(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) Veröffentlichungsnummer: **0 154 706**
B1

(12) # EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag der Patentschrifft: **21.03.90**

(51) Int. Cl. [5]: **G 10 K 11/02**, H 04 R 17/10

(21) Anmeldenummer: **84115390.1**

(22) Anmeldetag: **13.12.84**

(54) **Piezoelektrischer Luft-Ultraschallwandler mit Breitbandcharakteristik.**

(30) Priorität: **16.03.84 DE 3409789**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
18.09.85 Patentblatt 85/38

(45) Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
21.03.90 Patentblatt 90/12

(84) Bennante Vertragsstaaten:
CH DE FR GB IT LI SE

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A-2 842 086
US-A-2 829 361
US-A-3 353 150
US-A-3 907 062

NAVY TECHNICAL DISCLOSURE BULLETIN, Band 5, Nr. 1, Januar 1980, Seiten 3-6, Arlington, US; G.R. DOUGLAS et al.: "Improved sonar transducer element"

(73) Patentinhaber: **Siemens Aktiengesellschaft**
Wittelsbacherplatz 2
D-8000 München 2 (DE)

(72) Erfinder: **Kleinschmidt, Peter, Dipl.-Phys**
Klagenfurter Str. 12
D-8000 München 80 (DE)
Erfinder: **Magori, Valentin, Dipl.-Phys.**
Limburgstrasse 17
D-8000 München 90 (DE)

EP 0 154 706 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

LIBERGRAF, STOCKHOLM 1990

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf einen piezoelektrischen Wandler, wie er im Oberbegriff des Patentanspruchs 1 angegeben ist.

Aus dem Stand der Technik ist es bekannt, piezoelektrische Wandler als Sendewandler und/oder Empfangswandler für Luft-Ultraschall zu verwenden. Hinsichtlich des Ultraschall-Ausbreitungsmediums Luft ergeben sich dabei wesentliche Probleme, weil alle für die elektromechanische Erzeugung bzw. mechanisch-elektrische Umwandlung aktiven Materialien, wie z. B. Piezokeramik, Quarz und dgl., vergleichsweise zu Luft extrem unterschiedliche Werte des akustischen Wellenwiderstands, d.h. der Schallkenn-Impedanz, haben, und somit die akustische Anpassung an Luft außerordentlich schlecht ist. Um dieses Problem zu beheben, hat man einerseits Wandler mit besonders hoher Schwinggüte erzeugt, die außerordentlich große Schwingungsamplituden ausführen und somit noch ausreichende Energie in das Luft-Ultraschallfeld übertragen können. Ein anderer beschrittener Weg ist der eines Folienwandlers, z. B. eines Kondensatormikrophons. Durch die geringe Masse derartiger Folienmembranen kann eine gute Anpassung ad die Schallkenn-Impedanz der Luft erreicht werden, jedoch sind solche Wandler außerordentlich empfindlich gegen mechanische Beschädigung, so daß die Möglichkeit ihres industriellen Einsatzes zumindest sehr eingeschränkt ist.

Ein Ultraschallwandler, der der vorliegenden Erfindung zugrundeliegenden Aufgabe bereits zu einem gewissen, jedoch noch nicht optimalen Maße gerecht wird, ist in der DE-OS-2 842 086 beschrieben. Es handelt sich dort um einen elektroakustischen Wandler, der die Merkmale des Oberbegriffes des Patentanspruchs 1 der vorliegenden Erfindung aufweist. Die piezokeramischen Lamellen dieses Wandlers sind in vergleichsweise zu ihrer Lamellendicke erheblich größeren Abständen voneinander angeordnet und ihre jeweils in die eine Richtung weisenden Enden sind mit einer Platte verbunden, die als Abstrahlfläche bzw. Empfangsplatte für auszusendenden bzw. für zu empfangenden Ultraschall dient. Mit Hilfe der anzuregenden piezokeramischen Lamellen dieses bekannten Wandlers kann diese Platte in konphase Schwingungsbewegung (Kolbenhubbewegung) versetzt werden, wobei im übrigen für die Lamellen zur elektrischen Anpassungsvariation Parallel- und/oder Reihenschaltung einzelner oder aller Lamellen vorgesehen ist.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, einen piezoelektrischen Wandler etwa nach der Art eines solchen der DE-OS-2 842 086 dahingehend zu verbessern, daß noch höhere mechanische Robustheit des Wandlers für insbesondere industrielle Anwendung erzielt ist und daß technologisch vereinfachte Herstellung möglich ist.

