

12 **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21 Anmeldenummer: **88115593.1**

51 Int. Cl. 4: **G10K 13/00**

22 Anmeldetag: **22.09.88**

30 Priorität: **25.09.87 DE 3732412**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
29.03.89 Patentblatt 89/13

64 Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT

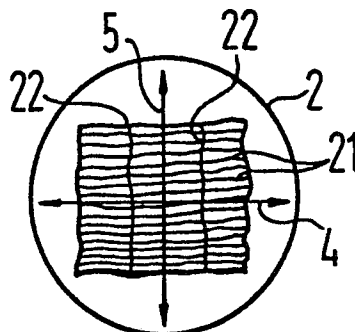
71 Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft Berlin
und München
Wittelsbacherplatz 2
D-8000 München 2(DE)**

72 Erfinder: **Möckl, Thomas, Dipl.-Phys.
Wirtstrasse 17
D-8000 München 90(DE)**

54 **Ultraschallwandler mit astigmatischer Sende-/Empfangscharakteristik.**

57 Wandler, dessen astigmatische Richtcharakteristik auf radial unsymmetrischer Steifigkeit bzw. Schallgeschwindigkeit des Materials der schwingenden Membran (2) beruht, die aus einem Faser-Verbundwerkstoff besteht.

FIG 3



EP 0 308 931 A2

Ultraschallwandler mit astigmatischer Sende-/Empfangscharakteristik.

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf einen Ultraschall-Biegewandler, wie er im Oberbegriff des Patentanspruches 1 angegeben ist.

Aus der EP-B-0 075 302 ist ein Sensor für die Durchführung einer Distanzmessung nach dem Ultraschall-Echoprinzip bekannt. Dieser Sensor soll der Ermittlung und Anzeige von Annäherungsabständen zwischen einem Fahrzeug und Hindernissen im Nahbereich dienen. Es handelt sich dabei um einen Topfwandler mit darin angeordnetem piezokeramischem Schwinger. Auf der Innenseite der Membran dieses Topfwandlers ist an zwei horizontalen, gegenüberliegenden Kreisabschnitten Dämpfungsmaterial zur Verhinderung einer energiereichen Ultraschallabgabe oder Signalabgabe vorgesehen. Das Dämpfungsmaterial ist z.B. Weichgummi. Für die oben angegebene Anwendung ist vorgesehen, den Topfwandler in einem Hornstrahler anzuordnen.

Die Membran des Topfwandlers ist der Topfboden desselben. Aufgrund des asymmetrisch zur Normalen der Membran bzw. des Topfbodens verteilt angebrachten Dämpfungsmaterials hat dieser Wandler eine entsprechend asymmetrische Sende- und Empfangscharakteristik bzw. Sende- und Empfangskeule. Für diesen Topfwandler kann man sich eine Verbindungslinie zwischen dem asymmetrisch im Inneren des Topfwandlers angebrachten Anteilen des Dämpfungsmaterials denken. Diese Verbindungslinie verläuft senkrecht zur Flächennormalen der Membran (Topfboden). Diese Verbindungslinie und die erwähnte Flächennormale bilden eine Ebene. Die Schallausbreitung bzw. die Schall-Empfangscharakteristik in dieser Ebene ist im wesentlichen eine einzige Strahlungskeule mit der erwähnten Normalen als Mittellinie.

In der zu dieser genannten Ebene senkrechten Ebene weist die Strahlungscharakteristik mehrere Strahlungskeulen auf, von denen die mittlere Strahlungskeule ähnlich der voranstehend angegebenen Strahlungskeule die Flächennormale der Membran als Mittellinie hat.

Ein solcher Topfwandler hat also im Prinzip in der einen Ebene (nämlich der oben erwähnten senkrechten Ebene) ein breites Strahlungsfeld für Aussendung und/oder Empfang. In der dazu senkrechten Ebene hat dieser Wandler eine relativ schmale Charakteristik, so daß sich insgesamt eine astigmatische Schallcharakteristik ergibt.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, einen Aufbau für einen Wandler mit einer möglichst verbesserten und insbesondere vorgebar zu wählenden astigmatischen Strahlungscharakteristik anzugeben, der zudem einfach und reproduzierbar

herzustellen und frei von Alterungseffekten ist.

