, l'épaisseur du boîtier est uniforme sur toutes les faces du boîtier s'étendant longitudinalement par rapport à l'axe. Avantageusement, la face arrière du boîtier a également une épaisseur supérieure à λ , de manière à atténuer le lobe arrière 13 dans la direction X' opposée à la direction X d'émission/réception acoustique.

[0031] Une épaisseur de boîtier supérieure à λ , voire égale à 2λ ou 3λ peut être obtenue en fabriquant directement un boîtier ayant une telle épaisseur. Pour les dispositifs comprenant déjà un boîtier d'épaisseur initiale insuffisante, on peut disposer un second boîtier dont la forme intérieure est adaptée à la forme extérieure du boîtier initial de manière à ce que l'épaisseur totale du boîtier ainsi obtenu ait une épaisseur totale supérieure à λ .

[0032] Un second moyen consiste à disposer autour du boîtier 8 une gaine absorbante 17 de manière à absorber l'énergie des ondes de cisaillement converties en ondes de compression. Pour une conversion de mode il faut que la gaine absorbante soit réalisée dans un matériau plus souple que le boîtier, par exemple une résine polymère. On peut aussi placer au-dessus de la structure absorbante une couche de mousse afin d'imposer un second trajet dans la structure et ainsi doubler l'atténuation.

[0033] Un troisième moyen consiste à placer en surface de la gaine absorbante un réseau diffractant 19. Le réseau 19 peut être un réseau à une dimension avec un pas et une profondeur de l'ordre de la demi-longueur d'onde. Le réseau 19 peut aussi être à deux dimensions.

[0034] Un quatrième moyen consiste à placer une gaine réfléchissante 18 autour de la gaine absorbante et du réseau diffractant de façon à augmenter la marche des ondes de cisaillement converties en ondes de compression dans le milieu absorbant. La gaine réfléchissante 18 peut comprendre par exemple une enveloppe réfléchissante constituée d'un matériau ayant un fort contraste d'impédance avec la gaine absorbante. Une forte rupture d'impédance est nécessaire pour le matériau réfléchissant qui peut par exemple être un métal. Cette structure nécessite enfin des moyens de suspension du matériau réfléchissant, de manière à isoler ce matériau et éviter la transmission par couplage vibratoire dans la direction non désirée. Les moyens de suspension com-

prennent avantageusement un polymère viscoélastique.

[0035] De préférence, la surface de la couche réfléchissante 18 est de forme concave vue des sources 16 et 16'.

[0036] L'ordre dans lequel les moyens d'atténuation des lobes secondaires sont assemblés en partant de l'axe du transducteur vers l'extérieur du boîtier est important et est de préférence l'ordre indiqué ci-dessus.

[0037] De manière analogue, pour réduire le lobe arrière, on peut placer des moyens d'atténuation sur la face arrière du boîtier.

[0038] Les différents moyens techniques mis en oeuvre ont un effet additif pour améliorer la directivité du transducteur et réduire les lobes secondaires. La figure 5 représente une simulation du diagramme de directivité du même transducteur Tonpilz que celui de la figure 2, mais muni des moyens décrits ci-dessus, et plus précisément de tous les moyens cumulés à l'exception de la gaine réfléchissante. On observe sur la figure 5 une très forte réduction des lobes secondaires, qui ont quasiment disparu. Le lobe arrière 14 est également réduit. La directivité du transducteur est ainsi considérablement améliorée.

[0039] Le dispositif de l'invention permet ainsi d'améliorer la directivité et la sensibilité d'un transducteur électro-acoustique.

[0040] L'invention peut s'adapter à tout type de sonars moyennant une légère modification de l'enveloppe externe du transducteur.

