



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 0 984 665 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
08.03.2000 Patentblatt 2000/10

(51) Int. Cl.⁷: **H04R 25/00**

(21) Anmeldenummer: **98121613.8**

(22) Anmeldetag: **12.11.1998**

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

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

(30) Priorität: **03.09.1998 DE 19840211**

(74) Vertreter:
**Schwan, Gerhard, Dipl.-Ing. et al
Elfenstrasse 32
81739 München (DE)**

(71) Anmelder:
**IMPLEX GmbH Spezialhörgeräte
D-85737 Ismaning (DE)**

(54) **Wandler für teil- oder vollimplantierbare Hörgeräte**

(57) Die Erfindung betrifft einen Wandler für teil- oder vollimplantierbare Hörgeräte zur direkten mechanischen Anregung des Mittel- oder Innenohres. Der Wandler ist versehen mit einem am Implantationsort fixierbaren Gehäuse (14) und einem mit Bezug auf das Gehäuse beweglichen, mechanisch steifen Koppelement (20), wobei in dem Gehäuse ein piezoelektrisches Element (22, 222) untergebracht ist, mit dem sich das Koppelement in Schwingungen versetzen läßt, die nach erfolgter Implantation des Wandlers auf ein Mittelohr-Ossikel oder direkt auf das Innenohr übertragen werden. In dem Gehäuse (14) ist ferner eine Elektromagnetanordnung (30, 32) vorgesehen, die ein mit Bezug auf das Gehäuse fixiertes Bauteil (32) sowie ein schwingfähiges Bauteil (30) aufweist, welches mit dem Koppelement (20) derart in Verbindung steht, daß Schwingungen des schwingfähigen Bauteils auf das Koppelement übertragen werden.

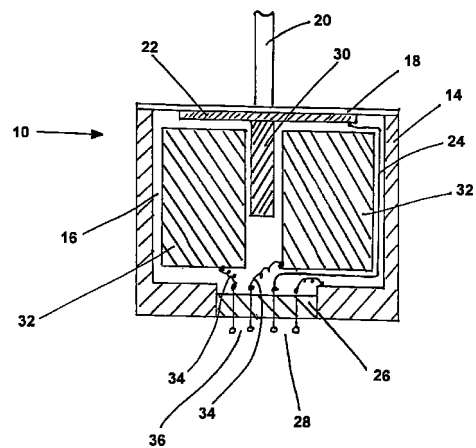


Fig. 1

EP 0 984 665 A2

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Wandler für teil- oder vollimplantierbare Hörgeräte zur direkten mechanischen Anregung des Mittel- oder Innenohres, versehen mit einem am Implantationsort fixierbaren Gehäuse und einem mit Bezug auf das Gehäuse beweglichen, mechanisch steifen Koppelement, wobei in dem Gehäuse ein piezoelektrisches Element untergebracht ist, mit dem sich das Koppelement in Schwingungen versetzen läßt, die nach erfolgter Implantation des Wandlers auf ein Mittelohr-Ossikel oder direkt auf das Innenohr übertragen werden.

[0002] Ein derartiger Wandler ist aus EP 0 499 940 bekannt. Hierbei wird vorgeschlagen, eine Wand des Gehäuses als schwingfähige Membran auszuführen, die mit einer auf der Innenseite aufgebrachten piezoelektrischen Keramikscheibe ein elektromechanisch aktives Heteromorph-Verbundelement darstellt. Obschon sich mit einem derart aufgebauten Hörgeräthewandler allgemein gute Ergebnisse erzielen lassen, hat sich jedoch gezeigt, daß das über die piezoelektrisch Keramikscheibe angetriebene Koppelement bei niedrigen auf das Mittelohr-Ossikel oder direkt auf das Innenohr zu übertragenden Frequenzen Auslenkungen bewirkt, die für einen adäquaten Lautstärkepegel bei mittleren und größeren Hörverlusten unzureichend sein können. Dies gilt insbesondere bei den für ein Implantat vorgegebenen, geringen elektrischen Spannungen.

[0003] Aus US 5 624 376 ist ein auf dem elektromagnetischen Prinzip beruhender Wandler für teil- oder vollimplantierbare Hörgeräte bekannt, bei welchem ein Permanentmagnet in einem hermetischen Gehäuse fest mit diesem verbunden ist, während eine mit dem Magneten zusammenwirkenden Induktionsspule fest mit einer Gehäusewand verbunden ist, die als schwingfähige Membran ausgebildet ist. Die Membran ist auf ihrer Außenseite mit einem Klip-Element versehen, mittels welchem der Wandler an dem *Incus* befestigt wird. Die träge Masse des Magneten mit dem Gehäuse bewirkt bei Beaufschlagung der Spule mit Wechselspannung eine Schwingungsanregung des *Incus*.

[0004] Nachteilhaft bei solchen elektromagnetischen Wandlern ist, daß die Auslenkung bei hohen Frequenzen zu gering sein kann, um einen ausreichenden Lautstärkepegel zu erzielen. Bei elektromagnetischen Systemen erhöht sich bei höheren Frequenzen zudem die elektrische Impedanz aufgrund der induktiven Komponente. Breitbandige elektromagnetische Systeme, zum Beispiel Systeme, die eine Übertragung bis 10 kHz erlauben, haben daher einen im Vergleich zu piezoelektrischen Systemen hohen Energiebedarf.

[0005] Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Hörgeräthewandler der eingangs genannten Art zu schaffen, der über ein breites Frequenzband Schwingungen zur Übertragung auf ein mit dem Wandler direkt mechanisch gekoppeltes Mittelohr-Ossikel oder direkt

auf das Innenohr mit ausreichender Amplitude erzeugen kann und gleichwohl mit relativ geringer Energie auskommt.

