



(11)

**EP 1 011 295 B1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des  
Hinweises auf die Patenterteilung:  
**09.03.2011 Patentblatt 2011/10**

(51) Int Cl.:  
**H04R 25/00 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **99122696.0**

(22) Anmeldetag: **15.11.1999**

(54) **Hermetisch dichter Hörgerätewandler und Hörgeräte mit diesem Wandler**

Hermetically tight hearing aid transducer and hearing aid with this transducer

Transducteur hermétiquement étanche pour prothèse auditive et prothèse auditive avec ce transducteur

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE**

(30) Priorität: **17.12.1998 DE 19858399**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**21.06.2000 Patentblatt 2000/25**

(73) Patentinhaber: **PHONAK AG  
8712 Stäfa (CH)**

(72) Erfinder: **Leysieffer, Hans Dr.-Ing.  
82024 Taufkirchen (DE)**

(74) Vertreter: **Schwan, Gerhard et al  
Schwan Schwan Schorer  
Patentanwälte  
Bauerstrasse 22  
80796 München (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A- 0 548 580 EP-A- 0 590 903  
EP-A- 0 831 673 EP-A- 0 984 663  
DE-A1- 3 723 809 DE-A1- 4 221 866  
GB-A- 2 096 860 US-A- 5 277 694  
US-A- 5 411 467 US-A- 5 624 376**

**EP 1 011 295 B1**

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).

## Beschreibung

**[0001]** Hörgeräte zur rehabilitierenden Versorgung eines Innenohrschadens nehmen den Schall mit einem Mikrofon auf und wandeln den Schall mit diesem Mikrofon in ein elektrisches Signal um. Dieses Signal wird von einer nachfolgenden elektronischen Einheit analog oder digital bearbeitet und verstärkt. Das verstärkte elektrische Signal wird grundsätzlich einem elektroakustischen Wandler zugeführt, der als Lautsprecher fungiert und auch als "Hörer" bezeichnet wird. Dieser elektroakustische Hörer strahlt das verstärkte akustische Signal in den Gehörgang des betreffenden Ohres ab. Der Gehörgang wird in vielen Fällen durch ein individuell angefertigtes Ohrpaßstück (sog. Otoplastik") abgedichtet, um einerseits eine akustische Druckkammer anzunähern, die durch das Restvolumen bis zum Trommelfell gebildet wird, und um andererseits akustische Rückkopplungen zwischen Mikrofon und Hörer bei großen Verstärkungsgraden zu vermeiden. Grundsätzlich existieren zwei verschiedene Bauformen solcher Hörgeräte:

- "Hinter-dem-Ohr-Hörgerät" (HdO): alle wesentlichen Elemente des Hörgerätes wie Mikrofon, elektronische Einheit, Batterie und Hörer befinden sich in einem gemeinsamen Gehäuse, das hinter dem Ohr getragen wird. Das verstärkte Schallsignal wird mittels eines Schalleitungsschlauches aus dem Hörer ausgekoppelt und über die Ohrmuschel zum Ohrpaßstück geführt und durch dieses hindurch in den Gehörgang eingespeist. Das Hörgerät kann auch an einem Brillengestell montiert sein.
- "In-dem-Ohr-Gerät" (IdO): alle oben genannten Elemente des Hörgerätes befinden sich in einem gemeinsamen Gehäuse, das in der Ohrmuschel im Bereich des äußeren Gehörgangs getragen wird. Ein solches In-dem-Ohr-Gerät ist beispielsweise in das individuelle Ohrpaßstück integriert oder stellt durch eine entsprechende äußere Bauform das Ohrpaßstück selbst dar. In der In-dem-Ohr-Bauart entfällt der Schallzuleitungsschlauch, da sich die Schallaustrittsöffnung an der dem Gehörgang zugewandten Seite des Hörgerätes befindet und der Hörer das verstärkte Schallsignal somit direkt in den Gehörgang abstrahlt.

**[0002]** Hörgeräte beider oben genannten Bauformen weisen prinzipiell folgende Nachteile auf:

- Die Lautsprecher (Hörer) der überwiegenden Mehrheit aller Hörgeräte beruhen aus Gründen des elektrischen Wirkungsgrades und der daraus resultierenden Optimierung der Batterielebensdauer auf dem elektromagnetischen Wandlungsprinzip. Daraus folgt ein unvermeidliches Auftreten nichtlinearer Verzerrungen insbesondere bei hohen Wandlerströmen und zugehörigen Ausgangspegeln, die zu La-

sten der übertragenen Klangqualität gehen.

- Weiterhin liegt die erste mechanische Resonanzfrequenz dieser Wandler meist in der Mitte des spektralen Übertragungsbereiches; daraus und aus weiteren physikalischen und konstruktionsbedingten Gründen resultiert ein nicht ebener Frequenzgang und damit eine Welligkeit des Ausgangsschalldruckpegels. Durch diese Resonanzen innerhalb des Übertragungsbereiches sind prinzipiell auch Phasendrehungen bedingt; beide Aspekte tragen zur Minderung der Übertragungsgüte bei.
- Die Wandler (Hörer) sind aufgrund des zu übertragenden akustischen Schallsignals mechanisch ausgangsseitig "offen", d.h., die Außenluft kann bis auf wenige Fälle von zusätzlichen Strömungssieben relativ ungehindert bis ins Innere des Wandlers eindringen. Somit ist der Wandler nahezu ungeschützt allen Witterungs- und sonstigen Umwelteinflüssen, insbesondere Luftfeuchtigkeit ausgesetzt. Diese Umwelteinflüsse sind zu einem hohen Prozentsatz verantwortlich für häufig auftretende deutliche Minderungen der Wandlerbetriebsparameter oder sogar das Versagen und damit Ausfallen dieses technischen Bauelementes.
- Insbesondere bei den In-dem-Ohr-Geräten führt aufgrund der örtlichen Anordnung des Hörers im äußeren oder (bei maximal miniaturisierten Geräten) inneren Gehörgang die Verschmutzung des akustischen Zugangskanals durch Ohrenschmalz, der das Produkt eines natürlichen Reinigungsprozesses des Gehörgangs ist, zu Beeinträchtigungen bzw. Ausfällen des Hörers und damit des Hörgerätes.

**[0003]** Ein Wandler gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 ist aus der EP 0 548 580 A1 bekannt, wobei das Wandlergehäuse eine Druckschleuseöffnung aufweist. Die Membran wird von einem dünnen Polymerwerkstoff gebildet, der über den größten Teil der Membranfläche von einem zentralen Versteifungselement aus Aluminium abgestützt wird, welches von der Wandler-Antriebseinheit kolbenartig hin- und herbewegt wird.

**[0004]** Aus der US 5,411,467 ist ein im Mittel- bzw. Innenohr zu implantierender hermetisch dichter hydro-mechanischer Wandler bekannt, der eine Membran aufweist, die von Piezoelementen zu Biegeschwingungen angetrieben wird, um in der Flüssigkeit in einem mit der Cochlea gekoppelten Schlauch Schallwellen anzuregen.

**[0005]** Aus der US 5,277,694 ist ein im Mittel- bzw. Innenohr zu implantierender hermetisch dichter elektro-mechanischer Wandler bekannt, der eine Membran aufweist, die von Piezoelementen zu Biegeschwingungen angetrieben wird, um ein mit der Cochlea verbundenes Koppelement zu Schwingungen anzuregen.

**[0006]** Die vorliegende Erfindung stellt sich die Aufgabe, die oben genannten Nachteile bekannter Hörgeräte-

wandler weitgehend zu minimieren bzw. zu eliminieren

**[0007]** Dies wird erfindungsgemäß gelöst durch einen elektroakustischen Wandler gemäß Anspruch 1. Die Gehäusemembran stellt die nach außen Schall abstrahlende "Hörermembran" dar. Dabei kann die innenseitige, elektro-mechanische Wandler-Antriebseinheit auf allen bekannten Wandlerprinzipien beruhen, wie insbesondere piezoelektrisch, dielektrisch, elektromagnetisch, elektrodynamisch und magnetostraktiv.

**[0008]** Das Wandlergehäuse ist vorzugsweise zylinderförmig, insbesondere kreiszylindrisch, gestaltet, und es weist zweckmäßig ein einseitig offenes Gehäuseteil auf, dessen offene Seite von der Wandlermembran hermetisch gasdicht verschlossen ist.

**[0009]** Das Gehäuseteil und/oder die Wandlermembran können aus einem nichtkorrosiven rostfreien Metall, insbesondere Edelstahl, oder aus einem nichtkorrosiven, rostfreien und besonders körperverträglichen Metall, insbesondere Titan, Platin, Niob, Tantal oder deren Legierungen, gefertigt sein.

**[0010]** Vorzugsweise ist das Gehäuseteil mit einer mindestens einpoligen, hermetisch gasdichten elektrischen Gehäusedurchführung versehen, wobei zweckmäßig das Massepotential auf dem Gehäuseteil liegt. Die Gehäusedurchführung kann vorteilhaft auf gasdicht verlöteten Metall-Keramik-Verbindungen basieren und als Isolator eine Aluminium-Oxid-Keramik sowie als elektrischen Durchführungsleiter mindestens einen Platin-Iridium-Draht aufweisen.

**[0011]** Als elektromechanische Wandler-Antriebseinheit ist vorzugsweise eine piezoelektrische Keramikscheibe vorgesehen, die insbesondere kreisförmig ausgebildet sein kann und die auf die Innenseite der Wandlermembran als elektromechanisch aktives Element aufgebracht ist und zusammen mit der Wandlermembran ein elektromechanisch aktives Heteromorph-Verbundelement darstellt. Dabei wird wie bei einem Bimorph-Element der piezoelektrische Quereffekt genutzt, nur besteht der Partner des Verbundes hier nicht aus einem zweiten piezoelektrisch aktiven Element, sondern aus der passiven Wandlermembran ähnlicher Geometrie wie das Piezoelement. Die piezoelektrische Keramikscheibe kann beidseitig mit einer sehr dünnen, als Elektrodenfläche dienenden, elektrisch leitfähigen Beschichtung versehen sein und insbesondere aus Blei-Zirkonat-Titanat bestehen. Wird ein elektrisches Feld an die piezoelektrische Keramikscheibe gelegt, verändert die Scheibe aufgrund des transversalen Piezoeffektes ihre Geometrie vorzugsweise in radialer Richtung. Da eine Ausdehnung beziehungsweise radiale Verkürzung jedoch durch den mechanisch festen Verbund mit der passiven Wandlermembran verhindert wird, ergibt sich eine Durchbiegung des Verbundelementes, die bei entsprechender Randlagerung der Membran in der Mitte maximal ist.

**[0012]** Die Dicke der Wandlermembran und die Dicke der piezoelektrischen Keramikscheibe sind zweckmäßig annähernd gleich groß und liegen im Bereich von 0,05 mm bis 0,15 mm. Des weiteren haben vorzugsweise die

Wandlermembran und die piezoelektrische Keramikscheibe annähernd den gleichen E-Modul. Ein besonders einfacher und zuverlässiger Aufbau wird dabei erhalten, wenn sowohl die Wandlermembran als auch das Gehäuseteil elektrisch leitend sind, die piezoelektrische Keramikscheibe mit der Wandlermembran durch eine elektrisch leitfähige Verklebung elektrisch leitend verbunden ist, und das Gehäuseteil einen von mindestens zwei elektrischen Wandleranschlüssen bildet. Der Radius der Wandlermembran ist vorteilhaft um den Faktor 1,2 bis 2,0, vorzugsweise einen Faktor von etwa 1,4, größer ist als der Radius der piezoelektrischen Keramikscheibe.

**[0013]** Entsprechend einer abgewandelten Ausführungsform der Erfindung ist die elektromechanische Wandler-Antriebseinheit als Elektromagnetanordnung ausgebildet, die ein mit Bezug auf des Wandlergehäuse fixiertes Bauteil sowie ein schwingfähiges Bauteil aufweist, das mit der Innenseite der Wandlermembran gekoppelt ist. Durch Nutzung des elektromagnetischen Wandlerprinzips kann ein auch für niedrige Frequenzen des Hörbereichs besonders günstiger Frequenzgang des Wandlers erreicht werden, so daß ein adäquater Höreindruck bei ausreichendem Lautstärkepegel bereits mit geringen elektrischen Spannungen ermöglicht wird.

