

(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
4. November 2010 (04.11.2010)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2010/124909 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
H04R 1/28 (2006.01) **H04R 19/00** (2006.01)

Christian [DE/DE]; Friedenstr. 36, 81671 München (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2010/053718

(74) **Anwalt: EPPING HERMANN FISCHER PATENT-ANWALTSGESELLSCHAFT MBH**; Ridlerstr. 55, 80339 München (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:
22. März 2010 (22.03.2010)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(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.

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2009 019 446.0
29. April 2009 (29.04.2009) DE

(71) **Anmelder** (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **EPCOS AG** [DE/DE]; St.-Martin-Str. 53, 81669 München (DE).

(72) **Erfinder; und**

(75) **Erfinder/Anmelder** (nur für US): **FEIERTAG, Gregor** [DE/DE]; Wilhelm-Mayr-Str. 21, 80689 München (DE). **LEIDL, Anton** [DE/DE]; Brennereistr. 16, 85662 Hohenbrunn (DE). **PAHL, Wolfgang** [DE/DE]; Bavariaring 41, 80336 München (DE). **WINTER, Matthias** [DE/DE]; Anglerstr. 4, 80339 München (DE). **SIEGEL,**

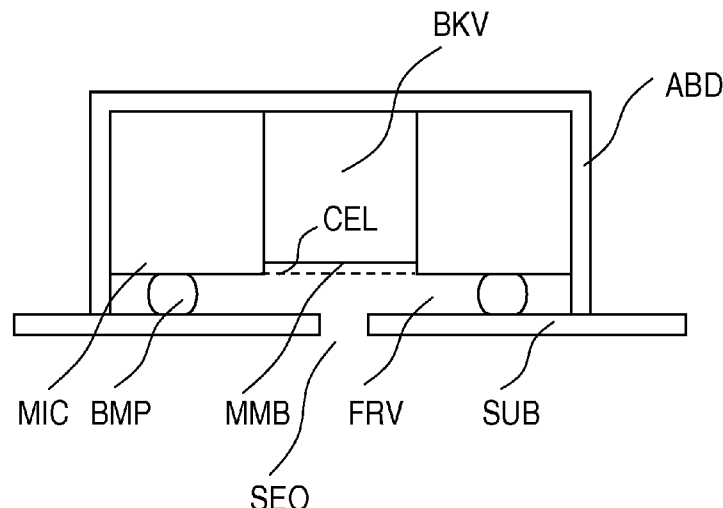
(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU,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

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: MEMS MICROPHONE

(54) Bezeichnung : MEMS MIKROFON

Fig 1



(57) **Abstract:** A MEMS microphone is proposed, in which a MEMS microphone chip (MIC) is mounted on a substrate (SUB) and sealed with a cover (ABD) with respect to the substrate. The membrane (MMB) of the microphone chip is connected to a sound inlet opening (SEO) in the substrate by way of an acoustic channel. Due to the defined dimensioning of in particular the cross-section and length of sound inlet opening and channel, an acoustic low-pass is formed, the -3 dB attenuation point of which is significantly below the self-resonance of the microphone membrane and package.

(57) **Zusammenfassung:** Es wird ein Mikrofonpackage vorgeschlagen, bei dem ein MEMS Mikrofonchip (MIC) auf einem Substrat (SUB) montiert und mit einer Abdeckung (ABD) gegen das Substrat abgedichtet ist. Die Membran (MMB) des Mikrofonchips ist mit einer Schalleintrittsöffnung (SEO) im Substrat über einen akustischen

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2010/124909 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)

Beschreibung

MEMS Mikrofon

5 Miniaturisierte Mikrofone werden heute zunehmend als MEMS
Mikrofone (= Micro-Electro Mechanical System) mit Hilfe
mikromechanischer Strukturierungstechnik aus einem
kristallinen Material, insbesondere einem Halbleitermaterial,
gefertigt. Als akustoelektrischer Schallwandler dient dabei
10 in der Regel eine elektrisch leitende Membran, die unter
Schalleinwirkung eine variierende Kapazität zu einer
Gegenelektrode ausbildet.

Zum mechanischen Schutz werden MEMS Mikrofone in ein Gehäuse
15 oder ein Package eingebaut, welches zumindest eine Schall-
öffnung aufweist, durch die der Schall ins Innere des
Gehäuses gelangen kann. Der Schall kann dabei über einen
gegebenenfalls abgewinkelten Schallkanal geführt werden, um
eine Verschmutzung oder Beschädigung der Mikrofonmembran zu
20 vermeiden. Ein gewinkelter Schallkanal kann beispielsweise
durch seitliches Versetzen von Schallöffnung und Mikrofon-
membran bzw. MEMS Mikrofonchip erreicht werden. Auch ist es
möglich, den Mikrofonchip um 180° zu kippen und den
Schallkanal um den Mikrofonchip herum zu führen.

25

Zur Miniaturisierung von MEMS Mikrofonen wurde bereits
vorgeschlagen, einen MEMS Mikrofonchip auf einem Träger-
substrat über einer Schalleintrittsöffnung zu platzieren und
das gesamte System inklusive des MEMS Mikrofonchips mit einer
30 Folie abzudecken. Dabei ist es möglich, den für die Mikrofon-
funktion nötigen IC-Baustein, üblicherweise einen ASIC, neben
dem Mikrofonchip anzuordnen und vorzugsweise mit der gleichen

Folie abzudecken. Die Folie kann eine laminierbare Kunststofffolie sein, die gegebenenfalls metallisiert ist.

Nachteilig an miniaturisierten MEMS Mikrofonen ist

5 insbesondere deren geringe mechanische Stabilität, da die Mikrofonmembran durch die geringe Materialstärke eine hohe Bruchanfälligkeit aufweist. Auch wird mit diesen Mikrofonen während der Sprachübertragung bei höheren Frequenzen ein nicht linearer Frequenzgang mit Überhöhungen beobachtet, was
10 in der Akustik und insbesondere bei Mikrofonen unerwünscht ist und die Qualität der Übertragung verschlechtert. Durch die Miniaturisierung ist darüber hinaus die Entfernung zwischen Schalleintrittsöffnung und Membran verkürzt, sodass die Membran anfälliger gegen Verschmutzungen ist, die sich
15 auf der Membran ablagern können, die wiederum verstärkt Nichtlinearitäten und Überhöhungen bei der Übertragung verursachen, die Funktionsfähigkeit der Membran beeinträchtigen oder gar die Membran beschädigen.

20 Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein MEMS Mikrofon anzugeben, welches eine erhöhte mechanische Festigkeit bei gleichzeitig bezüglich der Linearität verbessertem Frequenzgang aufweist.

25 Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Mikrofonpackage nach Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind weiteren Ansprüchen zu entnehmen.

Das Mikrofonpackage weist einen MEMS Mikrofonchip auf, der
30 auf einem Substrat angeordnet und mit einer Abdeckung abgedeckt ist, die am Mikrofonchip anliegend dicht gegen das Substrat abschließt. Vor der Membran, also hauptsächlich im Bereich zwischen Membran und Substrat, ist ein Vorvolumen

ausgebildet, während hinter der Membran ein Rückvolumen angeordnet sein kann.

Eine Schalleintrittsöffnung führt entweder durch das Substrat
5 oder die Abdeckung hindurch in das von der Abdeckung und dem Substrat eingeschlossene Volumen. Dieses Vorvolumen, die Schalleintrittsöffnung und ein beide verbindender akustischer Kanal bilden ein Kavitätssystem.

10 Erfindungsgemäß ist dieses Kavitätssystem nun derart dimensioniert bzw. weist eine derartige Geometrie auf, dass unter Schalleinwirkung eine Luftreibung entstehen kann und das Kavitätssystem dadurch einen akustischen Tiefpass
15 Dämpfungspunkt unterhalb der Eigenresonanzen von Membran und Package zu liegen kommen.

Die Erfindung geht auf die Erkenntnis zurück, dass sowohl die Membran als auch das gesamte Mikrofonpackage jeweils eine
20 Eigenresonanz aufweisen, in deren Nähe bei der Schallübertragung besonders starke Abweichungen vom linearen Frequenzgang auftreten. Mit der Erfindung wird nun das Kavitätssystem so ausgestaltet, dass höhere Frequenzen in der Nähe der Eigenresonanz besonders stark gedämpft werden,
25 während tiefere Frequenzen ungehindert zur Membran gelangen können. Damit wird verhindert, dass zu hohe Frequenzen das System aus Mikrofonchip und Mikrofonpackage zur Eigenresonanz anregen können, was eine besonders starke Anregung und damit vom linearen Frequenzgang stark abweichende Überhöhungen des
30 Frequenzgangs erzeugen würde.

Darüber hinaus wird mit der Erfindung die mechanische Stabilität der Mikrofonmembran und damit die Haltbarkeit des

gesamten Mikrofons erhöht, da die Anregung von Eigenresonanzen wirksam verhindert wird. Insbesondere beim so genannten Drop-Test, bei dem ein Aufschlagen, z.B. nach Herabfallen des Mikrofons bzw. eines Bauteils mit dem Mikrofonpackage simuliert wird, wird bei bekannten Mikrofonaufbauten die Membran zur Eigenresonanz angeregt, bei der sie eine besonders hohe Auslenkung und eine besonders starke mechanische Beanspruchung erfährt, die in der Folge zum Bruch der Membran und damit zum Ausfall des Mikrofons führen kann. Das erfindungsgemäße Mikrofonpackage vermindert auch beim Droptest die Anregung der Membran bei der Resonanzfrequenz. Damit ist das Mikrofonpackage beim Herabfallen oder bei entsprechend starker mechanischer Einwirkung besser als herkömmliche Mikrofone gegen eine Beschädigung der Mikrofonmembran geschützt.

Ausreichend ist es, wenn der -3 dB Dämpfungspunkt des Tiefpasses unterhalb der Eigenresonanzen von Membran oder Package liegt. Besonders vorteilhaft ist es jedoch, wenn der -3 dB Dämpfungspunkt bei einer Frequenz liegt, die ca. 75 % oder weniger der Eigenresonanz der Membran beträgt.

