



(11) **EP 1 947 900 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
23.07.2008 Patentblatt 2008/30

(51) Int Cl.:
H04R 1/00 (2006.01) H04R 23/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **08100142.2**

(22) Anmeldetag: **07.01.2008**

(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

(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT 80333 München (DE)**

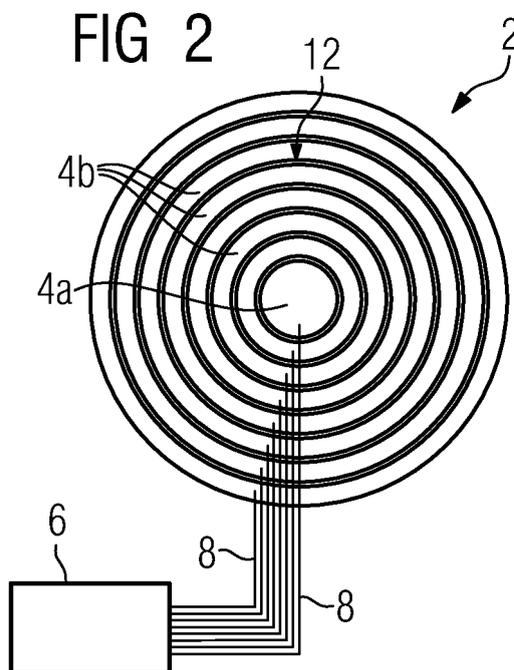
(72) Erfinder: **Bösnecker, Robert 84030, Ergolding (DE)**

(30) Priorität: **22.01.2007 DE 102007003163**

(54) **Akustische Wiedergabevorrichtung sowie Verfahren zur Erzeugung von Schall**

(57) Zum Erzeugen von Schall ist eine akustische Wiedergabevorrichtung (2) vorgesehen, umfassend eine Mehrzahl von Schwingungsanregern (4) und eine Steuereinheit (6) zur Ansteuerung der Schwingungsanregern (4). Die Steuereinheit (6) ist dafür eingerichtet, dass

durch eine koordinierte Bewegung der Schwingungsanregern (4) diese in ihrer Gesamtheit nach Art eines sich ändernden Schwingungsfeldes (12) ausgelenkt und durch Schwingungsfeld (12) eine Schallschwingung erzwungen wird.



EP 1 947 900 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine akustische Wiedergabevorrichtung sowie ein Verfahren zur Erzeugung von Schall.

[0002] Heutzutage sind BiegeWellen-Lautsprecher bekannt, bei denen ein geeigneter Schwingungskörper, der insbesondere eine Membran ist, durch einen Schwingungsanreger, z.B. eine Schwingspule, aus seiner Ruhelage gebracht wird. Unter einem Schwingungskörper ist ein flächenförmiger, selbsttragender, leichter und biegesteifer Körper zu verstehen, der zu Schwingungen anregbar ist. Dabei breitet sich eine so genannte BiegeWelle über die Fläche des Schwingungskörpers aus und erzeugt dadurch Luftdruckveränderungen, die das menschliche Ohr als Schall wahrnimmt.

[0003] Bei den herkömmlichen Lautsprechern spielen die Materialeigenschaften des Schwingungskörpers eine entscheidende Rolle bei der Qualität des Klangs. Das Material des Schwingungskörpers muss biegesteif und schwingungsfähig sein, um eine Ausbreitung der BiegeWellen zu ermöglichen. Geeignete Materialien, die zu einer BiegeWellenschwingung angeregt werden können, sind z.B. Glas, Holz, Kunststoff und Metall. Ungeeignete Materialien, die starke Dämpfeigenschaften aufweisen und sich nicht in einer BiegeWellenschwingung anregen lassen, sind hingegen z.B. Textilstoffe.

[0004] Aus der DE 484 872 ist eine Einrichtung für eine akustische Schaufensterreklame bekannt. Dabei ist eine als Schwingungsanreger ausgebildete Schwingspule mit einem als Schaufensterscheibe ausgebildeten Schwingungskörper fest verbunden. Mittels einer Steuereinheit wird die Schwingspule zu Schwingungen angeregt, die auf die Schaufensterscheibe übertragen werden. Dabei strahlt die Schaufensterscheibe ein hörbares Klangspektrum ab. Mittels eines oder mehrerer Schwingungsanreger lässt sich auch ein aus einem anderen Werkstoff gefertigter Schwingungskörper zum Schwingen und dadurch zum Abstrahlen eines Klangspektrums bringen. So lassen sich beispielsweise aus Holz oder aus Kunststoff gefertigte plattenförmige Schwingungskörper zum Schwingen anregen. Eine derartige akustische Wiedergabevorrichtung wird auch als Flächenlautsprecher bezeichnet. Einer oder mehrere dieser Flächenlautsprecher lassen sich beispielsweise in die Einrichtung eines Raumes als Wand- oder Deckenverkleidung integrieren. Auf diese Weise ist eine platz sparende akustische Wiedergabevorrichtung realisierbar.

[0005] In der DE 20 2004 020 473 U1 ist ein Schwingungskörper für einen Flächenlautsprecher beschrieben, der zumindest einen Teilbereich zum Einkoppeln eines differenzierten akustischen Signals aufweist. Dies wird insbesondere durch eine Variation der Dicke und/oder des Werkstoffs des Schwingungskörpers erreicht. Jedem Teilbereich des Schwingungskörpers mit unterschiedlichen akustischen Eigenschaften werden anschließend eine oder mehrere Schwingspulen als Schwingungsanreger zugeordnet. Dem Flächenlaut-

sprecher ist weiterhin eine Steuereinheit zugeordnet, die jede Schwingspule durch ein Teilbandsignal eines in Teilbandsignale zerlegten Frequenzbandsignals ansteuert. Somit wird jeder Teilbereich des Schwingungskörpers mit dem Schwingungsspektrum beaufschlagt, für dessen Wiedergabe er optimal ausgebildet ist. Eine derartige Aufspaltung eines Frequenzbandsignals in mehrere Teilbandsignale mittels einer Frequenzweiche findet bei Mehrwegelautsprechern seit Jahrzehnten Anwendung. Der Unterschied zwischen einem konventionellen Mehrwegelautsprecher und dem beschriebenen Flächenlautsprecher liegt insbesondere darin, dass die Mischung des Klangspektrums bei einem Mehrwegelautsprecher in der Luft und bei einem Flächenlautsprecher im Schwingungskörper geschieht.

