

(19)



(11)

EP 2 635 047 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
04.09.2013 Patentblatt 2013/36

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

(21) Anmeldenummer: **13157361.0**

(22) Anmeldetag: **01.03.2013**

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

(30) Priorität: **02.03.2012 DE 102012203349**

(71) Anmelder: **Siemens Medical Instruments Pte. Ltd. Singapore 139959 (SG)**

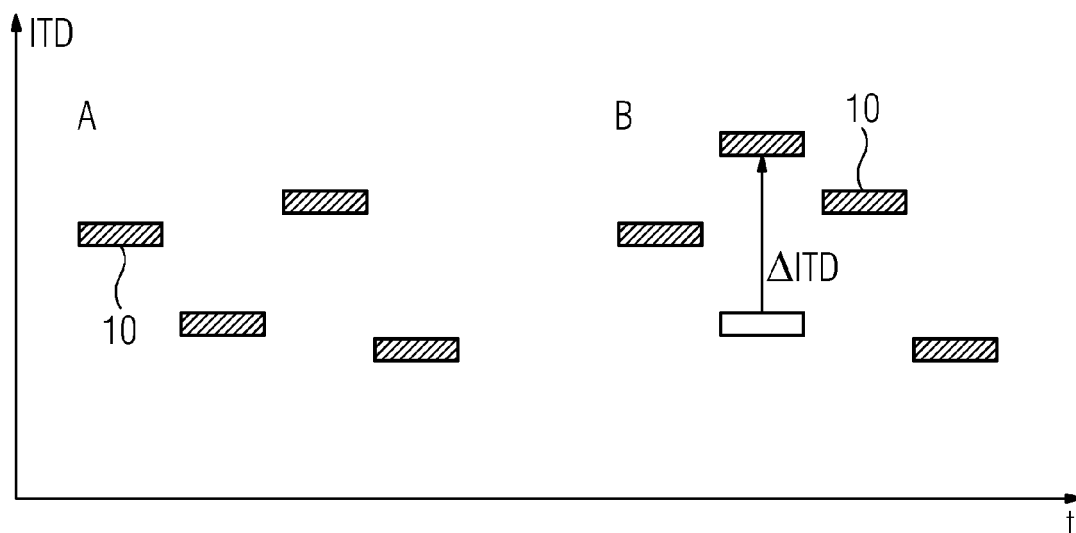
(72) Erfinder:
• **Serman, Maja**
91054 Erlangen-Buckenhof (DE)
• **Hannemann, Ronny**
91054 Buckenhof (DE)

(74) Vertreter: **Maier, Daniel Oliver**
Siemens AG
Postfach 22 16 34
80506 München (DE)

(54) **Verfahren zum Anpassen einer Hörvorrichtung anhand des Sensory Memory**

(57) Das Anpassen von Hörvorrichtungen und insbesondere Hörgeräten soll individuell verbessert werden. Daher wird ein Verfahren zum Anpassen einer Hörvorrichtung durch Testen des auditorischen Empfindungsgedächtnisses eines Nutzers der Hörvorrichtung,

wobei mindestens ein Testergebnis gewonnen wird, und Einstellen der Hörvorrichtung in Abhängigkeit von dem mindestens einem Testergebnis vorgeschlagen. Dabei muss der Proband Signaländerungen erkennen, sich merken und wiedergeben können.

FIG 2**EP 2 635 047 A2**

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Anpassen einer Hörvorrichtung. Darüber hinaus betrifft die vorliegende Erfindung auch eine Anpassvorrichtung zu diesem Zweck. Unter einer Hörvorrichtung wird hier jedes im oder am Ohr tragbare, einen Hörreiz erzeugende Gerät verstanden, insbesondere ein Hörgerät, ein Headset, Kopfhörer und dergleichen.

[0002] Hörgeräte sind tragbare Hörvorrichtungen, die zur Versorgung von Schwerhörenden dienen. Um den zahlreichen individuellen Bedürfnissen entgegenzukommen, werden unterschiedliche Bauformen von Hörgeräten wie Hinter-dem-Ohr-Hörgeräte (HdO), Hörgerät mit externem Hörer (RIC: receiver in the canal) und In-dem-Ohr-Hörgeräte (IdO), z.B. auch Concha-Hörgeräte oder Kanal-Hörgeräte (ITE, CIC), bereitgestellt. Die beispielhaft aufgeführten Hörgeräte werden am Außenohr oder im Gehörgang getragen. Darüber hinaus stehen auf dem Markt aber auch Knochenleitungshörhilfen, implantierbare oder vibrotaktile Hörhilfen zur Verfügung. Dabei erfolgt die Stimulation des geschädigten Gehörs entweder mechanisch oder elektrisch.

[0003] Hörgeräte besitzen prinzipiell als wesentliche Komponenten einen Eingangswandler, einen Verstärker und einen Ausgangswandler. Der Eingangswandler ist in der Regel ein Schallempfänger, z. B. ein Mikrofon, und/oder ein elektromagnetischer Empfänger, z. B. eine Induktionsspule. Der Ausgangswandler ist meist als elektroakustischer Wandler, z. B. Miniaturlautsprecher, oder als elektromechanischer Wandler, z. B. Knochenleitungshörer, realisiert. Der Verstärker ist üblicherweise in eine Signalverarbeitungseinheit integriert. Dieser prinzipielle Aufbau ist in FIG 1 am Beispiel eines Hinter-dem-Ohr-Hörgeräts dargestellt. In ein Hörgerätegehäuse 1 zum Tragen hinter dem Ohr sind ein oder mehrere Mikrofone 2 zur Aufnahme des Schalls aus der Umgebung eingebaut. Eine Signalverarbeitungseinheit 3, die ebenfalls in das Hörgerätegehäuse 1 integriert ist, verarbeitet die Mikrofonsignale und verstärkt sie. Das Ausgangssignal der Signalverarbeitungseinheit 3 wird an einen Lautsprecher bzw. Hörer 4 übertragen, der ein akustisches Signal ausgibt. Der Schall wird gegebenenfalls über einen Schallschlauch, der mit einer Otoplastik im Gehörgang fixiert ist, zum Trommelfell des Geräteträgers übertragen. Die Energieversorgung des Hörgeräts und insbesondere die der Signalverarbeitungseinheit 3 erfolgt durch eine ebenfalls ins Hörgerätegehäuse 1 integrierte Batterie 5.

