



(10) **DE 10 2014 105 335 A1** 2014.10.23

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2014 105 335.4**

(22) Anmeldetag: **15.04.2014**

(43) Offenlegungstag: **23.10.2014**

(51) Int Cl.: **B81B 7/02 (2006.01)**

**B81B 3/00 (2006.01)**

**B81C 1/00 (2006.01)**

**H04R 1/04 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:

**13/866,084**

**19.04.2013**

**US**

(74) Vertreter:

**Patentanwälte Lambsdorff & Lange, 81673  
München, DE**

(71) Anmelder:

**Infineon Technologies AG, 85579 Neubiberg, DE**

(72) Erfinder:

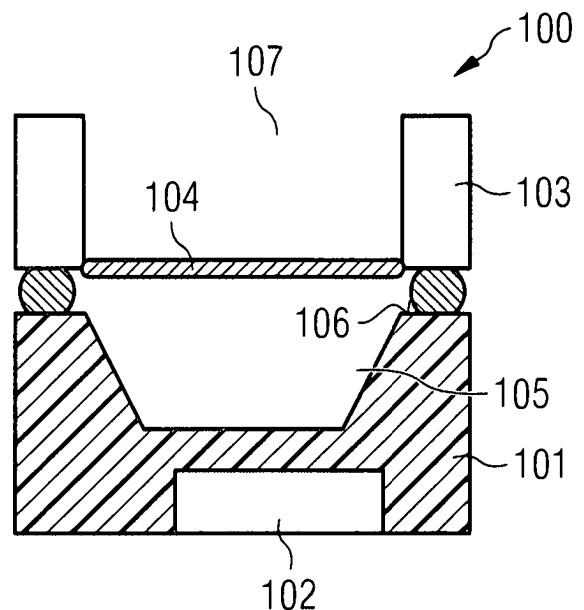
**Theuss, Horst, 93173 Wenzenbach, DE; Högerl,  
Jürgen, 93053 Regensburg, DE**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Mikrofonmodul und Verfahren zu dessen Herstellung**

(57) Zusammenfassung: Ein Mikrofonmodul enthält ein Gehäuse mit einem Halbleiterchip und mit einer Ausnehmung in einer oberen Oberfläche und ein elektrisch mit dem Gehäuse verbundenes mikroelektromechanisches Mikrofon. Weiterhin ist das mikroelektromechanische Mikrofon auf der oberen Oberfläche des Gehäuses angeordnet. Die Ausnehmung bildet ein akustisches Rückvolumen des mikroelektromechanischen Mikrofons.



## Beschreibung

**[0001]** Die Offenbarung betrifft Elektronikmodule und -baugruppen und insbesondere Module und Baugruppen, die mikroelektromechanische Mikrofone enthalten.

**[0002]** Halbleiterbauelementhersteller streben beständig danach, die Vielseitigkeit und Leistung ihrer Produkte zu steigern und gleichzeitig ihre Herstellungskosten zu senken. Eine wichtige Komponente des Herstellungsprozesses von Halbleiterbauelementen ist das Kapseln der Bauelemente. Eine Komponente, die in einer Halbleiterbauelementkapselung enthalten sein kann, ist ein mikroelektromechanisches Mikrofon. In der Regel wird ein derartiges mikroelektromechanisches Mikrofon in einem Gehäuse montiert, das in der Regel einen Halbleiterchip umfasst. Auf diese Weise gekapselte mikroelektromechanische Mikrofone werden zum Umwandeln von Schall in elektrische Signale in Anwendungen verwendet, die kleinere Komponenten erfordern.

**[0003]** Eine der Erfindung zugrunde liegende Aufgabenstellung kann darin gesehen werden, ein kostengünstiges Mikrofonmodul mit kleinen Abmessungen zu schaffen. Ferner soll ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Mikrofonmoduls angegeben werden.

**[0004]** Die Aufgabenstellung wird durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche gelöst. Ausführungsformen und Weiterbildungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

**[0005]** Gemäß einer Ausführungsform wird ein Mikrofonmodul bereitgestellt. Das Mikrofonmodul enthält einen Gehäusekörper mit einer Ausnehmung in einer oberen Oberfläche, einen Halbleiterchip, der in den Gehäusekörper eingebettet ist, und einen mikroelektromechanischen Mikrofonchip, der ein über der Ausnehmung angeordnetes und elektrisch mit dem Halbleiterchip verbundenes elektromechanisches Element enthält.

**[0006]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird eine Mikrofonmodulbaugruppe bereitgestellt. Die Mikrofonmodulbaugruppe enthält eine Vergussmasse, die ein Array aus Ausnehmungen in einer oberen Oberfläche enthält, ein Array von Halbleiterchips, die in die Vergussmasse eingebettet sind, wobei jeder Halbleiterchip mit einer Ausnehmung assoziiert ist. Die Mikrofonmodulbaugruppe enthält weiterhin ein Array von mikroelektromechanischen Mikrofonstrukturen, wobei jede mikroelektromechanische Mikrofonstruktur ein elektromechanisches Element enthält, das über einer der Ausnehmungen angeordnet ist, und elektrisch mit dem mit der jeweiligen Ausnehmung assoziierten Halbleiterchip verbunden ist.

**[0007]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird ein Verfahren zum Herstellen eines Mikrofonmoduls bereitgestellt. Das Verfahren beinhaltet das Bereitstellen eines Gehäusekörpers mit einer Ausnehmung in einer oberen Oberfläche und mit einem Halbleiterchip, und das Bereitstellen eines mikroelektromechanischen Mikrofonchips mit einem elektromechanischen Element. Das Verfahren beinhaltet weiterhin das Anordnen des mikroelektromechanischen Mikrofonchips über der oberen Oberfläche des Gehäusekörpers und das elektrische Verbinden des mikroelektromechanischen Mikrofonchips derart mit dem Gehäusekörper, dass die Ausnehmung ein akustisches Rückvolumen des mikroelektromechanischen Mikrofons bildet.

**[0008]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird ein Verfahren zum Herstellen eines Mikrofonmoduls bereitgestellt. Das Verfahren beinhaltet das Ausbilden einer Vergussmasse mit einem Array von Ausnehmungen in einer oberen Oberfläche davon und einem Array von darin eingebetteten Halbleiterchips, und das Anordnen eines Arrays von mikroelektromechanischen Mikrofonstrukturen über der Vergussmasse, wobei jede mikroelektromechanische Mikrofonstruktur ein über einer Ausnehmung angeordnetes elektromechanisches Element enthält. Das Verfahren beinhaltet weiterhin das elektrische Verbinden jeder der mehreren mikroelektromechanischen Mikrofonstrukturen mit einem mit der jeweiligen Ausnehmung assoziierten Halbleiterchip und das Trennen der Vergussmasse in einzelne Gehäusekörper, wobei jeder Gehäusekörper eine der Ausnehmungen und einen der Halbleiterchips enthält.

**[0009]** Die beiliegenden Zeichnungen sind aufgenommen, um ein eingehenderes Verständnis von Ausführungsformen zu vermitteln. Die Zeichnungen veranschaulichen Ausführungsformen und dienen zusammen mit der Beschreibung der Erläuterung von Prinzipien von Ausführungsformen. Andere Ausführungsformen und viele der beabsichtigten Vorteile von Ausführungsformen ergeben sich ohne Weiteres, wenn sie unter Bezugnahme auf die folgende ausführliche Beschreibung besser verstanden werden. Die Elemente der Zeichnungen sind relativ zueinander nicht notwendigerweise maßstabsgetreu. Gleiche Bezugszahlen bezeichnen einander entsprechende oder ähnliche Teile.

**[0010]** Fig. 1 zeigt schematisch eine Querschnittsansicht durch ein beispielhaftes Mikrofonmodul.

**[0011]** Fig. 2 zeigt schematisch eine Querschnittsansicht durch ein beispielhaftes Mikrofonmodul.

**[0012]** Fig. 3 zeigt schematisch eine Querschnittsansicht durch ein beispielhaftes Mikrofonmodul.

**[0013]** Fig. 4 zeigt schematisch eine Querschnittsansicht durch ein beispielhaftes Mikrofonmodul.

**[0014]** Fig. 5 zeigt schematisch eine Querschnittsansicht durch ein beispielhaftes Mikrofonmodul.

**[0015]** Fig. 6 zeigt schematisch eine Querschnittsansicht durch ein beispielhaftes Mikrofonmodul.

**[0016]** Fig. 7 zeigt schematisch eine Querschnittsansicht durch ein beispielhaftes Mikrofonmodul.

**[0017]** Die Fig. 8, Fig. 9, Fig. 10 und Fig. 11 zeigen schematisch Querschnittsansichten eines beispielhaften Prozesses eines Verfahrens zum Herstellen eines Mikrofonmoduls.

**[0018]** In der folgenden ausführlichen Beschreibung wird auf die beiliegenden Zeichnungen Bezug genommen, in denen als Veranschaulichung spezifische Ausführungsformen gezeigt sind, in denen die Erfindung praktiziert werden kann. In dieser Hinsicht wird Richtungsterminologie wie etwa „oben“, „unten“, „links“, „recht“, „oberer“, „unterer“ usw. unter Bezugnahme auf die Orientierung der beschriebenen Figur(en) verwendet. Da Komponenten von Ausführungsformen in einer Anzahl verschiedener Orientierungen positioniert werden können, wird die Richtungsterminologie zu Darstellungszwecken verwendet und ist in keinerlei Weise beschränkend. Es versteht sich, dass andere Ausführungsformen verwendet und strukturelle oder logische Änderungen vorgenommen werden können, ohne von dem Konzept der vorliegenden Erfindung abzuweichen. Die folgende ausführliche Beschreibung ist deshalb nicht in einem beschränkenden Sinne zu verstehen.

