



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 0 887 119 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
06.09.2006 Patentblatt 2006/36

(51) Int Cl.:
B06B 1/06 ^(2006.01) **G10K 11/00** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **98111319.4**

(22) Anmeldetag: **19.06.1998**

(54) **Elektroakustischer Wandler für Unterwassereinsatz**

Electro-acoustic transducer for underwater use

Transducer électro-acoustique destiné à une utilisation sous-marine

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT NL

(30) Priorität: **23.06.1997 DE 19726442**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
30.12.1998 Patentblatt 1998/53

(73) Patentinhaber: **ATLAS ELEKTRONIK GMBH**
28305 Bremen (DE)

(72) Erfinder:

- **Brenner, Axel**
28259 Bremen (DE)
- **Busch, Rainer**
26131 Oldenburg (DE)

- **Stumpff, Ulrich**
28857 Syke (DE)

(56) Entgegenhaltungen:

DE-C- 19 528 881 **US-A- 3 177 382**
US-A- 3 961 305 **US-A- 4 774 427**

- **HIROYUKI HACHIYA ET AL: "AN OMNIDIRECTIONAL TRANSDUCER DESIGN ATTACHED WITH HIGH SOUND-SPEED MATERIAL FOR USE IN DEEP SEAS" JAPANESE JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, PUBLICATION OFFICE JAPANESE JOURNAL OF APPLIED PHYSICS. TOKYO,JP, Bd. 28, Nr. SUPPL. 28-01, 1. März 1989 (1989-03-01), Seiten 57-59, XP000085264 ISSN: 0021-4922**

EP 0 887 119 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 elektroakustischen Wandler für Unterwassereinsatz der im Oberbegriff des Anspruchs 1 definierten Gattung.

[0002] Ein solcher als Ringwandler bezeichneter, elektroakustischer Wandler ist beispielsweise aus der DE 19 528 881 C1 bekannt. Zur Realisierung einer akustischen Unterwasser-Antenne mit einem kleinen vertikalen Öffnungswinkel werden mehrere solche Ringwandler mit Vertikalabstand übereinander angeordnet. Eine Unterwasserantenne dieser Art findet beispielsweise als in Schleppkörpern integrierte Sendeantenne von Sonaranlagen Anwendung.

[0003] Die mit einem solchen Ringwandler ins Wasser abgestrahlte akustische Leistung findet ihre Grenze mit Einsetzen der Kavitation in der Wandlerumgebung. Der Kavitationseinsatzpunkt ist wiederum abhängig von dem Wasserdruck am Wandlerort. Fig. 2 der Zeichnung zeigt die Abhängigkeit des Sendepegels L_S eines Ringwandlers von der an dem Wandler angelegten Betriebsspannung U_S für verschiedene Werte des Unterwasserdrucks, wobei der Wasserdruck p von der unteren zur oberen Kurve hin zunimmt. Der Sendepegel L_S einer Schallquelle, also des Sendewandlers, ist als der Schall- oder Schalldruckpegel im Abstand von 1 m vom Mittelpunkt der Schallquelle definiert. Das Ende jeder Kurve im Diagramm der Fig. 2 ist durch denjenigen Sendepegel festgelegt, bei dem Kavitation einsetzt. Deutlich ist zu erkennen, dass mit zunehmendem Wasserdruck p der Kavitationseinsatzpunkt zu höherem Sendepegel hin verschoben wird. Für den Sendewandler bedeutet dies, dass in größerer Wassertiefe mit einem größeren Sendepegel gearbeitet werden kann als bei geringerer Wassertiefe, bevor die Kavitationsgrenze erreicht wird.

