



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 10 2006 046 292 A1 2008.04.03

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2006 046 292.0

(22) Anmeldetag: 29.09.2006

(43) Offenlegungstag: 03.04.2008

(51) Int Cl.⁸: H04R 19/04 (2006.01)

H04R 31/00 (2006.01)

H05K 1/18 (2006.01)

H05K 5/02 (2006.01)

(71) Anmelder:
EPCOS AG, 81669 München, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE10 2005 008512 A1

US 2005/1 89 635 A1

US 2005/1 85 812 A1

WO 2006/0 85 825 A1

(74) Vertreter:
Epping Hermann Fischer,
Patentanwaltsgeellschaft mbH, 80339 München

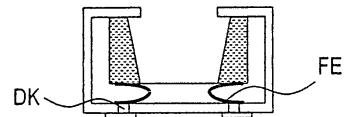
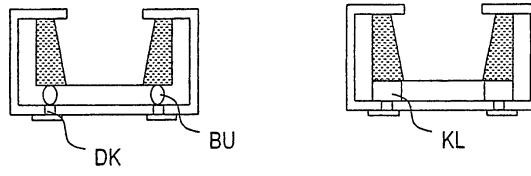
(72) Erfinder:
Pahl, Wolfgang, 80336 München, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Bauelement mit MEMS-Mikrofon und Verfahren zur Herstellung**

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Bauelement mit einem Gehäuse für ein MEMS-Mikrofon vorgeschlagen, welches einen Hohlraum mit darin angeordneten Anschlüssen, eine Schalleintrittsöffnung und SMT-Kontakte auf einer Außenseite aufweist. Der darin eingebaute MEMS-Chip verschließt die Schalleintrittsöffnung von innen und ist über elektrisch leitende Verbindungen mit den Anschlüssen des Gehäuses verbunden. Gegenüber den elektrisch leitenden Verbindungen steht der MEMS-Chip in mechanisch innigem Kontakt mit dem Gehäuse. Die Größenbemessung des Gehäuses relativ zum MEMS-Chip ermöglicht eine Nutzung des Hohlraums seitlich des MEMS-Chips als akustisches Rückvolumen.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Gehäuse mit einem darin eingebauten MEMS Mikrofon und ein Verfahren zur Herstellung.

[0002] Miniaturisierte Mikrofone können in MEMS Bauweise hergestellt werden. Ein bekanntes Funktionsprinzip besteht dabei aus der Messung einer Kapazität zwischen einer durch den Schall zum Schwingen angeregten Membran und einer benachbarten festen Gegenelektrode.

[0003] In der Regel besteht ein MEMS-Mikrofon aus einem MEMS-Chip einer Dicke von einigen 100 µm, der eine oder mehrere Membranen einer Dicke von einigen 100 nm aufweist. Normalerweise sind die Membranstrukturen weitgehend bündig mit einer Oberfläche des MEMS-Chip ausgebildet. Die gegenüberliegende Oberfläche weist dann im Membranbereich eine Ausnehmung auf. Diese kann das für die Mikrofonfunktion erforderliche abgeschlossene Rückvolumen zur Verfügung stellen, das als statische Referenz für die Detektion des veränderlichen Schalldrucks dient.

[0004] Der allgemeine Trend zur Miniaturisierung und Kostengründe erfordern geringere Flächen für den MEMS-Chip. Verbunden damit ist aber gleichzeitig auch eine Verminderung des allein durch die Ausnehmung erzielbaren Rückvolumens. Dies führt aber bei Auslenkung der Membran zu einem erhöhten Gegendruck, der wiederum die Auslenkung behindert und eine reduzierte Empfindlichkeit und verschlechterte Rauscheigenschaften zur Folge hat.

[0005] Aus der veröffentlichten amerikanischen Patentanmeldung US 2005/0185812A1 ist ein Mikrofongehäuse bekannt, bei dem ein als MEMS-Bauelement ausgebildetes Mikrofon zusammen mit einem Halbleiterchip auf einer Basisplatte angeordnet ist. Das MEMS Package umfasst eine gemeinsame Kappe, mit der das MEMS-Bauelement gegen die Basisplatte abgedeckt ist.

[0006] Nachteilig an dieser Ausführung ist jedoch das relativ große Bauelementvolumen und der geringe davon akustisch genutzte Volumenanteil.

[0007] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Bauelement mit einem Mikrofon in MEMS Bauweise anzugeben, das verringerte Abmessungen aufweist, ohne dass darunter dessen akustische Eigenschaften und Empfindlichkeit leiden.

[0008] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Bauelement mit den Merkmalen von Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sowie ein Verfahren zur Herstellung des Bauelements gehen aus weiteren Ansprüchen hervor.

[0009] Es wird ein Bauelement vorgeschlagen, bei dem ein MEMS-Chip so in ein verschlossenes Gehäuse eingebaut ist, dass er den durch das Gehäuse gebildeten Hohlraum zu einem vergleichsweise großen Teil als Rückvolumen nutzen kann. Dazu ist der MEMS-Chip im Gehäuse über einer Schalleintrittsöffnung angeordnet und verschließt diese von innen. Über elektrisch leitende Verbindungen ist er mit den Anschlüssen des Gehäuses im Inneren verbunden. Mit der Gehäuseinnenseite gegenüber den elektrisch leitenden Verbindungen steht der MEMS-Chip in mechanisch innigem Kontakt mit dem Gehäuse. Auf der Schalleintrittsöffnung abgewandten Gehäuseinnenseite wird außerdem ein ausreichender Durchlass zwischen MEMS-Chip und Gehäuseinnenwand eingehalten, die eine Verbindung zwischen Membran des Mikrofons und dem Hohlraum im Gehäuse seitlich des MEMS-Chips zur Verfügung steht und sich ein gemeinsames Rückvolumen ausbilden kann.

[0010] Auf seiner Unterseite weist das Gehäuse SMT-Kontakte (Surface Mounting Technologie) auf, über die das Bauelement auf einer Leiterplatte montiert und elektrisch angeschlossen werden kann. Die SMT-Kontakte sind durch Durchführungen oder Durchkontaktierungen durch das Gehäuse mit den innen angeordneten Anschlüssen für den MEMS-Chip verbunden. Im Folgenden wird die Außenseite mit den SMT-Kontakten unabhängig von der Ausführungsform als Unterseite bezeichnet.

[0011] Die Schalleintrittsöffnung kann auf der Unterseite neben bzw. zwischen den SMT-Kontakten angeordnet sein und erfordert dann eine entsprechende Bohrung in der Leiterplatte, für den Schalleintritt. Die Schalleintrittsöffnung kann aber auch in der Oberseite des Gehäuses angeordnet sein.

[0012] Vorteilhaft ist es, wenn der MEMS-Chip so im Gehäuse angeordnet ist, dass die elektrischen Kontakte des MEMS-Chips zur Unterseite weisen und mit den dort vorhandenen Anschlüssen nahe den SMT-Kontakten über elektrisch leitende Verbindungen angeschlossen sind. In diesem Fall kann der mechanisch innige Kontakt an der Rückseite des MEMS-Chips rein mechanisch erfolgen, ohne dass dabei auf dieser Seite elektrische Verbindungen erforderlich sind. Der mechanisch innige Kontakt kann beispielsweise über eine elastische Masse erfolgen, die zwischen der Rückseite des MEMS-Chips und dem Gehäuse angeordnet ist. Eine elastische Masse hat den Vorteil, dass sich damit keine zu starken mechanischen Verspannungen zwischen MEMS-Chips und der oberen Innenseite des Gehäuses ausbilden können. Die elastische Masse ist dabei an den Stellen ausgespart, an denen eine Verbindung zum seitlich des MEMS-Chips verbleibenden Innenvolumen des Gehäuses verbleibt.

[0013] Auf dem inneren Gehäuseboden ist der

MEMS-Chip vorteilhaft über eine Flip-Chip ähnliche elektrische Verbindung befestigt. Diese umfasst ein einander gegenüber Anordnen der Kontakte des MEMS-Chips und der Anschlüsse des Gehäuses und Herstellen einer geeigneten elektrisch leitenden Verbindung dazwischen. In einfacher Weise kann dies über Lot- oder Stud-Bumps erfolgen. Während mit Lotmaterial ein Verlöten stattfindet, kann mittels der Stud-Bumps der MEMS-Chips auch aufgebondet sein, z.B. mittels Ultrasonic Bonding. Neben Bonden und Löten ist auch ein Aufkleben des MEMS-Chips mit einem elektrisch leitfähigen Kleber möglich, da ein Mikrofon nur relativ geringe Anforderungen an die Stromtragfähigkeit und Leitfähigkeit der elektrischen Verbindung stellt. Der Kleber kann dabei anisotrop leitfähig eingestellt sein, sodass keine Strukturierung der Kleberschicht erforderlich ist, um einen Kurzschluss zwischen den unterschiedlichen Kontakten und Anschlüssen zu vermeiden.

