

(19)



(11)

EP 3 014 606 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

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

17.04.2024 Bulletin 2024/16

(21) Numéro de dépôt: **14735537.4**

(22) Date de dépôt: **27.06.2014**

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):
G10K 11/00 (2006.01) G10K 11/20 (2006.01)

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
G10K 11/004; G10K 11/20

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/EP2014/063729

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2014/207215 (31.12.2014 Gazette 2014/53)

(54) **TRANSDUCTEUR À ULTRASONS**

ULTRASCHALLWANDLER

ULTRASOUND TRANSDUCER

(84) Etats contractants désignés:

AL 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 RS SE SI SK SM TR

(30) Priorité: **27.06.2013 FR 1356193**

(43) Date de publication de la demande:
04.05.2016 Bulletin 2016/18

(73) Titulaire: **FRAMATOME**
92400 Courbevoie (FR)

(72) Inventeurs:

• **SARTRE, Bernard**
71100 Saint Rémy (FR)

• **SAILLANT, Jean-François**

71100 Chalon sur Saône (FR)

(74) Mandataire: **Lavoix**

2, place d'Estienne d'Orves
75441 Paris Cedex 09 (FR)

(56) Documents cités:

JP-A- 2008 100 204	US-A- 3 054 084
US-A- 3 325 779	US-A- 3 509 522
US-A- 4 314 098	US-A- 4 332 016
US-A1- 2002 071 280	US-A1- 2005 264 902
US-A1- 2008 007 142	

EP 3 014 606 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] L'invention concerne en générale les transducteurs à ultrasons.

[0002] Plus précisément, l'invention concerne un transducteur à ultrasons comprenant au moins un émetteur en matériau permettant de convertir un signal électrique en une onde ultrasonore, ayant des première et seconde surfaces émettrices opposées l'une à l'autre prévues pour émettre des premier et second faisceaux d'ultrasons.

[0003] JP 2008 100204 A décrit un appareil pour générer une brume de liquide comprenant un corps générateur d'ultrasons comprenant une pluralité de surfaces vibrantes et des plaques réfléchissant les ultrasons agencées pour s'étendre face à chaque surface vibrante.

[0004] US 4 314 098 A décrit un dispositif capable de fonctionner sur une large bande de fréquences avec une largeur angulaire constante du lobe de rayonnement des ondes élastiques. Il comprend au moins un transducteur électroacoustique omnidirectionnel réversible et un ensemble de surfaces réfléchissantes d'impédance acoustique nulle qui définissent un espace à l'intérieur duquel ledit transducteur est disposé.

[0005] US 2002/071280 A1 décrit un réflecteur pour les systèmes de projection et les luminaires à spot moulé en sections séparées puis assemblé en un réflecteur unitaire.

[0006] US 2008/007142 A1 décrit un ensemble transducteur ultrasonore comportant un élément vibrant qui émet des ondes ultrasonores à partir d'un côté avant et d'un côté arrière, un premier réflecteur agencé pour réfléchir les ondes ultrasonores émanant du côté arrière de l'élément vibrant, et un second réflecteur agencé pour réfléchir les ondes ultrasonores émanant du côté avant de l'élément vibrant.

[0007] Un tel transducteur est connu de EP 0 147 070, qui décrit que l'une des deux surfaces émettrices est recouverte d'un matériau amortisseur, connu aussi sous le nom de backing, servant à amortir la vibration du matériau constituant l'émetteur et à piéger l'énergie acoustique émise par la surface arrière de l'émetteur, de manière à ce qu'elle ne perturbe pas le faisceau utile émis par la surface avant.

[0008] Un tel transducteur a un coût de production relativement important, car il met en oeuvre un grand nombre de matériaux différents. Par ailleurs, seule une partie de l'énergie acoustique produite par la vibration de l'émetteur est utilisée, l'autre partie étant dissipée dans l'amortisseur.

[0009] Dans ce contexte, l'invention vise à proposer un transducteur à ultrason qui soit moins coûteux et plus efficace en termes de conversion d'énergie.

[0010] A cette fin, l'invention porte sur un transducteur à ultrasons selon la revendication 1.

[0011] Ainsi, les faisceaux d'ultrasons émis par les deux surfaces émettrices opposées sont utilisés, de telle sorte, que pour une puissance électrique donnée alimen-

tant l'émetteur, l'énergie du faisceau produit par le transducteur à ultrasons est nettement plus élevée.

[0012] Du fait que la totalité de l'énergie acoustique émise par l'émetteur est concentrée dans le faisceau d'ultrasons réfléchi, il est possible d'obtenir une meilleure sensibilité du transducteur à ultrason pour une même énergie électrique fournie à l'émetteur.

[0013] Par ailleurs, il n'est plus nécessaire de prévoir un backing contre une des deux surfaces émettrices, de telle sorte que la conception du transducteur à ultrason est considérablement simplifiée. La fabrication du transducteur est ainsi plus simple, et son coût est réduit.

[0014] La reproductibilité des capteurs est améliorée. On entend par là que les performances d'un capteur à l'autre sont plus uniformes. En effet, dans l'état de la technique, le collage du backing sur la surface arrière de l'émetteur est une opération délicate. En fonction de la qualité du collage, les propriétés du transducteur sont affectées.

[0015] Le transducteur de l'invention est bien adapté pour un fonctionnement dans un environnement sévère. Il présente un comportement favorable en température, du fait qu'il ne comporte plus plusieurs couches volumineuses empilées les unes sur les autres comme dans l'état de la technique. Les risques de défaillance du transducteur suite aux contraintes engendrées par la dilatation différentielle des matériaux sont réduits.

[0016] Le transducteur présente une bonne aptitude pour résister à la pression, du fait que le backing est éliminé. Le backing est généralement réalisé dans un matériau élastomère, et présente donc une résistance à la pression modérée.

[0017] Le transducteur est bien adapté pour un fonctionnement sous irradiation. En effet, il est possible de le réaliser entièrement sans matériau élastomère. Dans l'état de la technique, le backing est en un matériau élastomère.

[0018] L'émetteur est typiquement en un cristal piézoélectrique. En variante, l'émetteur est en un matériau électrostrictif, ou magnétostrictif, ou en tout autre matériau adapté pour convertir un signal électrique en onde ultrasonore.

[0019] On entend ici par émetteur l'élément actif du transducteur dont la fonction est de convertir l'énergie électrique en énergie mécanique. Cet élément actif est réversible. Il est capable d'émettre des ondes ultrasonores, mais aussi de recevoir des ondes ultrasonores et de les convertir en un signal électrique. En d'autres termes, le transducteur peut fonctionner à certains moments en générateur d'ultrasons, et à d'autres moments en récepteur d'ultrasons, en mode collecteur.

