

(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
31. August 2006 (31.08.2006)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2006/089638 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H04R 1/22 (2006.01) *H04R 19/00* (2006.01)
H04R 17/02 (2006.01)

PAHL, Wolfgang [DE/DE]; Bavariaring 41, 80336 München (DE). **WOLFF, Ulrich** [DE/DE]; Sollner Str. 6, 81479 München (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2006/001116

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

(22) Internationales Anmeldedatum:

8. Februar 2006 (08.02.2006)

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

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

10 2005 008 512.1

24. Februar 2005 (24.02.2005) DE

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

(72) **Erfinder; und**

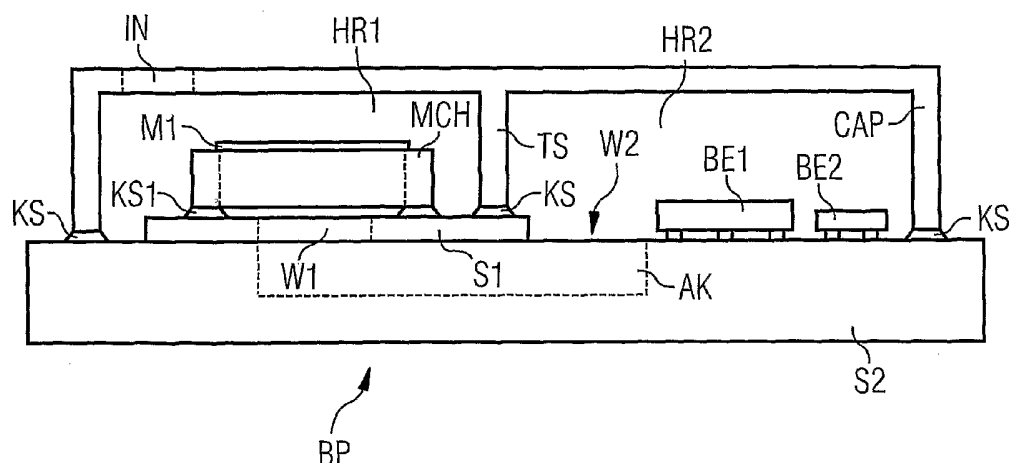
(75) **Erfinder/Anmelder** (*nur für US*): **LEIDL, Anton** [DE/DE]; Brennereistr. 16, 85662 Hohenbrunn (DE).

(84) **Bestimmungsstaaten** (*soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart*): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** ELECTRICAL MODULE COMPRISING A MEMS MICROPHONE

(54) **Bezeichnung:** ELEKTRISCHES MODUL MIT EINEM MEMS-MIKROFON



(57) **Abstract:** The invention relates to an electrical module comprising a base plate (BP) provided with an acoustic channel (AK) embodied therein, a first cavity (HR1) containing a microphone chip (MCH), and a second cavity (HR2). The membrane of the microphone chip (MCH) separates the first cavity (HR1) from the acoustic channel (AK), the acoustic channel (AK) ending in the second cavity (HR2).

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein elektrisches Modul, umfassend eine Basisplatte (BP) mit einem darin ausgebildeten akustischen Kanal (AK), einen ersten Hohlraum (HR1) mit einem darin angeordneten Mikrofonchip (MCH) und einen zweiten Hohlraum (HR2). Die Membran des Mikrofonchips (MCH) trennt den ersten Hohlraum (HR1) vom akustischen Kanal (AK), wobei der akustische Kanal (AK) in den zweiten Hohlraum (HR2) mündet.

WO 2006/089638 A1



EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC,
NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG,
CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Beschreibung

Elektrisches Modul mit einem MEMS-Mikrofon

Beschrieben wird ein elektrisches Modul mit einem darin integrierten Mikrofon.

Aus der Druckschrift J. J. Neumann, Jr., and K. J. Gabriel, „A fully-integrated CMOS-MEMS audio microphone“, the 12th International Conference on Solid State Sensors, Actuators and Microsystems, 2003 IEEE, Seiten 230 bis 233 ist ein Mikrofonmodul mit einem gehäustem MEMS-Mikrofon (MEMS = Micro Electromechanical System) bekannt, wobei im Gehäuse ein Volumen zum Druckausgleich (back volume) vorgesehen ist.

Aus der Druckschrift D. P. Arnold et al. „A directional acoustic array using silicon micromachined piezoresistive microphones“, J. Acoust. Soc. Am., Band 113 (1), 2003, Seiten 289 bis 298 ist ein elektrisches Modul mit einem eingebauten MEMS piezoresistiven Mikrofon bekannt.

In der Druckschrift Mang-Nian Niu and Eun Sok Kim „Piezoelectric Bimorph Microphone Built on Micromachined Parylene Diaphragm“, Journal of Microelectromechanical Systems, Band 12, 2003 IEEE, Seiten 892 bis 898, ist ein piezoelektrisches Mikrofon beschrieben, das zwei piezoelektrische Schichten aus ZnO und eine dazwischen angeordnete floatende Elektrode aufweist.

Eine zu lösende Aufgabe besteht darin, ein elektrisches Modul mit einem eingebauten MEMS-Mikrofon anzugeben, das ein hohes Signal-Rausch-Verhältnis aufweist.

Es wird ein elektrisches Modul mit einem eingebauten Mikrofon angegeben. Das Modul weist eine Basisplatte mit einem darin ausgebildeten akustischen Kanal auf. Es sind ein in einer Variante über eine Schalleintrittsöffnung mit Außenraum verbundener erster Hohlraum mit einem darin angeordneten MEMS-Mikrofonchip und ein als akustisches Rückvolumen geeigneter, mit dem akustischen Kanal verbundener zweiter Hohlraum vorgesehen. Der Mikrofonchip ist vorzugsweise mit der Basisplatte fest verbunden, über einer in der Basisplatte ausgebildeten Öffnung angeordnet und über diese Öffnung mit dem in der Basisplatte verborgenen akustischen Kanal verbunden.

Der erste Hohlraum kann mit dem Außenraum übereinstimmen. Die Membran des Mikrofonchips trennt den ersten Hohlraum vom akustischen Kanal, der in den zweiten Hohlraum mündet. Der zweite Hohlraum ist vorzugsweise neben dem ersten Hohlraum angeordnet. Der akustische Kanal verläuft vorzugsweise zumindest teilweise unterhalb der beiden Hohlräume.