**[0019]** Es versteht sich, dass die Merkmale der hierin beschriebenen verschiedenen Ausführungsbeispiele miteinander kombiniert werden können, sofern nicht spezifisch etwas anderes angegeben ist und sofern nicht technisch eine Einschränkung vorliegt.

**[0020]** Wie in dieser Patentschrift verwendet, sollen die Ausdrücke „gebondet“, „angebracht“, „verbunden“, „gekoppelt“ und/oder „elektrisch gekoppelt“ nicht bedeuten, dass die Elemente direkt miteinander kontaktiert sein müssen; dazwischenliegende Elemente oder Schichten können optional jeweils zwischen den „gebondeten“, „angebrachten“, „verbundenen“, „gekoppelten“ und/oder „elektrisch gekoppelten“ Elementen vorgesehen sein.

**[0021]** Nachfolgend beschriebene Mikrofonmodule und -baugruppen enthalten Ausführungsformen eines mikroelektromechanischen Mikrofons, das Schall, z.B. im hörbaren Frequenzbereich, dynamisch in elektrische Signale in Kombination mit ei-

nem Gehäuse umwandelt, das einen Halbleiterchip umfasst.

**[0022]** Die Mikrofonmodule enthalten einen Gehäusekörper, der auf bzw. in einer oberen Oberfläche davon eine Ausnehmung aufweist. Die Ausnehmung kann in einem Teil des aus Kunststoff hergestellten Gehäusekörpers ausgebildet sein, das über verschiedene Techniken hergestellt werden kann, unter ihnen Ausformungstechniken wie etwa Formpressen oder Spritzgießen oder durch Zerspannungstechniken wie etwa Fräsen. Diese Techniken können sowohl für eine hohe Designvariabilität als auch eine preiswerte Produktion sorgen. Die Ausnehmung kann ein akustisches Rückvolumen des mikroelektromechanischen Mikrofons bilden.

**[0023]** Metallstrukturen, die als Kontaktelemente für Elektronikkomponenten des Gehäuses dienen oder Leitungswege herstellen, können über der Oberfläche des Gehäusekörpers hergestellt werden. Verschiedene Techniken stehen zur Verfügung, um solche Metallstrukturen auf dem Gehäusekörper herzustellen, wie etwa: einen galvanischen oder stromlosen Plattierungsprozess, physikalische Abscheidung aus der Dampfphase (PVD), chemische Abscheidung aus der Dampfphase (CVD), Sputtern, Aufschleuderprozesse, Sprühabscheidung oder Drucken wie etwa z.B. Tintenstrahldrucken können verwendet werden, um solche leitenden Strukturen oder Metallstrukturen auszubilden.

**[0024]** Fig. 1 zeigt eine Ausführungsform eines Mikrofonmoduls **100**. Das Mikrofonmodul **100** enthält einen Gehäusekörper **101**, der einen Halbleiterchip **102** einbettet und eine Ausnehmung **105** an einer oberen Oberfläche **106** davon aufweist. Zudem umfasst das Mikrofonmodul **100** einen mikroelektromechanischen Mikrofonchip **103**. Der Gehäusekörper **101** kann Polymermaterial umfassen oder daraus hergestellt sein, das durch eine Ausformtechnik oder durch eine Laminierungstechnik hergestellt werden kann. Das Polymermaterial kann z.B. ein Harz-, Epoxid-, Acrylat- oder Polyimidmaterial sein. Spezifische Beispiele von Materialien, die für das Polymermaterial verwendet werden können, sind PEEK (Polyetheretherketon), PPS (Polyphenylsulfon), PSU (Polysulfon), PEI (Polyetherimid), PAI (Polyamidimid) und LCP (flüssigkristalline Polymere).

**[0025]** Der mikroelektromechanische Mikrofonchip **103** kann aus einem Halbleitermaterial, z.B. Silizium, hergestellt sein und kann Schall in ein elektrisches Signal umwandeln. Der mikroelektromechanische Mikrofonchip **103** kann auch aus einem Isoliermaterial, z.B. Glas, Kunststoff usw., hergestellt sein. Der mikroelektromechanische Mikrofonchip **103** kann über der oberen Oberfläche **106** des Gehäusekörpers **101** angeordnet sein und kann durch entsprechende Mittel, z.B. Bonden, Kleben, Klemmen usw., mechanisch

damit verbunden sein. Der mikroelektromechanische Mikrofonchip **103** kann in einer Orientierung mit der Oberseite nach unten, was auch als „Flip-Chip montiert“ bezeichnet wird, relativ zum Gehäusekörper **101** montiert sein.

**[0026]** Der mikroelektromechanische Mikrofonchip **103** enthält ein elektromechanisches Element **104**. Das elektromechanische Element **104** kann ein in **Fig. 1** nicht ausführlich gezeigtes mechanisches Element umfassen, auf das Kräfte wie etwa Schallwellen einwirken, und kann weiterhin ein in **Fig. 1** nicht ausführlich gezeigtes Elektronikelement umfassen, wie etwa einen Kondensator, um ein elektrisches Signal zu generieren, das gemäß der Betätigung des mechanischen Elements moduliert wird. Das elektromechanische Element **104** kann über eine Öffnung **107** des mikroelektromechanischen Mikrofonchips **103** Schallwellen ausgesetzt sein. Die Ausnehmung **105** kann sich unter dem elektromechanischen Element **104** befinden und bildet ein akustisches Rückvolumen des mikroelektromechanischen Mikrofons.

**[0027]** In den **Fig. 2–Fig. 11** bezeichnen die gleichen Bezugszahlen gleiche oder ähnliche Teile, wie zuvor unter Bezugnahme auf **Fig. 1** beschrieben. Weiterhin wird auf die entsprechende Beschreibung verwiesen, um eine Wiederholung zu vermeiden. **Fig. 2** zeigt ein Mikrofonmodul **200** ausführlicher als die Darstellung des Moduls **100** in **Fig. 1**. Der Gehäusekörper **101** kann z.B. einen Durchkontakt **204** umfassen, der auf der linken Seite des Gehäusekörpers **101** in der Ausführungsform von **Fig. 2** gezeigt ist. Der Durchkontakt **204** kann durch den ganzen Gehäusekörper **101** verlaufen, das heißt, kann eine elektrische Verbindung zwischen der oberen Oberfläche des Gehäusekörpers **101** und einer unteren Oberfläche des Gehäusekörpers **101** bereitstellen. Ein nicht gezeigter zweiter Durchkontakt kann auf der rechten Seite der Ausnehmung **105** angeordnet sein. Es können mehr elektrische Kontakte vorliegen, die sich zwischen der oberen Oberfläche des Gehäusekörpers **101** und der unteren Oberfläche davon erstrecken, beispielsweise über Durchkontakte, wie durch den Durchkontakt **204** exemplifiziert, oder durch andere Mittel. Beispielsweise können 2, 3, 4, 5 oder mehr Durchkontakte **204** vorgesehen sein.

**[0028]** Eine elektrische Verbindung zwischen dem mikroelektromechanischen Mikrofonchip **103** und dem Gehäusekörper **101** kann durch Abscheiden, z.B. Drucken, einer anisotropen leitenden Paste (ACP – Anisotropic Conductive Paste) auf dem Gehäusekörper **101** bereitgestellt werden. Die ACP kann auf einer elektrischen Struktur wie etwa dem Durchkontakt **204** abgeschieden werden. In einer nachfolgenden Montage kann der mikroelektromechanische Mikrofonchip **103** auf dem Gehäusekörper **101** platziert werden, wobei z.B. Flip-Chip-Elek-

troden den elektrischen Strukturen zugewandt sind. Die ACP kann auch für eine mechanische Fixierung des mikroelektromechanischen Mikrofonchips **103** am Gehäusekörper **101** und für eine akustische Abdichtung sorgen.

**[0029]** Bei einigen Ausführungsformen kann eine nicht leitende Paste (NCP – Non-Conductive Paste) auf dem Gehäusekörper **101** abgeschieden werden. In diesem Fall kann der mikroelektromechanische Mikrofonchip **103** mit elektrisch leitenden Abscheidungen **202** wie etwa Lötabscheidungen oder Stud-Bumps ausgestattet sein. Diese leitenden Abscheidungen **202** können zum elektrischen und optional mechanischen Zusammenschalten des mikroelektromechanischen Mikrofonchips **103** und des Gehäusekörpers **101** verwendet werden. Falls beispielsweise die leitenden Abscheidungen **202** als Stud-Bumps ausgebildet sind, können die Stud-Bumps des mikroelektromechanischen Mikrofonchips **103** in die NCP auf der oberen Oberfläche des Gehäusekörpers **101** gepresst werden. Dies kann zu einer elektrischen Zwischenverbindung zwischen den Stud-Bumps und einem Metallpad auf dem Gehäusekörper **101** führen, wodurch eine elektrische Verbindung zwischen dem Gehäusekörper **101** und dem mikroelektromechanischen Mikrofonchip **103** bereitgestellt wird. Zudem kann dies eine zusätzliche mechanische Fixierung des mikroelektromechanischen Mikrofonchips **103** am Gehäusekörper **101** liefern.

**[0030]** Eine akustische Abdichtung **203** kann zwischen dem Gehäusekörper **101** und dem mikroelektromechanischen Mikrofonchip **103** angeordnet sein. Eine derartige akustische Abdichtung **203** kann einen luftdichten Verschluss der Ausnehmung **105** durch den mikroelektromechanischen Mikrofonchip **103** liefern. Infolgedessen kann ein vollständiger Schutz vor der Umgebung, beispielsweise vor Staub, Schmutz, Feuchtigkeit usw., erhalten werden.

