



(11) **EP 0 755 166 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
22.01.1997 Patentblatt 1997/04

(51) Int. Cl.⁶: **H04R 3/00**

(21) Anmeldenummer: 96104591.1

(22) Anmeldetag: 22.03.1996

(84) Benannte Vertragsstaaten:
CH DE FR GB LI NL SE

(30) Priorität: 19.07.1995 DE 19526124

(71) Anmelder: **SENNHEISER ELECTRONIC KG**
D-30900 Wedemark (DE)

(72) Erfinder:

- **Bartels, Volker**
30161 Hannover (DE)
- **Markmann, Burkhard**
30926 Seelze (DE)

**(74) Vertreter: Eisenführ, Speiser & Partner
Martinistrasse 24
28195 Bremen (DE)**

(54) Einrichtung mit aktiver Lärmkompensation

(57) Die Erfindung betrifft eine Einrichtung mit aktiver Lärmkompensation, um einer ständigen Lärmeinwirkung und den daraus resultierenden Störschäden des Gehörs entgegenzutreten. Eine solche Einrichtung weist einen Wandler auf mit einer Wandlarmembran (50) auf, welche ein Volumen (V_2) vor der Membran (50) von einem Volumen (V_1) hinter der Membran (50) trennt und wobei die Wandlarmembran (50) als auch das hintere Volumen (V_1) eine bestimmte Nachgiebigkeit aufweisen.

Es ist Aufgabe der Erfindung, den Wandler für eine Lärmkompensationseinrichtung zu verbessern, mechanisch und elektroakustisch robuster zu machen und die im Stand der Technik auftretenden Nachteile zu vermeiden.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe mit einer Einrichtung mit aktiver Lärmkompensation der eingangs beschriebenen Art gelöst, bei der die Membran-Nachgiebigkeit (N_M) geringer ist als die Nachgiebigkeit (N_1) des hinteren Volumens (V_1).

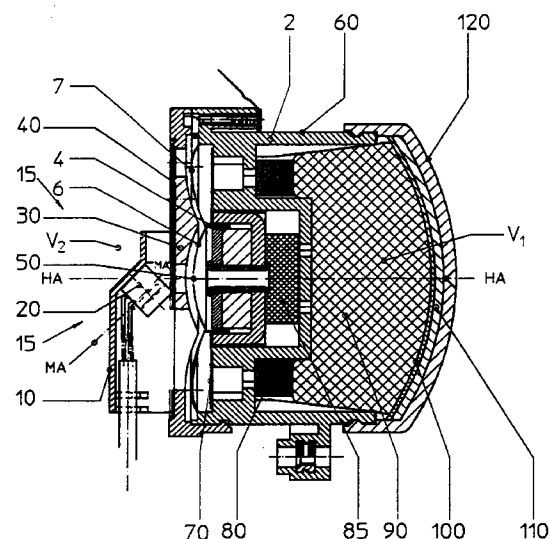


Fig. 1

Beschreibung

Lärm ist eine der schlimmsten Umweltbelastungen und ein ernstzunehmender Streßfaktor. Untersuchungen haben gezeigt, daß Lärm auf das vegetative Nervensystem wirkt. Müdigkeit, Konzentrationsmangel, Nervosität und Gereiztheit sind die Folge. Darüberhinaus führt ständige Lärmeinwirkung zu Dauerschäden des Gehörs.

Um diesen Problemen entgegenzuwirken sind bereits Einrichtungen mit aktiver Lärmkompensation bekannt, die auf dem Prinzip des phaseninversen Schalls basieren.

Dazu wird am Schalleinwirkungsort, z. B. dem Ohr mittels eines Schallaufnehmers in Form eines Mikrofons die am Ohr auftreffende Schallwelle einem Filter zur 180° Schiebung zugeführt und der phasenverschobene Schall über einen Wandler abgegeben.

Mit einer solchen aktiven Lärmkompensationseinrichtung, kombiniert mit passivem Gehörschutz bzw. geschlossenem Kopfhörer, kann im unteren Frequenzbereich eine Lärmreduzierung von mehr als 15 dB erreicht werden. Eine Lärmreduzierung um 10 dB wird subjektiv als Halbierung der Lautstärke wahrgenommen.

Solche Kopfhörer mit aktiver Lärmkompensation sind seit einigen Jahren auf dem Markt erhältlich, z. B. unter der Bezeichnung "NoiseGard®" (Marke von Sennheiser electronic KG) mit der Typenbezeichnung HDC 200 "NoiseGard® mobile". Das Prinzip der aktiven Lärmkompensation ist beispielsweise auch aus den Dokumentationen DE-A-95134, DE-B-305391, DE-C-71754, DE-C-71534, DE-C-655508, DE-A-3719963, DE-C-40153, DE-U-881597, EP-A-008389, GB-A-147166, GB-A-16074, GB-A-160070, GB-A-09769, GB-C-1530814, DE-A-33498, DE-A-3137747, DE-151717, EP-A-0461801, US-A-4,736,431, US-A-4,6, 69, US-A-4,494,074, US-4,05,734, US-A-4,017,797, US-A-3,95,158, US-A-3,637,040, US-A-97,018 oder US-A-043,416, GB-21,87,361, US-A-3,637,040, US-A-4,922,542, US-A-4,399,334, US-RE-260,030 und US-A-1,807,225 bekannt.

