



(11) **EP 2 001 604 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
26.10.2011 Patentblatt 2011/43

(21) Anmeldenummer: **07711877.6**

(22) Anmeldetag: **09.03.2007**

(51) Int Cl.:
B06B 1/06 (2006.01)

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2007/002071

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2007/115625 (18.10.2007 Gazette 2007/42)

(54) **ELEKTROAKUSTISCHER WANDLER**
ELECTROACOUSTIC TRANSDUCER
CONVERTISSEUR ÉLECTROACOUSTIQUE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL PL PT RO SE
SI SK TR**

(30) Priorität: **03.04.2006 DE 102006015493**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
17.12.2008 Patentblatt 2008/51

(73) Patentinhaber: **ATLAS Elektronik GmbH**
28309 Bremen (DE)

(72) Erfinder: **THEUERKAUF, Nils**
26122 Oldenburg (DE)

(74) Vertreter: **Wasiljeff, Johannes M.B.**
Jabbusch Siekmann & Wasiljeff
Patentanwälte
Otto-Lilienthal-Strasse 25
28199 Bremen (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A1- 10 052 636 US-A- 4 801 835
US-A- 5 250 869

- **DATABASE COMPENDEX [Online]**
ENGINEERING INFORMATION, INC., NEW YORK,
NY, US; BILLER LAWRENCE S ET AL:
"OPTIMIZATION OF RADIATION PATTERNS FOR
AN ARRAY OF CONCENTRIC RING SOURCES"
XP002467437 Database accession no.
EIX73040004964 & IEEE TRANS AUDIO
ELECTROACOUST FEB 1973, Bd. AU-21, Nr. 1,
Februar 1973 (1973-02), Seiten 57-61,

EP 2 001 604 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen elektroakustischen Wandler, insbesondere für Unterwassereinsatz, nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Ein bekannter elektroakustischer oder Ultraschall-Wandler (DE 100 52 636 A1) weist einen Verbund- oder Composite-Körper mit einer Vielzahl von zwischen der Ober- und Unterseite des Körpers sich erstreckenden Keramikelementen aus piezoelektrischer oder elektrostriktiver Keramik auf, die in einem Kunststoff, z.B. einem Polymer, eingebettet sind. Die Ober- und Unterseite des Verbundkörpers ist jeweils mit einer Elektrode überzogen, die die Stirnflächen der Keramikelemente kontaktiert. Die Keramikelemente haben Säulenform und sind matrixartig in Reihen und Spalten angeordnet. Durch Vorsehen einer leichten Unordnung lässt sich die Bandbreite des Wandlers erhöhen. Ein solcher Wandler hat eine Richtcharakteristik, die relativ hohe, unerwünschte Nebenpegel aufweist.

[0003] Werden mehrere solcher Wandler zu einer ebenen Basis, einem sog. Array zusammengesetzt, so lassen sich die Nebenpegel in der Richtcharakteristik der Basis durch sog. Amplitudenstaffelung der den einzelnen Wandlern zugeführten oder von den einzelnen Wandlern abgenommenen Signale auf ein gewünschtes Maß reduzieren. Eine bekannte Möglichkeit der Zusammensetzung der Wandler zu einer Basis (DE 100 52 636 A1) besteht darin, die Verbundkörper aller Wandler einer Basis einstückig auszuführen und den gemeinsamen Verbundkörper mit einzelnen Elektroden zu belegen, die als voneinander beabstandete Streifen ausgeführt sind. Dabei überdeckt jeweils ein auf Ober- und Unterseite des gemeinsamen Wandlerkörpers deckungsgleich angeordnetes Streifenpaar eine Gruppe von Keramikelementen innerhalb des gemeinsamen Verbundkörpers.

[0004] Aus der Druckschrift: LS Biller et al, "Optimisation of radiation patterns for an array of concentric ring sources", IEEE Transactions on Audio and Electroacoustics, Feb. 1973, Bd. 21, Nr. 1, Seiten 57-61, ist ein elektroakustischer Wandler für den Unterwassereinsatz bekannt, der strukturierte Elektroden ausweist, wobei der Abstand zwischen den Elektroden variabel ist.

[0005] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, bei einem Wandler der eingangs genannten Art die Nebenpegel in der Wandler-Richtcharakteristik zu reduzieren.