In einer Ausführung wird der Gesamtöffnungsquerschnitt der Schalleintrittsöffnungen auf 2 - 20 Schalleintrittsöffnungen im Substrat verteilt, die zusammen eine Gesamtquerschnittsfläche von weniger als 50 % der Membranfläche aufweisen. Eine auf solche Art reduzierte Gesamtquerschnittsfläche der Schalleintrittsöffnungen führt überraschend dazu, dass die Empfindlichkeit gegenüber hohen Frequenzen im Bereich der Eigenresonanz von Membran oder Package reduziert ist. Auf diese Weise gelingt es, die Eigenresonanzen von Membran und Package mit mehr als 30 dB zu dämpfen. Gleichzeitig sorgt die Aufteilung auf mehrere Öffnungen bei gleich bleibender

Gesamtquerschnittsfläche der Schalleintrittsöffnungen für eine verbesserte Tiefpasswirkung.

Gemäß einer Ausführung liegt das Aspektverhältnis der Schalleintrittsöffnungen, also das Verhältnis von Länge der Schalleintrittsöffnung zum Durchmesser zwischen 0,5 und 3. Es hat sich gezeigt, dass ein geringer Querschnitt der Schalleintrittsöffnungen für die gewünschte Tiefpasswirkung oft nicht ausreichend ist und erst dann diesbezüglich zum Tragen kommt, wenn er mit einem geeigneten Aspektverhältnis kombiniert wird.

Es ist vorteilhaft, eine Schalleintrittsöffnung mit relativ geringem Querschnitt vorzusehen. Vorteilhaft ist es beispielsweise, wenn der Querschnitt der Schalleintrittsöffnungen zwischen 50 und 200 μm und insbesondere bei ca. 100 μm liegt.

Entsprechend dem vorteilhaften Aspektverhältnis beträgt die Länge der Schalleintrittsöffnungen dann zwischen 50 und 500 μm , insbesondere ca. 150 μm .

In einer konkretisierten Ausführung weist das Mikrofonpackage vier Schalleintrittsöffnungen auf, die jeweils einen Durchmesser von ca. 90 - 100 μm bei einem Aspektverhältnis von 1,3 bis 1,7 aufweisen.

Vorteilhaft weist der Mikrofonchip mit der Mikrofonmembran nach unten zum Substrat hin, wo sich in einer Ausführungsform auch die zumindest eine Schalleintrittsöffnung befindet. Der Abstand zwischen Mikrofonmembran und Substrat beträgt vorteilhaft zwischen 5 und 100 μm . Er kann beispielsweise über den Durchmesser bzw. die Höhe der Bumps definiert sein,

mit denen der Mikrofonchip auf dem Substrat befestigt ist.
Der Durchmesser der Mikrofonmembran selbst wird minimiert und beträgt beispielsweise ca. 1000 μm . Das Vorvolumen bestimmt sich im Wesentlichen aus der Fläche des Mikrofonchips mal dem
5 Abstand Mikrofonchip/Substrat, wenn die Abdeckung über dem Mikrofonchip und dem Substrat dicht an den Seitenflächen des Mikrofonchips anliegt und den Freiraum zwischen Mikrofonchip und Substrat von außen her möglichst eng abdichtet. Weiter können auch andere Volumina zum Vorvolumen beitragen, sofern
10 sie über das Kavitätssystem miteinander verbunden sind. Zum Beispiel kann ein IC Bauelement neben dem Mikrofonchip angeordnet sein, unter dem sich ebenfalls ein freies Volumen befinden kann, das zum Vorvolumen beiträgt, ebenso wie ein freies Volumen, das sich zwischen Mikrofonchip IC Bauelement
15 befinden kann.

Zumeist ist das Vorvolumen aber auf Grund der Größenverhältnisse im Wesentlichen durch den eingeschlossenen Hohlraum zwischen Mikrofonchip und Substrat bestimmt. Andere
20 Volumina zwischen Substrat und Abdeckung können in der Auswirkung auf die akustischen Eigenschaften vernachlässigbar sein.

Gemäß einer Ausführungsform ist das Substrat des Mikrofon-
25 packages mehrlagig ausgebildet und weist zumindest zwei dielektrische Lagen und eine darin enthaltene integrierte Verdrahtung auf. Vorteilhaft umfasst das Substrat ein Material, welches ausgewählt ist aus HTCC (High-Temperature Cofired Ceramic), LTCC (Low-Temperature Cofired Ceramic) und
30 FR4 Material, insbesondere ein faserverstärktes Harzlaminat, beispielsweise glasfaserverstärktes Laminat auf Epoxidharzbasis.

Die integrierte Verschaltung dient dazu, elektrische Anschlüsse des Mikrofonchips durch das Substrat hindurch zu Außenkontakten auf der Unterseite des Substrats zu führen. Darüber hinaus wird über die integrierte Verschaltung eine elektrische Verbindung zwischen Mikrofonchip und einem gegebenenfalls im Mikrofonpackage mit enthaltenem IC-Baustein hergestellt. Wahlweise können im Substrat zusätzlich passive Komponenten integriert sein, die Teil der elektrischen Verschaltung von Mikrofonchip und IC-Baustein sind.

10

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist eine Metallisierung an einer Stelle auf oder zwischen den dielektrischen Lagen des mehrschichtigen Substrats aufgebracht, die in den Schalleintrittsöffnungen freiliegt.

15 Gemäß einer weiteren Ausführung ist die Metallisierung auf der Unterseite des Substrats im Bereich der Schalleintrittsöffnung angeordnet. Vorzugsweise ist diese Metallisierung mit Massepotential verbunden und dient dazu, schädliche Überspannungen, die beispielsweise in Form von ESD-Pulsen auftreten können, unschädlich gegen Masse abzuleiten. Auf diese Weise wird eine Beschädigung der empfindlichen Membran und überhaupt des gesamten Mikrofons und des darin enthaltenen IC-Bausteins vermieden. Auch gelingt es mit dieser Metallisierung, störende HF Einstrahlung in des Innere
25 des Mikrofonpackages zu vermindern oder zu verhindern.

In einer Ausgestaltung ist die Metallisierung im Bereich der Schallöffnung flächig auf einer nach unten, also vom Mikrofonchip weg weisenden Oberfläche so ausgebildet, dass
30 die Schalleintrittsöffnungen innerhalb der Metallisierung liegen und die Metallisierung daher durchbrechen.

Gemäß einer weiteren Ausführung weist die Schalleintritts-
öffnung zwei Abschnitte auf, wobei ein erster Abschnitt in
einer unteren, z.B. der untersten dielektrischen Lage des
Substrats und der zweite Abschnitt in einer oberen, z.B. der
5 obersten dielektrischen Lage des Substrats ausgebildet ist.
Der Durchmesser des ersten Abschnitts ist größer als der des
zweiten Abschnitts.

Vorteilhaft liegen mehrere zweite Abschnitte im Bereich des
10 ersten Abschnitts, sodass eine große gemeinsame Öffnung in
der unteren Substratlage eine Vielzahl von kleineren
Öffnungen in der oberen Substratlage umfasst. Dies können die
genannten 2 bis 20 Schalleintrittsöffnungen sein.

Dementsprechend verjüngt sich die Gesamtschalleintritts-
15 öffnung vom ersten zum zweiten Abschnitt in einer Stufe. Auf
der gesamten frei nach unten weisenden Oberfläche dieser
Stufe kann dann die Metallisierung aufgebracht sein und
umschließt dabei die Gesamtmenge der Schalleintrittsöffnungen
des zweiten Abschnitts.

20 Der IC-Baustein ist vorzugsweise neben dem Mikrofonchip auf
dem Substrat aufgebracht und vorteilhaft mit der gleichen
Abdeckung abgedeckt. Der IC-Baustein kann aber auch an einer
anderen Stelle in, auf oder unter dem Package angeordnet
25 sein.

IC-Baustein und Mikrofonchip können jeweils in Flip-Chip-
Technik nebeneinander im Substrat montiert sein. Dies hat den
Vorteil, dass die elektrische Kontaktierung zum Substrat, die
30 Verschaltung beider Chips bzw. Bausteine und die mechanische
Befestigung in einem Schritt erfolgen können. Vorteilhaft ist
ferner, dass auf diese Weise die Rückseiten von IC-Baustein
und Mikrofonchip frei von elektrischen Anschlüssen sind,

sodass die Abdeckung in einfacher Weise in Form einer Folie auflaminiert werden kann. Ein Flip-chip montierter IC Baustein schafft ein zusätzliches freies Volumen, das bei gegebener räumlicher Verbindung zum Kavitätssystem und damit
5 zum Vorvolumen gerechnet werden kann.

Die Membran des Mikrofonchips weist vorzugsweise zum Substrat hin. Die Ausnehmung im Mikrofonchip hinter der Membran (in Schallrichtung gesehen), die ein Hohlraum sein kann oder
10 insbesondere den gesamten Chip bis auf die Membran durchbricht, bildet das Rückvolumen für das Mikrofon aus. Um dieses bei der Verkapselung mittels einer Abdeckfolie zu schützen, wird diese Ausnehmung in einer Ausführungsform auf der Rückseite des Mikrofonchips mit einer diese Ausnehmung
15 überdeckenden Folie als Abdeckschicht abgedeckt. Diese Abdeckschicht weist einen ausreichenden Steifheitsgrad auf, um beim Auflaminieren der weiteren Abdeckung über den gesamten Mikrofonchip und den integrierten IC-Baustein den dabei auftretenden und auf den Mikrofonchip einwirkenden
20 Kräften standzuhalten und insbesondere das Rückvolumen unbeeinträchtigt zu lassen.

