

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
24. April 2003 (24.04.2003)

PCT

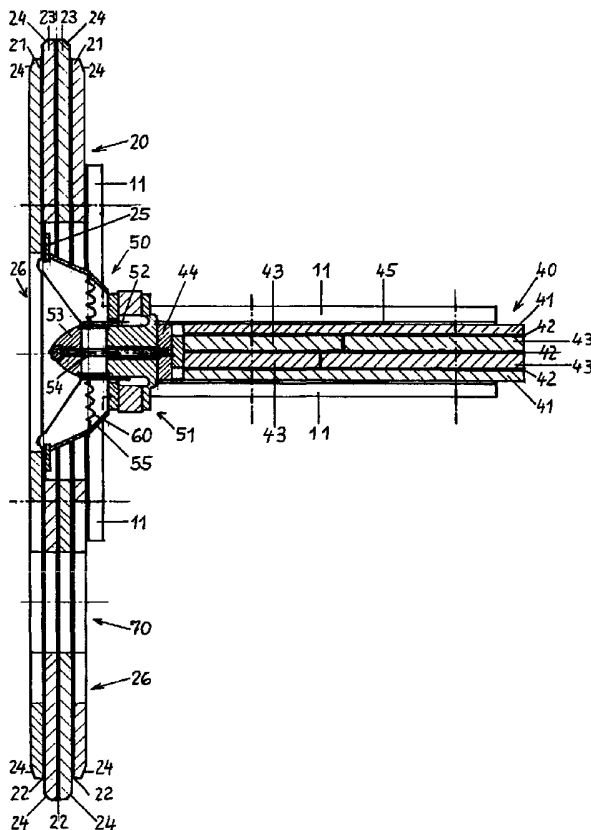
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 03/034778 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: **H04R** (71) Anmelder und
(72) Erfinder: **WILLIMZIK, Kolja** [DE/DE]; An der Rodung
15, 53894 Mechernich (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE02/03733
- (22) Internationales Anmeldedatum:
2. Oktober 2002 (02.10.2002) (81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT,
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR,
CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE,
GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR,
KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK,
MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU,
SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
101 49 518.8 8. Oktober 2001 (08.10.2001) DE

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: ELECTROACOUSTIC DEVICE AND METHOD OF QUALITY CONTROL

(54) Bezeichnung: ELEKTROAKUSTISCHES GERÄT UND QUALITÄTSKONTROLLVERFAHREN



(57) Abstract: The invention relates to an electroacoustic device with largest possible freedom from distortion and a quality control method for optimizing, setting and monitoring the freedom from distortion of said device. The linear and non-linear freedom from distortion of the device is achieved by means of an electrodynamic converter with a resonance- and reflection-damped central membrane, a direct coupling of the drive for the electrodynamic converter to a rigid element of high mass, which, together with the electrodynamic converter, is isolated from the housing or the baffle of the device and by housing walls or a baffle made from a glass layer, damping layers and further hard layers. According to the invention, spatial matching may be achieved whereby at least two converters are controlled such that the emission properties can be changed between a monopole and dipole characteristic at any frequency. Optimisation, monitoring and matching of the spatial acoustics can be achieved, whereby a three-dimensional diagram is derived from the impulse response, representing the linear distortion with infinitely variable resolution in the frequency and time domain. The non-linear distortions are superimposed on the three-dimensional representation in the form of colour- or grey-scales.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein elektroakustisches Gerät grösster Verzerrungsfreiheit und ein Qualitätskontrollverfahren zur Optimierung, Einstellung und Überprüfung der Verzerrungsfreiheit dieses Geräts. Die lineare und nichtlineare Verzerrungsfreiheit des Geräts wird durch elektrodynamische Wandler mit einer resonanz- und reflexionsgedämpften Zentriermembran, eine direkte Ankopplung des Antriebs

der elektrodynamischen Wandler an ein

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 03/034778 A2



(84) **Bestimmungsstaaten** (*regional*): ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

steifes Element hoher Masse, das zusammen mit den elektrodynamischen Wandlern von dem Gehäuse oder der Schallwand des Geräts entkoppelt ist, und durch Gehäusewände oder eine Schallwand aus einer Glasschicht, dämpfenden Schichten und weiteren harten Schichten, erreicht. Zur Raumanpassung werden mindestens zwei Wandler so angesteuert, dass das Abstrahlverhalten bei beliebigen Frequenzen zwischen Monopol- und Dipolcharakteristik wechseln kann. Zur Optimierung, Überprüfung und zur Anpassung an die Raumakustik wird aus der Impulsantwort ein dreidimensionales Diagramm errechnet, das die linearen Verzerrungen mit beliebig variierbarer Auflösung im Frequenz- und Zeitbereich darstellt. Die nichtlinearen Verzerrungen werden der dreidimensionale Darstellung in Form von Farb- oder Graustufen überlagert.

Beschreibung

Elektroakustisches Gerät und Qualitätskontrollverfahren

5

Technisches Gebiet

Die Erfindung betrifft ein elektroakustisches Gerät bestehend aus mindestens einem
10 elektrodynamischen Wandler und ein Qualitätskontrollverfahren zur Optimierung,
Einstellung und Überprüfung der Verzerrungsfreiheit dieses Geräts.

Stand der Technik

15

Eine bedeutende Eigenschaft von elektroakustischen Geräten mit elektrodynamischen Wandlern ist, die elektrischen Signale möglichst unverfälscht in akustische Signale umzuwandeln. Abweichungen von diesem Idealzustand können durch lineare und nichtlineare Verzerrungen charakterisiert werden.

20

Elektrodynamische Wandler, dessen Schwingssystem aus einer Membran besteht an der ein Schwingspulenträger mit einer Tauchspule befestigt ist haben weite Verbreitung gefunden. Diese Tauchspule befindet sich üblicherweise im Luftspalt eines Magnetsystems.

Fortschritte in der Gestaltung dieses Magnetsystems haben die Verzerrungen durch den
25 Antrieb des Schwingensystems deutlich reduziert. Darüber hinaus hat das Bestreben die linearen und nichtlinearen Verzerrungen zu minimieren zur Entwicklung von neuartigen Membranen geführt. Diese Membranen zeichnen sich vor allem dadurch aus, dass sie im gesamten vorgesehen Übertragungsbereich nahezu ohne Partialschwingungen und Resonanzen arbeiten.

30

Eine Überprüfung solcher weiterentwickelter Wandler durch Anwendung des erfindungsgemäßen Qualitätskontrollverfahrens zeigt jedoch weiterhin erhebliche

Resonanz- und Reflexionserscheinungen. Als Ursache für diese Verfälschungen konnte die Zentriermembran ermittelt werden.

Die Aufgabe dieser Zentriermembran ist gewöhnlich, einerseits die Spule des
5 Schwingensystems zentriert im Luftspalt zu halten und andererseits durch Rückstellkräfte die Bewegungen des Schwingensystems um die Ausgangslage zu zentrieren. Darüber hinaus wird die Steifigkeit der Zentriermembran so eingestellt, dass sich eine für das Schwingensystem erwünschte Resonanzfrequenz ergibt. Gewöhnlich ist der innere Rand der Zentriermembran mit der Schwingspule und der äußere Rand mit dem Rahmen oder Magnetsystem des
10 Wandlers verbunden. Dazwischen besitzt eine solche Zentriermembran eine geprägte Zacken- oder Wellenstruktur.

In der Vergangenheit wurde versucht, die Zentriermembran vor allem hinsichtlich der Linearität der Rückstellkräfte zu optimieren, da sich diese mit gewöhnlichen, einfachen
15 Messverfahren ermitteln lässt. Ein Beispiel hierfür wird in DE 198 40 374 A 1 beschrieben. Durch die Möglichkeit des erfindungsgemäßen Qualitätskontrollverfahrens lineare Verzerrungen sowohl im Frequenz- wie auch im Zeitbereich genau zu analysieren, können nun auch die unerwünschten Resonanz- und Reflexionserscheinungen gewöhnlicher Zentriermembranen identifiziert werden.

20 Die Bewegung der Schwingspule führt zu Wellenbewegungen in der Zentriermembran, die sich vom inneren zum äußeren Rand fortpflanzen, dort reflektiert werden und schließlich das Schwingensystem in unerwünschte Bewegung versetzen. Erwartungsgemäß schwingt bei gewissen Frequenzen die gesamte Zentriermembran ein und produziert die unerwünschten
25 Resonanzerscheinungen.

Eine Überprüfung mehrerer hochwertiger elektrodynamischer Wandler hat bestätigt, dass es sich um eine prinzipbedingte Verfälschung handelt. Unterschiede waren nur hinsichtlich der Frequenzbereiche und der Ausprägung der Resonanzen und Reflexionen zu ermitteln.

30 Weitere, bekannte Ursachen für lineare und nichtlineare Verzerrungen sind Schwingungen und Resonanzen des Rahmens des elektrodynamischen Wandlers und des Gehäuses oder der Gehäusewände bzw. der Schallwand des elektroakustischen Geräts. Weiterhin ist

bekannt, dass die Reaktionskräfte auf das Magnetsystem durch den Antrieb des Schwingensystems eine Hauptursache für diese Schwingungen und Resonanzen darstellen.

Aus DE 196 47 306 A 1 ist eine korblose Tauchspulenlautsprecher-Schwingeinheit
5 bekannt, die durch die Abwesenheit eines tragenden Rahmens Fließwiderstände, Korbfensterresonanzen und Nahfeldreflexionen vermeiden soll. Eine Übertragung der Reaktionskräfte auf das Gehäuse kann hierdurch jedoch nicht vermieden werden. Außerdem sind schwimmende oder flexible Befestigungsanordnungen für elektrodynamische Wandler bekannt. Hierdurch kann eine Übertragung der Reaktionskräfte auf das Gehäuse
10 bzw. die Schallwand verringert werden. Sehr nachteilig sind jedoch die starken Schwingungen des elektrodynamischen Wandlers bei dieser Befestigungsart.

In DE 196 21 191 A 1 wird ein Lautsprecherchassis mit Zentralbefestigung für Lautsprechergehäuse beschrieben. Das Ziel ist Undichtigkeiten des Gehäuses zu vermeiden
15 und durch eine kraftschlüssige Verbindung eine konstruktive Versteifung zu erreichen. Auch hierdurch kann eine Übertragung der Reaktionskräfte auf das Gehäuse nicht verhindert werden. Außerdem besteht die Möglichkeit, dass sich die Haltestange selbst erheblich durch die Reaktionskräfte bei bestimmten Frequenzen aufschwingt.

20 Aus DE 28 32 612 B 2 ist ein dynamischer Lautsprecher bekannt bei dem versucht wird die Reaktionskräfte durch entgegengesetzt schwingendes massives Element auszugleichen. In der Praxis ist es jedoch schwierig zwei unterschiedlich gestaltete komplex schwingende Systeme so zu konstruieren, dass sich die Reaktionskräfte über den gesamten Übertragungsbereich völlig ausgleichen. Ein weiterer großer Nachteil ist der deutlich
25 verringerte Wirkungsgrad eines solchen Lautsprechers.

Weiterhin ist bekannt, dass auch über die Luft Schwingungen auf die Gehäusewände bzw. die Schallwand eines elektroakustischen Geräts übertragen werden können. Es ist auch bekannt, dass aus diesem Grund versucht worden ist durch große Querschnitte,
30 Kombination verschiedener Materialien, Quarzsandfüllungen usw. Gehäusewände mit besonders großer Steifigkeit und hoher innerer Dämpfung zu gestalten.

Glas ist in vieler Hinsicht ein besonders interessantes Material für Gehäusewände bzw. die Schallwand eines elektroakustischen Geräts. Neben einer hohen Härte und einer günstigen spezifischen Dichte bietet es besonders ansprechende ästhetische Gestaltungsmöglichkeiten.