[0041] L'invention s'applique notamment aux transducteurs de type Janus-Helmholtz, tel que représenté schématiquement en coupe figure 6. Le transducteur Janus-Helmholtz comprend deux moteurs piezo-acoustiques respectivement 1 et 21 alignés selon un même axe 7 et fixés sur une contremasse centrale 5. Chaque moteur piezo-acoustique 1, 21 est relié à un pavillon 4, 24 par une tige de précontrainte. Les deux pavillons 4, 24 sont ainsi situés aux extrémités opposées sur l'axe 7 du dispositif. Un boîtier 8, respectivement 28 entoure chaque sous-ensemble moteur-pavillon 1 et 4, respectivement 21 et 24. La contremasse est fixée par une plaque métallique d'une part au boîtier 8 et d'autre part au boîtier 28. La cavité intérieure de chaque boîtier 8, 28 est remplie d'une fluide. De manière analogue à l'invention décrite plus haut en lien avec un transducteur Tonpilz, on peut modifier les boîtiers 8 et 28 pour qu'ils comprennent des moyens d'atténuation des ondes acoustiques émises et/ou reçues dans des directions transverses à l'axe acoustique 7. On peut appliquer un ou plusieurs moyens d'atténuation des ondes dans une direction transverse au boîtier de chacun des deux résonateurs coaxiaux. Le premier moyen consiste à utiliser des boîtiers 8 et 28 d'épaisseur supérieure à λ , et préférentiellement égale à 2λ ou 3λ . Un second moyen consiste à fixer une gaine absorbante sur une paroi du boîtier s'étendant longitudinalement suivant l'axe 7. Un troisième moyen consiste à placer en surface de la gaine absorbante un réseau diffractant. Un quatrième moyen consiste à placer une

gaine réfléchissante autour de la gaine absorbante et du réseau diffractant de façon à augmenter la marche des ondes de cisaillement converties en ondes de compression dans le milieu absorbant.

[0042] Le transducteur Janus-Helmholtz pourvu de ces moyens d'atténuation des ondes acoustiques transverses à l'axe acoustique 7 présente une directivité améliorée.

[0043] L'invention trouvera une application particulièrement avantageuse dans les antennes sonar. La figure 7 représente schématiquement une antenne sonar vue de face. L'antenne comprend une pluralité de transducteurs. Sur l'exemple de la figure 7 quatre pavillons de transducteurs de type Tonpilz sont alignés dans un même boîtier 8. La figure 7 représente une gaine absorbante disposée sur un des côtés du sonar. Des portions de gaine absorbante peuvent être disposées sur les autres côtés du boîtier qui s'étendent longitudinalement suivant l'axe 7 des pavillons 4 des transducteurs. La gaine absorbante est placée sur une paroi du boîtier dont l'épaisseur est supérieure à λ dans une direction d'émission des lobes secondaires. Comme indiqué en dessous du sonar sur une vue en coupe agrandie, la gaine absorbante 17 coopère avantageusement avec un milieu réfléchissant 18, et un réseau diffractant 18.

[0044] Les moyens d'absorption peuvent comprendre des éléments séparés sur des côtés externes du boîtier, ou une gaine continue sur la périphérie du boîtier dans un plan perpendiculaire à l'axe acoustique.

[0045] L'invention permet ainsi de supprimer les lobes secondaires d'une antenne sonar formée d'un ensemble de transducteurs ayant sensiblement le même axe acoustique. L'invention permet d'améliorer considérablement la directivité d'une telle antenne sonar ainsi que sa réjection arrière.

[0046] L'invention s'applique également aux transducteurs piezo-électriques de technologie dite « sciée » ou type céramique collée utilisées dans les sondes échographiques médicales ou lame quart d'onde (« Diagnostic Ultrasound Imaging », ed. Elsevier, Thomas L. Szabo).

Revendications

1. Transducteur d'ondes acoustiques destiné à être immergé comprenant :

- au moins un moteur électro-acoustique (1, 21),
- un pavillon (4, 24) ayant une paroi interne et une paroi externe,
- une contremasse (5), et
- un boîtier creux (8, 28) ayant une paroi interne et une paroi externe et au moins une ouverture acoustique,
- ledit moteur (1, 21) étant relié d'une part au pavillon (4, 24) et d'autre part à la contremasse (5) suivant un axe (7), ledit moteur (1, 21) étant

apte à exciter le pavillon (4, 24) autour d'au moins une fréquence de résonance acoustique f ,

- ledit boîtier (8, 28) étant relié à la contremasse (5) et entourant le moteur (1, 21) et le pavillon (4, 24), la paroi externe du pavillon étant placée en face de l'ouverture acoustique du boîtier (8, 28), et l'espace entre la paroi interne du boîtier (8, 28) et la paroi interne du pavillon formant une cavité (9) comprenant un fluide (10),