Diese Aufgabe wird mit einem piezoelektrischen Wandler gelöst, der die Merkmale des Patentanspruchs 1 aufweist.

Grundgedanke der vorliegenden Erfindung ist, einen Wandler nach dem Prinzip der obengenannten DE-OS so abzuändern und aufzubauen, daß eine möglichst einfache Herstellung, vorzugsweise Sandwich-Technologie anwendbar ist und daß insbesondere die spezielle Anbringung einer Abstrahl- bzw. Empfängerplatte sich erübrigt, und zwar ohne daß Nachteile oder gar Verschlechterungen hinsichtlich des akustischen Verhaltens in Kauf zu nehmen sind. Bei einem diesem Prinzip entsprechenden erfindungsgemäßen piezoelektrischen Luft-Ultraschallwandler sind die vergleichsweise zur Abmessung der Lamellendicke erheblichen Zwischenräume zwischen diesen Lamellen aus aktiver Piezokeramik mit einem piezoelektrisch inaktiven, Formstabilität gewährleistenden Material ausgefüllt. Insbesondere ist dieses Ausfüllen in der Weise erzielt, daß in einem Sandwich-Schichtaufbau zunächst jeweils miteinander abwechselnd die Folien bzw. Plättchen des Füllmaterials und die an sich bekanntermaßen verwendeten piezokeramischen Lamellen aufeinandergeschichtet und miteinander zu einem einstückigen Körper fest verbunden sind. Diese Verbindung ist so fest, daß sogar eine nachträgliche, formgebende Verarbeitung durchführbar ist, nämlich z. B. eine bevorzugte Fläche dieses im Regelfall quaderförmigen Körpers durch Schleifen oder andere Art eine Abtragung zu glätten. Eine (solche) Fläche des Sandwich-Körpers kann nämlich direkt als Abstrahl- oder Empfangsfläche des Wandlers dienen.

Für das erwähnte formstabile, die Zwischenräume ausfüllende Material ist ein solches vorzusehen, dessen Schallkenn-Impedanz $Z = \sqrt{E/\rho}$ [N · s/m^3] um wenigstens etwa einen Faktor 8 kleiner ist als die betreffende Schallkenn-Impedanz des piezokeramischen Materials der Lamellen. Außerdem muß dieses Material des weiteren die davon unabhängige Bedingung erfüllen, daß der Wert der internen mechanischen Dämpfung des Materials so hoch ist, daß dessen mechanischer Gütewert Q_m kleiner als etwa 20 ist.

Als für dieses formstabile Material in Frage kommende Stoffe sind insbesondere Polyurethanschaum, Silicongummi, Polyäthylen, Polystyrolschaum und dgl. zu empfehlen. Dabei gibt es für die Auswahl unter diesen Stoffen noch weitere für die Erfindung interessante Gesichtspunkte. Die Verwendung von Polyäthylen, z. B. in Folien- oder Plättchenform für einen wie oben erwähnten Schichtaufbau ist wegen der thermoplastischen Eigenschaft des Polyäthylens von großem Interesse. Ein solcher Sandwich-Aufbau kann durch Erwärmung und ggf. leichten Druck in einfacher Weise zu einem einzigen Körper verfestigt werden. Im kalten Zustand kann dann sogar in einfacher Weise die erwähnte Abstrahlfläche präpariert werden. Mit Rücksicht darauf, daß die Keramiklamellen relativ dünn vergleichsweise zu den Abständen, d.h. vergleichsweise zur Dicke der zu verwendenden Polyäthylenfolien bzw. -plättchen ist, ergibt sich ein die einzelnen Lamellen allseitig umschließender feuchtigkeitsdichter

