

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 580 079

②1 N° d'enregistrement national :

85 05222

⑤1 Int Cl⁴ : G 01 S 7/52, 15/88 // A 61 B 8/00.

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 5 avril 1985.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPI « Brevets » n° 41 du 10 octobre 1986.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux appa-
rentés :

⑦1 Demandeur(s) : *EXPLOITATION ET DEVELOPPEMENT
DES APPLICATIONS DE LA PHYSIQUE (E.D.A.P.), Société
anonyme. — FR.*

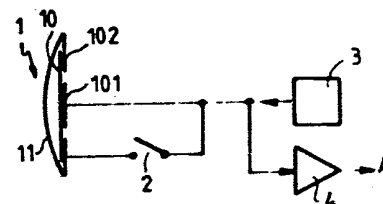
⑦2 Inventeur(s) : Jacques Dory.

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : Cabinet Moutard.

⑤4 Dispositif d'échographie ultrasonore comportant une sonde à focale réglable et des moyens d'obtenir une grande profondeur de champ avec un pouvoir résolutif élevé.

⑤7 Dispositif d'échographie comportant une sonde à focale réglable par variation de la courbure de la face convexe d'une lentille acoustique plan-convexe qu'elle comprend, caractérisé en ce que ladite sonde 1 est composée d'un disque 10 en céramique piézoélectrique formant au moins deux transducteurs élémentaires concentriques 101-102, d'une membrane 11 en forme de calotte sphérique formant avec le disque une chambre essentiellement fermée contenant un liquide d'indice acoustique supérieur à celui de l'eau et des moyens de faire varier la courbure de la membrane pour obtenir un réglage de la distance focale de la sonde; et des moyens 2 de mettre en ou hors service au moins l'un des transducteurs élémentaires 102 pour modifier la surface active de la sonde.



FR 2 580 079 - A1

- 1 -

DISPOSITIF D'ECHOGRAPHIE ULTRASONORE COMPORTANT UNE SONDE A
FOCALE REGLABLE ET DES MOYENS D'OBTENIR UNE GRANDE PROFON-
DEUR DE CHAMP AVEC UN POUVOIR RESOLUTOIRE ELEVE.

On utilise couramment en échographie des sondes focalisantes faisant appel au principe de la lentille acoustique. La distance focale de ces sondes est fixe et leur profondeur de champ est relativement grande (5 à 15 cm par exemple), mais au prix d'un pouvoir résolutoire assez faible en dehors de
5 la région de la tache focale.

On a déjà proposé de faire varier la distance focale d'une sonde à lentille acoustique en modifiant la courbure de la membrane qui constitue la face sphérique active de la sonde.
10 Pour chaque réglage, la profondeur du champ net est relativement faible. Il faut donc changer de sonde quand on veut obtenir une image nette d'une région de grande étendue.

Les sondes multi-annulaires sont par ailleurs connues et ont
15 été utilisées pour obtenir une focale réglable en introduisant un déphasage réglable entre les différents transducteurs annulaires élémentaires, ce déphasage étant destiné à compenser la différence de marche entre les faisceaux - plus ou moins inclinés par rapport à l'axe de symétrie de la
20 sonde - qui correspondent à ces différents transducteurs.

On a proposé, dans le brevet français No 73 41921 déposé le 22 Novembre 1973 par la société "Réalisations Ultrasoniques", de moduler les déphasages relatifs de façon à obtenir une tache focale mobile à une vitesse telle qu'à chaque instant d'un intervalle entre deux impulsions d'émission successives, les échos recueillis par la sonde proviennent toujours du point focal. Cette "focalisation-poursuite" donne une focalisation exceptionnellement poussée, mais entraîne une réalisation complexe du dispositif d'échographie si l'on veut obtenir une grande profondeur de champ : il faudra alors, en effet, utiliser un nombre relativement grand de transducteurs annulaires élémentaires et les retards à introduire seront relativement importants, ce qui complique les circuits électroniques nécessaires.

15

La présente invention se propose d'obtenir un pouvoir résolutoire élevé avec une bonne profondeur de champ et ce, au moyen de dispositifs relativement simples.

20 Le dispositif d'échographie suivant l'invention est caractérisé en ce qu'il comprend : une sonde composée d'un disque en céramique piézoélectrique formant au moins deux transducteurs élémentaires concentriques, d'une membrane en forme de calotte sphérique formant avec le disque une chambre essentiellement fermée contenant un liquide d'indice acoustique supérieur à celui de l'eau et des moyens de faire varier la courbure de la membrane pour obtenir un réglage de la distance focale de la sonde ; et des moyens de mettre en ou hors service au moins l'un des transducteurs élémentaires
25
30 pour modifier la surface active de la sonde.

