

19



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



11 Veröffentlichungsnummer: **0 413 086 B1**

12

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

45 Veröffentlichungstag der Patentschrift: **01.06.94**

51 Int. Cl.⁵: **H04R 1/20**

21 Anmeldenummer: **90107295.9**

22 Anmeldetag: **18.04.90**

54 **Elektroakustischer Wandler.**

30 Priorität: **16.08.89 DE 3926884**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
20.02.91 Patentblatt 91/08

45 Bekanntmachung des Hinweises auf die
Patenterteilung:
01.06.94 Patentblatt 94/22

84 Benannte Vertragsstaaten:
AT DE SE

56 Entgegenhaltungen:
DE-A- 3 334 945

73 Patentinhaber: **Georg Neumann GmbH**
Charlottenstrasse 3
D-10969 Berlin(DE)

72 Erfinder: **Müller, Bernard, Dipl.-Ing.**
Einemstrasse 16
D-1000 Berlin 30(DE)

74 Vertreter: **Konle, Tilmar, Dipl.-Ing.**
Benderstrasse 23 a
D-81247 München (DE)

EP 0 413 086 B1

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

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Grenzflächenmikrofon gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1. Ein derartiges Grenzflächenmikrofon ist aus der DE-A-3 334 945 bekannt.

In einem Raum bilden sich stets durch Überlagerung des direkt eintreffenden Schallfeldes mit den an den Wänden reflektierten Schallwellen stehende Wellen aus, was zu frequenz- und ortsabhängigen Schalldruck-Maxima und -Minima führt. Direkt vor einer schallharten Fläche haben Schallwellen ein Druckmaximum, wobei die senkrecht zur Fläche gerichtete Schnellekomponente verschwindet, da eintreffende und reflektierte Wellen gleichphasig überlagert werden. Der Schalldruck vor der Grenzfläche ist daher doppelt so groß wie im freien Schallfeld. Dieser Effekt wird bei einem bekannten Grenzflächenmikrofon (Zeitschrift "Funkschau", Heft 16, 1985, Seiten 43-45) ausgenutzt, bei welchem auf der Oberseite einer ebenen, dünnen und schallharten Montageplatte ein Miniatur-Elektretwandler angebracht ist. An der Unterseite der Montageplatte befinden sich elastische Füße, um die Montageplatte auf den Fußboden, einer Wand oder einer anderen, schallharten Grenzfläche zu fixieren. Infolge der Erhöhung des Schalldruckes unmittelbar an der Grenzfläche bis auf den doppelten Wert wird die Nutzspannung des Wandlers um 6 dB gegenüber dem Freifeld angehoben. Diese Schalldruckverdoppelung tritt jedoch nur für solche Frequenzen ein, für welche die Grenzfläche groß im Vergleich zur Schallwellenlänge ist.

Die bei bekannten Grenzflächenmikrofonen benutzten, schallharten Platten sind entweder kreisförmig, quadratisch oder rechteckig. Das Wandlerelement ist in der Regel zentrisch angebracht. Bei dickeren Platten besitzt die Plattenkante in der Regel eine Phase von etwa 45° , während bei dünnen Platten die Kante in der Regel nur gebrochen ist. Bei kreisförmigen Platten ist die Platte zum Rand hin unregelmäßig verrundet oder abgeflacht. Bei einem weiteren, aus der DE-A-3 334 945 bekannten Grenzflächenmikrofon mit kreisförmiger Platte ist das Wandlerelement außerhalb der Plattenmitte an einer Umfangsstelle angebracht. Es hat sich gezeigt, daß die Frequenzgänge der Grenzflächenmikrofone mit kreisförmigen, quadratischen oder rechteckigen Platten bei senkrechtem Schalleinfall starke Überhöhungen und Einbrüche aufweisen. Ferner zeigen diese Mikrofone starke Unregelmäßigkeiten im Polardiagramm im vorderen Halbraum, so daß im Ergebnis starke und richtungsabhängige Klangverfärbungen auftreten. Diese Unzulänglichkeiten erklären sich dadurch, daß bei einem Grenzflächenmikrofon die eben einfallende Wellenfront ein sekundäres Schallfeld erzeugt. Dieses sekundäre Schallfeld entsteht durch Schallbeugung