[0004] Das auditorische System des Menschen umfasst eingangsseitig die cochleare Verarbeitung und reicht bis hin zu einer höheren Verarbeitung im auditorischen Cortex. Hörverluste betreffen das auditorische System in seiner Gesamtheit unabhängig vom Ursprung des Hördefekts. So können Hörschädigungen durch eine Beschädigung der Cochlea, des Hörnervs oder des kortikalen Systems entstehen. Der Erfolg und der Profit einer Hörgeräteanpassung hängt von der Einstellung des Hör-

geräts entsprechend dem individuellen Zustand des Schadens innerhalb des auditorischen Systems ab. Derzeit werden beim Anpassen von Hörgeräten jedoch meist nur cochleare Fehlfunktionen in Betracht gezogen. Dazu werden entsprechende Audiogramme aufgenommen. Auditorische Prozesse auf höherer Ebene werden jedoch nicht berücksichtigt, wenn eine Anpassung und insbesondere eine Erstanpassung durchgeführt wird.

[0005] Aus der Druckschrift DE 10 2009 032 238 A1 ist ein Verfahren zur Kontrolle der Anpassung eines Hörgeräts bekannt. Dabei wird mittels einer Signalquelle ein Testsignal erzeugt und die Wahrnehmung des Testsignals durch den Hörgeräteträger bewertet. Das Testsignal ist ein natürliches oder naturähnliches Sprachelement, das in der Weise spektral gefiltert oder ausgewählt ist, dass das Spektrum des Testsignals zu dem Spektralbereich wenigstens eines Filters der Filterbank des Hörgeräts korrespondiert.

[0006] Darüber hinaus offenbart die Druckschrift US 2010/0196861 A1 ein Verfahren zum Betreiben eines Hörgeräts auf der Basis einer Schätzung einer momentanen kognitiven Belastung eines Nutzers. Die Schätzung der kognitiven Belastung erfolgt durch eine In-Situ-Messung beispielsweise auf der Basis einer EEG-Messung.

[0007] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Hörgerät besser an die individuellen Bedürfnisse anpassen zu können.

[0008] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst durch ein Verfahren zum Anpassen einer Hörvorrichtung durch Testen des auditorischen Sensory Memory eines Nutzers der Hörvorrichtung, wobei mindestens ein Testergebnis gewonnen wird, und Einstellen der Hörvorrichtung in Abhängigkeit von dem mindestens einen Testergebnis. Der Ausdruck "Sensory Memory" ist in Fachkreisen ein feststehender Begriff und könnte am ehesten mit "Empfindungsgedächtnis" übersetzt werden.

[0009] Darüber hinaus wird erfindungsgemäß bereitgestellt eine Anpassvorrichtung zum Anpassen einer Hörvorrichtung umfassend eine Testeinrichtung zum Testen des auditorischen Sensory Memory (Empfindungsgedächtnisses) eines Nutzers der Hörvorrichtung, wobei mindestens ein Testergebnis gewonnen wird, und eine Einstelleinrichtung zum Einstellen der Hörvorrichtung in Abhängigkeit von dem mindestens einen Testergebnis.

[0010] In vorteilhafter Weise wird also für das Anpassen einer Hörvorrichtung das auditorische Sensory Memory (Empfindungsgedächtnis) mit berücksichtigt. Damit können insbesondere Änderungen der Tonhöhe, Änderungen der Lautstärke, Änderungen der Klangfarbe, Änderungen der Phasenstruktur und Änderungen der Schalldauer bei der Anpassung eines Hörgeräts berücksichtigt werden. Damit wird für die Anpassung eines Hörgeräts ein Teil des auditorischen Systems berücksichtigt, das systematisch zwischen der Eingangsstufe der Cochlea und der Endstufe der Verarbeitung im auditorischen Cortex liegt. Es wird nämlich das sensorische Gedächtnis für die Anpassung herangezogen.

[0011] Vorzugsweise wird bei dem Testen eine Merkfähigkeit bezüglich einer interauralen Zeitdifferenz und/oder Pegeldifferenz untersucht. Damit kann die Empfindlichkeit gegenüber Änderungen hinsichtlich Phase und Pegel untersucht werden. Ein Verlust dieser Empfindlichkeit kann sich auf die Sprachverständlichkeit, das Lokalisationsvermögen und die Klangfarbenwahrnehmung auswirken.

[0012] Besonders vorteilhaft ist, wenn bei dem Test in einem ersten Schritt ein binauraler erster Ton aus zwei Einzeltönen (einer für das linke und einer für das rechte Ohr) mit einer ersten interauralen Zeitdifferenz oder Pegeldifferenz und anschließend ein binauraler zweiter Ton aus zwei Einzeltönen mit einer zweiten interauralen Zeitdifferenz oder Pegeldifferenz dem Nutzer dargeboten werden, in einem anschließenden zweiten Schritt der Nutzer aus seinem Sensory Memory bzw. Gedächtnis heraus eine Angabe über die Zeitdifferenz oder Pegeldifferenz in dem ersten Ton und in dem zweiten Ton liefert, und in einem folgenden dritten Schritt das Testergebnis aus der Angabe gewonnen wird. Dabei wird also registriert, ob bzw. wie leicht der Nutzer eine Phasen- bzw. Pegeldifferenz wahrnehmen und diese Wahrnehmung anschließend in irgendeiner Weise wiedergeben kann. Um eine entsprechende Angabe über die Wahrnehmung zu machen, kann der Nutzer beispielsweise geeignete Gesten machen oder entsprechende Knöpfe drücken.

[0013] Bei einer Weiterentwicklung des Tests kann in dem ersten Schritt mindestens ein zusätzlicher Ton aus zwei Einzeltönen mit einer dritten interauralen Zeitdifferenz oder Pegeldifferenz dem Nutzer dargeboten werden, der Nutzer liefert dann in dem zweiten Schritt auch eine zusätzliche Angabe über die Zeitdifferenz oder Pegeldifferenz in dem zusätzlichen Ton, und in dem dritten Schritt wird für das Testergebnis auch die zusätzliche Angabe berücksichtigt. Dem Nutzer wird hier also jeweils eine Kette von drei, vier oder mehr Signalen bzw. Tönen dargeboten, und er muss dann beispielsweise dreimal, viermal etc. entsprechende Knöpfe drücken. Dabei kann die erste interaurale Zeitdifferenz oder Pegeldifferenz der zweiten und/oder dritten entsprechen. D. h. es können beliebige Testmuster der Zeitdifferenzen bzw. Pegeldifferenzen ausgewählt werden.

[0014] Vor dem Testen des auditorischen Sensory Memory bzw. Empfindungsgedächtnisses ist es günstig, einen Unterscheidungstest durchzuführen, ob der Nutzer überhaupt zwei Signale mit unterschiedlichen interauralen Zeit- und/oder Pegeldifferenzen unterscheiden kann. Dadurch lässt sich insbesondere feststellen, ob die Eingangsseite (Cochlea etc.) des auditorischen Systems funktionsfähig ist.