**[0014]** Das schwingfähige Bauteil der Elektromagnetanordnung ist vorzugsweise im wesentlichen im Zentrum der Wandlermembran befestigt. Insbesondere kann mit der Innenseite der Wandlermembran ein das schwingfähige Bauteil bildender Permanent-magnet verbunden sein, während eine elektromagnetische Spule in dem Wandler-gehäuse fest angebracht ist, um den Permanentmagneten in Schwingungen zu versetzen. Der Permanentmagnet kann zweckmäßig als Magnetstift ausgebildet sein, und die Spule kann eine Ringspule mit einer Mittelöffnung sein, in welche der Magnetstift eintaucht. Auf diese Weise wird eine Wandleranordnung mit besonders kleiner bewegter Masse erhalten, die Änderungen des an die Magnetspule angelegten elektrischen Signals rasch und getreu folgen kann. Grundsätzlich ist es aber auch möglich, die Magnetspule an der schwingfähigen Wandlermembran zu befestigen und den Magneten mit Bezug auf das Wandlergehäuse zu fixieren.

**[0015]** Vorzugsweise liegt die erste mechanische Resonanzfrequenz des gesamten Wandlers vorteilhaft im Bereich von 4 bis 12 kHz, insbesondere bei etwa 10 kHz. Vorzugsweise ist die Wandler-Antriebseinheit elektrisch so angesteuert, daß die Auslenkung der Wandlermembran bis zur ersten Resonanzfrequenz frequenzunabhängig eingepreßt ist.

**[0016]** In dem Wandlergehäuse kann zusätzlich ein Wandlertreiber untergebracht sein.

**[0017]** Die Erfindung hat ferner ein Hörgerät zum Gegenstand, das als ausgangsseitigen Schallwandler einen elektroakustischen Wandler der vorstehend erläuterten Art aufweist. Ein solches Hörgerät kann insbesondere als Hinter-dem-Ohr-Gerät, In-dem-Ohr-Gerät oder Brillengerät ausgebildet sein.

**[0018]** Unabhängig vom Hörgerätetyp kann der elektroakustische Wandler zusammen mit einem Mikrofon, einer Stromversorgungsquelle, signalverarbeitenden und -verstärkenden Elementen sowie allen etwaigen weiteren für eine Hörgerätefunktion notwendigen Bauteilen in einem Hörgerätegehäuse untergebracht sein.

**[0019]** Gleichfalls unabhängig vom Hörgerätetyp kann aber auch der elektroakustische Wandler in einem separaten Gehäuse untergebracht und durch eine mindestens zweipolige elektrische Leitung mit dem eigentlichen Hörgerät verbunden sein, das in an sich üblicher Weise ein Mikrofon, eine Stromversorgungsquelle, signalverarbeitende und -verstärkende Elemente sowie alle etwaigen weiteren für eine Hörgerätefunktion notwendigen Bauteile enthält. Dabei kann vorteilhaft das den elektroakustischen Wandler enthaltende separate Gehäuse in ein Ohrpaßstück integriert sein. Das den elektroakustischen Wandler enthaltende Ohrpaßstück kann mit einem Hinter-dem-Ohr-Hörgerät über ein flexibel verformbares Koppelement mechanisch verbunden sein, das eine individuelle Anpassung an die Anatomie des Außenohres gestattet und die elektrische Zuleitung zum Wandler enthält.

**[0020]** Bei Einbau des elektroakustischen Wandlers in ein Ohrpaßstück oder direkt in ein In-dem-Ohr-Gerät ist das Wandlergehäuse vorteilhaft so angeordnet, daß die Wandlarmembran mindestens näherungsweise bündig mit dem Bereich des Ohrpaßstückes oder des In-dem-Ohr-Gerät-Gehäuses abschließt, der dem Gehörgang zugewandt ist.

**[0021]** Vorzugsweise ist das Hörgerät mit einem elektronischen Wandlertrieberr ausgerüstet, welcher die signalverarbeitende Elektronik des Hörgerätes an das gewählte elektromechanische Prinzip der wandlerinternen Wandler-Antriebseinheit den jeweiligen Zielsetzungen des Ausgangspegels und Frequenzbereichs entsprechend anpaßt. Der Wandlertrieberr kann in der signalverarbeitenden Elektronik des Hörgerätes mitintegriert oder ein eigenes elektronisches Modul sein. Im letztgenannten Fall kann das Treibermodul in dem Hörgerätegehäuse oder dem Wandlergehäuse mituntergebracht oder zwischen dem Hörgerät und dem elektroakustischen Wandler angeordnet sein. Bei außerhalb des Hörgerätegehäuses angeordnetem Treibermodul kann zweckmäßig zur elektrischen Versorgung des Treibermoduls vom Hörgerät aus nach dem Prinzip der Phantomspeisung die elektrische Verbindung zwischen der Hörgeräteelektronik und dem Treibermodul zweipolig sein und einer signalbeinhaltenden Wechselspannung eine Gleichspannung überlagert sein, die das Treibermodul versorgt. Das Treibermodul kann über lösbare mechanische bzw. elektrische Steckverbindungen mit dem Hörgerät beziehungsweise dem elektroakustischen Wandler verbunden sein.

**[0022]** Das Hörgerät kann volldigital ausgelegt sein und eine pulsweitenmodulierte Ausgangsstufe aufweisen, wobei der Wandlertrieberr für den Anschluß der pulsweitenmodulierten Ausgangsstufe eine integrierende

Funktion hat.

**[0023]** Nachfolgend sind vorteilhafte Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

5

Fig. 1 einen schematischen Längsschnitt, der den prinzipiellen Aufbau eines erfindungsgemäßen Hörgerätewandlers erkennen läßt;

10

Fig. 2 einen schematischen Längsschnitt eines Hörgerätewandlers mit piezo-elektrischer Antriebseinheit;

15

Fig. 3 einen schematischen Längsschnitt eines Hörgerätewandlers mit elektromagnetischer Antriebseinheit;

20

Fig. 4 ein Beispiel für die Mittelpunktsauslenkung der Wandlarmembran eines erfindungsgemäßen Hörgerätewandlers über der Frequenz;

25

Fig. 5 schematisch ein mit einem erfindungsgemäßen Hörgerätewandler ausgestattetes In-dem-Ohr-Hörgerät;

30

Fig. 6 und 7 schematisch ein mit einem erfindungsgemäßen Hörgerätewandler ausgestattetes Hinter-dem-Ohr-Hörgerät;

35

Fig. 8 schematisch eine abgewandelte Ausführungsform eines mit einem erfindungsgemäßen Hörgerätewandler ausgestatteten Hinter-dem-Ohr-Hörgerätes; sowie

40

Fig. 9 bis 11 drei Ausführungsbeispiele für die elektronische Signalaufbereitung von erfindungsgemäßen Hörgeräten.

45

**[0024]** In Fig. 1 ist der prinzipielle Aufbau des insgesamt mit 15 bezeichneten elektroakustischen Hörgerätewandlers schematisch dargestellt. Hierbei ist das Gehäuse oder das Ohrpaßstück eines In-dem-Ohr- bzw. Hinter-dem-Ohr-Gerätes durch eine Wandung 12 dargestellt, in die der Hörgerätewandler 15 so eingebracht ist, daß seine schallabstrahlende Wandlarmembran 17 mindestens näherungsweise möglichst bündig mit dem Gehäuse- bzw. Ohrpaßstückbereich abschließt, der dem Gehörgang zugewandt ist. Der Hörgerätewandler 15 weist ein allseitig geschlossenes, vorzugsweise kreiszylindrisches Wandlergehäuse 14 auf, dessen in der Zeichnung oben liegende Seite von der Wandlarmembran 17 gebildet wird. Die vorzugsweise aus nicht korrodierenden Metallen (z.B. Edelstahl, Titan, Platin, Niob, Tantal oder deren Legierungen) hergestellte Wandlarmembran 17 verschließt hermetisch gasdicht die offene Seite eines

50

55

einseitig offenen Gehäuseteils 13. Bis auf die Wandlermembran 17 sind alle Wandungen des Wandlergehäuses 14 mechanisch steif gestaltet.

**[0025]** Die Wandlermembran 17 ist im Bereich des Membranzmittelpunktes durch ein mechanisch steifes Verbindungselement 18 mit einer Wandler-Antriebseinheit 19 verbunden. Diese Wandler-Antriebseinheit 19 stellt den eigentlichen elektromechanischen Wandler dar, der über das Verbindungselement 18 die Wandlermembran 17 zu dynamischen Biegeschwingungen anregt, die zu einer Schallabstrahlung auf der Außenseite des Wandlergehäuses 14 führen. Die Auslegung der mechanischen Parameter, insbesondere der dynamischen Massenanteile und der Steifigkeiten der Wandlermembran 17, des Verbindungselementes 18 und der Wandler-Antriebseinheit 19 erfolgt so, daß die erste mechanische Resonanzfrequenz spektral am oberen Ende des gewünschten Übertragungsbereiches liegt (Hochabstimmung des Wandlers 15). Bei entsprechender elektronischer Ansteuerung (Spannungs- oder Stromeinprägung je nach Wandlerprinzip der Wandler-Antriebseinheit 19) ist so die Auslenkung der Wandlermembran 17 unterhalb der ersten Resonanzfrequenz frequenzunabhängig.

**[0026]** Die Zuführung des elektrischen Signals für die Wandler-Antriebseinheit 19 erfolgt über eine in das Wandlergehäuse 14 eingebrachte, hermetisch gasdichte elektrische Durchführung 16 mit elektrischen Wandleranschlüssen 16a, die in Fig. 1 beispielhaft zweipolig dargestellt sind. Die elektrischen Wandleranschlüsse 16a können direkt zu der Wandler-Antriebseinheit 19 führen oder, wie in Fig. 1 dargestellt, zu einem der Wandler-Antriebseinheit 19 vorgeschalteten elektrischen bzw. elektronischen Wandlertrieb 66, der beispielhaft in Fig. 1 in dem Wandlergehäuse 14 mit untergebracht ist. Der Wandlertrieb 66 bereitet je nach elektromechanischem Wandlungsprinzip der Einheit 19 und den Parametern des ansteuernden elektrischen Signals an den Anschlüssen 16a dieses elektrische Ansteuerungssignal auf. Der Wandlertrieb 66 dient generell als Anpassungskomponente zwischen einer elektronischen Einheit 65 des nachstehend näher erläuterten Hörgerätes 10 oder 11 (Fig. 5, 6, 7 und 8) und dem Wandler 15. Diese elektronische Anpassungskomponente ermöglicht vorteilhaft die Verwendung vorhandener elektronischer Schaltungen bestehender Hörgeräte, so daß eine völlige Neuentwicklung dieser Schaltungen vermieden werden kann. Der Wandlertrieb 66 kann je nach verwendetem Wandlungsprinzip der Wandler-Antriebseinheit 19 Bauelemente enthalten, die weiter verstärkenden Charakter haben, den Versorgungsspannungsbereich über entsprechende DC/DC-Wandler heraufsetzen, eine elektrische Impedanzanpassung vornehmen und dergleichen. Die Versorgung des Treibers 66 mit elektrischer Betriebsenergie erfolgt vorteilhaft über das Prinzip der elektrischen Phantomspeisung, wobei der signalführenden Leitung ein Gleichspannungsanteil überlagert wird. Somit ist nur eine zweipolige Verbindung zwischen der elektronischen

Einheit 65 des Hörgerätes und dem Wandlerelement 15 notwendig. Grundsätzlich kann der Treiber 66 auch weggelassen werden, und die entsprechenden elektronischen Anpassungen können im Hörgerät selbst vorgenommen werden, so daß insbesondere für eine In-dem-Ohr-Applikation gemäß Fig. 1 der Volumenbedarf des Wandlers 15 minimiert werden kann.

**[0027]** Eine bevorzugte Ausführungsform des Wandlers 15 ist in Fig. 2 schematisch dargestellt. Das vorteilhafterweise im Querschnitt kreisförmige und metallische Gehäuseteil 13 ist einseitig durch die ebenfalls metallische Wandlermembran 17, zum Beispiel durch eine Schweißverbindung, hermetisch gasdicht verschlossen. Auf der Innenseite der Wandlermembran 17 sitzt eine dünne, piezokeramische Scheibe, die mit der Wandlermembran 17 mittels einer elektrisch leitfähigen Klebeverbindung in mechanisch fester Verbindung steht. Diese Piezoscheibe stellt das elektromechanische Wandlerelement und damit die Wandler/Antriebseinheit 19 dar. Das Verbindungselement 18 aus Fig. 1 ist in diesem Fall die flächige Klebeverbindung zwischen Piezoscheibe und Membran. Über die elektrische, hermetisch dicht eingebrachte Signaldurchführung 16 wird die Piezoscheibe einerseits auf der innenliegenden Elektrodenoberfläche kontaktiert (dargestellt durch einen schematischen Drahtanschluß 16c). Andererseits erfolgt eine Kontaktierung der Piezoscheibe an der außenliegenden Elektrodenoberfläche über das metallische Wandlergehäuse 14, da dieses über die leitfähige Verklebung mit der außenliegenden Elektrodenoberfläche der Piezoscheibe elektrisch verbunden ist. Die elektrische Verbindung einer der beiden Anschlüsse 16a mit dem metallischen Wandlergehäuse 14 erfolgt durch ein leitfähiges Kontaktierungselement 16b.

