

12 **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21 Anmeldenummer: 86109041.3

51 Int. Cl.4: H04R 3/00

22 Anmeldetag: 02.07.86

30 Priorität: 06.07.85 DE 3524280

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
11.03.87 Patentblatt 87/11

64 Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE FR GB IT LI LU NL SE

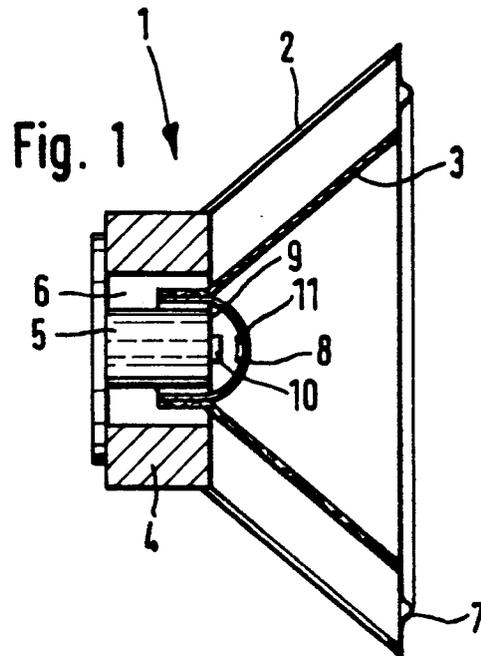
71 Anmelder: **Bolz, Michael**
Beethovenstrasse 46
D-6390 Usingen(DE)

72 Erfinder: **Bolz, Michael**
Beethovenstrasse 46
D-6390 Usingen(DE)

74 Vertreter: **Schaafhausen, Ludwig Richard,**
Dipl.-Phys. et al
KEIL & SCHAAFHAUSEN Patentanwälte
Ammeburgstrasse 34
D-6000 Frankfurt am Main 1(DE)

54 **Lautsprecher mit Membrangegenkopplung.**

57 Bei einem Lautsprecher (1) mit Membrangegenkopplung wird mit einem induktiven Sensor (10) ein aus der Bewegung der Membran (3) abgeleitetes elektrisches Signal für die Gegenkopplung erzeugt. Der Sensor (10) ist gegenüber der Membran (3) ortsfest angeordnet und als Hochfrequenzoszillator ausgebildet. Durch die zumindest teilweise metallische, metallisierte oder mit einem Metallplättchen (11) versehene Membran (3) wird die Schwingung des Hochfrequenzoszillators bedämpft. Die hochfrequente Schwingung wird auf einen gleichbleibenden Wert geregelt. Der für die Aufrechterhaltung der Schwingung auf den gleichenden Wert notwendige Strom wird zur Erzeugung des elektrischen Signal gemessen.



EP 0 213 319 A2

Lautsprecher mit Membrangegenkopplung

Die Erfindung bezieht sich auf einen Lautsprecher mit Membrangegenkopplung über einen induktiven Sensor, mit dem ein aus Bewegung der Membran abgeleitetes elektrisches Signal für die Gegenkopplung erzeugbar ist.

Aus der GB-A-231 972 ist bereits eine Membrangegenkopplung für Lautsprecher bekannt, bei der die in der Schwingspule des dynamischen Lautsprechers während der Bewegung induzierte Gegen-EMK ermittelt und auf das Gitter einer Verstärkerröhre für den Lautsprecher gegengekoppelt wird.

Bekannt ist auch eine kapazitive Membrangegegenkopplung, bei der die Membran metallisiert ist. Dabei befindet sich in geringem Abstand vor der Membran ein möglichst schalldurchlässiges Metallgitter, das mit der metallisierten Membran einen Kondensator bildet, dessen Kapazität durch die Schwingungen der Membran verändert wird (Funkschau 1975, Heft 22, Seite 773 bis 776). Das Metallgitter ist aufwendig zu montieren und störend. Wegen der geringen Kapazität des Kondensators sind geringe Abstände zwischen Membran und Metallgitter und/oder hohe Spannungen zwischen beiden Bauteilen notwendig. Bei hohen Spannungen müssen besondere Sicherheitsmaßnahmen getroffen werden, während durch zu geringe Abstände Berührungen zwischen den Bauteilen und damit Kurzschlüsse hervorgerufen werden können.

Bei einem aus der DE-A-84 23 528 bekannten Lautsprecher mit Membrangegenkopplung ist auf der Lautsprechermembran zumindest ein Mikrofon befestigt, das sich mit der Membran bewegt. Mit dem Mikrofon soll eine Gegenkopplungsspannung erzeugt werden, die von der Laufzeit des von der Membran erzeugten Schalls nicht mehr störend beeinflusst wird. Durch das Mikrofon wird die Masse der Membran erhöht. Außerdem sind Anschlußleitungen zwischen dem Mikrofon und der ortsfest gegenüber der Membran angeordneten Verstärkerschaltung vorzusehen.

Aus der DE-C-32 37 262 ist ein Lautsprecher mit Membrangegenkopplung bekannt, bei dem ein Hall-Element mit der Membran verbunden ist. Das Hall-Element kann dabei z.B. an der Membran angeklebt sein. Um ein dem Verschiebeweg der Membran proportionales Ausgangssignal zu erhalten, ist das Hall-Element auf einem mit der Membran verbundenen Träger angeordnet. Dem Hall-Element steht ein ortsfester Magnet gegenüber. Das Hall-Element ist über vier Anschlußdrähte mit der Stromversorgung und der Verstärkerschaltung für den Lautsprecher verbunden.