5

In DE-OS 2 260 983 wird eine Lautsprecherbox aus einer Ganzglaskonstruktion beschrieben. Aus DE 37 20 374 C 2 sind kugelförmige Glasgehäuse für Lautsprechersysteme und aus DE 198 34 414 C 2 Glasgehäuse für Lautsprecher mit mindestens einem Zwischenboden und einer abnehmbaren Rückwand bekannt. Außerdem
10 werden in diesen Schriften einige Vorteile von Glas für diese Anwendungen dargestellt.

Der entscheidende Nachteil von Glas wird in diesen Schriften jedoch nicht erwähnt. Es ist bekannt, das Glas eine für harte Werkstoffe typische sehr geringe innere Dämpfung besitzt. Selbst bei größten Materialdicken lassen sich schwach bedämpfte Resonanzen hoher Güte
15 nicht vermeiden. Aus diesem Grund war es bisher nicht machbar Gehäusewände bzw. eine Schallwand aus Glas, für möglichst verzerrungsfreie elektroakustische Geräte einzusetzen.

Seit längerem sind elektroakustische Geräte bekannt, die isoliert betrachtet relativ geringe lineare Verzerrungen in dem Frequenzbereich von 20 – 200 Hz aufweisen. Es lassen sich
20 beispielsweise Monopol- oder Dipol Schallquellen konstruieren, deren Abweichungen des Schalldruckfrequenzgangs im diesem Bereich innerhalb von ± 1 dB liegen. Die Platzierung einer solchen Schallquelle in einem dafür vorgesehenen Raum führt jedoch zwangsläufig zu sehr großen linearen Verzerrungen, die sich z. B. in Form von Einbrüchen und Überhöhungen des Schalldruckfrequenzgangs und Resonanzen äußern. Die Art und Größe
25 dieser Verzerrungen hängt bekanntermaßen von den Raumdimensionen und der Platzierung der Schallquelle und des Schallempfängers im Raum ab.

Eine Entzerrung von Einbrüchen des Schalldruckfrequenzgangs im Raum ist bekanntermaßen nicht möglich. Eine Entzerrung von Überhöhungen des
30 Schalldruckfrequenzgangs ist zwar möglich, jedoch üblicherweise nachteilig, da nur der eingeschwungene Zustand korrigiert wird. Weiterhin ist bekannt dass Monopolschallquellen an die Druckmaxima und Dipolschallquellen an die Geschwindigkeitsmaxima des Raumes ankoppeln. Daher weisen Monopol- und

Dipolschallquellen mit gleichem Schalldruckfrequenzgang im Freifeld völlig unterschiedliche Schalldruckfrequenzgänge in einem entsprechenden Raum bei ansonsten identischer Platzierung von Quelle und Empfänger auf.

- 5 Es ist bekannt, dass zur Ermittlung der linearen Verzerrungen eines Messobjekts zunächst die Impulsantwort des Messobjekts ermittelt werden kann. Weiterhin ist bekannt, dass als Stimulus MLS- oder IRS-Signale (Maximum Length Sequence, Inverse Repeated Sequence) verwendet werden können. Ein bekannter Nachteil dieses Verfahren ist, dass es Linearität und Zeitinvarianz voraussetzt. Da elektroakustische Geräte jedoch nicht das
- 10 Kriterium der Linearität voll erfüllen können, besteht die Gefahr von fehlerhaften Messergebnissen.

- Aus der Impulsantwort können dann die entsprechenden Parameter des Messobjekts, wie beispielsweise Amplituden- oder Phasenfrequenzgang, Sprungantwort usw., errechnet
- 15 werden. Es ist auch bekannt, dass aus der Impulsantwort sogenannte Cumulative-Spectral-Decay-Plots oder Zerfallsdiagramme berechnet werden können. Bei diesen dreidimensionalen Diagrammen wird üblicherweise auf einer Achse die Amplitude, auf der nächsten Achse die Frequenz und auf der dritten Achse die Zeit dargestellt. Bei Zeitachse 0 wird normalerweise der Amplitudenfrequenzgang des Messobjekts mittels DFT (diskrete
- 20 Fourier-Transformation) aufgrund des gesamten gewählten Zeitfensters berechnet. Beim nächsten Zeitinkrement wird der Beginn des Zeitfensters entsprechend später gesetzt und der Amplitudenfrequenzgang aufgrund des restlichen Zeitfensters berechnet und in dem dreidimensionalen Diagramm dargestellt. Auf diese Art und Weise wird der gesamte gewählte Zeitbereich durchlaufen und die Cumulative-Spectral-Decay-Plots oder
- 25 Zerfallsdiagramme berechnet und dargestellt.

- Nachteilig ist bei diesen Diagrammen, dass der Amplitudenfrequenzgang immer aufgrund des gesamten restlichen Zeitfensters berechnet wird. Durch die daraus resultierende geringe Zeitauflösung lassen sich Resonanzen und Interferenzen bzw. Reflexionen des
- 30 Ausschwingvorgangs kaum unterscheiden. Außerdem ist nachteilig dass das Messobjekt nur im eingeschwungenen Zustand bzw. nur das Ausschwingen aus dem eingeschwungenen Zustand dargestellt wird. Das Einschwingen kann auf diese Art und Weise nicht analysiert werden.

Die nichtlinearen Verzerrungen werden üblicherweise separat gemessen. Es ist bekannt, dass mittels Tongeneratoren Stimuli erzeugt werden können die mit der DFT dann auf entsprechende nichtlineare Komponenten analysiert werden. Mit diesem Verfahren können

5 z. B. der Klirrfaktor und andere nichtlineare Verzerrungen des Messobjekts ermittelt werden.

Darstellung der Erfindung

10

Die Aufgabe ein elektroakustisches Gerät größter Verzerrungsfreiheit und ein Qualitätskontrollverfahren zur Optimierung, Einstellung und Überprüfung der Verzerrungsfreiheit dieses Geräts zu schaffen, wird mit den in den Ansprüchen angegebenen Merkmalen gelöst. Vorteilhafte Aus- und Weiterbildungen der Erfindung sind

15 aus den Unteransprüchen ersichtlich.

Die Befestigung von elektrodynamischen Wandlern geschieht, gemäß Anspruch 1, durch eine direkte Ankopplung des Antriebs der Wandler an eine steifes Element hoher Masse. Durch die im Verhältnis geringe bewegte Masse des Wandlers und die direkte Ankopplung

20 werden Schwingungen des Wandlerantriebs auf ein Minimum reduziert. Da die Reaktionskräfte auf das Magnetsystem durch den Antrieb des Schwingsystems durch die erfindungsgemäße Befestigung des Wandlers nicht mehr über den Rahmen des Wandlers übertragen werden, können Resonanzen in der Rahmenstruktur eliminiert werden.

25 Eine Übertragung der minimierten Restschwingungen der Wandler und des Elements hoher Masse auf das Gehäuse bzw. die Schallwand wird erfindungsgemäß durch eine Entkopplung der Wandler und des Elements hoher Masse von dem Gehäuse bzw. der Schallwand durch Dämpfungselemente erreicht. Vorteilhaft ist die Gestaltung der Dämpfungselemente im Bereich der Rahmen der Wandler, wenn diese Dämpfungselemente

30 gleichzeitig die Aufgabe von Dichtungen übernehmen können.

Eine besonders vorteilhafte Gestaltung des Elements hoher Masse kann in Form eines schmalen, länglichen und im Verhältnis zu den Wandlern quergestellten Schildes erreicht

werden. Hierdurch können z. B. rückwärtige Reflexionen vermieden werden. Außerdem bietet diese Ausgestaltung eine besonders hohe Stabilität in Richtung des Kraftvektors der Reaktionskräfte und die geringe resultierende Fläche leistet, auch bei eventuellen Restschwingungen, nur einen vernachlässigbaren Beitrag zum Gesamtschalldruck. Weitere
5 Vorteile, wie z. B. hohe Stabilität und innere Dämpfung, ergeben sich durch einen mit den Gehäusewänden bzw. der Schallwand vergleichbarem Aufbau des quergestellten Schildes.

Durch eine erfindungsgemäße Befestigung der Wandler kann einerseits der Beitrag von unkontrollierten Schwingungen des Wandlerantriebs und der Rahmenstruktur zu den
10 linearen und nichtlinearen Verzerrungen des Geräts effizient vermieden werden und andererseits eine Übertragung dieser Schwingungen auf das Gehäuse bzw. die Schallwand unterbunden werden. Ein weiterer großer Vorteil der erfindungsgemäßen Befestigung besteht in der Möglichkeit herkömmliche elektrodynamische Wandler ohne weitere Veränderungen zu verwenden.

15 Der Vorteil einer besonders günstigen und zügigen Montage ergibt sich bei der Verwendung von elektrodynamischen Wandlern mit einem Phase-Plug. Der Phase-Plug kann so gestaltet werden, dass der Wandler mittels nur einer einzigen Schraubbefestigung montiert werden kann. Hierdurch kann die Anzahl von üblicherweise 4 – 12 kostspieligen
20 Befestigungsanordnungen vermieden werden und die Montage entsprechend zügiger gestaltet werden.

Zur Vermeidung von linearen und nichtlinearen Verzerrungen des elektroakustischen Geräts, die durch unerwünschte Schwingungen des Gehäuses bzw. der Schallwand
25 hervorgerufen werden, wird die Schallwand bzw. das Gehäuse gemäß Anspruch 5 bzw. 6 aus einer Kombination von mindestens einer Schicht aus Glas, mindestens einer Schicht aus einem dämpfenden Material, und mindestens einer weiteren Schicht aus einem harten Material wie z. B. Glas, Stahl oder Aluminium, aufgebaut.

30 Eine vorteilhafte Ausgestaltung ergibt sich durch die Anordnung der Glasschicht auf der Außenseite des Gehäuses bzw. der Schallwand. An dieser Position kann Glas als Material mit vergleichsweise hoher Härte die Druck- und Zugspannungen durch Durchbiegungen effizient aufnehmen. Außerdem ergeben sich sehr ansprechende ästhetische

- Gestaltungsmöglichkeiten und die üblicherweise erforderlichen aufwendigen und kostspieligen Arbeitsgänge wie beispielsweise Lackieren oder Furnieren können entfallen. Vorzugsweise kann Flachglas, ESG, TVG oder VSG verwendet werden. Andere Herstellungsverfahren, wie beispielsweise Gießen oder Ziehen, sind jedoch auch denkbar.
- 5 Die Ausschnitte und Kanten können beispielsweise durch Wasserstrahlschneiden, Fräsen, Bohren, Schleifen und Polieren angefertigt werden.

- Durch Anordnung eines harten Materials auf der Innenseite des Gehäuses bzw. der Rückseite der Schallwand kann eine Ausgestaltung von besonders hoher Stabilität erzielt
- 10 werden. Durch die dämpfende Zwischenschicht, bzw. die dämpfenden Zwischenschichten wird zudem eine besonders hohe innere Dämpfung erreicht. Eine weitere Erhöhung der inneren Dämpfung kann, gemäß Unteranspruch 14, durch Teilung und Überlappung verschiedener Schichten erfolgen.
- 15 Eine besonders vorteilhafte Ausgestaltung kann, gemäß Unteranspruch 11, durch eine ausschließliche Verwendung von Glas für die harten Schichten geschaffen werden. Neben einer optimalen Stabilität und inneren Dämpfung ergeben sich herausragende optische Gestaltungsmöglichkeiten wie z. B. verschiedenartig beschichtetes Glas, transparente, opake, gemusterte, farbige und drahtnetzartige Dämmschichten. Es können außerdem
- 20 durch Einstrahlung von Licht neuartige Lichteffekte erzeugt werden. Durch lichtstarke LEDs mit variabler Farbe und die Gestaltung von matten Glasoberflächen können diese Effekte besonders vielseitig und ausgeprägt umgesetzt werden.
- Eine Verringerung der linearen Verzerrungen der elektrodynamischen Wandler wird gemäß
- 25 Anspruch 15 durch eine ein- oder zweiseitige dämpfende Beschichtung der Zentriermembran gelöst. Eine besonders effektive Dämpfung wird z. B. durch eine teilflächige sternförmige, blütenförmige oder propellerförmige Beschichtung erreicht. Im Rahmen des fachmännischen Könnens sind selbstverständlich viele weitere Aus- und Weiterbildungen von dämpfenden Beschichtungen denkbar. Zusätzlich können, durch eine
- 30 entsprechende Ausgestaltung der teilflächigen Beschichtung, die Rückstellkräfte linearisiert werden.

