(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 2 158 789 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
13.10.2010 Patentblatt 2010/41

(21) Anmeldenummer: **08773654.2**

(22) Anmeldetag: **25.06.2008**

(51) Int Cl.:
H04R 7/14 *(2006.01)* ***H04R 1/26*** *(2006.01)*
H04R 1/32 *(2006.01)* ***H04R 9/04*** *(2006.01)*

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2008/005149

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2009/000519 (31.12.2008 Gazette 2009/01)

(54) **MEMBRANANORDNUNG FÜR EINEN AIR-MOTION-TRANSFORMER (AMT) UND SCHALLWANDLER MIT EINER SOLCHEN MEMBRANANORDNUNG**

DIAPHRAGM ARRANGEMENT FOR AN AIR MOTION TRANSFORMER (AMT), AND SOUND CONVERTER COMPRISING SUCH A DIAPHRAGM ARRANGEMENT

DISPOSITIF À MEMBRANE POUR TRANSFORMATEUR DE MOUVEMENT D'AIR, ET TRANSDUCTEUR ACOUSTIQUE PRÉSENTANT UN TEL DISPOSITIF À MEMBRANE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL NO PL PT RO SE SI SK TR

(30) Priorität: **26.06.2007 DE 102007029560**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
03.03.2010 Patentblatt 2010/09

(73) Patentinhaber: **Mundorf Eb Gmbh**
50823 Köln (DE)

(72) Erfinder: **MUNDORF, Raimund**
50773 Köln (DE)

(74) Vertreter: **Hübsch, Dirk et al**
Hübsch & Weil
Patent- und Rechtsanwaltskanzlei
Oststrasse 9-11
50996 Köln (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A-01/13678 **WO-A-99/07183**
US-A- 3 832 499

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 2 158 789 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Membrananordnung für einen Air-Motion-Transformer (AMT), wobei die Membrananordnung mindestens eine im wesentlichen mäanderförmig ausgebildete Membran aufweist und die Membrananordnung durch die mäanderförmige Ausbildung der mindestens einen Membran Lufttaschen zur Schallerzeugung aufweist. Ferner betrifft die Erfindung einen Schallwandler mit einer solchen Membrananordnung.

[0002] Solche Membrananordnungen werden im Stand der Technik in Schallwandlern, insbesondere in sogenannten AMT-Lautsprechern eingesetzt. Der Air-Motion-Transformer (kurz AMT) ist ein ursprünglich von Dr. Oskar Heil entwikkelter Schallwandler. Solch ein Air-Motion-Transformer weist eine mäanderförmig ausgebildete bzw. ziehharmonikaähnlich gefaltete Membran auf. Durch diese Formgebung der Membran sind Lufttaschen gebildet. Diese Lufttaschen werden zum Herauspressen bzw. zum Ansaugen von Luft und damit zur Schallerzeugung geweitet und verengt. Hierzu steht die Membrananordnung vzw. mit einer geeigneten Vorrichtung in Wirkverbindung. Vzw. sind an den Flanken der Lufttaschen Leiterbahnen angeordnet. Die vorzugsweise in einem Magnetfeld angeordnete Membran bzw. die Lufttaschen werden zur Schallerzeugung angeregt, indem durch die Leiterbahnen ein Wechselstrom geleitet wird. Dabei werden die Flanken der Lufttaschen gegeneinander bewegt, wobei die Luft aus den Lufttaschen herausgedrückt bzw. in diese Lufttaschen hinein angesaugt wird.

[0003] Air-Motion-Transformer können insbesondere in HiFi-Lautsprechern als Hochtonlautsprecher im Frequenzbereich von etwa 1 kHz bis maximal etwa 25 kHz eingesetzt werden. Air Motion Transformer zeichnen sich aufgrund der kleinen bewegten Masse der Membran durch ein exzellentes Impulsverhalten aus, da ein AMT-Lautsprecher ein impulsförmiges Signal mit nur sehr geringen Ein- bzw. Ausschwingvorgängen abbilden kann.

[Stand der Technik]

[0004] Die internationale Patentanmeldung WO 99/07183 A1 offenbart einen AMT-Lautsprecher mit einer Membran, die dazu ausgebildet ist, unterschiedliche Schallfrequenzen abzustrahlen.

[0005] Die internationale Patentanmeldung WO 01/13678 A1 offenbart eine Reihe von elektrostatischen und elektrodynamischen Lautsprechern mit Membrananordnungen, welche mit stegförmigen Elementen in einer bestimmten Richtung versteift sind. Diese Patentanmeldung zeigt allerdings keinen AMT-Lautsprecher.

[0006] Fig. 1 zeigt in schematischer Darstellung eine im Stand der Technik bekannte Membrananordnung 1 für einen nicht im einzelnen dargestellten, elektrodyna-mischen Schallwandler, hier einen Lautsprecher. Die hier mäanderförmig ausgebildete Membrananordnung 1, die hier eine einzelne Membran 1a aufweist, nimmt diese Form im wesentlichen in ihrem Betriebszustand ein, wobei diese Membrananordnung 1 dann vzw. zwischen zwei hier nicht dargestellten Polplatten in einem Luftspalt angeordnet ist. Die Membrananordnung 1 wird zunächst als flächiges Element hergestellt, wobei die dargestellten Leiterbahnen 2 vzw. mittels entsprechender Ätzverfahren auf der Membran 1a ausgebildet werden.

[0007] Deutlich erkennbar sind eine Mehrzahl von Wellenbergen 3 und Wellentälern 4 sowie die Wellenberge 3 und die Wellentäler 4 miteinander verbindende und sich gegenüberliegende Flanken 5, auf denen die Leiterbahnen 2 angeordnet sind. Wie aus Fig. 1 deutlich erkennbar ist, werden durch diese Anordnung eine Mehrzahl von Lufttaschen 6 gebildet. Durch die auf den Leiterbahnen dargestellten Pfeile ist in Fig. 1 ein durch die Leiterbahnen 2 fließender Strom I angedeutet. Ferner ist durch die Pfeile B ein statisches Magnetfeld angedeutet.

[0008] Die Wirkungsweise der im Stand der Technik bekannten Membrananordnung 1 wird nun anhand der Fig. 2 und 3 erläutert. Die in Fig. 1 dargestellte Ruhelage der Membrananordnung 1 ist in den Fig. 2 und 3 jeweils gestrichelt dargestellt. Die Fig. 2 und 3 zeigen mit den durchgezogenen Linien den angeregten Zustand der Membran 2 bzw. die Lufttaschen 6 in geöffneter und geschlossener Lage. Im einzelnen:

[0009] Fig. 2 zeigt, dass die Flanken 5 der Membrananordnung 1 sich in Richtung der Pfeile C_1 bewegen. Die Lufttaschen 6a, 6b, 6c und 6d vergrößern sich in ihrer Breite, d.h. diese Lufttaschen 6a, 6b, 6c und 6d werden geöffnet, so dass Luft in diese Lufttaschen 6a bis 6d gemäß den Pfeilen E hineingesaugt wird. Zwischen den Lufttaschen 6a bis 6d sind - zu der anderen Seite offene - Lufttaschen 6e, 6f, und 6g angeordnet. Diese zu den Lufttaschen 6a bis 6d benachbarten Lufttaschen 6e bis 6g verringern sich entsprechend in ihrer Breite - bzw. werden geschlossen -, so dass gemäß den Pfeilen A die Luft aus diesen Lufttaschen 6e bis 6g herausgepresst wird. (Pfeile A: Luft-Austritt, Pfeile E: Luft-Einsaugen).

[0010] Fig. 3 zeigt nun die Membrananordnung 1 in der umgekehrten Auslenkungslage der Flanken 5. Die Flanken 5 bewegen sich in entgegengesetzter Richtung, wobei dies durch die Pfeile C2 angedeutet ist. Die Flanken 5 der Lufttaschen 6a, 6b, 6c und 6d bewegen sich aufeinander zu, so dass sich diese Lufttaschen 6a bis 6d verengen und die Luft aus diesen Lufttaschen 6a bis 6d herausgedrückt wird (vgl. Pfeile A). Die Lufttaschen 6e, 6f und 6g werden geweitet, so dass in diese Lufttaschen 6e, 6f und 6g Luft eingesogen wird (vgl. Pfeile E).

[0011] Fig. 4 zeigt einen AMT-Schallwandler 15 mit der in den Fig. 1 bis 3 dargestellten Membrananordnung 1. Die Membrananordnung 1 ist zwischen zwei Polplatten 7 und 8 in einem Luftspalt 9 angeordnet. Die Membrananordnung

1 ist in einem Rahmen eingespannt, wobei von dem Rahmen nur die zwei Rahmenteile 10a und 10b erkennbar sind. Der Rahmen mit den Rahmenteilen 10a und 10b ist mit zwei Seitenteilen 11a und 11b verbunden. Die Seitenteile 11a und 11b tragen wiederum die Polplatten 7 und 8.

[0012] Fig. 5 zeigt, dass die Polplatte 8 mehrere Schallöffnungen 12 aufweist. Die Schallöffnungen 12 sind in Form von sich in horizontaler Richtung erstreckenden Schlitzen 12a ausgebildet. Durch die Schlitze 12a kann der von der Membrananordnung 1 erzeugte Schall aus dem Schallwandler 15 entweichen.

[0013] Durch periodisches Verengen und Weiten der Lufttaschen 6 werden von der Membrananordnung 1 Schallwellen ausgesandt. Die Schallwellen werden - wie alle Wellenformen - gebrochen und gebeugt. Die Stärke der Beugung der Schallwellen ist abhängig von ihrer Wellenlänge. Lange Wellen, also tiefe Töne, werden dabei weniger als kurze Wellen, hohe Töne, gebeugt und gebrochen. Dieses frequenzabhängige Verhalten wird unter dem Begriff Abstrahlverhalten zusammengefasst. Lautsprecher und damit auch Air-Motion-Transformer weisen bei verschiedenen Frequenzen daher ein unterschiedliches Abstrahlverhalten auf. Die tiefen Frequenzen werden eher kugelförmig abgestrahlt und breiten sich eher in alle Richtungen gleichermaßen aus. Mit steigender Frequenz zeigen die Schallwellen eine immer stärkere Bündelung. Hohe Frequenzen werden fast nur noch in eine bestimmte Richtung abgestrahlt.

[0014] In Fig. 4 ist die horizontale Bündelung und in Fig. 6 ist die vertikale Bündelung der Schallwellen 13 und 14 einmal für Schallwellen 13 mit tiefer Frequenz und einmal für Schallwellen 14 mit einer hohen Frequenz dargestellt. Die Schallwellen 13 mit einer tiefen Frequenz werden in einem Abstrahlkegel mit einem Öffnungswinkel relativ zur idealen Abstrahlachse S abgestrahlt. Die Abstrahlachse S erstreckt sich senkrecht und zentrisch zur Membrananordnung 1. Die Schallwellen 14 mit einer hohen Frequenz werden im wesentlichen nur in Richtung der Abstrahlachse S als plane und parallele Wellenfronten abgestrahlt.

[0015] In vielen Fällen ist diese Bündelung des Schalls bei hohen Frequenzen unerwünscht. Für den Höreindruck ist unter anderem entscheidend, wie der Schall abseits der idealen Abstrahlachse (Hörachse) abgegeben wird, weil sich nicht immer alle Hörer in Richtung der Hörachse befinden. Idealerweise sollte daher ein Lautsprecher in jede Raumrichtung alle Frequenzen identisch laut wiedergeben. In der Praxis tritt eine Bündelung des Schalls aber insbesondere im Mittel-/Hochtonbereich auf und ist abhängig von der Frequenz. Das Rundum-Abstrahlvermögen kann daher insbesondere bei Membran-Lautsprechern eingeschränkt sein. Mit zunehmender Frequenz tritt eine Bündelung des abgestrahlten Schalls bspw. in horizontaler und vertikaler Richtung ein, wie es in Fig. 4 und 5 dargestellt ist.

[0016] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Membrananordnung derart auszugestalten und weiterzubilden, dass das Abstrahlverhalten der Membrananordnung verbessert ist und die Schallbündelung insbesondere für die hohen Frequenzen zumindest verringert ist.

[0017] Die zuvor aufgezeigte Aufgabe wird durch den Gegenstand der angehängten Ansprüche gelöst. Die Membransegmente sind dabei derart so angeordnet bzw. ausgebildet, so dass die von den Membransegmenten ausgesandten Schallwellen so überlagert werden, dass der Gesamtschall - für den Hörer - wie aus einem akustischen Zentrum kommend erscheint. Dadurch lässt sich eine präzise Abbildung des Klangbildes erreichen. Falls zwei Lautsprecher eingesetzt werden, lässt sich so auch eine präzise Stereoortung erreichen. Das akustische Zentrum liegt dabei vorzugsweise auf der Abstrahlachse bzw. in der hierzu korrespondierenden Abstrahlebene der Membrananordnung. Wie die folgenden Ausführungen zeigen werden, gibt es nun unterschiedliche Möglichkeiten die "Membran-Segmente" zu realisieren. Einerseits können die entsprechenden "Membran-Segmente" als Teilbereiche einer einzelnen Membran ausgebildet sein, andererseits ist aber auch möglich, dass mehrere einzelne vzw. mäanderförmig ausgebildete Membranen zu einer Membrananordnung entsprechend zusammengefasst sind. Entscheidend ist, dass die dann so ausgebildeten Membransegmente derart angeordnet und/oder ausgestaltet sind - bzw. was ebenfalls die folgenden Ausführungen zeigen werden - dann so angesteuert werden, so dass die Membrananordnung an sich ein gemeinsames akustisches Zentrum aufweist.

[0018] Die einzelnen Membransegmente sind wiederum weiter vorzugsweise symmetrisch zur Abstrahlachse oder Abstrahlebene der Membrananordnung angeordnet. Bspw. kann ein mittleres Membransegment und beidseitig des mittleren Membransegments jeweils mindestens ein äußeres Membransegment angeordnet sein. Vorzugsweise sind das mittlere Membransegment zur Wiedergabe eines Hochtonbereichs und die äußeren Membransegmente dann zur Wiedergabe eines Tieftonbereichs ausgebildet.