[0006] In der US 2005/0244016 A1 ist ein Verfahren zur Erzeugung von Schall nach dem Prinzip eines elektrostatischen Lautsprechers beschrieben. Der Lautsprecher umfasst eine Platte und eine bewegliche elektrostatische Membran, welche mittels elektrischer Spannung zum Vibrieren angeregt wird, um zwei Ultraschall-Signale Frequenz auszugeben, welche in Form von Druckwellen in der Luft miteinander zusammenwirken und eine neue Druckwelle erzeugen.

[0007] Der Einsatzbereich der herkömmlichen Flächenlautsprecher ist nachteiligerweise durch ihre Einbautiefe beschränkt. Mit Hilfe von elektrodynamischen Schwingspulen lassen sich insbesondere keine ultraflachen Lautsprecher bauen, die bei Hörgeräten oder ultraflachen Mobiltelefonen Anwendung finden können, dessen Dicke im Bereich von wenigen Millimetern liegt und insbesondere wenigstens kleiner als 1 mm ist.

[0008] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine akustische Wiedergabevorrichtung anzugeben, welche die Ausbildung eines ultraflachen Lautsprechers ermöglicht. Der Erfindung liegt weiterhin die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Erzeugung von Schall mittels einer solchen akustischen Wiedergabevorrichtung anzugeben.

[0009] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch eine akustische Wiedergabevorrichtung, insbesondere Flächenlautsprecher, umfassend eine Mehrzahl von Schwingungsanregern und eine Steuereinheit zur Ansteuerung der Schwingungsanreger, die dafür eingerichtet ist, durch eine koordinierte Bewegung wenigstens der Oberseiten der Schwingungsanreger diese in ihrer Gesamtheit nach Art eines sich ändernden Schwingungsfeldes ausgelenkt werden, so dass im Schwingungsfeld eine transversale BiegeWelle emuliert wird und durch das Schwingungsfeld eine Schallschwingung erzwungen wird.

[0010] Die Erfindung basiert auf der Überlegung, dass zum Erzeugen von Schallwellen lediglich eine Mehrzahl von Schwingungsanregern erforderlich ist, die gemeinsam ein Schwingungsfeld oder Wellenmuster, das mehrere insbesondere in einem definierten Muster angeordneten Oberseiten der Schwingungsanreger umfasst, bilden und die durch ihre über die Steuereinheit kontrollierte Auf- und Abbewegung eine BiegeWelle wenigstens im

Schwingungsfeld nachahmen. Hierbei sind die Schwingungsanreger insbesondere sehr nahe aneinander angeordnet, so dass sie im Wesentlichen eine geschlossene Oberfläche - das Schwingungsfeld - bilden. Bei der nachgeahmten Biegewelle handelt es sich nicht um eine "natürlich" angeregte Biegewellenschwingung eines Festkörpers, die durch die Eigenschaften des Festkörpers zustande kommt, sondern um eine angesteuerte erzwungene Biegewelle im Schwingungsfeld, die ein Produkt der koordinierte Bewegung der Mehrzahl von Schwingungsanregern ist.

[0011] Die erzwungene Biegewellenschwingung ruft eine Druckschwankung in der die akustische Wiedergabevorrichtung umgebende Luft hervor und erzeugt dadurch eine Schallwelle, die vom menschlichen Ohr wahrgenommen werden kann. Man kann dieses Funktionsprinzip auch als Biegewellen-Emulation bezeichnen. Jeder Schwingungsanreger ist in der Lage, insbesondere seine Oberseite nach oben oder unten zu bewegen. Die Steuereinheit rechnet ein akustisch wiederzugebendes Signal in mechanische Impulse für die Schwingungsanreger um und gibt die Impulse an die Schwingungsanreger weiter. Die Steuereinheit steuert die Schwingungsanreger einzeln oder in Gruppen an, um die Biegewellenschwingung nachzubilden. Die Steuereinheit kann außerdem dafür ausgebildet sein, die Schwingungsanreger einzeln oder gruppenweise zu Schwingungen unterschiedlicher Frequenz anzuregen.

[0012] Ein entscheidender Vorteil dieser Ausgestaltung ist darin zu sehen, dass als Schwingungsanreger mehrere Bauelemente herangezogen werden können, deren Ausgestaltung in miniaturisierter Form möglich ist. Als Schwingungsanreger können beispielsweise Piezo-Aktoren, miniaturisierte elektrodynamische Antriebe (Schwingspulen), deren Einbautiefen wenige Millimeter beträgt, oder sogar Antriebe auf organischer Basis, welche die gesteuerte Kontraktion und Entspannung einer Muskelfaser imitieren, eingesetzt werden. Weiterhin können die einzelnen Schwingungsanreger direkt auf einen Chip integriert werden.

[0013] Somit ist es möglich, eine akustische Wiedergabevorrichtung "on-chip" zu realisieren.

