

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 76 09521

(54)

Transducteur ultrasonore.

(51)

Classification internationale (Int. Cl.²).

H 04 R 17/00; G 01 F 1/66, 23/28; G 01 N 29/00;

H 04 R 1/46.

(22)

Date de dépôt

1er avril 1976, à 15 h 48 mn.

(33) (32) (31)

Priorité revendiquée : *Demande de brevet déposée aux Etats-Unis d'Amérique le 3 avril 1975,
n. 565.020 au nom de Henry Heinz Berthold Karplus.*

(41)

Date de la mise à la disposition du

public de la demande

B.O.P.I. — «Listes» n. 44 du 29-10-1976.

(71)

Déposant : **UNITED STATES ENERGY RESEARCH AND DEVELOPMENT ADMINISTRATION,**
résidant aux Etats-Unis d'Amérique.

(72)

Invention de : **Henry Heinz Berthold Karplus.**

(73)

Titulaire : *Idem* (71)

(74)

Mandataire : **Beau de Loménie, 55, rue d'Amsterdam, 75008 Paris.**

La présente invention concerne un transducteur acoustique, et en particulier un transducteur ultrasonore pouvant être utilisé dans les applications imposant une température de fonctionnement élevée. L'invention porte plus précisément sur une
5 pièce de couplage destinée à un transducteur fonctionnant à température élevée.

Les transducteurs ultrasonores comportent une lame d'un corps piézoélectrique qui est soumise à des contraintes mécaniques lorsqu'on lui applique un champ électrique extérieur, et qui engendre une charge électrique lorsqu'on lui applique des contraintes mécaniques. Les réflexions des ondes ultrasonores à l'intérieur du transducteur produisent des perturbations, du fait que certaines ondes sont souvent suffisamment réfléchies pour engendrer des signaux parasites dans le transducteur, tout en n'étant souvent pas
15 assez réfléchies pour être absorbées à l'intérieur de ce transducteur. De ce fait, les transducteurs construits pour fonctionner à la température ambiante comportent habituellement un matériau, comme une matière plastique, du caoutchouc, ou un corps analogue, ayant pour effet d'amortir les oscillations propres des composants du transducteur. Cependant, les matériaux ayant des pertes internes élevées ne présentent de telles pertes que dans une plage de température peu étendue, et ces matériaux ne peuvent pas être utilisés à haute température. De ce fait, les transducteurs ultrasonores classiques, disponibles dans le commerce, ne peuvent pas
25 être utilisés dans un environnement à haute température, comme celui correspondant à un réacteur nucléaire refroidi par un métal liquide, dans lequel on rencontre des températures atteignant ou dépassant 550°C. Un transducteur supportant de telles températures pourrait faire l'objet d'applications importantes, dans le domaine des débitmètres destinés aux réacteurs nucléaires surrégénérateurs refroidis par un métal liquide. Un tel transducteur pourrait également être utilisé dans les détecteurs fonctionnant en immersion dans le sodium, dans les indicateurs de niveau d'un liquide, ou dans les appareils classiques permettant de réaliser des essais
35 non destructifs.

Selon l'invention, un transducteur ultrasonore pouvant fonctionner dans un environnement à haute température (550°C ou plus) comporte une pièce métallique de couplage, de forme générale triangulaire, constituée par un empilement de plaques. Cette

pièce de couplage comporte un bord réfléchissant, en forme de dièdre, et la surface arrière du cristal transducteur est munie d'un empilement de feuilles métalliques absorbant les ondes ultrasonores. Plus particulièrement, le transducteur ultrasono-
5 re comprend une pièce de couplage formée par plusieurs plaques métalliques minces appliquées fortement les unes contre les autres. Cette pièce de couplage comporte un premier bord qui est fixé au cristal transducteur et qui possède une finition de surface de qualité optique, un second bord ayant une forme corres-
10 pondant à celle du corps dans lequel les ondes ultrasonores doivent être dirigées, et un troisième bord réfléchissant, en forme de dièdre. Les deux plans formant ce dièdre ont de préférence des inclinaisons différentes, et le premier et le troisième bord font le même angle par rapport au second bord. De plus,
15 le cristal transducteur est muni sur sa face arrière d'un empilement de feuilles métalliques absorbant les ondes sonores engendrées au niveau de cette face arrière.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention seront mieux compris à la lecture de la description qui va suivre d'exemples de réalisation et en se référant aux dessins
20 annexés sur lesquels :