[0006] Die Aufgabe ist erfindungsgemäß durch die Merkmale im Anspruch 1 gelöst.

[0007] Der erfindungsgemäße, elektroakustische Wandler hat den Vorteil, dass durch die Strukturierung der mindestens einen Elektrode eine effektive Unterdrückung von Nebenpegeln erreicht wird. Gegenüber einem herkömmlichen Wandleraufbau sind nur geringfügige Mehrkosten für die Elektrodenstrukturierung erforderlich, die jedoch angesichts des deutlichen Gewinns in der Nebenpegelunterdrückung von ca. 6 - 8dB nicht nennenswert zu Buche schlagen.

[0008] Der erfindungsgemäße Wandler ist aufgrund

seiner geringen Gesteungskosten überall dort einsetzbar, wo baukleine und preisgünstige Wandler gefordert sind. Ein bevorzugtes Anwendungsgebiet findet sich daher bei allen Unterwasserfahrzeugen, die als nicht wiederverwendbare Einwegfahrzeuge konzipiert sind, so z.B. zur Realisierung eines Nahbereichssonars an einer Minenvernichtungsdrohne.

[0009] Weitere vorteilhafte Einsatzgebiete des erfindungsgemäßen Wandlers sind Dopplerlogs zur Messung der Schiffsgeschwindigkeit, kleinvolumige Sonarantennen, z.B. für Seitensichtsonare an unbemannten Unterwasserdrohnen zur Aufklärung und Bodenprofilvermessung und Ultraschallmessfühler.

[0010] Zweckmäßige Ausführungsformen des erfindungsgemäßen elektroakustischen Wandlers mit vorteilhaften Weiterbildungen und Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den weiteren Ansprüchen.

[0011] Die Strukturierung der Elektrode ist in der Weise realisiert, dass die Elektrode durch eine Mehrzahl von umlaufenden Spalten, vorzugsweise Ringspalten, in konzentrische Elektrodenabschnitte unterteilt ist. Die Unterteilung ist dabei so vorgenommen, dass die um den zentralen Elektrodenabschnitt konzentrisch verlaufenden Elektrodenabschnitte eine radiale Spaltbreite besitzen, die mit wachsendem Abstand der einzelnen Elektrodenabschnitte vom zentralen Elektrodenabschnitt abnimmt. Alle Elektrodenabschnitte sind elektrisch leitend miteinander verbunden.

[0012] Eine solche Strukturierung ist mit minimalem Mehraufwand, z.B. durch einfaches Ätzen der umlaufenden Spalte aus der Elektrodenfläche, herstellbar. Eine kreisförmige Elektrode mit Ringspalten hat dabei nicht nur einen fertigungstechnischen, sondern auch einen akustischen Vorteil, da die durch die Strukturierung erzielte Nebenpegelunterdrückung symmetrisch in allen Richtungen ist, so dass für alle Raumrichtungen eine gleiche Empfangs- und/oder Sendecharakteristik des Wandlers gegeben ist.

[0013] Die Erfindung ist anhand von in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen im folgenden näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 eine Draufsicht eines elektroakustischen Wandlers,

Fig. 2 ausschnittsweise einen Schnitt des elektroakustischen Wandlers gemäß Line II - II in Fig. 1, stark vergrößert dargestellt,

Fig. 3 eine gleiche Darstellung wie in Fig. 2 des elektroakustischen Wandlers gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel,

Fig. 4 einen Längsschnitt einer Richtcharakteristik des elektroakustischen Wandlers in Fig. 1,

Fig. 5 eine gleiche Darstellung wie in Fig. 1 mit einer Modifikation,

Fig. 6 eine schematische, perspektivische Darstellung einer Composite-Keramik.

