



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
12.02.2003 Patentblatt 2003/07

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

(21) Anmeldenummer: **02013779.0**

(22) Anmeldetag: **21.06.2002**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

- **Grüdl, Dietmar**
74321 Bietigheim-Bissingen (DE)
- **Kukawka, Oliver**
74354 Besigheim (DE)
- **Jung, Thomas**
74199 Obergruppenbach (DE)

(30) Priorität: **08.08.2001 DE 10138892**

(71) Anmelder: **Valeo Schalter und Sensoren GmbH**
74321 Bietigheim-Bissingen (DE)

(74) Vertreter: **Dreiss, Fuhlendorf, Steimle & Becker**
Patentanwälte,
Postfach 10 37 62
70032 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder:
• **Gotzig, Heinrich, Dr.**
74081 Heilbronn (DE)

(54) **Ultraschallwandler mit einer zur Schwingung anregbaren Membran und mit einem auf der Membranfläche angeordneten Piezoschwinger**

(57) Die Erfindung betrifft einen Ultraschallwandler mit einer zur Schwingung anregbaren Membran, die eine dünn ausgebildete und längliche Membranfläche umfasst, und mit wenigstens einem auf der Membranfläche angeordneten Piezoschwinger.

Die Erfindung kennzeichnet sich dadurch, dass die Membranfläche an ihren Längsseiten jeweils wenigstens eine Einschnürung aufweist.

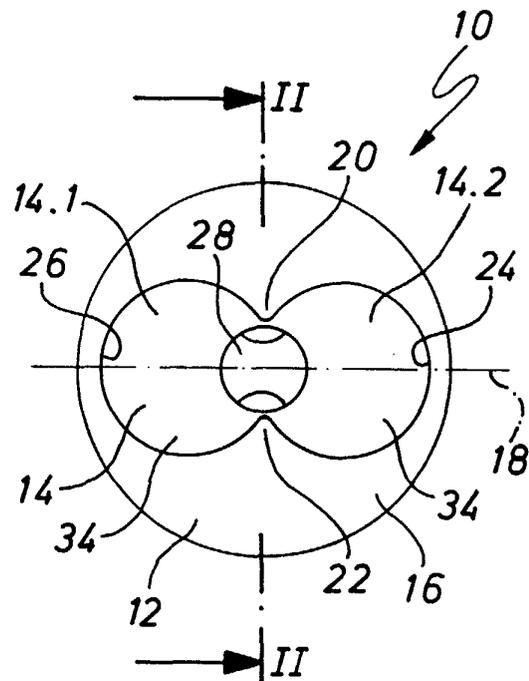


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Ultraschallwandler mit einer zur Schwingung anregbaren Membran, die eine dünn ausgebildete und längliche Membranfläche umfasst und mit wenigstens einem auf der Membranfläche angeordneten Piezoschwinger. Aufgrund der länglichen Geometrie der Membranfläche weisen derartige Ultraschallwandler eine Abstrahlcharakteristik auf, die in eine Richtung, insbesondere in die horizontale Richtung, einen größeren Abstrahlwinkel und in eine andere Richtung, insbesondere in vertikale Richtung, einen kleineren Abstrahlwinkel hat.

[0002] Aus der DE 41 20 681 A1 sind derartige Ultraschallwandler bekannt geworden. Die Membran weist hierbei verschiedene Dicken auf, wobei die dünnere Membranfläche etwa rechteckförmig ausgebildet ist. Ein derartiger Ultraschallwandler weist in Rechtecklängsrichtung einen anderen Abstrahlwinkel als in Rechteckquerrichtung auf. Nachteilig an einem solchen Ultraschallwandler ist, dass die Schwingungscharakteristik sich aus mehreren Ultraschallkeulen zusammensetzt. Die Figur 1a des genannten Dokuments zeigt, dass die Abstrahlcharakteristik in den Bereichen von 0° und +/- 60° ausgeprägte Ultraschallkeulen aufweist und dass im Bereich von +/- 25° Detektionslücken bildende Einsattelungen zwischen den Ultraschallkeulen vorhanden sind. Von dem Ultraschallsensor zu erfassende Bereiche, die in den Einsattelungen liegen, werden nur sehr schwach bzw. nicht angestrahlt; Hindernisse in diesem Bereich werden nicht oder nur schwer erkannt.

[0003] Der vorliegenden Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, einen Ultraschallsensor zu entwickeln, der eine Abstrahlcharakteristik aufweist, die keine unerwünschten Einsattelungen besitzt. Der Ultraschallsensor soll dennoch in der einen Richtung, nämlich in der horizontalen, einen größeren Abstrahlwinkel besitzen als in der vertikalen Richtung.

