

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer: **0 425 716 B1**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45)

Veröffentlichungstag der Patentschrift: **19.01.94**

(51)

Int. Cl.⁵: **G10K 11/00**

(21)

Anmeldenummer: **89120138.6**

(22)

Anmeldetag: **30.10.89**

(54)

Ultraschall-Schichtwandler mit astigmatischer Schallkeule.

(43)

Veröffentlichungstag der Anmeldung:
08.05.91 Patentblatt 91/19

(45)

Bekanntmachung des Hinweises auf die
Patenterteilung:
19.01.94 Patentblatt 94/03

(84)

Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT

(56)

Entgegenhaltungen:
DE-C- 896 272
US-A- 3 928 777
US-A- 3 949 348

NAVY TECHNICAL DISCLOSURE BULLETIN,
Band 4, Nr. 4, April 1979, Seiten 25-28, Arling-
ton, US; C.H. JONES et al.: "Sidelobe sup-
pressors"

(73)

Patentinhaber: **SIEMENS AKTIENGESELL-**
SCHAFT
Wittelsbacherplatz 2
D-80333 München(DE)

(72)

Erfinder: **Burger, Hans-Joachim**
Fasanenweg 1
D-8457 Kümmerbruck(DE)
Erfinder: **Thurn, Rudolf, Dipl.-Ing.**
Oberer Markt 10
D-8584 Waldeck(DE)

EP 0 425 716 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents 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).

Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Ultraschall-Schichtwandler mit astigmatischer Schallkeule, der mindestens ein rechteckiges Piezokeramikplättchen aufweist, dessen Vorder- und Rückseite mit einer Schicht belegt sind, wobei die Längsseite des Ultraschall-Schichtwandlers als Schallabstrahlfläche dient und der Ultraschall-Schichtwandler auf der vierten Planarschwingungsmode der Piezokeramikplättchen betrieben wird.

Ultraschall-Schichtwandler der obengenannten Art sind für den Einsatz in breitstrahlenden Näherungssensoren bekannt. Durch den Betrieb auf der vierten Planarschwingungsmode der Piezokeramikplättchen wird zwar ein hoher Wirkungsgrad von Schallabstrahlung und -empfang erreicht, aber dieser Mode bringt den Nachteil mit sich, daß an den längsseitigen Enden der Schallabstrahlfläche gegenphasige Schwingungsanteile auftreten. Hierdurch werden starke Nebenkeulen zu der gewünschten schmalen Schallkeule in der Ebene parallel zur Orientierung der Piezokeramikplättchen erzeugt. Dies kann zu Fehlsignalen durch außerhalb des Haupterfassungsbereichs liegende Störreflektoren führen. Die Problematik der Nebenkeulen ist z.B. bekannt aus dem Navy Technical Disclosure Bulletin, Band 4, Nr. 4, April 1979, Seiten 25-28, Arlington, US; C.H. Jones et al.: "Sidelobe suppressors".

Daher besteht die Aufgabe, einen für den industriellen Einsatz tauglichen Ultraschall-Schichtwandler für breitstrahlende Näherungssensoren unter Vermeidung der genannten Nachteile zu schaffen. Dies wird bei einem Ultraschall-Schichtwandler gemäß Anspruch 1 erzielt. Als vorteilhaft erweist sich, wenn die Dämpfungsteile als U-förmige, die Enden des Ultraschall-Schichtwandlers umschließende Dämpfungsklötze ausgebildet sind. Weisen die Dämpfungsklötze mindestens eine Nut zur Aufnahme des Piezokeramikplättchens auf, so wird das Herstellungsverfahren vereinfacht. Als Material für die Dämpfungsteile ist ein mit Füllstoffen versehenes elastifiziertes Polymer vorgesehen (dies gewährleistet gute mechanische Dämpfung). Weist das Polymer mit Füllstoffen eine Dichte von 1,5 bis 4,5 g/cm³ auf, so stellt dies für das Schwingverhalten eine günstige Zusammensetzung dar. Üblicherweise bestehen die Schichten zu beiden Seiten des Piezokeramikplättchens aus dem Kunststoff Polyethylen, der wegen des starken Temperaturgangs seiner mechanischen Materialparameter eine starke Frequenzdrift bei Temperaturänderungen zur Folge hat. Um den Temperaturgang der Frequenz bei sonst gleichbleibend guten akustischen Eigenschaften zu verbessern, ist es von Vorteil, wenn als Material für die Schicht ein mit Hohlglaskugeln gefülltes Epoxidharz vorgesehen ist. Eine günstige