Abschluß, da die dünnen piezokeramischen Lamellen ohne weiteres in das Polyäthylen eingebettet werden können. Die Verwendung von Silicongummi ist in anderer Hinsicht günstig, da mit diesem Material ein Vergießen des Lamellenaufbaus in einfacher Weise durchzuführen ist. Polyurethan- bzw. Polystyrolschaum kann vorteilhaft durch Verkleben mit den piezokeramischen Lamellen verbunden werden. Diese Schäume sind für eine erfindungsgemäße Ausführungsform aus dem Grunde besonders vorteilhaft, weil ein solcher Schaum einerseits hohe Formstabilität besitzt, andererseits aber eine besonders niedrigen akustischen Wellenwiderstand begünstigende geringe Masse hat. Auch Polyurethanschaum bzw. Polystyrolschaum läßt sich oberflächlich gut zu einer Abstrahl- bzw. Empfangsfläche des die piezokeramischen Lamellen enthaltenden Wandlerkörpers bearbeiten.

Insbesondere dann, wenn ein Sandwich-Aufbau eines erfindungsgemäßen piezoelektrischen Wandlers unter Verwendung von Plättchen des die Zwischenräume ausfüllenden Materials durchgeführt wird, können auch (z. B. über den Schaumaufbau des Materials hinausgehend zusätzliche) Hohlräume im Material dieser Zwischenräume vorgesehen sein, z. B. können diese Plättchen Löcher oder wenigstens Vertiefungen in ihrer Oberfläche aufweisen, die im zusammengesetzten Gesamtkörper schließlich innere Hohlräume sind.

Für die Abstrahl- bzw. Empfangsfläche des Wandlerkörpers kann eine zusätzliche Auflage vorgesehen sein, insbesondere aus vergleichsweise härterem Material, das z. B. größere Biegesteifigkeit hat. Mit einer solchen Zusatzauflage kann für den Bereich der Abstrahl- bzw. Empfangsfläche des Körpers eine Querkopplung vorgesehen werden, die höher als die innere Querkopplung des Verbundkörpers des Wandlers ist.

Ein erfindungsgemäßer Wandler ist nicht lediglich als eine Vielzahl mechanisch parallel geschalteter Einzelwandler zu betrachten, wie dies z. B. bei einem Kristallmikrophon nach Radio Mentor Bd. 5 (1950) S. 236 - 238, insbesondere Figur 2, oder nach der DE-OS-3 040 563.1 der Fall ist. Diese beiden erwähnten Wandler bestehen aus einzelnen Lamellen, die möglichst dicht nahe beieinander bzw. aufeinander angeordnet sind. Insbesondere bei dem Kristallmikrophon nach Radio Mentor, Figur 2 besitzt nämlich das aus dicht aufeinanderliegenden Kristallplatten bestehende Paket eine große Querkopplung, die sich nachteilig auf die gewünschte piezoelektrische Effektivität auswirkt. Für ein Kraftelement nach der obengenannten DE-OS ist ein nur geringer Abstand zwischen den Lamellen vorgesehen. Bei der Erfindung muß, um das aufgabengemäße Ziel zu erreichen, ein vergleichsweise zur Lamellendicke wesentlich größerer Abstand der Lamellen voneinander vorhanden sein.

Weitere Erläuterungen der Erfindung gehen aus der nachfolgenden, anhand der Figuren gegebenen Detailbeschreibung hervor.