[0004] Diese Aufgabe wird bei einem Ultraschallwandler der eingangs genannten Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die Membranfläche an ihren Längsseiten jeweils wenigstens eine Einschnürung aufweist. Durch die Einschnürungen kann bewirkt werden, dass die Membranfläche gezielt derart zum Schwingen angeregt werden kann, dass sie eine Abstrahlcharakteristik besitzt, die keine unerwünschten Einsattelungen aufweist. Durch die Einschnürungen wird vielmehr erreicht, dass die Membranfläche entlang der Längsachse mit weitgehend gleicher Amplitude schwingt. Eine derartige Abstrahlcharakteristik führt zu Detektionsbereichen ohne unerwünschte Detektionslücken.

[0005] Bei einer weiteren, vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass die dünn ausgebildete Membranfläche von schwingungsunterbindenden Mitteln umgrenzt ist. Eine derartige Unterbindung erhöht die Gleichmäßigkeit der Schwingung der Membranfläche. Sie trägt zu einer gleichmäßigeren Abstrahlcharakteristik bei. Als schwingungsdämpfendes

Mittel kann das die Membran begrenzende Gehäuse vorgesehen sein. Ferner können zusätzliche Medien, wie schwingungsabsorbierende Vergussmasse oder dergl. vorgesehen werden.

[0006] Eine besonders vorteilhafte Abstrahlcharakteristik ergibt sich dann, wenn die Einschnürung bzw. Einschnürungen an der einen Längsseite zu der Einschnürung bzw. den Einschnürungen an der anderen Längsseite spiegelsymmetrisch ausgebildet ist bzw. ausgebildet sind.

[0007] Vorteilhafterweise verläuft die Spiegelachse entlang der Längsachse und/oder der Querachse der Membranfläche. Aufgrund der symmetrischen Ausbildung kann ein sehr gleichmäßiges und damit vorteilhaftes Schwingen der Membranfläche realisiert werden.

[0008] Eine weitere Ausführungsform der Erfindung sieht vor, dass die Einschnürung bzw. Einschnürungen an der einen Längsseite die Einschnürung bzw. Einschnürungen an der anderen Längsseite berühren. Die Membranfläche teilt sich hierbei in zwei Membranflächenabschnitte auf, die durch die sich berührenden Einschnürungen voneinander getrennt sind. Jeder Membranflächenabschnitt weist hierbei einen eigenen Piezoschwinger auf. Aufgrund der räumlichen Nähe der Membranflächenabschnitte ergibt sich eine vorteilhafte Abstrahlcharakteristik.

[0009] Hierbei kann insbesondere vorgesehen sein, dass sich jeweils die spiegelsymmetrisch gegenüberliegenden Einschnürungen berühren.

[0010] Eine besonders bevorzugte Ausführungsform der Erfindung kennzeichnet sich dadurch, dass die Membranfläche in den Bereichen zwischen zwei benachbarten Einschnürungen eine weitgehend runde Kontur aufweist. Sind lediglich zwei sich gegenüberliegende Einschnürungen vorgesehen, so erstreckt sich die runde Kontur von einer Einschnürung über den Stirnseitenbereich der Membranfläche zu der anderen Einschnürung.

[0011] Eine besonders vorteilhafte Schwingungscharakteristik der Membranfläche ergibt sich dann, wenn die runde Kontur eine Kreiskontur ist.

[0012] Bei einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass je ein Piezoschwinger mittig in dem jeweiligen Abschnitt der Membranfläche angeordnet ist, der von dem Stirnseitenbereich der Membranfläche und von den zwei diesem Stirnseitenbereich benachbarten angeordneten, sich gegenüberliegenden Einschnürungen umgrenzt wird. Die Membranfläche kann in diesem Bereich besonders leicht zu Schwingungen angeregt werden.

[0013] Sind an jeder Längsseite der Membranfläche mehrere Einschnürungen vorhanden, so kann je ein Piezoschwinger in dem jeweiligen Abschnitt der Membranfläche mittig angeordnet sein, der von je zwei benachbarten und deren gegenüberliegenden Einschnürungen umgrenzt wird. Auch eine derartige Anordnung des Piezoschwingers trägt zu einer gleichmäßigen Abstrahlcharakteristik ohne unerwünschte Einsattelungen

bei.

[0014] Erfindungsgemäß ist ebenfalls denkbar, dass ein Piezoschwinger mittig zwischen zwei sich gegenüberliegenden Einschürungen angeordnet ist. Sind mehrere benachbarte und den benachbarten Einschnürungen gegenüberliegende Einschnürungen vorgesehen, so können auch mehrere Piezoschwinger zwischen den jeweils gegenüberliegenden Einschnürungen vorgesehen sein. Sind insgesamt lediglich zwei gegenüberliegende Einschnürungen, an jeder Längsseite eine, vorgesehen, so genügt aufgrund der beschriebenen Anordnung lediglich ein Piezoschwinger zur Anregung der Membranfläche.