- ledit transducteur comprenant des moyens acoustiques d'atténuation solidaires d'une paroi externe du boîtier (8, 28), ladite paroi s'étendant longitudinalement par rapport à l'axe du transducteur, pour atténuer les ondes acoustiques en émission et/ou en réception à la fréquence f dans au moins une direction transverse à l'axe (7),

caractérisé en ce que lesdits moyens d'atténuation comprennent :

- une gaine absorbante (17) fixée sur ladite paroi externe du boîtier (8, 28) et apte à absorber des ondes acoustiques à la fréquence f dans au moins une direction transverse à l'axe (7),

- un réseau diffractant (19) entourant la gaine absorbante (17), ledit réseau (19) étant apte à diffracter des ondes acoustiques dans la bande passante du transducteur.

2. Transducteur selon la revendication 1 **caractérisé en ce que** ledit boîtier s'étend longitudinalement selon l'axe (7) et est d'épaisseur E , ladite épaisseur E étant supérieure à la longueur d'onde acoustique λ correspondant à la fréquence f dans le boîtier de manière à absorber une partie des ondes acoustiques à la fréquence f dans au moins une direction transverse à l'axe (7).

3. Transducteur selon la revendication 1 ou 2 **caractérisé en ce que** lesdits moyens d'atténuation comprennent en outre une gaine réfléchissante (18) autour du réseau diffractant (19) et des moyens de suspension aptes à amortir le couplage d'ondes acoustiques entre la gaine réfléchissante (18) et la gaine absorbante (17).

4. Transducteur selon la revendication 3 **caractérisé en ce que** la gaine réfléchissante (18) est en aluminium, la gaine absorbante (17) est en résine polymère ou en mousse syntactique, et les moyens de suspension en polymère viscoélastique.

5. Transducteur selon l'une des revendications 3 à 4 **caractérisé en ce que** la gaine réfléchissante (18) est de forme extérieure bombée de manière à atténuer une partie des ondes acoustiques émises et/ou

reçues dans des directions transverses à l'axe (7).

6. Transducteur selon l'une des revendications 1 à 5 **caractérisé en ce que** le transducteur est un transducteur de type Tonpils, comprenant un moteur (1) piezo-électrique de forme allongée, ledit moteur (1) comprenant un empilage de composants piezo-électriques et des électrodes (3), l'empilage étant relié selon un axe (7) de symétrie par une extrémité au pavillon (4) et par l'autre extrémité à la contremasse (5).

7. Transducteur selon l'une des revendications 1 à 5 **caractérisé en ce que** le transducteur est un transducteur de type Janus-Helmholtz, comprenant deux moteurs (1, 21) piezo-électriques de forme allongées dont les axes sont alignés, chaque moteur (1, 21) comprenant un empilage de composants piezo-électriques et des électrodes, l'empilage étant relié selon un axe de symétrie par une extrémité à un pavillon (4, 24) et par l'autre extrémité à une contremasse (5) centrale commune aux deux moteurs (1, 21), ledit transducteur comprenant deux boîtiers (8, 28) entourant chaque sous-ensemble moteur-pavillon.

8. Antenne sonar comprenant une pluralité de transducteurs selon l'une des revendications 1 à 7, lesdits transducteurs étant placés dans un boîtier (8) commun.

Patentansprüche

1. Schallwellenwandler, der dazu bestimmt ist, eingetaucht zu werden, mit:

- wenigstens einem elektroakustischen Motor (1, 21),
- einem Schalltrichter (4, 24) mit einer inneren Wand und einer äußeren Wand,
- einer Gegenmasse (5) und
- einem hohlen Gehäuse (8, 28) mit einer inneren Wand und einer äußeren Wand und wenigstens einer Schallöffnung,
- wobei der Motor (1, 21) einerseits mit dem Schalltrichter (4, 24) und andererseits mit der Gegenmasse (5) auf einer Achse (7) verbunden ist, wobei der Motor (1, 21) dazu ausgelegt ist, den Schalltrichter (4, 24) um wenigstens eine akustische Resonanzfrequenz f herum anzuregen,
- wobei das Gehäuse (8, 28) mit der Gegenmasse (5) verbunden ist und den Motor (1, 21) und den Schalltrichter (4, 24) umgibt, wobei die äußere Wand des Schalltrichters gegenüber der Schallöffnung des Gehäuses (8, 28) angeordnet ist und der Raum zwischen der inneren Wand

des Gehäuses (8, 28) und der inneren Wand des Schalltrichters eine ein Fluid (10) enthaltende Kammer (9) bildet,