Schließlich ist aus US-A-5,181,252 ein hochkomplianter Kopfhörerwandler bekannt, der für eine aktive Lärmkompensationseinrichtung eingesetzt wird. Bei dieser bekannten Einrichtung wird der Hohlraum vor dem Wandler von dem geschlossenen Hohlraum hinter dem Wandler durch die Wandlormembran getrennt. Ferner weist der Wandler eine Membran auf, die erheblich nachgiebiger als das hintere Volumen ist oder anders ausgedrückt, das hintere Volumen ist deutlich steifer als die Steifigkeit der Membran des Wandlers. Ein solches Verhältnis der Membransteifigkeit zur Steifigkeit des hinteren Volumens wird beispielsweise bei einer Wandlormembran erreicht, die aus einer 40µm dicken Polycarbonatschicht besteht. Bei der aus der US-A-5,181,252 bekannten Lärmkompensationseinrichtung bestimmt somit das hintere Volumen die Gesamtsteifigkeit der Anordnung aus Wandler und hinterem Volumen. Eine solche bekannte Einrichtung weist eine relativ geringe Resonanzfrequenz auf und ist gegenüber Umwelteinflüssen wie Druck und Temperaturschwankungen wenig mechanisch robust, was dazu führt, daß mechanische Schäden am Wandler vor allem dann zu befürchten sind, wenn die aktive Lärmkompensationseinrichtung unter extremen Umwelteinflüssen eingesetzt wird, was gerade im Flugverkehr nicht selten ist.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung den Wandler für eine Lärmkompensationseinrichtung zu verbessern und die im Stand der Technik auftretenden Nachteile zu vermeiden.

Die gestellte Aufgabe wird durch eine Einrichtung mit aktiver Lärmkompensation gelöst, wobei die Einrichtung einen Wandler mit einer Wandlormembran aufweist, welche das Volumen vor der Membran von dem Volumen hinter der Membran trennt und die Wandlormembran steifer als das hintere Volumen ist. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen beschrieben.

Wenn die Membrannachgiebigkeit erfindungsgemäß geringer ist als die Nachgiebigkeit des hinteren Volumens, also die Membran steifer ist als das Volumen hinter ihr, steigt zwar die Resonanzfrequenz des Systems an, dies ist jedoch ohne negative Einflüsse auf das Gesamtsystem und läßt sich durch andere Maßnahmen wieder ausgleichen. Durch die erfindungsgemäße Maßnahme wird jedoch das Verhalten des Wandlers insgesamt mehr durch seine eigene Membran als durch das Volumen hinter ihr bestimmt. Damit wird der Wandler elektroakustisch unempfindlicher, vor allem wird er aber mechanisch robuster gegen Umwelteinflüsse wie Druck- und Temperaturschwankungen und ist somit besser für einen Einsatz unter Extrembedingungen geeignet. Durch die erfindungsgemäße Maßnahme bleibt die aktive Lärmkompensationsfunktion als solche weitgehend unverändert, und durch die höhere Resonanz des Systems wird auch der Bereich ohne rückkopplungskritische Phasendrehungen vergrößert.

Eine Möglichkeit zur Versteifung der Membran ist die, die Membran aus aufeinanderfolgenden Laminatschichten aufzubauen, vorzugsweise aus drei Laminaten, nämlich 60 µm Polycarbonat, gefolgt von einer Schicht 30 µm Polyuretan, diese wiederum gefolgt von einer weiteren 60 µm dicken Schicht Polycarbonat.

Es ist im übrigen sehr zweckmäßig, wenn zur Bedämpfung der Grundresonanz der Membran ein Dämpfungswiderstand unterhalb der Membran vorgesehen ist. Dies kann vor allem dadurch erfolgen, daß unterhalb der Membran sehr nahe zu ihr Dämpfungsmittel angeordnet sind, so daß das Volumen zwischen dem Sickenbereich der Membran im Verhältnis zum rückwärtigen Volumen verringert wird.

Auch wenn durch die erfindungsgemäßen Maßnahmen der Wandler zunächst unempfindlicher wird, so läßt sich die Empfindlichkeit durch Optimieren der Schwingspule wieder so weit wie gewünscht erhöhen. Hierfür ist eine Maximierung des Produktes aus spezifischer Leitfähigkeit und der Drahtquerschnittsfläche der Spule des Wandlers geeignet.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels mit Zeichnungen näher erläutert. In den Zeichnungen stellen dar:

- Figur 1 Querschnitt durch einen Kopfhörerwandler mit aktiver Lärmkompensation gemäß der Erfindung;
 Figur 2 ein akustisches Ersatzschaltbild für den Wandler nach Figur 1;
 Figur 3 Schalldruck-Frequenz-Diagramme für verschiedene Auswirkungen von Maßnahmen bei dem Wandler nach Figur 1 und 2; und
 Figur 4 Querschnitt durch einen bekannten Kopfhörer mit aktiver Lärmkompensation.