[0015] Anhand des Testergebnisses kann eine Direktionalität und/oder eine binaurale Signalverarbeitung der Hörvorrichtung eingestellt werden. Die Empfindlichkeit des Gehörs hinsichtlich der Direktionalität und der binauralen Verarbeitung hängt nämlich mit dem sensorischen Gedächtnis bezüglich der Zeitdifferenzen und Pe-

geldifferenzen zusammen.

[0016] Vorzugsweise werden der erste und zweite Schritt des Test mehrfach mit geänderten Parametern (anderen ersten und zweiten interauralen Zeit- bzw. Pegeldifferenzen) wiederholt, und in dem dritten Schritt wird das Testergebnis aus den Angaben des Nutzers von allen Wiederholungen gebildet. Es wird damit eine Testreihe bezüglich des sensorischen Gedächtnisses durchgeführt, und die Anpassung des Hörgeräts bzw. der Hörvorrichtung erfolgt dann in Abhängigkeit von der gesamten Testreihe.

[0017] Anstelle des Parameters "interaurale Zeitdifferenz und/oder Pegeldifferenz" kann auch der Parameter "Tonhöhe", "Phase", "Klangfarbe" oder "Lautstärke" oder auch eine Kombination der genannten Parameter sowie eine dynamische Änderung eines oder mehrerer der genannten Parameter getestet werden. Dabei sind die Töne monaural, oder jeder binaurale Ton weist gleiche Einzeltöne für das linke und rechte Ohr auf. Dies bedeutet, dass die oben dargestellten einzelnen Testschritte eben bezüglich beispielsweise des Parameters "Tonhöhe" oder "Phase" durchgeführt wird. Damit kann das Empfindungsgedächtnis bzw. das sensorische Gedächtnis nicht nur hinsichtlich interauraler Zeitdifferenz oder Pegeldifferenz, sondern auch hinsichtlich Änderungen der Tonhöhe, der Phase, der Klangfarbe oder der Lautstärke, gegebenenfalls auch anderer Parameter getestet werden.

[0018] Erfolgt ein Gedächtnistest bezüglich des Parameters "Tonhöhe", d. h. der Merkfähigkeit hinsichtlich einer Tonhöhenänderung, so kann damit eine Frequenzkompression, eine Klangbalance, ein Musikprogramm oder eine Rückkopplungsunterdrückung des Hörgeräts eingestellt werden.

[0019] Wenn andererseits ein Test bezüglich des Parameters "Phase" durchgeführt wird, kann mit dem Testergebnis beispielsweise ein Musikprogramm, eine Direktionalität oder eine Klangbalance eingestellt werden, da sich das Phasenänderungsgedächtnis auf diese Parameter des Hörgeräts auswirkt.

[0020] Des Weiteren kann sich der Test auf den Parameter "Klangfarbe" beziehen. In diesem Fall ist es günstig, eine Klangbalance, eine Verstärkung, eine Klangschärfe, ein HIFI-Merkmal, eine Kompression oder einen Frequenzbereich des Hörgeräts mit dem gewonnenen Testergebnis einzustellen.

[0021] Ferner kann sich der Test auf den Parameter "Lautstärke" beziehen. In diesem Fall sollte eine Kompression oder eine Verstärkung des Hörgeräts anhand des gewonnenen Testergebnisses eingestellt werden.

[0022] Die vorliegende Erfindung wird nun anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert, in denen zeigen:

FIG 1 den schematischen Aufbau eines Hörgeräts gemäß dem Stand der Technik;

FIG 2 ein Tonbeispiel für einen Unterscheidungstest;

FIG 3 ein Beispiel für die serielle Wiedergabe und

FIG 4 ein Beispiel zum Erkennen eines unterschiedlichen Signals von drei Signalen.

[0023] Die nachfolgend näher geschilderten Ausführungsbeispiele stellen bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung dar.

[0024] Ein grundlegender Gedanke der vorliegenden Erfindung besteht darin, dass das auditorische System im Wesentlichen dreigeteilt ist. Am Eingang befindet sich das Ohr und am Ende steht die Signalverarbeitung im auditorischen Cortex. Dazwischen befindet sich das Empfindungsgedächtnis (Sensory Memory). Bildlich betrachtet könnte man das Empfindungsgedächtnis dem Hörnerv zuordnen.

[0025] Die Funktionsfähigkeit des ersten Teils des auditorischen Systems, also des Ohrs, kann durch psychoakustische Tests ermittelt werden. Beispielsweise kann ein so genannter "Unterscheidungstest" durchgeführt werden, bei dem nacheinander zwei Töne abgespielt werden, die sich hinsichtlich eines Parameters (z. B. Tonhöhe bei binauralen Signalen oder Zeitdifferenz bei binauralen Signalen) voneinander unterscheiden. Es kann dann die Schwelle ermittelt werden, an der der Proband den Unterschied der beiden Töne gerade noch wahrnehmen kann (JND= Just Noticeable Difference). Derartige Tests des Ohrs können dann herangezogen werden, um das Hörgerät an den Probanden anzupassen.

[0026] In den 1970er Jahren wurde erkannt (T. Lunner) dass der auditorische Cortex nicht nur die Signale des Ohrs in entsprechende Wahrnehmungen umsetzt, sondern dass die Prozesse des auditorischen Cortex selbst die Wahrnehmungen beeinflussen. So wurde erkannt, dass die Belastung des auditorischen Cortex Einfluss auf das Empfinden hat. Diese Kenntnisse wurden, wie in der Druckschrift US 2010/0196861 A1 dargelegt ist, zur Einstellung von Hörgeräten benutzt.

[0027] Die vorliegende Erfindung fußt nun auf dem Gedanken, dass das Sensory Memory bzw. Empfindungsgedächtnis, noch bevor eine Signalverarbeitung im auditorischen Cortex erfolgt, die Wahrnehmung beeinflusst. Auch dies müsste für die Anpassung einer Hörvorrichtung bzw. eines Hörgeräts berücksichtigt werden.

[0028] Das Problem, die Empfindlichkeit des Menschen hinsichtlich eines Erinnerungsvermögens an Änderungen von Schallgrößen, und das Problem der Fähigkeit, solche Änderungen zu verarbeiten, kann nur durch Rückkopplungen des jeweiligen Probanden analysiert werden, wenn der Proband das Hörgerät längere Zeit getragen hat. Hierzu waren bislang individuelle Besuche und Gespräche mit einem Akustiker notwendig. Zum generellen Lernen über die kortikale Signalverarbeitung wurden auch Studien mit Befragungen in unterschiedlichen Altersgruppen durchgeführt. Es gab aber bislang für den Akustiker keine Möglichkeit, das individuelle Sensory Memory bzw. Empfindungsgedächtnis hinsichtlich interauraler Zeitdifferenz, interauraler Pegel-

differenz und Änderungen bzgl. Tonhöhe, Phase, Klangfarbe oder Lautstärke direkt zu schätzen.