[0020] Le transducteur comprend un boîtier auquel est fixé l'émetteur.

[0021] Le boîtier a deux surfaces réfléchissantes définissant les premier et second miroirs, ou les premier et second miroirs sont rapportés sur le boîtier.

[0022] Dans le premier cas, la conception du transducteur est simplifiée, puisque c'est le boîtier lui-même qui

constitue les miroirs, ceux-ci n'étant pas des pièces rapportées, supplémentaires.

[0023] Le boîtier comporte ici deux demi boîtiers en serrant entre eux l'émetteur.

[0024] Les deux demi-boîtiers sont par exemple une pièce en acier inoxydable. En variante, les deux demi-boîtiers sont en un autre alliage métallique ou en une céramique. Le matériau en tout état de cause est choisi de manière à présenter une forte impédance acoustique, c'est-à-dire un fort coefficient de réflexion avec l'eau. Alternativement, il est choisi de manière à présenter des vitesses de propagation du son élevées, de manière à ce que pour un angle de miroir donné, l'angle critique de l'onde longitudinale et celui de l'onde transversale soient dépassés (loi de Snell-Descartes). Par exemple, dans le cas d'un miroir en acier inoxydable et d'un milieu de propagation en eau, les deux angles critiques sont environ à 15° et 28° respectivement. Dans ce cas, aucune onde de volume ne peut être transmise dans un miroir au delà de 28°..

[0025] Les premier et second faisceaux d'ultrasons se réfléchissent directement sur les premier et second miroirs.

[0026] En variante, les premier et second miroirs sont rapportés sur le boîtier. Dans ce cas, les miroirs sont réalisés en acier inoxydable ou en un autre alliage métallique ou en une céramique, et présentent soit une forte impédance acoustique soit une vitesse de propagation du son élevée, comme décrit ci-dessus.

[0027] Le boîtier présente une fente dans laquelle est engagé l'émetteur, la fente ayant une section sensiblement identique à celle de l'émetteur.

[0028] Ainsi, l'émetteur est maintenu en position par rapport au boîtier par l'intermédiaire d'une portion dudit émetteur, qui est bloquée dans la fente. Ladite portion de l'émetteur est directement appliquée contre le bord périphérique de la fente. L'émetteur est collé à la fente ou engagé en force ou pincé dans la fente. En variante, une couche de protection est interposée entre ladite portion et le bord périphérique de la fente.

[0029] Chaque demi boîtier définit l'un des premier et second miroirs, ou le premier miroir est rapporté sur l'un des deux demi boîtiers et le second miroir est rapporté sur l'autre des deux demi boîtiers.

[0030] Ainsi, le boîtier est particulièrement économique. Le montage de l'émetteur est simplifié.

[0031] La fente est délimitée entre les deux demi boîtiers.

[0032] Avantagement, le transducteur est plongé dans un milieu ambiant, les première et seconde surfaces émettrices étant agencées par rapport au boîtier pour que les premier et second faisceaux d'ultrasons se propagent depuis les première et seconde surfaces émettrices jusqu'aux premier et second miroirs à travers le milieu ambiant ou à travers un matériau constituant le boîtier.

[0033] Dans le premier cas, le transducteur est bien adapté pour une utilisation où le faisceau réfléchi est

transmis par le milieu ambiant jusqu'à la pièce dans laquelle l'onde ultrasonore est transmise. Le milieu ambiant est par exemple de l'eau ou un autre fluide liquide ou gazeux.

[0034] Dans le deuxième cas, le transducteur est bien adapté pour envoyer le faisceau réfléchi directement dans la pièce dans laquelle on désire transmettre l'onde ultrasonore, sans transmission à travers le milieu ambiant. Les première et seconde surfaces émettrices de l'émetteur sont alors plaquées contre des surfaces d'entrée d'ondes du boîtier. Des surfaces de sortie d'ondes du boîtier sont plaquées contre la pièce dans laquelle l'onde ultrasonore est transmise, directement ou indirectement. Les premier et second miroirs, les surfaces d'entrée et les surfaces de sortie sont agencés pour que les premier et second faisceaux d'ultrasons pénétrant dans le boîtier par les surfaces d'entrée soient réfléchis par les premier et second miroirs jusqu'aux surfaces de sortie. Le faisceau réfléchi quitte le boîtier par les surfaces de sortie et pénètre dans la pièce dans laquelle l'onde ultrasonore est transmise.

[0035] Le boîtier comporte ici deux demi boîtiers en serrant les faces émettrices, chaque demi boîtier définissant l'un des premiers et second miroirs.

[0036] Ici, le boîtier comporte deux demi boîtiers en serrant les faces émettrices, chaque demi boîtier définissant l'un des premiers et second miroirs.

[0037] Avantagement, le transducteur comprend des fils électriques susceptibles d'être raccordés à une source de tension, et un organe pinçant les fils électriques contre l'émetteur de manière à fixer les fils électriques à l'émetteur sans soudure.

[0038] En d'autres termes, du fait qu'aucune des deux surfaces opposées de l'émetteur n'est recouverte par un backing, il est possible de mettre les fils électriques en contact contre l'émetteur. Ceci permet de faciliter la fabrication du transducteur, puisqu'il n'est plus nécessaire de souder les fils électriques sur l'émetteur.

[0039] Avantagement La fixation est réalisée par exemple à l'aide d'une pince. Cette pince possède deux bras, sollicités contre deux surfaces de l'émetteur opposées l'une à l'autre. Les fils électriques sont pincés entre les bras et l'émetteur. Par exemple, le transducteur comprend deux fils électriques, l'un des fils électriques étant pincé contre l'une des surfaces, et l'autre fil électrique étant pincé contre la surface opposée.

[0040] En variante, ces fils électriques sont soudés, mis en contact ou fixés par tout autre moyen.

[0041] Typiquement, l'émetteur comporte une partie active définissant les première et seconde surfaces émettrices et une partie raccordée aux fils électriques, la portion de l'émetteur engagée dans la fente étant située entre la partie active et la partie de raccordement.

[0042] Avantagement, le transducteur comprend une couche de protection recouvrant les premier et seconde surfaces émettrices. Une telle couche de protection permet de protéger le matériau piézoélectrique. En effet, l'émetteur est agencé de telle sorte qu'il forme une

saillie par rapport au boîtier, et risque donc d'être endommagé par des chocs. L'utilisation d'une couche de protection permet de réduire ce risque. Typiquement, la couche de protection recouvre toute la surface externe de l'émetteur, à l'exception des zones sur lesquelles sont pincés ou raccordés les fils électriques.