[0004] Ein bekannter elektroakustischer Wandler (H. Hachiya et al: "An Omnidirectional Transducer Design Attached with High Sound-Speed Material for Use in Deep Seas", Pros. of 9th Symposium on Ultrasonic Electronics, March 1989, Seite 57 bis 59) weist ein hohlzylindrisches Wanderelement (cylindrical transducer shell element) auf, an dessen Zylinderinnenwand ein Belag aus einem Material mit hoher Schallgeschwindigkeit, aus einem sog. Syntaktik-Schaum (syntactic foam), befestigt ist. Die Schallgeschwindigkeit des Schaums ist deutlich größer als die von Wasser, so dass es möglich ist, die Phase der einfallenden Schallwelle aufgrund der Differenz der Schallgeschwindigkeit zwischen Wasser und Schaum zu steuern. Der Wellenwiderstand oder die akustische Impedanz des Schaums ist so ausgelegt, dass dieser bzw. diese möglichst genau dem Wellenwiderstand von Wasser entspricht, damit die Sendeverluste im Grenzbereich Wasser/Schaum minimiert sind. Die geometrische Anordnung und die Form des Syntaktik-Schaums sind so gestaltet, dass der elektroakustische Wandler in großer Wassertiefe eine omnidirektionale Richtcharakteristik aufweist.

[0005] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen elektroakustischen Wandler der eingangs genannten Art so zu verbessern, dass der von ihm ins Wasser abstrahlbare, vom Wasserdruck abhängige maximale Sendepegel, das ist der Sendepegel, bei dem gerade noch nicht Kavitation einsetzt, deutlich erhöht wird.

[0006] Die Aufgabe ist bei einem elektroakustischen Wandler der im Oberbegriff des Anspruchs 1 angegebenen Gattung erfindungsgemäß durch die Merkmale im Kennzeichenteil des Anspruchs 1 gelöst.

[0007] Der Erfindungsgemäße elektroakustische Wandler hat den Vorteil, dass durch die erfindungsgemäße Anordnung und Auslegung des druckfesten, zylindrischen Körpers im Zentrum des vom Ringkörper umschlossenen Innenraums bei vorgegebenem Wasserdruck der maximal erreichbare Sendepegel wesentlich größer ist als bei den herkömmlichen Wandlern, bei dem üblicherweise der Innenraum geflutet ist. Untersuchungen haben gezeigt, dass eine Steigerung des Sendepegels um bis zu 3 dB erzielt wird, ohne dass der Kavitationseinsatzpunkt erreicht wird. Damit ist es möglich, in Flachwassergebieten mit größerem Sendepegel und damit größerer Sendeleistung zu operieren. Große Sendeleistungen der Sendewandler bzw. der damit aufgebauten Sendeantennen lassen größere Detektionsreichweiten zu und verbesserte Empfangspegel erzielen, so dass die Ortungsergebnisse von Sonaranlagen deutlich verbessert werden können. Umgekehrt kann mit dem für eine bestimmte Sendeleistung optimierten Wandler die maximale Sendeleistung in einer deutlich geringeren Wassertiefe abgestrahlt werden, ohne dass Kavitation einsetzt. Damit wird der Einsatzbereich des Wandlers erheblich vergrößert, und es wird möglich, auch in Flachwassergebieten mit der Sonaranlage unterschiedlich tiefe Schallausbreitungskanäle zu nutzen.

[0008] Zweckmäßige Ausführungsformen des erfindungsgemäßen elektroakustischen Wandlers mit vorteilhaften Weiterbildungen und Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den weiteren Ansprüchen.

[0009] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist der zylindrische Körper hohl ausgebildet und mit Luft oder einem anderen Gas oder mit porösem Material oder mit Schüttgut gefüllt. Der Hohlkörper kann aus Stahl oder Kunststoff oder einem beliebigen anderen Material gefertigt werden. Alternativ kann der zylindrische Körper als massiver Körper aus einem Feststoff oder einem porösen Stoff ausgeführt werden. Im letzteren Fall muss der poröse Stoffkörper eine geschlossenenporige Außenhaut besitzen, um das Eindringen von Wasser zu verhindern.

[0010] Bei einer aus mehreren der erfindungsgemäßen Wandler zusammengesetzten Unterwasser-Sendeantenne ist gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung der zylindrische Körper als langgestrecktes Rohr oder langgestreckter Stab ausgebildet, auf dem die Ringkörper der einzelnen Wandler im Axialabstand voneinander gehalten sind. Die Halterung erfolgt dabei körperschallentkoppelt, wozu in der Halterung zwischen Rohr oder Stab und den Ringkörpern Entkopplungselemente, z.B. Gummiklötze, angeordnet sind.