Diese Aufgabe wird mit einem Ultraschall-Biegewandler mit den Merkmalen des Patentanspruches 1 gelöst und weitere Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung gehen aus den Unteransprüchen hervor.

Eine wie bekannte Verwendung von Dämpfungsmaterial zur Erzielung astigmatischer Charakteristik hat den Nachteil, daß sich in der Großserie erhebliche Streuungen der charakteristischen Werte solcher Wandler ergeben und/oder keine ausreichende Alterungsbeständigkeit zu erreichen ist. Die Erfindung beruht daher auf dem Gedanken, bereits dem eigentlichen Topfwandler solche charakteristischen Eigenschaften zu geben, die stets reproduzierbare und/oder zuverlässig eingehaltene vorgegebene charakteristische Werte gewährleisten.

Ein erfindungsgemäßer Wandler besitzt eine Membran, die vorzugsweise ein Teil, nämlich der Boden, eines topfförmigen Wandlers ist. Diese Membran besteht aus einer (den Boden bildenden) Platte aus nicht piezoelektrischem Material und einem daran befestigten Plättchen aus piezoelektrischem Material. Solches piezoelektrisches Material ist vorzugsweise Piezokeramik, z.B. ein solches auf der Basis des Bleizirkonats-Titanats.

Ein erfindungsgemäßer Wandler hat anisotrope elastische Eigenschaften bezogen auf zwei zueinander senkrechte Ebenen, in denen die Normale der Ebene der Membran liegt. Entsprechendes Übergangsverhalten liegt bei dieser Membran für den Raum zwischen diesen beiden Hauptebenen vor. Statt der Elastizität kann man auch die Steifigkeit angeben.

Erfindungsgemäß sind diese anisotropen elastischen Eigenschaften dadurch erzielt, daß wenigstens zu einem Anteil die (piezoelektrisch inaktive) Platte der Membran aus einem Faser-Verbundwerkstoff besteht. Es ist hier ein Faser-Verbundwerkstoff vorgesehen, der Fasern mit Vorzugsrichtung aufweist. Gemäß einer Variante hat der Faser-Verbundwerkstoff nur in einer Richtung ausgerichtet, im wesentlichen parallel verlaufende Fasern. Dadurch hat diese Platte in Richtung parallel zu diesen Fasern einerseits und in Richtung quer zu diesen Fasern andererseits, erheblich unterschiedliches Elastizitätsverhalten. Statt nur eine einzige Richtung für diese Fasern vorzusehen, kann Ausrichtung der Fasern in zwei spitzwinklig zueinander orientierten Faserrichtungen vorliegen. Eine solche Ausführungsform verleiht einer solchen Platte aus Faser-Verbundwerkstoff größere Festigkeit, ohne daß das anisotrope Elastizitätsverhalten der Platte nennenswert geändert ist.

Insbesondere bei nur einer vorgesehenen

(Haupt-)Faserrichtung kann es sehr von Vorteil sein, zum Zwecke gesteigerter Festigkeit eine oder mehrere zusätzliche Faserlagen vorzusehen, die im wesentlichen quer zu dieser einen (Haupt-)Faserrichtung verlaufen. Diese Faserlagen sind aber so gewählt, daß die vorgesehene Anisotropie nicht wesentlich nachteilig beeinflusst wird, d.h. die Anzahl der Fasern in dieser Richtung ist wesentlich geringer (und/oder es sind in dieser Richtung die Fasern wesentlich schwächer), so daß die wesentlich größere Steifigkeit in Richtung parallel zur (Haupt-)Faserrichtung bleibt.

Eine andere Ausführungsform ist die, bei der die Platte aus einem Wirrfaser-Material besteht, das jedoch eine Vorzugsorientierung der Fasern resultierend in Richtung der (Haupt-)Faserrichtung großer Steifigkeit besitzt. Eine solche Vorzugsorientierung kann im Zusammenhang mit der Herstellung solchen Materials realisiert werden.