[0043] La couche de protection est en un matériau élastomère, ou en un matériau métallique ou en une céramique. Par exemple, pour un transducteur destiné au contrôle d'une cuve de réacteur nucléaire, le matériau choisi présente une impédance acoustique et une épaisseur permettant une transmission optimale de l'énergie acoustique.

[0044] Selon un premier mode de réalisation, les premier et second faisceaux d'ultrasons présentent des première et seconde directions de propagation à partir des première et seconde surfaces émettrices, les premier et second miroirs étant plans et ayant des première et seconde normales formant un angle compris entre 30° et 60° par rapport aux première et seconde directions de propagation.

[0045] De préférence, l'angle est compris entre 40° et 50°, et vaut typiquement 45°. Les premier et second miroirs sont tournés de manière à réfléchir les premier et second faisceaux d'ultrasons dans la même direction, correspondant à l'axe central du faisceau réfléchi. Quand l'angle est de 45°, le faisceau réfléchi est un faisceau droit, avec un front d'ondes plan.

[0046] Typiquement, les première et seconde directions de propagation à partir des surfaces émettrices sont alignées et opposées l'une à l'autre. Les premier et second miroirs forment un angle de 90° l'un par rapport à l'autre. En variante, les premières et secondes surfaces émettrices ne sont pas rigoureusement parallèles l'une à l'autre et forment entre elles un angle non nul, par exemple de quelques degrés.

[0047] Selon un second mode de réalisation, les premier et second miroirs sont concaves vers les première et seconde surfaces émettrices. Un tel agencement permet de générer un front d'ondes concentriques, et donc un faisceau réfléchi focalisé.

[0048] Selon un troisième mode de réalisation, les premier et second miroirs sont convexes vers les première et seconde surfaces émettrices. Un tel agencement permet de générer un front d'ondes divergeant, et donc un faisceau très ouvert.

[0049] L'émetteur peut présenter toute sorte de forme.

[0050] Avantagusement, l'émetteur est une plaque, les première et seconde surfaces émettrices étant deux grandes faces parallèles de la plaque opposées l'une à l'autre.

[0051] Les surfaces émettrices sont dans ce cas typiquement planes.

[0052] Alternativement, l'émetteur est un cylindre ou un tube d'axe confondu avec celui du miroir, les surfaces émettrices étant une ou plusieurs surfaces de révolution diamétralement opposées.

[0053] Typiquement, le cylindre ou le tube est à section

circulaire perpendiculaire à son axe central. En variante, le cylindre ou le tube a une section ovale, elliptique ou tout autre forme.

[0054] Typiquement, les première et seconde surfaces émettrices couvrent ensemble la totalité de la périphérie de l'émetteur. Chaque surface émettrice a donc la forme d'un demi-cylindre.

[0055] Dans ce cas, les premier et second miroirs définissent ensemble une surface tronconique, de même axe que l'émetteur.

[0056] Selon l'invention, le transducteur comprend au moins un capteur prévu pour mesurer la forme et l'intensité des ondes ultrasonores, agencé dans l'un des premier et second miroirs.

[0057] Du fait que le capteur est agencé dans l'un des premier et second miroirs, il peut mesurer la forme ou l'intensité des ondes générées par le transducteur sans perturber le faisceau ultrasonore

[0058] En effet, dans les applications connues, un tel capteur est placé à distance du transducteur, dans le faisceau ultrasonore généré par celui-ci. Le capteur perturbe donc ce faisceau ultrasonore. Il ne peut pas être placé en permanence dans ce faisceau.

[0059] Le capteur, pour les applications sous eau, est connu sous le nom d'hydrophone.

[0060] Le transducteur peut comporter un seul capteur agencé dans l'un des deux miroirs. En variante, il peut présenter un capteur dans chacun des deux miroirs, ou encore plusieurs capteurs disposés en plusieurs points de chacun des deux miroirs.

[0061] Avantagusement, les premier et second miroirs présentent des première et seconde surfaces réfléchissantes, le capteur comprenant une tête de niveau avec l'une des première et seconde surfaces réfléchissantes.

[0062] Ainsi, la présence du capteur ne crée pas de reliefs sur les surfaces réfléchissantes, et ne perturbe pas la réflexion des faisceaux ultrasonores.

[0063] Les capteurs sont typiquement de petites tailles, au regard de la surface des premier et second miroirs. Leurs têtes sont placées dans des canaux débouchant au niveau des surfaces réfléchissantes ménagées dans les premier et second miroirs. Elles ont une surface externe s'inscrivant dans la continuité de la première ou de la seconde surface réfléchissante.

[0064] Typiquement, la tête du capteur est un matériau piézoélectrique. Elle est raccordée électriquement à un organe permettant d'enregistrer et d'analyser la tension électrique provenant du cristal piézoélectrique.

[0065] En variante, le capteur comprend une couche mince d'un matériau permettant de convertir une onde ultrasonore en une tension électrique, par exemple un matériau piézoélectrique, recouvrant l'un des premier et second miroirs.

[0066] Cette couche mince recouvre typiquement toute la surface du premier ou du second miroir. Le capteur comporte alors une pluralité d'électrodes, raccordées chacune à un point de la couche mince, ce qui permet

de contrôler plusieurs zones du faisceau. Chaque électrode est raccordée à un organe permettant d'enregistrer et d'analyser la tension électrique émise par le matériau convertisseur.

[0067] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront de la description détaillée qu'il en est donné ci-dessous, à titre indicatif et nullement limitatif, en référence aux figures annexées, parmi lesquelles :

- la figure 1 est une représentation schématique simplifiée d'un transducteur présentant certaines caractéristiques de l'invention,
- la figure 2 est une vue similaire à celle de la figure 1, montrant des variantes de réalisation de certaines caractéristiques de l'invention ;
- la figure 3 et la figure 4 sont des vues similaires à celle de la figure 1, montrant des variantes de forme pour les miroirs du transducteur ; et
- les figures 5 et 6 sont des vues similaires à celle de la figure 2, illustrant un aspect de l'invention ; et
- les figures 7 et 8 sont des vues similaires à celle de la figure 1, montrant encore d'autres variantes de réalisation de l'invention

[0068] Le transducteur à ultrason 1 représenté sur la figure 1 est destiné à être utilisé dans un fluide, par exemple sous eau. Il est destiné par exemple à l'inspection de la cuve de réacteurs à eau sous pression pendant les arrêts de tranche. Il peut également être monté à demeure sur la cuve de réacteur à eau sous pression, pour effectuer des mesures de température et/ou de débit. Il peut encore être utilisé pour l'inspection des équipements internes dans des réacteurs où le fluide caloporteur est du sodium, ou pour réaliser des mesures physiques (température, débit) sur ces mêmes réacteurs. Il peut également être utilisé dans le domaine médical ou thérapeutique, pour les SONAR maritimes, comme capteur de position ou de métrologie dans toutes sortes d'application, ou encore pour le nettoyage de pièces.