-La figure 1 est une représentation latérale en élévation d'un transducteur ultrasonore correspondant à l'invention ;

-La figure 2 est une représentation en coupe partielle
25 selon les flèches 2-2 de la figure 1,

-La figure 3 est une représentation similaire d'un autre mode de réalisation,

-La figure 4 est une représentation en coupe selon les flèches 4-4 de la figure 1,

30 -La figure 5 est une représentation éclatée montrant la disposition relative du cristal transducteur et des éléments qui l'entourent, et,

-La figure 6 est une représentation agrandie de la trace d'un oscilloscope, montrant les résultats que permet d'at-
35 teindre le transducteur de l'invention.

Les dessins montrent que le transducteur ultrasonore de l'invention comporte une pièce de couplage 10, ayant approximativement la forme d'un prisme de section triangulaire, constituée par plusieurs plaques minces 11, en acier inoxydable ou

en un autre matériau résistant à la corrosion et aux températures élevées. Ces plaques sont appliquées les unes contre les autres par les plaques de serrage 13, situées de part et d'autre, et par les boulons 12. La pression qui s'exerce ainsi
5 sur les plaques 11 est de l'ordre de 35 à 70 kg/cm². Dans le mode de réalisation de l'invention représenté sur la figure 2, la pièce 10 a une épaisseur de 1,3 cm, et contient 10 plaques ayant chacune une épaisseur de 0,13 cm. Dans un autre mode de réalisation de l'invention, représenté sur la figure 3, la
10 pièce 10 a une épaisseur de 1,1 cm, et comporte quatre plaques de 0,24 cm d'épaisseur au centre, et cinq feuilles de clinquant de 0,13 mm d'épaisseur sur les côtés, pour éviter la transmission des ondes aux plaques de serrage. La pièce 10 a une forme générale triangulaire, et comporte trois côtés fonctionnels for-
15 més par les bords des plaques 11. Un premier bord P est plan et est poli avec une qualité optique (irrégularités inférieures à 0,5 micron) de façon à recevoir le cristal transducteur. Un second bord Q fait avec le premier bord un angle qui peut être avantageusement de 45°, et comporte une saillie 14 se confor-
20 mant à l'objet dans lequel les ondes ultrasonores doivent être dirigées. Du fait que l'utilisation importante la plus immédiate du dispositif de l'invention est relative à un débitmètre destiné à mesurer le débit d'un métal liquide dans une canalisation, la saillie 14 est concave de façon à se conformer à la canalisa-
25 tion (représentée en traits mixtes sur la figure 1). Une caractéristique importante de l'invention réside dans la forme du troisième bord R, ou bord réfléchissant, de la pièce de couplage 10. Le bord R fait un angle de 45° par rapport au bord Q. Le bord de chacune des plaques 11 formant la pièce 10 est coupé
30 selon un angle tel que le côté R constitue un dièdre. Bien que l'inclinaison particulière des deux plans constituant ce dièdre ne soit pas critique, ces deux plans doivent être inclinés de 50 à 65° par rapport à un plan normal aux plans des plaques 11. Selon un mode de réalisation préféré de l'inven-
35 tion, les deux plans du dièdre présentent une différence d'inclinaison de l'ordre de 5°. Selon un mode de réalisation particulier, l'un de ces plans est incliné à 55°, tandis que l'autre est incliné à 60°. Lorsque les deux plans constituant le dièdre sont inclinés différemment, les réflexions se produisant sur

ces deux plans ne se renforcent pas mutuellement lorsque des ondes sont réfléchies vers le cristal.