Beeinflussung der Richtcharakteristik und/oder des Wirkungsgrades der Schallabstrahlung läßt sich erreichen, wenn an der schallabstrahlenden Wandler-vorderseite eine Anpaßschicht vorgesehen ist. Wird als Material der Anpaßschicht ein mit Hohlglaskugeln gefülltes Epoxidharz verwendet, so läßt sich die Anpaßschicht auf einfache Weise herstellen. Da die gewünschte Schallkeulenform von der Geometrie der Anpaßschicht abhängt, ist es von Vorteil, wenn unterschiedliche Geometrien der Anpaßschicht vorgesehen sind. Der Wandlerwirkungsgrad läßt sich verbessern, wenn unterschiedliche Dicken der Anpaßschicht vorgesehen sind, weil hierüber eine Optimierung hinsichtlich des Wandlerwirkungsgrades möglich ist.

Bei einer Fertigung der Wandler durch Verklebung der Einzelteile sind vorzugsweise reaktive Kleber zu verwenden. Diese Fertigungsmethode erfordert jedoch umfangreiche und genaue Handarbeit, was den Fertigungsprozeß erschwert und verteuert. Um dies zu vermeiden, wird vorteilhafterweise ein Verfahren zur Fertigung des Ultraschall-Schichtwandlers in vorgenannter Ausführung gemäß Anspruch 11 verwendet. Weiterhin erweist es sich als zweckmäßig, wenn das Piezokeramikplättchen nach Füllung des Gießform-Hohlraums in die Nuten der als Dämpfungsteile ausgeführten Beschwerungsklötze mit flüssigem, mit Hohlglaskugeln gefülltem Epoxidharz eingeschoben und anschließend der Ultraschall-Schichtwandler ausgehärtet wird.

Die erfindungsgemäße Verbesserung wird im folgenden durch Gegenüberstellung einer bisherigen und der neuen Ausführungsform anhand einer Zeichnung erläutert. Es zeigen:

FIG 1 eine Ausführungsform eines bekannten Ultraschall-Schichtwandlers,

FIG 2 einen erfindungsgemäß verbesserten Ultraschall-Schichtwandler.

Figur 1 zeigt einen Ultraschall-Schichtwandler 1 bekannter Bauart, der hier zwei Piezokeramikplättchen 2 aufweist, zu deren beiden Seiten Schichten 3 aus dem Kunststoff Polyethylen angebracht sind. Die astigmatische Richtcharakteristik der Schallkeule wird durch die Verwendung der Längsseite 4 des Ultraschall-Schichtwandlers 1 als Schallabstrahlfläche erzielt. Hierbei ist das Verhältnis von Länge zu Breite dieser rechteckigen Fläche dem Verhältnis der Öffnungswinkel von schmaler zu breiter Schallkeule proportional. Der Ultraschall-Schichtwandler 1 wird resonant auf der vierten Planarschwingungsmode der Piezokeramikplättchen 2 betrieben, wodurch ein hoher Wirkungsgrad von Schallabstrahlung und -empfang erreicht wird. Bei diesem Mode treten jedoch an den längsseitigen Enden der Schallabstrahlfläche sich als nachteilig erweisende gegenphasige Schwingungsanteile auf. Diese führen zu starken Nebenkeulen in der

schmalen Schallkeule in der Ebene parallel zur Orientierung der Piezokeramikplättchen 2, wodurch außerhalb des Hauptfassungsbereichs liegende unerwünschte Störreflektoren Fehlsignale zur Folge haben können. Durch Anbringen von Dämpfungsklötzen 5 an den längsseitigen Enden der Schallabstrahlfläche des Wandlers 1 werden die gegenphasigen Schwingungsanteile gedämpft, so daß praktisch keine Nebenkeulen mehr auftreten. Die Verwendung von Polyethylen als Material für die Schichten bringt eine starke Frequenzdrift bei Temperaturänderungen mit sich, da die mechanischen Materialparameter von Polyethylen einen starken Temperaturgang aufweisen. Um dies zu korrigieren, ist bei einem Einsatz in einem Näherungssensor eine aufwendige elektronische Frequenznachführung erforderlich.

Figur 2 zeigt einen Ultraschall-Schichtwandler, der, ausgehend von dem in Figur 1 dargestellten Aufbau, an den längsseitigen Enden Dämpfungsklötze 5 aufweist. Diese sind U-förmig gestaltet und haben jeweils eine Nut 9 zur Aufnahme des über die Enden vorstehenden Piezokeramikplättchens 2. Vorzugsweise wird für die Dämpfungsklötze 5 ein stark dämpfendes elastifiziertes Polymer verwendet, welches durch geeignete Füllstoffe auf eine Dichte von 1,5 bis 4,5 g/cm³ gebracht wird. Die Dämpfungsklötze 5 werden durch Gießen oder Spritzgießen in die entsprechende Form gebracht oder durch Schneiden und Schleifen aus Bändern hergestellt. Durch die die Wandlerenden U-förmig umschließenden Dämpfungsklötze 5 wird eine gute Nebenkeulendämpfung in der schmalen Schallkeule des Ultraschall-Schichtwandlers bewirkt.