- wobei der Wandler mit einer äußeren Wand des Gehäuses (8, 28) fest verbundene akustische Dämpfungsmittel aufweist, wobei sich die Wand längs zur Achse des Wandlers erstreckt, um die ausgesendeten und/oder empfangenen Schallwellen bei der Frequenz f in wenigstens einer zur Achse (7) quer verlaufenden Richtung zu dämpfen,

dadurch gekennzeichnet, daß die Dämpfungsmittel

- eine absorbierende Umhüllung (17), die an der äußeren Wand des Gehäuses (8, 28) befestigt ist und dazu ausgelegt ist, Schallwellen bei der Frequenz f in wenigstens einer zur Achse (7) quer verlaufenden Richtung zu absorbieren, - ein die absorbierende Umhüllung (17) umgebendes Streugitter (19), wobei das Gitter (19) dazu ausgelegt ist, die Schallwellen im Durchlaßbereich des Wandlers zu streuen, aufweisen.

2. Wandler gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** sich das Gehäuse zur Achse (7) längs erstreckt und eine Dicke E aufweist, wobei die Dicke E größer als die der Frequenz f im Gehäuse entsprechende Schallwellenlänge λ ist, um einen Teil der Schallwellen bei der Frequenz f in wenigstens einer zur Achse (7) quer verlaufenden Richtung zu absorbieren.

3. Wandler gemäß Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Dämpfungsmittel außerdem eine reflektierende Hülle (18) um das Streugitter (19) herum und Aufhängungsmittel, die dazu ausgelegt sind, die Kopplung von Schallwellen zwischen der reflektierenden Hülle (18) und der absorbierenden Hülle (17) zu dämpfen.

4. Wandler gemäß Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** die reflektierende Hülle aus Aluminium, die absorbierende Hülle (17) aus Polymerharz oder aus syntaktischem Schaum und die Aufhängungsmittel aus viskoelastischem Polymer sind.

5. Wandler gemäß einem der Ansprüche 3 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** die reflektierende Hülle (18) eine äußere bauchige Form hat, um einen Teil der ausgesendeten und/oder empfangenen Schallwellen in zur Achse (7) quer verlaufenden Richtungen zu dämpfen.

6. Wandler gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Wandler ein

Wandler vom Typ Tonpils ist, der einen langgestreckten piezoelektrischen Motor (1) aufweist, wobei der Motor (1) einen Stapel piezoelektrischer Bauteile und Elektroden aufweist, wobei der Stapel in der Richtung einer Symmetrieachse (7) an einem Ende mit dem Schalltrichter (4) und an dem anderen Ende mit der Gegenmasse (5) verbunden ist.

7. Wandler gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Wandler ein Wandler vom Typ Janus-Helmholtz ist, der zwei langgestreckte piezoelektrische Motoren (1, 21) aufweist, deren Achsen aufeinander ausgerichtet sind, wobei jeder Motor (1, 21) einen Stapel piezoelektrischer Bauteile und Elektroden aufweist, wobei der Stapel in der Richtung einer Symmetrieachse an einem Ende mit einem Schalltrichter (4, 24) und an dem anderen Ende mit einer zentralen, beiden Motoren (1, 21) gemeinsamen Gegenmasse (5) verbunden ist, wobei der Wandler zwei jede Untereinheit Motor-Schalltrichter umgebende Gehäuse (8, 28) aufweist.

8. Sonarantenne mit einer Anzahl Wandler gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die Wandler in einem gemeinsamen Gehäuse untergebracht sind.