**[0028]** Wird an die Anschlüsse 16a ein elektrisches Wechselsignal gelegt, erfolgt aufgrund des transversalen piezoelektrischen Effektes eine rotationssymmetrische dynamische Verbiegung der Wandlermembran 17 senkrecht zur Membranebene, die zu der beschriebenen Schallabstrahlung durch die Wandlermembran 17 führt. In der Ausführungsdarstellung gemäß Fig. 2 ist beispielhaft keine Wandlertrieborschaltung 66 wie in Fig. 1 enthalten, um zu verdeutlichen, welche geringe Bauhöhe des gesamten Wandlers 15 durch das piezoelektrische Antriebselement realisierbar ist. Diese Wandlerausführungsform eignet sich daher konstruktiv insbesondere für die nachstehend erläuterten Einbauvarianten in ein Hörgerät entsprechend Fig. 5 und Fig. 8.

**[0029]** In Fig. 3 ist eine weitere geeignete Ausführungsform des Hörgerätewandlers 15 dargestellt, bei welcher die elektromechanische Wandler-Antriebseinheit 19 auf dem elektromagnetischen Prinzip beruht. Der Wandler 15 weist wiederum ein Wandlergehäuse 14 mit einem vorzugsweise zylinderförmigen und mechanisch steifen Gehäuseteil 13 auf, an dessen einer Stirnseite die vorzugsweise kreisförmige, biegbare Wandlermembran 17 hermetisch dicht aufgebracht ist. Mit der Wandlermembran 17 ist innenseitig und mittig ein stabförmiger

Permanentmagnet 21 mechanisch fest verbunden, der mit geringem Luftspalt in eine zentrische Mittelöffnung 22a einer elektromagnetischen Ringspule 22 ragt und der zusammen mit der Spule 22 die Wandler-Antriebs-  
einheit 19 bildet. Die Spule 22 (in Fig. 3 als Luftspule dargestellt) ist mit dem Wandlergehäuse 14 mechanisch fest verbunden und an die Pole 16a der hermetisch dichten Durchführung 16 elektrisch angeschlossen.

**[0030]** Bei Anlegen einer Wechsellspannung an die Spule 22 erfährt der Magnet 21 eine dynamische Auslenkung senkrecht zur Membranebene und versetzt die Wandlermembran 17 somit zu mechanischen Biegeschwingungen um die Ruhelage. Dies führt wiederum zu der gewünschten Schallabstrahlung nach außen.

**[0031]** Auch im Falle dieser Wandlerausführungsform ist kein elektronischer Wandler treiber (entsprechend dem Treiber 66 in Fig. 1) innerhalb des Wandlergehäuses 14 dargestellt. Es versteht sich aber, daß ein solcher Treiber bei entsprechender geometrischer Auslegung in den Hörgeräte wandler 15 integrierbar ist. Weiterhin kann die magnetische Feldführung und damit der Wirkungsgrad des Wandlers durch Verwendung entsprechender Bauelemente innerhalb des Wandlergehäuses 14 aus geeigneten ferromagnetischen Materialien entsprechender Geometrieauslegung optimiert sein. Eine solche Wandlerauslegung kann bei geeigneter Auslegung der Spulenparameter den Vorteil haben, daß eine vorhandene elektronische Hörgeräteschaltung einschließlich der den Wandler treibenden Ausgangsstufe unmittelbar anschließbar ist (z.B. bei Class-D-Endstufen, die die integrierende Funktion elektromagnetischer Wandler benötigen).

**[0032]** In Fig. 4 ist schematisch der anzustrebende Verlauf der Mittelpunkt auslenkung  $x_w$  der Wandlermembran 17 über der Frequenz  $f$  unabhängig vom gewählten Realisierungsprinzip der wandlerinternen Wandler-Antriebseinheit 19 für den Fall dargestellt, daß die Übertragungsbandbreite bis mindestens 10 kHz reichen sollte. Man erkennt, daß die erste mechanische Resonanzfrequenz 23 bei ca. 10 kHz liegt, also am oberen Ende des in diesem Beispiel angestrebten Bereiches. Damit liegen die höheren Resonanzen 24 (Moden) ebenfalls außerhalb des Übertragungsbereiches. Durch diese sogenannte Hochabstimmung ergibt sich auch ein weitgehend frequenzunabhängiger Verlauf des abgestrahlten Schalldrucks im Gehörgang, vorausgesetzt, daß das nachstehend beschriebene Ohrpaßstück den äußeren Gehörgang akustisch ausreichend abdichtet. Durch das Fehlen höherer Moden im Übertragungsbereich bleibt auch der Phasengang bis zur ersten Resonanzfrequenz 23 eben; das heißt, es treten keine Phasendrehungen auf, was zur unverfälschten Wiedergabe des verstärkten Audiosignals und damit zur Gesamtübertragungsgüte des Hörgerätes ebenfalls wesentlich beiträgt.

**[0033]** Der Wandler 15 ist vorzugsweise in einem Gehäuse 12 des Hörgerätes so angeordnet, daß er sich an dem dem Gehörgang zugewendeten Gehäusebereich befindet. In Fig. 5 sind beispielhaft der Einbau und die

Anwendung des beschriebenen Wandlers in einem insgesamt mit 11 bezeichneten In-dem-Ohr-Hörgerät schematisch dargestellt. Das mit dem Hörgerätegehäuse 12 versehene In-dem-Ohr-Hörgerät 11 sitzt in bekannter Weise im Ohrmuschelbereich der Concha des Außenohres 5. Schall tritt über eine Schalleintrittsöffnung 55 in das Hörgerät 11 ein und wird mittels eines Mikrofons 60 in ein elektrisches Signal umgewandelt. Dieses Signal wird in einer elektronischen Einheit 65 bearbeitet und verstärkt. Das Hörgerät 11 wird von einer Batterie 70 mit elektrischer Betriebsenergie versorgt. Das bearbeitete und verstärkte Signal wird dem Wandler 15 zugeführt, der mit seiner Wandlermembran 17 unmittelbar in dem dem Gehörgang 30 zugewendeten Ende des Gehäuses 12 des In-dem-Ohr-Hörgerätes 11 angeordnet ist. Das von der Wandlermembran 17 erzeugte, verstärkte Schallsignal wird direkt in den Gehörgang 30 abgestrahlt. Es versetzt das Trommelfell 35 in Schwingungen, die zu einem Höreindruck führen. Sitzt das Hörgerät 11 akustisch möglichst dicht in dem Gehörgang 30, wird das vom Wandler 15 abgestrahlte Schallsignal in eine angenäherte akustische Druckkammer eingespeist, die durch das Restvolumen des Gehörgangs und das Trommelfell gebildet wird. Ist wie oben beschrieben die Auslenkung der Wandlermembran 17 bis an das spektral obere Ende des akustischen Übertragungsbereiches frequenzunabhängig, ist auch der im Gehörgang 30 erzeugte Schalldruckpegel frequenzunabhängig und wie gefordert mit geringer Welligkeit eben.

**[0034]** Nachdem die Wandlermembran 17, wie in Fig. 1 dargestellt, das Hörgerätegehäuse 12 des Hörgerätes 11 dicht abschließt und der Wandler 15 selbst durch die Wandlermembran 17 hermetisch gasdicht verschlossen ist, kann kein Schmutz oder Ohrenschmalz aus dem Gehörgang 30 in das Hörgerät 11 oder den Wandler 15 dringen. Gegen Luftfeuchtigkeit ist der Wandler 15 aufgrund der hermetisch gasdichten Ausführungsform grundsätzlich geschützt. Darüberhinaus kann die Wandlermembran 17 durch Abwischen selbst mit feuchten Medien leicht gereinigt werden.

**[0035]** In den Figuren 6 und 7 ist der mögliche Einbau des Wandlers 15 in ein Hinter-dem-Ohr-Hörgerät (HdO) 10 schematisch dargestellt. Die prinzipiell notwendigen Komponenten 55, 60, 65 und 70 entsprechen denen des Ausführungsbeispiels nach Fig. 5. Die Wandlermembran 17 des Wandlers 15, der wiederum am Ende des Hörgerätegehäuses 12 angeordnet ist, strahlt in diesem Fall das akustische Signal in einen offenen Kanal eines Tragehakens 20. An diesen Tragehaken 20 ist ein Schalleitungsschlauch 50 mechanisch angeschlossen, der das verstärkte Schallsignal zum Gehörgang führt. Dies ist in Fig. 6 schematisch dargestellt. Der Schalleitungsschlauch 50 mündet in ein meist individuell geformtes Ohrpaßstück 25 (Otoplastik), das möglichst akustisch dicht in der Eintrittsöffnung des Gehörgangs sitzt. Durch eine Bohrung in der Otoplastik 25 wird das Schallsignal dem dahinterliegenden Gehörgang und dem Trommelfell zugeführt.

**[0036]** In Fig. 8 ist eine weitere Ausführungsform eines Hinter-dem-Ohr-Hörgerätes 10 unter Verwendung des vorliegenden Wandlertyps schematisch dargestellt. Der Wandler 15 selbst ist in dem Ohrpaßstück 25 untergebracht, das in seiner Ausgestaltung den bekannten Otoplastiken eines Hinter-dem-Ohr-Hörgerätes oder der Gehäuseform eines In-dem-Ohr-Gerätes entspricht und den individuellen anatomischen Gegebenheiten des Außenohres 5 angepasst ist. Der Wandler 15 ist so in dem Ohrpaßstück 25 eingebracht, daß die schallabstrahlende Wandlermembran 17 wieder an dem äußeren Ende des Paßstückes 25 liegt, die dem Gehörgang 30 und damit dem Trommelfell 35 zugewandt ist. Zwischen dem eigentlichen Hörgeräte-Gehäuse 12, das hinter der Ohrmuschel 5 getragen wird und das ein Mikrofon, eine entsprechende elektronische Einheit und eine Batterie enthält, und dem Wandler 15 besteht eine rein elektrische Verbindung, die in Fig. 8 als elektrische Wandlerzuleitung 40 dargestellt ist. Vorteilhaft wird die Leitung 40 in einem mechanischen Zuleitungsstück 45 geführt, das zweckmäßig aus Kunststoff hergestellt und geometrisch dauerhaft verformbar ist, um eine individuelle Anpassung an die Außenohranatomie zu ermöglichen.

**[0037]** Eine weitere praxisnahe, vorteilhafte Ausführung dieser Zuleitungsart kann darin bestehen, daß das Zuleitungsstück 45 nicht mit dem Hörgerät 10 und/oder dem Wandler 15 mechanisch und elektrisch fest verbunden ist, sondern lösbare Steckverbindungen 46 aufweist. Bei einem möglicherweise notwendigen Austauschfall können dann auf einfache Weise nur der Wandler 15, oder der Wandler 15 und das Ohrpaßstück 25, oder nur das Zuleitungsstück 45 oder alle Komponenten ersetzt werden. Die lösbaren Steckverbindungen 46 können in besonders vorteilhafter Weise in der an sich aus EP-A-0 811 397 bekannten Weise aufgebaut sein.

**[0038]** Die anhand der Fig. 8 beschriebene Ausführungsform hat gegenüber der in Fig. 6 und 7 dargestellten Form den Vorteil, daß der Wandler 15 das aufbereitete Schallsignal wie bei der In-dem-Ohr-Variante aus Fig. 5 unmittelbar in den Gehörgang 30 abstrahlt und somit die bekannten akustischen Mängel eines Zuleitungsschlauches 50 (siehe Fig. 6) vermieden werden. Dennoch bleibt der Vorteil einer Hinter-dem-Ohr-Bauform mit größerem Volumen für die elektronische Signalbearbeitungseinheit 65 und die entsprechende Batterie 70 erhalten.

**[0039]** In den Figuren 9 bis 11 sind Beispiele für mögliche Realisierungsvarianten der elektronischen Signalaufbereitung eines Hörgerätes unter Verwendung des beschriebenen Wandlers 15 dargestellt. Grundsätzlich gehören zu dem Hörgerät das Mikrofon 60, die elektronische Einheit 65, die das Mikrofonsignal bearbeitet und verstärkt, die Batterie 70 zur energetischen Versorgung des gesamten Hörgerätes, eine externe, drahtlose oder drahtgebundene Einheit 67, mit der systemzugehörige und patientenindividuelle (Anpaß-) Parameter in dem Hörgerät analog oder digital verändert und langzeitstabil eingespeichert werden können, sowie der beschriebene Hörgerätewandler 15. Unterschiedlich ist bei den Figuren

9, 10 und 11 die Anordnung des elektronischen Wandlertreibers 66. Wie beschrieben ist diese Einheit 66 als anpassende elektronische Schnittstelle zwischen der eigentlichen Hörgeräteelektronik 65 und der elektromechanischen Wandler-Antriebseinheit 19 in dem Wandler 15 vorgesehen.

