

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 238 388 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:

02.03.2005 Patentblatt 2005/09

(21) Anmeldenummer: **00991061.3**

(22) Anmeldetag: **14.12.2000**

(51) Int Cl.7: **G10K 9/122**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE2000/004455

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2001/045081 (21.06.2001 Gazette 2001/25)

(54) **PIEZOELEKTRISCHER ULTRASCHALLWANDLER, DER EIN GEHÄUSE UND EINE ISOLIERSCICHT UMFASST**

PIEZOELECTRIC ULTRASONIC TRANSFORMER COMPRISING A HOUSING AND AN INSULATING LAYER

TRANSDUCTEUR A ULTRASONS PIEZOELECTRIQUE COMPORTANT UN BOITIER ET UNE COUCHE ISOLANTE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB

(30) Priorität: **17.12.1999 DE 19961095**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
11.09.2002 Patentblatt 2002/37

(73) Patentinhaber: **Argillon GmbH**
96257 Redwitz (DE)

(72) Erfinder: **VAN DER LINDEN, Klaus**
96257 Redwitz-Unterlangenstadt (DE)

(74) Vertreter: **Tergau & Pohl Patentanwälte**
Mögeldorf Hauptstrasse 51
90482 Nürnberg (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 594 331 EP-A- 0 749 005
EP-A- 0 815 954 US-A- 4 825 117

EP 1 238 388 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

[0001] Die Erfindung betrifft einen piezoelektrischen Ultraschallwandler umfassend ein Gehäuse und eine mit dem Gehäuse über eine Isolierschicht verbundene piezoelektrisch aktive Schicht.

[0002] Ein derartiger Ultraschallwandler eignet sich sowohl zum Senden als auch zum Empfangen von Ultraschall. Er kann in Gasen und in Flüssigkeiten eingesetzt werden. Ein solcher Ultraschallwandler wird beispielsweise in einem Durchflußzähler zur Bestimmung der Durchflußmenge eines Gases oder einer Flüssigkeit eingesetzt. Auch wird ein solcher Ultraschallwandler zum Bestimmen der Flüssigkeitshöhe in einem Behälter mittels einer Laufzeitmessung von Ultraschallimpulsen eingesetzt.

[0003] Zum Betrieb wird die piezoelektrisch aktive Schicht meist mit Spannungsimpulsen zum Aussenden eines Ultraschall-Impulses angeregt. Umgekehrt erfolgt die Detektion eines Ultraschall-Impulses über ein Spannungssignal, welches die piezoelektrisch aktive Schicht abgibt. Zum besonders effektiven Abstrahlen von Ultraschall in eine Richtung ohne großen Signalverlust ist die piezoelektrisch aktive Schicht in ein geeignetes Gehäuse eingebaut.

[0004] Für Anwendungen in explosiven Gasen oder Flüssigkeiten gibt es strenge Vorschriften hinsichtlich der elektrischen Isolation der strom- oder spannungsführenden Bauteile. Aus diesem Grund befindet sich zwischen dem Gehäuse und der mit elektrischen Anschlüssen versehenen piezoelektrisch aktiven Schicht eine Isolierschicht.

[0005] Die Schicht-Komponenten des Ultraschallwandlers sind üblicherweise miteinander und mit dem Gehäuse über einen Kleber fest verbunden. In vielen Fällen, beispielsweise bei einem Einsatz in aggressiven oder korrodierenden Gasen oder Flüssigkeiten, können die Schichten und das Gehäuse jedoch nicht aus Materialien mit identischen thermischen Ausdehnungskoeffizienten aufgebaut werden, wie dies z.B. aus EP-A-0749005 oder EP-A-0594331 bekannt ist. Bei Einsatz in gewissen Chemikalien sind spezifische Materialien aus sicherheitstechnischen Gründen sogar vorgeschrieben. Bei Temperaturänderungen führt dies dazu, daß aufgrund unterschiedlicher Temperatúrausdehnungen Spannungen in dem Verbundsystem auftreten, die sich äußerlich durch ein Verbiegen zeigen können. Diese mechanischen Spannungen sind eine statische kontinuierliche Last, die abhängig von der Temperatur wirkt und auf Dauer das Verbundsystem schädigt.