Die Figuren 1 und 2 zeigen in zwei Seitenansichten ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Wandlers. Mit 2 sind die drei dargestellten Lamellen aus Piezokeramik bezeichnet. Wie ersichtlich, haben die einzelnen Lamellen 2 vergleichsweise zu ihrer Dicke (vorzugsweise 0,08 bis 0,3 mm) wenigstens 4-fach größere Abstände (vorzugsweise 0,5 bis 2,5 mm) voneinander. Mit 3 ist auf das die zwischen den Lamellen 2 vorhandenen Zwischenräume ausfüllende formstabile Material, z. B. Polyäthylen, bezeichnet. Mit den Strichen 31 ist in der Figur 1 angedeutet, daß dieses Polyäthylen 3 ursprünglich ein jeweiliges Plättchen war, die zusammen mit den Lamellen 2 in Sandwich-Bauweise zusammengesetzt und dann thermoplastisch miteinander heiß verklebt worden sind. An der Stelle der dargestellten Striche 31 ist beim fertigen Wandler 1 eine Klebverbindung vorhanden. Wird jedoch ein Verguß, z. B. mit Silicongummi, angewendet, sind die Keramiklamellen 2 allseitig, und zwar schon von Anfang an, in das Material 3 eingebettet. Aufgrund des thermoplastischen Verhaltens des Polyäthylens sind die Lamellen 2 in die jeweilige Oberfläche eines Polyäthylenplättchens 3 eingebettet.

Mit 4 sind Elektrodenbelegungen der Oberflächen der Lamellen 2 bezeichnet. Die zu diesen Elektrodenbelegungen 4 führenden Anschlußleitungen sind in den Figuren 1 und 2 weggelassen.

Die Seitenansicht der Figur 2 läßt zwei Keramiklamellen 2 und 21 erkennen, die nebeneinander angeordnet sind. Die zweite Lamelle 21 ist in der Figur 1 nicht zu erkennen, da sie hinter einer jeweiligen Lamelle 2 liegt. Je nach spezieller Verwendung eines erfindungsgemäßen Wandlers kann eine solche Anordnung mit jeweils zwei nebeneinanderliegenden Lamellen 2 und 21 von Vorteil sein. Für andere Fälle sind Ausführungsformen zu bevorzugen, bei denen die dargestellten Lamellen 2 und 21 eine jeweils einzige, durchgehende Lamelle ist. Eine wie in Figur 2 dargestellte Unterteilung führt insbesondere dazu, daß in Richtung der jeweils nebeneinanderstehenden Lamellen 2 und 21 (d.h. in waagerechter, in der Darstellungsebene der Figur 2 liegender Richtung) eine wesentlich geringere Querkopplung für den ganzen Wandler 1 auftritt, vergleichsweise zu dem Fall, daß die beiden dargestellten Lamellen 2 und 21 jeweils eine einzige durchgehende Lamelle ist. Diese Aufteilung führt somit zu einer Verringerung einer Querkopplung, wie sie durch die mit Abständen versehene Anordnung jeweils einzelner Lamellen 2 hinsichtlich der Richtung a in Figur 1 erreicht ist.

Mit 5 ist eine wahlweise vorzusehende Zusatzauflage bezeichnet. Eine solche Zusatzauflage kann insbesondere dann besondere Vorteile bieten, wenn als Material 3 ein Schaumstoff verwendet wird. Durch eine solche Zusatzauflage 5 erhält man eine dichtere Oberfläche. Bei einem Schaumstoff kann man sogar vorteilhafterweise diese Zusatzauflage als integralen Bestandteil des Schaummaterials realisieren, d.h. man verdichtet das Schaummaterial an der betreffenden Oberfläche. Eine solche Zusatzauflage bzw.

oberflächliche Verdichtung des Materials 3 kann sogar notwendig sein, um eine Erhöhung der mechanischen Widerstandsfähigkeit der Fläche des Wandlers 1 zu erreichen, die als Schall-Abstrahl- und/oder -Empfangsfläche im späteren Betrieb verwendet werden soll. Mit den Pfeilen 6 ist auf eine derartige Schallabstrahlung hingewiesen. Es kann aber auch eine Schallabstrahlung 16 von der entsprechenden Fläche des Wandlers 1 vorgesehen sein. Soll eine wie mit 16 angedeutete Schallabstrahlung (oder Schallempfang) vorgesehen sein, empfiehlt es sich meistenteils, keine wie in Figur 2 dargestellte Aufteilung in Lamellen 2 und 21 vorzusehen.

