



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
10.10.2007 Patentblatt 2007/41

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

(21) Anmeldenummer: **07105065.2**

(22) Anmeldetag: **28.03.2007**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL PL PT RO SE SI SK TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR MK YU

(71) Anmelder: **Siemens Audiologische Technik GmbH**
91058 Erlangen (DE)

(72) Erfinder: **Pfeiler, Manfred**
91054 Erlangen (DE)

(30) Priorität: **07.04.2006 DE 102006016440**

(74) Vertreter: **Berg, Peter**
Siemens AG
Postfach 22 16 34
80506 München (DE)

(54) **Hörgerät**

(57) Ein Hörgerät soll zweckbestimmt angewendet werden können, ohne dass es als Ganzes oder sein Hörmodul zur Vermeidung akustischer Rückkopplung zum Mikrophon des Systems hin bzw. zur akustischen Entkopplung in den Gehörgang ausreichend schalldicht und deswegen mit Hautkontakt eingesetzt werden müssen, sondern vor dem Eingang des Gehörgangs getragen werden können.

Das Hörgerät (1) nutzt hierfür den Effekt der Bildung von Kombinationstönen aus zwei unterschiedlichen Tönen innerhalb des Ohres selbst aufgrund des von diesem dargestellten Übertragungssystems mit nichtlinearen Übertragungseigenschaften, von welchen Tönen der Differenzton, also der Ton mit der Differenzfrequenz, am stärksten auftritt. Hierzu werden die von dem im Gehäuse (2) des Hörgerätes (1) an der Stelle (3) befindlichen Mikrophon aufgenommenen und in elektrische Signale gewandelten Schallsignale nach einer dem Hördefizit des Hörgeräteträgers gemäßen Signalverarbeitung mittels einer Trägerfrequenz in einen Frequenzbereich oberhalb des Hörbarkeitsbereiches transponiert und zusammen mit der Trägerfrequenzschwingung nach der Wandlung durch den an einer anderen Stelle (4) befindlichen Schallstrahler in akustische Signale (6") dem Ohr zugeführt, in welchem durch den Effekt der Differenztonbildung die Transposition wieder rückgängig gemacht wird, und so das anwendungsgemäß verarbeitete Schallsignal wieder im hörbaren Frequenzbereich zur Verfügung steht.

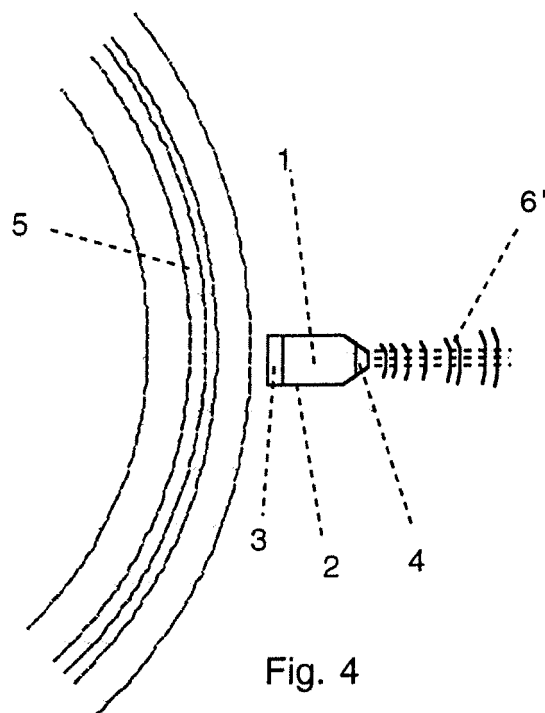


Fig. 4

Beschreibung

[0001] Hörgeräte erfahren heute zunehmend eine Akzeptanz, wie sie den Sehhilfen, also den Brillen, schon lange zu Eigen ist. Hörgeräte sind aber für den Hörbehinderten oft notwendiger als Sehhilfen für den Sehbehinderten, um vollwertig einen Beruf ausüben und/oder am gesellschaftlichen Leben teilhaben zu können.

[0002] Hörgeräte haben auf Basis der Mikroelektronik und der Datenverarbeitung einen hohen Entwicklungsstand erzielt, was die Aufnahme der Schallsignale, ihre Verarbeitung und Weiterleitung in das Ohr des Hörbehinderten betrifft. Aufgrund ihrer Miniatürisierung als Hinter-dem-Ohr-Gerät (HdO) oder In-dem-Ohr-Gerät (IdO) sind diese Hörgeräte unauffällig zu tragen, was eine Rolle beim sicheren Auftreten der ein Hörgerät tragenden Person spielt.

[0003] Hörgeräte sind Schallverstärker, bei denen ein Mikrofon akustische Signale in elektrische wandelt, im einfachsten Fall diese verstärkt und die verstärkten elektrischen Signale einem elektro-akustischen Wandler zuführt, der die elektrischen Signale in akustische umsetzt. Die elektrischen Signale können aber vor der Rückwandlung in akustische einer Signalverarbeitung unterworfen werden, mit der man spezifische Hörstörungen zu kompensieren sucht, z.B. durch die Anhebung von Signalanteilen in Frequenzbereichen, in denen das Gehör Einbußen zeitigt.

[0004] Die IdO-Geräte bestehen in der Regel aus einem Gehäuse, in dem alle Komponenten wie Mikrofon, Verstärker, Signalverarbeitung und ein elektroakustischer Wandler (Hörer) untergebracht sind. HdO-Geräte sind zweiteilig aufgebaut, nämlich aus dem hinter dem Ohr zu tragenden Gehäuse und dem im Ohr befindlichen Hörmodul. Diesem werden die Schallsignale entweder über die in einer Schlauchverbindung bestehenden Luft- oder Gassäule oder mittels einer elektrischen Leitung zugeführt, wobei dann der elektroakustische Wandler oder Hörer sich im Hörmodul befindet.

[0005] Fig. 1 zeigt die vereinfachte Skizze eines IdO-Gerätes 1, wobei sich im Innern des Gehäuses 2 an der Stelle 3 das Mikrofon befindet und an der Stelle 4 der elektro-akustische Wandler, der die verstärkten und verarbeiteten elektrischen Signale in akustische wandelt, und der im folgenden auch als Hörer oder Schallstrahler bezeichnet wird, und der sich im Fall eines HdO im Hörmodul befindet. Auf das Mikrofon an der Stelle 3 läuft der akustische Wellenzug 5 zu, der Hörer an der Stelle 4 strahlt den akustischen Wellenzug 6 ab.