[0011] Die Erfindung ist anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels im folgenden näher be-

schrieben. Es zeigen:

- Fig. 1 eine perspektivische Darstellung einer aus zwei elektroakustischen Wandlern bestehenden Unterwasser-Sendeantenne, schematisch dargestellt,
- Fig. 2 ein Diagramm des Sendepiegel L_S eines elektroakustischen Wandler als Funktion der Wandler Spannung U_S bei verschiedenen Wasserdrücken,
- Fig. 3 ein Diagramm des Sendepiegels L_S als Funktion der Wandler Spannung U_S für einen bekannten, herkömmlichen elektroakustischen Wandler (Kurve a) und des erfindungsgemäßen Wandler (Kurve b) in der Sendeantenne gemäß Fig. 1.

[0012] Die in Fig. 1 in perspektivischer Darstellung schematisch dargestellte Unterwasser-Sendeantenne 10 für eine Sonaranlage wird üblicherweise in einen Schleppkörper eingebaut, der von einem Schleppfahrzeug aus im Wasser nachgeschleppt wird. Der hohle Schleppkörper ist dabei vollständig mit Wasser geflutet. Die Außenhaut des Schleppkörpers ist aus einem Material gefertigt (z.B. Kunststoff), das einen akustischen Wellenwiderstand aufweist, der gleich dem von Wasser ist. Wie bekannt, entspricht der Wellenwiderstand der spezifischen Schallimpedanz des Materials unter der Voraussetzung, dass das Wasser als verlustfrei angenommen werden kann, was näherungsweise der Fall ist.

[0013] Die Unterwasser-Sendeantenne 10 weist im Beispiel der Fig. 1, zwei elektroakustische Wandler 11 auf, die koaxial und vertikal übereinander mit Axialabstand voneinander angeordnet sind. Die Anzahl der elektroakustischen Wandler 11 ist nicht auf zwei beschränkt.

[0014] Jeder der beiden im Aufbau identischen, elektroakustischen Wandler 11 besitzt einen Ringkörper 12, der einen zylindrischen Innenraum 13 umgrenzt. Der Ringkörper 12 ist auf seiner Innen- und Außenseite mit einem Schutzmantel 14 aus akustisch transparentem Material, z.B. Polyurethan oder Gummi, umgossen. Der detaillierte Aufbau des Ringkörpers 12 ist z.B. in der DE 19 528 881 C1 dargestellt und beschrieben. Im wesentlichen besteht der Ringkörper 12 aus einem Aluminiumrohr, in das eine Vielzahl von Axialschlitzten eingefräst ist, in die paarweise entgegengesetzt polarisierte Keramikplatten eingesetzt sind.

[0015] Der hier beschriebene elektroakustische Wandler 11 zeichnet sich dadurch aus, dass durch geeignete Maßnahmen sichergestellt ist, dass zumindest das Zentrum des zylindrischen Innenraums 13 einen Wellenwiderstand $p \cdot c$ aufweist, der ungleich dem Wellenwiderstand von Wasser ist. Dies lässt sich am einfachsten mit einem druckfesten, zylindrischen Körper 15 realisieren, der koaxial zum Ringkörper 12 angeordnet ist. Der zylindrische Körper 15 hat dabei einen Außendurchmesser, der kleiner ist als der Innendurchmesser des Ringkörpers 12 und steht in Achsrichtung über die beiden Stirnseiten des Ringkörpers 12 vor. Durch den zwischen dem Außenmantel des zylindrischen Körpers 15 und dem Innenmantel des Ringkörpers 12 verbleibenden Ringspalt kann Wasser hindurchtreten und so für die Abführung von im Sendebetrieb anfallender Verlustwärme sorgen. Der zylindrische Körper 15 kann dabei als hermetisch geschlossener Hohlkörper ausgebildet sein, der mit einem Medium, wie Gas oder Flüssigkeit oder mit einem Fest- oder Schüttstoff gefüllt ist. Bevorzugt wird ein mit Luft gefüllter Hohlkörper verwendet. Der Hohlkörper wird aus Metall oder Kunststoff gefertigt. Anstelle des Hohlkörpers kann aber auch ein massiver Festkörper oder ein poröser Stoffkörper, z.B. Schaumstoffkörper, verwendet werden. Im letzteren Fall ist der Stoffkörper mit einer geschlossenporigen Außenhaut zu versehen, damit das Eindringen von Wasser und damit eine Veränderung des Wellenwiderstands des zylindrischen Körpers 15 verhindert wird.

