



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
22.10.2008 Patentblatt 2008/43

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

(21) Anmeldenummer: **08103047.0**

(22) Anmeldetag: **28.03.2008**

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

(30) Priorität: **16.04.2007 DE 102007018121**

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

(72) Erfinder:
• **Nikles, Peter**
91054 Erlangen (DE)
• **Rückerl, Gottfried**
90461 Nürnberg (DE)
• **Schätzle, Ulrich**
91301 Forchheim (DE)

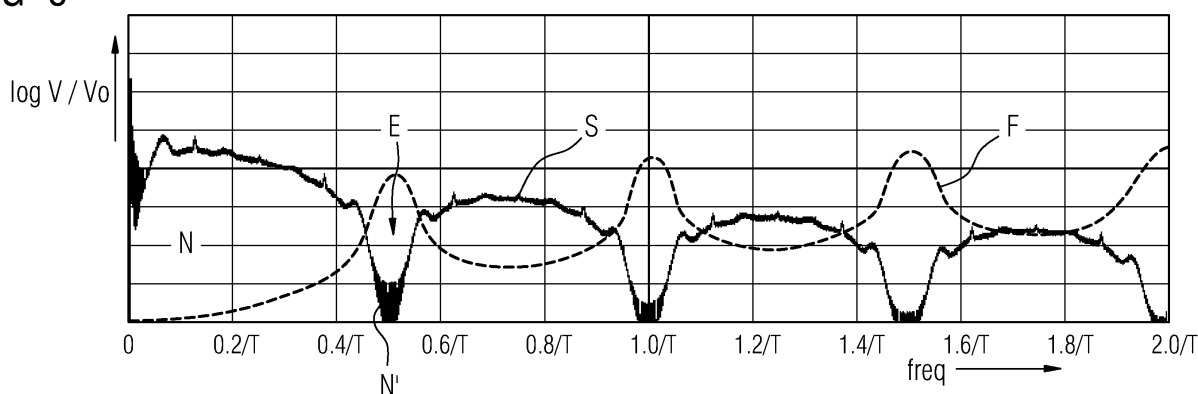
(74) Vertreter: **Maier, Daniel Oliver**
Siemens AG
Postfach 22 16 34
80506 München (DE)

(54) **Hörvorrichtung mit störrarmer Höreransteuerung und entsprechendes Verfahren**

(57) Es soll eine stromsparende Ansteuerung des Hörers auch bei Hörgeräten mit drahtloser Übertragung zu anderen Geräten ohne wesentliche Störungen möglich sein. Daher wird erfindungsgemäß eine Hörvorrichtung, insbesondere ein Hörgerät, mit einer Übertragungseinrichtung zur drahtlosen Datenübertragung in einem Hauptfrequenzband, einem Lautsprecher und einer

Ansteuereinrichtung zum Ansteuern des Lautsprechers mit einem Ansteuersignal bereitgestellt, wobei das Frequenzspektrum des Ansteuersignals in einem Bereich des Hauptfrequenzbands einen wesentlichen Einschnitt (E) besitzt. Ein derartiges "Noiseshaping" kann durch pulsdichtemodulierte Höreransteuersignale erreicht werden.

FIG 6



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Hörvorrichtung mit einer Übertragungseinheit zur drahtlosen Datenübertragung in einem Hauptfrequenzband, einem Lautsprecher und einer Ansteuereinrichtung zum Ansteuern des Lautsprechers mit einem Ansteuersignal. Darüber hinaus betrifft die vorliegende Erfindung ein entsprechendes Verfahren zum Betreiben einer Hörvorrichtung. Unter dem Begriff "Hörvorrichtung" wird hier insbesondere ein Hörgerät, ein Headset, Kopfhörer und andere am Kopf tragbare Geräte verstanden.

[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) und In-dem-Ohr-Hörgeräte (IdO), z.B. auch Concha-Hörgeräte oder Kanal-Hörgeräte (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 Stromversorgung des Hörgeräts und insbesondere die der Signalverarbeitungseinheit 3 erfolgt durch eine ebenfalls ins Hörgerätegehäuse 1 integrierte Batterie 5.