[0006] Zur Lösung dieses Problems sind Ultraschallwandler bekannt, bei denen die einzelnen Schichten und das Gehäuse miteinander über hochelastische Kleber oder dicke Klebeschichten verbunden sind. Hochelastische Kleber und dicke Klebeschichten führen jedoch nachteiligerweise zu einer hohen Dämpfung des ausgesendeten Ultraschallsignals.

[0007] Aufgabe der Erfindung ist es, einen piezoelek-

trischen Ultraschallwandler der eingangs genannten Art anzugeben, der auch bei Einsatz mit häufigen Temperaturwechseln eine lange Lebensdauer zeigt.

[0008] Diese Aufgabe wird für einen piezoelektrischen Ultraschallwandler der eingangs genannten Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß zwischen Isolierschicht und Gehäuse zusätzlich eine Anpaßschicht angeordnet ist, deren thermischer Ausdehnungskoeffizient einen Wert zwischen den Werten der Ausdehnungskoeffizienten des Gehäuses und der Isolierschicht aufweist.

[0009] Auf diese Art und Weise gelingt es, die bei Temperaturschwankungen und bei unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten der einzelnen Materialien auftretenden mechanischen Spannungen im Schicht- oder Verbundsystem des Ultraschallwandlers zu reduzieren, ohne jedoch das abgegebene Ultraschall-Signal zu dämpfen. Des weiteren können auf diese Art und Weise auch Materialien mit sehr unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten in herkömmlicher Art und Weise miteinander verklebt werden, ohne daß die Effizienz des Ultraschallwandlers bei Ausführungen gemäß Standes der Technik durch dicke und/oder weiche, hochelastische Kleber nachläßt. Durch die geringen mechanischen Spannungen sind hohe Anzahlen von Temperaturwechseln ohne Beschädigung des Ultraschallwandlers möglich. Temperaturwechsel wirken als dynamische Last. Die bei dynamischer Last auftretenden Spannungsspitzen sind gering.

[0010] In vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung ist das Gehäuse ein metallisches Gehäuse. Auf diese Weise läßt sich der Schall vorteilhaft in Flüssigkeiten Einkoppeln.

[0011] Insbesondere für den Einsatz in aggressiven Flüssigkeiten oder Gasen oder allgemein in korrodierender Umgebung ist es weiter von Vorteil, wenn das Gehäuse aus einem Stahl, insbesondere aus einem Edelstahl, besteht.

[0012] Obschon sich natürlich jedes Material, welches den piezoelektrischen Effekt zeigt, für die piezoelektrisch aktive Schicht eignet, so ist es dennoch für technische Anwendungen von Vorteil, wenn die piezoelektrisch aktive Schicht aus einer Piezokeramik besteht. Durch Anlegen eines homogenen elektrischen Feldes wird eine polare Achse in der Piezokeramik erzeugt, die für das Auftreten des piezoelektrischen Effekts notwendig ist. Eine Piezokeramik erlaubt über ihre Zusammensetzung eine Anpassung an unterschiedliche Anforderungen. Eine geeignete Piezokeramik ist beispielsweise eine sogenannte PZT-Keramik, worunter eine Blei-Zirkonat-Titan-Oxidkeramik verstanden wird.

[0013] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung besteht die Isolierschicht aus einer Keramik, insbesondere aus einer Aluminiumoxid-Keramik. Derartige Keramiken zeigen gute mechanische Eigenschaften bei gleichzeitig hoher elektrischer Isolierfähigkeit. Insbesondere zeichnet sich eine Aluminiumoxid-

Keramik durch einen ähnlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten wie eine Blei-Zirkonat-Titan-Oxidkeramik aus.

[0014] Weiter von Vorteil, insbesondere bei einem metallischen Gehäuse aus einem Stahl, ist es, wenn die Anpaßschicht aus Titan, oder einem Stahl der Werkstoffnummer 1.4021, 1.4460 oder 1.4462 besteht. Die thermischen Ausdehnungskoeffizienten dieser Materialien liegen mit $8 \cdot 10^{-6}/K$ bis $12 \cdot 10^{-6}/K$ allesamt zwischen dem thermischen Ausdehnungskoeffizienten der Aluminiumoxid-Keramik von $7 \cdot 10^{-6}/K$ und dem thermischen Ausdehnungskoeffizienten von Stahl der Werkstoffnummer 1.4571 für das Gehäuse von $17 \cdot 10^{-6}/K$. Die Werkstoffnummern sind dabei dem "Stahlschlüssel", Verlag Stahlschlüssel Wegst GmbH, 18. Auflage, 1998, Marbach, entnommen. Dort finden sich die zugehörigen Zusammensetzungen.

