



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
16.04.2008 Patentblatt 2008/16

(51) Int Cl.:
B06B 1/06 (2006.01) G10K 9/122 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **07405233.3**

(22) Anmeldetag: **13.08.2007**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL PL PT RO SE SI SK TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR MK RS

(72) Erfinder: **Nölle, Christoph**
78462 Konstanz (DE)

(74) Vertreter: **Gachnang, Hans Rudolf**
Gachnang AG
Badstrasse 5
Postfach 323
8501 Frauenfeld (CH)

(30) Priorität: **09.10.2006 CH 16072006**

(71) Anmelder: **Baumer Electric AG**
8500 Frauenfeld (CH)

(54) **Ultraschallwandler mit akustischer Impedanzanpassung**

(57) Der Ultraschallwandler (1) umfasst eine Piezokeramikscheibe (3) und eine mit dieser verbundene Anpassschicht (5) aus einem temperaturstabilen, mit einem

leichten Füllmaterial versetzten Polyurethan-Hartschaum. Zum Schutz vor äusseren Einflüssen kann die Anpassschicht (5) mit einer Schutzschicht (11) überzogen sein.

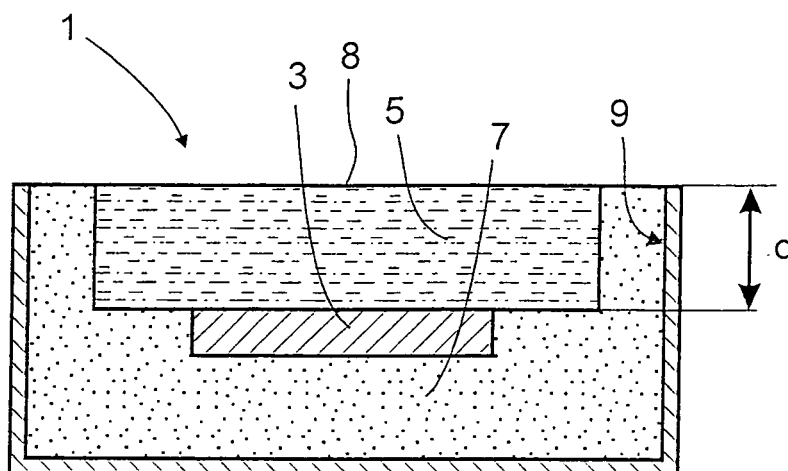


FIG. 1

Beschreibung

[0001] Gegenstand der Erfindung ist ein Ultraschallwandler mit einer akustischen Impedanzanpassung gemäss Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

[0002] Ultraschallsensoren, die nach dem Puls-Echo-Prinzip arbeiten, eignen sich zur berührungslosen Erfassung von Objekten innerhalb eines Erfassungsbereichs. Ein Schallwandler bzw. Transducer erzeugt einen Burst bzw. ein kurzes Ultraschall-Wellenpaket. Dieses breitet sich entsprechend der Richtcharakteristik des Transducers in den Raum aus. Befindet sich ein Objekt innerhalb des Erfassungsbereichs des Sensors, wird in der Regel ein Teil der Schallwellen in Richtung des Transducers zurück reflektiert. Nach dem Aussenden des Ultraschallbursts wird der Transducer als Empfänger geschaltet und empfängt das am Objekt reflektierte Echosignal. Die Laufzeit bzw. die Dauer zwischen dem Aussenden des Bursts und dem Empfangen des Echos ist bei bekannter Schallgeschwindigkeit im Ausbreitungsmedium (z.B. Luft oder Wasser) ein Mass für den Abstand des Objekts vom Sensor. Bei Bedarf kann die Temperatur des Ausbreitungsmediums erfasst und z.B. anhand einer Zuordnungstabelle ein Korrekturfaktor berechnet werden, welcher die Temperaturabhängigkeit der Schallgeschwindigkeit im Ausbreitungsmedium kompensiert.

[0003] Bei alternativen Ausführungsformen können auch getrennte Sende- und Empfangswandler verwendet werden.