[0069] Le transducteur 1, comme visible sur la figure 1, comprend un émetteur 3 en un matériau permettant de convertir une tension électrique en une onde ultrasonore et un boîtier 5.

[0070] L'émetteur 3 présente des première et seconde surfaces émettrices 7, 9 opposées l'une à l'autre, prévues pour émettre des premier et second faisceaux d'ultrasons F1 et F2.

[0071] Le boîtier 5 définit des premier et second miroirs 11, 13, placés en regard respectivement des première et seconde surfaces émettrices 7, 9.

[0072] Les premier et second miroirs 11, 13 sont conformés de manière à renvoyer les premier et second faisceaux d'ultrasons en formant un faisceau réfléchi FR ayant une forme prédéterminée.

[0073] Le boîtier 5 est en acier inoxydable. Il présente une fente 15 dans laquelle est engagé l'émetteur 3.

[0074] Les deux miroirs 11 et 13 sont ménagés sur une face avant du boîtier 5. Il délimite ensemble une zone en

creux 17 sur cette face avant. Plus précisément, les premier et second miroirs 11 et 13 sont deux surfaces planes, convergeant l'une vers l'autre. Comme visible sur la figure 1, la fente 3 définit le fond de la zone en creux, les premier et second miroirs convergeant vers la fente. La fente est ouverte à la fois du côté de la face avant du miroir et du côté de la face arrière 19 du boîtier, cette face arrière 19 étant opposée à la face avant 17. Dans l'exemple représenté, les premier et second miroirs 11 et 13 forment un angle de 90° l'un par rapport à l'autre.

[0075] La direction avant correspond ici à la direction de propagation du faisceau réfléchi. La direction arrière est l'opposée de la direction avant.

[0076] Dans l'exemple représenté sur la figure 1, l'émetteur 3 est une plaque mince en cristal piézoélectrique. Elle comporte une portion intermédiaire 21 engagée dans la fente 15, une partie avant 23 faisant saillie vers l'avant hors de la fente 15, une partie arrière 25 faisant saillie hors de la fente 15, vers l'arrière. L'émetteur 3 présente des première et secondes grandes faces 27, 29, opposées l'une à l'autre. Les zones des première et seconde grandes faces 27, 29 délimitant la partie avant 23 de l'émetteur constituent les première et seconde surfaces émettrices 7 et 9. Les première et seconde surfaces émettrices 7 et 9 forment donc un angle de 45° avec les premier et second miroirs 11 et 13.

[0077] L'émetteur 3 est fixé au boîtier 5 par coopération de forme entre la portion 21 et la fente 15 ou par collage de la portion 21 à l'intérieur de la fente 15.

[0078] Le fonctionnement du transducteur à ultrasons est le suivant.

[0079] Les première et seconde surfaces émettrices 7, 9 émettent des premier et second faisceaux d'ultrasons F1 et F2 se propageant selon des première et seconde directions de propagation. Les première et seconde directions de propagation sont sensiblement perpendiculaires aux surfaces 7 et 9. Elles forment un angle de 45° par rapport aux normales des premier et second miroirs 11 et 13. Les premier et second faisceaux d'ultrasons se réfléchissent sur les premier et second miroirs 11 et 13 et forment un faisceau réfléchi FR. Les premier et second faisceaux d'ultrasons sont réfléchis à 90°, au sens où la direction de propagation du faisceau réfléchi est à 90° des première et seconde directions de propagation, comme le montrent les flèches sur la figure 1.

[0080] Une variante de réalisation de l'exemple va maintenant être décrite en référence à la figure 2. Seuls les points par lesquels cette variante de réalisation diffère de celle de la figure 1 seront détaillés ci-dessous.

[0081] Comme visible sur la figure 2, le transducteur comporte une couche de protection 31 recouvrant l'émetteur. La couche de protection est en un matériau élastomère. Elle couvre les première et seconde surfaces émettrices 7 et 9. Elle couvre également les deux grandes faces 27 et 29, dans leur quasi-totalité. Notamment, la couche 31 est interposée entre la portion intermédiaire 21 et le bord de la fente 15. En revanche, la couche 31 ne couvre pas un bord arrière 32 de l'émetteur 3.

[0082] Par ailleurs, le transducteur 1 comporte des fils électriques 33, 35, raccordés à une source de tension non représentée. Les fils électriques 33 et 35 sont plaqués respectivement contre les première et seconde grandes faces 27, 29 de l'émetteur 3, au niveau du bord arrière 32. Comme celui n'est pas recouvert par la couche de protection 31, il est possible de réaliser ainsi un contact électrique entre les fils 33 et 35 et l'émetteur. Les fils 33 et 35 sont maintenus en position par une pince non représentée. Ils ne sont pas soudés à l'émetteur.

[0083] La partie arrière 25 de l'émetteur est logée dans une cavité 37 ménagée dans le boîtier 5. Cette partie, ainsi que les connexions entre les fils électriques 33 et 35 et le bord arrière 32, sont ainsi protégées des agressions extérieures. Le boîtier 5 présente un orifice 39, mettant en communication la cavité 37 avec l'extérieur. Les fils électriques 33 et 35 sortent du boîtier par l'orifice 39.

[0084] Selon l'invention, le boîtier 5 comporte ici deux demi boîtiers 40 pinçant entre eux l'émetteur 3. Chaque demi boîtier 40 définit l'un des premier et second miroirs 11, 13. La fente 15 est délimitée entre les deux demi boîtiers 40. Les demi boîtiers 40 sont fixés l'un à l'autre par tout moyen approprié : vis, points de soudage, etc.

[0085] Les figures 3 et 4 représentent deux variantes de réalisation de l'invention, dans lesquelles les miroirs 11 et 13 ne sont pas plans.

[0086] Sur la figure 3, les miroirs 11 et 13 sont concaves vers les première et seconde surfaces émettrices 7 et 9. La concavité est calculée pour que le faisceau réfléchi ait un front d'onde concentrique. Le faisceau réfléchi FR est alors focalisé sur un point P, situé à distance vers l'avant de l'émetteur.