[0029] Daher wird hier ein Testverfahren vorgeschlagen, das eine derartige Schätzung ermöglichen soll, um entsprechend den Testergebnissen bzw. der Schätzung ein Hörgerät einstellen zu können. Der Test kann durch Software und Hardware implementiert werden.

[0030] In bevorzugter Ausführungsform weist der Test für das Anpassungsverfahren zwei Teile auf: einen so genannten "Unterscheidungstest" gefolgt von einem so genannten "Gedächtnistest". Durch diesen zweiteiligen Test kann auf den Ursprung des Hörverlusts rückgeschlossen werden. Der Unterscheidungstest lässt Aussagen über die Funktionsfähigkeit beispielsweise der Cochlea zu, während der Gedächtnistest Aussagen über das Empfindungsgedächtnis liefert. Die Ergebnisse beider Tests erlauben eine Vorhersage über den Erfolg unterschiedlicher Hörgeräteeinstellungen und -anpassungen.

[0031] Bei dem Unterscheidungstest wird zunächst festgestellt, ob der Proband zwei unterschiedliche Signale überhaupt unterscheiden kann. Ziel ist hier nicht, die JND (Just Noticeable Difference) zu ermitteln. Vielmehr ist es Ziel, Signale zu finden, die der Proband sicher unterscheiden kann. Diese sicher zu unterscheidenden Signale sind dann Grundlage für den anschließenden Gedächtnistest. Der Proband muss nach dem Hören von zwei unterschiedlichen Signalen jeweils einen von zwei Knöpfen betätigen, wovon der eine für "gleich" und der andere für "verschieden" steht. Gegebenenfalls kann der Nutzer diese Angaben auch mit Gesten oder verbal machen.

[0032] Der Gedächtnistest dient dazu, zu ermitteln, ob und ggf. auch wie leicht sich ein Proband Signaländerungen merken kann. Der Gedächtnistest kann auf dem Zwei-AFC-Verfahren (Alternative Forced Choice) oder auf einem anderen Verfahren, z. B. Reihenfolgewiederholung (Serial Order Recall) oder das Drei-AFC-Ungleichauswahlverfahren (Oddity Task Test) basieren. Diese Tests sind unten näher beschrieben. Der Erfolg dieser Tests hängt stark von der spezifischen Wahl der Parameter ab, wie dies in den unten gezeigten Beispielen dargestellt ist.

[0033] Ein wichtiger Zusatzaspekt des Tests kann darin liegen, dass der Beginn jeder Testphase verändert wird (so genanntes "Roving"). Beispielsweise wird die interaurale Zeitdifferenz bei jedem Testdurchlauf geändert. Darüber hinaus ist es in der Regel für den Test auch vorteilhaft, wenn der Proband von dem Versuchsleiter keine Rückkopplung über seine Angaben erhält. Damit wird ein Lernen vermieden.

[0034] Der Gedächtnistest liefert dann Testergebnisse, die für die Hörgeräteanpassung bzw. die Einstellung einer Hörvorrichtung genutzt werden können. Insbesondere liefert der Gedächtnistest zwei unterschiedliche Diagnosen hinsichtlich der Sensitivität gegenüber Änderungen (d. h. über das Empfindungsgedächtnis). Zum einen kann die Spanne des Empfindungsgedächtnisses

ermittelt werden, also die Anzahl der unterschiedlichen Töne, die sich der Proband merken kann. Anhand der Gesamtzahl der Töne / Elemente in einem Tonmuster / Elementmuster, die sich der Proband mehr oder weniger gut merken kann, kann auf die Leistungsfähigkeit des Empfindungsgedächtnisses beispielsweise für die Lokalisation geschlossen werden.

[0035] Andererseits liefert der Gedächtnistest eine Aussage über die Verarbeitungsgeschwindigkeit bzw. -Kapazität des Empfindungsgedächtnisses. Anhand der Leichtigkeit, mit der eine bestimmte Anzahl an Elementen gemerkt werden kann, kann auf die Fähigkeit der auditorischen Verarbeitung für eine bestimmte Aufgabe (z. B. Lokalisation) geschlossen werden. Die Leichtigkeit, mit der sich der Proband die unterschiedlichen Signale merken kann, ergibt sich aus der Anzahl der Fehler beim Test. Aussagen über die Leichtigkeit können auch über die Gesamtgeschwindigkeit des Tests gewonnen werden.

[0036] Die Testergebnisse geben Aussage über die Aussicht, inwieweit ein Proband von unterschiedlichen Hörgerätemerkmalen profitieren kann. Derartige Merkmale sind beispielsweise die Wahl der Direktionalität, die Parametrisierung des Direktionalitätsmerkmals und alle Merkmale bzgl. der binauralen Koppelung sowie deren Parametrisierung (z. B. binaurale Geräuschunterdrückung).

[0037] Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel eines Gedächtnistests bzgl. der interauralen Zeitdifferenz bzw. der interauralen Pegeldifferenz dargestellt. Der Test wird binaural durchgeführt und kann erfolgen, indem die interaurale Zeitdifferenz (ITD) oder die interaurale Pegeldifferenz (ILD) geändert wird. Im Folgenden wird die ITD geändert.

[0038] Der Test wird durch eine Abfolge von zwei binauralen Signalen gemäß FIG 2 durchgeführt: einem ersten Signal A und einem zweiten Signal B. Eine solche Abfolge von Signalen kann auch als Kette bezeichnet werden. In dem Beispiel von FIG 2 weist jedes binaurale Signal A, B jeweils vier unterschiedlich hohe binaurale Töne auf. Dabei bedeutet ein binauraler Ton ein Einzelton für das linke Ohr und ein Einzelton für das rechte Ohr, wobei sich beide Einzeltöne um die interaurale Zeit- oder Pegeldifferenz unterscheiden. Der Proband hört sich also die Kette A - B an und muss dann unterscheiden, ob das Signal A gleich dem Signal B ist oder unterschiedlich. Um die entsprechende Angabe zu machen, verwendet der Proband immer die gleiche Schnittstelle. Beispielsweise verwendet er, wie oben bereits angedeutet wurde, immer die beiden Knöpfe "gleich" und "unterschiedlich" um seine Angaben zu machen.

[0039] Im Beispiel von FIG 2 sind der erste, der dritte und der vierte Ton in den beiden Signalen A und B gleich. Der zweite Ton hingegen ist im Signal B gegenüber dem Signal A um δ ITD nach oben geschoben. Wenn der Proband den Unterschied der beiden Signale A, B registriert und sich merken kann, drückt er die Taste "unterschiedlich".

[0040] In FIG 2 ist der Test mit $N = 4$ Tönen dargestellt. Vorzugsweise beginnt der Test jedoch auf einem ersten Niveau mit $N = 1$ und steigert sich dann schrittweise um einen Schritt nach oben, beispielsweise bis $N = 4$ oder mehr.