[0006] Als Nachteil moderner Hörgeräte werden von ihren Trägern häufig die Umstände vorgebracht, die das Anlegen der Hörgeräte machen, sowohl bei den HdO-Geräten, bei denen lediglich das Hörmodul in den (äußeren) Gehörgang einzubringen ist, als auch bei den IdO-Geräten, bei denen das gesamte System in den Gehörgang eingesetzt wird. Beim Tragen an sich wird zunächst ein unangenehmes Druckgefühl beanstandet. Als besonders unangenehm aber wird jedoch die Entwick-

lung von Feuchtigkeit durch Schweiß im Gehörgang empfunden, vor allem über die Kontaktfläche zwischen dem Gehäuse des Hörgerätes und der Haut des Gehörgangs, wobei diese Nässe sowohl zu Hautreizungen führen kann wie auch zur Beeinträchtigung der Funktion des Hörgerätes.

[0007] Diese unangenehmen Nebeneffekte werden wenig diskutiert, weil sie bei den beschriebenen Geräten eben nicht zu vermeiden und deshalb hinzunehmen sind. Der Kontakt zwischen der Wand des Gehörgangs und/oder auch der Wandung von Teilen der Ohrmuschel einerseits und dem formschlüssig geformten Gehäuse des Hörgerätes andererseits oder dessen Hörermodul dient dem notwendigen Schallverschluss zur akustischen Entkopplung von Mikrofon und Hörmodul, und damit der Vermeidung von Rückkopplungen. Zum zweiten kommt man durch die Führung der Schallwellen im Gehörgang vom Hörer im Hörgerät bzw. in dessen Hörmodul zum Trommelfeld mit einer geringen akustischen Schallleistung (und damit einer geringen Leistungsaufnahme des Gerätes) aus, was die angeführte akustische Entkopplung unterstützt.

[0008] Trotzdem werden Rückkopplungseffekte ziemlich häufig beobachtet, wenn z.B. die Hörgeräte nicht passgenau in das Ohr eingesetzt werden oder im Verlauf des Tragens verrutscht sind, oder wenn im Verlauf einer längeren Zeit sich die Passform des Hörgerätes oder auch der Gehörgang verändert haben, und Formschlüssigkeit nicht mehr gegeben ist. Weil Rückkopplungseffekte sich in der Regel durch einen lauten Pfeifton bemerkbar machen, sind sie für den Hörgeräteträger aber auch für die Personen in seinem Umfeld äußerst unangenehm.

[0009] Das Hörgerät sei von seinem Charakter her noch einmal mit der Sehhilfe verglichen. Eine Brille nutzt man häufig ausschließlich bedarfsweise. Ein Mensch mit weitsichtigen Augen wird in der Regel nur zum Lesen eine Brille aufsetzen, um also in seinem Sehfeld dort, wo er ohne Brille unscharf sieht, aber das Erkennen von Details bedeutsam ist, für die Betrachtung die volle Sehschärfe zu erlangen.

[0010] Selbst wenn man eine Lesebrille aufgesetzt hat, so wird doch, wenn man wie im Fall einer Brille mit schmalen Gläsern bequem über die Brille schauen kann, ein Großteil des Gesichtsfeldes in natürlicher Weise wahrgenommen; es wird also durch das Hilfsmittel Brille nicht beeinflusst. Das bedarfsweise Auf- oder Absetzen der Sehhilfe ist mit einem schnellen Handgriff zu tätigen, ist also ein einfacher und bequem durchzuführender Vorgang.

[0011] Bei einer der oben beschriebenen Hörgeräte HdO und IdO ergibt sich im angestrebten Vergleich eine andere Situation. Das bedarfsweise Einsetzen in das Ohr ist erst einmal umständlicher als das Aufsetzen einer Brille. Dazu kommt aber noch ein prinzipieller Unterschied. Kann man bei der Brille bedarfsweise einen Teil des Sehfelds durch die Sehhilfe betrachten, einen anderen aber nicht unbedingt, so ist eine vergleichbare Signalselektion

bei einem Hörgerät nicht möglich. Hier wird das gesamte Schallfeld über das Hörgerät dem Trommelfeld zugeführt, auch wenn bestimmte Frequenzbereiche der Schallfeldsignale einer Verstärkung gar nicht bedürften. Für solche Frequenzen erfolgt zwar im Verstärkungssystem des Hörgerätes keine Verstärkung in Bezug auf die Wahrnehmung dieser Signale ohne Hörgerät, aber die Signale auch dieser Frequenzen werden so eben nicht in natürlicher Weise wahrgenommen. Denn auch diese Signale erfahren im Hörgerät ein "processing", auch wenn dieses so angelegt ist, dass die Signale möglichst unverändert bleiben sollen. Das kommt auch in der Erfahrung zum Ausdruck, dass das Hören mit einem Hörgerät grundsätzlich und regelrecht erlernt werden soll. Das gilt auch für den Fall, dass man sich auch bei kleinen Hördefekten für das Tragen eines Hörgerätes entschließt.

[0012] So ist es durchaus eine gewichtige psycho-physiologische Frage, ob eine Person mit Hörschwächen in bestimmten Frequenzbereichen, die aber noch ohne Probleme Gespräche verfolgen kann, sich das Tragen eines Hörgerätes auferlegt, nur um ihrem Gehör wieder Zugang den Frequenzbereichen des Gehörs eines jüngeren Menschen zu sichern, weil sie sich z.B. mit Musik befasst. Ein solches Problem bestünde nicht, wenn die Unterstützung des Gehörs durch ein Hörgerät mit der oben beschriebenen Unterstützung des Sehens zu vergleichen wäre, wenn also z.B. der Signalbereich, für den keine Hörschwächen bestehen, nicht auch noch über das Hörgerät wahrgenommen werden müsste, und/oder das Hörgerät leicht abgesetzt werden könnte, also nicht ganz oder teilweise in den Gehörgang eingeführt werden müsste.

[0013] Ein der Lesebrille in einem besonders wichtigen Punkt etwa vergleichbares Hörgeräte wäre also eines, das den Signalanteilen mit solchen Frequenzen, für die das Gehör keine Schwächen zeigt, den direkten Zugang zum Trommelfeld erlaubt, die Signalanteile der anderen Frequenzen aber aus dem Schallfeld abgreift, in ihrer Amplitude verändert, was meist Verstärkung bedeutet, und dem Schallfeld zufügt. Mit dieser Eigenschaft wäre sozusagen voraussetzungsgemäß verbunden, dass das Hörgerät oder sein Hörmodul nicht formschlüssig in den Gehörgang eingeführt werden dürften.

[0014] Die Hörgeräte des Standes der Technik haben solche Eigenschaften nicht. Das ist mit Sicherheit auch ein Grund dafür, dass viele Personen mit zunehmender Hörschwäche sich (entgegen dem begründeten Rat von Hörgerätefachleuten) erst dann zum Gebrauch eines Hörgerätes entschließen, wenn es z.B. für eine normale Gesprächsführung unerlässlich wird.