**[0031]** Das Mikrofonmodul **200** kann eine elektrisch leitende Abschirmschicht **201** umfassen, die auf der oberen Oberfläche des Gehäusekörpers **101** angeordnet ist. Die Abschirmschicht **201** kann eine Metallschicht sein. Zudem kann die Abschirmschicht **201** eine Gesamtplattierung sein, die die gesamte obere Oberfläche des Gehäusekörpers **101** bedeckt, außer spezifischen Bereichen, wo sich Kontakte, wie etwa die oben beschriebenen Durchkontakte **204**, befinden. Beispielsweise kann die Abschirmschicht **201** zumindest die obere Oberfläche des Gehäusekörpers **101**, wie durch die Ausnehmung **105** definiert ist, ganz bedecken.

**[0032]** Die Abschirmschicht **201** kann durch einen additiven oder subtraktiven Plattierprozess eingebracht werden. Außerdem kann die Abschirmschicht **201** als eine Folie mit einer Dicke von mehreren Dutzenden bis mehreren Hunderten Mikrometern aufge-

bracht werden. Die Abschirmschicht **201** kann eine Metallfolie sein, die durch einen Kleber am Gehäuse **101** angebracht ist. Alternativ kann die Abschirmschicht **201** selber ein leitender Kleber sein. Weiterhin kann die Abschirmschicht **201** durch einen Plattierprozess aufgebracht werden, z.B. galvanisches Plattieren oder stromloses Plattieren. Falls ein galvanischer Plattierprozess verwendet wird, kann eine nicht gezeigte Keimschicht auf der oberen Oberfläche des Gehäusekörpers **101** abgeschieden werden. Die Keimschicht kann aus Zink bestehen. Die Keimschicht wird als Elektrode verwendet, und Kupfer oder andere Metalle oder Metalllegierungen können dann bis zur gewünschten Höhe auf die Keimschicht plattiert werden. Alternativ kann stromloses Plattieren verwendet werden, um die Abschirmschicht **201** herzustellen. Stromloses Plattieren wird in der Technik auch als chemisches Plattieren bezeichnet. Noch weiter können andere Abscheidungsverfahren, wie etwa Bedrukken, Sputtern, Aufschleudern usw. verwendet werden. Schließlich kann die Abschirmschicht **201** durch Metallfolienlaminiierung aufgebracht werden.

**[0033]** Der Gehäusekörper **101** kann eine untere Oberfläche gegenüber der oberen Oberfläche umfassen. Die untere Oberfläche des Gehäusekörpers **101** kann sich auf gleicher Höhe mit einer unteren Oberfläche des Halbleiterchips **102** befinden. Die untere Oberfläche des Gehäusekörpers **101** und, falls sie in der gleichen Ebene liegt, die untere Oberfläche des Halbleiterchips **102**, können von einer elektrischen Umverteilungsstruktur **205** bedeckt sein.

**[0034]** Die elektrische Umverteilungsstruktur **205** kann eine elektrisch leitende Umverdrahtungsschicht zum Bereitstellen von elektrischen Verbindungen zu anderen Komponenten umfassen. Die elektrische Umverteilungsstruktur **205** oder insbesondere eine oder mehrere darin enthaltene Umverdrahtungsschichten können eine elektrische Verbindung zwischen Kontaktpads des Halbleiterchips **102** und den Durchkontakten **204** bereitstellen. Die elektrische Umverteilungsstruktur **205** oder insbesondere die Umverdrahtungsschicht(en) können eine elektrische Verbindung zwischen Kontaktpads des Halbleiterchips **102** und externen Anschlüssen des Mikrofonmoduls **200** bereitstellen, wie etwa Anschlussdrähte, die über den Gehäusekörper **101** vorragen, oder externe Anschluss pads, die an der Peripherie des Gehäusekörpers **101** exponiert sind. Die elektrische Umverteilungsstruktur **205** oder insbesondere die Umverdrahtungsschicht(en) davon können eine oder mehrere elektrische Verbindungen zwischen dem mikroelektromechanischen Mikrofonchip **103** (z.B. über Durchkontakte **204**, die damit verbinden) und einen oder mehrere externe Anschlüsse des Mikrofonmoduls **200** bereitstellen, wie etwa Anschlussdrähte, die über den Gehäusekörper **101** vor-

ragen, oder externe Anschluss pads, die an der Peripherie des Gehäusekörpers **101** exponiert sind.

**[0035]** Der mikroelektromechanische Mikrofonchip **103** kann eine erste und eine zweite dünne Schicht **206**, **207** umfassen, die die Ausnehmung **105** bedecken. Die erste und die zweite dünne Schicht **206**, **207** können das elektromechanische Element **104** bilden. Schall kann durch die Öffnung **107** in dem mikroelektromechanischen Mikrofonchip **103**, die eine Schallöffnung ist, hindurchgehen, um die erste dünne Schicht **206** zu erreichen. Die erste dünne Schicht **206** kann eine Membran **206** des mikroelektromechanischen Mikrofonchips **103** sein. Die Membran **206** kann sehr dünn sein. Gemäß verschiedenen Ausführungsformen beträgt die Membran weniger als 1000 nm, 500 nm, 300 nm oder dünner. Die Membran **206** kann aus Silizium oder Metall oder Glas, das von Metall beschichtet ist, bestehen. Der mikroelektromechanische Mikrofonchip **103** kann weiterhin mit einer Gegenelektrode **207** ausgestattet sein, die die zweite dünne Schicht **207** bildet. Die Gegenelektrode **207** kann mit einer anderen Spannung als der Spannung der Membran **206** angesteuert werden. Die Gegenelektrode **207** kann ebenfalls aus Silizium oder Metall oder Glas, das mit Metall beschichtet ist, hergestellt sein. Die Gegenelektrode **207** kann mehrere nicht gezeigte Durchgangslöcher aufweisen, damit der Schall hindurchtreten kann.

**[0036]** Der in den Gehäusekörper **101** eingebettete Halbleiterchip **102** kann eine integrierte Schaltung (IC) sein, wie etwa ein Logikchip oder eine applikationsspezifische integrierte Schaltung (ASIC). Er kann Elektronikkomponenten wie etwa Filter, Vergleicher, Verstärker, Zeitverzögerer, Entzerrer, Logikelemente, Speicherbauelemente und Analog-Digital-Wandler (ADCs) enthalten. Er kann ein analoges Bauelement sein, das nur analoge Signale verarbeitet. Er kann eine Umwandlungseinrichtung sein, die analoge Signale des mikroelektromechanischen Mikrofonchips **103** in digitale Signale umwandelt, oder er kann als eine Mischsignalschaltungsanordnung ausgelegt sein. Falls die integrierte Schaltung eine ausschließlich digitale Schaltung oder eine Mischsignalschaltung ist, kann die Frequenzantwort des mikroelektromechanischen Mikrofonchips **103** durch Implementieren von Digitalfiltern in der integrierten Schaltung entzerrt werden. Falls eine analoge Einrichtung verwendet wird, können nicht dargestellte zusätzliche diskrete nicht aktive Komponenten für die Signalformung vorgesehen werden.

**[0037]** Die Abmessungen des Mikrofonmoduls **100** (oder irgendeines anderen hier offenbarten Moduls **200–700**) können über große Bereiche variieren. Nachfolgend bezeichnen X und Y seitliche Richtungen in einer horizontalen Ebene, und Z bezieht sich auf eine (vertikale) Richtung normal zu X und Y. Gemäß einer Ausführungsform kann die Ausnehmung

**105** eine in der Richtung Z zwischen der unteren Oberfläche der Ausdehnung **105** und der oberen Oberfläche **106** des Gehäusekörpers **101** gemessene Tiefe größer oder gleich z. B. 50 µm, 80 µm, 100 µm, 200 µm, 300 µm aufweisen. Andererseits kann die Tiefe kleiner oder gleich z.B. 300 µm, 200 µm, 100 µm, 80 µm, 50 µm sein.

**[0038]** Der Abstand in der Z-Richtung zwischen der unteren Oberfläche des Gehäusekörpers **101** und der unteren Oberfläche der Ausnehmung kann größer oder gleich z.B. 50 µm, 75 µm, 100 µm, 150 µm, 200 µm sein. Alternativ kann der Abstand in der Z-Richtung kleiner oder gleich z.B. 200 µm, 150 µm, 100 µm, 75 µm, 50 µm sein. Die Gesamthöhe des Mikrofonmoduls **100** (oder irgendeines anderen hierin offenbarten Moduls **200–700**) kann einschließlich des Gehäusekörpers **101** und des daran befestigten mikroelektromechanischen Mikrofonchips **103** größer oder gleich z.B. 100 µm, 200 µm, 300 µm, 400 µm, 500 µm sein. Alternativ kann die Gesamthöhe des Mikrofonmoduls **100** kleiner oder gleich z.B. 500 µm, 400 µm, 300 µm, 200 µm, 100 µm sein.

**[0039]** Der Gehäusekörper **101** kann eine seitliche Abmessung oder Breite aufweisen, die größer oder gleich z.B. 1 mm, 2 mm, 5 mm, 10 mm sein kann. Weiterhin kann die Breite kleiner oder gleich z.B. 10 mm, 5 mm, 2 mm, 1 mm sein. Die Breite kann in der Richtung X und/oder Y gemessen werden.