[0019] Die Unterteilung der Membrananordnung in mehrere Membransegmente hat ferner den Vorteil, dass das Rundstrahlverhalten verbessert ist, da die Grenze für ein akzeptables Rundstrahlverhalten dann gegeben ist, wenn die Ausdehnung eines Membransegments in einer Richtung kleiner ist als die halbe Wellenlänge der zu erzeugenden Frequenz. Bei steigender abzustrahlender Frequenz sind daher kleine Membranausdehnungen vorteilhaft. Die Unterteilung der Membrananordnung in Membransegmente kann in vertikaler und/oder horizontaler Ausdehnung der Membrananordnung erfolgen (bei einer aufragend aufgestellten Membrananordnung). Zur Wiedergabe von tiefen Frequenzen weist die Membrananordnung vorzugsweise eine entsprechend große Fläche auf. Je tiefer die zu übertragende Frequenz gewählt ist, desto größer ist vorzugsweise die Gesamtmembranfläche zur Wiedergabe der tiefsten Frequenz.

[0020] Näheres darf im folgenden anhand der Ausführungsbeispiele beschrieben werden. Im Ergebnis werden aber die eingangs genannten Nachteile vermieden und entsprechende Vorteile erzielt.

[0021] Es gibt nun eine Vielzahl von Möglichkeiten, die erfindungsgemäße Membrananordnung oder einen Schallwandler in vorteilhafter Art und Weise auszugestalten und weiterzubilden. Hierfür darf zunächst auf die dem Patentanspruch 1 nachgeordneten Patentansprüche verwiesen werden. Im folgenden werden mehrere Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der folgenden Zeichnung und der dazugehörigen Beschreibung näher erläutert. In der Zeichnung zeigt:

Fig. 1 in schematischer Darstellung den Aufbau einer im Stand der Technik bekannten Membrananordnung,

Fig. 2 die Membrananordnung aus Fig. 1 in schematischer Darstellung von der Seite mit den Bewegungen der Flanken in einer ersten Richtung,

Fig. 3 die Membrananordnung aus Fig. 1 in schematischer Darstellung mit Bewegungen der Flanken in einer zweiten, entgegengesetzten Rich- tung,

Fig. 4 in schematischer Darstellung einen Schallwandler mit der montier- ten bekannten Membrananordnung aus Fig. 1 in Draufsicht,

Fig. 5 den Schallwandler aus Fig. 4 in einer schematischen Vorderansicht,

Fig. 6 den Schallwandler aus Fig. 5 in einer schematisch stark vereinfach- ten Seitenansicht,

Fig. 7 in schematischer Darstellung eine erste Ausführungsform eines bekannten Schallwandlers in Draufsicht,

Fig. 8 den Schallwandler aus Fig. 7 in schematischer Vorderansicht,

Fig. 9 den Schallwandler aus Fig. 7 in einer schematisch stark vereinfach- ten Seitenansicht,

Fig. 10 in schematischer Darstellung eine zweite Ausführungsform eines bekannten Schallwandlers in Vorderansicht,

Fig. 11a den Schallwandler aus Fig. 10 in einer schematischen Draufsicht,

Fig. 11b den Schallwandler aus Fig. 10 in einer schematisch stark verein- fachten Seitenansicht,

Fig. 12 eine Detailansicht eines Teilbereichs eines ersten Membransegments in Draufsicht in schematischer Darstellung,

Fig. 13 eine Detailansicht eines Teilbereichs eines zweiten Membranseg- ments in maximal komprimiertem Zustand in schematischer Darstel- lung,

Fig. 14 eine weitere Detailansicht des Teilbereichs des zweiten Membran- segments in einem der Fig. 13 nachfolgendem Zustand in schemati- scher Darstellung,

Fig 15 eine Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Schallwand- lers in schematischer Draufsicht,

Fig 16 ein erstes, elektrisches Schaltbild für den Schallwandler aus Fig. 15,

Fig. 17 ein zweites, elektrisches Schaltbild für den Schallwandler aus Fig. 15,

Fig. 18a eine weitere Ausführungsform für einen erfindungsgemäßen Schall- wandler in schematischer Draufsicht,

Fig. 18b ein elektrisches Schaltbild für den Schallwandler aus Fig. 18a,

Fig. 19 eine andere Ausführungsform für einen erfindungsgemäßen Schall- wandler in schematischer Draufsicht,

Fig. 20 ein elektrisches Schaltbild für den Schallwandler aus Fig. 19

Fig. 21 ein weiteres elektrisches Schaltbild für den Schallwandler aus Fig. 19,

Fig. 22a eine weitere Ausführungsform für einen erfindungsgemäßen Schall- wandler in schematischer Draufsicht, und

Fig. 22b ein elektrisches Schaltbild für den Schallwandler aus Fig. 22a.

[0022] In Fig. 7 ist ein Schallwandler 15 mit einer Membrananordnung 16, nämlich hier mit einer einzelnen Membran 16a dargestellt. Der Schallwandler 15 ist ein sogenannter Air-Motion-Transformer (AMT), nämlich hier als Lautsprecher ausgebildet.

[0023] Die Membran 16a ist mäanderförmig ausgebildet und zwischen zwei Polplatten 17 und 18 in einem Luftspalt 19 angeordnet. Die Membran 16a wird vzw. zunächst als flächiges Element hergestellt, wobei die hier nicht dargestellten Leiterbahnen vzw. mittels entsprechender Ätzverfahren auf der Membran 16a ausgebildet werden und die Membran 16a vzw. in einer Ebene liegend zwischen den Polplatten angeordnet wird.

[0024] Deutlich erkennbar sind eine Mehrzahl von Wellenbergen 20 und Wellentälern 21 sowie die Wellenberge 20 und Wellentäler 21 miteinander verbindende und sich gegenüberliegende Flanken 22, auf denen die hier nicht dargestellten Leiterbahnen angeordnet sind. Hierbei liegt im wesentlichen zwischen zwei Wellenbergen 20 ein Wellental 21 und zwischen zwei benachbarten Wellentälern 21 jeweils ein Wellenberg 20, so dass eine entsprechende "Ziehharmonika-Form" wie in den jeweiligen Figuren angedeutet entsteht. Wie aus Fig. 7 deutlich erkennbar ist, werden durch diese Anordnung eine Mehrzahl von Lufttaschen 23 zur Schallerzeugung gebildet.

[0025] Ferner ist durch die Polplatten 17 bzw. 18 ein vzw. statisches, nicht dargestelltes Magnetfeld bzw. ein elektrostatisches Magnetfeld erzeugbar. Auf die nicht dargestellten Leiterbahnen wirken seitwärts gerichtete Kräfte, wenn die Leiterbahnen von einem Strom durchflossen sind. Der Strom kann insbesondere ein Wechselstrom sein, der insbesondere proportional zu einem Audiosignal sein kann. Durch die seitlichen Kräfte werden im Betriebszustand die Lufttaschen 23 der hier dargestellten Membrananordnung 16 bzw. der Membran 16a komprimiert und geweitet - je nach Stromrichtung in den Leiterbahnen - wodurch von der Membrananordnung 16 Schallwellen 24 erzeugt werden. Benachbarte Flanken 22 der Membran 16a bewegen sich dabei entweder aufeinander zu oder voneinander weg.

[0026] Die eingangs beschriebenen Nachteile sind nun dadurch vermieden, dass die Membrananordnung 16 mehrere Membransegmente - hier in Fig. 7, die drei Membransegmente - A, B und C aufweist, wobei die Membransegmente A, B und C derart angeordnet und/oder ausgestaltet sind, so dass die Membrananordnung 16 ein im wesentlichen gemeinsames akustische Zentrum aufweist. Die Aufteilung der Membrananordnung 16 in drei Membransegmente A, B und C ist durch die beiden gestrichelten Linien in den Fig. 7 und 8 angedeutet. Die Ausgestaltung der einzelnen Membransegmente A, B und C bzw. auch deren genaue Ausbildung/Anordnung mit den dargestellten Wellenbergen, Wellentäler und Flanken, jedoch ohne dargestellte Leiterbahnen sowie auf deren "Ansteuerung" darf im folgenden noch näher eingegangen werden, vorab darf folgendes ausgeführt werden:

[0027] Die Membransegmente A, B und C sind dabei derart angeordnet, dass die von den Membransegmenten A, B und C ausgesandten Schallwellen 24 so überlagert werden, dass der Gesamtschall 24, wie aus einem akustischen Zentrum kommend erscheint. Das akustische Zentrum entspricht dabei einer - in Fig. 7 angedeuteten, vzw. punktförmigen - Schallquelle, wobei von dieser Schallquelle ausgehende, durch Kreisbögen angedeuteten Schallwellen ausgesandt werden.

[0028] Unter einem gemeinsamen akustischen Zentrum ist hier zu verstehen, dass die jeweiligen Kreisbögenzentren der Schallwellen auf der Abstrahlachse S liegen und nicht seitlich versetzt zur Abstrahlachse. Solange die Kreisbögenzentren nahe genug auf der Abstrahlachse S beieinander liegen, erscheint der Klang als aus einem gemeinsamen akustischen Zentrum stammend. Dadurch lässt sich eine präzise Abbildung des Klangbildes erreichen. Anders ausgedrückt, den Kreisbögen 24a lässt sich eine geometrische erste punktförmige Schallquelle und den Kreisbögen 24b eine zweite geometrische punktförmige Schallquelle zuordnen, die einerseits jeweils auf der Abstrahlachse S liegen und andererseits so derart nahe beieinander liegen, dass für den Hörer ein gemeinsames akustisches Zentrum realisiert ist.

[0029] Die Membransegmente A, B und C sind symmetrisch zur Abstrahlachse S bzw. zur Abstrahlebene der Membrananordnung 16 angeordnet. Das Membransegment B ist in der Mitte zwischen den vorzugsweise gleich ausgestalteten äußeren Membransegmenten A und B angeordnet. Das mittlere Membransegment B ist zur Wiedergabe insbesondere eines Hochtonbereichs und die beiden äußeren Membransegmente A und C nur zur Wiedergabe eines Tieftonbereichs ausgebildet. Das Membransegment B erzeugt die Wellenfronten 24a des Hochtonbereichs und die beiden Membransegmente A und C erzeugen zusammen die Wellenfronten 24b des Tieftonbereichs. In anderer Ausgestaltung kann der Tieftonbereich auch durch alle Membransegmente zusammen wiedergegeben werden und der Hochtonbereich bspw. nur durch das mittlere Membransegment B.

[0030] Das durch die Membrananordnung 16 wiederzugebende Frequenzspektrum kann bspw. von 700 Hz oder von 1Khz bis bspw. 20 Khz, vzw. sogar bis 30KHz betragen. Falls eine Membranordnung mit einer entsprechend großen Gesamtmembranfläche eingesetzt wird, kann sich der zu übertragende Frequenzbereich auch auf weniger als 1Khz vzw auch weniger als 700 Hz erstrecken. Das Frequenzspektrum kann in einen Hochtonbereich, vzw. von 3000 Hz bis über 20.000 Hz, und einen Tieftonbereich, vzw. von unter 1000 Hz bis 3000 Hz oder darüber, eingeteilt sein. In anderer

Ausgestaltung der Erfindung kann das Frequenzspektrum auch in mehr als zwei Frequenzbereiche eingeteilt sein, wobei für jeden Frequenzbereich mindestens ein Membransegment vorgesehen sein kann.

[0031] Jedes Membransegment einer Membrananordnung bzw. einer Membran bildet daher eine für sich separate "schwingungsfähige Einheit" mit mehren diesen Membransegmenten zugeordneten Wellenbergen und Wellentälern, wobei jedem Membransegment vzw. ein bestimmter Frequenzbereich zugeordnet ist. Hierbei sind die Membransegmente dann so angeordnet und/oder ausgebildet, dass das akustische Zentrum gemeinsam für verschiedene Frequenzen bzw. für die verschiedenen Frequenzbereiche ist. Vzw. ist daher die Richtcharakteristik der Membrananordnung bzw. der Membran unabhängig von der Frequenz. Vzw. ist aber nun jedes Membransegment für einen bestimmten Frequenzbereich vorgesehen, bspw. für einen Hochtonbereich oder auch nur für einen Tieftonbereich.

[0032] Die Unterteilung der Membrananordnung 16 in die drei Membransegmente A, B und C hat ferner den Vorteil, dass das Rundstrahlverhalten der Membrananordnung 16 verbessert ist. Die Grenze für ein akzeptables Rundstrahlverhalten ist vzw. dadurch festgelegt, dass die Ausdehnung der Membransegmente A, B und C in einer Richtung kleiner als die halbe Wellenlänge der zu erzeugenden Frequenz ist. Diese Bedingung ist für die der Tieftonwiedergabe zugeordneten Membransegmente A und C meist unkritisch. Für die Abstrahlcharakteristik der hohen Frequenzen ist nur die Ausdehnung des mittleren Membransegments B entscheidend. Da mit steigender abzustrahlender Frequenz die Membranausdehnung klein sein sollte, beträgt vzw. die Ausdehnung des Membransegments B zumindestens in horizontaler Richtung im wesentlichen weniger als die halbe Wellenlänge der oberen Grenzfrequenz des Hochtonfrequenzbereichs. Die Unterteilung der Membrananordnung 16 in ihre Membransegmente A, B und C ist hier in horizontaler Ausdehnung der Membrananordnung 16 erfolgt (Gesehen aus der Perspektive der aufragend aufgestellten Membrananordnung 16).

[0033] Zur Wiedergabe von tiefen Frequenzen weist die Membrananordnung 16 vorzugsweise eine entsprechend große Fläche auf, insbesondere die Gesamtfläche der Membransegmente A und C ist hinreichend groß gewählt. Je tiefer die zu übertragende Frequenz der Membrananordnung 16 gewählt ist, desto größer ist vorzugsweise die Gesamtmembranfläche zur Wiedergabe der tiefsten Frequenz zu wählen. Bei geeigneter Wahl der Abmessungen ergibt sich eine in horizontaler Ebene bündelungsfreie Wiedergabe über den gesamten gewünschten Frequenzbereich.

