

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 807 924 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
11.12.2002 Patentblatt 2002/50

(51) Int Cl.7: **G10K 13/00**, B06B 1/06

(21) Anmeldenummer: **97105884.7**

(22) Anmeldetag: **10.04.1997**

(54) **Schall- oder Ultraschallsensor**

Sound or ultrasound transducer

Transducteur à son ou ultrason

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE GB

(30) Priorität: **18.05.1996 DE 19620133**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
19.11.1997 Patentblatt 1997/47

(73) Patentinhaber: **Endress + Hauser GmbH + Co.KG.**
79689 Maulburg (DE)

(72) Erfinder:

- **Eckert, Manfred**
79674 Todtnau (DE)
- **Flögel, Karl**
79650 Schopfheim (DE)

(56) Entgegenhaltungen:

EP-A- 0 590 799 **US-A- 3 949 349**
US-A- 4 333 028 **US-A- 5 452 267**

EP 0 807 924 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 Schall- oder Ultraschallsensor zum Senden und/oder Empfangen von Schall- oder Ultraschall. Ultraschallsensoren werden z. B. als Sender und/oder Empfänger zur Entfernungsmessung nach dem Echolotprinzip verwendet, insb. zur Messung eines Füllstands, z.B. in einem Behälter, oder zur Messung einer Füllhöhe, z.B. in einem Gerinne oder auf einem Förderband.

[0002] Ein vom Schall- oder Ultraschallsensor ausgesendeter Impuls wird an der Oberfläche des Füllgutes reflektiert. Die Laufzeit des Impulses vom Sensor zur Oberfläche und zurück wird ermittelt und daraus der Füllstand bzw. die Füllhöhe bestimmt.

[0003] Derartige Schall- oder Ultraschallsensoren werden in vielen Industriezweigen, z.B. in der Lebensmittelindustrie, der Wasser- und Abwasserbranche und in der Chemie, eingesetzt. Besonders in der Chemie sind Schall- oder Ultraschallsensoren von hoher chemischer Beständigkeit erforderlich, die in einem weiten Temperaturbereich einsetzbar sind. In der Lebensmittelindustrie wird zusätzlich gefordert, das derartige Sensor vorzugsweise frontbündig und somit leicht zu reinigen sind.

[0004] In allen genannten Anwendungsbereichen ist es erforderlich, daß die Sensoren eine Abstrahlcharakteristik mit einem geringen Öffnungswinkel bzw. einer großen Hauptschallkeule und geringen Nebenschallkeulen aufweisen.

[0005] In der DE-OS 29 06 704 ist ein Schall- oder Ultraschallsensor zum Senden und/oder Empfangen von Schall- oder Ultraschall beschrieben mit

- einem Abstrahlelement mit einer ebenen Frontfläche und
- einem Sensorelement,
- bei dem das Sensorelement die Frontfläche derart in Schwingungen versetzt, daß die gesamte Frontfläche nahezu gleichphasige Auslenkungen mit nahezu gleichgroßer Amplitude parallel zur Flächennormalen der Frontfläche ausführt.

[0006] Der Sensor umfaßt hier ein kegelförmiges, metallisches Abstrahlelement und einen Grundkörper. Als Wandlerelement dient ein zwischen Abstrahlelement und Grundkörper eingespanntes piezoelektrisches Element, das zu Dickenoszillationen angeregt wird.

[0007] Die Abstrahlcharakteristik des Sensor ist im wesentlichen durch den Durchmesser der Frontfläche und die Frequenz bestimmt. Dabei verhält sich der Sinus des Öffnungswinkels der abgestrahlten Schallkeule wie der Quotient aus der Wellenlänge der abgestrahlten Schall- oder Ultraschallwelle und dem Durchmesser der Frontfläche des Abstrahlelements. Um eine Schallkeule mit kleinem Öffnungswinkel zu erhalten, ist daher ein großer Durchmesser zu verwenden. Die mögliche Größe des Durchmessers ist jedoch dadurch begrenzt, daß

die Frontfläche oberhalb eines bestimmten Durchmessers zusätzlich Biegeschwingungen ausführt. Der Öffnungswinkel der Schallkeule weist folglich immer eine Mindestgröße auf.