Zwischen dem zweiten Hohlraum und dem akustischen Kanal ist ein Druckausgleich durch Luftaustausch möglich. Durch die Membran des Mikrofonchips ist vorzugsweise ein schneller Luftaustausch - d. h. Luftaustausch im Zeitraum, der in der Größenordnung der Schwingperiode der Mikrofonmembran im Arbeitsfrequenzbereich liegt - zwischen dem ersten und dem zweiten Hohlraum unterbunden. Ein langsamer Luftaustausch (im Zeitraum, der größer als die größte Schwingperiode der Mikrofonmembran im Arbeitsfrequenzbereich ist) zwischen den beiden Hohlräumen ist dennoch durch eine Ventilationsöffnung möglich, deren Querschnittsgröße deutlich kleiner als die Querschnittsgröße der Membran ist.

Der akustische Kanal ist im Querschnitt vorzugsweise mindestens so groß, dass die Druckänderung in der Nähe der Membran des Mikrofonchips schnell ausgeglichen werden kann. Die Querschnittsgröße des akustischen Kanals bzw. der Kanalöffnungen betragen daher vorzugsweise mindestens 5% der Membranfläche.

Mikrofone, die Schalldruck mittels Membranen detektieren, sind auf einen großen Membranhub als Reaktion auf die Schallintensität angewiesen, um die gewünschten Eigenschaften hinsichtlich Empfindlichkeit und Rauschverhalten zu erhalten. Bei kleinen Bauteilen mit eingebauten Mikrofonen ist der erzielbare Hub durch die kleine Membranfläche eingeschränkt. Aus diesem Grund können bei Wandlung des Membranhubs in eine elektrische Größe nur schwache elektrische Signale gewonnen werden. Die Nachgiebigkeit einer in einem Abscheideverfahren hergestellten Membran kann durch einen hohen inneren mechanischen Stress, der durch eine Vorspannung der Membran verursacht ist, verschlechtert werden.

Hier beschriebene MEMS-Mikrofone weisen eine mit einer Schalleintrittsöffnung verbundene Luftkammer (erster Hohlraum) sowie ein durch den akustischen Kanal und den zweiten Raum gebildetes Rückvolumen auf. Als Rückvolumen (back volume) wird ein eingeschlossenes Luftvolumen bezeichnet, mit dem ein akustischer Kurzschluss - ein ungewollter Druckausgleich zwischen Vorderseite und Rückseite der schwingenden Membran - verhindert wird. Dieses Luftvolumen bewirkt bei jeder Membranauslenkung eine Rückstellkraft zusätzlich zu der durch die elastischen Membraneigenschaften verursachten Rückstellkraft.

Bei dem hier angegebenen Mikrofon ist das Rückvolumen durch den im Trägersubstrat ausgebildeten, unterhalb der beiden nebeneinander angeordneten Hohlräume vorzugsweise waagrecht

verlaufenden akustischen Kanal und das Volumen des anderen Hohlraums gebildet. Mit diesem besonders groß gestalteten Rückvolumen gelingt es, die durch die Membranschwingungen hervorgerufenen relativen Druckänderungen im Rückvolumen und die damit verbundene, auf die Membran wirkende Rückstellkraft gering zu halten.

In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst das Modul einen Deckel, der einen - zwei gegenüberliegende Seitenflächen des Deckels verbindenden - Trennsteg aufweist und mit der Basisplatte abschließt. Zwischen der Basisplatte und dem Deckel ist der z. B. über eine Schalleintrittsöffnung mit Außenraum verbundene erste Hohlraum und der von diesem durch den Trennsteg des Deckels isolierte zweite Hohlraum gebildet. Die Schalleintrittsöffnung ist vorzugsweise im Deckel angeordnet.

Der akustische Kanal und der zweite Hohlraum bilden zusammen ein Rückvolumen. Vorteil dieser Ausführung liegt darin, dass das Rückvolumen teilweise in der Basisplatte und teilweise darüber angeordnet ist. Dadurch gelingt es, einen großen Anteil des Modulvolumens als akustisches Rückvolumen zu nutzen.

Ein Mikrofonchip umfasst ein Trägersubstrat mit einer darin über einer Ausnehmung bzw. Öffnung eingespannten schwingfähigen Membran, die vorzugsweise eine piezoelektrische Schicht sowie mit dieser in Verbindung stehende Metallschichten bzw. Elektrodenstrukturen aufweist.

Zwischen dem Deckel und der Platte ist vorzugsweise ein haftvermittelndes und/oder abdichtendes Mittel angeordnet, z. B. eine Klebeschicht oder eine Schicht aus Epoxydharz.

Der Mikrofonchip ist über einer in der Basisplatte vorgesehenen, in den akustischen Kanal und den ersten Hohlraum mündenden ersten Öffnung angeordnet. Die Basisplatte weist eine zweite Öffnung auf, durch die der akustische Kanal mit dem zweiten Hohlraum verbunden ist. Die Querschnittsgröße der ersten Öffnung entspricht vorzugsweise etwa der Querschnittsgröße der Membran des Mikrofonchips. Die Querschnittsgröße der zweiten Öffnung ist vorzugsweise so gewählt, dass ein schneller Luftaustausch zwischen dem akustischen Kanal und dem zweiten Hohlraum möglich ist.

Mit dem Mikrofon gelingt es, die auf die Membran wirkende Rückstellkraft zu reduzieren und den Membranhub zu erhöhen.

In einer bevorzugten Variante weist die Basisplatte eine erste Schicht mit einer darin ausgebildeten Vertiefung, die dem akustischen Kanal zugeordnet ist, und eine über der ersten Schicht angeordnete zweite Schicht auf, welche die Vertiefung zur Bildung eines akustischen Kanals teilweise - bis auf die o. g. Öffnungen - abdeckt. Der Trennsteg des Deckels schließt vorzugsweise mit der zweiten Schicht ab.

Die erste Schicht der Basisplatte kann z. B. ein ggf. glasfaserverstärktes organisches Laminat sein oder Keramik enthalten. Die erste Schicht der Basisplatte kann mehrere übereinander angeordnete, gleichartige oder unterschiedliche dielektrische Teilschichten aufweisen, zwischen denen strukturierte Metalllagen angeordnet sind. Die Teilschichten können aus einem glasfaserverstärkten organischen Laminat oder Keramik sein. Die zweite Schicht der Basisplatte ist bei einer aus Keramik gebildeten ersten Schicht vorzugsweise aus einem anderen Material, z. B. wie eine Lötstopmmaske (in einer Va-

riante aus Acrylat oder Epoxydharz) ausgebildet.