[0034] Wie aus Fig. 9 gut erkennbar ist, bleibt durch die Segmentierung der Membrananordnung 16 nur in der Breite (als horizontale) und nicht in der Höhe (vertikal) eine Bündelung des hochfrequenten Schalls 24a bestehen, während die tieferfrequenten Schallwellen kegelförmig abgestrahlt werden.

[0035] Es sei angemerkt, dass die hier an drei Membransegmenten A, B und C angestellten Überlegungen analog auch für eine größere Anzahl von Membransegmenten, insbesondere auch für die folgenden Ausführungsbeispiele gelten, die noch beschrieben werden.

[0036] Es gibt nun verschiedene Arten eine Membrananordnung in mehrere Membransegmente einzuteilen. Beispielsweise können die Membransegmente - wie bereits in den Fig. 7 bis 9 dargestellt - als Teilbereiche einer einzigen Membran ausgebildet sein. Hierbei können die Teilbereiche, also die entsprechenden Membransegmente bspw. die Membransegmente A, B und C in ihren Rand-/Grenzbereichen erfindungsgemäß durch separat angeordnete Stege fixiert werden, so dass die Membransegmente "schwingungstechnisch" voneinander entkoppelt sind. Denkbar ist auch, dass zwischen den Membransegmenten "Pufferzonen" ausgebildet sind, also bspw. die entsprechende Lufttasche 23, die genau den Grenzbereich zwischen zwei Membransegmenten bildet, eben nicht mit Leiterbahnen versehen wird. Denkbar ist auch, dass entsprechende "Pufferzonen" durch mit Klebstoffen entsprechend aufgefüllten Lufttaschen realisiert bzw. fixiert werden. Dies ist abhängig vom jeweiligen Anwendungsfall.

[0037] Bei den bevorzugten Ausführungsbeispielen besteht also die Membrananordnung 16 bzw. 26 aus einer einzigen Membran, bspw. der Membran 16a, wobei die einzige Membran 16a in entsprechende Membransegmente, vzw. die Membransegmente A, B, C unterteilt ist. Hierbei wird ein Membransegment A, B bzw. C im wesentlichen definiert durch eine bestimmte Anzahl von Wellenbergen und Wellentälern, sowie insbesondere aus Fig. 7 ersichtlich dargestellt. Hierbei bildet jedes Membransegment A, B, C eine im wesentlichen separate "schwingungsfähige Einheit", wobei die Membransegmente A, B und C vzw. durch hier in den Fig. nicht dargestellte Elemente, insbesondere Stege, Leisten etc. begrenzt sind, um die Membransegmente A, B, C vzw. schwingungstechnisch voneinander zu entkoppeln. So werden bspw. in der Fig. 7 an den gestrichelt dargestellten Grenzbereichen zwischen den Membransegmenten A und B bzw. den Membransegmenten B und C derartige Stege/Leisten im Bereich des hier im jeweiligen Grenzbereich dargestellten Wellenberges vorgesehen, um die schwingungstechnische Entkopplung zu realisieren. Dies bedeutet, dass jedem Membransegment eine bestimmte Anzahl an Wellenbergen und Wellentälern sowie Flankenseiten zugeordnet sind, wobei die Wellentäler, Wellenberge und Flanken eines ersten Membransegments, bspw. des Membransegmentes A, auf andere Art und Weise schwingen können, als die Wellenberge und Wellentäler eines anderen zweiten Membransegmentes, bspw. des Membransegmentes B. Bei den hier dargestellten bevorzugten Ausführungsbeispielen ist die Membrananordnung 16 bzw. die Membran 16a im wesentlichen in einer Ebene liegend zwischen zwei Polplatten 17 und 18 angeordnet.

[0038] Ferner können auch mehrere einzelne vzw. mäanderförmig ausgebildet Membranen vorgesehen sein, die dann entsprechende jeweilige Membransegmente bilden und beispielsweise in einem oder mehreren Rahmen zu einer Einheit als "Membranordnung" zusammengefasst sind. Dies ist abhängig vom jeweiligen Anwendungsfall.

[0039] In den Fig. 10, 11a und 11b ist ein zweites Ausführungsbeispiel für einen AMT-Schallwandler 25 dargestellt. Bezüglich des Aufbaus des Schallwandlers 25 - mit Ausnahme der Segmentierung der Membrananordnung 26 - wird auf die obenstehende Beschreibung zu den Fig. 7 bis 9 verwiesen, da der grundsätzliche Aufbau mit den Polplatten 27 und 28 sowie mit einem Luftspalt 29 dem vorstehenden, ersten Ausführungsbeispiel im wesentlichen entspricht.

[0040] Wie in Fig. 10 gut erkennbar ist, ist im Unterschied zu dem in den Fig. 7 bis 9 dargestellten Schallwandler 15 die Membrananordnung 26 hier nun zusätzlich auch in vertikaler Richtung segmentiert.

[0041] Die Membrananordnung 26 weist ein mittleres Membransegment B und seitlich dieses Membransegments B zwei äußere Membransegmente A und C auf. Zusätzlich sind ober- und unterhalb des Membransegments B und vorzugsweise auch ober- und unterhalb der seitlichen Membransegmente A und C zwei Membransegmente E und D angeordnet. Sowohl die äußeren, seitlichen Membransegmente A und C als auch die äußeren Membransegmente D und E sind symmetrisch zum mittleren Membransegment B angeordnet, so dass die gesamte Membrananordnung 26 eine gemeinsames akustisches Zentrum auf der Abstrahlachse S aufweist. Dieses akustische Zentrum ist in dieser Ausgestaltung für den Hörer - wie oben bereits zu den Fig. 7 bis 9 erläutert - vzw. punktförmig ausgebildet. Während in Fig. 7 die Unterteilung der Membran 16a in horizontaler Richtung in drei Membransegmente A, B, C dargestellt ist, die in vertikaler Richtung, also über die gesamte Höhe ausgebildet sind, so zeigt Fig. 10 eine andere Aufteilung einer einzigen Membran 26, wobei hier im mittleren Bereich die drei Membransegmente A, B, C und jeweils im oberen und unteren Bereich - in Vertikalrichtung gesehen - weitere Membransegmente D und E ausgebildet sind. Die schwingungstechnische Entkopplung der Membransegmente A, B, C, D und E kann hier wieder über entsprechende Elemente, insbesondere Stege/Leisten und/oder separate Rahmen realisiert werden, also die entsprechenden Membransegmente A bis D können mit Hilfe derartiger Elemente begrenzt werden. Auch dies ist abhängig vom jeweiligen Anwendungsfall.

[0042] Dieses in den Fig. 10 bzw. 11a und 11b gezeigte zweite Ausführungsbeispiel für den Schallwandler 25 lässt sich daher als Ergänzung des ersten Ausführungsbeispiels (des Schallwandlers 15) um die zwei zusätzlichen Membransegmente D und E auffassen.

[0043] Diese beiden Membransegmente D und E geben vzw. nur den Tieftonbereich wieder und verhalten sich damit insbesondere wie die Membransegmente A und C. Das mittlere Membransegment B ist vzw. wieder für die Wiedergabe des Hochtonbereichs zuständig. Durch die Segmentierung der Membrananordnung 26 in horizontaler und nun auch in vertikaler Ebene wird ein in beiden Ebenen verbessertes Rundstrahlverhalten erreicht, wie es für die horizontale Ebene aus Fig. 11a und für die vertikale Ebene aus Fig 11b ersichtlich ist.

[0044] Zur möglichen unteren Grenzfrequenz einzelner Membransegmente folgendes:

[0045] Fig. 12 zeigt in einer Detailansicht einen Teilbereich 30 eines Membransegmentes einmal im Ausgangszustand 31 und einmal im ausgelenkten Zustand 32, wobei die Bewegungsrichtung des Membransegments 30 im ausgelenkten Zustand 32 durch die nach außen weisenden Pfeile angedeutet ist. Im ausgelenkten Zustand 32 ist die Lufttasche 33 um die doppelte Strecke a verbreitert. Im Ausgangszustand 31 sind die nicht näher bezeichneten Wellenberge und Wellentäler mit dem Radius R gekrümmt. Im ausgelenkten Zustand sind die Wellentäler mit dem Radius r1 und die Wellenberge mit dem Radius r2 gekrümmt.

In dieser ausgelenkten Lage 32 ist der Radius r1 kleiner als der Radius r2. Die maximale Auslenkung von a, also "a_{max}" ist vzw. nun so gewählt, dass die durch die Eigensteifigkeit des Membranmaterials wirkenden Federkräfte in den Radien r1 und r2 näherungsweise proportional zur Auslenkung sind. Je niedriger die zu erzeugende Frequenz ist, desto größer ist vzw. die Auslenkung der Membran, um einen hinreichenden Schalldruck zu erzeugen. Die untere Grenzfrequenz ist vzw. durch die Proportionalitätsbedingung der auftretenden Federkräfte im Verhältnis zur Auslenkung gewählt. Die untere Grenzfrequenz ist daher auch abhängig von den spezifischen Materialeigenschaften des Membransegments 30.

[0046] Zur möglichen oberen Grenzfrequenz einzelner Membransegmente folgendes:

[0047] Die Fig. 13 und 14 zeigen eine Detailansicht eines Membransegments 34 in maximal komprimiertem Zustand 35 und dem Ausgangszustand 36. Die Luft in der Lufttasche 37 ist in Fig. 13 komprimiert (komprimierte Luft "VK"), was durch den schwarzen Balken graphisch dargestellt sein soll, und wird daher aus der Lufttasche 37 herausgedrückt, was durch den unteren Pfeil in Fig. 13 angedeutet ist. Die dadurch entstehende Druckwelle braucht in Abhängigkeit von dem in der Lufttasche zurückzulegenden Weg s eine bestimmte Zeit t um diesen Weg s zurückzulegen. Diese Zeit ist durch die Schallgeschwindigkeit und dem Weg bestimmbar.

[0048] Bei fortschreitender Membranbewegung, die in Fig. 14 durch die nach außen gerichteten Pfeile angedeutet ist, erzeugen die Flanken 38 und 39 einen Unterdruck Vu. Bei steigender Frequenz kann ein Teil der komprimierten Luft, also ein Teil von Vk die Lufttasche 37 bzw. die Falte nicht verlassen bevor diese Druckwelle durch den entstehenden Unterdruck Vu wieder kompensiert wird, der hier ebenfalls mit Hilfe schwarzer Balken schematisch dargestellt ist. Die Stärke dieses Effekts ist abhängig von der Frequenz mit der die Lufttasche 37 geweitet und komprimiert wird und dem Verhältnis des Radius zur Flankenlänge der Lufttasche 37. Je länger der Weg in der Lufttasche 33 bzw. 37 - bzw. die Tiefe der Lufttasche - im Verhältnis zum Radius des Wellenbergs bzw. des Wellentals ist, desto niedriger ist die obere Grenzfrequenz des Membransegments 34. Vzw. ist die Tiefe der Lufttaschen - insbesondere für den Hochtonbereich - daher auf den Radius im Hinblick auf die obere Grenzfrequenz abgestimmt.

[0049] Fig. 15 zeigt ein drittes Ausführungsbeispiel für einen Schallwandler 38 mit einer Membrananordnung 39. Die

Membrananordnung 39 weist drei Membransegmente a, b und c auf. Die Membransegmente a, b und c weisen im wesentlichen dieselbe Geometrie, d.h. Größe, Faltung und Ausdehnung, auf. Die Geometrie der Membransegmente a, b und c ist dabei entsprechend der vorstehenden Überlegungen so gewählt, dass die Membransegmente a, b und c den gesamten gewünschten Frequenzbereich übertragen können.

[0050] Fig. 16 zeigt ein elektrisches Schaltbild (Ersatzschaltbild) für den Schallwandler 38. Die Widerstände Ra, Rb und Rc repräsentieren die Widerstände der Leiterbahnen auf den entsprechenden Membransegmenten a, b und c. Die Widerstände Ra, Rb und Rc repräsentieren den ggf. komplexen Wechselstromwiderstand der Membransegmente a, b und c. Der induktive Anteil der entsprechenden Leiterbahnen kann klein sein, weshalb der komplexe Wechselstromwiderstand hier im wesentlichen ohmschen Widerständen entsprechen kann.

[0051] Gut erkennbar ist, dass die Widerstände Ra, Rb und Rc in Serie geschaltet sind.

[0052] An den Kontaktanschlüssen 40 und 41 kann ein Wechselstromsignal angelegt werden. Zu dem Widerstand Ra ist ein Kondensator Ca parallel geschaltet und zu dem Widerstand Rc ist entsprechend ein Kondensator Cc parallel geschaltet. Durch die Parallelschaltung der Kondensatoren Ca und Cc wird der Hochtonanteil des Wechselstromsignals an den Membransegmenten a und c vorbeigeleitet und daher nur von dem Membransegment b wiedergegeben. Durch diese Beschaltung ist der Phasenwinkel zwischen Strom und Spannung an den Membransegmenten a, b und c im Bereich der Übergangsfrequenz zwischen dem Hoch- und dem Tieftonbereich gleich. Dieser konstante Phasenwinkel garantiert, das keine Phasensprünge zwischen Hoch- und Tieftonsegmenten an der Übergangsfrequenz auftreten, was vom Gehör deutlich wahrgenommen werden könnte.

[0053] Der Tieftonanteil wird von den Kondensatoren vzw. nicht übertragen und fließt durch die elektrisch in Reihe geschalteten Segmente a, b und c. In diesem Tieftonbereich ist daher vzw. die ganze Membrananordnung aktiv und trägt zur Impedanz bei. Die Gesamtimpedanz der Schaltung ist frequenzabhängig. Für tiefe Frequenzen entspricht die Gesamtimpedanz im wesentlichen Ra+Rb+Rc. Bei gleichgroßen Membransegmenten a, b und c gilt Ra=Rb=Rc, d.h. die Gesamtimpedanz im Tieftonbereich ist gleich 3*Rb. Im Hochtonbereich tragen die Widerstände Ra und Rc nicht bei, da diese durch die Kondensatoren Ca und Cc überbrückt sind. Der Gesamtwiderstand im Hochtonbereich entspricht daher im wesentlichen nur Rb und beträgt damit nur ein Drittel der Gesamtimpedanz 3*Rb im Tieftonbereich.