**[0040]** In Fig. 9 ist der Wandlertreiber 66 als Bestandteil der signalverarbeitenden Elektronik 65 des Hörgerätes dargestellt. Er ist beispielsweise in einer elektronischen Schaltung auf Chip-Ebene mitintegriert.

**[0041]** Bei der Ausführungsform gemäß Fig. 10 befindet sich die Treibereinheit 66 weder innerhalb der signalbearbeitenden Elektronik 65 des Hörgerätes noch im Wandler 15, sondern sie ist zwischen diese beiden Einheiten geschaltet. Diese Realisierungsvariante kann bedeuten, daß die Treiberelektronik 66 als eigener Chip realisiert und integriert wird und zusammen mit der signalbearbeitenden Hörgeräteelektronik 65 entsprechend der jeweils angewendeten mikroelektronischen Aufbautechnik innerhalb des Hörgerätes untergebracht wird. Eine andere Realisierungsvariante gemäß Fig. 10 kann darin bestehen, daß die Wandlertreiberschaltung 66 außerhalb des Hinter-dem-Ohr- oder des In-dem-Ohr-Hörgerätes 10 bzw. 11 und des Wandlers 15 positioniert wird und aus Servicegründen mit den beiden Modulen Hörgerät und Wandler über geeignete mechanische/elektrische Stecker verbunden ist. Diese Variante kommt beispielsweise für die Hörgeräteanordnung entsprechend Fig. 8 in Betracht.

**[0042]** In Fig. 11 ist die Realisierung des Wandlertreibers 66 innerhalb des Gehäuses 14 des Wandlers 15 dargestellt. Dies entspricht der schematischen Darstellung des prinzipiellen Wandleraufbaus gemäß Fig. 1.

**[0043]** Grundsätzlich enthält der elektronische Wandlertreiber 66 alle notwendigen elektronischen und mechanischen Bauelemente, die erforderlich sind, um der aktuellen Anwendung in einem Hinter-dem-Ohr- oder In-dem-Ohr-Hörgerät entsprechenden Anforderung je nach gewähltem elektromechanischem Antriebsprinzip des Wandlers 15 Genüge zu leisten. Dies können weitere Audioverstärker sein, DC/DC-Wandler aller möglichen elektronischen Realisierungen (unter anderem an sich bekannte Switched-Capacitor-Wandler, induktorbasierte Schaltregler usw.), Impedanzwandler, pegelbegrenzende Elemente und weitere Bauteile, die zum Beispiel der elektromagnetischen Verträglichkeit dienen. Insbesondere kann in der Treibereinheit 66 ein integrierendes Bauelement enthalten sein, um beispielsweise einen piezoelektrischen Wandler 15 gemäß Fig. 2 an die digitale, pulsweitenmodulierte Signalverarbeitungsausgangsstufe ohne D/A-Wandler eines vordigital arbeitenden Hörgerätes anschließen zu können.

## 55 Patentansprüche

1. Elektroakustischer Wandler für Hörgeräte, zur Luftschallabstrahlung in den äußeren Gehörgang, in ei-

- nem Wandlergehäuse (14), in dem eine elektromechanische Wandler-Antriebseinheit (19) untergebracht ist, die mit einer Wandung des Wandlergehäuses derart gekoppelt ist, daß ausgangsseitige mechanische Schwingungen der Wandler-Antriebseinheit von innen an die Wandung mechanisch direkt angekoppelt sind, wobei die Wandung als metallische biegefähige Wandlarmembran (17) ausgebildet ist, die von der Wandler-Antriebseinheit (19) zu Biegeschwingungen angeregt wird, welche die Luftschallabstrahlung außerhalb des Wandlergehäuses bewirken, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Wandlergehäuse (14) allseitig hermetisch gasdicht ausgebildet ist, wobei durch Wahl der mechanischen Eigenschaften der Wandlarmembran (17) und der Wandler-Antriebseinheit (19) das diese Bauteile umfassende schwingfähige System so abgestimmt ist, daß die erste mechanische Resonanzfrequenz des gesamten Wandlers (15) spektral am oberen Ende eines gewünschten Übertragungsbereiches liegt..
2. Wandler nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die in dem Wandlergehäuse (14) untergebrachte elektromechanische Wandler-Antriebseinheit (19) auf dem elektromagnetischen, elektrodynamischen, dielektrischen, piezoelektrischen oder magnetostriktiven Wandlerprinzip basiert.
  3. Wandler nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Wandlergehäuse (14) zylindrisch, insbesondere kreiszylindrisch, gestaltet ist.
  4. Wandler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Wandlarmembran (17) kreisförmig ausgebildet ist.
  5. Wandler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Wandlergehäuse (14) ein einseitig offenes Gehäuseteil (13) aufweist, dessen offene Seite von der Wandlarmembran (17) hermetisch gasdicht verschlossen ist.
  6. Wandler nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Gehäuseteil (13) metallisch ausgeführt ist.
  7. Wandler nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Gehäuseteil (13) und/oder die Wandlarmembran (17) aus einem nichtkorrosiven, rostfreien Metall, insbesondere Edelstahl, gefertigt sind.
  8. Wandler nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Gehäuseteil (13) und/oder die Wandlarmembran (17) aus einem nichtkorrosiven, rostfreien und besonders körperverträglichen Metall, insbesondere Titan, Platin, Niob, Tantal oder deren Legierungen, gefertigt sind.
  9. Wandler nach Anspruch 5 **dadurch gekennzeichnet, daß** das Gehäuseteil (13) mit einer hermetisch gasdichten elektrischen Gehäusedurchführung (16) versehen ist.
  10. Wandler nach Ansprüchen 6 und 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** eine Gehäusedurchführung (16) mindestens einpolig ist und das Massepotential auf dem Gehäuseteil (13) liegt.
  11. Wandler nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Gehäusedurchführung (16) auf gasdicht verlöteten Metall-Keramik-Verbindungen basiert.
  12. Wandler nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Gehäusedurchführung (16) als Isolator eine Aluminium-Oxid-Keramik und als elektrischen Durchführungsleiter mindestens einen Platin-Iridium-Draht aufweist.
  13. Wandler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** als elektromechanische Wandler-Antriebseinheit (19) eine vorzugsweise kreisförmig ausgebildete piezoelektrische Keramikscheibe vorgesehen ist, die auf die Innenseite der Wandlarmembran (17) als elektromechanisch aktives Element aufgebracht ist und zusammen mit der Wandlarmembran ein elektromechanisch aktives Heteromorph-Verbundelement darstellt.
  14. Wandler nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, daß** die piezoelektrische Keramikscheibe (19) aus Blei-Zirkonat-Titanat besteht.
  15. Wandler nach Anspruch 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Dicke der Wandlarmembran (17) und die Dicke der piezoelektrischen Keramikscheibe (19) annähernd gleich groß sind und im Bereich von 0,025 mm bis 0,15 mm liegen.
  16. Wandler nach einem der Ansprüche 13 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Wandlarmembran (17) und die piezoelektrische Keramikscheibe (19) annähernd den gleichen E-Modul haben.
  17. Wandler nach einem der Ansprüche 13 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, daß** sowohl die Wandlarmembran (17) als auch das Gehäuseteil (13) elektrisch leitend sind, daß die piezoelektrische Keramikscheibe (19) mit der Wandlarmembran durch eine elektrisch leitfähige Verklebung elektrisch leitend verbunden ist, und daß das Gehäuseteil einen von mindestens zwei elektrischen Wandleranschlüssen (16a) bildet.
  18. Wandler nach einem der Ansprüche 13 bis 17, **da-**

- durch gekennzeichnet, daß** der Radius der Wandl-  
 lermembran (17) um den Faktor 1,2 bis 2,0, vorzugs-  
 weise einen Faktor von etwa 1,4, größer ist als der  
 Radius der piezoelektrischen Keramikscheibe (19).
19. Wandler nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **da-  
 durch gekennzeichnet, daß** die elektromechani-  
 sche Wandler-Antriebseinheit (19) als Elektroma-  
 gnetanordnung (21, 22) ausgebildet ist, die ein mit  
 Bezug auf des Wandlergehäuse (14) fixiertes Bauteil  
 (22) sowie ein schwingfähiges Bauteil (21) aufweist,  
 das mit der Innenseite der Wandlermembran (17)  
 gekoppelt ist.
20. Wandler nach Anspruch 19, **dadurch gekenn-  
 zeichnet, daß** das schwingfähige Bauteil (21) im we-  
 sentlichen im Zentrum der Wandlermembran (17)  
 befestigt ist.
21. Wandler nach Anspruch 19 oder 20, **dadurch ge-  
 kennzeichnet, daß** mit der Innenseite der Wandler-  
 membran (17) ein das schwingfähige Bauteil bilden-  
 der Permanentmagnet (21) verbunden ist, und daß  
 eine elektromagnetische Spule (22) in dem Wandler-  
 gehäuse (14) fest angebracht ist, um den Perma-  
 nentmagneten in Schwingungen zu versetzen.
22. Wandler nach Anspruch 21, **dadurch gekenn-  
 zeichnet, daß** der Permanentmagnet (21) als Ma-  
 gnetstift ausgebildet ist und die Spule (22) eine  
 Ringspule mit einer Mittelloffnung (22a) ist, in welche  
 der Magnetstift eintaucht.
23. Wandler nach einem der vorhergehenden Ansprü-  
 che, **dadurch gekennzeichnet, daß** die erste me-  
 chanische Resonanzfrequenz des gesamten Wand-  
 lers (15) im Bereich von 4 bis 12 kHz, insbesondere  
 bei etwa 10 kHz, liegt.
24. Wandler nach einem der vorhergehenden Ansprü-  
 che, **dadurch gekennzeichnet, daß** in dem  
 Wandlergehäuse (14) zusätzlich ein Wandlertreiber  
 (66) untergebracht ist.
25. Wandler nach einem der vorhergehenden Ansprü-  
 che, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Wandler-  
 Antriebseinheit (19) elektrisch so angesteuert ist,  
 daß die Auslenkung der Wandlermembran (17) bis  
 zur ersten Resonanzfrequenz frequenzunabhängig  
 eingepreßt ist.
26. Hörgerät, das als ausgangsseitigen Schallwandler  
 einen elektroakustischen Wandler (15) nach einem  
 der vorhergehenden Ansprüche aufweist.
27. Hörgerät nach Anspruch 26, **dadurch gekenn-  
 zeichnet, daß** es als Hinter-dem-Ohr-Gerät (10), In-  
 dem-Ohr-Gerät (11) oder Brillengerät ausgebildet
- ist.
28. Hörgerät nach Anspruch 26 oder 27, **dadurch ge-  
 kennzeichnet, daß** unabhängig vom Hörgerätetyp  
 der elektroakustische Wandler (15) zusammen mit  
 einem Mikrofon (60), einer Stromversorgungsquelle  
 (70), signalverarbeitenden und -verstärkenden Ele-  
 menten (65, 66) sowie allen etwaigen weiteren für  
 eine Hörgerätefunktion notwendigen Bauteilen in ei-  
 nem Hörgerätegehäuse (12) untergebracht ist.
29. Hörgerät nach Anspruch 26 oder 27, **dadurch ge-  
 kennzeichnet, daß** unabhängig vom Hörgerätetyp  
 der elektroakustische Wandler (15) in einem separ-  
 aten Gehäuse untergebracht und durch eine min-  
 destens zweipolige elektrische Leitung (40) mit dem  
 Hörgerät (10, 11) verbunden ist, das ein Mikrofon  
 (60), eine Stromversorgungsquelle (70), signalver-  
 arbeitende und -verstärkende Elemente (65, 66) so-  
 wie alle etwaigen weiteren für eine Hörgerätefunktio-  
 nen notwendigen Bauteile enthält.
30. Hörgerät nach Anspruch 29, **dadurch gekenn-  
 zeichnet, daß** das separate Gehäuse, das den elek-  
 troakustischen Wandler (15) enthält, in ein  
 Ohrpaßstück (25) integriert ist.
31. Hörgerät nach Anspruch 30, **dadurch gekenn-  
 zeichnet, daß** das den elektroakustischen Wandler  
 (15) enthaltende Ohrpaßstück (25) mit einem Hinter-  
 dem-Ohr-Hörgerät (10) über ein flexibel verformba-  
 res Koppellement (45) mechanisch verbunden ist,  
 das eine individuelle Anpassung an die Anatomie  
 des Außenohres gestattet und die elektrische Zulei-  
 tung (40) zum Wandler enthält.
32. Hörgerät nach einem der Ansprüche 26 bis 31, **da-  
 durch gekennzeichnet, daß** bei Einbau des elek-  
 troakustischen Wandlers (15) in ein Ohrpaßstück  
 (25) oder direkt in ein In-dem-Ohr-Gerät (11) das  
 Wandlergehäuse (14) so angeordnet ist, daß die  
 Wandlermembran (17) mindestens näherungsweise  
 bündig mit dem Bereich des Ohrpaßstückes oder  
 des In-dem-Ohr-Gerät-Gehäuses abschließt, der  
 dem Gehörgang zugewandt ist.
33. Hörgerät nach einem der Ansprüche 26 bis 31, **ge-  
 kennzeichnet durch** einen elektronischen Wand-  
 lertreiber (66), welcher die signalverarbeitende Elek-  
 tronik des Hörgerätes (10, 11) an das gewählte elek-  
 tromechanische Prinzip der wandlerinternen Wand-  
 lers-Antriebseinheit (19) den jeweiligen Zielsetzun-  
 gen des Ausgangspegels und Frequenzbereiches  
 entsprechend anpaßt.
34. Hörgerät nach Anspruch 33, **dadurch gekenn-  
 zeichnet, daß** das Hörgerät (10, 11) volldigital aus-  
 gelegt ist und eine pulswidenmodulierte Ausgangs-

stufe aufweist, und daß der Wandlertreiber (66) für den Anschluß der pulsweitenmodulierten Ausgangsstufe eine integrierende Funktion hat.