[0015] Bei solchen Überlegungen kommt die Frage auf, wie weit denn überhaupt diese enge Verbindung von Hörgerät bzw. Hörmodul mit dem Gehörgang notwendig ist. Könnte es nicht zur Vermeidung der schon angeführten Rückkopplung und der damit auch verbundenen Umfeldstörungen ausreichen, gemäß Fig. 2 das Hörgerät 1 bzw. das ihm zugehörige Hörmodul mittels eines über

die Ohrmuschel 7 gelegten Halters 8 möglichst nahe am Eingang aber doch noch vor den Eingang des den Schädelsknochen 9 durchsetzenden und am Trommelfell 10 endenden äußeren Gehörgangs 11 zu platzieren?

[0016] Der im Hörgerät 1 im bzw. Hörmodul an der Stelle 4 befindliche Schallstrahler oder Hörer ist naturgemäß klein und hat beispielsweise eine effektive Strahlerfläche mit der Längsausdehnung von etwa einem cm. Die abgestrahlten Schallwellen sind aber von vergleichsweise großer Wellenlänge; eine akustische Schwingung der Frequenz 100 Hz hat bei einer Schallgeschwindigkeit in Luft von etwa 330 m/s eine Wellenlänge von etwa 3,30 m und bei 1000 Hz von etwa 0,33 m.

[0017] Nach den Gesetzen der Schwingungslehre wäre der Schallstrahler oder Hörer eines Hörgerätes wegen seiner vergleichsweise sehr kleinen Abmaße in erster Näherung als Punktstrahler anzusehen, der gemäß Fig. 1 also gleichmäßig in alle Richtungen strahlt, was durch den Wellenzug 6 angedeutet ist. Bei einem gemäß Fig. 2 vor dem Eingang des äußeren Gehörgangs 11 mittels des Halters 8 angebrachten Hörgerät 1 würde diese Rundumstrahlung zusätzlich reflektiert und gestreut, was durch die verschiedenen Anteile 6' von Wellenzügen angedeutet wird. So wären von vornherein Rückkopplungen über das Mikrophon und damit Störungen des Hörgerätenutzers und seines Umfeldes gegeben. Außerdem käme nur ein Teil der vom Hörmodul abgegebenen Schallleistung dem Ohr zugute, wohingegen bei einem im Gehörgang befindlichen Hörgerät 1 bzw. Hörmodul praktisch die gesamte abgegebene Schallleistung das Ohr erreicht. Den Verlust an Schallleistung bei einem nicht im Gehörgang 11 befindlichen Hörgerät 1 bzw.

[0018] Hörmodul könnte man hingegen durch eine höhere Verstärkung ausgleichen, wobei die dafür aus den elektrischen Batterien zu entnehmende Mehrleistung als tolerabel erschiene.

[0019] Aufgrund der vom Hörgerät 1 abgegebenen erhöhten Schallleistung würde die Anfälligkeit für unerwünschte Rückkopplungseffekte sogar vergrößert. Zudem würden, selbst wenn die Rückkopplung so niedrig gehalten werden kann, dass der Einsatz ungedämpfter Schwingungen vermieden würde, an das Umfeld akustische Signale abgegeben werden, die für dieses nicht bestimmt sind. Die Frage, ob diese von einer Person im Umfeld des Hörgeräteträgers als störend oder überhaupt wahrgenommen würden, lässt sich nicht ohne weiteres beantworten. Die in das Umfeld vom Hörgerät 1 abgegebene Schallleistung würde ja zur Vermeidung unerwünschter Rückkopplung von vornherein klein gehalten und sich mit zunehmender Entfernung vom Hörgerät schnell, weil überproportional, weiter verkleinern. Zum andern entsprechen die in der Schallleistung enthaltenen Signale denen, aus denen sie abgeleitet werden; nur dass sie das System des Hörgerätes 1 durchlaufen haben und nach dessen Charakteristik verändert wurden.

[0020] Es ist deshalb die Aufgabe der Erfindung, ein Hörgerät so auszubilden, dass es einerseits für seinen Träger bestimmungsgemäß Hördefizite ausgleicht, aber

andererseits nicht in den Gehörgang eingeführt sein muss und trotzdem rückkopplungsunanfällig ist, wie es auch Personen in der Umgebung des Hörgeräteträgers durch nur für diesen bestimmte akustische Signale nicht stört.

[0021] Diese Aufgabe ist erfindungsgemäß gelöst durch die Merkmale des Patentanspruchs 1. Weiterbildungen und Ausgestaltungen ergeben sich aus den Unteransprüchen. Die Erfindung ist nachfolgend von in den Fig. 3 bis 6 beschriebenen Ausführungsbeispielen näher erläutert.

[0022] Der Erfindung liegt die Idee der Nutzung des physikalischakustischen Phänomens der so genannten Tartinischen Töne zugrunde, wie es von Georg Andreas Sorge, 1703 bis 1778, beschrieben wurde (Literatur: Wilhelm H. Westphal, Lehrbuch der Physik, Paragraph 90 "Schwebungen, Kombinationstöne", Springer-Verlag 1953).

[0023] Bei Experimenten mit zwei Tönen, also mit zwei Sinusschwingungen, deren Frequenzen mit einer Frequenzdifferenz bis etwa 20 Hz nahe beieinander liegen, verschmelzen die Töne zu einem Ton mit hörbaren Schwebungen. Bei größerer Frequenzdifferenz hört man einen Zweiklang. Das Phänomen der Tartinischen Töne besteht nun darin, dass man auch einen Differenzton hören kann, d.h. einen Ton mit der Differenz der Frequenzen der beiden Töne, obwohl ein solcher Ton im Schallfeld objektiv nicht enthalten ist. Der Ton entsteht nach dem angeführten Lehrbuch erst im Trommelfeld des Ohres: Das Trommelfell "setzt den Ein- und Ausbiegungen nicht den gleichen elastischen Widerstand entgegen, und daher entsprechen seine Schwingungen nicht genau der Gleichung (24)." (Ende des Zitats). Die Gleichung (24) drückt das Signal, das sich durch die Überlagerung zweier Sinusschwingungen mit den unterschiedlichen Frequenzen f_1 und f_2 ergibt, durch eine Sinusschwingung der halben Summenfrequenz aus, deren Amplitude sich gemäß einer Cosinusschwingung der halben Differenzfrequenz ändert. Diese Situation sei weiter durch die direkte Fortsetzung des Zitats beschrieben (Im Zitat sind die Frequenzen mit dem Buchstaben f statt mit ν wie im Lehrbuch bezeichnet): "Aus diesem Grunde erregt eine Welle mit den Frequenzen f_1 und f_2 in ihm nicht nur eine Schwingung mit diesen Frequenzen, sondern auch Schwingungen mit den Frequenzen $m \cdot f_1 + n \cdot f_2$ bzw. $m \cdot f_1 - n \cdot f_2$ (m, n ganze Zahlen). Die dadurch erzeugten Töne heißen allgemein Kombinationstöne, im besonderen Summations- und Differenztöne (Sorge 1744, fälschlich auch TARTINISCHE Töne genannt). Am stärksten tritt der Differenzton $f_1 - f_2$ auf." (Ende des Zitats). Damit ist also ein im Sinne der Systemtheorie der Nachrichtentechnik nicht-linearer Übertragungsvorgang eines Systems beschrieben, das den Übertragungsweg vom Eingang des äußeren Ohrs über das Mittelohr hindurch bis zum Innenrohr darstellt, in welchem im sogenannten Cortischen Organ die Sinnes- oder Haarzellen das akustische Signal in ein nervales, also ein elektrisches Signal umwandeln.