[0054] Der Signalanteil, der nur über das Membransegment b, bzw den Widerstand Rb, wiedergegeben wird, erzeugt daher bei gleicher Amplitudenspannung einen dreifach höheren Strom durch Rb und übt damit eine dreifach höhere Kraft auf das Membransegment b aus. Dadurch wird im linearen Bereich der Wiedergabe eine dreifach höhere Membranauslenkung herbeigeführt. Hierdurch ist kompensiert, dass für den Hochtonbereich nur das Membransegment b vorgesehen ist, d.h. nur ein Drittel der Gesamtmembranfläche für die Hochtonwiedergabe eingesetzt wird.

[0055] Für andere Verhältnisse der Membransegmente a und b zu c gelten analoge Überlegungen, da durch das reziproke Verhältnis von Membranfläche F zur Impedanz

$$(Ra+Rb+Rc)/Rb=Fb/(Fa+Fb+Fc)$$

ein linearer Frequenzgang erzeugbar ist.

[0056] Vorzugsweise werden diese Schallwandler mit Verstärkern betrieben, wobei die Verstärker vzw. an den auftretenden, unterschiedlichen Impedanzen in Abhängigkeit von dem zu übertragenden Frequenzspektrum laststabil arbeiten.

[0057] Fig. 17 zeigt eine alternative Schaltung für den in Fig 15 dargestellten Schallwandler 38. Die durch die Widerstände Ra und Rc repräsentierten Membransegmente a und c sind hierbei in Reihe zu einer nicht näher bezeichneten Tieftoneinheit geschaltet. An diese Tieftoneinheit kann an den Kontaktanschlüssen 42 und 43 ein Tieftonsignal eingespeist werden. Das Membransegment b, bzw der Widerstand Rb, ist separat von der Tieftoneinheit ausgebildet und kann an seperaten Anschlüssen 44 und 45 mit einem weiteren Signal kontaktiert werden. Dieses Signal kann entweder nur Hochtonanteile oder zusätzlich zu Hochtonanteilen auch Tieftonanteile enthalten. Die unterschiedliche Ansteuerung der Tieftoneinheit und von Rb kann bspw. über eine aktive oder eine passive Frequenzweiche erfolgen. In diesem Fall ist das Verhältnis von Membranflächen und ohmschen Widerstand vzw. ebenfalls umgekehrt proportional:

$$(Ra+Rc)/Rb=Fc/(Fa+Fb),$$

so dass ein linearer Frequenzgang erzeugbar ist.

[0058] Fig. 18a zeigt ein viertes Ausführungsbeispiel eines Schallwandlers 46 mit einer Membrananordnung 47, wobei die Membrananordnung 47 in drei Membransegmente a, b und c aufgeteilt ist. Die Membransegmente a und c sind wiederum vzw. baugleich ausgebildet und insbesondere symmetrisch zum mittleren Membransegment b angeordnet.

Hierbei gibt das mittlere Membransegment b nur den Hochtonbereich wieder und ist dementsprechend angepasst. Die Membransegmente a und c sind zur Wiedergabe nur des Tieftonbereichs angepasst. Das Membransegment b weist eine Faltung mit einer geringeren Lufttaschentiefe auf, so dass dieses Membransegment b eine sehr hohe, obere Grenzfrequenz aufweisen kann (vgl. Fig. 13 und 14 und die dazugehörige Beschreibung). Die Lufttaschen der Membransegmente a und c weisen also eine grössere Tiefe auf als die Lufttaschen des Membransegmentes b.

[0059] Ferner ist vzw. die Höhe Hb des Luftspalts 48 im Bereich des Hochton Membransegments b kleiner als die Höhe Ha/c der Luftspalte 49 im Bereich der Tiefton-Membransegmente a und c. Der Luftspalt 49 ist durch zwei Polplatten 50 und 51 begrenzt. Der Luftspalt 48 ist hier bspw. einerseits durch die Polplatte 51 und andererseits durch ein zusätzliches Polplattenelement 52 begrenzt. Durch die geringere Ausdehnung der Faltung des Membransegmentes b in Richtung Hb, kann hier mit einem gegenüber der Höhe Ha/c reduzierten Luftspalt 48 gearbeitet werden. Vorzugsweise ist das im Luftspalt 48 des Hochton-Membransegments b wirkende Magnetfeld Bb stärker als das im Luftspalt 49 der Tiefton-Membransegmente a und c wirkende Magnetfeld Ba/c. Durch das stärkere Magnetfeld sind höhere Flankenauslenkungen erzeugbar. Hierdurch ist eine kompakte Bauform des mittleren Membransegments b erzielbar bei gleichzeitig genügendem zur Verfügung stehendem Schalldruck durch das Membransegment b. Die senkrecht zur Membrananordnung 47 orientierten Magnetfelder Bb und Ba/c sind durch Pfeile in der Fig. 18a angedeutet.

[0060] Fig. 18b zeigt eine Schaltung für den in Fig 18a dargestellten Schallwandler 46. Die durch die Widerstände Ra und Rc repräsentierten Membransegmente a und c sind hierbei in Reihe zu einer nicht näher bezeichneten Tieftoneinheit geschaltet. An diese Tieftoneinheit kann an den Kontaktanschlüssen 53 und 54 ein Tieftonsignal eingespeist werden. Das Membransegment b bzw der Widerstand Rb ist separat von der Tieftoneinheit ausgebildet und kann an seperaten Anschlüssen 55 und 56 mit einem Hochtonsignal versorgt werden. Die unterschiedliche Ansteuerung der Tieftoneinheit und des Membransegments b bzw. des Widerstands Rb kann bspw. über eine aktive oder eine passive Frequenzweiche erfolgen.

[0061] Fig 19 zeigt ein fünftes Ausführungsbeispiel für einen Schallwandler 57 mit einer Membrananordnung 58. Die Membrananordnung 58 ist wiederum entsprechend den vorhergehenden Ausführungsbeispielen in drei Membransegmente a, b und c unterteilt. Die zur Tieftonübetragung vorgesehenen Membransegmente a und c sind dabei so ausgestaltet, dass diese eine obere Grenzfrequenz aufweisen, wobei diese obere Grenzfrequenz gleichzeitig im wesentlichen der unteren Grenzfrequenz des Hochtonbereichs entspricht, wobei der Hochtonbereich von dem Membransegment b übertragbar ist. Vzw. weisen die Membransegmente a und c hierzu eine entsprechende Tiefe T der Lufttaschen 59 und einen entsprechenden Radius R der Krümmung der nicht näher bezeichneten Wellenberge und Wellentäler der Lufttaschen 59 auf. Das Hochton-Membransegment b weist Lufttaschen 60 mit einer geringeren Tiefe T' und Wellenberge und Wellentäler mit einem kleineren Radius R' auf. Daher können die Lufttaschen jedes Membransegment a, b, c je nachdem welcher Frequenzbereich dem jeweiligen Membransegment a, b, c zugeordnet ist unterschiedliche Tiefen, vzw. die Tiefe T bzw. T' aufweisen. Vzw. ist dann das Hochton-Membransegment b bzw. die Tiefe T" der Lufttaschen 60 geringer als die Tiefe T der Lufttaschen 59. Die jeweiligen Membransegmente a, b und c sind daher im bevorzugten Falle mit unterschiedlichen Tiefen vzw. T/T" der Lufttaschen 59 bzw. 60 ausgebildet. Hierbei sind die Membransegmente a, b, c so ausgebildet und/oder angeordnet, dass das akustische Zentrum gemeinsam für verschiedene Frequenzen bzw. für die verschiedenen Frequenzbereiche ist. Die Geometrie der Membransegmente a, b und c, insbesondere der jeweiligen Lufttaschen 59 und 60, ist so gewählt, dass einerseits die gewünschte Grenzfrequenz übertragbar ist und andererseits der Frequenzbereich der Membransegmente a und c so beschnitten ist, dass ggf. keine weiteren Filtermaßnahmen erforderlich sind.

[0062] Die Membrangeometrie ist durch die Membrananordnung 58 so gewählt, dass das Membransegment b nur den Hochtonbereich wiedergeben kann, der jenseits der oberen Grenzfrequenz der Membransegmente a und c liegt.

[0063] In Fig. 20 ist eine Schaltung für die Membrananordnung 58 dargestellt, wobei die Membransegmente a und c, bzw. die entsprechenden Widerstände Ra und Rc zu einer Tieftoneinheit in Reihe geschaltet sind und das Hochton-Membransegment separat bspw. durch eine nicht dargestellte aktive Frequenzweiche ansteuerbar ist (vgl. bspw Fig. 18b).

[0064] Fig. 21 zeigt eine weitere Schaltung für die Membrananordnung 58. Hier sind die Membransegmente a, b und c in Reihe geschaltet, wobei ein induktiver Widerstand L das Hochton-Membransegment b bzw. den Widerstand Rb überbrückt. Der induktive Widerstand L ist für tiefe Frequenzen klein und für hohe Frequenzen groß. Da der Widerstand Rb parallel zu dem induktiven Widerstand Rb liegt, fällt an beiden die gleiche Spannung ab. Für tiefe Frequenzen fällt daher nur wenig des Signals an dem Membransegment Rb ab. Für hohe Frequenzen fällt vorzugsweise die Spannung im wesentlichen an dem Hochton-Membransegment b ab.

[0065] Fig 22a zeigt einen weiteren Schallwandler 61 mit einer Membrananordnung 62. Wie bei dem in Fig. 18a gezeigten Ausführungsbeispiel ist hier die Höhe des Luftspalts im Bereich des Hochton Membransegments b kleiner als die Höhe der Luftspalte im Bereich der Tiefton-Membransegmente a und c. Der Luftspalt ist durch zwei Polplatten 50 und 51 teilweise begrenzt. Der Luftspalt ist zusätzlich durch eine nicht näher bezeichnete Polplatte im Bereich des Hochton-Membransegments verengt. Hierdurch fällt die Ausdehnung der Faltung des Membransegments b - bzw. die Lufttaschentiefe - im Bereich des Hochtonsegments klein aus, um eine hohe obere Grenzfrequenz dieses Membran-

segments b zu ermöglichen. Vorzugsweise ist das im Luftspalt des Hochton-Membransegments b wirkende Magnetfeld stärker als das im Luftspalt der Tiefton-Membransegmente a und c wirkende Magnetfeld. Durch das stärkere Magnetfeld sind höhere Flankenauslenkungen erzeugbar.

[0066] Ferner ist in dieser Ausgestaltung die Geometrie des Membransegments b so gewählt, dass das Membransegment b auch die untere Grenzfrequenz der Membransegmente a und c wiedergeben kann. Insbesondere ist der Radius R der Wellenberge und Wellentäler im Membransegment b entsprechend angepasst. Vzw. weisen die Membransegmente a, b und c eine Faltung mit dem gleichen Radius R auf, auch wenn die Tiefe der nicht näher bezeichneten Lufttaschen in den Membransegmenten a und c von der Tiefe der Lufttaschen des Membransegments abweicht. Wie bereits ausgeführt wird die untere Grenzfrequenz durch den Radius der Wellenberge und Wellentäler bestimmt. Hierdurch kann auf eine Frequenzweiche ganz verzichtet werden. Die Membransegmente a, b und c sind, wie in Fig. 22b gezeigt ist, vzw. in Reihe geschaltet ohne Überbrückungs- oder Filterglieder. In dieser Ausgestaltung fließt das Signal bzw. der Strom vollständig durch alle Membransegmente a, b und c - bzw. die Widerstände Ra, Rb und Rc. Der Tieftonbereich wird von allen Membransegmenten a, b und c wiedergegeben. Das elektrische Signal des Hochtonbereichs fließt ebenfalls durch die Widerstände Ra, Rb und Rc, wird aber aufgrund der oben geschilderten Zusammenhänge von den Membransegmenten a und c nicht wiedergegeben. Vzw. ist der Hochtonsignalanteil im Vergleich zum Tieftonsignalanteil verstärkt. Dies kann bspw. auf elektronischem Wege insbesondere mit einem Equalizer geschehen, insbesondere bevor das Gesamtsignal verstärkt wird. Diese Verstärkung des Hochtonsignalanteils kann insbesondere auf digitalem oder analogem Wege angehoben/verstärkt werden, vzw ohne dass eine wesentliche oder hörbare Phasenverschiebung zwischen dem Hochtonsignalanteil und dem Tieftonsignalanteil auftritt. Auf eine aktive oder passive Frequenzweiche, die die Signalanteile für die Membransegmente a/c und b separiert, kann so verzichtet werden.

[0067] Die in den Fig. 7 bis 22 im wesentlichen schematisch dargestellten Schallwandler, die insbesondere als AMT-Lautsprecher ausgebildet sind, weisen entsprechende Membrananordnungen 16, 26, 47 bzw. 58 und 62 auf, die gemäß den oben beschriebenen Erläuterungen ausgebildet sind, vzw. jeweils eine einzelne Membran aufweisen. Für den Fall, dass diese Membrananordnungen eine einzelne Membran aufweisen, sind die entsprechende Teilbereiche, also die entsprechende Membransegmente A, B, C, D, E bzw. a, b und c vzw. entsprechend dadurch abgegrenzt bzw. unterteilt, dass an den Randbereichen bzw. in den Übergangsbereichen vzw. hier nicht dargestellte Stegelemente angeordnet werden können, um die entsprechenden Membransegmente voneinander schwingungstechnisch zu trennen. Denkbar sind aber auch in den entsprechenden Übergangsbereichen ausgebildete "Pufferzonen", bspw. dadurch, dass hier vorgesehen Lufttaschen eben keine Leiterbahnen aufweisen oder diese entsprechenden Lufttaschen möglicherweise mit Klebstoff entsprechend befestigt und/oder teilweise aufgefüllt sind. Dies ist abhängig vom jeweiligen Anwendungsfall.