[0008] Da sich die akustische Impedanz des Mediums, in das der Schall oder Ultraschall auszusenden ist, z.B. Luft, und die des Abstrahlelements sehr stark unterscheiden, ist vor dem Abstrahlelement eine Anpaßschicht aus einem Elastomer angeordnet.

[0009] Ein Nachteil eines solchen Schall- oder Ultraschallsensors ist, daß durch die Verwendung der Elastomer-Anpaßschicht der Temperaturbereich, in dem der Sensor einsetzbar ist, eingeschränkt wird. Zum einen sind Elastomere nur in einem geringeren Temperaturbereich einsetzbar als Metalle, zum anderen ist die Schallgeschwindigkeit in Elastomeren stark temperaturabhängig. Außerhalb eines durch das Elastomer vorgegebenen Temperaturbereichs ist die Anpaßschicht somit unwirksam.

[0010] Ferner ist in der Zeitschrift Technisches Messen, 51. Jahrgang, 1984, Heft 9 auf den Seiten 313 bis 317, insb. S. 314, veröffentlichten Fachartikel mit dem Titel: 'Meßwertverarbeitung in Ultraschall-Füllstandsmeßgeräten' ein Hochleistungs-Schallsensor beschrieben, der umfaßt:

- zwei Metallzylinder,
- ein zwischen den Metallzylindern eingespanntes Wandlerelement und
- einen auf einen der Metallzylinder aufgeschraubten, als Membran ausgebildeten Deckel aus Titan.

[0011] Ein metallisches Abstrahlelement weist eine im Vergleich zu der Anpaßschicht höhere mechanische Beständigkeit auf und ist in einem größeren Temperaturbereich einsetzbar.

[0012] Das Wandlerelement besteht aus zwei piezoelektrischen Elementen, durch die der Sensor zu Axialschwingungen angeregt wird. Bei einer geeigneten Wahl der Anregungsfrequenz wird die Membran dadurch in Resonanz versetzt.

[0013] Die Amplitude der Schwingung der Membran ist im Zentrum der Membran maximal und nimmt zu deren Rand hin ab.

[0014] Der Durchmesser der Membran ist jedoch nicht beliebig vergrößerbar, da die Membran bei einer gegebenen Dicke und einer gegebenen Anregungsfrequenz oberhalb eines bestimmten Durchmessers Biegeformen höherer Ordnung ausführt. Dies kann z.B. durch die Verwendung einer steiferen Membran vermieden werden. Durch eine steifere Membran wird jedoch die Empfindlichkeit des Schall- oder Ultraschallsensors beim Empfang stark reduziert.

[0015] Da die Membran sehr hohen Dauerwechselbeanspruchungen ausgesetzt ist, ist es erforderlich, einen mechanisch sehr hochwertigen Werkstoff, z.B. Titan, zu verwenden. Solche Materialien sind jedoch teuer.

[0016] Es ist eine Aufgabe der Erfindung, einen Schall- oder Ultraschallsensor anzugeben, der mechanisch robust und chemisch beständig ist und der eine einstellbare Abstrahlcharakteristik, z.B. mit einem vorzugsweise geringen Öffnungswinkel, aufweist.

[0017] Hierzu besteht die Erfindung in einem Schall- oder Ultraschallsensor zum Senden und/oder Empfangen von Schall oder Ultraschall mit einem Abstrahlelement, das eine ebene Frontfläche hat, und mit einem Wandlerelement, wobei das Wandlerelement die Frontfläche derart in Schwingungen aufgrund einer Anregungsfrequenz versetzt, daß die gesamte Frontfläche nahezu gleichphasige Auslenkungen mit nahezu gleichgroßer Amplitude parallel zur Flächennormalen der Frontfläche ausführt, der dadurch gekennzeichnet ist, daß auf der Frontfläche konzentrische Stege angeordnet sind, daß zwischen zwei benachbarten Stegen jeweils ein konzentrischer Spalt besteht und daß eine Scheibe, insb. aus Metall, den Schall- oder Ultraschallsensor frontbündig abschließt, die fest mit den Stegen verbunden ist und die nicht mit den Stegen verbundene, als Membranen dienende Segmente aufweist.