Bekannt ist ferner ein Lautsprecher mit einem induktiven Sensor, der als feststehende Spule oder als anderes, feststehendes magnetfeldempfindliches Bauelement ausgebildet ist. Die Spule oder das andere magnetfeldempfindliche Bauelement sind im Bereich des magnetischen Streufelds der Schwingspule montiert. Bei Mittel- und Hochtonlautsprechern befindet sich die Spule vor der Kalotte der Membran. Bei Tieftonlautsprechern werden zwei Spulen in Reihe geschaltet, von denen die eine vor der Kalotte der Membran angebracht ist, während die andere auf der Rückseite des Lautsprechers auf dem Magneten befestigt ist. Wenn der Magnetkern des Lautsprechers eine Bohrung aufweist, ist die Spule in der Bohrung angebracht. Die Spule muß eine möglichst große Induktivität haben, damit die Grenzfrequenz des Gegenkopplungskreises niedrig wird. Eine große Induktivität läßt sich bei einer Spule mit zahlreichen Windungen erreichen. Damit ergeben sich größere Abmessungen. Die Spule muß bei Lautsprechern ohne hohlen Magneten vor der Kalotte symmetrisch zur Mittelachse der Schwingspule ortsfest angebracht werden. Hierfür ist ein beträchtlicher Aufwand notwendig (DE-A-34 45 572).

Aus der US-A-28 60 183 sind ebenfalls Lautsprecheranordnungen mit Einrichtungen zur Erzeugung je einer der Membranbewegung entsprechenden Gegenkopplungsspannung bekannt. Eine dieser Lautsprecheranordnungen enthält einen feststehenden, mit einer Spule bewickelten U-förmigen Magneten, vor dessen Schenkeln eine metallische Lautsprechermembran angeordnet ist. In der Mitte zwischen den Schenkeln des Magneten befindet sich ein weiterer stabförmiger Magnet mit einer Spule, in der bei Bewegung der Membran eine Spannung induziert wird, die auf einen der Lautsprecherspulen vorgeschalteten Verstärker zurückgekoppelt wird.

Schließlich ist es bekannt, die Schwingspule eines elektrodynamischen Lautsprechers in einem Zweig einer Brückenschaltung anzuordnen, an deren Brückendiagonale ein der Geschwindigkeit der Schwingspule proportionales Signal abgegriffen wird. Bei Geschwindigkeitsgegenkopplung wird das Signal der Brückendiagonale direkt zur Gegenkopplung des Verstärkers des Lautsprechers benutzt. Bei Bewegungsgegenkopplung oder Beschleunigungsgegenkopplung wird das Signal der Brückendiagonale zunächst integriert oder differenziert, bevor es dem Verstärker zugeführt wird - ("radio fernsehen elektronik" 30 (1981), Heft 1, S. 45-48).

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Lautsprecher mit Membrangegenkopplung der eingangs genannten Art zu schaffen, bei dem das aus der Bewegung der Membran gewonnene Signal ohne unerwünscht hohe Spannungen, ohne Anschlußleitungen zur Membran und ohne die Gefahr von Kurzschlüssen bei einer etwaigen Berührung von Membran und Sensor mit hoher Linearität in Abhängigkeit von der Bewegungsamplitude der Membran erzeugt wird.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß der Sensor ein gegenüber der Membran ortsfester, durch die zumindest teilweise metallische, metallisierte oder mit einem Metallplättchen versehene Membran bedämpfbarer Hochfrequenzoszillator ist, dessen für die Aufrechterhaltung eines gleichbleibenden Hochfrequenzpegels notwendiger Strom zur Erzeugung des elektrischen Signals gemessen wird. Bei einem derartigen Lautsprecher läßt sich der ortsfeste Hochfrequenzoszillator ein bewegungsabhängiges Signal entnehmen, wobei die Membran durch den Sensor in ihrer Masse praktisch nicht verändert wird. Es sind auch keine aufwendigen Maßnahmen zur Verbindung von mit der Membran beweglichen elektrischen Bauteilen mit ortsfesten Schaltungsteilen notwendig. Da das Signal sich durch die Bewegung der Membran auch bei niedrigen Pegeln hinreichend stark ändert, werden keine hohen Spannungen benötigt. Es erübrigen sich daher die bei höheren Spannungen notwendigen Aufwendungen für starke Isolierung und große Luft- bzw. Kriechstrecken zwischen spannungsführenden Teilen.

Vorzugsweise enthält der Sensor einen Schwingkreis mit einer Spule, deren Spulenfeld durch Annäherung der zumindest teilweise metallischen, metallisierten oder mit einem Metallplättchen versehenen Membran veränderbar ist. Das metallische Teil, durch dessen Position gegenüber dem Sensor das Spulenfeld mehr oder weniger stark beeinflusst wird, muß bei dieser Anordnung nicht aus ferromagnetischem Material bestehen.

In Weiterbildung des Erfindungsgedankens enthält der Sensor einen Hochfrequenzoszillatorteil als Regelstrecke für einen eine gleichbleibende Hochfrequenzschwingung bei unterschiedlichen Abständen zwischen der Spule und der Membran aufrechterhaltenden Regler, wobei die Stromaufnahme des Sensors für die Erzeugung des elektrischen Signals gemessen wird. Bei dieser Ausbildung wird die Schwingung des Hochfrequenzoszillatorteils geregelt. Bei steigender Bedämpfung des Schwingkreises wird mit geringer werdendem Abstand zwischen Spule und metallischem Teil die Oszillatorschwingung durch eine größere Ver-

stärkung mit Hilfe des Reglers aufrechterhalten. Die größte Verstärkung führt zu einem höheren Stromverbrauch, der für die Erzeugung des Gegenkopplungssignals gemessen wird.

Vorzugsweise schwingt der Hochfrequenzoszillatorteil mit einem elektrischen Wechselfeld im Bereich von etwa 1,5 MHz. Bei höheren Frequenzen kann der Oszillatorteil kleinere Abmessungen aufweisen. Der Raumbedarf für die Anbringung des Hochfrequenzoszillatorteils im Lautsprecher ist daher gering.

Zweckmäßigerweise sind der Regler und wenigstens teilweise der Hochfrequenzoszillatorteil als eine integrierte Schaltung ausgebildet. Aufgrund der Verbindung dieser Bauteile in einer integrierten Schaltung wird eine Anordnung mit geringem Volumen erhalten, die sich auf einfache Weise im Lautsprecher montieren läßt.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung weist die Spule einen Kern auf, dessen Enden einen offenen magnetischen Weg begrenzen, in dem die zumindest teilweise metallische, metallisierte oder mit dem Metallplättchen versehene Membran angeordnet und den Enden des Kerns zugewandt ist. Durch eine entsprechende Formgebung der offenen Enden des Kerns ist es möglich, die Empfindlichkeit des Sensors festzulegen.