Die als Verbundmaterial dienenden Schichten 3 werden bei dieser Ausführungsform aus einem mit Hohlglaskugeln gefüllten Epoxidharz hergestellt, wodurch der Temperaturgang der Frequenz bei sonst gleichbleibend guten akustischen Eigenschaften verbessert wird (von ± 10 kHz auf ± 2 kHz im Intervall von - 25 °C bis 70 °C). Ein solches Epoxidharz mit Hohlglaskugeln ist auch unter der Bezeichnung "syntaktischer Schaum" bekannt. Der Ultraschall-Schichtwandler nach Figur 2 weist auf der schallabstrahlenden Wandler Vorderseite, wie angedeutet, eine Anpaßschicht 8 auf. Sie wird vorteilhafterweise auch aus einem syntaktischen Schaum hergestellt, der sich gut bearbeiten und damit auf einfache Weise eine der gewünschten Schallkeulenform angepaßte Geometrie formen läßt. Die Geometrie kann zum Beispiel glatt, abgerundet oder abgeschrägt bzw. dachförmig sein. Außerdem läßt sich der Wandlerwirkungsgrad durch Optimierung der Dicke der Anpaßschicht 8 verbessern.

Der beschriebene Ultraschall-Schichtwandler 1 nach Figur 2 kann aus den genannten Einzelteilen durch Verklebung, vorzugsweise mittels reaktiver

Kleber, hergestellt werden. Diese Fertigungsmethode erfordert jedoch aufwendige und genaue Handarbeit und ist damit recht kostenaufwendig. Der Fertigungsprozeß läßt sich wesentlich dadurch erleichtern, daß die beschriebene Anordnung durch Gießen hergestellt wird. Hierbei werden beispielsweise die Dämpfungsklötze 5 in eine Gießform eingebracht, die in ihrem Freiraum der Außengeometrie des späteren Wandlers entspricht. Die Beschwerungsklötze besitzen Nuten 9 zur Aufnahme und Führung des Piezokeramikplättchens 2, das nach Füllung des Gießformhohlraums mit noch flüssigem syntaktischen Schaum eingeschoben wird. Mit Aushärtung ist der Herstellungsprozeß im wesentlichen beendet und der Ultraschall-Schichtwandler 1 kann der Gießform entnommen werden.

Für einige Anwendungsfälle werden Ultraschall-Schichtwandler 1 mit mehreren Piezokeramikplättchen 2 benötigt. Diese werden hierbei derart seitlich aneinandergereiht, daß jeweils eine Schicht 3 aus syntaktischem Schaum dazwischenliegt. In den Dämpfungsklötzen 5 sind der Anzahl an Piezokeramikplättchen 2 entsprechend mehrere Nuten 9 zur Aufnahme derselben vorzusehen.

Patentansprüche

1. Ultraschall-Schichtwandler (1) mit astigmatischer Schallkeule, der mindestens ein rechteckiges Piezokeramikplättchen (2) aufweist, dessen Vorder- und Rückseite mit einer Schicht (3) belegt sind, wobei die Langsseite (4) des Ultraschall-Schichtwandlers (1) als Schallabstrahlfläche dient und der Ultraschall-Schichtwandler (1) auf der vierten Planarschwingungsmoden der Piezokeramikplättchen (2) betrieben wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß Dämpfungsteile (5) an den längsseitigen Enden des Ultraschall-Schichtwandlers (1) angebracht sind.
2. Ultraschall-Schichtwandler nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Dämpfungsteile als U-förmige, die Enden des Ultraschall-Schichtwandlers (1) umschließende Dämpfungsklötze (5) ausgebildet sind.
3. Ultraschall-Schichtwandler nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Dämpfungsklötze (5) mindestens eine Nut (9) zur Aufnahme des Piezokeramikplättchens (2) aufweisen.
4. Ultraschall-Schichtwandler nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß als Material für die Dämpfungsteile (5) ein mit Füllstoffen versehenes elastifiziertes Polymer vorgesehen ist.