[0018] Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung führen die Membranen Biegeschwingungen aus, deren Resonanzfrequenzen größer oder gleich der Anregungsfrequenz sind.

[0019] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist die Resonanzfrequenz der Biegeschwingung der mittleren kreisförmigen Membran größer als die oder gleich der Anregungsfrequenz und die Resonanzfrequenzen der übrigen Membranen steigen von innen nach außen an.

[0020] Gemäß einer anderen vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung sind die Resonanzfrequenzen der Biegeschwingung der Membranen untereinander gleich und deutlich größer als die Anregungsfrequenz und jede Membran und die jeweils daran anschließenden mit den Stegen verbundenen Bereiche der Scheibe 5 schwingen gleichphasig.

[0021] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist in die Spalte ein Dämpfungsmaterial, insb. ein Schaumstoff, eingebracht.

[0022] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung weisen die Spalte eine Tiefe auf, die geringfügig größer ist als eine maximale Auslenkung der die Spalte abschließenden Membranen.

[0023] Vorteile der Erfindung bestehen darin, daß ein solcher Schall- oder Ultraschallsensor eine glatte Oberfläche aufweist und somit besonders leicht zu reinigen ist, daß er eine metallische, also chemisch sehr beständige und mechanisch robuste, Abstrahlfläche aufweist, daß er bei Temperaturen von bis zu 150 °C einsetzbar ist und daß seine Richtcharakteristik einstellbar ist.

[0024] Die Erfindung und weitere Vorteile werden nun anhand der Figuren der Zeichnung, in denen zwei Ausführungsbeispiele dargestellt sind, näher erläutert; gleiche Elemente sind in den Figuren mit gleichen Bezugszeichen versehen.

Fig. 1 zeigt einen Längsschnitt durch einen ersten Schall- oder Ultraschallsensor, und

Fig. 2 zeigt einen Längsschnitt durch einen zweiten Schall- oder Ultraschallsensor.

[0025] In Fig. 1 ist ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Schall- oder Ultraschallsensors zum Senden und/oder Empfangen von Schall oder Ultraschall dargestellt. Dieser besteht aus einem Grundkörper 2, einem Abstrahlelement 3 und einem zwischen dem Grundkörper 2 und dem Abstrahlelement 3 eingespannten zylindrischen Wandlerelement 1. Das Wandlerelement 1 führt Dickenschwingungen in axialer Richtung aus und regt damit den Schall- oder Ultraschallsensor zu Axialschwingungen an.

[0026] In dem in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel besteht das Wandlerelement 1 aus zwei aufeinander angeordneten, ringscheibenförmigen piezoelektrischen Elementen 1a, 1b, die eine zueinander entgegengesetzte, durch Pfeile symbolisch dargestellte, Polarisation in axialer Richtung aufweisen. Zwischen den beiden piezoelektrischen Elementen 1a, 1b ist eine beiden Elementen 1a, 1b gemeinsame ringscheibenförmige Elektrode 11 angeordnet. Auf der der gemeinsamen Elektrode 11 abgewandten Seite weist jedes Element 1a, 1b eine weitere ebenfalls ringscheibenförmige Gegenelektrode 12a, 12b auf. Die Elektrode 11 und die beiden Gegenelektroden 12a, 12b sind über nicht dargestellte Verbindungsleitungen mit einer ebenfalls nicht dargestellten Wechselspannungsquelle verbunden. Dabei liegen die Gegenelektroden 12a, 12b auf gleichem Potential U_1 und die Elektrode 11 auf einem gegenüber dem Potential U_1 um 180° Phasenverschobenen Potential U_2 .

[0027] Das so aufgebaute Wandlerelement 1 weist zwei kreisförmige Stirnflächen 13 und 14 auf. An die Stirnfläche 13 grenzt der Grundkörper 2 an. Dies ist ein Zylinder mit einer zentralen, axialen, durchgehenden Innenbohrung 21. Der Grundkörper 2 besteht aus einem Material hoher Dichte, z. B. aus Stahl und bewirkt eine Reduktion der in abstrahlelement-abgewandter Richtung abgestrahlten Schallenergie.