[0014] In einer bevorzugten Weiterbildung sind die Schwingungsanreger gemeinsam an einen Schwingungskörper zur Erzeugung einer Biegewellenschwingung im Schwingungskörper angekoppelt. Das von den Schwingungsanregern erzeugte Schwingungsfeld wird daher durch die mechanische Ankopplung zwangsweise auf den Schwingungskörper übertragen. Die Oberseiten der Schwingungsanreger können hierbei auch punktförmige Ankopplungspunkte mit dem Schwingungskörper darstellen. Der Schwingungskörper kann eine konventionelle, biegesteife Membran sein, welche die akustischen Eigenschaften der akustischen Wiedergabevorrichtung begünstigt. Der Schwingungskörper kann jedoch auch ein Textilgewebe sein, das über den Schwingungsanregern gespannt ist und zumindest teilweise mit diesen verbunden ist, so dass durch die koordinierte

Schwingbewegung der vielen Schwingungsanreger eine Biegewellenschwingung im Textilgewebe simuliert wird. So lässt sich die akustische Wiedergabevorrichtung beispielsweise auf oder in einem Kleidungsstück anbringen. Auf diese Weise kann die akustische Wiedergabevorrichtung, z.B. ein MP3-Abspielgerät, direkt in das Kleidungsstück, beispielsweise eine Jacke, integriert werden. Aufgrund der vergleichsweise starken Dämpfungseigenschaften des Textilgewebes bietet sich eine Anordnung der akustischen Wiedergabevorrichtung im Kragenbereich der Jacke an, um eine akustische Wiedergabe mit hinreichender Lautstärke zu erreichen. Bei geeigneten gewählten Materialeigenschaften des Schwingungskörpers kann dieser zudem als Wasser- und/oder Staubschutz für die akustische Wiedergabevorrichtung dienen. Ein weiterer Vorteil dieser Ausgestaltung ist darin zu sehen, dass dank des Schwingungskörpers keine besondere dichte, also einander unmittelbar benachbarte Anordnung der Schwingungsanreger notwendig ist. Viel mehr ist es ausreichend, dass durch eine Anzahl voneinander beabstandete Schwingungsanreger an mehreren Stellen punktuell zum Schwingen angeregt werden. Dies stellt also eine kostengünstige Ausgestaltung dar, bei der weniger Schwingungsanreger zur Ausbildung der akustischen Wiedergabevorrichtung als im Falle ohne Schwingungskörper erforderlich sind.

[0015] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform sind die Schwingungsanreger nach Art einer Matrix angeordnet. Die Schwingungsanreger weisen jeweils beispielsweise eine rechteckige und insbesondere eine quadratförmige Oberseite auf, die ein Element des Schwingungsfeldes bildet. Dank der gleichmäßigen Anordnung der Schwingungsanreger ist hierbei die Simulation und die Ansteuerung der Ausbreitung einer Biegewelle einfach durchzuführen. Zudem ermöglicht ein matrixartiges Schwingungsfeld eine dichte Anordnung der einzelnen Schwingungsanreger, die für die Nachahmung der Biegewellenschwingung im Falle ohne einen Schwingungskörper besonders vorteilhaft ist.

[0016] Gemäß einer weiteren Ausführungsform sind die Schwingungsanreger kreis- und/oder ellipsenförmig und/oder abgerundet ausgebildet und insbesondere konzentrisch ineinander liegend angeordnet. Die Schwingungsanreger bilden also ein Muster, das insbesondere aus mehreren konzentrischen Kreisen besteht, die je nach Anwendungsfall sehr nahe aneinander oder entfernt voneinander angeordnet sind. Bei dieser Ausführungsform lässt sich durch eine geringe Anzahl von Schwingungsanregern eine besonders große Fläche zu einer Biegewellenschwingung anregen. Durch die kreisförmige Anordnung der Schwingungsanreger lassen sich hierbei konzentrische Biegewellen simulieren, die etwa die gleichmäßigen, konzentrischen Wellen an der Oberfläche des Wassers darstellen, wenn ein Stein ins Wasser geworfen wird.

[0017] Um eine Ausbreitung einer Biegewelle auf einfache Weise simulieren zu können, ist die Steuereinheit dafür ausgebildet, benachbarte Schwingungsanreger in

entgegengesetzten Richtungen, also mit einem Phasenversatz von 180° zu bewegen. Beispielsweise werden zwei benachbarte Schwingungsanreger jeweils mit einem sinusförmigen Signal mit der gleichen Frequenz angesteuert, wobei beide Sinus-Signale um eine Halbperiode π zueinander versetzt sind. Anstelle der einzelnen Schwingungsanreger können auch benachbarte Gruppen von Schwingungsanregern Bewegungen in entgegengesetzten Richtungen ausführen. Durch die gleichzeitige Bewegung nach oben und unten von benachbarten Schwingungsanregern in entgegengesetzten Richtungen, die dann jeweils von einem Richtungswechsel gefolgt ist, lassen sich annähernd mehrere dynamische erzwungene BiegeWellen im Schwingungsfeld bzw. im Schwingungskörper über die Zeit nachahmen.

[0018] Vorzugsweise sind die Schwingungsanreger Piezo-Aktoren. Jeder Piezo-Aktor umfasst mindestens eine piezoelektrische Keramik oder einen piezoelektrischen Kristall, der beim Anlegen einer elektrischen Spannung in sehr kurzen Zeitabständen sein Volumen verändert. Durch mehrmaliges Wiederholen dieses Vorgangs werden die Piezo-Aktoren zum Schwingen gebracht. Wenn die Schwingungsanreger mit einem Schwingungskörper verbunden sind, wird dieser somit ebenfalls in Schwingungen versetzt. Da sämtliche Piezo-Aktoren gleichzeitig angesteuert werden, überlagern sich die auf den Schwingungskörper übertragenen Schwingungen. Diese Schwingungen werden als Klangspektrum vom Schwingungskörper abgestrahlt. Über die Eigenschaften der einzelnen Piezo-Aktoren, insbesondere über deren Größe und deren Werkstoff, lässt sich der wiederzugebende Frequenzbereich vorgeben. Dank der Piezo-Aktoren lässt sich die akustische Wiedergabevorrichtung mit sehr geringen Abmessungen realisieren. Zudem sind Piezo-Aktoren einfach und kostengünstig herstellbar.