[0015] Vorteilhafterweise kann der Ultraschallwandler ein topfförmiges Gehäuse aufweisen, dessen Topfboden als Membranfläche ausgebildet ist. Die Membranfläche wird hierbei vorteilhafterweise von den Wänden des topfförmigen Gehäuses umgrenzt. Vorteilhafterweise bilden die Wände hierbei die schwingungsunterbindenden Mittel, die die Membranfläche umgrenzen. Die Membran bzw. die Membranfläche und das Gehäuse können zudem einstückig ausgebildet sein.

[0016] Vorteilhafterweise kann die Membranfläche mittels Stirnfräsern oder Fließpressen hergestellt sein, wobei aus dem Gehäuse kreisrunde, aneinander angrenzende, überlappende oder sich nicht berührende runde, und insbesondere kreisrunde, Zylinderformen ausgeformt sind. Ein derartiger Ultraschallwandler lässt sich besonders kostengünstig realisieren.

[0017] Bei einem derartigen Ultraschallwandler ist vorteilhafterweise je ein Piezoschwinger auf der Membranfläche im Bereich der Mittellängsachse der Zylinderformen angeordnet.

[0018] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen und Einzelheiten der Erfindung sind der folgenden Beschreibung zu entnehmen, in der die Erfindung anhand der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiele näher beschrieben und erläutert ist.

[0019] Es zeigen:

- Figur 1 und 2 eine erste Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Ultraschallwandlers in verschiedenen Ansichten;
- Figur 3 und 4 eine zweite Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Ultraschallwandlers in verschiedenen Ansichten;
- Figur 5 und 6 eine dritte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Ultraschallwandlers in verschiedenen Ansichten;
- Figur 7 bis 10 vier weitere erfindungsgemäße Ultraschallwandler; und
- Figur 11 die Abstrahlcharakteristik der erfindungsgemäßen Ultraschallwandler.

[0020] Die Figur 1 zeigt einen Ultraschallwandler 10, der ein topfförmiges Gehäuse 12 aufweist, dessen Topfboden als Membranfläche 14 ausgebildet ist. Die Membranfläche 14, die von Wänden 16 des Gehäuses 12 umgrenzt ist, ist in montiertem Zustand in vertikaler Richtung länglich ausgebildet. Die Längsachse der Membranfläche 14 ist mit dem Bezugszeichen 18 gekennzeichnet. Sie verläuft im eingebauten Zustand des Ultraschallwandlers entgegen der dargestellten Abbildung vertikal. Die Membranfläche weist an ihren Längsseiten jeweils eine Einschnürung 20 und 22 auf. Die Einschnürungen 20 und 22 sind im mittleren Bereich der jeweiligen Längsseite der Membranfläche 14 angeordnet. Außerdem sind die Einschnürungen 20 und 22 entlang der Längsachse 18 spiegelsymmetrisch zueinander angeordnet. Die Membranfläche 14 setzt sich aus zwei kreisrunden Membranflächenabschnitten 14.1 und 14.2 zusammen, die sich im Bereich zwischen den beiden Einschnürungen 20 und 22 überschneiden. Die Membranfläche 14 wird also von zwei Kreiskonturen eingefasst, die sich jeweils von einer Einschnürung 20 über die Stirnseitenbereiche 24 und 26 zu der anderen Einschnürung 22 erstrecken. Die Einschnürungen 20, 22 werden demnach von je einer in Richtung Längsachse 18 spitz zulaufenden, von zwei sich schneidenden Kreislinien gebildeten Kontur realisiert.

[0021] Die Membranfläche 14 ist vorzugsweise mittels Stirnfräsern oder Fließpressen hergestellt, die aus dem Gehäuse 12 zwei sich überlappende Zylinderformen 34 mit je einer Kreiskontur ausformen.

[0022] Zwischen den beiden Einschnürungen 20 und 22 ist ein Piezoschwinger 28 auf der Innenseite der Membranfläche 14 angeordnet. Aufgrund einer derartigen Anordnung kann erreicht werden, dass die Membranfläche 14 entlang ihrer Längsachse 18 weitgehend gleichmäßig zum Schwingen angeregt werden kann. Dabei ist die Amplitude im Bereich der Mittelpunkte der beiden Kreiskonturen fast genauso groß wie im Membranmittelpunkt, in dem der Piezoschwinger 28 angeordnet ist.