[0024] Zur Bildung des Differenztones noch ein Zitat aus Wikipedia, der freien Enzyklopädie (laut Abfrage von "http://de.wikipedia.org/wiki/Differenzton" am 29.03.06): "Diesen Effekt machen sich Musiker beim Stimmen von Instrumenten zunutze, bei denen der Tonerzeuger (z.B. Saiten, Pfeifen) im Abstand einer reinen Quinte zu stimmen sind. Der Differenzton klingt genau eine Oktave unter dem tieferen Tonerzeuger." (Ende des Zitats). Die Quinte über einen Grundton der Frequenz f liegt mit der Frequenz um den Faktor 1,5 höher, also $1,5 \cdot f$. So bildet sich ein Differenzton aus mit der Frequenz $0,5 \cdot f$, womit der Differenzton also eine Oktave unter dem Grundton liegt.

[0025] Ohne das beschriebene Phänomen der Tartinischen Töne weiter zu kommentieren, sei doch ergänzend festgestellt, dass es sich bei dem gesamten Übertragungssystem vom Eingang des äußeren Ohres bis zu den Sinneszellen im Cortischen Organ um die Ketten- oder Kaskadenschaltung von Teilsystemen handelt, bei der nicht nur das durch das Trommelfell gebildete Teilsystem nichtlineare Übertragungseigenschaften aufweisen muss.

[0026] An dem nichtlinearen Verhalten des gesamten Übertragungssystems können auch andere Teilsysteme beteiligt sein, so die Mechanik der Schallweiterleitung durch die Gehörknöchelchenkette (Hammer, Amboss, Steigbügel) im Mittelohr oder Schallleitungs- oder Signalwandlungsvorgänge im Innenohr. Hier sei lediglich festgehalten, dass der Übertragungsvorgang ein nichtlinearer ist mit der oben beschriebenen Konsequenz der Wahrnehmung eines Differenztons der Frequenz $f_1 - f_2$, wenn dem Ohr zwei Töne mit den Frequenzen f_1 und f_2 zugeführt werden, zusätzlich zur Wahrnehmung dieser beiden Töne selbst.

[0027] Der der Erfindung zugrunde liegende Gedanke sei nun wie folgt entwickelt: Es bestehe für das gemäß Fig. 2 vor dem Eingang des Gehörgangs 11 angebrachte Hörgerät 1 die Aufgabe, einen von außen herangetragenen Ton der Frequenz f_0 dem Ohr mitzuteilen, ohne dass die oben ausführlich besprochene Problematik der Rückkopplung und einer Störung der Umgebung eintritt. Das gelingt, wenn ein solcher Zielton der Frequenz f_0 auf elektronischem Weg mit einem Ton der Frequenz f_T (T steht für Trägerfrequenz) zu einem Summationston der Frequenz $f_0 + f_T$ kombiniert wird, wobei f_T ausreichend aber nicht beliebig weit oberhalb des durch das Gehör wahrnehmbaren Frequenzbereiches liegen soll. Führt man diesen Ton der Frequenz zusammen mit einem Ton der Frequenz f_T dem Ohr zu, so macht sich der Ton der Frequenz f_0 als Differenzton dieser beiden Töne mit den Frequenzen $f_0 + f_T$ und f_T aufgrund des beschriebenen nichtlinearen Verhaltens des durch das Ohr gegebenen Übertragungssystems für das Gehör bemerkbar. Bleibt dabei der nichthörbare Ton mit der Frequenz f_T in seiner Amplitude konstant und variiert die Amplitude des ebenfalls nicht hörbaren Summationstons mit der Frequenz $f_0 + f_T$ proportional zur Amplitude des Zieltons mit der Frequenz f_0 , so ist das angestrebte Ergebnis erreicht.

[0028] Die Erzeugung der beiden dem Ohr zuzuführenden Töne mit den Frequenzen $f_0 + f_T$ und f_T beschreibt Fig. 3. Das Mikrophon 3' spricht auf alle im Schallfeld vorkommenden Töne an und setzt diese in ein elektrisches Signal um, das zur Vorverarbeitung durch Filterung und Verstärkung dem Teilsystem 12 zugeführt wird. Hier wird aus dem Frequenzspektrum des angebotenen Signals der Ton der Frequenz f_0 herausgefiltert und, wenn notwendig oder zweckmäßig, im Sinne des gegebenen Bedarfs der Hörschwächenkorrektur in seiner Amplitude verändert, wobei der Ton der Frequenz f_0 stellvertretend

für ein Frequenzspektrum von Tönen steht. Der Ton der Frequenz f_0 wird wie auch die im Schwingungserzeuger oder Oszillator 13 generierte Schwingung der Frequenz f_T dem Modulator oder Mischer 15 zugeführt, in dem der Summationston der Frequenz $f_T + f_0$ erzeugt wird. Sofern durch die Mischung auch noch andere Kombinationstöne entstehen, werden diese mittels des Filters 16 zurückgehalten, wohingegen der Summationston der Frequenz $f_T + f_0$ als auch der Ton der Frequenz f_T das Frequenzfilter 16 auf dem Weg zum Addierer 18 passieren kann, welchem Addierer 18 auch noch die im Schwingungserzeuger 13 generierte und in ihrer Amplitude konstante Schwingung der Frequenz f_T zugeführt wird. Die Teilsysteme 14 und 17 dienen einer gegebenenfalls notwendigen oder zweckmäßigen Anpassung von Amplitude und Phasenlage der Schwingung der Frequenz f_T vor dem Eintritt in den Mischer 15 bzw. dem Addierer 18.

[0029] So laufen auf den Hörer 4' über das Teilsystem 19 die beiden Schwingungen der Frequenzen $f_T + f_0$ und f_T als elektrische Signale zu, die er in akustische Signale umsetzt, die ihrerseits dem Ohr zugeführt werden. Hier bildet sich dann bei ausreichender Stärke der einlaufenden Schallwelle mit den beiden Schwingungen der Frequenzen $f_T + f_0$ und f_0 wie beabsichtigt der Differenzton der Frequenz f_0 aus. Wie schon gesagt, steht bei der vorstehenden Betrachtung die Frequenz f_0 stellvertretend für ein Frequenzband bzw. ein Frequenzspektrum (im Bereich der hörbaren Frequenzen). Das Teilsystem 19 dient einer eventuellen Anpassung der Signale in Amplitude und Phasenlage an den Hörer 4', gegebenenfalls auch in Abhängigkeit von der Frequenz.

