



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 296 536 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
26.03.2003 Patentblatt 2003/13

(51) Int Cl.7: **H04R 19/01**

(21) Anmeldenummer: **02450170.2**

(22) Anmeldetag: **02.08.2002**

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

(72) Erfinder:
• **Pribyl, Richard Ing.**
2401 Fischamend (AT)
• **Lenhard-Backhaus, Hugo Dipl.-Ing.**
1030 Wien (AT)

(30) Priorität: **20.09.2001 AT 20011503**

(74) Vertreter: **Patentanwälte**
BARGER, PISO & PARTNER
Mahlerstrasse 9
P. O. Box 96
1015 Wien (AT)

(71) Anmelder: **AKG Acoustics GmbH**
1230 Wien (AT)

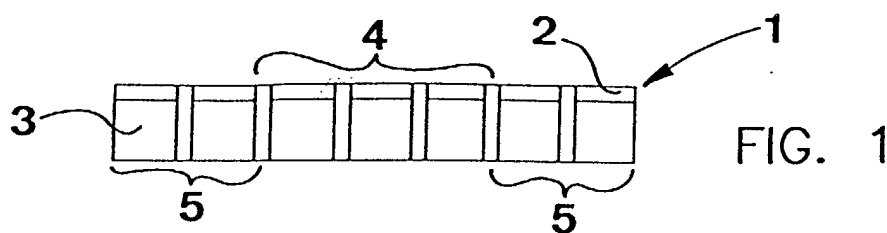
(54) **Elektroakustischer Wandler**

(57) Die Erfindung betrifft eine elektrostatische Mikrofonkapsel mit einer Membrane, die dem Schallfeld ausgesetzt ist und von diesem zu Schwingungen ange-regt wird und mit einer im Abstand von der Membrane angeordneten Elektrode (1)

Die Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass die

Elektrode (1) zumindest zwei Bereiche (4,5) mit unter-schiedlicher Ladungsdichte aufweist.

In einer bevorzugten Ausgestaltung ist vorgesehen, dass die zumindest beiden Bereiche (5,6) aus einem zu-mindest im wesentlichen kreisförmigen (4) und zumin-dest einem im wesentlichen ringförmigen (5) Bereich bestehen.



EP 1 296 536 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft auf elektrostatischer Basis arbeitende elektroakustische Wandler, die als Schallnehmer arbeiten und in einer Mikrofonkapsel untergebracht sind. Derartige Wandler weisen, unabhängig von ihrer physikalischen Arbeitsweise, eine Membrane auf, die dem Schallfeld ausgesetzt ist und von diesem zu Schwingungen angeregt wird.

[0002] Der Gegenstand der Erfindung ist somit ein elektrostatisches Mikrofon.

[0003] Die Elektroden des elektrostatischen Wandlers sind eine elastische, gespannt gehaltene Membrane und eine starre Elektrode, die meist nur Elektrode genannt wird. Gemeinsam bilden sie einen Kondensator, dessen elektrische Kapazität durch Druckschwankungen des Schallfeldes, die ja eine Änderung der Geometrie bewirken, verändert wird. Da zwischen den Elektroden des elektrostatischen Wandlers ein elektrisches Feld aufgebaut ist, ist es möglich, die Kapazitätsänderungen des Wandlers mit Hilfe eines nachgeschalteten Verstärkers in elektrische Spannungsänderungen umzuwandeln.

[0004] Aus der WO 97/39464 A ist es bekannt, die starre Elektrode auf einem elektrisch isolierenden Träger aufzubringen, der Vertiefungen aufweist, um das Luftvolumen "hinter" der Membrane zu vergrößern und so ihrem Schwingen weniger Widerstand entgegenzusetzen. Da die Elektrode auf den bereits ausgeformten Träger aufgebracht wird, weist sie den Vertiefungen entsprechende "Löcher" auf, die aber einen Durchmesser von nur wenigen Mikrometern haben, sodass die Elektrode in makroskopischer Hinsicht homogen ist.