[0004] Zur Ansteuerung des Lautsprechers bzw. Hörers eines Hörgeräts wird häufig beispielsweise die Pulsdichtemodulation (PDM) oder Pulsweitenmodulation (PWM) eingesetzt. Die digitale Ansteuerung besitzt den Vorteil, dass bei digitalen Hörgeräten die Stufe des Digital-analog-Wandlers entfallen kann. Digitale Ansteuerschaltungen haben ferner einen deutlich höheren Wir-

kungsgrad als analoge Ansteuerschaltungen. Dagegen sind analoge Ansteuerschaltungen störrämer, d.h. sie belegen ein auf das akustische Signal begrenztes Frequenzspektrum mit geringem Oberwellenanteil. Die bei digitaler Ansteuerung sehr stark ausgeprägten Oberwellen stören jedoch die drahtlose Übertragung von Daten zwischen Hörgeräten und die Übertragung zwischen einem Hörgerät und externem Zubehör (Fernbedienung, drahtloses Programmiergerät, drahtloses Relaisgerät, etc.).

[0005] Eine mögliche Lösung dieses Problems könnte in dem folgenden Kompromiss liegen: Der Hörer wird bei Hörgeräten mit drahtloser Übertragung analog angesteuert und bei Hörgeräten ohne Drahtlos-Funktion erfolgt eine stromsparende digitale Ansteuerung. Damit könnten jedoch Hörgeräte mit drahtloser Übertragung von der stromsparenden digitalen Ansteuerung nicht profitieren.

[0006] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht somit darin, insbesondere auch für digital arbeitende Hörvorrichtungen eine stromsparende digitale Ansteuerung des Lautsprechers der Hörvorrichtung zu ermöglichen. Darüber hinaus soll ein entsprechendes Verfahren zum Betreiben einer Hörvorrichtung bereitgestellt werden.

[0007] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst durch eine Hörvorrichtung mit einer Übertragungseinrichtung zur drahtlosen Datenübertragung in einem Hauptfrequenzband, einem Lautsprecher und einer Ansteuereinrichtung zum Ansteuern des Lautsprechers mit einem Ansteuersignal, wobei das Frequenzspektrum des Ansteuersignals in einem Bereich des Hauptfrequenzbands einen wesentlichen Einschnitt besitzt.

[0008] Darüber hinaus wird erfindungsgemäß bereitgestellt ein Verfahren zum Betreiben einer Hörvorrichtung durch drahtloses Datenübertragen in einem Hauptfrequenzband und Ansteuern eines Lautsprechers der Hörvorrichtung mit einem Ansteuersignal, wobei das Frequenzspektrum des Ansteuersignals in einem Bereich des Hauptfrequenzbands einen wesentlichen Einschnitt besitzt.

[0009] Durch die Trennung der Signale für die Datenübertragung und für die Ansteuerung des Lautsprechers im Frequenzbereich treten kaum mehr wechselseitige Störungen auf, so dass auch eine Hörvorrichtung, die zur drahtlosen Datenübertragung ausgelegt ist, den internen Hörer bzw. Lautsprecher digital ansteuern kann.

[0010] Vorzugsweise ist das Ansteuersignal der Ansteuereinrichtung pulsdichtemoduliert oder pulsweitenmoduliert. Damit lässt sich ein als Tiefpass wirkender induktiver Lautsprecher ohne hohen Signalverarbeitungsaufwand von einer digitalen Signalverarbeitungsschaltung ansteuern.

[0011] Die Datenübertragung durch die Übertragungseinrichtung kann breitbandig in mehreren Frequenzbändern erfolgen, und das Frequenzspektrum des Ansteuersignals kann im Bereich jedes der Frequenzbänder jeweils einen wesentlichen Einschnitt aufweisen. Damit ist

das erfindungsgemäße Prinzip auch für eine breitbandige Übertragung hoher Datenrate einsetzbar.

[0012] Des Weiteren kann die Übertragungseinrichtung ein Bandpassfilter aufweisen, das im Wesentlichen nur Frequenzanteile passieren lässt, welche im Hauptfrequenzband oder im Hauptfrequenzband und im Bereich Vielfacher davon liegen. Dadurch kann die Störfestigkeit der drahtlosen Übertragung zusätzlich gesteigert werden.

