

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 169 884 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
25.06.2003 Patentblatt 2003/26

(51) Int Cl.7: **H04R 7/04**, H04R 29/00,
H04R 3/04

(21) Anmeldenummer: **99960797.1**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE99/03377

(22) Anmeldetag: **21.10.1999**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 00/064217 (26.10.2000 Gazette 2000/43)

(54) **FLÄCHENLAUTSPRECHER UND VERFAHREN ZU DESSEN BETRIEB**

FLAT SURFACE LOUDSPEAKER AND METHOD FOR OPERATING THE SAME

HAUT-PARLEUR PLAN ET SON PROCEDE DE PRODUCTION

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE**

(73) Patentinhaber: **SIEMENS
AKTIENGESELLSCHAFT
80333 München (DE)**

(30) Priorität: **19.04.1999 DE 19917584**

(72) Erfinder: **BOESNECKER, Robert
D-84030 Ergolding (DE)**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
09.01.2002 Patentblatt 2002/02

(56) Entgegenhaltungen:
**EP-A- 0 168 078 EP-A- 0 567 061
WO-A-99/37121 GB-A- 2 265 519
GB-A- 2 289 185 US-A- 4 675 835**

EP 1 169 884 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf einen Flächenlautsprecher gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 4 sowie auf ein Verfahren zu dessen Betrieb gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

[0002] Flächenlautsprecher der genannten Gattung sind als solche seit langem, beispielsweise bereits aus DE-Patent 484 872 bekannt. Bei einem Flächenlautsprecher wird eine nach dem elektrodynamischen Prinzip funktionierende Schwingspule eingesetzt, die unmittelbar auf eine Fläche - an sich zunächst beliebiger Größe und Dicke und aus einem gewählten Material bestehend - gesetzt und dort mechanisch fixiert ist. Wird die Schwingspule von einem Schallgeber elektrisch angeregt, so werden ihre Schwingungen auf die als Membran wirkende Fläche übertragen und damit diese selbst als schallabstrahlende Fläche benutzt. Für einen elektroakustischen Wandler dieser Gattung wären an sich eine Vielzahl von Verwendungsmöglichkeiten gegeben. Wenn er sich bis heute, abgesehen von wenigen Ausnahmen, dennoch nicht in größerem Umfang durchgesetzt hat, ist das auf seine elektroakustischen Eigenschaften, insbesondere seine Übertragungsfunktion zurückzuführen.

[0003] Funktionsbestimmend ist vor allem die schallabstrahlende Fläche mit ihren mechanischen Eigenschaften. Diese Fläche kann nur dann Töne oder Klänge übertragen, sofern sie mechanisch schwingt. Abgesehen von der Einspannung, d. h. der mechanischen Lagerung und dem Ort der Fixierung der Schwingspule auf ihr, ist eine vorzugsweise zu Biegeschwingungen angeregte plattenförmige Fläche in ihrem Schwingungsverhalten an sich bereits ein relativ komplexes Gebilde. Während man es bei einem handelsüblichen Lautsprecher nach dem elektrodynamischen Prinzip, wenn auch da nur mit Kompromissen, noch weitgehend in der Hand hat, die schallabstrahlende Membran im Hinblick auf ihre akustischen Eigenschaften zu optimieren, ist dies beim Flächenlautsprecher nicht ohne weiteres möglich. Illustriert sei diese Problematik an einem Beispiel: Soll die Glasfläche eines Schaufensters, auf die eine Schwingspule aufgesetzt ist, als Flächenlautsprecher eingesetzt werden, so liegen Material, Form und Abmessungen der schallabstrahlenden Fläche, auch ihre Einspannung im wesentlichen fest. Der Frequenzgang des Flächenlautsprechers in diesem Beispiel ist damit im wesentlichen vorbestimmt. Typischerweise bedingen die Eigenresonanzen der zur Schallabstrahlung ausgenutzten Fläche bei diesem Material und den Abmessungen des Schaufensters einen Frequenzgang, der - vereinfacht - durch eine überhöhte Wiedergabe im Bereich tiefer Töne und ferner durch eine Klirrneigung zu beschreiben ist, die auf den Einfluss von noch im Hörbereich liegenden Eigenresonanzen höherer Ordnung zurückzuführen ist. Entsprechende charakteristische Nichtlinearitäten treten auch bei anderen Materialien, wie Holz- oder Kunststoffstoffen auf.

[0004] Aus der GB 2 265 519 A ist ein flacher Lautsprecher mit eingebauter Schallwand bekannt, der Nichtlinearitäten in der U-bertragung aufgrund des internen Luftdruckes und des Magnetfeldes im Wandler aufweist. Den Nichtlinearitäten wird Rechnung getragen durch digitale elektronische Kompensation; eine Leistungsverstärkung ist im Lautsprecher enthalten. Dies gestattet es, den Lautsprecher viel dünner auszugestalten als es sonst möglich wäre. Die Antriebskräfte werden auf einen wesentlichen Teil einer Membran ausgeübt, um Modalverzerrungen bei niedrigen und mittleren Frequenzen zu vermeiden, die in der Schall-emittierenden Fläche stattfinden. Der Lautsprecher ist geeignet zur Wandmontage bei minimalem Hineinragen in den Raum.