[0005] Elektrostatische Wandler, oder auch Kapseln genannt, können in Bezug auf die Art der Aufbringung des elektrischen Feldes zwischen ihren Elektroden in zwei Gruppen aufgeteilt werden:

[0006] Elektrostatische Wandler, bei denen die ein elektrisches Feld verursachenden Ladungen mit Hilfe einer extern angelegten Spannung (Polarisationsspannung) aufgebracht werden: - Kondensatorkapseln.

[0007] Elektrostatische Wandler, bei denen die elektrische Ladung auf der Elektrode oder Membrane "eingefroren" ist, sodass dadurch eine extern angelegte Spannung obsolet wird: - Elektretkapsel.

[0008] Die elektroakustischen Eigenschaften der elektrostatischen Mikrofonkapseln (die Empfindlichkeit, der Frequenzverlauf der Empfindlichkeit und die Richtcharakteristik) sind maßgeblich vom Schwingungsverhalten der Membrane abhängig. Da die Membrane bei verschiedenen Frequenzen verschiedene Bewegungsarten erfährt (Schwingmoden), und da die elektrostatischen Wandler die Umwandlung der Membranbewegungen in elektrische Spannung durchführen, ist es klar, dass die Empfindlichkeit des Mikrofonwandlers in Abhängigkeit von der Frequenz eine nur schwer glatt zu haltende Funktion ist.

[0009] Im Stand der Technik ist es beiden Arten von

elektrostatischen Wandlern gemeinsam, dass die Intensitätsverteilung des elektrischen Feldes zwischen den Elektroden des Kondensators, nach dem Aufbau der Mikrofonkapsel unveränderlich und homogen ist und nur von jeweiligen Fertigungstoleranzen abhängig ist.

[0010] Die Intensitätsverteilung des elektrischen Feldes ist einerseits von der geometrischen Verteilung der Ladungsträger (Elektronen) auf einer der Elektroden, und andererseits vom Abstand zwischen den beiden Elektroden abhängig, wobei bereits eine kleine Veränderung des Abstandes eine große Veränderung der Feldintensität mit sich bringt.

[0011] Bei elektrostatischen Kapseln, die nach dem oben erläuterten Elektretprinzip arbeiten, ist eine der Elektroden mit einer dünnen Elektretschicht überzogen. Die Schicht wird im Regelfall aus einer Teflonfolie hergestellt, die durch hervorragende elektrische Isolations-eigenschaften gute Speichereigenschaften für die elektrischen Ladungsträger aufweist. Das bedeutet, dass bei solchen elektrostatischen Kapseln nach dem Elektretprinzip die Verteilung des elektrischen Feldes zwischen den Elektroden von der Aufteilung der Elektronen auf der Teflonschicht der Elektrode bestimmt wird. Im Stand der Technik war die Aufteilung der Träger der elektrischen Ladung - Elektronen - rein dem Zufall überlassen. Trotz der bekannten Tatsache, dass akustische Eigenschaften der Mikrofonkapseln von der Aufteilung der elektrischen Ladung auf der Teflonschicht stark abhängig sind, war bis jetzt eine gezielte Aufteilung der Elektronen über die Elektrodenfläche nicht machbar, ja die erhaltene Verteilung nicht einmal meßbar war.

[0012] Auf der einundzwanzigsten Tonmeistertagung in Hannover wurde ein Messverfahren vorgestellt, mit dem die Verteilung erfasst werden kann. Es hat sich bei Untersuchungen bestehender Elektretkapseln gezeigt, dass es beim Aufbringen der Ladungen, trotz aller Vorsichtsmaßnahmen oft zu einer ungleichmäßigen Verteilung der Ladung kommt.