[0028] An die Stirnfläche 14 grenzt das Abstrahlelement 3 an. Dies ist ein kegeltstumpf-förmiges Bauelement, z.B. aus Aluminium. Diejenige Kreisfläche des Kegeltstumpfs, die den größeren Durchmesser aufweist, ist vom Wandlerelement 1 abgewandt und bildet eine ebene Frontfläche 34. Das Abstrahlelement 3 weist auf der wandlerelement-zugewandten Seite eine zentrale axiale Bohrung 31 mit einem Innengewinde 311 auf, die sich ein Stück weit in axialer Richtung in den Kegeltstumpf hinein erstreckt.

[0029] Es ist eine Einspannvorrichtung 4 vorgesehen, durch die das Wandlerelement 1 in axialer Richtung, also senkrecht zu seinen Stirnflächen 13, 14, zwischen dem Grundkörper 2 und dem Abstrahlelement 3 eingespannt ist. In diesem Ausführungsbeispiel ist die Ein-

spannvorrichtung 4 ein Spannbolzen, der von der wandlerelement-abgewandten Seite her in die zentrale Innenbohrung 4 des Grundkörpers 2 eingeführt ist, das Wandlerelement 1 vollständig durchdringt und in das Innengewinde 311 der Bohrung 31 des Abstrahlelements 3 eingeschraubt ist, so daß das Wandlerelement 1 vorgespannt ist.

[0030] Auf einer wandlerelement-abgewandten Frontfläche des Abstrahlelements 3 sind konzentrische ringförmige Stege 32 angeordnet. Zwischen zwei benachbarten Stegen 32 besteht jeweils ein ringscheibenförmiger Spalt 33.

Hergestellt wird diese spezielle Geometrie z.B. indem die ringscheibenförmigen Spalte 32 aus einem zunächst kegelstumpfförmigen Abstrahlelement 3 herausgedreht werden. Da das Abstrahlelement 3 vorzugsweise aus einem Metall, insb. Aluminium besteht, ist dies ein sehr kostengünstiges und einfaches Herstellverfahren.

[0031] Der Schall- oder Ultraschallsensor ist frontbündig abgeschlossen durch eine vorzugsweise metallische Scheibe 5, z.B. aus Aluminium oder Edelstahl, die fest mit den Stegen 32 verbunden, insb. verschweißt ist. Die freiliegenden Segmente der Scheibe 5 bilden somit kreis- bzw. ringscheibenförmige Membranen 51, die an deren Rand durch die kraftschlüssige Verbindung mit den Stegen 32 fest eingespannt sind.

[0032] Der Schall- oder Ultraschallsensor ist beispielsweise in einem, in Fig. 1 nicht dargestellten, zylindrischen an einem Ende offenen Gehäuse angeordnet, wobei die zwischen dem Gehäuse und dem Schall- oder Ultraschallsensor bestehenden Hohlräume mit einem elektrisch nichtleitenden Elastomer ausgefüllt sind.

[0033] Im Sendeberieb werden die piezoelektrischen Elemente 1a, 1b durch die an die Elektrode 11 und die Gegenelektroden 12a, 12b anzulegenden Wechselspannung in Dickenschwingungen versetzt. Da das Wandlerelement 1 über die Einspannvorrichtung 4 fest mit dem Grundkörper 2 und dem Abstrahlelement 3 verbunden ist, führt der aus Wandlerelement 1, Grundkörper 2 und Abstrahlelement 3 gebildete Verbundschwinger Axialschwingungen aus.

[0034] Die ebene Frontfläche 34 des Abstrahlelements 3 wird somit durch die Anregungsfrequenz der Wechselspannung derart in Schwingungen versetzt, daß die gesamte Frontfläche 34 nahezu phasengleiche Auslenkungen mit nahezu gleichgroßer Amplitude parallel zur Flächennormalen auf die Frontfläche 34 ausführt.

[0035] Um eine möglichst große Amplitude der Schwingung der Frontfläche 34 zu erzielen wird das Wandlerelement 1 vorzugsweise mit einer Anregungsfrequenz angetrieben, die der Resonanzfrequenz des Verbundschwingers entspricht. Die Länge L des Verbundschwingers in axialer Richtung entspricht dabei einem ganzzahligen Vielfachen einer halben Wellenlänge, derjenigen durch gewichtete Mittelung zu ermittelnden fiktiven Wellenlänge, die Schall oder Ultraschall der

Anregungsfrequenz in dem Verbundschwinger aufweist.