[0014] Die elektrische Verbindung kann aber auch über einen Druckkontakt hergestellt sein. Die Dauerhaftigkeit des elektrischen Kontakts allein durch Aufdrücken kann dann durch elastische Schichten unterstützt sein, die entweder auf der gegenüberliegender. Rückseite des MEMS-Chips für einen elastischen Andruck sorgen. Möglich ist es jedoch auch, direkt im Bereich des Druckkontakte Zwischenlagen aus leitfähigen elastischen Schichten vorzusehen.

[0015] Der Kontakt beziehungsweise die elektrisch leitende Verbindung kann auch über ein- oder beidseitig verschweißte metallische Strukturen beliebiger Ausformung hergestellt werden. Der Anschluss innerhalb des Gehäuses kann dabei eine Kontaktfläche oder ein Pad sein. Möglich ist es jedoch auch, die nach innen weisende Oberfläche eines mit einem elektrisch leitenden Material gefüllten Kontaktlochs (Durchkontaktierung) direkt als Anschluss einzusetzen. Möglich ist es jedoch auch, dass Durchkontakteierungen und Anschlüsse nicht deckungsgleich anzutragen bzw. seitlich gegeneinander zu versetzen und durch Leiterbahnen auf der inneren Oberfläche des Gehäuses miteinander zu verbinden.

[0016] In einer weiteren Ausführungsform weist die Schalleintrittsöffnung des Gehäuses nach oben, während der MEMS-Chip unten am Gehäuseboden über die elektrisch leitenden Verbindungen mit den dortigen Anschlüssen verbunden ist. Dabei ist es möglich, die nach oben weisende Rückseite des MEMS-Chips mit dem „Deckel“ des Gehäuses zu verkleben oder anderweitig dicht zu verbinden, so dass die Klebe- oder Verbindungsstelle das zwischen MEMS-Chip und Schalleintrittsöffnung eingeschlossene Teilvolumen von dem übrigen Volumen innerhalb des Gehäuses abschließt. Auf der nach unten weisenden Seite des MEMS-Chips sorgen die dort angebrachten elektrisch leitenden Verbindungen für einen ausreichenden Abstand der Membran zum Bo-

den des Gehäuses und so gleichzeitig für eine Verbindung des unter dem MEMS-Chip befindlichen Teilvolumens mit dem übrigen Gehäusevolumen. Der Verschluss zwischen MEMS-Chip und dem „Deckel“ kann dann dicht sein.

[0017] Unabhängig davon ist jedoch bei allen Ausführungen eine definierte Bohrung vorgesehen, die den Gehäuseinnenraum mit der äußeren Umgebung des Gehäuses verbindet, um ein Anpassen des als Referenz dienenden Innendrucks an einen veränderten Außendruck zu ermöglichen. Diese Bohrung ist so dimensioniert, dass der Druckausgleich mit einer ausreichend langsam Zeitkonstante von etwa 0,01 bis 1,0 s erfolgen kann, die gegenüber der zu bestimmenden Tonfrequenz langsam ist. Vorteilhaft ist die Bohrung durch den MEMS-Chip selbst geführt und beispielsweise mittels Mikrostrukturierungstechniken erzeugt.

[0018] Vorteilhaft ist das Gehäuse aus einem metallischen Material gefertigt oder weist zumindest eine metallische Beschichtung auf. Dies ermöglicht eine elektrostatische Abschirmung und verhindert beispielsweise die Einkopplung externer Störsignale.

[0019] In einer Ausführungsform weist das Gehäuse ein Unterteil und eine Abdeckung auf, wobei im Unterteil eine den Hohlräum definierende Ausnehmung vorgesehen ist. Die Abdeckung kann dann aus einem plan aufliegenden flächigen Material und insbesondere aus einer Folie bestehen.

[0020] Vorteilhaft kann zur Abdeckung eine Metallfolie oder eine mit Metall beschichtete Kunststofffolie eingesetzt werden. Insbesondere ist in der Abdeckung die Schalleintrittsöffnung strukturiert, die dort beispielsweise eingestanzt sein kann. Eine metallische Folie als Abdeckung hat weiterhin den Vorteil, dass sie auf einem metallischen oder metallisch beschichteten Unterteil aufgelötet, aufgeschweißt oder aufgebondet werden kann. Möglich ist es jedoch auch, die Abdeckung auf dem Unterteil aufzukleben.

[0021] Die Schalleintrittsöffnung kann eine einzige Öffnung mit ausreichender Fläche umfassen. Sie kann aber auch einen Bereich mit einer Vielzahl darin angeordneter kleinerer Weiterhin ist es möglich, als Abdeckung eine vollständig über die gesamte Fläche perforierte Folie zu verwenden, und erst nach dem Verbinden mit dem Unterteil zum Beispiel durch ein Auftragverfahren eine Abdichtung der nicht für die Schalleintrittsöffnung benötigten kleinen Öffnungen vorzunehmen. Mit einer solchen vollständig perforierten Folie ist es auch möglich, durch die Perforationen hindurch lokal einen Kleber oder eine Abdichtmasse aufzubringen, um eine mechanisch feste und gegebenenfalls zum Innenraum des Gehäuses dichte Verbindung zwischen Abdeckung und Unterteil rund um die Schalleintrittsöffnung herum und an den Füge-

stellen zum Unterteil vorzunehmen.

[0022] Im Falle einer Verklebung ist es vorteilhaft, auch die metallische oder metallisch beschichtete Abdeckung und das metallische oder metallisch beschichtete Unterteil zur Verbesserung der Schirmungswirkung elektrisch leitend miteinander zu verbinden. Dies kann beispielsweise mit einer Durchkontaktierung durch die Abdeckung hindurch hin zur Gehäuseseitenwand oder durch einen leitfähigem Klebstoff erfolgen.

[0023] In einer vorteilhaften Ausführung des Bauelements sind die elektrisch leitenden Verbindungen als Federelemente ausgeführt. Diese können Metallstrukturen umfassen, die elastisch oder plastisch verformbar sind. Diese Metallstrukturen sind in einem ersten Bereich mit den Anschlüssen und in einem zweiten Bereich mit den Kontakten des MEMS-Chips befestigt. Der zweite Bereich weist dabei einen lichten Abstand zum Gehäuseboden auf, welcher als Raum für die elastische Verformung der Federelemente und damit zur Abfederung des MEMS-Chips innerhalb des Gehäuses dienen kann.

[0024] Die Federelemente haben den Vorteil, dass der MEMS-Chip elastisch im Bauelement gehalten wird, wobei im Belastungsfall maximal die Federkraft auf den Chip einwirken kann, die das Federelement einer Verformung entgegengesetzt. Dies garantiert, dass der MEMS-Chip weitgehend spannungsfrei in dem Gehäuse eingebaut ist und auch bei mechanischer Belastung des Gehäuses oder bei thermischer Verspannung zwischen Gehäuse und Chip keine zu großen Kräfte auftreten können.

[0025] Zur Aufnahme von Zug- und Druckspannungen weisen die Federelemente vorzugsweise eine nicht linear verlaufende, ein- oder mehrfach in eine oder mehrere Raumrichtungen gebogene oder abgewinkelte Form auf. Sie können mäandrierend verlaufen und unabhängig davon aus einem bandförmigen Material bestehen und längs und/oder quer verlaufende Schlitze aufweisen. Die Federelemente können auch spiralförmig mit einer oder mehreren Windungen ausgeführt sein. Vorzugsweise sind sie aus Metall ausgebildet, um die Funktion als elektrisch leitende Verbindung zu gewährleisten.

[0026] Das Gehäuse und insbesondere das Unterteil kann aus einem beliebigen mechanisch ausreichend stabilen Material gefertigt sein. Es kann aus Metall, Silizium, Glas, Kunststoff oder Keramik bestehen. Das Unterteil des Gehäuses mit der Ausnehmung kann ein einheitliches Material sein, einstückig mit einer Ausnehmung aufgebaut oder aus mehreren entsprechend strukturierten gegebenenfalls unterschiedlichen Schichten zusammengesetzt sein.