[0068] Aufgrund der unterschiedlichen Ansteuerungsmöglichkeiten der einzelnen Membransegmente A, B, C bzw. a, b, c, wie beschrieben, existiert vzw. ein Hochtonsegment und vzw. mehrere Niedrigtonsegmente, die entsprechend zueinander angeordnet sind, um insbesondere für den Zuhörer ein gemeinsames akustisches Zentrum zu bilden. Insbesondere können die einzelnen Membransegmente mit Hilfe einer elektrisch/elektronischen Steuereinheit entsprechend unterschiedlich angesteuert werden, vzw. weil die jeweiligen Leiterbahnen eines Membransegmentes anders elektrisch angesteuert werden als die jeweiligen Leiterbahnen eines anderen Membransegmentes. Auch durch die unterschiedliche Lufttaschentiefe der den jeweiligen Membransegmenten zugeordneten Lufttaschen kann die Zuordnung der Frequenzbereiche erfolgen bzw. so gesteuert werden. Denkbar ist auch, dass die einzelnen Membransegmente durch eine Mehrzahl, also von mehreren einzelnen Membranen gebildet werden, die in unterschiedlichen Rahmen entsprechend angeordnet sind. Dies bedeutet, dass die entsprechende Membrananordnung nicht, wie bei hier in den Fig. dargestellten bevorzugten Ausführungsformen aus einer einzigen Membran bestehen muss, sondern die Membrananordnung auch durch mehrere einzelne Membranen gebildet werden kann, wobei jede einzelne Membran dann ein entsprechendes einzelnes Membransegment bildet, und diese Membransegmente wiederum so ausgebildet und/oder angeordnet sind, dass - korrespondierend zu den obigen Ausführungen - die gesamte Membrananordnung ein im wesentlichen gemeinsames akustisches Zentrum aufweist. Auch dies ist abhängig vom jeweiligen Anwendungsfall.

[0069] Aufgrund der Anordnung der Membransegmente zueinander sowie auch aufgrund der Ausbildung der unterschiedlichen Lufttaschen werden die entsprechenden Nachteile im Stand der Technik vermieden und insbesondere AMT-Lautsprecher mit einem optimalen Rundstrahlverhalten realisiert.

Bezugszeichenliste:

[0070]

1	Membrananordnung
1a	Membran
2	Leiterbahn

3	Wellenberg
4	Wellental
5	Flanken
6	Lufttasche
6a	Lufttasche
6b	Lufttasche
6c	Lufttasche
6d	Lufttasche
6e	Lufttasche
6f	Lufttasche
6g	Lufttasche
7	Polplatte
8	Polplatte
9	Luftspalt
10a	Rahmenteil
10b	Rahmenteil
11a	Seitenteil
11b	Seitenteil
12	Schallöffnungen
12a	Schlitze
13	Schallwellen
14	Schallwellen
15	Schallwandler
16	Membrananordnung
16a	Membran
17	Polplatten
18	Polplatten
19	Luftspalt
20	Wellenberg

21	Wellental
22	Flanken
23	Lufttaschen
24	Schallwellen
24a	Wellenfronten
24b	Wellenfronten
25	Schallwandler
26	Membrananordnung
27	Polplatten
28	Polplatten
29	Luftspalt
30	Teilbereich
31	Ausgangszustand
32	Auslenkungszustand
33	Lufttasche
34	Teilbereich
35	maximal komprimierter Zustand
36	Ausgangszustand
37	Lufttasche
38	Schallwandler
39	Membrananordnung
40	Kontaktanschlüsse
41	Kontaktanschlüsse
42	Kontaktanschlüsse
43	Kontaktanschlüsse
44	Kontaktanschlüsse
45	Kontaktanschlüsse
46	Schallwandler
47	Membrananordnung

48	Luftspalt
49	Luftspalt
50	Polplatten
51	Polplatten
52	Polplattenelement
53	Kontaktanschlüsse
54	Kontaktanschlüsse
55	Kontaktanschlüsse
56	Kontaktanschlüsse
57	Schallwandler
58	Membrananordnung
59	Lufttaschen
60	Lufttaschen
61	Schallwandler
62	Membrananordnung
I	Strom
A, B, C, D, E	bzw. a, b, c Membransegmente
Vu	Unterdruck
Vk	komprimierte Luft

Patentansprüche

1. AMT-Lautsprecher mit einer Membrananordnung (16, 26, 39, 47, 62), wobei die Membrananordnung (16,26 ,39, 47, 62) eine einzige im wesentlichen mäanderförmig ausgebildete Membran (16a) aufweist, wobei die Membran (16a) durch die mäanderförmige Ausführung der Membran (16a) Lufttaschen (32, 59, 60) zur Schallerzeugung, eine Mehrzahl von Wellenbergen (20) und Wellentälern (21) sowie auf Flanken (22) angeordnete Leiterbahnen aufweist, wobei das durch die Membran (16a) wiederzugebende Frequenzspektrum in einen Hochtonbereich und einen Tieftonbereich oder in mehr als zwei Frequenzbereiche eingeteilt ist und die Membran (16a) hierfür mehrere Membransegmente (A, B, C; a, b, c) aufweist, wobei für jeden Frequenzbereich mindestens ein Membransegment (A, B, C; a, b, c) vorgesehen ist und die Membransegmente (A, B, C; a, b, c) derart angeordnet und/oder ausgestaltet sind, so dass die Membran (16a) ein im wesentlichen gemeinsames akustischen Zentrum aufweist, nämlich ein mittleres Membransegment (B; b) zur Wiedergabe eines Hochtonbereiches und eines Tieftonbereiches und zwei äußere Membransegmente (A, C; a, c) zur Wiedergabe eines Tieftonbereiches ausgebildet sind, wobei eine elektrische Schaltung vorgesehen ist und die Membransegmente (A, B, C; a, b, c) zumindest teilweise in Reihe geschaltet sind bzw. die Leiterbahnen des jeweiligen Membransegmentes (A, B, C; a, b, c) elektrisch unterschiedlich ansteuerbar sind **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Hochtonanteil mittels eines Überbrückungsgliedes an den zur Tiefton-Übertragung vorgesehenen Membransegmenten (A, C) vorbeileitbar ist, wobei die einzelnen Membransegmente (A, B, C, a, b, c) schwingungstechnisch voneinander entkoppelt sind, nämlich dass in den Grenzbereichen zwischen den Membransegmenten (A, B, C; a, b; c) stegförmige Elemente am Boden der jeweiligen Lufttaschen

angeordnet sind, so dass jedes Membransegment (A, B, C; a, b, c) eine separate schwingungsfähige Einheit bildet.

2. AMT-Lautsprecher nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Membrananordnung (16, 26, 39, 47, 62) eine Abstrahlachse (S) aufweist und die Membransegmente (A, B, C; a, b, c) symmetrisch zur Abstrahlachse (S) angeordnet sind.

3. AMT-Lautsprecher nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ausdehnung der Membransegmente (A, B, C) im wesentlichen kleiner als die halbe Wellenlänge der oberen Grenzfrequenz der Frequenzbereiche ist.

4. AMT-Lautsprecher nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Fläche der Membransegmente (A, B, C) an die untere zu übertragende Grenzfrequenz der Membrananordnung (16, 26, 39, 47, 62) angepasst ist.

5. AMT-Lautsprecher nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Tiefe der Lufttaschen insbesondere auf den Radius des Wellenberges bzw. Wellentales der Lufttasche abgestimmt ist.

6. AMT-Lautsprecher nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Tiefe (T') der Lufttaschen des zur Hochtonübertragung vorgesehenen Membransegments (B) geringer ist als die Tiefe (T) der Lufttaschen der zur Tiefton-Übertragung vorgesehenen Membransegmente (A, C).

7. AMT-Lautsprecher nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** oberhalb und unterhalb des mittleren Membransegments (B) äußere Membransegmente (D, E) angeordnet sind.

8. AMT-Lautsprecher nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Membransegmente (A, B, C, D, E) im wesentlichen rechteckig oder quadratisch ausgebildet sind.

9. AMT-Lautsprecher nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verhältnis der Membranfläche eines einzelnen Membransegments zur Gesamtmembranfläche sich reziprok verhält zu dem Verhältnis aus Impedanz des einzelnen Membransegments zur Gesamt-impedanz aller Membransegmente.

10. AMT-Lautsprecher nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Realisierung der schwingungstechnischen Entkopplung der Membransegmente (A, B, C) in den Übergangsbereichen "Pufferzonen" **dadurch** realisiert sind, dass hier Lufttaschen keine Leiterbahnen aufweisen.

11. AMT-Lautsprecher nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Membransegmente (A, B, C) in einem Luftspalt zwischen Polplatten (50, 51) angeordnet sind.

12. AMT-Lautsprecher nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das für die Hochtonwiedergabe bestimmte Membransegment (B) in einem Luftspalt geringerer Höhe angeordnet ist als die Membransegmente (A, C) für die Niedrigtonwiedergabe.

Claims

1. AMT loudspeaker having a diaphragm arrangement (16, 26, 39, 47, 62), wherein the diaphragm arrangement (16, 26, 39, 47, 62) has a single diaphragm (16a) of essentially meandrous design, wherein the diaphragm (16a) has, as a result of the meandrous design of the diaphragm (16a), air pockets (32, 59, 60) for producing sound, a plurality of wave peaks (20) and wave valleys (21) and also conductor tracks arranged on sides (22), wherein the frequency spectrum to be reproduced by the diaphragm (16a) is divided into a treble range and a bass range or into more than two frequency ranges and the diaphragm (16a) has a plurality of diaphragm segments (A, B, C; a, b, c) therefor, wherein each frequency range has at least one diaphragm segment (A, B, C; a, b, c) provided for it and the diaphragm segments (A, B, C; a, b, c) are arranged and/or designed such that the diaphragm (16a) has an essentially common acoustic centre, namely a central diaphragm segment (B; b) is designed for the reproduction of a treble range and a bass range and two outer diaphragm segments (A, C; a, c) are designed for the reproduction of a bass range, wherein an electrical circuit is provided and the diaphragm segments (A, B, C; a, b, c) are at least to some extent connected in series or the conductor tracks of the respective diaphragm segment (A, B, C; a, b, c) can be actuated in electrically different ways, **characterized in that** a treble component can be routed past the diaphragm segments

(A, C) provided for bass transmission by means of a bypass element, wherein the individual diaphragm segments (A, B, C, a, b, c) are decoupled from one another in terms of oscillation, namely crosspiece-like elements are arranged on the bottom of the respective air pockets in the border regions between the diaphragm segments (A, B, C; a, b, c), so that each diaphragm segment (A, B, C; a, b, c) forms a separate oscillatable unit.

2. AMT loudspeaker according to Claim 1, **characterized in that** the diaphragm arrangement (16, 26, 39, 47, 62) has a radiation axis (S) and the diaphragm segments (A, B, C; a, b, c) are arranged symmetrically with respect to the radiation axis (S).

3. AMT loudspeaker according to one of the preceding claims, **characterized in that** the extent of the diaphragm segments (A, B, C) is essentially less than half the wavelength of the upper cut-off frequency of the frequency ranges.

4. AMT loudspeaker according to one of the preceding claims, **characterized in that** the surface area of the diaphragm segments (A, B, C) matches the lower transmittable cut-off frequency of the diaphragm arrangement (16, 26, 39, 47, 62).

5. AMT loudspeaker according to one of the preceding claims, **characterized in that** the depth of the air pockets is attuned particularly to the radius of the wave peak or wave valley of the air pocket.

6. AMT loudspeaker according to one of the preceding claims, **characterized in that** the depth (T') of the air pockets of the diaphragm segment (B) provided for treble transmission is less than the depth (T) of the air pockets of the diaphragm segments (A, C) provided for bass transmission.

7. AMT loudspeaker according to one of the preceding claims, **characterized in that** outer diaphragm segments (D, E) are arranged above and below the central diaphragm segment (B).

8. AMT loudspeaker according to one of the preceding claims, **characterized in that** the diaphragm segments (A, B, C, D, E) are in essentially rectangular or square form.

9. AMT loudspeaker according to one of the preceding claims, **characterized in that** the ratio of the diaphragm surface area of an individual diaphragm segment to the total diaphragm surface area is reciprocal in its behaviour with respect to the ratio of the impedance of the individual diaphragm segment to the total impedance of all diaphragm segments.

10. AMT loudspeaker according to one of the preceding claims, **characterized in that** to implement the oscillatory decoupling of the diaphragm segments (A, B, C) in the cross-over areas, "buffer zones" are implemented by virtue of air pockets having no conductor tracks at this point.

11. AMT loudspeaker according to one of the preceding claims, **characterized in that** the diaphragm segments (A, B, C) are arranged in an air gap between pole plates (50, 51).

12. AMT loudspeaker according to one of the preceding claims, **characterized in that** the diaphragm segment (B) intended for the treble reproduction is arranged in an air gap of lesser height than the diaphragm segments (A, C) for the bass reproduction.

Revendications

1. Haut-parleur AMT avec un arrangement de membrane (16, 26, 39, 47, 62), l'arrangement de membrane (16, 26, 39, 47, 62) présentant une membrane (16a) unique configurée essentiellement en forme de méandre, la membrane (16a) présentant, du fait de l'exécution en forme de méandre de la membrane (16a), des poches d'air (32, 59, 60) pour produire du bruit, une pluralité de sommets d'onde (20) et de creux d'onde (21) ainsi que des pistes conductrices disposées sur des flancs (22), le spectre de fréquences à restituer par la membrane (16a) étant divisé en une plage de tonalités aiguës et une plage de tonalités graves ou en plus de deux plages de fréquences et la membrane (16a) présentant à cet effet plusieurs segments de membrane (A, B, C ; a, b, c), au moins un segment de membrane (A, B, C ; a, b, c) étant prévu pour chaque plage de fréquences et les segments de membrane (A, B, C ; a, b, c) étant disposés et/ou configurés de telle sorte que la membrane (16a) présente un centre acoustique pour l'essentiel commun, à savoir un segment de membrane central (B ; b) est configuré pour restituer une plage de tonalités aiguës

et une plage de tonalités graves et deux segments de membrane externes (A, C ; a, c) sont configurés pour restituer une plage de tonalités graves, un circuit électrique étant prévu et les segments de membrane (A, B, C ; a, b, c) étant au moins partiellement branchés en série ou les pistes conductrices des segments de membrane (A, B, C ; a, b, c) respectifs pouvant être excitées électriquement différemment, **caractérisé en ce qu'**une part de tonalité aiguë peut être acheminée au moyen d'un élément de pontage aux segments de membrane (A, C) prévus pour la transmission de la tonalité grave, les segments de membrane (A, B, C ; a, b, c) individuels étant découplés les uns des autres du point de vue oscillatoire, à savoir que dans les zones limites entre les segments de membrane (A, B, C ; a, b, c) sont disposés des éléments en forme de nervure sur le fond des poches d'air respectives, de sorte que chaque segment de membrane (A, B, C ; a, b, c) forme une unité oscillante séparée.