an der Plattenkante. Es entsteht eine sogenannte "Kriechwelle", die sich vom Rand der Platte über deren Fläche ausbreitet. Die Phasenlage der Kriechwelle in bezug auf die einfallende Welle ist vom Phasensprung an der Plattenkante abhängig. Dieser Phasensprung fällt je nach Beschaffenheit der Kanten und der Impedanz der Oberflächen von Mikrofonkörper und Grenzfläche unterschiedlich aus. In Abhängigkeit von der geometrischen Gestalt des Mikrofonkörpers und der Montageplatte erzeugt somit die Kriechwelle ein mehr oder weniger kompliziertes Interferenzmuster. Für den Frequenzgang eines Grenzflächenmikrofons ist somit die Überlagerung der einfallenden Welle mit der Kriechwelle am Einbauort des Wandlers entscheidend. Negative Beeinflussungen des Frequenzganges und der Richtcharakteristik können nur dann vermieden werden, wenn Kriechwellen entweder völlig vermieden werden oder wenn sie am Einbauort des Wandlers eine in der Summe frequenzunabhängige Phasenlage sowie einen frequenzunabhängigen Pegel besitzen. Die Kriechwelle kann theoretisch nur dann vermieden werden, wenn die Montageplatte unendlich dünn oder unendlich ausgedehnt wäre. Eine Dicke von 1 bis 2 mm, welche in der Praxis zur Vermeidung von Kriechwellen genügen würde, ist jedoch technisch nicht realisierbar, da zum Einbau in eine derartig dünne Montageplatte kein elektrostatischer Wandler verfügbar ist.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, bei einem Grenzflächenmikrofon der eingangs erwähnten Art auch bei senkrechtem Schalleinfall eine frequenzunabhängige, halbkugelförmige Richtcharakteristik bei einer hohen Klangtreue zu erzielen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst.

Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Grenzflächenmikrofons ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Das erfindungsgemäße Grenzflächenmikrofon ist hinsichtlich der geometrischen Form seiner Montageplatte und der Einbaulage seines elektroakustischen Wandlers in der Montageplatte so optimiert, daß Kriechwellen am Einbauort des Wandlers eine in der Summe frequenzunabhängige Phasenlage und einen frequenzunabhängigen Pegel besitzen. Für jeden Einfallswinkel ist damit gewährleistet, daß durch die Überlagerung der einfallenden Welle mit dem durch Beugung an der Mikrofonplatte entstehenden sekundären Schallfeld am Wandlerort keine lineare Beeinflussung des Frequenzganges stattfindet. In erfindungsgemäßer Weise sind hierzu die Weglängen von jedem Randpunkt der Platte zur Membranmitte gleichmäßig in einem Längenbereich verteilt, dessen obere Grenze bestimmt wird durch die Schallwellenlänge der

oberen Grenzfrequenz des elektroakustischen Wandlers, und dessen untere Grenze bestimmt wird durch die halbe Schallwellenlänge der Übergangsfrequenz, bei welcher sich ein Schalldruckstau vor der Mikrofonfläche auszubilden beginnt. In besonders günstiger Weise ist die Platte als schiefwinkliges Dreieck gestaltet.

Die Erfindung wird anhand eines in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1

eine Draufsicht auf ein Grenzflächenmikrofon gemäß der Erfindung ;

Fig. 2

einen Schnitt durch das Grenzflächenmikrofon gemäß Fig. 1 längs der Schnittlinie II - II, und Fign. 3a bis 3d

Frequenzgänge des Grenzflächenmikrofons nach Fig. 1 (Kurve #1), eines Grenzflächenmikrofons mit rechteckförmiger Montageplatte (Kurve #2) und eines Grenzflächenmikrofons mit kreisförmiger Montageplatte (Kurve #3).