[0027] In einfacher Weise wird ein Unterteil mit einer

Ausnehmung erhalten, indem auf einer planen Bodenplatte ein ringförmig geschossener Rahmen aufgesetzt oder aufgebaut wird, der das Innenvolumen des Gehäuses umschließt.

[0028] Die Ausnehmung im Unterteil kann vorgebildet sein, oder nachträglich erzeugt sein, beispielsweise durch das genannte Aufbringen des Rahmens. Unabhängig vom Material der Bodenplatte kann der Rahmen beispielsweise ein Polymer-Material umfassen, welches zum Beispiel aufgedruckt werden kann. Der Rahmen kann auch aus einem keramischen Material oder einer Paste hergestellt werden, die keramische und/oder metallische Partikel enthält beziehungsweise mit diesen gefüllt ist. Der Rahmen kann auch galvanisch auf der Bodenplatte erzeugt sein. Möglich ist es auch, den Rahmen fotolithographisch aus einer Resistenschicht, einer Resistfolie und insbesondere aus einem direkt strukturierbaren Fotoresist zu erzeugen. Die Resist-Schicht kann als Lack durch Schleudern, Gießen, Tauchen oder Sprühen aufgebracht werden. Vorteilhaft ist es auch, die Resist-Schicht als Trockenfilm beispielsweise durch Laminierten aufzubringen und anschließend zu strukturieren.

[0029] Die Strukturierung einer Resist-Schicht zum Aufbau einer Rahmenstruktur zur Definition des Hohlraums im Gehäuseunterteil kann durch Fototechnik oder Direktstrukturierung wie Laserablation erfolgen. Vorteilhaft wird die Rahmenstruktur zumindest an den Innenwänden und vorteilhaft auch auf den nach oben weisenden Kanten oder Fügeflächen metallisiert, um einerseits eine Schirmung des Gehäuses zu gewährleisten und andererseits eine metallische Fügefläche zum Verbinden mit der Abdeckung zu schaffen.

[0030] Das Aufbringen der Metallisierung kann gleichzeitig auch zum Erzeugen der Federelemente genutzt werden. Dazu wird vorteilhaft eine Opferschicht aufgebracht und hinterher strukturiert oder direkt strukturiert aufgebracht, so dass sie eine Stufe ausbildet, über die später eine Metallstruktur zur Ausbildung des Federelements verlaufen kann. Nach dem Entfernen der Opferschicht weist der ursprünglich auf der Opferschicht aufliegende zweite Bereich der Metallstruktur einen lichten Abstand zum Gehäuseboden auf.

[0031] Die Abscheidung oder Erzeugung einer Metallschicht zur Innenmetallisierung des Gehäuses und gegebenenfalls gleichzeitig zur Herstellung von Metallstrukturen für Anschlüsse, elektrisch leitende Verbindungen und/oder Federelemente kann auch mehrschichtig beziehungsweise in mehreren Stufen erfolgen, wobei für unterschiedliche Gehäuseteile unterschiedliche Metallisierungsschichten bzw. Mehrschichtaufbauten eingesetzt werden können.

[0032] Vorteilhaft umfasst das Gehäuse eine Leiterplatte, die auf der Unterseite die SMT-Kontakte und über Durchkontaktierungen mit diesen verbundene Anschlüsse im Innenraum des Gehäuses aufweist. Die Leiterplatte kann ein- oder mehrschichtig aufgebaut sein und umfasst zumindest eine dielektrische Schicht oder einen Halbleiter, insbesondere Silizium, Kunststoff oder Keramik. Die Leiterplatte kann auch ein Leiterplattenlaminat sein.

[0033] Das Unterteil mit der vorgebildeten Ausnehmung kann auch ein MID-Formteil (Molded Interconnect Device) sein. Prinzipiell ist es natürlich auch möglich, eine Leiterplatte als Bodenplatte zu verwenden und den Hohlraum mit einem zweiten kappenförmig ausgebildeten, also bereits die Ausnehmung aufweisenden Oberteil zum vollständigen Gehäuse zu verbinden.

[0034] Im Folgenden wird die Erfindung und das Verfahren zur Herstellung des Bauelements anhand von Ausführungsbeispielen und der dazugehörigen Figuren näher erläutert. Diese rein schematisch und nicht maßstabsgetreu ausgeführt, sodass ihnenweder absolute noch relative Maßangaben oder Größenverhältnisse zu entnehmen sind.

[0035] **Fig. 1** zeigt ein Bauelement mit oben liegender Schalleintrittsöffnung im schematischen Querschnitt,

[0036] **Fig. 2** zeigt ein Bauelement mit unten liegender Schalleintrittsöffnung,

[0037] **Fig. 3** zeigt verschiedene Arten, eine elektrische Verbindung herzustellen,

[0038] **Fig. 4** zeigt verschiedene Abdeckungen eines zweiteiligen Gehäuses,

[0039] **Fig. 5** zeigt die Herstellung eines Bauelements, bei der die elektrischen Verbindungen als Federelemente ausgeführt sind,

[0040] **Fig. 6** zeigt ein Bauteil mit Innenmetallisierung im Gehäuse,

[0041] **Fig. 7** zeigt ein Bauelemente mit mehrschichtiger Basisplatte.

[0042] **Fig. 1** zeigt zwei Varianten eines Bauelements mit oben liegender Schalleintrittsöffnung OE. Als Oberseite des Bauelements wird die Seite betrachtet, die der (Außen-)Seite gegenüber liegt, auf der die SMT-Kontakte K angeordnet sind. Der MEMS-Chip CH selbst besteht üblicherweise aus einer aus einem massiven Körper herausgearbeiteten Basis, auf dem zum Beispiel in Dünnschichttechnik ein Schichtaufbau aufgebracht ist, der auch die Membran (in der Figur nur angedeutet) umfasst. Unterhalb

der Membran weist die Basis des MEMS-Chips CH eine Ausnehmung auf, um ein freies Schwingen der Membran zu ermöglichen, beziehungsweise um ein akustisches Rückvolumen für die Funktion des Mikrofons zur Verfügung zu haben.

[0043] **Fig. 1A**: Auf der Oberseite mit der Membran kann der MEMS-Chip mittels elektrisch leitender Verbindung EC mit den Anschläßen verbunden sein, die sich an der oberen Innenseite des Gehäuses befinden (in der **Fig. 1A** nicht dargestellt). Auf der Unterseite steht der MEMS-Chip in mechanisch innigem Kontakt mit der unteren Innenseite des Gehäuses G und ist dort entweder über einen Druckkontakt, eine elastische Schicht, einen Kleber oder ein sonstiges Verbindungsverfahren verbunden. Der MEMS-Chip ist also oben und unten in das Gehäuse G eingespannt.

[0044] Unterhalb der Membran bildet der zwischen Membran und Unterseite des Gehäuses eingeschlossene und der Ausnehmung des MEMS-Chips entsprechende Raum ein erstes Teilvolumen TV1 des als Rückvolumen fungierenden Gesamtvolumens. Ein zweites Teilvolumen TV2 wird durch den Raum zur Verfügung gestellt, der seitlich des MEMS-Chips CH zwischen diesem und dem Gehäuse G verbleibt.

[0045] Um als gemeinsames Rückvolumen zu dienen, sind die beiden Teilvolumen TV1 und TV2 über einen oder mehrere Durchlässe verbunden, die beispielsweise in der Unterseite des MEMS-Chips vorgebildet sind oder zwischen Unterseite des MEMS-Chips und Gehäuse G verbleiben.

[0046] Durch den innen über der Schalleintrittsöffnung OE aufsitzenden MEMS-Chips ist das zweite Teilvolumen TV2 gegen die Schalleintrittsöffnung OE abgedichtet. Dies kann durch eine Dichtmasse erfolgen, die beispielsweise ringförmig auf der Oberseite des MEMS-Chips aufgebracht ist und diesen gegen die obere Innenseite des Gehäuses G abdichtet.