[0013] Die erfindungsgemäße Hörvorrichtung kann in einer speziellen Ausführungsform als In-dem-Ohr-Hörgerät ausgestaltet sein, auch wenn dort der Stromverbrauch und der zur Verfügung stehende Platz äußerst beschränkt sind. Durch das geringe Platzangebot befindet sich nämlich der Hörer, der in der Regeln ein magnetoakustischer Wandler ist, sehr nahe an der Empfangsspule. Darüber hinaus ist bei In-dem-Ohr-Hörgeräten die Position und die Ausrichtung bei jedem Gerät individuell. In jedem Fall induziert der Hörer mehr oder weniger große Störsignale in der Empfangsspule. Damit wird dort das Signal-zu-Rausch-Verhältnis in der Regel deutlich verschlechtert. Das schlechte Signal-zu-Rausch-Verhältnis könnte durch eine erhöhte Sendeleistung verbessert werden, was aber nur durch einen enormen Energiebedarf zu erreichen ist. Um so willkommener ist daher die erfindungsgemäße Lösung, das Ansteuersignal für den Hörer spektral von dem Übertragungssignal für die drahtlose Datenübertragung zu trennen.

[0014] Entsprechend einer weiteren Ausführungsform wird erfindungsgemäß ein Hörsystem mit zwei Hörgeräten bereitgestellt, die jeweils den Aufbau der oben beschriebenen Hörvorrichtung besitzen, wobei die Übertragungseinrichtungen beider Hörgeräte eine bidirektionale, drahtlose Datenübertragung ermöglichen, und eine Datenübertragung in einer Richtung in einem anderen Frequenzband erfolgt als eine Datenübertragung in der anderen Richtung. Damit kann eine echte bidirektionale Verbindung mit zeitgleichen directionalen Übertragungen zur Verfügung gestellt werden.

[0015] Die vorliegende Erfindung ist anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert, in denen zeigen:

- FIG 1 den prinzipiellen Aufbau eines Hörgeräts gemäß dem Stand der Technik;
- FIG 2 ein erfindungsgemäßes Hörgerätesystem;
- FIG 3 ein PDM-Zeitsignal der Spannung am Hörer;
- FIG 4 einen vergrößerten Ausschnitt des PDM-Zeitsignals von FIG 3;
- FIG 5 das PDM-Frequenzspektrum des Signals von FIG 3 und
- FIG 6 das PDM-Frequenzspektrum von FIG 5 zusammen mit einer Durchlasskurve eines ideal angepassten Frequenzfilters.

[0016] Die nachfolgend geschilderten Ausführungsbeispiele stellen bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung dar.

[0017] In FIG 2 ist ein Hörgerätesystem mit zwei Hörgeräten 10 und 11 schematisch dargestellt. Die beiden Hörgeräte 10, 11 sind gleich aufgebaut. Der Übersicht halber sind jedoch nur in dem Hörgerät 10 die für die vorliegende Erfindung wesentlichen Komponenten dargestellt. Die zentrale Einheit des IdO-Hörgeräts 10 ist eine Signalverarbeitungs- bzw. Steuereinheit 12. Sie wird von einer Batterie 13 versorgt. Ihr Ausgangssignal dient zur Ansteuerung eines Hörers 14, der in der Regel als magnetoakustischer Wandler ausgebildet ist. Darüber hinaus steuert die Steuereinheit 12 auch eine Übertragungseinheit 15 an, die hier zur bidirektionalen Übertragung zu dem zweiten Hörgerät 11 dient. Die Übertragungseinrichtung 15 ist durch eine Spule symbolisiert, sie kann aber auch andere Übertragungskomponenten enthalten.

[0018] Aus FIG 2 ist ersichtlich, dass die Elektronikkomponenten in dem IdO-Hörgerät 10 räumlich sehr nahe aneinander angeordnet sind. Insbesondere sind auch der Hörer 14 und die Übertragungseinheit 15 sehr nahe beisammen platziert, so dass es unwillkürlich zu gegenseitigen Beeinflussungen und Störungen kommt.