[0023] Die die Membranfläche 14 umgebenden Wände 16 des Gehäuses 12 wirken schwingungsunterbindend und tragen somit zu einer gleichmäßigen Abstrahlcharakteristik bei.

[0024] Figur 11 zeigt die Abstrahlcharakteristik des Ultraschallwandlers 10 in Längs- und Querrichtung der Membranfläche 14. Die Abstrahlcharakteristik in Längsrichtung ist mit der Bezugszahl 37 gekennzeichnet. Die in Querrichtung trägt die Bezugszahl 30. Aus Figur 11 wird deutlich, dass in Längs- als auch in Querrichtung jeweils mit einer Hauptkeule abgestrahlt wird, ohne dass die Abstrahlkeulen Einsattelungen aufweisen, die den Detektionsbereich des Ultraschallwandlers 10 einschränken. Ferner ist Figur 11 zu entnehmen, dass der Abstrahlwinkel in Querrichtung bzw. in horizontaler Richtung (Kennlinie 30) größer ist als der in Längsrichtung bzw. vertikaler Richtung (Kennlinie 32). Aufgrund der erfindungsgemäßen Geometrie des Ultraschall-

wandlers 10 ergibt sich ein sehr gleichmäßiger und stetiger Verlauf der dargestellten Abstrahlcharakteristika 30 und 32. Auf der Abszisse ist der jeweilige Abstrahlwinkel in Grad von -90° bis $+90^\circ$ angegeben. Die Ordinate gibt den Schallpegel in dB qualitativ wieder.

[0025] Der in Figur 3 und 4 gezeigte Ultraschallwandler 40 unterscheidet sich von dem Ultraschallwandler gemäß Figur 1 und 2 lediglich dadurch, dass anstelle eines Piezoschwingers zwei Piezoschwinger 42 vorgesehen sind, die jeweils in den Mittelpunkten der kreisrunden Teilabschnitte 14.1 und 14.2 der Membranfläche 14 angeordnet sind.

[0026] Die Figuren 5 und 6 zeigen einen weiteren Ultraschallwandler 50, bei dem sich die beiden Einschnürungen 20 und 22 berühren. Die beiden Einschnürungen 20 und 22 teilen demnach die Membranfläche 14 in zwei voneinander getrennte Membranflächenabschnitte 14.1 und 14.2. Die beiden Membranflächenabschnitte 14.1 und 14.2 weisen jeweils eine kreisrunde Kontur auf, in deren Mittelpunkt jeweils ein Piezoschwinger 42 angeordnet ist. Bei einem derartigen Ultraschallwandler 40 werden die beiden Membranflächenabschnitte 14.1 und 14.2 mittels Fließpressen oder Stirnfräsen hergestellt, die aus dem Gehäuse 12 zwei sich nicht berührende, nebeneinander angeordnete Zylinderformen 52 derart ausformen.

[0027] In der Figur 7 ist ein weiterer erfindungsgemäßer Ultraschallwandler 60 dargestellt, der eine Membranfläche 14 aufweist, die entlang ihren beiden Längsseiten je zwei gegenüberliegende Einschnürungen 20 und 22 sowie 62 und 64 aufweist. Die Membranfläche 14 weist zwischen zwei benachbarten Einschnürungen 20, 22, 62, 64 jeweils eine kreisrunde Kontur auf. Ferner ist jeweils ein Piezoschwinger 42 mittig in dem jeweiligen Abschnitt der Membranfläche angeordnet, der von der jeweiligen kreisrunden Kontur umgeben ist.

[0028] Der in der Figur 8 dargestellte Ultraschallwandler 70 weist eine Membranfläche 14 auf, die der Membranfläche 14 des Ultraschallwandlers 60 identisch ist. Bei der Ausführungsform gemäß Figur 8 sind allerdings nur zwei Piezoschwinger 28 vorgesehen, die zwischen jeweils zwei gegenüberliegenden Einschnürungen 20, 22 und 62, 64 angeordnet sind.

[0029] Anstelle von zwei ausgesparten Zylinderformen 34 in dem Gehäuse 12 sehen die Ultraschallwandler 60 und 70 drei ausgesparte Zylinderformen 66 vor, die entlang der Längsachse der jeweiligen Membranfläche 14 angeordnet sind.

[0030] Die Figur 9 zeigt einen weiteren erfindungsgemäßen Ultraschallwandler 80, dessen Membranfläche 14 eine Kontur aufweist, die von zwei sich überlappenden, ellipsenförmigen Linien gebildet wird. Dabei kann ein Piezoschwinger 28 zwischen den beiden Einschnürungen 20 und 22 angeordnet sein. Alternativ dazu ist denkbar, dass mittig in den von den ellipsenförmigen Linien gebildeten Membranabschnitten jeweils ein Piezoschwinger 42 angeordnet ist. Die Piezoschwinger 42 sind in Figur 9 gestrichelt dargestellt.