[0030] Wollte man aus technischen Gründen das Frequenzfilter 16 statt vor den Addierer 18 hinter diesen setzen, so müßte das Filter 16 auf jeden Fall auch die Schwingung der Frequenz f_T passieren lassen.

[0031] Das dem Ohr zugeführte Signal zeichnet sich nun dadurch aus, dass es nur noch Töne enthält, deren Frequenzen oberhalb des hörbaren Frequenzbereiches liegen. Würde z.B. die Frequenz f_T zu 20 kHz gewählt, so hat die hinter dem Hörer 4' entstehende akustische Welle gemäß der Gleichung $\lambda \cdot f = v$ (Wellenlänge mal Frequenz gleich Ausbreitungsgeschwindigkeit der Welle) eine Wellenlänge von etwa 1,5 cm. Damit liegt die Wellenlänge in einer Größenordnung der kleinen Abmaße, die auch dem Hörer 4' eines Hörgerätes 1 zuzuordnen sind. Das bedeutet, dass sich durch die Formgebung

der den Schall abstrahlenden Oberfläche des elektroakustischen Schwingers vom Hörer 4' und/oder durch ein Aufteilen dieser Oberfläche in Sektoren, die unterschiedliche, z.B. phasenversetzte Ansteuerungen erfahren, die Intensität der vom Schwinger abgestrahlten Schallwellen richtungsabhängig beeinflusst werden kann, wie gemäß Fig. 4 die vom Hörer 4' des Hörgerätes 1 erzeugten akustischen Schwingungen 6 bevorzugt in eine Richtung abgestrahlt werden, was ein Vergleich mit der in Fig. 1 dargestellten Situation verdeutlicht und schon im einfachen Fall einer planen Schwingeroberfläche des Hörers 4' erreicht werden kann.

[0032] Die in Fig. 4 gegebene Situation wird in Fig. 2 übernommen, woraus sich Fig. 5 ergibt.

[0033] Die hier dargestellte Anordnung erlaubt also einerseits, dass ein Teil des von außen an das Ohr herangetragenen Schallfeldes dieses direkt erreicht. Andererseits werden in des Hörgerätes 1 Töne bestimmter Frequenzen, im Beispiel f_0 , ausgewählt, verstärkt und in der Frequenz umgesetzt, um dann an das Ohr weitergegeben zu werden und zwar so, dass im Ohr die Töne der ausgewählten Frequenzen, im Beispiel f_0 , verstärkt wahrzunehmen sind. Dieser Vorgang entspricht einer Sehhilfe, die durch ihre Gestaltung sowohl eine direkte Sicht erlaubt als auch eine mit Korrekturen; das ist im einfachsten Fall eine Lesebrille mit niedrigen Brillengläsern, über deren Rand man hinwegsehen kann.

[0034] Wenn trotz der vom Hörer 4' ausgehenden gerichteten Abstrahlung der Schallwellen ein Teil davon durch Reflexion und Streuung doch noch an das Mikrophon 3' gelangen kann, so kann das deshalb nicht zu einer Rückkopplung führen, weil in dem dem Mikrophon 3' nachgeschalteten Teilsystem 12 grundsätzlich nur Frequenzen f_0 innerhalb des Bereiches hörbarer Frequenzen verstärkt und verarbeitet werden, und es deshalb andere Frequenzen sperrt. Um diese Sperre besonders wirksam zu machen, kann auch dem Teilsystem 12 zusätzlich ein Bandpass- bzw. Tiefpassfilter vorgeschaltet werden, das überhaupt nur Signalen mit Frequenzen im hörbaren Frequenzbereich den Eintritt in den nachfolgenden Teil der Systemkette erlaubt.

[0035] Störungen des Umfeldes des Hörgeräteträgers durch einen Anteil der dem Hörgeräteträger zugeführten Signale, die ja das Ohr einer anderen Person im Grundsatz genau so in Hörempfindungen umsetzen kann wie das vom Hörgeräteträger selbst, sind deshalb wenig wahrscheinlich, wenn die dem Hörgeräteträger zuge dachte Schallleistung seinem Ohr als mehr oder weniger gerichtetes Bündel gemäß Fig. 4 und 5 zugeführt wird und schon dadurch die in die Umgebung abgegebene Schallleistung gemindert wird. Für eine Person im Umfeld des Hörgeräteträgers dürften kaum die notwendigen Schallleistungen für die Töne der Schwingungen der Frequenzen $f_T + f_0$ und f_T erreicht werden, um damit im Ohr dieser Person durch dessen nichtlineare Übertragungseigenschaften eine Schwingung der Frequenz f_0 merklicher Größe entstehen zu lassen. Und eine diesen unerwünschten Effekt verstärkende Rückkopplung fehlt, wie

schon festgestellt.

[0036] Die vorstehende grundsätzlichen Betrachtung wäre noch in Hinblick auf die zu unterstellenden individuellen Unterschiede des nichtlinearen Übertragungsverhaltens der zu unterschiedlichen Personen gehörenden Ohren weiterzuführen. So ist anzunehmen, dass durch Veränderung der Amplituden und gegebenenfalls auch der Phasen der in das Ohr geleiteten Schwingungen der Frequenzen $f_T + f_0$ und f_T der gewünschte Effekt der Umsetzung in eine Schwingung der Frequenz f_0 auf ein Optimum eingestellt werden kann. Für diesen Zweck können die im Blockschaltbild gemäß Fig. 4 befindlichen Teilsysteme herangezogen werden, die wie oben schon gesagt, für eine Anpassung von Amplitude und Phase der vom Oszillator einerseits dem Mischer 15 und andererseits dem Addierer 18 zugeführten Schwingung der Frequenz f_T vorgesehen sind.

[0037] Zu einem Optimierungseffekt könnte auch beitragen, dem Ohr nicht nur Schwingungen der Frequenzen $f_T + f_0$ und f_T zuzuführen, sondern auch noch die aus dem gleichen Mischvorgang abgeleitete Schwingung der Frequenz $f_T - f_0$, wobei dann alle drei genannten Schwingungen zu einem Spektrum kombiniert werden könnten, das eine in klassischer Weise mit der Frequenz f_0 amplitudenmodulierte Trägerschwingung der Frequenz f_T darstellt. Jedoch könnte es wegen der unteren Frequenz $f_T - f_0$ je nach notwendiger Wahl der Trägerfrequenz f_T zu Frequenzbandkonflikten kommen, denn die dem Ohr zugeführten Schwingungen sollten ja oberhalb des Hörfrequenzbereiches bleiben, der aber durchaus als individueller angesehen werden kann.

