

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

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

2 962 533

②1 N° d'enregistrement national : 11 56206

⑤1 Int Cl<sup>8</sup> : G 01 D 5/12 (2006.01)

⑫

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 08.07.11.

③0 Priorité : 09.07.10 US 12/833.101.

④3 Date de mise à la disposition du public de la  
demande : 13.01.12 Bulletin 12/02.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche préliminaire : *Ce dernier n'a pas été  
établi à la date de publication de la demande.*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : GENERAL ELECTRIC COMPANY —  
US.

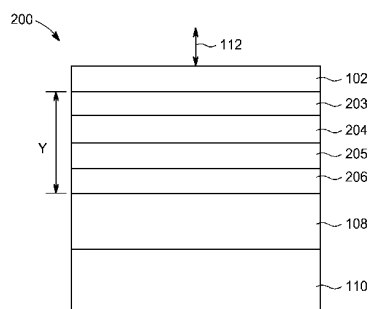
⑦2 Inventeur(s) : TAI ALAN CHI-CHUNG.

⑦3 Titulaire(s) : GENERAL ELECTRIC COMPANY.

⑦4 Mandataire(s) : BUREAU D.A. CASALONGA &  
JOSSE.

⑤4 COUCHES DE TRANSFERT THERMIQUE ET D'ADAPTATION ACOUSTIQUE POUR TRANSDUCTEUR  
ULTRASONORE.

⑤7 L'invention porte sur des transducteurs ultrasonores et des procédés de fabrication de transducteurs ultrasonores ayant des caractéristiques thermiques améliorées. Un transducteur ultrasonore (200) peut comprendre: un support (110), un élément piézoélectrique (108) fixé au support (110), une première couche d'adaptation (206) fixée à l'élément piézoélectrique (108), et une deuxième couche d'adaptation (205) fixée à la première couche d'adaptation (206). La première couche d'adaptation (206) peut comprendre un métal et peut avoir une conductivité thermique supérieure à environ 30 W/mK. La deuxième couche d'adaptation (205) peut avoir une conductivité thermique d'environ 0,5-300 W/mK. La première couche d'adaptation (206) peut avoir une impédance acoustique d'environ 10-20 MRayl, et la deuxième couche d'adaptation (205) peut avoir une impédance acoustique plus faible. La première couche d'adaptation (206) peut être plus épaisse que la deuxième couche d'adaptation (205). Le transducteur ultrasonore (200) peut comprendre une lentille (102), et une couche d'adaptation (206) placée entre l'élément piézoélectrique (108) et la lentille (102) peut être configurée pour conduire la chaleur de l'élément piézoélectrique (108) au support (110).



FR 2 962 533 - A1



### **Couches de transfert thermique et d'adaptation acoustique pour transducteur ultrasonore**

5 Des modes de réalisation de la présente technologie portent de façon générale sur des transducteurs ultrasonores configurés pour offrir des caractéristiques thermiques améliorées.

Comme représenté sur la figure 1, des transducteurs ultrasonores classiques 100 peuvent être composés de diverses couches comprenant  
10 une lentille 102, des couches d'adaptation d'impédance 104 et 106, un élément piézoélectrique 108, un support 110, et des éléments électriques permettant une connexion à un système ultrasonore.

L'élément piézoélectrique 108 peut convertir des signaux électriques en ondes ultrasonores à émettre vers une cible, et peut  
15 également convertir des ondes ultrasonores reçues en signaux électriques. Des flèches 112 représentent des ondes ultrasonores émises et reçues au niveau du transducteur 100. Les ondes ultrasonores reçues peuvent être utilisées par le système ultrasonore pour créer une image de la cible.

20 Pour augmenter l'énergie émise par le transducteur 100, les couches d'adaptation d'impédance 104, 106 sont placées entre l'élément piézoélectrique 108 et la lentille 102. Classiquement, on pensait qu'une adaptation d'impédance optimale était atteinte lorsque les couches d'adaptation 104, 106 séparent l'élément piézoélectrique 108 et la  
25 lentille 102 par une distance  $x$  d'environ  $\frac{1}{4}$  à  $\frac{1}{2}$  de la longueur d'onde désirée des ondes ultrasonores émises à la fréquence de résonance. La conviction classique est qu'une telle configuration peut maintenir les ondes ultrasonores qui ont été réfléchies dans les couches d'adaptation 104, 106 en phase lorsqu'elles sortent des couches d'adaptation 104, 106.

30 L'émission d'ondes ultrasonores par le transducteur 100 peut chauffer la lentille 102. Toutefois, des transducteurs en contact avec le patient ont une température de surface maximale d'environ 40 degrés Celsius afin d'éviter un inconfort du patient et de se conformer à des

limites de température règlementaires. La température de la lentille peut donc être un facteur limitant pour la puissance d'émission des ondes et les performances du transducteur.

5 De nombreuses techniques de gestion thermique connues se focalisent sur le côté arrière du transducteur pour réduire au minimum la réflexion d'énergie ultrasonore vers la lentille. Néanmoins, il existe un besoin de transducteurs ultrasonores améliorés ayant des caractéristiques thermiques améliorées.

10 Des modes de réalisation de la présente technologie portent de façon générale sur des transducteurs ultrasonores et des procédés de fabrication de transducteurs ultrasonores.

Dans un mode de réalisation, par exemple, un transducteur ultrasonore peut comprendre: un support; un élément piézoélectrique fixé au support, l'élément piézoélectrique étant configuré pour convertir  
15 des signaux électriques en ondes ultrasonores à émettre vers une cible, l'élément piézoélectrique étant configuré pour convertir des ondes ultrasonores reçues en signaux électriques; une première couche d'adaptation fixée à l'élément piézoélectrique, la première couche d'adaptation ayant une première impédance acoustique et une  
20 conductivité thermique supérieure à environ 30 W/mK; et une deuxième couche d'adaptation fixée à la première couche d'adaptation, la deuxième couche d'adaptation ayant une deuxième impédance acoustique qui est inférieure à la première impédance acoustique.

25 Dans un mode de réalisation, par exemple, la première impédance acoustique est d'environ 10-20 MRayl.

Dans un mode de réalisation, par exemple, la première couche d'adaptation a une première épaisseur, et la deuxième couche d'adaptation a une deuxième épaisseur qui est inférieure à la première épaisseur.

30 Dans un mode de réalisation, par exemple, la deuxième couche d'adaptation a une conductivité thermique d'environ 0,5-300 W/mK.

Dans un mode de réalisation, par exemple, un transducteur ultrasonore peut comprendre en outre une troisième couche d'adaptation fixée à la deuxième couche d'adaptation, la troisième couche

d'adaptation ayant une troisième impédance acoustique qui est inférieure à la deuxième impédance acoustique.

5 Dans un mode de réalisation, par exemple, un transducteur ultrasonore peut comprendre en outre une lentille, les première et deuxième couches d'adaptation étant placées entre l'élément piézoélectrique et la lentille, et l'épaisseur de chaque couche d'adaptation étant inférieure à environ  $\frac{1}{4}$  d'une longueur d'onde désirée des ondes ultrasonores émises à une fréquence de résonance.

10 Dans un mode de réalisation, par exemple, la première couche d'adaptation comprend un métal.

15 Dans un mode de réalisation, par exemple, la première couche d'adaptation comprend une aile configurée pour s'étendre au-delà d'une extrémité de l'élément piézoélectrique jusqu'au support, l'aile étant configurée pour conduire la chaleur de l'élément piézoélectrique au support.

Dans un mode de réalisation, par exemple, l'élément piézoélectrique comprend une pluralité d'entailles, et l'aile est placée sensiblement perpendiculaire aux entailles.

20 Dans un mode de réalisation, par exemple, l'élément piézoélectrique comprend une pluralité d'entailles, et l'aile est placée sensiblement parallèle aux entailles.