[0087] Sur la figure 4, les premier et second miroirs 11 et 13 sont convexes vers les première et seconde surfaces émettrices 7 et 9. Les premier et second miroirs 11 et 13 sont agencés pour que le faisceau réfléchi ait un front d'ondes divergeant.

[0088] Un second aspect de l'invention va maintenant être détaillé, en référence aux figures 5 et 6. Seuls les points par lesquels les transducteurs des figures 5 et 6 diffèrent de ceux des figures 2 et 1 respectivement seront détaillés ci-dessous. Les éléments identiques ou assurant la même fonction sur les figures 2 et 1 sur les figures 5 et 6 seront désignés par les mêmes références.

[0089] Dans les exemples de réalisation des figures 5 et 6, le transducteur 1 comprend au moins un capteur 41 prévu pour mesurer la forme ou l'intensité des ondes ultrasonores. Ce capteur 41 est agencé dans l'un des premier et second miroirs.

[0090] Dans l'exemple de la figure 5, le transducteur comprend deux capteurs 41 identiques, agencés l'un dans le premier miroir 11 et l'autre dans le second miroir 13.

[0091] Le boîtier 5 comporte deux canaux 43, débouchant d'un côté dans la cavité 37 et de l'autre au niveau des première et seconde surfaces réfléchissantes 45 et 47 des premier et second miroirs. Chaque capteur 41 comporte une tête 49 en un cristal piézoélectrique, en-

gagée dans le canal 43. La tête 49 arrive au ras de la première ou seconde surface réfléchissante. Le capteur, est plus précisément la tête 49 du capteur, est donc de niveau avec la première ou la seconde surface réfléchissante. La tête 49 présente une surface libre 51 qui s'inscrit dans la continuité de la surface réfléchissante 45 ou 47.

[0092] Chaque capteur 41 comporte encore au moins une ligne électrique (non représentée) raccordé électriquement à la tête 49. Cette ligne parcourt le canal 43, débouche dans la cavité 47 et sort du boîtier par l'orifice 39. Elle est raccordée par exemple à un calculateur.

[0093] Dans la variante de réalisation de la figure 6, chaque capteur 41 comporte une couche mince 51 d'un cristal piézoélectrique, recouvrant le premier ou le second miroir 11, 13. Chaque capteur 41 comporte également une pluralité d'électrodes 53 raccordées électriquement à différents points de la couche mince 51. Ces électrodes 53 sont raccordées par des fils électriques à un calculateur. La couche mince 51 recouvre toute la surface réfléchissante 45, 47 des premier et second miroirs. Il est ainsi possible de contrôler la forme du signal ultrasonore émis par différentes zones du miroir.

[0094] Une variante de réalisation de l'invention va maintenant être décrite en référence à la figure 7. Seuls les points par lesquels cette variante de réalisation diffère de celle de la figure 1 seront détaillés ci-dessous.

[0095] Dans la variante de réalisation de la figure 1, le transducteur 1 est prévu pour être plongé dans un milieu ambiant tel que l'eau. Les première et seconde surfaces émettrices 7, 9 sont agencées par rapport au boîtier 5 pour que les premier et second faisceaux d'ultrasons F1, F2 se propagent depuis les première et seconde surfaces émettrices 7, 9 jusqu'aux premier et second miroirs 11, 13 à travers le milieu ambiant.

[0096] Le faisceau réfléchi FR est transmis par le milieu ambiant jusqu'à la pièce dans laquelle l'onde ultrasonore est transmise.

[0097] Dans la variante de réalisation de la figure 7, le transducteur 1 est adapté pour envoyer le faisceau réfléchi FR directement dans la pièce dans laquelle l'onde ultrasonore est transmise 55, sans transmission à travers le milieu ambiant.

[0098] A cette fin, les première et seconde surfaces émettrices 7, 9 sont agencées par rapport au boîtier 5 pour que les premier et second faisceaux d'ultrasons F1, F2 se propagent depuis les première et seconde surfaces émettrices 7, 9 jusqu'aux premier et second miroirs 11, 13 à travers un matériau constituant le boîtier 5.

[0099] Les première et seconde surfaces émettrices 7, 9 de l'émetteur 3 sont alors plaquées contre des surfaces d'entrée d'ondes 57 du boîtier. Dans l'exemple représenté, ces surfaces d'entrée 57 délimitent la fente 15 dans laquelle est engagé l'émetteur 3. Des surfaces de sortie d'ondes 59 du boîtier 5 sont plaquées contre la pièce dans laquelle l'onde ultrasonore est transmise 55. Dans l'exemple représenté, les surfaces de sortie 59 sont plaquées directement contre la pièce 55. Dans une va-

riante représentée sur la figure 8, un sabot 61 est interposé entre les surfaces de sortie 59 et la pièce 55. Le sabot permet par exemple d'ajuster la direction de propagation du faisceau ultrasonore dans la pièce dans laquelle l'onde ultrasonore est transmise.

[0100] En variante, le boîtier 5 et le sabot 61 sont venus de matière et constituent une même pièce. Les miroirs sont donc un peu plus longs (ils dépassent du point extrême de l'émetteur) et incorporent directement l'angle pour faire défléchir le faisceau ultrasonore dans la pièce (en dessous de l'angle critique).

[0101] Les premier et second miroirs 11, 13, les surfaces d'entrée 57 et les surfaces de sortie 59 sont agencés pour que les premier et second faisceaux d'ultrasons F1, F2 pénétrant dans le boîtier 5 par les surfaces d'entrée 57 soient réfléchis par les premier et second miroirs 11, 13 jusqu'aux surfaces de sortie 59. Le faisceau réfléchi FR se propage à l'intérieur du boîtier 5, quitte le boîtier 5 par les surfaces de sortie 59, et pénètre dans la pièce à dans laquelle l'onde ultrasonore est transmise 55.

Revendications

1. Transducteur à ultrasons (1) comprenant au moins un émetteur (3) en un matériau permettant de convertir un signal électrique en une onde ultrasonore, ayant des première et seconde surfaces émettrices (7, 9) opposées l'une à l'autre prévues pour émettre des premier et second faisceaux d'ultrasons (F1, F2);
le transducteur (1) comportant au moins des premiers et second miroirs (11, 13) placés en regard respectivement des première et seconde surfaces émettrices (7, 9) et conformés de manière à renvoyer les premier et second faisceaux d'ultrasons (F1, F2) en formant un faisceau réfléchi (FR) de forme prédéterminée.

le transducteur comprenant un boîtier (5) auquel est fixé l'émetteur (3), le boîtier (5) présentant une fente (15) dans laquelle est engagé l'émetteur (3), la fente (15) ayant une section sensiblement identique à celle de l'émetteur (3),
caractérisé en ce que le boîtier (5) comporte deux demi boîtiers (40), la fente (15) étant délimitée entre les deux demi boîtiers, les deux demi boîtiers enserrant entre eux l'émetteur (3),
en ce que chaque demi boîtier (40) définit l'un des premier et second miroirs (11, 13), ou le premier miroir (10) est rapporté sur l'un des deux demi boîtiers (40) et le second miroir (13) est rapporté sur l'autre des deux demi boîtiers (40), et
en ce que le transducteur comprend au moins un capteur (41) prévu pour mesurer la forme des ondes ultrasonores, agencé dans l'un des pre-

mier et second miroirs (11, 13).