[0005] In der GB 2 289 185 A ist ein akustisches Wiedergabegerät offenbart, zum Verstärken der Leistung eines Audiosignals, welches durch ein nicht-rekursives digitales Filter modifiziert wurde, und welcher den Schall über einen Lautsprecher ausstrahlt. Das Wiedergabegerät weist einen hornförmigen Schalltrichter am Lautsprecher sowie Mittel zur Signalverarbeitung der Audiosignale auf, die ein nicht-rekursives digitales Filter umfassen. Auf der Öffnung des Lautsprecherhorns kann ein akustischer Widerstand aufgesetzt sein. Das Filter zeigt eine zur Übertragungscharakteristik des Lautsprecherhorns, inklusive des akustischen Widerstandes, inverse Charakteristik. Ferner kann das Wiedergabegerät einen linearen Phasenentzerrer zum Modulieren der Amplitudencharakteristik des Audiosignals aufweisen. Das digitale Filter der Signalverarbeitungsmittel kann als digitales FIR (finite impulse response)-Filter ausgebildet sein.

[0006] Die EP 0 168 078 A1 zeigt eine Anordnung zum Umwandeln eines elektrischen Signals in ein akustisches Signal oder umgekehrt, welche einen elektroakustischen Wandler und Mittel zum Reduzieren der Verzerrungen im Ausgangssignal der Anordnung aufweist. Die Mittel umfassen ein nicht-lineares Netzwerk, welches mindestens zwei parallele Schaltkreiszweige hat, von denen wenigstens einer die nicht-linearen Verzerrungskomponenten zweiter oder höherer Ordnung kompensiert.

[0007] Aus der US 4,675,835 ist ein Gerät zum Kompensieren von Wiedergabefehlern in einem elektroakustischen Wandler, wie z.B. ein Lautsprecher oder ein Mikrofon, mittels einer Computerschaltung bekannt. In einem digitalen Computerschaltkreis werden die elektrischen Eingangssignale umgewandelt in gemäß den inhärenten Eigenschaften des Wandlers veränderte Ausgangssignale und mit Hilfe eines Programms in einem Speicher abgelegt. Das Programm ist gleichermaßen abgespeichert. Bei Verwendung analoger Computerschaltkreise wird die komplexe inhärente Wiedergabe des Wandlers in Bezug auf die Amplituden/Frequenz-Übertragung und die Phasen/Frequenz-Übertragung mathematisch approximiert in einer geschlossenen inversen Form und die resultierende Funktion wird simu-

liert mittels Integrier-, Summier-, Invertier- und Einstellgliedern.

[0008] In der EP 0 567 061 A1 ist ein Verfahren und ein System zum Übertragen von Audiofrequenzen in einem Schallwiedergabesystem veröffentlicht, welches mindestens einen in einem Gehäuse montierten Lautsprecher aufweist, und in welchem die Frequenzübertragung des Lautsprechers mittels eines Filters entzerrt wird. Vor dem Einspeisen eines Signals in einem Breitband-Einweg-Lautsprecher, welcher Frequenzen über den im wesentlichen ganzen Hörbereich wiedergibt, wobei der genannte Lautsprecher Audiosignale ausgibt, wird die Frequenzübertragung des in seinem Gehäuse montierten Lautsprechers mittels eines Filters entzerrt, bei dem es sich um ein ebenfalls den gesamten Hörbereich abdeckendes Breitband-Filter handelt. Mit dem Filter wird im gewünschten Durchlassbereich des Lautsprechersystems, welches aus dem genannten, in seinem Gehäuse montierten Lautsprecher besteht, eine angenäherte inverse Übertragung implementiert, wobei die inverse Übertragung gemäß einer gemessenen Frequenzübertragung des Lautsprechersystems gebildet wird. Wunschgemäß kann die gemessene Frequenzübertragung in der Frequenzdomäne gemittelt werden, und die inverse Übertragung wird dann aus der gemittelten Frequenzübertragung gebildet.

[0009] Wie z. B. aus US-A-3 728 497, auch US-A-3 636 281 oder US-A-3 449 531 bekannt, wurden Anstrengungen unternommen, die bekannten Nachteile des Flächenlautsprechers mittels konstruktiver Maßnahmen zu beheben. Gewisse Verbesserungen konnten auf diese Weise erreicht werden, eine grundsätzliche Lösung, die dem Flächenlautsprecher ein breites Anwendungsspektrum erschlossen hätte, haben die bisher unternommenen Versuche aber noch nicht erbracht.