25 Dans un mode de réalisation, par exemple, la première couche d'adaptation comprend une partie configurée pour s'étendre au-delà d'une extrémité de l'élément piézoélectrique, la partie étant reliée à une feuille thermoconductrice configurée pour s'étendre jusqu'au support, la partie et la feuille étant configurées pour conduire la chaleur de l'élément piézoélectrique au support.

30 Dans un mode de réalisation, par exemple, le support, l'élément piézoélectrique, la première couche d'adaptation et la deuxième couche d'adaptation sont fixés par une colle époxy.

Dans un mode de réalisation, par exemple, un procédé de fabrication d'un transducteur ultrasonore peut consister à: fixer un support à un élément piézoélectrique, l'élément piézoélectrique étant configuré pour convertir des signaux électriques en ondes ultrasonores à

émettre vers une cible, l'élément piézoélectrique étant configuré pour convertir des ondes ultrasonores reçues en signaux électriques; fixer une première couche d'adaptation à l'élément piézoélectrique, la première couche d'adaptation ayant une première impédance acoustique et une conductivité thermique supérieure à environ 30 W/mK; et fixer une deuxième couche d'adaptation à la première couche d'adaptation, la deuxième couche d'adaptation ayant une deuxième impédance acoustique qui est inférieure à la première impédance acoustique.

Dans un mode de réalisation, par exemple, un procédé de fabrication d'un transducteur ultrasonore peut consister en outre à: pratiquer une pluralité d'entailles dans l'élément piézoélectrique et les première et deuxième couches d'adaptation.

Dans un mode de réalisation, par exemple, la première couche d'adaptation comprend une aile configurée pour s'étendre au-delà d'une extrémité de l'élément piézoélectrique, et le procédé peut consister en outre à: découper une pluralité d'encoches sur une surface de l'aile; et replier l'aile à l'opposé des encoches de telle manière que l'aile s'étende au-delà de l'extrémité de l'élément piézoélectrique jusqu'au support, l'aile étant configurée pour conduire la chaleur de l'élément piézoélectrique au support.

Dans un mode de réalisation, par exemple, la première couche d'adaptation comprend une partie configurée pour s'étendre au-delà d'une extrémité de l'élément piézoélectrique, et le procédé peut consister en outre à: relier la partie à une feuille thermoconductrice configurée pour s'étendre jusqu'au support, la partie et la feuille étant configurées pour conduire la chaleur de l'élément piézoélectrique au support.

Dans un mode de réalisation, par exemple, le support, l'élément piézoélectrique, la première couche d'adaptation et la deuxième couche d'adaptation sont fixés à l'aide d'une colle époxy.

Dans un mode de réalisation, par exemple, un transducteur ultrasonore peut comprendre: un support; un élément piézoélectrique fixé au support, l'élément piézoélectrique étant configuré pour convertir des signaux électriques en ondes ultrasonores à émettre vers une cible, l'élément piézoélectrique étant configuré pour convertir des ondes

ultrasonores reçues en signaux électriques; une lentille; et une couche d'adaptation placée entre l'élément piézoélectrique et la lentille, la couche d'adaptation étant configurée pour conduire la chaleur de l'élément piézoélectrique au support.

5           On comprendra mieux le résumé précédent, ainsi que la description détaillée suivante de certains modes de réalisation, en les lisant conjointement avec les dessins annexés. Dans le but d'illustrer l'invention, certains modes de réalisation sont représentés sur les dessins. On comprendra toutefois que la présente invention n'est pas  
10 limitée aux agencements et à l'instrumentalité représentés sur les dessins annexés. Dans les dessins:

- la figure 1 représente une section de couches d'un transducteur ultrasonore de l'art antérieur;

15           - la figure 2A représente une section de couches d'un transducteur ultrasonore utilisé selon des modes de réalisation de la présente technologie;

- la figure 2B est un tableau de propriétés de couches d'adaptation pour des transducteurs ultrasonores utilisés selon des modes de réalisation de la présente technologie;

20           - la figure 3 représente une section de couches d'un transducteur ultrasonore utilisé selon des modes de réalisation de la présente technologie;

25           - la figure 4 représente une section de couches d'un transducteur ultrasonore utilisé selon des modes de réalisation de la présente technologie;

- la figure 5 représente une section de couches d'un transducteur ultrasonore utilisé selon des modes de réalisation de la présente technologie;

30           - la figure 6 est une vue en perspective de couches d'un transducteur ultrasonore utilisé selon des modes de réalisation de la présente technologie;

- la figure 7 représente des résultats de simulation par ordinateur pour un transducteur ultrasonore utilisé selon des modes de réalisation de la présente technologie; et

- la figure 8 est un graphe représentant des résultats expérimentaux de mesures de température à la surface de la lentille pour un transducteur classique et un transducteur construit selon un mode de réalisation de la présente technologie.

5 Des modes de réalisation de la présente technologie portent de façon générale sur des transducteurs ultrasonores configurés pour offrir des caractéristiques thermiques améliorées. Sur les dessins, les mêmes éléments sont repérés par les mêmes identifiants.

10 La figure 1 représente une section de couches d'un transducteur ultrasonore 100 de l'art antérieur. Le transducteur 100 a été décrit dans le contexte, et comprend deux couches d'adaptation 104, 106 placées entre une lentille 102 et un élément piézoélectrique 108. Les couches d'adaptation 104, 106 créent une distance combinée x entre la lentille 102 et l'élément piézoélectrique 108, laquelle distance x est d'environ  $\frac{1}{4}$  à  $\frac{1}{2}$  de la longueur d'onde désirée des ondes ultrasonores émises à la  
15 fréquence de résonance.

La figure 2A représente une section de couches d'un transducteur ultrasonore 200 utilisé selon des modes de réalisation de la présente technologie. Le transducteur 200 comprend une lentille 102, des couches d'adaptation d'impédance 203-206, un élément piézoélectrique 108, un support 110, et des éléments électriques permettant une connexion à un système ultrasonore. Le support 110 comprend un dissipateur thermique et un système de gestion thermique. Dans certains modes de réalisation, les couches d'adaptation 203-206, l'élément piézoélectrique 108 et la  
20 lentille 102 peuvent être collés les uns aux autres à l'aide d'une colle époxy ou de matériaux adhésifs durcis sous l'effet d'une pression exercée par un outillage et/ou une presse, par exemple.

Comme dans le cas de transducteurs ultrasonores classiques, l'élément piézoélectrique 108 peut convertir des signaux électriques en ondes ultrasonores à émettre vers une cible et peut également convertir des ondes ultrasonores reçues en signaux électriques. Des flèches 112  
25 représentent des ondes ultrasonores émises et reçues au niveau du transducteur 200. Les ondes ultrasonores reçues peuvent être utilisées par le système ultrasonore afin de créer une image de la cible.

Pour augmenter l'énergie émise par le transducteur 200, les couches d'adaptation d'impédance 203-206 sont placées entre l'élément piézoélectrique 108 et la lentille 102. Les couches d'adaptation 203-206 séparent l'élément piézoélectrique 108 et la lentille 102 par une distance y qui peut être inférieure ou supérieure à la distance x (laquelle distance est d'environ  $\frac{1}{4}$  à  $\frac{1}{2}$  de la longueur d'onde désirée des ondes ultrasonores émises à la fréquence de résonance).

Comme représenté sur la figure 1, les transducteurs classiques comprennent généralement deux couches d'adaptation 104, 106. Ces couches d'adaptation comprennent généralement une résine époxy et des charges. On a découvert que l'inclusion, près de l'élément piézoélectrique, d'une couche d'adaptation ayant une impédance acoustique relativement plus grande et une conductivité thermique relativement plus grande pouvait améliorer des caractéristiques thermiques et/ou des propriétés acoustiques. Des modes de réalisation décrits dans la présente représentent des transducteurs de l'invention comprenant trois ou quatre couches d'adaptation. Toutefois, des modes de réalisation peuvent ne comprendre que deux couches d'adaptation ou plus de quatre couches d'adaptation, à savoir cinq ou six couches d'adaptation, par exemple.