[0013] Dabei wurde als Beispiel für die Auswirkung derartiger bei der Herstellung anscheinend unvermeidlicher Abweichungen, gezeigt, dass ein Fehlen von Ladungen im Zentrumsbereich einer Elektrode eine meßbare Änderung des Frequenzgangs einer Mikrofonkapsel zur Folge hat, ohne dass auf die Art dieser Änderung eingegangen wurde.

[0014] Diese ungleichmäßigen Ladungsverteilungen sind nun aber nicht durchgehend negativ für die gewünschte akkustisch-elektrische Umwandlung, sondern ermöglichen es beispielsweise, physikalische Randbedingungen voll auszunutzen. Es sei dazu nur darauf verwiesen, dass bei freischwingenden Membranen immer die Gefahr besteht, dass sie bei großen Schalldruckamplituden mit ihrem Zentrumsbereich der Elektrode so nahe kommen, dass die elektrostatischen Anziehungskräfte die elastischen Rückstellkräfte überwiegen und die Membrane mit ihrem zentralen Bereich an der Elektrode "festklebt". Diese Gefahr besteht nun im Randbereich, in dem ja die Membrane eingespannt

ist, nicht, sodass eine Ladungsverteilung mit geringer Ladungsdichte im Zentrum und hoher Ladungsdichte im Randbereich vorteilhaft ist.

[0015] Bei elektrostatischen Wandlern, die auf dem Kondensatorprinzip arbeiten, dient eine an die Mikrofonkapsel angeschlossene externe elektrische Spannung als Quelle für das Generieren des elektrischen Feldes zwischen den Elektroden des Kondensators. Da beide Elektroden plane und im elektrischen Sinne glatte Flächen sind, ist die geometrische Verteilung des elektrischen Feldes zwischen den Elektroden homogen und von außen nicht steuerbar. Das bedeutet, dass bei elektrostatischen Wandlern nach dem Kondensatorprinzip eine gleichmäßige und praktisch unveränderliche Ladungsverteilung gewährleistet war.

[0016] Beiden Arten von elektrostatischen Kapseln ist es, wie eingangs ausgeführt, gemeinsam, dass eine Veränderung des Abstandes zwischen den Elektroden unweigerlich zu einer Veränderung der Intensität des elektrischen Feldes führt. Dabei ist es aus dem Stand der Technik bekannt, die Lage der Elektroden so zu verändern, dass sie nicht zueinander parallel liegen. In der WO 82/00745 A ist eine konkave oder konvexe Elektrode beschrieben, die aus Metall hergestellt ist und die in elektrostatischen Wandlern, die nach dem Kondensatorprinzip arbeiten, eine unterschiedliche Intensität des elektrischen Feldes zwischen verschiedenen Stellen der Elektroden schafft, ohne dass auf die Auswirkungen dieser Änderungen eingegangen wird.

[0017] Die Erfindung hat das Ziel eine geometrische Verteilung der Intensität des elektrischen Feldes zwischen der Elektrode und der Membrane von elektrostatischen Wandlern, sowohl solchen, die nach dem Elektretprinzip als auch solchen, die nach dem Kondensatorprinzip arbeiten, zu schaffen, die in weiten Grenzen variieren kann, beispielsweise nach den Wünschen des Herstellers bzw. Benutzers.

[0018] Erfindungsgemäß wird dieses Ziel dadurch erreicht, dass die Elektrode zumindest zwei unterschiedliche Bereiche aufweist die über eine unterschiedliche Ladungsträgerdichte verfügen.

[0019] In einer Ausgestaltung kann beispielsweise die Elektrode in ihrem Randbereich nach dem Elektretprinzip aufgebaut sein und in ihrem Zentralbereich nach dem Kondensatorprinzip. Dadurch ist es möglich, im Randbereich der Elektrode in dem ein "Festkleben" der Membrane nicht zu befürchten ist, eine wesentlich höhere Ladungsdichte aufzubringen als in dem für das "Festkleben" empfindlichen zentralen Bereich der Elektrode.