2. Transducteur selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le boîtier (5) a deux surfaces réfléchissantes (45, 47) définissant les premier et second miroirs (11, 13).
3. Transducteur selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le transducteur (1) est plongé dans un milieu ambiant, les première et seconde surfaces émettrices (7, 9) étant agencées par rapport au boîtier (5) pour que les premier et second faisceaux d'ultrasons (F1, F2) se propagent depuis les première et seconde surfaces émettrices (7, 9) jusqu'aux premiers et second miroirs (11, 13) à travers le milieu ambiant ou à travers un matériau constituant le boîtier (5).
4. Transducteur selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** comprend des fils électriques (33, 35) susceptibles d'être raccordés à une source de tension, et un organe pinçant les fils électriques (33, 35) contre l'émetteur (3) de manière à fixer les fils électriques (33, 35) à l'émetteur (3) sans soudure.
5. Transducteur selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les premier et second faisceaux d'ultrasons (F1, F2) présentent des première et seconde directions de propagation à partir des première et seconde surfaces émettrices (7, 9), les premier et second miroirs (11, 13) étant plans et ayant des première et seconde normales formant un angle compris entre 30° et 60° par rapport aux première et seconde directions de propagation.
6. Transducteur selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'émetteur (3) est une plaque, les première et seconde surfaces émettrices (7, 9) étant deux grandes faces de la plaque opposées l'une à l'autre.
7. Transducteur selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'émetteur (3) est un cylindre ou un tube polarisé radialement, les première et seconde surfaces émettrices (7, 9) étant deux surfaces radiales diamétralement opposées.
8. Transducteur selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les premier et second miroirs (11, 13) présentent des première et seconde surfaces réfléchissantes (45, 47), le capteur (41) étant de niveau avec l'une des première et seconde surfaces réfléchissantes (46, 47).
9. Transducteur selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le boîtier (5) est un matériau transparent à l'onde ultrasonore, et le transducteur (1) est agencé pour que les premier et second faisceaux d'ultrasons (F1, F2) se propagent à travers le boîtier (5) sans être réfléchis par les première et seconde surfaces émettrices (7, 9).

cations précédentes, **caractérisé en ce que** le capteur (41) comprend une tête (49) en un cristal piézoélectrique.

10. Transducteur selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** le capteur (41) comprend une couche mince (51) d'un matériau permettant de convertir une onde ultrasonore en un signal électrique, par exemple un cristal piézoélectrique, recouvrant l'un des premier et second miroirs (11, 13).

Patentansprüche

1. Ultraschallwandler (1) mit mindestens einem Sender (3) aus einem Material, das gestattet, ein elektrisches Signal in eine Ultraschallwelle umzuwandeln, mit einer ersten und einer zweiten Sendefläche (7, 9), die einander gegenüberliegen und zum Senden eines ersten und eines zweiten Ultraschallstrahls (F1, F2) vorgesehen sind;

wobei der Wandler (1) mindestens einen ersten und einen zweiten Spiegel (11, 13) aufweist, die jeweils gegenüber der ersten und der zweiten Sendefläche (7, 9) platziert und derart ausgebildet sind, dass sie den ersten und den zweiten Ultraschallstrahl (F1, F2) bei Bildung eines reflektierten Strahls (FR) mit einer vorbestimmten Form zurückwerfen,

wobei der Wandler ein Gehäuse (5) umfasst, an dem der Sender (3) befestigt ist, wobei das Gehäuse (5) einen Schlitz (15) aufweist, in den der Sender (3) eingreift, wobei der Schlitz (15) einen Querschnitt hat, der im Wesentlichen dem des Senders (3) entspricht,

dadurch gekennzeichnet, dass das Gehäuse (5) zwei Gehäusehälften (40) umfasst, wobei der Schlitz (15) zwischen den beiden Gehäusehälften begrenzt ist, wobei die beiden Gehäusehälften den Sender (3) zwischen sich einschließen,

dass jede Gehäusehälfte (40) einen von dem ersten und zweiten Spiegel (11, 13) definiert, oder der erste Spiegel (10) an einer der beiden Gehäusehälften (40) angebracht ist und der zweite Spiegel (13) an der anderen der beiden Gehäusehälften (40) angebracht ist, und

dass der Wandler mindestens einen Sensor (41) umfasst, der zum Messen der Form der Ultraschallwellen vorgesehen ist und in einem von dem ersten und zweiten Spiegel (11, 13) angeordnet ist.

2. Wandler nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gehäuse (5) zwei reflektierende Flächen (45, 47) aufweist, die den ersten und den zweiten Spiegel (11, 13) definieren.

3. Wandler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Wandler (1) in ein Umgebungsmedium eingetaucht ist, wobei die erste und die zweite Sendefläche (7, 9) in Bezug auf das Gehäuse (5) eingerichtet sind, damit sich der erste und der zweite Ultraschallstrahl (F1, F2) von der ersten und der zweiten Sendefläche (7, 9) bis zu dem ersten und dem zweiten Spiegel (11, 13) durch das Umgebungsmedium oder durch ein Material, das das Gehäuse (5) bildet, ausbreiten.

4. Wandler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** er elektrische Drähte (33, 35) umfasst, die mit einer Spannungsquelle verbindbar sind, und ein Organ, das die elektrischen Drähte (33, 35) gegen den Sender (3) klemmt, so dass die elektrischen Drähte (33, 35) ohne Löten am Sender (3) befestigt werden.

5. Wandler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste und der zweite Ultraschallstrahl (F1, F2) eine erste und eine zweite Ausbreitungsrichtung von der ersten und der zweiten Sendefläche (7, 9) aufweist, der erste und der zweite Spiegel (11, 13) eben sind und eine erste und eine zweite Normale haben, die einen Winkel zwischen 30° und 60° in Bezug auf die erste und die zweite Ausbreitungsrichtung bilden.