In einer weiteren Ausführung sind Mikrofonchip und IC-Baustein übereinander angeordnet. Der von seinen Abmessungen
25 her kleinere IC-Baustein kann dabei unter dem Mikrofonchip, also zwischen Mikrofonchip und Substrat angeordnet sein. In einer Ausführung ist für den IC-Baustein eine Ausnehmung in der Oberfläche des Substrats vorgesehen, um bei dieser Anordnung noch ein definiertes Vorvolumen zu gewährleisten.
30

Im Folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen und den dazugehörigen neun Figuren näher erläutert. Die Figuren sind schematisch und nicht

maßstabsgetreu ausgeführt. Einzelne Teile können zur besseren Übersichtlichkeit vergrößert dargestellt sein, sodass den Figuren auch keine relativen Maßangaben zu entnehmen sind.

- 5 Figur 1 zeigt im schematischen Querschnitt ein einfach ausgebildetes Mikrofonpackage,
- Figur 2 zeigt ein den Komponenten des Mikrofonpackages zugeordnetes elektrisches Ersatzschaltbild,
- 10 Figur 3 zeigt ein beispielhaftes Mikrofonpackage mit zusätzlichem IC-Baustein,
- Figur 4 zeigt anhand schematischer Querschnitte
15 verschiedene Verfahrensstufen bei der Herstellung und Vereinzelung von MEMS Mikrofonchips,
- Figur 5 zeigt anhand schematischer Querschnitte
20 verschiedene Verfahrensstufen bei der Montage von Mikrofonchips und IC-Bausteinen auf einem Substrat,
- Figur 6 zeigt anhand schematischer Querschnitte
25 verschiedene Verfahrensstufen bei der Abdeckung und Vereinzelung eines Mikrofonpackages,
- Figur 7 zeigt ein vereinfachtes akustisches Ersatzschaltbild für das MEMS Mikrofonpackage,
- Figur 8 zeigt in verschiedenen Kurven das akustische
30 Verhalten eines Mikrofonchips ohne Package, mit bekanntem Package und mit erfindungsgemäßem Package,

Figur 9 zeigt ein Mikrofonpackage, bei dem IC Baustein und Mikrofonchip übereinander angeordnet sind.

Figur 1 zeigt anhand eines schematischen Querschnitts den einfachstmöglichen Aufbau eines erfindungsgemäßen Mikrofonpackages. Der Mikrofonchip MIC ist als MEMS Baustein aus einem kristallinen Material, insbesondere aus kristallinem Silizium, ausgebildet. Mit Hilfe seiner nach unten weisenden Kontakte ist er über Bumps BMP auf einem Substrat SUB montiert und über die Bumps auch elektrisch kontaktiert.

Der Mikrofonchip MIC arbeitet beispielsweise nach dem kapazitiven Prinzip und weist dazu eine Membran MMB in geringem Abstand zu einer starren Gegenelektrode CEL auf, die beide an der nach unten weisenden Oberfläche des Mikrofonchips angeordnet sind. Oberhalb/hinter der Membran ist eine Ausnehmung BKV, die zur Freilegung der Membran, beispielsweise mittels Ätzen von der Oberseite her, erzeugt ist. Unterhalb/vor der Membran, jedoch mit einem gegenüber der Membranfläche reduzierten Querschnitt, ist eine durch das Substrat SUB hindurch reichende Schalleintrittsöffnung SEO angeordnet. In einer nicht dargestellten Variante ist die Schalleintrittsöffnung SEO seitlich vom Mikrofonchip in der Abdeckung so vorgesehen, dass sie eine Verbindung zum Vorvolumen erschließt

Über Substrat SUB und Mikrofonchip MIC ist eine Abdeckung ABD so angeordnet, dass sie vorzugsweise den Mikrofonchip MIC dicht umschließt und dabei den Freiraum zwischen Mikrofonchip und Substrat von außen her bündig abschließt und abdichtet. Zwischen Mikrofonchip bzw. zwischen Membran MMB und Substrat SUB ist das Vorvolumen als zumindest größtenteils abgeschlossener Hohlraum ausgebildet. Die unter der Abdeckung

eingeschlossene Ausnehmung im Mikrofonchip bildet das Rückvolumen BKV des Mikrofons.

Die Auswirkungen der Dimensionierung von Vorvolumen und Schalleintrittsöffnung sowie des Kavitätssystems insgesamt haben, wie später noch gezeigt wird, Auswirkungen auf das akustische Verhalten und insbesondere auf die erfindungsgemäß realisierte Tiefpassfunktion des Mikrofonpackages.

Figur 2 zeigt in einem detaillierten von den Erfindern aufgestellten Modell mit den wichtigsten, das akustische Verhalten des Mikrofonpackages bestimmenden Komponenten und den dazu passenden, entsprechend äquivalenten, elektrischen Komponenten, die dem akustischen Tiefpassfilter bzw. dessen elektrischem Äquivalent zugeordnet werden können.

Solche akustischen bzw. elektrischen Komponenten können in Widerstände, Induktivitäten und Kapazitäten aufgeteilt werden. Ein Widerstand entsteht beispielsweise in schmalen Öffnungen, wie sie insbesondere die Schalleintrittsöffnungen SEO bilden. Auch die Gegenelektrode CEL, die üblicherweise perforiert ist und dementsprechend auch enge Durchlässe aufweist, bietet dem Schall bzw. den eingeschlossenen schwingenden Luftmassen einen Widerstand, der einem elektrischen Widerstand gleichzusetzen ist. Die im Schallkanal befindliche Luft hat bei ihrer Verschiebung einen Reibungswiderstand R . Schnelle Druckänderungen werden nicht mehr durch Luftströmung ausgeglichen, die Luft wird statt dessen komprimiert und fungiert dadurch als Feder, welche die Auslenkung der Mikrofonmembran dämpft. Allgemein kann der Widerstand R , den eine schmale Öffnung einem Medium bietet, gemäß der folgenden Formel abgeschätzt werden:

$$R = \frac{8 * \eta * l}{\pi * r^4}$$

wobei η die Viskosität des Mediums, hier der Luft, ist, l die
 5 Länge und r der Radius der Öffnung ist. Es zeigt sich, dass
 der Widerstand umgekehrt proportional zur vierten Potenz des
 Radius r einer Öffnung ist. Mit kleiner werdender Öffnung
 steigt der Widerstand, den die Öffnung einer Schallwelle
 entgegengesetzt, steil an. Im Modell gemäß der verzerrt
 10 dargestellten Figur 2 ergibt sich der größte Widerstand R im
 engen Volumen zwischen Membran MMB und Gegenelektrode CEL,
 welches bei einem gegebenen Mikrofonchip z.B. auf einen nur
 ca. $2\mu\text{m}$ bemessenden Abstand zwischen Membran und
 Gegenelektrode zurück geht.

15 Induktive akustische Komponenten L entstehen da, wo das
 Medium (die Luft) beschleunigt werden muss. In dem gezeigten
 Modell erfolgt dies ebenfalls in den Durchbrechungen und
 engen Kanälen, insbesondere in den Schalleintrittsöffnungen
 20 SEO bzw. den Perforationen der Gegenelektrode CEL. Weiter ist
 es natürlich möglich, den akustischen Kanal, also den Weg,
 den der Schall von der Schalleintrittsöffnung bis hin zur
 Membran zurücklegen muss, in entsprechender Weise
 auszugestalten und die dortigen akustischen Elemente in
 25 elektrische Ersatzschaltbilder zu überführen. Die
 Induktivität L einer solchen Öffnung kann gemäß der folgenden
 Formel abgeschätzt werden:

$$L = \frac{\rho * (1 + 0,8 * 2 * r)}{r^2 * \pi}$$

30 In dieser Gleichung repräsentiert ρ die Dichte des Mediums
 (Luft), r den Radius der Öffnung oder des Rohres und l seine

Länge. Es zeigt sich, dass die Induktivität L umgekehrt proportional zum Quadrat des Radius r der Öffnung ist. Mit kleiner werdendem Radius steigen also sowohl Widerstand als auch Induktivität, wobei der Anstieg des Widerstands mit einer Abhängigkeit von r^4 wesentlich schneller ansteigt als die Induktivitäten mit einer Abhängigkeit von r^2 . Den größten Beitrag liefert die Induktivität, die durch die Schalleintrittsöffnungen bestimmt ist.

10 Kapazitive Elemente sind in diesem Modell an den Stellen wirksam, wo der Luftfluss gegen große Volumen arbeiten muss, wie sie das Vorvolumen FRV darstellt. In dem dargestellten verfeinerten Modell teilt sich das Vorvolumen in das Volumen zwischen Membran MMB und Gegenelektrode CEL sowie in das
15 Volumen zwischen Gegenelektrode CEL und Substrat SUB auf. Beide Volumina wirken als Kapazitäten im Ersatzschaltbild. Wegen der geringen Größe des erstgenannten Volumens relativ zum letztgenannten kann es bei der Betrachtung und auch Berechnung aber vernachlässigt werden.

20

Figur 7 zeigt ein demgegenüber vereinfachtes Ersatzschaltbild für das Mikrofonpackage. Dieses umfasst in einem seriellen Zweig einen ersten Widerstand R_1 und eine erste Induktivität L_1 , die von der Schalleintrittsöffnungen SEO gebildet und von
25 deren Dimensionierung abhängig sind.

In einem ersten Querzweig gegen Masse ist eine erste Kapazität C_1 angeordnet, die dem Volumen zwischen Gegenelektrode CEL und Substrat SUB entspricht. Weiter ist im
30 seriellen Zweig ein zweiter Widerstand R_2 , eine zweite Kapazität C_2 und eine zweite Induktivität L_2 angeordnet, die durch die Membran MMB und die Gegenelektrode CEL bestimmt sind und gewissermaßen durch einen gegebenen Mikrofonchip

vorgegeben sind. C2 und L2 werden durch die mechanischen Eigenschaften der Membran und Gegenelektrode definiert. Der Widerstand R2 entspricht im Wesentlichen dem in Verbindung mit Figur 2 genannten Widerstand, der durch das kleine
5 Volumen bzw. den engen Abstand zwischen Membran und Gegenelektrode erzeugt wird, sowie dem Widerstand, der durch die Öffnungen in der Gegenelektrode CEL erzeugt wird. Parallel zu dieser Serienschaltung ist ein zweiter Querzweig gegen Masse geschaltet, in dem eine dritte Kapazität C3
10 angeordnet ist. Diese entspricht dem Rückvolumen BKV.