2. Haut-parleur AMT selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'arrangement de membrane (16, 26, 39, 47, 62) présente un axe de rayonnement (S) et les segments de membrane (A, B, C ; a, b, c) sont disposés symétriquement par rapport à l'axe de rayonnement (S).

3. Haut-parleur AMT selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'expansion des segments de membrane (A, B, C) est pour l'essentiel inférieure à la moitié de la longueur d'onde de la fréquence limite supérieure des plages de fréquences.

4. Haut-parleur AMT selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la surface des segments de membrane (A, B, C) est adaptée à la fréquence limite inférieure à transmettre de l'arrangement de membrane (16, 26, 39, 47, 62).

5. Haut-parleur AMT selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la profondeur des poches d'air est notamment accordée sur le rayon du sommet d'onde ou du creux d'onde de la poche d'air.

6. Haut-parleur AMT selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la profondeur (T') des poches d'air du segment de membrane (B) prévu pour la transmission des tonalités aiguës est inférieure à la profondeur (T) des poches d'air des segments de membrane (A, C) prévus pour la transmission des tonalités graves.

7. Haut-parleur AMT selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** des segments de membrane externes (D, E) sont disposés au-dessus et au-dessous du segment de membrane central (B).

8. Haut-parleur AMT selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les segments de membrane (A, B, C, D, E) sont de configuration pour l'essentiel rectangulaire ou carrée.

9. Haut-parleur AMT selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le rapport entre la surface de membrane d'un segment de membrane individuel et la surface totale de la membrane est inversement proportionnel au rapport entre l'impédance du segment de membrane individuel et l'impédance totale de tous les segments de membrane.

10. Haut-parleur AMT selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** pour réaliser le découplage oscillatoire des segments de membrane (A, B, C), des « zones tampon » dans les zones de transition sont réalisées de telle sorte que les poches d'air ne présentent ici pas de pistes conductrices.

11. Haut-parleur AMT selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les segments de membrane (A, B, C) sont disposés dans un entrefer entre des plaques polaires (50, 51).

12. Haut-parleur AMT selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le segment de membrane (B) destiné à la restitution des tonalités aiguës est disposé dans un entrefer de hauteur plus faible que celle des segments de membrane (A, C) destinés à la restitution des tonalités graves.