[0010] Der Erfindung liegt daher eine erste Teilaufgabe zugrunde, mit einem verfahren der eingangs genannten Art einen Weg anzugeben, mit dem die Nichtlinearitäten im Frequenzgang der Flächenlautsprecher wenigstens soweit zu beherrschen sind, dass sein Klangspektrum für den jeweiligen Anwendungsfall ausreichend natürlich wirkt.

[0011] Eine zweite Teilaufgabe besteht darin, unter Verwendung eines derartigen Verfahrens einen Flächenlautsprecher der eingangs genannten Art zu schaffen, dessen elektroakustische Eigenschaften - je nach Anwendungsfall - so optimiert sind, dass damit im einzelnen Anwendungsfall vorgegebene Anforderungen an die Güte einer damit ausgeführten Beschallung erfüllt werden,

[0012] Bei einem gattungsgemäßen Verfahren zum Betreiben eines Flächenlautsprechers wird die erste Teilaufgabe durch die im Kennzeichen des Patentanspruches 1 beschriebenen Merkmale gelöst.

[0013] Bei einem Flächenlautsprecher der eingangs genannten Art wird die zweite Teilaufgabe durch die im Kennzeichen des Patentanspruches 4 beschriebenen

Merkmale gelöst.

[0014] In der Elektroakustik ist man sich bei der Entwicklung optimierter elektroakustischer Wandler seit langem bewusst, dass die Einflussgrößen, die die Übertragungsgüte eines elektroakustischen Wandlers bestimmen, in ihrer Wirkung einander häufig konträr entgegenstehen. Eine konstruktiv-mechanische Lösung, bei der alle diese Einflussgrößen in gleicher Weise optimiert sind, ist also nicht möglich und jeder elektroakustische Wandler ist, systematisch bedingt, immer eine Kompromisslösung. Die bekannte Lautsprecherbox mit einer Mehrzahl einzelner, individuell gestalteter Lautsprecher ist dafür ein treffendes Beispiel. Die erfindungsgemäßen Lösungen der beiden Teilaufgaben beruhen auf der gemeinsamen Überlegung, dass derartige durch konstruktive Maßnahmen gekennzeichnete Kompromisse bei einem Flächenlautsprecher noch viel weniger zu einem befriedigenden Ergebnis führen. Ein Flächenlautsprecher ist eben nicht wie eine Lautsprecherbox aus einzelnen, individuell gestalteten Lautsprechereinheiten zusammenzusetzen. Dass Lösungsansätze, die mittels konstruktiver Maßnahmen den Flächenlautsprecher zu verbessern versuchten, nicht zu einem befriedigenden Ergebnis geführt haben, hat seine bisherige Entwicklung gezeigt.

[0015] Die Erfindung löst sich von konventionellen Überlegungen des Elektroakustikers und geht einen anderen Weg. Die elektroakustischen Eigenschaften des Flächenlautsprechers sind durch die Summe der Eigenschaften der verwendeten Schwingspule(n) und der mechanischen Eigenschaften der eingesetzten schallabstrahlenden Fläche festgelegt. Für jede so bestimmte Anordnung eines Flächenlautsprechers ist damit seine elektroakustische Übertragungsfunktion in Form seines Frequenzganges - von Toleranzen abgesehen - festgelegt. Ist die entsprechende Frequenzkurve durch Messung ermittelt, so kann man mit einer in der Betriebsanordnung des Flächenlautsprechers zwischen der Schallquelle und dem vor der Schwingspule bzw. den Schwingspulen liegenden Verstärker angeordneten Filtereinrichtung dann den Frequenzgang des Flächenlautsprechers kompensieren und damit linearisieren, sofern die Übertragungsfunktion der Filtereinrichtung zu der entsprechenden Funktion der Kombination aus Schwingspule(n) und schallabstrahlender Fläche im wesentlichen invers ist.

[0016] Gemäß Weiterbildungen der Erfindung wird die Übertragungsfunktion der Filtereinrichtung durch digitale Filter, insbesondere durch FIR (Finite Impulse Response)-Filter nachgebildet, deren Filterkoeffizienten aus der inversen Frequenzkurve des Flächenlautsprechers abgeleitet sind.

[0017] Vorzugsweise besitzt die Filtereinrichtung als Eingangsglied ein Abtast-/Halteglied, das über einen Analog-Digital-Umsetzer an das digitale Filter angeschlossen ist, dessen Ausgang mit einem Digital-Analog-Umsetzer verbunden ist.

[0018] Gemäß einer anderen Weiterbildung der Erfin-

dung ist die Filtereinrichtung mit einem digitalen Signalprozessor ausgestattet.