[0019] Alternativ oder in Kombination mit den Piezo-Aktoren umfassen die Schwingungsanreger bevorzugt zweiarmige Hebelanordnungen, an deren Enden eine Oberseite ausgebildet und/oder angekoppelt ist. Der Dreh- und Unterstützungspunkt einer solchen Hebelanordnung ist hierbei insbesondere mittig positioniert, d.h. die Hebelanordnung weist zwei vorzugsweise gleich lange Hebelelemente auf. Zumindest die Distalenden beider Hebelelemente sind zur Aufnahme zweier das Schwingungsfeld bildenden Oberseiten vorgesehen, die beim Schwenken der Hebelanordnung um ihren Drehpunkt in gegenläufigen Richtungen nach oben bzw. nach unten verfahren werden. Eine Hebelanordnung weist also wenigstens zwei solche Oberseiten auf, deren Bewegung koordiniert ist. Die Oberseiten bilden das Schwingungsfeld oder sind Ankopplungs- bzw. Angriffspunkte an einem Schwingungskörper, dessen Bewegung durch die Bewegung der Oberseiten koordiniert ist. Somit kann die Anzahl der Schwingungsanreger, die von der Steuereinheit angesteuert werden, deutlich reduziert werden.

[0020] Eine besonders preiswerte akustische Wiedergabevorrichtung, die zudem einfach zum Ansteuern ist, liegt vor, wenn die Schwingungsanreger ein digitales

Verhalten aufweisen. Dabei sind die Schwingungsanreger bevorzugt dafür ausgebildet, zwei definierte Stellungen anzunehmen. Die Schwingungsanreger kennen dann nur im Wesentlichen zwei Zustände, nämlich den Ruhezustand und der Arbeitszustand als aus und an, wodurch eine angenähert optimale BiegeWelle erzeugt wird. Um einen möglichen hohen Klirrfaktor als negative Folge des digitalen Verhaltens der Schwingungsanreger zu vermeiden, ist in diesem Fall insbesondere der Einsatz eines Schwingkörpers vorgesehen, der den Klirrfaktor dämpft.

[0021] Alternativ ist die Steuereinheit dafür ausgebildet, eine Auslenkung des Schwingungsanregers einzustellen. Hierbei kann jeder Schwingungsanreger mehrere Hubstufen zwischen den beiden definierten Stellungen aufweisen oder er kann auch vollständig analog funktionieren. Bei dieser kontinuierlichen Auslenkung lässt sich ein akustisches Signal erzeugen, das durch eine sehr hohe Qualität gekennzeichnet ist.

[0022] Vorteilhafterweise sind die Schwingungsanreger in Abhängigkeit von den zu erzeugenden Frequenzen der Schallschwingung in unterschiedliche Gruppen unterteilt. Jede dieser Gruppen ist insbesondere dafür vorgesehen, ein akustisches Signal in einem begrenzten Frequenzbereich wiederzugeben. Somit sind die Schwingungsanreger für die unterschiedlichen Frequenzbereiche unterschiedlich aufgebaut und dimensioniert, um die Wiedergabe des Signals der entsprechenden Frequenz zu begünstigen.

[0023] Zweckdienlicherweise weisen die Schwingungsanreger unterschiedliche Größen auf. Da ein tiefer Ton, d.h. eine Schallwelle mit einer niedrigen Frequenz vom menschlichen Ohr schwächer wahrgenommen wird als ein hoher Ton, müssen tiefe Töne in der Regel mit einer höheren Lautstärke erzeugt werden. Somit sind die Schwingungsanreger, die für die Wiedergabe von tiefen Tönen vorgesehen sind, beispielsweise größer ausgebildet als die Schwingungsanreger für die hohen Töne, damit sie mit einer höheren Amplitude als die Schwingungsanreger für die hohen Töne schwingen können.

Weiterhin von Vorteil ist, dass eine Trägerplatte vorgesehen ist, auf die sich zumindest ein Teil der Schwingungsanreger stützt. Eine Trägerplatte ist insbesondere zum Abstützen der größeren bzw. schwereren Schwingungsanreger für tiefe Frequenzen vorgesehen. Die Trägerplatte ist beispielsweise eine Leiterplatte, über die bevorzugt zugleich auch die Ansteuerung der Schwingungsanreger vorgenommen wird. Bei den Schwingungsanregern für hohe Frequenzen kann beispielsweise aus Platz und Gewicht sparenden Gründen auf eine Trägerplatte verzichtet werden, wobei die Schwingungsanreger innerhalb einer Gruppe untereinander verbunden sind und ihr Eigengewicht genutzt wird, um sie zum Schwingen anzuregen.

[0024] Die zweit genannte Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch ein Verfahren zur Erzeugung von Schall nach Anspruch 13, bei dem insbesondere eine Mehrzahl von Schwingungsanregern von einer Steuer-

einheit derart angesteuert wird, dass durch eine koordinierte Bewegung der Schwingungsanreger diese in ihrer Gesamtheit nach Art eines sich ändernden Schwingungsfeldes ausgelenkt werde, wobei im Schwingungsfeld, eine transversale Biegewelle emuliert wird und durch das Schwingungsfeld eine Schallschwingung erzwungen wird.

[0025] Die bereits angegebenen Vorteile und bevorzugten Ausgestaltungen sind sinngemäß auf dieses Verfahren zu übertragen.

[0026] Die weitere Erläuterung der Erfindung erfolgt anhand der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiele. Hierin zeigen:

FIG 1 eine Draufsicht auf eine akustische Wiedergabevorrichtung mit mehreren Schwingungsanregern, die nach Art einer Matrix angeordnet sind,

FIG 2 eine Draufsicht auf eine akustische Wiedergabevorrichtung mit mehreren Schwingungsanregern, die konzentrische Kreise bilden,

FIG 3 einen Längsschnitt durch eine akustische Wiedergabevorrichtung mit Schwingungsanregern, die ein analoges Verhalten aufweisen,

FIG 4 einen Längsschnitt durch eine akustische Wiedergabevorrichtung mit Schwingungsanregern, die ein digitales Verhalten aufweisen, und

FIG 5 eine Seitenansicht auf eine Anordnung von Schwingungsanregern, die zweiarmige Hebel umfassen.