Verbreitet werden zum Erzeugen und Empfangen von Ultraschallsignalen piezokeramische Wandler eingesetzt. Eine Anpassschicht dient als akustischer Impedanzwandler zwischen der schallharten Piezokeramikscheibe und dem liquiden oder gasförmigen Ausbreitungsmedium. Die Dicke der Anpassschicht ist so bemessen, dass bei einer Resonanzfrequenz des Schwingungssystems ein möglichst grosser Teil der Schallenergie an das umgebende Medium übertragen wird. Im Idealfall entspricht die Dicke der Anpassschicht etwa einem Viertel der Resonanz-Wellenlänge in der Anpassschicht. Bei Transducern mit derartigen Anpassschichten wird die Piezokeramikscheibe coaxial mit der Anpassschicht verklebt. Dieser Verbund wird z.B. mit einem dämpfenden bzw. Schall absorbierenden PU-Schaum derart umschäumt, dass nur die frontseitige Abstrahlflächenradial frei bleibt.

[0004] In der Praxis haben sich Anpassschichten aus einem Verbund aus einer Epoxid-Matrix mit Mikro-Glashohlkugeln durchgesetzt. Im Vergleich zu Anpassschichten aus thermoplastischen Kunststoffen, Elastomeren oder silikonartigen Materialien haben diese den Vorteil einer besseren Temperaturstabilität: Temperaturänderungen haben weniger Einfluss auf Parameter wie Resonanzfrequenz, Wirkungsgrad, Richtcharakteristik und dergleichen.

[0005] Nachteilig bei Epoxid-Glashohlkugel-Anpassschichten sind der hohe Preis und die zum Teil ungenügende Homogenität des Ausgangsmaterials. Die-

ses ist in der Regel in Block-oder Plattenform oder in Gestalt von Stangen mit unterschiedlichem Durchmesser erhältlich. Durch mechanische Bearbeitung werden daraus scheibenartige Anpassschichten gefertigt.

[0006] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, einen kostengünstig herstellbaren Ultraschallwandler mit einer ausreichend temperaturstabilen Anpassschicht zu schaffen.

[0007] Diese Aufgabe wird gelöst durch einen Ultraschallwandler gemäss den Merkmalen des Patentanspruchs 1. Vorteilhafte Ausgestaltungen des Ultraschallwandlers sind in den unabhängigen Patentansprüchen beschrieben.

[0008] Beim erfindungsgemässen Ultraschallwandler umfasst die Anpassschicht aus einem Polyurethan-Hartschaum. Der Hartschaum kann als offenporiger oder geschlossenporiger Hartschaum ausgebildet sein. Alternativ kann der PU-Hartschaum eine mit Mikrohohlkugeln aus Glas oder Kunststoff gefüllte Matrix aus vernetztem Polyurethan umfassen. Solche Materialien sind als temperaturbeständige Hartschäume vor allem aus dem Modellbau bekannt. Im Handel sind Platten bzw. Blöcke mit unterschiedlichen Dichten (entsprechend der jeweiligen Befüllung bzw. der jeweiligen Ausbildung der Poren) erhältlich. Durch den hohen Vernetzungsgrad der Polyurethanmatrix ist dieser Werkstoff im Vergleich zu lediglich verketteten thermoplastischen Polyurethanen hart, leicht zu bearbeiten und temperaturstabil.

Anhand einer beispielhaften Figur wird die Erfindung im Folgenden näher beschrieben. Dabei zeigt

Figur 1 einen Längsschnitt durch einen Ultraschallwandler,

Figur 2 einen Längsschnitt durch einen Ultraschallwandler mit einer Schutzschicht.

[0009] Figur 1 zeigt schematisch einen Ultraschallwandler 1, kurz auch Wandler oder Transducer genannt. Er umfasst als Schwingkörper eine beidseitig metallisierte Piezokeramikscheibe 3, welche coaxial mit einer zylinder-oder scheibenartigen Anpassschicht 5 mit gleichem oder grösserem Durchmesser verklebt ist. Die Dicke d der Anpassschicht 5 ist vorzugsweise so bemessen, dass die Schallauskopplung des Ultraschallwandlers 1 an das Umgebungsmedium maximal ist. Dabei kann der Begriff "Schallauskopplung" z.B. als pro Zeiteinheit in den vorderen Halbraum oder alternativ in einen vorgebbaren Raumwinkel abgestrahlte Schallenergie interpretiert werden. In der Regel liegt die Haupt-Resonanzfrequenz des Ultraschallwandlers 1 und/oder des Verbundes aus Piezokeramikscheibe 3 und Anpassschicht 5 in der Grössenordnung der Radial-Resonanzfrequenz der freien Piezokeramikscheibe 3. Als Folge der Radialschwingung resultiert auch eine Dickenschwingung der Anpassschicht 5, welche für die Schallmission an die Umgebung verantwortlich ist. Je nach Resonanzfrequenz und Umgebungsmedium kann die Dicke d der Anpassschicht 5 also z.B. in einem Bereich von etwa 1mm