Figur 1 zeigt einen Ausschnitt aus einem Kopfhörer mit aktiver Lärmkompensation gemäß der Erfindung. Der Kopfhörer weist einen Wandler 1 mit einem Wandlergehäuse 2 sowie eine Wandlormembran 50, eine am rückwärtigen Teil der Membran befestigten Spule 4 als auch ein Spulengehäuse 5 auf. Die Wandlormembran 50 besteht aus einem Zentralteil 6 - Kalotte genannt - und einem die Kalotte umgebenden Ring 7 - Sicke genannt - zur Schallerzeugung. Die Sicke dient auch zur mechanischen Aufhängung der Kalotte und gewährleistet die Auslenkbarkeit des Kalotte 6 als auch der daran befestigten Spule 4, welche in Abhängigkeit von einem Lärmkompensationsstrom in das Spulengehäuse 5 eintaucht. Das Wandlergehäuse 2 besteht aus drei miteinander verbundenen Teilen, nämlich Resonator 70, der auf einem Chassis 60 befestigt ist, an dessen Rückseite wiederum ein Deckel 120 bzw. eine Schutzkappe angeordnet.

Die Wandlormembran 50 trennt das Volumen V_1 hinter der Membran 50 von dem Volumen V_2 vor der Membran. Das hintere Volumen V_1 ist durch das geschlossene Wandlergehäuse vollständig abgeschlossen, während das vordere Volumen V_2 dasjenige ist, welches zwischen der Wandlormembran 50 und dem menschlichen Ohr liegt und aufgrund der unterschiedlich physiognomischen Ausgestaltungen des menschlichen Ohrs bzw. des menschlichen Gehörgangs verschieden ist. In jeden Fall ist das vordere Volumen V_2 um ein vielfaches größer als das hintere Volumen V_1 .

Zum mechanischen Schutz der Wandlormembran ist vor der Membran ein Resonator 30 aus vorzugsweise Kunststoff und darüberliegend ein akustisch transparentes Gewebe 40 als Dämpfungsmittel vorgesehen, um vor allem das Eindringen von Staub in den Bereich der Membran des Wandlers zu verhindern.

Im hinteren Volumen sind verschiedene Dämpfungsmittel angeordnet, um die Grundresonanz des Wandlers zu verringern. Als erstes Dämpfungsmittel liegt unterhalb der Sicke im mittleren Abstand von etwa 2 mm dazu eine Dämpfungsscheibe 70 aus akustischer Seide. Ferner ist ein Dämpfungsfilzring 80 im mittleren Teil des hinteren Volumens am Durchgang zum Sickenbereich vorgesehen, und zwischen dem Dämpfungsfilzring 80 und einer Schutzkappe 120 des Wandlers 2 ist ein akustisch transparenter Schaum 90, eine Papierschicht 100 sowie ein Dämpfungsfilz 110 angeordnet. Darüber hinaus ist unterhalb der Kalotte eine Rohrniet 101 zum Zusammenhalten des Spulenmagneten 102 der Schwingspule 5 vorgesehen und ein akustisch offener Schaum 85 zur Rohrnietbedämpfung. Ferner weist der Wandler außen vorne aufliegend eine Mikrofonhalterung 10 auf, welche ein Mikrofon aufnimmt, dessen Mikrofonhauptachse MA in einem Winkel von etwa 45° zur Wandlerhauptachse HA geneigt ist. In dem Bereich unterhalb des Mikrofons ist der mechanische Gewebeschutz 40 weggelassen und der Resonator 30 durchbohrt.

Das Mikrofon nimmt den Störschall 15 vor dem Wandler auf und wandelt ihn in ein entsprechendes elektrisches Signal um, welches an eine Schaltung weitergeführt wird, welche ein um 180° phasenverschobenes Wandlersignal erzeugt, welches der Spule 5 zugeführt wird, um eine entsprechende Auslenkung der Schwingspule 4 zu erzeugen.

Figur 2 zeigt ein vereinfachtes akustisches Ersatzschaltbild der Anordnung des Wandlers nach Figur 1. In dem Ersatzschaltbild bedeuten:

V_1 :	hinteres Volumen
V_2 :	vorderes Volumen
N_1 :	Nachgiebigkeit des Volumens hinter der Membran
N_2 :	Nachgiebigkeit des Volumens vor der Membran
M_M :	Membranmasse
N_M :	Membrannachgiebigkeit
D_M :	mechanische Dämpfung der Membran
ω_0, ω_0' :	Resonanzfrequenzen = $2\pi f_0$ bzw. $2\pi f_0'$

Ist der Kopfhörer nicht aufgesetzt, wird das Volumen V_2 vor der Membran sehr groß, und für Vereinfachungszwecke ist nachfolgend $N \rightarrow \infty$ angenommen und wird deshalb nicht mehr berücksichtigt.

Für das in Figur 2 dargestellte Ersatzschaltbild wird das Verhältnis von $N_M : N_1 = \varepsilon$ gesucht.

Ist $\varepsilon < 1$, d.h. $N_M < N_1$, so ist die Membran steifer als das hintere Volumen;

ist $\varepsilon = 1$, d.h. $N_M = N_1$, so ist die Membran ebenso steif wie das hintere Volumen; und

ist $\varepsilon > 1$, d.h. $N_M > N_1$, so ist die Membran nachgiebiger als das hintere Volumen. Letzterer Fall ist in US-A-5,181,5 beschrieben, wo die Gesamtsteifigkeit des Wandlers durch das hintere Volumen bestimmt wird.