[0014] Der in Fig. 1 in Draufsicht und in Fig. 2 ausschnittsweise im Längsschnitt dargestellte, elektroakustische Wandler weist einen Keramikkörper 10, der aus einer sog. Composite-Keramik besteht, und ein Elektrodenpaar auf, dessen flächige Elektroden 11, 12 auf voneinander abgekehrten Stirnseiten 101, 102 des Keramikkörpers 10 angeordnet sind. Die in Fig. 6 schematisch in perspektivischer Ansicht als sog. 1-3 Composite skizzierte Keramik weist in bekannter Weise eine Vielzahl von Keramikstäbchen 13 aus piezoelektrischer oder elektrostrikativer Keramik auf, die in einem Polymer 14 eingebettet sind. Die Keramikstäbchen 13 erstrecken sich zwischen den beiden Stirnseiten 101 und 102 des Keramikkörpers 10 (Fig. 2) und sind voneinander beabstandet matrixartig in Reihen und Spalten angeordnet (Fig. 6). Die in den Stirnseiten 101 und 102 des Keramikkörpers 10 frei liegenden Stirnflächen der Keramikstäbchen 13 sind von den Elektroden 11, 12 kontaktiert, wie dies in Fig. 2 zu sehen ist. Eine modifizierte 1-3 Composite-Keramik weist anstelle der Keramikstäbchen sehr viel dünnere Keramikfäden auf.

[0015] Die beiden flächigen Elektroden 11, 12 des Elektrodenpaares sind jeweils von einer kreisförmigen Scheibe gebildet. Die beiden Scheiben weisen den gleichen Außendurchmesser auf und sind auf den voneinander abgekehrten Stirnseiten 101 und 102 des Keramikkörpers 10 so angeordnet, dass sie deckungsgleich sind. Während die Elektrode 12 auf der Stirnseite 102 des Keramikkörpers 10 eine kreisrunde Vollscheibe ist, ist die Elektrode 11 auf der Stirnseite 101 des Keramikkörpers 10 strukturiert. Die Strukturierung ist in einer solchen Weise vorgenommen, dass die Belegungsdichte des Keramikkörpers 10 radial von innen nach außen abnimmt. Unter Belegungsdichte wird das Verhältnis der akustisch aktiven Körperfläche zu der akustisch inaktiven Körperfläche innerhalb eines Normalkreises mit definiertem kleinen Radius verstanden, wobei die akustisch aktive Körperfläche derjenige Bereich ist, in dem das Keramikmaterial mit dem Elektrodenmaterial kontaktiert ist. Zur Beurteilung der Belegungsdichte wird der Normalkreis auf der Körperfläche vom Körperzentrum aus zum Körperperrand verschoben und jeweils das Verhältnis gebildet.

[0016] Eine Möglichkeit einer solchen Strukturierung der Elektrode 11 ist in Fig. 1 dargestellt. Hier ist die Elektrode 11 durch eine Mehrzahl von konzentrischen Ringspalten 15 vorgenommen, was beispielsweise durch Ätzen der Elektrode 11 erreicht werden kann. Zur Realisierung der nach außen abnehmenden Belegungsdichte sind die konzentrischen Ringspalte 15 mit einer radialen Breite ausgeführt, die mit wachsendem Radialabstand der Ringspalte 15 vom Scheibenzentrum zunimmt. Infolge dieser Ringspalte 15 ist die Elektrode 11 in voneinander getrennte Elektrodenabschnitte 11_1 bis 11_{11} unterteilt, die jedoch elektrisch miteinander verbunden sind

und somit auf dem gleichen elektrischen Potential liegen. Die elektrische Verbindung wird mittels eines radialen Stegs 16 aus elektrisch leitendem Material hergestellt, der sich über alle Elektrodenabschnitt 11_1 bis 11_{11} , ausgehend von dem zentralen, kreisförmigen Elektrodenabschnitt 11_1 bis zu dem vom kreisförmigen Elektrodenabschnitt 11_1 am weitesten entfernten, äußeren, ringförmigen Elektrodenabschnitt 11_{11} , erstreckt und mit jedem Elektrodenabschnitt 11_1 bis 11_{11} kontaktiert ist. Der radiale Abstand der Mittellinien der konzentrischen Ringspalte 15 voneinander ist konstant und ebenso auch der radiale Abstand der Mittellinien der ringförmigen Elektrodenabschnitte 11_2 bis 11_{11} voneinander. Infolge der nach außen hin anwachsenden Breite der Ringspalte 15 nimmt die radiale Breite der ringförmigen Elektrodenabschnitt 11_2 bis 11_{11} von dem inneren, den zentralen, kreisförmigen Elektrodenabschnitt 11_1 konzentrisch umschließenden, ringförmigen Elektrodenabschnitt 11_2 bis hin zum äußeren, ringförmigen Elektrodenabschnitt 11_{11} ab. Mit der Abnahme der radialen Breite geht die Abnahme der Belegungsdichte einher.