Der zweite Hohlraum kann mindestens ein Chipelement aufnehmen, z. B. einen Widerstand, eine Kapazität, eine Induktivität, ein Filter, ein Impedanzwandler und einen Verstärker. Das Chipelement ist vorzugsweise zur Oberflächenmontage geeignet.

Der Mikrofonchip kann auch in einer Flip-Chip-Bauweise montierbar und mittels Bumps mit auf der Oberseite der Basisplatte angeordneten elektrischen Kontakten elektrisch verbunden sein. In einer weiteren Variante kann der Mikrofonchip mittels Bonddrähten mit auf der Oberseite der Basisplatte angeordneten elektrischen Kontakten elektrisch verbunden sein. Die durch einander zugewandte Montageflächen von Chip und Basisplatte gebildete Schnittstellen sind vorzugsweise z. B. durch Klebung, Underfiller oder Lötung abgedichtet. Zwischen Chip und Basisplatte ist vorzugsweise ein Lotrahmen oder ein Rahmen aus einem Vergussmaterial angeordnet. Im Falle eines Lotrahmens ist es zweckmäßig, auf der Oberseite der Basisplatte und der Unterseite des Mikrofonchips eine lötfähige Metallisierung auszubilden, deren Umriss der Form des Rahmens in der lateralen Ebene entspricht.

Der Deckel umfasst in einer Variante eine Kappe aus Kunststoff oder Keramik, die mit einer leitfähigen Schicht beschichtet ist. Der Deckel kann auch aus Metall geformt sein.

Bei einem großen akustischen Druck kann es zu solchen Schwingungsamplituden der Membran kommen, dass dies zu einer Nichtlinearität bei elektroakustischer Wandlung der Membranschwingung in ein elektrisches Signal und folglich zu einer Signalverzerrung führen kann. Dieses Problem ist in einer Variante

behaben, in der an eine Membran eine Kompensationsschaltung mit einer negativen Rückkopplung angeschlossen ist, wobei die durch die Kompensationsschaltung hervorgerufene Auslenkung der Membran der durch den akustischen Druck verursachten Auslenkung der Membran entgegenwirkt und vorzugsweise diese weitgehend kompensiert, so dass die Membran mit einer verringerten Amplitude schwingt oder gar nicht schwingt. Die durch die Kompensationsschaltung erzeugte elektrische Größe, z. B. Spannung ist proportional zu dem zu detektierenden akustischen Druck bzw. Signal. Als Kompensationsschaltung kommen beliebige für eine negative Rückkopplung geeignete elektrische Schaltungen in Frage.

Gemäß einer weiteren Ausführung des Mikrofons ist die Membran auf dem Trägersubstrat nur einseitig eingespannt, wobei ihr dem eingespannten Ende gegenüberliegendes Ende beim Anlegen eines akustischen Signals über einer im Trägersubstrat ausgebildeten Öffnung frei schwingen kann. Eine zweiseitige Einspannung ist auch möglich, wobei nur zwei gegenüberliegende Membranenden über dem Trägersubstrat angeordnet sind. Vorzugsweise ist über der Öffnung im Trägersubstrat ein mit dem Trägersubstrat allseitig abschließender, schwingfähiger Membranträger, z. B. eine elastische Folie aufgespannt. Die Membran ist auf dem Membranträger angeordnet.

Als piezoelektrische Schicht sind in allen Ausführungen die folgenden Materialien besonders gut geeignet: ZnO, Bleizirkonnattitanat (PZT), Aluminiumnitrid.

Es wird vorgeschlagen, eine Membran mit mindestens einer piezoelektrischen Schicht bezüglich ihrer Schichtabfolge und Schichtdicke weitgehend symmetrisch zu gestalten. Dabei kompensieren sich auch bei erheblichen Temperatursprüngen insbe-

sondere Biegemomente, die aufgrund unterschiedlicher Ausdehnungskoeffizienten aufeinander folgender Schichten entstehen. Damit können Verwölbungen der Membran in einem breiten Temperaturbereich vermieden werden. Diese Maßnahme ist insbesondere bei einem bimorphen Membranaufbau einsetzbar.

Im folgenden wird ein Mikrofon anhand von Ausführungsbeispielen und der dazugehörigen Figuren näher erläutert. Die Figuren zeigen anhand schematischer und nicht maßstabgetreuer Darstellungen verschiedene Ausführungsbeispiele des Mikrofons. Gleiche oder gleich wirkende Teile sind mit gleichen Bezugszeichen bezeichnet. Es zeigen schematisch

Figur 1 ein beispielhaftes elektrisches Modul mit einem eingebauten Mikrofon;

Figur 2A im Querschnitt ein elektrisches Modul mit einem Mikrofonchip, einem akustischen Kanal und zwei Hohlräumen;

Figur 2B die Ansicht des Moduls gemäß Figur 2A von oben;

Figuren 3A, 3B ein weiteres elektrisches Modul

Figur 4 ein Mikrofon mit einer Membran, die eine piezoelektrische Schicht umfasst;

Figur 5 ein Mikrofon mit einer Membran, die eine bimorphe Struktur aufweist.

In Figuren 1, 2A, 2B, 3A, 3B ist jeweils ein elektrisches Modul mit einem eingebauten Mikrofonchip MCH gezeigt. Der Mikrofonchip kann beispielsweise gemäß einer der in Figuren 4 und 5 vorgestellten Ausführungen ausgebildet sein.

Der Mikrofonchip MCH ist auf einer Basisplatte BP über einer darin ausgebildeten Öffnung - Schallöffnung IN in Fig. 1 bzw. Öffnung W1 in Figur 2A - angeordnet. Der Mikrofonchip MCH schließt vorzugsweise allseitig dicht mit der Oberseite der Basisplatte BP ab, auf der ein Deckel CAP angeordnet ist.

Zwischen dem Mikrofonchip MCH, der Oberseite der Basisplatte und dem Deckel CAP ist ein geschlossener Hohlraum ausgebildet, der als akustischer Rückvolumen benutzt wird. In diesem Hohlraum ist außerdem ein elektrisch mit dem Mikrofonchip MCH verbundenes Chipbauelement BE1 angeordnet. Weitere Chipbauelemente BE2 sind auf der Basisplatte BP außerhalb des geschlossenen Hohlraums angeordnet. Die elektrischen Verbindungen zwischen den genannten Modulkomponenten sind teilweise in der vielschichtigen Basisplatte BP vergraben.