[0027] In den Figuren sind gleich wirkende Teile mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

[0028] In FIG 1 ist eine akustische Wiedergabevorrichtung 2 (Lautsprecher) dargestellt, weiterhin auch Schallgeber genannt, die im Wesentlichen eine Mehrzahl von in einer zweidimensionalen Matrix angeordneten Schwingungsanregern 4 sowie eine Steuereinheit 6, die über Steuerleitungen 8 die Schwingungsanreger 4 ansteuert, umfasst. Die exemplarische matrixartige Anordnung gemäß FIG 1 umfasst 5 x 5 gleich große Schwingungsanreger 4. Jeder der Schwingungsanreger 4 weist eine in diesem Ausführungsbeispiel quadratförmige Oberseite 10 auf. Die Oberseiten 10 der Schwingungsanreger 4 sind sehr eng aneinander angeordnet, so dass sie im Ruhezustand der Schwingungsanreger 4 ein in sich geschlossenes Schwingungsfeld 12 bilden.

[0029] Die Schwingungsanreger 4 werden von der Steuereinheit 6 derart angesteuert, dass durch die alternierende Auf- und Abbewegung benachbarter Schwingungsanreger 4 oder benachbarter Gruppen von Schwingungsanregern 4 eine erzwungene transversale Biegewelle im Schwingungsfeld 12 emuliert wird. Die schwingenden Schwingungsanreger 4 erzeugen eine Druckdifferenz in der Luft, so dass ihre Schwingung an die Luftmoleküle über dem Schwingungsfeld 12 übertragen wird. Somit wird vom Schwingungsfeld 12 eine Schallwelle in die Luft abgestrahlt. Die Steuereinheit 6

rechnet also ein wiederzugebendes Audiosignal so auf die Schwingungsanreger 4 um, dass die Gesamtheit ihrer Bewegung in der Luft den entsprechenden Schall darstellt, der dann vom menschlichen Ohr als entsprechendes Schallereignis wahrgenommen wird. Durch die dichte Anordnung der Schwingungsanreger 4 lässt sich eine optimale Anregung der Luftmoleküle erreichen, so dass eine gute Wiedergabe des wiederzugebenden Klangspektrums erreicht wird.

[0030] Die akustische Wiedergabevorrichtung 2 umfasst weiterhin eine hier nicht angezeigte Energiequelle, welche die zum Anregen der Schwingungsanreger 4 erforderliche elektrische Energie zur Verfügung stellt. Aus Gründen der Miniaturisierung des Schallgebers 2 ist diese Energiequelle insbesondere eine Flachbatterie oder eine Solarzelle.

[0031] Das gesamte Schwingungsfeld 12 kann außerdem mit einem in FIG 1 hier nicht näher gezeigten Schwingungskörper 14 (s. FIG 3) überzogen sein. Der Schwingungskörper 14 kann z.B. eine Schutzfolie sein, die wasser- oder staubdicht das Schwingungsfeld 12 abschließt und andererseits die akustischen Eigenschaften des Schallgebers 2 begünstigt. Der Schwingungskörper 14 ist beispielsweise aus einem biegesteifen Material ausgebildet, um von den Schwingungsanregern 4 zu Biegewellenschwingungen angeregt zu werden. Alternativ ist der Schwingungskörper 14 beispielsweise ein Textilgewebe, das zumindest mit einigen der Oberseiten 10 verbunden ist, so dass bei der wellenartigen Bewegung des Schwingungsfeldes 12 das Textilgewebe ebenfalls eine wellenartige Form annimmt und zum Schwingen gebracht wird.

[0032] Bei dem in FIG 1 dargestellten Schallgeber 2 weisen alle Schwingungsanreger 4 gleich groß ausgebildeten Oberseiten 10 sowie die gleiche Einbautiefe auf. Die Schwingungsanreger 4 können alternativ eine unterschiedliche Größe aufweisen, d.h. die Oberflächen 10 sind unterschiedlich groß dimensioniert oder die Einbautiefe der unterschiedlichen Schwingungsanreger 4 variiert. Bei unterschiedlich groß ausgebildeten Schwingungsanregern 4 ist es von Vorteil, dass Schwingungsanreger 4 mit der gleichen Größe gruppiert sind und zur Wiedergabe eines akustischen Signals in einem begrenzten Frequenzbereich vorgesehen sind. Hierbei ist insbesondere zu berücksichtigen, dass das menschliche Ohr für niedrige Frequenzen vergleichsweise unempfindlich ist. Um niedrige Frequenzen hinreichend laut wahrnehmen zu können, müssen sie im Klangspektrum daher mit einer hinreichend hohen Amplitude wiedergegeben werden. Dies bedeutet, dass die Schwingungsanreger 4, die für die niedrigen Frequenzen vorgesehen sind, mit einer höheren Amplitude schwingen müssen als die Schwingungsanreger 4 für die hohen Frequenzen, was über die Dimensionierung der Schwingungsanreger 4 erreicht werden kann. Somit ist es vorteilhaft die Schwingungsanreger 4 für niedrige Frequenzen bzw. tiefe Töne mit einer größeren Oberseite 10 und/oder länger auszubilden als die Schwingungsanreger 4 für höhere

Frequenzen bzw. höhere Töne.

[0033] Darüber hinaus kann der Schallgeber 2 außerdem eine hier nicht gezeigte Trägerplatte umfassen, auf der die Schwingungsanreger 4 angeordnet sind. Insbesondere die großen Schwingungsanreger 4 für die tiefen Töne brauchen eine solche Trägerplatte, um sich beim Schwingen abzustützen. Bei den kleineren Schwingungsanregern 4 für die hohen Töne kann zum Schwingen ihr Eigengewicht benutzt werden, ohne dass sie sich gegen eine Trägerplatte abstützen müssen.