[0017] In Fig. 4 ist die Richtcharakteristik des elektroakustischen Wandlers im Schnitt dargestellt. Die Schnittebene der Richtcharakteristik verläuft senkrecht zur Blattebene durch die Schnittlinie II - II. Aus Fig. 4 ist zu erkennen, dass durch die Strukturierung der Elektrode 11 die Nebenpegel in der Richtcharakteristik unter -24dB gedrückt sind.

[0018] Während bei dem beschriebenen Ausführungsbeispiel des elektroakustischen Wandlers gemäß Fig. 1 und 2 lediglich die Elektrode 11 in der beschriebenen Weise strukturiert ist, ist in dem in Fig. 3 ausschnittsweise im Schnitt skizzierten Ausführungsbeispiel des elektroakustischen Wandlers auch die andere Elektrode 12 des Elektrodenpaares in der gleichen Weise strukturiert. Dadurch ist eine hohe Entkopplung der aktiven und nicht aktiven Bereiche im Keramikkörper 10 gewährleistet.

[0019] Der in Fig. 5 in Draufsicht zu sehende, elektroakustische Wandler unterscheidet sich von dem in Fig. 1 abgebildeten, elektroakustischen Wandler nur dadurch, dass der radiale Steg 16 zur elektrischen Verbindung der Elektrodenabschnitte 11_1 bis 11_{11} in mehrere Stegabschnitte, hier in drei Stegabschnitt 161, 162 und 163, unterteilt ist. Die Stegabschnitte 161 bis 163 sind um gleiche Umfangswinkel gegeneinander verschoben angeordnet, wobei der erste Stegabschnitt 161 die Elektrodenabschnitte 11_1 bis 11_4 , der zweite Stegabschnitt 162 die Elektrodenabschnitte 11_5 bis 11_7 und der dritte Stegabschnitt 163 die Elektrodenabschnitte 11_8 bis 11_{11} elektrisch miteinander verbindet. Alle Stegabschnitte 161 bis 163 liegen auf gleichem elektrischen Potential. Im Ausführungsbeispiel der Fig. 5 beträgt der Umfangswinkel, um den die Stegabschnitte 161 bis 163 gegeneinander verschoben sind, 120° . Er kann jedoch ebenso wie die Anzahl der Stegabschnitte beliebig gewählt werden. Mit den versetzten Stegabschnitten können evtl. durch den nur einen Steg hervorgerufene Störungen in

der Richtcharakteristik weitgehend vermieden werden. Anstelle des Stegs 16 (Fig. 1) oder der Stegabschnitte 161 bis 163 (Fig. 5) können die Elektrodenabschnitte 11₁ bis 11₁₁ auch durch eine Verdrahtung miteinander verbunden werden.

Patentansprüche

1. Elektroakustischer Wandler für den Unterwassereinsatz, mit einem Körper (10) aus piezoelektrischer oder elektrostriktiver Keramik und einem Elektrodenpaar, bestehend aus zwei auf voneinander abgekehrten Stirnseiten (101, 102) des Keramikkörpers (10) angeordneten, flächigen Elektroden (11, 12), von denen mindestens eine so strukturiert ist, dass die Belegungsdichte des Keramikkörpers (10) vom Körperzentrum zum Körperrand abnimmt, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Strukturierung so vorgenommen ist, dass die Elektrode (11) durch eine Mehrzahl von umlaufenden Spalten (15) in konzentrische Elektrodenabschnitte (11₁ bis 11₁₁) mit einer Breite unterteilt ist, die mit wachsendem Abstand der Elektrodenabschnitte (11₁ bis 11₁₁) vom zentralen Elektrodenabschnitt (11₁) abnimmt, die Spalten (15) einen auf ihrer Mittellinien bezogenen, konstanten Abstand voneinander und eine zum Elektrodenrand hin anwachsender Breite aufweisen und die durch die Spalten (15) getrennten Elektrodenabschnitte (11₁ bis 11₁₁) elektrisch miteinander verbunden sind.
2. Wandler nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elektrische Verbindung zwischen den Elektrodenabschnitten (11₁ bis 11₁₁) durch einen vorzugsweise radial verlaufenden Steg (16) aus elektrisch leitendem Material hergestellt ist, der alle Elektrodenabschnitte (11₁ bis 11₁₁) kontaktiert.
3. Wandler nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Steg (16) in mehrere Stegabschnitte (161, 162, 163) aufgeteilt ist und die Stegabschnitte (161, 162, 163) um beliebige Umfangswinkel gegeneinander verschoben angeordnet sind.
4. Wandler nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die andere Elektrode (12) des Elektrodenpaars mit gleichen Abmessungen ausgeführt und auf der anderen Stirnseite (102) des Keramikkörpers (10) mit der einen Elektrode (11) deckungsgleich angeordnet ist.
5. Wandler nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** beide Elektroden (11, 12) des Elektrodenpaars identisch strukturiert sind und deckungsgleich zueinander auf den beiden Stirnseiten (101, 102) des Keramikkörpers (10) angeordnet sind.