Bei einer besonders vorteilhaften Ausführungsform ist der vom Sensor aufgenommene Strom durch einen Widerstand meßbar, dessen Spannungsabfall an den Eingang eines Verstärkers gelegt ist, der über ein Differenzierglied und/oder ein Integrierglied und/oder ein Proportionalglied die Gegenkopplungsspannung einem den Lautsprecher speisenden Verstärker zuführt.

Vorzugsweise liegt die Stärke des Metallplättchens oder der Metallschicht auf der Membran oder der metallisierten Membran zwischen 1 µm und 100 µm. Der Abstand zwischen der Membran in ihrer Ruhelage und den Enden der Spule beträgt zweckmäßigerweise 1 bis 5 mm. Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, die Membran aus Titan herzustellen.

In Weiterbildung des Erfindungsgedankens wird bei einem Passivlautsprecher, bei dem in einem Gehäuse mehrere Lautsprecher angeordnet sind, das für die Gegenkopplung bestimmte elektrische Signal dem außerhalb des Gehäuses angeordneten Endverstärker für die Schwingspule zugeführt oder in einen dem Endverstärker vorgeschalteten Stromkreis eingespeist. Dabei ist es vorteilhaft, wenn der Endverstärker von einem Vorverstärker gespeist wird, dem das elektrische Signal für die Gegenkopplung zugeführt wird.

Vorzugsweise wird das elektrische Signal über einen Regler dem Vor-oder Endverstärker zugeführt. Der Regler ist zweckmäßigerweise als Adapter ausgebildet, der in entsprechend angepaßte Elemente des den Vorverstärker, Endverstärker und den Lautsprecher enthaltenden Kreises einsetzbar ist.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform sind in dem Lautsprechergehäuse mehrere Lautsprecher vorgesehen, die Sensoren für Gegenkopplungssignale aufweisen. Die Ausgänge der Sensoren sind über eine Summierschaltung mit dem Eingang des Reglers verbunden. Die Sensoren können bei Mittel- und Tieftonlautsprechern Hall-Sensoren sein, während bei den Hochtonlautsprechern induktive Sensoren verwendet werden.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert, die in der Zeichnung dargestellt sind:

Es zeigen:

Fig. 1 in teilweise geschnittener, stark vereinfachter Darstellung eine Seitenansicht eines Mittelton-Lautsprechers mit einem induktiven Sensor,

Fig. 2 ein Blockschaltbild des induktiven Sensors,

Fig. 3 ein Schaltbild des Gegenkopplungskreises eines mit einem induktiven Sensor versehenen Lautsprechers,

Fig. 4 in schematischer Darstellung Einzelheiten des induktiven Sensors,

Fig. 5 eine Fig. 1 entsprechende Seitenansicht eines Hochton-Lautsprechers mit einem induktiven Sensor,

Fig. 6 eine Fig. 5 entsprechende Seitenansicht eines Tiefton-Lautsprechers mit einem an einer anderen Stelle angebrachten induktiven Sensor,

Fig. 7 ein Schaltbild eines Hochfrequenzoszillators mit einem Regler und

Fig. 8 ein Schaltbild einer Anordnung mit mehreren in dem Gehäuse eines Passivlautsprechers angeordneten Lautsprechern.

In Fig. 1 ist ein Mittelton-Lautsprecher 1 mit einem konischen Lautsprecherkorb 2 und einer an diesem aufgehängten Membran 3 dargestellt. Der Lautsprecher 1 enthält einen Topfmagneten 4 mit einem darin konzentrisch angeordneten Magnetkern 5, der durch einen Ringspalt 6 von der Innenwand des Topfmagneten 4 getrennt ist. In dem Ringspalt 6 erstreckt sich ein magnetisches Feld zwischen dem Magnetkern 5 und dem Topfmagneten 4 vorwiegend in radialer Richtung. Die Membran 3, die durch eine nachgiebige Randeinspannung 7 mit dem Lautsprecherkorb 2 verbunden ist, kann sich in axialer Richtung des Lautsprechers 1 leicht bewegen. Die Membran 3 weist eine, der Stirnseite 9 des Magnetkerns 5 gegenüberliegende Kalotte 8 auf.

Auf der Stirnseite 9 des Magnetkerns 5 ist ein induktiver Sensor 10 befestigt. Dies kann z.B. durch Kleben erfolgen. Der Sensor 10 ist als Hochfrequenzoszillator ausgebildet und gegenüber der Membran 3 ortsfest angeordnet. Auf der dem Sensor 10 axial gegenüberliegenden Stelle der Kalotte 8 der Membran 3 ist ein dünnes Metallplättchen 11 befestigt. Es ist auch möglich, daß zumindest an dieser Stelle die Membran 3 mit einer aufgetragenen Metallschicht versehen ist. Die Membran 3 kann im übrigen zumindest an der dem Sensor 10 gegenüberliegenden Stelle aus Metall bestehen. Die Stärke des Metallplättchens 11, der Metallschicht oder die Stärke der metallisierten Membran liegt vorzugsweise zwischen 1 µm und 100 µm.

Durch das Metallplättchen 11 bzw. die Metallschicht oder metallische Membran 3 wird der Sensor 10 je nach der Größe des Abstands mehr oder weniger stark bedämpft. Es wird jedoch eine gleichbleibende Hochfrequenzschwingung aufrechterhalten. Hierfür muß je nach dem Grad der Bedämpfung mehr oder weniger Energie in den Sensor 10 eingespeist werden. Der Strom für die Aufrechterhaltung der gleichbleibenden Hochfrequenzschwingung wird zur Erzeugung des für die Gegenkopplung notwendigen Signals gemessen. Durch die Schwingung der Membran 3 treten Abstandsänderungen zwischen dem Sensor 10 und dem Metallplättchen 11 bzw. den diesen entsprechenden Metallteilen auf. Diese Abstandsänderungen rufen über den unterschiedlichen Grad der Bedämpfung entsprechende Ströme zur Aufrechterhaltung der gleichbleibenden Hochfrequenzschwingung hervor.