Aus diesem Modell ist klar ersichtlich, dass die akustischen Komponenten zusammen eine Tiefpassfunktion ausüben, bei der hohe Frequenzanteile eine starke Dämpfung aufweisen, während
15 die Anteile geringerer Frequenzen eine nur geringe Dämpfung erfahren. Die Eigenschaften des Tiefpasses können unabhängig von einem möglicherweise unveränderlichen weil gegebenen Mikrofonchip allein durch die Dimensionierung des Kavitätssystems im Mikrofonpackage eingestellt werden.

20

Der so realisierte Tiefpass weist über entsprechend dimensionierte und bemessene Komponenten eine Grenzfrequenz auf, die sich - vereinfachend erläutert - mit einer größeren Länge und kleineren Durchmessern der Schalleintrittsöff-
25 nung(en) und/oder des akustischen Kanals, oder auch durch eine geringere Anzahl ansonsten unveränderter Schalleintrittsöffnungen verringern lässt. Durch entsprechende Dimensionierung der geometrischen Äquivalente des elektrischen Ersatzschaltbildes gelingt es, die Dämpfungseigenschaften
30 des Tiefpasses auf einen gewünschten Wert so einzustellen, dass ein -3 dB Dämpfungspunkt in einem Bereich liegt, der ausreichend unterhalb der Eigenresonanz der Membran und auch unterhalb der Eigenresonanz des gesamten Packages zu

liegen kommt. Vorteilhaft liegt dieser -3 dB Dämpfungspunkt sogar unterhalb einer Frequenz, die 75 % der genannten Eigenfrequenz entspricht.

5 Figur 8 zeigt anhand verschiedener Kurven das akustische Verhalten eines ungehäusten Mikrofonchips (Kurve 1), eines Mikrofonchips mit herkömmlicher Verpackung ohne Tiefpasswirkung (Kurve 2) sowie das Verhalten eines Mikrofons in einem erfindungsgemäß ausgebildeten Mikrofonpackage (Kurve
10 3). Wie die Kurve 1 zeigt, weist ein ungehäustes Mikrofon einen engen Bereich mit erhöhter Empfindlichkeit auf, der der Eigenresonanz der Membran entspricht. In diesem Bereich kommt es daher zu nichtlinearem Verhalten des Mikrofons. Darüber hinaus kann ein ungewolltes Anregen der Eigenresonanz der
15 Membran durch einen Sturz oder Schlag ausgelöst werden, welcher üblicherweise ein breites Spektrum von Frequenzen anregen kann. Durch die erhöhte Empfindlichkeit bei Eigenresonanz kann die Membran dabei besonders stark belastet werden und neigt daher zur Beschädigung.

20

Das akustische Verhalten eines MEMS Mikrofons mit herkömmlichem Package verdeutlicht die Kurve 2. Auch hier zeigt sich noch die Eigenresonanz der Membran, jedoch nur noch als kleines Nebenmaximum. Als zweites Hauptmaximum tritt
25 hier die Eigenresonanz des gesamten Packages auf, die jedoch, wie die Kurve zeigt, zu einer noch größeren akustischen Nichtlinearität bei der Eigenresonanz führt, die die Eigenschaften des Mikrofons weiter verschlechtern.

30 Ein erfindungsgemäß ausgebildetes Mikrofonpackage, bei dem insbesondere die Schalleintrittsöffnungen und das Vorvolumen in geeigneter Weise dimensioniert sind, so dass ein Tiefpass mit entsprechender Filterwirkung für die Eigenresonanz von

Package und Membran zum Tragen kommt, wird durch die Kurve 3 dargestellt. Es zeigt sich, dass Frequenzen im Bereich der genannten Eigenresonanzen nahezu vollständig gedämpft sind und dort kein Maximum mehr aufweisen. Vielmehr zeigt Kurve 3
5 ein verbreitetes Plateau, in dessen Bereich ein lineares akustisches Verhalten des Mikrofons beobachtet werden kann. Dieses ist ideal für ein Mikrofon mit hoher Linearität, wie es die Erfindung darstellt.

- 10 Die Dämpfung der Eigenresonanz erhöht weiterhin die Robustheit des Mikrofonpackages gegenüber Schockbelastungen, was sich vorteilhaft auf die Zuverlässigkeit des Bauteils, z. B. beim so genannten Drop-Test auswirkt. Durch die Dämpfung der Amplituden bei den Eigenresonanzfrequenzen wird die maximale
15 Auslenkung der Mikrofonmembran reduziert und ein Belastungsbruch verhindert.

Ein weiterer Vorteil einer im Durchmesser reduzierten Schalleintrittsöffnung oder einer anderen Öffnung im Verlauf
20 des akustischen Kanals ist eine verbesserte mechanische Abschirmung der Membran oder allgemein des Innenraums gegenüber größeren Partikeln. Es zeigt sich, dass die sonstige akustische Performance und insbesondere die Empfindlichkeit unterhalb der Eigenresonanz bzw. unterhalb
25 der Grenzfrequenz des Tiefpasses ausreichend gut gegeben ist bzw. durch die Erfindung nicht wesentlich verschlechtert wird. Auf diese Weise gelingt es, die Größe des Mikrofon weiter zu minimieren, ohne dass dabei ein zu starkes Abweichen von einem linearen Frequenzgang in Kauf genommen
30 werden muss. Bisher mussten zu starke Nichtlinearitäten insbesondere durch eine Vergrößerung der Membran und damit des gesamten Mikrofons kompensiert werden. Ein erfindungsgemäßes Mikrofonpackage kann daher bei gleicher mechanischer

Belastbarkeit wesentlich kleiner als bekannte Mikrofon-packages ausgeführt werden. Für die Konstruktion des erfindungsgemäßen Mikrofonpackages werden beim bevorzugten Aufbau keine zusätzlichen Teile oder Arbeitsgänge benötigt,
5 es werden nur die an sich bekannten Komponenten des Packages in geeigneter Weise dimensioniert bzw. modifiziert.

Figur 3 zeigt ein weiteres Mikrofonpackage im schematischen Querschnitt, das weitere mögliche Ausgestaltungen aufweist.
10 Prinzipiell umfasst das Mikrofonpackage neben dem Mikrofonchip MIC noch den IC-Baustein AIC, welcher verschiedene elektronische Aufgaben des Mikrofons übernimmt und insbesondere einen Verstärker umfasst. Mikrofonchip MIC und IC-Baustein AIC sind beide in Flip-Chip-Bauweise auf einem hier
15 zweischichtig dargestellten Mehrlagensubstrat SUB montiert und elektrisch mit dessen integrierter strukturierter Metallisierung, die auf und zwischen den dielektrischen Lagen angeordnet ist, kontaktiert. An der Unterseite des Substrats befinden sich Außenkontakte KON zur elektrischen
20 Kontaktierung des Mikrofonpackages mit einer äußeren Schaltungsumgebung.

Die Gegenelektrode CEL kann anders als dargestellt auch über der Membran angeordnet sein, so dass das Volumen zwischen
25 Membran MMB und Gegenelektrode CEL dem Rückvolumen BKV zuzurechnen ist.

Weiter im Detail ist auch die Abdeckung dargestellt. Diese umfasst direkt über dem Mikrofonchip MIC eine starre
30 Abdeckschicht ADS, die ausreichend Stabilität aufweist, um das Rückvolumen BKV des Mikrofonchips sicher während des Aufbringens der Abdeckung zu schützen. Die Abdeckschicht ADS kann auch eine Folie sein. Die Abdeckschicht ADS kann

ganzflächig über den beiden Chips aufgebracht sein.
Vorzugsweise wird sie jedoch integriert bei der Herstellung
des Mikrofonchips MIC erzeugt.

- 5 Die Abdeckung umfasst weiterhin eine Abdeckfolie ADF, welche
in einem erweichten oder weichen Zustand auflaminiert werden
und anschließend ausgehärtet werden kann. Die Abdeckfolie ADF
kann eine thermoplastische Kunststofffolie oder eine
duroplastische Kunststofffolie im B-Zustand sein. Außerhalb
10 des von Mikrofonchip MIC und IC-Baustein AIC eingenommenen
Bereichs schließt die Abdeckfolie ADF rundum dicht mit der
Oberfläche des Substrats SUB ab.

- Im Abstand zu den Chips MIC und AIC und rund um diese herum
15 ist zumindest ein Bereich der Substratoberfläche freigelegt.
Über bzw. auf der Abdeckfolie ADF ist eine Außenmetallisi-
sierung AME aufgebracht, beispielsweise mittels galvanischer
Verfahren. Die Außenmetallisierung AME schließt bündig mit
der Substratoberfläche SUB ab. Sie dichtet zum einen das
20 Package hermetisch nach oben ab und sorgt zum anderen für
eine elektromagnetische Abschirmung des Mikrofons.

- Unterhalb der Membran MMB des Mikrofonchips MIC sind im
Substrat SUB Schalleintrittsöffnungen SEO realisiert, von
25 denen in der Figur zwei im Querschnitt dargestellt sind.
Weiter ist aus der Figur ersichtlich, dass in der unteren der
beiden dargestellten dielektrischen Lagen eine Ausnehmung
angeordnet ist, deren Grundfläche sämtliche Schalleintritts-
öffnungen SEO umfasst. Auf dem Boden der Ausnehmung, also auf
30 der nach unten weisenden Oberfläche der oberen dielektrischen
Lage ist eine Metallisierung MET aufgebracht, die
vorzugsweise die bis auf die Fläche der Schalleintritts-

öffnungen SEO durchgängig unterhalb der Membran angeordnet sein kann.

Figur 4 zeigt verschiedene Verfahrensstufen eines an sich bekannten Herstellungsprozesses für MEMS Mikrofonchips. In Stufe a) ist ein Siliziumwafer gezeigt, in dem eine Vielzahl von MEMS Mikrofonen parallel nebeneinander erzeugt sind. Die einzelnen Mikrofonchips sind noch über den Wafer miteinander verbunden. In Stufe b) ist eine Verfahrensstufe dargestellt, bei der auf die elektrischen Anschlussflächen des MEMS Chips Bumps für die spätere Flip-Chip-Montage aufgebracht sind. Vorzugsweise sind dies Stud Bumps, insbesondere aus Gold.