[0019] FIG 3 zeigt ein typisches PDM-Ansteuersignal, mit dem die Ansteuereinheit 12 den Hörer 14 zeitlich ansteuert. Die an den Hörer zu übertragende Information steckt in der Pulsdichte. In FIG 4 ist ein Ausschnitt dieses Signals in vergrößerter Darstellung wiedergegeben. Die Dichte der Impulse variiert in der gewünschten Weise.

[0020] Der Hörer 14 besitzt eine spezifische induktive Charakteristik. Daher führt das in FIG 3 wiedergegebene zeitliche PDM-Spannungssignal im Hörer zu dem in der FIG gestrichelt eingezeichneten Stromverlauf.

[0021] Das Frequenzspektrum des PDM-Spannungssignals von FIG 3 ist in FIG 5 dargestellt. Es besteht im Wesentlichen aus Bögen, die periodisch aneinander gereiht sind und deren Amplitude aufgrund der Rechteckform der PDM-Impulse entsprechend der Funktion $\sin x/x$ abnehmen. In bestimmten Bereichen des Spektrums, nämlich zwischen zwei Bögen ergeben sich im Spektrum Einschnitte E, d.h. sogenannte "frei geräumte Bereiche". In diesen frei geräumten Bereichen treten also keine bzw. kaum Störsignale auf. Dort sind dann nur das Nutzsignal N bzw. Nutzsignalanteile N' vorhanden. Das Entstehen der Einschnitte E, die auch als "notches" bezeichnet werden, kann wie folgt erklärt werden: Die Pulsauern T_p des PDM-Signals sind fest gewählt und treten in einem festen Zeitraster von $n \times T_p$ auf. Die statistische Verteilung von positiven und negativen Pulsen ist für natürliche Audiosignale gleich. Dadurch tritt die Frequenz $1/(2T_p)$ sowie deren ganzzahlige Vielfache mit etwa gleicher Amplitude in der Phasenlage 0° und 180° auf. Dies führt zu der gezielten Auslöschung von Signalen im Bereich um die Frequenzen $n \times 1/(2T_p)$. Diese Auslöschung führt zu den oben erwähnten Einschnitten E bzw. "notches". Dazwischen ergeben sich die bogenförmigen Störsignalan-

teile S.

[0022] Die Grundidee der vorliegenden Erfindung besteht nun in der Anpassung der Arbeitsfrequenz der digitalen Höreransteuerung an das drahtlose Übertragungssystem. Konkret wird also versucht, störende Hörer-Rauschanteile aus dem genutzten Frequenzband für die drahtlose Datenübertragung zu entfernen. Dies wird hier durch die entsprechende günstige Formung des Störspektrums ("Noise-shaping") erreicht, indem die Arbeitsfrequenz des PDM-Modulators eben so gewählt wird, dass die Einschnitte E im Bereich der Übertragungsfrequenz für die drahtlose Übertragung bzw. deren Vielfache liegen. Damit wird die drahtlose Übertragung nur noch geringfügig beeinträchtigt und die Vorteile der digitalen Höreransteuerung bleiben bestehen.

[0023] Das Freiräumen von Störanteilen aus den für die drahtlose Datenübertragung genutzten Frequenzbereichen kann durch weitere bekannte "Noise-shaping"-Verfahren ergänzt werden. So können beispielsweise Rauschanteile aus dem niederfrequenten Bereich der Audiosignale auf bekannte Weise in Richtung höherer Frequenzen geschoben werden. Mit diesem und anderen bekannten Verfahren lassen sich so die Breite und die Form der Einschnitte je bzw. "notches" optimieren.

[0024] Die Störfestigkeit der drahtlosen Übertragung gegen die Höreransteuerung kann weiter verbessert werden, indem die Signalverarbeitung des drahtlosen Übertragungsteils mit einem Bandpassfilter ausgeführt wird, das nur Frequenzen innerhalb der drahtlos genutzten Bandbreite ungehindert durchlässt. Die Filterfunktion F eines derartigen Bandpassfilters ist in FIG 6 zusammen mit dem PDM-Frequenzspektrum des Beispielsignals dargestellt. Besonders effektiv ist die Verbesserung der Störfestigkeit, wenn die Charakteristik des Bandpasses (Steigung der Filterflanken, Güte des Filters) und die Charakteristik des "Noise-shaping" aufeinander angepasst sind.