[0036] Vermittelt durch die Stege 32 wird diese Schwingung auf die Membranen 51 übertragen. Die Membranen 51 führen, da sie am Rand fest mit den Stegen 32 verbunden sind Biegeschwingungen aus. Durch diese Biegeschwingungen liegt eine gute Anpassung des Ultraschallsensors an Luft vor. Es tritt eine Amplitudenüberhöhung auf, d.h. die Schwingungsamplitude der Membranen 51 ist größer als die der Stege 32. Die Amplitudenüberhöhung ist maximal, wenn die Anregungsfrequenz mit der Resonanzfrequenz der jeweiligen Membran 51 übereinstimmt. Dann ist die Biegeschwingung der jeweiligen Membran 51 gegenüber der Anregungsfrequenz um 180° phasenverschoben. Die Auslenkung der jeweiligen Membran 51 ist derjenigen der an sie angrenzenden Stege 32 entgegengesetzt.

[0037] In diesem Fall strahlen die jeweilige Membran 51 und die fest mit den an sie angrenzenden Stegen 32 verbundenen beiden Flächen der Scheibe 5 gegenphasige Schallwellen aus.

[0038] Es tritt destruktive Interferenz auf. Um die dadurch bedingte Verluste gering zu halten, ist es erforderlich, daß die Summe der Flächen der Membranen 51 groß gegenüber der Summe der Flächen der Scheibe 5, die fest mit den Stegen 32 verbunden sind, ist.

[0039] Je weiter die Resonanzfrequenz der jeweiligen Membran 51 oberhalb der Anregungsfrequenz liegt, desto geringer ist die beschriebene Phasenverschiebung. Gleichzeitig reduziert sich jedoch die Amplitudenüberhöhung und somit auch die von der jeweiligen Membran 51 abgestrahlte Schalleistung.

[0040] Die Resonanzfrequenz der jeweiligen Membran 51 ist maßgeblich durch deren mittleren Radius und deren Steifigkeit bestimmt. Bei äquidistanter Beabstandung gleichbreiter Stege 32 in radialer Richtung wäre die Resonanzfrequenz der äußeren Membranen 51 folglich niedriger, als die der inneren. Durch Verringerung des Abstandes zwischen zwei benachbarten Stegen 32 in radialer Richtung erhöht sich die Resonanzfrequenz der zwischen den Stegen angeordneten Membran 51.

[0041] Vorzugsweise liegt die Resonanzfrequenz aller Membranen 51 oberhalb der Anregungsfrequenz. Dadurch wird das Auftreten von Biegewellen höherer Ordnung ausgeschlossen.

[0042] Die Abstrahlcharakteristik des Schall- oder Ultraschallsensors ist durch die Abstände zwischen den Stegen 32 in radialer Richtung, also durch die Abstimmung der Resonanzfrequenzen der Biegeschwingungen der einzelnen Membranen 51 aufeinander und auf die Antriebsfrequenz, einstellbar. Im folgenden sind zwei Beispiele hierfür angegeben.

[0043] Zum einen wird ein Schall- oder Ultraschallsensor mit einer für die Abstandsmessung nach dem Echolotprinzip geeigneten Abstrahlcharakteristik erzielt, indem die Abmessungen so gesetzt werden, daß die Resonanzfrequenz der kreisförmigen mittleren

Membran 51 gleich oder größer als die Antriebsfrequenz ist und die Resonanzfrequenzen der anderen ringscheibenförmigen Membranen 51 so abgestimmt sind, daß eine Membran 51 mit einem kleineren Außenradius eine geringere Resonanzfrequenz aufweist, als eine Membran 51 mit einem größeren Außenradius. Die kreisförmige mittlere Membran 51 hat die niedrigste Resonanzfrequenz.

[0044] Die Amplitudenüberhöhung und damit die abgestrahlte Schallenergie nimmt somit entlang der Scheibe 5 von innen nach außen ab. Die Amplitudenverteilung entlang einer Diagonalen der Scheibe 5 entspricht näherungsweise einer Gaußkurve. Die durch Nebenecken abgestrahlte Schallenergie ist erheblich geringer als bei einem reinen Kolbenschwinger ohne Stege 32 und ohne Scheibe 5.