[0016] Im Ausführungsbeispiel der Unterwasser-Sendeantenne der Fig. 1 mit mindestens zwei elektroakustischen Wandlern 11 der beschriebenen Art sind die zylindrischen Körper 15 der einzelnen Wandler 11 im Falle der Ausbildung als Hohlzylinder zu einem langgestreckten Rohr 16 oder im Falle der Ausbildung als massiver Festkörper oder poröser Stoffkörper zu einem Stab zusammengefasst. Die Ringkörper 12 sind im Axialabstand voneinander an dem Rohr 16 bzw. an dem Stab gehalten. Die Halterung weist eine Mehrzahl von um gleiche Umfangswinkel zueinander versetzt angeordneten Haltern 17 auf, die einerseits an dem Rohr 16 - bzw. an dem Stab - und andererseits an einer der Stirnseite des Ringkörpers 12 befestigt sind. In Fig. 1 ist der Übersichtlichkeit halber nur ein einziger Halter 17 am unteren Wandler 11 dargestellt. Zur Körperschallentkopplung sind in der Halterung entsprechende Entkopplungselemente vorgesehen. Im Ausführungsbeispiel der Fig. 1 ist hierzu zwischen dem Halter 17 und der Stirnseite des Ringkörpers 12 ein Gummiklotz 18 eingespannt. Anstelle eines Gummiklotzes 18 kann auch ein Schaumstoffelement verwendet werden. Das hermetisch geschlossene, aus Metall oder Kunststoff gefertigte Rohr 16 hat durch Füllung mit Luft, einem Gas oder einer Flüssigkeit oder einem Schüttstoff, z.B. einem Granulat, oder durch Ausfüllung mit einem Feststoff einen Wellenwiderstand $p \cdot c$, der ungleich dem Wellenwiderstand von Wasser ist.

[0017] Im Diagramm der Fig. 3 ist mit Kurve b der Sendepiegel L_S von einem der beiden elektroakustischen Wandler 11 der Unterwasser-Sendeantenne 10 in Fig. 1 als Funktion der an den Wandler 11 gelegten Betriebsspannung U_S dargestellt. Die Kurve a zeigt die gleiche Funktion für den elektroakustischen Wandler 11, bei dem das Rohr 16 bzw. der dem Wandler 11 zugeordnete zylindrische Körper 15 entfernt und der zylindrische Innenraum 13 vollständig geflutet

ist. Beide Kurven gelten für die gleiche Wassertiefe, d.h. den gleichen Wasserdruck. Deutlich ist zu sehen, dass mit dem elektroakustischen Wandler 11 gemäß der Erfindung (Kurve b) der maximal erreichbare Sendepiegel um nahezu 3 dB höher liegt.

5

Patentansprüche

10

1. Elektroakustischer Wandler für Unterwassereinsatz mit einem einen zylindrischen Innenraum (13) einschließenden, akustisch wirksamen Ringkörper (12) und mit einem im Innenraum (13) koaxial zum Ringkörper (12) angeordneten, druckfesten, zylindrischen Körper (15), **dadurch gekennzeichnet, dass** der zylindrische Körper (15) stirnseitig geschlossen und mit einem gegenüber dem Innendurchmesser des Ringkörpers (12) kleineren Außendurchmesser so ausgebildet ist, dass zwischen dem Ringkörper (12) und dem zylindrischen Körper (15) ein Ringspalt verbleibt, und dass der zylindrische Körper (15) einen Wellenwiderstand ($p \cdot c$) aufweist, der von dem Wellenwiderstand des Wassers abweicht.

15

2. Wandler nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zylindrische Körper (15) ein poröser Stoffkörper, vorzugsweise Schaumstoffkörper, mit geschlossenporiger Außenhaut ist.

20

3. Wandler nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zylindrische Körper (15) ein massiver Festkörper ist.

4. Wandler nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zylindrische Körper (15) ein hermetisch geschlossener Hohlkörper ist, der mit einem Medium gefüllt ist.