[0047] In einer nicht dargestellten Variante von **Fig. 1A** ist der MEMS-Chip zwar in gleicher Ausrichtung innerhalb des Gehäuses G angeordnet, jedoch an seiner Unterseite über elektrisch leitende Verbindungen mit Anschläßen auf der unteren Innenseite des Gehäuses verbunden. Dies wird möglich, wenn an der Unterseite des MEMS-Chips entsprechende Kontakte vorgesehen werden, die über geeignete Leitungen mit dem elektrischen Teil des MEMS-Bauelements verbunden sind, beispielsweise mittels einer Durchkontaktierung durch den MEMS-Chip. In diesem Fall kann eine die Schalleintrittsöffnung OE umschließende Abdichtung zwischen der Oberseite des MEMS-Chips und der oberen Innenseite des Gehäuses vorgesehen sein, beispielsweise ein Kleber und insbesondere Silikonkautschuk.

[0048] [Fig. 1B](#) zeigt eine verbesserte Variante, die sich durch eine einfachere Herstellbarkeit auszeichnet. Hier ist der MEMS-Chip kopfüber eingebaut, so dass er mit der Membranseite zur Unterseite des Gehäuses weist. Dies hat den Vorteil, dass sich die elektrischen Kontakte des MEMS-Chips, die sich üblicherweise auf der Membranseite befinden, direkt gegenüber den SMT-Kontakten auf der Außenseite des Gehäuses G befinden. Über die elektrisch leitenden Verbindungen EC mit den auf der unteren Innenseite des Gehäuses G angeordneten Anschlüssen (nicht dargestellt) kann so in einfacher Weise eine Flip-Chip ähnliche Verbindung hergestellt werden, die gleichzeitig zur mechanischen Verbindung und zum elektrischen Kontaktieren des MEMS-Chips und der Anschlüsse dient. Während in [Fig. 1A](#) die elektrischen Verbindungen entfernt von den SMT-Kontakten angeordnet sind und über zusätzliche Leiterbahnen mit den SMT-Kontakten K verbunden werden müssen, kann dies in der Variante gemäß [Fig. 1B](#) entfallen und eine direkte face-to-face Verbindung hergestellt werden. Zwischen den Anschlüssen auf der Innenseite und den SMT-Kontakten K auf der Außenseite kann eine Durchkontaktierung vorgesehen sein.

[0049] [Fig. 2](#) zeigt Varianten des Bauelements mit im Gehäuse unten liegender Schalleintrittsöffnung OE. [Fig. 2A](#) zeigt eine Variante, bei der der MEMS-Chip mit der Membran nach oben weist. Die elektrisch leitenden Verbindungen EC können wie dargestellt an der Oberseite des MEMS-Chips zur oberen Innenseite des Gehäuses, wo Anschlüsse vorgesehen sind, vorgenommen sein. Möglich ist es aber auch, die elektrisch leitenden Verbindungen an der Unterseite direkt gegenüber den SMT-Kontakten K vorzusehen, wobei an der Unterseite des MEMS-Chips entsprechende Kontakte vorhanden sind, die mit dem elektrischen Teil und insbesondere mit der Membran Kontakt stehen.

[0050] In der Variante gemäß [Fig. 2A](#) schließt der auf der unteren Innenseite des Gehäuses aufliegende MEMS-Chip die Schalleintrittsöffnung OE ab. Das erste Teilvolumen TV1 ist zwischen der oberen Innenseite des Gehäuses und der Membran angeordnet ist, steht z.B. über Durchlässe zwischen den elektrisch leitfähigen Verbindungen in Verbindung mit dem zweiten Teilvolumen TV2, welches zwischen Chip und Seitenwänden des Gehäuses verbleibt. Beide Teilvolumina TV1 und TV2 bilden zusammen das Rückvolumen.

[0051] [Fig. 2B](#) zeigt eine ähnliche Anordnung, bei der lediglich die die Membranseite des MEMS-Chips nach unten weist. Auch hier gilt, dass die Schalleintrittsöffnung durch den MEMS-Chip verschlossen wird, was durch die elektrisch leitenden Verbindungen oder durch zusätzliche Abdichtschichten gewährleistet wird. Erstes und zweites Teilvolumen TV1, TV2 sind durch Durchführungen miteinander

verbunden, die sich zwischen der Oberseite des MEMS-Chips und der Gehäuseinnenwand befinden.

[0052] [Fig. 3](#) zeigt verschiedene Möglichkeiten, den MEMS-Chip über elektrisch leitende Verbindungen mit dem Gehäuse zu verbinden. Dargestellt sind diese für eine Anordnung gemäß [Fig. 1B](#). Möglich ist es jedoch auch, diese verschiedenen elektrisch leitenden Verbindungen auch in Verbindung mit anderen in den [Fig. 1](#) und [2](#) dargestellten Varianten einzusetzen.

[0053] In [Fig. 3A](#) ist die elektrische Verbindung als Bump BU oder als ähnliche Struktur ausgeführt. Sie kann ein Löt-Bump, ein Stud-Bump oder eine anderweitig gefertigte metallische Pfostenstruktur sein, auf die der Chip mit seinen Kontakten aufgebondet oder aufgelötet ist. Der Bump BU verbindet die Kontakte (nicht dargestellt) des MEMS-Chips CH mit den elektrischen Anschlüssen des Gehäuses, die sich hier an der unteren Innenseite des Gehäuses befinden. Dargestellt sind hier auch Durchkontaktierungen DK, die den Bump beziehungsweise die Anschlüsse mit den außen liegenden SMT-Kontakten K verbinden.

[0054] In [Fig. 3B](#) ist die elektrisch leitende Verbindung über eine elektrisch leitende Schicht, z.B. eine Klebstoffschicht KL ausgeführt. Die Klebstoffschicht KL ist entweder strukturiert, um einen Kurzschluss zwischen den beiden Kontakten zu vermeiden oder ist als anisotrop leitende Klebeschicht ausgebildet, bei der eine Flächenleitung innerhalb der Klebstoffschicht praktisch nicht stattfindet und nur eine elektrische Leitfähigkeit vertikal durch die Klebstoffschicht hindurch stattfindet.

[0055] In [Fig. 3C](#) ist jede elektrisch leitende Verbindung als Federelement E ausgeführt. Diese gewährleistet eine elastische Befestigung des MEMS-Chips CH innerhalb des Gehäuses E. Beim Einbau kann der Chip dann unter Druck auf die Federelemente eingebaut werden, wobei eine auf den MEMS-Chip einwirkende Vorspannung eingestellt werden kann.

[0056] [Fig. 4A](#) zeigt mehrere Möglichkeiten, wie eine mit einer Schalleintrittsöffnung OE versehene Abdeckung des Gehäuses ausgestaltet sein kann. Auch hier gilt, dass die dargestellten Abdeckungen mit allen Ausführungen gemäß der [Fig. 1](#) und [3](#) kompatibel sind, obwohl sie nur für eine Ausführung gemäß [Fig. 1B](#) dargestellt sind.

[0057] [Fig. 4A](#) zeigt eine Abdeckung AB, die als Folie ausgeführt ist, die eine zentrale Schalleintrittsöffnung OE aufweist. Diese ist so ausgerichtet, dass sie zentral über den MEMS-Chip CH angeordnet ist und von diesem gegen das zweite Teilvolumen des Gehäuses verschlossen wird. Die Abdeckung AB liegt auf einem Gehäuseunterteil UT auf, welches zumindest eine den Gehäuseinnenraum definierende Aus-

nehmung aufweist.

[0058] In [Fig. 4B](#) ist eine Abdeckung AB dargestellt, die in einem Öffnungsbereich OB eine Vielzahl kleinerer Durchbrechungen aufweist, die zusammen die Schalleintrittsöffnung OE bilden. Die Öffnungen können gestanzt, gebohrt, gelasert oder geätzt sein. Ein bevorzugtes Verfahren zur Herstellung der Öffnungen ergibt sich aus dem Material der Abdeckung AB, welche insbesondere eine Metallfolie oder eine mit Metall beschichtete Kunststofffolie ist.

[0059] [Fig. 4C](#) zeigt eine Variante, bei der die Abdeckung aus einer durchgehend perforierten Folie besteht. Die nicht dem Öffnungsbereich OB zugeordneten Öffnungen sind mit einer Abdichtschicht AD versiegelt, die beispielsweise oben auf die Folie lokal aufgebracht ist. Möglich ist es auch, diese Abdichtschicht AD auf der Unterseite der Abdeckung aufzubringen und beispielsweise gleichzeitig zum Verbinden der Abdeckung AB mit Unterteil UT des Gehäuses G und der Oberseite des MEMS-Chips CH zu verwenden.