Eine zusätzliche Dämpfung von unerwünschten Resonanzen und Reflexionen geschieht durch im Bereich des äußeren Randes der erfindungsgemäßen Zentriermembran ein- oder zweiseitig angebrachte Dämpfungselemente, unterschiedliche Beschichtungsmaterialien oder Beschichtungsdicken. Dadurch wird am äußeren Rand der Zentriermembran eine harte
5 Terminierung vermieden. Diese Maßnahme führt zu einer deutlichen Verringerung von Reflexionen und der Neigung zu Resonanzen. Eine weitere, in Anspruch 25 beschriebene, Maßnahme zur Optimierung der Terminierung des äußeren Randes der Zentriermembran geschieht durch eine abwechselnde Befestigung des Randes am Wandlerrahmen bzw. Antrieb und am Dämpfungselement.

10

Je nach Wandlereigenschaften kann durch eine oder mehrere dieser erfindungsgemäßen Anordnungen ein Beitrag der Zentriermembran zu den linearen Verzerrungen vermieden werden. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass keine weiteren Veränderungen an den elektrodynamischen Wandlern vorgenommen werden müssen. Dadurch ist eine sehr
15 kostengünstige und zügige Umsetzung der Vorteile in der industriellen Produktion möglich.

Gemäß Anspruch 26 wird ein negativer Einfluss der Raumakustik auf die Verzerrungen des elektroakustischen Geräts durch mindestens zwei Wandler, die so angesteuert werden und angeordnet sind, dass ein Wechsel zwischen Monopol- und Dipolcharakteristik ermöglicht
20 wird, vermindert. Da eine Minimierung des negativen Einflusses der Raumakustik sowohl von der Raumakustik selbst, als auch von der Platzierung der Schallquelle und des Schallempfängers abhängt, ist eine jeweilige Anpassung der Ansteuerung an Hand der Parameter, die durch die Verwendung des erfindungsgemäßen Qualitätskontrollverfahrens ermittelten worden sind, erforderlich. Die Ansteuerung wird so angepasst, dass
25 Überhöhungen des Schalldruckfrequenzgangs und Resonanzen durch starke Ankoppelung an die Druck- und Geschwindigkeitsmaxima des Raumes, und Einbrüche des Schalldruckfrequenzgangs durch fehlende Ankoppelung an die Druck- und Geschwindigkeitsmaxima des Raumes, minimiert werden. Hierdurch ist erstmals eine effektive, flexible, kostengünstige und industriell umsetzbare Anpassung an die
30 Raumakustik möglich.

Dabei können die elektrodynamischen Wandler auf ein gemeinsames Volumen oder auf separate Volumina arbeiten oder in verschiedenen Gehäusen angeordnet sein. Ein Wechsel

der Abstrahlcharakteristik kann sowohl durch separate Ansteuerung aller Wandler als auch durch gesonderte Ansteuerung eines bzw. eines Teils der Wandler geschaffen werden. Die Ansteuerung kann in Digital- oder Analogtechnik realisiert werden. Eine besonders vorteilhafte Ausgestaltung der Ansteuerung, gemäß Unteranspruch 31, ergibt sich in Form
5 von DSP-Hardware die sich mit Personal-Computern programmieren lässt.

Die Aufgabe einer erforderlichen umfassenden Qualitätskontrolle hinsichtlich der linearen und nichtlinearen Verzerrungen, sowohl im Frequenz- als auch im Zeitbereich wird durch ein Verfahren entsprechend den Merkmalen des Anspruchs 35 und durch die vorteilhaften
10 Ausgestaltungen der Unteransprüchen 35-50 gelöst.

Zunächst wird die Impulsantwort des Messobjekts ermittelt. Dies kann durch übliche Verfahren, beispielsweise mittels MLS- oder IRS-Stimuli erfolgen. Auch TDS (Time-Delay Spectrometry) ist zur Ermittlung der Impulsantwort geeignet. In einem Zwischenschritt
15 wird ein zeitliches Grundfenster gewählt. Dieser Zwischenschritt ermöglicht beispielsweise das Ausblenden von Reflexionen oder Störgeräuschen. Je nach Zweck des Grundfensters können übliche Fenster, z. B. Rechteck, Hanning, Blackman-Harris, Tukey oder spezielle Fenster, z. B. asymmetrische Fenster mit kurzen Steigzeiten verwendet werden.

20 Anhand der gefensterten Impulsantwort werden die Daten für die dreidimensionale Darstellung der Amplitude im Frequenz- und Zeitbereich berechnet. Dies geschieht zunächst durch die Festlegung der Länge eines zweiten Zeitfensters. Die Länge dieses Zeitfensters wirkt sich auf die Zeit- und Frequenzauflösung der dreidimensionalen Darstellung aus. Eine Verlängerung des Zeitfensters bewirkt eine Erhöhung der
25 Frequenzauflösung bei Verringerung der Zeitauflösung und umgekehrt. Auch für dieses Zeitfenster können verschiedene bekannte oder neuartige Fenstertypen gewählt werden.

In einem weiteren Schritt wird das Zeitinkrement gewählt mit dem der Anfang und das Ende des zweiten Zeitfensters über die Impulsantwort bzw. das Grundzeitfenster
30 verschoben werden. Als besonders vorteilhaft erweisen sich kleine Zeitinkremente, die zu einer hohen Überlappung der einzelnen verschobenen Zeitfenster führen. Durch ein Verschieben des zweiten Fensters über die Impulsantwort bzw. das Grundzeitfenster entsprechend der Zeitinkremente und Berechnen des jeweiligen auf den Daten des zweiten

Fensters basierenden Amplitudenfrequenzgangs mittels DFT oder anderer geeigneter Verfahren, können nun die erforderlichen Daten zur dreidimensionalen Darstellung der Amplitude im Zeit- und Frequenzbereich generiert werden.

- 5 In einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird zunächst das Ende des zweiten Zeitfensters auf den Anfang des Grundfensters gesetzt. Sobald durch das Verschieben des zweiten Zeitfensters der Anfang dieses Zeitfensters das Ende des Grundfensters erreicht oder passiert hat, wird die Berechnung beendet. Hierdurch kann der gesamte ausgewählte Zeitbereich mit einem möglichst geringen Aufwand analysiert
10 werden.

- Abschließend werden die berechneten Daten entsprechend der Amplituden-, Frequenz- und Zeitachse des dreidimensionalen Diagramms aufgetragen. Eine zusätzliche Ausgestaltung kann durch eine auf die Frequenz bezogene Zeitachse geschaffen werden. Vorteilhafte
15 Ausgestaltungen ergeben sich beispielsweise durch Darstellung der Zeitachse in Form von Perioden oder durch eine dem menschlichen Gehör angepasste frequenzbezogene Zeitdarstellung. Durch eine Veränderung der Länge des zweiten Fensters relativ zum jeweiligen Frequenzbereich kann die Frequenz- und Zeitauflösung entsprechend angepasst werden.

20

- In einer weiteren Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens kann die ansonsten in dieser Darstellung nicht vorhandene Information über die Frequenz- und Zeitabhängige Phasenlage des Messobjekts in Form von Farb- oder Graustufen überlagert werden. Hierdurch können beispielsweise Reflexionen von Kantendiffraktion der Schallwand
25 unterschieden werden und der Übergang zwischen verschiedenen Wandlern optimiert werden.

- Im Gegensatz zu herkömmlichen Qualitätskontrollverfahren für elektroakustische Geräte können durch die erfindungsgemäße frei wählbare Zeit- und Frequenzauflösung und durch
30 das Verschieben der Anfangs- und Endpunkte des Zeitfensters lineare Verzerrungen jeder Art ermittelt, analysiert und in einem Diagramm dargestellt werden. So kann z. B. eindeutig zwischen Resonanzen und Reflexionen unterschieden und eine gehörrichtige Darstellung der Amplitude eines Messobjekts im Zeit- und Frequenzbereich erstellt werden.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung des anspruchsgemäßen Verfahrens können zusätzlich die nichtlinearen Verzerrungen des Messobjekts durch verschiedene herkömmliche Verfahren ermittelt werden. Gemäß Anspruch 43 wird der Betrag der jeweiligen
5 nichtlinearen Verzerrungen in Form von Farb- oder Graustufen mit der dreidimensionalen Darstellung der linearen Verzerrungen überlagert. Als Datenbasis können beliebige Arten und Kombinationen von nichtlinearen Verzerrungen dienen.

Ein entscheidender Vorteil dieser Ausgestaltung gegenüber herkömmlichen
10 Qualitätskontrollverfahren besteht in der Möglichkeit sowohl die linearen als auch die nichtlinearen Verzerrungen in einem einzigen Diagramm im Zeit- und Frequenzbereich darzustellen.

In einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung des anspruchsgemäßen Verfahrens wird die
15 Impulsantwort des Messobjekts mit der Log-Sweep-Methode ermittelt. Diese Methode liefert als Messergebnis die lineare, von den nichtlinearen Verzerrungen befreite Impulsantwort und darüber hinaus die Impulsantworten der harmonischen Verzerrungskomponenten. Durch diese Methode können daher mit einer einzigen Messung sowohl die linearen als auch die nichtlinearen Verzerrungen ermittelt werden.

20 Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass die Impulsantwort nicht mehr durch die Nichtlinearitäten des Messobjekts verfälscht werden kann, und dass die nichtlinearen Verzerrungskomponenten auch hinsichtlich des Zeitbereichs analysiert und dargestellt werden können. Weiterhin können eventuell vorhandene Reflexionen des Messraums, die
25 sonst die nicht linearen Verzerrungen stark verfälschen, ausgeblendet werden.

Erfindungsgemäß können die Amplituden der Impulsantworten der harmonischen Verzerrungskomponenten nach dem gleichen Verfahren wie die lineare Impulsantwort berechnet werden und dadurch direkt in Form von Farb- oder Graustufen mit dem dreidimensionalen Diagramm überlagert werden. Dadurch können auch Zusammenhänge
30 zwischen linearen und nichtlinearen Verzerrungen im Zeitbereich ersichtlich werden.

Die erfindungsgemäßen Ausgestaltungen können sowohl mit Hilfe von Standard-Hardware und Standard-Software als auch durch speziell für diesen Zweck entwickelte Hard- und Software realisiert werden.

- 5 Im Gegensatz zum Stand der Technik ermöglichen die verschiedenartigen Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Qualitätskontrollverfahrens dem Fachmann die umfassende Beurteilung der verschiedenen linearen und nichtlinearen Verzerrungen eines Messobjekts anhand einer einzigen Messung und eines einzigen dreidimensionalen Diagramms. Daher ist das erfindungsgemäße Qualitätskontrollverfahren das entscheidende Hilfsmittel zur
- 10 Optimierung, Überprüfung und raumakustischen Anpassung des erfindungsgemäßen elektroakustischen Geräts größter Verzerrungsfreiheit.