In Verfahrensstufe c) ist das Rückvolumen unterhalb der Membran mit einer Abdeckschicht ADS verschlossen, die beispielsweise ganzflächig auf die Oberseite des Wafers aufgebracht ist. Die Abdeckschicht ADS kann auflaminiert oder aufgeklebt sein. Sie kann aus einer Kunststofffolie bestehen. In Verfahrensstufe d) wird die Abdeckschicht ADS entlang der Trennlinien zwischen den einzelnen Mikrofonchips aufgetrennt, beispielsweise mittels eines Laserablationsverfahrens.

Im Verfahrensstufe e) ist der gesamte Wafer über die Abdeckschicht ADS auf einen Hilfsträger HTR aufgebracht, beispielsweise mit Hilfe einer leicht lösbaren Verklebung. Der Hilfsträger HTR dient zur Halterung der einzelnen Mikrofonchips während und nach der Auftrennung, die beispielsweise mittels Sägen entlang der Trennlinien zwischen den Mikrofonchips erfolgen kann. Die Stufe e) zeigt die vereinzelt Mikrofonchips, die mit der Abdeckschicht ADS auf dem Hilfsträger HTR aufgeklebt sind.

Figur 5 zeigt drei Verfahrensstufen a) bis c) während der Herstellung eines Mikrofonchips bzw. der Montage der entsprechenden Bauelemente auf dem Substrat.

5 In Stufe a) werden die vereinzelt Mikrofonchips MIC mit Hilfe der Stud Bumps auf die entsprechenden Kontaktflächen auf der Oberseite eines keramischen mehrschichtigen Substrats SUB in Flip-Chip-Bauweise montiert. Das Substrat SUB ist großflächig und bietet Raum für eine Vielzahl von
10 Mikrofonchips MIC.

In Verfahrensstufe b) wird neben jedem Mikrofonchip MIC ein IC-Baustein AIC montiert, insbesondere ebenfalls mittels Flip-Chip-Montage über Lotbumps.

15

Natürlich kann auch zuerst der IC Baustein und dann der Mikrofonchip auf das Substrat aufgebracht werden.

In der nächsten Stufe c) wird über den Mikrofonchips MIC und
20 den IC-Bausteinen AIC eine Abdeckfolie ADF so auflaminiert, dass sie bündig auf der Oberseite der Chips, an den Außenseiten der Chips und auf der Oberfläche des Substrats zwischen den Chips auf- bzw. anliegt.

25 Die Metallisierung MET im Bereich der Schalleintrittsöffnung SEO (siehe Fig. 3) kann integriert mit der Herstellung des Substrats erzeugt werden.

Figur 6 zeigt anhand dreier im schematischen Querschnitt
30 dargestellter Verfahrensschritte a) bis c) den weiteren Aufbau der Abdeckung. Dazu wird die Abdeckfolie ADF zunächst im Bereich zwischen den einem einzelnen Mikrofonpackage zugeordneten Bauelementen von der Oberfläche des Substrats

SUB entfernt, beispielsweise durch ein Laserablationsverfahren. Anschließend wird in Schritt b) eine Außenmetallisierung AME aufgebracht. Diese kann mehrstufig erfolgen, indem beispielsweise in einem ersten Schritt eine Grundmetallisierung aufgesputtert wird, die anschließend galvanisch mit Kupfer- und Nickelschichten verstärkt werden kann. Die gesamte Außenmetallisierung AME weist bevorzugt eine Dicke von ca. 50 µm und mehr auf. In dieser Dicke ist sie mechanisch stabil und das so überzogene bzw. abgedeckte Bauelement kann mit Standardverfahren über Vakuumpipetten und andere Aufnehmer weiterverarbeitet werden.

In Verfahrensschritt c) wird das großflächige Substrat SUB mit den darauf aufgetragenen Mikrofonchips und IC-Bausteinen für eine Vielzahl von Mikrofonpackages mit der Unterseite des Substrats auf eine Sägefolie aufgeklebt und anschließend von der Oberseite, also von der Außenmetallisierung AME her bis zur Oberfläche der Sägefolie eingesägt und so vereinzelt. Anschließend können die einzelnen Mikrofonpackages von der Sägefolie genommen werden.

Figur 9 zeigt im schematischen Querschnitt eine Variante eines Mikrofonpackages, bei der der IC-Baustein AIC in einer Ausnehmung des Substrats SUB unterhalb des Mikrofonchips MIC angeordnet ist. Die Tiefe der Ausnehmung im Substrat kann eine oder mehrere obere dielektrische Lagen umfassen und weist insbesondere eine solche Tiefe auf, dass sie den IC-Baustein weitgehend oder sogar vollständig aufnehmen kann. So kann der Mikrofonchip MIC außerhalb der Ausnehmung ohne Probleme auf der Oberfläche des Substrats aufgebondet werden. Die Schalleintrittsöffnung SEO ist hier vorzugsweise unterhalb des IC-Bausteins AIC angeordnet. Sie kann aber auch seitlich als Durchbrechung der Abdeckung so ausgebildet sein,

dass eine Verbindung zum Vorvolumen z.B. zwischen Membran MMB und IC Baustein AIC gegeben ist.

Im Unterschied zu den in Figur 1 und 3 dargestellten
5 Varianten ergibt sich hier ein akustischer Kanal, der die Schalleintrittsöffnungen SEO in nicht geradliniger Weise mit dem Vorvolumen FRV unterhalb der Membran verbindet. Dies hat den weiteren Vorteil, dass der Kanal im Hinblick auf die gewünschte Tiefpasswirkung des Mikrofonpackages entsprechend
10 schmal gestaltet werden kann, sodass der Tiefpasseffekt ausschließlich oder zusätzlich über den akustischen Kanal erzielt werden kann. Da in dieser Anordnung die benötigte Grundfläche für Mikrofonchip und IC-Baustein geringer ist als in der Variante nach Figur 3, kann so insgesamt die Größe des
15 Mikrofonpackage weiter minimiert werden. Zusätzlich hat diese Variante den Vorteil, dass auch für Schmutzpartikel und andere Verunreinigungen der gerade Weg von der Schalleintrittsöffnung hin zur Membran nicht gegeben ist und so eine Verschmutzung oder Beschädigung der Membran vermieden werden
20 kann.

Die Erfindung ist nicht auf die Ausführungsbeispiele oder gar die Figuren beschränkt. Im Rahmen der Erfindung liegt es, den akustischen Kanal und mithin die relative Anordnung von
25 Mikrofonchip, akustischer Kanal und Schalleintrittsöffnung relativ zueinander zu variieren und die akustischen Eigenschaften und insbesondere die Tiefpasswirkung über eine spezielle Gestaltung dieses akustischen Kanals herbeizuführen. Im Rahmen der Erfindung liegt es auch, verschiedene
30 Merkmale aus unterschiedlichen Ausführungen miteinander zu kombinieren.

Der Mikrofonchip ist weder auf Silizium noch auf das kapazitive Prinzip beschränkt. Möglich sind alle anderen MEMS Mikrofonchips, die nach mikromechanischen Verfahren hergestellt sind, oder auch Elektret Mikrofone. Möglich sind
5 auch Mikrofonpackages, die mehr als ein Mikrofon oder mehr als einen IC-Baustein umfassen.

Bezugszeichenliste

1	akustisches Verhalten eines ungehäusten MIC
2	akustisches Verhalten eines bekannten Packages
3	akustisches Verhalten eines erfindungsgemäßen Packages
ABD	Abdeckung
ADF	Abdeckfolie
ADS	Abdeckschicht
AIC	IC Baustein
AME	Außenmetallisierung
BKV	Rückvolumen
BMP	Bump
C	Kapazität
CEL	Gegenelektrode
FRV	Vorvolumen
HTR	Hilfsträger
KON	Außenkontakte
L	Induktivität
MET	Metallisierung
MIC	MEMS Mikrofonchip
MMB	Membran
R	Widerstand
SEO	Schalleintrittsöffnung
SQS	Schallquelle
SUB	Substrat

Patentansprüche

1. Mikrofonpackage,
 - mit einem Substrat (SUB),
 - 5 - mit einem eine Membran (MMB) aufweisenden MEMS Mikrofonchip (MIC), der oben auf dem Substrat montiert ist
 - mit einer Abdeckung (ABD), die oben auf dem Substrat aufsitzt und den Mikrofonchip zwischen sich und dem
 - 10 Substrat einschließt,
 - mit zumindest einer Schalleintrittsöffnung (SEO) durch das Substrat oder die Abdeckung hindurch,
 - mit einem Vorvolumen (FRV) vor der Membran, das über einen Kanal mit der Schalleintrittsöffnung verbunden
 - 15 ist,
 - wobei Schalleintrittsöffnung (SEO), Kanal und Vorvolumen (FRV) ein Kavitätssystem ausbilden und eine solch definierte Geometrie aufweisen, dass eine Luftreibung entsteht und das System einen akustischen
 - 20 Tiefpass ausbildet, der einen -3 dB Dämpfungspunkt unterhalb der Eigenresonanzen von Membran und Package aufweist.
2. Mikrofonpackage nach Anspruch 1,
 - 25 bei dem der -3 dB Dämpfungspunkt des Tiefpass bei einer Frequenz liegt, die bei 75% oder weniger der Eigenresonanz der Membran liegt.
3. Mikrofonpackage nach Anspruch 1 oder 2,
 - 30 bei dem die Schalleintrittsöffnungen (SEO) alle durch das Substrat (SUB) hindurch ausgebildet sind,
 - bei dem 2-20 Schalleintrittsöffnungen (SEO) ausgebildet sind, die zusammen eine Gesamtquerschnittsfläche

aufweisen, die weniger als 50% der Membranfläche beträgt.