In Figuren 2A, 2B ist eine weitere Variante eines elektrischen Moduls gezeigt, bei dem die Schalleintrittsöffnung IN im Deckel CAP ausgebildet ist. Figur 2A zeigt das elektrische Modul in einem schematischen Querschnitt und Figur 2B eine schematische Ansicht dieses Moduls von oben durch seinen Deckel hindurch.

Die Basisplatte BP weist eine untere Schicht S2 und eine darauf angeordnete obere Schicht S1 auf. In der Schicht S2 ist ein akustischer Kanal AK in Form eines Sackloches bzw. eines sich in eine Längsrichtung erstreckenden Grabens ausgebildet. Die Schicht S1 deckt dieses Sackloch - bis auf eine erste Öffnung W1 und eine zweite Öffnung W2 - von oben vorzugsweise komplett ab. Die Schicht S1 kann z. B. als eine Lötstopmmaske ausgebildet sein.

Auf der Schicht S1 ist ein Deckel CAP angeordnet, der einen Trennsteg TS aufweist, welcher zwei einander gegenüber liegende Seitenflächen des Deckels miteinander verbindet. Der Deckel CAP schließt vorzugsweise allseitig dicht mit der Oberseite der Basisplatte BP bzw. deren oberen Schicht S1 ab. Dazwischen kann zur Haftvermittlung bzw. Abdichtung eine Klebeschicht KS angeordnet sein.

Über der ersten Öffnung W1 der Schicht S1 ist ein Mikrofonchip MCH angeordnet, der allseitig dicht mit der Schicht S1 abschließt. Zwischen dem Mikrofonchip MCH und der Schicht S1 ist ein Dichtungsrahmen KS1 angeordnet. Der Dichtungsrahmen KS1 kann in einer Variante aus einer Vergussmasse gebildet sein. In einer weiteren Variante kann der Dichtungsrahmen KS1 als Lotrahmen ausgebildet sein.

Durch den Trennsteg TS des Deckels werden zwischen der Schicht S1 und dem Deckel CAP zwei Hohlräume HR1, HR2 geschaffen, die über den akustischen Kanal AK miteinander verbunden und durch den im ersten Hohlraum HR1 angeordneten Mikrofonchip MCH voneinander isoliert sind. Der erste Hohlraum HR1 ist über die Schalleintrittsöffnung IN mit dem Außenraum verbunden.

Im zweiten Hohlraum HR2 sind Chipbauelemente BE1, BE2 angeordnet, die über auf der Basisplatte angeordnete Kontakte K1 bis K3 miteinander und mit dem Mikrofonchip MCH elektrisch verbunden sind.

Auf der Oberseite des Mikrofonchips MCH ist eine Anschlussfläche AF angeordnet, die z. B. an die erste Elektrode des Mikrofons angeschlossen und über einen Bonddraht mit einem auf der Schicht S1 angeordneten elektrischen Kontakt K1 elek-

trisch verbunden ist. Der in Figur 2B gezeigte Kontakt K2 ist vorzugsweise mit der zweiten Elektrode des Mikrofons elektrisch verbunden.

Der akustische Rückvolumen ist durch ein im akustischen Kanal AK und dem zweiten Hohlraum HR2 eingeschlossenes Luftvolumen gebildet. Wesentlich ist dabei, dass der akustische Kanal AK den entfernten Hohlraum HR2 mit der Rückseite des Mikrofonchips MCH verbindet und so ein erweitertes Rückvolumen bereitgestellt wird.

In Figuren 3A und 3B ist ein weiteres elektrisches Modul mit einem eingebauten MEMS-Mikrofon im Querschnitt bzw. in Draufsicht durch den Deckel CAP hindurch vorgestellt. Die Schicht S1 überdeckt hier nur einen Teil der in der Schicht S2 zur Bildung des akustischen Kanals AK vorgesehenen Vertiefung. In der Schicht S1 ist die Öffnung W1 vorgesehen, die in den akustischen Kanal AK mündet und die durch die Unterseite des Mikrofonchips MCH und einen Dichtungsrahmen KS1 vom ersten Hohlraum HR1 isoliert ist.

Die den akustischen Kanal AK mit dem zweiten Hohlraum HR2 verbindende Öffnung W2 ist dadurch gebildet, dass ein Teil der Schicht S2 im Bereich der darin ausgebildeten Vertiefung nicht durch die Schicht S1 abgedeckt ist.

Die Schicht S1 ist in einer vorteilhaften Variante komplett durch den Deckel CAP überdeckt, wobei der Trennsteg TS auf dieser Schicht aufliegt und mittels der Klebeschicht KS fest mit dieser verbunden ist. Die Höhe des Trennstegs TS ist in diesem Beispiel kleiner als die Höhe der Außenwände des Deckels.

Der Mikrofonchip MCH ist mit der Schicht S1 mittels einer rahmenförmig ausgebildeten und im Randbereich des Mikrofonchips MCH angeordneten Klebeschicht KS1 (oder Lötsschicht) fest verbunden. Dadurch ist die Öffnung W1 des akustischen Kanals vom ersten Hohlraum HR1 isoliert. Die Schicht KS1 dient zur Abdichtung der Schnittstelle zwischen dem Mikrofonchip MCH und der Schicht S1.

In Figur 4 ist ein beispielhafter MEMS-Mikrofonchip mit einem piezoelektrischen Mikrofon gezeigt. Der Mikrofonchip umfasst ein Trägersubstrat SU, in dem eine Öffnung ausgebildet ist, über der eine auf einem schwingfähigen Träger TD aufgebrachte Membran M1 angeordnet ist. Die Membran weist eine zwischen zwei Metallschichten ML1, ML2 angeordnete piezoelektrische Schicht PS1 auf. Auf der Oberseite des Trägersubstrats SU sind Anschlussflächen AF angeordnet, die mit in den Metallschichten ML1 und/oder ML2 ausgebildeten Elektroden elektrisch verbunden sind.

Figur 5 zeigt in einem schematischen Querschnitt einen Mikrofonchip mit einem Trägersubstrat SU und einer darauf aufgespannten Membran M1 mit einer bimorphen Struktur. Die Membran M1 weist eine erste piezoelektrische Schicht PS1, die zwischen einer äußeren Metallschicht ML3 und einer mittleren Metallschicht ML2 angeordnet ist, sowie eine zweite piezoelektrische Schicht PS2, die zwischen einer äußeren Metallschicht ML1 und einer mittleren Metallschicht ML2 angeordnet ist. Die piezoelektrischen Achsen in den beiden Schichten PS1, PS2 können gleichsinnig oder gegensinnig gerichtet sein.