[0031] Die Membranfläche 14 des in Figur 10 dargestellten erfindungsgemäßen Ultraschallwandlers 90 weist eine rechteckige Form auf, die abgerundete Ecken vorsieht. An den beiden Längsseiten sind rund ausgebildete Einschnürungen 20 und 22 vorhanden. Zwischen den beiden Einschnürungen 20 und 22 ist ein Piezoschwinger 28 angeordnet. Alternativ dazu denkbar ist eine Anordnung von zwei Piezoschwingern 42, die in der Figur 10 gestrichelt dargestellt sind.

[0032] Erfindungsgemäß kann ebenfalls vorgesehen sein, dass anstelle von spitz zulaufenden oder runden Einschnürungen eckige Einschnürungen mit beispielsweise abgerundeten Ecken vorgesehen werden.

[0033] Die in den Figuren dargestellten Ultraschallwandler 10, 40, 50, 60, 70, 80 und 90 haben gemeinsam, dass sie eine der Figur 11 entsprechende Abstrahlcharakteristik aufweisen. Die beiden Ultraschallwandler 60 und 70, zeichnen sich allerdings dadurch aus, dass der Abstrahlwinkel in horizontaler Richtung bzw. in Querrichtung der Membranfläche 14 größer ist als derjenige der Ultraschallwandler 10, 40 und 50. Alle Ultraschallwandler haben gemeinsam, dass die ausgestrahlten Ultraschallkeulen keine nennenswerten Einsattelungen aufweisen, die den Detektionsbereich in unerwünschter Weise einschränken.

[0034] Alle in der Beschreibung, den nachfolgenden Ansprüchen und der Zeichnung dargestellten Merkmale können sowohl einzeln, als auch in beliebiger Kombination miteinander erfindungswesentlich sein.

Patentansprüche

1. Ultraschallwandler (10, 40, 50, 60, 70, 80, 90) mit einer zur Schwingung anregbaren Membran, die eine dünn ausgebildete und längliche Membranfläche (14) umfasst, und mit wenigstens einem auf der Membranfläche angeordneten Piezoschwinger (28, 42), **dadurch gekennzeichnet, dass** die Membranfläche (14) an ihren Längsseiten jeweils wenigstens eine Einschnürung (20, 22, 62, 64) aufweist.
2. Ultraschallwandler (10, 40, 50, 60, 70, 80, 90) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Membranfläche (14) von schwingungsdämpfenden Mitteln (16) umgrenzt ist.
3. Ultraschallwandler (10, 40, 50, 60, 70, 80, 90) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einschnürung (20) bzw. Einschnürungen (20, 62) an der einen Längsseite zu der Einschnürung (22) bzw. den Einschnürungen (22, 64) an der anderen Längsseite spiegelsymmetrisch ausgebildet ist bzw. sind.
4. Ultraschallwandler (10, 40, 50, 60, 70, 80, 90) nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dadurch gekennzeichnet, dass** die Spiegelachse entlang

