

(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
19. August 2010 (19.08.2010)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2010/091999 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
H04R 1/26 (2006.01)

(DE). MAUER, Stephan [DE/DE]; Friedrich-Hofmann-
Straße 7, 98693 Ilmenau (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2010/051382

(74) Anwälte: ZINKLER, Franz et al.; Postfach 246, 82043
Pullach (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:
4. Februar 2010 (04.02.2010)

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN,
KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA,
MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG,
NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC,
SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
09002148.6 16. Februar 2009 (16.02.2009) EP
10 2009 010 278.7
24. Februar 2009 (24.02.2009) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR
FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FOR-
SCHUNG E.V. [DE/DE]; Hansastraße 27c, 80686 Mün-
chen (DE).

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,
ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,
TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE,
DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT,
LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI,

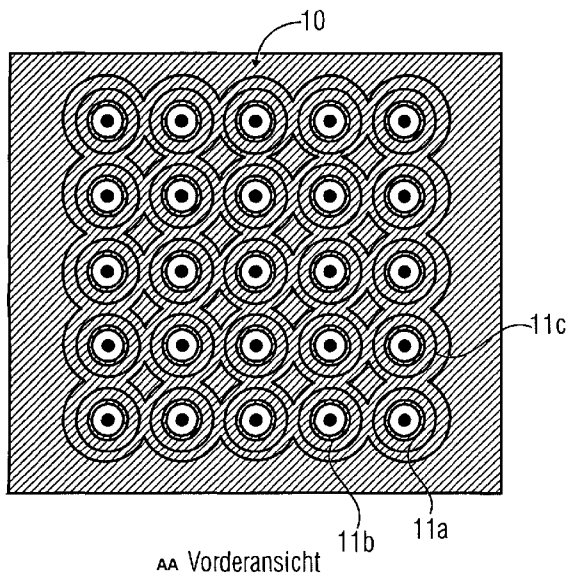
(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): SPORER, Thomas
[DE/DE]; Kieler Straße 7 A, 90766 Fürth (DE). BEER,
Daniel [DE/DE]; Am Kirchberg 6, 98693 Martinroda

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: FLAT LOUDSPEAKER

(54) Bezeichnung : FLACHLAUTSPRECHER



AA Vorderansicht

AA...Front view

FIG 1A

(57) Abstract: The invention relates to a loudspeaker comprising a surface array (10) made of individual loudspeakers (11a, 11b, 11c) without casings, having a flat shape. The individual loudspeakers without casings are housed in a flat housing (1), wherein the depth of the housing is less than 5 cm, for example. Earphones or miniature loudspeakers having a membrane diameter of less than 5 cm are preferably used as individual loudspeakers without casings.

(57) Zusammenfassung: Ein Lautsprecher umfasst ein Flächen-Array (10) aus gehäuselosen Einzellautsprechern (11a, 11b, 11c), die eine flache Form haben. Die gehäuselosen Einzellautsprecher sind in einem flachen Gehäuse (1) untergebracht, wobei die Tiefe des Gehäuses beispielsweise kleiner als 5 cm ist. Als gehäuselose Einzellautsprecher werden vorzugsweise Kopfhörerkapseln bzw. Miniaturlautsprecher mit einem Membrandurchmesser weniger als 5 cm verwendet.

WO 2010/091999 A1

SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG). **Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

Lautsprecher

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf Schallwiedergabesysteme und insbesondere auf Lautsprecher mit hoher Schallwiedergabebandbreite.

Das Interesse an Flachlautsprechertechnologien ist in den letzten 10 Jahren deutlich gewachsen. Im Wesentlichen ist dies durch den erhöhten Platzbedarf moderner Schallwiedergabeverfahren, wie z.B. 5.1 Surround oder Wellenfeldsynthese, und durch den schwindenden Installationsraum für Lautsprecher in immer kleiner bzw. flacher werdenden Multimedialegeräten, wie z.B. Mobiltelefon und Notebook, bedingt. Der Einsatz von Flachlautsprechern statt konventionellen Lautsprechern soll diesen erhöhten Anforderungen gerecht werden.

Untersuchungen an verschiedenen Flachlautsprechertechnologien, die in der Regel so alt wie der Konuslautsprecher von Kellogg und Rice sind, haben gezeigt, dass sowohl die Verwendung des gehäuselosen Flachlautsprechers direkt an der Wand als auch der Einsatz eines flachen Lautsprechergehäuses mit erheblichen Klangeinbußen verbunden ist. Stand der Technik findet sich in Beer, D.: Flachlautsprecher - ein Überblick, präsentiert auf der DAGA08, März 2008, Dresden; H. Azima, J. Panzer, „Distributed-Mode Loudspeakers (DML) in Small Enclosures“, presented at the 106th AES Convention, Munich, Germany, May 1999; Beer et al.: The air spring effect of flat panel speakers, presented at the 124th AES-Convention, May 2008, Amsterdam/The Netherlands; und Wagner, Roland: Electrostatic Loudspeaker - Design and Construction. Audio Amateurs Press, Peterborough, New Hampshire, 1993.

Der gehäuselose Flachlautsprecher ist in der Regel ein Dipolstrahler, der infolge des akustischen Kurzschlusses einen geringen Schalldruckpegel im Tieftonbereich aufweist. Bei der Installation in Wandnähe kommt es bei einem solchen Dipol durch die Reflexion und Überlagerung der rückwärtigen Schallanteil mit den Anteilen, des auf der Membranvorderseite abgestrahlten Schalls und damit verbundenen Beugungseffekten zu kammfilterartigen Klangverfärbungen oberhalb der Kurzschlussfrequenz. Aus diesem Grund wird bei konventionellen Lautsprechern ein Lautsprechergehäuse verwendet. Damit dennoch der Vorteil der flachen Konstruktionsweise erhalten bleibt, werden flache Gehäuse verwendet, die in der Regel ein kleineres Luftvolumen einschließen. Wie auch bei konventionellen Lautsprechern verschiebt sich durch ein zu kleines Luftvolumen die Grundresonanzfrequenz des Schallwandlers nach oben. Die untere Grenzfrequenz steigt dadurch ebenso, was eine verringerte Tieftonwiedergabe zur Folge hat.

Die US 2005/0201583 A1 offenbart ein Niederfrequenz-Oberflächenarray, das auf einem Dipol-Prinzip basiert. Das System umfasst ein Haltesystem mit einem offenen Rahmen, wobei mehrere Sub-Woofers in einer Dipol-Oberflächenarraykonfiguration in dem offenen Rahmensystem untergebracht sind, um eine gesteuerte Schalldispersion sowohl in der horizontalen als auch in der vertikalen Ebene zu liefern. Die Sub-Woofers sind betreibbar, um eine Niederfrequenz-Schalldispersion unter etwa 300 Hz zu liefern.

Die DE 695 07 896 T2 offenbart eine Lautsprechervorrichtung mit gesteuerter Richtungsempfindlichkeit, der einen ersten Satz von mindestens drei Lautsprechern, die entlang einer ersten geraden Linie entsprechend einem vorbestimmten Muster angeordnet sind, wobei die Abstände von Lautsprecher zu Lautsprecher variable gestaltet sind, und wobei Lautsprecher auch in Kontakt miteinander angeordnet werden können.

Das US-Patent Nr. 2,602,860 offenbart eine Lautsprecherstruktur, bei der neun konische Lautsprecher symmetrisch in drei Reihen von jeweils drei in einem einzigen Rahmen angeordnet sind. Der Rahmen umfasst zueinander verkippte Segmente, um den Abstrahlwinkel zu erhöhen. So soll der Abstand zwischen den Rändern der Lautsprecher kleiner als der Radius der Lautsprecher sein, wobei alle Lautsprecher aus einer gleichen Quelle betrieben werden. Ferner soll keine Restriktion bezüglich der Luftbewegung durch ein Gehäuse erreicht werden, da dies das Verhalten bei tiefen Frequenzen beeinträchtigen würde.

Das US-Patent Nr. 4,399,328 offenbart eine Richtungs- und Frequenz-unabhängige Spalte von elektroakustischen Wandlern, die mit unterschiedlichen Amplituden angesteuert werden, so dass sich bestimmte Verhältnisse der Ansteuerung der elektroakustischen Wandler ergeben.

Das US-Patent Nr. 6,801,631 B1 offenbart ein Lautsprechersystem mit mehreren Wandlern, die in einer Ebene positioniert sind, um ein optimales akustisches Schallausstrahlungsmuster zu erreichen. Vier mittlere Wandler (Woofer) arbeiten zusammen, um die niedrigen und mittleren Frequenzen zu reproduzieren, wobei die Woofer so positioniert sind, dass keine zwei Woofer eine gemeinsame vertikale Achse oder eine gemeinsame horizontale Achse gemeinsam haben. Ferner ist ein fünfter Wandler, und zwar ein Hochfrequenz-Tweeter vorgesehen, der in der Mitte der Woofer angeordnet ist.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, einen verbesserten Lautsprecher zu schaffen.

Diese Aufgabe wird durch einen Lautsprecher gemäß Patentanspruch 1 gelöst.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde,
5 dass ein preisgünstiger, flacher und dennoch hochqualitativer Lautsprecher durch Anordnen eines Flächen-Arrays aus gehäuselosen Einzellautsprechern, welche alle eine flache Form haben, in einem flachen Gehäuse erreicht werden kann, wobei dieser Lautsprecher eine hohe Wiedergabebandbreite
10 oder einen ausreichenden Schalldruck in einem gewünschten schmalen, z. B. tiefen, Frequenzbereich aufweist.

Dieser Lautsprecher ist dahingehend vorteilhaft, dass der Platzbedarf aufgrund der Verwendung der flachen und typischerweise im Durchmesser kleinen Einzellautsprecher sehr
15 gering ist. Auch das pro Einzellautsprecher erforderliche Gehäusevolumen ist aufgrund der Tatsache, dass die gehäuselosen Einzellautsprecher klein und flach sind, relativ gering, so dass das Gehäusevolumen des Flachgehäuses derart
20 klein ist, dass der gesamte Lautsprecher eine kompakte Bauform hat. Insbesondere wird als Einzellautsprecher ein Element bevorzugt, das eine niedrige Freiluftresonanz hat. Dann ist üblicherweise auch das äquivalente Luftvolumen klein. Die Steifigkeit der Membranaufhängung des Einzel-
25 lautsprechers wird hier mit der Steifigkeit eines äquivalenten Luftvolumens gleichgesetzt. Insofern werden Einzellautsprecher mit einer Resonanzfrequenz kleiner als 150 Hz und insbesondere sogar kleiner als 120 Hz oder sogar kleiner als 100 Hz bevorzugt.

30

Ein weiterer Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht darin, dass sie die Verwendung von flachen gehäuselosen Einzellautsprechern ermöglicht, wobei das erforderliche Gehäusevolumen mit einem nahezu beliebigen Formfaktor, also
35 mit einem flachen Gehäuse bereitzustellen. Die Verwendung von gehäuselosen Einzellautsprechern mit flachem Formfaktor hat ferner den Vorteil, dass diese Einzellautsprecher sehr preisgünstig in großer Stückzahl verfügbar sind. Durch An-

ordnung dieser gehäuselosen Einzellautsprecher in einem Flächen-Array wird eine Kopplung der Lautsprecher bei tiefen Frequenzen ausgenutzt, um auch bei tiefen Frequenzen, wie beispielsweise bei 100 Hz einen ausreichenden Schalldruck zu erzeugen. Andererseits ist die Verwendung von kleinen Einzellautsprechern, also von Einzellautsprechern mit einem Membrandurchmesser, der verhältnismäßig klein ist, insbesondere bei hohen Frequenzen von großem Vorteil im Vergleich zu einer Verwendung von Lautsprechern mit größeren Membranen, weil bei kleinen Membranen gegenüber größeren Membranen erst bei höheren Frequenzen Partialschwingungen auftreten.

Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass eine variable Ansteuerung der vielen gehäuselosen Einzellautsprecher, und damit von Teilflächen des Flächen-Array, erfolgen kann. Es soll eine über weite Teile ortsunabhängige Vollbereichsbeschallung im Raum vor dem Lautsprecher so gut als möglich zu erreichen sein, trotz der Tatsache, dass der Lautsprecher ein Einzellautsprecher-Array großer Abmessungen aufweist.

Vorzugsweise umfasst der Lautsprecher ausschließlich identische Einzellautsprecher, die beispielsweise Kopfhörer kapseln oder allgemein gesagt Miniaturschallwandler sein können. Dies führt dazu, dass die Herstellung des Lautsprechers zu einem günstigen Preis möglich ist. Bei einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel werden die Einzellautsprecher in mehreren Arrays gruppiert, wobei das Flächen-Array mit den einzelnen Einzellautsprechern für die Tieftonwiedergabe vorgesehen ist und ein Array von einem oder mehreren gleichen Einzellautsprechern für eine Hochtonwiedergabe vorgesehen ist, wenn ein 2-Wege-System eingesetzt wird. Alternativ kann auch ein 3-Wege-System implementiert werden, bei dem das zweite Array mehrere Mitteltöner umfasst und der Hochtonbereich vorzugsweise von einem einzigen oder von nur wenigen Einzellautsprechern bestritten wird. Allerdings liefert auch bereits ein Ein-Wege-

System mit gehäuselosen flachen Einzellautsprechern eine gute Wiedergabe in einem überraschend großen Wiedergabeband.

5 Bei einem anderen Ausführungsbeispiel wird es bevorzugt, dem Flächenarray nur das Tiefpasssignal zu liefern und dem weiteren Array, das für die mittleren oder hohen Töne zuständig ist, das Audiosignal mit der gesamten Bandbreite zur Verfügung zu stellen. Das heißt, dass eine Frequenzweiche in diesem Fall nur eine Tiefpassfunktion und keine
10 Hochpassfunktion hat.

Bei bevorzugten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung werden Lautsprecher erhalten, die trotz eines flachen Lautsprechergehäuses von weniger als 5 cm und insbesondere weniger als 3cm Tiefe mit identischen Einzellautsprechern eine Wiedergabe des Frequenzbereichs von 100 Hz bis 20 kHz mit einer Sensitivität von wenigstens 90dB/1W/1m ermöglichen. Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel umfasst 25
20 Miniaturschallwandler, welche ein etwa 21x21cm großes Flächen-Array bilden, das zwei Teil-Arrays für die Tieftonwiedergabe und ein zwischen diesen beiden Teilarrays vorhandenes Linienarray für eine Hochtonwiedergabe aufweist.

25 Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend Bezug nehmend auf die beiliegenden Zeichnung detailliert erläutert. Es zeigen:

30 Fig. 1a eine Vorderansicht eines Lautsprechers gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

Fig. 1b eine Rückansicht des Lautsprechers gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung;

35 Fig. 1c eine Verschaltung der gehäuselosen Einzellautsprecher gemäß einem Ausführungsbeispiel;

- Fig. 1d eine frequenzmäßige Aufteilung der Arrayelemente von Fig. 1a für eine 3-Wege-Ansteuerung;
- 5 Fig. 2a eine Vorderansicht eines Lautsprechers gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;
- Fig. 2b eine Darstellung des Gehäuses des Lautsprechers von Fig. 2a;
- 10 Fig. 2c eine Rückansicht des Lautsprechers von Fig. 2a ohne Gehäuserückwand;
- Fig. 2d eine Belegung der gehäuselosen Einzellautsprecher für eine 2-Wege-Ansteuerung;
- 15 Fig. 2e eine alternative Implementierung des Lautsprechers von Fig. 2a mit angesetzten Fasen;
- 20 Fig. 3 eine Verschaltung der gehäuselosen Einzellautsprecher mit zusätzlicher Treiberelektronik für die in Fig. 2d gezeigte Lautsprecherbelegung;
- Fig. 4a eine schematische Darstellung des flachen Gehäuses des Lautsprechers von Fig. 2a, Fig. 2b und Fig. 2c;
- 25 Fig. 4b eine alternative schematische Darstellung des Gehäuses des Lautsprechers von Fig. 2a, Fig. 2b und Fig. 2c;
- 30 Fig. 5a eine Übertragungsfunktion einer Frequenzweiche für eine 2-Wege-Ansteuerung;
- 35 Fig. 5b die Frequenzgänge des Hoch- und des Tieftonwegs für den in Fig. 2a gezeigten Lautsprecher;

- Fig. 5c einen Frequenzgang des 2-Wege- Lautsprechers gemäß Fig. 2a-2d ohne Entzerrung;
- 5 Fig. 5d einen entzerrten Frequenzgang des Lautsprechers von Fig. 2a mit einer Ansteuerung gemäß Fig. 3;
- Fig. 6a eine Vorderansicht und eine Rückansicht eines bevorzugten gehäuselosen Einzellautsprechers in Form einer Kopfhörerkapsel;
- 10 Fig. 6b technische Daten des gehäuselosen Einzellautsprechers von Fig. 6a;
- Fig. 7a eine schematische Darstellung eines Einsatzbereiches für Flachlautsprecher mit verkippt angeordneten Hoch- bzw. Mitteltönern; und
- 15 Fig. 7b eine schematische Darstellung eines Lautsprechers mit einem zurückgesetzten Mittel- bzw. Hochtonarray mit einem Horn bzw. Wave-Guide zum Vergleichmäßigen der Richtcharakteristik des Mittel- bzw. Hochtonarrays.
- 20
- Fig. 1a zeigt eine Vorderansicht eines Lautsprechers gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Der Lautsprecher in Fig. 1a umfasst ein Flächen-Array 10 aus gehäuselosen Einzellautsprechern 11a, 11b, 11c, ... , wobei jeder gehäuselose Einzellautsprecher eine flache Form aufweist, wie es bereits anhand der Rückansicht in Fig. 1b anhand des gehäuselosen Einzellautsprechers 11d zu sehen ist. Insbesondere zeigt die Vorderansicht in Fig. 1a pro Einzellautsprecher den vorderen Bereich, also eine Aufsicht auf die Membran des Lautsprechers, während die Rückansicht veranschaulicht, dass der gesamte Einzellautsprecher so flach ist, dass er in dem in Fig. 1b gezeigten Gehäuse bzw. in der entsprechenden Gehäusebohrung aufgenommen ist und kaum über die Bohrung hervorsteht. Wie es noch anhand von Fig. 4a zu sehen ist, ist bei dem gehäuselosen Einzellautspre-
- 25
- 30
- 35

cher, der beispielhaft in Fig. 1b und Fig. 1a eingesetzt ist, und der in Fig. 6a detailliert dargestellt ist, der Einzellautsprecher nahezu vollständig in der Gesamtdicke des Materials der Lautsprechervorderwand aufgenommen, derart, dass der Lautsprecher nur ein kleines Stück über die Gehäusevorderwand hervorsteht und rückseitig aus der Gehäusevorderwand ebenfalls nur ein kleines Stück hervorsteht, wobei der Vorstand aus der Gehäusevorderwand bei einem Ausführungsbeispiel lediglich 4,5mm beträgt und der Lautsprecher lediglich etwa 1,5mm auf der rückwärtigen Seite der Gehäusevorderwand vorsteht und damit ein extrem flacher Einzellautsprecher ist.