[0041] Startet der Test auf dem Niveau eins, entspricht dies im Wesentlichen einem Unterscheidungstest. Für $N = 1$ besteht das binaurale erste Signal A aus einer Grundfrequenz und seiner ersten n Harmonischen (nachfolgend als Ton 10 bezeichnet). Das erste Signal besitzt hier eine ITD von null. Das zweite binaurale Signal B besteht aus dem gleichen Ton wie das erste binaurale Signal A, aber $ITD = 0,25$ ms.

[0042] Wenn die Antwort des Probanden falsch ist (wenn er den Knopf "gleich" gedrückt hat), besteht die nächste Kette aus dem binauralen ersten Signal A gefolgt von dem binauralen zweiten Signal B mit dem gleichen Ton, aber die ITD ist vergrößert oder verkleinert (z. B. um ein Vielfaches der ursprünglichen ITD). Die Prozedur der Änderung der Differenz zwischen dem ersten und dem zweiten Signal wird in aufeinander folgenden Ketten so lange wiederholt, bis der Proband nicht mehr erkennt, dass das erste Signal A und das zweite Signal B nicht mehr unterscheiden. Die gleichen Ketten werden dabei mehrfach wiederholt, und der Proband muss bei einer vorgegebenen Anzahl an Wiederholungen nicht erkannt haben, dass sich die beiden Signale unterscheiden. Diese vorgegebene Anzahl an Wiederholungen kann beispielsweise 1, 3, 5 oder 10 betragen. Sie wird vor dem Test festgelegt. Als Ergebnis daraus wird eine ITD zwischen zwei Tönen festgelegt, die der Proband braucht, um sicher zu erkennen, dass die beiden Töne aus unterschiedlichen Richtungen stammen (was sich aus der Zeitdifferenz ergibt).

[0043] Nun wird das Niveau des Tests auf $N = 2$ erhöht, d. h. die Anzahl der Töne in einem Signal wird auf zwei erhöht. Damit beginnt der eigentliche Gedächtnistest. Das erste Signal A besteht nun aus zwei Tönen des gleichen Typs (Grundfrequenz und mehrere Harmonische). Die beiden Töne werden in rascher Abfolge dargeboten: Zunächst der binaurale Originalton gefolgt von dem gleichen binauralen Originalton (gleiche vorgegebene ITD, d. h. gleiche Einfallsrichtung), oder aber es folgt dem Originalton ein um ein Mehrfaches der vorgegebenen ITD verschobener Ton (wie bei $N = 1$).

[0044] Das zweite Signal besteht entweder aus einer exakten Wiederholung des ersten Signals A oder aus einer Änderung der ITD (Richtung) von einem der Töne des ersten Signals A. Nachdem der Proband die Kette gehört hat, muss er die Tonfolge wiederholen bzw. eine entsprechende Angabe machen, in dem er beispielsweise den "gleich"-Knopf oder den "unterschiedlich"-Knopf drückt.

[0045] Der Proband muss auf diese Weise die korrekte Antwort für eine vorbestimmte Anzahl an Ketten liefern, bevor der Test in das nächste Niveau springt. Die Erhöhung der Element- bzw. Tonanzahl für ein Signal ist variabel. Beispielsweise kann die Erhöhung ein oder drei

Töne sein, z. B. von zwei auf drei oder von zwei auf fünf, je nachdem, welcher Schwierigkeitsgrad gewünscht ist.

[0046] Auf Niveau 3 ($N = 3$) besteht beispielsweise das erste Signal aus drei binauralen Tönen des gleichen Typs aber mit unterschiedlichen ITDs. Diese können beliebig gewählt werden, wobei vorzugsweise zumindest die ITD eingehalten wird, die bei Niveau $N = 1$ festgelegt wurde. Das zweite Signal B ist entweder die exakte Wiederholung des ersten Signals A oder ein geändertes erstes Signal. Der Proband antwortet wieder durch Drücken der entsprechenden Tasten. Auch dies wird für eine bestimmte Anzahl an Ketten wiederholt. Anschließend springt der Test auf das nächste Niveau, usw.

[0047] Der Test stoppt auf einem Niveau, wenn der Proband nicht mehr in der Lage ist, eine Änderung (oder Nicht-Änderung) zwischen dem ersten Signal und dem zweiten Signal für eine festgelegte Anzahl an Ketten wahrzunehmen.

[0048] Um einen Lerneffekt zu vermeiden, wird der Startton des ersten Signals in jeder Kette zufallsbasiert geändert (Roving). Auch die Position der Änderung in einem Signal sollte geändert werden. Dies liegt an dem Phänomen des informationellen Maskierens. Damit kann die Aufgabe, eine Änderung in einem melodischen Muster zu erkennen, mehr oder weniger schwierig gemacht werden. Dies kann beispielsweise durch Erhöhen der Anzahl der Elemente bzw. Töne in einem Signal (melodisches Muster) erfolgen. Es kann aber auch durch Ändern des Musters erfolgen (Vorrang- und Neuheitseffekte: die Änderungen von entweder dem ersten oder dem letzten Element sind am leichtesten erkennbar etc.). Der Proband kann wählen, ob er eine Änderung oder mehrere Änderungen in dem melodischen Muster (Signal) haben will und bzgl. welchen Elements. Vorzugsweise wird nur ein Element geändert, und zwar das letzte oder vorletzte Element. Wenn der Test schwieriger sein soll, kann die Änderungsposition sich in einem Niveau ändern oder sogar innerhalb einer Kette.

[0049] In FIG 3 ist eine zweite Art des Gedächtnistests symbolisch wiedergegeben. Dieser Test basiert auf motorischer Reproduktion und kann auch als "serieller Wiederaufruf" bezeichnet werden (Serial Recall). Auch hier wird ein Signal mit mehreren Tönen 10 wiedergegeben. Je nach Testzweck bestehen die Töne wie oben beispielsweise aus binauralen Tönen mit unterschiedlichen ITD oder ILD. Es können aber auch unterschiedliche Tonhöhen getestet werden, so dass sich wie in dem Beispiel von FIG 3 die Frequenz f zwischen monauralen Tönen ändert. In jedem Fall muss der Proband die beiden Knöpfe 11, 12 entsprechend der Tonfolge drücken. Im vorliegenden Beispiel muss er zunächst den Knopf 11, dann den Knopf 12 und anschließend nochmals den Knopf 11 zweimal drücken. Dadurch hat er eine subjektive Angabe über die gehörte Tonfolge abgegeben. Auch so kann das Empfindungsgedächtnis geprüft werden.