35. Hörgerät nach Anspruch 33 oder 34, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Wandlertreiber (66) in der signalverarbeitenden Elektronik (65) des Hörgerätes (10, 11) mitintegriert ist. 5
36. Hörgerät nach Anspruch 33 oder 34, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Wandlertreiber (66) ein eigenes elektronisches Modul ist. 10
37. Hörgerät nach Anspruch 36, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Treibermodul (66) mit in dem Hörgerätegehäuse (12) untergebracht ist. 15
38. Hörgerät nach Anspruch 36, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Treibermodul (66) zwischen dem Hörgerät und dem elektroakustischen Wandler (15) angeordnet ist. 20
39. Hörgerät nach Anspruch 36, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Treibermodul (66) in dem Wandlergehäuse (14) untergebracht ist. 25
40. Hörgerät nach Anspruch 38 oder 39, **dadurch gekennzeichnet, daß** zur elektrischen Versorgung des Treibermoduls (66) vom Hörgerät (10, 11) aus nach dem Prinzip der Phantomspeisung die elektrische Verbindung zwischen der Hörgeräteelektronik (65) und dem Treibermodul zweipolig ist und einer signalbeinhaltenden Wechselspannung eine Gleichspannung überlagert ist, die das Treibermodul versorgt. 30
41. Hörgerät nach einem der Ansprüche 38 bis 40, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Treibermodul (66) über lösbare mechanische bzw. elektrische Steckverbindungen mit dem Hörgerät (10, 11) bzw. dem elektroakustischen Wandler (15) verbunden ist. 35 40

#### Claims

1. An electroacoustic transducer for hearing aids for air sound emission into the outer ear canal, contained in a transducer housing (14) including an electromechanical transducer drive unit (19) which is coupled to a wall of the transducer housing such that output-side mechanical vibrations of the transducer drive unit are mechanically directly coupled to an inside of the wall, the wall being a bendable metallic transducer membrane (17) which is excited to bending vibrations by the transducer drive unit (19) causing air sound emission outside of the transducer housing, **characterized in that** the transducer housing (14) is hermetically gas-tightly sealed on all sides,

wherein by means of selecting the mechanical properties both of the transducer membrane (17) and the transducer drive unit (19) the vibratory system which includes these components is designed such that the first mechanical resonant frequency of the entire transducer (15) is at the upper spectral limit of a desired transmission range.

2. Transducer according to claim 1, **characterized in that** the electromechanical transducer drive unit (19) enclosed in the transducer housing (14) operates based on at least one of electromagnetic, electrodynamic, dielectric, piezoelectric, and magnetostrictive transducer principles.
3. Transducer according to claim 1 or 2, **characterized in that** the transducer housing (14) has a cylindrical, particularly a circular cylindrical shape.
4. Transducer according to one of the preceding claims, **characterized in that** the transducer membrane (17) has a circular shape.
5. Transducer according to one of the preceding claims, **characterized in that** the transducer housing (14) includes a housing part (13) with an open side which is hermetically gas-tightly sealed by the transducer membrane (17).
6. Transducer according to claim 5, **characterized in that** the housing part (13) is metallic.
7. Transducer according to claim 6, **characterized in that** the housing part (13) and/or the transducer membrane (17) is made of a corrosion resistant, stainless metal, particularly highgrade steel.
8. Transducer according to claim 6, **characterized in that** the housing part (13) and/or the transducer membrane (17) are made of a corrosion resistant, stainless and highly body compatible metal, particularly titanium, platinum, niobium, tantalum or alloys thereof.
9. Transducer according to claim 5, **characterized in that** the housing part (13) includes a hermetically gas-tightly sealed electrical housing feed-through (16). 45
10. Transducer according to claims 6 and 7, **characterized in that** one housing feed-through (16) includes at least a single pole, the ground potential being provided on the housing part (13). 50
11. Transducer according to claim 9 or 10, **characterized in that** the housing feed-through (16) is a metal-ceramic connection soldered to be gas-tightly sealed. 55

12. Transducer according to claim 11, **characterized in that** the housing feed-through (16) includes an insulating portion made of an aluminum oxide ceramic and an electrical lead made of at least one platinum-iridium wire.
13. Transducer according to one of the preceding claims, **characterized in that** a ceramic disk preferably having a circular shape is provided as the electromechanical transducer drive unit (19), which is provided on an inside of the transducer membrane (17) as an electromechanically active element to form together with the transducer membrane an electromechanically active heteromorph composite element.
14. Transducer according to claim 13, **characterized in that** the piezoelectric ceramic disk (19) is made of lead zirconate titanate.
15. Transducer according to claim 13 or 14, **characterized in that** the thickness of the transducer membrane (17) and the thickness of the piezoelectric ceramic disk (19) are approximately equal and fall within a range of from 0.025 mm to 0.15 mm.
16. Transducer according to one of claims 13 to 15, **characterized in that** the transducer membrane (17) and the piezoelectric ceramic wafer (19) approximately have equal E-modulus.
17. Transducer according to one of claims 13 to 16, **characterized in that** both the transducer membrane (17) and the housing part (13) are electrically conductive, the piezoelectric ceramic wafer (19) being electrically connected to the transducer membrane by an electrically conductive adhesive connection, and the housing part forming one of at least two electric transducer terminals (16a).
18. Transducer according to one of claims 13 to 17, **characterized in that** the radius of the transducer membrane (17) being larger than the radius of the piezoelectric ceramic wafer (19) by a factor of from 1.2 to 2.0, preferably by a factor of about 1.4.
19. Transducer according to one of claims 1 to 12, **characterized in that** the electromechanical transducer drive unit (19) is an electromagnet arrangement (21, 22) with a component (22) fixed relative to the transducer housing (14) and a vibratory component (21) coupled to the inside of the transducer membrane (17).
20. Transducer according to claim 19, **characterized in that** the vibratory component (21) is attached substantially centrally on the transducer membrane (17).
21. Transducer according to claim 19 or 20, **characterized in that** a permanent magnet (21) forming the vibratory component is connected to the inside of the transducer membrane (17), and that an electromagnetic coil (22) is fixedly attached to the transducer housing (14) for causing the permanent magnet to vibrate.
22. Transducer according to claim 21, **characterized in that** the permanent magnet (21) is a magnetic pin and the coil (22) is a ring coil with a middle opening (22a) into which the magnetic pin dips.
23. Transducer according to one of the preceding claims, **characterized in that** the first mechanical resonant frequency of the entire transducer (15) is in a range of from 4 to 12 kHz and preferably is about 10 kHz.
24. Transducer according to one of the preceding claims, **characterized in that** the transducer housing (14) additionally houses a transducer driver (66).
25. Transducer according to one of the preceding claims, **characterized in that** the transducer drive unit (19) is electrically controlled in a manner that the deflection of the transducer membrane (17) is independent of frequency up to the first resonance frequency.
26. Hearing aid comprising an electroacoustic transducer (15) as claimed in one of the preceding claims as an output-side transducer.
27. Hearing aid according to claim 26, **characterized in that** the hearing aid is a behind-the-ear hearing aid (10), an in-the-ear hearing aid (11) or an eye glass hearing aid.
28. Hearing aid according to claim 26 or 27, **characterized in that** irrespective of the hearing aid type a hearing aid housing (12) contains the electroacoustic transducer (15) together with a microphone (60), a power supply source (70), signal-processing and amplifying elements (65, 66) as well as all possible further components which are necessary for hearing aid operation.
29. Hearing aid according to claim 26 or 27, **characterized in that** irrespective of the hearing aid type the electroacoustic transducer (15) is accommodated in a separate housing and is connected to the hearing aid (10, 11) by means of an at least two-pole electrical line (40), which hearing aid includes a microphone (60), a power supply source (70), signal-processing and amplifying elements (65, 66) as well as all possible further components which are necessary for hearing aid operation.

30. Hearing aid according to claim 26, **characterized in that** the electroacoustic transducer (15) contained in the separate housing is integrated in an ear fitting piece (25).
31. Hearing aid according to claim 30, **characterized in that** the electroacoustic transducer (15) contained in the ear fitting piece (25) is mechanically coupled to a behind-the-ear hearing aid (10) via a flexibly deformable coupling element (45) which allows individual matching to the anatomy of the outer ear and which includes the electrical supply (40) to the transducer.
32. \*Hearing aid according to one of claims 26 to 31, **characterized in that** the transducer housing (14), when assembling the electroacoustic transducer (15) into an ear fitting piece (25) or directly into an in-the-ear hearing aid (11), is arranged such that the transducer membrane (17) ends at least approximately flush with an area of the ear fitting piece or of the in-the-ear hearing aid housing, which area faces the auditory canal.
33. Hearing aid according to one of claims 26 to 31, **characterized by** an electronic transducer driver (66) for matching the signal processing electronics of the hearing aid (10, 11) to the selected electromechanical principle and to the desired output and the desired frequency range of the transducer drive unit (19) which is included in the transducer.
34. Hearing aid according to claim 33, **characterized in that** the hearing aid (10, 11) is all-digital and has a pulse-width modulated output stage, the transducer driver (66) having an integrating function for connection of the pulse-width modulated output stage.
35. Hearing aid according to claim 33 or 34, **characterized in that** the transducer driver (66) is integrated in the signal-processing electronics (65) of the hearing aid (10, 11).
36. Hearing aid according to claim 33 or 34, **characterized in that** the transducer driver (66) is a separate electronic module.
37. Hearing aid according to claim 36, **characterized in that** also the driver module (66) is accommodated in the hearing aid housing (12).
38. Hearing aid according to claim 36, **characterized in that** the driver module (66) is arranged between the hearing aid and the electroacoustic transducer (15).
39. Hearing aid according to claim 36, **characterized in that** the driver module (66) is accommodated in the transducer housing (14).

40. Hearing aid according to claim 38 or 39, **characterized in that** starting from the hearing aid (10, 11) the driver module (66) is provided, in accordance with the principle of phantom supply, with an electrical supply via a two-pole electrical connection between the hearing aid electronics (65) and the driver module, and that a DC voltage which supplies the driver module is superimposed on a signal-containing AC voltage.
41. Hearing aid according to one of claims 38 to 40, **characterized in that** the driver module (66) is connected to the hearing aid (10, 11) or rather to the electroacoustic transducer (15) via detachable mechanical or electrical plug connections.