Claims

1. Acoustic wave transducer intended to be immersed, comprising:

- at least one electroacoustic motor (1, 21),
- a horn (4, 24) having an inner wall and an outer wall,
- a counterweight (5), and
- a hollow housing (8, 28) having an inner wall and an outer wall and at least one acoustic opening,
- said motor (1, 21) being connected, on the one hand, to the horn (4, 24) and, on the other hand, to the counterweight (5), along an axis (7), said motor (1, 21) being capable of exciting the horn (4, 24) at about at least one acoustic resonance frequency f ,
- said housing (8, 28) being connected to the counterweight (5) and surrounding the motor (1, 21) and the horn (4, 24), the outer wall of the horn being placed facing the acoustic opening of the housing (8, 28), and the space between the inner wall of the housing (8, 28) and the inner wall of the horn forming a cavity (9) comprising a fluid (10),
- said transducer comprising acoustic attenuation means integral with an outer wall of the housing (8, 28), said wall extending longitudinally with respect to the axis of the transducer,

in order to attenuate acoustic waves emitted and/or received at the frequency f in at least one direction transverse to the axis (7),

characterized in that said attenuation means comprise: 5

- an absorbing sheath (17) fixed to said outer wall of the housing (8, 28) and capable of absorbing acoustic waves at the frequency f in at least one direction transverse to the axis (7), 10
- a diffraction grating (19) surrounding the absorbing sheath (17), said grating (19) being capable of diffracting acoustic waves in the transducer bandwidth. 15

2. Transducer according to claim 1, **characterised in that** said housing extends longitudinally along the axis (7) and is of thickness E , said thickness E being greater than the acoustic wavelength λ corresponding to the frequency f in the housing so as to absorb a part of the acoustic waves at the frequency f in at least one direction transverse to the axis (7). 20
3. Transducer according to claim 1 or 2, **characterised in that** said attenuation means further comprise a reflecting sheath (18) around the diffraction grating (19) and suspension means capable of damping the acoustic wave coupling between the reflecting sheath (18) and the absorbing sheath (17). 25 30
4. Transducer according to claim 3, **characterised in that** the reflecting sheath (18) is made of aluminium, the absorbing sheath (17) is made of polymer resin or syntactic foam, and the suspension means are made of viscoelastic polymer. 35
5. Transducer according to one of claims 3 to 4, **characterised in that** the reflecting sheath (18) has a rounded outer shape so as to attenuate a part of the acoustic waves emitted and/or received in directions transverse to the axis (7). 40
6. Transducer according to one of claims 1 to 5, **characterised in that** the transducer is a Tonpilz-type transducer, comprising an elongated piezoelectric motor (1), said motor (1) comprising a stack of piezoelectric components and electrodes (3), the stack being connected, according to an axis (7) of symmetry, to the horn (4) by one end and to the counterweight (5) by the other end. 45 50
7. Transducer according to one of claims 1 to 5, **characterised in that** the transducer is a Janus-Helmholtz-type transducer, comprising two elongated piezoelectric motors (1, 21), the axes of which are aligned with each other, each motor (1, 21) comprising a stack of piezoelectric components and elec- 55

trodes, the stack being connected, according to an axis of symmetry, to a horn (4, 24) by one end and to a central counterweight (5) shared by the two motors (1, 12) by the other end, said transducer comprising two housings (8, 28) surrounding each motor-horn subassembly.

8. Sonar antenna comprising a plurality of transducers according to one of claims 1 to 7, said transducers being placed in a shared housing (8).