[0050] Eine weitere Möglichkeit des Gedächtnistests besteht gemäß FIG 4 darin, dass drei Signale A, B und X hintereinander dargeboten werden, wobei jedes Signal

mehrere Töne 10 besitzt (im vorliegenden Fall vier Töne pro Signal). Zwei der Signale sind gleich und eines kann von den übrigen Signalen verschieden sein (hier wieder unterschiedliche Tonhöhen). Der Proband muss dieses verschiedene Signal erkennen und eine entsprechende Angabe hierzu machen. In dem Beispiel von FIG 4 wurde der zweite Ton 10 um Δf nach oben verschoben. D. h. seine Tonhöhe wurde erhöht. Dies kann sinngemäß auch auf die interaurale Pegeldifferenz bzw. die interaurale Zeitdifferenz übertragen werden, indem nämlich die Töne binaural dargeboten werden und der zweite Ton eine andere interaurale Pegel- bzw. Zeitdifferenz erhält. Ebenso kann bei einem der Töne auch ein anderer Parameter, wie beispielsweise die Klangfarbe, die Klangschärfe, die Lautheit und der gleichen verändert werden. Die Anwendbarkeit auf andere Parameter als die jeweils dargestellte Frequenz f lässt sich auch auf den Test gemäß der FIG 3 übertragen. Umgekehrt kann bei dem Test von FIG 2 statt der ITD auch ein anderer Parameter, wie die Tonhöhe, Klangfarbe etc., verändert werden.

[0051] Ein anderer ebenfalls hinsichtlich des Empfindungsgedächtnisses interessanter Parameter ist die Lautheitsänderung. Der Verlust der Sensitivität gegenüber der Lautheitsänderung kann sich negativ auf die Sprachverständlichkeit (Vokalkonturen), auf den individuellen Dynamikbereich und folglich auch auf die Wahl der Kompressionsparameter und die Verstärkung des Hörgeräts auswirken. Umgekehrt bedeutet dies, dass sich die Ergebnisse eines Gedächtnistests hinsichtlich Lautheitsänderungen auf unterschiedliche Einstellparameter des Hörgeräts auswirken können. Hierzu zählen insbesondere die Kompressionsstärke in Abhängigkeit von dem Dynamikbereich (empfundene Lautheitsschwankungen), die Wahl der Kompressionszeit konstanten (Notwendigkeit einer gewissen Flexibilität bezüglich Lautheitsschwankungen), die Lautstärkesteuerung, das Lernen von Lautstärkemerkmale und die MPO-Anpassung (Maximum Pressure Out).

[0052] Der oben im Zusammenhang mit der interauralen Zeitdifferenz und Pegeldifferenz beschriebene Gedächtnistest mit den mehreren Niveaus kann auch hier für Lautstärkeänderungen eingesetzt werden. Der Test beinhaltet einen Vergleich mit ansteigender Anzahl an Tönen je Signal, wobei mit einem einzelnen Ton pro Signal (melodisches Muster) begonnen wird. Das zweite Signal besitzt dann beispielsweise einen Ton, der um 3 dB lauter oder leiser als der Ton des ersten Signals ist. Der Proband muss diese Änderung erkennen (können). Wenn dies gewährleistet ist, kann der eigentliche Gedächtnistest hinsichtlich der Lautheitsänderungen analog zu dem Gedächtnistest bezüglich der interauralen Zeitdifferenz und Pegeldifferenz bzw. Tonhöhen in den Niveaus $N = 2$, $N = 3$ usw. durchgeführt werden.

[0053] Darüber hinaus kann der Gedächtnistest auch hinsichtlich der Empfindung von Klangfarbenänderungen benutzt werden. Der Verlust der Sensitivität bezüglich der Klangfarbe wirkt sich ebenfalls auf die Sprachverständlichkeit (Vokalformanten), Wahrnehmung von

höheren Frequenzen und folglich auch auf die Wahl der Verstärkung des Hörgeräts aus. Dementsprechend sind folgende Hörgeräteparameter betroffen: Klangbalancesteuerung, Verstärkung bei höheren Frequenzen (Empfindlichkeit gegenüber Klangschärfe), das Lernen von Klangbalancemerkmalen, Klangschärfe, HIFI-Merkmale, Frequenzkompression, Frequenzbereich des Hörgeräts und Konstantverstärkung. Bei dem Test wird dann anstelle der interauralen Zeitdifferenz oder der interauralen Pegeldifferenz die Klangfarbe geändert. Der Proband muss sich an die Klangfarbenänderung erinnern, wenn er seine Angaben aus dem Gedächtnis heraus macht.

[0054] Des Weiteren kann der Gedächtnistest dazu genutzt werden, um ein Empfindungsgedächtnis bezüglich Phasenänderungen zu untersuchen. Es werden dann bei dem Test Töne dargeboten, bei denen eine oder mehrere Phasen geändert wurden. Der Verlust des Empfindungsgedächtnisses diesbezüglich wirkt sich ebenfalls auf die Sprachverständlichkeit, die Lokalisationsfähigkeit und die Klangfarbenwahrnehmung aus. Daher können Testergebnisse aus diesem Test zur Anpassung des Hörgeräts bezüglich folgender Merkmale herangezogen werden: Musikprogrammeinstellungen, Sprachverständlichkeit, Direktionalität und Klangbalancesteuerung einschließlich deren Lernvorgang.

[0055] Des Weiteren kann der obige Test auch dazu verwendet werden, das Empfindungsgedächtnis bezüglich Änderungen des Tons zu analysieren. Dabei wird beispielsweise ein Oberton zu der Grundfrequenz und bereits vorhandenen Obertönen hinzugefügt, oder es wird einer der vorhandenen Obertöne entfernt. Der Verlust dieser Sensitivität wirkt sich nämlich auch auf die Sprachverständlichkeit (Vokalkonturen), Musikwahrnehmung und Gesamtfrequenzformung des Hörgeräts aus. Daher können die Testergebnisse verwendet werden, um am Hörgerät folgende Merkmale anzupassen bzw. einzustellen: Frequenzkompression (Flexibilität hinsichtlich Tonänderungen, die gebraucht werden), Klangbalance (Unterscheidung von Tönen, die gebraucht wird), Wahl des Musikprogramms (Ja oder Nein), Parametrisierung der Rückkopplungsunterdrückung (Tonverschiebungsempfindlichkeit) und Konstantverstärkung.