La figure 2B est un tableau de propriétés des couches d'adaptation 203-206 pour des modes de réalisation de transducteurs ultrasonores de l'invention. La couche d'adaptation 206, qui est placée entre l'élément piézoélectrique 108 et la couche d'adaptation 205, peut comprendre un matériau ayant une impédance acoustique d'environ 10-20 MRayl et une conductivité thermique supérieure à environ 30 W/mK. La couche d'adaptation 206 peut avoir une épaisseur inférieure à environ  $0,22\lambda$ ,  $\lambda$  étant la longueur d'onde désirée des ondes ultrasonores émises à la fréquence de résonance. Dans certains modes de réalisation, la couche d'adaptation 206 peut comprendre un ou plusieurs métaux, tels que du cuivre, un alliage de cuivre, du cuivre avec un motif de graphite incorporé dedans, du magnésium, un alliage de magnésium, un matériau semi-conducteur tel que du silicium, de l'aluminium (plaque ou barre) et/ou un alliage d'aluminium, par exemple. Des métaux peuvent avoir



une impédance acoustique relativement élevée, de sorte que des ondes ultrasonores se propagent à travers la couche à une plus grande vitesse, ce qui nécessite une couche d'adaptation plus épaisse pour obtenir des caractéristiques acoustiques désirées.

5           La couche d'adaptation 205, qui est placée entre la couche d'adaptation 206 et la couche d'adaptation 204, peut comprendre un matériau ayant une impédance acoustique d'environ 5-15 MRayl et une conductivité thermique d'environ 1-300 W/mK. La couche d'adaptation 205 peut avoir une épaisseur inférieure à environ  $0,25\lambda$ . Dans certains  
10 modes de réalisation, la couche d'adaptation 205 peut comprendre un ou plusieurs métaux, tels que du cuivre, un alliage de cuivre, du cuivre avec un motif de graphite incorporé dedans, du magnésium, un alliage de magnésium, de l'aluminium (plaque ou barre), un alliage d'aluminium, une résine époxy chargée, une vitrocéramique, une  
15 céramique composite et/ou du Macor, par exemple.

          La couche d'adaptation 204, qui est placée entre la couche d'adaptation 205 et la couche d'adaptation 203, peut comprendre un matériau ayant une impédance acoustique d'environ 2-8 MRayl et une conductivité thermique d'environ 0,5-50 W/mK. La couche d'adaptation  
20 204 peut avoir une épaisseur inférieure à environ  $0,25\lambda$ . Dans certains modes de réalisation, la couche d'adaptation 204 peut comprendre un matériau non métallique, tel qu'une résine époxy avec des charges, telles que des charges de silice, par exemple. Dans certains modes de réalisation, la couche d'adaptation 204 peut comprendre un matériau de  
25 type graphite, par exemple. Des matériaux non métalliques, tels qu'une résine époxy avec des charges, peuvent avoir une impédance acoustique relativement faible, de sorte que des ondes ultrasonores se propagent à travers la couche à une plus faible vitesse, ce qui nécessite une couche d'adaptation plus mince pour obtenir des caractéristiques acoustiques  
30 désirées.

          La couche d'adaptation 203, qui est placée entre la couche d'adaptation 204 et la lentille 102, peut comprendre un matériau ayant une impédance acoustique d'environ 1,5-3 MRayl et une conductivité thermique d'environ 0,5-50 W/mK. La couche d'adaptation 203 peut

avoir une épaisseur inférieure à environ  $0,25\lambda$ . Dans certains modes de réalisation, la couche d'adaptation 203 peut comprendre un matériau non métallique, tel qu'un plastique et/ou une résine époxy avec des charges, telles que des charges de silice, par exemple.

5            Dans un mode de réalisation, l'impédance acoustique des couches d'adaptation 203-206 décroît à mesure que la distance des couches d'adaptation 203-206 à l'élément piézoélectrique 108 croît. A savoir, la couche d'adaptation 206 peut avoir une plus grande impédance acoustique que la couche d'adaptation 205, la couche d'adaptation 205  
10           peut avoir une plus grande impédance acoustique que la couche d'adaptation 204, et la couche d'adaptation 204 peut avoir une plus grande impédance acoustique que la couche d'adaptation 203. On a découvert que l'utilisation de trois couches d'adaptation ou plus dont les impédances acoustiques décroissent de cette manière permettait  
15           d'obtenir des propriétés acoustiques améliorées, telles qu'une plus grande sensibilité et/ou une plus grande largeur de bande limite, par exemple. Ces propriétés acoustiques améliorées peuvent améliorer la détection de structures dans une cible, telle qu'un corps humain, par exemple.

20           Dans un mode de réalisation, la conductivité thermique des couches d'adaptation 205, 206 est supérieure à la conductivité thermique des couches d'adaptation 203, 204. On a découvert que le placement d'une couche d'adaptation ayant une conductivité thermique relativement élevée (telle que la couche d'adaptation 205 et/ou la couche d'adaptation  
25           206, par exemple) près de l'élément piézoélectrique 108 permettait d'obtenir des caractéristiques thermiques améliorées. Par exemple, ces couches d'adaptation peuvent dissiper la chaleur générée par l'élément piézoélectrique 108 plus rapidement que des couches d'adaptation à plus faible conductivité thermique, telles que les couches d'adaptation 203 et  
30           204, par exemple.

La figure 3 représente une section de couches d'un transducteur ultrasonore 300 utilisé selon des modes de réalisation de la présente technologie. Le transducteur 300 comprend une première couche d'adaptation d'impédance 303, une deuxième couche d'adaptation

d'impédance 304, une troisième couche d'adaptation d'impédance 305, un élément piézoélectrique 308 et un support 310. Les couches représentées comprennent des entailles majeures 312 et des entailles mineures 314. Les entailles majeures 312 s'étendent à travers les  
5 couches d'adaptation 303-305, à travers l'élément piézoélectrique 308 et dans le support 310. Les entailles majeures 312 peuvent assurer une séparation électrique entre des parties de l'élément piézoélectrique 308. Les entailles mineures 314 s'étendent à travers les couches d'adaptation d'impédance 303-305 et partiellement à travers l'élément piézoélectrique  
10 308. Les entailles mineures ne s'étendent pas entièrement à travers l'élément piézoélectrique 308, et ne s'étendent pas non plus dans le support 310. Les entailles mineures 314 n'assurent pas une séparation électrique entre des parties de l'élément piézoélectrique 308. Les entailles mineures 314 peuvent améliorer les performances acoustiques,  
15 par exemple, par amortissement de vibrations horizontales entre des parties adjacentes des couches. Dans certains modes de réalisation, les entailles peuvent être pratiquées avec un rapport épaisseur de coupe sur largeur de coupe d'environ 30:1. Dans certains modes de réalisation, les entailles majeures peuvent être pratiquées avec une profondeur de coupe  
20 d'environ 1,282 millimètres et les entailles mineures peuvent être pratiquées avec une profondeur de coupe d'environ 1,085 millimètres, les entailles des deux types étant pratiquées avec une largeur de coupe d'environ 0,045 millimètre, par exemple. Dans certains modes de réalisation, les entailles peuvent être pratiquées avec une largeur de  
25 coupe d'environ 0,02 à 0,045 millimètre, par exemple. On a découvert qu'une réduction au minimum de l'épaisseur des couches d'adaptation 203-206 permettait d'obtenir des performances acoustiques améliorées en permettant un découpage en dés des couches du transducteur comme représenté sur la figure 3. On a également découvert qu'une réduction au  
30 minimum de l'épaisseur des couches d'adaptation 203-206 pouvait rendre possible un découpage en dés avec un rapport profondeur de coupe sur largeur de coupe inférieur à 30:1. En utilisant une technologie de découpage en dés courante, telle qu'un découpage en dés à l'aide d'une scie de découpage en dés, il est difficile d'obtenir un rapport profondeur

de coupe sur largeur de coupe supérieur à 30:1. Des entailles peuvent être pratiquées dans les couches du transducteur à l'aide de lasers ou d'autres procédés connus, par exemple.