bis etwa 5mm liegen. Die Anpassschicht 5 kann - wie in Figur 1 dargestellt - als kreisrunde Scheibe ausgebildet sein. Alternativ sind auch andere Formen möglich, z.B. rechteckige oder quadratische Platten oder Scheiben mit zusätzlichen Strukturen wie Absätzen, Ausnehmungen, Vertiefungen und dergleichen. Als Material für die Anpassschicht 5 wird ein Polyurethan-Hartschaum verwendet. Das Polyurethan bzw. die Polyurethanmatrix ist vernetzt und hat somit mindestens teilweise Eigenschaften eines Duroplasten. Insbesondere kann ein solches Material eine hohe Temperaturstabilität aufweisen. Der Begriff "Temperaturstabilität" bedeutet im weiteren Sinne die strukturelle und chemische Beständigkeit des Materials. Bis zu einer vorgegebenen Grenztemperatur dürfen diesbezüglich keine irreversiblen Änderungen der Materialbeschaffenheit auftreten. Im engeren Sinn kann der Begriff "Temperaturstabilität" bei einem Ultraschallwandler 1 so definiert werden, dass der Sensitivitätsverlust bis zur Grenztemperatur z.B. geringer als 50% ist (bezogen auf eine Referenzsensitivität bei Raumtemperatur). Als Sensitivität wird in diesem Zusammenhang das Spannungsverhältnis des Empfangssignals zum Sendesignal bezeichnet, wenn der Ultraschallwandler 1 mit einem Sendeburst angesteuert und anschließend das zugehörige, an einem Referenzreflektor reflektierte Echo wieder empfangen wird. Die Sendefrequenz wird dabei konstant gehalten. Bei einer alternativen Definition wird die Sendefrequenz jeweils so optimiert, dass das empfangene Echosignal maximal ist.

Geeignete Polyurethan-Hartschäume sind z.B. unter der Bezeichnung Obomodulan (R) von der Firma Obo-Werke GmbH, Deutschland, erhältlich. Vorzugsweise wird ein Werkstoff mit einer Dichte zwischen etwa 400kg/m³ bis etwa 900kg/m³ verwendet. Besonders vorteilhaft ist der Obomodulan-Typ 652HT mit einer Dichte von etwa 650kg/m³. Die Anpassscheiben 5 können z.B. durch mechanische Bearbeitung von Standardplatten hergestellt werden. Die hohe Temperaturstabilität solcher Werkstoffe kann zum Teil bis zu 120°C und mehr betragen. Die geringe Änderung diverser Materialparameter wie z.B. der Wärmeausdehnungskoeffizienten und der Elastizitätsmodule in Abhängigkeit der Temperatur ermöglichen die Herstellung von temperaturstabilen Ultraschallsensoren 1, die bis zu Temperaturen von 70°C, 80°C, 100°C oder zum Teil auch darüber eingesetzt werden können. Dabei ist der Sensitivitätsverlust bezogen auf die Sensitivität bei Raumtemperatur (20°C bis 25°C) jeweils geringer als 50%.

[0010] Die hohe Temperaturstabilität wirkt sich auch positiv auf die Langzeitstabilität (geringe Alterung) der Ultraschallwandler 1 aus.