Wie Fig. 2 zu entnehmen ist, ist der induktive Sensor 10 im wesentlichen aus einem Hochfrequenzoszillatorteil 12 und einem Regler 13 aufgebaut. Der Hochfrequenzoszillatorteil 12 führt hochfrequente Schwingungen aus, deren Frequenz vorzugsweise etwa 1,5 MHz beträgt. Es sind aber auch tiefere Frequenzen möglich. Die unregelmäßige Schwingungsamplitude ist ein Maß für den Abstand des Sensors 10 zum Metallplättchen 11 bzw. den an dessen Stelle angeordneten Metallteilen. Der Hochfrequenzoszillatorteil 12 ist mit dem Regler 13 derart verbunden, daß der Regler 13 die Schwingungsamplitude feststellt und durch Änderung der Verstärkung der Oszillatorspannung diese auf einem gleichbleibenden Wert hält. Die verstärkende Eigenschaft des Reglers 13 ist in Fig. 2 durch ein Dreieck dargestellt. Der Oszillatorteil 12 und der Regler 13 sind in Reihe über einen Widerstand 14 an eine Spannungsquelle 15 gelegt.

Die dem Abstand zwischen Sensor 10 und Metallplättchen 11 proportionale Verstärkung des Reglers 13 wirkt sich in einem entsprechenden Strom aus, der am Widerstand 14 einen Spannungsabfall erzeugt, der entweder unmittelbar oder mittelbar das elektrische Signal für die Gegenkopplungsspannung ist.

Die Fig. 3 zeigt eine Schaltungsanordnung mit dem Widerstand 14, der Spannungsquelle 15 und einem Verstärker 16 für den Lautsprecher 1. Der Widerstand 14 ist in Reihe mit der Spannungsquelle 15 an die Zuleitungen 17, 18 des Sensors 10 gelegt. Parallel zum Widerstand 14 ist der Eingang eines Verstärkers 19 geschaltet, der ausgangseitig über ein Differenzierglied 20, ein Integrierglied 21 und ein Proportionalglied 22 einen weiteren, nicht näher bezeichneten Verstärker speist, dessen Ausgang über einen einstellbaren Widerstand 23 auf den einen Eingang des Verstärkers 16 rückgekoppelt ist. Das Differenzierglied 20, das Integrierglied 21 und das Proportionalglied 22 sind zur Einstellung eines Differenzier-, Integrier- oder Proportionalverhaltens der Membran 3 bestimmt. Die Glieder 20 bis 22 können je nach Bedarf vorgesehen werden und unter Umständen auch im Rückkopplungszweig des Verstärkers 19 eingefügt sein. Der Verstärker 16 speist ausgangseitig die Anschlüsse 24, 25 einer nicht näher bezeichneten, mit der Membran 3 verbundenen Schwingspule.

Der in Fig. 4 schematisch dargestellte induktive Sensor 10 besteht aus dem Hochfrequenzoszillatorteil 12 und einem nicht näher bezeichneten Schwingkreis, der eine Spule 26 aufweist, die mit einem Kern 27 ausgestattet ist. Der Kern 27 ist Teil eines magnetischen Kreises, der eine an den Enden 28, 29 des U-förmigen Kern 27 beginnende Luftstrecke umfaßt. In dieser Luftstrecke bewegt sich das Metallplättchen 11 und bedämpft dabei je nach dem Abstand zu den Enden 28, 29 das Wechselfeld des Schwingkreises mehr oder weniger stark. Der Kern 27 nebst Spule 26 sind vorzugsweise im Gehäuse des Sensors 10 angeordnet, wobei die Enden 28, 29 in Höhe einer Seite liegen, die dem Metallplättchen 11 zugewandt ist. Durch die Form der beiden Enden 28, 29 ist es möglich, den Verlauf der am Widerstand 14 abfallenden Spannung in Abhängigkeit vom Abstand zwischen den Enden 28, 29 und dem Metallplättchen 11 eine gewünschte Form zu geben. Der Abstand zwischen den Enden 28, 29 und dem Metallplättchen 11 beträgt in der Ruhelage der Membran 3 etwa 1 mm bis 5 mm.

Die Fig. 5 zeigt einen Hochton-Lautsprecher 30, bei dem der Sensor 10 in der Mitte der Stirnseite 9 des Magnetkern 5 befestigt ist. Das Metallplättchen 11 befindet sich in der Mitte der

die Stirnseite überspannenden Kalotte 8 der Membran 3, wie dies ähnlich in bezug auf den in Fig. 1 gezeigten Mittelton-Lautsprecher beschrieben worden ist.

In der Fig. 6 ist ein Tiefton-Lautsprecher 31 dargestellt. Das Metallplättchen 11 befindet sich bei diesem Lautsprecher 31 im Bereich der konischen Wand der Membran 3. Auf dem Lautsprecherkorb 2 ist der Sensor 10 mittels eines Trägers 32 so befestigt, daß sich der Sensor 10 und das Metallplättchen 11 im Abstand von etwa 1 bis 5 mm gegenüberstehen.

Der in Fig. 7 gezeigte Hochfrequenzoszillatorteil 12 des Sensors 10 enthält einen in Emitterschaltung betriebenen Transistor 33, in dessen Kollektorkreis ein Parallelschwingkreis aus der Spule 26 und einer Kapazität 34 angeordnet ist. Im Emittterkreis des Transistors 33 befindet sich ein Emittterwiderstand 35. Im Basiskreis ist eine Rückkopplungsinduktivität 36 vorgesehen, deren Enden je an die Basis des Transistors 33 und an den Abgriff eines aus zwei Widerständen 37, 38 bestehenden Spannungsteilers gelegt sind. Parallel zum Widerstand 38 liegt ein Überbrückungskondensator 39.