5 La figure 4 représente une section de couches d'un transducteur ultrasonore 400 utilisé selon des modes de réalisation de la présente technologie. Le transducteur 400 est configuré de façon similaire au transducteur 200 représenté sur la figure 2A. Toutefois, le transducteur 400 comprend une couche d'adaptation 401 à la place de la couche d'adaptation 206. La couche d'adaptation 401 est placée entre l'élément  
10 piézoélectrique 108 et la couche d'adaptation 205, et peut comprendre un matériau et avoir une épaisseur similaires à ceux de la couche d'adaptation 206 représentée sur la figure 2A. La couche d'adaptation 401 comprend des ailes 402 qui s'étendent au-delà des extrémités de l'élément piézoélectrique 108 jusqu'au support 110.

15 Les ailes 402 peuvent être formées par formation de la couche d'adaptation 401 de telle manière qu'elle s'étende au-delà des extrémités de l'élément piézoélectrique 108. Une pluralité d'encoches 403 peuvent être pratiquées dans une surface de la couche d'adaptation 401, et les parties de la couche d'adaptation 401 qui s'étendent au-delà des  
20 extrémités de l'élément piézoélectrique 108 peuvent être repliées à l'opposé des encoches 403 vers l'élément piézoélectrique 108 et le support 110 de telle manière que les encoches 403 soient placées au niveau et/ou autour d'angles externes des plis comme représenté sur la figure 4. L'opération de repliement peut être achevée une fois que les  
25 ailes 402 sont placées autour des extrémités de l'élément piézoélectrique 108 et du support 110.

Les ailes 402 sont configurées pour conduire la chaleur de l'élément piézoélectrique 108 à un dissipateur thermique et/ou un système de gestion thermique au niveau du support 110. La conductivité  
30 thermique relativement élevée de la couche d'adaptation 401 et des ailes 402 peut faciliter le transfert de chaleur désiré vers le support 110 du transducteur 400, et à l'opposé de la lentille 102. Les ailes 402 peuvent également former une masse pour le transducteur 400 par connexion à un circuit de mise à la masse approprié tel qu'un circuit souple qui est

généralement placé entre l'élément piézoélectrique 108 et le support 110. Les ailes 402 peuvent également servir de blindage électrique pour le transducteur 400.

La figure 5 représente une section de couches d'un transducteur ultrasonore 500 utilisé selon des modes de réalisation de la présente technologie. Le transducteur 500 est configuré de façon similaire au transducteur 200 représenté sur la figure 2A. Toutefois, le transducteur 500 comprend une couche d'adaptation 501 à la place de la couche d'adaptation 206. La couche d'adaptation 501 est placée entre l'élément piézoélectrique 108 et la couche d'adaptation 205, et peut comprendre un matériau et avoir une épaisseur similaires à ceux de la couche d'adaptation 206 représentée sur la figure 2A. La couche d'adaptation 501 s'étend au-delà des extrémités de l'élément piézoélectrique 108. Par exemple, dans un mode de réalisation, la couche d'adaptation 501 peut s'étendre au-delà des extrémités de l'élément piézoélectrique 108 sur environ un millimètre ou moins. Des feuilles 502, qui s'étendent par-dessus les extrémités de l'élément piézoélectrique 108 jusqu'au support 110, sont fixées aux parties saillantes de la couche d'adaptation 501. Les feuilles 502 peuvent être fixées à la couche d'adaptation 501 à l'aide d'une colle époxy thermoconductrice. Les feuilles 502 comprennent un matériau à conductivité thermique relativement élevée, tel que le même matériau que la couche d'adaptation 501, du graphite et/ou une résine époxy thermoconductrice, par exemple. Les feuilles 502 sont configurées pour conduire la chaleur de l'élément piézoélectrique 108 à un dissipateur thermique et/ou un système de gestion thermique au niveau du support 110. La conductivité thermique relativement élevée de la couche d'adaptation 501 et des feuilles 502 peut faciliter le transfert de chaleur désiré vers le support 110 du transducteur 500, et à l'opposé de la lentille 102.

La figure 6 est une vue en perspective d'un transducteur ultrasonore 600 utilisé selon des modes de réalisation de la présente technologie. Le transducteur 600 comprend une couche d'adaptation d'impédance 401 ayant des ailes 402, un élément piézoélectrique 308 et un support 310. Les autres couches d'adaptation d'impédance et la

lentille ne sont pas représentées sur la figure 6. Les couches représentées comprennent des entailles majeures 312 et des entailles mineures 314, lesquelles entailles sont sensiblement perpendiculaires à la direction d'azimut (a) et sensiblement parallèles à la direction d'élévation (e). Les entailles majeures 312 s'étendent à travers les couches d'adaptation, à travers l'élément piézoélectrique 308 et dans le support 310. Les entailles mineures 314 s'étendent à travers les couches d'adaptation et partiellement à travers l'élément piézoélectrique 308. Les entailles mineures ne s'étendent pas entièrement à travers l'élément piézoélectrique 308, et ne s'étendent pas dans le support 310. Les ailes 402 sont placées autour de quatre côtés du transducteur 600 et seraient repliées vers l'élément piézoélectrique 308 et le support 310 de telle manière que les ailes 402 puissent conduire la chaleur de l'élément piézoélectrique 308 à un dissipateur thermique et/ou un système de gestion thermique au niveau du support 310. Dans d'autres modes de réalisation, les ailes 402 peuvent être formées autour d'un, deux, trois ou quatre côtés d'un transducteur. Par exemple, dans certains modes de réalisation, les ailes 402 peuvent être formées seulement le long de deux côtés opposés d'un transducteur, de telle manière que les ailes soient placées sensiblement perpendiculaires aux entailles 312 et 314. Dans de tels modes de réalisation, les ailes 402 s'étendent suivant la direction d'azimut (a) et pas suivant la direction d'élévation (e).

La figure 7 représente des résultats de simulation par ordinateur pour un transducteur ultrasonore utilisé selon des modes de réalisation de la présente technologie. La figure 7 représente les résultats d'une étude de simulation pour un transducteur à groupement linéaire monodimensionnel à 3,5 MHz comprenant trois couches d'adaptation. La couche d'adaptation la plus proche de l'élément piézoélectrique (la première couche d'adaptation) comprend une barre d'aluminium ayant une impédance acoustique de 13,9 MRayl. La deuxième couche d'adaptation comprend une résine époxy chargée ayant une impédance acoustique de 6,127 MRayl. La troisième couche d'adaptation comprend une substance non définie ayant une impédance acoustique de 2,499 MRayl (qui pourrait être un plastique et/ou une résine époxy avec des

charges, telles que des charges de silice, par exemple). Ces impédances acoustiques étant données, la simulation indique que les couches peuvent avoir des épaisseurs respectives de 0,2540 millimètre (barre d'aluminium), 0,1400 millimètre (résine époxy chargée) et 0,1145 millimètre (matériau non défini). La simulation par ordinateur indique que la distance de la couche d'adaptation interne à la couche d'adaptation externe (telle que la distance  $y$  entre les couches d'adaptation 206 et 203 comme représenté sur la figure 2) peut être plus petite que pour les couches d'adaptation de transducteurs classiques, telles que celles représentées sur la figure 1 qui peuvent avoir une épaisseur de couche d'adaptation d'environ  $\frac{1}{4}$  de la longueur d'onde désirée des ondes ultrasonores émises à la fréquence de résonance. Ces simulations peuvent utiliser un modèle KLM, un modèle de Mason et/ou une simulation par éléments finis, par exemple, pour déterminer des caractéristiques désirées.

Des études de simulation peuvent être utilisées pour optimiser les caractéristiques de couches d'adaptation de manière à donner une épaisseur minimale aux couches d'adaptation ayant une impédance acoustique et une conductivité thermique désirées, ce qui permet de réaliser plus efficacement des opérations de coupe.