[0011] Der Verbund aus Piezokeramikscheibe 3 und Anpassschicht 5 ist mit Ausnahme einer frontseitigen Abstrahlfläche 8 innerhalb eines dosen- oder topfartigen Wandlergehäuses 9 in einen Dämpfungkörper 7, beispielsweise einen Schall absorbierenden, weichen Polyurethanschaum, eingebettet. Das Wandlergehäuse 9 ist vorzugsweise ein mindestens teilweise metallbeschich-

tetes Kunststoffgehäuse oder ein metallisches Gehäuse, welches als elektromagnetische Abschirmung für die Piezokeramikscheibe 3 genutzt werden kann. Die Metallisierungen bzw. Elektroden der Piezokeramikscheibe 3 sind z.B. mittels gebondeter oder gelöteter Litzen oder Kabel mit Kontaktstellen am Wandlergehäuse 9 verbunden (nicht dargestellt). Alternativ können auch mit den Elektroden verbundene Anschlusskabel durch Öffnungen an der Rückseite des Wandlergehäuses 9 aus diesem herausgeführt sein (nicht dargestellt). Insbesondere bei offenporigen Hartschäumen können der Ultraschallwandler 1 oder die Anpassschicht 5 mindestens im Bereich der Abstrahlfläche 8 von einer Schutzschicht 11 überzogen sein, welche das Eindringen von Wasser, Dampf oder anderen Chemikalien in die Anpassschicht 5 verhindert. Figur 2 zeigt einen Längsschnitt durch einen Ultraschallwandler 1, bei dem die gesamte Frontseite und die Seitenwände des Wandlergehäuses 9 mit einer homogenen, dünnen Schutzschicht 11 überzogen sind. Solche Schutzschichten 11 können z.B. durch Anstreichen oder Aufsprühen eines geeigneten Lacks oder einer Farbe ausgebildet werden. Alternativ kann auch eine Imprägnierung der Anpassschicht 5 vorgesehen sein. Als besonders vorteilhaft erweist sich die Bedampfung mit einer dünnen Schicht aus Parylene oder einem anderen inerten Kunststoff. Die Dicke der Schutzschicht kann je nach Ausführung und Material sehr dünn sein, sodass der Einfluss auf die akustischen Eigenschaften des Wandlers 1 minimal ist. Die Dicke der Schutzschicht 11 kann z.B. im Bereich zwischen einigen wenigen Mikrometern bis einigen hundert Mikrometern liegen.

Patentansprüche

1. Ultraschallwandler (1) mit einer akustischen Impedanzanpassung zur Optimierung der Auskopplung von Schwingungen einer Piezokeramikscheibe (3) an ein Umgebungsmedium, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Anpassschicht (5) aus einem vernetzten Polyurethan-Hartschaum mit der Piezokeramikscheibe (3) verbunden ist.
2. Ultraschallwandler (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Hartschaum mit Hohlkugeln aus Glas oder Kunststoff oder mit einem andern leichten Füllstoff gefüllt ist.
3. Ultraschallwandler (1) nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Anpassschicht eine Dichte im Bereich von 400 kg/m³ bis 900kg/m³ aufweist.
4. Ultraschallwandler (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Anpassschicht (5) bis mindestens 120°C temperaturstabil ist.

5. Ultraschallwandler (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Sensitivitätsänderung innerhalb eines Temperaturbereichs von Raumtemperatur bis zu einer Grenztemperatur von 70°C geringer als 50% ist. 5
6. Ultraschallwandler (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Anpassschicht (5) oder der Ultraschallwandler (1) selbst zumindest im Bereich der Schallabstrahlfläche (8) mit einer Schutzschicht überzogen sind. 10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