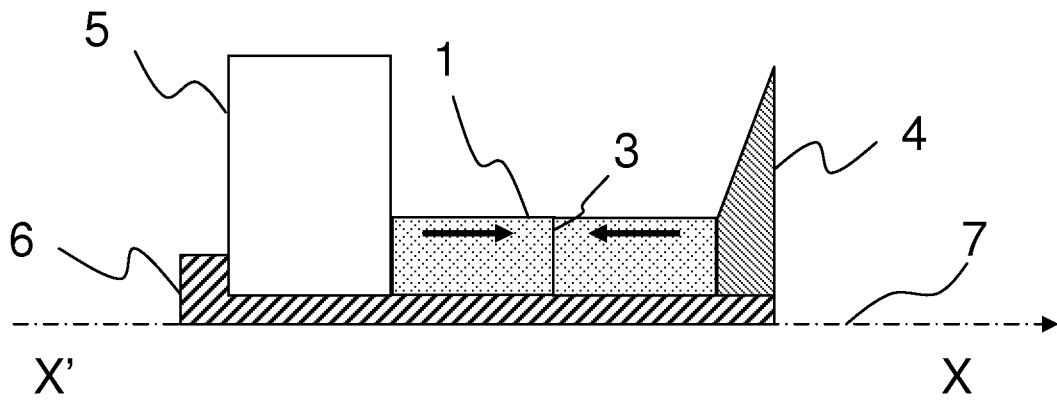


Figure 1

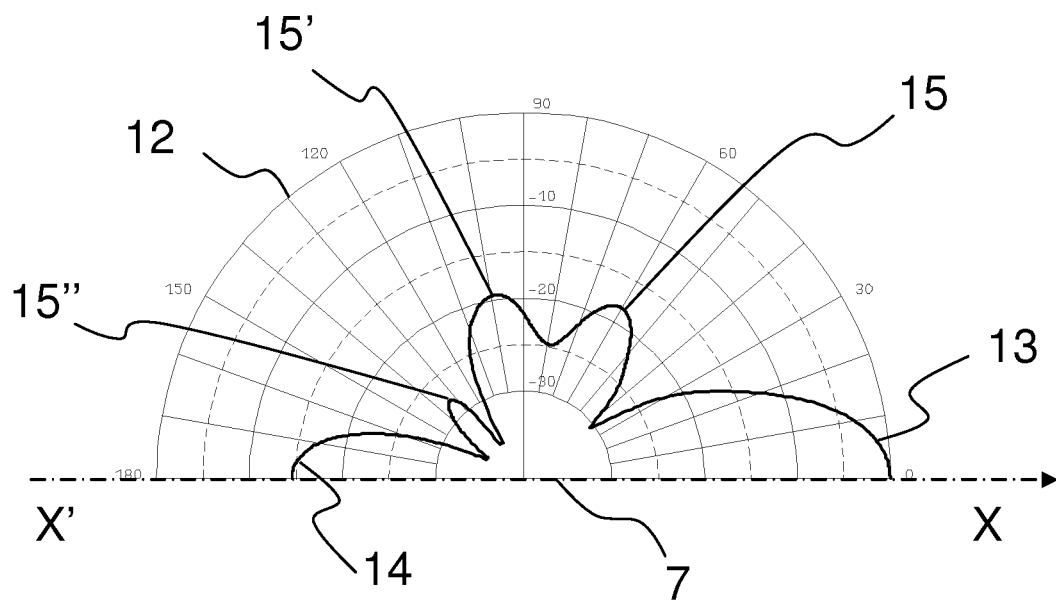


Figure 2

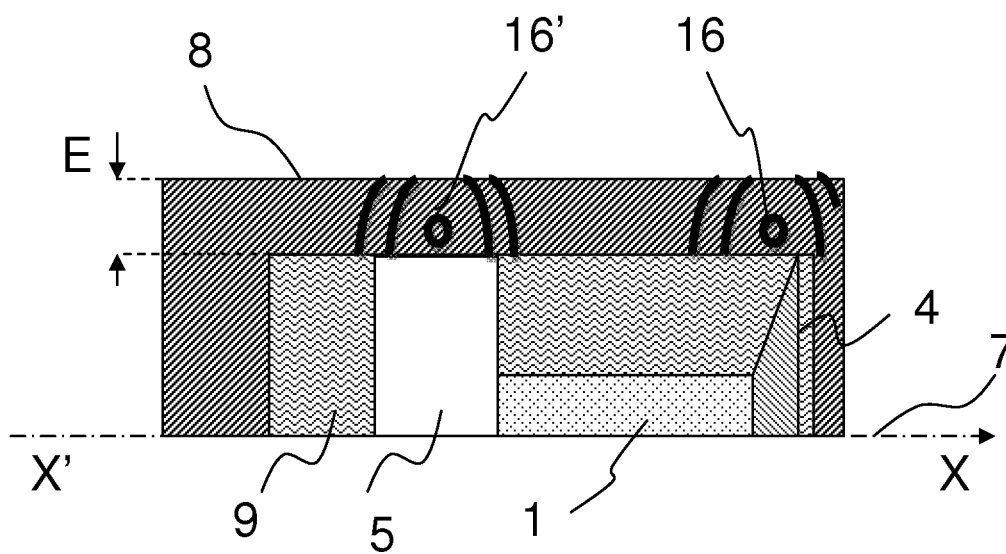


Figure 3