5. Ultraschall-Schichtwandler nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Polymer mit Füllstoffen eine Dichte von 1,5 bis 4,5 g/cm³ aufweist. 5
6. Ultraschall-Schichtwandler nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß als Material für die Schicht (3) ein mit Hohlglaskugeln gefülltes Epoxidharz (7) vorgesehen ist. 10
7. Ultraschall-Schichtwandler nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß an der schallabstrahlenden Wandlervorderseite eine Anpaßschicht (8) vorgesehen ist. 15
8. Ultraschall-Schichtwandler nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß als Material der Anpaßschicht (8) ein mit Hohlglaskugeln gefülltes Epoxidharz (7) verwendet wird. 20
9. Ultraschall-Schichtwandler nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß unterschiedliche Geometrien der Anpaßschicht (8) vorgesehen sind. 25
10. Ultraschall-Schichtwandler nach Anspruch 7, 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß unterschiedliche Dicken der Anpaßschicht (8) vorgesehen sind. 30
11. Verfahren zur Fertigung eines Ultraschall-Schichtwandlers mit astigmatischer Schallkeule nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß mindestens ein rechteckiges Piezokeramikplättchen (2) auf der Vorder- und Rückseite mit einer Schicht (3) belegt wird, und daß die Dämpfungsteile (5) an den längsseitigen Enden des Ultraschall-Schichtwandlers (1) mittels einer Gießform gegossen werden, wobei der Ultraschall-Schichtwandler (1) auf der vierten Planarschwingung betrieben wird und seine Längsseite (4) als Schallabstrahlfläche dient. 35 40 45
12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Piezokeramikplättchen (2) nach Füllung des Gießformhohlraums in die Nuten (9) der als Dämpfungsteile ausgeführten Beschwerungsklotze (5) mit flüssigem, mit Hohlglaskugeln gefülltem Epoxidharz (7) eingeschoben und anschließend der Ultraschall-Schichtwandler (1) ausgehärtet wird. 50 55

Claims

1. Ultrasonic layer transducer (1) having an astigmatic sonic lobe, which transducer has at least one small rectangular piezoceramic plate (2), the front and rear side of which are coated with a layer (3), with the longitudinal side (4) of the ultrasonic layer transducer (1) being used as a sound-radiating surface and the ultrasonic layer transducer (1) being operated on the fourth planar vibrational mode of the small piezoceramic plate (2), characterised in that damping portions (5) are provided at the longitudinal side ends of the ultrasonic layer transducer (1).
2. Ultrasonic layer transducer according to claim 1, characterised in that the damping portions are formed as U-shaped damping blocks (5) which enclose the ends of the ultrasonic layer transducer (1).
3. Ultrasonic layer transducer according to claim 2, characterised in that the damping blocks (5) have at least one groove (9) to accommodate the small piezoceramic plate (2).
4. Ultrasonic layer transducer according to one of the preceding claims, characterised in that an elasticized polymer which is provided with filling materials is provided as material for the damping portions (5).
5. Ultrasonic layer transducer according to claim 4, characterised in that the polymer with filling materials has a density of 1.5 to 4.5 g/cm³.
6. Ultrasonic layer transducer according to one of the preceding claims, characterised in that an epoxy resin (7), which is filled with hollow glass spheres, is provided as a material for the layer (3).
7. Ultrasonic layer transducer according to one of the preceding claims, characterised in that a matching layer (8) is provided on the sound-radiating front side of the transducer.
8. Ultrasonic layer transducer according to claim 7, characterised in that an epoxy resin (7), which is filled with hollow glass spheres, is used as a material of the matching layer (8).
9. Ultrasonic layer transducer according to claim 7 or 8, characterised in that different geometries of the matching layer (8) are provided.

10. Ultrasonic layer transducer according to claim 7, 8 or 9, characterised in that different thicknesses of the matching layer (8) are provided.
11. Method for producing an ultrasonic layer transducer having an astigmatic sonic lobe according to one of the preceding claims, characterised in that at least one small rectangular piezoceramic plate (2) is coated with a layer (3) on the front and rear side and in that the damping portions (5) are cast by means of a casting mould at the longitudinal side ends of the ultrasonic layer transducer (1), in which case the ultrasonic layer transducer (1) is operated on the fourth planar vibration and its longitudinal side (4) is used as a sound-radiating surface.
12. Method according to claim 11, characterised in that after filling the cavity of the casting mould the small piezoceramic plate (2) is pushed into the grooves (9) of the weighting blocks (5), realized as damping portions, with fluid epoxy resin (7) filled with hollow glass spheres and subsequently the ultrasonic layer transducer (1) is allowed to cure.