Dennoch wird es aufgrund des besseren Verhaltens bevorzugt, elektrodynamische gehäuselose Einzellautsprecher einzusetzen, die prinzipiell wie Konus-Lautsprecher aufgebaut sind. Konus-Lautsprecher haben bereits eine systembedingte Minimaltiefe. Insbesondere bei Kopfhörerkapseln ist jedoch diese Tiefe sehr gering, so dass Kopfhörerkapseln, wie sie beispielsweise in Fig. 6a und Fig. 6b dargestellt sind, mit einer sehr geringen Tiefe, nämlich z.B. nur mit einer Bautiefe von 10,6 mm, geeignet sind und außerdem preisgünstig angeboten werden.

Fig. 1c zeigt eine Ansteuerung der einzelnen gehäuselosen Einzellautsprecher in Fig. 1a im Falle einer 1-Wege-Implementierung. Insbesondere werden aus den gehäuselosen Einzellautsprechern des Flächenarrays wenigstens zwei Gruppen à wenigstens zwei Lautsprechern gebildet, wobei bei dem in Fig. 1c gezeigten Ausführungsbeispiel fünf Gruppen 12a-12e gebildet werden, wobei jede Gruppe fünf Einzellautsprecher aufweist, so dass der gesamte Lautsprecher insgesamt 25 gehäuselose Einzellautsprecher aufweist.

Generell wird es bevorzugt, Lautsprecher bereitzustellen, deren Anzahl von Einzellautsprechern zwischen 9 und 49 variiert, wobei die genaue Anzahl der Einzellautsprecher davon abhängt, wie die einzelnen Verhältnisse der Einzellaut-

sprecher sind, und welcher Schalldruckpegel insbesondere im unteren Frequenzbereich, für den der Lautsprecher vorgesehen ist, gefordert wird.

- 5 Bei dem in Fig. 1a und Fig. 1b gezeigten Ausführungsbeispiel ist der Membrandurchmesser eines Einzellautsprechers 36 mm. Bei bevorzugten Ausführungsbeispielen werden gehäuselose Einzellautsprecher bevorzugt, deren Membrandurchmesser kleiner als 5 cm und vorzugsweise sogar kleiner als 4cm
- 10 ist, da bei der erfindungsgemäßen Flächen-Array-Anordnung das Verhalten im Hochtonbereich besser wird, je kleiner der Membrandurchmesser eines Einzellautsprechers wird. Kleinere Membranflächen, die durch kleinere Einzellautsprecher erreicht werden, und die Verwendung von gehäuselosen Einzel-
- 15 lautsprechern ermöglichen eine dichtere Anordnung der Einzellautsprecher, um damit die Gesamtgröße des Arrays zu verkleinern. Dies führt zu einer reduzierten Richtwirkung. Außerdem werden Partialschwingungen, die zu ausgeprägten räumlichen Variationen des Schalldruckpegels im Raum führen
- 20 können, zu unkritischeren höheren Frequenzen hin verschoben. Dort treten die Partialschwingungen zwar ebenfalls auf, sind aber aufgrund der Tatsachen, dass sie nicht bei tiefen Frequenzen sind, nicht mehr störend.
- 25 Der damit verbundene Abfall des Schalldruckpegels bei tiefen Frequenzen wird durch eine gekoppelte Anordnung von mehreren Einzellautsprechern im Array kompensiert, wobei es jedoch wesentlich ist, dass die Einzellautsprecher für die Tieftonwiedergabe in einem Flächen-Array angeordnet werden
- 30 und nicht etwa in einem Linien-Array. Ein Flächen-Array erfordert wenigstens zwei benachbarte Reihen, wobei eine Reihe wenigstens zwei Lautsprecher haben muss und die andere Reihe wenigstens einen Lautsprecher haben muss. So ist bereits eine Dreiecks-Anordnung aus den Lautsprechern 11a,
- 35 11b, 11c in Fig. 1a ein Flächen-Array, wobei Flächen-Arrays in Form eines Rechtecks, Quadrates oder eines Kreises bzw. einer Ellipse bevorzugt werden. Insbesondere ein quadratisches Array wird am meisten bevorzugt, weil die Quadratform

der Kreisform am nächsten kommt und die gewissermaßen rechtwinklige Anordnung der einzelnen Einzellautsprecher, die zu einem insgesamten Quadrat für das Flächen-Array führt, es ermöglicht, die Einzellautsprecher möglichst nah aneinander anzuordnen. Insbesondere werden die Einzellautsprecher derart nah aneinander angeordnet, dass sie sich berühren oder dass zwischen den Einzellautsprechern, die zueinander benachbart sind, ein direkter Abstand besteht, der kleiner als 5 mm und insbesondere kleiner als 3mm ist.

10

Die in Fig. 1c gezeigte Seriell-/Parallel-Schaltung ermöglicht es, dass das gesamte Lautsprecher-Array noch einen nennenswerten Ohmschen Widerstand hat, im Vergleich zu der Situation, bei der alle Lautsprecher parallel geschaltet sind, so dass der fließende Strom die Belastbarkeit der Schwingspulen der Schallwandler nicht übersteigt. Im Vergleich zu einer kompletten Serienschaltung aller einzelnen Lautsprecher wird jedoch durch die Serien-Parallelschaltung erreicht, dass sich nicht alle, in Reihe geschalteten Lautsprecher gegenseitig elektrisch beeinflussen Die Seriell-/Parallel-Schaltung gemäß Fig. 1c stellt somit einen guten Kompromiss zwischen der Komplexität der Verdrahtung der Einzellautsprecher und der von den Einzellautsprechern vorgegebenen Spezifikationen für Maximalstrom dar.

25

Fig. 1d zeigt eine alternative Implementierung des in Fig. 1a gezeigten Ausführungsbeispiels, bei dem die Einzellautsprecher ähnlich wie in Fig. 1a angeordnet sind, die jedoch als 3-Wege-System angesteuert werden. Hierbei wird das Flächen-Array aus gehäuselosen Einzellautsprechern in eine erste Array-Hälfte 13a aus Tiefton-Lautsprechern und eine zweite Array-Hälfte 13b aus Tiefton-Lautsprechern ausgebildet. Diese beiden Arrayhälften bzw. Teilarrays werden von einem weiteren Array aus Mittelton-Lautsprechern 13c und einem noch weiteren Array, das nur aus einem einzelnen Hochton-Lautsprecher 13d besteht, getrennt. Bei der in Fig. 1d gezeigten Implementierung werden die beiden mit „x“ bezeichneten Einzellautsprecher kurzgeschlossen, also deakti-

30

35

viert, dahingehend, dass diese beiden Einzellautsprecher nicht zur Schallausgabe beitragen und ein Schwingen als Passivmembran verhindert werden kann.

5 Bei dem in Fig. 1d gezeigten Ausführungsbeispiel ist zu sehen, dass die Anzahl der Tiefton-Einzellautsprecher wesentlich größer ist als die Anzahl der Mittelton-Lautsprecher oder der Hochton-Lautsprecher. Diese Aufteilung zugunsten der Tiefton-Wiedergabe wird vorgenommen, um durch eine
10 Kopplung der Einzellautsprecher für den Tieftonbereich, die dadurch erreicht wird, dass die Tiefton- Einzellautsprecher in einem Flächen-Array so nah als möglich zusammen angeordnet werden, ein ausreichender Schalldruck bei tiefen Frequenzen bereitgestellt wird.

15

Erfindungsgemäß wird trotz eines flachen Lautsprechergehäuses von nur 2,4 cm Innentiefe und der damit verbundenen hohen Federsteifigkeit des eingeschlossenen Luftvolumens, die Wiedergabe des Frequenzbereiches von 100 Hz (-6dB) bis zu
20 20kHz (-6dB) mit einer Sensitivity von 101 dB/1W/1m ermöglicht. Dazu wird aus 25 Miniaturschallwandlern ein 21 cm x 21 cm großes Array gebildet und in ein Gehäuse der Größe (LxBxH) eingebaut. Die Ansteuerung der einzelnen Treiber wird auf die Zielvorgabe eines möglichst linearen Amplitudenfrequenzganges und einer gleichmäßigen Directivity in
25 Hauptabhörriechung angepasst. Zu diesem Zweck wird das Array als Dreiwege-System ausgelegt. Der Array-Ansatz wird deshalb gewählt, um eine möglichst gleichmäßige Verteilung der Antriebskraft auf die Membran zu realisieren und um
30 mittels vieler kleiner Membranflächen das Auftreten von Partialschwingungen zu höheren Frequenzen zu verschieben. Im Gegensatz zu einer großen Membranfläche ist außerdem das wesentlich geringere Gewicht der Einzelmembrane von großem Vorteil für die Wiedergabe hoher Frequenzen.

35

Insbesondere für die Wellenfeldsynthese-Anwendung bietet der Array-Ansatz die Möglichkeit, den Lautsprecherabstand zwischen benachbarten Wiedergabekanälen veränderlich zu

gestalten, indem die Gruppierung von Wandlern zu einem Wiedergabekanal beliebig möglich ist. Eine Randbedingung bei der Wellenfeldsynthese ist die "räumliche Abtastfrequenz", die es erfordert, dass zur Aliasing-freien Wiedergabe eines Tons von 1 kHz alle 17 cm ein Lautsprecher-element vorhanden ist, das mit einem jeweils eigenen Signal angesteuert wird. Bei 10 kHz sollte der Abstand bei 1,7 cm liegen, bei 100 Hz aber bei 1,7 m. Ein Abstand von 1,7 m kann leicht erfüllt werden. Ein Abstand von 1,7 cm dagegen schwer oder nur annähernd. Der erfindungsgemäße Flachlautsprecher ermöglicht es, größere Gruppen von Einzellausprechern mit einem tiefpassgefilterten Signal zu versorgen, die eine größere Breite haben. Hier gibt es eine vorteilhafte Synergie, weil Einzellausprecher im tiefen Bereich ohnehin in einem Flächenarray benötigt werden, um einen ausreichenden Schalldruck zu liefern. Dagegen werden benachbarte Gruppen oder einzelne nebeneinander liegende Lautsprecher mit unterschiedlichen Lautsprechersignalen versorgt, um für die höheren Frequenzen einen kleinen Kanalabstand zu erzeugen, der in der Größenordnung des Membrandurchmessers liegt. Das Lautsprechersignal kann jeweils ein Hochpasssignal oder ein Signal mit Hochpass- und Tiefpassanteilen sein.

Vorzugsweise ist also ein weiteres Array von Einzellausprechern vorhanden, wobei Einzellausprecher es Flächenarrays so gruppiert sind, dass räumlich benachbarte Wellenfeldsynthesekanäle mit begrenzter Bandbreite unter 1 kHz durch nebeneinander liegende Gruppen von Einzellausprechern wiedergebar sind, deren Abstand größer ist als der zwischen benachbarten Einzellausprechern oder im Vergleich zu den Gruppen kleineren Grüppchen, die räumlich benachbarte Wellenfeldsynthesekanäle mit Signalanteilen über 1 kHz wiedergeben.

Erfindungsgemäß wird ein Lautsprecher erhalten, der einen linearen Frequenzgang über einen möglichst großen Frequenzbereich, gutes Impulsverhalten, ein gleichmäßiges und für die Anwendung sinnvolles Abstrahlverhalten aufweist, und

der in der Lage ist, einen maximalen Schalldruckpegel von 101 dB oder mehr in einem 1 m Abstand zu erzeugen, wobei der Lautsprecher dabei außergewöhnlich flach ist. Der Flachlautsprecher ist dahin gehend vorteilhaft, dass er un-

5 auffällig in die Umgebung integrierbar ist und trotzdem gute Übertragungseigenschaften hat. Die Gehäusekonstruktion soll so sein, dass eine besonders geringe Bautiefe von 5 und vorzugsweise 3,6 cm bzw. noch bevorzugter 3,0 cm nicht überschritten wird. Zu diesem Zweck werden akustische Trei-

10 ber verwendet, die eine sehr geringe Bautiefe haben. Bevorzugt wird das elektrodynamische Prinzip des Konuslautsprechers als Schallwandler, da diese Technologie gut beherrschbar und leistungsfähig ist. Die geforderte geringe Bautiefe erfordert den Einsatz von Miniaturlautsprechern

15 und bedingt somit kleine Membranflächen. Daher werden einzelne Treiber in einer Gruppenanordnung verwendet, wobei es in einem solchen Flächen-Array möglich ist, im Gegensatz zu einem einzelnen großen BiegeWellenwandler bzw. Einzelkolbenstrahler mit gleicher Membranfläche, die jeweils aktive

20 Strahlerfläche durch frequenzabhängige Ansteuerung der Array-Elemente bei Bedarf zu verändern. Diese Option ist bezüglich der Vermeidung von Seitenkeulenbildung bei hohen Frequenzen und der Vermeidung von Partialschwingungen von Vorteil, wobei der Membranradius möglichst so gewählt wird,

25 dass Partialschwingungen erst bei unkritischen Frequenzen auftreten. Gegenüber bekannten Dickenschwingern ist ein wesentlich höherer Membranhub und damit eine höhere Lautstärke im unteren Frequenzbereich erreichbar. Daher sind Flächen-Arrays für die erfindungsgemäßen Flachlautsprecher

30 günstig.

Fig. 6a zeigt eine Vorderansicht und eine Rückansicht eines vorzugsweise verwendeten Miniaturlautsprechers bzw. „Miniaturchassis“. Die Miniaturchassis ist vorzugsweise als rück-

35 wärtig offene Kopfhörerkapsel, wie in Fig. 6a gezeigt, ausgeführt. Die messtechnisch ermittelten Parameter eines solchen gehäuselosen Einzellautsprechers sind in der Tabelle

in Fig. 6b dargestellt. Die Freiluftresonanzfrequenz eines solchen Einzellautsprechers liegt bei 120 Hz.

Sowohl bei dem in Fig. 1a gezeigten Lautsprecher als auch bei dem Bezug nehmend auf die Figuren 2a-2e diskutierten Lautsprecher gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird ein geschlossenes Gehäuse eingesetzt. Bei einem anderen bevorzugten Ausführungsbeispiel kann auch ein geöffnetes Gehäuse eingesetzt werden, insbesondere mit einem Bassreflex-System, also einem Bassreflexgehäuse als Helmholtz-Resonator, wie er aus der Technik bekannt ist.