6. Wandler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sender (3) eine Platte ist, wobei die erste und die zweite Sendefläche (7, 9) zwei einander gegenüberliegende große Seiten der Platte sind.

7. Wandler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sender (3) ein radial polarisierter Zylinder oder Rohr ist, wobei die erste und die zweite Sendefläche (7, 9) zwei diametral gegenüberliegende radiale Flächen sind.

8. Wandler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste und der zweite Spiegel (11, 13) eine erste und eine zweite reflektierende Fläche (45, 47) aufweist, wobei der Sensor (41) mit einer von der ersten und der zweiten reflektierenden Fläche (46, 47) bündig ist.

9. Wandler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sensor (41) einen Kopf (49) aus einem piezoelektrischen Kristall umfasst.

10. Wandler nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sensor (41) eine dünne Schicht (51) aus einem Material umfasst, das gestattet, eine Ultraschallwelle in ein elektrisches Signal umzuwandeln, z. B. ein piezoelektrisches Kristall, das einen

von dem ersten und zweiten Spiegel (11, 13) bedeckt.

Claims

1. An ultrasound transducer (1) comprising at least one emitter (3) made from a material that makes it possible to convert an electrical signal into an ultrasonic wave, having first and second emitting surfaces (7, 9) opposite one another provided to emit first and second ultrasound beams. (F1, F2); the transducer (1) comprising at least first and second mirrors (11, 13) placed so as to be across from the first and second emitting surfaces (7, 9), respectively, and configured in a manner such as to deflect back deflect back the first and second ultrasound beams (F1, F2) by forming a reflected beam (FR) with a predetermined shape,

the transducer including a housing box (5) to which the emitter (3) is attached, the housing box (5) having a slot (15) in which the emitter (3) is engaged, the slot (15) having a cross section that is substantially identical to that of the emitter (3),

characterized in that the housing box (5) comprises two half housing boxes (40), the slot (15) being delimited between the two half housing boxes, the two half housing boxes encasing the emitter (3) therebetween,

in that each half housing box (40) defines one of the first and second mirrors (11, 13), or the first mirror (10) is attached on to one of the two half housing boxes (40) and the second mirror (13) is attached on to the other of the two half housing boxes (40), and

in that the transducer includes at least one sensor (41) provided in order to measure the shape and intensity of the ultrasonic waves, arranged in one of the first and second mirrors (11, 13).

2. A transducer according to claim 1, **characterised in that** the housing box (5) has two reflective surfaces (45, 47) defining the first and second mirrors (11, 13).
3. A transducer according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the transducer (1) is immersed in an ambient medium, with the first and second emitting surfaces (7, 9) being arranged in relation to the housing box (5) in order to ensure that the first and second ultrasound beams (F1, F2) are propagated from the first and second emitting surfaces (7, 9) right up to the first and second mirrors (11, 13) through the ambient medium or through a material constituting the housing box (5).
4. A transducer according to any one of the preceding

claims, **characterised in that** it includes electrical wires (33, 35) that are able to be connected to a voltage source, and a clamping member that clamps the electrical wires (33, 35) against the emitter (3) in a manner so as to secure the electrical wiring (33, 35) to the emitter (3) without soldering.

5. A transducer according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the first and second ultrasound beams (F1, F2) present first and second directions of propagation from the first and second emitting surfaces (7, 9), the first and second mirrors (11, 13) being planar and having first and second normals forming an angle comprised between 30° and 60° in relation to the first and second directions of propagation.

6. A transducer according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the emitter (3) is a plate, with the first and second emitting surfaces (7, 9) being two large parallel surfaces of the plate that are positioned opposite one other.

7. A transducer according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the emitter (3) is a cylinder or a tube that is radially polarized, with the first and second emitting surfaces (7, 9) being two radial surfaces that are diametrically opposed.

8. A transducer according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the first and second mirrors (11, 13) present first and second reflective surfaces (45, 47), the sensor (41) being positioned to be flush with one of the first and second reflective surfaces (46, 47).

9. A transducer according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the sensor (41) includes a head (49) made from a piezoelectric crystal.

10. A transducer according to claim 9, **characterised in that** the sensor (41) includes a thin layer (51) of a material that makes it possible to convert an ultrasonic wave into electrical voltage, for example a piezoelectric crystal, covering one of the first and second mirrors (11, 13).