[0006] Diese Aufgabe wird bei einem Hörgeräthewandler der eingangs genannten Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß in dem Gehäuse zusätzlich zu dem piezoelektrischen Element eine Elektromagnetanordnung vorgesehen ist, die ein mit Bezug auf das Gehäuse fixiertes Bauteil sowie ein schwingfähiges Bauteil aufweist, welches mit dem Koppelement derart in Verbindung steht, daß Schwingungen des schwingfähigen Bauteils auf das Koppelement übertragen werden.

[0007] Die erfindungsgemäße Lösung hat den Vorteil, daß der Frequenzgang des Wandlers sowohl gegenüber rein piezoelektrischen als auch gegenüber rein elektromagnetischen Systemen verbessert werden kann, so daß ein adäquater Höreindruck bei ausreichendem Lautstärkepegel ermöglicht wird. Insbesondere kann ein weitgehend ebener Frequenzgang der Auslenkung des Koppelements in einem weiten Frequenzband bei ausreichend hohen Stimulationspegeln und geringer Leistungsaufnahme verwirklicht werden.

[0008] Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0009] Insbesondere kann eine Wand des Gehäuses als schwingfähige, insbesondere kreisförmige metallische, Membran ausgeführt sein, auf deren Innenseite das piezoelektrische Element aufgebracht ist und mit deren Außenseite das Koppelement verbunden ist. Der Verbund aus der passiven Membran und dem aktiven, vorzugsweise scheibenförmigen, Piezoelement bildet einen heteromorphen, piezoelektrischen Biegeschwinger, bei dem die durch Anlegen einer elektrischen Spannung an die Piezoplatte sich ergebende theoretische Radiusänderung der Piezoscheibe in eine Verbiegung des Verbundelements senkrecht zur Plattenebene transformiert wird. Dies erlaubt die Erzielung großer Auslenkungen bei kleinen Spannungen, insbesondere wenn das piezoelektrische Element als dünne Scheibe ausgebildet ist.

[0010] Des weiteren kann mit der von der Membran abgewandten Seite des piezoelektrischen Elements ein Dauermagnet verbunden sein, der das schwingfähige Bauteil der Elektromagnetanordnung bildet, wobei eine elektromagnetische Spule ortsfest in dem Gehäuse angebracht ist, um den Dauermagneten in Schwingungen zu versetzen. Dies stellt eine besonders zweckmäßige Koppelung der Elektromagnetanordnung und des piezoelektrischen Elements dar.

[0011] Entsprechend einer abgewandelten Ausführungsform kann auch mit der dem piezoelektrischen Element zugewandten Seite der Membran ein Dauermagnet verbunden sein, der sich durch eine vorzugsweise zentrische Öffnung des piezoelektrischen Elements hindurcherstreckt und der das schwingfähige Bauteil der Elektromagnetanordnung bildet, wobei eine elektromagnetische Spule ortsfest in dem Gehäuse

angebracht ist, um den Dauermagneten in Schwingungen zu versetzen.

[0012] In weiterer Ausgestaltung der Erfindung kann eine Steueranordnung vorgesehen sein, die wahlweise das piezoelektrische Element und/oder die Elektromagnetanordnung zu Schwingungen veranlaßt. Dies erlaubt eine Optimierung des Frequenzgangs des Wandlers.

[0013] Bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung werden nachstehend unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben. Dabei zeigen:

- FIG. 1 eine schematische Schnittansicht eines erfindungsgemäßen Wandlers in einer ersten Ausführungsform;
- FIG. 2 schematisch die Beschaltung des Wandlers aus FIG. 1 in zwei Ausführungsformen;
- FIG. 3A und 3B schematisch die Verschaltung eines Wandlers in einer dritten bzw. vierten Ausführungsform;
- FIG. 4 und 5 zwei Ansichten ähnlich zu FIG. 1, wobei jedoch alternative Ausführungsformen des mechanischen Aufbaus des Wandlers dargestellt sind; und
- FIG. 6 einen schematischen Schnitt durch ein menschliches Ohr mit einem implantierten Hörgerät, das mit einem Wandler gemäß FIG. 1, 4 oder 5 ausgestattet sein kann.

[0014] In FIG. 1 ist ein implantierbarer Wandler eines Hörgeräts zur direkten mechanischen Anregung des Mittel- oder Innenohrs dargestellt. Zur Schallaufnahme dient gemäß FIG. 2 ein nicht näher dargestellter, als Mikrofon ausgebildeter Aufnehmer, der vorzugsweise implantierbar ist. Der Wandler weist ein hermetisch dichtes, biokompatibles, zylindrisches Gehäuse 14 aus elektrisch leitendem Material, beispielsweise Titan, auf, das mit Inertgas 16 befüllt ist. Eine Stirnwand des Gehäuses 14 ist als schwingungsfähige, elektrisch leitende Membran 18 ausgebildet, die an ihrer Außenseite mit einem Koppellement 20 zur mechanischen Schwingungsankopplung an ein Mittelohr-Ossikel oder direkt an das Innenohr versehen ist. Auf ihrer Innenseite ist die Membran 18 mittels einer elektrisch leitenden Klebeverbindung mit einer dünnen Scheibe 22 aus piezoelektrischem Material, z.B. Blei-Zirkonat-Titanat (PZT), versehen, die mit einem dünnen flexiblen Draht 24 kontaktiert ist, der über eine hermetische Durchföhrung 26 zu einem außerhalb des Gehäuses 14 liegenden Anschluß 28 geföhrt ist. Der Massepol des Anschlusses 28 ist über die Durchföhrung 26 an die Innenseite des Gehäuses 14 geföhrt. Das Anlegen einer elektrischen Spannung an den Anschluß 28 bewirkt ein Durchbiegen des Hetero-Verbunds aus

Membran 18 und Piezoscheibe 22 und föhrt somit zu einer Auslenkung der Membran 18, die über das Koppellement 20 auf ein Mittelohr-Ossikel bzw. direkt auf des Innenohr übertragen wird. Das Koppellement 20 kann insbesondere als Koppelstange ausgebildet und beispielsweise über einen dünnen Draht- oder Hohl-drahtbügel oder einen Bügel aus einem kohlefaserverstärkten Verbundwerkstoff mit der Ossikelkette verbunden sein. Geeignete Anordnungen dieser Art sind in der älteren DE-Patentanmeldung 197 38 587.7 näher erläutert.