Ohne das hintere Volumen V_1 ($V_1 \rightarrow \infty$) gilt für das Ersatzschaltbild nach Figur 2:

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{M_M \cdot N_M}} \quad (1)$$

Mit dem hinteren Volumen V_1 ($N_1 \neq \infty$) gilt:

$$\omega'_0 = \sqrt{\frac{1}{M_M \cdot N'}} \quad (2)$$

mit

$$N' = \frac{N_M \cdot N_1}{N_M + N_1} \quad (3)$$

so daß sich ergibt:

$$\omega'_0 = \sqrt{\frac{N_M + N_1}{M_M \cdot N_M \cdot N_1}} \quad (4)$$

Durch Umformung ergibt sich:

$$\omega_0^2 \cdot N_M = \omega'^2_0 \cdot \frac{N_M \cdot N_1}{N_M + N_1} \quad (5)$$

Werden die Gleichungen (1) und (4) über

$$\frac{1}{M_M}$$

gleichgesetzt, so ergibt sich:

$$\frac{f_0^2}{f_0^2} \cdot \cancel{N_M} = \frac{\cancel{N_M} \cdot N_1}{N_M + N_1} \quad (6)$$

Durch weitere Umformung ergibt sich:

$$N_M + N_1 = N_1 \frac{f_0'^2}{f_0^2} \quad (7)$$

also

$$N_M = N_1 \left(\frac{f_0'^2}{f_0^2} - 1 \right) \quad (8)$$

und schließlich

$$\frac{N_M}{N_1} = \left(\frac{f_0'^2}{f_0^2} - 1 \right) = \varepsilon \quad (9)$$

Wurden bisher einschichtige Membranen, bestehend aus einer Polycarbonatschicht von 40 µm Dicke verwendet, so ergibt sich:

$$f_0 = 180 \text{ Hz}; f'_0 = 790 \text{ Hz und somit } \varepsilon = \frac{790^2}{180^2} - 1 = 18,3;$$

d.h. die Membran ist um einen Faktor 18,3 nachgiebiger als das Volumen hinter ihr bzw. das Volumen hinter der Membran ist um einen Faktor 18,3 steifer als die Membran.

Zur Verringerung von ε unter 1 sind Membranen mit Laminaten verschiedener Dicke geeignet, so z.B. eine aus drei Schichten aufgebaute Membranfolie mit 60 µm PC, 30 µm PU, 60 µm PC.
Dann ergibt sich:

$$f_0 = 675 \text{ Hz}; f'_0 = 918 \text{ Hz und somit } \varepsilon = \frac{918^2}{675^2} - 1 = 0,85$$

also:

$$N_M = 0,85 \cdot N_1 \quad (10)$$

D.h. die Membran ist nun steifer als das Volumen V_1 hinter ihr. Der Aufbau der Membran aus verschiedenen Laminaten hat den Vorteil, daß die innere Dämpfung der Membran höher ist als bei einer einschichtigen Membran, wodurch Eigenresonanzen vermieden werden.

Es ist zu beachten, daß die Messungen der Resonanzfrequenz bei ungedämpfter Membran vorgenommen wurden, d.h. ohne Dämpfung der Sicke. Bei Bedämpfung verschieben sich die Resonanzfrequenzen wieder zu tieferen Werten hin. Dies führt zu einer Vergrößerung von ε , was natürlich nicht bedeutet, daß sich an den Verhältnissen der Steifigkeiten zueinander etwas ändert. Es ist vielmehr darauf zurückzuführen, daß obiges Ersatzschaltbild nach Figur 2 nicht mehr gilt.

Figur 3 zeigt verschiedene Schalldruckfrequenzdiagramme, welche die Verhältnisse aufzeigen, wenn verschiedene Maßnahmen getroffen werden. Figur 3a zeigt ein Schalldruckfrequenzdiagramm eines bekannten Lärmkompensationswandlers - siehe Figur 4-, welcher eine Resonanzfrequenz f_0 , unterhalb der Resonanzfrequenz eine Schalldruckempfindlichkeit P_{01} und oberhalb der Resonanzfrequenz eine Schalldruckempfindlichkeit P_{02} aufweist.

Wird nun wie erfindungsgemäß vorgeschlagen die Membrannachgiebigkeit N_M geringer als die Nachgiebigkeit N_1 des hinteren Volumens V_1 , also $\varepsilon < 1$, so erhöht sich die Resonanzfrequenz auf f'_0 und P_{01}' , also die Empfindlichkeit unterhalb der Resonanzfrequenz sinkt unterhalb von P_{01} , wie in Figur 3b dargestellt. Wird nun die dynamische Masse des Wandlers erhöht - siehe Figur 3c - so sinkt die Resonanzfrequenz auf den alten Wert, aber es stellt sich eine ausgeprägte Überhöhung der Grundresonanz ein, und die Empfindlichkeit oberhalb der Resonanzfrequenz sinkt, d.h. $P_{02}' < P_{02}$.