**[0040]** Der mikroelektromechanische Mikrofonchip **103** kann eine seitliche Abmessung oder Breite aufweisen, die kleiner oder gleich der seitlichen Abmessung des Gehäusekörpers **101** sein kann. Insbesondere kann der mikroelektromechanische Mikrofonchip **103** mindestens eine seitliche Abmessung gleich der entsprechenden seitlichen Abmessung des Gehäusekörpers **101** aufweisen. Insbesondere können gleiche seitliche Abmessungen des Gehäusekörpers **101** und des mikroelektromechanischen Mikrofonchips **103** erhalten werden, falls beispielsweise das Mikrofonmodul **100** durch einen eWLP-Prozess (embedded Wafer Level Packaging) hergestellt wird, wie unten noch ausführlicher beschrieben wird.

**[0041]** Die Breite des Mikrofonmoduls **100** kann durch die größte seitliche Abmessung des Gehäusekörpers **101** oder die größte seitliche Abmessung des mikroelektromechanischen Mikrofonchips **103** definiert werden. Insbesondere kann die Breite des Mikrofonmoduls **100** z.B. der größten seitlichen Abmessung des Gehäusekörpers **101** entsprechen.

**[0042]** Wie in der Ausführungsform von **Fig. 1** dargestellt, können die seitliche Abmessung des Gehäusekörpers **101** und des mikroelektromechanischen Mikrofonchips **103** in einer (z.B. X) oder zwei (z.B. X, Y) seitlichen Richtungen auch gleich sein. Wie unten ausführlicher erläutert wird, können gleiche seit-

liche Abmessungen des mikroelektromechanischen Mikrofons **103** und des Gehäuses **101** in einer oder zwei seitlichen Abmessungen für den Fall erhalten werden, dass das Mikrofonmodul **100** aus einem Mehreinrichtungsarray ausgeschnitten wird (siehe **Fig. 8** bis **Fig. 11**).

**[0043]** Wie unten ausführlicher erläutert wird, können das Mikrofonmodul **100** und/oder das Mikrofonmodul **200** so ausgelegt sein, dass sie Variationen und/oder zusätzliche Details enthalten. Alle die nachfolgend beispielhaft erläuterten Details könnten mit dem Mikrofonmodul **100** oder dem Mikrofonmodul **200** kombiniert werden, sofern nicht etwas Gegenteiliges ausdrücklich angegeben wird, oder eine derartige Kombination aufgrund technischer Beschränkungen unmöglich ist.

**[0044]** **Fig. 3** zeigt ein Mikrofonmodul **300**. Zusätzlich zu dem Mikrofonmodul **200** umfasst das Mikrofonmodul **300** einen zusätzlichen Deckel **301**, der die Öffnung **107** bedecken kann. Der Deckel **301** kann ein Polymer umfassen oder daraus bestehen, das aus Materialien wie etwa z.B. einem geformten (gegossenen) Polymer, vorgefertigten Teilen wie etwa einer Polymerfolie oder einem wärmehärtenden Harz hergestellt sein kann. Zum elektrischen Abschirmen des mikroelektromechanischen Mikrofonchips **103** kann der Deckel **301** z.B. mit einer nichtgezeigten Metallschicht beschichtet oder mit Metallpartikeln gefüllt sein oder er kann aus einem Metall oder einer Metalllegierung bestehen. Der Deckel **301** enthält eine Schallöffnung **302**, damit Schall dort hindurch treten kann. Die Dicke des Deckels **301** kann z.B. in einem Bereich zwischen etwa 0,1 bis 0,3 mm betragen.

**[0045]** **Fig. 4** zeigt ein Mikrofonmodul **400**. Bei diesem beispielhaften Mikrofonmodul **400** sind die seitlichen Abmessungen des mikroelektromechanischen Mikrofonchips **103** kleiner als die seitlichen Abmessungen des Gehäusekörpers **101**. Der Gehäusekörper **101** umfasst eine kaskadierende Ausnehmung **402, 403**, die eine Ausnehmung **403** auf geringerer Höhe und eine Ausnehmung **402** auf größerer Höhe umfasst. Der mikroelektromechanische Mikrofonchip **103** ist innerhalb der darunter liegenden Ausnehmung bzw. der Ausnehmung **402** auf größerer Höhe angeordnet. Die Ausnehmung **403** auf geringerer Höhe kann das akustische Rückvolumen des Mikrofons definieren. Der mikroelektromechanische Mikrofonchip **103** kann über die obere Oberfläche **106** des Gehäusekörpers **101** vorragen. Der mikroelektromechanische Mikrofonchip **103** kann optional durch einen Deckel (nicht gezeigt) ähnlich **Fig. 3** geschlossen sein. Wie zu sehen ist, kann der Halbleiterchip **102** relativ zur Ausnehmung **402, 403** im Gehäusekörper **101** geringfügig dezentriert sein. Alternativ kann auch die Ausnehmung **402, 403** in dem Gehäusekörper in der Mitte desselben angeordnet sein.

**[0046]** Der Gehäusekörper **101** kann mehrere Durchkontakte **401a**, **401b** umfassen. In dem in **Fig. 4** dargestellten Mikrofonmodul **400** können entweder ein sich zur Ausnehmung **402** auf höherer Ebene erstreckender Durchkontakt **401** oder ein sich zu der Ausnehmung **403** auf niedrigerer Ebene erstreckender Durchkontakt **401b** oder beide Arten von Durchkontakten **401a**, **401b** zum Verbinden des mikroelektromechanischen Mikrofonchips **103** mit der Peripherie des Gehäusekörpers **101**, z.B. zur elektrischen Umverteilungsstruktur **205**, verwendet werden.

**[0047]** **Fig. 5** zeigt ein beispielhaftes Mikrofonmodul **500**. Das Mikrofonmodul **500** ist ähnlich dem Mikrofonmodul **400**, und es wird auf die obige Beschreibung Bezug genommen, um eine Wiederholung zu vermeiden. Das Mikrofonmodul **500** umfasst einen Deckel **501**. Der Deckel **501** kann aus Materialien wie etwa einem geformten (gegossenen) Polymer, vorgefertigten Teilen wie etwa einer Polymerfolie oder aus einem wärmehärtenden Harz hergestellt sein. Zum elektrischen Abschirmen des mikroelektromechanischen Mikrofonchips **103** kann der Deckel **501** z.B. mit einer nicht gezeigten Metallschicht beschichtet sein, mit Metallpartikeln gefüllt sein oder aus einem Metall oder einer Metalllegierung hergestellt sein. Der Deckel **501** enthält eine Schallöffnung **502**, damit der Schall hindurchtreten kann. Der Deckel **501** kann an den Seitenwänden des Gehäusekörpers **101** anstatt am mikroelektromechanischen Mikrofonchip **103** angeordnet sein, wie in **Fig. 3** gezeigt. Ähnlich wie bei dem Deckel **301** kann die Dicke des Deckels **501** z.B. in einem Bereich zwischen etwa 0,1 und 0,3 mm liegen. Im Gegensatz zu der in **Fig. 4** gezeigten Anordnung ragt der mikroelektromechanische Mikrofonchip **103** möglicherweise nicht über die obere Oberfläche **106** des Gehäusekörpers **101** hervor. Der Deckel **501** kann sich über den mikroelektromechanischen Mikrofonchip **103** erstrecken.

**[0048]** **Fig. 6** zeigt ein beispielhaftes Mikrofonmodul **600**. Das Mikrofonmodul **600** ist ähnlich dem Mikrofonmodul **200**, und es wird auf die obige Beschreibung Bezug genommen, um eine Wiederholung zu vermeiden. Zusätzlich zu dem Mikrofonmodul **200** umfasst das Mikrofonmodul **600** eine Beschichtung **603**. Diese Beschichtung **603** kann die Seitenwände des Gehäusekörpers **101** und die Seitenwände des mikroelektromechanischen Mikrofonchips **103** bedecken oder verkapseln.

**[0049]** Das Mikrofonmodul **600** kann einen Deckel **601** umfassen, der ähnlich dem Deckel **301** von **Fig. 3** und dem Deckel **501** von **Fig. 5** sein kann. Der Deckel **601** kann eine Schallöffnung **602** ähnlich den Schallöffnungen **302**, **502** aufweisen. Der Deckel **601** kann ein separates Element sein, das auf dem mikroelektromechanischen Mikrofonchip **103** angeordnet sein kann und sich bei einer Beschichtung **603** befinden

kann. Der Deckel **601** kann auch einen integralen Teil der Beschichtung **603** bilden. Das Konzept des Aufbringens einer Beschichtung **601**, um Seitenwände des Gehäusekörpers **101** und die Seitenwände des mikroelektromechanischen Mikrofonchips **103** zu bedecken, kann auf alle hierin offenbarten Ausführungsformen angewendet werden.

**[0050]** Das hierin offenbarte Mikrofonmodul kann verschiedene Gehäusetypen wie etwa eWLP-Gehäuse, QFN-Gehäuse (Quad Flat No Lead) z.B. mit einem halbgeätzten Systemträger (Leadframe) oder ein anderes, auf einem Systemträger (Leadframe) basierendes Gehäuse oder auf einem Laminat basierendes Gehäuse, z.B. des BGA-Typs (Ball Grid Array), umfassen. In jedem Fall kann der verwendete Gehäusekörper **101** den Halbleiterchip **102** und die Ausnehmung **105** wie oben beschrieben umfassen, wobei der Halbleiterchip **102** in den Gehäusekörper **101** eingebettet sein kann. Der Halbleiterchip **102** kann z.B. unter der Ausnehmung **105** positioniert sein. Das heißt, der Umriss des Halbleiterchips **102** kann bei Betrachtung in vertikaler Projektion die Ausnehmung **105** schneiden oder durch deren Umriss eingerahmt sein. Mit anderen Worten kann die Grundfläche des Halbleiterchips **102** ganz oder zumindest teilweise innerhalb des Umrisses der Ausnehmung **105** liegen.