[0060] [Fig. 4D](#) zeigt eine Abdeckung, die mit Hilfe einer Verbindungsschicht VS mit der Oberseite des MEMS-Chips und dem Unterteil des Gehäuses G verbunden ist.

[0061] Die Verbindungsschicht VS ist vorzugsweise eine elastische Schicht und insbesondere eine elastische Kleberschicht, die einen ausreichend dichten Verschluss des Gehäuses durch die Abdeckung und insbesondere einen Verschluss des zweiten Teilvolumens TV2 gegen die Schalleintrittsöffnung ermöglicht. Die Verbindungsschicht VS kann großflächig auf der Unterseite der Abdeckung AB in den Bereich aufgebracht werden, der nicht dem Öffnungsbereich OB entspricht. Möglich ist es jedoch auch, die Verbindungsschicht VS ausschließlich an den Fügestellen zwischen Abdeckung und Unterteil entweder auf das Unterteil UT oder auf die Abdeckung AB aufzubringen.

[0062] [Fig. 4E](#) zeigt eine weitere Variante, bei der eine über die ganze Fläche perforierte Abdeckung eingesetzt ist. Die Perforierung ist so vorgenommen, dass kleine Öffnungen in einem dichten Raster so angeordnet sind, dass die mechanische Stabilität der Abdeckung nicht gefährdet ist. Diese perforierte Abdeckschicht kann bei der Herstellung zunächst auf das Unterteil und den MEMS-Chip aufgesetzt werden. Anschließend wird von der Oberseite der Abdeckung her ein Verbindungsmaterial und insbesondere ein Kleber lokal über den Fügestellen und den abzudichtenden weil nicht dem Öffnungsbereich OB zurechnenden Verbindungsbereichen VB aufgebracht und durch die Öffnungen der Perforation gedrückt, sodass diese verschlossen werden. Durch an der Unterseite der Perforation austretendes Verbin-

dungsmaterial wird im Bereich der Fügestellen eine mechanisch stabile und ausreichend abdichtende Verbindungsschicht erzeugt.

[0063] [Fig. 5](#) zeigt beispielhaft anhand verschiedener Verfahrensstufen, wie als Federelemente FE ausgebildete, elektrisch leitende Verbindungen innerhalb des Gehäuses erzeugt werden können. [Fig. 5A](#) zeigt als Ausgangspunkt ein Unterteil des Gehäuses, welches hier eine Basisplatte BP und eine Rahmenstruktur RS umfasst. Die Basisplatte weist an der Unterseite SMT-Kontakte K auf, die über Durchkontaktierungen DK mit Anschlüssen auf der Innenseite des Unterteils verbunden sind. Als Anschlüsse können wie hier dargestellt die Oberseiten, also die zum Innenraum weisenden Oberflächen der Durchkontaktierungen DK dienen.

[0064] Rahmenstruktur RS und Basisplatte BP können aus gleichen oder unterschiedlichen Materialien gefertigt sein. Vorteilhaft ist die Basisplatte eine Leiterplatte, auf die eine Rahmenstruktur aufgebracht wird, beispielsweise durch Aufdrucken, Fotostrukturieren oder galvanische Abscheidung oder eine beliebige andere zur Strukterzeugung geeignete Methode.

[0065] Im nächsten Schritt wird im Inneren des Unterteils eine Opferschicht CS aufgebracht und strukturiert. Es ist ausreichend, wenn bei der Strukturierung der Opferschicht die Anschlüsse am Boden des Unterteils freigelegt werden. [Fig. 5B](#) zeigt die Anordnung mit der strukturierten Opferschicht OS.

[0066] Im nächsten Schritt wird im Inneren des Unterteils eine Metallisierung aufgebracht und so strukturiert, dass Metallstrukturen M_s elektrisch voneinander getrennt jeweils mit einem Anschluss verbunden und mit einem anderen Strukturbereich auf der Oberfläche der strukturierten Opferschicht OS zu liegen kommen. Die Metallstrukturen M_s können sich dabei linear erstrecken, sind vorteilhaft jedoch gebogen oder gegebenenfalls mehrfach abgewinkelt, um eine spätere elastische Verformbarkeit der daraus hergestellten Federelemente in mehrere Raumrichtungen zu gewährleisten. Möglich ist es auch, die Metallstrukturen M_s als brückenartige Strukturen auszuführen, bei denen ein erstes und ein zweites Ende direkt auf der Bodenplatte oder einem Anschluss im Inneren des Unterteils aufliegen, dazwischen jedoch ein mittlerer Bereich über die Opferschicht OS verläuft. [Fig. 5C](#) zeigt die Anordnung mit beispielhaft strukturierten Metallstrukturen M_s .

[0067] Im nächsten Schritt wird ein MEMS-Chip in das Unterteil UT eingesetzt und elektrisch leitend mit den Metallstrukturen M_s verbunden. Dies kann durch Löten, Bonden, Verschweißen oder Kleben erfolgen. [Fig. 5D](#) zeigt eine beispielhafte Ausführung eines auf diese Art und Weise elektrisch und mechanisch mit

den Metallstrukturen verbundenen MEMS-Chips.

[0068] Im nächsten Schritt wird die strukturierte Opferschicht OS entfernt, sodass die auf der Opferschicht aufliegenden Teile der Metallstruktur in einem lichten Abstand zur Oberseite der Bodenplatte BP verbleiben, sich also ein Freiraum FR zwischen den höher angeordneten Abschnitten der Metallstruktur und der Bodenplatte ergibt.

[0069] Das Entfernen der Opferschicht kann auf eine geeignete Weise erfolgen, die dem Material der Opferschicht angepasst ist.

[0070] Eine besonders einfache Ausführung verwendet ein thermisch zersetzbares Material, insbesondere ein bereits bei mäßigen Temperaturen von z.B. unter 300°C zersetzliches Polymer, welches in einem thermischen Schritt vollständig in gasförmige Zersetzungprodukte überführt werden kann. Möglich ist es jedoch auch, die Opferschicht OS in einem selektiven Prozess in einer flüssigen Phase aufzulösen und so zu entfernen. [Fig. 5E](#) zeigt die Anordnung nach dem Entfernen der Opferschicht.

[0071] Prinzipiell ist es jedoch auch möglich, die Opferschicht direkt nach dem Herstellen der Metallstrukturen M_s zu entfernen, da das elektrische und mechanische Verbinden des MEMS-Chips mit den nach Entfernen der Opferschicht zu den Federelementen FE gewordenen Metallstrukturen in einfache Weise möglich ist, in dem die Federelemente beim Aufsetzen, Aufboden oder Aufkleben beliebig gegen die Oberseite der Basisplatte BP gedrückt werden können, ohne dass dabei die Federfunktion der Federelemente verloren geht, und die Federkraft daher zur Wiederherstellung der ursprünglichen Anordnung mit dem Freiraum FR führt.

[0072] [Fig. 6](#) zeigt eine mögliche Ausgestaltung des Verfahrens, bei der eine weitere innere Metallisierung M_i auf den seitlichen Innenwänden des Gehäuseunterteils UT aufgebracht wird, mithin also auf die Innenwände der Rahmenstruktur. Diese innere Metallisierung M_i kann gleichzeitig mit der Metallstruktur M_s für die späteren Federelemente erzeugt werden. Vorteilhaft ist es, auch auf der Oberkante der Rahmenstruktur RS eine Rahmenmetallisierung M_R mitzuerzeugen beziehungsweise bei der Strukturierung einer ganzflächig abgeschiedenen Metallschicht eine Rahmenmetallisierung M_R zu belassen. Die innere Metallisierung M_i dient zur Schirmung des MEMS-Chips, während die Rahmenmetallisierung M_R ein einfacheres Aufboden, Aufschweißen oder Auflöten einer metallischen oder mit Metall beschichteten Abdeckung AB ermöglicht.

[0073] [Fig. 7](#) zeigt eine Anordnung, bei der die Abdeckung AB mit der Oberseite des MEMS-Chips und der Rahmenmetallisierung M_R verbunden ist. Zusätz-

lich weist das Gehäuse hier eine mehrschichtige Basisplatte BP auf, die für ein Unterteil des Gehäuses Verwendung finden kann. Dargestellt ist in [Fig. 7](#) eine Basisplatte mit zwei dielektrischen Schichten und einer dazwischen eingebetteten Metallisierungsstruktur. Die im Gehäuse angeordneten Anschlüsse sind über je zwei Durchkontaktierungen durch jeweils eine Schicht und die innere Metallisierungsebene mit jeweils einem SMT-Kontakt K verbunden.