[0034] Als Schwingungsanreger 4 können beispielsweise Piezo-Aktoren, elektrodynamische Antriebe oder sogar organische Antriebe eingesetzt werden. In diesem Ausführungsbeispiel sind die Schwingungsanreger 4 aus Piezo-Aktoren gebildet, die leicht und günstig herzustellen sind. Die Piezo-Aktoren weisen eine Höhe auf, die geringer ist als 1 mm, wodurch ein ultraflacher Schallgeber 2 realisiert ist. Zudem kann die beschriebene akustische Wiedergabevorrichtung 2 direkt auf einem Chip angebracht sein, wobei beispielsweise der Chip selbst als Schwingungskörper benutzt wird. Der Schallgeber 2 ist somit insbesondere für den Einsatz in Scheckkarten und/oder auf dem Chip von ultraflachen Mobiltelefonen geeignet. Im Falle einer Scheckkarte mit einem integrierten Schallgeber 2 lässt sich z.B. an einen Benutzer vor oder während eines Abhebevorgangs von einem Bankkonto akustische Information übermitteln. Dies kann beispielsweise der gesprochene Hinweis sein, dass bei einem Abhebevorgang dreimal hintereinander eine falsche PIN eingegeben wurde und die Scheckkarte momentan für weitere Abhebungsversuche nicht einsatzfähig ist. Ebenso kann der Geldbetrag einer Geldkarte über Sprachausgabe dem Benutzer mitgeteilt werden.

[0035] Der Schallgeber 2 kann außerdem als ein medizinisches Hörgerät ausgebildet sein. Das Hörgerät kann unter der Haut implantiert sein, wobei die Schwingungsanreger 4 insbesondere direkt auf einem Schädelknochen positioniert sind, um diesen in Schwingungen zu versetzen.

[0036] Ein weiteres mögliches Einsatzgebiet des Schallgebers 2 ist im Handel zur Ausgabe von produktrelevanten Informationen. Der Schallgeber 2 kann dabei in Form einer Klebefolie auf eine Verpackung angebracht werden oder beim Herstellen der Verpackung in diese direkt integriert werden. Beispielsweise können auf einer Verpackung auch ein oder mehrere solcher Schallgeber 2 vorgesehen sein, die beim Betätigen insbesondere Informationen über das Produkt auf unterschiedlichen Sprachen ausgeben können. Beim Aktivieren eines der Schallgeber 2 wird einem Kunden z.B. der Preis des Produkts, seine Anwendung oder seine Zusammensetzung akustisch mitgeteilt.

[0037] Darüber hinaus kann der Schallgeber 2 in Kleidungsstücken integriert sein, da er insbesondere in der Lage ist, ein Textilgewebe zu einer BiegeWellenschwingung anzuregen. Die Schwingungen der Schwingungsanreger 4 und des mit ihm verbundenen Textilgewebes reichen hierbei aus, um ein hörbares Klangspektrum zu

generieren. Dabei wird lediglich der direkt an die Schwingungsgeber 4 angrenzende Bereich des Textilgewebes zu Schwingungen angeregt. Ein derartiger Schallgeber 2 lässt sich beispielsweise in einem Kragen eines als Jacke ausgeführten Kleidungsstückes integrieren. Auf diese Weise ist vorteilhafterweise eine nahe Positionierung an den Ohren des Trägers der Jacke gewährleistet.

[0038] In FIG 2 ist eine alternative Ausführung der Schwingungsanreger 4 eines weiteren Schallgebers 2 dargestellt. Ein mittlerer Schwingungsanreger 4a ist kreisförmig ausgebildet und von mehreren ringförmigen Schwingungsanregern 4b umschlossen, die zueinander konzentrisch angeordnet sind. Beim Anregen dieser Schwingungsanreger 4a, 4b lassen sich kreisförmige BiegeWellen simulieren, die sich vom Zentrum des Schwingungsfeldes 12 gleichmäßig in Richtung zum äußeren Rand des Schwingungsfeldes 12 ausbreiten. Solche insbesondere kreis- und/oder ringförmigen und/oder elliptischen und/oder abgerundeten Schwingungsanreger 4a, 4b können beispielsweise mittels gestanzter Piezo-Folie erreicht werden. Die Steuereinheit 6 kann auch hier die Schwingungsanreger 4a, 4b einzeln oder wahlweise in Gruppen ansteuern.

[0039] In FIG 3 ist die Funktionsweise eines Schallgebers 2 gezeigt, dessen Schwingungsanreger 4 ein analoges Verhalten aufweisen, so dass ihre Auslenkung von einer Ruhelage eingestellt werden kann. Jeder der Schwingungsanreger 4, der beispielsweise ein aus einem Piezokristall gebildeten Piezo-Aktor ist, kann angesteuert von der Steuereinheit 6 eine beliebige Position zwischen einer Hochstellung 16a und einer Tiefstellung 16b annehmen. Ein an die Schwingungsanreger 4 angekoppelter Schwingungskörper 14 erfährt somit eine erzwungene Bewegung, durch die er eine BiegeWellenschwingung ausführt. Der Schwingungskörper 14 ist der Übersichtlichkeit halber ein Stück über den Schwingungsanregern 4 gezeichnet, in Wirklichkeit ist er jedoch zumindest teilweise an den Schwingungsanregern 4 befestigt.

[0040] In dem Ausführungsbeispiel gemäß FIG 3 schwingen alle angezeigten Schwingungsanreger 4 mit der gleichen Frequenz, die aktuell wiedergegeben werden soll. Einzeln oder gruppenweise können die Schwingungsanreger 4 derart von der Steuereinheit 6 angesteuert sein, dass sie auch mit unterschiedlichen Frequenzen schwingen. Insbesondere sind die Schwingungsanreger 4 in Gruppen unterteilt, die jeweils für die akustische Wiederhergabe eines begrenzten Frequenzbereichs vorgesehen sind. Bei der Festlegung der Frequenzbereiche kann die Resonanzfrequenz der Piezokristalle berücksichtigt und gezielt genutzt wird, um die Schwingungsamplituden der Schwingungsanreger 4 zu vergrößern. Möglich ist also, dass für die unterschiedlichen Frequenzbereiche unterschiedlich große Schwingungsanreger 4 vorgesehen sind, deren Resonanzfrequenz derart gewählt ist, dass sie insbesondere im wiederzugebenden Frequenzbereich liegt.