**[0051]** Das beispielhafte Mikrofonmodul **700**, wie in **Fig. 7** dargestellt, umfasst ein Gehäuse vom QFN-Typ mit einem halbgeätzten Systemträger (Leadframe) **701**. Auf diesem Gehäusekörper **101** vom QFN-Typ kann der mikroelektromechanische Mikrofonchip **103** unter Einsatz der gleichen Techniken wie oben beschrieben angeordnet werden.

**[0052]** Bei dem beispielhaften Mikrofonmodul **700** kann der Halbleiterchip **102** zwischen mehreren Teilen des Systemträgers (Leadframe) **701** angeordnet sein. Die mehreren Teile des Systemträgers (Leadframe) **701** können an der Peripherie des Gehäusekörpers **101** exponiert sein. Insbesondere können die mehreren Teile des Systemträgers (Leadframe) **701** z.B. an der unteren Oberfläche des Gehäusekörpers **101**, an einer Seitenoberfläche davon oder beiden exponiert sein. Wie in **Fig. 7** dargestellt, kann der mikroelektromechanische Mikrofonchip **102** direkt an einige der Teile des Systemträgers (Leadframe) **701** gebondet sein. Als solches werden bei dieser Ausführungsform keine den Gehäusekörper **101** durchdringenden Durchkontakte **204** benötigt.

**[0053]** Weiterhin kann, wie in **Fig. 7** gezeigt, die obere Oberfläche der Teile des Systemträgers (Leadframe) **701** z.B. eine Krümmung aufweisen, um eine muldenförmige Vertiefung **702** auszubilden.

**[0054]** Der Systemträger (Leadframe) **701** mit dem zwischen den mehreren Teilen davon platzierten

Halbleiterchip **102** kann mit einem Isoliermaterial **704** gefüllt werden, wie etwa z.B. einem Polymerformmaterial oder einem Polymerlaminat. Die Ausnehmung **105** kann durch das Isoliermaterial **704** ausgebildet werden. Gemäß einer Ausführungsform kann die Ausnehmung **105** so ausgebildet werden, dass sie auf die durch die Teile des Systemträgers (Leadframe) **701** ausgebildete muldenförmige Vertiefung ausgerichtet ist.

**[0055]** Vor dem oder gleichzeitig mit dem Aufbringen des Isoliermaterials kann der Halbleiterchip **102** z.B. über Bonddrähte **703**, wie in **Fig. 7** exemplifiziert, oder über andere Arten von elektrischen Verbindungen wie etwa z.B. Metallbahnen, die auf einer Isolierschicht abgeschieden sind, die über den mehreren Teilen des Systemträgers (Leadframe) **701** angeordnet ist, oder auf dem Isoliermaterial **704** abgeschieden sind, elektrisch mit den Teilen des Systemträgers (Leadframe) **701** verbunden werden.

**[0056]** Die in Verbindung mit **Fig. 3** bis **Fig. 6** beschriebenen Ausführungsformen können mit der Ausführungsform, wie in **Fig. 7** dargestellt, kombiniert werden. Insbesondere kann ein Deckel hinzugefügt werden und/oder eine Beschichtung kann aufgebracht werden usw.

**[0057]** Allgemein können die Ausführungsformen des Mikrofonmoduls, wie hierin beschrieben, ein kleines und kompaktes Modul bereitstellen. Insbesondere wird die Kompaktheit der Module gefördert, indem der Halbleiterchip **102** in den Gehäusekörper **101** eingebettet wird und indem das akustische Rückvolumen des Mikrofons (z.B. die Ausnehmung **105**, **403**) über dem Halbleiterchip **102** bereitgestellt wird.

**[0058]** Mehrere Halbleiterchips **102** können in dem Modul angeordnet werden. Weiterhin werden gemäß einer Ausführungsform alle der mehreren Halbleiterchips **102** in den Gehäusekörper **101** eingebettet.

**[0059]** Die **Fig. 8** bis **Fig. 11** veranschaulichen Prozessstadien eines beispielhaften Verfahrens zum Herstellen eines Mikrofonmoduls **100**. Die in **Fig. 8** bis **Fig. 11** dargestellten Produktionsstadien können als Vereinfachungen verstanden werden, da möglicherweise weitere Schritte verwendet werden, die in diesen Figuren nicht dargestellt sind. Zudem können einige der in **Fig. 8** bis **Fig. 11** dargestellten Schritte entfallen oder durch andere Prozessschritte substituiert werden. Insbesondere kann, wenngleich die Schritte, wie in Verbindung mit **Fig. 8** bis **Fig. 11** beschrieben, auf Waferebene (oder der Ebene des künstlichen Wafers) durchgeführt werden, auch die Herstellung auf Chipebene durchgeführt werden. Somit wird eine Montage von Wafer an Wafer, insbesondere Halbleiter-Wafer an künstlichen Wafer, unten beschrieben. Eine Montage von Chip an Wafer, insbesondere mikroelektromechanischer Mikrofonchip

**103** an künstlichen Wafer, oder Chip an Chip, insbesondere mikroelektromechanischer Mikrofonchip **103** an Gehäusekörper **101**, ist ebenfalls möglich.

**[0060]** Einige oder alle hierin beschriebenen Prozesse können auf Waferebene durchgeführt werden, wie in den **Fig. 8** bis **Fig. 11** exemplifiziert. Hierbei bedeutet Waferebene, dass die montierten Mikrofonmodule immer noch integral sind, d.h. nicht in einzelne Mikrofonmodule getrennt sind. Eine beispielhafte Verarbeitung auf Waferebene wird nun ausführlicher beschrieben.

**[0061]** Wie in **Fig. 8** zu sehen ist, können zwei Wafer **801** und **803** verwendet werden. Der Wafer **801** kann ein MEMS-Wafer (Micro-Electro-Mechanical System) sein, der ein Array von mikroelektromechanischen Mikrofonstrukturen **802** umfasst, von denen jede ein elektromechanisches Element **104** wie etwa z.B. eine oder mehrere Membranen **206**, **207** aufweist, siehe **Fig. 2**. Der Wafer **801** kann z.B. ein Silizium-Wafer sein. Die elektromechanischen Elemente **104** können durch mikromechanische Bearbeitungstechniken hergestellt werden, z.B. unter Einsatz von Maschierungstechniken, Lithographie, Ätzen, Fräsen usw.

**[0062]** Weiterhin ist möglicherweise eine elektrische Zwischenverbindung auf den MEMS-Wafer **801** aufgebracht worden. Die elektrische Zwischenverbindung kann z.B. leitende Abscheidungen **202** wie etwa Lötabscheidungen oder Stud-Bumps beinhalten und kann z.B. eine interne Verdrahtung beinhalten, die das Elektronikelement, das zum Genieren eines elektrischen Signals konfiguriert ist, das gemäß der Betätigung des elektromechanischen Elements **104** moduliert wird, mit den leitenden Abscheidungen **202** verschaltet. Somit kann der MEMS-Wafer **801** in diesem Stadium des Prozesses bereits vollständig verarbeitet sein.

**[0063]** Der Wafer **803**, auch als „künstlicher Wafer“ oder „rekonfigurierter Wafer“ bezeichnet, kann ein Array von integralen Gehäusekörpern **101** umfassen. Der Wafer **803** kann in eWLP-Technologie hergestellt werden. Jeder Gehäusekörper **101** umfasst mindestens einen Halbleiterchip **102** und eine Ausnehmung **105**. Die Ausnehmungen **105** können z.B. während des Prozesses des Ausbildens des Wafers **803** oder maschinell Verarbeiten der oberen Oberfläche **106** des ausgebildeten Wafers **803** ausgebildet werden.

**[0064]** Das Ausbilden des Wafers **803** kann das Vereinzeln eines Halbleiter-Wafers (nicht gezeigt) in mehrere Halbleiterchips **102** umfassen. Die mehreren Halbleiterchips **102** können dann in einer beabstandeten Beziehung auf einem nicht gezeigten temporären Träger platziert werden. Der temporäre Träger kann z.B. eine flache Oberfläche und ein Klebeband, z.B. ein doppelseitiges Klebeband, aufweisen und kann auf diese Oberfläche des temporären



ren Trägers laminiert werden. Die Halbleiterchips **102** und z.B. zusätzliche Komponenten wie etwa passive Komponenten (z.B. Kapazitäten, Induktoren, Widerstände, Antennen) des Mikrofonmoduls, das hergestellt werden soll, können auf diesem Klebeband platziert werden. Die Halbleiterchips **102** können über dem temporären Träger angeordnet werden, wobei ihre Oberfläche die den temporären Träger zugeordneten Chipkontaktpads enthalten. In diesem Fall können die unteren Chipoberflächen und die Chipkontaktpads in direktem Kontakt mit dem Klebeband stehen. Alternativ kann ein Klebematerial oder irgendein anderes adhäsives Material oder mechanisches Befestigungsmittel (wie etwa eine Klemmeinrichtung oder ein Unterdruckgenerator) mit dem temporären Träger assoziiert sein und zum Fixieren der Halbleiterchips **102** und z.B. einer zusätzlichen Komponente an dem temporären Träger verwendet werden.