Das in Fig. 1 in der Draufsicht und in Fig. 2 im Schnitt dargestellte Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Grenzflächenmikrofons weist eine dreieckförmige Trägerplatte P mit den Seitenkanten bzw. Dreiecksschenkeln a, b und c auf. Die von den Schenkeln a, b und c eingeschlossenen Winkel α , β , γ betragen im dargestellten Beispielsfall $\alpha = \text{ca. } 45^\circ$, $\beta = \text{ca. } 75^\circ$ und $\gamma = \text{ca. } 60^\circ$.

Auf der relativ dünnen, schallharten Trägerplatte P ist in der Nähe des Schwerpunktes S des Dreiecks, d.h. des Schnittpunktes der drei Schwerlinien s1, s2 und s3, die Kapsel eines Wandlers W vertieft angebracht, so daß die Membrane M des Wandlers W bündig mit der dem einfallenden Schall zugewandten Oberfläche der Platte P ist. Der genaue Einbauort des Wandlers W liegt im dargestellten Beispielsfall auf der Schwerlinie s1 zwischen deren Fußpunkt F und dem Schwerpunkt S. Der Wandler W ist durch die Platte hindurch mit einem Mikrofonkabel K verbunden, das am Fußpunkt der Schwerlinie s2 bzw. am kürzesten Schenkel b installiert ist und an seinem anderen Ende in einem Kabelstecker St endet.

In dem Schnitt nach Fig. 2 erkennt man den oberflächenbündigen Einbau der Membrane M und die Halterung des Wandlers W in einer Vertiefung der Montageplatte P besonders deutlich.

Als Wandler W kann in bevorzugter Weise ein elektrostatischer, druckkalibrierter Wandler vorgesehen werden, d.h. ein Wandler, der im Hörbereich bei konstantem Schalldruck eine konstante Spannung abgibt.

Der Frequenzgang des Grenzflächenmikrofons gemäß Fign. 1 und 2 wurde unter verschiedenen Schalleinfallswinkeln von 0° , 30° , 60° und 90° ,

bezogen auf die Ebene der Montageplatte P, gemessen. Die Ergebnisse sind in den Fign. 3a bis 3d anhand der ausgezogenen Kurve #1 dargestellt. Zum Vergleich sind die entsprechenden Frequenzgänge bekannter Grenzflächenmikrofone mit einer rechteckförmigen Trägerplatte (gestrichelte Kurve #2) und einer kreisförmigen Trägerplatte (Kurve #3) in den Fign. 3a bis 3d eingezeichnet.

Wie man aus dem Vergleich der Kurven #1 bis #3 erkennt, sind die Frequenzgänge unter allen Schalleinfallswinkeln bei dem erfindungsgemäßen Mikrofon nach Fign. 1 und 2 sehr eben und ausgeglichen. Bei dem Grenzflächenmikrofon mit rechteckförmiger Platte (Kurve #2) und kreisförmiger Platte (Kurve #3) zeigen sich insbesondere bei den 0° -Frequenzgängen deutliche Abweichungen von dem ebenen Verlauf bei höheren Frequenzen. Diese Frequenzgangverzerrungen erklären sich dadurch, daß die Kriechwellen, die durch Beugung an der Mikrofonplatte entstehen, am Einbauort des Wandlers eine frequenzabhängige Phasenlage sowie einen frequenzabhängigen Pegel besitzen.