Kurze Darstellung der Figuren

15

Es zeigen:

- Fig. 1 ein erfindungsgemäßes elektroakustisches Gerät mit offener Schallwand im Schnitt;
Fig. 2 ein erfindungsgemäßes elektroakustisches Gerät mit geschlossenem Gehäuse im Schnitt;
- 20 Fig. 3 ein erfindungsgemäßes Messdiagramm eines herkömmlichen hochwertigen elektrodynamischen Wandlers;
Fig. 4 ein erfindungsgemäßes Messdiagramm eines herkömmlichen hochwertigen elektrodynamischen Wandlers mit erhöhter Zeitauflösung und einem Frequenzbereichausschnitt;
 - 25 Fig. 5 ein erfindungsgemäßes Messdiagramm eines erfindungsgemäßen elektrodynamischen Wandlers;
Fig. 6 eine erfindungsgemäße Zentriermembran im Schnitt;
Fig. 7 eine erfindungsgemäße Zentriermembran mit blütenförmiger Beschichtung in der Draufsicht;
 - 30 Fig. 8 eine erfindungsgemäße Zentriermembran mit sternförmiger Beschichtung in der Draufsicht;
Fig. 9 eine erfindungsgemäße Zentriermembran mit propellerförmiger Beschichtung in der Draufsicht;

Fig. 10 ein erfindungsgemäßes Messdiagramm mit hoher Zeitauflösung;

Fig. 11 ein erfindungsgemäßes Messdiagramm mit mittlerer Zeitauflösung;

Fig. 12 ein erfindungsgemäßes Messdiagramm mit hoher Frequenzauflösung.

5

Wege zum Ausführen der Erfindung

Die Erfindung soll nun anhand der Figuren und der nachfolgenden Beispiele näher erläutert werden.

10

In Fig. 1 ist schematisch ein offenes elektroakustisches Gerät **10** mit Dipolabstrahlcharakteristik im Schnitt gezeigt. Das illustrierte Ausführungsbeispiel zeigt einen hochwertigen elektrodynamischen Wandler **50** mit einer erfindungsgemäßen Zentriermembran **60** für die Übertragung des Frequenzbereichs bis 1kHz und einen

15 zweiten, bändchenförmigen Wandler **70** für den Frequenzbereich über 1kHz.

Der elektrodynamische Wandler **50** ist erfindungsgemäß mit einer durch den Phase-Plug **53** geführten Schraube **54** und einer Leiste **44** mit einem schmalen, länglichen, quergestellten Schild hoher Masse **40** fest verbunden. Das quergestellte Schild **40** und die

20 Schallwand **20** sind aus vier Schichten aus Glas **21**, **23** und **41**, **43**, vorzugsweise ESG oder TVG, die mit drei dämpfenden Zwischenschichten aus PVC **22**, **42** im Vakuum durch Anpressdruck und Hitze verbunden worden sind, aufgebaut. Die Seitenkanten **24** der Schallwand sind gefast, um Kantendiffraktion zu vermindern. Die Ausschnitte **26** sind durch Wasserstrahlschneiden, Fräsen, Bohren, Schleifen und Polieren angefertigt. Zur

25 Erhöhung der inneren Dämpfung sind die inneren Glasschichten **43** des quergestellten Schildes **40** überlappend geteilt ausgestaltet.

Die Schallwand **20** und das quergestellte Schild **40** sind mit Hilfe von zwei L-förmigen Winkeln **11** mit zwischenliegenden Dämpfungselementen aus Filz **45** verbunden. Der

30 elektrodynamische Wandler **50** wird durch ein ringförmiges Dichtelement aus Schaumstoff **25**, von der Schallwand **20** entkoppelt.

Dieses Ausführungsbeispiel erläutert die erfindungsgemäße Eliminierung von linearen und nichtlinearen Verzerrungen die durch die Zentriermembran **60**, den Rahmen **55** und Bewegungen des Antriebs **51** des elektrodynamischen Wandlers **50** und durch Schwingungen der Schallwand **20** üblicherweise hervorgerufen werden. Mit dem beschriebenen Ausführungsbeispiel lassen sich daher offene elektroakustische Geräte größter Verzerrungsfreiheit mit Dipolabstrahlcharakteristik schaffen.

In Fig. 2 ist schematisch ein elektroakustisches Gerät **10** mit geschlossenem Gehäuse **30** im Schnitt gezeigt. Das illustrierte Ausführungsbeispiel zeigt zwei hochwertige elektrodynamische Wandler **50** mit einer erfindungsgemäßen Zentriermembran **60**.

Die elektrodynamischen Wandler **50** sind erfindungsgemäß mit den Phase-Plugs **53** und durchgängigen Gewindebolzen **54** und Leisten **44** mit einem schmalen, länglichen, quergestellten Schild hoher Masse **40** fest verbunden. In diesem Ausführungsbeispiel arbeiten beide Wandler **50** auf ein gemeinsames Gehäusevolumen. Das geschlossene Gehäuse ist auch in diesem Fall aus vier Glasschichten **31**, **33**, die mit drei dämpfenden Zwischenschichten **32** verbunden sind, aufgebaut. Eine Verbindung der Gehäusewände geschieht vorzugsweise mit UV- oder Silikon-Kleber. Zur Erhöhung der inneren Dämpfung sind auch in diesem Beispiel die inneren Glasschichten **43** des quergestellten Schildes **40** überlappend geteilt ausgestaltet. Weiterhin werden die elektrodynamischen Wandler **50** durch ringförmige Dichtelemente **34**, von dem Gehäuse **30** entkoppelt.

Durch den Abstand der beiden Wandler **50** zueinander kann durch entsprechende frequenzabhängige unterschiedliche Ansteuerung der beiden Wandler beliebig zwischen Monopol- und Dipolabstrahlcharakteristik gewechselt werden. Zusätzlich zum in Fig. 1 beschriebenen Ausführungsbeispiel wird hiermit eine flexible und effiziente Raumanpassung ermöglicht.

Fig. 3 zeigt eine, mit Hilfe des erfindungsgemäßen Qualitätskontrollverfahrens dargestellte, Messung eines sehr hochwertigen herkömmlichen elektrodynamischen Wandlers. Bei ca. 5kHz ist die außerhalb des vorgesehenen Übertragungsbereiches liegende Resonanz der Konusmembran ersichtlich. Bis ca. 3kHz zeigt der Wandler, bis auf Resonanzerscheinungen bei ca. 450Hz und bei vielfachen dieser Frequenz eine nahezu

ideales Übertragungsverhalten. Fig. 4 zeigt einen Ausschnitt eines Frequenzbereichs mit etwas erhöhter Zeitauflösung. Auch in diesem Diagramm ist die Resonanzerscheinung deutlich zu erkennen.

- 5 In Fig. 5 ist die Messung eines solchen elektrodynamischen Wandlers mit einer erfindungsgemäßen sternförmig beschichteten Zentriermembran dargestellt. Die Parameter des erfindungsgemäßen Qualitätskontrollverfahrens sind ansonsten mit denen von Fig. 4 identisch. Deutlich ist die Bedämpfung der Resonanzerscheinung zwischen 400 und 600Hz ersichtlich. Eine völlige Eliminierung dieser Resonanzerscheinung ist durch weitere
- 10 erfindungsgemäße Anordnungen, wie z. B. der Vermeidung einer harten Terminierung der Zentriermembran am äußeren Rand möglich.

Eine erfindungsgemäße Zentriermembran **60** mit einem ringförmigen Dämpfelement **63** am Außenrand zeigt Fig. 6 im Schnitt. Durch diese Anordnung wird eine harte Terminierung

15 der Zentriermembran **60** am Rahmen **55** des elektrodynamischen Wandlers wirkungsvoll vermieden. Resonanzen und Reflexionen in der Zentriermembran **60** durch Bewegungen der Schwingspule **52** werden somit zusätzlich unterdrückt. Vorzugsweise kann das Dämpfungselement **63** als Schaumstoff- oder Schaumgummiring oder als ein Ring mit besonders großer Beschichtungsdicke ausgestaltet werden.

20

Fig. 7 zeigt eine erfindungsgemäße, teilflächig beschichtete Zentriermembran **60** mit blütenförmigen Muster in der Draufsicht. In diesem Ausführungsbeispiel wurde eine herkömmliche Zentriermembran **61** mit einer zäh-elastischen Polymerbeschichtung **62** versehen.

25

- Dieses Muster hat den besonderen Vorteil, dass die Kleinsignalparameter des elektrodynamischen Wandlers gegenüber einer unbeschichteten Zentriermembran kaum beeinflusst werden. Trotz einer effizienten Dämpfung von Resonanzen und Reflexionen bleiben beispielsweise die Resonanzfrequenz und die mechanischen Verluste nahezu
- 30 unverändert. Darüber hinaus wird durch die erhöhte Steifigkeit der beschichteten Fläche eine Linearisierung der Rückstellkräfte bei großen Membranhüben erreicht.

Eine Zentriermembran **60** mit sternförmiger Beschichtung ist in Fig. 8 dargestellt. Im Gegensatz zur blütenförmigen Beschichtung weist dieses Ausführungsbeispiel eine etwas stärkere Beeinflussung der Kleinsignalparameter auf. Vor allem die Resonanzfrequenz des Wandlers steigt, durch den größeren Anteil der beschichteten Fläche **62** in der Nähe des Schwingspulenträgers, etwas an. Die Dämpfung von Resonanzen und Reflexionen ist jedoch gleichzeitig etwas stärker ausgeprägt als bei einer blütenförmigen Beschichtung. Auch die Linearisierung der Rückstellkräfte ist bei einer sternförmigen Beschichtung schon bei mittleren Membranhüben etwas erhöht.

- 10 Eine propellerförmige Beschichtung **62**, die in Fig. 9 in der Draufsicht dargestellt ist, verändert die Linearität der Zentriermembran **60** bei größeren Hüben kaum und führt zu einer relativ hubunabhängigen Erhöhung der Steifigkeit. Dies kann beispielsweise wünschenswert sein, wenn das Schwingssystem des elektrodynamischen Wandlers schon eine gute Linearität bei großen Hüben aufweist. Darüber hinaus weist die propellerförmige Beschichtung **62** eine besonders hohe Dämpfung von vor allem Reflexionen auf.

Zur näheren Erläuterung des erfindungsgemäßen Qualitätskontrollverfahrens wird eine Impulsantwort mit bekannter Charakteristik gewählt. Die lineare Impulsantwort liegt als Datei mit einer Auflösung von 16-bit und einer Abtastrate von 44,1kHz vor und ist vorzugsweise mit der Log-Sweep-Methode ermittelt worden. Zur Ausblendung unerwünschter Störungen wird ein 10ms breites Grundfenster mit 95% Durchlassbereich gewählt. Auf einen initialen positiven Impuls folgt nach ca. 0,5ms ein verminderter negativer Impuls. Bei einem elektroakustischen Gerätsystem kann ein solcher negativer Impuls beispielsweise durch Kantendiffraktion der Schallwand erzeugt werden. Nach ca. 3ms folgt ein verminderter positiver Impuls, der oft durch die Platzierung des Geräts im Raum hervorgerufen wird.

Im Frequenzbereich ist die Impulsantwort durch einen Einbruch bei ca. 5kHz und eine Überhöhung bei ca. 17kHz gekennzeichnet. Der Einbruch bei 5kHz wird durch eine Gegenresonanz hervorgerufen, die üblicherweise durch die Partialschwingungen der weichen Konusmembran eines Wandlers erzeugt wird. Die Überhöhung bei 17kHz, hervorgerufen durch eine wenig bedämpfte Membranresonanz, zeigt ein typisches Merkmal vieler sogenannter Kalottenhochtöner mit Metallmembran.