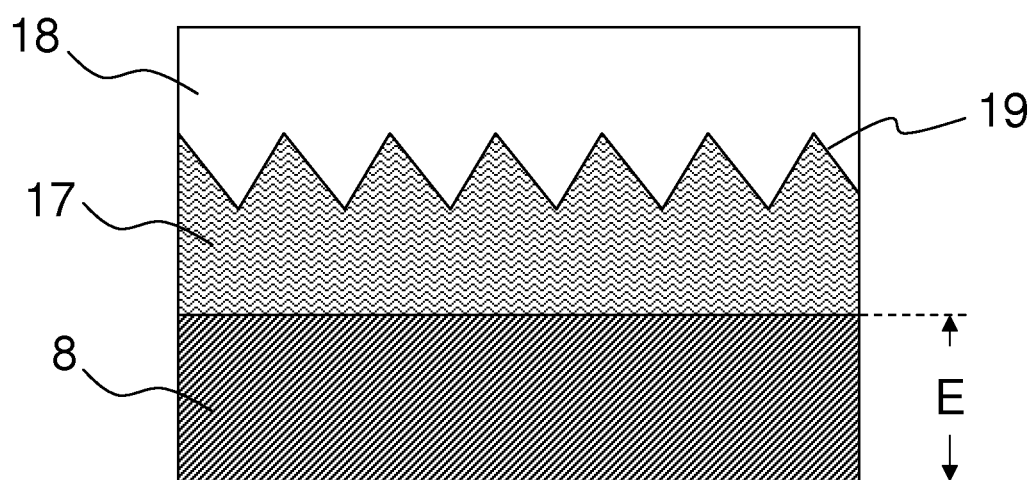


Figure 4

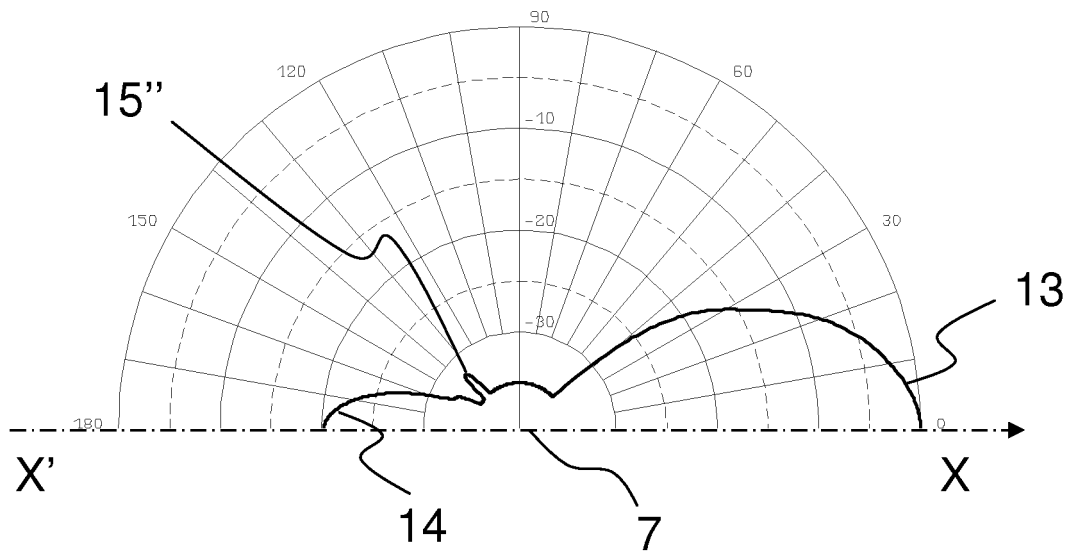


Figure 5

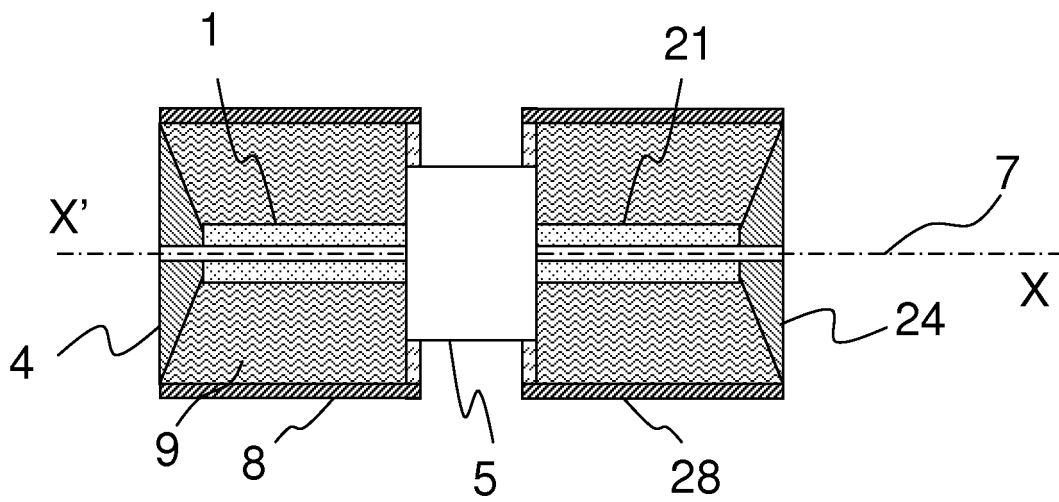