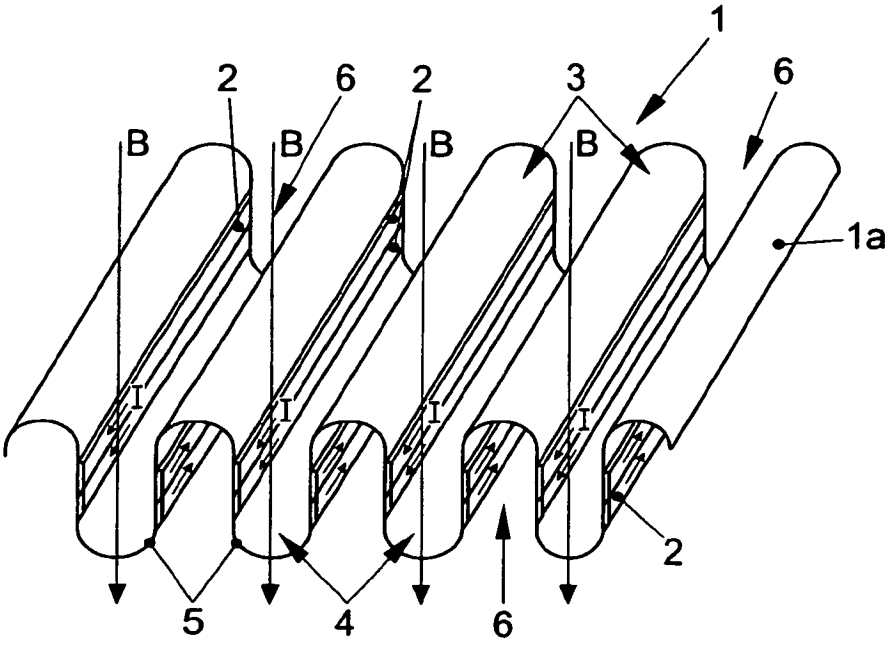


FIG. 1

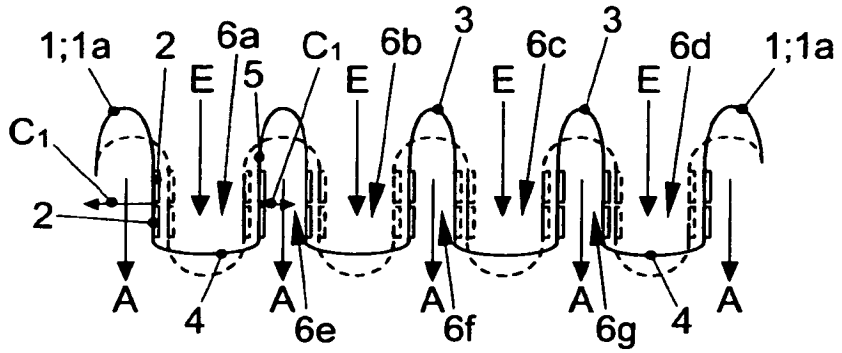


FIG. 2

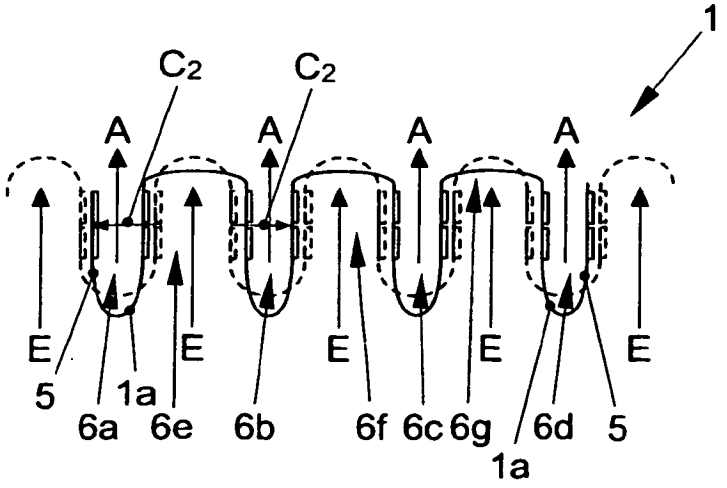


FIG. 3

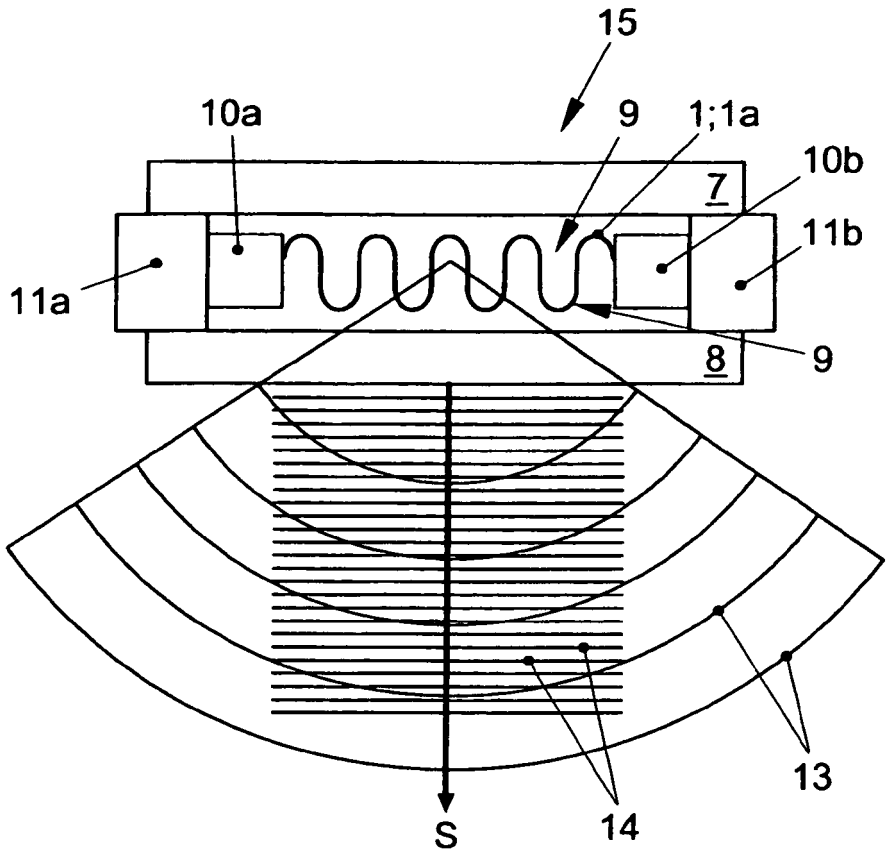


FIG. 4

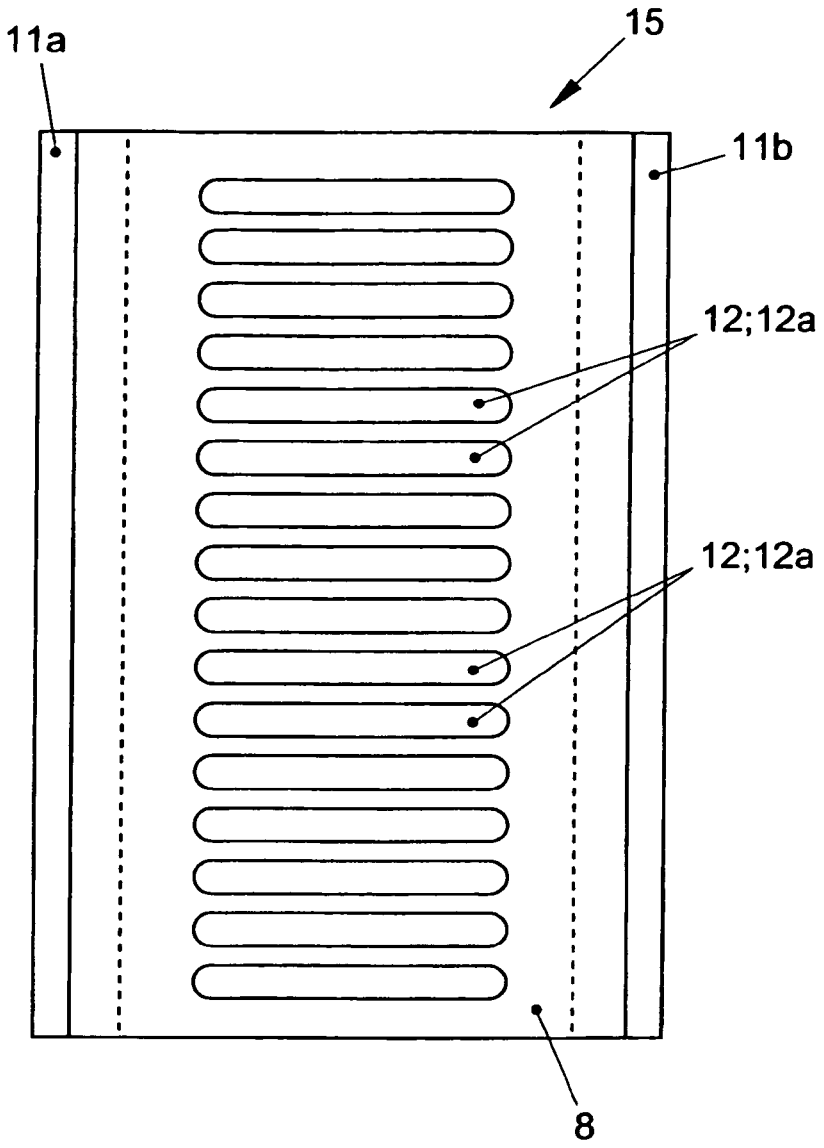


FIG. 5

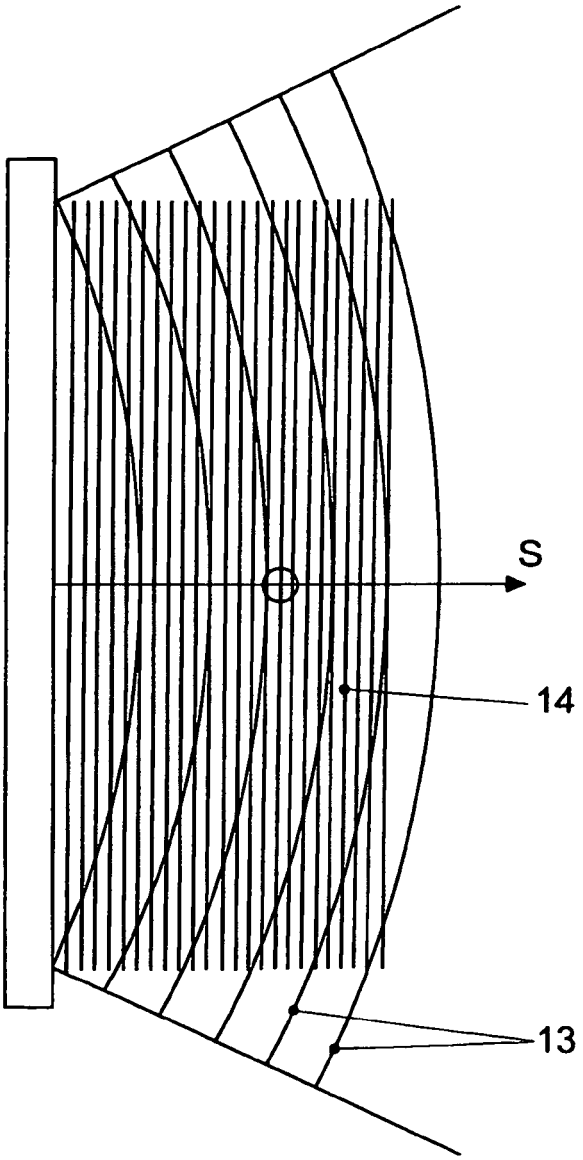


FIG. 6

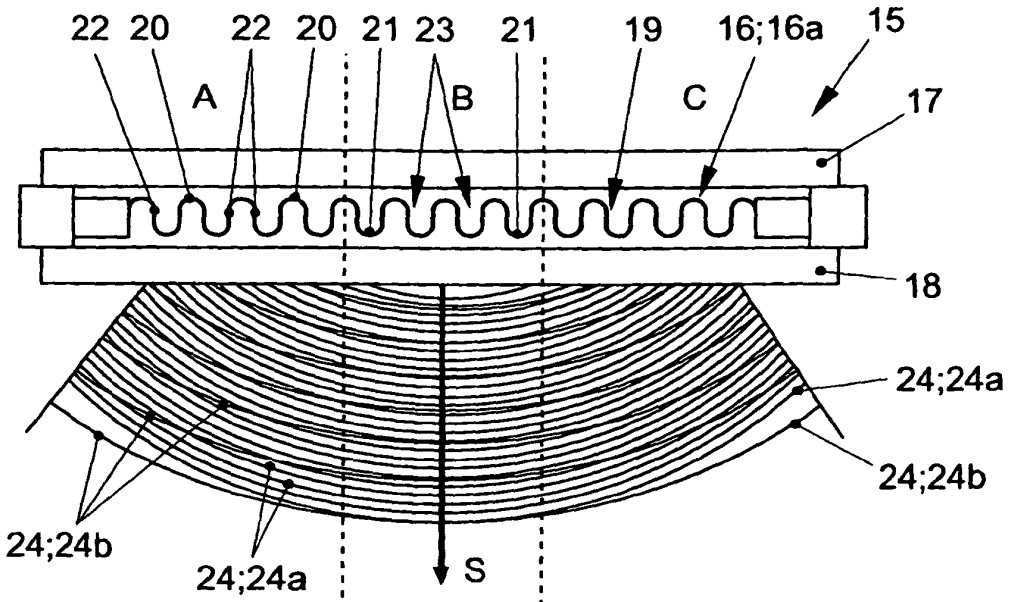

22
20
22
20
21
23
21
19
16;16a
15
A
B
C
17
18
24;24a
24;24b
24;24b
24;24a
S

FIG. 7

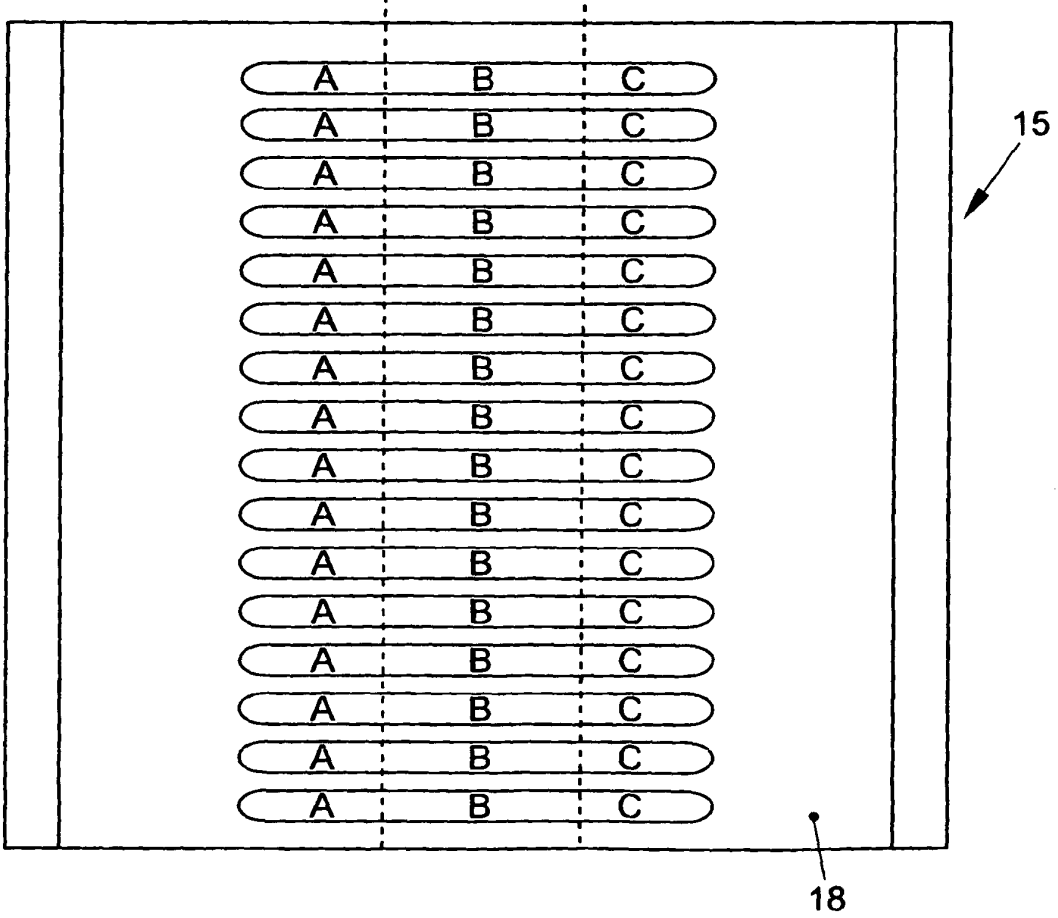

A B C
15
18

FIG. 8

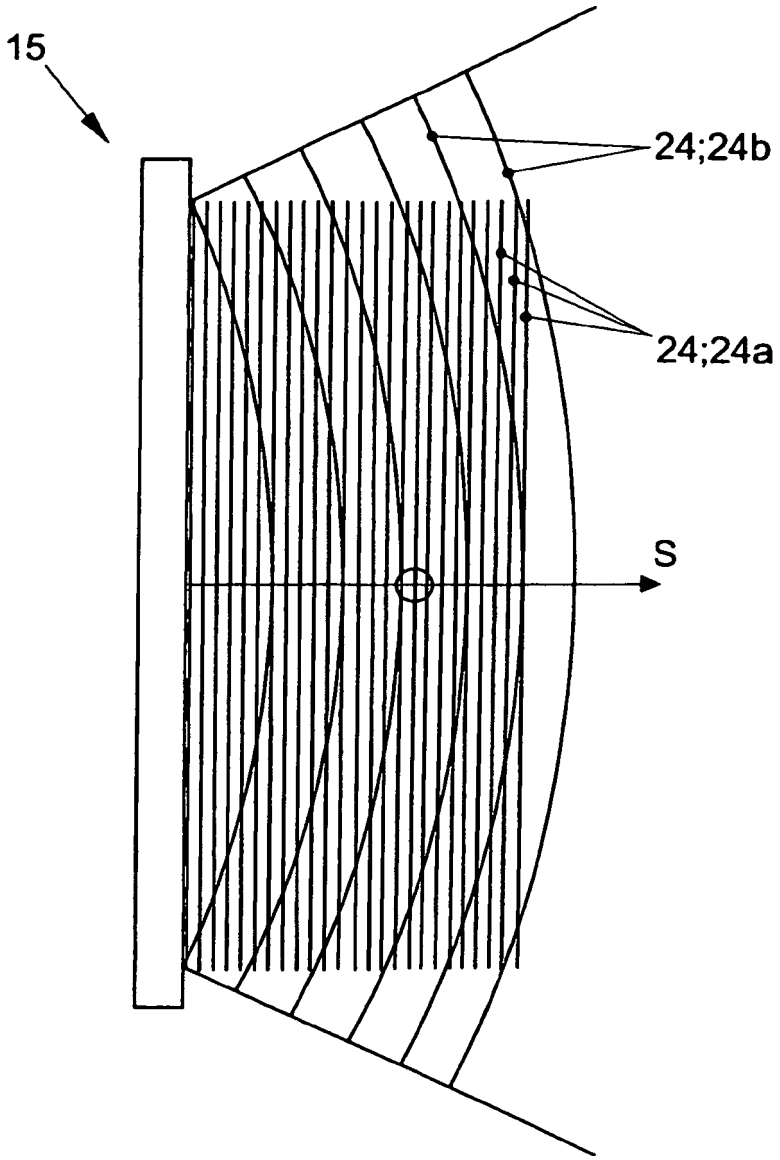


FIG. 9

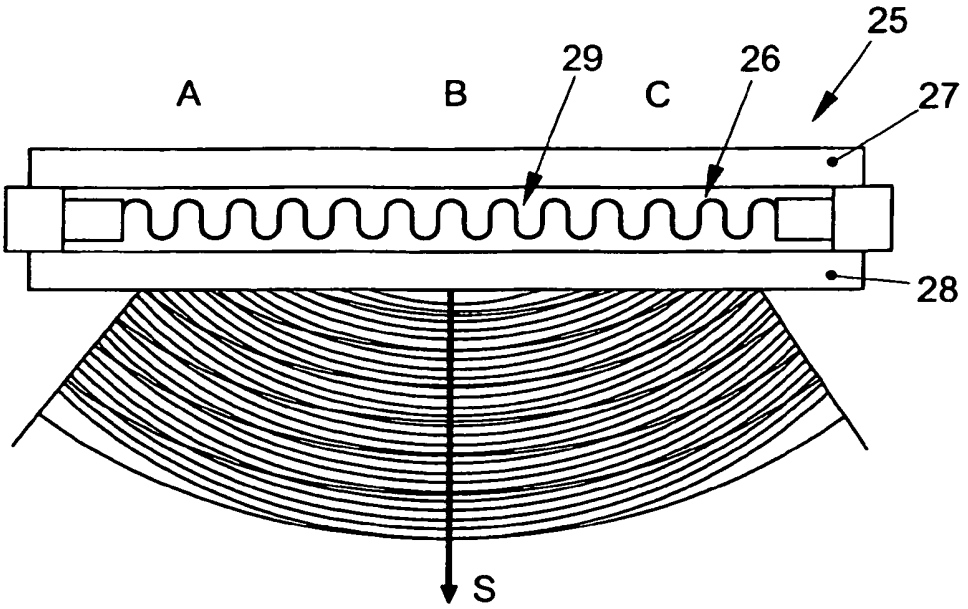


FIG.11a

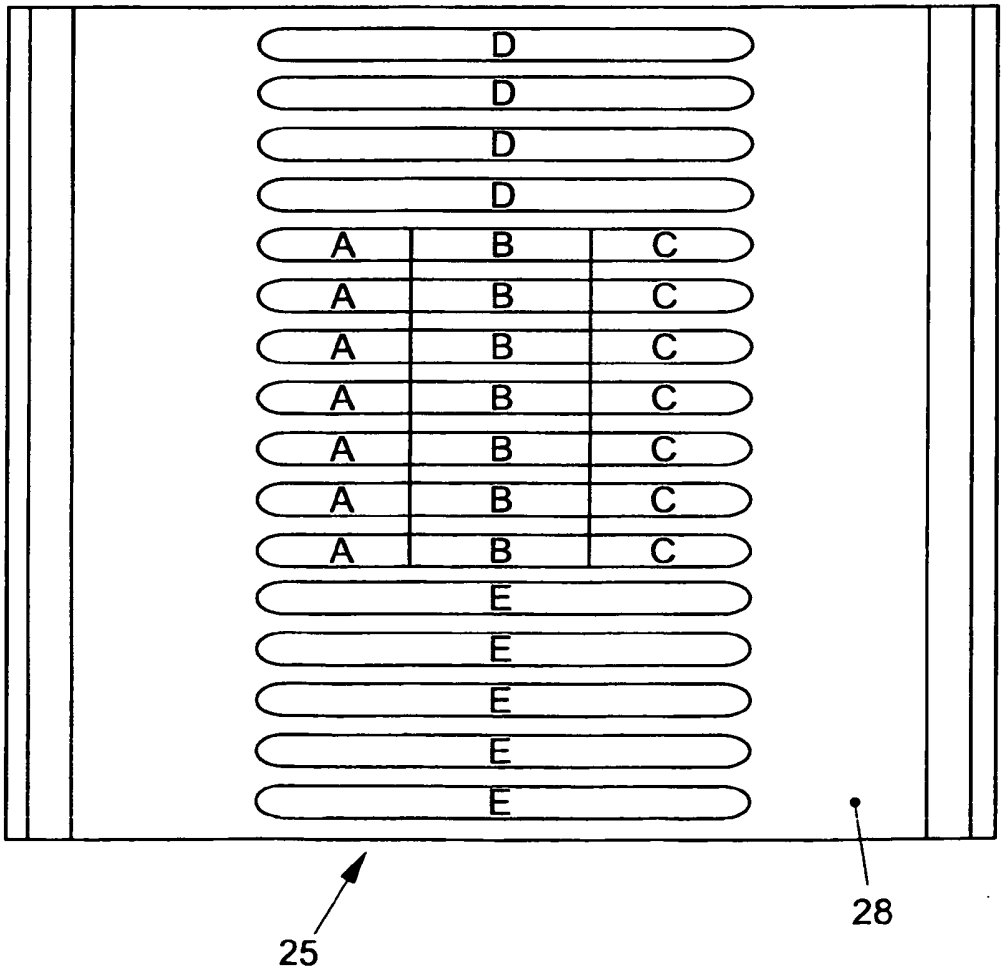


FIG. 10

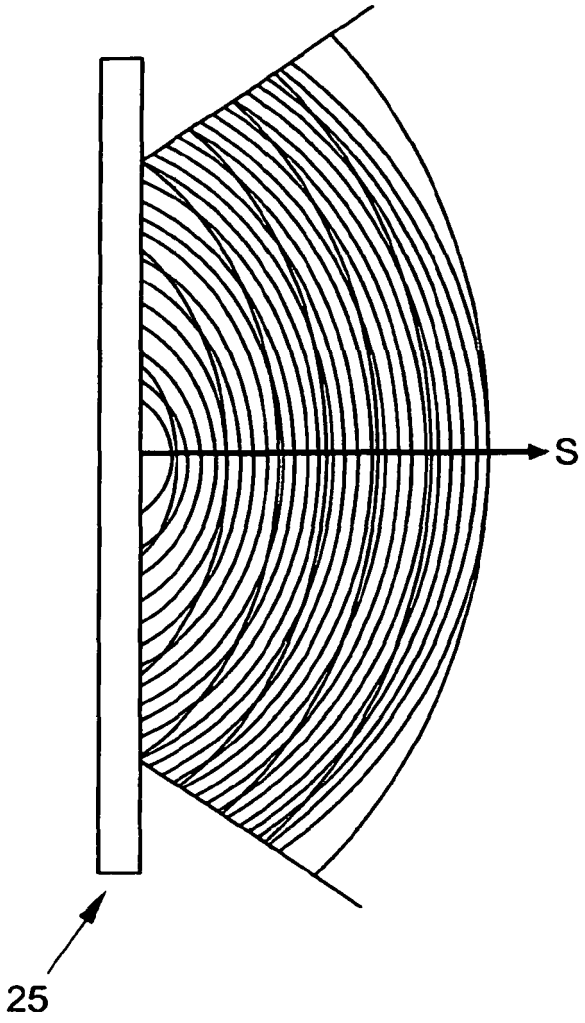


FIG. 11b