25

5. Wandler nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Medium ein Gas, vorzugsweise Luft, oder eine Flüssigkeit oder ein Fest- oder Schüttstoff ist.

6. Wandler nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Hohlkörper aus Metall oder Kunststoff gefertigt ist.

30

7. Wandler nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zylindrische Körper (15) in Achsrichtung über beide plane Stirnseiten des Ringkörpers (12) vorsteht.

35

8. Wandler nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zylindrische Körper (15) ein langgestrecktes, hermetisch geschlossenes Rohr (16) oder ein langgestreckter Stab ist, an dem der Ringkörper (12) gehalten ist.

9. Wandler nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Halterung zwischen Rohr (16) bzw. Stab und Ringkörper (12) Elemente zur Körperschallentkopplung, z.B. Gummiklötze (18) angeordnet sind.

40

10. Wandler nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** auf dem Rohr (16) bzw. Stab mindestens ein zweiter Ringkörper (12) im Axialabstand vom ersten Ringkörper (12) angeordnet ist.

Claims

45

1. Electroacoustic transducer for underwater use having an acoustically acting annular body (12) which encloses a cylindrical internal area (13), and having a pressure-resistant, cylindrical body (15) which is arranged coaxially with respect to the annular body (12) in the internal area (13), **characterized in that** the cylindrical body (15) is closed at the end and is designed to have an external diameter which is smaller than the internal diameter of the annular body (12), such that an annular gap remains between the annular body (12) and the cylindrical body (15), and **in that** the cylindrical body (15) has a characteristic impedance ($p \cdot c$) which is not the same as the characteristic impedance of the water.

50

2. Transducer according to Claim 1, **characterized in that** the cylindrical body (15) is a porous material body, preferably a foam body, with a closed-pore outer skin.

55

3. Transducer according to Claim 1, **characterized in that** the cylindrical body (15) is a massive solid body.

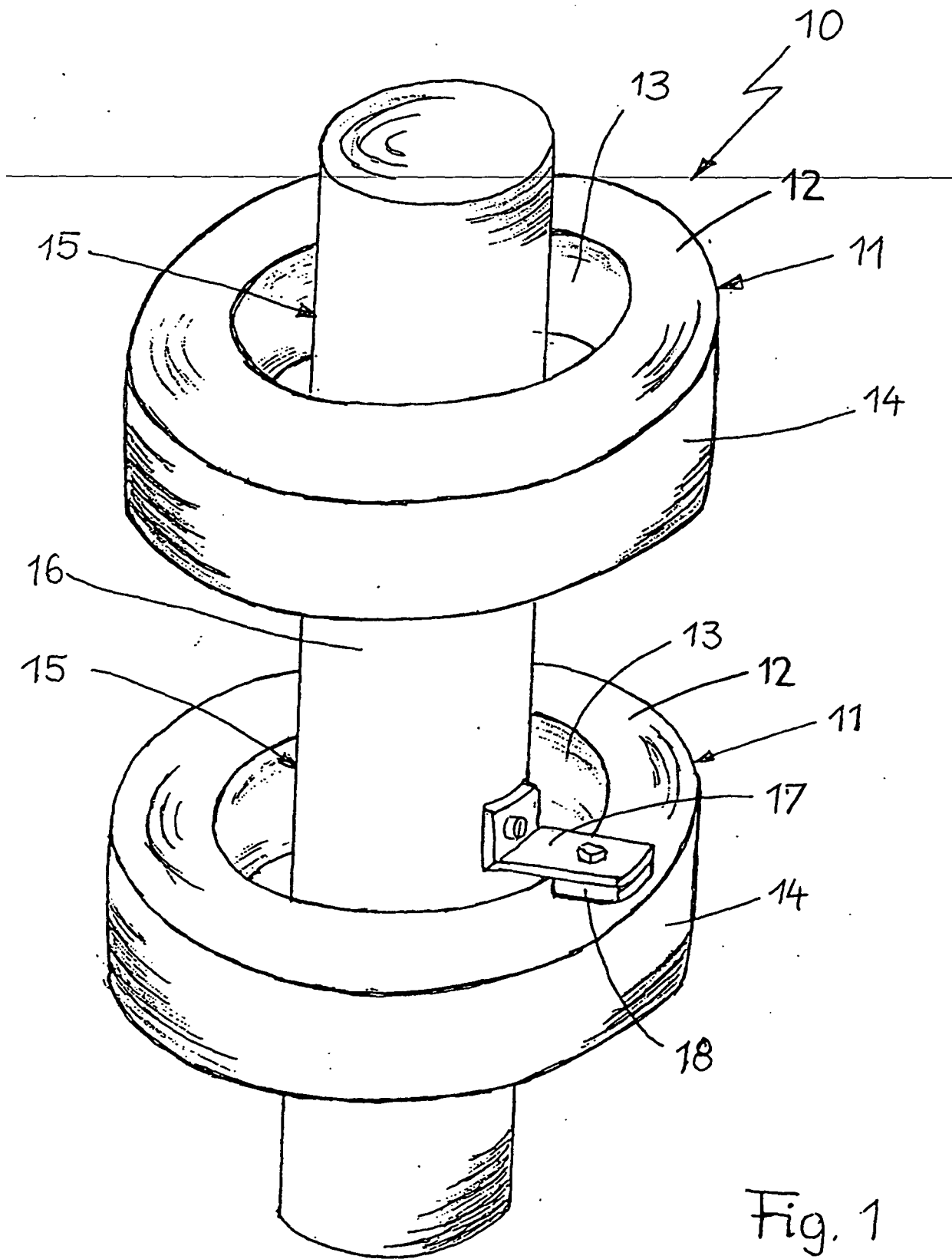
4. Transducer according to Claim 1, **characterized in that** the cylindrical body (15) is a hermetically sealed hollow