Zur Bedämpfung der Grundresonanz kann der Dämpfungswiderstand unterhalb der Membran vergrößert werden, was am besten dadurch geschieht, daß das erste Dämpfungsmittel in Form von akustischer Seide unterhalb der Sicke relativ nah zur Sicke angeordnet wird, wodurch die gewünschten Verhältnisse - Figur 3d - wiedereinstellen, jedoch die gesamte Membran eine erhöhte Robustheit aufweist und somit für einen Einsatz unter extremen Bedingungen besser geeignet ist.

Die vorstehenden Erläuterungen zeigen, daß mit Erhöhung der Membransteife, so daß $\varepsilon < 1$ wird, die Resonanzfrequenz des Wandlersystems steigt und gleichzeitig die Empfindlichkeit unterhalb der Resonanzfrequenz sinkt. Die Resonanzfrequenz des Wandlersystems wird durch die Masse des Systems bestehend aus Membran und Schwingspule und dessen Federsteife bestimmt. Durch die dynamische Masse des Wandlersystems kann die Resonanzfrequenz auf den gewünschten Wert festgelegt werden, wobei eine Erhöhung der dynamischen Masse des Wandlersystems zu einer Reduzierung der Resonanzfrequenz führt. Als Folge daraus entsteht eine ausgeprägte Überhöhung der Grundresonanz des Wandlersystems und ein Sinken der Empfindlichkeit oberhalb der Resonanzfrequenz.

Zur Bedämpfung der Grundresonanz kann der Dämpfungswiderstand unterhalb der Membran vergrößert werden, was wie in Figur 1 gezeigt durch die Dämpfungsscheibe 70 unterhalb der Sicke 7 erfolgen kann.

Durch eine Optimierung der Schwingspule 4 kann schließlich die Empfindlichkeit unterhalb und oberhalb der Resonanzfrequenz auf den geforderten Wert - Figur 3e - eingestellt werden.

Dazu folgende Überlegungen:

Für die Auslenkungskraft des Wandlers (Magnet/Spule) gilt:

$$F = (B \cdot \ell) \cdot I \quad (11)$$

wobei B der magnetischen Induktion, ℓ der Drahtlänge im Magnetfeld und I dem Spulenstrom entspricht. Durch Umformung ergibt sich:

$$F = (B \cdot \ell) \cdot \frac{U}{R} \quad (12)$$

wobei U die Quellenspannung und R den Drahtwiderstand angibt.
Durch weitere Umformulierung ergibt sich:

$$F = (B \cdot \ell) \cdot \frac{U \cdot A \cdot \sigma}{\ell} = B \cdot U \cdot \sigma \cdot A$$

wobei σ der spezifischen Leitfähigkeit der Spule und A der Drahtquerschnittsfläche des Spulendrahtes entspricht.
Da B und U praktisch nicht zu beeinflussen sind, kann durch Maximierung des Ausdrucks $\sigma \cdot A$ die Empfindlichkeit der Spule und somit des gesamten Wandlers auf den geforderten Wert eingestellt werden.

Figur 4 zeigt eine Wandleranordnung, wie sie bereits seit mehreren Jahren auf dem Markt erhältlich ist. Gleiche Teile des in Figur 4 gezeigten Wandlers im Vergleich zu dem in Figur 1 dargestellten Wandler sind mit gleichen Bezugszeichen benannt. Die konstruktiven Unterschiede zwischen dem bekannten Wandler nach Figur 4 und dem Wandler nach Figur 1 sind für den Fachmann offensichtlich. Wesentliche Unterschiede bestehen in der Anordnung des Mikrofons bezüglich der Wandlerhauptachse HA, in der Dämpfung unterhalb der Sicke 7 als auch im Membranaufbau der Membran 50, welche bei dem bekannten Wandler aus einer 40 μm dicken Polycarbonatschicht steht.

Patentansprüche

1. Einrichtung mit aktiver Lärmkompensation, wobei die Einrichtung einen Wandler (1) mit einer Wandlermembran (50) aufweist, welche ein Volumen (V_2) vor der Membran von einem Volumen (V_1) hinter der Membran trennt und wobei die Wandlermembran (50) als auch das hintere Volumen (V_1) eine bestimmte Nachgiebigkeit aufweisen, dadurch gekennzeichnet, daß die Membran-Nachgiebigkeit (N_M) geringer ist als die Nachgiebigkeit (N_1) des hinteren Volumens (V_1).
2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Verhältnis (ϵ) von Membran-Nachgiebigkeit zur Nachgiebigkeit des hinteren Volumens (V_1) etwa 0,85 ist.
3. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Membran (50) aus einer Vielzahl von Schichten besteht.
4. Einrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Membran aus drei aufeinander geschichteten Laminaten besteht, wobei das erste und dritte Laminat aus Polycarbonat (PC) und das zweite Laminat aus Polyuretan (PU) besteht.
5. Einrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Polycarbonatschichten eine Dicke von 60 μm und die Polyuretanschicht eine Dicke von 30 μm aufweisen.
6. Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß Dämpfungsmittel (70) vorgesehen sind, die sehr nahe auf der Rückseite der Membran (50; 7) in einem mittleren Abstand von etwa 1-2 mm angeordnet sind.
7. Einrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Dämpfungsmittel (70) eine Dämpfungsscheibe aus akustischer Seide ist.
8. Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Wandler (2) eine Schwingenspule (4) aufweist, die einen Draht mit einer Drahtquerschnittsfläche (A) und einer spezifischen Drahtleitfähigkeit (α) versehen ist, wobei das Produkt der Drahtquerschnittsfläche und der spezifischen Drahtleitfähigkeit (σ) maximiert ist.

9. Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß dem Wiedergabewandler ein Mikrofon (11) zur Schallaufnahme des Störschalls (15) zugeordnet ist und daß die zentrale Wandlerachse (HA) und die zentrale Mikrofonachse (MA) in einem Winkel von etwa 45° zueinander angeordnet sind.

5

10. Verwendung eines Wandlers für eine Einrichtung mit aktiver Lärmkompensation, wobei der Wandler eine Wandlermembran (50) aufweist, welche das Volumen (V_2) vor der Membran von dem Volumen (V_1) hinter der Membran trennt und wobei sowohl die Wandlormembran (50) als auch das hintere Volumen (V_1) eine bestimmte Nachgiebigkeit aufweisen und die Membrannachgiebigkeit N_M geringer ist als die Nachgiebigkeit (N_1) des hinteren Volumens (V_1).

10

11. Elektroakustischer Wandlereinrichtung, die einen Wandler (1) mit einer Wandlormembran (50) aufweist, welche das Volumen (V_2) vor der Membran von dem Volumen (V_1) hinter der Membran trennt und wobei sowohl die Wandlormembran (50) als auch das hintere Volumen (V_1) eine bestimmte Nachgiebigkeit aufweisen, dadurch gekennzeichnet, daß die Membrannachgiebigkeit (N_M) geringer ist als die Nachgiebigkeit (N_1) des hinteren Volumens (V_1).

15

20

25

30

35

40

45

50

55

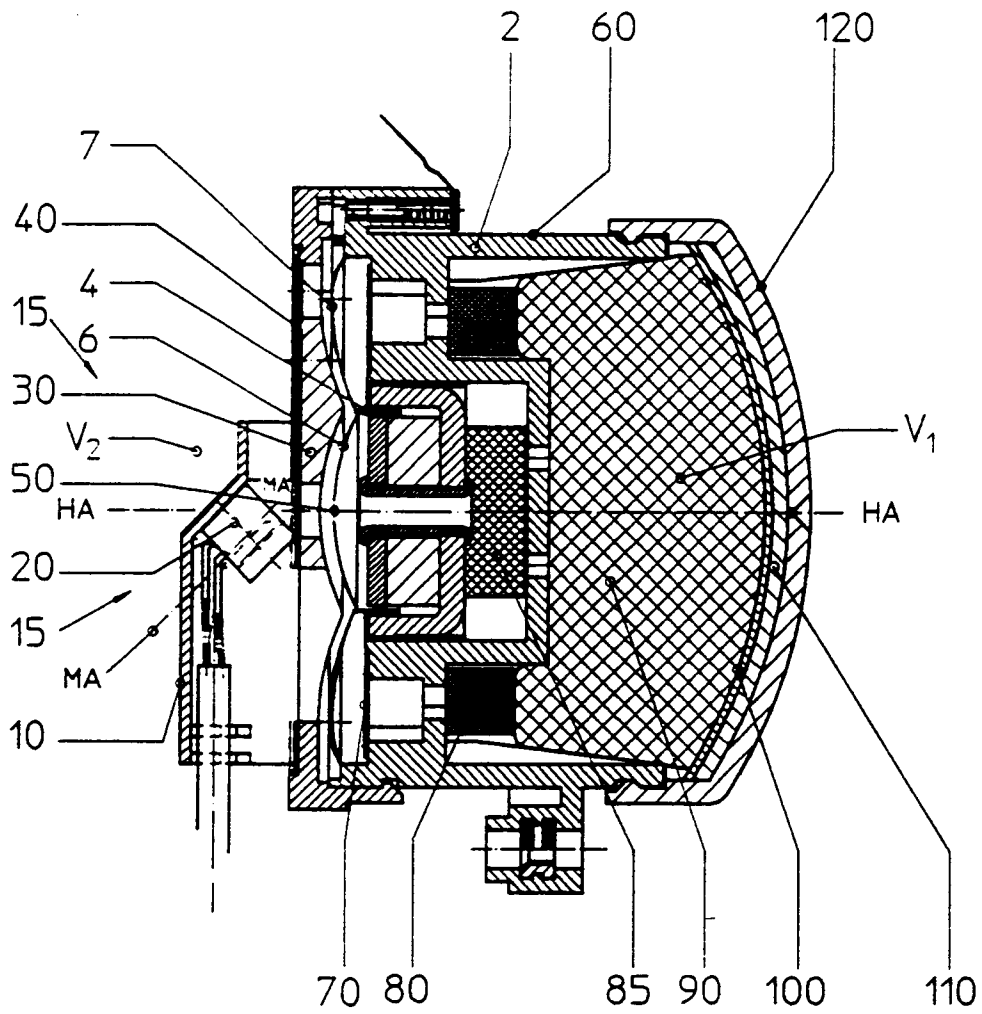
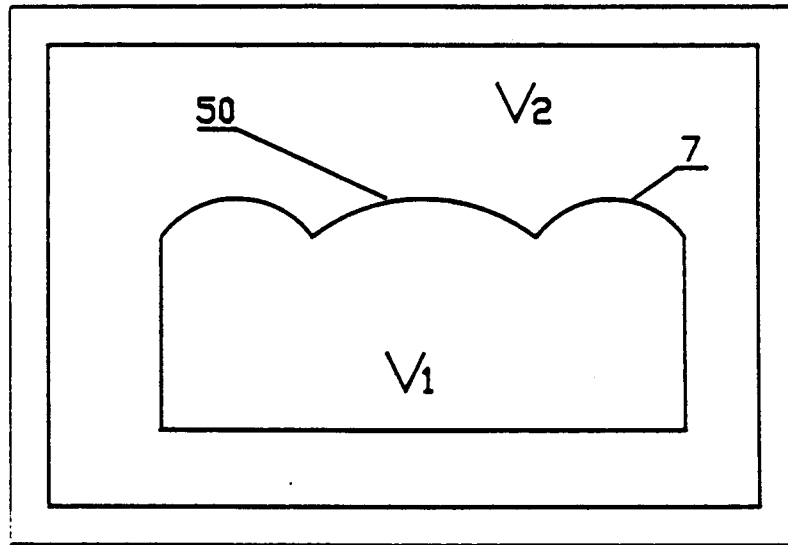
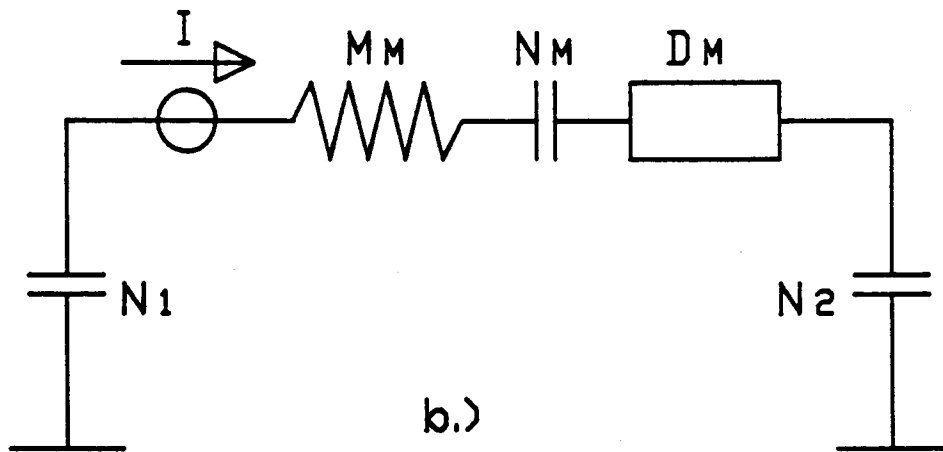