[0045] Zum anderen wird eine nahezu gleichphasige Abstrahlung aller Bereiche der Scheibe 5 erzielt, indem die Resonanzfrequenzen der Membranen 51 alle gleich und deutlich, z.B. 10 %, größer als die Anregungsfrequenz sind. Es tritt dann nahezu keine Phasenverschiebung zwischen der Schwingung der einzelnen Membranen 51 und den an sie angrenzenden mit den jeweils benachbarten Stegen 32 verbundenen Bereichen der Scheibe 5 auf.

[0046] Wird der Schall- oder Ultraschallsensor dazu verwendet, Schall- oder Ultraschall-Impulse einer bestimmten Dauer auszusenden, so ist darauf zu achten, daß der Schall- oder Ultraschallsensor nach dem Ende der Anregung durch das Wandlerelement 1 möglichst nicht nachschwingt.

[0047] Hierzu ist der Abstand zwischen den Membranen 51 und der Frontfläche 34 des Abstrahlelements 3, also die Tiefe der Spalte 33, vorzugsweise so bemessen, daß er geringfügig größer ist als die maximale Auslenkung der die Spalte 33 abschließenden Membranen 51. Die Kompression der in den Spalten 33 enthaltenen Luft durch die Biegeschwingungen der Membranen 51 bewirkt eine Dämpfung, durch die das Nachschwingen des Sensors erheblich reduziert ist.

[0048] Eine Reduktion des Nachschwingens wird ebenfalls erzielt, indem in die Spalte 33 ein Dämpfungsmaterial 6, z.B. ein Schaumstoff, eingebracht ist. Ein solcher Schaumstoff kann beispielsweise auf dem Abstrahlelement 3 aufgeklebt sein. Insb. ist die Ausbildung von ringförmig in den Spalten 33 umlaufenden Wellen durch das Dämpfungsmaterial 6 ausgeschlossen.

[0049] Der durch die Stege 32 und die Scheibe 5 gebildete Vorbau des Verbundschwingers bewirkt durch die Biegeschwingung eine Anpassung der akustischen Impedanz des Schall- oder Ultraschallsensors an die akustische Impedanz des Mediums, in den die Schallenergie auszusenden ist. Insbesondere ist es nicht erforderlich, eine zusätzliche Schicht aus einem Material, dessen akustische Impedanz zwischen der des Materials der Scheibe 5 und der des Mediums in das die Schallenergie auszusenden ist, z.B. aus einem Elastomer

vorzusehen.

[0050] Eine auf die Scheibe 5 auftreffende Schall- oder Ultraschallwelle versetzt die Scheibe 5, besonders die Membranen 51 in Biegeschwingungen, die durch das Abstrahlelement auf das Wandlerelement 1 übertragen werden. Dadurch werden die piezoelektrischen Elemente 1a und 1b in Schwingungen versetzt. Es entsteht eine piezoelektrische Spannung die über die Elektroden 11, 12a und 12b einer weiteren Verarbeitung zugänglich ist.

[0051] Der Schall- oder Ultraschallsensor ist durch die vorzugsweise metallische Scheibe 5 abgeschlossen. Damit ist er bei hohen Temperaturen bis ca. 150 °C einsetzbar. Der Temperaturbereich ist lediglich durch den Temperaturbereich eingeschränkt, in dem das Wandlerelement 1 einsetzbar ist. Durch eine Verlängerung des Abstandes zwischen dem Wandlerelement 1 und der Scheibe 5 sind noch größere Temperaturbereiche erreichbar. Hierbei ist zu beachten, daß die Länge L des Verbundschwingers in axialer Richtung einem ganzzahligen Vielfachen einer halben Wellenlänge, derjenigen durch gewichtete Mittelung zu ermittelnden fiktiven Wellenlänge, die Schall oder Ultraschall der Anregungsfrequenz in dem Verbundschwinger aufweist, entspricht.

[0052] Da das Abstrahlelement, die Stege 32 und die Scheibe 5 vorzugsweise aus Metall bestehen treten nur geringe temperaturbedingte Frequenzabweichungen auf.