Fig. 10 zeigt eine dreidimensionale Darstellung der Impulsantwort mit hoher Zeitauflösung. Es wurde daher ein Hanning-Fenster mit FFT-Grad 5 als zweites Fenster gewählt. Dieses Fenster wurde mit 99-prozentiger Überlappung über die Impulsantwort geschoben. Dabei
5 wurde jeweils der durch DFT berechnete Amplitudenfrequenzgang so in dem dreidimensionalen Diagramm aufgetragen, dass horizontal die Frequenz, vertikal die Amplitude, jeweils logarithmisch, und aus der Tiefe die Zeit linear dargestellt wird.

Sehr deutlich sind die beiden Reflexionen bei 0,5ms und 3ms und die Resonanzen bei 5 und
10 17kHz erkennbar. Die Frequenzauflösung ist erwartungsgemäß gering.

In Fig. 11 ist die gleiche Impulsantwort mit erhöhter Frequenzauflösung dargestellt. Dazu wurde bei ansonsten identischen Einstellungen der FFT-Grad des zweiten Fensters auf 7 erhöht. Die Reflexion bei 0,5ms ist nun im Zeitbereich nicht mehr zu erkennen und führt zu
15 Interferenzerscheinungen im Frequenzbereich. Der Einbruch und die Überhöhung im Amplitudenfrequenzgang durch die Resonanzerscheinungen sind nun präziser zu erkennen.

Eine noch höhere Frequenzauflösung ist in Fig. 12 dargestellt. Bei wiederum ansonsten identischen Einstellungen wurde der FFT-Grad des zweiten Fensters auf 10 erhöht. Nun ist
20 auch die Darstellung von tieferen Frequenzen mit ausreichender Frequenzauflösung möglich. Selbst die zweite Reflexion nach 3ms ist bei dieser Darstellung jedoch zu einem Interferenzmuster verschmolzen.

Das obige Beispiel mit einer typischen Impulsantwort mit bekannter Charakteristik zeigt
25 deutlich, dass nur durch die erfindungsgemäße beliebige Zeit- und Frequenzauflösung und durch das verschieben sowohl des Anfangs- als auch des Endpunktes des zweiten Fensters eine genaue Charakterisierung der linearen Verzerrungen an sich und des Ursprungs dieser Verzerrungen möglich ist.

30 Um das gesamte Spektrum der linearen Verzerrungen in einem dreidimensionalen Diagramm darzustellen, kann erfindungsgemäß das in der Impulsantwort enthaltene Phasenverhalten des Messobjekts im Zeit- und Frequenzbereich durch Farb- oder Graustufen mit dieser dreidimensionalen Darstellung überlagert werden. Hierdurch können

z. B. Reflexions- und Diffraktionserscheinungen unterschieden, und der Übergang zwischen verschiedenen Wandlern kontrolliert werden.

Zur Darstellung der nichtlinearen Verzerrung im Zeit- und Frequenzbereich können nun die
5 mit der Log-Sweep-Methode ermittelten Impulsantworten der harmonischen Klirrantteile
oder auch der gesamte Störpegel anstelle des Phasenverhaltens durch Farb- oder
Graustufen, beispielsweise in Prozent oder Abstand in Dezibel zum Nutzpegel, diesem
dreidimensionalen Diagramm überlagert werden. Gegebenenfalls kann auch nur ein
einzigster harmonischer Klirranteil oder eine Kombination verschiedener harmonischer
10 Klirrantteile zur Überlagerung herangezogen werden. Der entscheidende Vorteil dieser
erfindungsgemäßen Ausführung des Qualitätskontrollverfahrens liegt in der gleichzeitigen
Darstellung der linearen und nichtlinearen Verzerrungen sowohl im Zeit- als auch im
Frequenzbereich mit beliebiger Zeit- und Frequenzauflösung begründet.

Patentansprüche

1. Elektroakustisches Gerät bestehend aus mindestens einem elektrodynamischen Wandler, **dadurch gekennzeichnet**, dass
 - a) der Wandlerantrieb direkt an ein Element angekoppelt ist dessen Masse mindestens das 100-fache der bewegten Masse des elektrodynamischen Wandlers beträgt,
 - b) und dieses Element und der elektrodynamische Wandler von der Schallwand bzw. dem Gehäuse entkoppelt sind.
2. Elektroakustisches Gerät nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindesten ein Entkopplungselement die Funktion einer Dichtung übernimmt.
3. Elektroakustisches Gerät nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Element dessen Masse mindestens das 100-fache der bewegten Masse des elektrodynamischen Wandlers beträgt, die Form eines im Verhältnis zum elektrodynamischen Wandler quergestellten Schildes besitzt.
4. Elektroakustisches Gerät nach Anspruch 1, 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der elektrodynamische Wandler mit einer einzigen Schraubbefestigung, mit Hilfe des Phase-Plugs oder einer durch den Phase-Plug führenden Schraube, angekoppelt wird.
5. Elektroakustisches Gerät, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schallwand aus einer Kombination von
 - a) mindestens einer Schicht aus Glas,
 - b) mindestens einer Zwischenschicht aus einem dämpfenden Material
 - c) und mindestens einer weiteren Schicht aus einem Material mit einer Härte von mindestens 15 HV besteht.
6. Elektroakustisches Gerät, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Gehäuse aus einer Kombination von
 - a) mindestens einer Schicht aus Glas,
 - b) mindestens einer Zwischenschicht aus einem dämpfenden Material
 - c) und mindestens einer weiteren Schicht aus einem Material mit einer Härte von mindestens 15 HV besteht.
7. Elektroakustisches Gerät nach einem der Ansprüche 1-4, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Element hoher Masse aus einer Kombination von

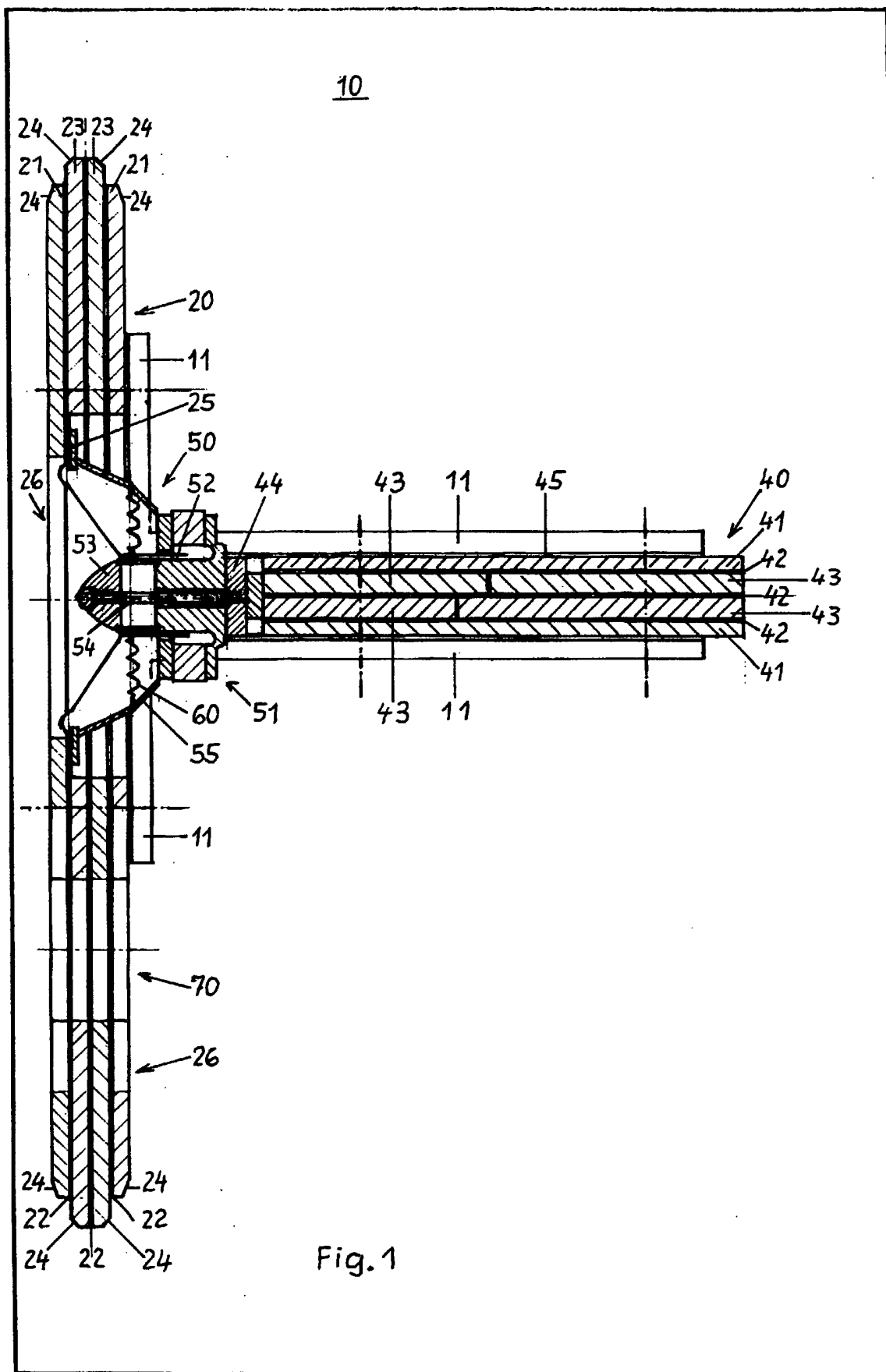
- a) mindestens einer Schicht aus Glas,
 - b) mindestens einer Zwischenschicht aus einem dämpfenden Material
 - c) und mindestens einer weiteren Schicht aus einem Material mit einer Härte von mindestens 15 HV besteht.
- 5 8. Elektroakustisches Gerät nach Anspruch 5, 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens eine Glasschicht aus ESG, TVG oder VSG besteht.
9. Elektroakustisches Gerät nach Anspruch 5, 6, 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens eine Glasschicht durch Wasserstrahlschneiden, Fräsen, Bohren, Schleifen und Polieren angefertigt wird.
- 10 10. Elektroakustisches Gerät nach Anspruch 5, 6, 7, 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens eine Glasschicht mit mindestens einer Metall- oder Metalloxydschicht versehen ist.
11. Elektroakustisches Gerät nach Anspruch 5, 6, 7, 8, 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass alle harten Schichten aus Glas bestehen.
- 15 12. Elektroakustisches Gerät nach Anspruch 5, 6, 7, 8, 9, 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens eine dämpfende Schicht aus einem transparenten Material besteht.
13. Elektroakustisches Gerät nach Anspruch 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens eine dämpfende Schicht aus PVB oder PVC
- 20 besteht.
14. Elektroakustisches Gerät nach Anspruch 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens eine Schicht aus einem Material mit einer Härte von mindestens 15 HV oder Glasschicht im Inneren mindestens eine Teilung aufweist.
- 25 15. Akustisches Gerät bestehend aus mindestens einem elektrodynamischen Wandler, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens eine Zentriermembran des elektrodynamischen Wandlers auf mindestens einer Seite mit einer resonanz- und reflexionsdämpfenden Beschichtung versehen ist.
16. Akustisches Gerät nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass die
- 30 Zentriermembran auf mindestens einer Seite teilflächig beschichtet ist.
17. Akustisches Gerät nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Beschichtung auf mindestens einer Seite blütenförmig ausgeführt ist.