[0038] Auch könnte die Anwendung der beschriebenen Anordnung über die einen Ausgleich von Hörschwächen hinausgehen im Sinne der verbesserten Informationsentnahme aus einem gestörten akustischen Signal. Die Anordnung könnte z.B. so ausgelegt werden, dass aus einem breitbandigen Schallsignal mit störenden Rauschanteilen ein zu bevorzugendes Band im Hörfrequenzbereich mittels des Hörgerät 1 erst rauschbereinigt und dann verstärkt dem Ohr zugeführt wird, ohne dem originalen Schallfeld den direkten Zugang zum Ohr zu versperren.

[0039] Eine andersartige Nutzung wäre eine zum Ausgleich bestimmter Tinnitusstörungen, hier von Ohrgeräuschen in Form von Tönen konstanter Tonhöhe und Stärke, also von periodischen Schwingungen gleichbleibender Amplitude und Frequenz f_{st} (f_{st} für Störung). Es erscheint möglich, einen solchen Tinnitus durch eine dem Ohr von außen zugeführte Schwingung gleicher Frequenz f_{st} und aber entgegengesetzter Phasenlage durch die Wahl einer geeigneten Amplitude zu mindern oder auch aufzuheben, vorausgesetzt, dass die Ursache der Störung in dem vom Ohr dargestellten Übertragungssystem selbst zu suchen ist.

[0040] Zu diesem Zweck wird in die gemäß Fig. 3 beschriebene Anordnung gemäß Fig. 6 ein Oszillator oder Schwingungserzeuger 20 eingebracht, mit dem man durch die Wahl der Schwingung der Frequenz f_{st} die der

Tinnitusstörung nachbildet, diese Schwingung der Frequenz f_{st} über ein Teilsystem 21 zur Einstellung von Amplitude und Phase einem Addierer 22 zuführt, auf den auch die oben beschriebenen Schwingungen der Frequenz f_0 des Hörbereiches zulaufen. Beide Schwingungen mit den Frequenzen f_{st} und f_0 unterliegen jetzt der gleichen Frequenzumsetzung durch den Mischer 15 und werden in dieser umgesetzten Form schließlich dem Hörer 4' zur Umsetzung in Schall zugeführt. Amplituden und Phasenlage dieser Schwingung f_{st} werden dann mit dem Teilsystem 21 so eingestellt, dass sich für das Tinnitusgeräusch ein Minimum ergibt oder dieses verschwindet. Von außen an das Mikrophon herangetragene Schallsignale mit der Frequenz des Tinnitustons sind als nicht-synchron zu der Tinnitusschwingung anzusehen, was die Chance bedeutet, dass sie bei kompensiertem Tinnitus-signal wahrgenommen werden können.

[0041] Wie die Schwingung der Frequenz f_0 die für ein Spektrum von Schwingungen oder ein Frequenzband stehen kann, kann grundsätzlich auch die Schwingung der Frequenz f_{st} für mehrere Schwingungen mit unterschiedlichen Frequenzen stehen, wofür dann im System mehrere Schwingungen zur Kompensation des Tinnitus-signals erzeugt werden müssen, durch mehrfache Ausführung des Schwingungserzeugers 20 mit zugehörigem Teilsystem 21 zur Einstellung von Amplitude und Phase.

[0042] Bei in ihrer Art und Intensität zeitlich wechselnden Ohrgeräuschen, die also nicht durch eine oder mehrere sinusförmige Schwingungen konstanter Frequenz und Amplitude darstellbar sind, wird dem Ohr häufig ein "informationsloses Rauschen" zur Maskierung des Tinnitusgeräusches angeboten oder auch eine Hintergrundmusik. Auch für diesen Zweck ließe sich das vorstehend und mittels Fig. 5 beschriebene Verfahren nutzen durch die Kombination mit einer Gehörkorrektur der betroffenen Frequenzbereiche bei weiterhin nicht versperstem Zugang für von außen an das Ohr herangetragene Schallwellen. Auch wäre eine Nutzung denkbar ohne Hörkorrektur in Hinblick darauf, dass Personen in der Umgebung des Systemnutzers durch das Maskiergeräusch nicht gestört werden.

[0043] Ginge es lediglich um die Erzeugung einer Tinnitusschwingung kompensierenden Schwingung oder um ein Tinnitus maskierendes Dauerge-räusch, also unter Ausschluss der Aufnahme und Verstärkung von Schallsignalen, so bräuchten diese Signale nicht notwendigerweise im Hörfrequenzbereich erzeugt und dann mittels der Trägerfrequenz f_T und eines Mischers 15 in den Frequenzbereich oberhalb der Hörfrequenzen umgesetzt werden.

[0044] Hier wäre die Verwendung zweier Oszillatoren denkbar, die beide von vornherein im Bereich der betrachteten höheren Frequenzen arbeiten, und von denen einer eine Schwingung der Trägerfrequenz f_T erzeugt und der andere eine Schwingung von einer Frequenz, deren Differenz zur Trägerfrequenz f_T der Frequenz des zu kompensierenden Tinnitustons entspricht. Die vom zweitgenannten Oszillator erzeugte Sinusschwingung

wäre nach Amplitude und Phase entweder am Oszillator selbst oder in einem dazu vorzusehenden nachgeschalteten Teilsystem einzustellen.

[0045] Sollte anstelle einer Sinusschwingung ein Spektrum zusammengesetzter Signale treten, z.B. für die Erzeugung von Geräuschen, so könnte diese Aufgabe ebenfalls der zweitgenannte Oszillator übernehmen, gegebenenfalls in Zusammenschaltung mit einem Modulator.