[0019] Digitale Signalprozessoren werden heute in großem Umfang eingesetzt und sind aufgrund der Fortschritte in der Entwicklung von integrierten Schaltkreisen auch für relativ rechenintensive "real-time"-Anwendungen bereits verfügbar. Digitale Signalprozessoren sind, wenn auch im beschränkten Umfang des zur Verfügung stehenden Volumens für den Programmspeicher, frei programmierbar. Damit wird es möglich, die Funktion des digitalen Signalprozessors an verschiedene Materialien der schallabstrahlenden Fläche, wie Holzwerkstoffe, Glas, Kunststoffe, unter anderem Polyurethanschäum anzupassen. Ferner lassen sich auch unterschiedliche Umrisse der schallabstrahlenden Fläche so realisieren. Damit wird deutlich, daß mit der Erfindung insbesondere das größte Hemmnis überwunden ist, das der weiten Verbreitung von Flächenlautsprechern bisher entgegenstand. Form und Materialauswahl der schallabstrahlenden Fläche stehen in weitem Umfang frei, ohne daß dies mit einer Minderung der Qualität der Schallabstrahlung erkauft werden müßte. Zwar ist nicht in jedem Anwendungsfall höchste und damit aus Aufwandsgründen auch immer noch relativ teure Qualität erforderlich, aber immerhin lassen sich Ausführungen verwirklichen, die sogar HIFI (High Fidelity)-Anforderungen vollauf genügen. Nicht nur in diesen Anwendungsfällen sind Volumen- und Gewichtersparnis des Flächenlautsprechers im Vergleich mit marktüblichen Lautsprecherboxen von großem Vorteil.

[0020] Weitere Vorteile und Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Lösung sind der folgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen zu entnehmen.

[0021] Ausführungsbeispiele der Erfindung werden im folgenden anhand der Zeichnung näher beschrieben, dabei zeigt:

Figur 1 einen Flächenlautsprecher in Verbindung mit einer Meßanordnung zur Messung seines Frequenzganges,

Figur 2 eine erste Ausführungsform einer Schaltungsanordnung zum Betreiben des Flächenlautsprechers und

Figur 3 eine weitere Ausführungsform der Schaltungsanordnung nach Figur 2.

[0022] In Figur 1 ist schematisch ein Flächenlautsprecher 1 dargestellt, der eine plattenförmig ausgebildete, schallabstrahlende Fläche 2 besitzt, auf der beispielhaft zwei Schwingspulen 3 bzw. 4 angeordnet sind. Die Schwingspulen 3 bzw. 4 sind auf der schallabstrahlenden Fläche 2 so mechanisch fixiert, dass sie im elektrisch angeregten Zustand ihre dabei auftretenden mechanischen Schwingungen auf die schallabstrahlende Fläche 2 übertragen, damit diese selbst zum Schwingen und so zur Schallabstrahlung angeregt wird. In einer funktionsfähigen Betriebsschaltung sind die Schwingspulen 3, 4 parallel an die Ausgänge eines Verstärkers 5

angeschlossen, dessen Eingang im normalen Betriebsfall an eine in Figur 1 nicht dargestellte Schallquelle angekoppelt ist.

[0023] Für einen Fachmann der technischen Akustik ist unmittelbar einleuchtend, dass unter anderem die Eigenschaften der schallabstrahlenden Fläche 2, ihre Form, die Größe ihrer Fläche, ihre Dicke und vor allem auch ihre mechanischen Eigenschaften, aber auch die Ausgestaltung der Schwingspule(n) 3, 4 sowie deren lokale Anordnung auf der schallabstrahlenden Fläche 2 die akustischen Eigenschaften des Flächenlautsprechers 1 bestimmen. Da z. B. völlig unterschiedliche Materialien für die schallabstrahlende Fläche 2 verwendet werden können, ergibt sich bereits aus der Materialauswahl eine Schwierigkeit. Denn davon hängt es ab, ob der Flächenlautsprecher 1, wie im Falle von Holzwerkstoffen, insbesondere im höheren Frequenzbereich oder andererseits wie beispielsweise bei Glas, auch Kunststoffen im niederfrequenten Bereich eine große Dämpfung aufweist, im letzteren Fall hohe Frequenzanteile überhöht wiedergibt und damit zum Klirren neigt. Wegen dieser Problematik haben sich Flächenlautsprecher, obwohl die Prinzipien dafür längst bekannt sind, in einer Vielzahl von an sich möglichen Anwendungsfällen bisher nicht durchgesetzt, weil andere elektroakustische Wandler bekannt sind, deren Frequenzgang einfacher korrigierbar ist.

[0024] In Figur 1 ist, zur Lösung dieses Problems, nun weiterhin eine Messanordnung dargestellt, mit der der Flächenlautsprecher 1 in seinen Übertragungseigenschaften akustisch analysiert wird. Um den Frequenzgang des Messobjektes, d. h. also eines bestimmten Typs des Flächenlautsprechers 1 zu bestimmen, ist ein Frequenzanalysator 6 vorgesehen, der bei durchstimmbarer Frequenz mit vorbestimmtem Pegel ein definiertes elektrisches Messsignal an den Verstärker 5 abgibt und über die Schwingspulen 3, 4 den Flächenlautsprecher 1 zur Schallabstrahlung anregt. In einem definierten Abstand von dem Flächenlautsprecher 1, vorzugsweise längs seiner Mittelachse, ist ein Messmikrophon 7 angeordnet, das mit dem Eingang des Frequenzanalysators 6 verbunden ist.