## Revendications

1. Convertisseur électroacoustique destiné à des prothèses auditives pour le rayonnement de son aérien dans le conduit auditif externe, disposé dans un boîtier de convertisseur (14), dans lequel est logée une unité d'entraînement du convertisseur (19) électromécanique, laquelle est couplée avec une paroi du boîtier de convertisseur de telle sorte que des vibrations mécaniques côté sortie de l'unité d'entraînement du convertisseur sont rattachées mécaniquement directement de l'intérieur à la paroi, la paroi étant conçue sous forme de membrane de convertisseur (17) flexible métallique, qui est excitée par l'unité d'entraînement du convertisseur (19) en vibrations de flexion qui entraînent le rayonnement de son aérien à l'extérieur du boîtier de convertisseur, **caractérisé en ce que** le boîtier de convertisseur (14) est conçu de façon hermétiquement étanche aux gaz de tous côtés, le système vibrant comprenant ces composants étant adapté par le choix des propriétés mécaniques de la membrane du convertisseur (17) et de l'unité d'entraînement du convertisseur (19) pour que la première fréquence de résonance mécanique de l'ensemble du convertisseur (15) se situe au niveau spectral sur l'extrémité supérieure d'une plage de transmission souhaitée.
2. Convertisseur selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'unité d'entraînement du convertisseur (19) électromécanique, logée dans le boîtier de convertisseur (14), est basée sur le principe de convertisseur électromagnétique, électrodynamique, diélectrique, piézo-électrique ou magnétostrictif.
3. Convertisseur selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le boîtier de convertisseur (14) est conçu en forme de cylindre, en particulier en forme de cylindre circulaire.
4. Convertisseur selon l'une quelconque des revendications 1 à 3.

cations précédentes, **caractérisé en ce que** la membrane de convertisseur (17) est conçue avec une forme circulaire.

5. Convertisseur selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le boîtier de convertisseur (14) présente une partie de boîtier (13) ouverte sur un côté, dont le côté ouvert est fermé de façon hermétiquement étanche aux gaz par la membrane de convertisseur (17).
6. Convertisseur selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** la partie de boîtier (13) est conçue de façon métallique.
7. Convertisseur selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** la partie de boîtier (13) et/ou la membrane de convertisseur (17) sont fabriquées à base d'un métal non corrosif, inoxydable, en particulier de l'acier fin.
8. Convertisseur selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** la partie de boîtier (13) et/ou la membrane de convertisseur (17) sont fabriquées à base d'un métal non corrosif, inoxydable et particulièrement compatible avec le corps, en particulier du titane, du platine, du niobium, du tantale ou des alliages de ces métaux.
9. Convertisseur selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** la partie de boîtier (13) est dotée d'un passage de boîtier (16) électrique et hermétiquement étanche aux gaz.
10. Convertisseur selon les revendications 6 et 7, **caractérisé en ce qu'un** passage de boîtier (16) est au moins unipolaire et le potentiel de masse est situé sur la partie de boîtier (13).
11. Convertisseur selon la revendication 9 ou 10, **caractérisé en ce que** le passage de boîtier (16) est basé sur des liaisons métal-céramique brasées de façon étanche aux gaz.
12. Convertisseur selon la revendication 11, **caractérisé en ce que** le passage de boîtier (16) présente comme isolateur une céramique d'aluminium et d'oxyde et comme conducteur de passage électrique au moins un fil de platine et d'iridium.
13. Convertisseur selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** est prévu comme unité d'entraînement du convertisseur (19) électromécanique un disque de céramique piézo-électrique, conçu de préférence avec une forme circulaire, qui est appliqué sur le côté intérieur de la membrane de convertisseur (17) comme élément actif au plan électromécanique et représente con-

jointement avec la membrane de convertisseur un élément composite hétéromorphe actif au plan électromécanique.

14. Convertisseur selon la revendication 13, **caractérisé en ce que** le disque de céramique (19) piézo-électrique est à base de plomb-zirconate-titanate.
15. Convertisseur selon la revendication 13 ou 14, **caractérisé en ce que** l'épaisseur de la membrane de convertisseur (17) et l'épaisseur du disque de céramique (19) piézo-électrique sont approximativement identiques et se situent dans la plage allant de 0,025 mm à 0,15 mm.
16. Convertisseur selon l'une quelconque des revendications 13 à 15, **caractérisé en ce que** la membrane de convertisseur (17) et le disque de céramique (19) piézo-électrique ont approximativement le même module d'élasticité.
17. Convertisseur selon l'une quelconque des revendications 13 à 16, **caractérisé en ce qu'aussi** bien la membrane de convertisseur (17) que la partie de boîtier (13) sont électroconductrices, **en ce que** le disque de céramique (19) piézo-électrique est relié de façon électroconductrice à la membrane de convertisseur par un collage électroconducteur et **en ce que** la partie de boîtier forme un d'au moins deux branchements de convertisseur (16a) électriques.
18. Convertisseur selon l'une quelconque des revendications 13 à 17, **caractérisé en ce que** le rayon de la membrane de convertisseur (17) est supérieur du facteur 1,2 à 2,0, de préférence d'un facteur d'environ 1,4, au rayon du disque de céramique (19) piézo-électrique.
19. Convertisseur selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, **caractérisé en ce que** l'unité d'entraînement du convertisseur (19) électromécanique est conçue sous forme d'agencement d'électroaimant (21, 22), qui présente un composant (22) fixé par rapport au boîtier de convertisseur (14) et un composant (21) vibrant, qui est couplé avec le côté intérieur de la membrane de convertisseur (17).
20. Convertisseur selon la revendication 19, **caractérisé en ce que** le composant (21) vibrant est fixé sensiblement au centre de la membrane de convertisseur (17).
21. Convertisseur selon la revendication 19 ou 20, **caractérisé en ce qu'un** aimant permanent (21) formant le composant vibrant est relié au côté intérieur de la membrane de convertisseur (17) et **en ce qu'une** bobine (22) électromagnétique est placée fixement dans le boîtier de convertisseur (14), afin

de mettre l'aimant permanent en vibration.

22. Convertisseur selon la revendication 21, **caractérisé en ce que** l'aimant permanent (21) est conçu sous forme de broche magnétique et la bobine (22) est une bobine annulaire avec une ouverture centrale (22a) dans laquelle plonge la broche magnétique.
23. Convertisseur selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la première fréquence de résonance mécanique de l'ensemble du convertisseur (15) est de l'ordre de 4 à 12 kHz, en particulier aux environs de 10 kHz.
24. Convertisseur selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'en** supplément un driver de convertisseur (66) est logé dans le boîtier de convertisseur (14).
25. Convertisseur selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'unité d'entraînement du convertisseur (19) est activée électriquement de façon que la déviation de la membrane de convertisseur (17) soit appliquée indépendamment de la fréquence jusqu'à la première fréquence de résonance.
26. Prothèse auditive, qui présente comme transducteur acoustique côté sortie un convertisseur (15) électroacoustique selon l'une quelconque des revendications précédentes.
27. Prothèse auditive selon la revendication 26, **caractérisée en ce qu'elle** est conçue sous forme d'appareil derrière l'oreille (10), d'appareil dans l'oreille (11) ou d'appareil sur lunettes.
28. Prothèse auditive selon la revendication 26 ou 27, **caractérisée en ce que**, indépendamment du type de prothèse auditive, le convertisseur (15) électroacoustique est logé dans un boîtier de prothèse auditive (12) conjointement avec un microphone (60), une source d'alimentation électrique (70), des éléments (65, 66) traitant et amplifiant le signal ainsi que tous les autres composants éventuels nécessaires pour une fonction de prothèse auditive.
29. Prothèse auditive selon la revendication 26 ou 27, **caractérisée en ce que**, indépendamment du type de prothèse auditive, le convertisseur (15) électroacoustique est logé dans un boîtier séparé et relié à la prothèse auditive (10, 11) par une ligne (40) électrique au moins bipolaire, qui contient un microphone (60), une source d'alimentation électrique (70), des éléments (65, 66) traitant et amplifiant le signal ainsi que tous les éventuels autres composants nécessaires pour une fonction de prothèse auditive.
30. Prothèse auditive selon la revendication 29, **caractérisée en ce que** l'appareil séparé, qui contient le convertisseur (15) électroacoustique, est intégré dans un adaptateur d'oreille (25).
31. Prothèse auditive selon la revendication 30, **caractérisée en ce que** l'adaptateur d'oreille (25) contenant le convertisseur (15) électroacoustique est relié mécaniquement à une prothèse auditive derrière l'oreille (10) au moyen d'un élément de couplage (45) déformable de façon flexible, lequel élément permet une adaptation individuelle à l'anatomie de l'oreille externe et contient l'arrivée (40) électrique allant au convertisseur.
32. Prothèse auditive selon l'une quelconque des revendications 26 à 31, **caractérisée en ce que**, en cas de montage du convertisseur (15) électroacoustique dans un adaptateur d'oreille (25) ou directement dans un appareil dans l'oreille (11), le boîtier de convertisseur (14) est disposé de telle sorte que la membrane de convertisseur (17) se termine au moins approximativement au même niveau que la zone de l'adaptateur d'oreille ou du boîtier d'appareil dans l'oreille qui est attribuée au conduit auditif.
33. Prothèse auditive selon l'une quelconque des revendications 26 à 31, **caractérisée par** un driver de convertisseur (66) électronique, qui adapte l'électronique traitant le signal de la prothèse auditive (10, 11) au principe électromécanique choisi de l'unité d'entraînement du convertisseur (19) interne au convertisseur en fonction des objectifs respectifs du niveau de sortie et de la plage de fréquences.
34. Prothèse auditive selon la revendication 33, **caractérisée en ce que** la prothèse auditive (10, 11) est conçue de façon entièrement numérique et présente un niveau de sortie modulé au niveau des impulsions en largeur et **en ce que** le driver de convertisseur (66) a une fonction d'intégration pour le branchement du niveau de sortie modulé au niveau des impulsions en largeur.
35. Prothèse auditive selon la revendication 33 ou 34, **caractérisée en ce que** le driver de convertisseur (66) est également intégré dans l'électronique (65) traitant le signal de la prothèse auditive (10, 11).
36. Prothèse auditive selon la revendication 33 ou 34, **caractérisée en ce que** le driver de convertisseur (66) est un module électronique propre.
37. Prothèse auditive selon la revendication 36, **caractérisée en ce que** le module de driver (66) est logé également dans le boîtier de prothèse auditive (12).
38. Prothèse auditive selon la revendication 36, **carac-**

**térisée en ce que** le module de driver (66) est disposé entre la prothèse auditive et le convertisseur (15) électroacoustique.

39. Prothèse auditive selon la revendication 36, **caractérisée en ce que** le module de driver (66) est logé dans le boîtier de convertisseur (14). 5
40. Prothèse auditive selon la revendication 38 ou 39, **caractérisée en ce que**, pour l'alimentation électrique du module de driver (66) à partir de la prothèse auditive (10, 11) selon le principe de l'alimentation fantôme, la liaison électrique entre l'électronique de la prothèse auditive (65) et le module de driver est bipolaire et une tension continue, qui alimente le module de driver, est superposée à une tension alternative incluant le signal. 10 15
41. Prothèse auditive selon l'une quelconque des revendications 38 à 40, **caractérisée en ce que** le module de driver (66) est relié par des liaisons à enfichage mécaniques ou électriques détachables à la prothèse auditive (10, 11) ou au convertisseur (15) électroacoustique. 20