Die Oszillatorspannung wird am Kollektorkreis des Transistors 33 abgegriffen und im Regler 13 über einen Kondensator 40 mittels eines als Diode geschalteten Transistors 41 gleichgerichtet und durch einen als Emittterfolger geschalteten weiteren Transistor 42, in dessen Emittterkreis ein weiterer Kondensator 48 angeordnet ist, geglättet. Der Emittter des Transistors 42 ist über eine Diode 43 und einen Emittterwiderstand 44 an einen Pol 45 der Spannungsquelle 15 gelegt. Der Kollektor des Transistors 42 ist über den Widerstand 14 mit dem anderen Pol 46 der Spannungsquelle 15 verbunden. Parallel zum Emittterwiderstand 35 liegt die Drain-Source-Strecke eines Feldeffekttransistors 47, dessen Gate-Elektrode mit dem Kondensator 48 verbunden ist. Die gleichgerichtete Oszillatorspannung bewirkt über den Feldeffekttransistor 47 eine solche Gegenkopplung im Hochfrequenzoszillatorteil 12, daß die Oszillatorspannung etwa konstant gehalten wird. Die gleichgerichtete Oszillatorspannung ist ein Maß für den Abstand zwischen dem Sensor 10 und dem Metallplättchen 11. Der Hochfrequenzoszillatorteil 12 bildet die Regelstrecke für den Regler 13, der über den Feldeffekttransistor 47 die Verstärkung im Oszillator als Regelgröße beeinflusst. Die Bedämpfung, d. h. der Abstand zwischen Spule 26 und Metallplättchen 11 ist die Störgröße. Der über den Widerstand 14 fließende Strom ist ein Maß für den jeweiligen Abstand des Sensors 10 vom Metallplättchen 11.

Durch die Höhe der Frequenz des Sensors 10 ist es möglich, eine hohe Empfindlichkeit zu erreichen, d. h. Membranbewegungen von 10 bis 50 μm sind noch meßbar. Die Masse der Membran 3 wird praktisch nicht vergrößert. Wenn die Membran 3 aus Titan besteht, kann auf das Metallplättchen 11 verzichtet werden.

Zur Justierung kann der Sensor 10 auf einer Hülse 49 angeordnet sein, die in einer Bohrung im Magnetkern 5 verstellbar eingesetzt ist. Die an der Spitze des Magnetkerns 5 angeordnete, z.B. mit einem Gewinde in Achsrichtung verstellbare Hülse 49, trägt an ihrem, über den Magnetkern 5 hinausragenden Ende den als integrierten Schaltkreis mit einer Spule ausgebildeten Sensor 10.

Als Sensor 10 kann beispielsweise ein induktiver Geber verwendet werden, der unter der Type 921LC2 von der Fa. Honeywell hergestellt und vertrieben wird. Bei diesem Sensor, der bei einem Abstand von 2 mm zwischen Spule und Metallplättchen sein Ausgangssignal sprungartig ändert, wird nur der Bereich vor 2 mm ausgenutzt. Es hat sich gezeigt, daß der vorstehend erwähnte Sensor bei Abständen, die kleiner als der zur Umschaltung des Ausgangssignals führende Abstand sind, eine Ausgangsspannung erzeugt, die dem Abstand zwischen Sensor 10 und Metallplättchen 11 proportional ist. Diese Eigenschaft wird für die Membrangegenkopplung ausgenutzt.

Die Einstellung des Abstandes zwischen dem Sensor 10 und dem Metallplättchen 11 erfolgt mit Ton-Bursts von Sinuswellen. Es wird derjenige Abstand eingestellt, bei dem sich möglichst geringe Verzerrungen der Schallwellen ergeben. Die Wahl der Gegenkopplungsart wird dem Einsatzbereich des jeweiligen Lautsprechers angepaßt, z.B. proportional bei Tiefton-Lautsprechern, da deren Bewegungen langsamer ablaufen.

Bei der in Fig. 8 dargestellten Anordnung sind in einem Gehäuse 50 eines Passivlautsprechers ein Hochtonlautsprecher 51, ein Mitteltonlautsprecher 52 und ein Tieftonlautsprecher 53 vorgesehen. Alle Lautsprecher 51 bis 53 weisen Sensoren auf, die in Fig. 8 nicht näher dargestellt sind. Es handelt sich vorzugsweise um Sensoren der oben beschriebenen Art. Während bei dem Hochtonlautsprecher 51 stets ein induktiver Sensor 10 eingesetzt wird, können bei den Lautsprechern 52 und 53 auch Sensoren der in der DE-C-32 37 262 beschriebenen Art verwendet werden. Falls, wie in Fig. 8 gezeigt, in dem Gehäuse 50 mehrere Lautsprecher mit Sensoren vorhanden sind, werden die Sensorsignale einer Summierschaltung 54 zugeführt, in der sie einander überlagert werden. Der Ausgang der Summierschaltung 54 ist mit einem PID-Regler 55 verbunden. Der Regler 55 und die Summierschaltung 54 sind zu einer Adaptereinheit zusammengefaßt, deren Ausgangssignal in den die

Lautsprecher 51 bis 53 speisenden Stromkreis eingeführt werden. Eine geeignete Stelle 57 für die Zufuhr des Ausgangssignals des Reglers 55 ist der Eingang eines Endverstärkers 56, der die Lautsprecher 51, 52, 53 über entsprechende Ausgangsstufen speist. Der Endverstärker 56 ist auch ohne das Reglersignal funktionsfähig und kann die Lautsprecher 51 bis 53 speisen. Der Endverstärker 56 ist an einen Vorverstärker 58 angeschlossen. Es ist auch möglich, das Ausgangssignal des Reglers 55 an einer Stelle 59 dem Vorverstärker 58 zuzuführen, der wahlweise von Signalen, z.B. eines Rundfunkempfängers, Tonbands oder Plattenspielers gespeist wird.

Der Regler 55, dessen Ausgangssignal somit an mehreren Stellen in den die Verstärker 56 und 58 und die Lautsprecher 51 bis 53 enthaltenden Kreis eingespeist werden kann, wirkt frequenzabhängig auf die den Lautsprechern 51 bis 53 zugeführten Signale ein. Vorzugsweise enthält das Lautsprechergehäuse 50 Sensorbuchsen 60 bis 62, an die die Sensorsignale gelegt sind. Von diesen Sensorbuchsen werden Leitungen zu der Summierschaltung 54 geführt.