[0025] Mit dieser Messanordnung, die vorzugsweise in einem schalltoten Raum aufgebaut wird, um die Schallausbreitung im freien Feld unter Messbedingungen möglichst exakt nachzubilden, wird der Frequenzgang des Messobjektes bestimmt. Wie vorstehend angedeutet, ist dieser Frequenzgang beim Flächenlautsprecher 1 durch objekttypische Nichtlinearitäten bestimmt, weshalb er zumindestens für jeden Objekttyp individuell gemessen werden muss. Damit ist für den Flächenlautsprecher 1 ein wesentliches Maß für seine elektroakustischen Übertragungseigenschaften gewonnen. Um die Nichtlinearitäten des Frequenzganges zu kompensieren, wird zu der so gewonnenen Frequenzkurve deren inverse Funktion gebildet.

[0026] In Figur 2 ist schematisch anhand einer Betriebsschaltung für den Flächenlautsprecher 1 darge-

stellt, wie das beschriebene Messergebnis benutzt wird, um die Übertragungseigenschaften des speziellen elektroakustischen Wandlers zu entzerren. In Figur 2 ist die Schallquelle beispielhaft durch ein Magnetbandgerät 7 illustriert. Dessen Ausgang ist mit dem Verstärker 5 des Flächenlautsprechers 1 über eine Filtereinrichtung 8 verbunden. In der Filtereinrichtung 8 ist, wie in Figur 2 schematisch angedeutet ist, eine Übertragungsfunktion implementiert, die zu der für diesen Typ des Flächenlautsprechers 1 gemessenen, charakteristischen Frequenzkurve im wesentlichen invers ist. Der Verlauf der Übertragungsfunktion der Filtereinrichtung 8 ist der inversen Frequenzkurve des Flächenlautsprechers 1 um so mehr anzunähern, je höhere Anforderungen an die resultierende Übertragungsgüte des Flächenlautsprechers 1 im jeweiligen Anwendungsfall gestellt werden. In der Filtereinrichtung 8 werden die von dem Magnetbandgerät 8 zugeführten elektrischen Tonsignale in einer Weise vorverzerrt, die dem Frequenzgang des Flächenlautsprechers 1 gerade entgegengesetzt ist. Dieses vorverzerrte Tonsignal wird über den Verstärker 5 den Schwingspulen 3, 4 des Flächenlautsprechers 1 zugeführt. Bei der Umwandlung im Flächenlautsprecher 1 in akustische Signale wird es aufgrund von dessen Übertragungsfunktion wieder entzerrt. Der resultierende Frequenzgang des Flächenlautsprechers 1 wird um so besser linearisiert, je genauer die Annäherung der Übertragungsfunktion der Filtereinrichtung 8 an die inverse Frequenzkurve des Flächenlautsprechers 1 ist.

[0027] Bekanntlich können elektrische Filter auch aus diskreten Elementen aufgebaut werden, komplexe Übertragungsfunktionen für ein Bandfilter im Hörbereich, wie sie in diesem Verwendungsbereich in Verbindung mit Flächenlautsprechern 1 auftreten, sind mit diskreten Bauelementen jedoch nur mit Aufwand und auch dann nur in erster Näherung zu realisieren. Realisierungen der Filtereinrichtung 8 mit diskreten Bauelementen eignen sich in Verbindung mit einem Flächenlautsprecher 1 deshalb nur dann, wenn im Einzelfall an dessen Übertragungsgüte nur beschränkte Anforderungen gestellt werden.

[0028] In Figur 3 ist daher eine weitere Ausführungsform für die Betriebsschaltung eines Flächenlautsprechers 1 dargestellt, mit der sich sogar HiFi (High Fidelity) - Anforderungen erfüllen lassen. Die Ausführungsform nach Figur 3 unterscheidet sich von der Ausführungsform nach Figur 2 in der Weiteren Ausgestaltung der Filtereinrichtung 8. In Figur 3 ist die Filtereinrichtung 8 als digitales Filter dargestellt. Seine an das wieder als Beispiel für eine Schallquelle angegebene Magnetbandgerät 7 angeschlossene Eingangsschaltung ist als Abtast-/Halteglied 9 - häufig auch als "Sample and Hold" - Schaltung bezeichnet - ausgebildet. Damit wird das vom Magnetbandgerät 8 als analoges Signal zugeführte elektrische Tonsignal nach einem vorgegebenen Abtasttheorem abgetastet, der jeweils abgetastete Momentanwert zwischengespeichert und einem daran angeschlossenen Analog-Digital-Umsetzer 10 zugeführt,

der die aufeinanderfolgenden Momentanwerte in binär ausgedrückte Digitalsignale umsetzt. In dieser Form werden die Signale einem digitalen Signalprozessor 11 zugeführt. Ausgangsseitig ist der digitale Signalprozessor 11 an einen Digital-Analog-Umsetzer 12 angeschlossen, mit dem sein binäres Ausgangssignal wieder in ein analoges elektrisches Signal umgesetzt wird, das über den Verstärker 5 dem Flächenlautsprecher 1 zugeführt wird.