Suivant un mode d'exécution préféré, le dispositif comprend en outre des moyens de provoquer un déphasage relatif entre les signaux électriques reçus en provenance des transducteurs élémentaires respectifs et des moyens de faire varier ledit déphasage au cours de chacune des périodes d'émission, entre deux valeurs prédéterminées et de telle manière que la distance focale de la sonde subisse une variation d'amplitu-

de relativement faible autour d'une valeur moyenne, en synchronisme avec la propagation des ultrasons pour obtenir une focalisation-poursuite dans une plage réduite de distances.

5

Suivant une forme d'exécution plus particulière, lesdits moyens de faire varier la courbure de la membrane comprennent un organe mobile actionné par un moteur asservi par une tension variable par paliers au cours d'un nombre prédéterminé de balayages complets d'image successifs, et le dispositif comprend des moyens d'engendrer, pour chaque palier, un créneau par cycle d'émission dont la position, dans le cycle d'émission, coïncide avec celle de la zone nette d'examen définie par la valeur de courbure définie par ledit
10 palier de tension, et des moyens de commander l'inscription des échos en mémoire pendant la seule durée desdits créneaux, la largeur du créneau et son déplacement dans le cycle d'émission d'un palier au suivant étant tels que lesdites zones se juxtaposent pour former une image complè-
15 te.
20 te.

L'invention sera mieux comprise à l'aide de la description ci-après.

25 Au dessin annexé :

La figure 1 représente la partie originale d'un dispositif d'échographie conforme au mode d'exécution le plus simple de l'invention ;

30

La figure 2 représente un dispositif à focalisation-poursuite d'amplitude réduite, dont

35

La figure 3 représente des formes d'ondes destinées à illustrer le fonctionnement ; et

La figure 4 représente un dispositif complémentaire permettant la formation de l'image par juxtaposition de plusieurs zones d'examen.

A la figure 1, on a représenté une sonde 1 composée d'un disque en céramique piézoélectrique 10 associé à une membrane déformable 11 pour constituer une lentille acoustique plan-convexe. Un liquide d'indice acoustique supérieur à celui de l'eau est contenu dans la chambre formée par la membrane 11 et le disque 10 et on fait varier le volume du liquide dans la chambre, pour obtenir une variation de la courbure de la membrane et constituer ainsi une sonde à focale réglable.

10

Une telle sonde est bien connue en soi et ne sera pas décrite ici, la particularité du dispositif consistant ici en ce que le disque 10 est agencé pour former un transducteur circulaire central 101 entouré d'un transducteur annulaire 102 et que ces deux transducteurs sont reliés en parallèle à l'émetteur d'impulsions 3 et à l'amplificateur-récepteur 4 du dispositif échographique, avec possibilité de mettre le transducteur périphérique 102 hors service au moyen d'un interrupteur 2.

20

La réalisation des deux transducteurs élémentaires est obtenue, de manière connue en soi, en pratiquant une saignée circulaire de faible profondeur sur la face active du disque 10, l'autre face formant électrode de masse.

25

Lorsque l'interrupteur 2 est fermé, la surface active de la sonde est la surface totale d'une face du disque, si bien qu'on obtient une focalisation poussée du faisceau ultrasonore : par exemple, pour un disque de 20 mm de diamètre et avec des impulsions d'excitation ayant une fréquence porteuse de 5 MHz, la distance focale pourra varier, en fonction de la courbure de la membrane, entre 30 et 200 mm. La profondeur de champ de la sonde est, dans ce premier mode de fonctionnement, relativement faible, par exemple 10 mm, tandis que la tache focale a par exemple 1 mm de diamètre.

Lorsque l'interrupteur 2 est ouvert, seul le transducteur central, ayant par exemple un diamètre de 10 mm, est en

service. Il en résulte que la focalisation est relativement médiocre (tache focale de 2 mm de diamètre), mais que la profondeur de champ est importante (par exemple 40 mm).

5 Ce deuxième mode de fonctionnement convient donc pour effectuer un dégrossissage de l'examen. Après repérage de la région intéressante et réglage de la distance focale en conséquence, on peut ensuite obtenir une image de bonne résolution d'une zone plus étroite en fermant l'interrupteur
10 2.