[0074] Eine Beispielhafte Metallisierung M, die zur Herstellung sowohl der Innenmetallisierung M_i , der Rahmenmetallisierung M_R und der Metallstrukturen M_s geeignet ist, kann wie folgt hergestellt werden. Zunächst wird ganzflächig auf den zu beschichtenden Oberflächen eine Haftschiicht aufgebracht, die beispielsweise aus 50 Nanometer Ti und 200 Nanometer Cu besteht, beispielsweise durch Sputtern. Darüber wird zur Strukturierung anschließend ein Fotoresist aufgebracht, beispielsweise mittels Spray Coating oder durch Auflaminieren eines Trockenresistfilms. Der Fotolack oder Trockenresistfilm folgt dabei der Topographie der Ausnehmung und der Opferschicht. Dies kann zum Beispiel durch Vakuumlaminierung erreicht werden, die ein Aufbringen ohne Hohlräume unterstützt.

[0075] Die Belichtung des Fotoresists kann mit Masken erfolgen. Großflächige, nicht verzugsfreie Basisplatten, wie beispielsweise Basisplatten aus Keramik können auch mittels einer scannenden Vorrichtung und insbesondere mit einem Laserbelichter belichtet werden. Besonders vorteilhaft wird ein negativ arbeitender Fotoresist eingesetzt, da dann die senkrechte Flanke, also die Innenwand der Rahmenstruktur RS nicht belichtet zu werden braucht. Es kann auf diese Weise eine Resiststruktur erzeugt werden, die unbedeckte Bereiche der weiteren Metallabscheidung in einem galvanischen Verfahren zugänglich macht. Über eine Belichtung mittels Laser ist es jedoch auch möglich, Resiststruktur und Metallstrukturen auf beliebig geneigten Innenwänden aufzubringen.

[0076] Im anschließenden Galvanikprozess werden Metallstrukturen M_s , Innenmetallisierung M_i und Rahmenmetallisierung M_R galvanisch auf die nicht vom Fotoresist bedeckten Bereiche abgeschieden. Vorgezugsweise werden in diesem Prozess Kupfer, Nickel oder Chrom in einer Dicke bis insgesamt zwei bis 50 μm abgeschieden. Die Metallisierung kann darüber hinaus weitere selektiv aufgetragene Schichten umfassen, die zum Beispiel dem Oxidationsschutz (mittels einer Gold- oder Palladiumschicht), der Bondbarkeit (zum Beispiel mittels einer Nickel- oder Goldschicht), der Lotbenetzung (zum Beispiel mittels einer Gold-, Palladium- oder Silberschicht) oder der Lötentnetzung (zum Beispiel mittels einer Titan-, Chrom- oder Aluminiumschicht) dienen. Diese weiteren Schichten können vor oder nach dem Entfernen der Resiststruktur erzeugt werden.

[0077] Das Aufsetzen des MEMS-Chips beziehungsweise das elektrische und mechanische Verbinden kann über Goldstudbumps im Thermosonic-Bondverfahren auf die Metallstrukturen M_s oder die frei gelegten Federelemente FE erfolgen. Bei galvanischer Erzeugung der verschiedenen Metallisierungen wird im letzten Schritt nach dem Entfernen der Opferschicht die dünne freiliegende Haftschicht ebenfalls weggeätzt.

[0078] Zur Herstellung der Metallisierungen sind zahlreiche Varianten möglich. So können die Metallstrukturen auch durch Strukturierung großflächig aufgebrachter Metallschichten herausgeätzt werden. Möglich ist es auch, für Metallbeschichtung vorzusehende Bereiche insbesondere auf Kunststoffoberflächen zu aktivieren und anschließend eine nasschemische Metallisierung vorzunehmen. Dazu bietet sich die MID-(Molded Interconnect Device) Technik an.

[0079] Für alle Ausführungsformen gilt, dass die Größenbemessung des Gehäuses so erfolgt, dass ein ausreichend großes Rückvolumen zur Verfügung steht. Für Ausführungsformen mit oben liegender Schalleintrittsöffnung ist die Größe so gewählt, dass mindestens 75 Prozent des nicht von dem MEMS-Chip verdrängten Innenvolumens als akustisches Rückvolumen verfügbar sind.

[0080] Mit der Erfindung wird ein gekapseltes MEMS-Mikrofon angegeben, welches bei minimaler Bauhöhe ein optimiertes Rückvolumen für die akustische Mikrofonfunktion garantiert. Auch die Grundfläche des Gehäuses ist minimiert und kleiner als bekannte Ausführungsformen gekapselter MEMS-Mikrofon-Chips.

[0081] Mit dem vorgeschlagenen Bauelement und dem Herstellungsverfahren gelingt es auch, den MEMS-Chips CH stressfrei in das Gehäuse G einzubauen, was auch bei mechanischer oder Temperaturwechselbelastung des Bauelements eine weitgehend ungestörte Mikrofonfunktion gewährleistet. Das Gehäuse kann bezüglich der dafür verwendeten Materialien und dem genauen geometrischen Aufbau beliebig variiert werden. Für Unterteil, Rahmenstruktur und Abdeckung können gleiche oder unterschiedliche Materialien eingesetzt werden. Vorzugsweise umfasst zumindest die Bodenplatte aber ein Schicht eines dielektrischen Materials, um die unterschiedlichen Anschlüsse und SMT-Kontakte gegeneinander zu isolieren.

[0082] Für das Bauelement können beliebige MEMS-Chips mit Mikrofonfunktion eingesetzt werden, die gegebenenfalls nach unterschiedlichen Prinzipien funktionieren. Bevorzugt werden MEMS-Chips mit Membran eingesetzt. Prinzipiell ist es jedoch auch möglich, MEMS-Chip mit anders aufgebauter

beziehungsweise realisierter Mikrofonfunktion zu verwenden. Diejenigen mit Membran und über einer Ausnehmung können wie dargestellt eine konische Ausnehmung aufweisen, die aufgrund kristallachsenorientierter Ätzung oder überhaupt infolge isotroper Ätzung automatisch entstehen. Prinzipiell sind natürlich auch Ausnehmungen mit vertikalen oder anders ausgebildeten Seitenwänden für MEMS-Chips geeignet, was bezüglich eingesparter Grundfläche eine weitere Reduzierung des Flächenbedarfs des Bauelements ermöglicht.

Patentansprüche

1. Bauelement mit MEMS-Mikrofon, mit einem Gehäuse, welches einen Hohlraum, darin angeordnete Anschlüsse, eine Schalleintrittsöffnung und SMT-Kontakte auf einer Außenseite aufweist; mit einem MEMS-Chip mit Mikrofonfunktion, – der im Hohlraum des Gehäuses eingebaut ist – der die Schalleintrittsöffnung von innen verschließt, – der über eine elektrisch leitende Verbindung mit den Anschlüssen des Gehäuses verbunden ist – der mit seiner den elektrisch leitenden Verbindungen gegenüber liegenden Oberfläche in mechanisch innigem Kontakt mit dem Gehäuse steht – der durch das Gehäuse mit den SMT-Kontakten verbunden ist bei dem das Rückseitenvolumen für die Mikrofonfunktion des MEMS-Chips durch den Hohlraum im Gehäuse seitlich des MEMS-Chips erweitert ist.

2. Bauelement nach Anspruch 1, bei dem der mechanisch innige Kontakt über eine elastische Nasse erfolgt, die zwischen MEMS-Chip und Gehäuse angeordnet ist.

3. Bauelement nach Anspruch 1 oder 2, bei dem die SMT-Kontakte auf der Unterseite des Gehäuses angeordnet sind, bei dem der MEMS-Chip über eine Flip-Chip ähnliche Verbindung am Gehäuseboden befestigt ist.

4. Bauelement nach einem der Ansprüche 1-3, bei dem der MEMS-Chip mit einem elektrisch leitenden Kleber am Gehäuseboden befestigt ist.

5. Bauelement nach einem der Ansprüche 1-3, bei dem der MEMS-Chip mittels einer Lötstelle direkt oder indirekt am Gehäuseboden befestigt ist.

6. Bauelement nach einem der Ansprüche 1-5, bei dem die SMT-Kontakte auf der Unterseite des Gehäuses angeordnet sind, bei dem die Schalleintrittsöffnung nach oben weist.

7. Bauelement nach einem der Ansprüche 1-6, bei dem das Gehäuse aus einem metallischen Material gefertigt ist oder eine metallische Beschichtung aufweist.