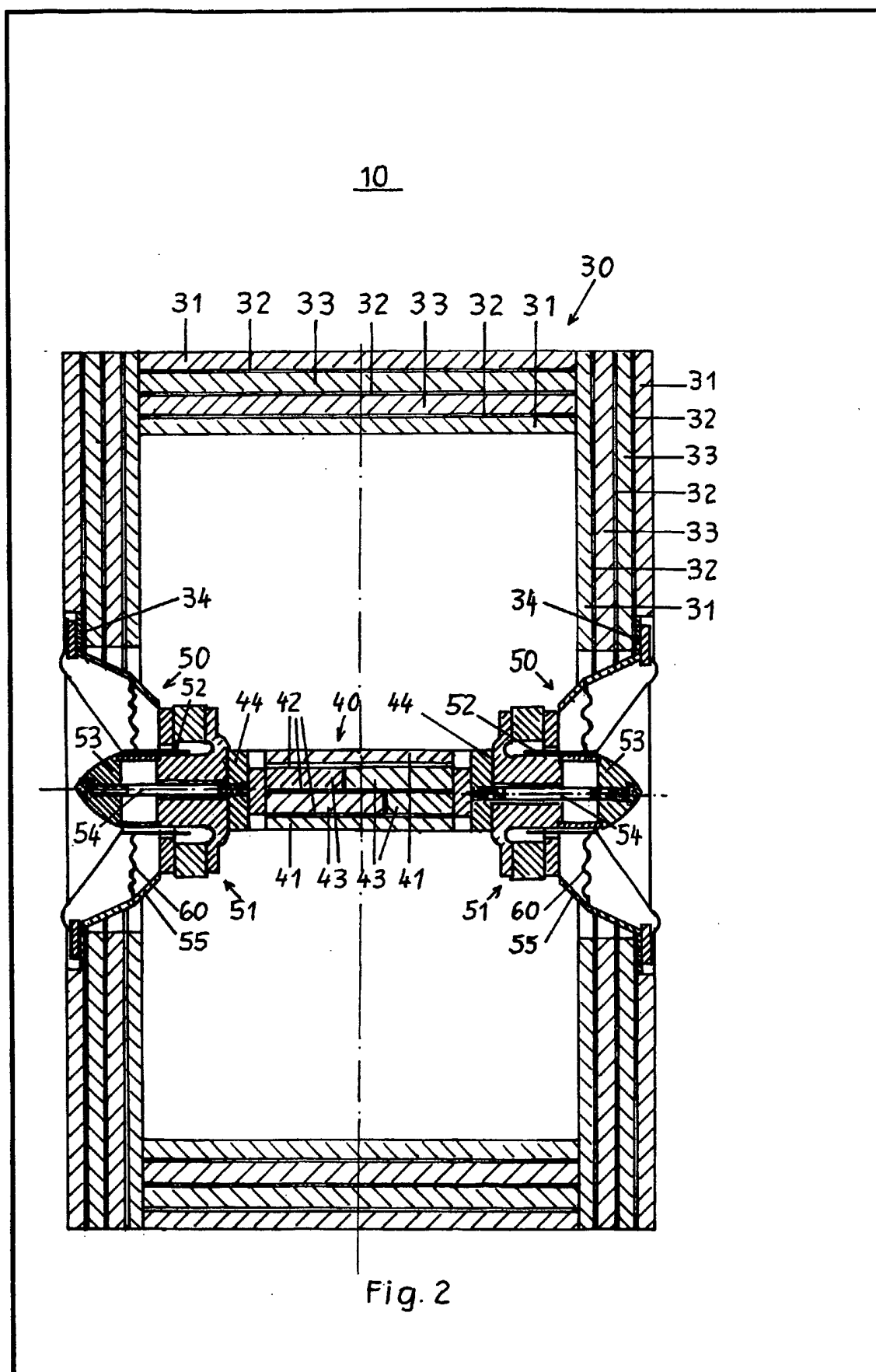
18. Akustisches Gerät nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Beschichtung auf mindestens einer Seite sternförmig ausgeführt ist.
19. Akustisches Gerät nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Beschichtung auf mindestens einer Seite propellerförmig ausgeführt ist.
- 5 20. Akustisches Gerät bestehend aus mindestens einem elektrodynamischen Wandler, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens eine Zentriermembran des Wandlers auf mindestens einer Seite am Außenrand mit mindestens einem resonanz- und reflexionsdämpfendem Element versehen ist.
- 10 21. Akustisches Gerät nach Anspruch 20, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens ein resonanz- und reflexionsdämpfendes Element durch eine Beschichtung mit im Vergleich zu Anspruch 15-19 erhöhter Festigkeit ausgeführt ist.
22. Akustisches Gerät nach Anspruch 20, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens ein resonanz- und reflexionsdämpfendes Element durch eine Beschichtung mit im Vergleich zu Anspruch 15-19 erhöhter Dicke ausgeführt ist.
- 15 23. Akustisches Gerät nach Anspruch 20, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens ein resonanz- und reflexionsdämpfendes Element aus Schaumstoff ausgebildet ist.
24. Akustisches Gerät nach Anspruch 20, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens ein resonanz- und reflexionsdämpfendes Element aus Schaumgummi ausgebildet ist.
- 20 25. Elektroakustisches Gerät nach Anspruch 20, 21, 22, 23 oder 24, **dadurch gekennzeichnet**, dass der äußere Rand der Zentriermembran nicht auf der gesamten Strecke mit dem Rahmen oder Antrieb des Wandlers verbunden ist.
- 25 26. Elektroakustisches Gerät bestehend aus mindestens zwei elektrodynamischen Wandlern, **dadurch gekennzeichnet**, dass durch eine gesonderte Ansteuerung mindestens eines Wandlers ein frequenzabhängiger Wechsel der Abstrahlcharakteristik zwischen Monopol und Dipol erzielt wird.
27. Elektroakustisches Gerät nach Anspruch 26, **dadurch gekennzeichnet**, dass die elektrodynamischen Wandler auf ein gemeinsames Gehäusevolumen arbeiten.
28. Elektroakustisches Gerät nach Anspruch 26, **dadurch gekennzeichnet**, dass die elektrodynamischen Wandler auf verschiedene Volumina eines gemeinsamen Gehäuses arbeiten.
- 30 29. Elektroakustisches Gerät nach Anspruch 26, **dadurch gekennzeichnet**, dass die elektrodynamischen Wandler in verschiedenen Gehäusen arbeiten.

30. Elektroakustisches Gerät nach Anspruch 26, 27, 28 oder 29, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ansteuerung in Analog- und Digitaltechnik ausgeführt ist.
31. Elektroakustisches Gerät nach Anspruch 26, 27, 28, 29 oder 30, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ansteuerung in DSP-Hard- oder Software ausgeführt ist.
- 5 32. Elektroakustisches Gerät nach einem der Ansprüche 1-31, **dadurch gekennzeichnet**, dass durch Einstrahlung von Licht in mindestens einen, aus Glas bestehen Bestandteil, Lichteffekte erzeugt werden.
33. Elektroakustisches Gerät nach Anspruch 32, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens ein Glasbestandteil mindestens einen matten Flächenbereich aufweist.
- 10 34. Elektroakustisches Gerät nach Anspruch 31 oder 32, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens ein Leuchtmittel als LED ausgeführt ist.
35. Qualitätskontrollverfahren zur Optimierung, Überprüfung und Anpassung der Qualität eines elektrischen oder elektroakustischen Gerätes, insbesondere eines elektroakustischen Gerätes nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
- 15 **gekennzeichnet durch die Schritte**,
- a) die Impulsantwort des Messobjekts wird ermittelt;
 - b) ein zeitliches Grundfenster wird gewählt und angewendet;
 - c) ein beliebiges Verhältnis von Zeit- und Frequenzauflösung und die entsprechende Länge eines zweites Zeitfenster wird gewählt;
 - 20 d) ein Zeitinkrement mit dem der Anfang und das Ende des zweiten Zeitfensters über die Impulsantwort verschoben werden wird gewählt;
 - e) der Amplitudenfrequenzgang der gefensterten Impulsantwort jedes einzelnen Zeitinkrements wird berechnet und in einem dreidimensionalen Diagramm mit Zeit-, Frequenz- und Amplitudenachse aufgetragen.
- 25 36. Verfahren nach Anspruch 35, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Endpunkt des zweiten Fensters vor den zeitlichen Anfang der Impulsantwort gesetzt wird.
37. Verfahren nach Anspruch 35 oder 36, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Fenstertyp für das Grundfenster oder zweite Fenster Hanning, Blackman-Harris, Rechteck oder Tukey verwendet wird.
- 30 38. Verfahren nach Anspruch 35, 36 oder 37, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Amplitudenfrequenzgang durch DFT bzw. FFT berechnet wird.

39. Verfahren nach Anspruch 35, 36, 37 oder 38, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zeitdimension, bei einer entsprechenden jeweiligen Anpassung der Länge des zweiten Fensters, in Perioden frequenzbezogen dargestellt wird.
- 5 40. Verfahren nach Anspruch 35, 36, 37 oder 38, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zeitdimension, bei einer entsprechenden jeweiligen Anpassung der Länge des zweiten Fensters, in der Auflösung dem menschlichen Gehör frequenzbezogen angepasst wird.
- 10 41. Verfahren nach Anspruch 35, 36, 37, 38, 39 oder 40, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Phasenlage dem dreidimensionalen Diagramm in Form von Farb- oder Graustufen überlagert wird.
42. Verfahren nach Anspruch 35, 36, 37, 38, 39, 40 oder 41, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Impulsantwort durch MLS-, IRS- oder TDS-basierte Verfahren ermittelt wird.
- 15 43. Verfahren nach Anspruch 35, 36, 37, 38, 39, 40 oder 42, **dadurch gekennzeichnet**, dass die nichtlinearen Verzerrungen ermittelt werden und dem dreidimensionalen Diagramm in Form von Farb- oder Graustufen überlagert werden.
44. Verfahren nach Anspruch 35, 36, 37, 38, 39 oder 40, **dadurch gekennzeichnet**, dass
- 20 a) die lineare Impulsantwort und die Impulsantworten der harmonischen Verzerrungskomponenten in einer Messung mit der Log-Sweep-Methode ermittelt werden
- b) und das Verhältnis von Nutzsignal und mindestens einer Verzerrungskomponente im Zeit- und Frequenzbereich analog zum Verfahren von Anspruch 35, dem dreidimensionalen Diagramm in Form von Farb- oder Graustufen überlagert wird.
- 25 45. Verfahren nach Anspruch 43 oder 44, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verhältnis von Nutzsignal und Verzerrungen in Prozent oder Dezibel dargestellt wird.
46. Verfahren nach einem der Ansprüche 35-45, **dadurch gekennzeichnet**, dass die 30 Frequenz- und Amplitudenachsen linear oder logarithmisch dargestellt werden.
47. Verfahren nach einem der Ansprüche 35-46, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Qualitätskontrollverfahren mit Standard-Hard- und Standard-Software realisiert wird.

48. Verfahren nach einem der Ansprüche 35-46, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Qualitätskontrollverfahren mit speziell für diesen Zweck entwickelter Hard- und Software realisiert wird.
49. Verfahren nach einem der Ansprüche 35-48, **dadurch gekennzeichnet**, dass die
5 Impulsantwort von mehreren Messobjekten gleichzeitig ermittelt wird.
50. Verfahren nach einem der Ansprüche 35-48, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Impulsantwort des Messobjekts aus mehreren Winkeln gleichzeitig ermittelt wird.