Wesentlich ist, daß der anhand eines Ausführungsbeispiels mit dreieckförmiger (schiefwinkliges Dreieck) Montageplatte erläuterte Erfindungsgedanke allgemein dahin umschrieben werden kann, daß die geometrische Form der Platte P und der Einbauort der Membrane M bzw. Kapsel W so zu wählen sind, daß sich bei Überlagerung des einfallenden primären Schallfeldes mit dem durch Schallbeugung an den Plattenkanten entstehenden sekundären Schallfeld (Kriechfeld) ein ebener Frequenzgang am Einbauort der Membrane M ergibt. Dies läßt sich dann erreichen, wenn die Weglängen von jedem Randpunkt der Platte P zur Membranzentrum gleichmäßig in einem bestimmten Längenbereich verteilt sind. Die obere Grenze dieses Längenbereichs wird bestimmt durch die Schallwellenlänge der oberen Grenzfrequenz des Wandlers. Die untere Grenze dieses Längenbereichs wird durch die halbe Schallwellenlänge derjenigen Frequenz (Übergangsfrequenz) bestimmt, ab der sich ein Schallstaudruck vor der Platte P ausbildet.

Der mit dem erfindungsgemäßen Grenzflächenmikrofon erzielte ebene Frequenzgang bei allen Schalleinfallswinkeln bedeutet in idealer Weise eine frequenzunabhängige, halbkugelförmige Richtcharakteristik. Direkt- und Diffusschall haben keine unterschiedliche Klangfärbungen zur Folge, wie sie beispielsweise bei einem Mikrofon im freien Schallfeld aufgrund der Beugungs- und Abschattungseffekte am Mikrofonkörper auftreten. Zudem werden durch den oberflächenbündigen Einbau des Wandlers in die Platte Klangfärbungen vermieden, wie sie bei üblichen Mikrofonen durch verzögerte Reflexionen an Raumbegrenzungsflächen und den damit verbundenen Kammfiltereffekten auftreten.

Patentansprüche

1. Grenzflächenmikrofon, dessen elektroakustischer Wandler mit einer Membrane oberflächenbündig in eine schallharte Platte eingebaut ist, derart, daß sich bei Überlagerung des einfallenden primären Schallfeldes mit dem durch Beugung an dem Plattenrand entstehenden sekundären Schallfeld ein ebener Frequenzgang am Einbauort der Membrane ergibt, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Weglängen von jedem Randpunkt der Platte (P) zur Membranmitte gleichmäßig in einem Längenbereich verteilt sind, dessen obere Grenze bestimmt wird durch die Schallwellenlänge der oberen Grenzfrequenz des elektroakustischen Wandlers (W) und dessen untere Grenze bestimmt wird durch die halbe Schallwellenlänge der unteren Grenzfrequenz, die für die Ausbildung eines Schalldruckstaus vor der Platte (P) ursächlich ist. 5 10 15 20
2. Grenzflächenmikrofon nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Platte (P) als Dreieck ausgeführt ist. 25
3. Grenzflächenmikrofon nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Platte (P) als schiefwinkliges Dreieck ausgeführt ist. 30
4. Grenzflächenmikrofon nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Schenkel (a,b,c) der dreieckförmigen Platte (P) Winkel (α, β, γ) von etwa 45°, etwa 75° und etwa 60° einschließen. 35
5. Grenzflächenmikrofon nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Membrane (M) in der Nähe des Schwerpunktes (S) der dreieckförmigen Platte (P) angeordnet ist. 40
6. Grenzflächenmikrofon nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Membrane (M) etwa auf der Schwerlinie (s1) des längsten Schenkels (a) der dreieckförmigen Platte (P) zwischen deren Schwerpunkt (S) und dem Fußpunkt (F) dieser Schwerlinie (s1) angeordnet ist. 45 50
7. Grenzflächenmikrofon nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß als Wandler (W) ein elektrostatischer Wandler vorgesehen ist. 55
8. Grenzflächenmikrofon nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß als Wandler (W) ein druckkalibrierter Wandler

vorgesehen ist.