[0020] Bei einer anderen Ausführungsform ist es möglich, die Membrane nach dem Kondensatorprinzip aufzubauen, wobei aber zumindest zwei Bereiche der Elektrode, bevorzugt ein zentraler Kreisbereich und zumindest ein konzentrisch dazu angeordneter Ringbereich elektrisch voneinander getrennt sind und mit unterschiedlicher Spannung versorgt werden, sodass sich unterschiedliche Ladungsdichten in den unterschiedli-

chen Bereichen ausbilden.

[0021] Bei wieder einer anderen Ausführungsform ist es möglich, am Randbereich einer nach dem Elektretprinzip arbeitenden Elektrode eine höhere Ladungsdichte aufzubringen als im Zentralbereich und so im Randbereich die Ladungsdichte zu erhöhen.

[0022] Die Erfindung wird an Hand der Zeichnung näher beschrieben, dabei zeigt

die Fig. 1 eine teflonisierte Elektrode eines elektrostatischen Mikrofonwandlers nach dem Elektretprinzip

die Fig. 2 die zugehörige Intensitätsverteilung des elektrischen Feldes,

die Fig. 3 eine Kombination von Elektret- und Kondensator-Elektrode,

die Fig. 4 die zugehörige Intensitätsverteilung des elektrischen Feldes,

die Fig. 5 eine aus zwei Bereichen aufgebaute Kondensator-Elektrode und

die Fig. 6 die zugehörige Intensitätsverteilung des elektrischen Feldes.

[0023] Fig. 1 zeigt im Schnitt normal zur Ebene einer Elektrode 1 ein mit einer Teflonschicht 2 beschichtetes Grundsубstrat 3. Die Dichte der auf die Teflonschicht 2 aufgetragenen Elektronen ist nun erfindungsgemäß über die Fläche nicht gleichmäßig sondern im Randbereich 5 höher als im Zentralbereich 4. Aufgrund dieser Verteilung herrscht zwischen der dargestellten Elektrode und der (nicht dargestellten) Membrane ein elektrisches Feld mit einer Intensitätsverteilung wie sie in Fig. 2 dargestellt ist: Im Randbereich 5 ist die Intensität deutlich höher als im Zentralbereich 4, sodass die Gefahr des "Festklebens" in diesem sensiblen Bereich deutlich reduziert wird. Es wird darüberhinaus auch die Charakteristik des Mikrofons, günstig beeinflusst.

[0024] Die Fig. 3 zeigt eine Variante der Erfindung, bei der die Elektrode 1' eines elektrostatischen Mikrofonwandlers, eine Kombination von zwei Teilelektroden 6, 7 darstellt, wobei die Teilelektrode 6 nach dem Elektretprinzip und die Teilelektrode 7 nach dem Kondensatorprinzip arbeitet. Die am peripheren Bereich liegende, ringförmige Teilelektrode 6 ist, wie für Elektret Elektroden üblich, mit einer Teflonschicht beschichtet, die auf bekannte Weise mit Ladungsträgern aufgeladen ist. Die zentrale, kreisförmige Teilelektrode 7 ist, wie für Kondensatorelektroden üblich, als Metallelektrode ausgeführt. Die Fig. 4 zeigt die dazugehörige Intensitätsverteilung des elektrischen Feldes zwischen der Elektrode gemäß Fig. 3 und der nicht dargestellten Membrane des Mikrofonwandlers.

[0025] Es ist selbstverständlich möglich, den zentralen Bereich mit einer nach dem Elektretprinzip arbeitenden Elektrode und den Randbereich mit einer nach dem Kondensatorprinzip arbeitenden Elektrode zu versehen, was insbesondere wegen der bei nach dem Kondensatorprinzip (im Vergleich zum Elektretprinzip) ar-

beitenden Elektroden erreichbaren höheren Ladungsdichte vorteilhaft sein kann.