[0015] Die bisher beschriebene Anordnung ist im übrigen aus EP 0 499 940 bekannt und ist dort detaillierter beschrieben.

[0016] Bei niedrigen und mittleren Frequenzen kann die mit einem piezoelektrischen System erzielbare Auslenkung für einen adäquaten Höreindruck zu gering sein. Um den Frequenzgang in diesem Bereich zu verbessern, ist die Piezoscheibe 22 auf ihrer von der Membran 18 abgewandten Seite z.B. mittels einer Klebe-, Schweiß- oder Lötverbindung fest mit einem Permanent-Magnet 30 verbunden, der in eine Spule bzw. Spulenwicklung 32 eintaucht und darin verschiebbar ist. Die Spule 32 ist mit dem Gehäuse 14 fest verbunden. Über durch die Durchföhrung 26 nach außen geföhrt Drähte 34 ist die Spule 32 mit einem außerhalb des Gehäuses 14 liegenden Anschluß 36 verbunden. Eine Erregung der Spule 32 durch Anlegen einer Wechselfspannung an den Anschluß 36 bewirkt eine Verschiebung des Permanent-Magneten 30 relativ zu der gehäusefesten Spule 32 und damit eine Auslenkung der Membran 18, die sich gegebenenfalls mit einer durch das gleichzeitige Anlegen einer Spannung an die Piezoscheibe 22 bewirkten Membranauslenkung überlagert. Insbesondere im Bereich niedriger Anregungsfrequenzen läßt sich der Frequenzgang des Wandlers 10 durch das alleinige oder zusätzliche Anlegen einer entsprechenden Signal-Spannung an die Spule 32 über die Anschlüsse 36 verbessern.

[0017] Zu diesem Zweck ist eine in FIG. 2 schematisch dargestellte Beschaltung vorgesehen. Das zu übermittelnde Schallsignal wird durch ein Mikrofon 12 in ein elektrisches Signal umgewandelt, welches in einer Signalbearbeitungsstufe 38 gefiltert und verstärkt wird. Das Ausgangssignal der Stufe 38 wird auf zwei parallele Filterstufen 40, 42 gegeben, die jeweils einem Endverstärker 44 bzw. 46 vorgeschaltet sind. Die Endverstärker 44, 46 sind mit den Anschlüssen 36 bzw. 28 der Spule 32 bzw. der Piezoscheibe 22 verbunden. Ein Micro-Controller 48 ist zur Steuerung der Stufen 38 bzw. 40, 42 vorgesehen, wobei der Micro-Controller 48 von der Stufe 38 Informationen bezüglich der spektralen Zusammensetzung des dort momentan verarbeiteten Signals erhält. Zur Energieversorgung des Mikrofons 12, der Stufen 38, 40, 42, des Micro-Controllers 48 sowie der Endverstärker 44, 46 ist vorzugsweise eine implantierbare Batterie- oder Akkumulator-Einheit 50 vorgesehen.

[0018] Der Micro-Controller 48 steuert die Filterstufen 40, 42 derart, daß in Abhängigkeit von der Frequenz bzw. dem Frequenzschwerpunkt des in der Stufe 38 momentan verarbeiteten Signals wahlweise die Piezoscheibe 22 und/oder die Spule 32 mit dem zu übertragenen Signal angeregt werden. Dabei kann der Micro-Controller 48 derart ausgelegt sein, daß in einem ersten Frequenzband, das von einer ersten Frequenz f_1 der an dem Koppellement 20 zu erzeugenden Schwingungen bis zu einer Trennfrequenz f_T reicht, die Spule 32 ange- 5 regt wird, und in einem zweiten Frequenzband, das von der Trennfrequenz f_T bis zu einer zweiten Frequenz f_2 der an dem Koppellement zu erzeugenden Schwin- 10 gungen reicht, die größer als die erste Frequenz f_1 , ist, die Piezoscheibe 22 anregt wird. Der Micro-Controller 48 ist vorzugsweise bezüglich der Trennfrequenz f_T programmierbar. 15

[0019] Bei der in FIG. 1 und 2 dargestellten Ausführungsform sind der elektromagnetische Wandler (Spule 32) und der Piezowandler (Scheibe 22) galvanisch ent- 20 koppelt. Dies erlaubt beispielsweise den Einsatz von Zweifach-Brückenverstärkern zur Ansteuerung der beiden Wandler 22 und 32.

[0020] Grundsätzlich kann jedoch eine getrennte Ansteuerung des elektromagnetischen Wandlers und des Piezowandlers auch dann erzielt werden, wenn, wie dies in FIG. 2 durch gestrichelte Linien angedeutet ist, statt der in durchgezogenen Linien dargestellten separaten Masseanschlüsse nur ein gemeinsamer Masse- 25 anschluß 52 für den elektromagnetischen Wandler und den Piezowandler vorgesehen ist. Dabei ist ein Anschlußdraht 34 der Spule 32 dann nicht nach außen geführt, sondern innen mit dem Gehäuse 14 verbunden. Diese Ausführungsform hat den Vorteil, daß an dem Wandler 10 nur drei Anschlußpole vorgesehen 30 sein müssen, was auch die hermetische Durchführung vereinfacht.

[0021] Der Vorteil von Ausführungsformen mit getrennter Ansteuerung des elektromagnetischen Wandlers und des Piezowandlers liegt in der hohen Flexi- 35 bilität bezüglich der Optimierung des Frequenzgangs des Wandlers.