**[0065]** Zum Kapseln der Halbleiterchips **102** werden die Halbleiterchips **102** mit einem Vergussmassenmaterial verkapselt, das eine Vergussmasse **804** bildet, wie in **Fig. 8** dargestellt. Das Vergussmassenmaterial kann die oberen Hauptoberflächen der Halbleiterchips **102** und auch die Seitenflächen der Halbleiterchips **102** bedecken. Die Spalten zwischen den Halbleiterchips **102** (und z.B. anderen Komponenten) werden ebenfalls mit dem Vergussmassenmaterial gefüllt. Das Vergussmassenmaterial kann beispielsweise ein duroplastisches oder wärmehärtendes Formmaterial sein. Das Vergussmassenmaterial kann auf einem Epoxidmaterial basieren und kann ein Füllmaterial enthalten, das aus kleinen Glaspartikel ( $\text{SiO}_2$ ) oder anderen elektrisch isolierenden mineralischen Füllmaterialien wie  $\text{Al}_2\text{O}_3$  oder organischen Füllmaterialien besteht. Das Vergussmassenmaterial kann auf einem Polymermaterial basieren. Nach dem Härten kann das Vergussmassenmaterial dem Array von Halbleiterchips **102**, das in die Vergussmasse eingebettet ist, d.h. dem künstlichen Wafer **803**, Stabilität verleihen.

**[0066]** Es können verschiedene Techniken eingesetzt werden, um die Halbleiterchips **102** mit dem Vergussmassenmaterial zu bedecken. Beispielsweise kann das Vergussmassenmaterial (z.B. Formmaterial) durch Formpressen, Spritzgießen, Granulatpressen, Pulversintern oder mit Liquid Molding aufgebracht werden.

**[0067]** Bei einem Formpressprozess kann das flüssige Vergussmassenmaterial in eine offene untere Werkzeughälfte gegeben werden, in der der nicht gezeigte temporäre Träger den Boden bildet. Nach dem Einfüllen des flüssigen Vergussmassenmaterials wird dann eine obere Werkzeughälfte nach unten bewegt und verteilt das flüssige Vergussmassenmaterial, bis ein Hohlraum zwischen dem temporären Träger, der den Boden der unteren Werkzeughälfte bildet, und

der oberen Werkzeughälfte vollständig gefüllt ist. Dieser Prozess kann durch das Einwirken von Wärme und Druck begleitet werden. Nach dem Härten ist das Vergussmassenmaterial starr und bildet die Vergussmasse oder den künstlichen Wafer **803**. Je größer die seitliche Größe des künstlichen Wafers **803** und die Anzahl an eingebetteten Halbleiterchips **102**, umso effizienter ist in der Regel der Prozess.

**[0068]** Das Array von Ausnehmungen **105** kann durch ein Formwerkzeug mit einer oberen Werkzeughälfte ausgeformt werden, die mit einem Array von Vorsprüngen ausgestattet ist. Das Array von Vorsprüngen ist so ausgelegt, dass das Array von Ausnehmungen ausgebildet wird, und die Positionen der auf den temporären Träger platzierten Halbleiterchips **102** sind auf das Array von Vorsprüngen ausgerichtet.

**[0069]** Weiter oder alternativ kann ein Polymerlaminatmaterial verwendet werden, um die Halbleiterchips **102** zu verkapseln und die Vergussmasse **804** auszubilden. Das Polymerlaminatmaterial kann die Gestalt einer elektrisch isolierenden Folie oder Lage aufweisen, die auf die Halbleiterchips **102** sowie den temporären Träger laminiert ist. Wärme und Druck können für eine geeignete Zeit einwirken, um die Polymerfolie oder -lage an der darunterliegenden Struktur zu befestigen. Auch die Spalten zwischen den Halbleiterchips **102** werden mit dem Polymerlaminatmaterial gefüllt. Das Polymerlaminatmaterial kann beispielsweise ein Prepreg sein (abgekürzt für „preimpregnated fibers“ – vorimprägnierte Fasern), das eine Kombination aus einer Faserplatte, z.B. Glas- oder Kohlenstofffasern, und einem Harz, z.B. einem duroplastischen Material, ist. Prepreg-Materialien werden üblicherweise zum Herstellen von PCBs (Leiterplatten) verwendet. Prepreg-Materialien sind zweistufige Materialien, die beim Aufbringen über den Halbleiterchips **102** flexibel sind und während einer Wärmebehandlung härten. Für die Laminierung des Prepreg können die gleichen oder ähnliche Prozessschritte wie bei der PCB-Herstellung verwendet werden.

**[0070]** Auch die elektrische Zwischenverbindung des Gehäusekörpers **101** kann auf der Waferebene hergestellt werden, d.h. vor dem Vereinzeln des künstlichen Wafers **803** in einzelne Gehäusekörper **101**. Die elektrische Zwischenverbindung kann z.B. die elektrische Umverteilungsstruktur **205**, die Durchkontakte **204** und die Abschirmschicht **201** umfassen.

**[0071]** Die Durchkontakte **204** können hergestellt werden, indem Durchgangslöcher gebildet werden und sie mit einem leitenden Material, z.B. Metall, gefüllt werden. Die Durchgangslöcher können während des Ausformens als Durchform-Vias hergestellt werden oder können nach dem Ausformen unter Verwendung von Bearbeitungs- oder Zerspanungstechniken wie etwa Bohren hergestellt werden. Das leitenden

de Material kann z.B. durch Galvanisierung und andere Plattierungstechniken aufgebracht werden. Die Abschirmschicht **201** kann als selektive obere Metallisierung z.B. unter Einsatz von Laminierungs-, Plattierungs- oder Abscheidungstechniken aufgebracht werden.

**[0072]** Die in der Vergussmasse **804** eingebetteten Halbleiterchips **102** werden von dem temporären Träger gelöst. Das Klebeband kann Thermo-Release-Eigenschaften aufweisen, die das Entfernen des Klebebands während einer Wärmebehandlung gestatten.

**[0073]** Nach dem Lösen der Vergussmasse **804** von dem temporären Träger kann die elektrische Umverteilungsstruktur **205** auf der unteren, flachen Oberfläche des Wafers **803** aufgebracht werden. Die elektrische Umverteilungsstruktur **205** kann eine oder mehrere strukturierte leitende Schichten umfassen, die durch Polymerschichten getrennt und durch Vias zusammenschaltet sind. Sie kann durch Dünnschichttechniken hergestellt werden, wobei Strukturierungsverfahren wie etwa z.B. Lithographie, Ätzen usw. verwendet werden.

**[0074]** In einem nächsten Schritt, wie in **Fig. 9** gezeigt, kann ein Verbindungsmittel **901** auf dem Wafer **803** abgeschieden werden. Das Verbindungsmittel kann beispielsweise eine anisotrope leitende Paste sein, die durch Drucken, Dispensieren oder andere Techniken abgeschieden werden kann. Das Verbindungsmittel **901** kann identisch mit dem die akustische Abdichtung **203** bildenden Material sein, wie oben beschrieben.

**[0075]** In einem nächsten Schritt können die beiden Wafer **801** und **803** gebondet werden, um eine einzelne Wafer-Verbundeinrichtung **1000** auszubilden. Das Bonden kann die Ausbildung einer elektrischen Zwischenverbindung sowie einer akustischen Abdichtung **203** für jeden Gehäusekörper **101** und mikroelektromechanischen Mikrofonchip **103** umfassen. Das Bonden kann durchgeführt werden, indem Energie (z.B. Wärme, Strahlung) und Druck auf die beiden Wafer einwirken. Die akustische Abdichtung **203** und die elektrische Zwischenverbindung können auf sequentielle Weise oder gleichzeitig innerhalb des gleichen Prozessschritts erzeugt werden. Die akustische Abdichtung **203** und die elektrische Zwischenverbindung können durch verschiedene Mittel bereitgestellt werden (z.B. eine nicht leitende Paste (NCP) und Stud-Bumps) oder durch die gleichen Mittel – beispielsweise kann eine anisotrope leitende Paste (ACP) sowohl für die akustische Abdichtung **203** als auch die elektrische Zwischenverbindung sorgen.

**[0076]** Das Bonden, wie in **Fig. 10** gezeigt, wird auf Waferebene durchgeführt. Der Bondschritt kann jedoch auch als Bonden einzelner mikroelektromecha-

nischer Mikrofonchips **103** an den künstlichen Wafer **803** oder als Bonden des MEMS-Wafers **801** an einzelne Gehäusekörper **101** durchgeführt werden, die in einem Arraymuster angeordnet sind, oder als das Bonden einzelner mikroelektromechanischer Mikrofonchips **103** an einzelne Gehäusekörper **101**.

**[0077]** Nach dem Bonden können die Mikrofonmodule **1101**, **1102**, **1103** vereinzelt werden. Vereinzelnung kann beispielsweise unter Verwendung einer Zertrennungstechnik wie etwa z.B. Blade-Dicing (Sägen), Laser-Dicing, Ätzen, Plasmaätzen usw. durchgeführt werden. Ein mehrstufiges Zertrennen unter Verwendung verschiedener Zertrenntechniken ist ebenfalls möglich. Gemäß einer Ausführungsform kann der MEMS-Wafer **801** z.B. unter Einsatz von Ätztechniken vereinzelt werden, wohingegen der Gehäusekörper-Wafer **803** z.B. durch Sägen vereinzelt werden kann.

**[0078]** Die Mikrofonmodule **1101**, **1102**, **1103** werden entlang von Sägestraßen **1104**, **1105** zwischen den Mikrofonmodulen vereinzelt, wie in **Fig. 11** dargestellt, so dass jedes Mikrofonmodul **1101**, **1102**, **1103** alle notwendigen Elemente umfasst. Sägestraßen **1104**, **1105** können in Zeilen und Spalten angeordnet sein, während nur eine Zeile aus drei Komponenten gezeigt ist. Nach dem Zertrennen können die Mikrofonmodule **1101**, **1102**, **1103** für die Nutzung bereit sein.