Patentansprüche

1. Hörgerät (1) zur Aufnahme und Signalverarbeitung von Schallsignalen (2) nach Maßgabe von Hördefiziten eines Hörgeräteträgers zum Tragen vor dem Eingang des Gehörgangs (11) ohne Hautkontakt zur Innenwand des Gehörgangs (11), wobei zur Vermeidung von unerwünschten Rückkopplungseffekten durch Rückwirkung des Schallstrahlers (4') auf das Mikrophon (3') das Frequenzspektrum des verarbeiteten Schallsignals mit Hilfe einer in einem Oszillator (13) erzeugten Trägerschwingung, deren Frequenz oberhalb des Hörfrequenzbereiches liegt, durch einen Mischer (15) mit nichtlinearer Kennlinie ebenfalls in den Frequenzbereich oberhalb des Hörfrequenzbereiches transponiert wird und dann zusammen mit der in dem Oszillator (13) erzeugten Trägerschwingung dem Schallstrahler (4') zugeführt wird, der dieses aus dem transponierten Frequenzspektrum des Schallsignals und der Trägerschwingung bestehende elektrische Signal in ein akustisches Schallsignal (6'') wandelt und dieses in den Gehörgang (11) des Hörgeräteträgers abstrahlt, wobei durch nichtlineare Übertragungseigenschaften des vom Ohr dargestellten Übertragungssystems aus dem Schallsignal (6'') des transponierten Frequenzspektrums und der dem Ohr zusätzlich angebotenen Trägerfrequenzschwingung das Schallsignal wieder in den normalen Hörfrequenzbereich zurücktransponiert und damit hörbar wird, aber durch Reflexion und Streuung vom Schallstrahler (4') auf das Mikrophon (3') zurückgeführte Signalanteile wegen ihrer zum originalen Schallsignal (2) stark unterschiedlichen, außerhalb des Hörbereiches befindlichen Frequenz aufgrund einer vorhandenen oder eingebrachten Filterwirkung des Mikrophons 3' und der nachgeschalteten Elektronik nicht wie das originale und in elektrische Signale umgesetzte Schallsignal (2) verarbeitet und damit auch nicht dem Schallstrahler (4') zugeführt wird, was einen Rückkopplungseffekt ausschließt.
2. Hörgerät (1) nach Anspruch 1, bei dem die Abmaße des Schallstrahlers (4') aufgrund der hohen Frequenzen des abgestrahlten Schallsignals (6'') in der Größenordnung der akustischen Wellenlängen der in diesem Schallsignal (6'') enthaltenen Schwingun-

gen liegen, und so sich die Möglichkeit ergibt, durch die Gestaltung der Form der schallabstrahlenden schwingenden Oberfläche des Schallstrahlers (4') die Energie der abgestrahlten Schallwelle (6'') gezielt zu bündeln.

3. Hörgerät (1) nach Anspruch 1, das zusätzlich zur Erzeugung von Schallwellen ausgebildet ist, wobei diese als Sinusschwingung oder auch als Ton der Frequenz, die gleich ist der von einem sich durch einen Dauerton darstellenden Tinnitus diesen durch gegenphasige Überlagerung aufheben kann, aber nicht dem Ohr als Schwingung im Hörfrequenzbereich zugeführt werden soll, weswegen eine solche Schwingung in einem frequenzvariablen Schwingungsgenerator (20) erzeugt und über ein Teilsystem (21), mit dem Phase und Amplitude der Schwingung verändert werden können, einem Addierer (22) zugeführt wird, wo diese Schwingung dem vom Mikrophon (3') stammenden und schon im Sinne der Hördefizite verarbeiteten Schallsignal zuaddiert wird, so dass auch sie mit Hilfe der schon unter Anspruch 1 angeführten und vom Oszillator (13) erzeugten Trägerfrequenz in einen Frequenzbereich oberhalb der Hörfrequenzen verschoben oder transponiert wird, um dann zusammen mit dem vom Mikrophon (3') stammenden und ebenfalls transponierten Schallsignal auf den Hörer (4') zu gelangen, der das Signalgemisch als Schallwelle (6'') in den Gehörgang (11) abstrahlt, wobei dann durch nichtlineare Übertragungseigenschaften des vom Ohr dargestellten Übertragungssystems aus dem Schallsignal (6'') diese zur Kompensation der Tinnitusschwingung vorgesehene Schwingung, wie auch das vom Mikrophon (3') stammende, verarbeitete und dann transponierte Frequenzspektrum mittels der dem Ohr zusätzlich angebotenen Trägerfrequenzschwingung wieder in den normalen Hörfrequenzbereich zurücktransponiert werden und zur Wirkung kommen können.
4. Hörgerät (1) nach Anspruch 3, bei dem lediglich die Funktion der Kompensation der Tinnitusschwingung vorgesehen ist und die regelrechte Korrektur von Hördefiziten entfällt.
5. Hörgerät (1) nach Anspruch 3 oder 4, bei dem an die Stelle der zur Kompensation der Tinnitusschwingung vorgesehenen und in dem frequenzvariablen Schwingungsgenerator oder Oszillator (20) erzeugten Schwingung ein Rauschgenerator tritt zur akustischen Maskierung der durch einen Tinnitus verursachten Hörempfindungen.
6. Hörgerät (1) nach Anspruch 3 oder 4, bei dem an die Stelle der zur Kompensation der Tinnitusschwingung vorgesehenen und in dem frequenzvariablen Schwingungsgenerator oder Oszillator (20) erzeug-

ten Schwingung eine andere Tonquelle oder ein Kanal zur Einkopplung von Tonsignalen auch in der Form von Musik treten zur Milderung der durch einen Tinnitus verursachten störenden Hörempfindungen.

5

10

15

20

25

30

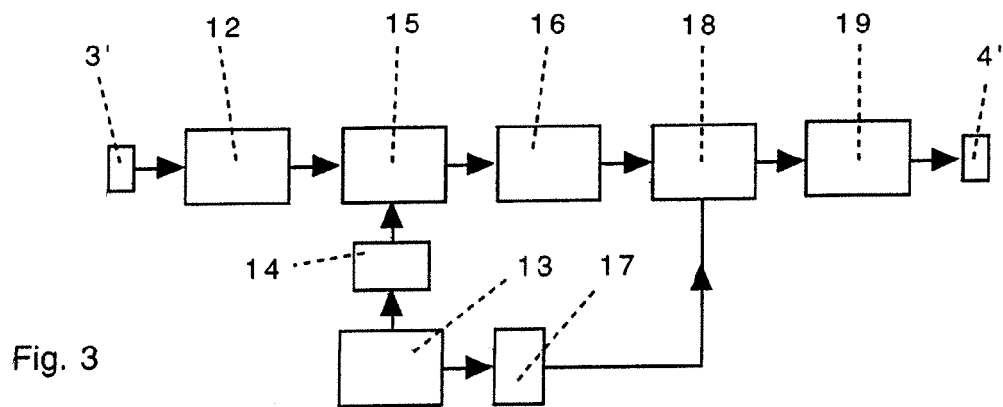
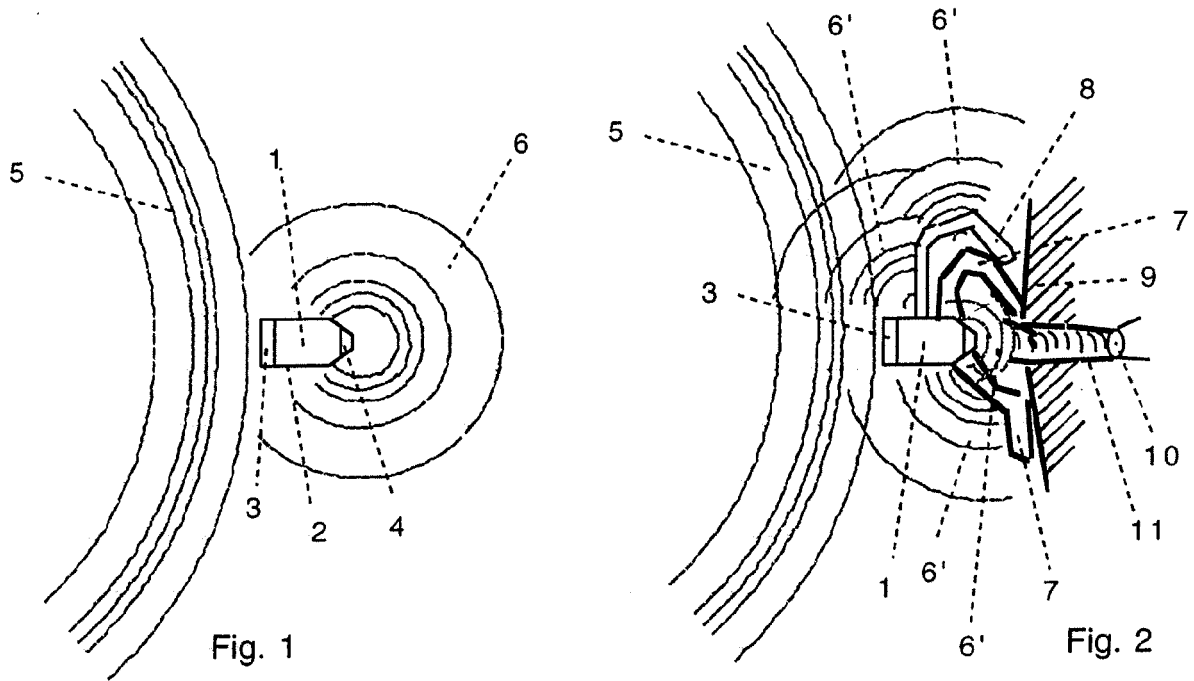
35