[0022] In FIG. 3A und 3B sind zwei Ausführungsformen dargestellt, bei welchen auf eine getrennte Ansteuerung des elektromagnetischen Wandlers und des Piezowandlers zugunsten einer Vereinfachung des Gesamtwandlers verzichtet ist. In diesem Fall müssen nur zwei Anschlüsse 160 aus dem Wandler 10, d.h. dem Gehäuse 14, herausgeführt werden. Der elektro- 40 magnetische Wandler und der Piezowandler können dabei in einer Parallelschaltung (FIG. 3A) oder einer Serienschaltung (FIG. 3B) geschaltet sein. Wie in den Ausführungsformen gemäß FIG. 2 wird das von dem Mikrofon 12 erzeugte elektrische Signal in der von dem Micro-Controller 48 gesteuerten Stufe 38 gefiltert und verstärkt. Das Ausgangssignal kann nun jedoch ohne weitere Filterstufen direkt einem Endverstärker 162 45 zugeführt werden, der an die Anschlüsse 160 ange-

schlossen ist. Es kann also auf die Filterstufen 40 und 42 sowie den zweiten Verstärker verzichtet werden. Durch eine elektrische Parallel- oder Serienschaltung entsteht ein elektrischer Resonanzkreis, der den Fre- 5 quenzgang des Wandlers ungünstig beeinflussen kann. Durch adäquate Wahl der mechanischen Komponenten des Systems kann dies aber ausgeglichen werden. Sowohl in der Parallelschaltung als auch in der Serien- 10 schaltung werden immer sowohl der elektromagnetische Wandler, d.h. dessen Spule 32, als auch der Piezowandler, d.h. die Piezoscheibe 22, erregt, so daß sich die durch die beiden Wandler erzeugten Auslen- 15 kungen der Membran 18 bzw. des Koppellements 20 überlagern. Der Frequenzgang des Wandlers 10 ergibt sich somit aus der Überlagerung der Frequenzgänge des Piezowandlers und des elektromagnetischen Wandlers, wodurch bei entsprechender Wahl der Ausle- 20 gung der mechanischen Wandlerkomponenten sowohl bei niedrigen Frequenzen als auch bei hohen Frequenzen eine hinreichend starke Auslenkung der Membran 18 erzielt werden kann.

[0023] In FIG. 4 ist schematisch eine alternative mechanische Kopplung des elektromagnetischen Wandlers und des Piezowandlers dargestellt. Dabei ist parallel zu einer Stirnwand des Gehäuses 214 bil- 25 denden ersten Membran 218 eine zweite Membran 270 innerhalb des Gehäuses 214 vorgesehen, an deren Unterseite, d.h. der von der ersten Membran 218 abgewandten Seite, eine Piezoscheibe 222 angebracht ist, um die zweite Membran 270 zu erregen. Auf der Ober- 30 seite der zweiten Membran 270 ist ein Ende eines Permanent-Magneten 230 befestigt, dessen anderes Ende an der ersten Membran 218 angebracht ist, so daß der Permanent-Magnet 230 für eine mechanische Koppe- 35 lung der beiden Membranen 218 und 270 sorgt. Der Permanent-Magnet 230 ist wie bei allen anderen Ausführungsformen verschiebbar innerhalb einer Spule 232 angeordnet, von welcher er bei Erregung der Spule 232 zu einer Schwingungsbewegung angetrieben wird. 40 Dabei lenkt der Magnet 230 beide Membranen 218 und 270 aus. Bei Erregung der Piezoscheibe 222 durch Anlegen einer Spannung bewirkt diese eine Auslenkung der zweiten Membran 270. Diese Auslenkung wird mittels der mechanischen Koppelung über den Magneten 230 auf die erste Membran 218 übertragen, 45 wodurch diese entsprechend ausgelenkt wird und ihrerseits eine Auslenkung des Koppellements 20 bewirkt.

[0024] Die Beschaltung bzw. Verschaltung der Piezoscheibe 222 und der Spule 232 kann in der gleichen Weise wie oben dargestellt erfolgen, d.h. frequenzabhängige getrennte Ansteuerung in galvanischer Tren- 50 nung oder mit gemeinsamer Masse oder gemeinsame Ansteuerung in Parallel- oder Serienschaltung.

[0025] Die Ausführungsform gemäß FIG. 5 unterscheidet sich von derjenigen der FIG. 1 nur dadurch, daß der Permanentmagnet 30 durch eine Mittelöffnung 23 der Piezoscheibe 22 hindurchreicht und mit der der Piezoscheibe 22 zugewandten Seite der Membran 18 55

im Zentrum der Membran fest verbunden ist.

[0026] FIG. 6 zeigt ein insgesamt mit 51 bezeichnetes implantiertes Hörgerät, das mit einem Wandler 10 der vorstehend erläuterten Art ausgestattet ist.

[0027] Das Hörgerät 51 weist ferner eine Akkumulatoreinheit 53, eine Ladeempfangsspule 54 und ein Elektronikmodul 55 auf. Die Komponenten 53, 54 und 55 sind in einem hermetisch dichten Gehäuse 56 untergebracht, das im Mastoid 57 implantierbar ist. An das Elektronikmodul 55 sind der Wandler 10 und ein Mikrofon 58 über Leitungen 59 beziehungsweise 60 angeschlossen. Das Koppellement 20 ist mit der Ossikelkette 62 gekoppelt. Zu einer tragbaren Ladeeinheit 63 gehört eine Ladesendespule 64, die zum transkutanen Laden der Akkumulatoreinheit 53 mit der Ladeempfangsspule 54 induktiv gekoppelt werden kann. Eine Fernsteuereinheit ist bei 65 angedeutet. Ein solches Hörgerät ist beispielsweise aus US-PS 5,277,694 bekannt und bedarf daher keiner näheren Beschreibung.