Bezüglich des Materials des flachen Gehäuses wird ein geeignet steifes Material bevorzugt, um ein ausreichend versteiftes Gehäuse zu erhalten, das mit einer Materialstärke von weniger als 7 mm und insbesondere sogar mit einer Materialstärke von 3 mm oder noch weniger auskommt. Es wird bevorzugt, als Material Stahlblech oder profilierten Kunststoff zu verwenden, obgleich auch Holz eingesetzt werden kann. Es wird bevorzugt, um die Anfälligkeit für Längs- und Quermoden gleicher Frequenz zu minimieren, dass die Kantenabmessungen des gesamten Lautsprechers in keinem ganzzahligen Vielfachen zueinander sind oder dass der Lautsprecher nicht parallele Wände aufweist. Um dennoch einen gewünschten optischen Eindruck mit parallelen Wänden zu haben, kann ein inneres Gehäuse mit nicht parallelen Wänden in ein äußeres Gehäuse mit parallelen Wänden gesetzt werden. Ein Beispiel für eine Innenabmessung des in Fig. 1a gezeigten Ausführungsbeispiels beträgt 61,5 cm Breite, 80 cm Höhe und 2,4 cm Tiefe. Bei einer Verwendung eines 6 mm MDF-Plattenmaterials ergeben sich Außenmaße mit einer Breite von 63,7 cm, einer Höhe von 81,2 cm und einer Tiefe von 3,6 cm.

35

Gegen das Mitschwingen des Gehäuses wird es bevorzugt, im Gehäuseinneren Stege zwischen Vorder- und Rückseite einzubringen, und es wird ferner bevorzugt, auf die Rückwand von

außen Profile aufzubringen. Wie es beispielsweise in Fig. 2a, 2b zu sehen ist, wird es bevorzugt, dass das Flächen-Array bezüglich der Breite zentral und zu den Kanten parallel einzubringen, jedoch bezüglich der Höhe exzentrisch anzuordnen. Die Einzellautsprecher werden insbesondere in einzelnen Bohrungen untergebracht und teilweise im Gehäusematerial eingelassen. Die Einzellautsprecher können z.B. mit Heißklebstoff oder einem anderen Dichtungsmaterial eingeklebt und insbesondere akustisch abgedichtet werden.

10

Ein Vorteil der Array-Anordnung ist die Möglichkeit, einzelne Elemente und damit einzelne Teilflächen des Arrays unterschiedlich anzusteuern. Um die aktiven Elemente des Arrays frequenzabhängig bestimmen zu können, wird vorzugsweise eine Mehrwege-Ansteuerung verwendet. Zu diesem Zweck wird das Flächen-Array, wie es anhand von Fig. 1d beschrieben worden ist, in zwei Teilarrays 13a, 13b für die Tief-
15 tonwiedergabe aufgeteilt.

20 Alternativ zu dem in Fig. 1d gezeigten Ausführungsbeispiel würde eine 2-Wege-Anordnung darin bestehen, dass in der mittleren Spalte alle Lautsprecher bis auf den einzigen in der Mitte deaktiviert oder nicht vorhanden sind, wobei der einzige mittlere Lautsprecher dann als einziger Hochtöner
25 wirken würde. Um den maximal erzielbaren Schalldruckpegel zu erhöhen, wird das in Fig. 1d gezeigte 3-Wege-System verwendet. Insbesondere wird, damit sich der von den 3 Wegen abgestrahlte Schallphasen richtig überlagert, der Mitteltonzweig um 0,5 ms und der Hochtonzweig um 0,52 ms gegenüber dem Tiefton-Array verzögert.
30

Um das Abstrahlverhalten noch weiter zu verbessern, wird es bevorzugt, eine 2-Wege-Ansteuerung mit Hochtonzweig in Form eines Bessel-gewichteten linearen Arrays zu verwenden, wie sie in Fig. 2d schematisch gezeigt ist. Damit wird eine Bündelung und Seitenkeulenbildung besser unterdrückt. Dieser Effekt wird noch verbessert, wenn, wie es in Fig. 2d
35 gezeigt ist, die Hochtoneinzellautsprecher in der Mitte

angeordnet sind, und das Flächen-Array aus Tiefton-Lautsprechern in zwei Teil-Arrays 13a, 13b aufteilen. Im Gegensatz zur Fig. 1d existiert in Fig. 2 jedoch lediglich ein weiteres Hochton-Array 13e, wobei die einzelnen Hochton-Lautsprecher mit den Gewichtungen angesteuert werden, wie sie in Fig. 2d schematisch angegeben sind. Es sei darauf hingewiesen, dass die Gewichtungsfaktoren 0,5, 1, -1 lediglich aufgrund einer schaltungstechnisch einfachen Realisierung der Bessel-Gewichte erhalten worden sind, die sich rechnerisch jedoch zu 0,11, 0,44, 0,76, -0,44 und 0,11 ergeben, und nur mit größerem Aufwand zu realisieren sind.

Die in Fig. 2d gezeigte Ansteuerung findet derart statt, dass die drei Einzellautsprecher in der Mitte des Arrays 13e mit voller Amplitude angesteuert werden, wobei jedoch der untere dieser drei Einzellautsprecher mit invertierter Phase angesteuert wird, während der oberste Einzellautsprecher und der unterste Einzellautsprecher des Arrays 13e mit halber Amplitude angesteuert werden. Diese Pegel- und Phasenverhältnisse lassen sich, entgegen den Bessel-Funktionen errechneten Faktoren mit sehr einfachen Mitteln umsetzen. Durch Parallelschalten der drei mittleren Einzellautsprecher mit einer Serienschaltung der Lautsprecher ganz oben und ganz unten des Arrays 13e lassen sich diese Amplitudenverhältnisse herstellen. Die Phase wird bei dem Einzellautsprecher, der einen Gewichtungsfaktor „-1“ in Fig. 2d hat, einfach durch Verpolen des Anschlusses erreicht, wie es in Fig. 3 bei 15 dargestellt ist.

Ähnlich zu Fig. 1c werden die vier Spalten des Tiefton-Arrays in vier Gruppen von jeweils fünf Einzellautsprechern gruppiert, wobei die Gruppen untereinander parallel geschaltet sind. Dadurch ergibt sich für das Hochton-Array eine Nennimpedanz von 10 Ohm und für das Tiefton-Array eine Nennimpedanz von 56 Ohm. Es könnten auch alle Tiefton-Einzellautsprecher parallel geschaltet werden, dann würde aber ein höherer Strom durch die Schwingspulen fließen.

Dies könnte jedoch den Schwingspulendraht der Einzellaus-
sprecher jedoch überlasten und zerstören.

Wie es in Fig. 3 dargestellt ist, wird bei dem Ausführungs-
5 beispiel eine Frequenzweiche 16 mit einer Grenzfrequenz 710
Hz bevorzugt. Bei einer größeren Arrayfläche sollte die
Frequenzweiche eine kleinere Grenzfrequenz haben, und bei
einer kleineren Arrayfläche sollte die Frequenzweiche eine
größere Grenzfrequenz haben. Aufgrund der Frequenzweiche
10 existieren ein Hochtongang 17a und ein Tieftongang 17b oder
allgemein gesagt nur ein Tieftongang und ein Weg mit voller
Bandbreite statt dem Hochtongang, der keine Tieftonganganteile
hat, welche vorzugsweise beide durch einen Entzerrer EQ 18a
bzw. 18b entzerrt werden, wobei die entzerrten Signale fer-
15 ner vorzugsweise durch jeweils einen Verstärker 19a bzw.
19b verstärkt werden.

Bei dem in Fig. 2a gezeigten Lautsprecher gemäß dem zweiten
Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird eben-
20 falls ein geschlossenes System verwendet. Das Gehäuse ba-
siert auf einer Berechnung unter Verwendung der sogenannten
Thiele-Small-Parameter der gehäuselosen Einzellaus-
sprecher, wobei die Gesamtgüte Q_{tc} der Kombination aus Gehäuse und
Array bei 0,707 liegen soll. Diese Abstimmung wird auch als
25 Butterworth-Abstimmung bezeichnet und äußert sich in ei-
nem, bei idealem Free-Air-Frequenzgang, maximal glattem
Frequenzgang und minimal erreichbarer Resonanzfrequenz.

Fig. 2a zeigt eine perspektivische Ansicht des Lautspre-
30 chers gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel mit einer Ge-
häusevorderwand 1a und einer Gehäuseseitenwand 1b, wobei
der Lautsprecher in einem reflexionsarmen Raum angeordnet
ist. Die Gehäusevorderwand umfasst eine Höhe und eine Brei-
te, wobei die Höhe größer als die Breite ist, und wobei es
• 35 bevorzugt wird, das Array bezüglich der Breite zentriert
und kantenparallel einzufügen, und das Array bezüglich der
Höhe nicht zentriert, sondern dezentral unterzubringen, wie
es in Fig. 2b gezeigt ist. Fig. 2c zeigt eine Rückansicht

des geöffneten Lautsprechers, wobei Stege 19a, 19b in vertikaler Richtung und Stege 19c in horizontaler Richtung gezeigt sind. Diese Stege, die vorzugsweise komplett von der Gehäusevorderseite bis zur Gehäuserückseite durchgehend ausgebildet sind, ermöglichen eine Kapselung von unterschiedlich angetriebenen Einzellautsprechern. Druckänderungen im Inneren des Lautsprechers, hervorgerufen durch Schwingungen einzelner Membranen würden sich ansonsten nämlich auf alle auf das gleiche Volumen arbeitende Einzellautsprecher auswirken. Um dies zu vermeiden, arbeiten die Einzellautsprecher der mittleren Array-Spalte jeweils auf ein einzeln abgegrenztes Volumen, das durch die Stege 19a, 19b, 19c erreicht wird. Da diese Einzellautsprecher für den Hochtonzweig verwendet werden, diese also weit oberhalb ihrer Resonanzfrequenz arbeiten sollen, ist eine aufwendige Dimensionierung des entstehenden Volumens nicht nötig. Das an jeden Hochton-Einzellautsprecher angekoppelte Volumen beträgt 0,0361 l. Die Abmessungen der Volumina bestimmen sich aus den Abmessungen des Einzellautsprechers.

20

Die Streben 19a, 19b erreichen eine zusätzliche Versteifung des Gehäuses und führen dazu, dass das Volumen für das Tiefton-Array in zwei Kammern aufgeteilt wird, wie es aus Fig. 2c oder auch aus Fig. 4a oder Fig. 4b ersichtlich ist. Das Aufteilen des Gesamtvolumens in zwei Kammern für die Teil-Arrays der Tiefton-Lautsprecher führt zu einer effizienten Versteifung des Gehäuses und dazu, dass Biegeschwingungen der Gehäusefront und/oder der Gehäuserückwand und Moden im Gehäuse unterdrückt werden, um entsprechende negative Einflüsse auf das Verhalten des Lautsprechers zu reduzieren. Weitere Versteifungselemente, wie sie bei 21 in Fig. 4b oder 22 in Fig. 4a gezeigt sind, werden eingefügt, um die Steifigkeit des verwendeten Holzmaterials zu verbessern, die relativ gering ist. Durch Minimieren der Abstände zwischen den Versteifungspunkten wird das Mitschwingen der Gehäusewände wegen des hohen Drucks im Inneren bei Betrieb des Lautsprechers verhindert. Vorzugsweise sind Höhe und Breite des Gehäuses keine geradzahligen Vielfachen, um die

35

Ausbildung von gleichzeitigen Längs- und Quermoden nicht zu begünstigen. Die Innentiefe beträgt bei dem in Fig. 2a bzw. 2b gezeigten Ausführungsbeispiel wieder 2,4 cm. Die Außenabmessungen des in Fig. 2a gezeigten Ausführungsbeispiels betragen in der Breite 35,2 cm, in der Höhe 46,2 cm und in der Tiefe 3,6 cm. Diese Außenmaße sind auch in der schematischen Zeichnung in Fig. 4a zusammen mit anderen bevorzugten Abmessungen dieses Ausführungsbeispiels angegeben.

Die exzentrische Platzierung des Arrays auf der Front des Lautsprechers wird bevorzugt. Der Schalldruck von Schallwellen, die sich von einer Schallquelle über eine Lautsprecherfront ausbreiten, ändert sich, wenn diese auf eine Kante treffen, weil sich die Energie der Welle auf ein geändertes Volumen aufteilt. Im Falle einer Gehäusekante beugt sich eine Schallwelle um das Gehäuse. Das Volumen, in welches sich die Schallwelle ausbreitet und die Oberfläche der Wellenfront werden größer. Der Schalldruck auf dieser Oberfläche wird geringer. Durch die Druckänderung entsteht an dieser Kante eine zweite Schallquelle mit entgegengesetzter Phase. Der von dieser sekundären Schallquelle abgestrahlte Schall überlagert sich mit dem, von der primären Schallquelle abgestrahlten Schall. Je nach Laufzeitunterschied, der durch die Entfernung zwischen beiden Schallquellen und zwischen Lautsprecher und Hörposition beeinflusst wird, kommt es im Frequenzgang des Lautsprechers abwechselnd zu konstruktiver und destruktiver Interferenz. Wenn der Laufzeitunterschied äquivalente Wegunterschied ganzzahligen Vielfachen einer Wellenlänge entspricht, dann kommt es zu Minima bei den entsprechenden Frequenzen, bei ganzzahligen Vielfachen der halben Wellenlänge kommt es zu Überhöhungen. Wenn das Array zentral auf der Schallwand platziert würde, käme es für Beobachtungspunkte nahe der 0°-Achse durch gleiche Laufzeiten bezüglich rechter und linker bzw. oberer und unterer Schallwandkante zu einer Überlagerung der Interferenzerscheinungen. Folge davon ist ein ortsabhängiger, teilweise von starken Einbrüchen und Überhöhungen geprägter Frequenzgang. Um dies zu vermeiden, wird die Position des

Arrays auf der Frontplatte so ausgewählt, dass die Entfernung vom zentralen Einzellausprecher zur oberen, unteren und den seitlichen Gehäusekanten möglichst unterschiedlich und keine ganzzahligen Vielfachen voneinander sind. Dadurch wird das unvorteilhafte Zusammenfallen von Interferenz-Effekten verhindert.

Die Aufteilung des Gehäuses in zwei gleich große Kammern durch Versteifungsstege bedingt, dass das Array horizontal zentriert angeordnet wird. So beträgt der Abstand vom Zentrum des Arrays zu den Seitenkanten jeweils 17,6 cm. Der Abstand des Mittelpunkts des Arrays zur oberen Gehäusekante wird auf 14,1 cm festgelegt. Der Abstand zur unteren Gehäusekante ergibt sich somit zu 23,1 cm. Damit die bei dem Ausführungsbeispiel 6 mm starken Leisten, mit denen die Hochtontreiber abgetrennt werden, nicht die Luftkompression an den rückseitig offenen Membranen behindern, werden nicht alle Einzellausprecher des Arrays ohne Zwischenraum angeordnet. Stattdessen wird zwischen den Einzellausprechern der mittleren Spalte des Arrays und den Einzellausprechern der links und rechts benachbarten Spalten ein Abstand von 6 mm vorgenommen, wie es aus Fig. 4a ersichtlich ist.

Es wird bevorzugt, das Gehäuse zur Vermeidung von Gehäusemoden mit Dämmwolle zu bedämpfen. Eine Dämmwolle mit einer Dicke von 3 cm und einer Masse von 280 g/m² kann eingesetzt werden. Gehäusemoden soll durch Absorption im Dämmstoff Energie entzogen werden, so dass sie sich nicht voll oder gar nicht ausbilden können. Dieses Prinzip funktioniert nur bei hoher Schallschnelle. Da an den Rändern von Gehäusen bei Stehwellen stets Druckmaxima und Schnelle-Minima sind, wird daher an den Rändern des Gehäuses auf einer Breite von etwa 7 cm kein Dämmmaterial eingebracht, wie es schematisch in Fig. 2c zu sehen ist.

35

Nachfolgend werden, Bezug nehmend auf die Figuren 5a-5d diverse Messungen an dem in Fig. 2a bis Fig. 2d erläuterten

Lautsprecher gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel erläutert.

Die Auftrennung der Audiosignale in einen Hochton-Zweig und in einen Tieftton-Zweig durch die Frequenzweiche 16 wird mit Hilfe von Linkwitz-Riley-Filtern vierter Ordnung für die Frequenzweiche vorgenommen. Die Übertragungsfunktion der Frequenzweiche ist in Fig. 5b dargestellt. Der Pegel des Hochton-Zweiges ist gegenüber dem Tieftton-Signal um 3 dB angehoben. Dem Lautsprecher ist ein 80 Hz Hochpass vorgeschaltet, der in Fig. 3 nicht gezeigt ist.