Les ondes sonores sont engendrées dans le cristal 15, qui peut être constitué par exemple par une lame de niobate de lithium (LiNbO_3), d'une épaisseur de 0,25 mm. La face arrière du cristal 15 est munie de six feuilles d'acier inoxydable 16, ayant chacune une épaisseur de 76 microns, qui ont pour but d'amortir les ondes sonores engendrées sur la face arrière du cristal. Les deux faces du cristal 15 sont munies d'une feuille de platine 17, d'une épaisseur de 25 microns, servant à isoler le cristal de LiNbO_3 par rapport aux plaques d'acier inoxydable 11 et aux feuilles 16, afin de réduire la migration d'oxygène entre la lame de LiNbO_3 et l'acier inoxydable, qui tend à se produire aux températures auxquelles le transducteur est utilisé. De plus, le platine est relativement mou et se conforme au profil des corps placés de part et d'autre. Une feuille d'acier inoxydable 18, d'une épaisseur de 0,5 mm et de dimensions supérieures à celles des feuilles 16, est placée à l'extrémité de l'empilement de feuilles 16, et sert de point de contact pour un connecteur électrique 18a. Ce dernier est relié au conducteur central d'un câble coaxial 19, à isolement minéral, qui est maintenu en place par le corps 20 et est fixé aux plaques de serrage 13 par les boulons 21.

Le cristal transducteur 15 et les feuilles qui l'entourent, ainsi que la pièce isolante 22, sont appliqués contre le bord P de la pièce de couplage 10 par la combinaison d'une bille 23 et d'un logement 24 pour cette bille. Si on le désire, cette combinaison peut comporter une rondelle Belleville 25, assurant une transmission uniforme de la force de serrage au cristal 15. Cette force de serrage est exercée en abaissant la plaque de serrage 26 à l'aide des boulons 27.

Le transducteur de l'invention comporte de préférence un cristal 15 en LiNbO_3 , en coupe X, engendrant des ondes de cisaillement, bien qu'il soit également possible d'employer un cristal engendrant des ondes longitudinales. Lorsque les ondes sont transmises à un liquide, par exemple du sodium liquide, on obtient des angles de réfraction plus favorables en utilisant des ondes de cisaillement qu'en utilisant des ondes longitudinales, du fait que, dans un solide, la célérité des ondes de

cisaillement est inférieure à celle des ondes longitudinales et que, pour la même raison, l'énergie transmise au liquide est plus élevée. De plus, les ondes de cisaillement sont mieux absorbées que les ondes longitudinales à l'interface entre les plaques 11. Il est préférable d'utiliser un cristal de LiNbO_3 , dans la mesure où celui-ci présente un coefficient de couplage électromécanique élevé en mode de cisaillement. Lorsqu'on utilise un cristal de LiNbO_3 engendrant des ondes ultrasonores en mode de cisaillement, on peut choisir l'angle d'incidence des ondes 10 ultrasonores sur une canalisation, ou sur une autre pièce à laquelle les ondes doivent être transmises, de façon à ce qu'il ne se produise aucune conversion de mode au niveau des bords de la pièce de couplage, ce qui simplifie la structure. Ce résultat est obtenu lorsque l'angle entre les bords P et Q de la 15 pièce de couplage est supérieur à 33° . Dans ces limites, les ondes qui se propagent dans le liquide contenu dans la canalisation sont uniquement des ondes de cisaillement.

La trace d'oscilloscope représentée à la figure 6 montre les bons résultats obtenus au cours de l'essai d'un 20 transducteur correspondant à l'invention, comprenant une pièce de couplage du type de celle de la figure 2. Dans cet essai, les ondes ultrasonores sont dirigées dans une canalisation vide, et un câble d'une longueur de six mètres, donnant un retard de l'ordre de $10 \mu\text{s}$ est utilisé dans le circuit pour simuler la 25 présence d'un métal liquide dans la canalisation. La figure 6 montre l'amplitude élevée de l'impulsion ultrasonore, et les amplitudes relativement faibles, s'amortissant rapidement, du bruit associé à cette impulsion.