Ein bimorpher Membranaufbau hat den Vorteil gegenüber einer Membran mit nur einer piezoelektrischen Schicht, da es insbesondere gelingt, bei der gleichen Membrankrümmung ein doppelt

so großes elektrisches Signal zu gewinnen, da sich Piezopotentiale der beiden piezoelektrischen Schichten aufsummieren.

Die Schichtdicken der die Membran M1 bildenden Schichten sind bezogen auf die Metalllage ML2 vorzugsweise symmetrisch ausgewählt. Dabei weisen die piezoelektrischen Schichten die gleiche Dicke und die gleichsinnige Orientierung deren piezoelektrischen Achsen auf. Die beiden äußeren Metalllagen ML1, ML3 sind vorzugsweise gleich dick ausgebildet.

Auf der Oberseite des Trägersubstrats SU sind elektrische Kontakte AE1, AE2 angeordnet, die einerseits über elektrische Zuleitungen mit in den Metallschichten ML1 und/oder ML2 ausgebildeten Elektroden und andererseits über Durchkontaktierungen DK mit auf der Unterseite des Trägersubstrats SU angeordneten Anschlussflächen AF elektrisch verbunden sind.

In einer Variante kann eine das eingeschlossene Luftvolumen (Rückvolumen des Mikrofons) und den Außenraum verbindende, gegenüber der Querschnittsgröße der Membran kleine Ventilationsöffnung vorgesehen sein, die zu einem langsamen Druckausgleich z. B. im Bereich von ≥ 100 ms dient. Der Druckausgleich erfolgt langsam gegenüber der Periodendauer eines akustischen Signals mit der größten Wellenlänge im Arbeitsbereich des Mikrofons. Diese Öffnung kann in der Membran oder in einer Wand des Behälters angeordnet sein, der das akustische Rückvolumen einschließt.

Das Modul ist nicht auf die Anzahl oder die spezielle Form der in Figuren dargestellten Elemente, Mikrofone bzw. Mikrofonchips oder auf den akustischen Hörbereich von 20 Hz bis 20 kHz beschränkt. Auch weitere piezoelektrische akustische Sensoren, z. B. mit Ultraschall arbeitende Abstandssensoren,

kommen in Betracht. Ein Mikrofonchip kann in beliebigen Signalverarbeitungsmodulen eingesetzt werden. Verschiedene Varianten können miteinander kombiniert werden.

Es ist möglich, das Trägersubstrat als Vielschichtaufbau mit darin integrierten strukturierten Leiterbahnen auszubilden, welche z. B. elektrische Zuleitungen, Induktivitäten, Kapazitäten und Widerstände realisieren.

Bezugszeichenliste

AE1, AE2 Außenkontakte
AF Anschlussfläche
AK akustischer Kanal
BD Bonddraht
BE1, BE2 Bauelemente
BP Basisplatte
CAP Deckel
DK Durchkontaktierung
HR1 erster Hohlraum
HR2 zweiter Hohlraum
IN Schalleintrittsöffnung
K1 bis K3 elektrischer Kontakt
KS Klebeschicht
MCH Mikrofonchip
ML1, ML2, ML3 Metallschichten
PS1, PS2 piezoelektrische Schicht
TD Träger der Membran
TS Trennsteg
S1, S2 erste und zweite Schicht der Basisplatte BP
SU Substrat
W1, W2 erste und zweite Öffnung

Patentansprüche

1. Elektrisches Modul, umfassend
eine Basisplatte (BP) mit einem darin ausgebildeten akustischen Kanal (AK), der an seinem ersten Ende in einen Hohlraum (HR2) mündet und an seinem zweiten Ende durch einen Mikrofonchip (MCH) abgeschlossen ist.
2. Modul nach Anspruch 1,
mit einem weiteren Hohlraum (HR1), der mit Außenraum verbunden ist und in dem der MEMS-Mikrofonchip (MCH) angeordnet ist,
wobei der weitere Hohlraum (HR1) vom akustischen Kanal (AK) durch den Mikrofonchip (MCH) getrennt ist.
3. Modul nach Anspruch 1,
ferner umfassend einen Deckel (CAP), der mit der Basisplatte (BP) abschließt, wobei der Hohlraum (HR2) zwischen der Basisplatte (BP) und dem Deckel (CAP) gebildet ist.
4. Modul nach Anspruch 2,
ferner umfassend einen Deckel (CAP), der mit der Basisplatte (BP) abschließt,
wobei die beiden Hohlräume (HR1, HR2) zwischen der Basisplatte (BP) und dem Deckel (CAP) gebildet sind.
5. Modul nach Anspruch 4,
wobei der Deckel einen Trennsteg (TS) aufweist, der die beiden Hohlräume (HR1, HR2) voneinander trennt.
6. Modul nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
wobei der akustische Kanal als ein sich in einer Längs-

richtung erstreckender Tunnel ausgebildet ist.

7. Modul nach einem der Ansprüche 2 bis 6,
wobei der weitere Hohlraum (HR1) mit einer Schalleintrittsöffnung (IN) verbunden ist.
8. Modul nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
wobei der Mikrofonchip (MCH) über einer in der Basisplatte (BP) vorgesehenen ersten Öffnung (W1) angeordnet ist,
wobei die Basisplatte (BP) eine zweite Öffnung (W2) aufweist, durch die der akustische Kanal (AK) mit dem Hohlraum (HR2) verbunden ist.
9. Modul nach einem der Ansprüche 5 bis 8,
wobei die Basisplatte (BP) eine erste Schicht (S2) mit einer darin ausgebildeten Vertiefung und eine im Bereich der Vertiefung über der ersten Schicht (S2) angeordnete zweite Schicht (S1) aufweist, welche die Vertiefung bis auf mindestens zwei Öffnungen (W1, W2) abdeckt, wodurch der akustische Kanal (AK) gebildet ist.
10. Modul nach Anspruch 9,
wobei der Trennsteg (TS) des Deckels (CAP) mit der zweiten Schicht (S1) abschließt.
11. Modul nach einem der Ansprüche 2 bis 10,
bei dem im Hohlraum (HR2) mindestens ein Chipelement angeordnet ist, ausgewählt aus einem Widerstand, einer Kapazität, einer Induktivität, einem Filter, einem Impedanzwandler und einem Verstärker.
12. Modul nach einem der Ansprüche 1 bis 11,
wobei der Mikrofonchip (MCH) Anschlussflächen (AF) auf-

weist, die mittels Bonddrähte mit auf der Oberseite der Basisplatte (BP) angeordneten elektrischen Kontakten elektrisch verbunden sind.