Das mit dieser Filterung beaufschlagte Signal wird dem Array zugeführt. Fig. 5b zeigt die Frequenzgänge von Hoch- und Tieftton-Weg auf der 0°-Achse. Die akustische Summation beider Wege ergibt den in Fig. 5c gezeigten nicht-entzerrten Frequenzgang. Um sowohl die Linearität des Frequenzgangs als auch die untere Frequenz näher an die gestellten Anforderungen zu bringen, wird es bevorzugt, eine Entzerrung unter Verwendung der Equalizer 18a, 18b vorzunehmen. Ein entzerrter Frequenzgang ist in Fig. 5d gezeigt, bei dem eine wesentlich bessere Linearität ersichtlich ist, und bei dem ferner ein wesentlich verbessertes Verhalten im unteren Frequenzbereich und eine gesenkte untere Grenzfrequenz erhalten worden ist. Damit sich die von beiden Wegen abgestrahlten Schallanteile im Übernahmehereich möglichst optimal überlagern, wird es bevorzugt, den Hochton-Weg um 0,17 ms zu verzögern. Der Frequenzgang bei dem in Fig. 5d messtechnisch charakterisierten Ausführungsbeispiel wird im Bereich von 100 Hz bis 20 kHz linearisiert, so dass sich eine Welligkeit von +/- 2 dB erreichen lässt. Die Grenzfrequenz bei -6 dB beträgt 100 Hz. Bei 20 kHz ist der Schalldruckpegel ebenfalls um 6 dB abgefallen. Die mittlere elektrische Empfindlichkeit des Lautsprechers beträgt 101 dB/1W/1m. Dieser Wert ist im Vergleich zu herkömmlichen Hi-Fi-Lautsprechern hoch und ist auf die hohe Empfindlichkeit der gehäuselosen Einzellautsprecher zurückzuführen. Fig. 2e zeigt eine alternative Implementierung des Flachgehäuses

mit angesetzten Fasen, um mehr in die Nähe einer Gehäusefront ähnlich eines Pyramidenstumpfes zur Abschwächung von Interferenz-Effekten aufgrund von Beugungserscheinungen an den Kanten des Gehäuses zu kommen. Damit kann ein besser
5 linearer Frequenzgang erreicht werden.

Um den von dem Lautsprecher abgegebenen Schalldruck bei niedrigeren Frequenzen, also im Bereich von 100 Hz und darunter zu verbessern, kann bei Ausführungsbeispielen der Erfindung das flache Gehäuse als Bassreflexgehäuse ausgeführt
10 sein, das nicht vollkommen geschlossen ist, sondern eine oder mehrere Öffnungen in der Schallwand hat, die auch als Kanäle in das Gehäuse hinein verlängert werden können. Das Gehäuse eines Bassreflexsystems ist bei verschlossener Einbauöffnung für den Schallwandler ein Helmholtz-Resonator.
15 Innerhalb des Bassreflexkanals befindet sich eine Luftmasse, die im Resonanzfall mit maximaler Amplitude schwingt. Der Resonator wird auf eine Resonanzfrequenz unterhalb der Resonanzfrequenz des Schallwandlers abgestimmt und trägt
20 dann bei tiefen Frequenzen wesentlich zur Schallabstrahlung des Lautsprechers bei. Eine korrekt abgestimmte Bassreflexkonstruktion hat einen Impedanzverlauf mit zwei benachbarten Maxima. Der maximale Schalldruck wird vom Bassreflexrohr bei dem Minimum f_b zwischen den beiden Impedanz-Maxima
25 abgestrahlt. In Richtung höherer und tieferer Frequenz nimmt der vom Bassreflexkanal abgestrahlte Schalldruck ab. Das Ziel der Abstimmung eines Bassreflexsystems ist die konstruktive Überlagerung von Schallanteilen, die von Schallwandler und Bassreflexöffnung abgestrahlt werden. Bei
30 einem bevorzugten Ausführungsbeispiel wird eine Bassreflexöffnung an der unteren Seitenwand des Gehäuses, das beispielsweise in Fig. 2b gezeigt ist, vorgesehen, wobei diese Kanalöffnung rechteckig mit einer Breite von 5 cm ausgelegt wird. Die Länge eines Reflexrohrs für eine Kammer ergibt
35 sich dann beispielsweise zu 3,3 cm. Ein darauf hin optimiertes Gehäuse hat eine Abmessung in der Breite von 41,5 cm, in der Höhe von 66,2 cm und in der Tiefe von 2,4 cm, wobei sich diese Abmessungen auf die Innenmaße beziehen.

Die Öffnung des Bassreflexkanals kann bei anderen Ausführungsbeispielen vergrößert werden, und zwar insbesondere über die komplette Breite einer Kammer von z.B. 17,2 cm vergrößert werden. Entsprechend kann die Reflexrohrlänge
5 vergrößert werden, da die Länge mit zunehmender Öffnungsfläche ebenfalls vergrößert werden muss, wenn die Abstimmfrequenz beibehalten werden soll.

Bei einer anderen Implementierung kann die Reflexöffnung
10 auch an der oberen Schmalseite des Gehäuses angeordnet werden.

Insbesondere ein geschlossener Lautsprecher mit einer flächigen Anordnung von 25 Miniaturlautsprechern als Schallwandler wird bevorzugt, wobei die Anzahl der Schallwandler
15 je nach Einsatz auch zwischen 9 und 49 liegen kann. Eine quadratische Form der Anordnung der Schallwandler wird bevorzugt, wobei das Flächen-Array aufgeteilt in getrennte Teilarrays der den kritischen Tiefton-Bereich liefernden
20 Einzellautsprecher vorzugsweise in abgetrennten Volumina arbeiten soll. Vorzugsweise wird eine symmetrische 2-Wege-Anordnung eingesetzt, wobei die Einzellautsprecher des weiteren Arrays zwischen den beiden Teil-Arrays, welche als Hochtöner arbeiten, nach Koeffizienten von Bessel-
25 Funktionen gewichtet sind. Das Anregungs-Signal des Systems wird mit einem Lautsprecher-Controller entzerrt sowie aktiv getrennt und mittels zwei Endstufen verstärkt. Damit werden HiFi-übliche Werte sowohl für den maximal erreichbaren Schalldruckpegel als auch für die Welligkeit des Frequenzgangs und den Klirrfaktor erreicht. Der Lautsprecher zeichnet sich durch ein kontinuierliches, nicht übermäßig bündelndes Richtverhalten ohne Seitenkeulen aus.
30

Lautsprecher gemäß der vorliegenden Erfindung sind sowohl
35 in klassischen Stereo- oder Multikanal-Setups, vorzugsweise mit einem Subwoofer für den untersten Frequenzbereich einsetzbar. Das Array-Konzept führt zu einer hohen Skalierbarkeit des Systems. So kann damit bei Lautsprecher-Panels für

Wellenfeldsynthese der Abstand benachbarter Wiedergabekanäle durch den geringen Durchmesser der Einzellautsprecher minimiert werden. Durch die Möglichkeit, einzelne gehäuse-lose Einzellautsprecher und somit bestimmte Bereiche eines Arrays diskret anzusteuern, sind auch zeitlich modifizierbare Ansteuerungen verwendbar. Die Bündelungswirkung des Lautsprechers in der Vertikalebene oberhalb von 10 kHz kann durch eine geänderte Array-Ansteuerung noch verringert werden, wenn oberhalb von 10 kHz nur noch ein einzelner Lautsprecher betrieben wird. Entsprechend der Richtwirkung des einzelnen Lautsprechers kann der vertikale Abstrahlwinkel oberhalb von 10 kHz mit einem solchen 3-Wege-System vergrößert werden. Die Schalldrucküberhöhung im Frequenzgang des in den Ausführungsbeispielen verwendeten Miniaturtreibers wird vorzugsweise eliminiert, damit keine Entzerrung mehr nötig ist.

Bei nicht Echtzeit-kritischem Einsatz des Lautsprechers wird es bevorzugt, zur Entzerrung einen linearphasigen Filtersatz zu verwenden. Damit kann die Gruppenlaufzeit des Systems aus Lautsprecher und Controller positiv beeinflusst werden.

Um den Lautsprecher bei tieferen Frequenzen zu verbessern, wird es bevorzugt, nicht die Array-Fläche zu vergrößern, sondern den abgestrahlten Schalldruck durch die Vergrößerung des Membranhubs zu erhöhen. Bei einer Verdoppelung des Membranhubs verdoppelt sich idealerweise auch der abgestrahlte Schalldruck. Hierzu muss jedoch die Mechanik des Schallwandlers für größeren Hub ausgelegt werden. Die Kraft, die vom Antrieb eines elektrodynamischen Schallwandlers erzeugt wird, wird vom Produkt aus der magnetischen Flussdichte B des Magneten, der Länge l des Spulendrahtes und dem fließenden Strom I in der Spule bestimmt.

35

Vorzugsweise wird der erfindungsgemäße Lautsprecher als aktiver Lautsprecher mit interner Signalverarbeitung auf einem DSP implementiert, da eine (z. B. aktive) Frequenzwei-

che und eine Entzerrung sowie eine mehrkanalige Verstärkung eingesetzt werden und in das Lautsprechergehäuse integriert werden können.

- 5 Der erfindungsgemäße Lautsprecher zeichnet sich durch eine außergewöhnlich geringe Gehäusetiefe, durch eine kostengünstige Herstellbarkeit und durch überzeugende Werte sowohl auf messtechnischer Seite als auch auf subjektiver Ebene aus.

10

Fig. 7a zeigt einen Lautsprecher, bei dem ein weiteres Array von Einzellautsprechern vorzugsweise in der Mitte des Lautsprechers vorhanden ist, bei dem einer oder mehrere Einzellautsprecher bezüglich der Einzellautsprecher des Flächenarrays verkippt angeordnet sind, so dass sich eine Flächennormale auf eine aktive Fläche eines Einzellautsprechers des weiteren Arrays von einer Flächennormale auf eine aktive Fläche eines Einzellautsprechers des Flächenarrays unterscheidet. Die Verkipfung kann beispielsweise 30 Grad
15 bezüglich der Normalen betragen und liegt vorzugsweise zwischen 10° und 70° . Dann kann ein Hörer eine Ausrichtung der Lautsprecher auf sich haben, selbst wenn der Flachlautsprecher an der Wand montiert ist und nicht gedreht werden kann. Für die näherungsweise Rundstrahlcharakteristik des
20 Tieftonarrays ist dagegen eine Ausrichtung nicht erforderlich.

Fig. 7b zeigt einen Lautsprecher, bei dem ein weiteres Array von Einzellautsprechern vorhanden ist, das in dem Gehäuse zurückgesetzt ist, oder das vor der aktiven Fläche eine Wellenführungseinrichtung aufweist. Vorzugsweise wird eine Zurücksetzung und eine Waveguide-Struktur verwendet, um eine eben Oberfläche des Lautsprechers zu haben. Außerdem ist die Zurücksetzung der Hochtöner in der Mitte unkritisch, weil das nötige Luftvolumen für die Hochtöner aufgrund der hohen Frequenzen klein bzw. insgesamt unerheblich
35 ist. Die Waveguide-Struktur dient dazu, die inhärente

Richtwirkung im beabsichtigten Bereich zu vergleichmäßigen und sie wird eine hornartige Form haben.

Patentansprüche

1. Lautsprecher, mit folgenden Merkmalen:

5

einem Flächen-Array (10) aus gehäuselosen Einzellausprechern, die eine flache Form haben; und

10

einem flachen Gehäuse (1), in das die Einzellausprecher (11a, 11b, 11c) untergebracht sind, wobei das flache Gehäuse ein Vorderwand, eine Rückwand, und eine Seitenwand aufweist, und

15

wobei das flache Gehäuse (1) eine Tiefe kleiner als 5 cm aufweist, oder wobei ein Durchmesser eines gehäuselosen Einzellausprechers (11a, 11b, 11c) des Flächen-Arrays (10) kleiner als 5 cm ist.

2. Lautsprecher nach Anspruch 1,

20

bei dem ein weiteres Array (13b, 13c, 13e) aus Einzellausprechern vorhanden ist, wobei ein kleinster Abstand eines Einzellausprechers des weiteren Arrays zu einem Einzellausprecher des Flächen-Arrays größer ist als ein kleinster Abstand zwischen zwei direkt benachbarten Einzellausprechern des Flächen-Arrays (13a, 13b); und

25

der ferner eine Frequenzweiche (16) zum Liefern eines Hochpass-Signals (17a) und eines Tiefpass-Signals (17b) aufweist, wobei das Hochpass-Signal zum Ansteuern eines weiteren Arrays (13e) und das Tiefpass-Signal (17b) zum Ansteuern des Flächen-Arrays (1; 13a, 13b) verwendet werden.

30

3. Lautsprecher nach Anspruch 1, bei dem ein weiteres Array (13b, 13c, 13e) aus Einzellausprechern vorhanden ist, wobei ein kleinster Abstand eines Einzellauspre-

35

chers des weiteren Arrays zu einem Einzellautsprecher des Flächen-Arrays größer ist als ein kleinster Abstand zwischen zwei direkt benachbarten Einzellautsprechern.

5

4. Lautsprecher nach Anspruch 2 oder 3, bei dem das Flächen-Array ein erstes flächiges Teil-Array (13a) und ein zweites flächiges Teil-Array (13b) aufweist, zwischen denen das weitere Array (13c, 13d, 13e) angeordnet ist.

10

5. Lautsprecher nach einem der Ansprüche 3 bis 4, der ferner folgendes Merkmal aufweist:

15

eine Frequenzweiche (16) zum Liefern eines Hochpass-Signals (17a) und eines Tiefpass-Signals (17b), wobei das Hochpass-Signal zum Ansteuern eines weiteren Arrays (13e) und das Tiefpass-Signal (17b) zum Ansteuern des Flächen-Arrays (1; 13a, 13b) verwendet werden.

20

6. Lautsprecher nach Anspruch 5, bei dem für das Hochpass-Signal und/oder das Tiefpass-Signal ein Entzerrer (18a, 18b) und/oder ein Verstärker (19a, 19b) vorgesehen sind, die ausgebildet sind, um ein Frequenzverhalten einer Schallausgabe des Lautsprechers in einem vordefinierten Frequenzbereich zu vergleichmäßigen.

25

7. Lautsprecher nach einem der Ansprüche 2 bis 6, bei dem das Gehäuse (1) im Inneren einen oder mehrere Stege (19a, 19b, 19c) zum Verbinden einer Vorderwand und einer Rückwand des flachen Gehäuses aufweist, wobei der mindestens eine Steg so angeordnet ist, dass er zwischen einem Einzellautsprecher des Flächen-Arrays (1) und einem benachbarten Einzellautsprecher des weiteren Arrays (13e) angeordnet ist.

30

35

8. Lautsprecher nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Flächen-Array so in einer Vorderwand des

Gehäuses exzentrisch angeordnet ist, dass ein Mittelpunkt des Arrays von einem Mittelpunkt der Vorderwand um wenigstens 10 % der kürzeren Seite der Vorderwand unterschiedlich ist.

5

9. Lautsprecher nach einem der Ansprüche 2 bis 8, bei dem eine Anzahl von Einzellausprechern in dem Flächen-Array (1; 13a, 13b) wenigstens doppelt so groß ist wie in dem weiteren Array (13c, 13d, 13e).

10

10. Lautsprecher nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Flächen-Array wenigstens zwei Gruppen (12a, 12b, 12c, 12d, 12e) von Einzellausprechern aufweist, wobei jede Gruppe wenigstens zwei Einzellausprecher aufweist, wobei die Einzellausprecher in einer Gruppe seriell geschaltet sind, und wobei die Gruppen parallel geschaltet sind.

15

11. Lautsprecher nach einem der Ansprüche 2 bis 10, bei dem das weitere Array (13e) ein Linien-Array von Lautsprechern ist, wobei eine Ansteuerungsschaltung vorhanden ist, die ausgebildet ist, um äußere Einzellausprecher des weiteren Arrays mit einem amplitudenmäßig schwächeren Treibersignal als ein mittlerer Lautsprecher des weiteren Arrays zu versorgen.

20

25

12. Lautsprecher nach einem der vorhergehenden Ansprüche, in dem alle Einzellausprecher des Flächen-Arrays oder alle Einzellausprecher des Lautsprechers insgesamt identische aktive Flächen haben.

30

13. Lautsprecher nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem alle Einzellausprecher des Flächen-Arrays oder alle Einzellausprecher des gesamten Lautsprechers elektrodynamische Lautsprecher sind.

35

14. Lautsprecher nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem alle Einzellausprecher des Flächen-Arrays o-

der alle Einzellautsprecher des gesamten Lautsprechers Konus-Lautsprecher oder Kolbenstrahler sind.

15. Lautsprecher nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
5 bei dem alle Einzellautsprecher des Flächen-Arrays oder alle Einzellautsprecher des gesamten Lautsprechers Kopfhörerkapseln sind.
16. Lautsprecher nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
10 bei dem die Lautsprecher so in dem Gehäuse angeordnet sind, dass zwischen einer Rückseite einer Membran jedes Einzellautsprechers des Flächen-Arrays und einer nächstliegenden Gehäusewand wenigstens ein Abstand von 0,8 cm und höchstens ein Abstand von 4 cm vorhanden
15 ist.
17. Lautsprecher nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
20 bei dem die Einzellautsprecher des Flächen-Arrays so nahe aneinander angeordnet sind, dass Ränder von benachbarten Einzellautsprechern weniger als 3 mm voneinander beabstandet sind oder sich berühren.
18. Lautsprecher nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
25 bei dem das Flächen-Array ein erstes Teil-Array (13a) und ein zweites Teil-Array (13b) aufweist, wobei jedes Teil-Array zwei benachbarte Reihen von Einzellautsprechern aufweist, und wobei ein weiteres Array eine einzige Reihe von Einzellautsprechern aufweist, wobei eine Anzahl der Einzellautsprecher pro Reihe für alle
30 Reihen und Arrays gleich ist.
19. Lautsprecher nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
35 bei dem das Gehäuse so groß ist, dass es ein Volumen aufweist, das gleich einem pro Einzellautsprecher des Flächen-Array geforderten Minimalvolumens multipliziert mit der Gesamtanzahl der Einzellautsprecher des Flächen-Arrays ist.