25

30

35

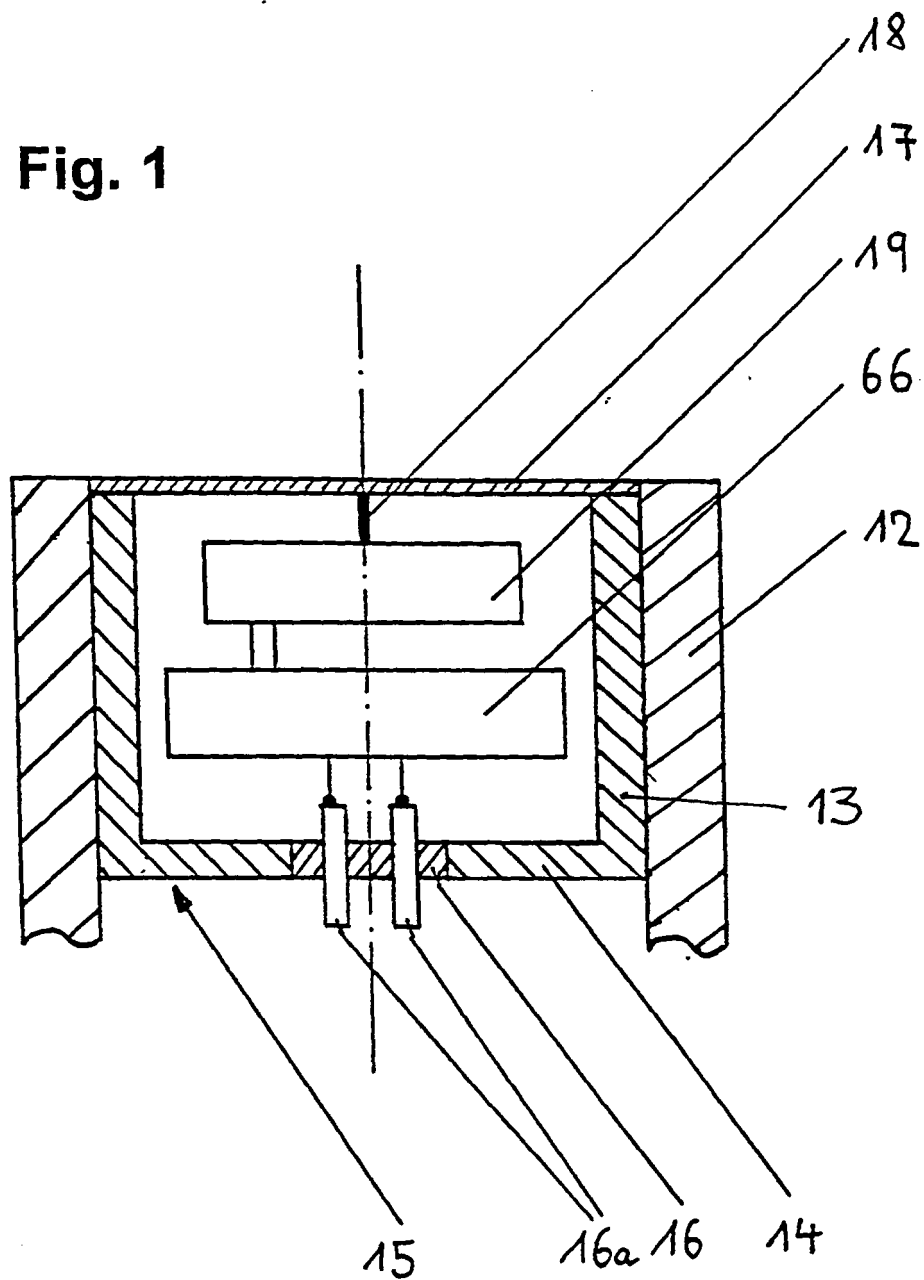
40

45

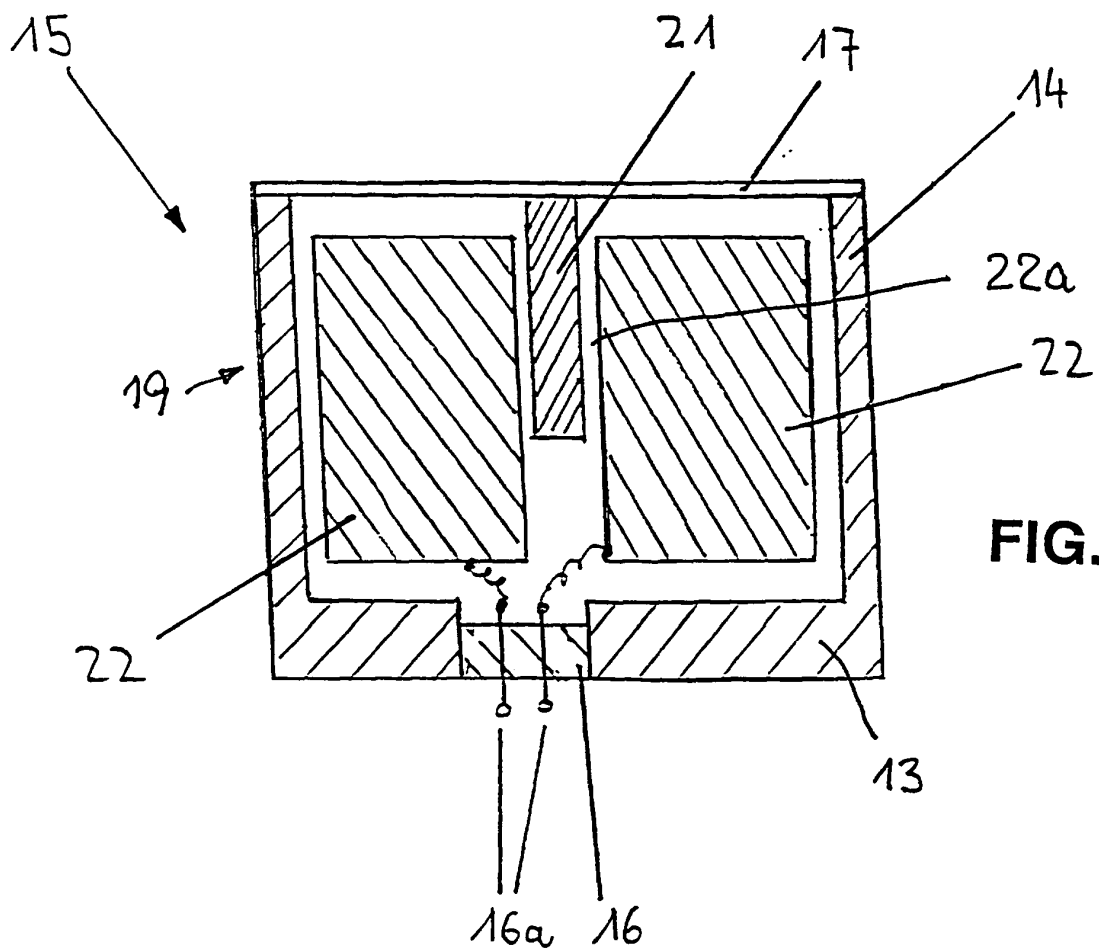
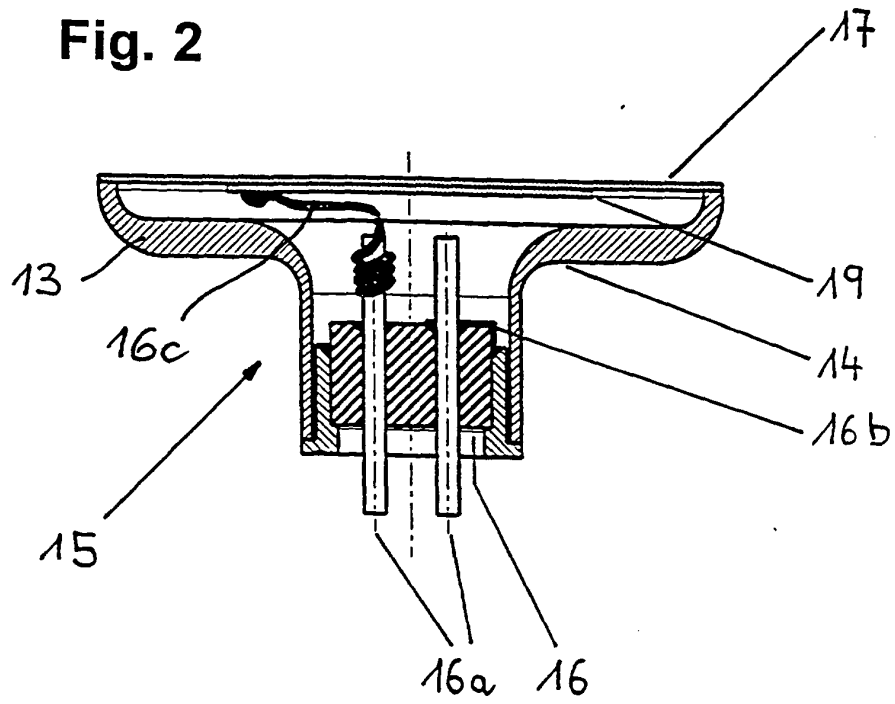
50

55

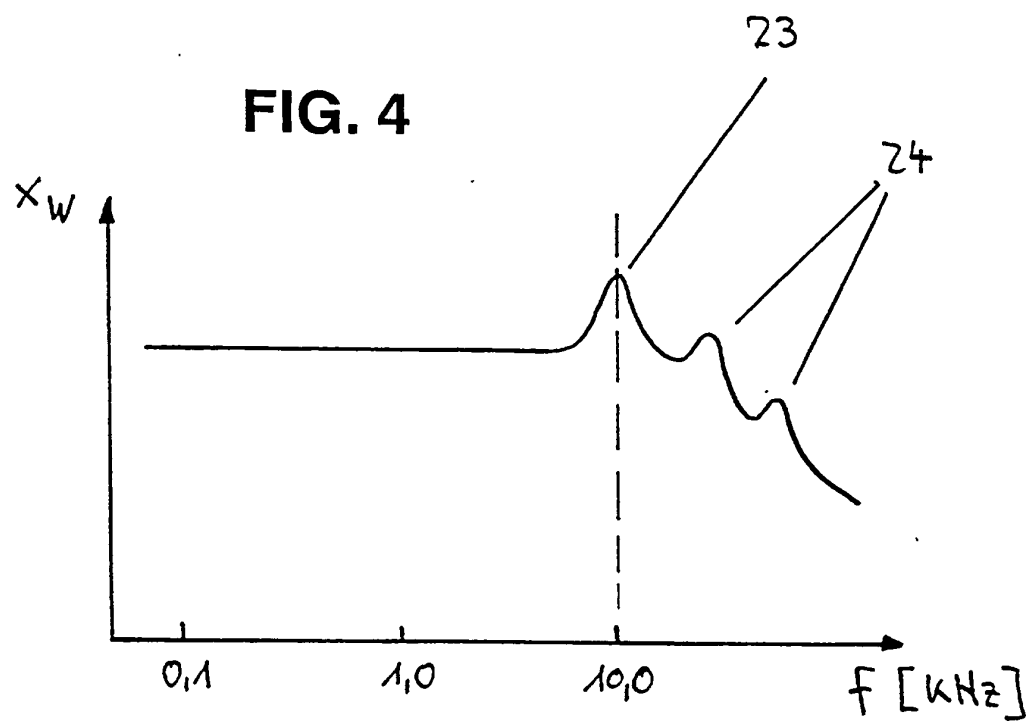
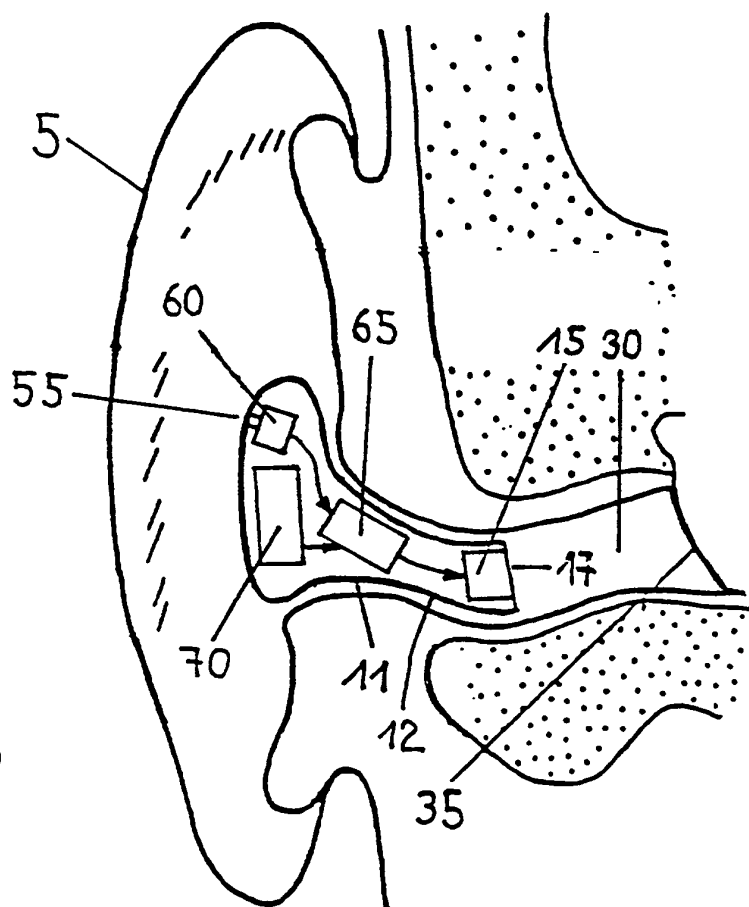
**Fig. 1**