4. Mikrofonpackage nach einem der Ansprüche 1-3,
5 bei dem die Eigenresonanzen von Membran (MMB) und
Package mit mehr als 30 dB gedämpft sind.
5. Mikrofonpackage nach einem der Ansprüche 1-4,
bei dem der Durchmesser der zumindest einen
10 Schalleintrittsöffnung (SEO) zwischen 50 und 200µm,
insbesondere bei ca. 100µm liegt.
6. Mikrofonpackage nach einem der Ansprüche 1-5,
bei dem die Länge der Schalleintrittsöffnung (SEO) bei
15 50 bis 500µm, insbesondere bei ca. 150µm liegt.
7. Mikrofonpackage nach einem der Ansprüche 1-6,
bei dem das Aspektverhältnis der Schalleintrittsöffnung
(SEO) zwischen 0,5 und 3,0 liegt.
20
8. Mikrofonpackage nach einem der Ansprüche 1-7,
bei dem 4 Schalleintrittsöffnungen (SEO) vorgesehen
sind, die bei einem Durchmesser von 90-110µm ein
Aspektverhältnis von 1,3 - 1,7 aufweisen.
25
9. Mikrofonpackage nach einem der Ansprüche 3-8,
bei dem die Mikrofonmembran (MMB) des Mikrofonchips
(MIC) nach unten zur Schalleintrittsöffnung (SEO) weist,
bei dem der Abstand zwischen Mikrofonmembran und
30 Substrat (SUB) 5-100µm beträgt,
bei dem die Abdeckung (ABD) eine auflaminierte
Abdeckfolie (ADF) umfasst, die seitlich und oben am
Mikrofonchip anliegt.

10. Mikrofonpackage nach einem der Ansprüche 1-9,
bei der das Substrat (SUB) mehrlagig ausgebildet ist und
zumindest zwei dielektrische Lagen mit integrierter
Verdrahtung und ein Material umfasst, welches ausgewählt
ist aus HTCC, LTCC und faserverstärktem Harz-Laminat.
11. Mikrofonpackage nach einem der Ansprüche 1-10,
bei dem auf dem Substrat (SUB) oder zwischen den
dielektrischen Lagen eine Metallisierung (MET)
aufgebracht ist, die in den Schalleintrittsöffnungen
(SEO) freiliegt, oder die nahe der Schallöffnungen auf
der Unterseite des Substrats angeordnet ist.
12. Mikrofonpackage nach Anspruch 11,
bei dem die Metallisierung (MET) auf einer nach unten
weisenden Fläche des Substrats (SUB) oder einer
dielektrischen Lage davon als flächige Metallisierung
ausgebildet ist, wobei die Schalleintrittsöffnungen
(SEO) innerhalb dieser flächigen Metallisierung
ausgebildet sind und diese durchbrechen.
13. Mikrofonpackage nach Anspruch 12,
bei dem der Durchmesser eines ersten Abschnitts der
Schalleintrittsöffnung (SEO) in einer unteren,
insbesondere in der untersten dielektrischen Lage des
mehrlagigen Substrats (SUB) größer ist als der
Durchmesser des zweiten Abschnitts der
Schalleintrittsöffnung in einer oberen, insbesondere in
der obersten dielektrischen Lage,
bei dem sich die Schalleintrittsöffnung vom ersten zum
zweiten Abschnitt hin in einer Stufe verjüngt und der
Abschnitt mit dem kleineren Durchmesser innerhalb des

größeren Durchmessers angeordnet ist,
bei dem die Metallisierung (MET) auf der nach unten
weisenden Oberfläche der Stufe angeordnet ist.

- 5 14. Mikrofonpackage nach einem der Ansprüche 1-13,
bei dem zwischen der Abdeckung (ABD) und dem Substrat
(SUB) außerdem ein IC Baustein (AIC) angeordnet ist.
15. Mikrofonpackage nach Anspruch 14,
10 bei dem der IC-Baustein (AIC) und Mikrofonchip (MIC) in
Flip-Chip Technik nebeneinander auf dem Substrat (SUB)
montiert und mit derselben Abdeckung (ABD) abgedeckt
sind.
- 15 16. Mikrofonpackage nach Anspruch 14,
bei dem der Mikrofonchip (MIC) und der IC-Baustein (AIC)
übereinander befestigt sind.
17. Mikrofonpackage nach Anspruch 16,
20 bei dem der IC-Baustein (AIC) in einer Ausnehmung des
Substrats (SUB) unter dem Mikrofonchip (MIC) angeordnet
ist

1/5

Fig 1

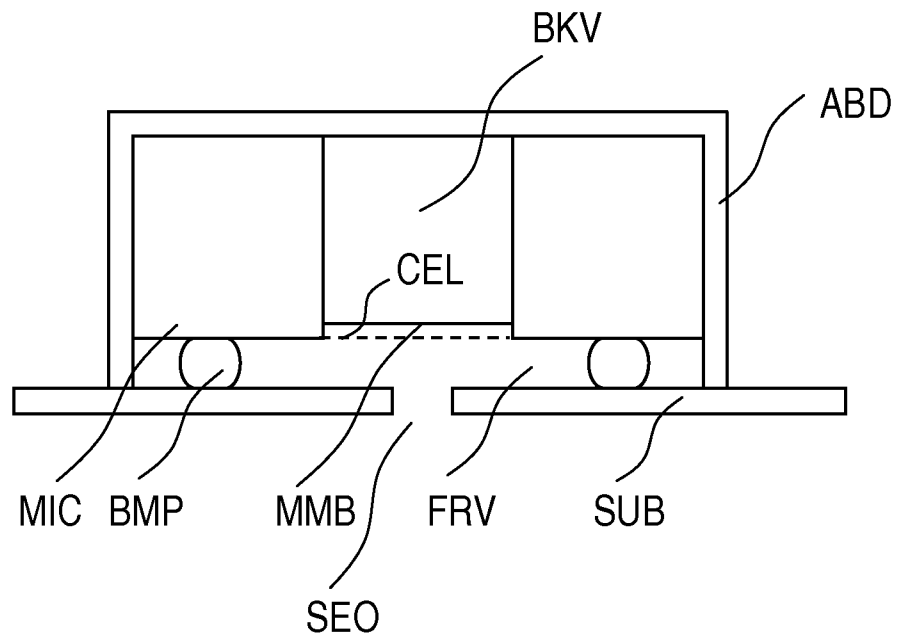
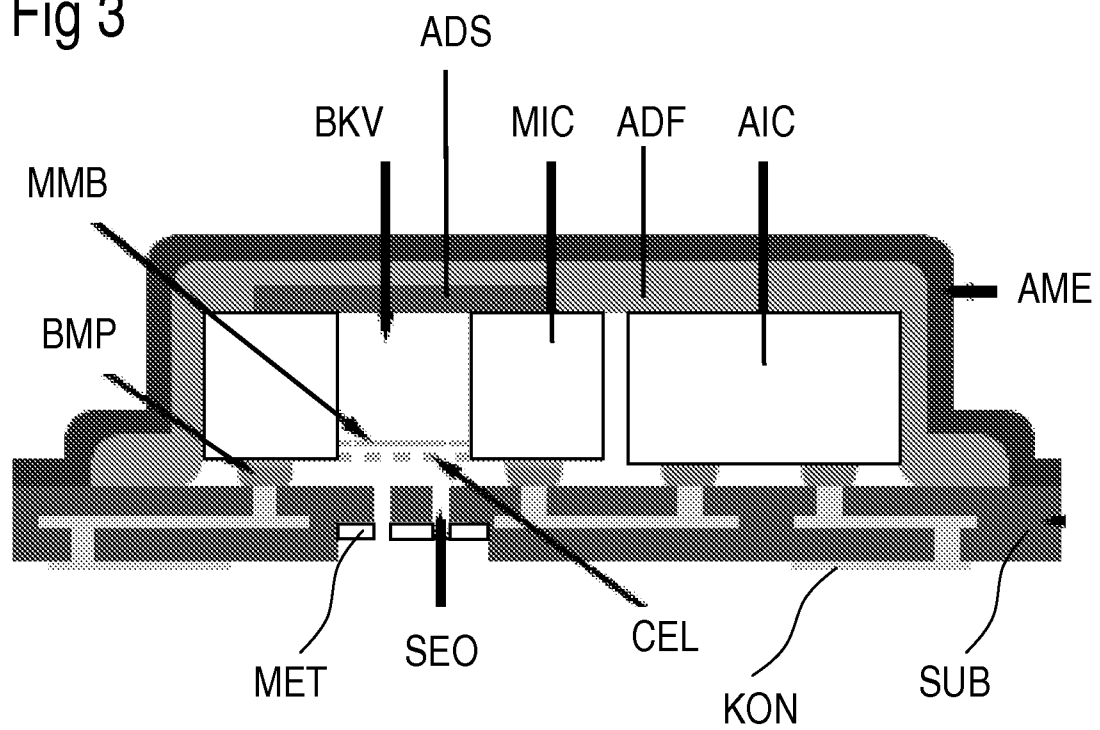
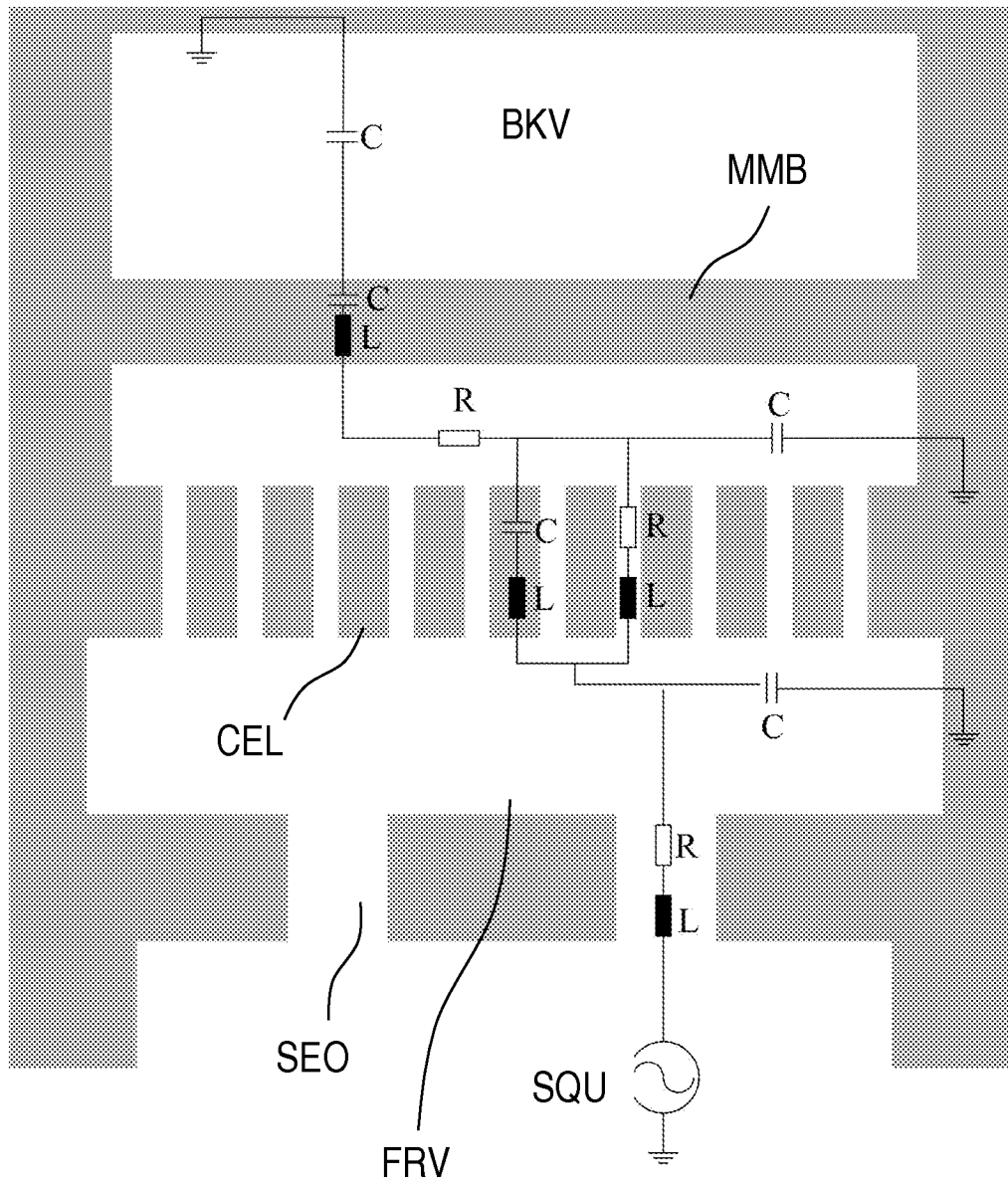