Bien entendu diverses modifications peuvent être apportées 30 téées par l'homme de l'art aux dispositifs ou procédés qui viennent d'être décrits uniquement à titre d'exemples non limitatifs sans sortir du cadre de l'invention.

REVENDEICATIONS

-1. Transducteur ultrasonore comprenant un cristal transducteur en un matériau transducteur, et une pièce de couplage disposée de façon à ce que les ondes ultrasonores produites par le cristal transducteur pénètrent dans la pièce de couplage par un premier bord de celle-ci et pénètrent dans une pièce à laquelle on désire transmettre les ondes ultrasonores, cette pièce étant placée contre un second bord de la pièce de couplage, caractérisé en ce que la pièce de couplage est constituée par plusieurs plaques minces, de forme générale triangulaire, en un matériau résistant à la corrosion et aux températures élevées, ces plaques étant appliquées les unes contre les autres par une pression ; et en ce que le troisième bord de la pièce de couplage est conçu de façon à diriger vers les surfaces de jonction des différentes plaques les ondes ultrasonores réfléchies à partir de la jonction entre la pièce de couplage et la pièce à laquelle les ondes ultrasonores doivent être transmises.

-2. Transducteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit troisième bord a la forme d'un dièdre.

-3. Transducteur selon la revendication 2, caractérisé en ce que les deux plans constituant ledit dièdre ont des inclinaisons différentes.

-4. Transducteur selon la revendication 3, caractérisé en ce que les angles d'inclinaison des plans constituant ledit dièdre, par rapport à un plan normal aux plans desdites plaques, valent respectivement 55° et 60° .

-5. Transducteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que la pièce de couplage est formée par dix plaques métalliques ayant chacune une épaisseur de 1,3 mm.

-6. Transducteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que la pièce de couplage est formée par quatre plaques d'acier inoxydable de 2,4 mm d'épaisseur, et par cinq feuilles de clinquant d'acier inoxydable de 0,13 mm d'épaisseur, de part et d'autre.

-7. Transducteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit premier bord de la pièce de couplage présente un poli optique, et en ce que les ondes ultrasonores sont dirigées dans la pièce de couplage par l'intermédiaire d'un cristal

transducteur en un matériau piézoélectrique, d'un empilement de feuilles de métal placées sur la face arrière de ce cristal, et servant à amortir les ondes ultrasonores, et de moyens appliquant avec une certaine pression ce cristal transducteur contre
5 ledit premier bord de la pièce de couplage.

-8. Transducteur selon la revendication 7, caractérisé en ce que le cristal transducteur est constitué par une lame de LiNbO_3 d'une épaisseur de 0,25 mm ; en ce que les feuilles placées sur la surface arrière du cristal sont au nombre de
10 six et sont constituées par des feuilles d'acier inoxydable de 76 microns d'épaisseur ; et en ce qu'une feuille de platine d'une épaisseur de 25 microns est placée de part et d'autre du cristal, pour réduire la migration de l'oxygène.