[0041] Eine weitere Arbeitsweise der Schwingungsan-

reger 4 eines Schallgebers 2, die ein digitales Verhalten aufweisen, ist aus FIG 4 zu entnehmen. Die Schwingungsanreger 4 sind in diesem Ausführungsbeispiel Piezo-Stacks, d.h. sie bestehen aus mehreren aufeinander gestapelten Einzel-Piezo-Kristallen. Bei Anlegen einer Spannung dehnen sich die Kristalle aufgrund des Piezo-Effekts aus. Einander benachbarte Piezo-Stacks sind jeweils um 180° zueinander gedreht montiert. Somit schieben alle zwei benachbarte Piezo-Stacks in entgegengesetzten Richtungen, der eine nach unten und der andere nach oben.

[0042] Untereinander können die Schwingungsanreger 4 gemäß FIG 4 beispielsweise mit einer hier nicht gezeigten elastischen Folie verbunden sein, die eine Luftdurchströmung der Zwischenräume verhindert und zudem die akustischen Eigenschaften und somit den Wirkungsgrad des Schallgebers 2 verbessert.

[0043] Der Schallgeber 2 zeichnet sich durch seine sehr kleine Einbautiefe aus, die insbesondere weniger als 1 mm betragen kann, so dass er als ein miniaturisierter ultraflacher Schallgeber ausgebildet werden kann. Das Prinzip der erzwungenen Biegewellenschwingung kann auch zur Erzeugung von sehr lauten Tönen eingesetzt werden. Verwendet man beispielsweise Piezo-Stacks mit einer Ansteuerungsspannung von 50 Volt oder mehr, so ist es möglich, einen Schalldruck von mehr als 120 dB zu erzeugen und somit zur Beschallung beispielsweise von großen Arenen oder Sportstätten einzusetzen.

[0044] Neben einer Ausbildung der Schwingungsanreger 4 in Form von in einer Matrix angeordneten Piezo-Aktoren, wie in FIG 1 gezeigt, oder in Form von ringförmigen Piezofolien, wie aus FIG 2 ersichtlich, ist es auch möglich, die Schwingungsanreger 4 als wenigstens zweiarmige Hebelanordnungen 18 oder Hebel auszugestalten, wie aus FIG 5 ersichtlich ist, die ebenfalls vorteilhafterweise in einem Muster angeordnet sind. Der Drehpunkt D einer solchen Hebelanordnung 18 ist in diesem Ausführungsbeispiel mittig positioniert, so dass beide Hebelelemente 20 der Hebelanordnung 18 gleich lang sind. An den beiden Distalenden der Hebelanordnung 18 sind zwei Hebelarme 22 mit je einer Oberseite 10, die ein Teil des Schwingungsfeldes 12 ist, angeordnet. Es können auch beispielsweise mehr als zwei solcher die Oberseiten 10 tragenden Hebelarme 22 entlang der Hebelelemente 20 parallel zueinander angeordnet sein, so dass ein Hebelement 18 durch mehrere Oberseiten 10 gekennzeichnet ist. Beim Schwenken der Hebelanordnung 18 gemäß FIG 5 um den Drehpunkt D führt die eine Oberseite 10 eine Aufbewegung und die andere Oberseite 10 eine Abbewegung aus, so dass die Hebelanordnung 18 die Kippbewegung an einen Schwingungskörper 14, beispielsweise eine biegsame Folie, weitergibt und somit die Oberfläche des Schwingungskörpers 14 zu einer erzwungenen Biegewellenschwingung anregt. Eine Hebelanordnung 18 kann somit zwei Schwingungsanreger 4 gemäß FIG 1 ersetzen, wobei beim Kippen der Hebelanordnung 18 sich die Oberseiten 10 paarweise

immer in entgegengesetzten Richtungen bewegen. Eine Schwingungsamplitude A des Schwingungsfeldes 12, d.h. ein Abstand A zwischen zwei solchen benachbarten Oberseiten 10 ist hierbei insbesondere über die Länge der Hebelelemente 20 in Kombination mit einem Schwenkwinkel α der Hebelanordnung 18 einstellbar.

Patentansprüche

1. Akustische Wiedergabevorrichtung (2), insbesondere flächenhaft ausgebildeter Schallgeber, umfassend eine Mehrzahl von Schwingungsanregern (4) und eine Steuereinheit (6) zur Ansteuerung der Schwingungsanreger (4), die dafür eingerichtet ist, dass durch eine koordinierte Bewegung wenigstens der Oberseiten (10) der Schwingungsanreger (4) diese in ihrer Gesamtheit nach Art eines sich ändernden Schwingungsfeldes (12) ausgelenkt werden, so dass im Schwingungsfeld (12) eine transversale Biegewelle emuliert und durch das Schwingungsfeld (12) eine Schallschwingung erzwungen wird.
2. Akustische Wiedergabevorrichtung (2) nach Anspruch 1, wobei die Schwingungsanreger (4) an einem Schwingungskörper (14) zur Erzeugung einer Biegewellenschwingung im Schwingungskörper (14) angekoppelt sind.
3. Akustische Wiedergabevorrichtung (2) nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Schwingungsanreger (4) nach Art einer Matrix angeordnet sind.
4. Akustische Wiedergabevorrichtung (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Schwingungsanreger (4) kreis- und/oder ellipsenförmig und/oder abgerundet ausgebildet sind und insbesondere konzentrisch ineinander liegen.
5. Akustische Wiedergabevorrichtung (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Steuereinheit (6) dafür ausgebildet ist, benachbarte Schwingungsanreger (4) in entgegengesetzten Richtungen zu bewegen.
6. Akustische Wiedergabevorrichtung (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Schwingungsanreger (4) Piezo-Aktoren sind.
7. Akustische Wiedergabevorrichtung (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Schwingungsanreger (4) eine zweiarmige Hebelanordnung (18) aufweisen, an deren Enden jeweils eine Oberseite (10) des Schwingungsanregers (4) vorgesehen ist.
8. Akustische Wiedergabevorrichtung (2) nach einem

der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Schwingungsanreger (4) dafür ausgebildet sind, lediglich zwei definierten Stellungen (16a, 16b) anzunehmen.