- der Längsachse (18) und/oder der Querachse der Membranfläche (14) verläuft.
5. Ultraschallwandler (50) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einschnürung (20) bzw. Einschnürungen an der einen Längsseite die Einschnürung (22) bzw. Einschnürungen an der anderen Längsseite berühren. 5
6. Ultraschallwandler (50) nach Anspruch 3 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich jeweils die spiegelsymmetrisch gegenüberliegenden Einschnürungen (20, 22) berühren. 10
7. Ultraschallwandler (10, 40, 50, 60, 70, 80) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Membranfläche (14) in den Bereichen zwischen zwei benachbarten Einschnürungen (20, 22, 64, 62) eine weitgehend runde Kontur aufweist. 20
8. Ultraschallwandler (10, 40, 50, 60, 70) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die runde Kontur eine Kreiskontur ist. 25
9. Ultraschallwandler (40, 50, 60, 80, 90) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** je ein Piezoschwinger (42) mittig in dem jeweiligen Abschnitt der Membranfläche (14) angeordnet ist, der von dem Stirnseitenbereich (24) der Membranfläche und den zwei diesem Stirnseitenbereich (24) benachbart angeordneten, sich gegenüberliegenden Einschnürungen (20, 22; 62, 64) umgrenzt wird. 30
35
10. Ultraschallwandler (40, 50, 60, 80, 90) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** je ein Piezoschwinger (42) in dem jeweiligen Abschnitt der Membranfläche (14) mittig angeordnet ist, der von je zwei benachbarten (20, 62) und deren gegenüberliegenden Einschnürungen (22, 64) umgrenzt wird. 40
11. Ultraschallwandler (10, 70, 80, 90) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Piezoschwinger (28) mittig zwischen zwei sich gegenüberliegenden Einschnürungen (20, 22; 62, 64) angeordnet ist. 45
50
12. Ultraschallwandler (10, 40, 50, 60, 70, 80, 90) nach einem der vorhergehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** der Ultraschallwandler ein topfförmiges Gehäuse (12) aufweist, dessen Topfboden als Membranfläche (14) ausgebildet ist. 55
13. Ultraschallwandler (10, 40, 50, 60, 70, 80, 90) nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Membranfläche (14) von den Wänden (16) des topfförmigen Gehäuses (12) umgrenzt ist.
14. Ultraschallwandler (10, 40, 50, 60, 70, 80, 90) nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wände (16) die schwingungsdämpfenden Mittel nach Anspruch 2 bilden.
15. Ultraschallwandler (10, 40, 50, 60, 70, 80, 90) nach Anspruch 12, 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gehäuse (12) und die Membran bzw. Membranfläche einstückig ausgebildet ist.
16. Ultraschallwandler (10, 40, 50, 60, 70, 80, 90) nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Membranfläche (14) mittels Stirnfräsern oder mittels Fließpressen hergestellt ist, wobei aus dem Gehäuse (12) kreisrunde, aneinander angrenzende, überlappende oder sich nicht berührende runde, insbesondere kreisrunde Zylinderformen (34, 52, 66) ausgeformt sind.
17. Ultraschallwandler (40, 50, 60, 80, 90) nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** je ein Piezoschwinger (42) auf der Membranfläche (14) im Bereich der Mittellängsachse der Zylinderformen (34, 52, 66) angeordnet ist.