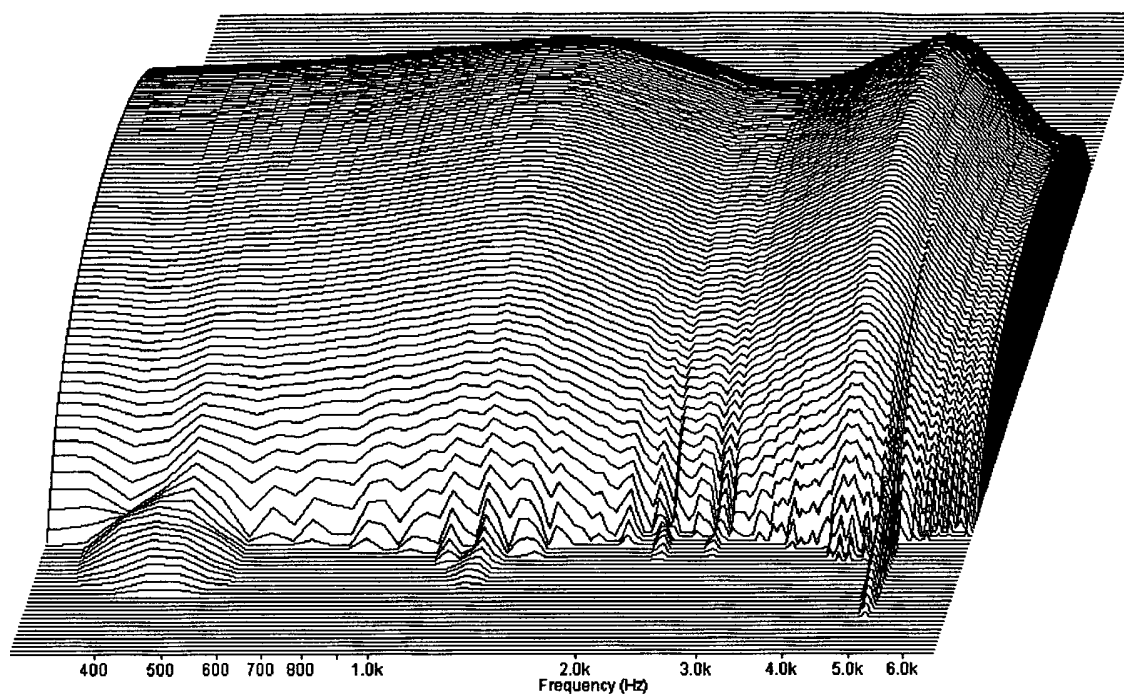


Fig. 3

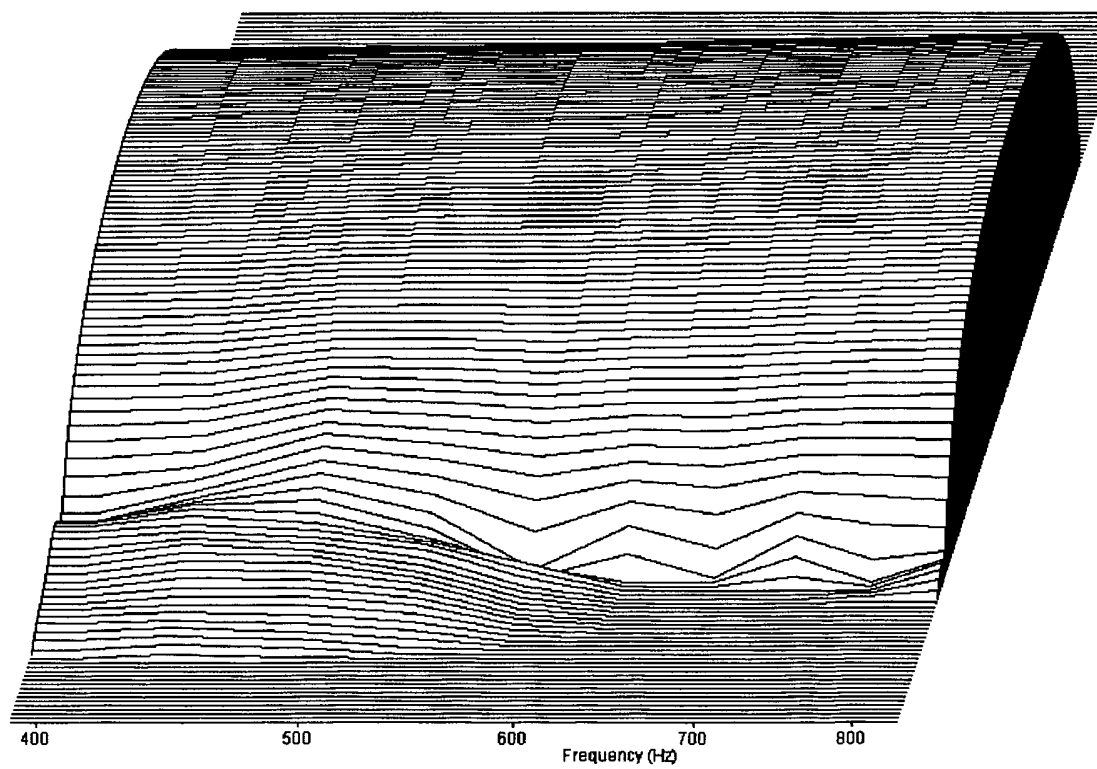


Fig. 4

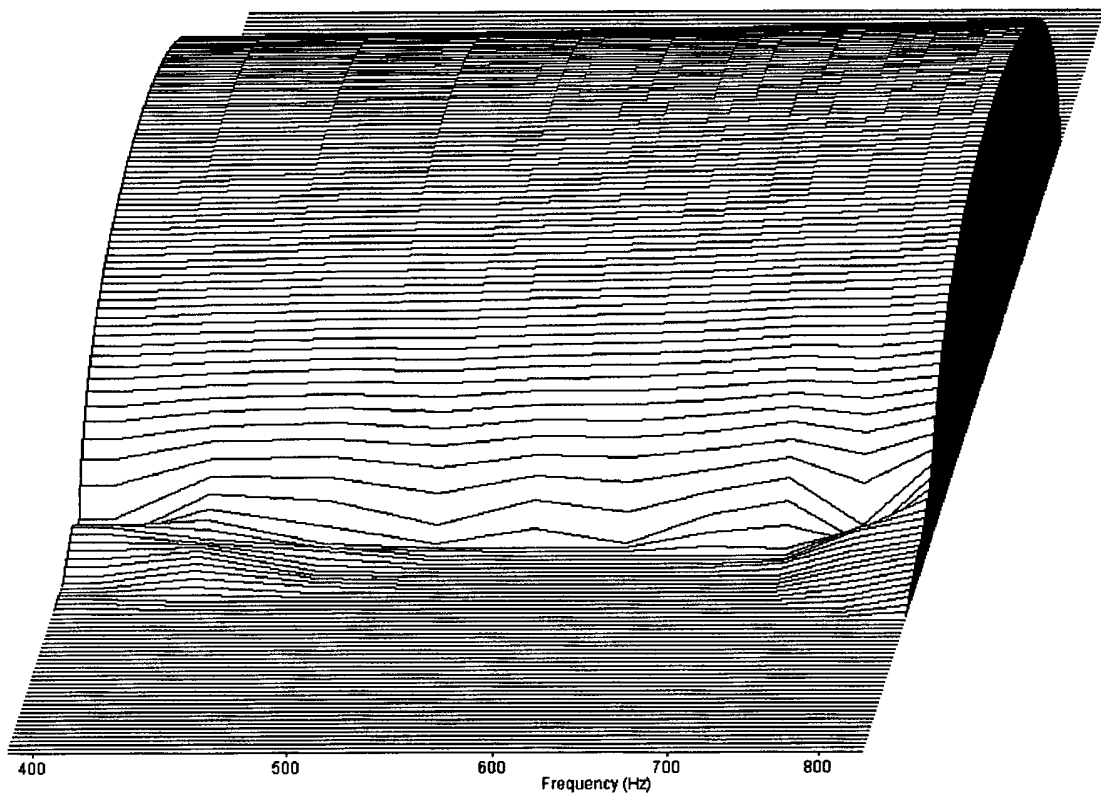


Fig. 5

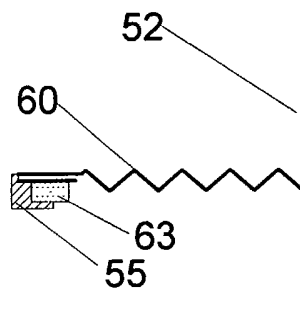


Fig. 6

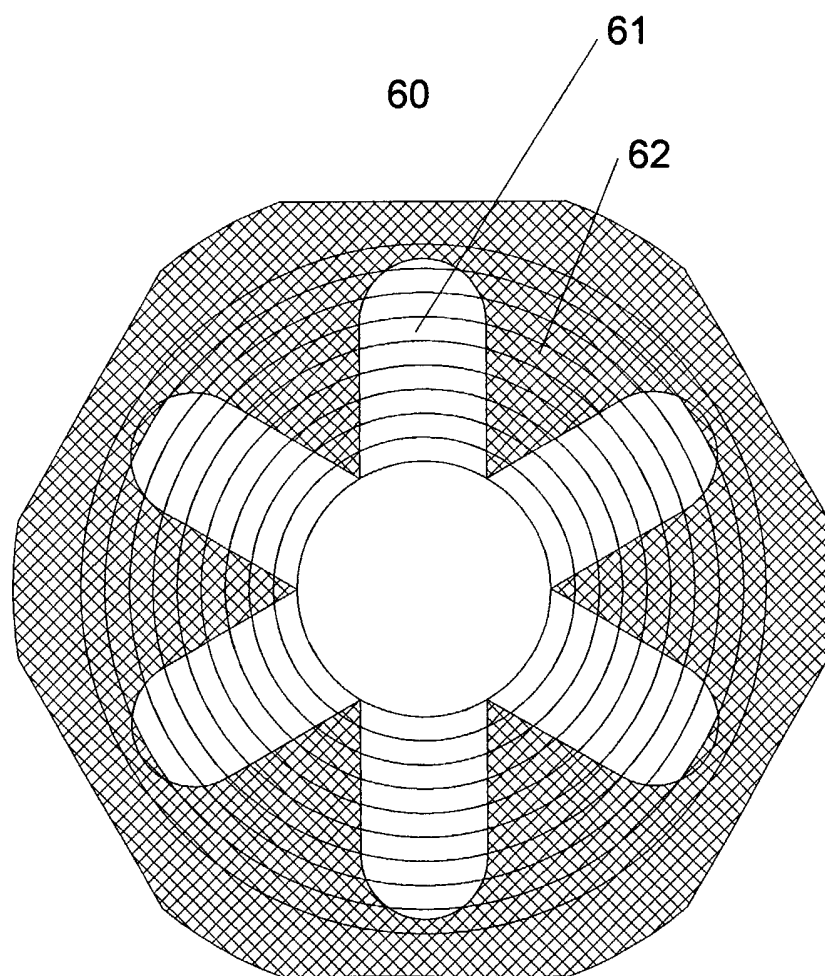


Fig. 7