Patentansprüche

1. Wandler für teil- oder vollimplantierbare Hörgeräte zur direkten mechanischen Anregung des Mittel- oder Innenohres, versehen mit einem am Implantationsort fixierbaren Gehäuse (14) und einem mit Bezug auf das Gehäuse beweglichen, mechanisch steifen Koppellement (20), wobei in dem Gehäuse ein piezoelektrisches Element (22, 222) untergebracht ist, mit dem sich das Koppellement in Schwingungen versetzen läßt, die nach erfolgter Implantation des Wandlers auf ein Mittelohr-Ossikel oder direkt auf das Innenohr übertragen werden, **dadurch gekennzeichnet**, daß in dem Gehäuse (14) ferner eine Elektromagnetanordnung (30, 32; 230, 232) vorgesehen ist, die ein mit Bezug auf das Gehäuse fixiertes Bauteil (32, 232) sowie ein schwingfähiges Bauteil (30, 230) aufweist, welches mit dem Koppellement (20) derart in Verbindung steht, daß Schwingungen des schwingfähigen Bauteils auf das Koppellement übertragen werden.
2. Wandler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine Wand des Gehäuses (14) als schwingfähige Membran (18) ausgeführt ist, auf deren Innenseite das piezoelektrische Element (22) aufgebracht ist und mit deren Außenseite das Koppellement (20) verbunden ist.
3. Wandler nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß mit der von der Membran (18) abgewandten Seite des piezoelektrischen Elementes (22) ein Dauermagnet (30) verbunden ist, der das schwingfähige Bauteil der Elektromagnetanordnung bildet, wobei eine elektromagnetische Spule (32) ortsfest in dem Gehäuse (14) angebracht ist, um den Dauermagneten in Schwingungen zu versetzen.
4. Wandler nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß mit der dem piezoelektrischen Element (22) zugewandten Seite der Membran (18) ein Dauermagnet (30) verbunden ist, der sich durch eine Öffnung des piezoelektrischen Elements (22) hindurcherstreckt und der das schwingfähige Bauteil der Elektromagnetanordnung bildet, wobei eine elektromagnetische Spule (32) ortsfest in dem Gehäuse (14) angebracht ist, um den Dauermagneten in Schwingungen zu versetzen.
5. Wandler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse (14) als hermetisch dichtes und biokompatibles Gehäuse ausgeführt ist.
6. Wandler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine Steuereinheit (40, 42, 48), die wahlweise das piezoelektrische Element (22) und/oder die Elektromagnetanordnung (30, 32; 230, 232) zu Schwingungen veranlaßt.
7. Wandler nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinheit (40, 42, 48) derart ausgelegt ist, daß sie in Abhängigkeit von der Frequenz der an dem Koppellement (20) zu erzeugenden Schwingung entweder das piezoelektrische Element (22) oder die Elektromagnetanordnung (30, 32; 230, 232) anregt.
8. Wandler nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinheit (40, 42, 48) derart ausgelegt ist, daß sie in einem ersten Frequenzband, das von einer ersten Frequenz (f_1) der an dem Koppellement (20) zu erzeugenden Schwingungen bis zu einer Trennfrequenz (f_T) reicht, die Elektromagnetanordnung (30, 32; 230, 232) anregt, und in einem zweiten Frequenzband, das von der Trennfrequenz (f_T) bis zu einer zweiten Frequenz (f_2) der an dem Koppellement zu erzeugenden Schwingungen reicht, das piezoelektrische Element (22) anregt.
9. Wandler nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß das die Elektromagnetanordnung (30, 32; 230, 232) anregende erste Frequenzband frequenzmäßig niedriger liegt als das für das Anregen des piezoelektrischen Elementes (22) herangezogene zweite Frequenzband.
10. Wandler nach Anspruch 8 oder 9, ferner versehen mit einer programmierbaren Einheit (48) zum Festlegen der Trennfrequenz(f_T).
11. Wandler nach einem der Ansprüche 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektromagnet-

anordnung (30, 32; 230, 232) und das piezoelektrische Element (22) galvanisch voneinander entkoppelt sind.

12. Wandler nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektromagnetanordnung (30, 32; 230, 232) und das piezoelektrische Element (22) in elektrischer Serienschaltung oder in elektrischer Parallelschaltung verschaltet sind. 5
10

13. Wandler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das piezoelektrische Element (22) als dünne Scheibe ausgebildet ist. 15