La figure 8 est un graphe 800 représentant des résultats expérimentaux de mesures de température à la surface de la lentille pour un transducteur classique et un transducteur construit selon un mode de réalisation de la présente technologie. Le graphe représente la température à la surface de la lentille en fonction du temps. Les mesures de température pour le transducteur classique sont indiquées par une ligne 802 et les mesures de température pour le transducteur construit selon un mode de réalisation de la présente technologie sont indiquées par une ligne 804. Durant l'expérience, les deux transducteurs étaient connectés à un système ultrasonore dans les mêmes conditions et avec les mêmes réglages. Le transducteur construit selon un mode de réalisation de la présente technologie a maintenu une température à la surface de la lentille qui était inférieure d'environ 3 à 4 degrés Celsius à celle du transducteur classique sur une période de 40 minutes.

Dans certains modes de réalisation, les techniques décrites dans la présente peuvent être appliquées relativement à des transducteurs à groupement linéaire monodimensionnel, des transducteurs bidimensionnels et/ou des transducteurs à groupement annulaire. Dans  
5 certains modes de réalisation, les techniques décrites dans la présente peuvent être appliquées relativement à un transducteur de n'importe quelle forme géométrique.

L'application des techniques décrites dans la présente peut offrir un effet technique d'amélioration de propriétés acoustiques et/ou de  
10 caractéristiques thermiques. Par exemple, diriger la chaleur à l'opposé d'une lentille du transducteur peut permettre d'utiliser le transducteur à des niveaux de puissance accrus, ce qui améliore la qualité du signal et la qualité d'image.

Les inventions décrites dans la présente s'étendent non seulement  
15 aux transducteurs décrits dans la présente, mais également à des procédés de fabrication de ces transducteurs.

Bien que les inventions aient été décrites à propos de certains modes de réalisation, les personnes compétentes dans l'art comprendront qu'il est possible d'apporter diverses modifications et d'effectuer divers  
20 remplacements par des équivalents sans sortir de la portée des inventions. De plus, il est possible d'apporter de nombreuses modifications pour adapter une situation particulière ou un matériau particulier aux enseignements des inventions sans sortir de leur portée. Les inventions ne sont donc pas destinées à être limitées aux modes de  
25 réalisation particuliers décrits.



### Liste des composants

	100	Transducteur ultrasonore
	102	Lentille
5	104	Couche d'adaptation d'impédance
	106	Couche d'adaptation d'impédance
	108	Élément piézoélectrique
	110	Support
	112	Ondes ultrasonores émises et reçues au niveau du transducteur
10	200	Transducteur ultrasonore
	203	Couche d'adaptation d'impédance
	204	Couche d'adaptation d'impédance
	205	Couche d'adaptation d'impédance
	206	Couche d'adaptation d'impédance
15	300	Transducteur ultrasonore
	303	Couche d'adaptation d'impédance
	304	Couche d'adaptation d'impédance
	305	Couche d'adaptation d'impédance
	308	Élément piézoélectrique
20	310	Support
	312	Entailles majeures
	314	Entailles mineures
	400	Transducteur ultrasonore
	401	Couche d'adaptation d'impédance
25	402	Ailes
	403	Encoches
	500	Transducteur ultrasonore
	501	Couche d'adaptation d'impédance
	502	Feuilles
30	600	Transducteur ultrasonore
	800	Graphe
	802	Ligne
	804	Ligne
Fig. 2B		Tableau de propriétés de couches d'adaptation

Fig. 7 Résultats de simulation par ordinateur pour un transducteur ultrasonore

Fig. 8 Graphe représentant des résultats expérimentaux de mesures de température à la surface de la lentille

## REVENDICATIONS

1. Transducteur ultrasonore comprenant:

un support (110, 310);

5 un élément piézoélectrique (108, 308) fixé au support (110, 310), l'élément piézoélectrique (108, 308) étant configuré pour convertir des signaux électriques en ondes ultrasonores à émettre vers une cible, l'élément piézoélectrique (108, 308) étant configuré pour convertir des ondes ultrasonores reçues en signaux électriques;

10 une première couche d'adaptation (206, 305, 401, 501) fixée à l'élément piézoélectrique (108, 308), la première couche d'adaptation (206, 305, 401, 501) ayant une première impédance acoustique et une conductivité thermique supérieure à environ 30 W/mK; et

15 une deuxième couche d'adaptation (205, 304) fixée à la première couche d'adaptation (206, 305, 401, 501), la deuxième couche d'adaptation (205, 304) ayant une deuxième impédance acoustique qui est inférieure à la première impédance acoustique.

2. Transducteur ultrasonore selon la revendication 1, dans lequel la première impédance acoustique est d'environ 10-20 MRayl.

20 3. Transducteur ultrasonore selon la revendication 1, comprenant en outre:

une troisième couche d'adaptation (204, 303) fixée à la deuxième couche d'adaptation (205, 304), la troisième couche d'adaptation (204, 303) ayant une troisième impédance acoustique qui est inférieure à la deuxième impédance acoustique.

25 4. Transducteur ultrasonore selon la revendication 1, dans lequel la première couche d'adaptation (206, 305, 401, 501) comprend une aile (402) configurée pour s'étendre au-delà d'une extrémité de l'élément piézoélectrique (108, 308) jusqu'au support (110, 310), l'aile (402) étant configurée pour conduire la chaleur de l'élément piézoélectrique (108, 308) au support (110, 310).  
30

5. Transducteur ultrasonore selon la revendication 4, dans lequel l'élément piézoélectrique (108, 308) comprend une pluralité

d'entailles (312, 314), et dans lequel l'aile (402) est placée sensiblement parallèle aux entailles (312, 314).

5 6. Transducteur ultrasonore selon la revendication 1, dans lequel la première couche d'adaptation (206, 305, 401, 501) comprend une partie configurée pour s'étendre au-delà d'une extrémité de l'élément piézoélectrique (108, 308), la partie étant reliée à une feuille thermoconductrice (502) configurée pour s'étendre jusqu'au support (110, 310), la partie et la feuille (502) étant configurées pour conduire la chaleur de l'élément piézoélectrique (108, 308) au support (110, 10 310).

7. Procédé de fabrication d'un transducteur ultrasonore, consistant à:

fixer un support (110, 310) à un élément piézoélectrique (108, 308), l'élément piézoélectrique (108, 308) étant configuré pour 15 convertir des signaux électriques en ondes ultrasonores à émettre vers une cible, l'élément piézoélectrique (108, 308) étant configuré pour convertir des ondes ultrasonores reçues en signaux électriques;

fixer une première couche d'adaptation (206, 305, 401, 501) à l'élément piézoélectrique (108, 308), la première couche d'adaptation (206, 305, 401, 501) ayant une première impédance acoustique et une 20 conductivité thermique supérieure à environ 30 W/mK; et

fixer une deuxième couche d'adaptation (205, 304) à la première couche d'adaptation (206, 305, 401, 501), la deuxième couche d'adaptation (205, 304) ayant une deuxième impédance 25 acoustique qui est inférieure à la première impédance acoustique.

8. Procédé selon la revendication 7, dans lequel la première couche d'adaptation (206, 305, 401, 501) comprend une aile (402) configurée pour s'étendre au-delà d'une extrémité de l'élément piézoélectrique (108, 308), le procédé consistant en outre à:

30 découper une pluralité d'encoches (403) sur une surface de l'aile (402); et

replier l'aile (402) à l'opposé des encoches (403) de telle manière que l'aile (402) s'étende au-delà de l'extrémité de l'élément piézoélectrique (108, 308) jusqu'au support (110, 310), l'aile (402)

étant configurée pour conduire la chaleur de l'élément piézoélectrique (108, 308) au support (110, 310).