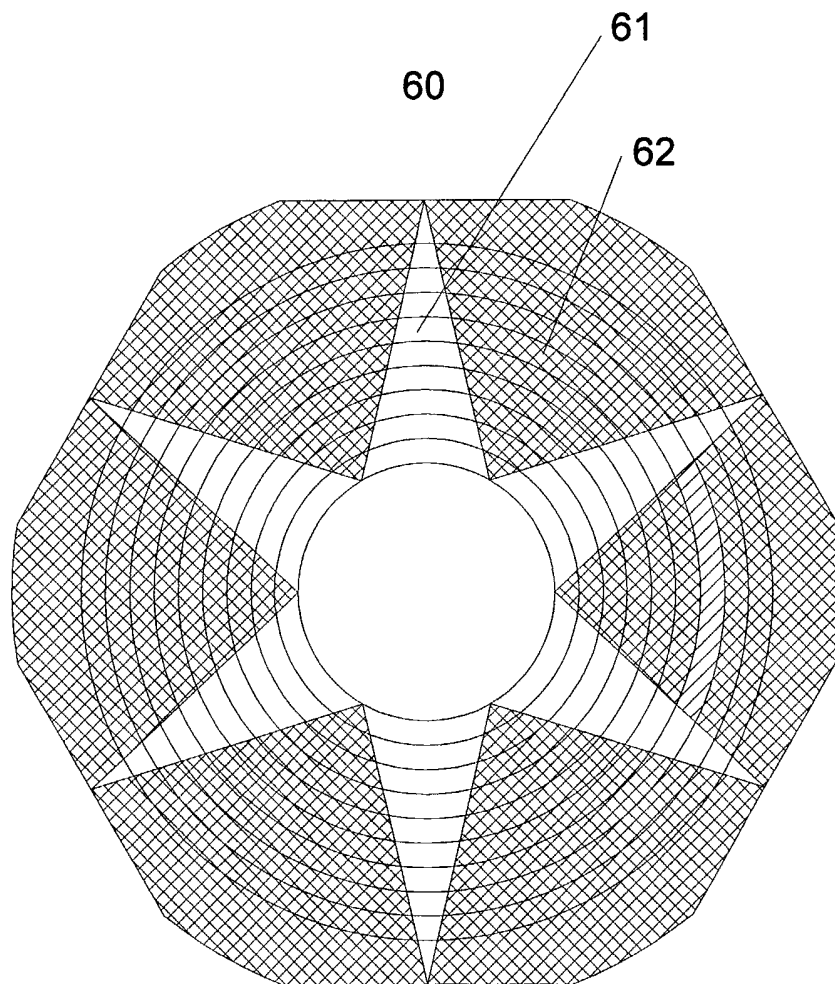


Fig. 8

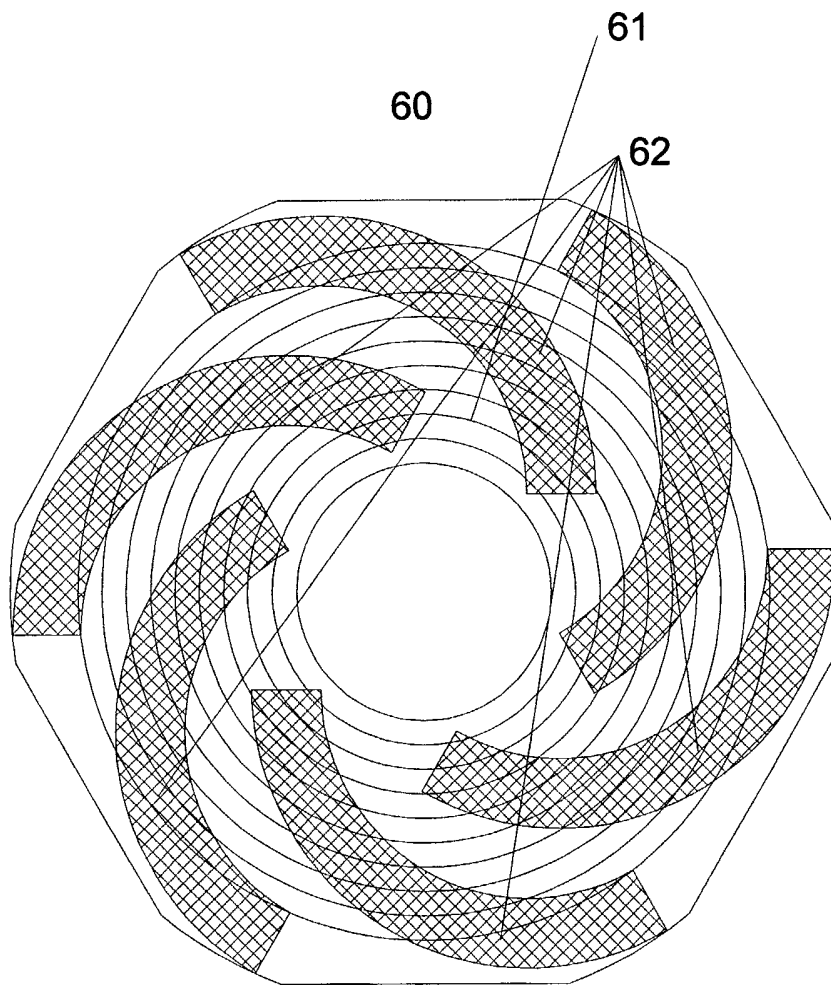


Fig. 9

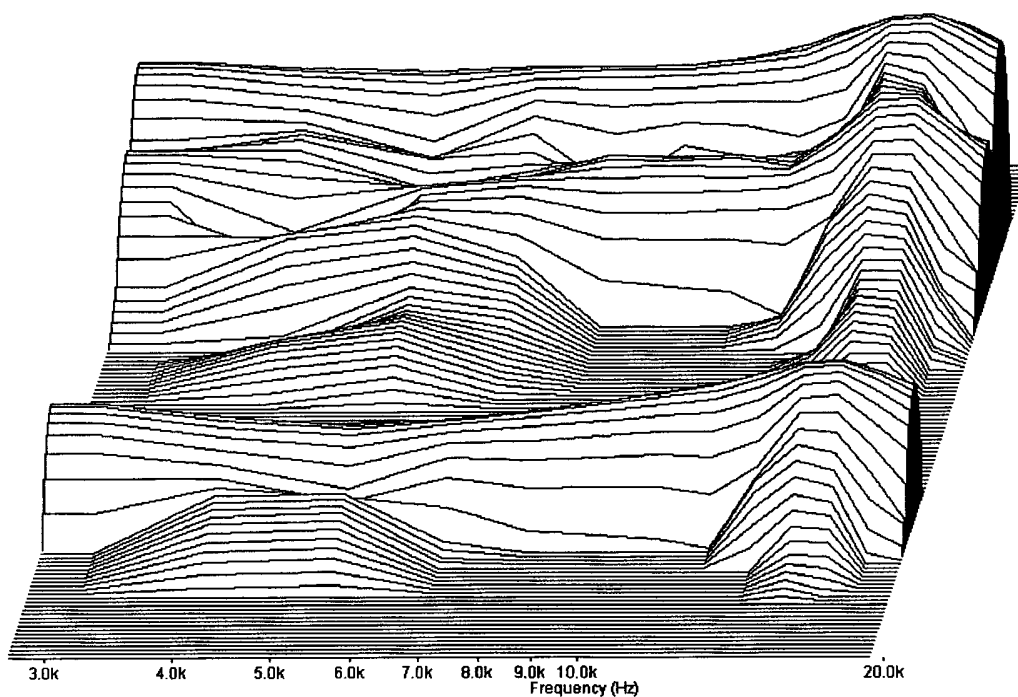


Fig. 10

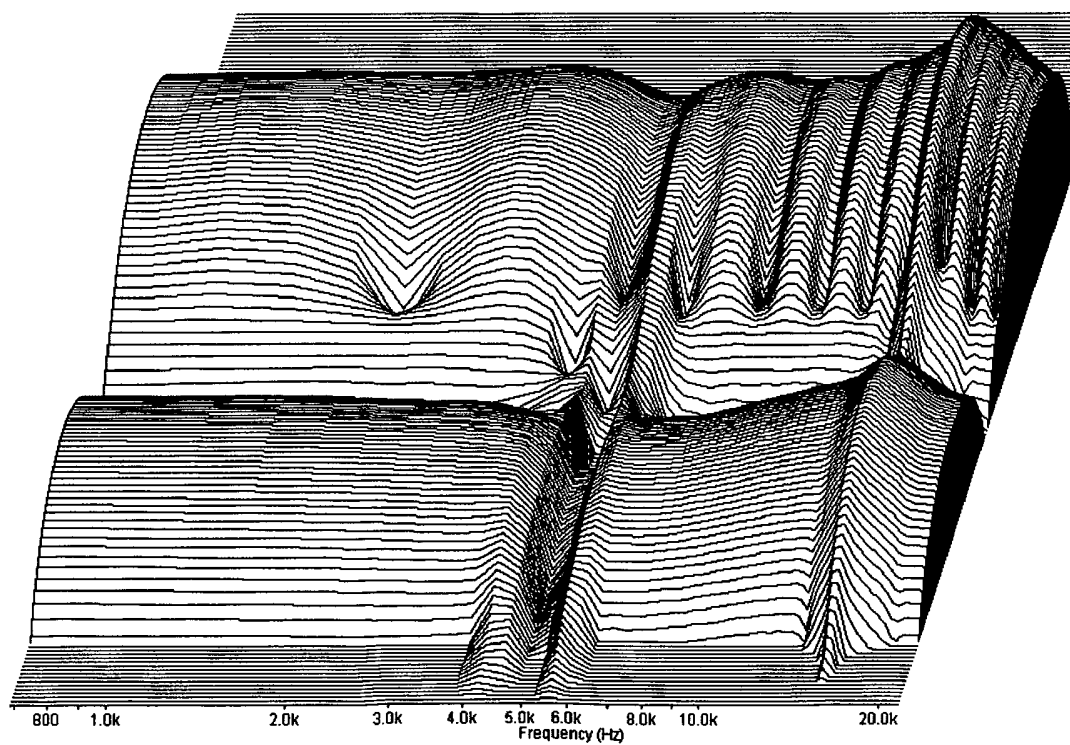


Fig. 11

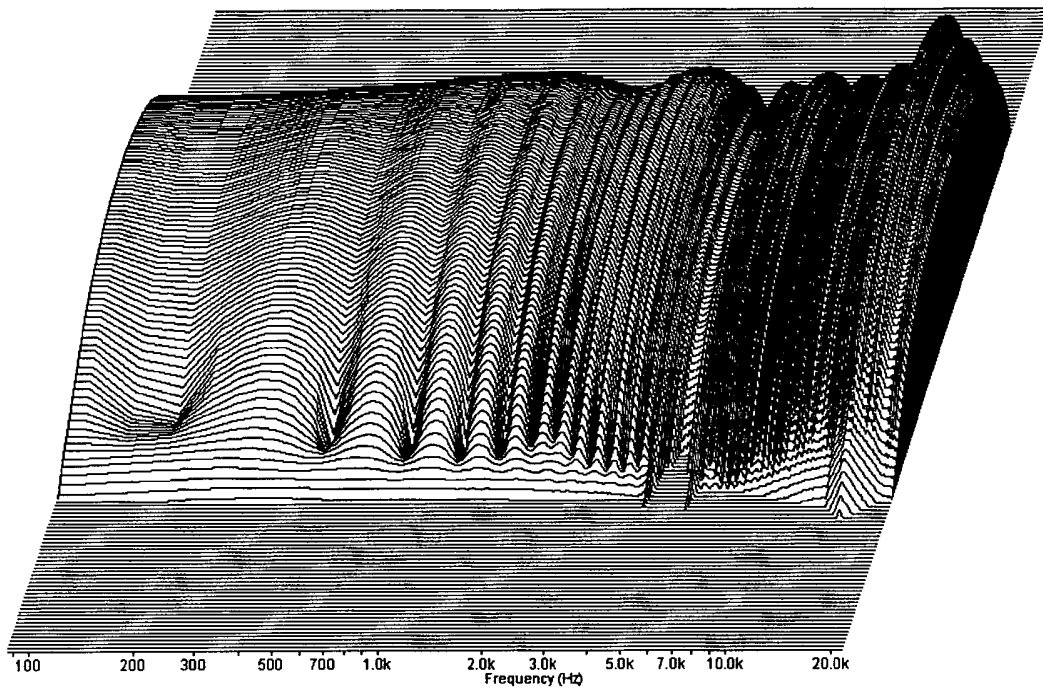


Fig. 12