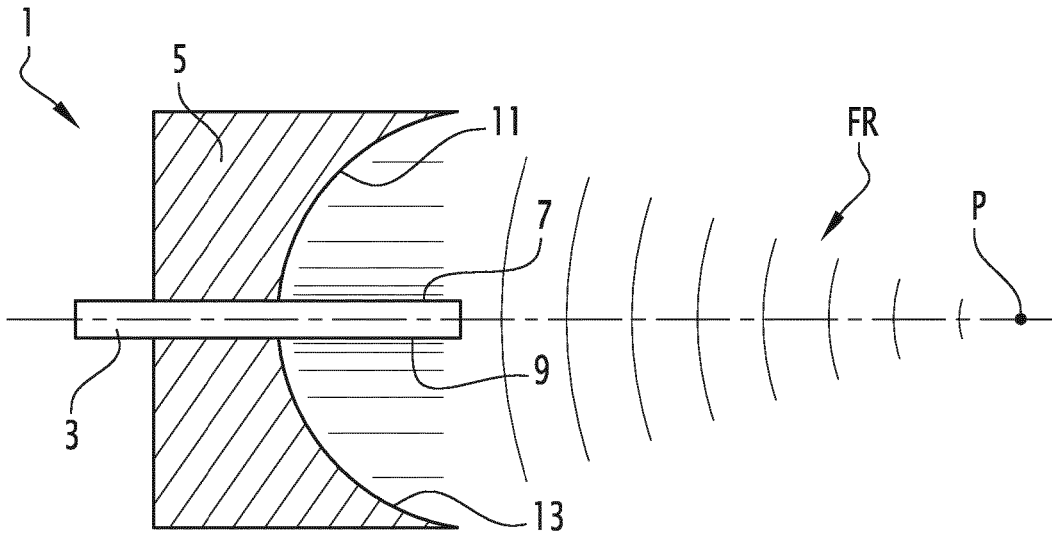


FIG. 3

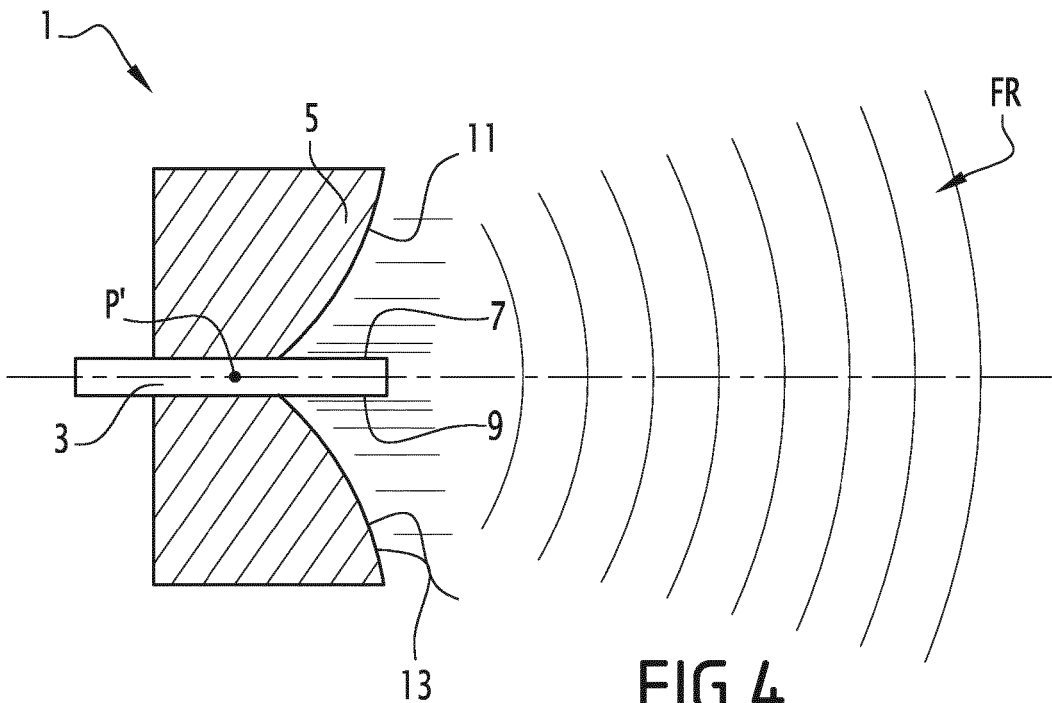


FIG. 4

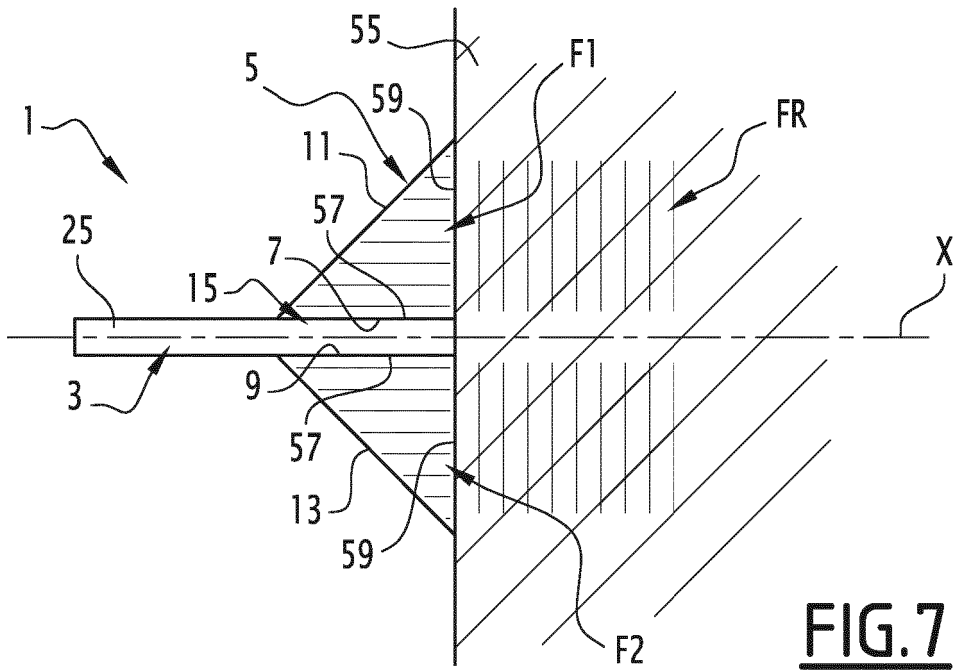


FIG. 7

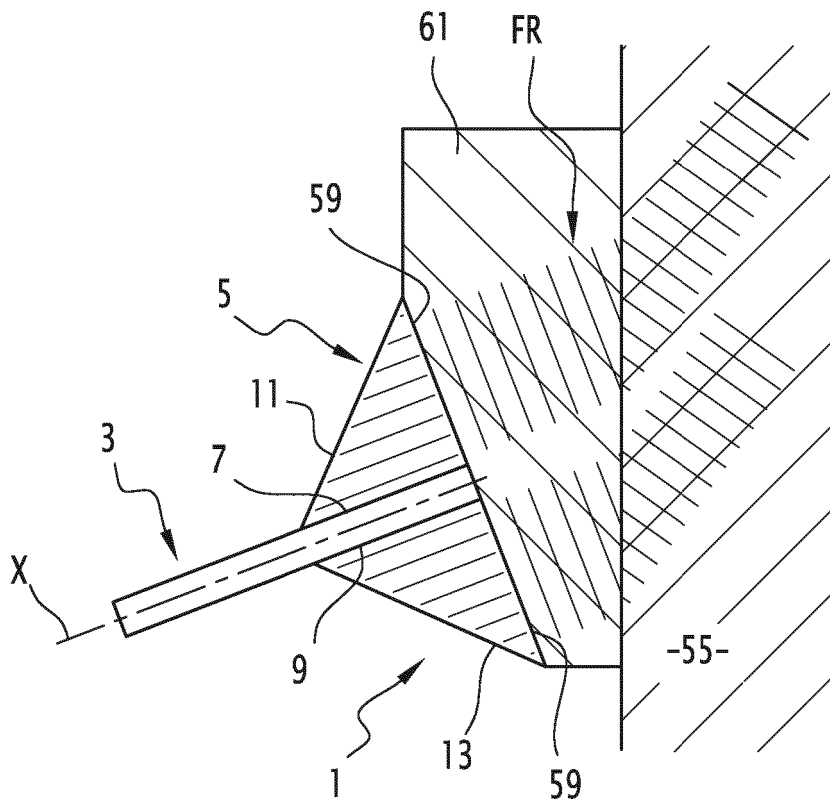


FIG. 8

-55-

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

- JP 2008100204 A [0003]
- US 4314098 A [0004]
- US 2002071280 A1 [0005]
- US 2008007142 A1 [0006]
- EP 0147070 A [0007]