Figure 6

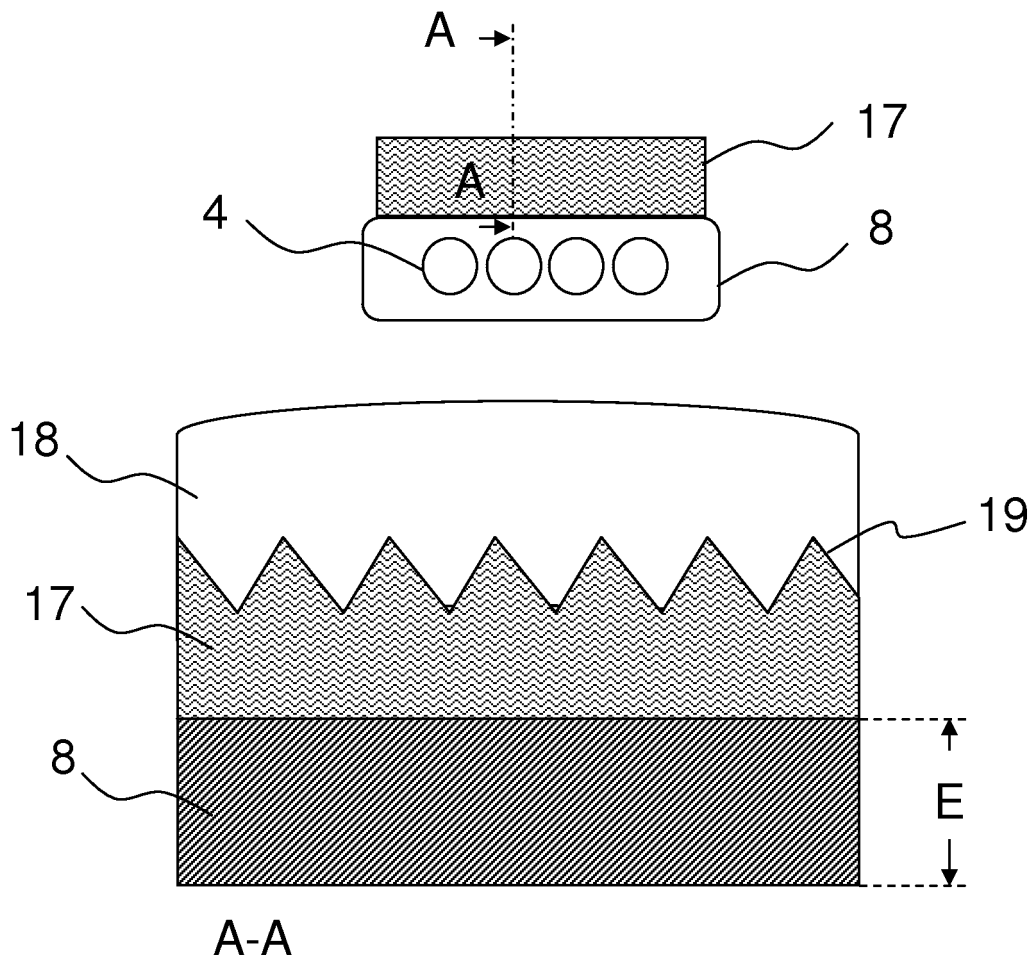


Figure 7

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- US 4031418 A [0013]
- US 3474403 A [0013]