Als Fasermaterial kommen Kohlefasern, Magnesiumfasern, Aluminiumfasern, Keflarfasern und dgl. bevorzugt in Betracht. Als Matrixmaterial, in das die Fasern eingebettet sind, ist vorzugsweise Polyimid zu verwenden.

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

Es zeigen:

Figur 1 die prinzipielle Form eines Topfwandlers als bevorzugte Ausführungsform.

Figur 2 eine Querschnittsansicht eines erfindungsgemäßen Wandlers in Topfform mit einem Faser-Verbundwerkstoff mit parallel gerichteten Fasern.

Figur 3 eine Aufsicht mit einem Ausschnitt zu einer Ausführungsform nach Figur 2 (der auch einige Fasern als Zusatz in senkrechter Richtung enthält).

Figur 4 und 5 zeigen die Richtdiagramme der beiden Hauptebenen des Astigmatismus.

Figur 6 eine Ausführungsform mit richtungsmäßiger Anordnung der Fasern in zwei, in spitzem Winkel zueinander laufenden Richtungen und

Figur 7 eine Ausführungsform mit Wirrfließ mit Vorzugsorientierung.

Der Wandler 1 in Figur 1 hat im wesentlichen die Form eines Topfes 7 mit der Membran 2 als Boden desselben. Diese Membran besteht aus der bei dieser Ausführungsform den eigentlichen Boden bildenden Platte aus piezoelektrisch inaktivem Material. Diese Platte kann vollständig aus Faser-Verbundwerkstoff bestehen. Auf der im Inneren des Topfes 7 befindlichen Oberfläche der Platte der Membran 2 ist ein Plättchen aus Piezomaterial, insbesondere Piezokeramik, befestigt.

Figur 2 zeigt im Schnitt das Plättchen 10 aus Piezokeramik wie z.B. Bleizirkonattitanat. Mit 14 ist

die eine Elektrode des piezoelektrischen Plättchens 10 bezeichnet. Mit 12 ist eine Klebschicht bezeichnet, mit der das Plättchen 10 an der piezoelektrisch inaktiven Platte 11 befestigt ist. Diese Platte 11 und das Plättchen 10 bilden zusammen die Membran 2. Ein wesentlicher Anteil 111 der Platte 11 besteht aus Faser-Verbundwerkstoff und es kann ein weiterer sonstiger Anteil 112 Bestandteil dieser Platte 11 sein.

Zum Beispiel besteht der Faser-Verbundwerkstoff aus Polyimid als Matrixmaterial, in dem sich Fasern aus z.B. Kohle, Magnesium, Aluminium, Keflar und dgl. befinden. Der Anteil 112 kann z.B. eine Platte bzw. Schicht aus reinem Polyimid sein.

Für das Plättchen 10 ist eine Gegenelektrode zur Elektrode 14 vorzusehen. Diese Gegenelektrode kann z.B. durch die elektrische Leitfähigkeit der Klebstoffschicht 12 realisiert sein.

In Figur 2 ist die Lage der Fasern als Schnitt derselben angedeutet. Besser ist diese Orientierung der Fasern der Figur 3 zu entnehmen, und zwar dem Ausschnitt in Bildmitte.

Mit 21 sind die in der Darstellung der Figur 3 im wesentlichen horizontal und parallel zueinander verlaufenden Fasern 21 angedeutet. Sie verleihen dem Faser-Verbundwerkstoff 111 der Membran 2 eine hohe Steifigkeit bzw. Schallgeschwindigkeit in dieser waagerechten Haupt-Richtung 4. In der dazu orthogonalen Richtung 5 weist der Faser-Verbundwerkstoff entsprechend geringe Steifigkeit bzw. Schallgeschwindigkeit auf. Die Figuren 4 und 5 zeigen das Schallsende-/Empfangsdiagramm für die beiden zueinander orthogonalen Richtungen 4 und 5, die in der Figur 3 eingetragen sind. Die breite Strahlungskeule der Figur 4, in deren Ebene die Haupt-Richtung 4 liegt, ist Folge der erfindungsgemäß gewählten Anordnung der Fasern in im wesentlichen der einen dargestellten Richtung 4 der Fasern 21. Mit 22 sind einzelne Fasern bezeichnet, die zusätzlich vorhanden sind, jedoch orthogonal zur Haupt-Richtung 4 der Fasern 21 verlaufen. Diese Fasern 22 dienen dazu, dem Faser-Verbundwerkstoff wenigstens diejenige Steifigkeit in der Richtung 5 zu verleihen, die mindestens vorliegen muß. Diese Fasern 22 können aber gegenüber der Vielzahl der Fasern 21 keine wesentliche Beeinträchtigung der Asymmetrie, d.h. des Astigmatismus, des Wandlers bewirken.