Fig 3



2/5

Fig 2



3/5

Fig 4

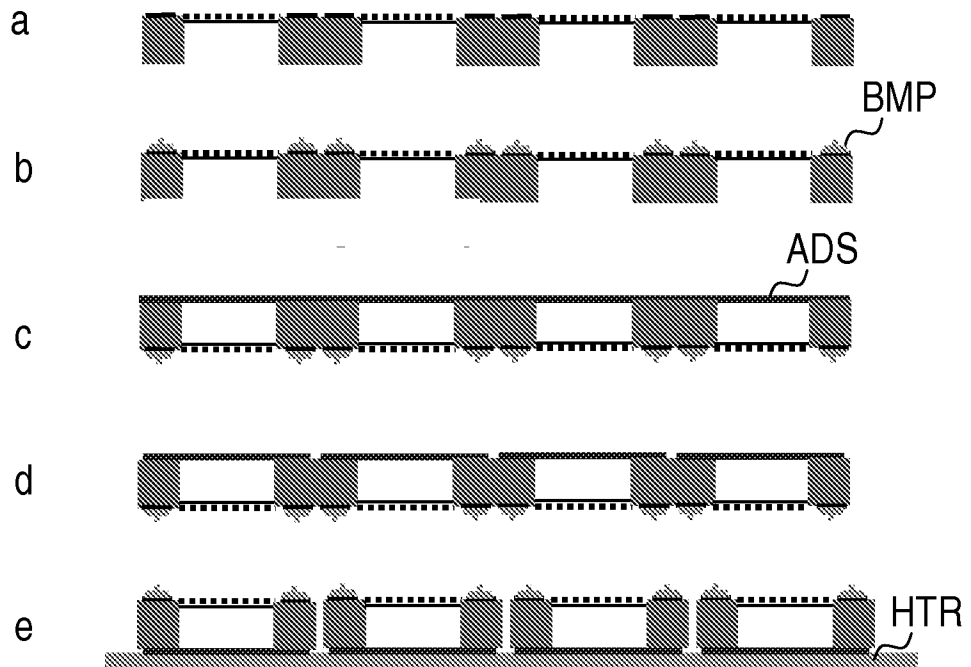
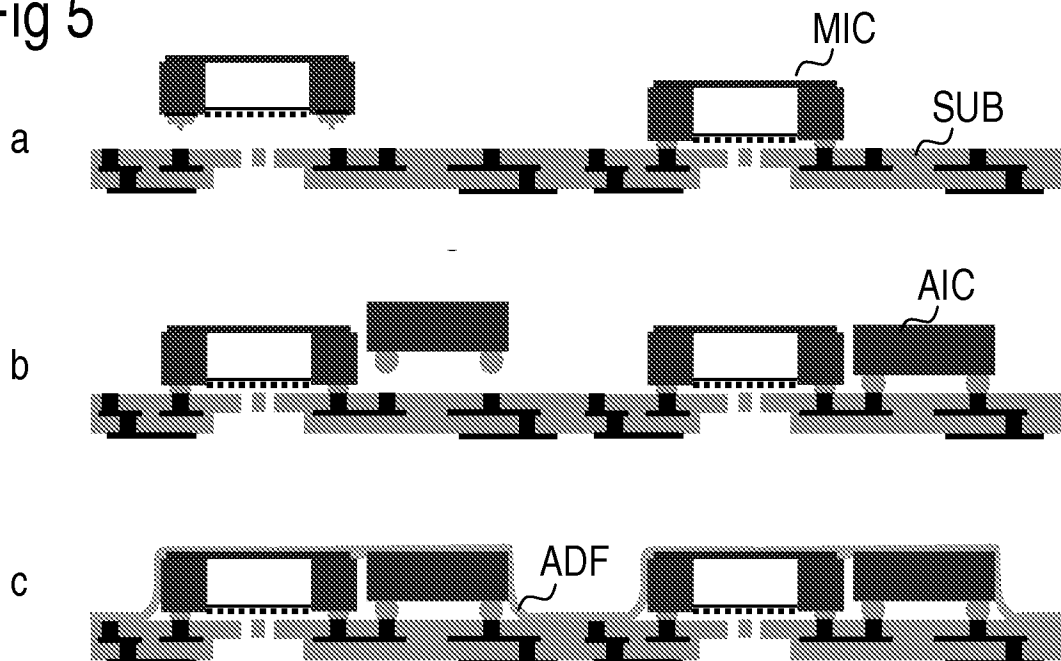


Fig 5



4/5

Fig 6

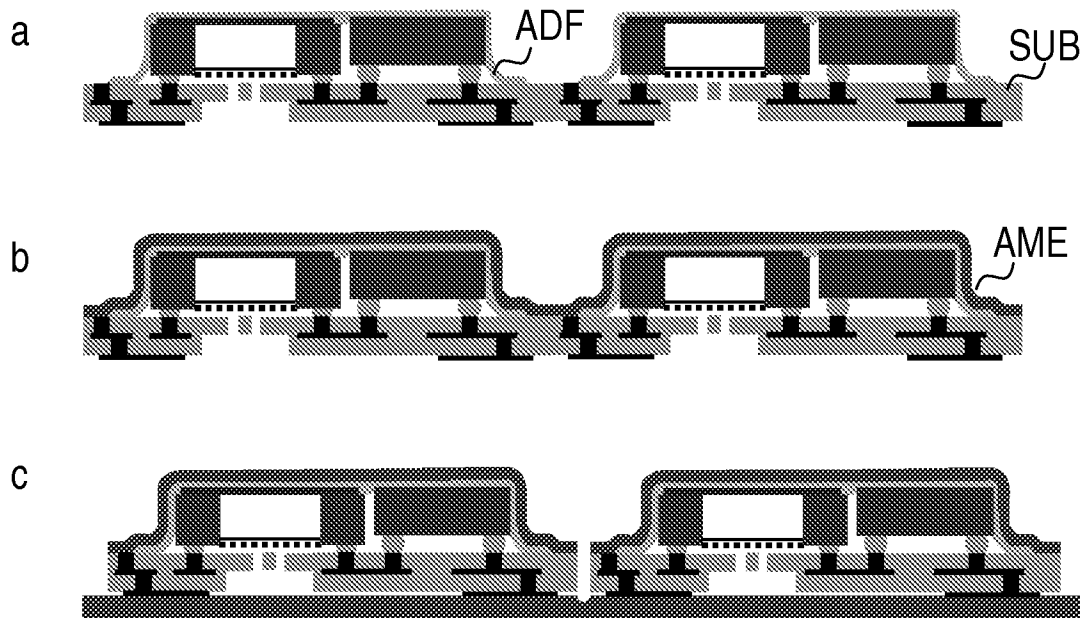
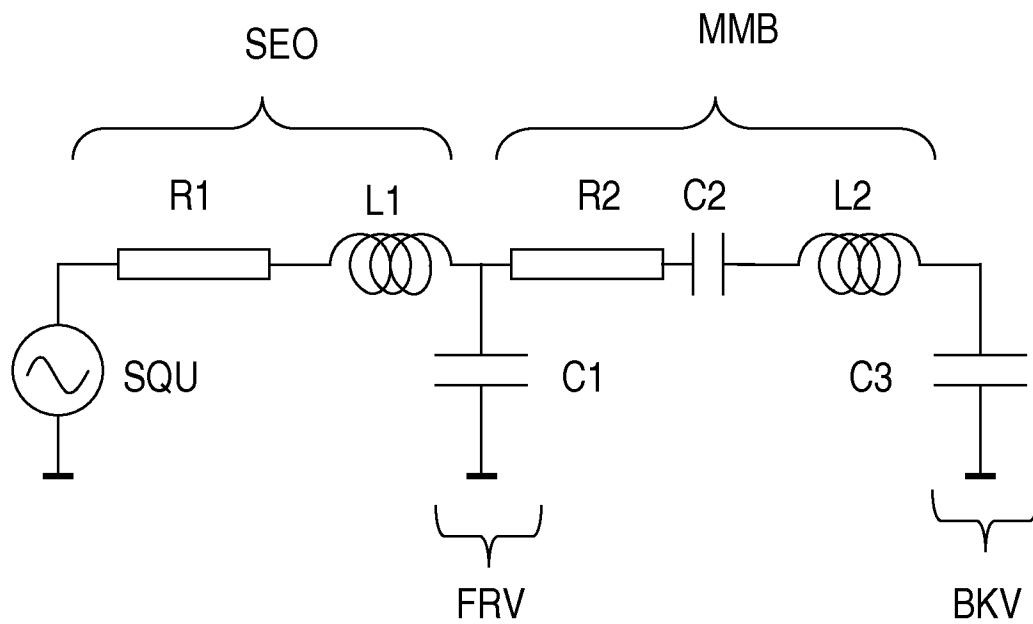