6. Wandler nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Elektroden (11, 12) kreisrund ausgeführt sind und die umlaufenden Spalte Ringspalte (15) darstellen.
7. Wandler nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Keramikkörper (10) aus einer Composite-Keramik besteht.
8. Wandler nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Composite-Keramik eine 1-3 Composite ist, die eine Vielzahl von parallel zueinander ausgerichteten, in einem Polymer voneinander beabstandet eingebetteten Keramikstäbchen (13) oder Keramikfäden aufweist, deren Stirnflächen auf den voneinander abgekehrten Stirnseiten des Keramikkörpers (10) mittels der Elektroden (11, 12) kontaktierbar sind.

Claims

1. An electroacoustic transducer, for underwater use, having a body (10) composed of piezoelectric or electrostrictive ceramic, and having an electrode pair, comprising two flat electrodes (11, 12) which are arranged on mutually averted end faces (101, 102) of the ceramic body (10) and at least one of which is structured such that the coating density of the ceramic body (10) decreases from the body center to the body edge, **characterized in that** the structuring is carried out such that the electrode (11) is subdivided by a plurality of circumferential gaps (15) into concentric electrode sections (11₁ to 11₁₁) with a width which decreases as the distance of the electrode sections (11₁ to 11₁₁) from the central electrode section (11₁) increases, the distances between the center lines of the gaps (15) are constant, and the gaps (15) have a width which increases towards the electrode edge, and the electrode sections (11₁ to 11₁₁) which are separated by the gaps are electrically connected to one another.
2. The transducer as claimed in claim 1, **characterized in that** the electrical connection between the electrode sections (11₁ to 11₁₁) is made by a preferably radially running web (16) which is composed of electrically conductive material and makes contact with all the electrode sections (11₁ to 11₁₁).
3. The transducer as claimed in claim 2, **characterized in that** the web (16) is subdivided into a plurality of web sections (161, 162, 163), and the web sections (161, 162, 163) are arranged shifted through any desired circumferential angle with respect to one another.
4. The transducer as claimed in one of claims 1 to 3,

characterized in that the other electrode (12) of the electrode pair has the same dimensions and, on the other end face (102) of the ceramic body (10), is arranged to be coincident with the first electrode (11) .

5. The transducer as claimed in one of claims 1 to 3, **characterized in that** the two electrodes (11, 12) in the electrode pair are structured identical, and are arranged to be coincident with one another on the two end faces (101, 102) of the ceramic body (10).
6. The transducer as claimed in one of claims 1 to 5, **characterized in that** the electrodes (11, 12) are circular, and the circumferential gaps represent annular gaps (15).
7. The transducer as claimed in one of claims 1 to 6, **characterized in that** the ceramic body (10) is composed of a composite ceramic.
8. The transducer as claimed in claim 7, **characterized in that** the composite ceramic is a 1-3 composite which has a multiplicity of small ceramic rods (13) or ceramic threads which are aligned parallel to one another and are embedded at a distance from one another in a polymer, and their end surfaces can be made contact with by means of the electrodes (11, 12), on the mutually averted end faces of the ceramic body (10) .