Figur 6 zeigt eine Ausführungsform der Anordnung der Fasern 31 und 131. In der Darstellung der Figur 6 verlaufen die Fasern 31 mit flachem Winkel (kleiner etwa 30° zur Waagerechten) von oben rechts nach links unten. Die Fasern 131 verlaufen dagegen von rechts unten nach links oben mit wenigstens im wesentlichen gleich flachem Winkel. Dieses spitzwinklige Überkreuzen führt zu einer Stabilität der Platte 11 aus Faser-Verbundwerkstoff, ohne daß querlaufende Fasern 22 erforderlich wä-

ren. Dennoch hat die Anordnung der Fasern 31, 131 die Eigenschaft, eine entscheidende Vorzugsrichtung 4 für das Sende-bzw. Empfangsverhalten dieses Wandlers zu bewirken.

Figur 7 zeigt einen den Figuren 3 und 6 entsprechenden Ausschnitt, jedoch hier denjenigen eines Wirrfließes mit Vorzugsausrichtung (wieder in waagerechter Richtung der Darstellung der Figur 7).

Bei einem Wandler mit wie auch bei der Erfindung unterschiedlich großer Steifigkeit bzw. Schallgeschwindigkeit im Material der Membran in zwei zueinander orthogonalen Richtungen der Ebene dieser Membran ergeben sich charakteristische Schwingungsmoden, und zwar sowohl für die Grundwelle als auch für die Oberwellen. Die Schwingungsmoden sind über das Material der Membran zwangsläufig miteinander gekoppelt.

Bei einem erfindungsgemäßen Wandler tritt jeweils nur eine Grundresonanz auf. Hinsichtlich der Oberwellen ist im wesentlichen paarweises Auftreten von Resonanzen, und zwar bezogen auf die beiden Richtungen 4 und 5, beobachtet worden. Bei der Erfindung liegen die Frequenzen dieser paarweisen Resonanzen vorteilhafterweise so weit auseinander, so daß keine Gefahr besteht, der Wandler könnte im Betrieb vom Schwingungsmodus der gewolltermaßen angeregten einen Oberwelle in den Schwingungsmodus der anderen Oberwelle überspringen.

Eine vorteilhafte Bemessung für einen erfindungsgemäßen Wandler ist so gewählt, daß für einen vorgegebenen Faserwerkstoff (z.B. Kohlefaser) mit Anisotropie entsprechend der Erfindung diese Resonanzfrequenzen des Wandlers so aufeinander abgestimmt sind, daß für eine dieser Frequenzen sich die passende bzw. vorgegebene astigmatische Richtcharakteristik (Figuren 4 und 5) ergibt. Auf dieser Frequenz (der Oberwelle) wird der Wandler vorteilhafterweise betrieben.

Bei einem Wandler z.B. nach den Figuren 2 und 3 mit kreisrunder Kohlefaser-Membran mit z.B. 0,4 mm Dicke und etwa 20 mm Durchmesser und mit parallel ausgerichteten Fasern 21 (Fig. 3) liegt ein solcher deutlicher Unterschied der Resonanzfrequenz der ersten Oberwelle (und der zweiten Oberwelle) für die Richtung 4 mit der hohen Schallgeschwindigkeit der Membran gegenüber der Resonanzfrequenz der ersten (und der zweiten) Oberwelle für die Richtung 5 mit niedriger Schallgeschwindigkeit vor. Diese Membran hat vier Lagen mit Fasern 21 in Hauptrichtung 4 und eine Lage Fasern 22 in Richtung 5. Die geeignete Betriebsfrequenz liegt bei 40 kHz, das ist die Frequenz der ersten Oberwelle des Schwingungsmoden der hohen Schallgeschwindigkeit. Die benachbarten Resonanzen, die zu den Oberwellen des Schwingungsmoden der niedrigeren Schallgeschwindigkeit

(Richtung 5) gehören, liegen bei 27 und 53 kHz, d.h. weit genug von den 40 kHz Betriebsfrequenz entfernt. Ein solcher erfindungsgemäßer Wandler hat stabiles Schwingungsverhalten und eine Richtcharakteristik entsprechend den Figuren 4 und 5 mit 125° für die Ebene gemäß Figur 4 und mit 50° für die Ebene gemäß der Figur 5.