**[0079]** Wenngleich hier spezifische Ausführungsformen dargestellt und beschrieben worden sind, versteht der Durchschnittsfachmann, dass eine Vielzahl an alternativen und/oder äquivalenten Implementierungen für die gezeigten und beschriebenen spezifischen Ausführungsformen substituiert werden kann, ohne von dem Konzept der vorliegenden Erfindung abzuweichen. Diese Anmeldung soll alle Adaptionen oder Variationen der hierin erörterten spezifischen Ausführungsformen abdecken.

## Patentansprüche

1. Mikrofonmodul, das aufweist:  
einen Gehäusekörper mit einer Ausnehmung in einer oberen Oberfläche;  
einen Halbleiterchip, der in den Gehäusekörper eingebettet ist; und  
einen mikroelektromechanischen Mikrofonchip, der ein über der Ausnehmung angeordnetes und elektrisch mit dem Halbleiterchip verbundenes elektromechanisches Element umfasst.
2. Mikrofonmodul nach Anspruch 1, wobei die Ausnehmung ein akustisches Rückvolumen des mikroelektromechanischen Mikrofonchips bildet.

3. Mikrofonmodul nach Anspruch 1 oder 2, wobei der Halbleiterchip eine applikationsspezifische integrierte Schaltung ist.

4. Mikrofonmodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Gehäusekörper Durchkontakte zum elektrischen Verbinden des mikroelektromechanischen Mikrofonchips mit dem Halbleiterchip umfasst.

5. Mikrofonmodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Halbleiterchip unter der Ausnehmung positioniert ist.

6. Mikrofonmodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, das weiterhin aufweist:  
eine elektrische Umverteilungsstruktur, die an einer unteren Oberfläche des Gehäusekörpers angeordnet ist.

7. Mikrofonmodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, das weiterhin aufweist:  
eine akustische Abdichtung, die zwischen dem mikroelektromechanischen Mikrofonchip und dem Gehäusekörper angeordnet ist.

8. Mikrofonmodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, das weiterhin aufweist:  
eine Abschirmschicht, die auf der oberen Oberfläche des Gehäusekörpers angeordnet ist.

9. Mikrofonmodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Gehäusekörper und der mikroelektromechanische Mikrofonchip in mindestens einer seitlichen Richtung eine gleiche seitliche Abmessung aufweisen.

10. Mikrofonmodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der mikroelektromechanische Mikrofonchip mindestens teilweise innerhalb der Ausnehmung des Gehäusekörpers angeordnet ist.

11. Mikrofonmodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der mikroelektromechanische Mikrofonchip als Flip-Chip am Gehäusekörper montiert ist.

12. Mikrofonmodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, das ferner aufweist:  
einen Deckel, der auf dem mikroelektromechanischen Mikrofonchip angeordnet ist.

13. Mikrofonmodulbaugruppe, die aufweist:  
eine Vergussmasse, die ein Array aus Ausnehmungen in einer oberen Oberfläche umfasst;  
ein Array von Halbleiterchips, die in die Vergussmasse eingebettet sind, wobei jeder Halbleiterchip mit einer Ausnehmung assoziiert ist; und  
ein Array von mikroelektromechanischen Mikrofonstrukturen, wobei jede mikroelektromechanische Mi-

krofonstruktur ein elektromechanisches Element umfasst, das über einer der Ausnehmungen angeordnet ist und elektrisch mit dem mit der jeweiligen Ausnehmung assoziierten Halbleiterchip verbunden ist.

14. Mikrofonmodulbaugruppe nach Anspruch 13, wobei das Array von mikroelektromechanischen Mikrofonstrukturen auf einem Halbleiter-Wafer ausgebildet ist.

15. Mikrofonmodulbaugruppe nach Anspruch 13 oder 14, wobei das Array von mikroelektromechanischen Mikrofonstrukturen als ein Array von einzelnen mikroelektromechanischen Mikrofonchips ausgelegt ist und wobei jeder mikroelektromechanische Mikrofonchip eine mikroelektromechanische Mikrofonstruktur enthält.

16. Verfahren zum Herstellen eines Mikrofonmoduls, das umfasst:  
Bereitstellen eines Gehäusekörpers mit einer Ausnehmung in einer oberen Oberfläche und einen Halbleiterchip umfassend;  
Bereitstellen eines mikroelektromechanischen Mikrofonchips, der ein elektromechanisches Element umfasst;  
Anordnen des mikroelektromechanischen Mikrofonchips über der oberen Oberfläche des Gehäusekörpers; und  
elektrisches Verbinden des mikroelektromechanischen Mikrofonchips derart mit dem Gehäusekörper, dass die Ausnehmung ein akustisches Rückvolumen eines mikroelektromechanischen Mikrofons bildet.

17. Verfahren nach Anspruch 16, das ferner umfasst:  
Bereitstellen einer akustischen Abdichtung zwischen dem Gehäusekörper und dem mikroelektromechanischen Mikrofonchip.

18. Verfahren zum Herstellen eines Mikrofonmoduls, das umfasst:  
Ausbilden einer Vergussmasse mit einem Array von Ausnehmungen in einer oberen Oberfläche davon und einem Array von darin eingebetteten Halbleiterchips;  
Anordnen eines Arrays von mikroelektromechanischen Mikrofonstrukturen über der Vergussmasse, wobei jede mikroelektromechanische Mikrofonstruktur ein über einer Ausnehmung angeordnetes elektromechanisches Element umfasst;  
elektrisches Verbinden jeder der mehreren mikroelektromechanischen Mikrofonstrukturen mit einem mit der jeweiligen Ausnehmung assoziierten Halbleiterchip; und  
Trennen der Vergussmasse in einzelne Gehäusekörper, wobei jeder Gehäusekörper eine der Ausnehmungen und einen der Halbleiterchips umfasst.

19. Verfahren nach Anspruch 18, das ferner umfasst:

Ausbilden des Arrays von mikroelektromechanischen Mikrofonstrukturen auf einem Halbleiter-Wafer vor dem Anordnen des Arrays; und  
Trennen des Halbleiter-Wafers in einzelne mikroelektromechanische Mikrofonchips nach dem Anordnen des Arrays.

20. Verfahren nach Anspruch 18 oder 19, das ferner umfasst:

Ausbilden des Arrays von mikroelektromechanischen Mikrofonstrukturen auf einem Halbleiter-Wafer vor dem Anordnen des Arrays; und  
Trennen des Halbleiter-Wafers in einzelne Chips vor dem Anordnen des Arrays.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1