13. Modul nach Anspruch 11,

wobei der Mikrofonchip (MCH) Anschlussflächen (AF) aufweist, die mittels Bonddrähte mit auf der Oberseite des Chipelements angeordneten elektrischen Kontakten elektrisch verbunden sind.

14. Modul nach einem der Ansprüche 1 bis 13,

wobei der Mikrofonchip (MCH) in einer Flip-Chip Bauweise montierbar ist und mittels Bumps mit auf der Oberseite der Basisplatte (BP) angeordneten elektrischen Kontakten elektrisch verbunden ist.

15. Modul nach einem der Ansprüche 2 bis 14,

wobei der akustische Kanal (AK) zumindest teilweise unterhalb der beiden Hohlräume (HR1, HR2) verläuft.

16. Modul nach einem der Ansprüche 1 bis 15,

wobei zwischen dem Mikrofonchip (MCH) und der Basisplatte (BP) ein Dichtungsrahmen angeordnet ist.

17. Modul nach Anspruch 16,

wobei der Dichtungsrahmen aus einem Klebstoff oder einer Vergussmasse gebildet ist.

18. Modul nach Anspruch 16,

wobei der Dichtungsrahmen ein Lotrahmen ist.

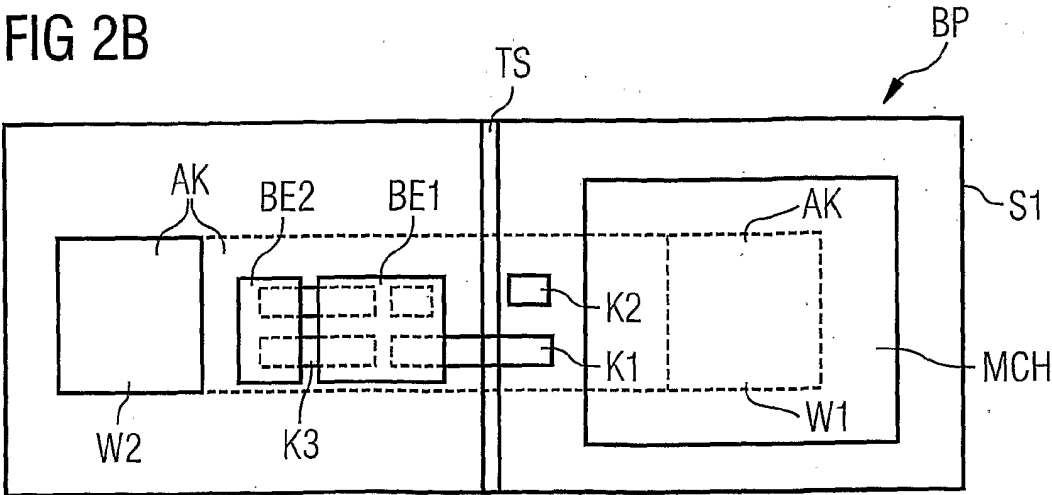
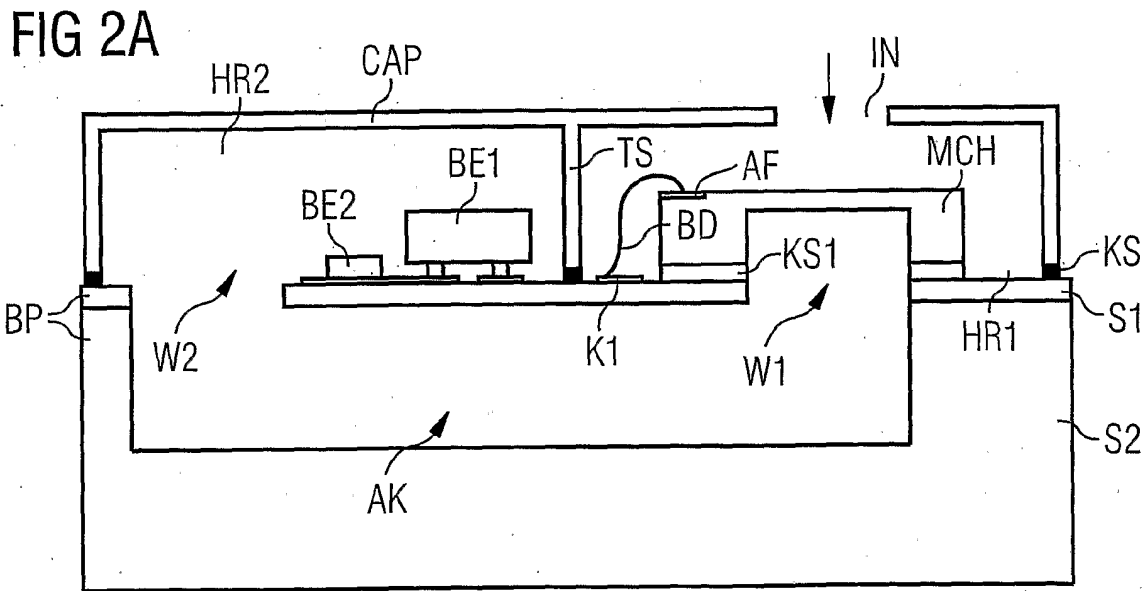
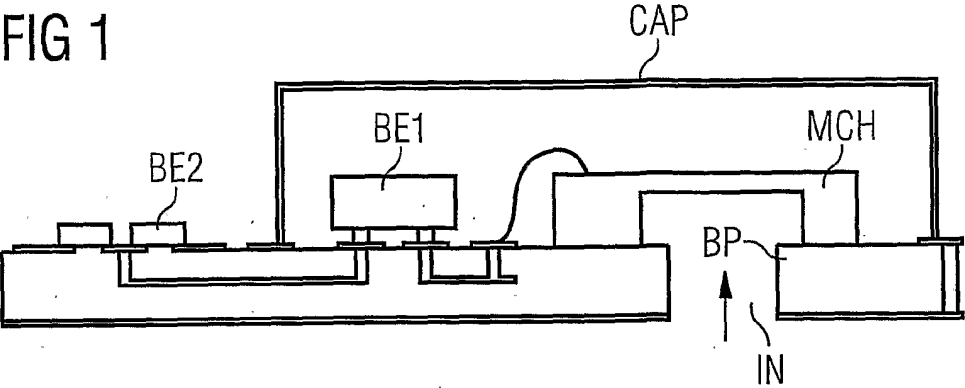