5 9. Procédé selon la revendication 7, dans lequel la première couche d'adaptation (206, 305, 401, 501) comprend une partie configurée pour s'étendre au-delà d'une extrémité de l'élément piézoélectrique (108, 308), le procédé consistant en outre à:

10 relier la partie à une feuille thermoconductrice (502) configurée pour s'étendre jusqu'au support (110, 310), la partie et la feuille (502) étant configurées pour conduire la chaleur de l'élément piézoélectrique (108, 308) au support (110, 310).

10. Transducteur ultrasonore comprenant:

un support (110, 310);

15 un élément piézoélectrique (108, 308) fixé au support (110, 310), l'élément piézoélectrique (108, 308) étant configuré pour convertir des signaux électriques en ondes ultrasonores à émettre vers une cible, l'élément piézoélectrique (108, 308) étant configuré pour convertir des ondes ultrasonores reçues en signaux électriques;

une lentille (102); et

20 une couche d'adaptation (206, 305, 401, 501) placée entre l'élément piézoélectrique (108, 308) et la lentille (102), la couche d'adaptation (206, 305, 401, 501) étant configurée pour conduire la chaleur de l'élément piézoélectrique (108, 308) au support (110, 310).

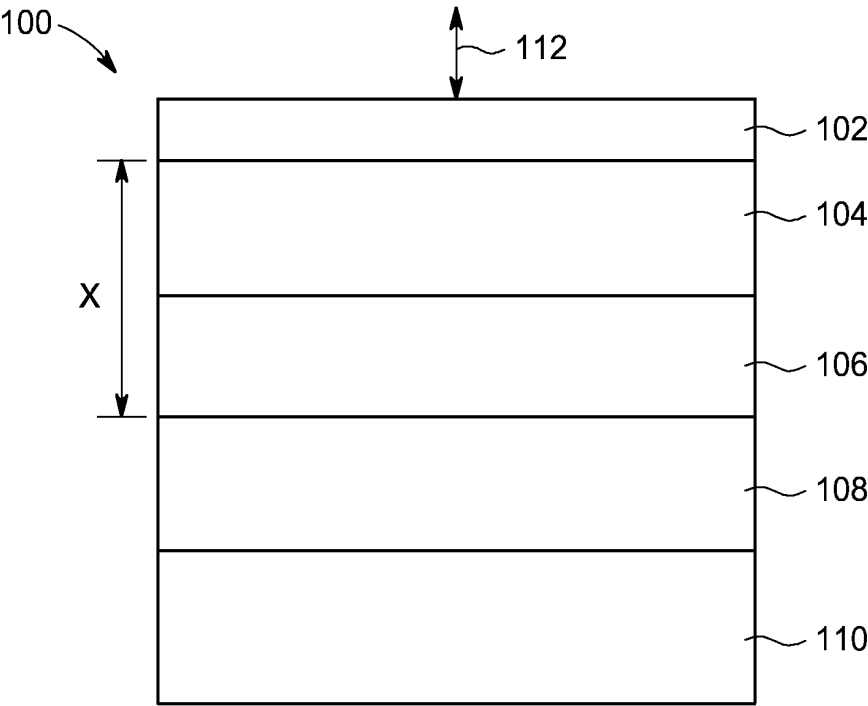


FIG. 1  
ART ANTERIEUR

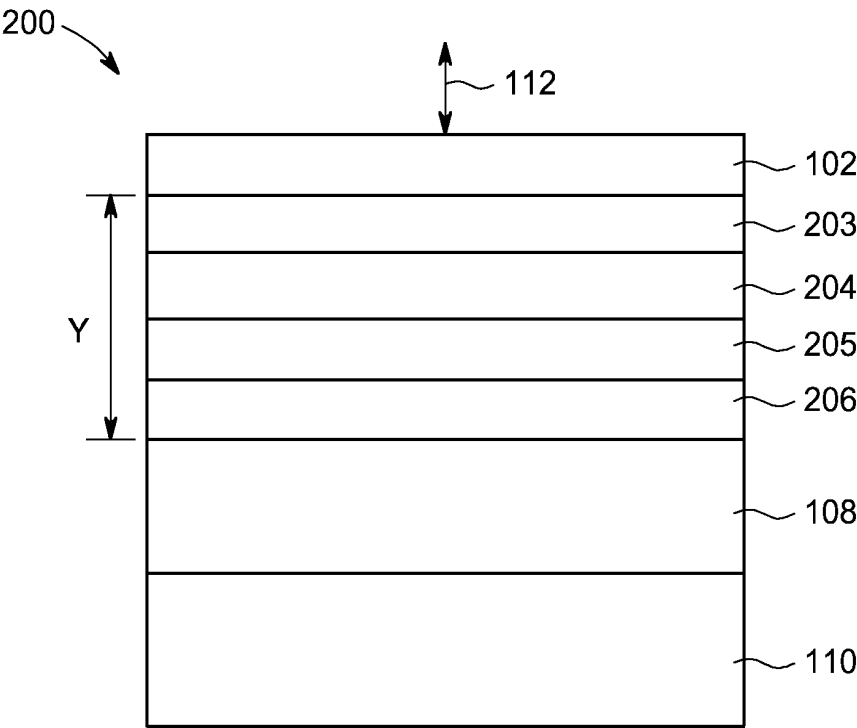


FIG. 2A

Couche d'adaptation	Impédance acoustique (MRayl)	Epaisseur en fonction de la longueur d'onde $\lambda$	Conductivité thermique (W/mK)
203	Environ 1,5 - 3	<Environ 0,25 $\lambda$	Environ 0,5 - 50
204	Environ 2 - 8	<Environ 0,25 $\lambda$	Environ 0,5 - 50
205	Environ 5 - 15	<Environ 0,25 $\lambda$	Environ 1 - 300
206	Environ 10 - 20	<Environ 0,22 $\lambda$	<Environ 30