Figur 3 zeigt (vergleichsweise zu den Figuren 1 und 2) eine Aufsicht, und zwar in vergrößertem Maßstab. Diese Figur 3 dient in erster Linie dazu, eine spezielle Elektrodenanordnung, und zwar dargestellt an einer einzigen Lamelle 2, zu zeigen. 41 und 141 sind wie ersichtlich unterteilte Elektrodenbelegungen der einen Oberfläche der Lamelle 2. 42, 142 und 242 sind entsprechende unterteilte Elektrodenbelegungen der gegenüberliegenden Oberfläche der Lamelle 2. In zur Darstellungsebene der Figur 3 senkrechter Richtung sind diese Elektrodenbelegungen 41 bis 242 im Regelfall streifenförmig. Die Elektrodenaufteilung der Figur 3 dient zur Vergrößerung der elektrischen Anpassungsimpedanz bzw. dazu, eine höhere elektrische Spannung, z. B. im Empfangsbetrieb, zu erreichen. Mit 50 ist auf die Folge der relativen Polarisationsausrichtungen in der Lamelle (in Richtung ihrer Dicke) hingewiesen. Wie ersichtlich sind die einzelnen durch die dargestellte Elektrodenaufteilung gegebenen Bereiche elektrisch hintereinandergeschaltet.

Für den Betrieb eines erfindungsgemäßen Wandlers, der eine Vielzahl derartiger Lamellen 2 (und ggf. auch Lamellen 21) besitzt, kann für den Sendebetrieb und für den Empfangsbetrieb unterschiedliche Zusammenschaltung vorgesehen sein. Zum Beispiel kann es günstig sein, für den Sendebetrieb alle Lamellen elektrisch parallel zu schalten (es wird relativ niedrige Anregungsspannung benötigt) und für den Empfang alle, oder wenigstens jeweils eine gewisse Anzahl, Lamellen 2 in Reihe zu schalten (ergibt hohe elektrische Empfangsspannung).

Figur 4 zeigt eine im wesentlichen lediglich schematische, perspektivische Darstellung eines erfindungsgemäßen Wandlers mit Lamellen 2 und dem die Zwischenräume ausfüllenden Material 3. Lediglich angedeutet ist in Figur 4 die Möglichkeit, daß Lamellen (siehe Figur 2) in einzelne Lamellen 2, 21, 121 (zur Verminderung einer Querkopplung in Richtung b) aufgeteilt sind. Es kann auch diejenige Fläche des Wandlers 1 für Schallabstrahlung und/oder -empfang verwendet werden, die eine mit 116 angedeutete Abstrahlrichtung hat. Das als Material 3 beispielsweise verwendete Polyäthylen, das die Lamellen 2 (und 21 und 121) umgibt, kann, wie in Figur 4 dargestellt, weitgehend durchsichtig sein. Mit 51 ist auf einen Satz Anschlußleitungen, die zu der jeweiligen Elektrodenbelegung der einzelnen Lamellen

2, 21, 121 führen, hingewiesen. Übrige jeweils vorzusehende Anschlußleitungen kann der Fachmann nach jeweiliger Wahl angeben.

Zur Übersicht sind nachfolgend bekannte Zahlenbeispiele angegeben:

Piezokeramik	$Z = 2{,}17 \cdot 10^7$	$N \cdot s/cm^3$
Gummi (für Silicongummi)	$1{,}35 \cdot 10^6$	$N \cdot s/cm^3$
Polyäthylen	$1{,}8 \cdot 10^6$	$N \cdot s/cm^3$
Luft	414	$N \cdot s/cm^3$

Patentansprüche

1. Piezoelektrischer Luft-Ultraschallwandler mit keramischen Lamellen, die in Abständen voneinander, in Ebenen parallel zueinander angeordnet sind, wobei die Abstände zwischen benachbarten Lamellen wesentlich größer als die Dickenabmessung der einzelnen Lamellen bemessen sind, *gekennzeichnet dadurch,*

   - daß die durch die Abstände zwischen benachbarten Lamellen (2, 21, 121) gebildeten Zwischenräume mit einem formstabilen Material gefüllt sind das eine Schallkenn-Impedanz $Z = \sqrt{E/\rho}$ [$N \cdot s/m^3$] besitzt, die um wenigstens etwa einen Faktor 8 kleiner als die des piezokeramischen Materials der Lamellen (2, 21, 121) ist und daß eine hohe interne mechanische Dämpfung $1/Q_m$ größer als etwa 0,05 hat und
   - daß das die Zwischenräume ausfüllende Material (3) wenigstens eine geschlossene Fläche des Wandlers (1) für Abstrahlung und/oder Empfang (6, 16, 116) ergibt.