8. Bauelement nach einem der Ansprüche 1-7, bei dem die Schalleintrittsöffnung von einer Oberfläche des MEMS-Chips dicht verschlossen ist, auf der gegenüberliegenden Oberfläche des MEMS-Chips aber zwischen Gehäuse und MEMS-Chip eine zum schnellen Druckausgleich geeignete Verbindung zwischen dieser Oberfläche und dem Hohlraum im Gehäuse seitlich des MEMS-Chips vorgesehen ist.

9. Bauelement nach einem der Ansprüche 1-8, bei dem das Gehäuse ein Unterteil und eine Abdeckung umfasst, wobei im Unterteil eine den Hohlraum definierende Ausnehmung vorgesehen ist.

10. Bauelement nach einem der Ansprüche 1-9, bei dem die Abdeckung eine strukturierte Metallfolie oder eine strukturierte mit Metall beschichteten Kunststofffolie mit einer Schalleintrittsöffnung umfasst.

11. Bauelement nach einem der Ansprüche 9-10, bei dem die Abdeckung auf das Unterteil aufgeklebt, aufgelötet oder aufgeschweißt ist.

12. Bauelement nach einem der Ansprüche 1-11, bei dem die Schalleintrittsöffnung einen Bereich mit einer Vielzahl darin angeordneter kleinerer Öffnungen umfasst.

13. Bauelement nach einem der Ansprüche 1-12, bei dem die elektrisch leitenden Verbindungen als Federelemente ausgeführt sind.

14. Bauelement nach einem der Ansprüche 1-13, bei dem der Gehäuseboden eine Leiterplatte umfasst.

15. Bauelement nach Anspruch 14, bei dem die Leiterplatte Durchkontaktierungen aufweist, die die Anschlüsse mit den SMT-Kontakten verbinden.

16. Verfahren zum Herstellen eines gekapselten Mikrofons, umfassend die Schritte:

- Bereitstellen eines Gehäuseunterteils und einer Abdeckung, die so geformt sind, dass sie an den Fügeflächen miteinander verbunden einen Hohlraum zwischen sich einschließen, wobei das Gehäuseunterteil außen angebrachte SMT-Kontakte und innen Anschlüsse aufweist, die über Durchkontaktierungen durch das Unterteil miteinander verbunden sind
- Einsetzen eines MEMS-Chips mit Mikrofonfunktion in den Hohlraum des Gehäuseunterteils und elektrisches Verbinden mit den Anschlässen
- Aufsetzen der Abdeckung auf das Gehäuseunterteil und Befestigen der Abdeckung mit dem Gehäuseunterteil und der Rückseite des MEMS-Chips, so dass der MEMS-Chip im Hohlraum eingeschlossen ist, diesen aber nicht vollständig ausfüllt.

17. Verfahren nach Anspruch 16, bei dem die Ab-

deckung eine Schalleintrittsöffnung umfasst, bei dem das Befestigen der Abdeckung mit dem MEMS-Chip so erfolgt, dass die Schalleintrittsöffnung durch den MEMS-Chip gegen den Hohlraum verschlossen ist.

18. Verfahren nach Anspruch 16 oder 17, bei dem die Abdeckung auf das Gehäuseunterteil aufgeklebt, aufgelötet oder aufgeschweißt wird.

19. Verfahren nach Anspruch 18, bei dem die Abdeckung aufgeklebt wird, wobei eine mit Klebstoff beschichtete Abdeckung verwendet wird.

20. Verfahren nach Anspruch 18, bei dem eine Abdeckung verwendet wird, die zumindest im Bereich der Fügeflächen Perforationen aufweist, bei dem nach dem Aufsetzen der Abdeckung ein Klebstoff durch die genannten Perforationen gepresst wird, um die Abdeckung mit Gehäuseunterteil und MEMS-Chip zu verkleben.

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 16-20, bei dem eine elektrisch leitfähige oder elektrisch leitfähig beschichtete Abdeckung verwendet wird, bei dem ein metallisches oder im Hohlraum metallisch beschichtetes Gehäuseunterteil eingesetzt wird, bei dem die Abdeckung während oder nach dem Befestigen elektrisch mit der Beschichtung des Gehäuseunterteils verbunden wird.

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 16-21, bei dem auf den Fügeflächen des Gehäuseunterteils ein ganz umlaufender Lotrahmen aufgebracht ist, der mit der elektrisch leitfähigen oder elektrisch leitfähig beschichteten Abdeckung verlötet wird.

23. Verfahren nach einem der Ansprüche 16-22, bei dem auf dem Gehäuseunterteil als Federelemente ausgebildete elektrische Verbindungen vorgesehen werden.

24. Verfahren nach Anspruch 23, bei dem die Federelemente mit den weiteren Schritten hergestellt werden

- Aufbringen und Strukturieren einer Opferschicht auf dem Gehäuseunterteil
- Aufbringen einer strukturierten Metallschicht so, dass Federelemente entstehen, von denen je ein erster Bereich auf den Anschlässen aufsitzt und je ein davon entfernter zweiter Bereich auf der strukturierten Opferschicht angeordnet ist
- Aufsetzen des MEMS-Chips auf den zweiten Bereich der Federelemente und Verbinden damit
- Entfernen der Opferschicht vor oder nach dem Verbinden, wobei ein Luftspalt zwischen den mit dem Bauelement verbundenen Bereichen der Gehäuseunterteils verbleibt.

25. Verfahren nach Anspruch 24,
– bei dem ein erster großflächiger Gehäuseunterteilwafer

(GTW1) zur Verfügung gestellt wird, in dem eine Vielzahl von Ausnehmungen vorgebildet ist,
– bei dem die Federelemente für alle Ausnehmungen in einem gemeinsamen Verfahrensschritt in den Ausnehmungen erzeugt werden,
– bei dem die MEMS-Chips in die Ausnehmungen des ersten Gehäuseteilwafers (GTW1) eingesetzt und an den Federelementen befestigt werden,
– bei dem die Ausnehmungen mit einer Abdeckung verschlossen werden,
– bei dem die verbundenen Gehäuseunterteil und Abdeckung in einzelne Gehäuse aufgetrennt werden.

26. Verfahren nach einem der Ansprüche 23-25, bei dem das Abscheiden der strukturierten Metallschicht so erfolgt, dass die Innenwände der Ausnehmung und die Fügeflächen des Gehäuseunterteils metallisch beschichtet werden.

27. Verfahren nach einem der Ansprüche 16-26, bei dem die MEMS-Chips im Nutzen gehandhabt werden, indem sie intermediär im richtigen Abstand mit der ihren elektrischen Kontaktflächen gegenüber liegenden Rückseite auf einem Hilfsträger aufgebracht werden, der nach dem Verbinden der MEMS-Chips mit den Federelementen wieder entfernt wird.

28. Verfahren nach einem der Ansprüche 23-27, bei dem als Opferschicht eine organische Schicht verwendet wird, die thermisch zersetzbare ist, ohne dabei feste Rückstände zu bilden.

29. Verfahren nach einem der Ansprüche 23-28, bei dem das Entfernen der thermisch zersetzbaren Opferschicht zusammen mit einem Löt- oder Bondprozess erfolgt, mit dem die MEMS-Chips mit den Federelementen verbunden werden.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