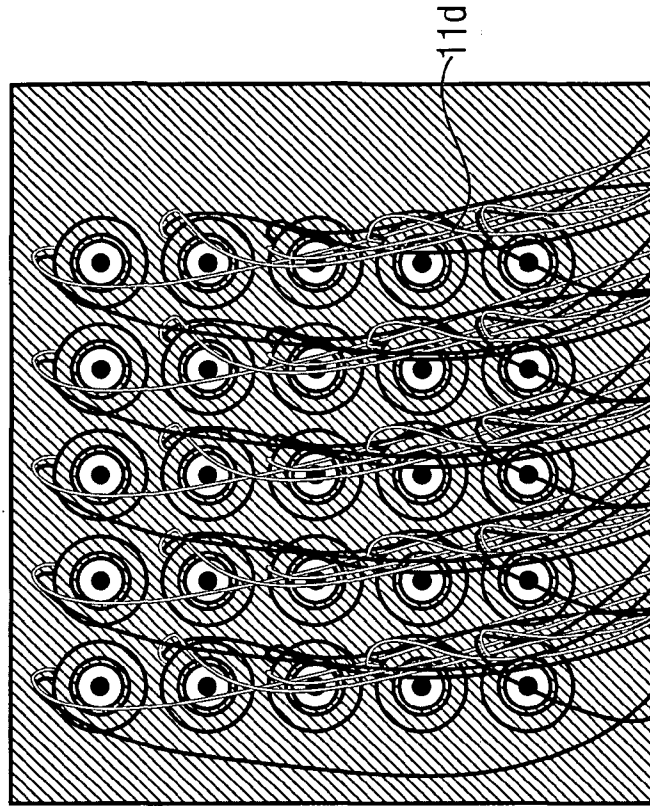
20. Lautsprecher nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem eine Tiefe des flachen Gehäuses kleiner als $1/10$ der kürzeren Seite einer Vorderwand oder Rückwand des Gehäuses ist.
- 5
21. Lautsprecher nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem alle Einzellautsprecher des Flächen-Arrays so verschaltet sind, dass sie mit Ansteuersignalen angesteuert werden, die zueinander abgesehen von unterschiedlichen Leitungslängen keine Phasenverschiebung haben, wobei zwischen den Einzellautsprechern und einem Treiberausgang kein Phasenschieber vorhanden ist, und
- 10
- wobei die Einzellautsprecher des Flächen-Arrays ausgebildet sind, um die gesamte Schallbandbreite in einem 1-Weg-System zu liefern, oder um einen Tieftonbereich in einem Mehrwege-System zu liefern.
- 15
22. Lautsprecher nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Flächen-Array in ein erstes Teil-Array (13a) und ein zweites Teil-Array (13b) aufgeteilt ist, wobei das Gehäuse eine durchgehende Trennung (19a, 19b) aufweist, um für das erste Teil-Array (13a) ein erstes Gehäusevolumen bereitzustellen und für das zweite Teil-Array (13b) ein zweites Gehäusevolumen bereitzustellen, wobei das erste Gehäusevolumen und das zweite Gehäusevolumen durch die Trennung (19a, 19b) voneinander getrennt sind.
- 20
- 25
- 30
23. Lautsprecher nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem ein weiteres Array von Einzellautsprechern vorhanden ist, das in dem Gehäuse zurückgesetzt ist, oder das vor der aktiven Fläche eine Wellenführungseinrichtung aufweist.
- 35
24. Lautsprecher nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem ein weiteres Array von Einzellautsprechern

vorhanden ist, bei dem einer oder mehrere Einzellaus-
sprecher bezüglich der Einzellausprecher des Flächen-
arrays verkippt angeordnet sind, so dass sich eine
Flächennormale auf eine aktive Fläche eines Einzel-
5 lausprechers des weiteren Arrays von einer Flächen-
normale auf eine aktive Fläche eines Einzellauspre-
chers des Flächenarrays unterscheidet.

25. Lautsprecher nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
10 bei dem ein weiteres Array von Einzellausprechern
vorhanden ist, wobei Einzellausprecher es Flächenar-
rays so gruppiert sind, dass räumlich benachbarte Wel-
lenfeldsynthesekanäle mit begrenzter Bandbreite unter
1 KHz durch nebeneinander liegende Gruppen von Einzel-
15 lausprechern wiedergebar sind, deren Abstand größer
ist als der zwischen benachbarten Einzellausprechern
oder im Vergleich zu den Gruppen kleineren Grüppchen,
die räumlich benachbarte Wellenfeldsynthesekanäle mit
Signalanteilen über 1 kHz wiedergeben.

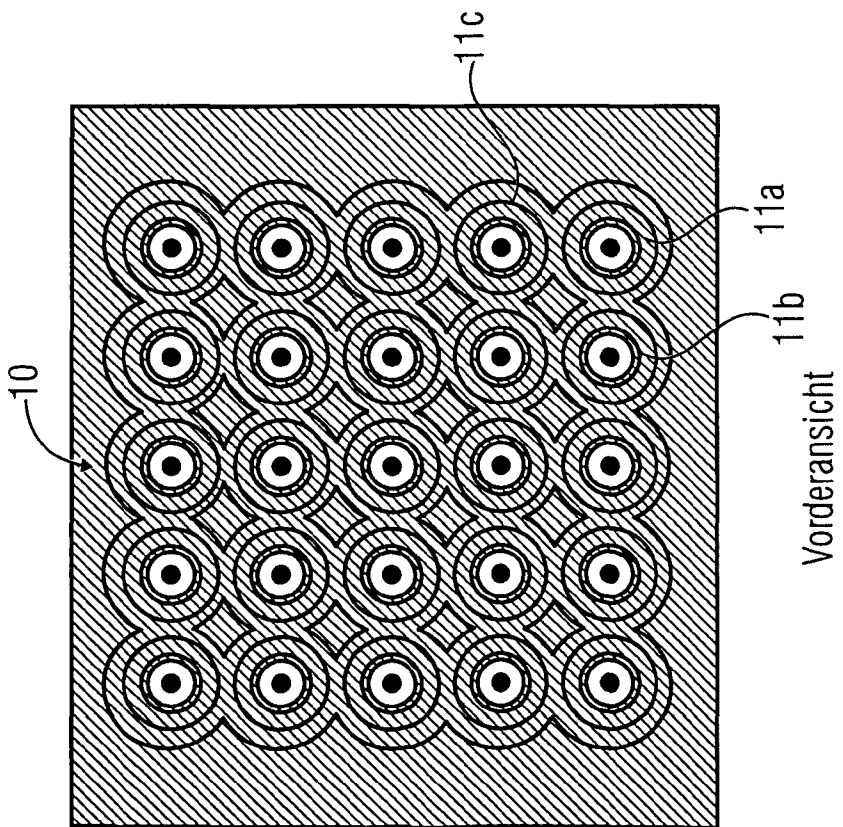
20

1/16



Rückansicht

FIG 1B



Vorderansicht

FIG 1A

2/16

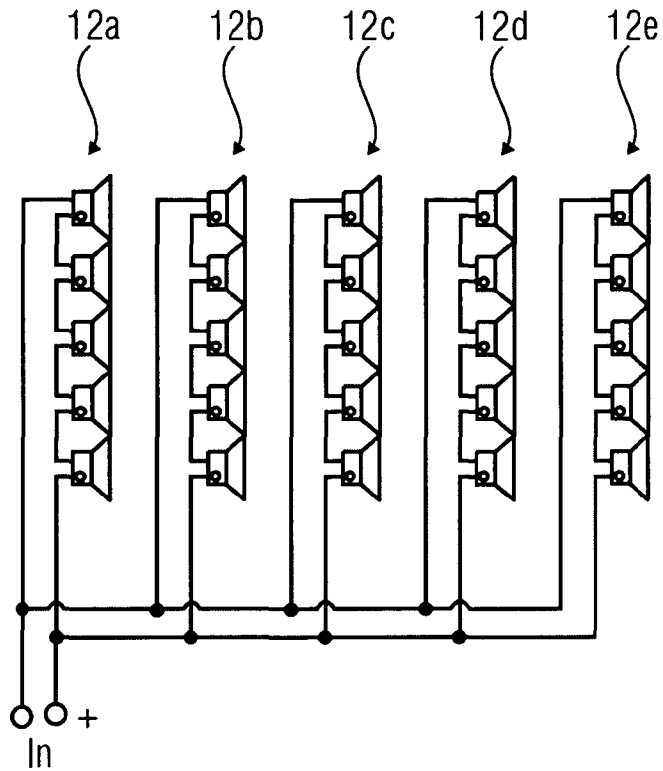
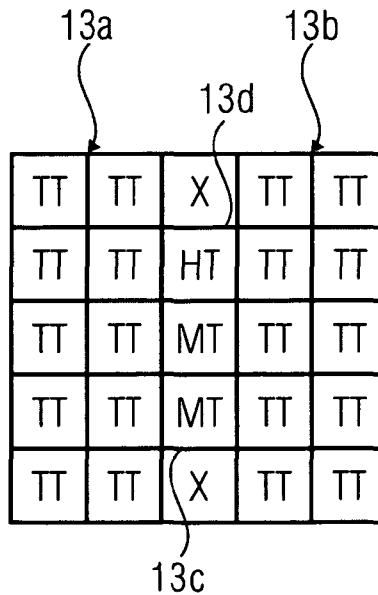


FIG 1C



Frequenzmäßige Aufteilung des Arrayelemente in 3-Wege-Ansteuerung;
 TT - Tiefton, MT - Mittelton, HT - Hochton, X - kurzgeschlossen

FIG 1D

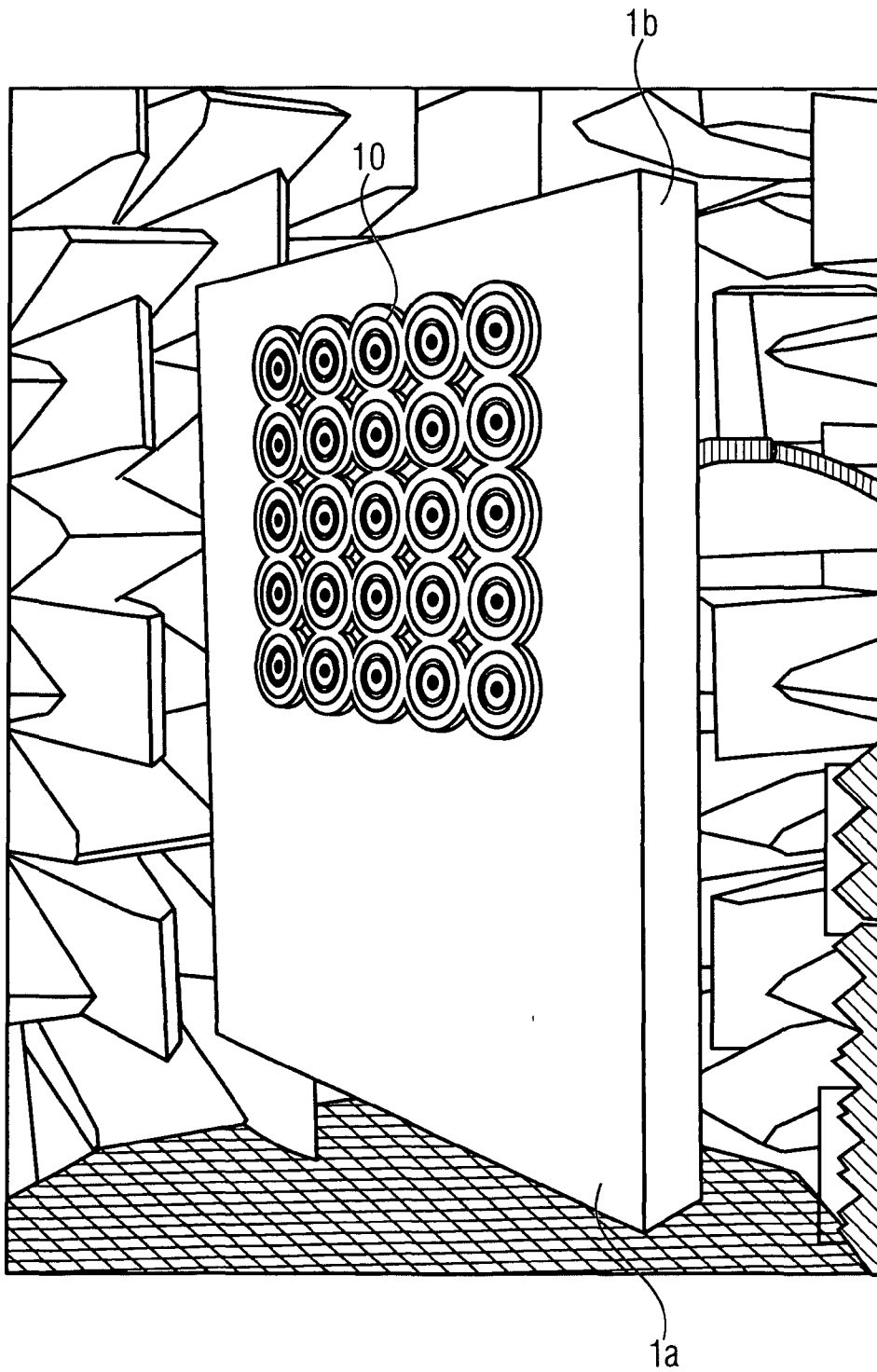


FIG 2A

ERSATZBLATT (REGEL 26)

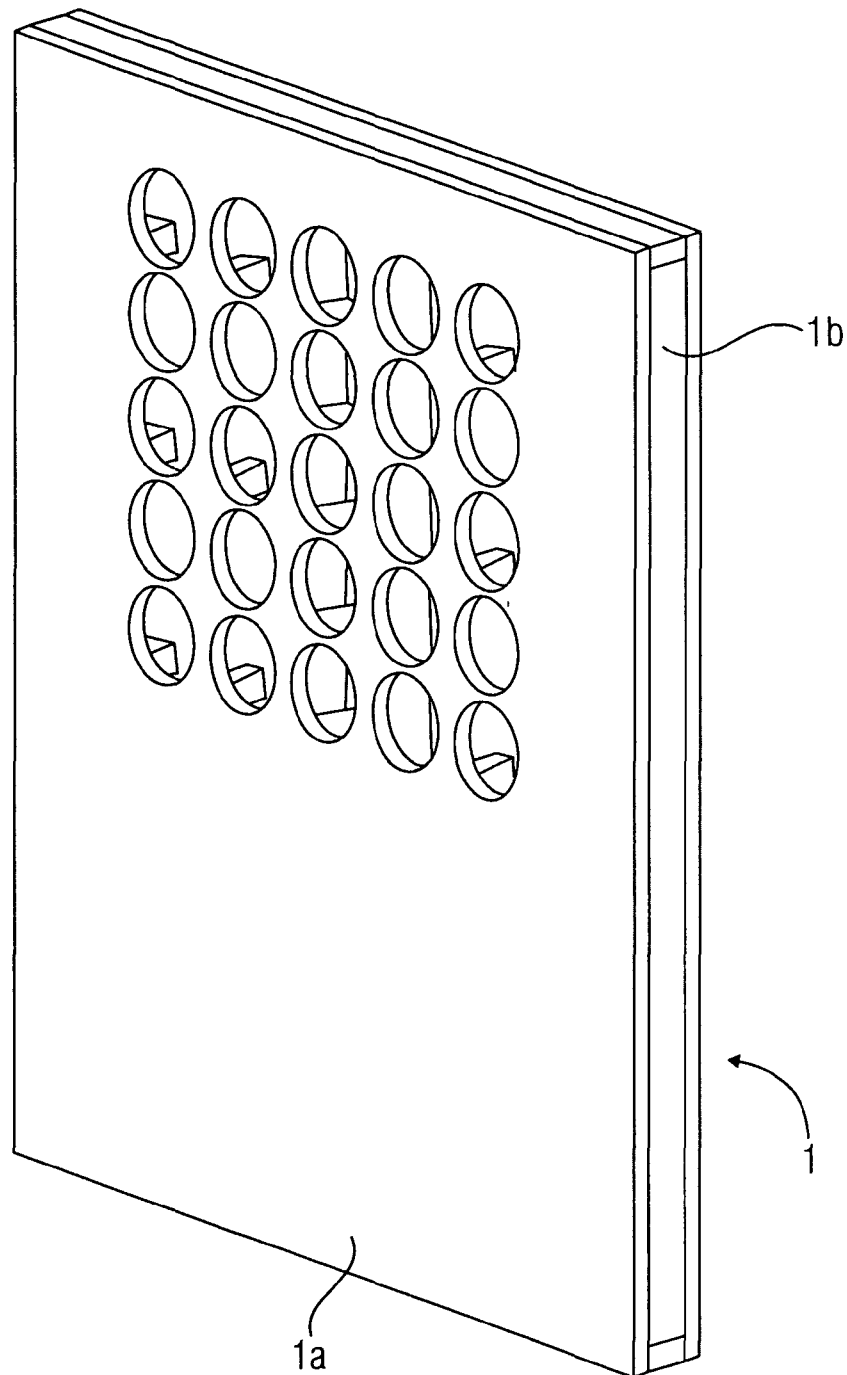


FIG 2B

ERSATZBLATT (REGEL 26)