[0056] All die oben genannten Tests können auch in Kombination miteinander und zeitlich ineinander geschachtelt durchgeführt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Anpassen einer Hörvorrichtung gekennzeichnet durch

- Testen des auditorischen Sensory Memory eines Nutzers der Hörvorrichtung, wobei mindestens ein Testergebnis gewonnen wird, und
- Einstellen der Hörvorrichtung in Abhängigkeit

von dem mindestens einen Testergebnis.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei bei dem Testen eine Merkfähigkeit bezüglich einer interauralen Zeitdifferenz und/oder Pegeldifferenz untersucht wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei bei dem Testen in einem ersten Schritt ein binauraler erster Ton (10) aus zwei Einzeltönen mit einer ersten interauralen Zeitdifferenz oder Pegeldifferenz und anschließend ein binauraler zweiter Ton (10) aus zwei Einzeltönen mit einer zweiten interauralen Zeitdifferenz oder Pegeldifferenz dem Nutzer dargeboten werden, in einem anschließendem zweiten Schritt der Nutzer aus seinem Sensory Memory heraus eine Angabe über die Zeitdifferenz oder Pegeldifferenz in dem ersten Ton und in dem zweiten Ton liefert und in einem folgenden dritten Schritt das Testergebnis aus der Angabe gewonnen wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei in dem ersten Schritt mindestens ein zusätzliche Ton aus zwei Einzeltönen mit einer dritten interauralen Zeitdifferenz oder Pegeldifferenz dem Nutzer dargeboten wird, der Nutzer im zweiten Schritt auch eine zusätzliche Angabe über die Zeitdifferenz oder Pegeldifferenz in dem zusätzlichen Ton liefert und in dem dritten Schritt für das Testergebnis auch die zusätzliche Angabe berücksichtigt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, wobei vor dem Testen des auditorischen Empfindungsgedächtnisses ein Unterscheidungstest durchgeführt wird, ob der Nutzer überhaupt zwei Töne mit unterschiedlichen interauralen Zeitdifferenzen und/oder Pegeldifferenzen unterscheiden kann.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei anhand des Testergebnisses eine Direktionalität und/oder eine binaurale Signalverarbeitung der Hörvorrichtung eingestellt wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 6, wobei der erste und zweite Schritt mehrfach mit geänderten Parametern wiederholt wird, und in dem dritten Schritt das Testergebnis aus den Angaben des Nutzers von allen Wiederholungen gebildet wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 7, wobei anstelle des Parameters interaurale Zeitdifferenz und/oder Pegeldifferenz der Parameter Tonhöhe, Phase, Klangfarbe oder Lautstärke oder auch eine Kombination der genannten Parameter sowie eine dynamische Änderung eines oder mehrerer der genannten Parameter getestet wird, und dabei die Töne monaural sind oder jeder binaurale Ton gleiche Einzeltöne für das linke und rechte Ohr aufweist.

9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei anhand eines Testergebnisses bezüglich des Parameters Tonhöhe eine Frequenzkompression, eine Klangbalance, ein Musikprogramm oder eine Rückkopplungsunterdrückung eingestellt wird. 5
10. Verfahren nach Anspruch 8, wobei anhand eines Testergebnisses bezüglich des Parameters Phase ein Musikprogramm, eine Direktionalität oder eine Klangbalance eingestellt wird. 10
11. Verfahren nach Anspruch 8, wobei anhand eines Testergebnisses bezüglich des Parameters Klangfarbe eine Klangbalance, eine Verstärkung, eine Klangschärfe, ein HIFI-Merkmal, eine Kompression oder ein Frequenzbereich eingestellt wird. 15
12. Verfahren nach Anspruch 8, wobei anhand eines Testergebnisses bezüglich des Parameters Lautstärke eine Kompression oder eine Verstärkung eingestellt wird. 20
13. Anpassvorrichtung zum Anpassen einer Hörvorrichtung **gekennzeichnet durch** 25
- eine Testeinrichtung zum Testen des auditorischen Empfindungsgedächtnisses eines Nutzers der Hörvorrichtung, wobei mindestens ein Testergebnis gewonnen wird, und
 - eine Einstelleinrichtung zum Einstellen der Hörvorrichtung in Abhängigkeit von dem mindestens einen Testergebnis. 30

35

40

45

50

55

FIG 1
(Stand der Technik)