body which is filled with a medium.

5. Transducer according to Claim 4, **characterized in that** the medium is a gas, preferably air, a liquid, a solid or a material which can be poured.
6. Transducer according to Claim 4 or 5, **characterized in that** the hollow body is made of metal or plastic.
7. Transducer according to one of Claims 1 to 6, **characterized in that** the cylindrical body (15) projects in the axial direction beyond both planar end faces of the annular body (12).
8. Transducer according to Claim 7, **characterized in that** the cylindrical body (15) is an elongated, hermetically sealed tube (16) or an elongated rod on which the annular body (12) is held.
9. Transducer according to Claim 8, **characterized in that** elements for structure-borne sound decoupling, for example rubber blocks (18), are arranged in the holder between the tube (16) or the rod and the annular body (12).
10. Transducer according to Claim 8 or 9, **characterized in that** at least one second annular body (12) is arranged on the tube (16) or rod, at an axial distance from the first annular body (12).

Revendications

1. Convertisseur électro-acoustique pour utilisation sous-marine, qui présente un corps annulaire (12) acoustiquement actif qui entoure un espace cylindrique intérieur (13) et un corps cylindrique (15) qui résiste à la pression et qui est disposé coaxialement par rapport au corps annulaire (12) dans l'espace intérieur (13), **caractérisé en ce que** le corps cylindrique (15) est fermé sur son côté frontal et a un diamètre extérieur plus petit que le diamètre intérieur du corps annulaire (12), de telle sorte qu'un espace annulaire reste entre le corps annulaire (12) et le corps cylindrique (15), et **en ce que** le corps cylindrique (15) présente une impédance caractéristique ($p \cdot c$) différente de l'impédance caractéristique de l'eau.
2. Convertisseur selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le corps cylindrique (15) est un corps en matière poreuse, de préférence un corps en mousse dont la peau extérieure est à pores fermés.
3. Convertisseur selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le corps cylindrique (15) est un corps solide plein.
4. Convertisseur selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le corps cylindrique (15) est un corps creux hermétiquement fermé et rempli d'un fluide.
5. Convertisseur selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** le fluide est un gaz, de préférence l'air, un liquide, un corps solide ou un corps en particules.
6. Convertisseur selon les revendications 4 ou 5, **caractérisé en ce que** le corps creux est réalisé en métal ou en matière synthétique.
7. Convertisseur selon l'une des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** le corps cylindrique (15) déborde dans la direction axiale au-delà des deux côtés frontaux plans du corps annulaire (12).
8. Convertisseur selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** le corps cylindrique (15) est un tube (16) allongé et hermétiquement fermé ou un barreau allongé sur lequel est maintenu le corps annulaire (12).
9. Convertisseur selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** le maintien entre le tube (16) ou le barreau et le corps annulaire (12) est constitué d'éléments de découplage acoustique, par exemple des blocs en caoutchouc (18).
10. Convertisseur selon les revendications 8 ou 9, **caractérisé en ce qu'au moins un deuxième corps annulaire (12)** est disposé à distance axiale du premier corps annulaire (12) sur le tube (16) ou sur le barreau.