14. Voll- oder teilimplantierbares Hörgerät mit einem Wandler nach einem der vorhergehenden Ansprüche. 20

25

30

35

40

45

50

55

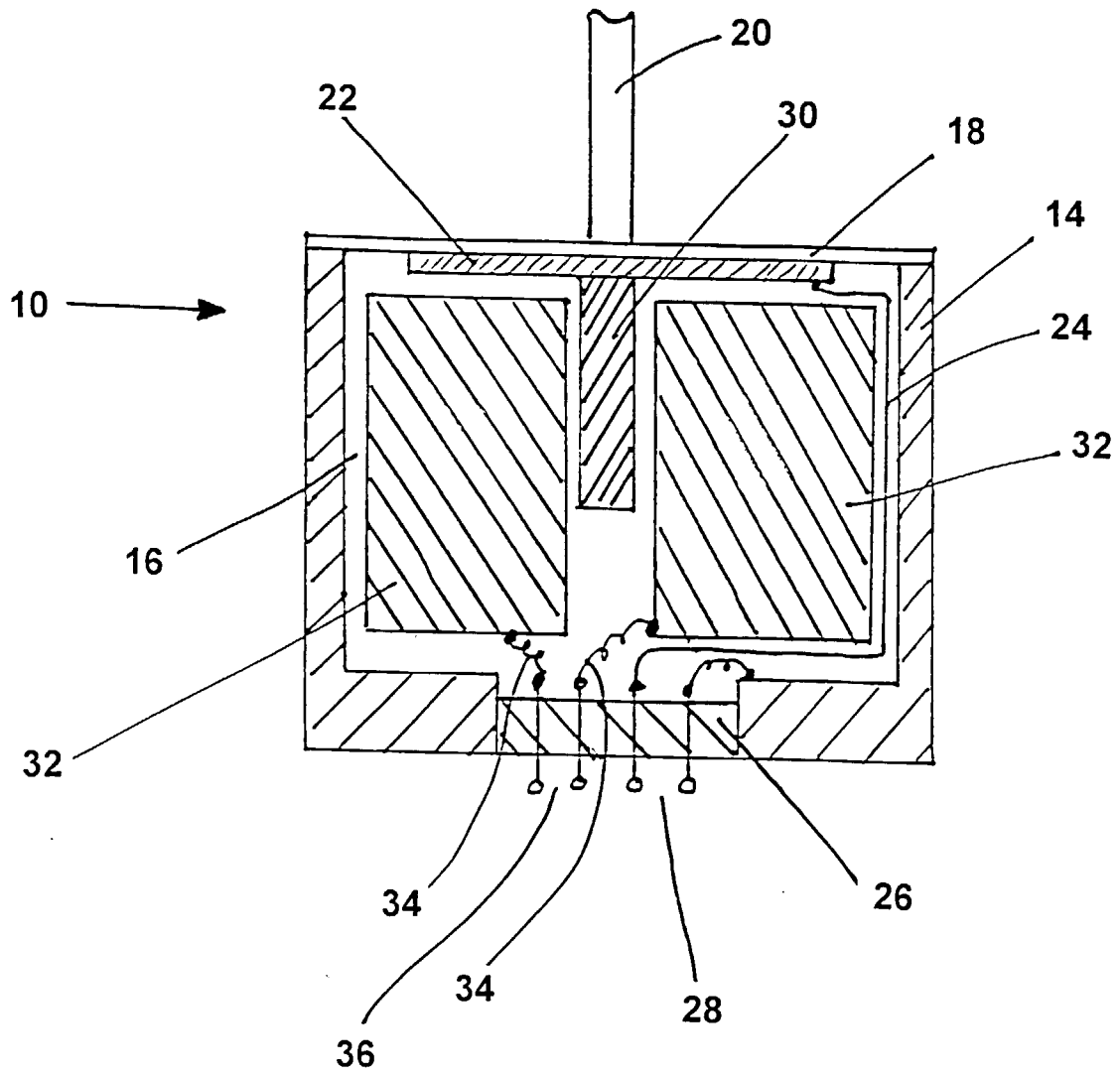


Fig. 1

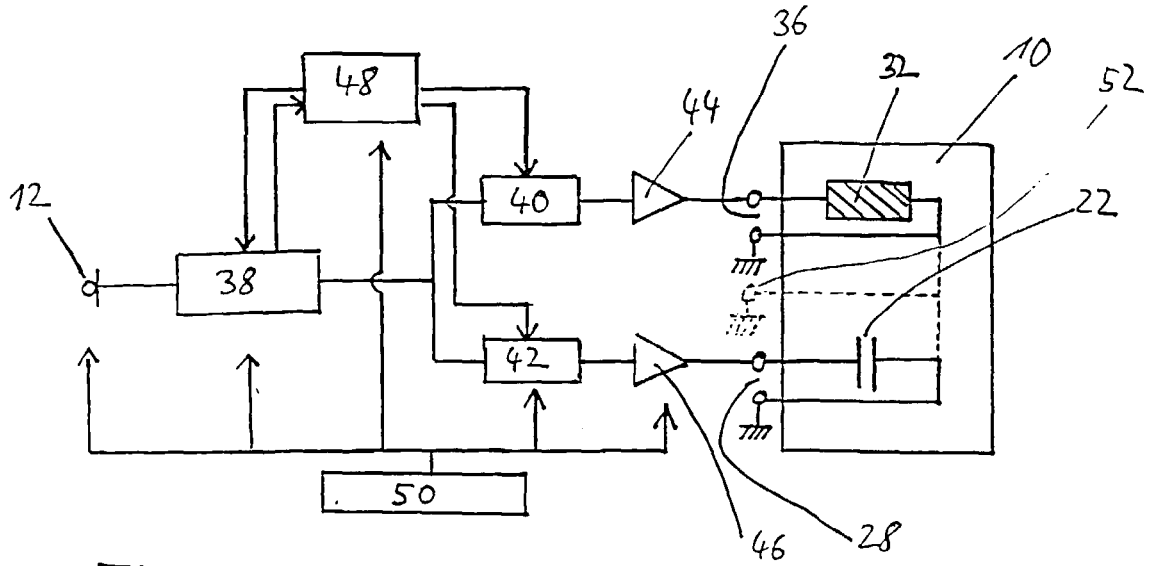