2. Wandler nach Anspruch 1 *gekennzeichnet* dadurch, daß das die Zwischenräume ausfüllende Material (3) wenigstens über jeweils eine Kante der einzelnen Lamellen (2, 21, 121) herüberreicht, so daß diese Kanten der Lamellen durch das Material (3) gegenüber der äußeren Umgebung abgedeckt sind.

3. Wandler nach Anspruch 1 oder 2, *gekennzeichnet* dadurch, daß sich auf derjenigen Oberfläche des Wandlers (1), die für Abstrahlung und/oder Empfang (6, 16, 116) vorgesehen ist, eine Zusatzauflage (5) befindet.

4. Wandler nach Anspruch 1 oder 2, *gekennzeichnet* dadurch, daß das die Zwischenräume ausfüllende Material (3) im Bereich derjenigen Oberfläche des Wandlers (1), die für Abstrahlung und/oder Empfang (6, 16, 116) vorgesehen ist, so modifiziert ist, daß es ergleichsweise härter ist als das Material (3) in anderen Bereichen des Wandlers (1).

5. Wandler nach einem der Ansprüche 1 bis 4, *gekennzeichnet* dadurch, daß das die Zwischenräume ausfüllende Material im Inneren Hohlräume hat.

6. Wandler nach einem der Ansprüche 1 bis 5, *gekennzeichnet* dadurch, daß in einer jeweiligen Ebene der zueinander parallelen Anordnung der Lamellen jeweils mehrere Lamellen (2, 21, 121) jeweils stirnseitig benachbart angeordnet sind (Fig. 2, Fig. 4).

7. Wandler nach einem der Ansprüche 1 bis 6, *gekennzeichnet* dadurch, daß die Elektrodenbelegung der wenigstens einen Seite einer jeweiligen Lamelle (2 in Fig. 3) in wenigstens zwei separate Elektrodenbelegungen (41, 141; 42, 142, 242) unterteilt ist.

Claims

1. Piezoelectric air-ultrasound transducer with ceramic bars, which are arranged spaced apart in mutually parallel planes, the spacings between neighbouring bars being dimensioned substantially larger than the thickness dimension of the individual bars, characterized in that

- the intermediate spaces formed by the spacings between neighbouring bars (2, 21, 121) are filled with a dimensionally stable material which has an acoustic characteristic impedance $Z = \sqrt{\rho}[N \cdot s/m^3]$ which is less than that of the piezoceramic material of the bars (2, 21, 121) by at least approximately a factor of 8 and which has a high internal mechanical damping $1/Q_m$ greater than approximately 0.05 and
- the material (3) filling the intermediate spaces produces at least one closed surface of the transducer (1) for radiation and/or reception (6, 16, 116).

2. Transducer according to Claim 1, characterized in that the material (3) filling the intermediate spaces extends at least over one edge in each case of the individual bars (2, 21, 121), so that these edges of the bars are covered by the material (3) with respect to the outer surroundings.

3. Transducer according to Claim 1 or 2, characterized in that there is an additional coating (5) on that surface of the transducer (1) which is intended for radiation and/or reception (6, 16, 116).

4. Transducer according to Claim 1 or 2, characterized in that the material (3) filling the intermediate spaces is modified in the region of that surface of the transducer (1) which is intended for radiation and/or reception (6, 16, 116) in such a way that it is comparatively harder than the material (3) in other regions of the transducer (1).

5. Transducer according to one of Claims 1 to 4, characterized in that the material filling the intermediate spaces has cavities inside.