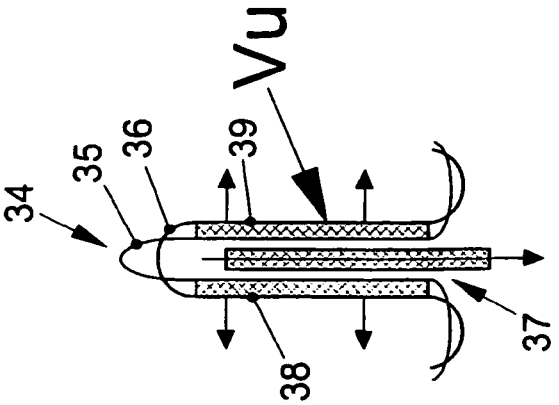


FIG. 14

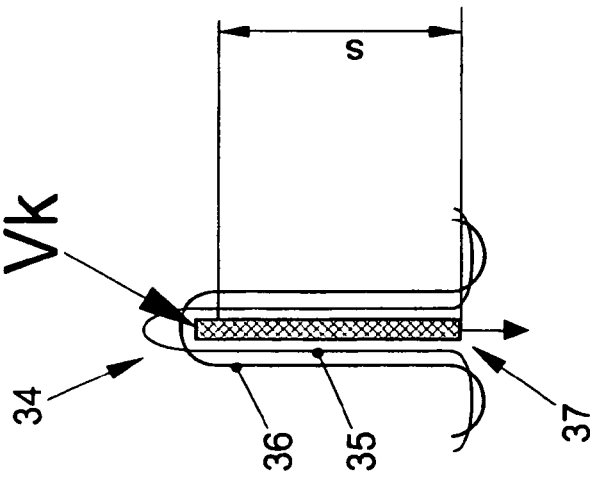


FIG. 13

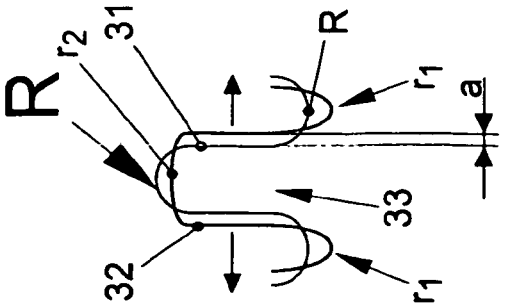


FIG. 12

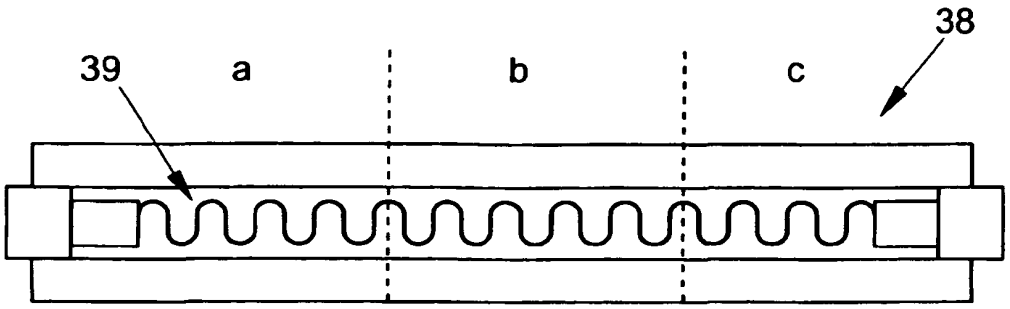


FIG. 15

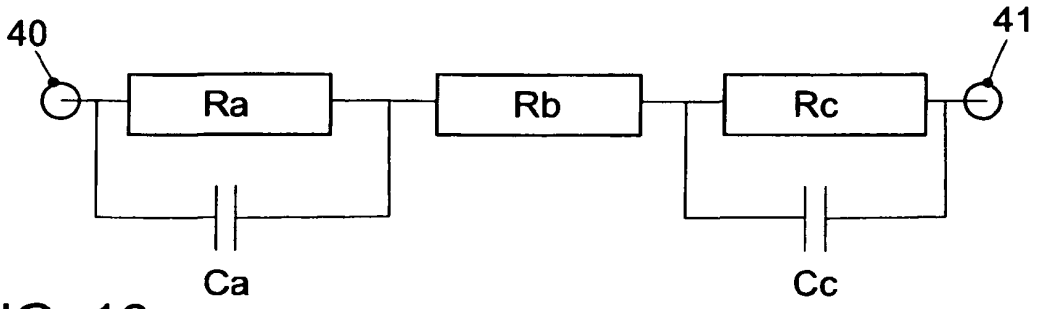


FIG. 16

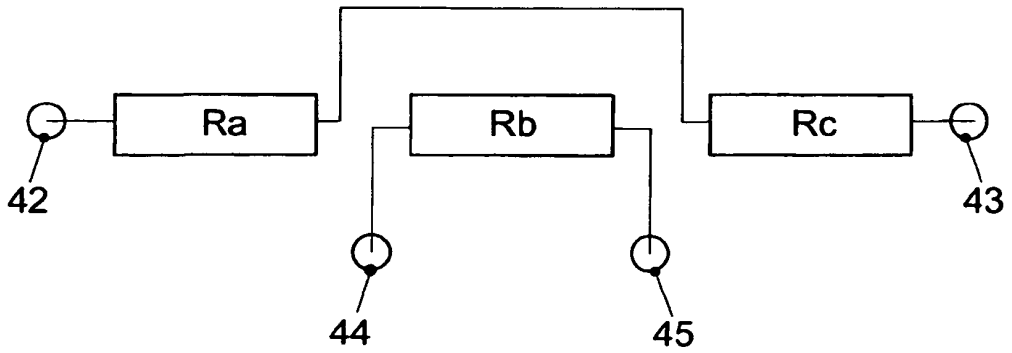


FIG. 17

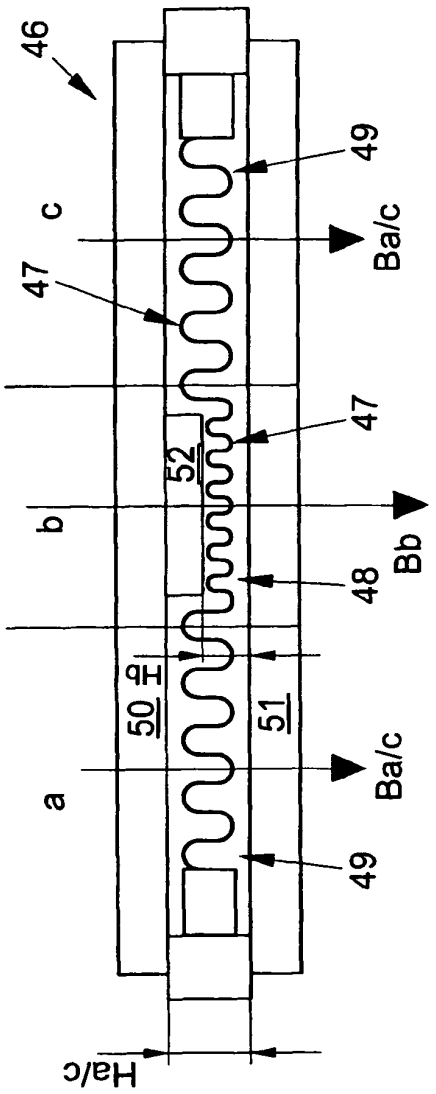


FIG. 18a

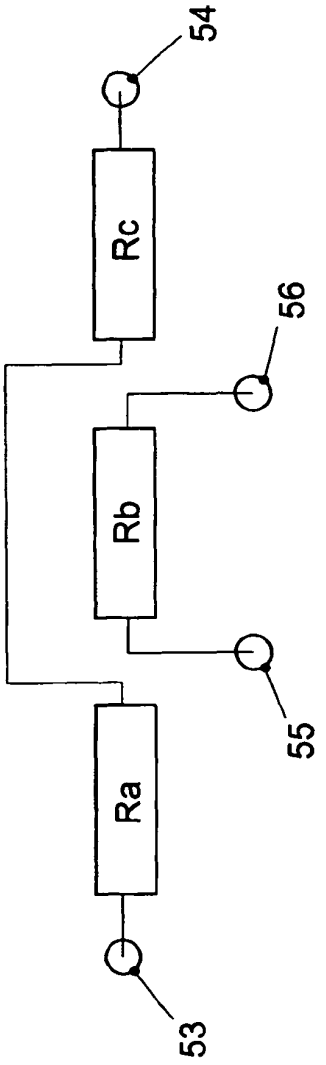


FIG. 18b

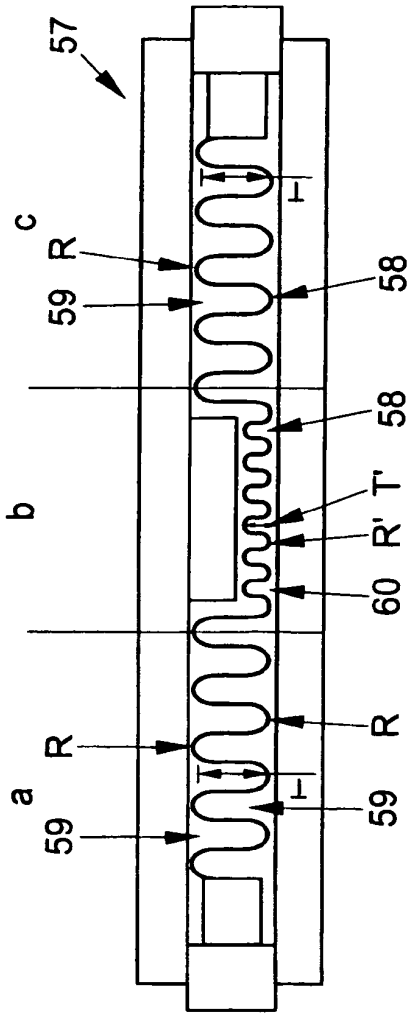


FIG. 19

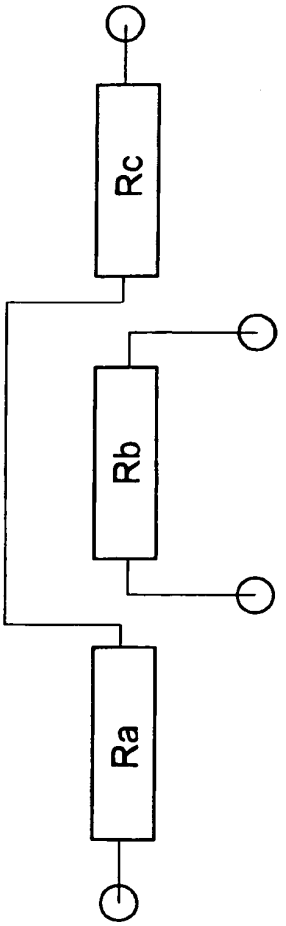


FIG. 20

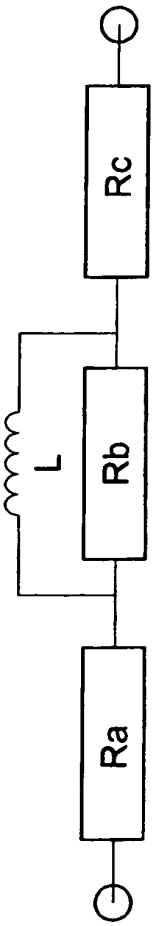


FIG. 21

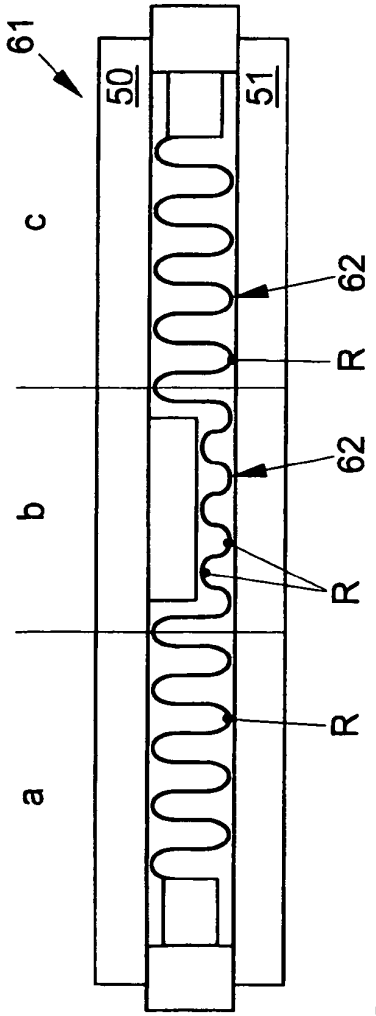


FIG. 22a



FIG. 22b

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- WO 9907183 A1 **[0004]**
- WO 0113678 A1 **[0005]**