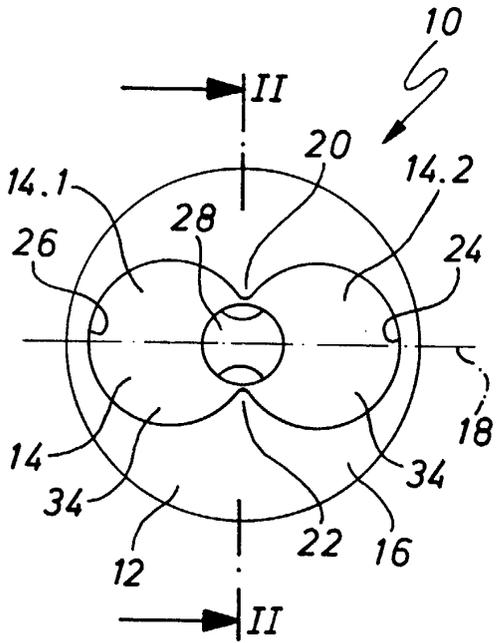


Fig. 1

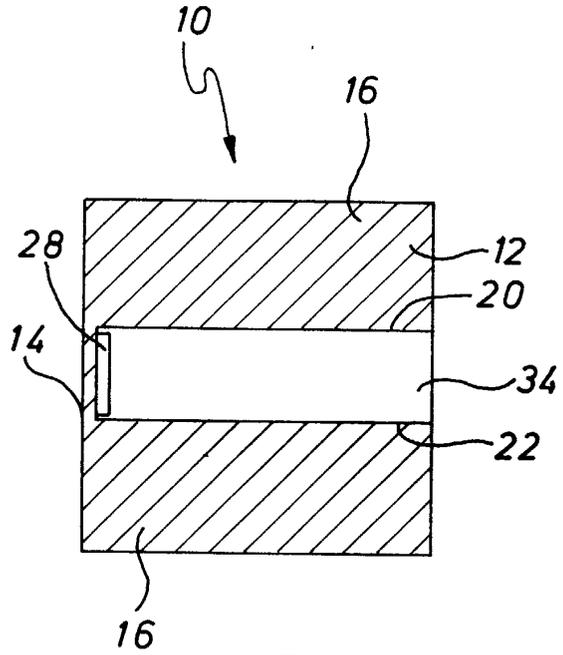


Fig. 2

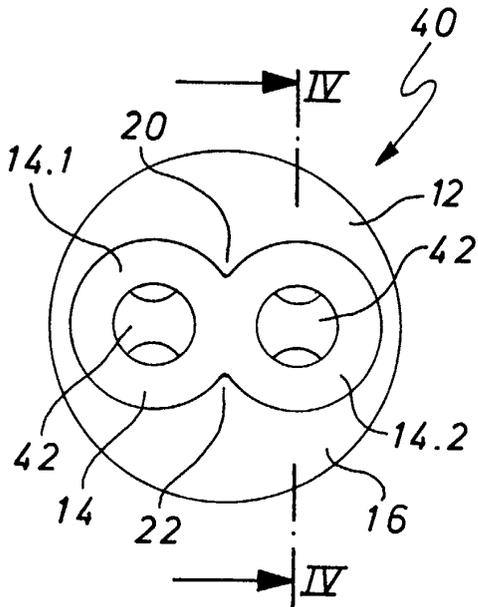


Fig. 3

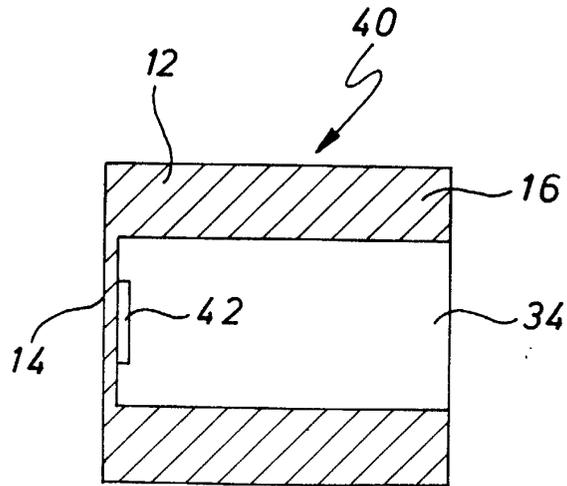


Fig. 4

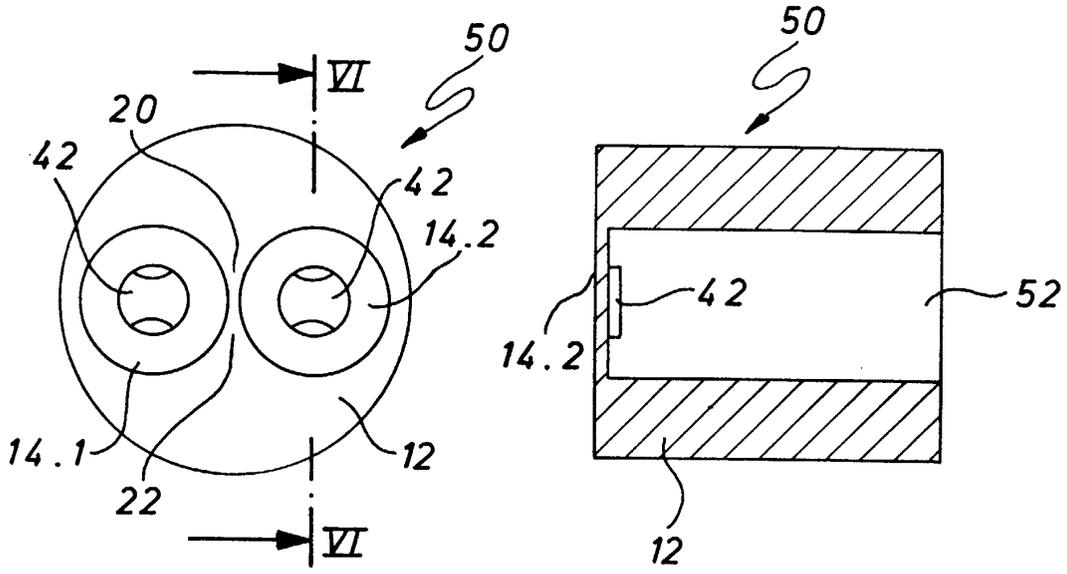