Fig. 2

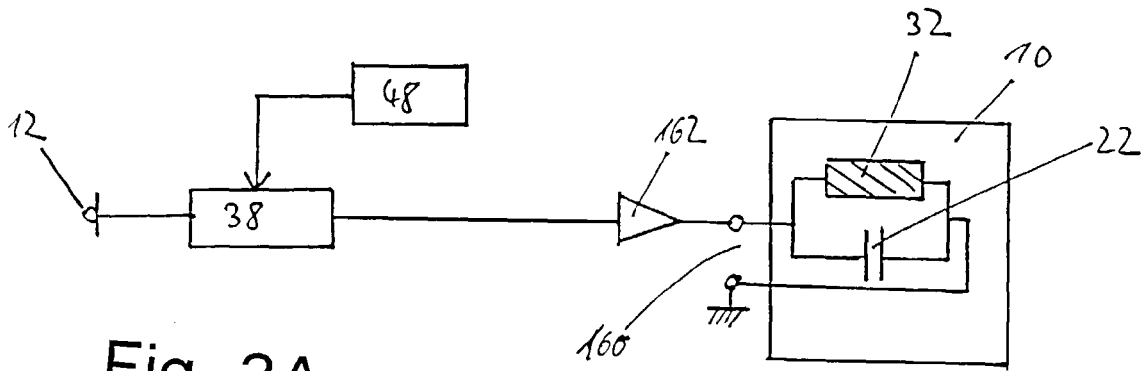


Fig. 3A

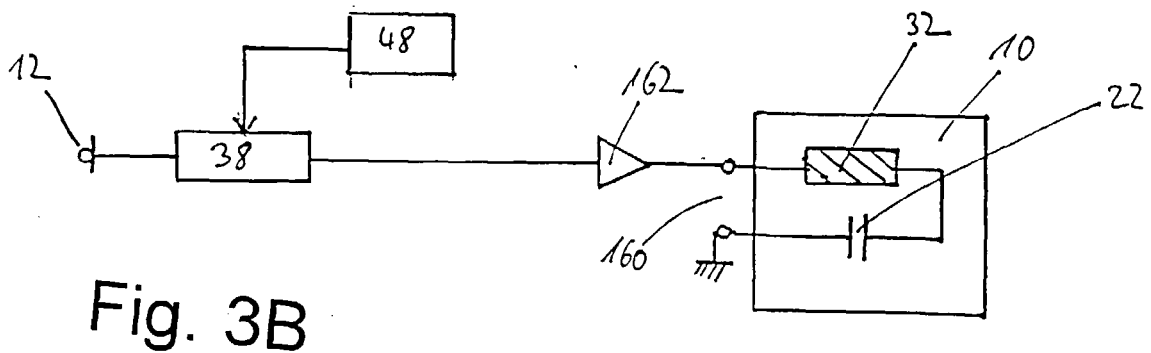


Fig. 3B

Fig. 4

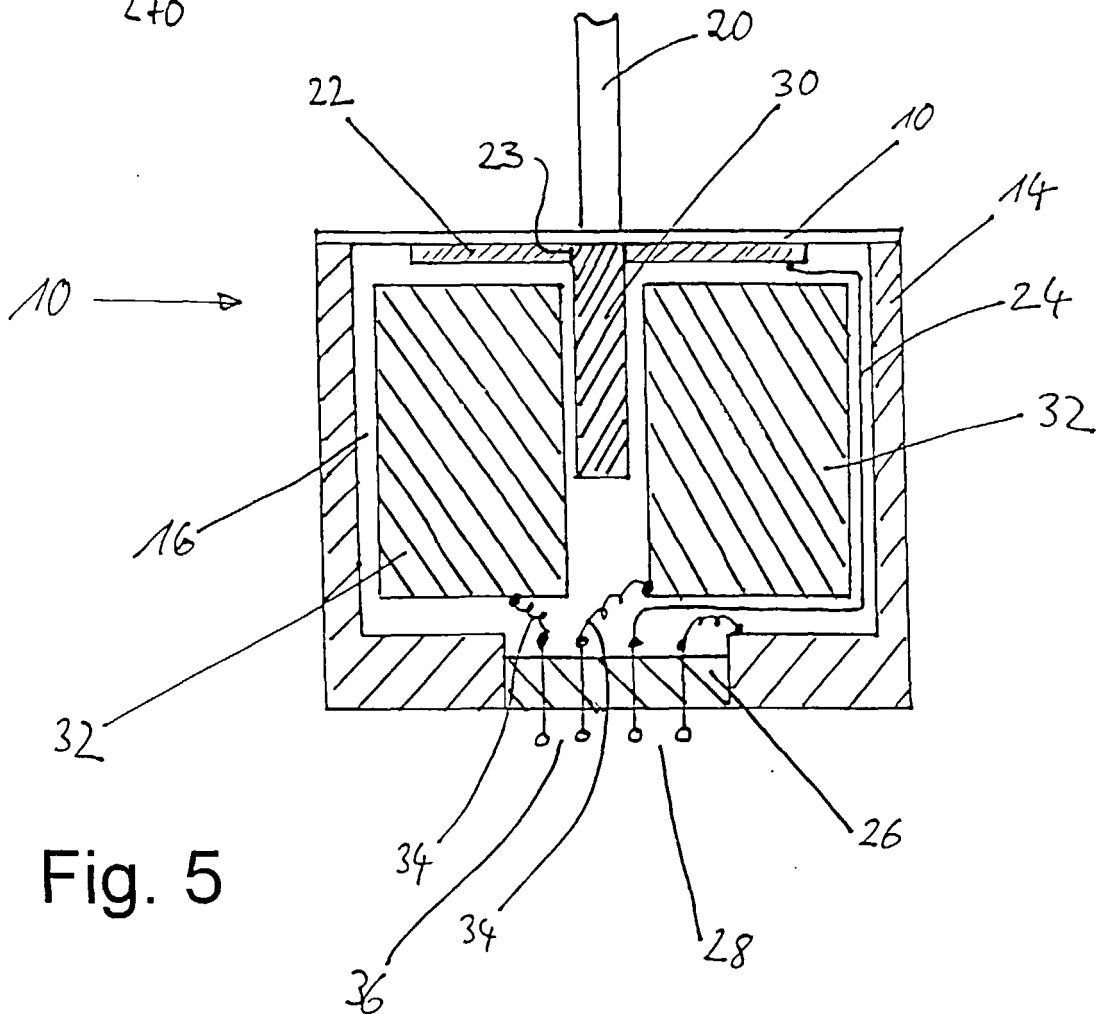
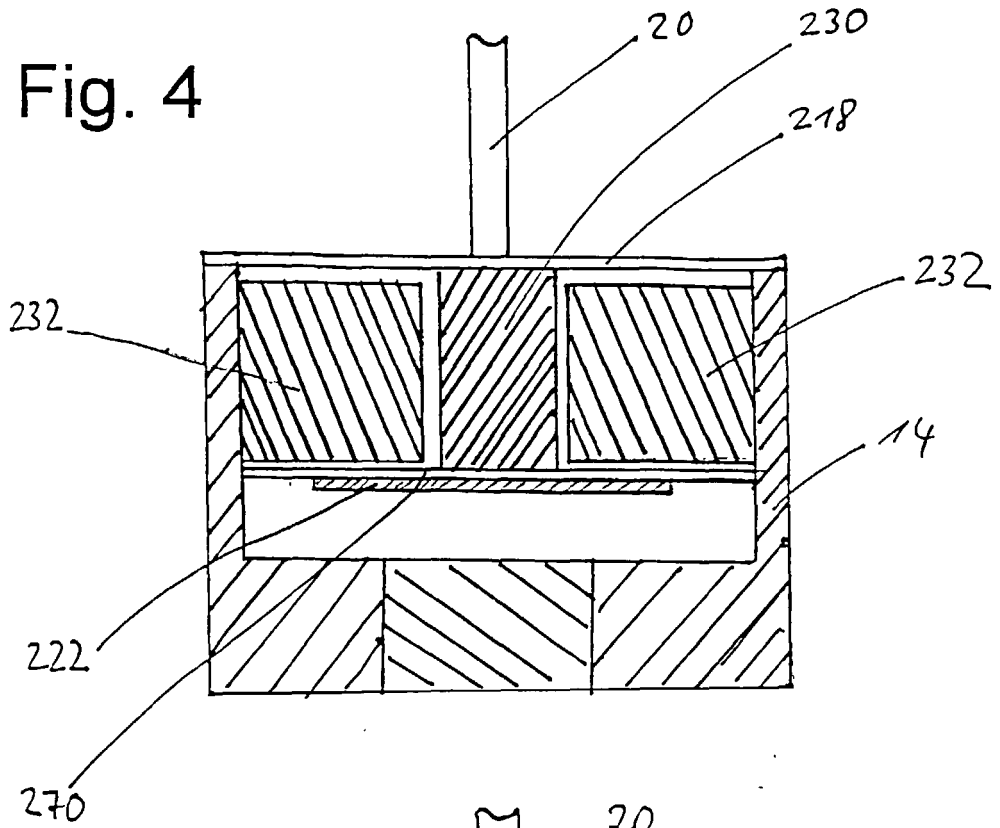