Claims

1. A boundary area microphone, the electroacoustic transducer of which is built with a membrane into the surface of a sound reflecting plate in such a way that, on superposition of the incoming primary soundwaves with the secondary soundwaves generated through curving of the wave motion at the edge of the plate, an even frequency of motion is formed at the membrane location, positioned so that the distance from any point on the edge of plate (P) to the centre of the membrane is evenly divided within a range, the upper boundary of which is defined by the wavelength of the upper frequency limit of the electroacoustic transducer (W) and the lower boundary is defined by half the wavelength of the lower frequency limit, which is responsible for the formation of a sound pressure build up ahead of plate (P). 5 10 15 20 25
2. A boundary area microphone as described in (1) characterised by plate (P) being triangular in form. 30
3. A boundary area microphone as described in (2) characterised by plate (P) being of triangular form with unequal angles. 35
4. A boundary area microphone as described in (3) characterised by the sides (a, b, c) of the triangular plate (P) forming angles (α, β, γ) of approximately 45°, 75° and 60°. 40
5. A boundary area microphone, as described in any of claims (2) to (4) characterised by a membrane (M) in the vicinity of the geometric centre (S) of the triangular plate (P). 45 50
6. A boundary area microphone, as described in (5), characterised by the membrane (M) being positioned approximately on the perpendicular bisector (B) of the longest side (a) of the triangular plate (P), in between its geometric centre (S) and the intersection point (F) of the perpendicular bisector with side (a). 55
7. A boundary area microphone as described in claims (1) to (6) for which transducer (W) is intended to be of the electrostatic type. 60
8. A boundary area microphone as described in claims (1) to (7) for which transducer (W) is intended to be pressure calibrated. 65

Revendications

1. Microphone d'interface, dont le transducteur électroacoustique équipé d'une membrane est monté dans une plaque réverbérante, de manière à affleurer à la surface de la plaque, de sorte que, lors de la superposition du champ acoustique primaire incident avec le champ acoustique secondaire apparaissant sous l'effet d'une diffraction au niveau du bord de la plaque, on obtient une réponse en fréquence plane au niveau de l'emplacement de montage de la membrane, caractérisé en ce que les longueurs de trajet depuis chaque point du bord de la plaque (P) jusqu'au centre de la membrane sont répartis uniformément dans une gamme de longueurs, dont la limite supérieure est déterminée par la longueur d'onde sonore de la fréquence limite supérieure du transducteur électroacoustique (W) et dont la limite inférieure est déterminée par la demilongueur d'onde sonore correspondant à la fréquence limite inférieure, qui est la cause de la formation d'une accumulation de la pression acoustique devant la plaque (P).

5
10
15
20
25
2. Microphone d'interface selon la revendication 1, caractérisé en ce que la plaque (P) est réalisée sous la forme d'un triangle.

30
3. Microphone d'interface selon la revendication 2, caractérisé en ce que la plaque (P) est réalisée sous la forme d'un triangle scalène.
4. Microphone d'interface selon la revendication 3, caractérisé en ce que les côtés (a, b, c) de la plaque (P) de forme triangulaire forment des angles (α , β , γ) égaux à environ 45° , à environ 75° et à environ 60° .

35
40
5. Microphone d'interface selon l'une des revendications 2 à 4, caractérisé en ce que la membrane (M) est disposée à proximité du barycentre (S) de la plaque de forme triangulaire (P).

45
6. Microphone d'interface selon la revendication 5, caractérisé en ce que la membrane (M) est disposée approximativement sur la droite (s1), qui passe par le barycentre, du côté le plus long (a) de la plaque de forme triangulaire (P), entre le barycentre (S) de cette plaque et le pied (F) de cette droite (s1) passant par le barycentre.

50
55
7. Microphone d'interface selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce qu'il est prévu comme transducteur (W) un transduc-

teur électrostatique.

8. Microphone d'interface selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce qu'il est prévu comme transducteur (W) un transducteur calibré en pression.