6. Transducer according to one of Claims 1 to 5,

characterized in that, in any particular plane of the mutually parallel arrangement of the bars, there are arranged in each case a plurality of bars (2, 21, 121) end-on in each case (Fig. 2, Fig. 4).

7. Transducer according to one of Claims 1 to 6, characterized in that the electrode assignment of the at least one side of any particular bar (2 in Fig. 3) is subdivided into at least two separate electrode assignments (41, 141; 42, 142, 242).

Revendications

1. Transducteur piézoélectrique ultrasonique à propagation des ultrasons dans l'air, comprenant des lamelles céramiques disposées à distance les unes des autres dans des plans parallèles, les distances entre les lamelles voisines étant nettement plus grandes que l'épaisseur des différentes lamelles, caractérisé en ce que

- les intervalles formés par les distances entre des lamelles (2, 21, 121) voisines sont remplis d'un matériau de forme stable qui possède une impédance sonore caractéristique $Z = \sqrt{E/\rho}$ $[N \cdot s/m^3]$ qui est plus petite d'au moins un facteur de 8 environ que celle du matériau céramique piézoélectrique des lamelles (2, 21, 121) et qui présente un fort amortissement mécanique interne $1/Q_m$ supérieur à environ 0,05, et
- le matériau (3) remplissant les intervalles forme au moins une surface fermée du transducteur (1) pour le rayonnement et/ou la réception (6, 16, 116).

2. Transducteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que le matériau (3) remplissant les intervalles dépasse d'au moins un bord des différentes lamelles (2, 21, 121), de manière que ces bords des lamelles soient recouverts par le matériau (3), vis-à-vis de l'environnement extérieur.

3. Transducteur selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que la surface du transducteur (1) prévue pour le rayonnement et/ou la réception (6, 16, 116) porte un revêtement supplémentaire (5).

4. Transducteur selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que le matériau (3) remplissant les intervalles est modifié dans la région de la surface du transducteur (1) prévue pour le rayonnement et/ou la réception (6, 16, 116) de manière qu'il y soit plus dur que le matériau (3) en d'autres zones du transducteur (1).

5. Transducteur selon une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que le matériau remplissant les intervalles possède des cavités internes.

6. Transducteur selon un des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que plusieurs lamelles (2, 21,

121) sont disposées avec leurs tranches l'une à côté de l'autre dans un plan de la disposition parallèle des lamelles (Fig. 2, Fig. 4).

7. Transducteur selon une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que l'armature-électrode d'au moins un côté d'une lamelle (2 sur la figure 3) est divisée en au moins deux armatures-électrodes (41, 141; 42, 142, 242).

FIG 1

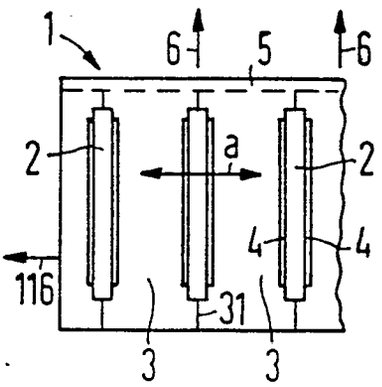


FIG 2

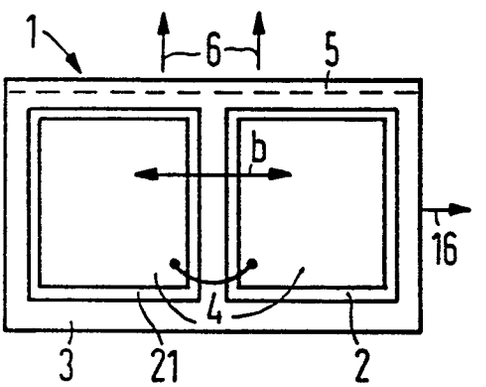


FIG 3

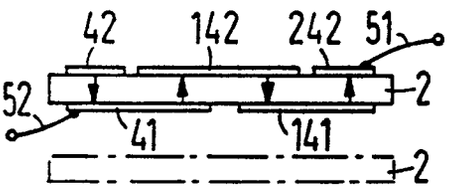


FIG 4