Revendications

1. Transducteur lamellaire à ultrasons (1) comportant un lobe acoustique astigmatique, qui comporte au moins une plaquette piézocéramique (2) rectangulaire, dont la face avant et la face arrière sont recouvertes d'une couche (3), le grand côté (4) du transducteur lamellaire à ultrasons (1) étant utilisé comme surface d'émission du rayonnement, et le transducteur lamellaire à ultrasons (1) fonctionnant sur le quatrième mode d'oscillation planar de la plaquette piézocéramique (2), caractérisé par le fait que des éléments d'amortissement (5) sont disposés aux extrémités des grands côtés du transducteur lamellaire à ultrasons (1).
2. Transducteur lamellaire à ultrasons suivant la revendication 1, caractérisé par le fait que les éléments d'amortissement sont sous la forme de blocs d'amortissement (5) en forme de U, qui enserrent les extrémités du transducteur lamellaire à ultrasons (1).
3. Transducteur lamellaire à ultrasons suivant la revendication 2, caractérisé par le fait que les blocs d'amortissement (5) comportent au moins une rainure (9) de réception de la plaquette piézocéramique (2).
4. Transducteur lamellaire à ultrasons suivant l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait qu'il est prévu, comme matériau pour les éléments d'amortissement (5), un polymère élastifié munie d'une charge.
5. Transducteur lamellaire à ultrasons suivant la revendication 4, caractérisé par le fait que le polymère ayant des charges à une masse volumique comprise entre 1,5 et 4,5 g/cm³.
6. Transducteur lamellaire à ultrasons suivant l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait qu'il est prévu, comme matériau pour la couche (3), une résine époxyde (7) chargée de billes de verre creuses.
7. Transducteur lamellaire à ultrasons suivant l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait qu'il est prévu, sur la face avant du transducteur, une couche d'adaptation (8) pour l'émission acoustique.
8. Transducteur lamellaire à ultrasons suivant la revendication 7, caractérisé par le fait qu'on utilise, comme matériau de la couche d'adaptation (8), une résine époxyde (7) chargée de billes de verre creuses.
9. Transducteur lamellaire à ultrasons suivant la revendication 7 ou 8, caractérisé par le fait que des géométries différentes sont prévues pour la couche d'adaptation (8).
10. Transducteur lamellaire à ultrasons suivant la revendication 7, 8 ou 9, caractérisé par le fait que des épaisseurs différentes sont prévues pour la couche d'adaptation (8).
11. Procédé pour fabriquer un transducteur lamellaire à ultrasons comportant un lobe acoustique astigmatique suivant l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait qu'au moins une plaquette piézocéramique (2) rectangulaire est recouverte sur sa face avant et sur sa face arrière d'une couche (3), et que les éléments d'amortissement (5) aux extrémités longitudinales du transducteur lamellaire (1) à ultrasons sont coulés à l'aide d'un moule de coulée, le transducteur lamellaire (1) à ultrasons fonctionnant sur la quatrième oscillation planar, tandis que son grand côté (4) étant utilisé comme surface d'émission acoustique.
12. Procédé suivant la revendication 11, caractérisé par le fait qu'après remplissage de l'empreinte du moule de coulée d'une résine époxyde liquide (7) chargée de billes de verres

creuses, on insère la plaquette piézocéramique (2) dans les rainures (9) des blocs de remplissage (5) agencés en tant qu'éléments d'amortissement, et on fait durcir ensuite le transducteur lamellaire à ultrasons (1).

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

6

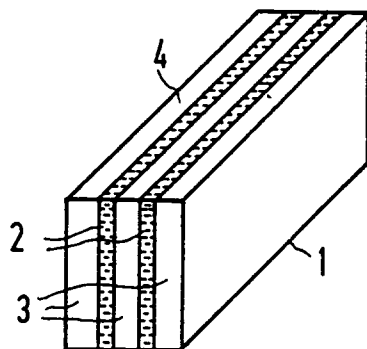


FIG 1

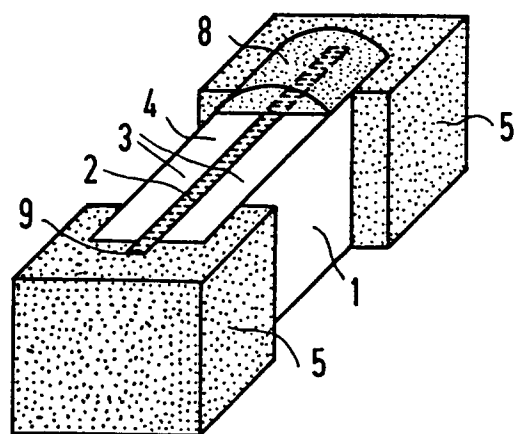


FIG 2