Der Regler 55 stellt eine Zusatzelektronik dar, die auf den Signalzweig vor der Endstufe einwirkt. Werden die Sensorsignale mehrerer oder aller Lautsprecher 51 bis 53 zur Regelung benutzt, so wird vor der eigentlichen Regelstufe die Summenbildung durchgeführt. Der so entstandene Frequenzgang des Weges wird dann in der PID-Regel-elektronik 55 entsprechend aufbereitet und an den Stellen 57 oder 59 gegengekoppelt. Hierdurch läßt sich sowohl das Impulsverhalten als auch der Frequenzgang eines Passivlautsprechers gezielt unter Beibehaltung der vorhandenen Elektronik - (Verstärker) beeinflussen.

40 Bezugszeichenliste 1 Mittelton-Lautsprecher

2 Lautsprecherkorb

3 Membran

4 Topfmagnet

5 Magnetkern

50 6 Ringspalt

7 Randeinspannung

8 Kalotte

55 9 Stirnseite

10 Sensor

| | | |
|-------------------------------|----|--|
| 11 Metallplättchen | | 40 Kondensator |
| 12 Hochfrequenzoszillatorteil | | 41 Transistor |
| 13 Regler | 5 | 42 Transistor |
| 14 Widerstand | | 43 Diode |
| 15 Spannungsquelle | | 44 Widerstand |
| 16 Verstärker | 10 | 45 Pol |
| 17 Zuleitung | | 46 Pol |
| 18 Zuleitung | 15 | 47 Feldeffekttransistor |
| 19 Verstärker | | 48 Kondensator |
| 20 Differenzierglied | | 49 Hülse |
| 21 Integrierglied | 20 | 50 Gehäuse |
| 22 Proportionalglied | | 51 Hochtonlautsprecher |
| 23 Widerstand | 25 | 52 Mitteltonlautsprecher |
| 24 Anschlüsse | | 53 Tieftonlautsprecher |
| 25 Anschlüsse | | 54 Summierschaltung |
| 26 Spule | 30 | 55 PID-Regler |
| 27 Kern | | 56 Endverstärker |
| 28 Ende | 35 | 57 Stelle |
| 29 Ende | | 58 Vorverstärker |
| 30 Hochton-Lautsprecher | | 59 Stelle |
| 31 Tiefton-Lautsprecher | 40 | 60 bis 61 Sensorbuchsen |
| 32 Träger | | |
| 33 Transistor | 45 | Ansprüche |
| 34 Kapazität | | |
| 35 Emitterwiderstand | | 1. Lautsprecher (1) mit einer Membrangege- |
| 36 Rückkopplungsinduktivität | 50 | kopplung über einen induktiven Sensor (10) mit |
| 37 Widerstand | | dem ein aus der Bewegung der Membran (3) abge- |
| 38 Widerstand | 55 | leitetes elektrisches Signal für die Gegenkopplung |
| 39 Überbrückungskondensator | | erzeugbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß der |
| | | Sensor (10) ein gegenüber der Membran (3) ortsfes- |
| | | ter, durch die zumindest teilweise metallische, |
| | | metallisierte oder mit einem Metallplättchen (11) |
| | | versehene Membran (3) bedämpfbarer Hochfre- |
| | | quenzoszillator ist, dessen für die Aufrechterhal- |

tung eines gleichbleibenden Hochfrequenzpegels notwendiger Strom zur Erzeugung des elektrischen Signals gemessen wird.

2. Lautsprecher nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Sensor (10) einen Schwingkreis mit einer Spule (26) enthält, deren Spulenfeld durch Annäherung der zumindest teilweise metallischen, metallisierten oder mit einem Metallplättchen (11) versehenen Membran (3) veränderbar ist.

3. Lautsprecher nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Sensor (10) einen Hochfrequenzoszillatorteil (12) als Regelstrecke für eine gleichbleibende Hochfrequenzschwingung bei unterschiedlichen Abständen zwischen der Spule (26) und der Membran (3) aufrechterhaltenden Regler (13) enthält, und daß die Stromaufnahme des Sensors (10) für die Erzeugung des elektrischen Signals gemessen wird.

4. Lautsprecher nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Hochfrequenzoszillatorteil (12) mit einem elektrischen Wechselfeld im Bereich von etwa 1,5 MHz - schwingt.

5. Lautsprecher nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Regler (13) und wenigstens teilweise der Hochfrequenzoszillatorteil (12) als eine integrierte Schaltung ausgebildet sind.

6. Lautsprecher nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Spule (26) einen Kern (27) aufweist, dessen Enden (28, 29) einen offenen magnetischen Weg begrenzen, in dem die zumindest teilweise metallische, metallisierte oder mit dem Metallplättchen (11) versehen Membran (3) angeordnet und den Enden - (28, 29) zugewandt ist.

7. Lautsprecher nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der vom Sensor (10) aufgenommene Strom durch einen Widerstand (14) meßbar ist, dessen Spannungsabfall an den Eingang eines Verstärkers (19) gelegt ist, der über ein Differenzglied und/oder ein Integrierglied und/oder ein Proportionalglied die Gegenkopplungsspannung einem den Lautsprecher (1) speisenden Verstärker (16) zuführt.

8. Lautsprecher nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Stärke des Metallplättchens (11) oder der Metallschicht auf der Membran (3) oder der metallisierten Membran (3) zwischen 1 μm und 100 μm liegt.

9. Lautsprecher nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand zwischen der Membran (3) in ihrer Ruhelage und den Enden (28, 29) des Kerns (27) der Spule (26) 1 bis 5 mm beträgt.

10. Lautsprecher nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Membran (3) aus Titan besteht.

11. Lautsprecher nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Sensor (10) an einem Ende einer Hülse (49) befestigt ist, die im Magnetkern (5) eines Topfmagneten (4) eines Lautsprechers in Achsrichtung einstellbar angeordnet ist.