Revendications

1. Convertisseur électroacoustique pour application sous-marine, comportant un corps (10) en céramique piézoélectrique ou électrostrictive et une paire d'électrodes, constitué de deux côtés frontaux (101, 102) du corps en céramique (10) opposés l'un à l'autre, d'électrodes plates (11, 12), desquelles au moins une est structurée de telle sorte que la densité d'occupation du corps en céramique (10) diminue du centre du corps vers le bord du corps, **caractérisé en ce que** la structuration est entreprise de telle sorte que l'électrode (11) soit divisée par une pluralité de fentes circonférentielles (15) en portions d'électrodes concentriques (11₁ à 11₁₁) avec une largeur qui diminue à mesure que l'espacement des portions d'électrodes (11₁ à 11₁₁) augmente par rapport à la portion d'électrode centrale (11₁), les fentes (15) présentent un espacement constant, rapporté à leur ligne médiane, les unes des autres et une largeur allant croissante vers le bord d'électrode, et les portions d'électrodes (11₁ à 11₁₁) séparées par les fentes (15) sont reliées électriquement les unes aux autres.
2. Convertisseur selon la revendication 1, **caractérisé**

en ce que la liaison électrique entre les portions d'électrodes (11₁ à 11₁₁) est fabriquée au moyen d'un gradin (16) s'étendant de préférence radialement en un matériau électroconducteur, qui contacte toutes les portions d'électrodes (11₁ à 11₁₁) .

3. Convertisseur selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** le gradin (16) est divisé en plusieurs portions de gradin (161, 162, 163) et les portions de gradin (161, 162, 163) sont disposées en décalage l'une contre l'autre à un angle circonférentiel au choix.
4. Convertisseur selon une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** l'autre électrode (12) de la paire d'électrodes est réalisée avec des dimensions identiques et est disposée sur l'autre côté frontal (102) du corps en céramique (10) en chevauchement avec une des électrodes (11).
5. Convertisseur selon une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** les deux électrodes (11, 12) de la paire d'électrodes ont une structure identique et sont disposées en chevauchement l'une par rapport à l'autre sur les deux côtés frontaux (101, 102) du corps en céramique (10).
6. Convertisseur selon une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** les électrodes (11, 12) ont une configuration circulaire et les fentes circonférentielles constituent des fentes annulaires (15).
7. Convertisseur selon une des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** le corps en céramique (10) est constitué d'une céramique composite.
8. Convertisseur selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** la céramique composite est une céramique 1-3, qui présente une pluralité de bâtonnets de céramique (13) ou de fils de céramique alignés parallèlement les uns aux autres, incorporés dans un polymère en espacement les uns des autres, dont les surfaces frontales peuvent être mises en contact sur les côtés frontaux opposés du corps en céramique (10) au moyen des électrodes (11, 12).