Es sei darauf hingewiesen, daß durch andere als die beschriebene kreisrunde Membranform weitere Anpassungen erreicht werden können. Zum Beispiel kann elliptische Form der Membran vorgehen sein. Die Ellipsenachsen sind dann parallel den Richtungen 4 und 5 gewählt.

Kohlefaser-Verbundwerkstoff ist für erfindungsgemäße Wandler besonders günstig. Es ergibt sich hierfür besonders günstige Impedanzanpassung an Luft.

Die Verwendung eines ausgerichteten Wirrfließes bringt einen weiteren Vorteil. Ein solches Wirrfaser-Flies hat relativ hohe Eigendämpfung, so daß zusätzliche Verwendung von Dämpfungsmaterial, nämlich zum Zwecke ausreichende Bandbreite zu erreichen, sich erübrigt. Es sei darauf hingewiesen, daß die Verwendung zusätzlich dämpfenden Materials auch bei der Erfindung nichts mit dem Material zu tun hat, das gemäß dem eingangs beschriebenen Stand der Technik dort für den Astigmatismus der Richtcharakteristik vorgesehen ist. Bei der Erfindung zusätzlich verwendetes Dämpfungsmaterial geht nicht in das Richtcharakteristik-Verhalten ein und kann insbesondere das erfindungsgemäß erzielte astigmatische Verhalten durch Alterungseffekte nicht beeinträchtigen.

Ein Wandler der erfindungsgemäßen Art ist insbesondere als Detektionswandler für Land- und Wasserfahrzeuge geeignet, bei denen parallel zur Fahrbahnebene (Fig. 4) breite "Ausleuchtung" erwünscht ist, dagegen aber in die Höhe möglichst wenig Schall abgestrahlt werden soll. Genau dies erfüllt ein erfindungsgemäßer Wandler. Ein erfindungsgemäßer Wandler kann gleichermaßen als Sender und als Empfänger benutzt werden.

Eine bevorzugte Anwendung eines erfindungsgemäßen Wandlers ist die als Rückfahrlilfe für insbesondere schwere Fahrzeuge mit Sichtbehinderung nach rückwärts oder für Fahrzeuge (Bagger und dgl.), die häufig hin- und herrangieren.

Ansprüche

1. Elektroakustischer Biegewandler, vorzugsweise in Topfform, mit einer Membran, die ein Verbund aus einer Platte aus piezoelektrisch inaktivem Material und einem Plättchen aus piezoelektrischem Material ist, wobei das Plättchen, bezogen auf die Fläche der Platte zentral angeordnet und

mit dieser verbunden ist, wobei das piezoelektrische Plättchen mit Elektroden versehen ist und wobei dieser Wandler bezogen auf die Flächennormale der Membran ein unsymmetrisches räumliches Schall-Richtdiagramm besitzt,

5

gekennzeichnet dadurch,

daß die Platte (11) in wenigstens einer Schicht (111) derselben ein bezogen auf eine Hauptrichtung (4) orientierter Faser-Verbundwerkstoff ist.

2. Wandler nach Anspruch 1,

10

gekennzeichnet dadurch,

daß die Platte (11) ganz aus derartigem Faser-Verbundwerkstoff (21; 31, 131; 70) besteht.

3. Wandler nach Anspruch 1 oder 2,

gekennzeichnet dadurch,

15

daß der vorhandene Faser-Verbundwerkstoff so aufgebaut ist, daß er überwiegend Fasern mit Ausrichtung in einer Richtung (4) besitzt.