Fig. 5

Fig. 6

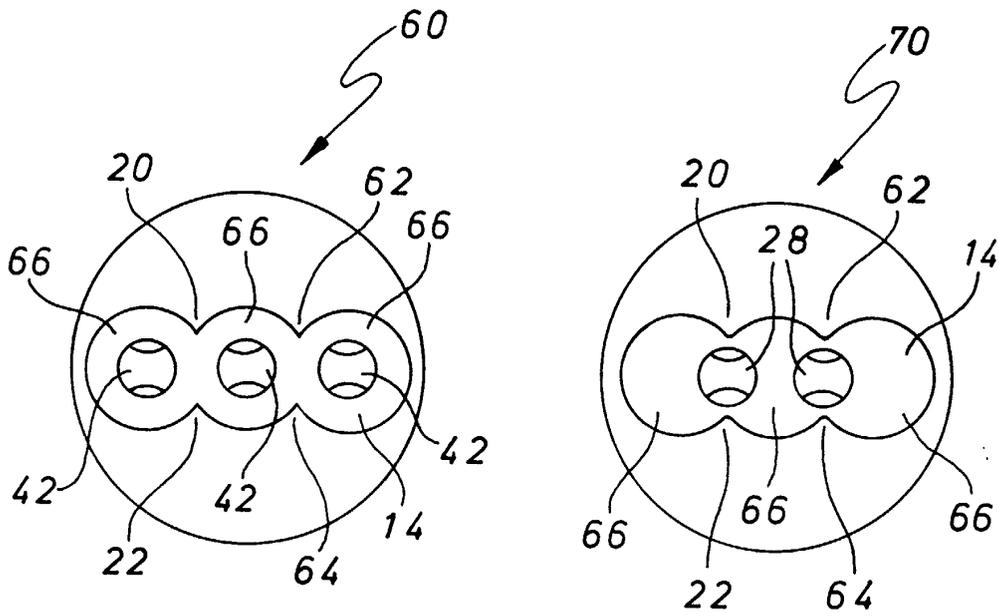


Fig. 7

Fig. 8

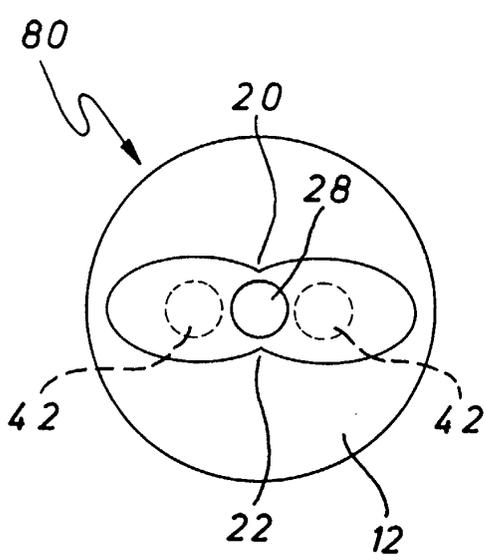


Fig. 9

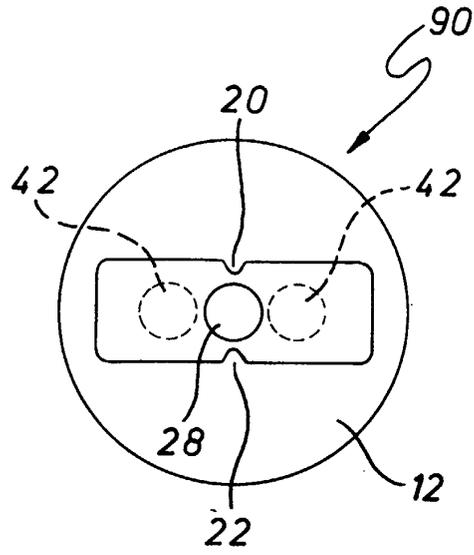


Fig. 10

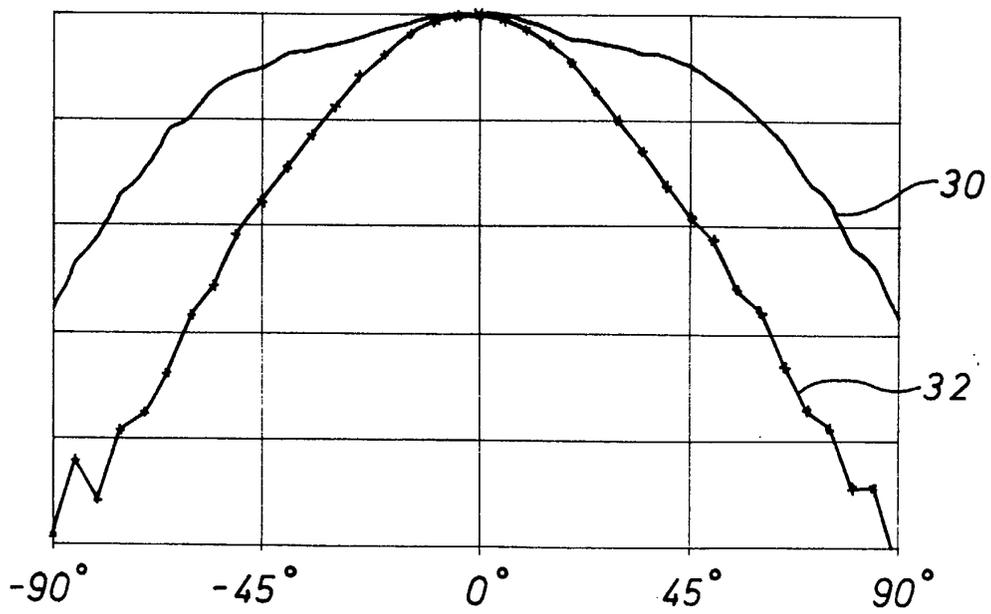


Fig. 11