[0029] Diese Ausgestaltung der Filtereinrichtung 8 nutzt mit Vorteil die Fortschritte in der Entwicklung der digitalen Signalverarbeitung. Die Halbleiterindustrie bietet dem Anwender heute leistungsfähige, in weitem Umfang bereits eingesetzte Signalprozessoren auch: für "real-time"-Anwendungen. Einsatzmöglichkeiten digitaler Signalprozessoren sowie Ausgestaltungen durch entsprechende Programme können deshalb hier als bekannt vorausgesetzt werden. In der schematischen Darstellung von Figur 3 ist deshalb der Schaltungsaufbau des digitalen Signalprozessors nicht im einzelnen angegeben. Üblicherweise besitzt ein Signalprozessor neben einem Mikrokontroller, der eigentlichen Steuereinheit, einen Programm-, einen Daten- und einen Ein-/Ausgabespeicher, die untereinander über ein Bussystem mit parallelen Adress-, Steuer- und Datenleitungen verbunden sind. Die Möglichkeit, in dem Programmspeicher ein bestimmtes, auf den jeweiligen Anwendungsfall bezogenes Programm abzulegen, ermächtigt den digitalen Signalprozessor zu einer universell einsetzbaren elektronischen Schaltung, der im vorliegenden Anwendungsbereich dazu eingesetzt wird, die Übertragungsfunktion der Filtereinrichtung 8 nachzubilden.

[0030] Von Vorteil ist es dabei, das bzw. die Filter in Form von FIR (Finite Impulse Response)-Filtern zu implementieren, mit denen sich in bekannter Weise auch komplexe Übertragungsfunktionen bei "real-time"-Anforderungen realisieren lassen. Werden im einzelnen Anwendungsfall an die Übertragungsgüte des Flächenlautsprechers 1 sehr hohe Anforderungen, etwa HiFi-Qualität gestellt, so kann es wegen der erforderlichen Signalverarbeitung unter Echtzeit-Bedingungen notwendig werden, diese signalverarbeitung im Parallelbetrieb mehrerer Signalprozessoren vorzunehmen, ohne dabei den prinzipiellen Lösungsansatz zu verlassen.

[0031] Die vorstehend beschriebenen Ausführungsformen eröffnen dem Flächenlautsprecher ein breites Anwendungsspektrum. Die freie Programmierbarkeit des digitalen Signalprozessors 11 lässt es zu, den Aufwand für die Messung des Frequenzganges des jeweiligen Typs des Flächenlautsprechers 1 und die Umsetzung der gemessenen Frequenzkurve in eine dazu mehr oder minder angenäherte inverse Übertragungsfunktion der Filtereinrichtung 8 im Hinblick auf den jeweiligen Anwendungsfall zu optimieren. Es lassen sich kleindimensionale, aber auch großformatige Flächenlautsprecher realisieren. Da die Materialauswahl bei einem erfindungsgemäß ausgebildeten Flächenlautspre-

cher bei weitem nicht mehr der konventionellen Beschränkung unterliegt, lassen sich beispielsweise auch Materialien mit einem sehr niedrigen spezifischen Gewicht für die schallabstrahlende Fläche auswählen. Insbesondere bei mobilen Anwendungen, bei denen Transportmöglichkeiten eine durchaus wesentliche Rolle spielen, ist es von großem Vorteil, einen leichten Flächenlautsprecher bestehend aus Polyurethanschaum statt einer voluminösen konventionellen Lautsprecherbox mit hohem Gewicht zu bewegen. Erfindungsgemäße Flächenlautsprecher können daher sowohl zu gewerblichen Zwecken, wie öffentlichen Beschallungseinrichtungen, auch Werbeflächen wie im persönlichen Bereich als hochwertige, dabei sehr flache Lautsprecher-einrichtungen, die beispielsweise in Möbel integriert sind, eingesetzt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines Flächenlautsprechers (1), bei dem mindestens eine Schwingspule (3, 4) auf eine plattenförmige Fläche (2) mit vorbestimmten Materialeigenschaften aufgebracht ist, über die durch eine Schallquelle (7) elektrisch angeregte(n) Schwingspule(n) (3, 4) zum Schwingen angeregt Schall abgestrahlt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** der akustische Frequenzgang dieses Flächenlautsprechers (1) gemessen und seine Frequenzkurve ermittelt wird, dass für diese Frequenzkurve die dazu inverse Frequenzkurve ermittelt wird, dass diese inverse Frequenzkurve in einer Filtereinrichtung (8) als deren Übertragungsfunktion nachgebildet wird und dass mittels der im Betriebszustand zwischen die Schallquelle (7) und den Flächenlautsprecher (1) geschalteten Filtereinrichtung (8) aufgrund deren Übertragungsfunktion der Frequenzgang des Flächenlautsprechers kompensiert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Übertragungsfunktion der Filtereinrichtung (8) durch digitale Filter nachgebildet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Übertragungsfunktion mittels FIR (Finite Impulse Response) - Filter gebildet wird, deren Filterkoeffizienten aus der inversen Frequenzkurve abgeleitet sind.
4. Flächenlautsprecher mit mindestens einer Schwingspule (3, 4), die auf eine plattenförmige Fläche (2) mit definierten Materialeigenschaften aufgebracht ist und die, durch elektrische Tonsignale angeregt, diese Fläche (2) zur Schallabstrahlung in Schwingungen versetzt, **dadurch gekennzeichnet, dass** der mindestens einen Schwingspule (3,