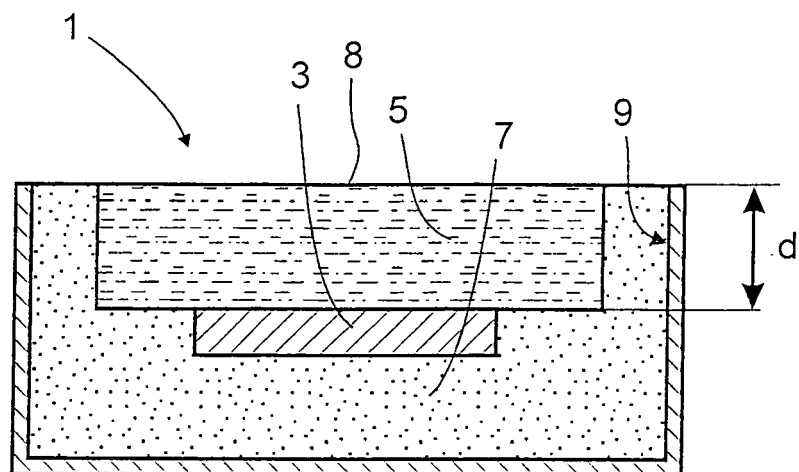


FIG. 1

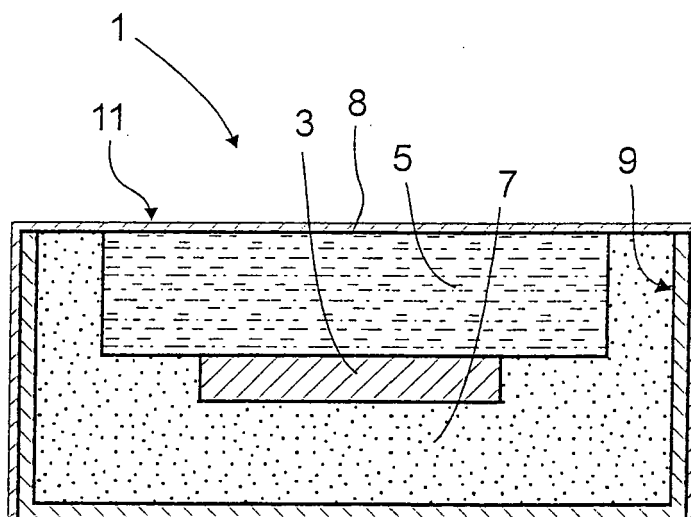


FIG. 2



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 07 40 5233

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 20 2004 002107 U1 (SIEMENS AG [DE]) 31. März 2005 (2005-03-31) * Absätze [0012] - [0016] * * Abbildung *	1-6	INV. B06B1/06 G10K9/122
X	WO 01/08237 A (MEASUREMENT SPEC INC [US]; TODA MINORU [US]) 1. Februar 2001 (2001-02-01) * Ansprüche 1,2,10 *	1-6	
A	DE 196 30 350 A1 (SIEMENS AG [DE]) 29. Januar 1998 (1998-01-29) * Spalte 1, Zeile 55 - Spalte 2, Zeile 22 * * Zusammenfassung; Abbildung 1 *	1-6	
A	EP 0 116 823 A (SIEMENS AG [DE]) 29. August 1984 (1984-08-29) * Seite 2, Zeilen 12-33 * * Zusammenfassung; Abbildung *	1-6	
A	EP 1 430 838 A (OLYMPUS CORP [JP]; GSK CORP [JP]) 23. Juni 2004 (2004-06-23) * Absätze [0028] - [0036] * * Abbildungen 2,3 *	1-6	
A	DE 197 42 294 A1 (ELSTER PRODUKTION GMBH [DE]) 1. April 1999 (1999-04-01) * Spalte 3, Zeile 24 - Zeile 35 * * Zusammenfassung; Abbildung 3 *	1-6	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B06B G10K
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 14. Januar 2008	Prüfer Passier, Martinus
KATEGORIE DER GENANNTE DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

1
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 07 40 5233

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am

Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

14-01-2008

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 202004002107 U1	31-03-2005	KEINE	
-----	-----	-----	-----
WO 0108237 A	01-02-2001	AU 6956000 A	13-02-2001
		US 6307302 B1	23-10-2001
		US 2002027400 A1	07-03-2002
-----	-----	-----	-----
DE 19630350 A1	29-01-1998	CN 1225041 A	04-08-1999
		WO 9804361 A1	05-02-1998
		EP 0914215 A1	12-05-1999
		JP 3788520 B2	21-06-2006
		JP 2000515804 T	28-11-2000
		US 6104121 A	15-08-2000
-----	-----	-----	-----
EP 0116823 A	29-08-1984	DE 3301848 A1	26-07-1984
		JP 59140798 A	13-08-1984
-----	-----	-----	-----
EP 1430838 A	23-06-2004	JP 4004396 B2	07-11-2007
		JP 2004201138 A	15-07-2004
		US 2004215079 A1	28-10-2004
-----	-----	-----	-----
DE 19742294 A1	01-04-1999	KEINE	
-----	-----	-----	-----

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82