[0053] Der Schall- oder Ultraschallsensor ist chemisch sehr beständig und mechanisch sehr robust. Er eignet sich besonders gut für Anwendungen in der Lebensmittelindustrie, da die medium-berührte Scheibe 5 eben und somit gut zu reinigen ist.

[0054] Die Erfindung ist nicht auf den Einsatz bei dem beschriebenen Sensor beschränkt, sondern ist vielmehr bei allen Schall- oder Ultraschallsensoren einsetzbar, die ein Abstrahlelement mit einer ebenen Frontfläche aufweisen, die durch das Wandlerelement 1 aufgrund einer Anregungsfrequenz derart in Schwingungen versetzt wird, daß die gesamte Frontfläche nahezu gleichphasige Auslenkungen mit nahezu gleichgroßer Amplitude parallel zur Flächennormalen der Frontfläche ausführen.

[0055] Fig. 2 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel für eines derartigen Schall- oder Ultraschallsensor.

[0056] Bei dem in Fig. 2 im Längsschnitt lediglich schematisch dargestellten Schall- oder Ultraschallsensor weist das Wandlerelement 1 lediglich ein einziges scheibenförmiges piezoelektrisches Element auf. Mit diesem Wandlerelement 1 ist eine ebenfalls scheibenförmige Deckplatte 7 mit gleichem Durchmesser fest verbunden. Die Deckplatte 7 wird ebenso wie das Abstrahlelement 3 des in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiels zu Schwingungen derart angeregt, daß deren gesamte kreisförmige wandler-abgewandte Frontfläche nahezu gleichphasige Auslenkungen mit nahezu gleichgroßer Amplitude parallel zur Flächennormalen der Frontfläche

ausführt.

[0057] Auf der Deckplatte 7 sind analog zu dem Ausführungsbeispiel von Fig. 1 konzentrische Stege 32 angeordnet, auf denen wiederum die Scheibe 5 befestigt ist.

[0058] Der Schall- oder Ultraschallsensor ist beispielsweise in einem, in Fig. 2 nicht dargestellten, zylindrischen an einem Ende offenen Gehäuse angeordnet, wobei die zwischen dem Gehäuse und dem Schall- oder Ultraschallsensor bestehenden Hohlräume mit einem elektrisch nichtleitenden Elastomer ausgefüllt sind.

[0059] Das Ausführungsbeispiel von Fig. 2 bietet gegenüber dem in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel den Vorteil, daß es eine sehr geringe Bauhöhe aufweist und daß ein einziges piezoelektrisches Element ausreicht, um den Schall- oder Ultraschallwandler anzuregen.

Patentansprüche

1. Schall- oder Ultraschallsensor zum Senden und/oder Empfangen von Schall oder Ultraschall

- mit einem Abstrahlelement (3), das eine ebene Frontfläche (34) hat, und
- mit einem Wandlerelement (1),
- wobei das Wandlerelement (1) die Frontfläche (34) derart in Schwingungen aufgrund einer Anregungsfrequenz versetzt, daß die gesamte Frontfläche (34) nahezu gleichphasige Auslenkungen mit nahezu gleichgroßer Amplitude parallel zur Flächennormalen der Frontfläche (34) ausführt,

dadurch gekennzeichnet,

- **daß** auf der Frontfläche (34) konzentrische Stege (32) angeordnet sind,
- **daß** zwischen zwei benachbarten Stegen (32) jeweils ein konzentrischer Spalt (33) besteht und
- **daß** eine Scheibe (5), insb. aus Metall den Schall- oder Ultraschallsensor frontbündig abschließt, die fest mit den Stegen (32) verbunden ist und dazwischen nicht mit den Stegen (32) verbundene, als Membranen (51) dienende Segmente aufweist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Membranen (51) Biegeschwingungen ausführen, deren Resonanzfrequenzen größer oder gleich der Anregungsfrequenz sind.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Resonanzfrequenz der Biegeschwingung der mittleren Membran (51) größer als die oder gleich der Anregungsfrequenz ist, und daß

die Resonanzfrequenzen der übrigen Membranen (51) von innen nach außen ansteigen.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Resonanzfrequenzen der Biegeschwingungen der Membranen (51) untereinander gleich und deutlich größer als die Anregungsfrequenz sind und daß jede Membran (51) und die jeweils daran anschließenden mit den Stegen (32) verbundenen Bereiche der Scheibe 5 gleichphasig schwingen.

5. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** in die Spalte (33) ein Dämpfungsmaterial (6), insb. ein Schaumstoff, eingebracht ist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Spalte (33) eine Tiefe aufweisen, die geringfügig größer ist als eine maximale Auslenkung der die Spalte (33) abschließenden Membranen (51).

Claims

1. A sonic or ultrasonic sensor for transmitting and/or receiving sound or ultrasound

- with a radiation element (3) which has a level front face (34), and
- with a transformer element (1),
- the transformer element (1) setting the front face (34) into vibrations on account of an excitation frequency in such a way that the entire front face (34) performs almost in-phase displacements with an amplitude of almost equal magnitude parallel to the line at a right angle to the front face (34),

characterized in that

- concentric webs (32) are arranged on the front face (34),
- a concentric gap (33) is present between two adjacent webs (32) in each case, and
- a disc (5), in particular of metal, terminates the sonic or ultrasonic sensor in alignment with the front, and is connected to the webs (32) in a fixed manner and is provided therebetween with segments which are not connected to the webs (32) and which act as diaphragms (51).

2. A device according to Claim 1, **characterized in that** the diaphragms (51) perform bending vibra-

tions, the resonance frequencies of which are larger than or equal to the excitation frequency.

3. A device according to Claim 2, **characterized in that** the resonance frequency of the bending vibration of the middle diaphragm (51) is larger than or equal to the excitation frequency, and the resonance frequencies of the remaining diaphragms (51) increase outwards from the inside. 5
4. A device according to Claim 1, **characterized in that** the resonance frequencies of the bending vibrations of the diaphragms (51) are equal amongst themselves and are significantly greater than the excitation frequency, and each diaphragm (51) and the regions of the disc 5 respectively adjoining each diaphragm (51) and connected to the webs (32) vibrate in phase. 10
5. A device according to Claim 1, **characterized in that** a damping material (6), in particular a foamed material, is introduced into the gaps (33). 15
6. A device according to Claim 1, **characterized in that** the gaps (33) have a depth which is slightly larger than a maximum displacement of the diaphragms (51) terminating the gaps (33). 20

Revendications 30

1. Capteur à sons ou à ultrasons destiné à émettre et/ou à recevoir des sons ou des ultrasons
 - muni d'un élément rayonnant (3) qui possède une surface frontale plane (34), et 35
 - muni d'un élément transducteur (1),
 - l'élément transducteur (1) mettant la surface frontale (34) en vibration sous l'effet d'une fréquence d'excitation de manière à ce que la surface frontale (34) exécute des déviations quasiment de même phase et avec une amplitude quasiment identique parallèlement à la normale de la surface frontale (34), 40

caractérisé en ce 45

- **que** des montants concentriques (32) sont disposés sur la surface frontale (34),
- **qu'il** existe à chaque fois une fente concentrique (33) entre deux montants voisins (32) et 50
- **qu'un** disque (5), notamment en métal, ferme le capteur à sons ou à ultrasons à fleur à l'avant, lequel est relié à demeure avec les montants (32) et présente entre eux des segments non reliés avec les montants (32) et faisant office de membranes (51). 55

2. Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les membranes (51) effectuent des vibrations alternées dont la fréquence de résonance est supérieure ou égale à la fréquence d'excitation.

3. Dispositif selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** la fréquence de résonance des vibrations alternées de la membrane centrale (51) est supérieure ou égale à la fréquence d'excitation et que les fréquences de résonance des autres membranes (51) augmentent de l'intérieur vers l'extérieur.

4. Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les fréquences de résonances des vibrations alternées des membranes (51) sont égales entre elles et nettement supérieures à la fréquence d'excitation et que chaque membrane (51) et les zones du disque 5 reliés aux montants (32) qui viennent à chaque fois s'y raccorder vibrent en phase.

5. Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'un** matériau amortisseur (6), notamment une mousse, est inséré dans les fentes (33).

6. Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les fentes (33) présentent une profondeur qui est légèrement supérieure à une excursion maximale des membranes (51) qui séparent les fentes (33).