FIG. 2B

3/7

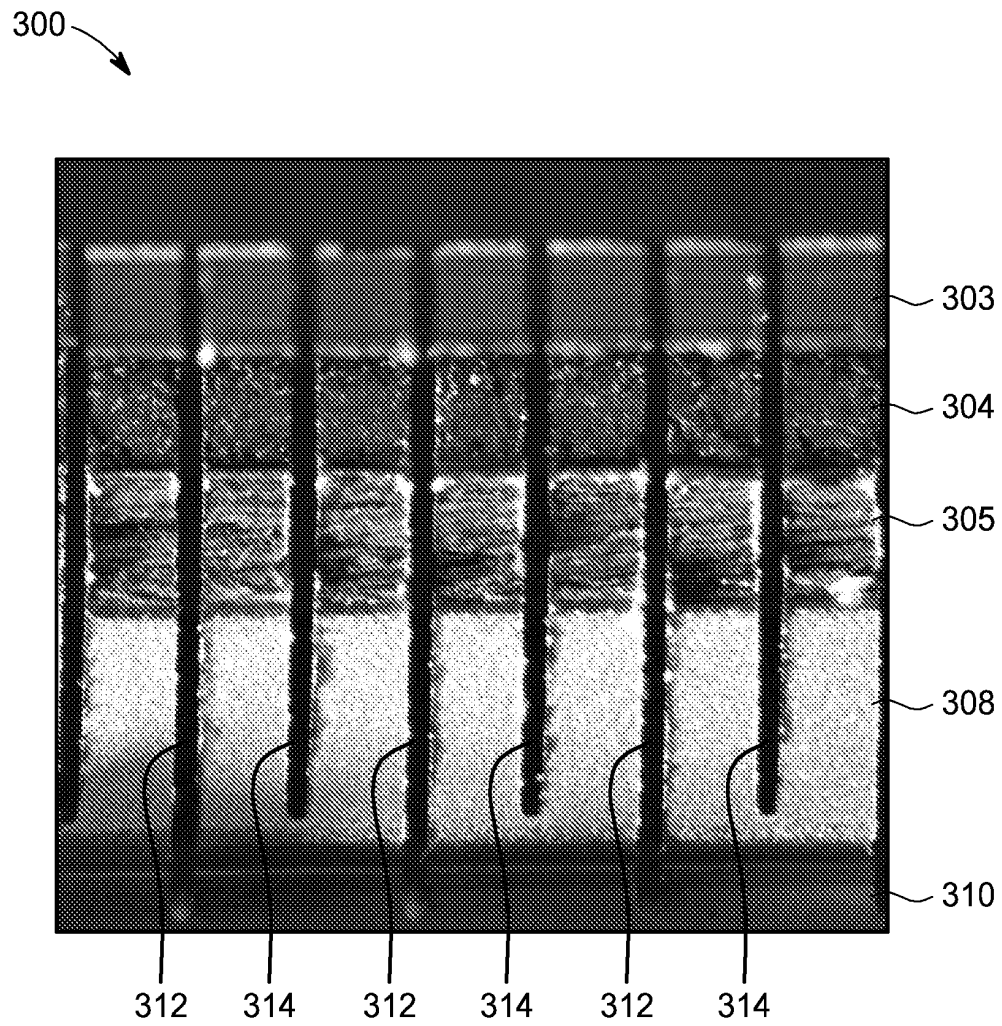


FIG. 3



4/7

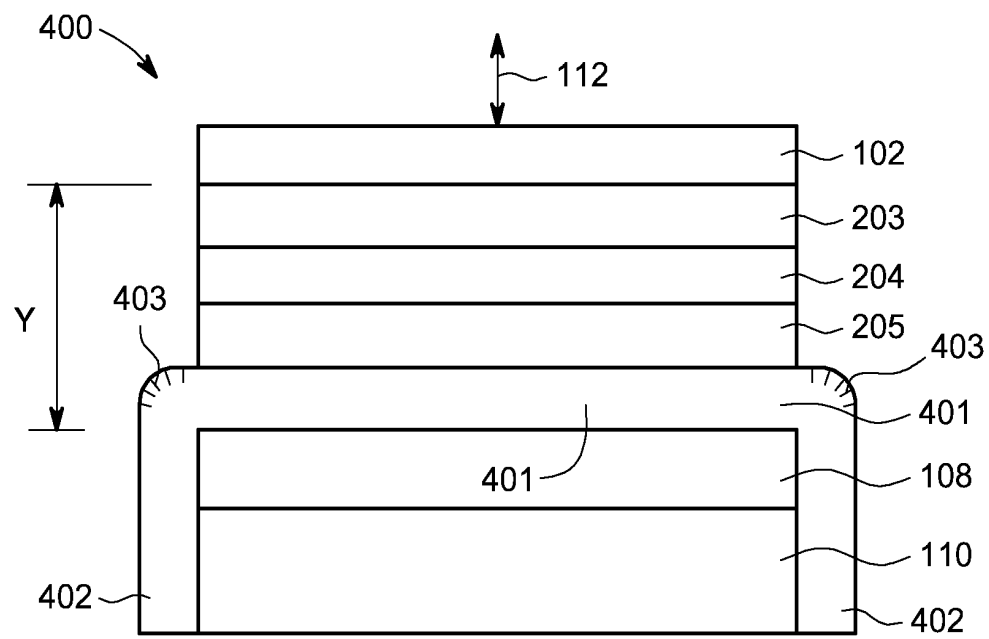


FIG. 4

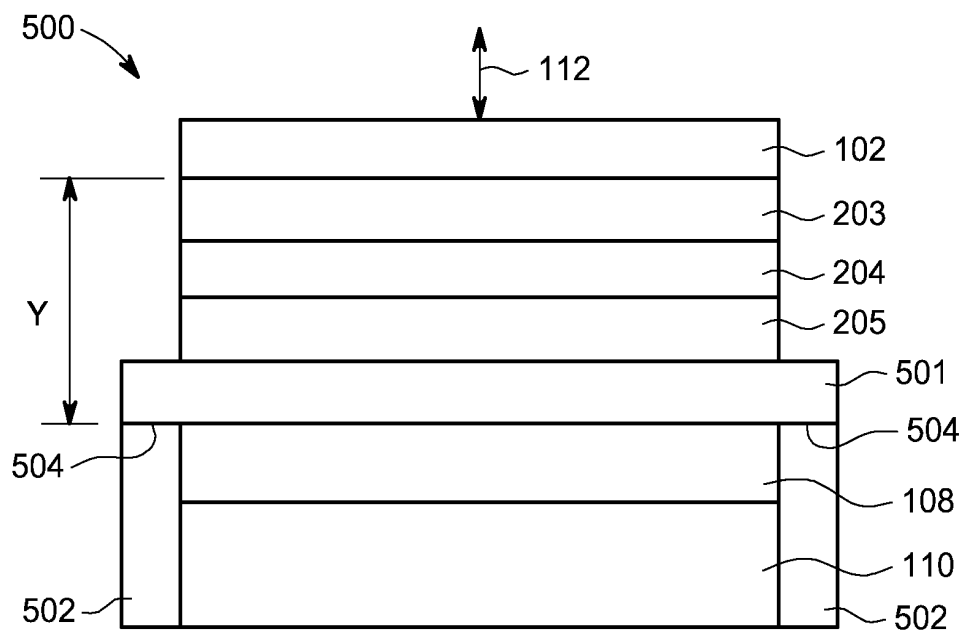


FIG. 5

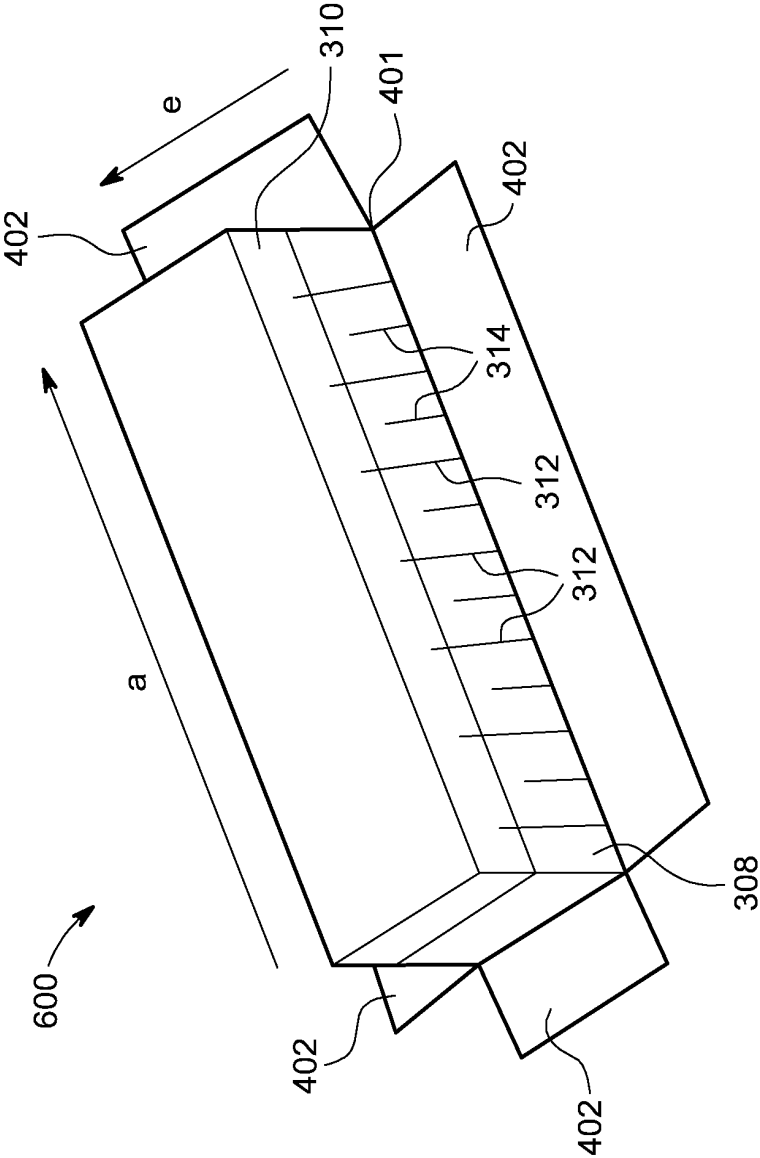
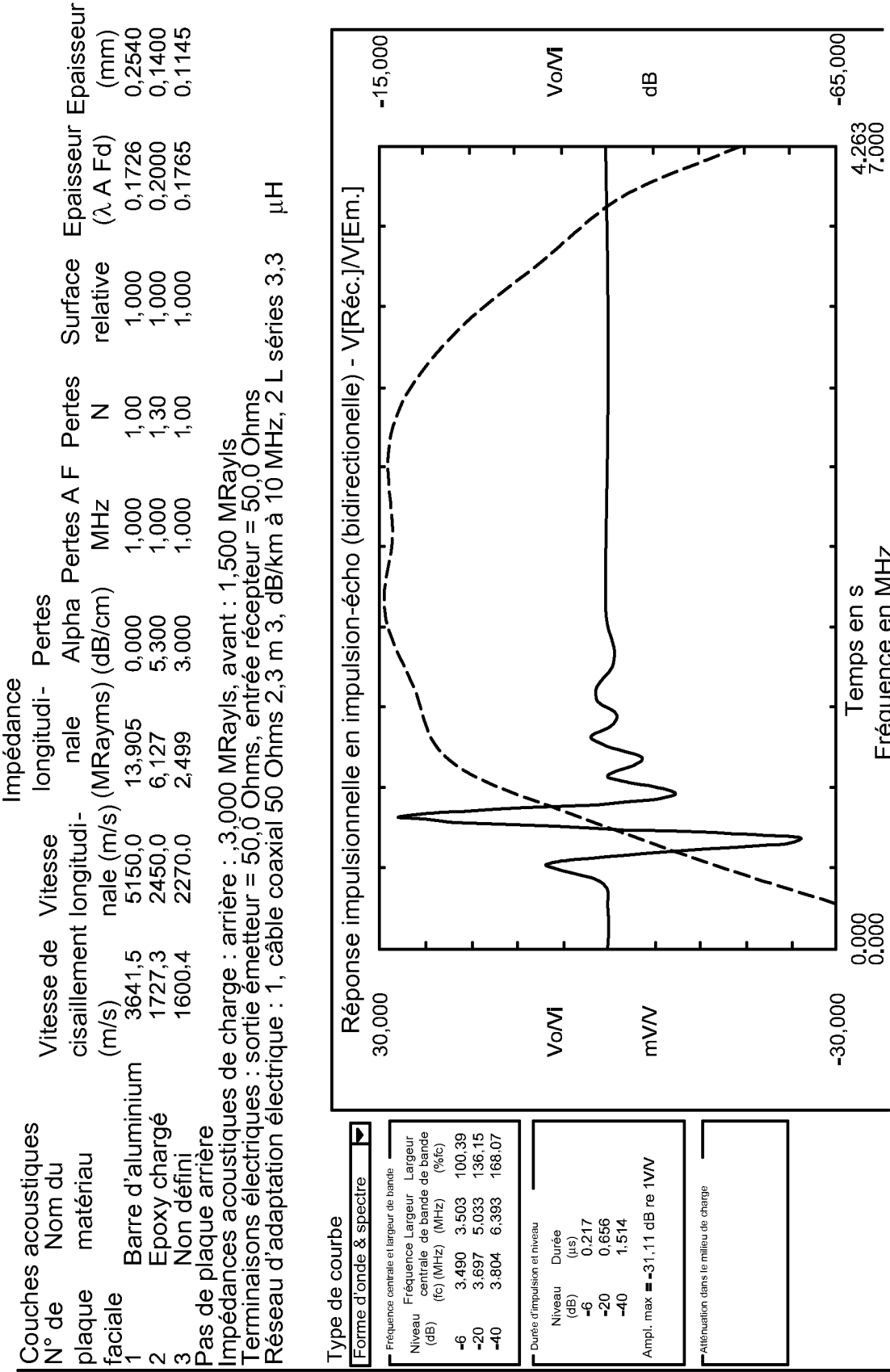