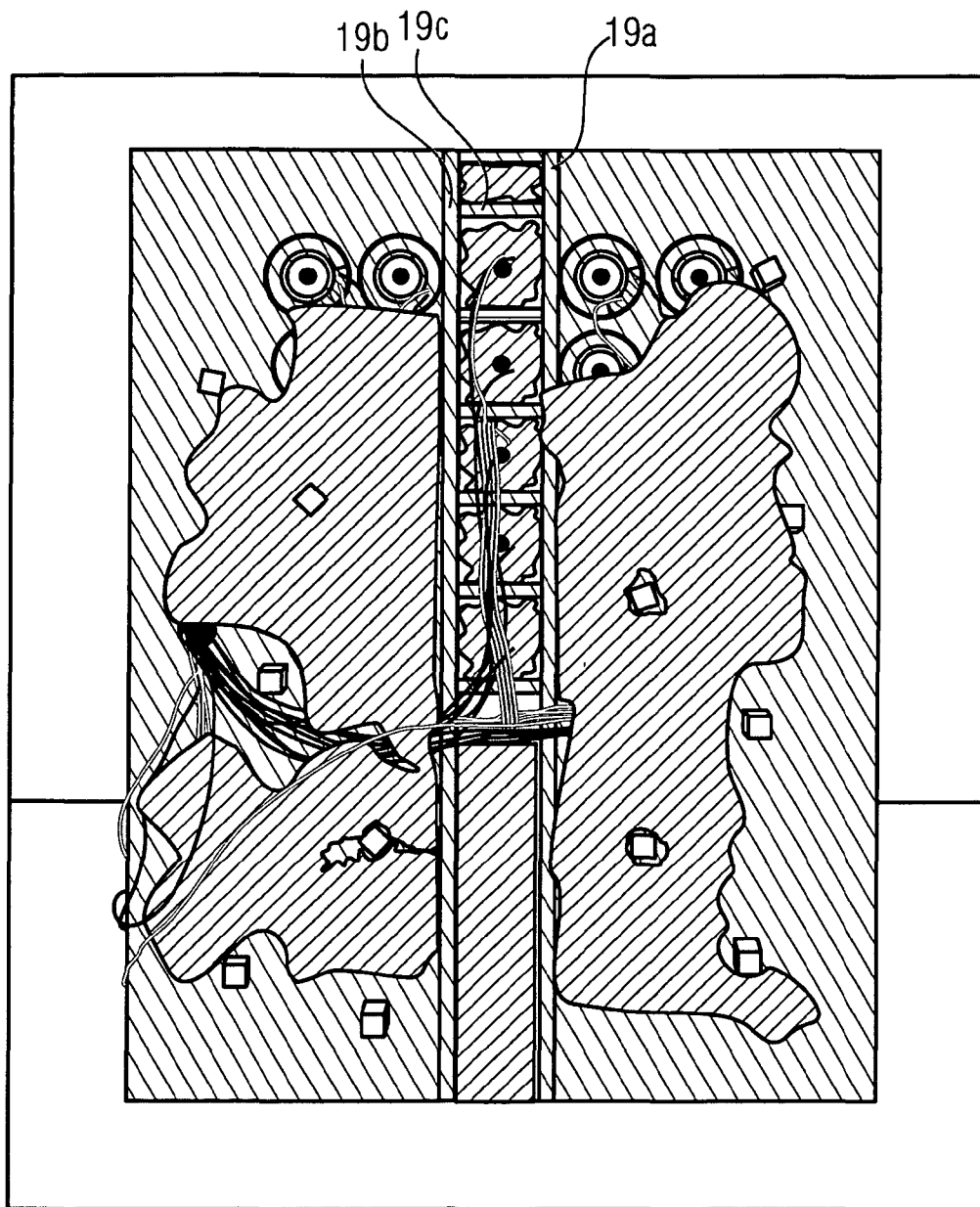
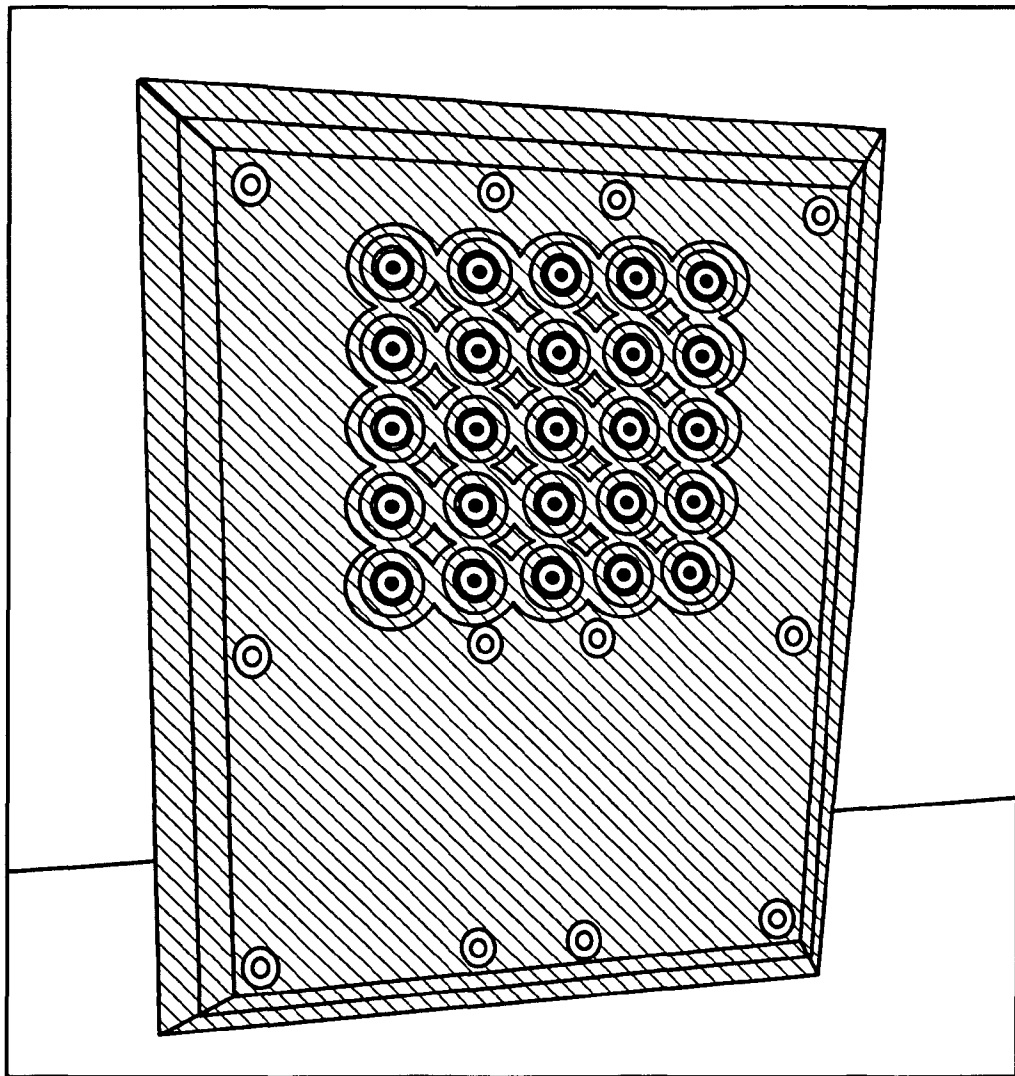


FIG 2C

6/16

13a		13e	13b	
π	π	HT(0,5)	π	π
π	π	HT(1)	π	π
π	π	HT(1)	π	π
π	π	HT(-1)	π	π
π	π	HT(0,5)	π	π

FIG 2D



Ansicht mit angesetzten Fasern

FIG 2E

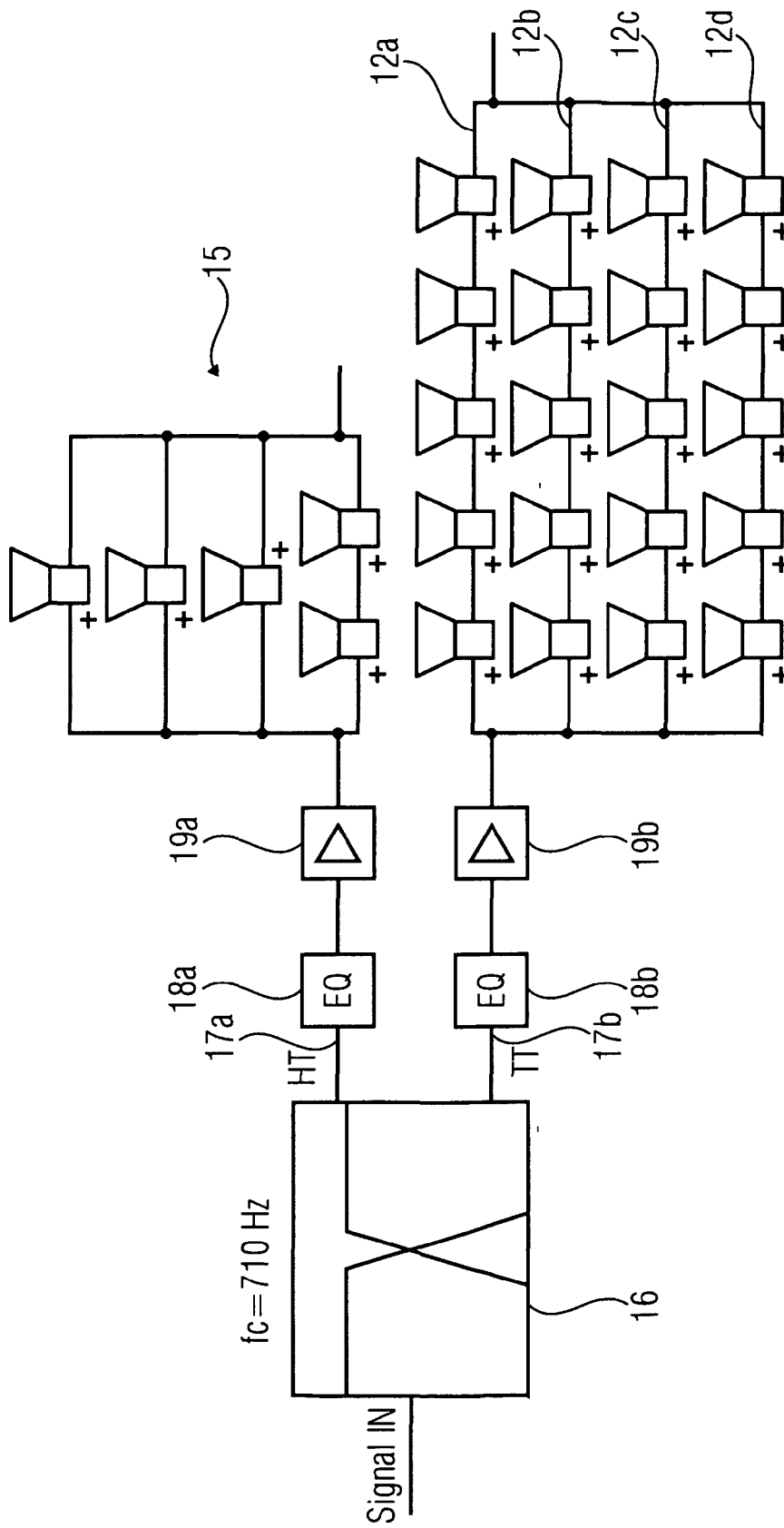


FIG 3

Außenmaße

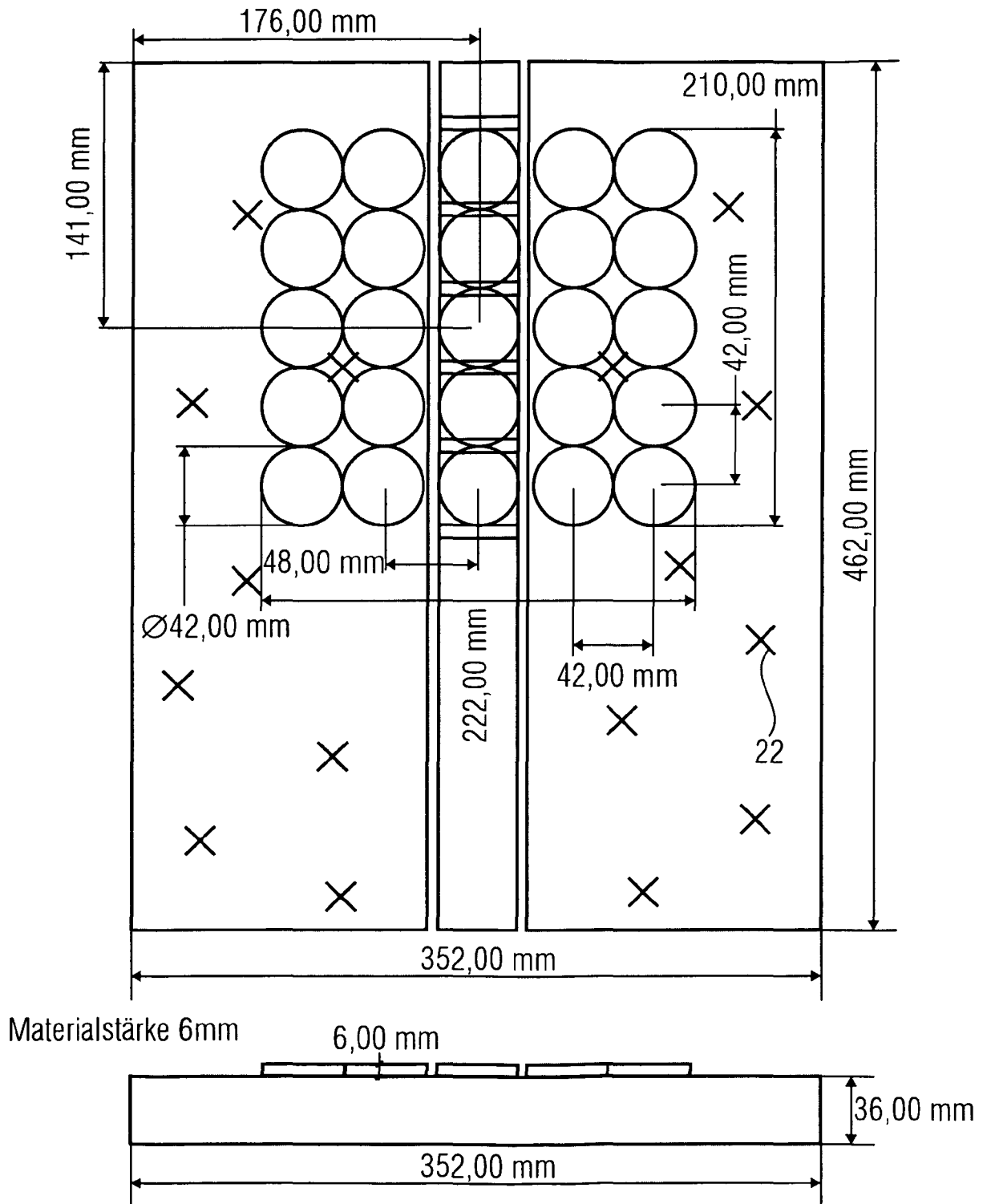


FIG 4A

ERSATZBLATT (REGEL 26)