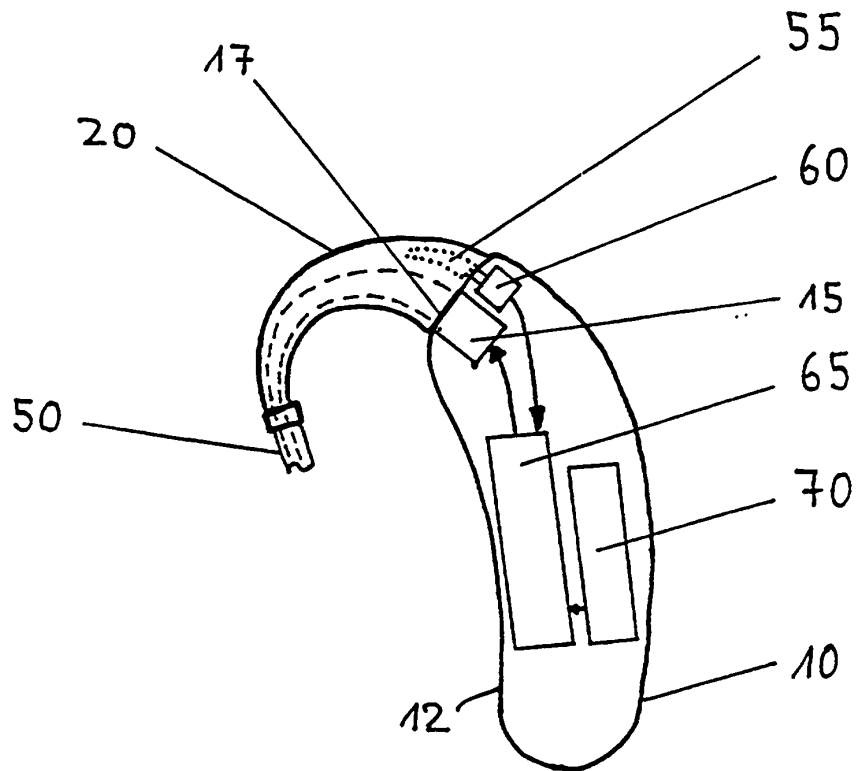
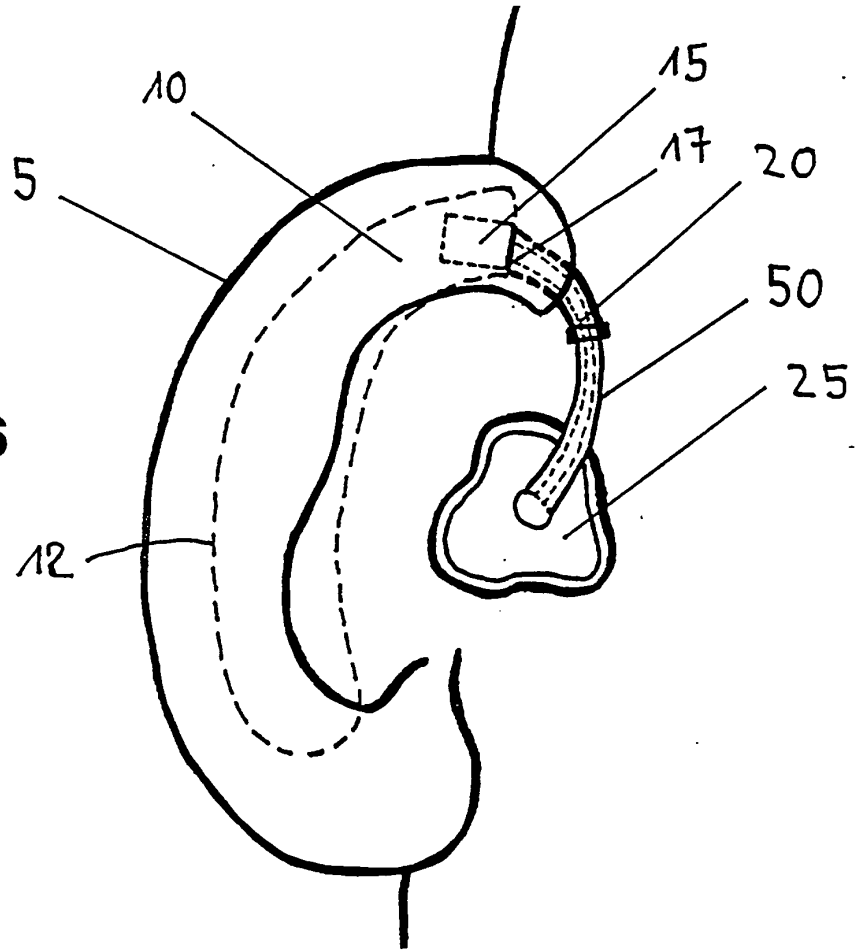
**Fig. 2**



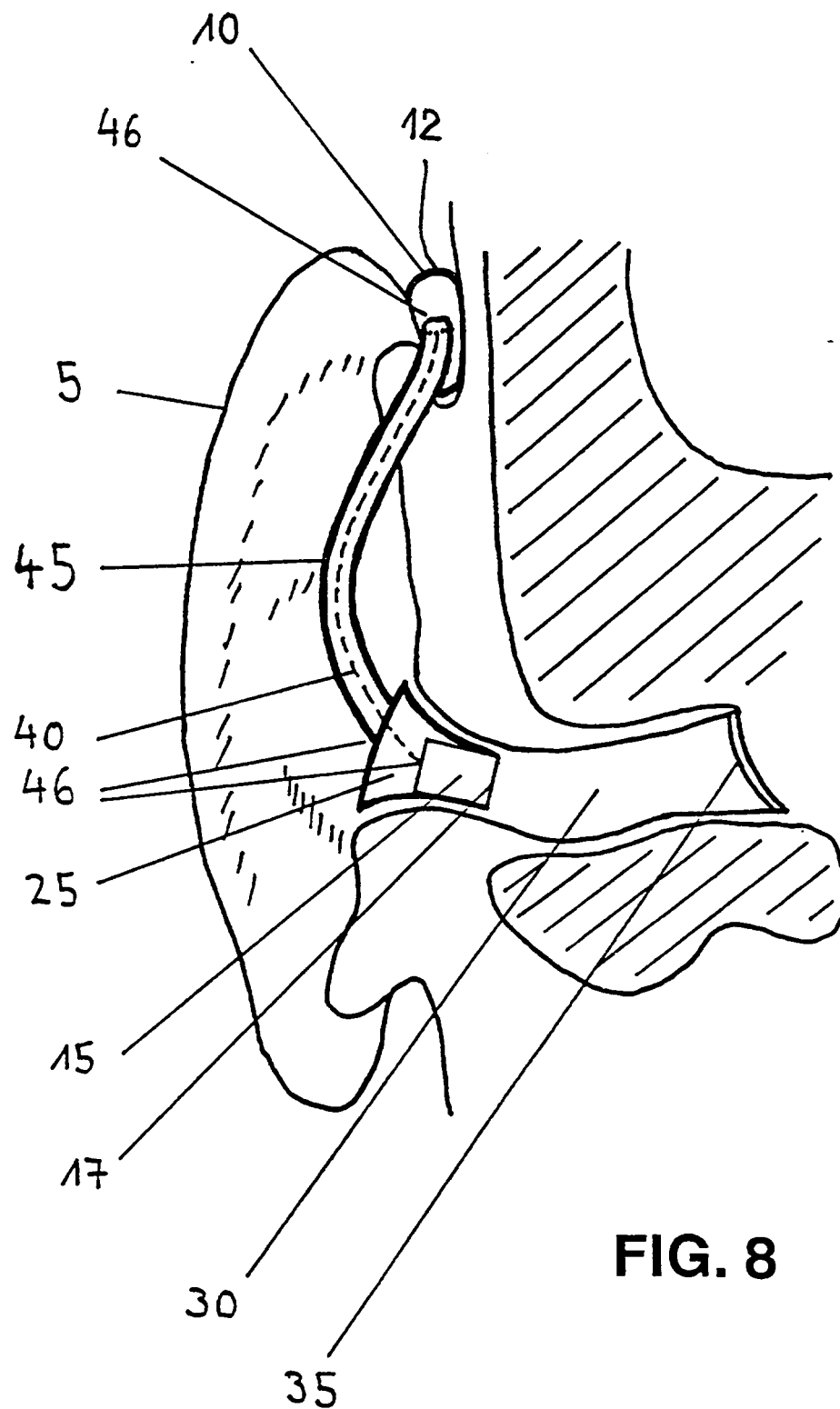
**FIG. 3**

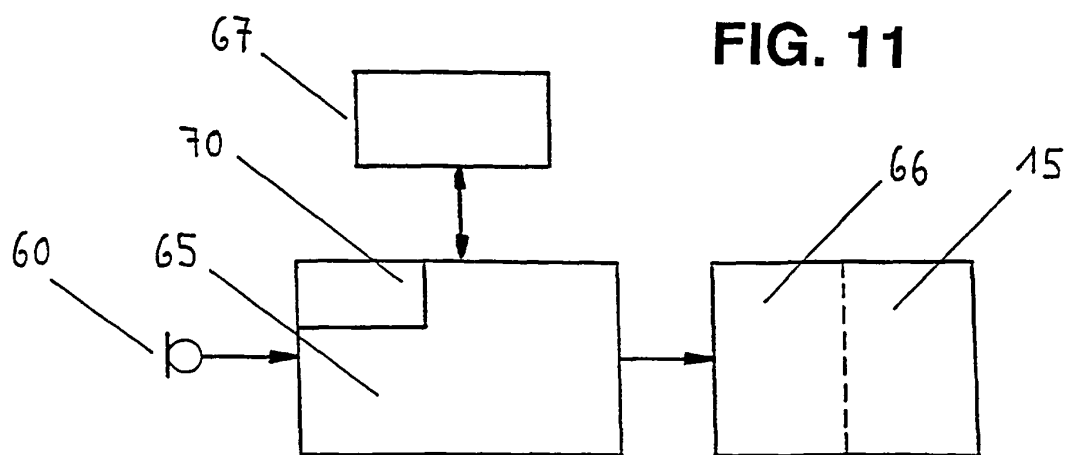
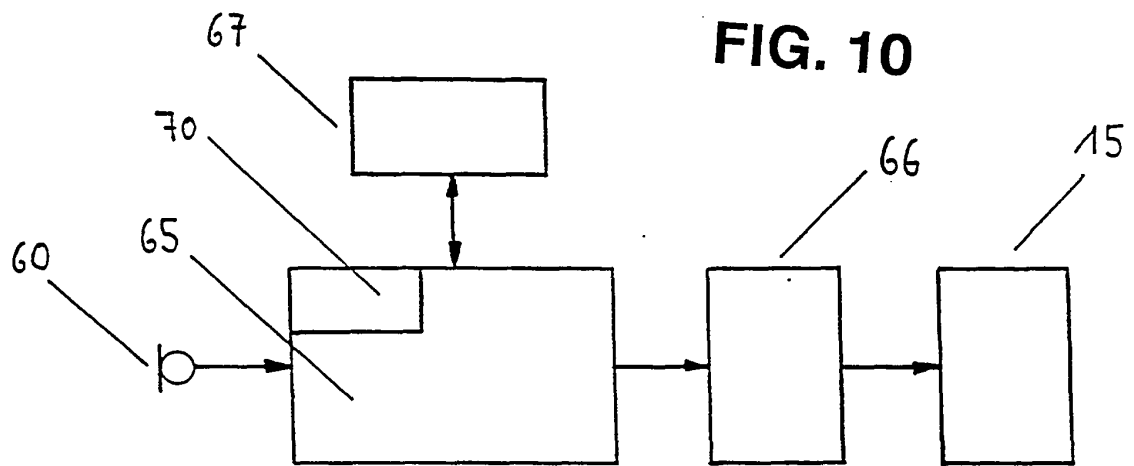
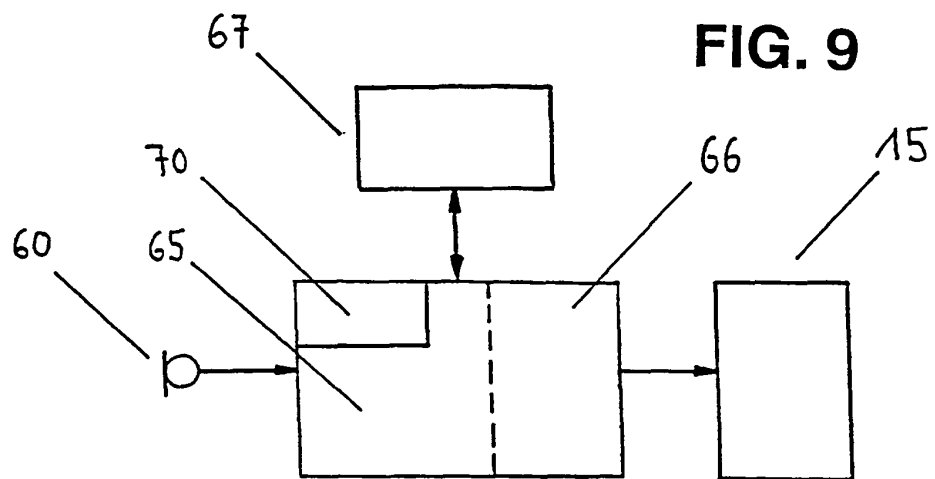
**FIG. 4****FIG. 5**

**FIG. 6**



**FIG. 7**





**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**

- EP 0548580 A1 [0003]
- US 5411467 A [0004]
- US 5277694 A [0005]
- EP 0811397 A [0037]