Fig 7



5/5

Fig 8

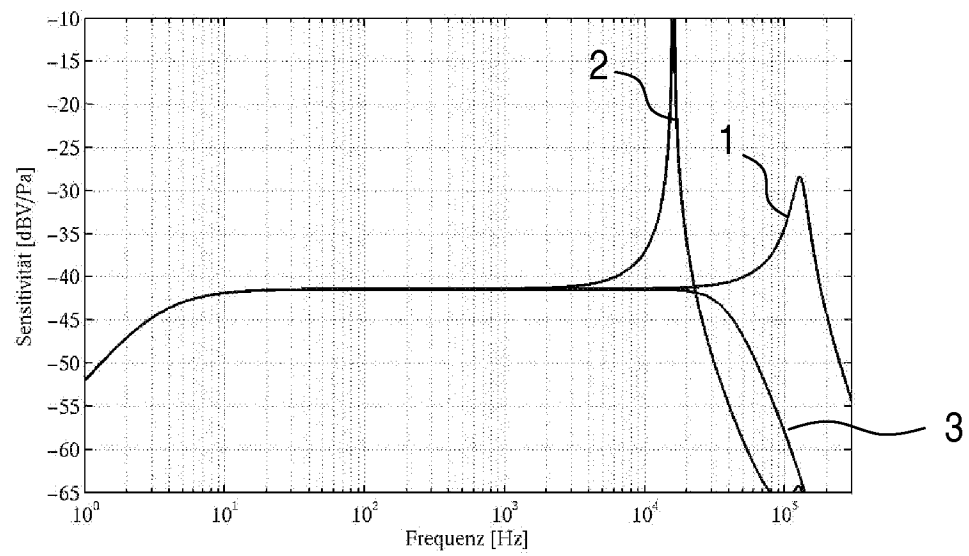
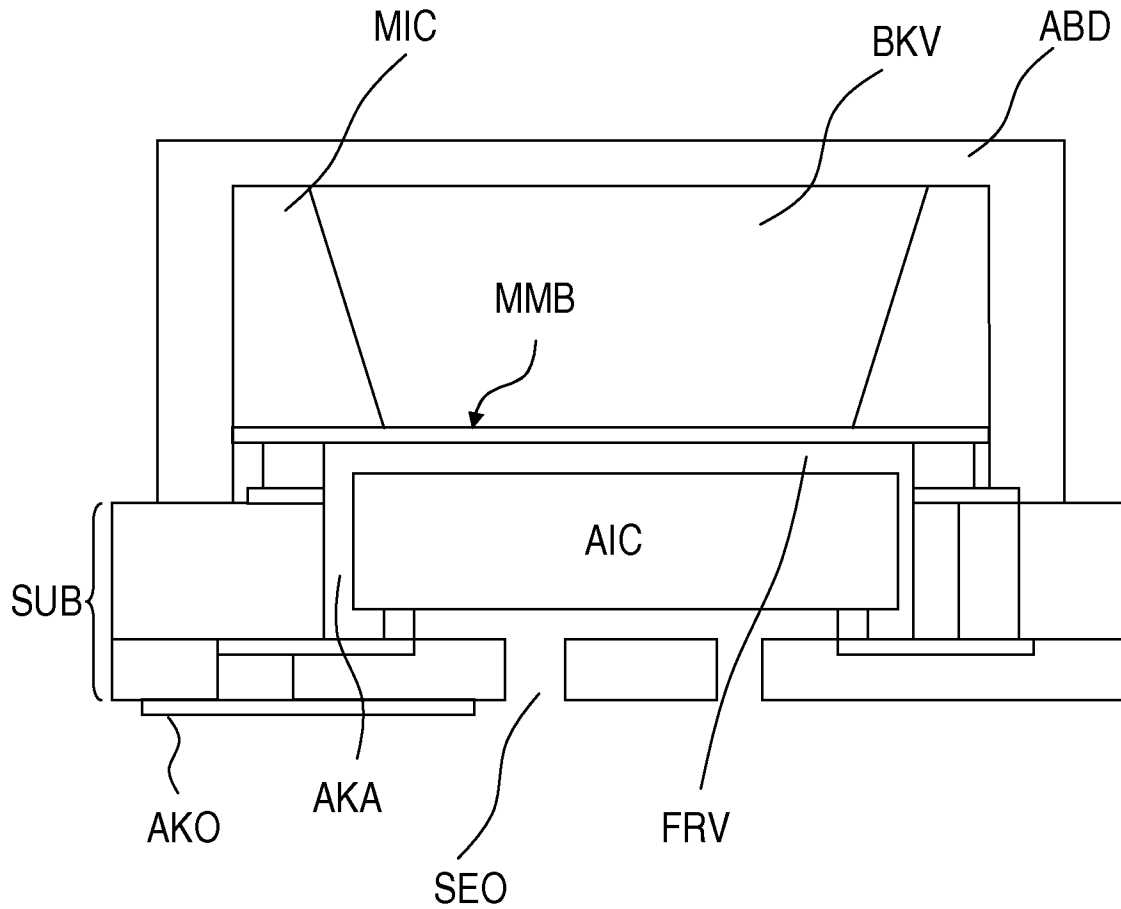


Fig 9



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2010/053718

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. H04R1/28 H04R19/00
 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.
Y	US 2008/157301 A1 (RAMAKRISHNA KAMBHAMPATI [US] ET AL) 3 July 2008 (2008-07-03) paragraphs [0004], [0009], [0011] - [0015], [0074], [0075]; figures 1,2,4,6,7	1-17
Y	WO 2007/031270 A1 (SENNHEISER ELECTRONIC [DE]; HIBBING MANFRED [DE]) 22 March 2007 (2007-03-22) page 5, lines 18-28	1-17
Y	EP 1 764 343 A2 (DALSA SEMICONDUCTOR INC [CA]) 21 March 2007 (2007-03-21) figure 7	5-8
Y	US 2006/177083 A1 (SJURSEN WALTER P [US] ET AL) 10 August 2006 (2006-08-10) paragraphs [0110], [0123]; figures 8,20,21	14-17



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.

8 document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

2 July 2010

Date of mailing of the international search report

28/07/2010

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

Borowski, Michael

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2010/053718

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2008157301	A1	03-07-2008	US 2009263937 A1	22-10-2009
WO 2007031270	A1	22-03-2007	CA 2622035 A1	22-03-2007
			DE 102005043664 A1	26-04-2007
			EP 1927263 A1	04-06-2008
			JP 2009508419 T	26-02-2009
			US 2010061572 A1	11-03-2010
EP 1764343	A2	21-03-2007	US 2007065967 A1	22-03-2007
US 2006177083	A1	10-08-2006	EP 1142442 A2	10-10-2001
			JP 2002534933 T	15-10-2002
			TW 440446 B	16-06-2001
			WO 0041432 A2	13-07-2000

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2010/053718

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. H04R1/28 H04R19/00
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter 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.
Y	US 2008/157301 A1 (RAMAKRISHNA KAMBHAMPATI [US] ET AL) 3. Juli 2008 (2008-07-03) Absätze [0004], [0009], [0011] - [0015], [0074], [0075]; Abbildungen 1,2,4,6,7	1-17
Y	WO 2007/031270 A1 (SENNHEISER ELECTRONIC [DE]; HIBBING MANFRED [DE]) 22. März 2007 (2007-03-22) Seite 5, Zeilen 18-28	1-17
Y	EP 1 764 343 A2 (DALSA SEMICONDUCTOR INC [CA]) 21. März 2007 (2007-03-21) Abbildung 7	5-8
Y	US 2006/177083 A1 (SJURSEN WALTER P [US] ET AL) 10. August 2006 (2006-08-10) Absätze [0110], [0123]; Abbildungen 8,20,21	14-17

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie

- | | |
|--|---|
| <p>* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :</p> <p>*A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</p> <p>*E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>*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)</p> <p>*O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</p> <p>*P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</p> | <p>*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</p> <p>*X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden</p> <p>*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</p> <p>*Z* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p> |
|--|---|

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
2. Juli 2010	28/07/2010

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 Borowski, Michael
--	--

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2010/053718

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 2008157301	A1	03-07-2008	US	2009263937 A1	22-10-2009
WO 2007031270	A1	22-03-2007	CA	2622035 A1	22-03-2007
			DE	102005043664 A1	26-04-2007
			EP	1927263 A1	04-06-2008
			JP	2009508419 T	26-02-2009
			US	2010061572 A1	11-03-2010
EP 1764343	A2	21-03-2007	US	2007065967 A1	22-03-2007
US 2006177083	A1	10-08-2006	EP	1142442 A2	10-10-2001
			JP	2002534933 T	15-10-2002
			TW	440446 B	16-06-2001
			WO	0041432 A2	13-07-2000