



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

**EP 0 887 119 A2**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
**30.12.1998 Patentblatt 1998/53**

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: **B06B 1/06, G10K 11/00**

(21) Anmeldenummer: **98111319.4**

(22) Anmeldetag: **19.06.1998**

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

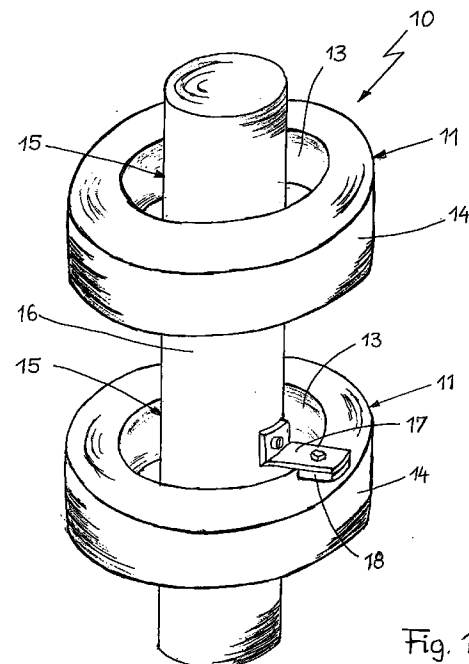
(72) Erfinder:  
• **Brenner, Axel**  
  **28259 Bremen (DE)**  
• **Busch, Rainer**  
  **26131 Oldenburg (DE)**  
• **Stumpff, Ulrich**  
  **28857 Syke (DE)**

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

(71) Anmelder:  
**STN ATLAS Elektronik GmbH**  
**28305 Bremen (DE)**

### (54) **Elektroakustischer Wandler für Unterwassereinsatz**

(57) Bei einem elektroakustischen Wandler für Unterwassereinsatz mit einem Ringkörper (12) und einem vom Ringkörper (12) umgrenzten, zylindrischen Innenraum (13) weist zwecks Erhöhung des maximal ins Wasser abstrahlbaren Sendepiegels bei vorgegebendem Wasserdruck zumindest das Zentrum des zylindrischen Innenraums (13) einen Wellenwiderstand auf, der ungleich dem von Wasser ist.



**EP 0 887 119 A2**

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen elektroakustischen Wandler für Unterwassereinsatz, der im Oberbegriff des Anspruchs 1 definierten Gattung.

Ein solcher als Ringwandler bezeichneter elektroakustische 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 Sendeantennen von Sonaranlagen Anwendung.

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 Sendepiegels  $L_S$  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 Sendepiegel  $L_S$  einer Schallquelle, also des Sendewandlers, ist als der Schall- oder Schalldruckpegel im Abstand von  $1\text{ m}$  vom Mittelpunkt der Schallquelle definiert. Das Ende jeder Kurve im Diagramm der Fig. 2 ist durch denjenigen Sendepiegel festgelegt, bei dem Kavitation einsetzt. Deutlich ist zu erkennen, daß mit zunehmendem Wasserdruck  $p$  der Kavitationseinsatzpunkt zu höherem Sendepiegel hin verschoben wird. Für den Sendewandler bedeutet dies, daß in größerer Wassertiefe mit einem größerem Sendepiegel gearbeitet werden kann als bei geringerer Wassertiefe, bevor die Kavitationsgrenze erreicht wird.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen elektroakustischen Wandler der eingangsgenannten Art so zu verbessern, daß der von ihm ins Wasser abstrahlbare, vom Wasserdruck abhängige maximale Sendepiegel, das ist der Sendepiegel, bei dem gerade noch nicht Kavitation einsetzt, deutlich erhöht wird.

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.

Der erfindungsgemäße elektroakustische Wandler hat den Vorteil, daß durch die erfindungsgemäße Auslegung des Zentrums des vom Ringkörper umschlossenen Innenraums bei vorgegebenem Wasserdruck der maximal erreichbare Sendepiegel wesentlich größer ist als bei den herkömmlichen Wandlern, bei dem üblicher Weise der Innenraum geflutet ist. Untersuchungen haben gezeigt, daß eine Steigerung des Sendepiegels um bis zu 3 dB erzielt wird, ohne daß der Kavitationseinsatzpunkt erreicht wird. Damit ist es möglich, im Flachwassergebiet mit größerem Sendepiegel 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.