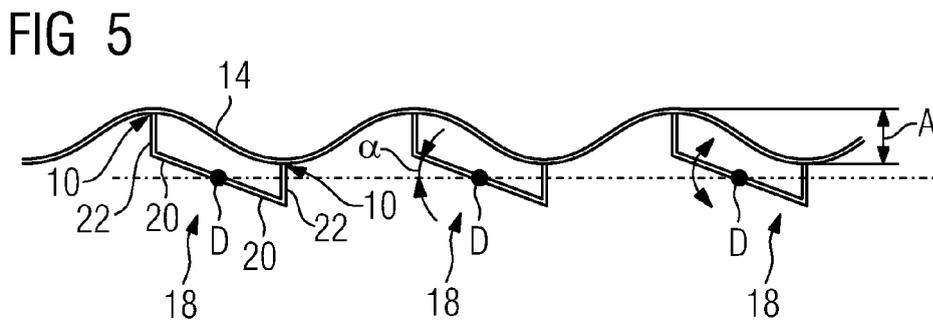
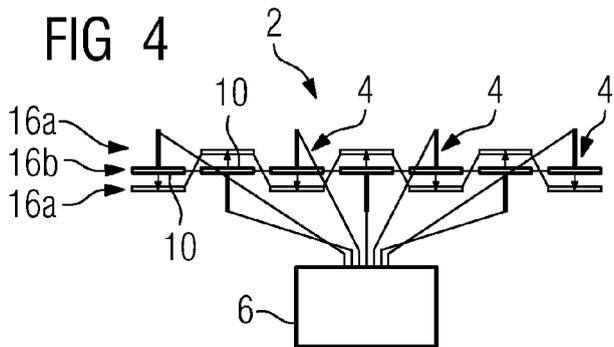
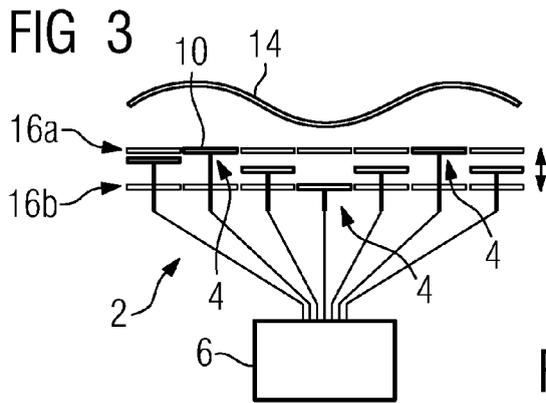
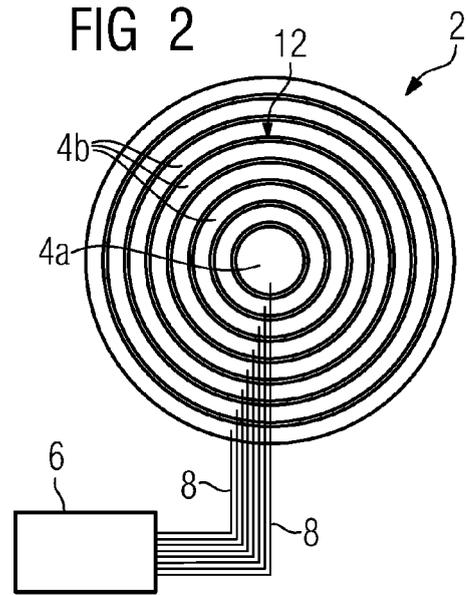
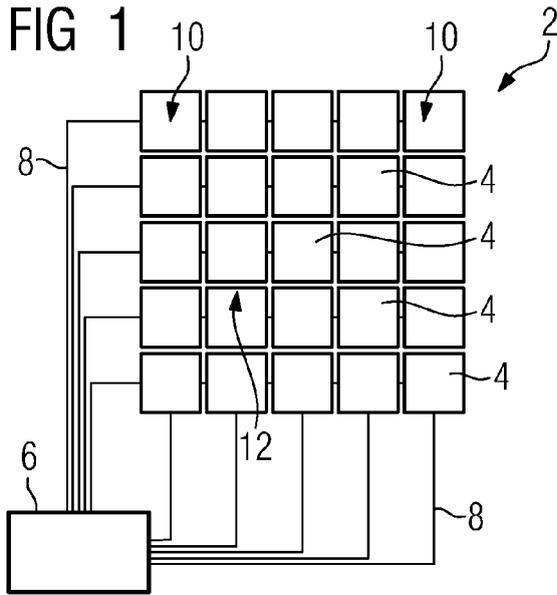
9. Akustische Wiedergabevorrichtung (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die Steuereinheit (6) dafür ausgebildet ist, eine Auslenkung der Schwingungsanreger (4) einzustellen. 5
10. Akustische Wiedergabevorrichtung (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Schwingungsanreger (4) in unterschiedliche Gruppen unterteilt sind, wobei die einzelnen Gruppen für unterschiedliche Frequenzen der zu erzeugenden Schallschwingung vorgesehen sind. 10
15
11. Akustische Wiedergabevorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Schwingungsanreger (4) unterschiedliche Größen aufweisen. 20
12. Akustische Wiedergabevorrichtung (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei eine Trägerplatte vorgesehen ist, auf die sich zumindest ein Teil der Schwingungsanreger (4) stützt. 25
13. Verfahren zur Erzeugung von Schall, bei dem eine Mehrzahl von Schwingungsanregern (4) von einer Steuereinheit (6) derart angesteuert wird, dass durch eine koordinierte Bewegung der Schwingungsanreger (4) diese in ihrer Gesamtheit nach Art eines sich ändernden Schwingungsfeldes (12) ausgelenkt werde, wobei im Schwingungsfeld, (12) eine transversale Biegewelle emuliert wird und durch das Schwingungsfeld (12) eine Schallschwingung erzwungen wird. 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 Patentdokumente

- DE 484872 [0004]
- DE 202004020473 U1 [0005]
- US 20050244016 A1 [0006]