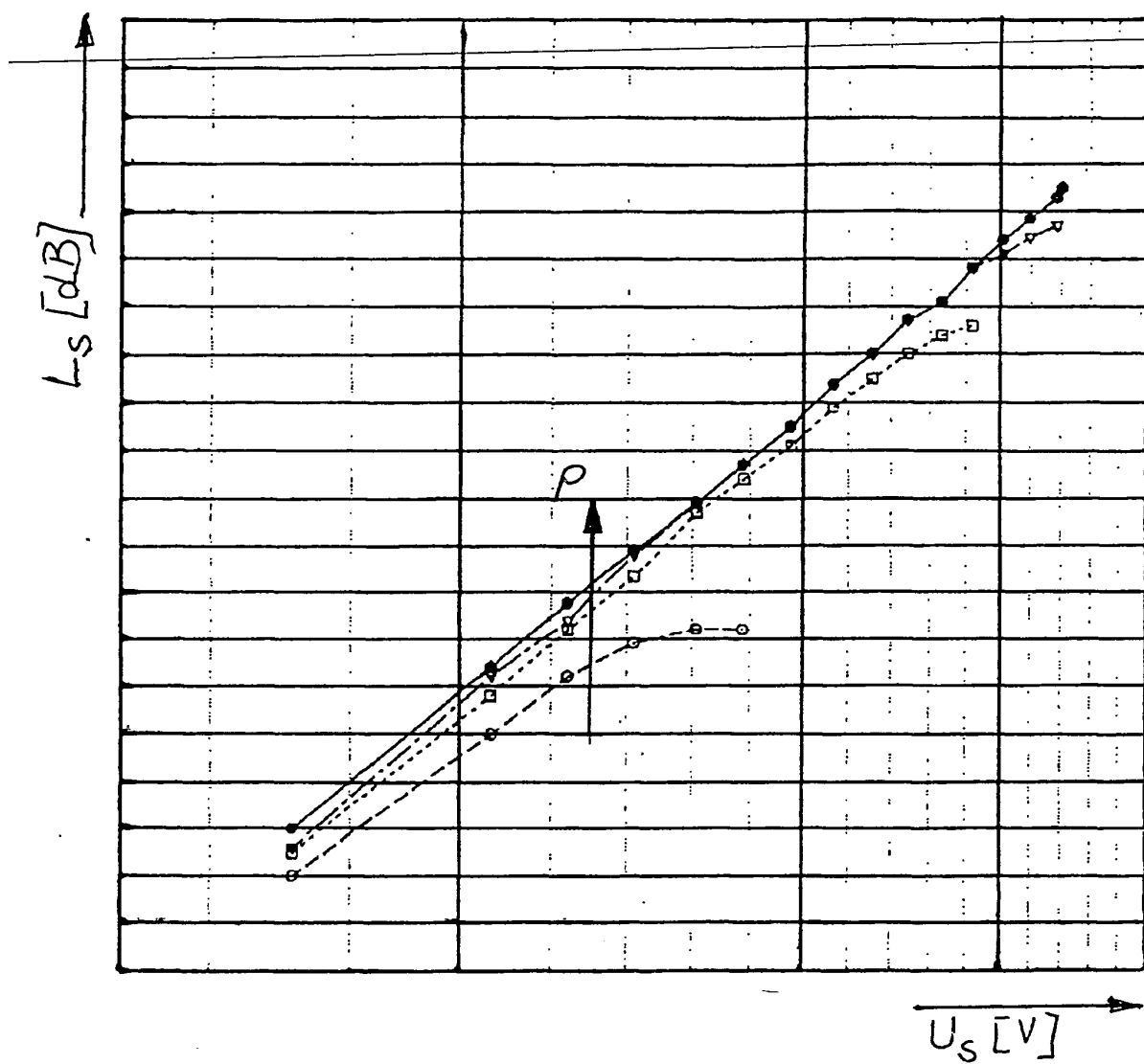


Fig. 2