Fig. 1

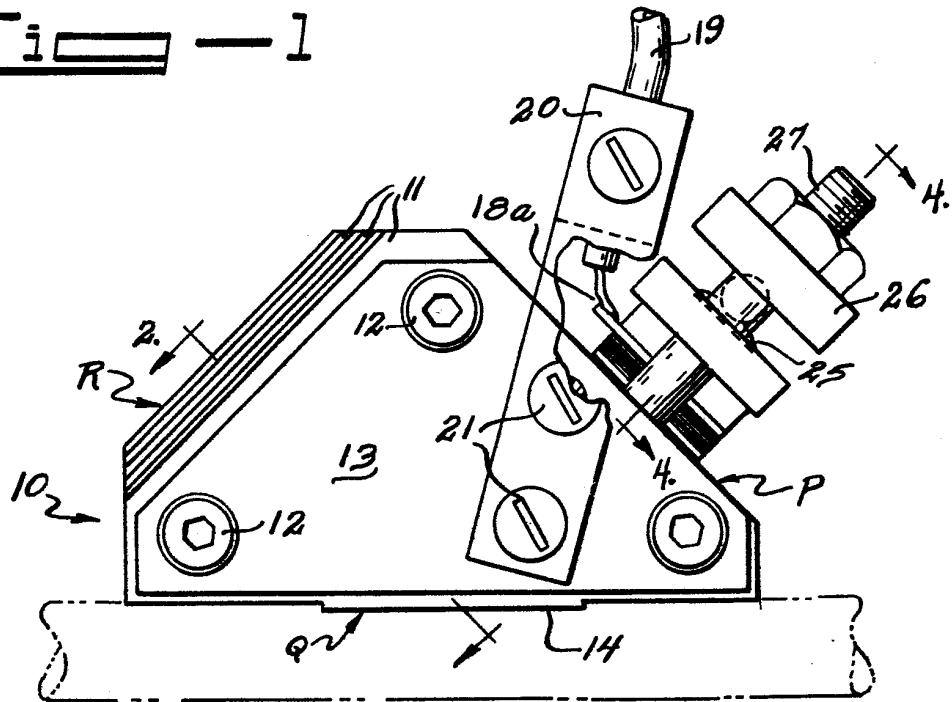


Fig. 2

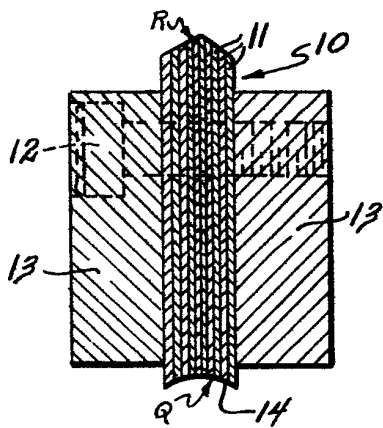


Fig. 4

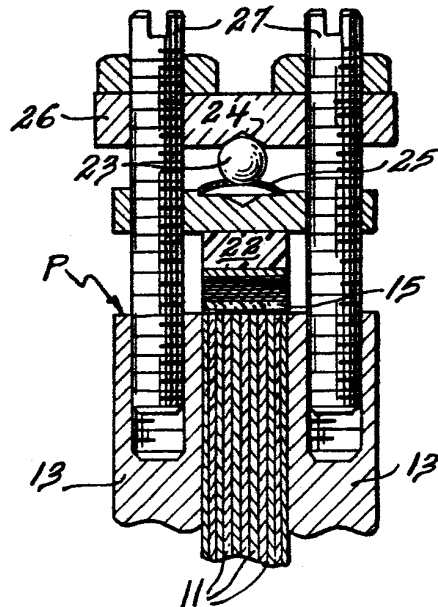


Fig-3

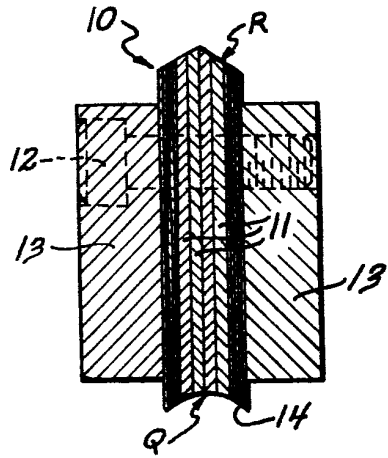


Fig-6

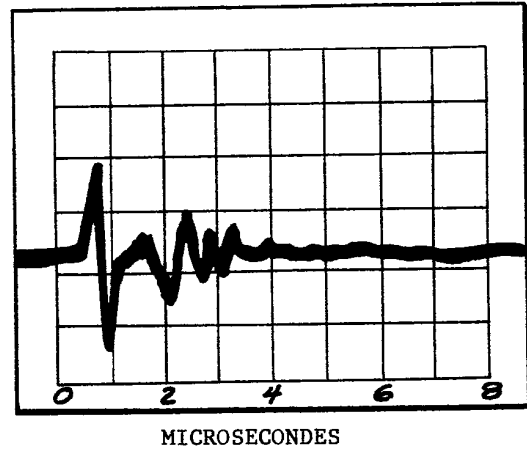


Fig-5