4) eine Filtereinrichtung (8) für die Tonsignale vorgeschaltet ist, deren Übertragungsfunktion zu dem Frequenzgang des Flächenlautsprechers (1) invers ausgebildet ist.

5. Flächenlautsprecher nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Filtereinrichtung (8) als digitales Filter ausgebildet ist.
6. Flächenlautsprecher nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Filtereinrichtung (8) durch FIR (Finite Impulse Response) - Filter gebildet ist.
7. Flächenlautsprecher nach einem der Ansprüche 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Filtereinrichtung (8) als Eingangsglied ein Abtast-/Halteglied (9) besitzt, das über einen Analog-Digital-Umsetzer (10) an das digitale Filter (11) angeschlossen ist, dessen Ausgang mit einem Digital-Analog-Umsetzer (12) verbunden ist.
8. Flächenlautsprecher nach einem der Ansprüche 5 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Filtereinrichtung (8) mit einem digitalen Signalprozessor (11) ausgestattet ist.

Claims

1. Method for operation of a flat surface loudspeaker (1), in which at least one oscillating coil (3, 4) is mounted on a surface (2) in the form of a plate and having predetermined material characteristics, via which sound is emitted by a coil or coils (3, 4) stimulated electrically by means of a sound source (7), stimulated to oscillate, **characterized in that** the acoustic frequently response of this flat surface loudspeaker is measured and its frequency curve is determined, **in that** the inverse frequency curve to this frequency curve is determined, **in that** this inverse frequency curve is simulated in a filter device (8) as its transfer function, and **in that** the frequency response of the flat surface loudspeaker is compensated for by means of the filter device (8), which is connected between the sound source (7) and the flat surface loudspeaker (1) in the operating state, on the basis of its transfer function.
2. Method according to Claim 1, **characterized in that** the transfer function of the filter device (8) is simulated by digital filters.
3. Method according to Claim 2, **characterized in that** the transfer function is formed by means of FIR (Finite Impulse Response) filters, whose filter coefficients are derived from the inverse frequency curve.

4. Flat surface loudspeaker having at least one oscillating coil (3, 4) which is mounted on a surface (2) in the form of a plate and has defined material characteristics and which, stimulated by electrical sound signals, causes this surface (2) to oscillate in order to emit sound, **characterized in that** a filter device (8) for the sound signals is connected upstream of the at least one oscillating coil (3, 4), and its transfer function is the inverse of the frequency response of the flat surface loudspeaker (1). 5 10
5. Flat surface loudspeaker according to Claim 4, **characterized in that** the filter device (8) is in the form of a digital filter. 15
6. Flat surface loudspeaker according to Claim 5, **characterized in that** the filter device (8) is formed by FIR (Finite Impulse Response) filters. 20
7. Flat surface loudspeaker according to one of Claims 5 or 6, **characterized in that** the filter device (8) has a sample and hold element (9) as the input element, which is connected via an analogue/digital converter (10) to the digital filter (for example 11), whose output is connected to a digital/analogue converter (12). 25
8. Flat surface loudspeaker according to one of Claims 5 to 7, **characterized in that** the filter device (8) is equipped with a digital signal processor (11). 30

Revendications

1. Procédé pour faire fonctionner un haut-parleur plan (1) dans lequel au moins une bobine mobile (3, 4) est placée sur une surface en forme de plaque (2) qui a des propriétés matérielles prédéterminées et par laquelle un son est émis par l'intermédiaire de la ou des bobines mobiles (3, 4) excitées électriquement par une source sonore (7) pour vibrer, **caractérisé par le fait qu'on** mesure la réponse fréquentielle acoustique de ce haut-parleur plan (1) et on détermine sa courbe fréquentielle, qu'on détermine pour cette courbe fréquentielle la courbe fréquentielle inverse, qu'on reproduit cette courbe fréquentielle inverse dans un dispositif de filtrage (8) comme fonction de transfert et qu'on compense la réponse fréquentielle du haut-parleur plan au moyen du dispositif de filtrage (8) branché au cours du fonctionnement entre la source sonore (7) et le haut-parleur plan (1) et donc sur la base de la fonction de transfert de ce dispositif de filtrage. 35 40 45 50
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé par le fait qu'on** reproduit la fonction de transfert du dispositif de filtrage (8) au moyen de filtres numériques. 55