[0015] Besonders günstig und einfach läßt sich das Schichtsystem des Ultraschallwandlers miteinander verbinden, wenn die Schichten miteinander und die Anpaßschicht mit dem Gehäuse mittels eines Epoxidharzes verklebt sind.

[0016] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird anhand einer Zeichnung näher erläutert.

[0017] Dabei zeigt die Figur perspektivisch in teilweise aufgebrochener Darstellung einen Ultraschallwandler 1 mit einem Gehäuse 2 und darin angeordnetem Schichtsystem. Der Ultraschallwandler 1 strahlt in Richtung des Gehäuse-Bodens 3 Ultraschall-Signale ab bzw. detektiert aus dieser Richtung kommende Ultraschall-Signale. Der Ultraschallwandler 1 selbst ist rotationssymmetrisch ausgebildet.

[0018] Das Schichtsystem des Ultraschallwandlers 1 umfaßt eine piezoelektrisch aktive Schicht 4 aus einer Blei-Zirkonat-Titan-Oxidkeramik, eine Isolierschicht 5 aus einer Aluminiumoxid-Keramik und eine Anpaßschicht 6 aus Titan. Die piezoelektrisch aktive Schicht 4, die Isolierschicht 5 und die Anpaßschicht 6 sind miteinander jeweils über Klebeschichten 8 aus Epoxidharz fest verbunden. Die Anpaßschicht 6 ist über eine weitere Epoxidharz-Klebeschicht 8 mit dem Gehäuse-Boden 3 verklebt.

[0019] Der dargestellte Ultraschallwandler 1 weist einen Durchmesser von 30 mm auf. Die Klebeschichten 8 sind etwa 5 µm dick. Die Dicke der piezoelektrisch aktiven Schicht 4 beträgt ca. 1 mm. Die Isolierschicht 5 weist eine Dicke von etwa 1/10 mm auf. Die Anpaßschicht ist etwa 2 mm stark.

[0020] Das Gehäuse 2 besteht aus einem Edelstahl mit der Werkstoffnummer 1.4571.

[0021] Das Schichtsystem des Ultraschallwandlers 1 ist in das Gehäuse 2 über ein Dämmmaterial 10 eingegossen. Als Dämmmaterial 10 ist Epoxidharz verwendet.

[0022] Zum Ansteuern des Ultraschallwandlers 1 sind elektrische Anschlüsse 11 vorgesehen. Die elektrischen Anschlüsse 11 sind mit einer - in der Zeichnung nicht erkennbaren - flächigen, aus aufgesputtertem Gold bestehenden Elektrode auf der Oberseite der Isolier-

schicht bzw. mit der auf der Oberseite der piezoelektrisch aktiven Schicht 4 flächig aufgetragenen Elektrode 12 verbunden. Die Elektrode 12 besteht dabei aus einer Sputterschicht bestehend aus den Metallen Cr/Pt/Au.

[0023] Zum Betrieb des Ultraschallwandlers wird dieser mit Spannungsimpulsen versorgt. Geeignete Schaltungen hierfür sind Stand der Technik. Auch lassen sich mit dem dargestellten Ultraschallwandler 1 ankommende Ultraschall-Signale leicht über die von der piezoelektrisch aktiven Schicht 4 abgegebenen Spannungswerte detektieren.

[0024] Der dargestellte Ultraschallwandler 1 eignet sich insbesondere für einen Einsatz in aggressiven oder explosionsgefährdeten Gasen und Flüssigkeiten, wo er zudem noch häufigen Temperaturwechseln ausgesetzt ist. Ein solcher Anwendungsfall ist beispielsweise der Einsatz des Ultraschallwandlers 1 in Durchflußzählern.