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

Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist zur technisch einfachen Realisierung des Wellenwiderstandes im Zentrum des zylindrischen Innenraums dort ein mit dem Ringkörper coaxialer zylindrischer Körper angeordnet. Der Außendurchmesser des zylindrischen Körpers ist vorzugsweise kleiner als der lichte Innendurchmesser des Ringkörpers, und der zylindrische Körper steht axial über beide Stirnseiten des Ringkörpers vor. Der druckfest ausgeführte zylindrische Körper kann hohl sein und mit Luft oder einem anderen Gas oder mit porösem Material oder mit Schüttgut gefüllt sein. Er kann ebensogut als massiver Körper aus einem Feststoff oder einem porösen Stoff ausgeführt werden. Im letzten Fall muß der poröse Stoffkörper eine geschlossenporige Außenhaut besitzen, um das Eindringen von Wasser zu verhindern. Der Hohlkörper kann aus Stahl oder Kunststoff oder einem beliebigen anderen Material gefertigt werden.

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.

Die Erfindung ist anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels im folgenden näher beschrieben. Es zeigen:

- Fig. 1: eine perspektivische Darstellung einer aus zwei elektroakustischen Wandlern bestehenden Unterwasser-Sendeantenne, schematisch dargestellt,
- Fig. 2: ein Diagramm des Sendepiegels  $L_S$  eines elektroakustischen Wandlers als Funktion der Wandlerspannung  $U_S$  bei verschiedenen Wasser-

drücken,

- 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 Wandlers (Kurve b) in der Sendeantenne gemäß Fig. 1.

Die in Fig. 1 in perspektivischer Darstellung schematisch dargestellte Unterwasser-Sendeantenne 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.

Die Unterwasser-Sendeantenne weist im Beispiel der Fig. 1, 2 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.

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.

Der hier beschriebene elektroakustische Wandler 11 zeichnet sich dadurch aus, daß das durch geeignete Maßnahmen sichergestellt ist, daß zumindest das Zentrum des zylindrischen Innenraums 13 einen Wellenwiderstand  $\rho - c$  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 Innenringmantel des Ringkörpers 12 verbleibenden Radialspalt 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. In letzterem 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.

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 Stirnseiten 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  $\rho - c$ , der ungleich dem Wellenwiderstand von Wasser ist. Im Diagramm der Fig. 3 ist mit 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 Wandlern, 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.

#### Patentansprüche

1. Elektroakustischer Wandler für Unterwassereinsatz mit einem Ringkörper (12) und einem vom Ringkörper (12) umgrenzten, zylindrischen Innenraum (13), dadurch gekennzeichnet, daß zumindest das Zen-

trum des zylindrischen Innenraums (13) einen Wellenwiderstand ( $\rho - c$ ) aufweist, der ungleich dem von Wasser ist.

2. Wandler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß im Zentrum ein druckfester, zylindrischer Körper (15) coaxial zum Ringkörper (12) angeordnet ist. 5
  
3. Wandler nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der zylindrische Körper (15) ein poröser Stoffkörper, vorzugsweise Schaumstoffkörper, mit geschlossenporiger Außenhaut oder ein massiver Festkörper ist. 10
  
4. Wandler nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der zylindrische Körper (15) ein hermetisch geschlossener Hohlkörper ist, der mit einem Medium gefüllt ist. 15
  
5. Wandler nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Medium ein Gas, vorzugsweise Luft, oder aber eine Flüssigkeit oder ein Fest- oder Schüttstoff ist. 20
  
6. Wandler nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Hohlkörper aus Metall oder Kunststoff gefertigt ist. 25
  
7. Wandler nach einem der Ansprüche 2 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Außendurchmesser des zylindrischen Körpers (15) kleiner ist als der Innendurchmesser des Ringkörpers (12). 30
  
8. Wandler nach einem der Ansprüche 2 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der zylindrische Körper (15) in Achsrichtung über beide plane Stirnseiten des Ringkörpers (12) vorsteht. 35
  