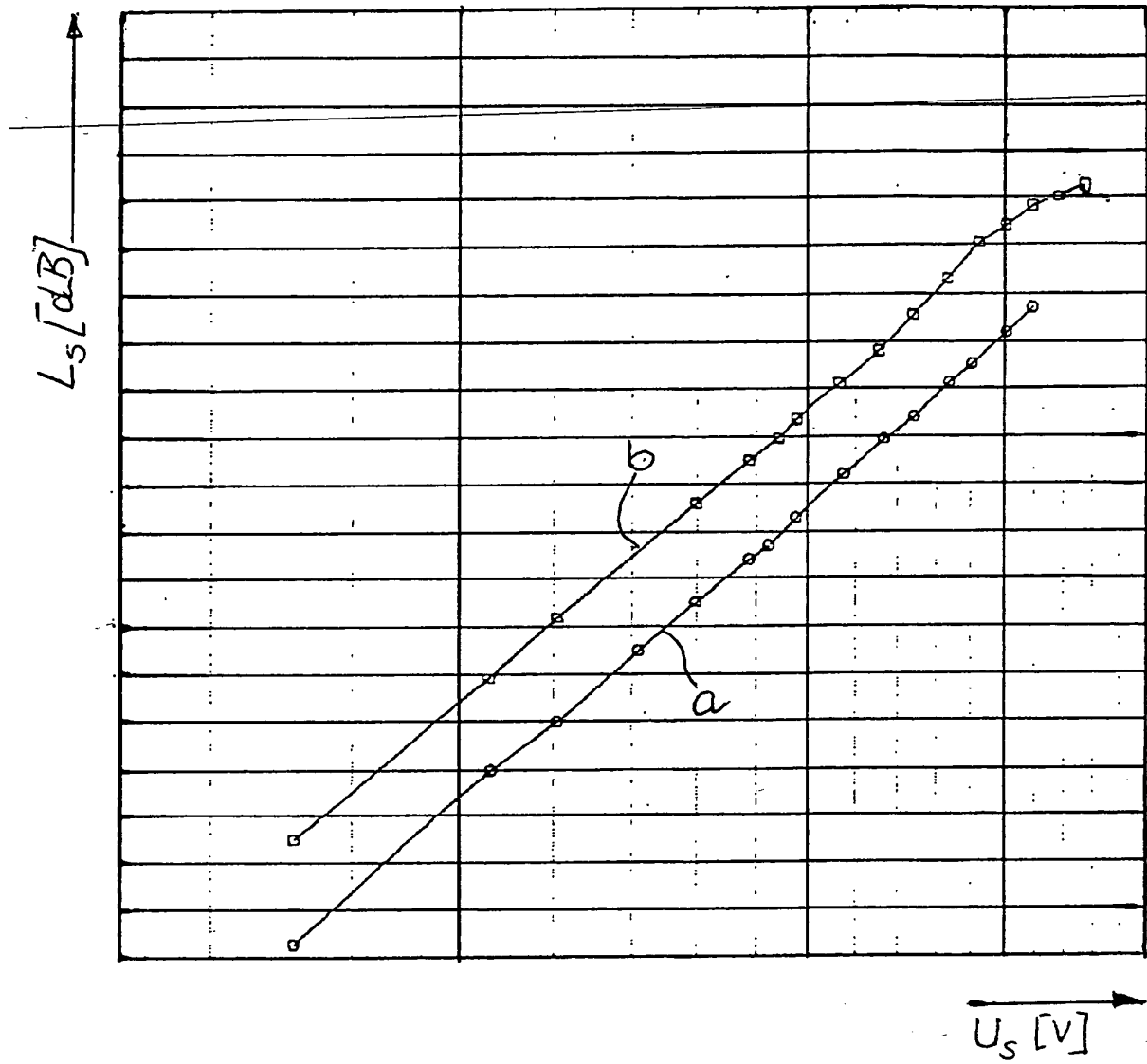


Fig. 3