3. Procédé selon la revendication 2, **caractérisé par le fait qu'on** forme la fonction de transfert au moyen de filtres FIR (Finite Impulse Response) dont les coefficients sont déduits de la courbe fréquentielle inverse. 5
4. Haut-parleur plan comportant au moins une bobine mobile (3, 4) qui est placée sur une surface en forme de plaque (2) ayant des propriétés matérielles définies et qui, excitée par des signaux sonores électriques, fait vibrer cette surface (2) pour l'émission sonore, **caractérisé par le fait qu'il** est branché du côté amont de la ou des bobines mobiles (3, 4) un dispositif de filtrage (8) qui est destiné aux signaux sonores et dont la fonction de transfert est conçue comme étant inverse de la réponse fréquentielle du haut-parleur plan (1). 10
5. Haut-parleur plan selon la revendication 4, **caractérisé par le fait que** le dispositif de filtrage (8) est conçu comme un filtre numérique. 15
6. Haut-parleur plan selon la revendication 5, **caractérisé par le fait que** le dispositif de filtrage (8) est formé de filtres FIR (Finite Impulse Response). 20
7. Haut-parleur plan selon l'une des revendications 5 ou 6, **caractérisé par le fait que** le dispositif de filtrage (8) comporte comme élément d'entrée un élément d'échantillonnage et de maintien (9) qui est raccordé par l'intermédiaire d'un convertisseur analogue-numérique (10) au filtre numérique (11) dont la sortie est reliée à un convertisseur numérique-analogique (12). 25
8. Haut-parleur plan selon l'une des revendications 5 à 7, **caractérisé par le fait que** le dispositif de filtrage (8) est équipé d'un processeur de signal numérique (11). 30

FIG 1

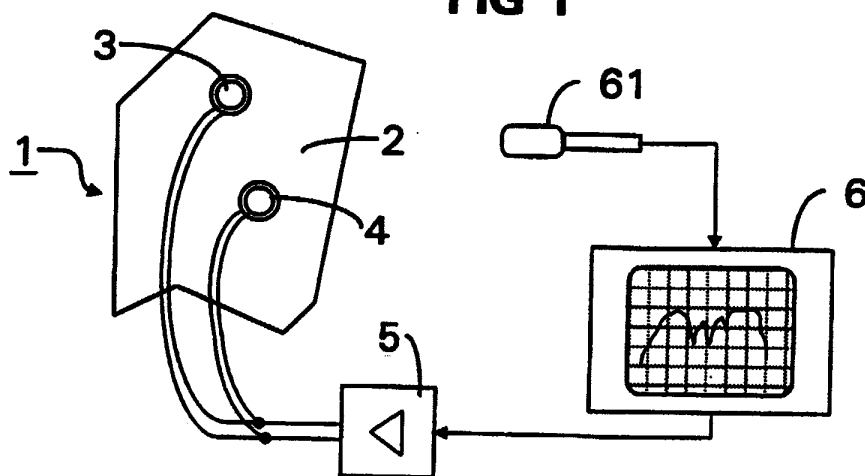


FIG 2

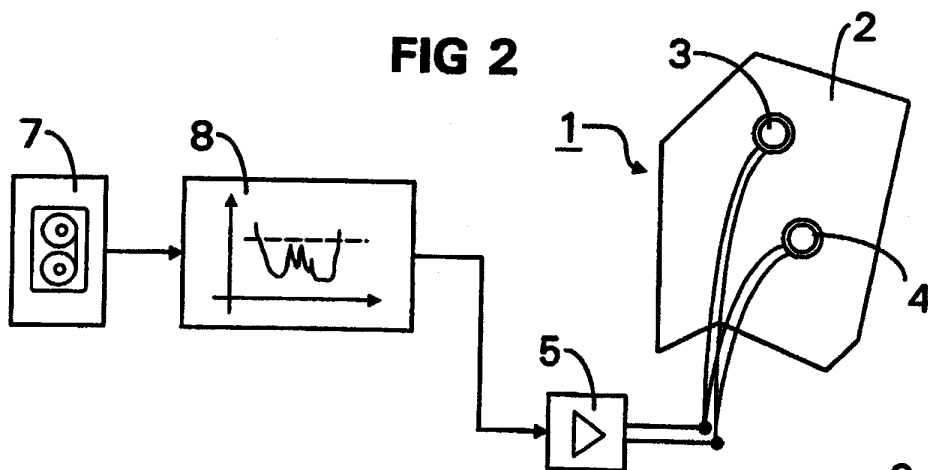


FIG 3