4. Wandler nach Anspruch 1 oder 2,

gekennzeichnet dadurch,

20

daß der Faser-Verbundwerkstoff zwei wenigstens überwiegende Faserrichtungen (31, 131) aufweist, die spitzwinklig mit weniger als 30° zur Hauptrichtung (4) ausgerichtet sind.

5. Wandler nach einem der Ansprüche 1 bis 4,

25

gekennzeichnet dadurch,

daß eine zusätzliche Lage von Fasern (22) vorgesehen ist, die im wesentlichen quer zu der Hauptrichtung (4) ist.

6. Biegewandler nach Anspruch 1 oder 2,

30

gekennzeichnet dadurch,

daß der Faser-Verbundwerkstoff ein Wirrfaser-Material (70) mit Vorzugs-Orientierung der Fasern in der Hauptrichtung (4) ist.

7. Biegewandler nach einem der Ansprüche 1

35

bis 6,

gekennzeichnet dadurch,

daß eine oder mehrere Fasernarten der Gruppe Kohlefaser, Magnesiumfaser, Aluminiumfaser, Kevlarfaser ist.

40

8. Biegewandler nach einem der Ansprüche 1

bis 7,

gekennzeichnet dadurch,

daß das Matrixmaterial Polyimid ist.

9. Biegewandler nach einem der Ansprüche 1

45

bis 8,

gekennzeichnet dadurch,

daß die Platte (11) Bestandteil eines Topfes (7) ist, wobei der Faser-Verbundwerkstoff der Platte im wesentlichen kontinuierlich in die Topf-Seitenwandung übergeht.

50

10. Biegewandler nach einem der Ansprüche 1

bis 9,

gekennzeichnet dadurch,

daß die Membran (2) elliptische Form hat.

55

FIG 1

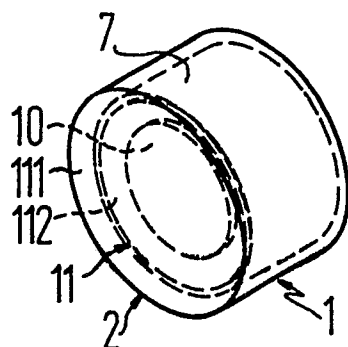


FIG 2

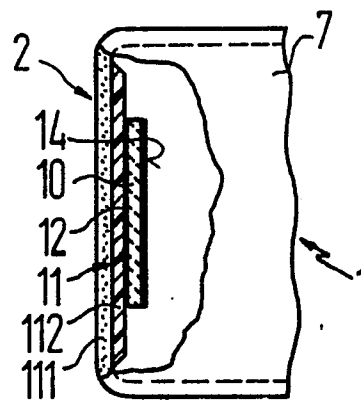


FIG 3

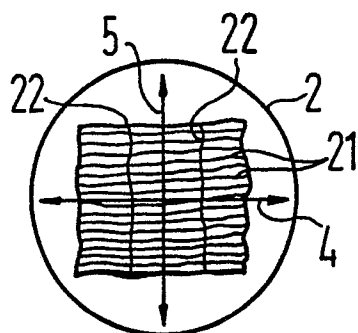


FIG 4

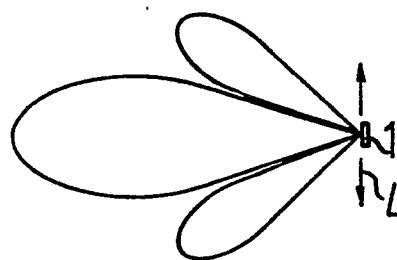


FIG 5

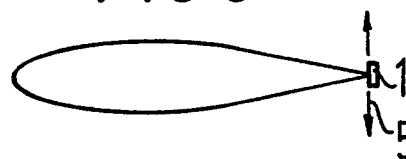


FIG 6

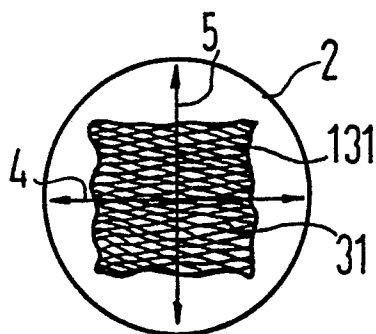


FIG 7