9. Akustische Sendeantenne mit mindestens zwei elektroakustischen Wandlern (11) nach einem der Ansprüche 2 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die zylindrischen Körper (15) der mindestens zwei Wandler (11) zu einem langgestreckten Rohr (16) oder einem Stab zusammengefaßt sind, auf dem die Ringkörper (12) im Axialabstand voneinander gehalten sind. 40  
45
  
10. Sendeantenne nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß in der Halterung zwischen Rohr (16) bzw. Stab und Ringkörper (12) Elemente zur Körperschallentkopplung, z. B. Gummiklötze (18), angeordnet sind. 50

55

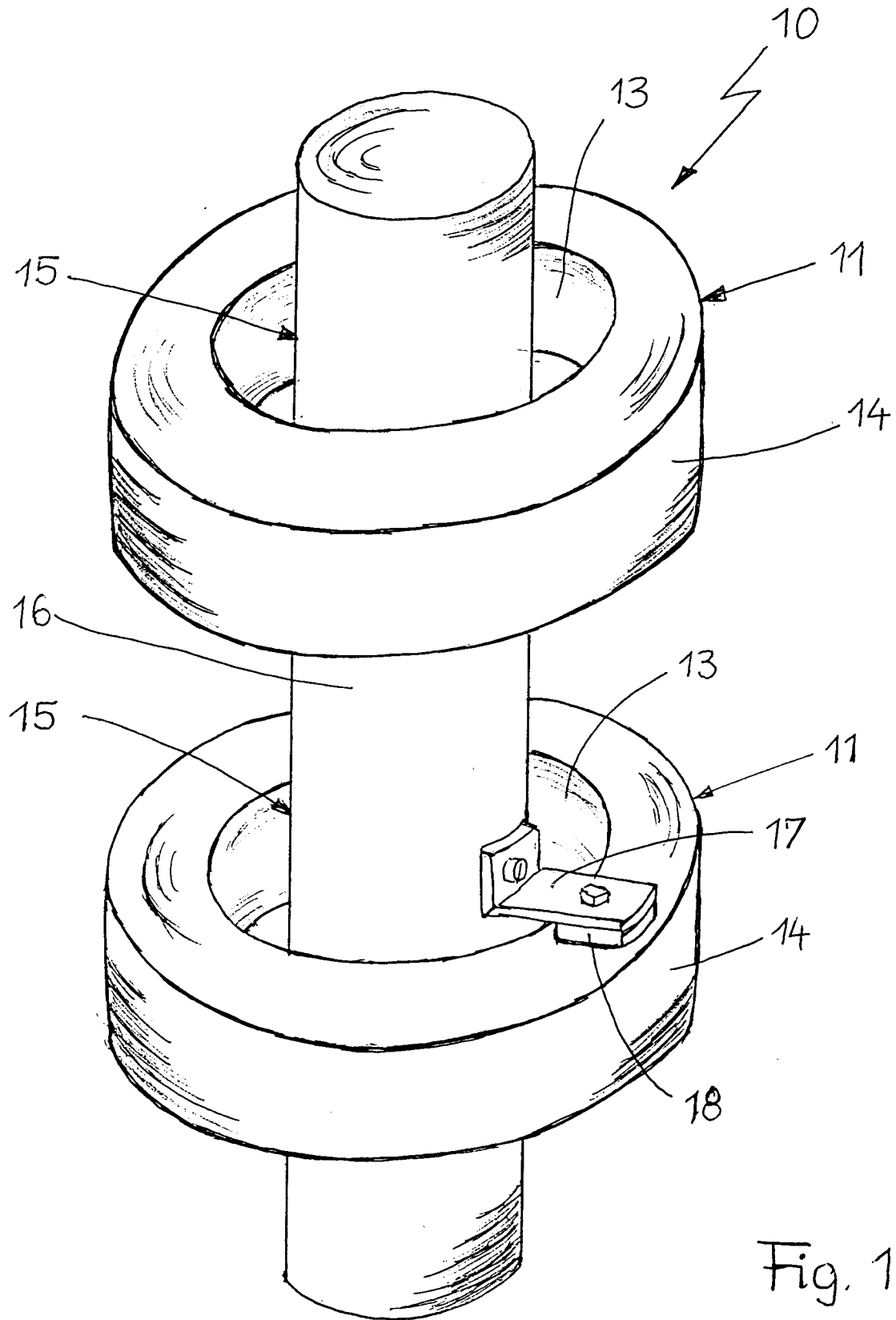


Fig. 1

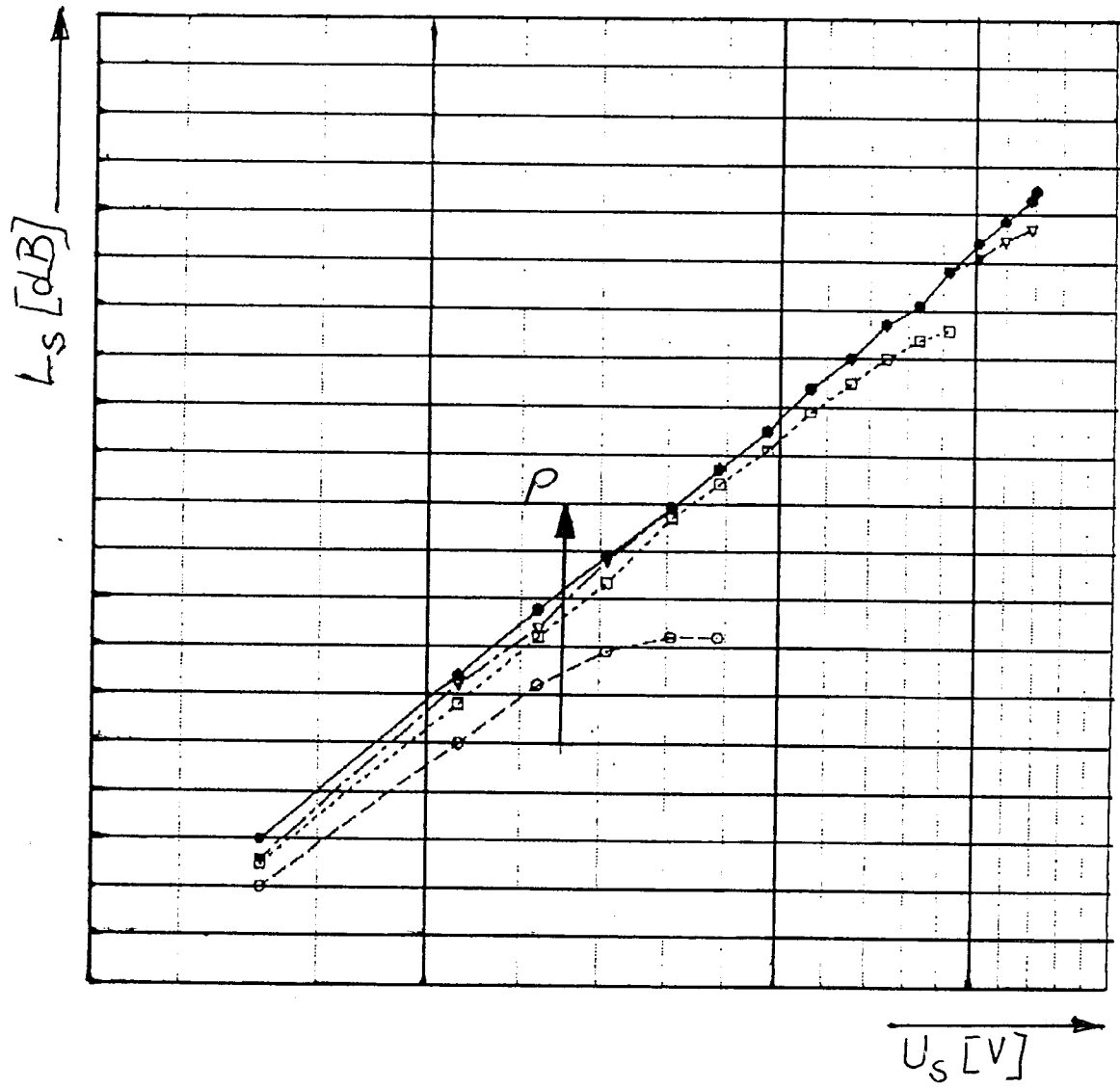


Fig. 2

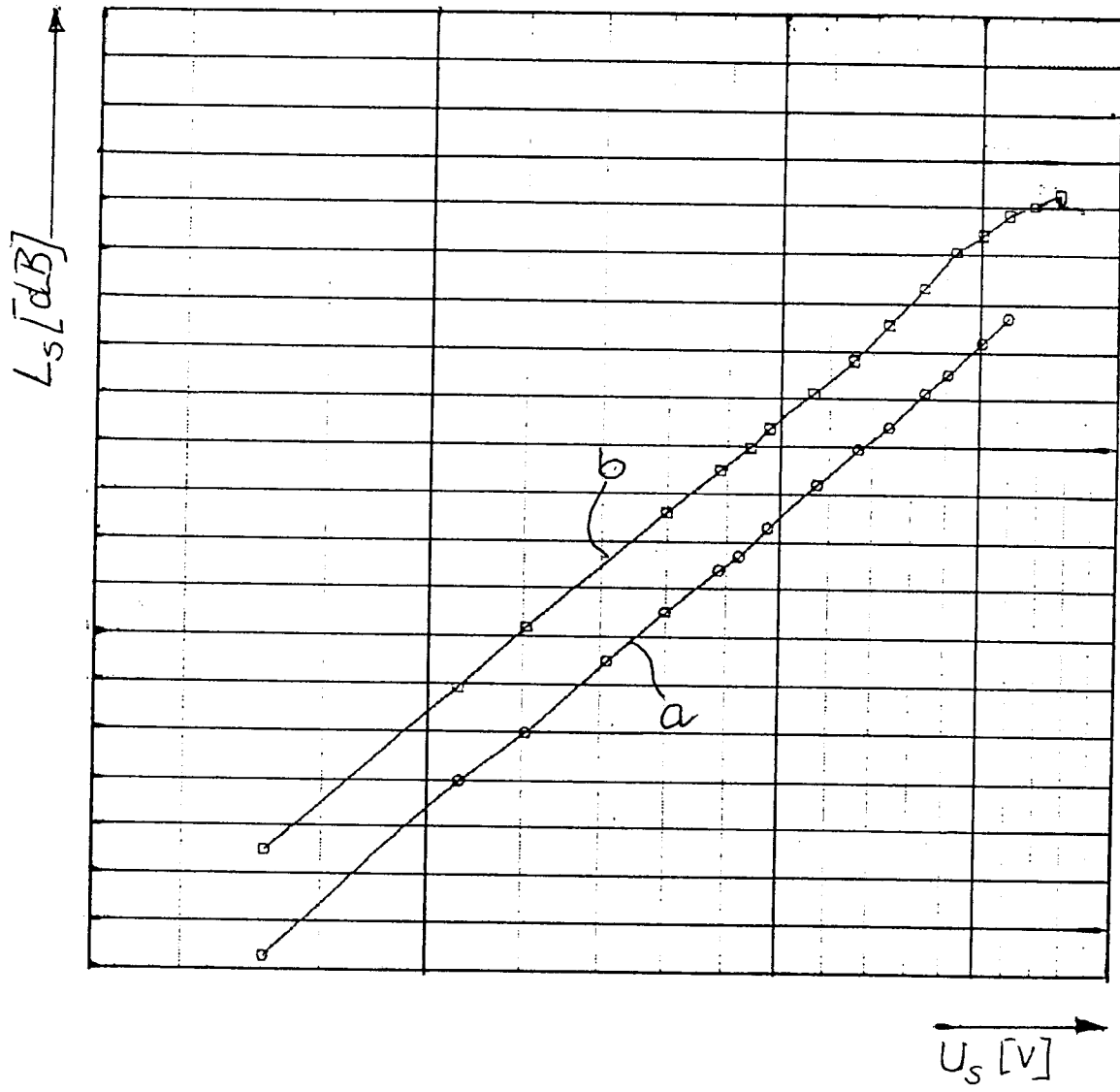


Fig. 3