FIG 3A

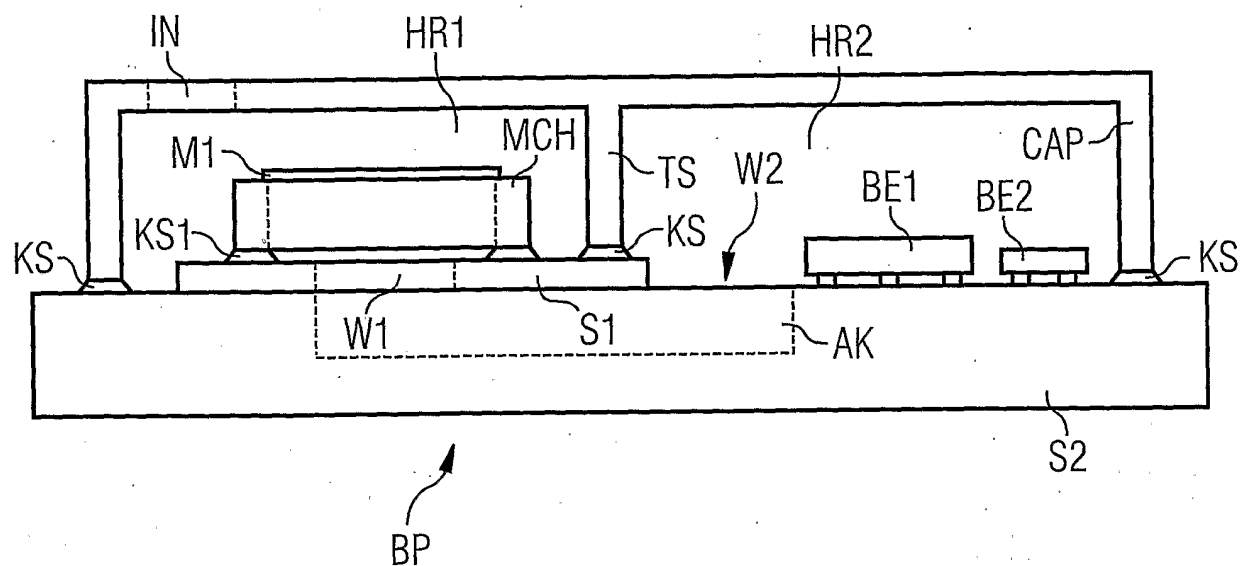


FIG 3B

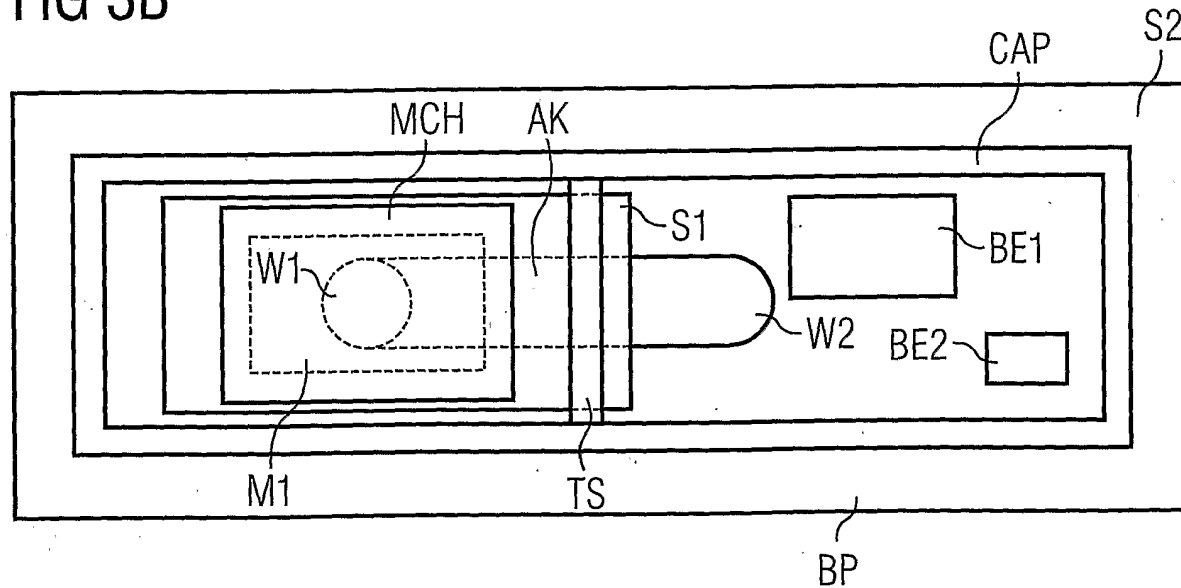


FIG 4

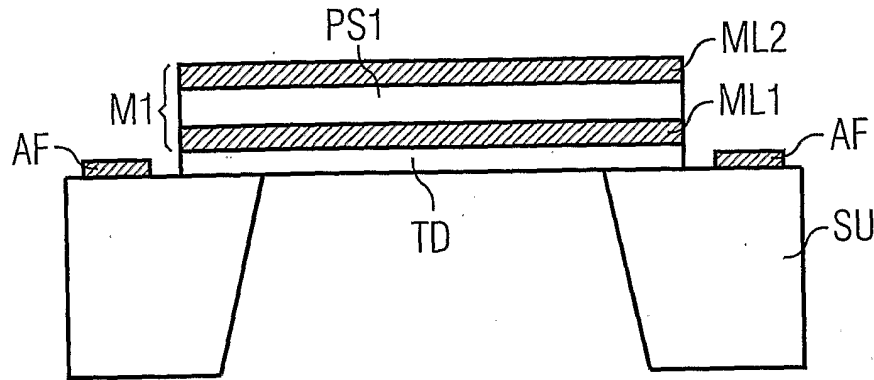
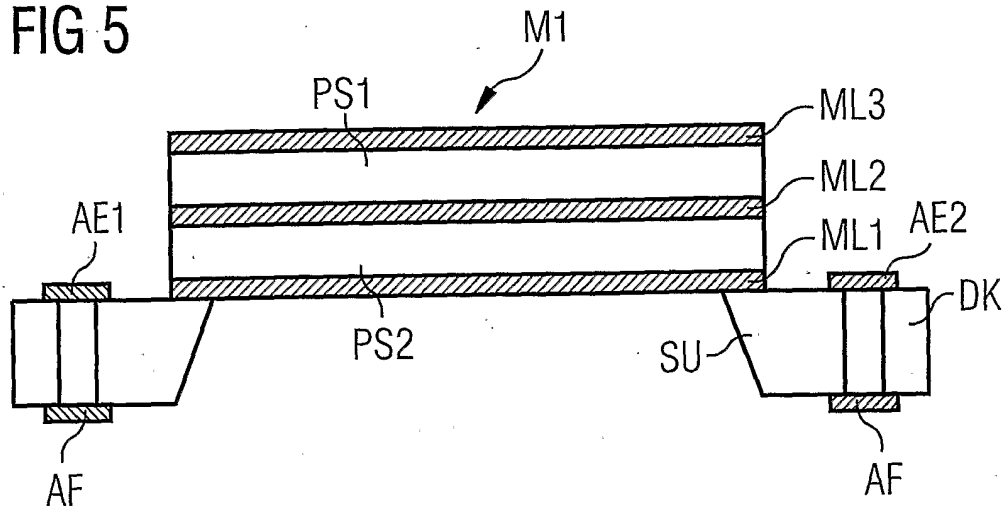