[0025] In dem Beispiel von FIG 5 treten in festen Frequenzabständen "notches" auf. Im einfachsten Fall wird nur einer davon für die drahtlose Datenübertragung genutzt. Für Anwendungen mit großem Bandbreitenbedarf kann die drahtlose Übertragung aber auch auf mehrere Teilfrequenzbereiche aufgeteilt werden. Dann sollten die Teilfrequenzbereiche in den anderen "notches" des PDM-Ansteuersignals für den Hörer liegen. Hinsichtlich der Störfestigkeit sollte auch hier die Charakteristik des Bandpasses und die des "Noise-shaping" aneinander angepasst sein. Dies lässt sich beispielsweise mit speziellen Kammfiltern erreichen, deren Durchlassbereich auf die "notches" abgestimmt sind.

[0026] Nach dem Filtern erhält man einen flachen, niedrigen Grundrauschpegel, aus dem auch kleine Nutzsignale noch gut detektierbar sind. Als Folge steigt die mögliche Reichweite der drahtlosen Übertragung. Alternativ kann bei gleicher Reichweite eine höhere Datenrate erzielt werden.

[0027] Oben wurde bereits angedeutet, dass für Anwendungen, in denen mehrere Frequenzbereiche ge-

nutzt werden, bandbreitenintensive Übertragungen von Audiosignalen oder Programmierdaten möglich sind. Gegebenenfalls können mehrere Frequenzbänder aber auch für zeitgleiche bidirektionale Übertragungen genutzt werden, indem die Richtungen auf unterschiedliche Frequenzbereiche aufgeteilt werden.

Patentansprüche

1. Hörvorrichtung (10) mit

- einer Übertragungseinrichtung (15) zur drahtlosen Datenübertragung in einem Hauptfrequenzband,
- einem Lautsprecher (14) und
- einer Ansteuereinrichtung (12) zum Ansteuern des Lautsprechers (14) mit einem Ansteuersignal,

dadurch gekennzeichnet, dass

- das Frequenzspektrum des Ansteuersignals in einem Bereich des Hauptfrequenzbands einen wesentlichen Einschnitt besitzt.

2. Hörvorrichtung nach Anspruch 1, wobei das Ansteuersignal der Ansteuereinrichtung (12) pulsdichtemoduliert ist.

3. Hörvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Datenübertragung durch die Übertragungseinrichtung (15) breitbandig in mehreren Frequenzbändern erfolgt und das Frequenzspektrum des Ansteuersignals im Bereich jedes der Frequenzbänder jeweils einen wesentlichen Einschnitt aufweist.

4. Hörvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Übertragungseinrichtung (15) ein Bandpassfilter aufweist, das im Wesentlichen nur Frequenzanteile passieren lässt, welche im Hauptfrequenzband oder im Hauptfrequenzband und im Bereich Vielfacher davon liegen.

5. Hörvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, die als In-dem-Ohr-Hörgerät ausgestaltet ist.

6. Hörsystem mit zwei Hörgeräten (10, 11), die jeweils in Aufbau einer Hörvorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 5 besitzen, wobei die Übertragungseinrichtungen (15) beider Hörgeräte (10, 11) eine bidirektionale, drahtlose Datenübertragung ermöglichen, und eine Datenübertragung in einer Richtung in einem anderen Frequenzband erfolgt, als eine Datenübertragung in der anderen Richtung.