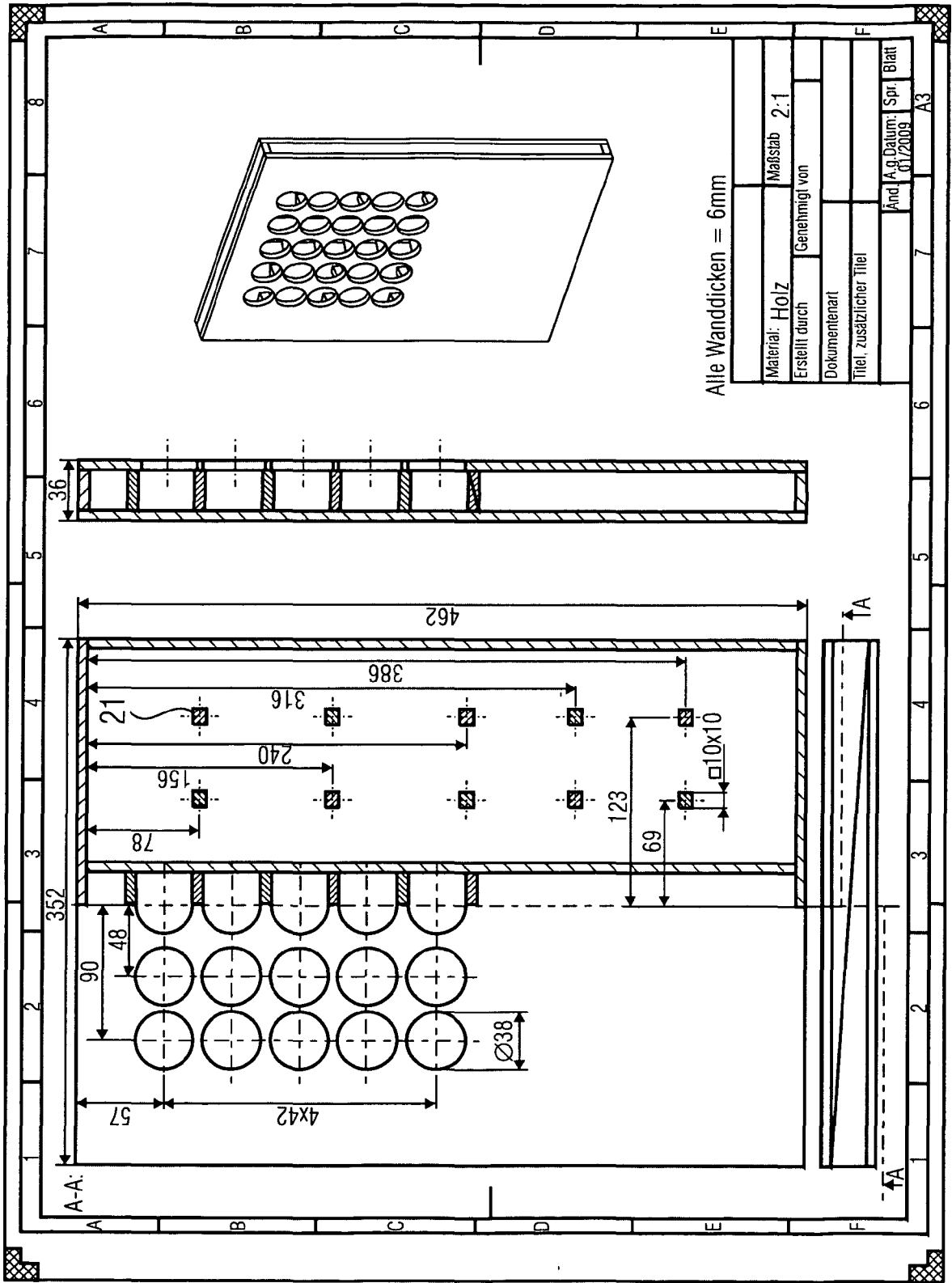


FIG 4B

FIG 5A

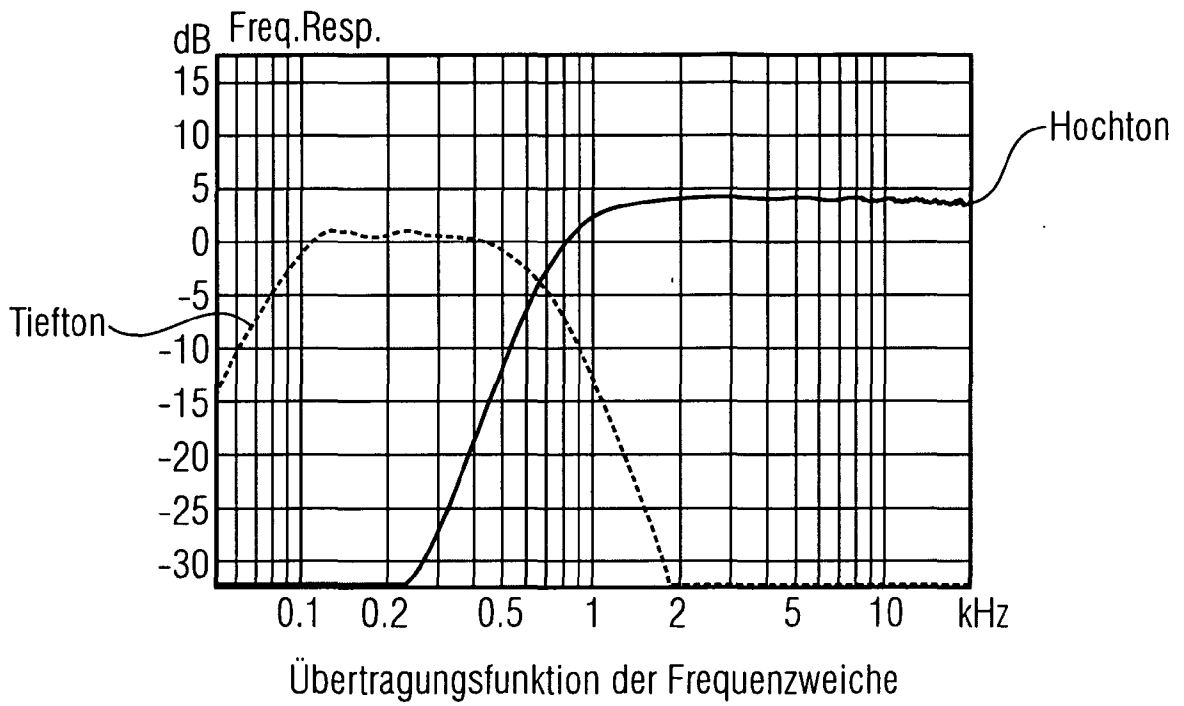


FIG 5B

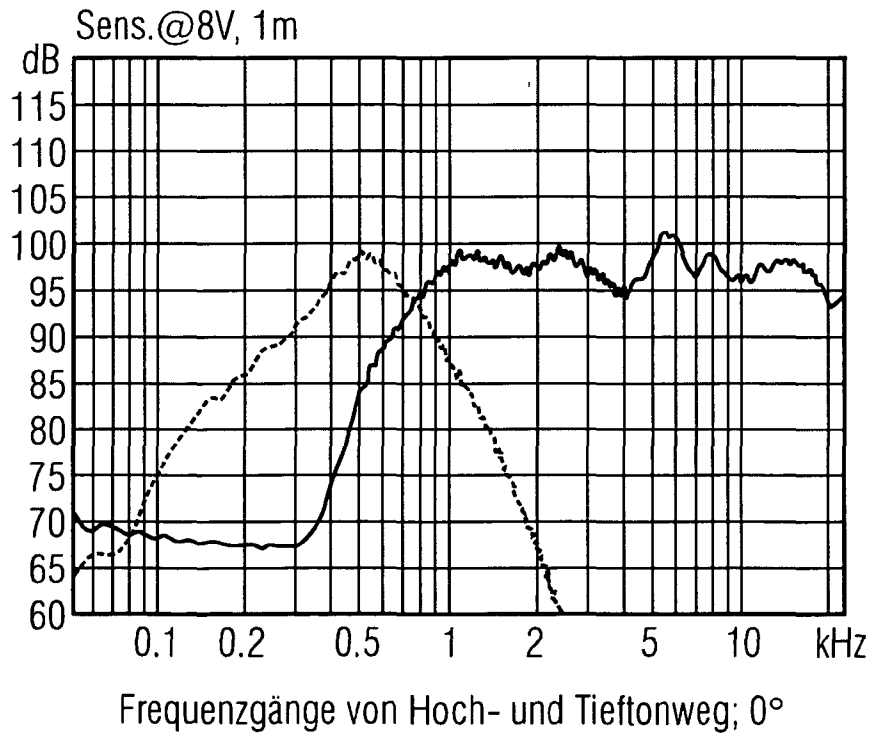


FIG 5C

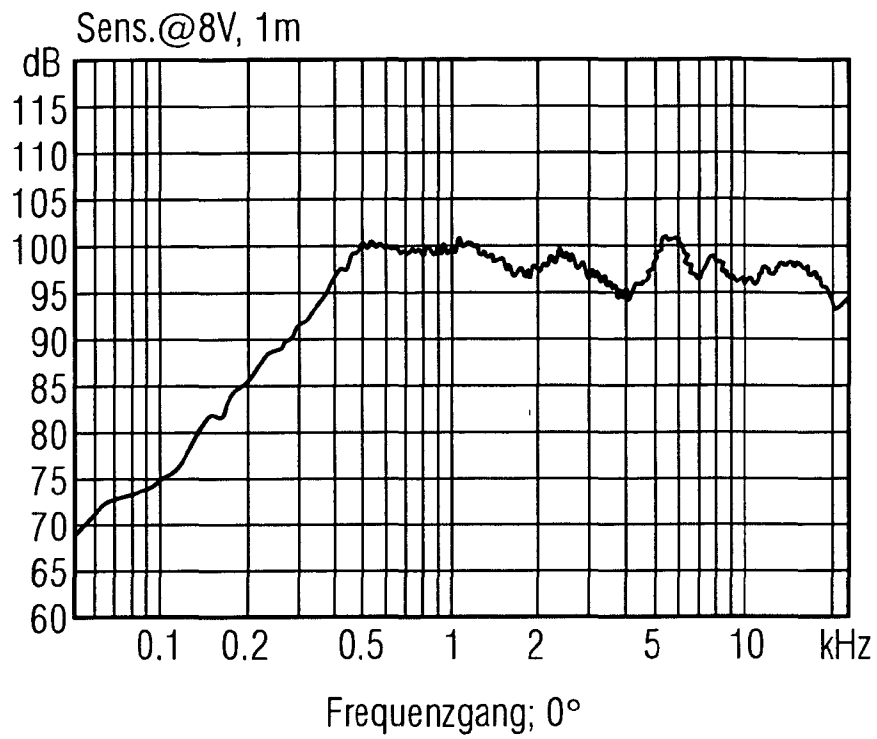
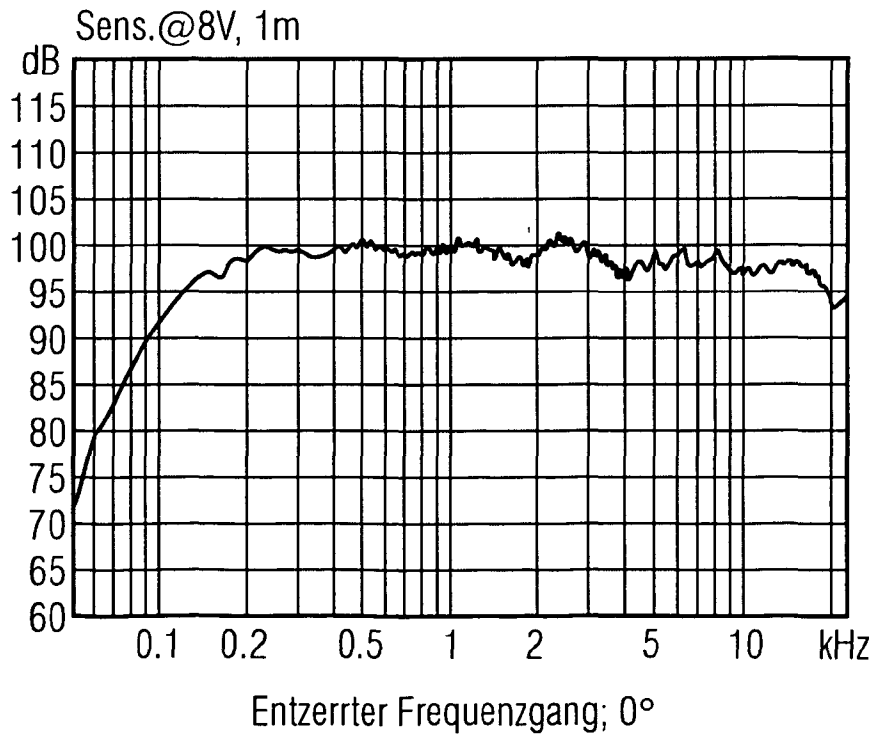
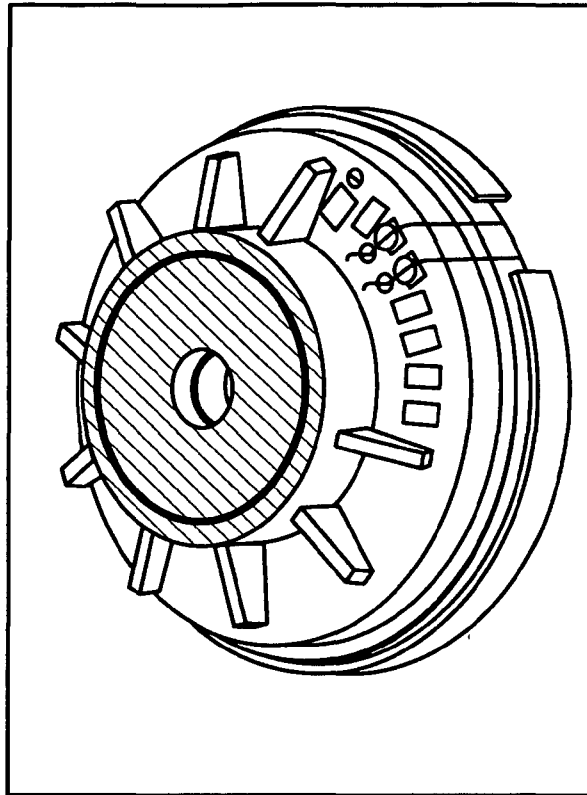