FIG 5



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2006/001116

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. H04R1/22

ADD. H04R17/02 H04R19/00

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, WPI Data, PAJ, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2005/018864 A1 (MINERVINI ANTHONY D) 27 January 2005 (2005-01-27)	1,2
A	paragraphs [0002], [0044], [0047], [0059], [0069], [0070]; figures 2,5,24	3-18
X	WO 02/45463 A (KNOWLES ELECTRONICS, LLC) 6 June 2002 (2002-06-06)	1,2
A	page 1, lines 2-6 page 5, line 12 - page 6, line 12 page 9, lines 5-10; figures 2,5	3-18
P,X	WO 2005/086532 A (TESSERA, INC; HUMPSTON, GILES; OSBORN, PHILIP, R; THOMPSON, JESSE, BUR) 15 September 2005 (2005-09-15)	1,2
P,A	page 1, lines 10-12 page 34, line 1 - page 36, line 20; figures 16,17	3-18
	----- -/--	

☒ 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.

Z document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

12 April 2006

Date of mailing of the international search report

10/05/2006

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Fobel, O

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2006/001116

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P,X	US 2005/069164 A1 (MUTHUSWAMY SIVAKUMAR ET AL) 31 March 2005 (2005-03-31)	1,2
P,A	paragraphs [0001], [0012]; figure 1 -----	3-18
A	US 2003/133588 A1 (PEDERSEN MICHAEL) 17 July 2003 (2003-07-17)	1-18
	paragraph [0057]; figure 37a -----	
A	DE 103 03 263 A1 (INFINEON TECHNOLOGIES AG) 5 August 2004 (2004-08-05)	1-18
	paragraphs [0003], [0012], [0013], [0021] - [0023]; figures 2-4 -----	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2006/001116

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2005018864 A1	27-01-2005	AU 2911602 A EP 1346601 A2 JP 2004537182 T WO 0245463 A2 US 2005185812 A1 US 2002102004 A1	11-06-2002 24-09-2003 09-12-2004 06-06-2002 25-08-2005 01-08-2002
WO 0245463 A	06-06-2002	AU 2911602 A EP 1346601 A2 JP 2004537182 T US 2005185812 A1 US 2002102004 A1 US 2005018864 A1	11-06-2002 24-09-2003 09-12-2004 25-08-2005 01-08-2002 27-01-2005
WO 2005086532 A	15-09-2005	NONE	
US 2005069164 A1	31-03-2005	NONE	
US 2003133588 A1	17-07-2003	NONE	
DE 10303263 A1	05-08-2004	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2006/001116

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. H04R1/22
ADD. H04R17/02 H04R19/00

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, WPI Data, PAJ, INSPEC

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2005/018864 A1 (MINERVINI ANTHONY D) 27. Januar 2005 (2005-01-27)	1,2
A	Absätze [0002], [0044], [0047], [0059], [0069], [0070]; Abbildungen 2,5,24	3-18
X	WO 02/45463 A (KNOWLES ELECTRONICS, LLC) 6. Juni 2002 (2002-06-06)	1,2
A	Seite 1, Zeilen 2-6 Seite 5, Zeile 12 - Seite 6, Zeile 12 Seite 9, Zeilen 5-10; Abbildungen 2,5	3-18
P,X	WO 2005/086532 A (TESSERA, INC; HUMPSTON, GILES; OSBORN, PHILIP, R; THOMPSON, JESSE, BUR) 15. September 2005 (2005-09-15)	1,2
P,A	Seite 1, Zeilen 10-12 Seite 34, Zeile 1 - Seite 36, Zeile 20; Abbildungen 16,17	3-18

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

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

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

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

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

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

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

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

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

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

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

12. April 2006

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

10/05/2006

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Fobel, O

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
P,X	US 2005/069164 A1 (MUTHUSWAMY SIVAKUMAR ET AL) 31. März 2005 (2005-03-31)	1,2
P,A	Absätze [0001], [0012]; Abbildung 1 -----	3-18
A	US 2003/133588 A1 (PEDERSEN MICHAEL) 17. Juli 2003 (2003-07-17)	1-18
	Absatz [0057]; Abbildung 37a -----	
A	DE 103 03 263 A1 (INFINEON TECHNOLOGIES AG) 5. August 2004 (2004-08-05)	1-18
	Absätze [0003], [0012], [0013], [0021] - [0023]; Abbildungen 2-4 -----	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2006/001116

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 2005018864	A1	27-01-2005	AU	2911602 A	11-06-2002
			EP	1346601 A2	24-09-2003
			JP	2004537182 T	09-12-2004
			WO	0245463 A2	06-06-2002
			US	2005185812 A1	25-08-2005
			US	2002102004 A1	01-08-2002
WO 0245463	A	06-06-2002	AU	2911602 A	11-06-2002
			EP	1346601 A2	24-09-2003
			JP	2004537182 T	09-12-2004
			US	2005185812 A1	25-08-2005
			US	2002102004 A1	01-08-2002
			US	2005018864 A1	27-01-2005
WO 2005086532	A	15-09-2005	KEINE		
US 2005069164	A1	31-03-2005	KEINE		
US 2003133588	A1	17-07-2003	KEINE		
DE 10303263	A1	05-08-2004	KEINE		