On pourrait évidemment ajouter un ou plusieurs anneaux périphériques commutables pour obtenir des modes de fonctionnement intermédiaires.

15

A la figure 2, on a représenté de manière simplifiée la même lentille acoustique 1, avec son transducteur central 101 et son transducteur périphérique 102 commutable au moyen d'un interrupteur 2. Ces deux transducteurs sont excités en
20 parallèle par l'émetteur d'impulsions 3, à travers deux couples de diodes "tête-bêche" 31 et 32 qui transmettent les impulsions d'émission de forte amplitude, mais interdisent le retour des échos, d'amplitude beaucoup plus faible, sur l'émetteur. Deux amplificateurs de réception 41 et 42 sont
25 respectivement reliés aux transducteurs 101 et 102 et leurs sorties sont connectées à l'entrée A d'un dispositif classique de mémorisation et de visualisation, non figuré, et qui peut être d'un type connu en soi par l'intermédiaire de lignes à retard 51-52 respectivement.

30

La ligne à retard 52 est agencée pour procurer un retard fixe, tandis que la ligne à retard 51 est agencée pour procurer un retard réglable au moyen d'une tension qui résulte de la superposition d'une tension continue V_1 ,
35 transmise à une entrée de commande du retard par une résistance 510 et d'une tension V_2 , transmise à ladite entrée par une résistance 511.

La tension V_2 est elle-même obtenue à la sortie d'un amplificateur 512 fonctionnant en comparateur, aux entrées respectives duquel sont appliquées la tension V_1 et une tension en dents de scie V_0 , dont le début de chaque dent 5 de scie est déclenché par les impulsions d'émission successives.

Les moyens d'engendrer une telle tension synchronisée sur l'émission sont bien connus en soi et n'ont pas été représentés. 10 sentés.

Comme le montre la figure 3, on recueille, à la sortie de l'amplificateur 512, une tension V_2 nulle tant que $V_0 < V_1$ et s'établissant par un front plus ou moins raide pour 15 atteindre la valeur V_1 dès que $V_0 > V_1$ (fonctionnement en comparateur). Une fraction de la tension V_1 , définie par les résistances 510-511, est ajoutée à cette tension V_2 , ce qui donne la tension V_3 (figurée en pointillés) appliquée à la ligne à retard 51. La tension V_3 comprend un palier inférieur 20 rieur que l'on ajuste pour corriger l'aberration sphérique de la lentille et obtenir une focalisation à l'entrée de la zone nette. Le front montant qui suit est réglé pour obtenir une focalisation-poursuite dans une petite zone sélectionnée ; le reste de la forme d'onde V_3 donne une focalisation 25 en deçà de la zone sélectionnée.

On notera que cette focalisation-poursuite a pour effet de faire passer la profondeur de champ de 4 à 5 mm à 2 à 3 cm environ (alors que les distances d'observation peuvent 30 atteindre 15 à 20 cm), si bien qu'elle n'exige que des retards faibles faciles à réaliser.

A la figure 4, on a représenté un circuit supplémentaire que l'on peut associer aux moyens de mémorisation de l'image 35 d'un dispositif échographique comportant le circuit de retard des échos de la figure 2.

Dans ce dispositif échographique, les signaux issus du point A (figure 2) sont appliqués à un convertisseur analogique-numérique 60 suivi d'une mémoire tampon 61. Celle-ci est lue de manière connue en soi au moyen d'un circuit 610 et 5 l'information de sortie est visualisée sur l'écran d'un tube cathodique 611.

Une particularité de ce dispositif, bien connu par ailleurs, est que l'écriture en mémoire est commandée à travers une 10 porte 62 elle-même ouverte par un signal logique 1 issu d'un circuit OU EXCLUSIF 63. Le circuit 63 reçoit les sorties de deux amplificateurs 64 et 65 avec lesquels il constitue un comparateur.

15 Chaque amplificateur reçoit la tension en dents de scie V_0 synchrone de l'émission sur une entrée et, sur l'autre entrée, une tension continue V_4 variable par paliers, par exemple en cinq paliers correspondant à chaque groupe de cinq balayages successifs complets de formation d'une image.