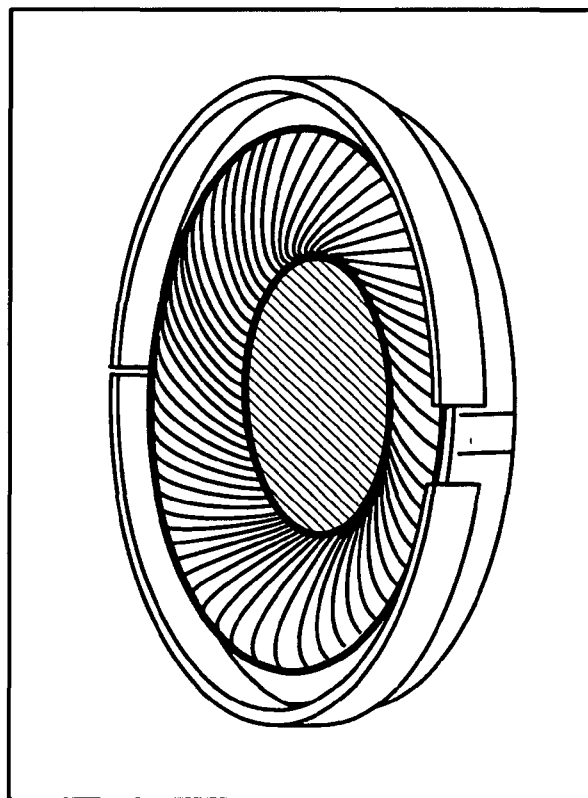
FIG 5D



13/16



Rückansicht



Vorderansicht

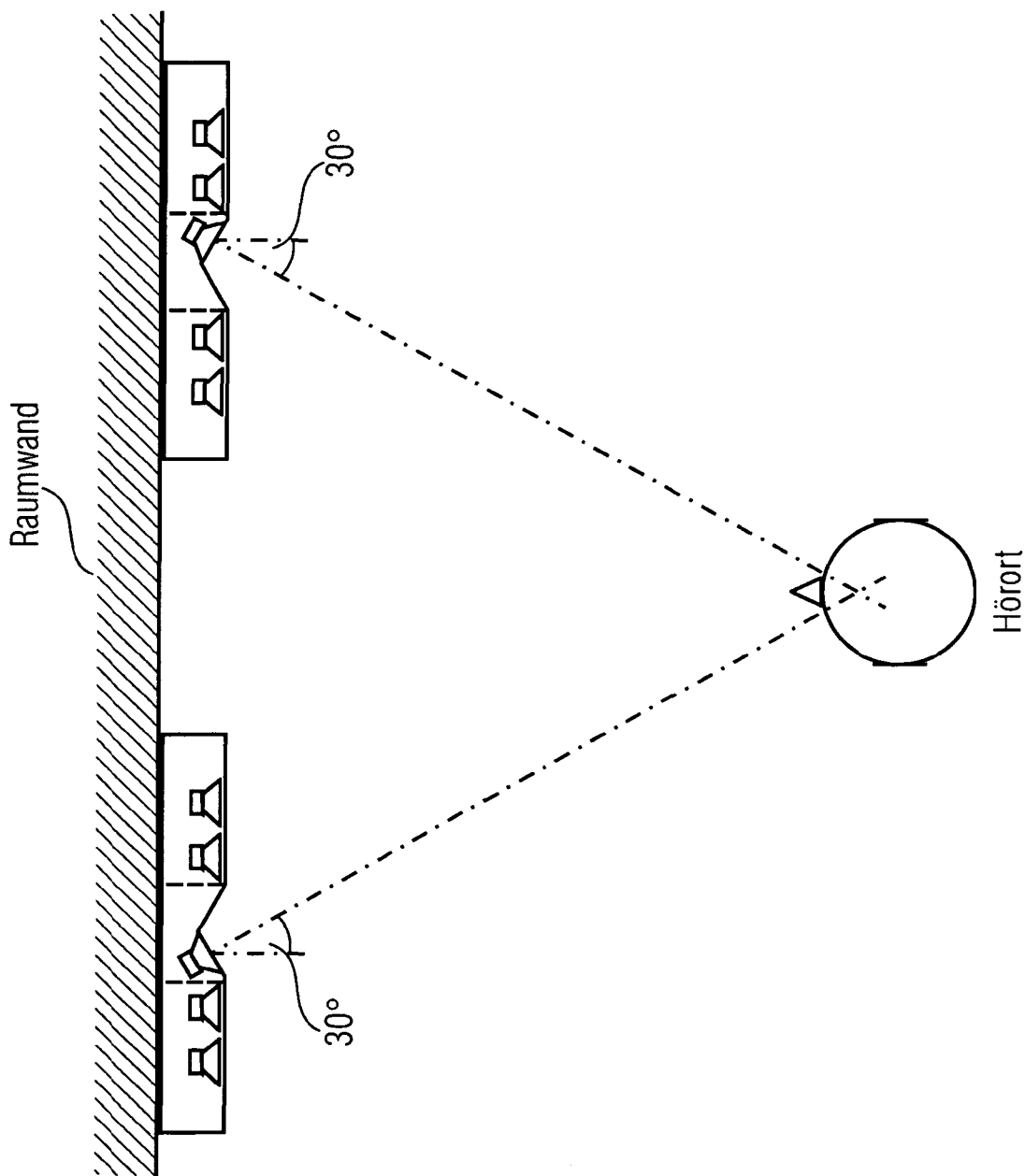
FIG 6A

14/16

Parameter	Wert
Durchmesser	41,60 mm
Bautiefe	10,60 mm
Membrandurchmesser	36 mm
Bewegte Masse	0,18 g
Schwingspulenhöhe	3,06 mm
Schwingspulendurchmesser	18,76 mm
Maximaler linearer Membranhub	+/- 0,5 mm
Minimale Impedanz	49,50 Ω
Nennimpedanz	50 Ω
Gleichstromwiderstand R_{DC}	53 Ω
Schwingspuleninduktivität L	0,59 mH
Krafffaktor BI(X)	4,5 N/A
obere Grenzfrequenz (-6 dB)	22000 Hz
untere Grenzfrequenz	abhängig vom Gehäuse
Resonanzfrequenz f_s	120 Hz
Mechanische Güte Q_{ms}	1,25
Elektrische Güte Q_{es}	0,41
Gesamtgüte Q_{ts}	0,307
Äquivalentes Luftvolumen V_{AS}	0,661
Dauerbelastbarkeit (Pink Noise)	300 mW

FIG 6B

FIG 7A



16/16

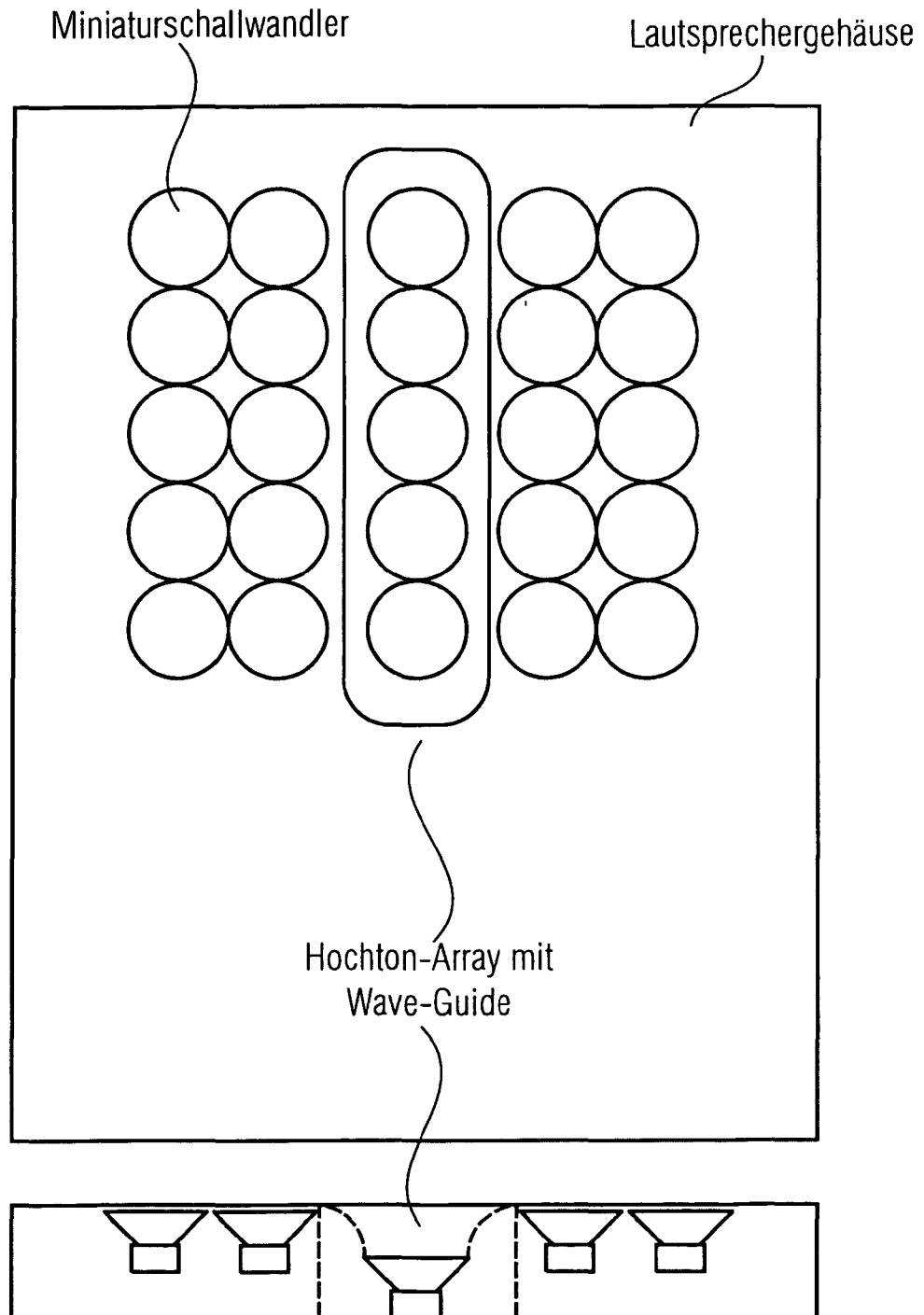


FIG 7B

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No PCT/EP2010/051382
--

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. H04R1/26
 ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H04R

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	<p>WO 2007/007083 A1 (1 LTD [GB]; BIENEK IRVING ALEXANDER [GB]; WINDLE PAUL RAYMOND [GB]; HO) 18 January 2007 (2007-01-18) the whole document</p> <p style="text-align: center;">-/--</p>	<p>1, 3, 9, 12-16, 19, 22 2, 4-8, 10, 11, 17, 18, 20, 21, 23-25</p>

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

14 April 2010

Date of mailing of the international search report

17/05/2010

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Scappazzoni, E

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2010/051382

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	<p>WO 2004/075601 A1 (1 LTD [GB]; HOOLEY ANTHONY [GB]; LENEL URSULA RUTH [GB]; GOUDIE ANGUS) 2 September 2004 (2004-09-02) page 4, paragraph 1-3 page 5, paragraph 6 page 7, paragraph 3 page 8 - page 9 page 11 page 15, paragraph 4 - page 17, paragraph 1 page 24, paragraph 6 page 26 - page 27 page 28, paragraph 4 page 31, paragraph 1 - page 32, paragraph 1 figures 1,2,4</p>	<p>4-6,8, 17,20, 21,25</p>
Y	<p>WO 02/078388 A2 (1 LTD [GB]; TROUGHTON PAUL THOMAS [GB]; HOOLEY ANTHONY [GB]; GOUDIE AN) 3 October 2002 (2002-10-03) page 7, line 24 - line 29 page 9, line 12 - line 22 page 13, line 7 - line 20 page 17, line 8 - line 17 page 19 page 28, line 9 - page 29, line 14 page 30, line 7 - page 31, line 11 figures 1-7,16,17</p>	<p>21,25</p>
Y	<p>US 2006/159286 A1 (STILES ENRIQUE M [US] ET AL) 20 July 2006 (2006-07-20) paragraphs [0003], [0006], [0008], [0011], [0023], [0028], [0113] - [0149], [0200] - [0242]; figures 16,17,45-74</p>	<p>2,7,11, 18</p>
Y	<p>US 4 399 328 A (FRANSSSEN NICO V [NL] ET AL) 16 August 1983 (1983-08-16) abstract; figures 2a, 2b,6,8 column 1, line 5 - line 24 column 5, line 56 - line 67 column 8, line 27 - column 9, line 13</p>	<p>10</p>
Y	<p>US 6 801 631 B1 (NORTH DONALD J [US]) 5 October 2004 (2004-10-05) the whole document</p>	<p>23,24</p>
Y	<p>DE 868 921 C (SIEMENS AG) 2 March 1953 (1953-03-02) the whole document</p>	<p>23,24</p>
A	<p>US 2008/085006 A1 (LEUNG WING CHEONG [CN]) 10 April 2008 (2008-04-10) the whole document</p>	<p>1-25</p>
	-/--	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2010/051382

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X,P	<p>DANIEL BEER, STEPHAN MAUER, SANDRA BRIX, JÜRGEN PEISSIG: "Flat Panel Loudspeaker Consisting of an Array of Miniature Transducers" 126TH CONVENTION OF THE AUDIO ENGINEERING SOCIETY, [Online] 7685, 7 May 2009 (2009-05-07), - 10 May 2007 (2007-05-10) pages 1-9, XP002577621 Munich, Germany Retrieved from the Internet: URL:http://www.aes.org/e-lib/browse.cfm?elib=14881> [retrieved on 2010-04-14] the whole document</p> <p align="center">-----</p>	1-25

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2010/051382

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2007007083	A1	18-01-2007	GB 2442169 A
			US 2009296964 A1
WO 2004075601	A1	02-09-2004	AT 427629 T
			CN 1754403 A
			EP 1600035 A1
			JP 2006518956 T
			KR 20050101571 A
			US 2006204022 A1
WO 02078388	A2	03-10-2002	AU 2002244845 A1
			CN 1605225 A
			CN 101674512 A
			EP 1402755 A2
			GB 2376595 A
			JP 2004531125 T
			JP 2007236005 A
			US 2009161880 A1
			US 2004151325 A1
			US 2006159286
US 2006159288 A1			
US 2006159289 A1			
US 2006182298 A1			
US 4399328	A	16-08-1983	AT 371968 B
			AU 538843 B2
			AU 6757681 A
			CA 1163202 A1
			DE 3161198 D1
			DK 78681 A
			EP 0034844 A1
			ES 8201387 A1
			JP 1025480 B
			JP 1543074 C
			JP 56132897 A
			NL 8001119 A
			US 6801631
DE 868921	C	02-03-1953	NONE
US 2008085006	A1	10-04-2008	NONE

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2010/051382

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. H04R1/26

ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

H04R

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X Y	WO 2007/007083 A1 (1 LTD [GB]; BIENEK IRVING ALEXANDER [GB]; WINDLE PAUL RAYMOND [GB]; HO) 18. Januar 2007 (2007-01-18) das ganze Dokument	1, 3, 9, 12-16, 19, 22 2, 4-8, 10, 11, 17, 18, 20, 21, 23-25
	----- -/--	



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"G" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

14. April 2010

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

17/05/2010

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Scappazzoni, E

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2010/051382

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	WO 2004/075601 A1 (1 LTD [GB]; HOOLEY ANTHONY [GB]; LENEL URSULA RUTH [GB]; GOUDIE ANGUS) 2. September 2004 (2004-09-02) Seite 4, Absatz 1-3 Seite 5, Absatz 6 Seite 7, Absatz 3 Seite 8 - Seite 9 Seite 11 Seite 15, Absatz 4 - Seite 17, Absatz 1 Seite 24, Absatz 6 Seite 26 - Seite 27 Seite 28, Absatz 4 Seite 31, Absatz 1 - Seite 32, Absatz 1 Abbildungen 1,2,4	4-6,8, 17,20, 21,25
Y	----- WO 02/078388 A2 (1 LTD [GB]; TROUGHTON PAUL THOMAS [GB]; HOOLEY ANTHONY [GB]; GOUDIE AN) 3. Oktober 2002 (2002-10-03) Seite 7, Zeile 24 - Zeile 29 Seite 9, Zeile 12 - Zeile 22 Seite 13, Zeile 7 - Zeile 20 Seite 17, Zeile 8 - Zeile 17 Seite 19 Seite 28, Zeile 9 - Seite 29, Zeile 14 Seite 30, Zeile 7 - Seite 31, Zeile 11 Abbildungen 1-7,16,17	21,25
Y	----- US 2006/159286 A1 (STILES ENRIQUE M [US] ET AL) 20. Juli 2006 (2006-07-20) Absätze [0003], [0006], [0008], [0011], [0023], [0028], [0113] - [0149], [0200] - [0242]; Abbildungen 16,17,45-74	2,7,11, 18
Y	----- US 4 399 328 A (FRANSSSEN NICO V [NL] ET AL) 16. August 1983 (1983-08-16) Zusammenfassung; Abbildungen 2a, 2b,6,8 Spalte 1, Zeile 5 - Zeile 24 Spalte 5, Zeile 56 - Zeile 67 Spalte 8, Zeile 27 - Spalte 9, Zeile 13	10
Y	----- US 6 801 631 B1 (NORTH DONALD J [US]) 5. Oktober 2004 (2004-10-05) das ganze Dokument	23,24
Y	----- DE 868 921 C (SIEMENS AG) 2. März 1953 (1953-03-02) das ganze Dokument	23,24
A	----- US 2008/085006 A1 (LEUNG WING CHEONG [CN]) 10. April 2008 (2008-04-10) das ganze Dokument	1-25
	----- -/--	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2010/051382

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X,P	<p>DANIEL BEER, STEPHAN MAUER, SANDRA BRIX, JÜRGEN PEISSIG: "Flat Panel Loudspeaker Consisting of an Array of Miniature Transducers" 126TH CONVENTION OF THE AUDIO ENGINEERING SOCIETY, [Online] 7685, 7. Mai 2009 (2009-05-07), - 10. Mai 2007 (2007-05-10) Seiten 1-9, XP002577621 Munich, Germany Gefunden im Internet: URL:http://www.aes.org/e-lib/browse.cfm?elib=14881> [gefunden am 2010-04-14] das ganze Dokument -----</p>	1-25

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2010/051382

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2007007083	A1	18-01-2007	GB 2442169 A	26-03-2008
			US 2009296964 A1	03-12-2009
WO 2004075601	A1	02-09-2004	AT 427629 T	15-04-2009
			CN 1754403 A	29-03-2006
			EP 1600035 A1	30-11-2005
			JP 2006518956 T	17-08-2006
			KR 20050101571 A	24-10-2005
			US 2006204022 A1	14-09-2006
WO 02078388	A2	03-10-2002	AU 2002244845 A1	08-10-2002
			CN 1605225 A	06-04-2005
			CN 101674512 A	17-03-2010
			EP 1402755 A2	31-03-2004
			GB 2376595 A	18-12-2002
			JP 2004531125 T	07-10-2004
			JP 2007236005 A	13-09-2007
			US 2009161880 A1	25-06-2009
			US 2004151325 A1	05-08-2004
US 2006159286	A1	20-07-2006	US 2006159287 A1	20-07-2006
			US 2006159288 A1	20-07-2006
			US 2006159289 A1	20-07-2006
			US 2006182298 A1	17-08-2006
US 4399328	A	16-08-1983	AT 371968 B	25-08-1983
			AU 538843 B2	30-08-1984
			AU 6757681 A	03-09-1981
			CA 1163202 A1	06-03-1984
			DE 3161198 D1	24-11-1983
			DK 78681 A	26-08-1981
			EP 0034844 A1	02-09-1981
			ES 8201387 A1	01-03-1982
			JP 1025480 B	17-05-1989
			JP 1543074 C	15-02-1990
			JP 56132897 A	17-10-1981
			NL 8001119 A	16-09-1981
			US 6801631	B1
DE 868921	C	02-03-1953	KEINE	
US 2008085006	A1	10-04-2008	KEINE	