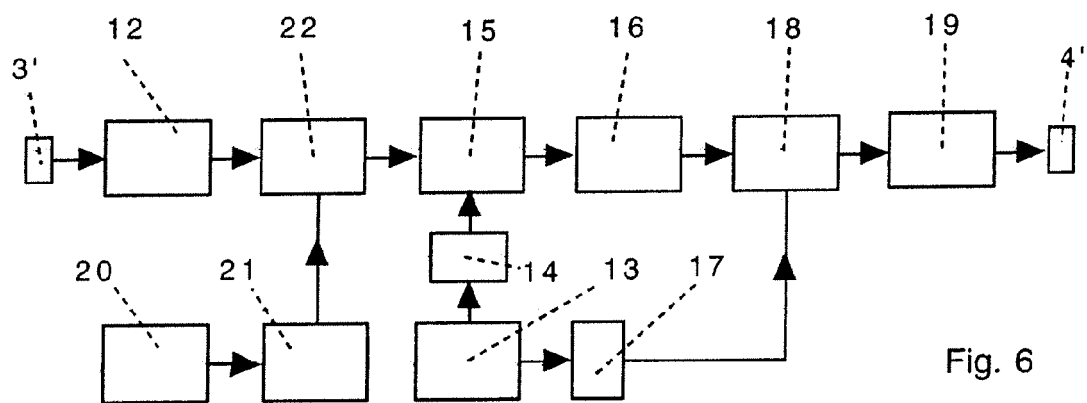
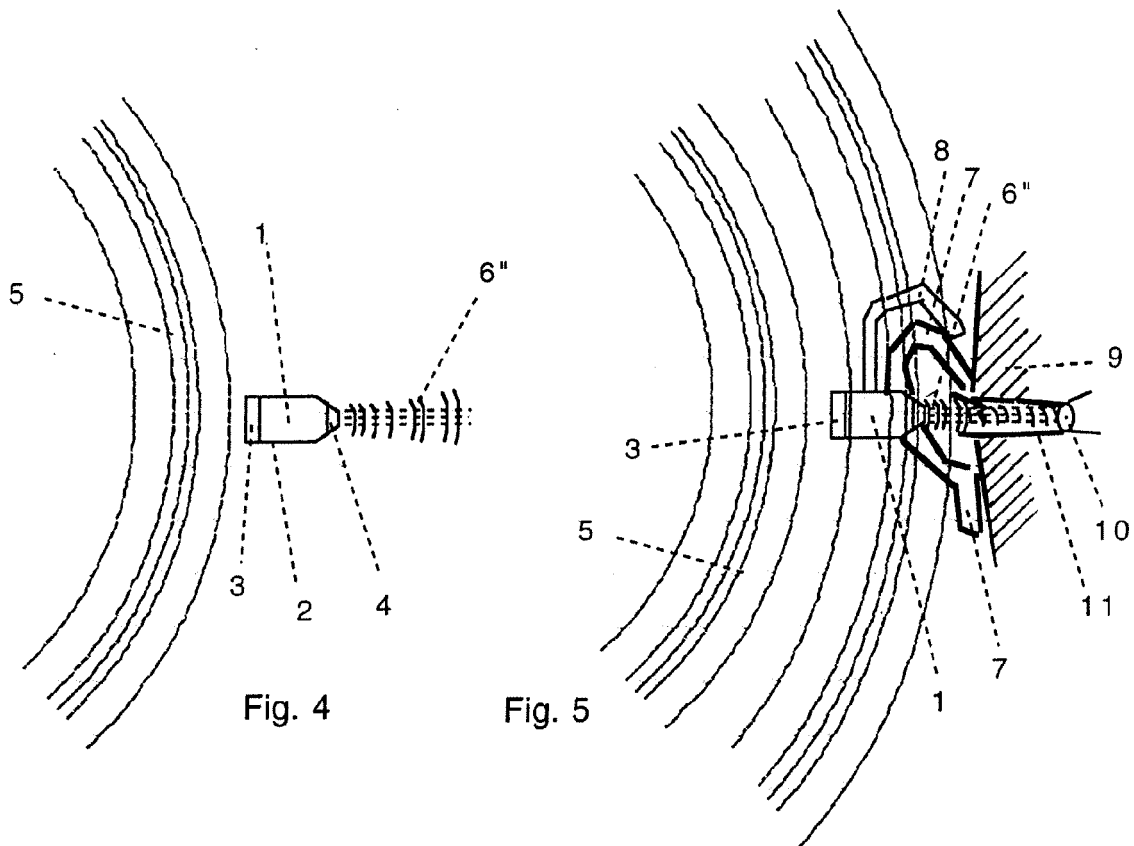
40

45

50

55





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 Nicht-Patentliteratur

- **WILHELM H. WESTPHAL.** Lehrbuch der Physik,
Paragraph 90. Springer-Verlag, 1953 **[0022]**