20

Cette tension V_4 est engendrée par un générateur 66 synchronisé par un compteur 67 des balayages d'image et elle sert à la commande d'un moteur 68 d'asservissement de la position d'un organe de réglage de la courbure de la lentille tel, 25 par exemple que celui décrit dans la demande de brevet français No 84 05296 déposée le 4 Avril 1984 pour "Sonde d'échographie à disque piézoélectrique oscillant solidaire d'une membrane déformable formant lentille de focalisation" au nom de la Demanderesse. La réalisation d'un tel asservis- 30 sement est à la portée de l'homme du métier.

La tension V_4 est appliquée aux deux amplificateurs à travers des résistances 640 et 650. Les seuils de basculement des deux amplificateurs 64 et 65 sont donc différents, 35 si bien qu'un signal 1 s'établit à la sortie de 63 pendant l'intervalle entre les deux instants de basculement successifs. La largeur du créneau d'écriture dépend donc des valeurs des résistances et sa position, de la valeur de la

tension V_4 . A chaque valeur de V_4 correspond une position du créneau d'écriture dans le cycle d'émission et une position de la tache focale de la lentille. Cette dernière position est telle que la focalisation-poursuite rende précisément
5 nette la zone des profondeurs définies par la position du créneau.

Au bout de cinq balayages d'image, soit, si la cadence de balayage est par exemple de trente images par seconde, au
10 bout de $1/6$ sec., une image complète est stockée dans la mémoire. Cette cadence est encore compatible avec l'observation de structures biologiques en mouvement. on peut évidemment l'augmenter en réduisant le nombre des paliers de variation de la tension V_4 .

15

Le dispositif de la figure 4, dans une version simplifiée, pourrait ne pas comporter de focalisation-poursuite, le point A étant alors celui indiqué à la figure 1.

20 Il doit être bien compris que les figures sont schématiques, les organes habituels, tels que détecteur, organes de balayage et autre, n'ayant pas été représentés.

Revendications

1. Dispositif d'échographie comportant une sonde à focale réglable par variation de la courbure de la face convexe d'une lentille acoustique plan-convexe qu'elle comprend, dans lequel ladite sonde est composée d'un disque
5 (10) en céramique piézoélectrique formant au moins deux transducteurs élémentaires concentriques (101-102), d'une membrane (11) en forme de calotte sphérique formant avec le disque une chambre essentiellement fermée contenant un liquide d'indice acoustique supérieur à celui de l'eau et
10 des moyens de faire varier la courbure de la membrane pour obtenir un réglage de la distance focale de la sonde ; caractérisé par des moyens (2) de mettre en ou hors service au moins l'un des transducteurs élémentaires (102) pour modifier la surface active de la sonde.

15

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens (51-52) de provoquer un déphasage relatif entre les signaux électriques reçus en provenance des transducteurs élémentaires
20 respectifs (101-102) et des moyens (510-511-512) de faire varier ledit déphasage au cours de chacune des périodes d'émission, entre deux valeurs prédéterminées et de telle manière que la distance focale de la sonde subisse une variation d'amplitude relativement faible autour d'une
25 valeur moyenne, en synchronisme avec la propagation des ultrasons pour obtenir une focalisation-poursuite dans une plage réduite de distances, lesdits moyens de déphasage comprenant une ligne à retard fixe (52) et une ligne à retard variable (51) et lesdits moyens de faire varier le
30 déphasage comprenant un comparateur à seuil (512) recevant sur ses entrées respectives une tension (V_0) en dents de scie synchrone de l'émission et une tension continue (V_1) et dont la sortie commande le retard de la ligne à retard variable (51), le dispositif comprenant en outre des moyens
35 (510-511) de transmettre à la sortie du comparateur (512)

une fraction réglable de ladite tension continue (V_1) en vue de corriger l'aberration de sphéricité de la lentille.

3. Dispositif selon la revendication 1 ou 2,
5 caractérisé en ce que lesdits moyens de faire varier la courbure de la membrane comprennent un organe mobile actionné par un moteur (68) asservi par une tension (V_4) variable par paliers au cours d'un nombre prédéterminé de balayages complets d'image successifs, et que le dispositif comprend
10 des moyens (63-64-65) d'engendrer, pour chaque palier, un créneau par cycle d'émission dont la position, dans le cycle d'émission, coïncide avec celle de la zone nette d'examen définie par la valeur de courbure définie par ledit palier de tension, et des moyens (62) de commander l'inscription
15 des échos en mémoire (61) pendant la seule durée desdits créneaux, la largeur du créneau et son déplacement dans le cycle d'émission d'un palier au suivant étant tels que lesdites zones se juxtaposent pour former une image complète.

1/1