20 Patentansprüche

1. Piezoelektrischer Ultraschallwandler (1) umfassend ein Gehäuse (2) und eine mit dem Gehäuse (2) über eine Isolierschicht (5) verbundene piezoelektrisch aktive Schicht (4), wobei zusätzlich zwischen Isolierschicht (5) und Gehäuse (2) eine Anpaßschicht (6) angeordnet ist, deren thermischer Ausdehnungskoeffizient einen Wert zwischen den Werten der Ausdehnungskoeffizienten des Gehäuses (2) und der Isolierschicht (5) aufweist.
2. Piezoelektrischer Ultraschallwandler (1) nach Anspruch 1, wobei das Gehäuse (2) ein metallisches Gehäuse ist.
3. Piezoelektrischer Ultraschallwandler (1) nach Anspruch 1 oder 2, wobei das Gehäuse (2) aus einem Stahl, insbesondere aus einem Edelstahl, besteht.
4. Piezoelektrischer Ultraschallwandler (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die piezoelektrisch aktive Schicht (4) aus einer Piezokeramik besteht.
5. Piezoelektrischer Ultraschallwandler (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Isolierschicht (5) aus einer Keramik, insbesondere aus einer Aluminiumoxid-Keramik, besteht.
6. Piezoelektrischer Ultraschallwandler (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Anpaßschicht (6) aus Titan oder einem Stahl der Werkstoffnummern 1.4021, 1.4460 oder 1.4462 besteht.
7. Piezoelektrischer Ultraschallwandler (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Schichten miteinander und die Anpaßschicht (6) mit

dem Gehäuse (2) mittels eines Epoxidharzes verklebt sind.

Claims

1. Piezoelectric ultrasonic transformer (1) comprising a housing (2) and a piezoelectrically active layer (4) connected to the housing (2) by way of an insulating layer (5), wherein additionally arranged between the insulating layer (5) and the housing (2) there is an adaptive layer (6), whose coefficient of thermal expansion has a value between the values of the coefficients of expansion of the housing (2) and the insulating layer (5).
2. Piezoelectric ultrasonic transformer (1) according to claim 1, wherein the housing (2) is a metallic housing.
3. Piezoelectric ultrasonic transformer (1) according to claim 1 or 2, wherein the housing (2) consists of a steel, in particular a high-grade steel.
4. Piezoelectric ultrasonic transformer (1) according to one of the preceding claims, wherein the piezoelectrically active layer (4) consists of a piezoceramic material.
5. Piezoelectric ultrasonic transformer (1) according to one of the preceding claims, wherein the insulating layer (5) consists of a ceramic material, in particular an aluminium oxide ceramic material.
6. Piezoelectric ultrasonic transformer (1) according to one of the preceding claims, wherein the adaptive layer (6) consists of titanium or a steel of the material numbers 1.4021, 1.4460 or 1.4462.
7. Piezoelectric ultrasonic transformer (1) according to one of the preceding claims, wherein the layers are adhered together and the adaptive layer (6) is adhered to the housing (2) by means of an epoxy resin.

2. Transducteur (1) piézoélectrique à ultrasons suivant la revendication 1, dans lequel le boîtier (2) est un boîtier métallique.
3. Transducteur (1) piézoélectrique à ultrasons suivant la revendication 1 ou 2, dans lequel le boîtier (2) est en acier notamment en acier fin.
4. Transducteur (1) piézoélectrique à ultrasons suivant l'une des revendications précédentes, dans lequel la couche (4) active du point de vue piézoélectrique est en une piézocéramique.
5. Transducteur (1) piézoélectrique à ultrasons suivant l'une des revendications précédentes, dans lequel la couche (5) isolante est en une céramique, notamment en une céramique à l'oxyde d'aluminium.
6. Transducteur (1) piézoélectrique à ultrasons suivant l'une des revendications précédentes, dans lequel la couche (6) d'adaptation est en titane ou en un acier portant les numéros de matériau 1.4021, 1.4460 ou 1.4462.
7. Transducteur (1) piézoélectrique à ultrasons suivant l'une des revendications précédentes, dans lequel les couches sont collées ensemble et la couche (6) d'adaptation est collée au boîtier (2) au moyen d'une résine époxyde.

Revendications

1. Transducteur (1) piézoélectrique à ultrasons comprenant un boîtier (2) et une couche (4) active du point de vue piézoélectrique relié au boîtier (2) par une couche (5) isolante, une couche (6) d'adaptation étant disposée supplémentaiement entre la couche (5) isolante et le boîtier (2), couche d'adaptation dont le coefficient de dilatation thermique a une valeur comprise entre les valeurs des coefficients de dilatation du boîtier (2) et de la couche (5) isolante.