7. Verfahren zum Betreiben einer Hörvorrichtung (10,

11) durch

- drahtloses Datenübertragen in einem Hauptfrequenzband und
- Ansteuern eines Lautsprechers (14) der Hörvorrichtung mit einem Ansteuersignal, 5

dadurch gekennzeichnet, dass

- das Frequenzspektrum des Ansteuersignals in einem Bereich des Hauptfrequenzbands einen wesentlichen Einschnitt (E) besitzt. 10

8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei das Ansteuersignal pulsdichtemoduliert ist. 15
9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, wobei die Datenübertragung breitbandig in mehreren Frequenzbändern erfolgt und das Frequenzspektrum des Ansteuersignals im Bereich jedes der Frequenzbänder jeweils einen wesentlichen Einschnitt (E) aufweist. 20
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, wobei das Signal zur Datenübertragung mit einem Bandpass gefiltert wird, das im Wesentlichen nur Frequenzanteile passieren lässt, welche im Hauptfrequenzband oder im Hauptfrequenzband und im Bereich Vielfacher davon liegen. 25

30

35

40

45

50

55

FIG 1
(Stand der Technik)

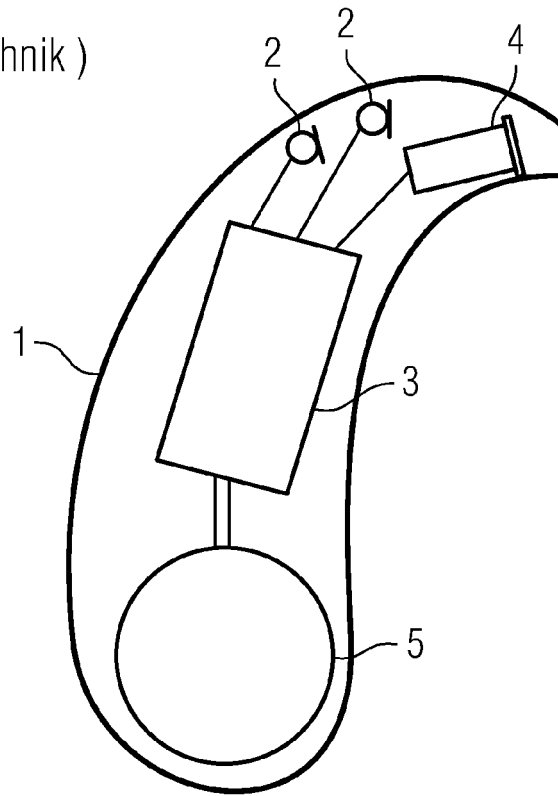


FIG 2

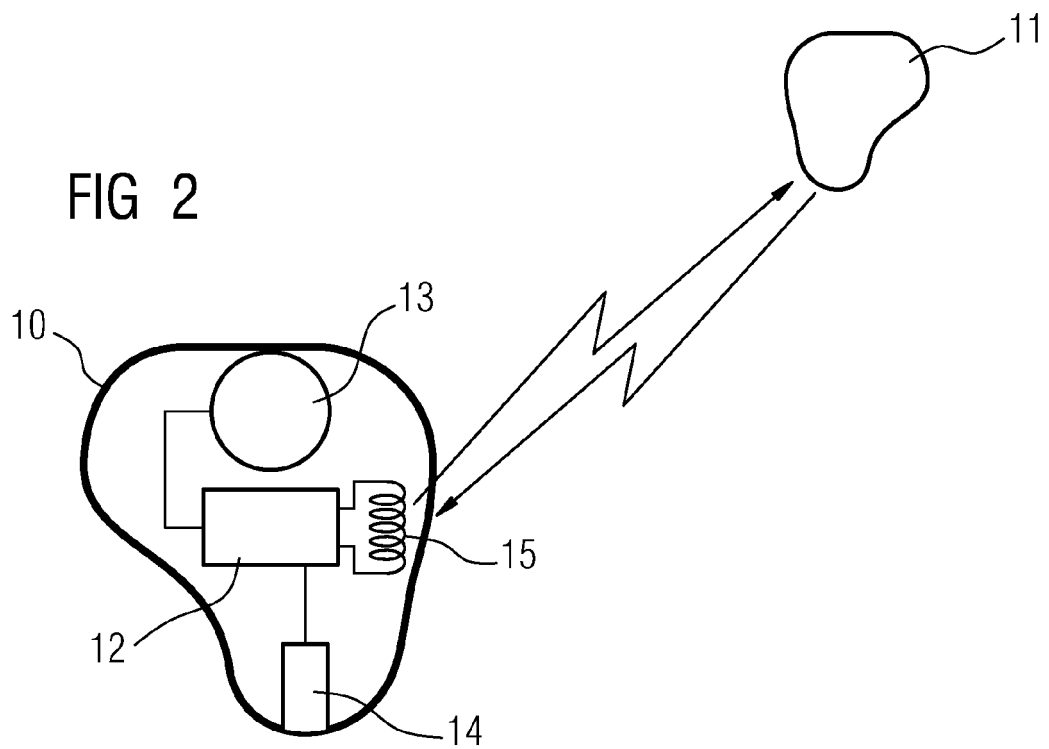


FIG 3

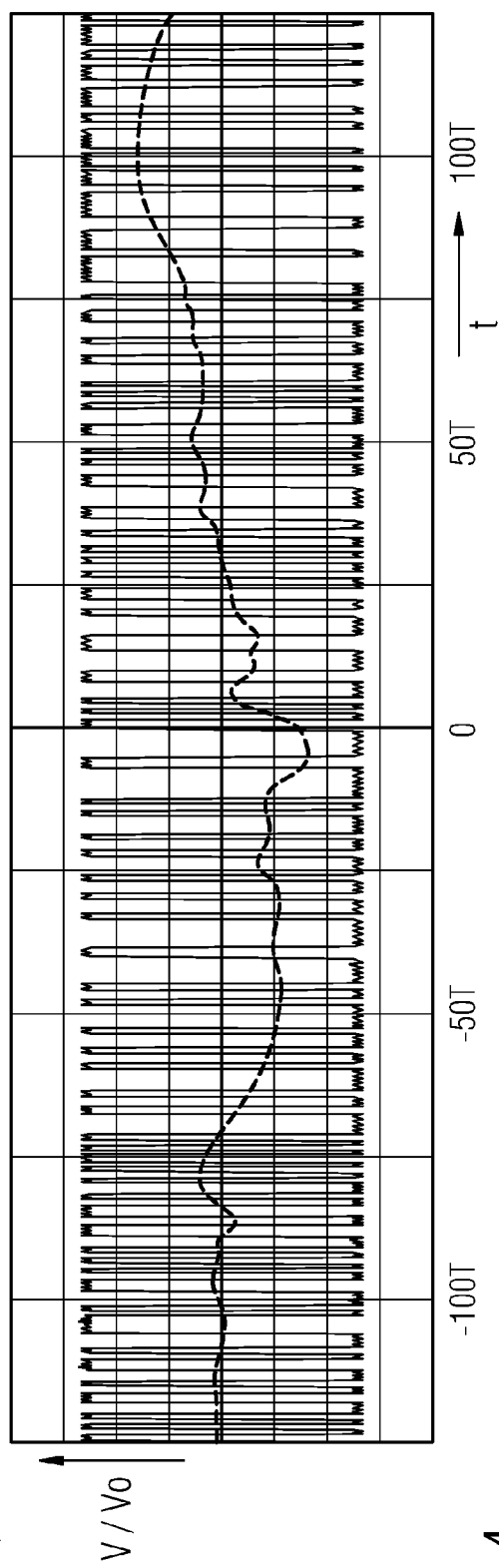


FIG 4

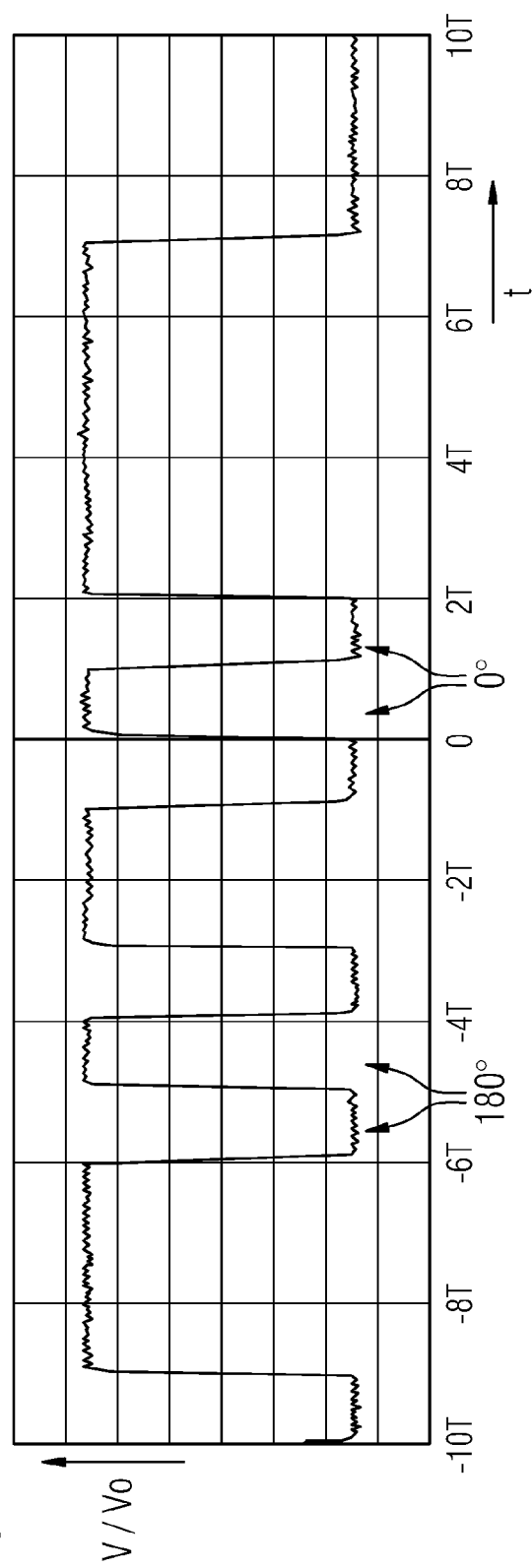


FIG 5

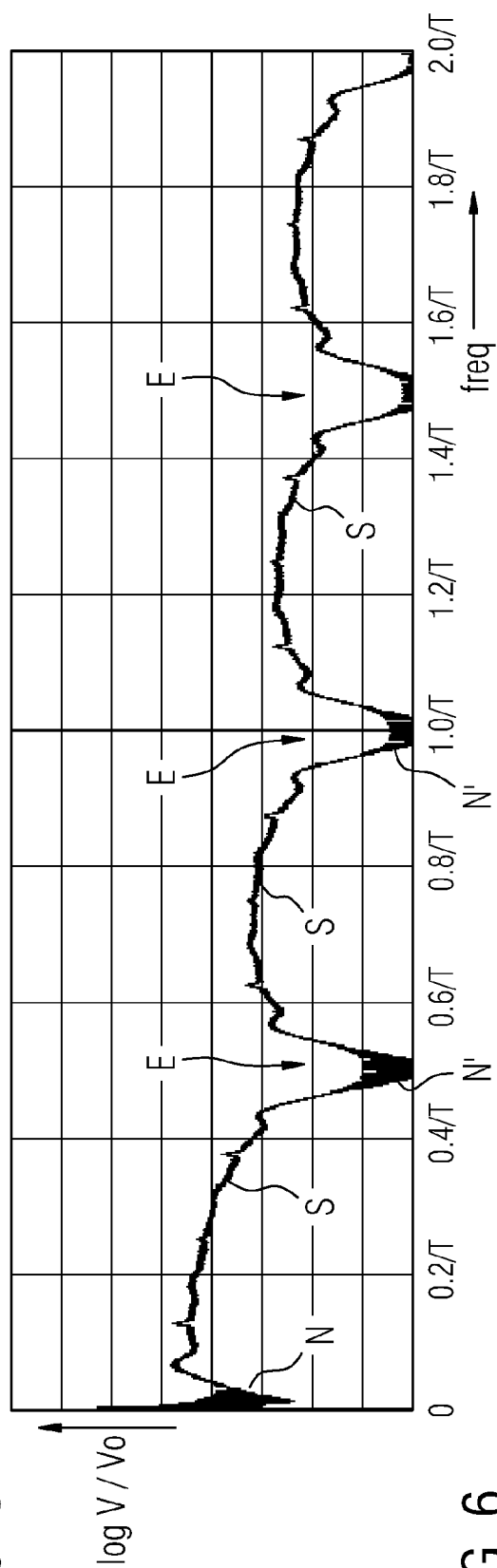


FIG 6