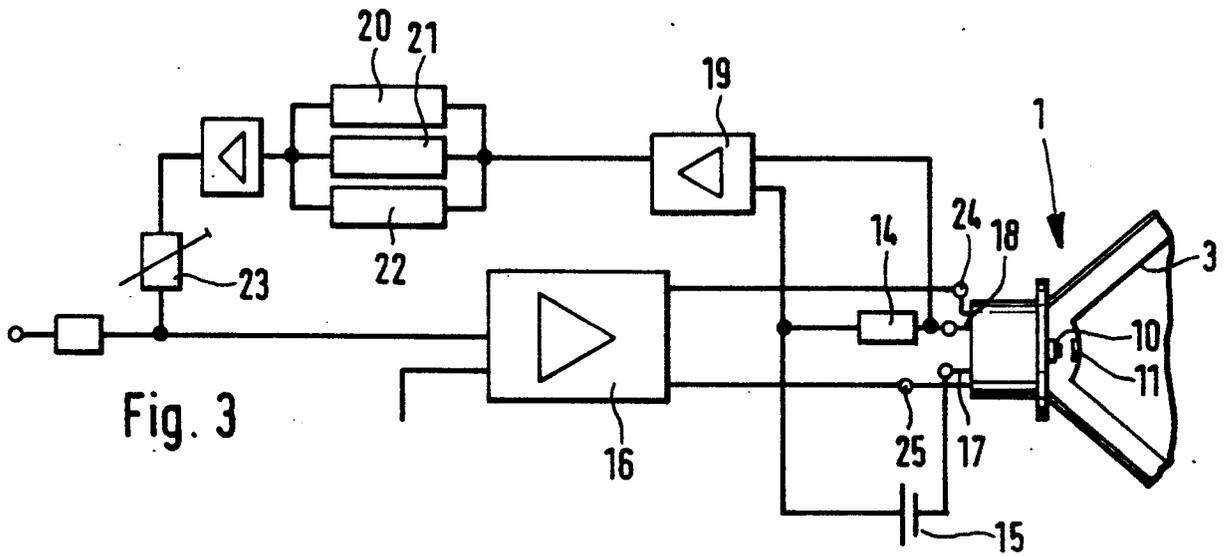
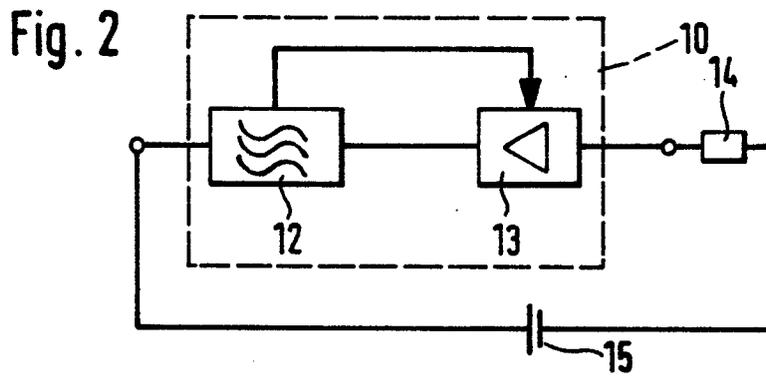
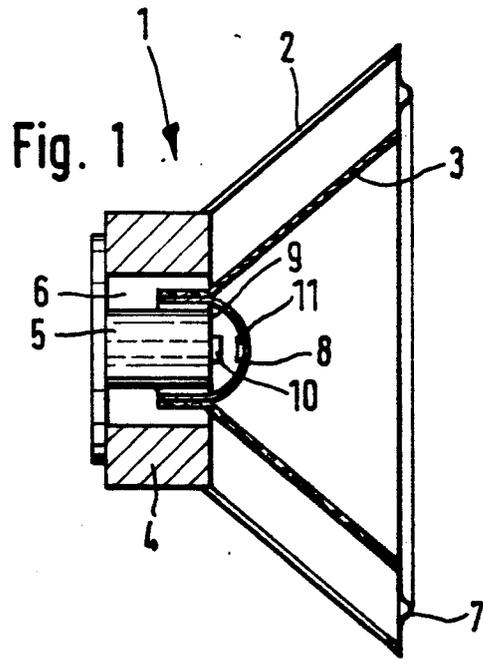
12. Lautsprecher nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand zwischen der Membran (3) in ihrer Ruhelage und dem Sensor (10) weniger als 2 mm beträgt.