Fig. 5

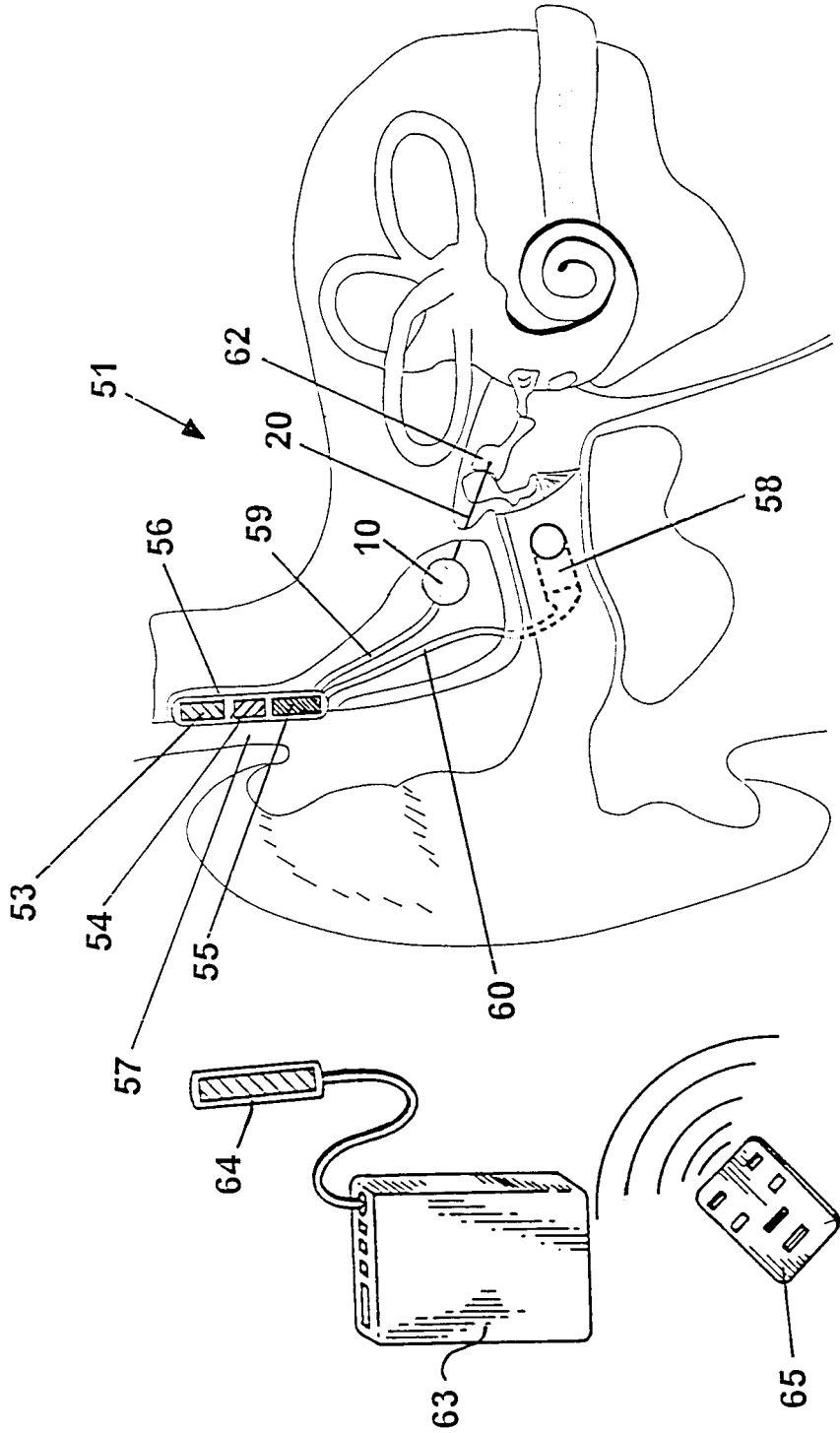


Fig. 6