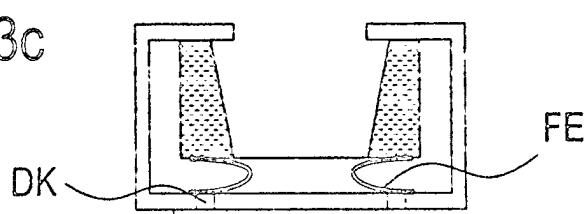
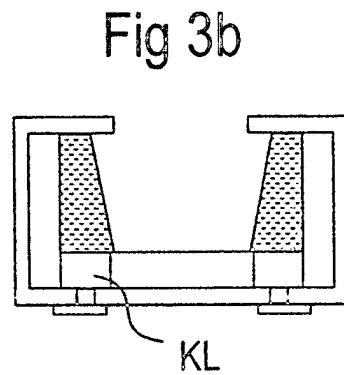
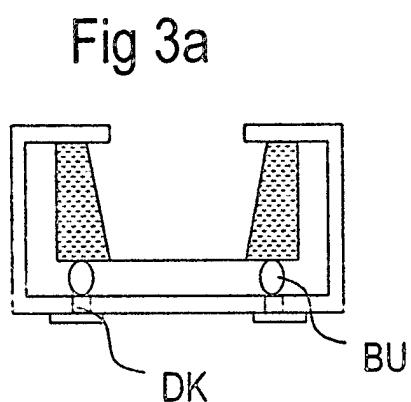
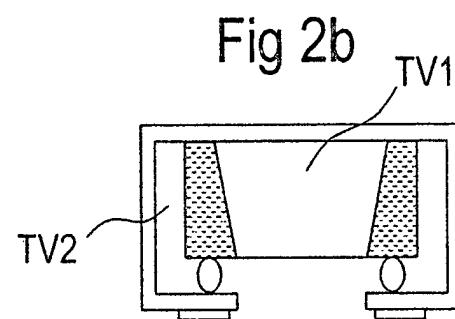
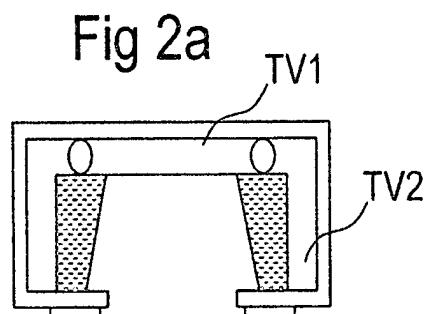
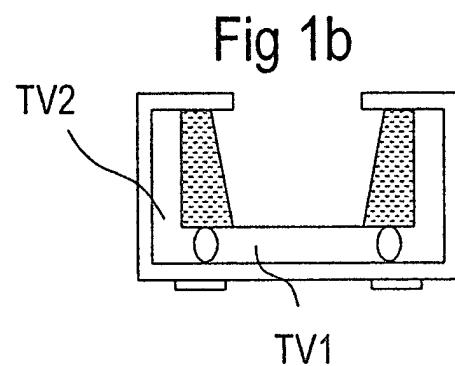
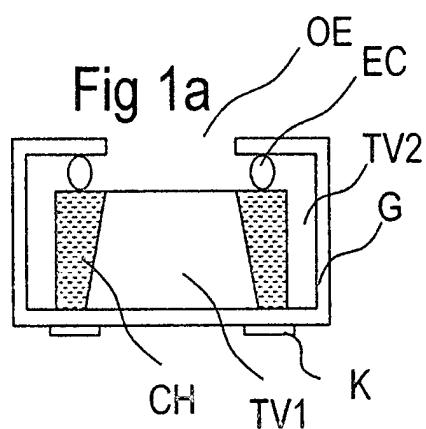


Fig 4a

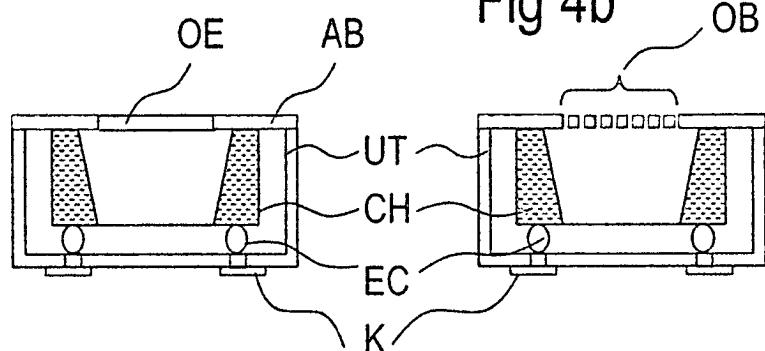


Fig 4b

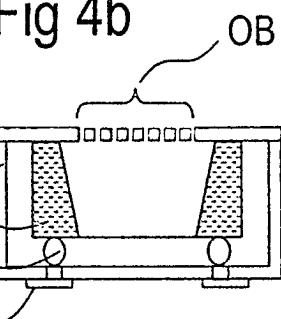


Fig 4c

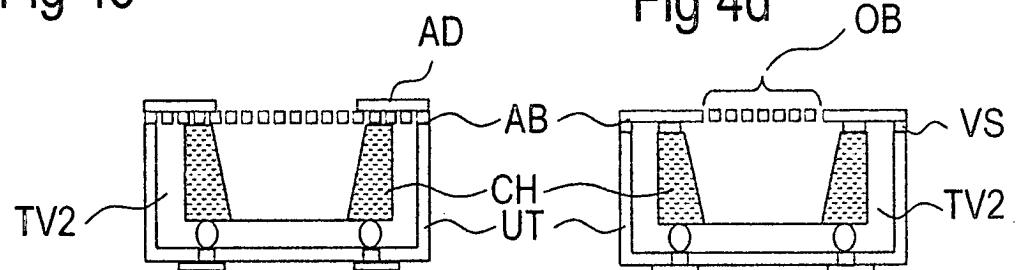


Fig 4d

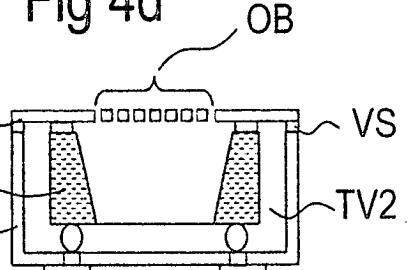


Fig 4e

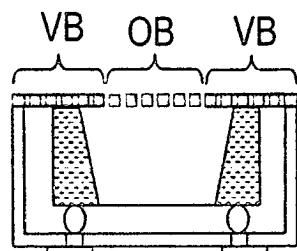


Fig 6

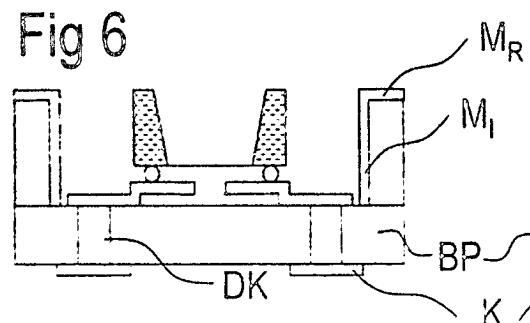


Fig 7

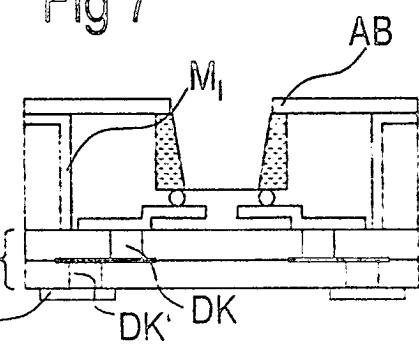


Fig 5a

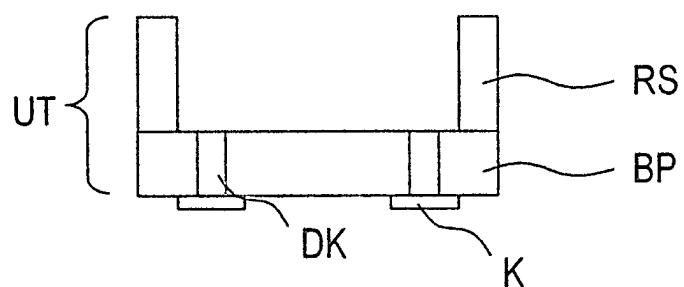


Fig 5b

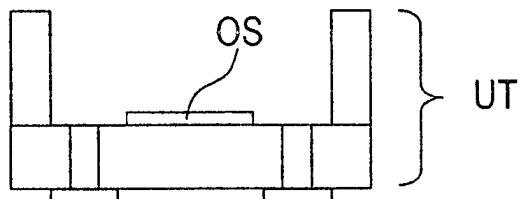


Fig 5c

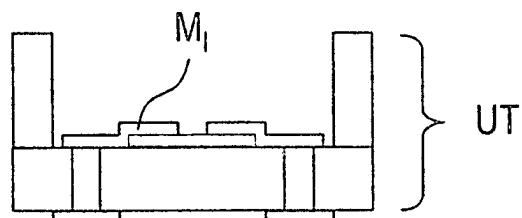


Fig 5d

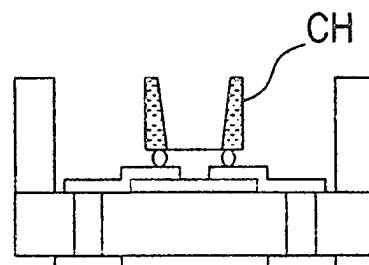


Fig 5e