[0026] Die Fig. 5 zeigt die Elektrode 1" eines elektrostatischen Mikrofonwandlers der nach dem Kondensatorprinzip arbeitet, die aus zwei voneinander elektrisch isolierten Teilelektroden 8, 9 besteht. Diese beiden Teilelektroden, getrennt von einem elektrisch isolierenden ringförmigen Bereich 10, können nun unterschiedlich dicht mit Ladung versehen werden, einfach durch entsprechendes Anlegen unterschiedlicher Spannungen. Es ist klar, dass die Höhe dieser Spannungen gegebenenfalls auch durch den Benutzer selbst nach Wunsch geregelt werden kann, wodurch eine einfache und subtile Anpassung an die jeweiligen Wünsche und Einsatzgebiete erzielt werden kann.

[0027] Die Fig. 6 zeigt die dazugehörige Intensitätsverteilung des elektrischen Feldes zwischen der Elektrode gemäß Fig. 5 und der auch in diesem Beispiel nicht dargestellten Membrane des Mikrofonwandlers.

[0028] Die Erfindung ist nicht auf die dargestellten Ausführungsbeispiele beschränkt, sondern kann verschiedenlich abgewandelt werden. So kann die Verteilung der Ladung durchaus auch anders als (kreis-) ringförmig sein, wenn diese Verteilung auch wegen des zusätzlichen Effektes der Verringerung der Gefahr des Festklebens besonders bevorzugt ist. Da die Schwingungsmoden der Membrane auch durchaus Formen aufweisen, die nicht drehsymmetrisch bezüglich der Membranmitte sind, kann es durchaus günstig sein, sternförmige oder auch andere Verteilungen zu wählen, um die mit diesen Schwingungsformen verbundenen Schallfrequenzen besonders hervorzuheben oder abzuschwächen.

[0029] Wenn mehr als zwei Bereiche mit unterschiedlicher Ladungsdichte vorgesehen werden, so ist es sinnvoll, auch mehr als zwei Ladungsdichten vorzusehen. Dies kann, insbesondere bei Ausbildung mehrerer nach dem Kondensatorprinzip arbeitender Bereiche, durch die dann mögliche individuelle Abstimmung der einzelnen Bereiche zu sehr fein abstimmbaren und doch leicht erreichbaren Kenngrößen der Kapsel führen.

[0030] In Kenntnis der Erfindung ist es für den Fachmann ein Leichtes, die entsprechenden Formen und Ladungsdichten bzw. Ladungsdichtenverhältnisse zu bestimmen.

Patentansprüche

1. Elektrostatische Mikrofonkapsel mit einer Membrane, die dem Schallfeld ausgesetzt ist und von diesem zu Schwingungen angeregt wird und mit einer im Abstand von der Membrane angeordneten Elektrode (1,1',1''), **dadurch gekennzeichnet, dass** die Elektrode (1,1',1'') zumindest zwei Bereiche (4,5; 6,7;8,9) mit unterschiedlicher Ladungsdichte aufweist.

2. Mikrofonkapsel nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zumindest beiden Bereiche (4,5;6,7;8,9) aus einem zumindest im wesentlichen kreisförmigen und zumindest einem im wesentlichen ringförmigen Bereich bestehen.

3. Mikrofonkapsel nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest einer der Bereiche (6,7) der Elektrode (1,1',1'') nach dem Elektretprinzip und ein weiterer nach dem Kondensatorprinzip arbeitet.

4. Mikrofonkapsel nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest zwei der Bereiche (8,9) der Elektrode (1'') nach dem Kondensatorprinzip arbeiten und mit unterschiedlicher Spannung beaufschlagt werden.

5. Mikrofonkapsel nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die unterschiedlichen Spannungen bzw. die Spannungsverhältnisse vom Benutzer der Mikrofonkapsel einstellbar sind.