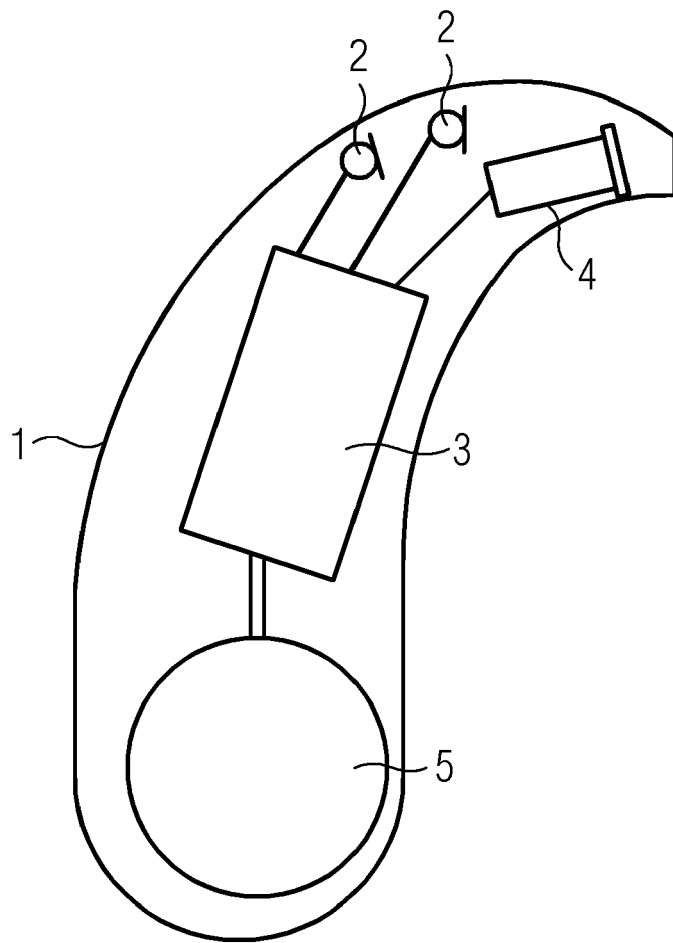


FIG 2

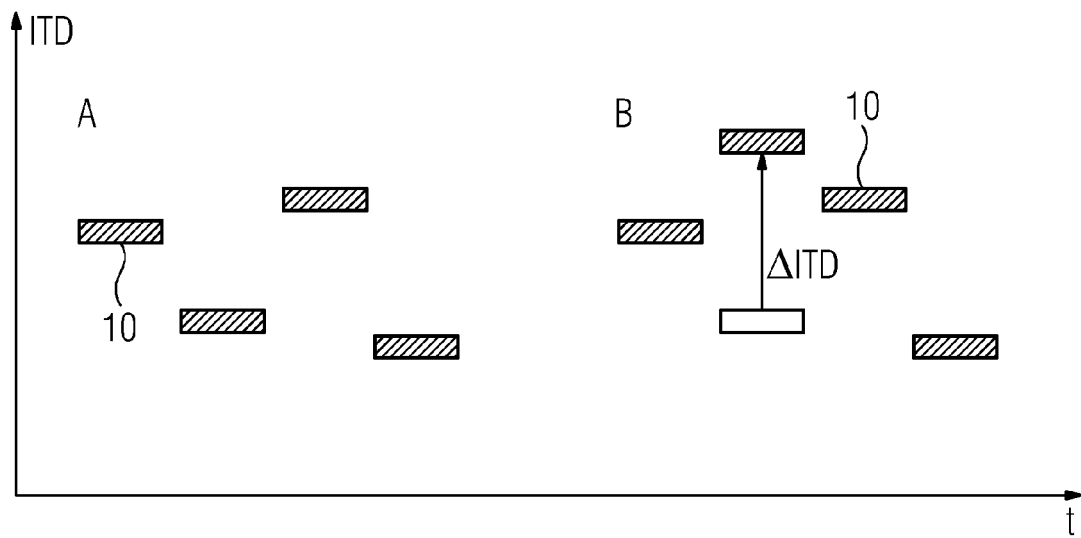


FIG 3

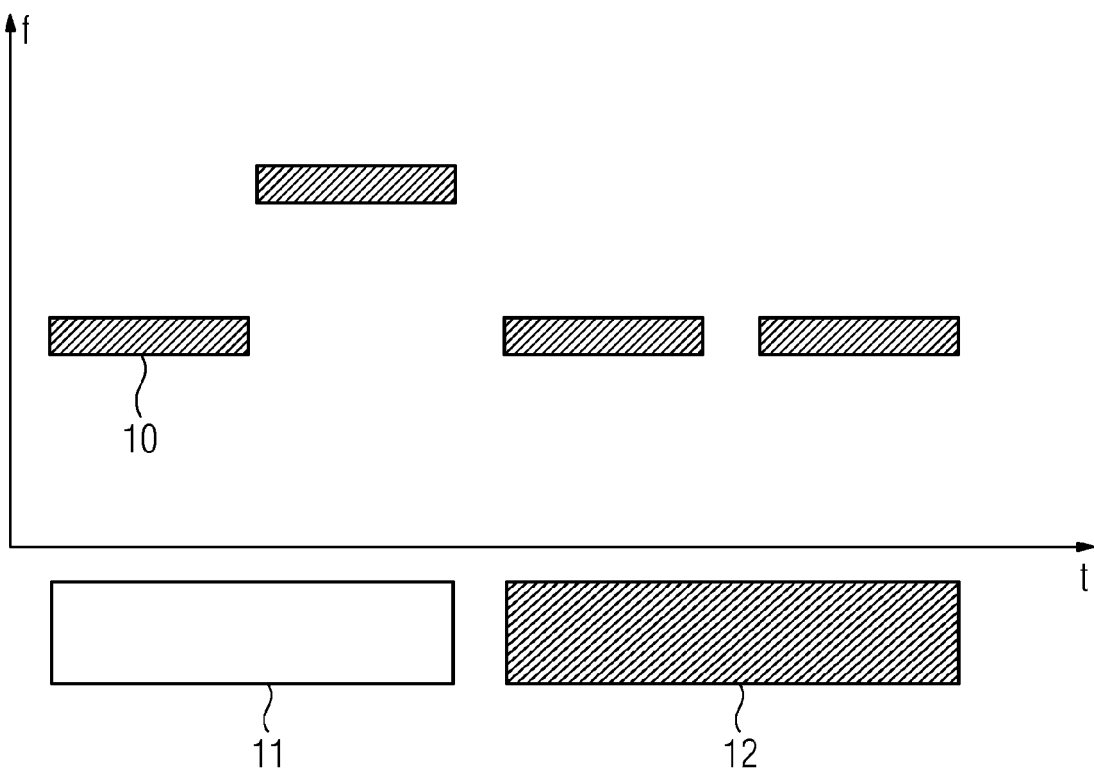
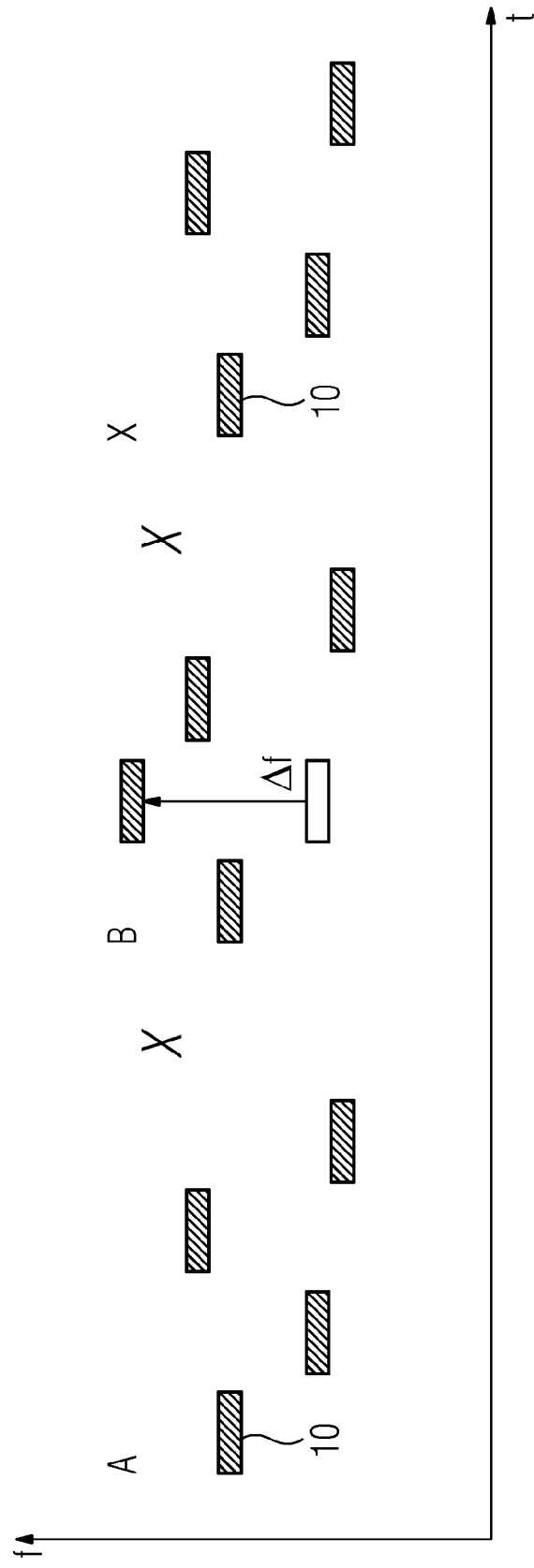


FIG 4



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

- DE 102009032238 A1 [0005]
- US 20100196861 A1 [0006] [0026]