Fig. 1



a.)



b.)

Fig. 2

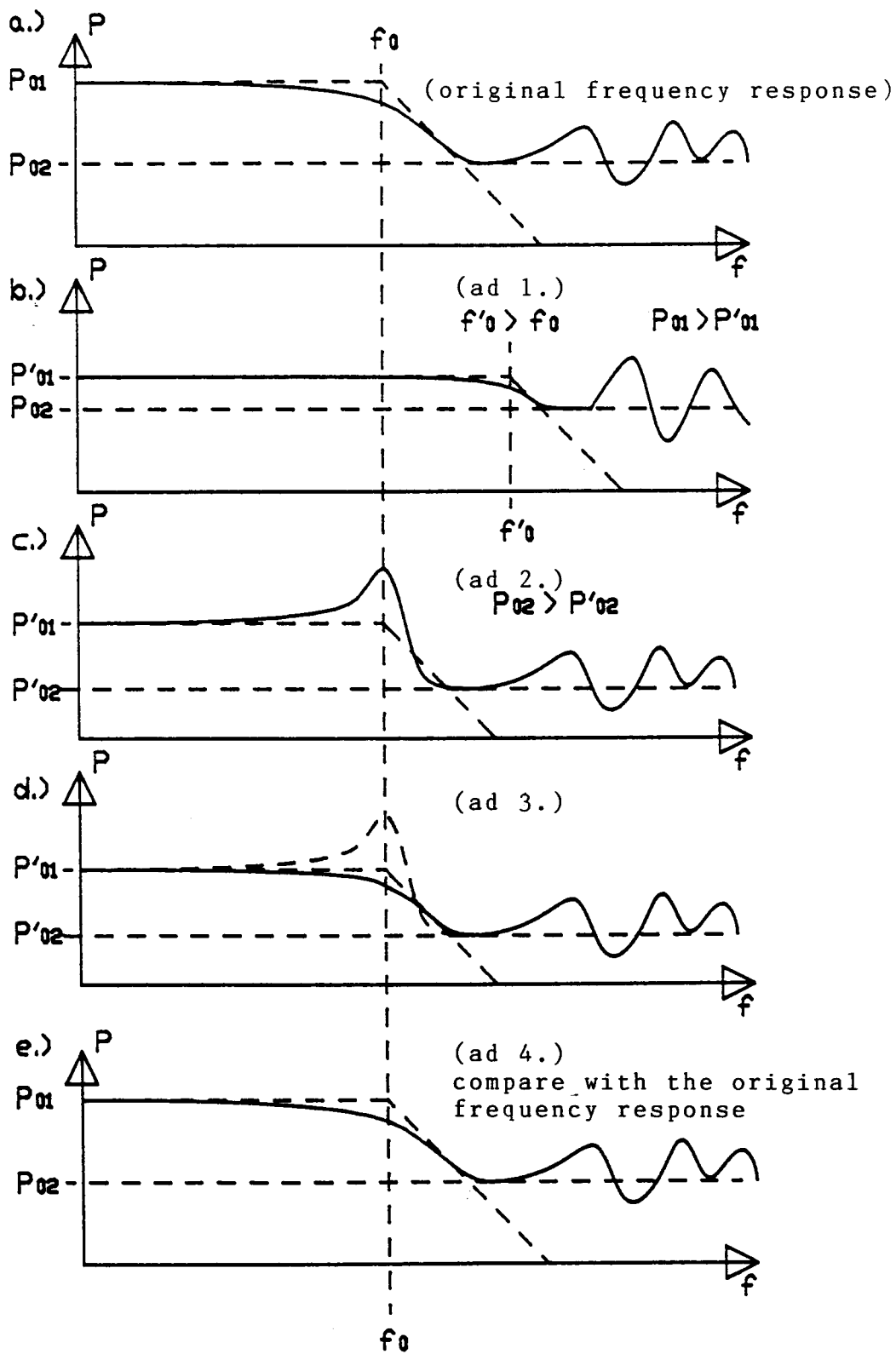


Fig. 3

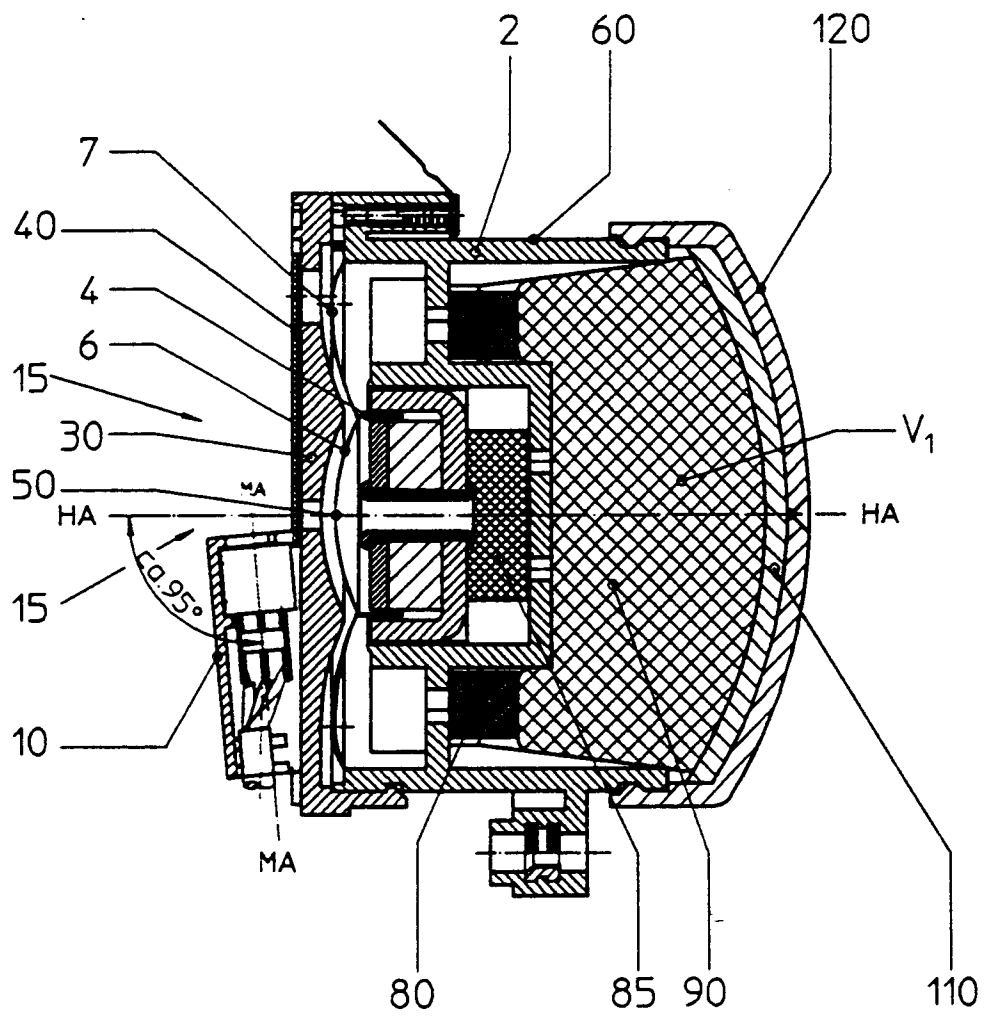


Fig. 4
(Stand der Technik)