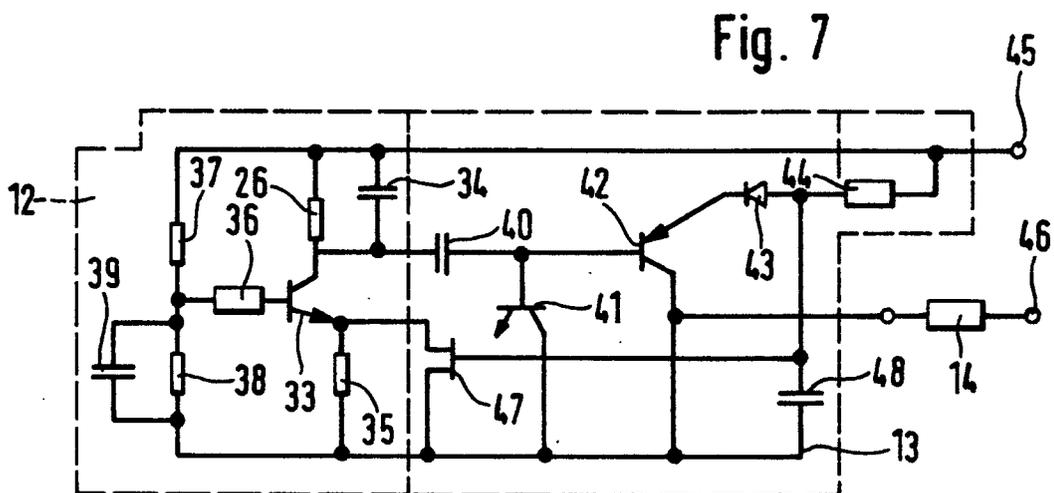
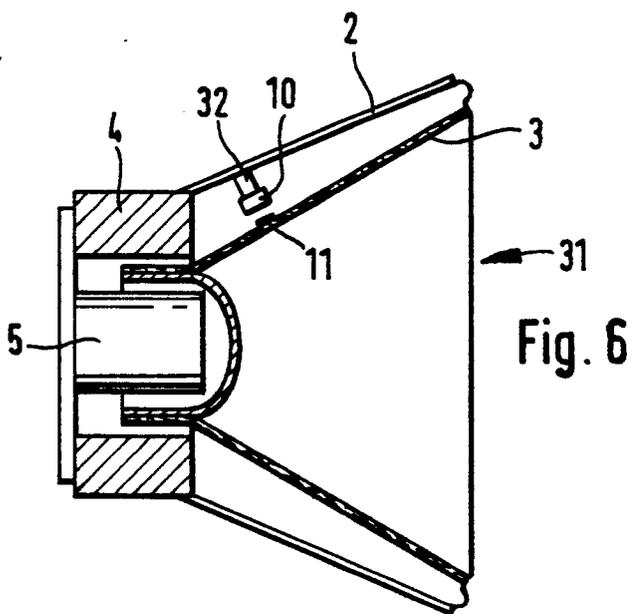
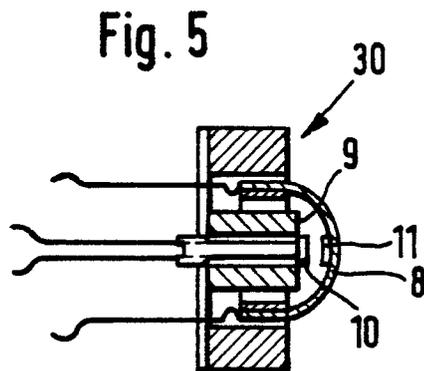
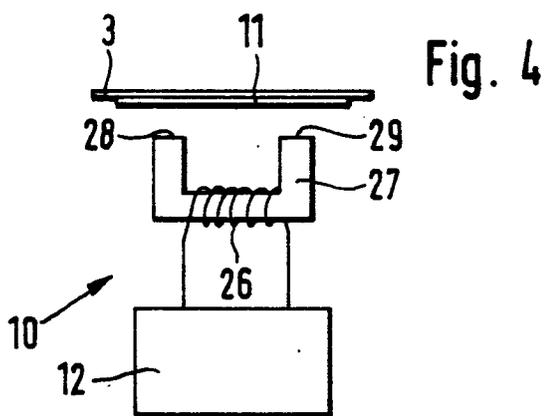
13. Lautsprecher nach einem der vorhergehenden Ansprüche zur Verwendung als Passivlautsprecher, dadurch gekennzeichnet, daß in einem Gehäuse (50), in dem mehrere Lautsprecher (51, 52, 53) angeordnet sind, die Lautsprecher von mindestens einem Endverstärker (56) gespeist werden und wenigstens ein Lautsprecher einen Sensor - (10) aufweist, dessen elektrisches Signal über einen Regler (55) dem Endverstärker (56) oder dem diesen vorgeschalteten Stromkreis zugeführt wird.

14. Lautsprecher nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens zwei Lautsprecher Sensoren enthalten, deren Ausgangssignale einer Summierschaltung (54) zuführbar sind, der der Regler (55) nachgeschaltet ist.

15. Lautsprecher nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, daß das Ausgangssignal des Reglers (55) einem Vorverstärker (58) zuführbar ist, der von den in Schall umzusetzenden Tonfrequenzsignalen beaufschlagt ist und dem der Endverstärker (56) nachgeschaltet ist.

16. Lautsprecher nach einem der Ansprüche 13 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Summierschaltung (54) und der Regler (55) als eine für sich handhabbare, wahlweise einsteckbare Einheit ausgebildet sind.





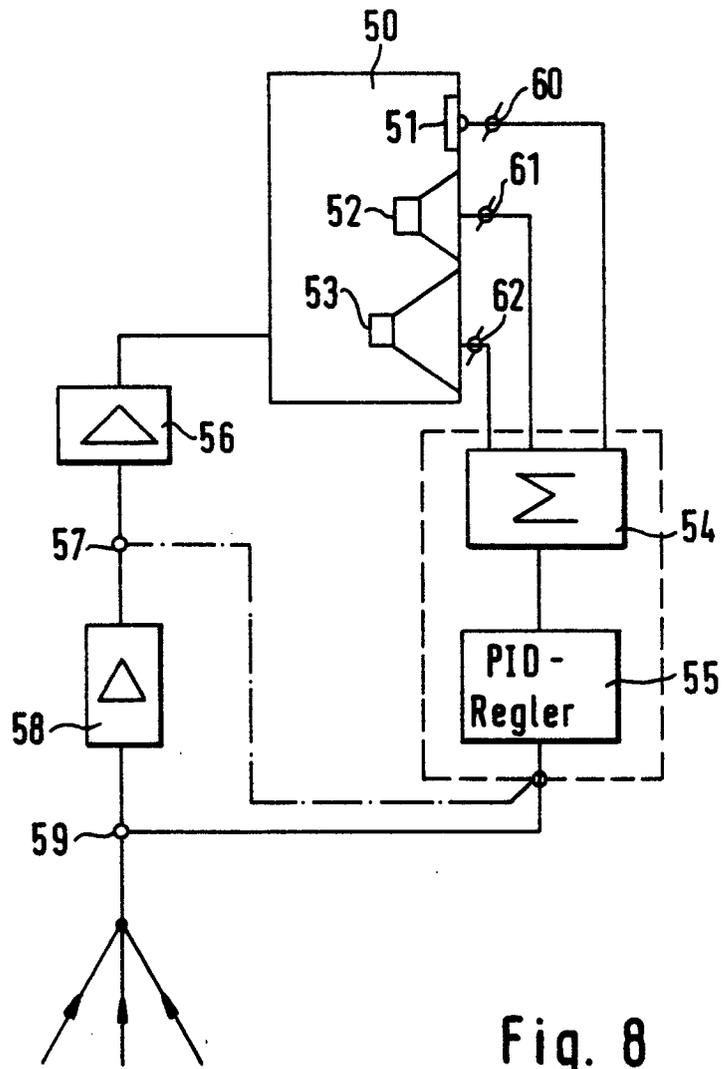


Fig. 8