FIG. 6



Réponse impulsionnelle en impulsion-écho (bidirectionnelle) - V[Réc.]/V[Em.]

30,000

-30,000

VoM

mV/V

VoM

dB

0,000

4,263

7,000

Temps en s

Fréquence en MHz

FIG. 7

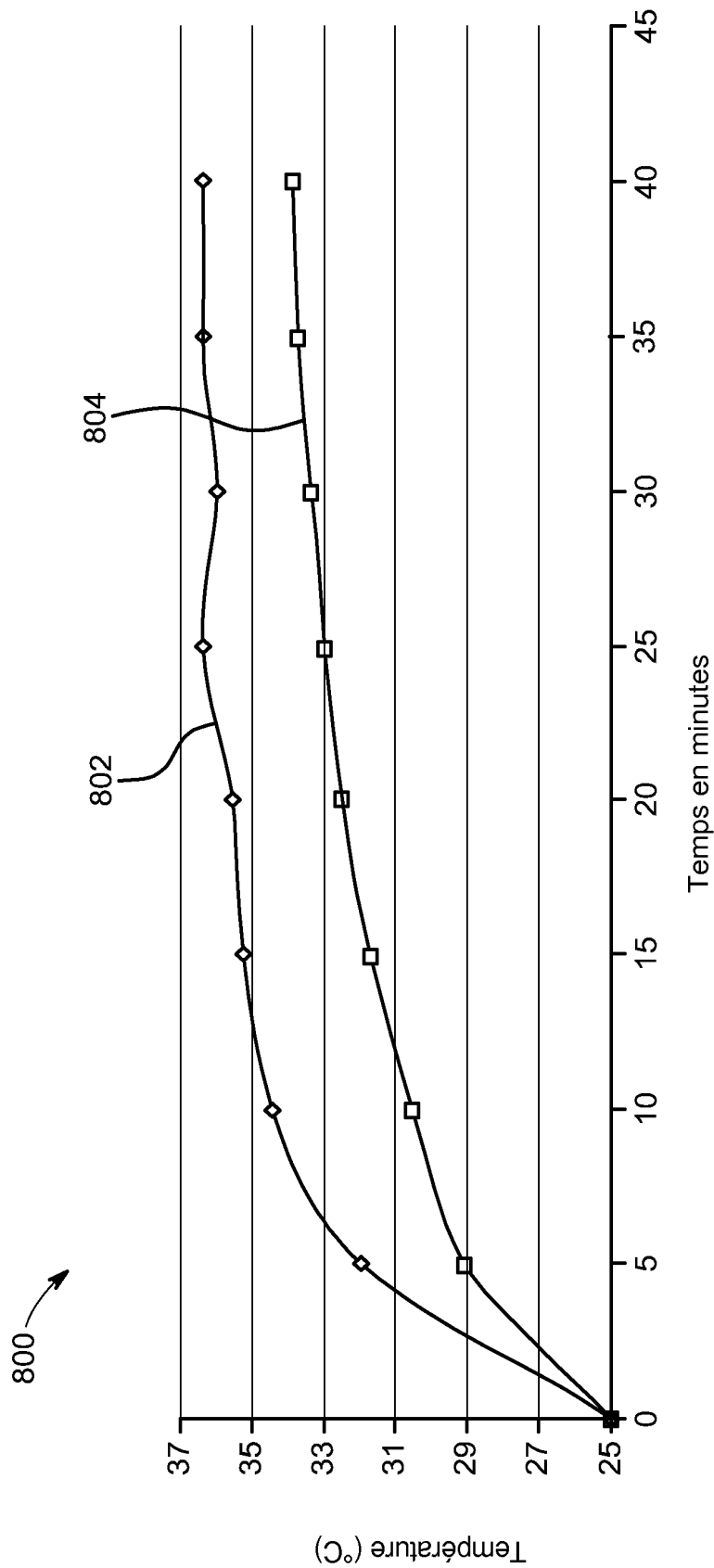


FIG. 8