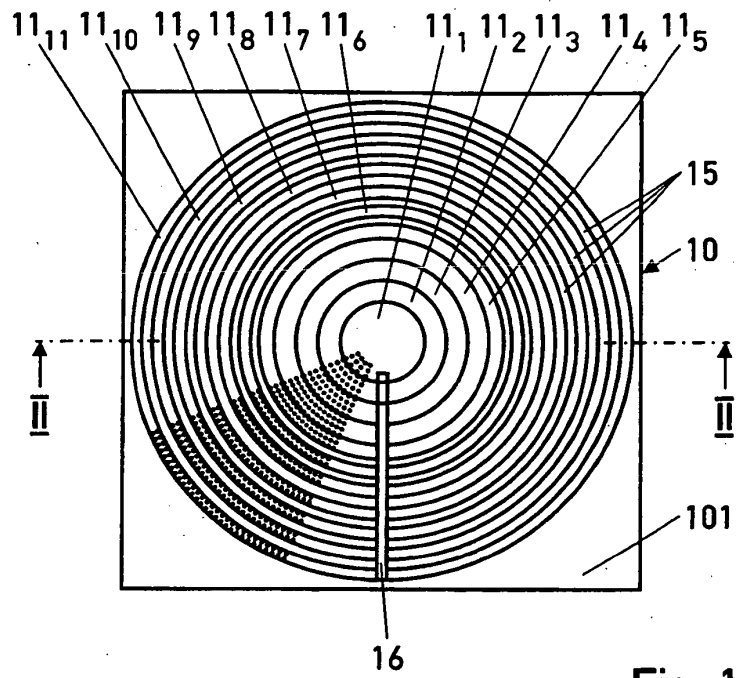


Fig. 1

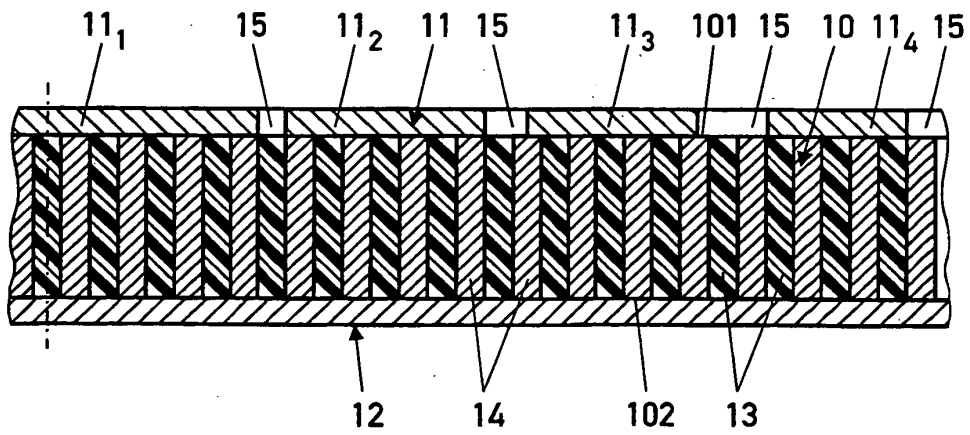


Fig. 2

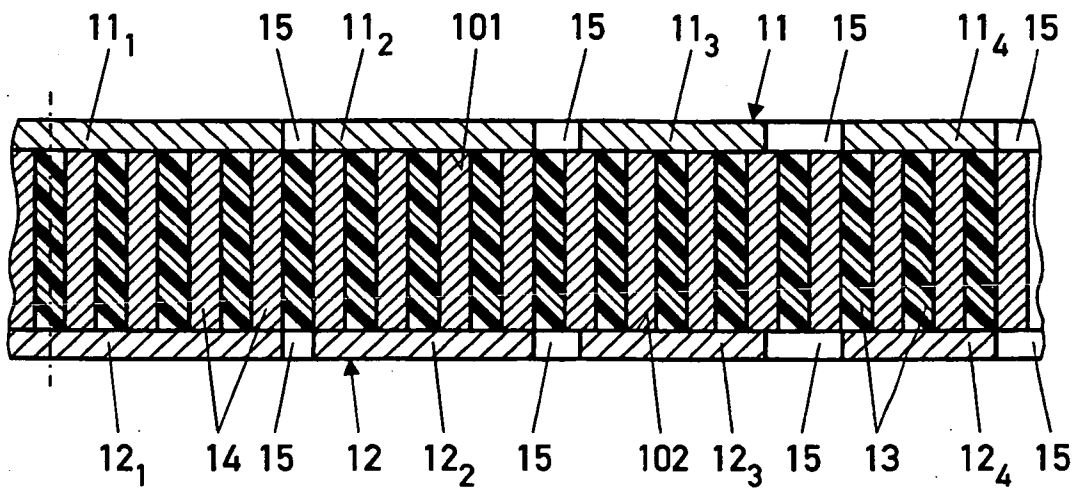


Fig. 3

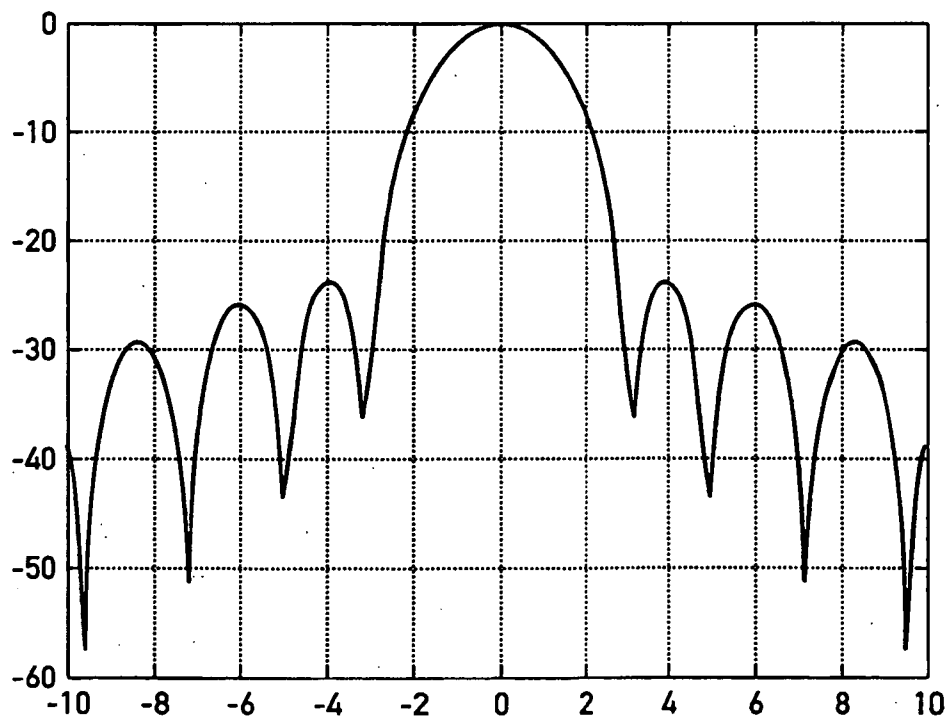


Fig. 4

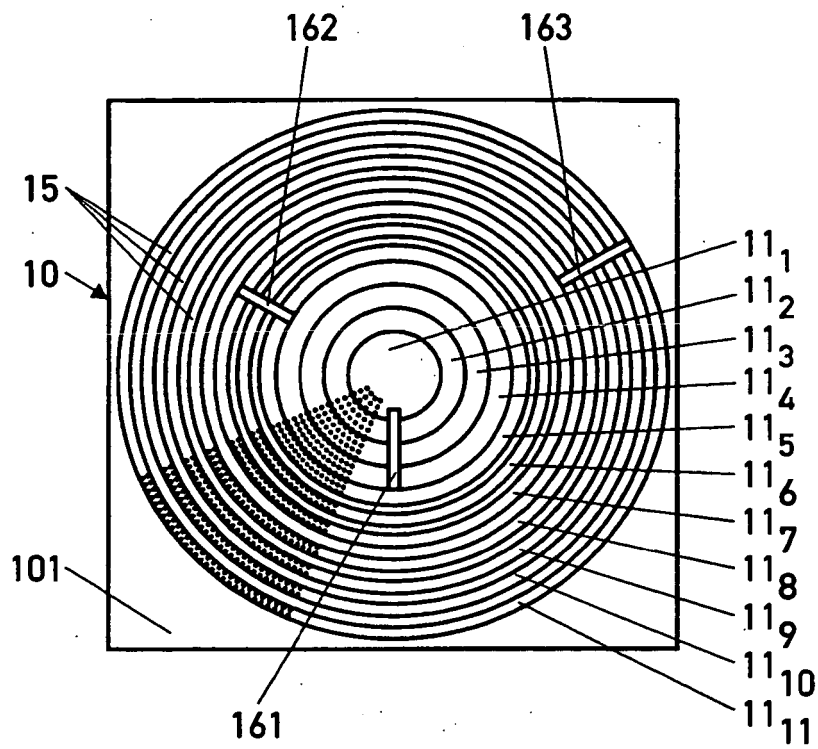


Fig. 5

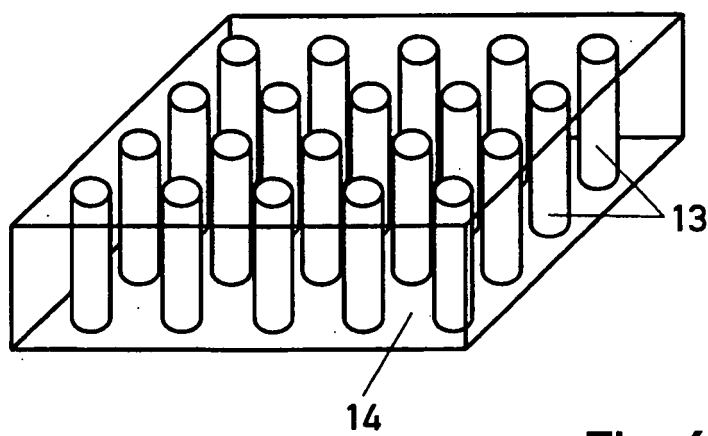


Fig. 6

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 10052636 A1 [0002] [0003]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **LS BILLER et al.** Optimisation of radiation patterns for an array of concentric ring sources. *IEEE Transactions on Audio and Electroacoustics*, Februar 1973, vol. 21 (1), 57-61 [0004]