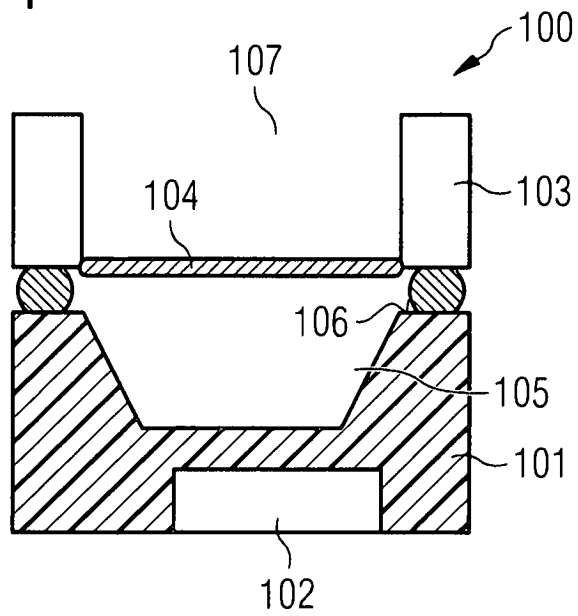


FIG 2

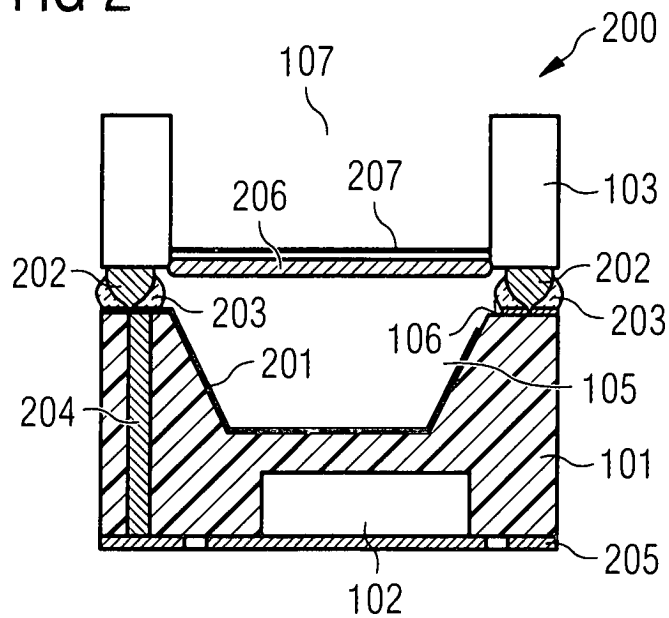


FIG 3

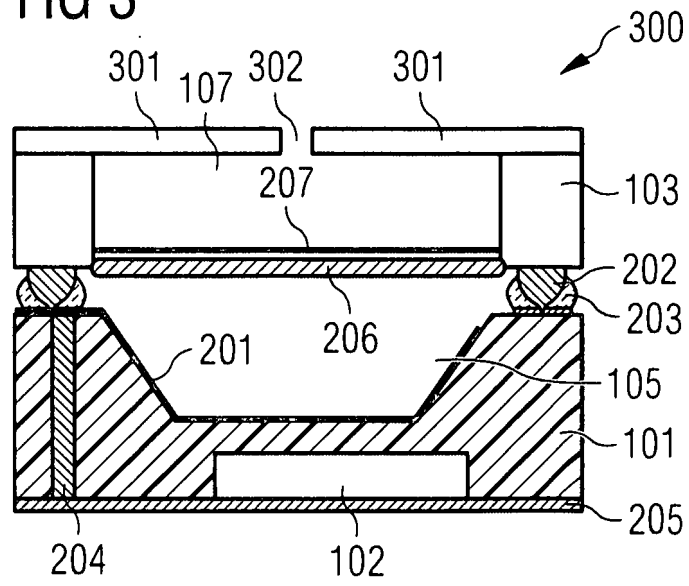


FIG 4

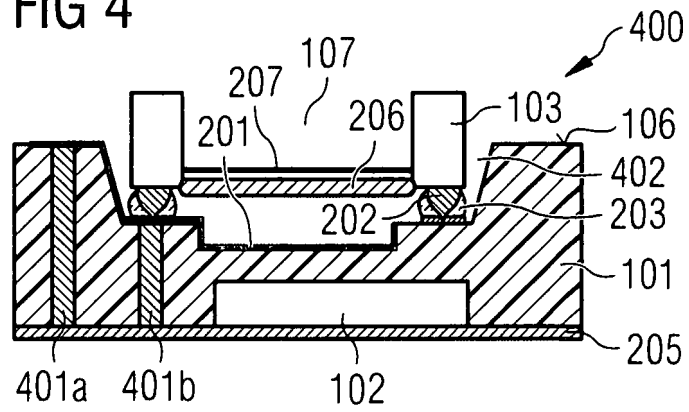


FIG 5

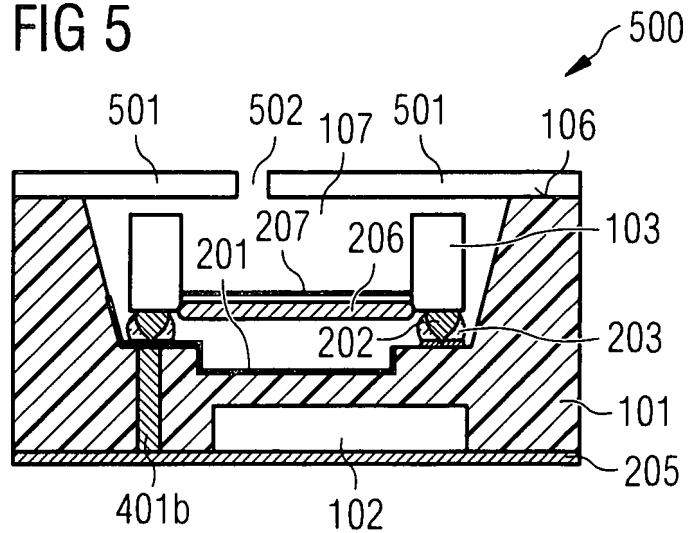


FIG 6

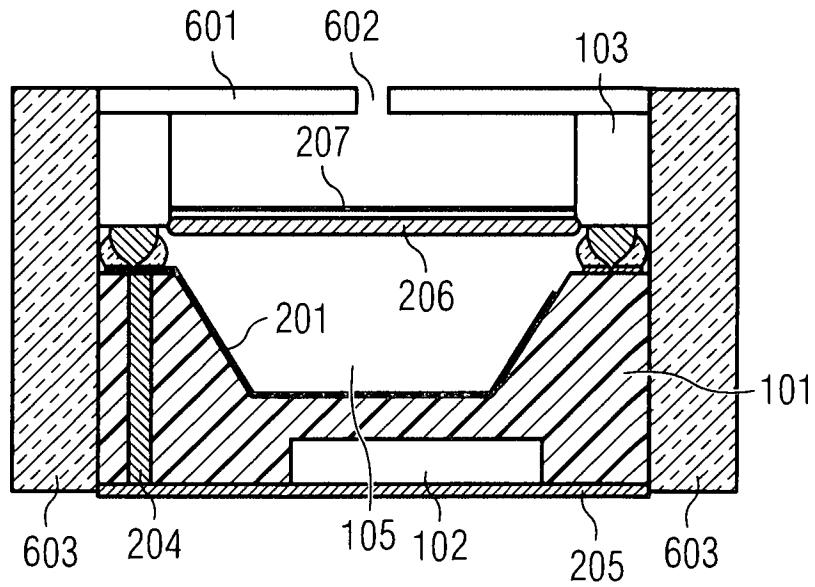


FIG 7

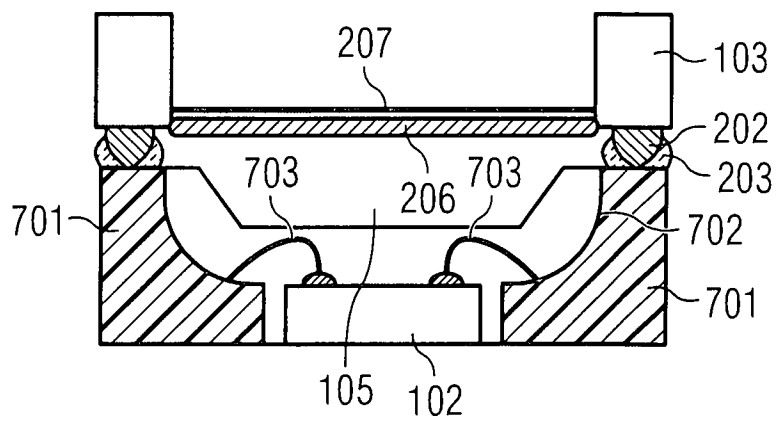


FIG 8

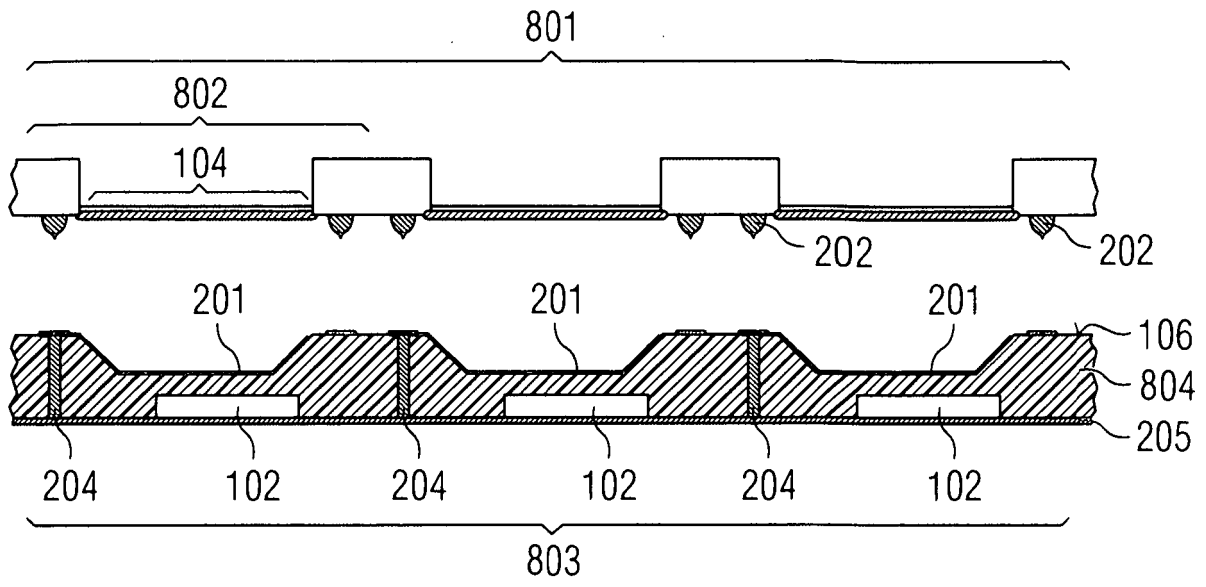


FIG 9

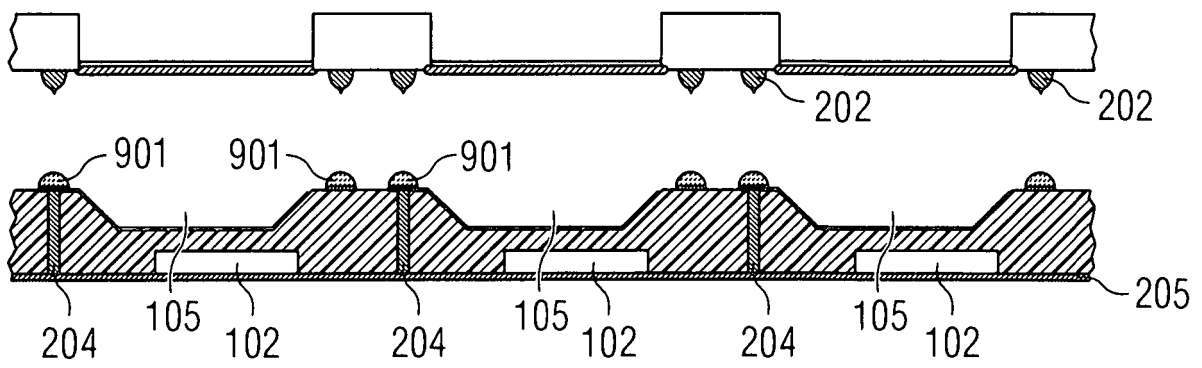




FIG 10

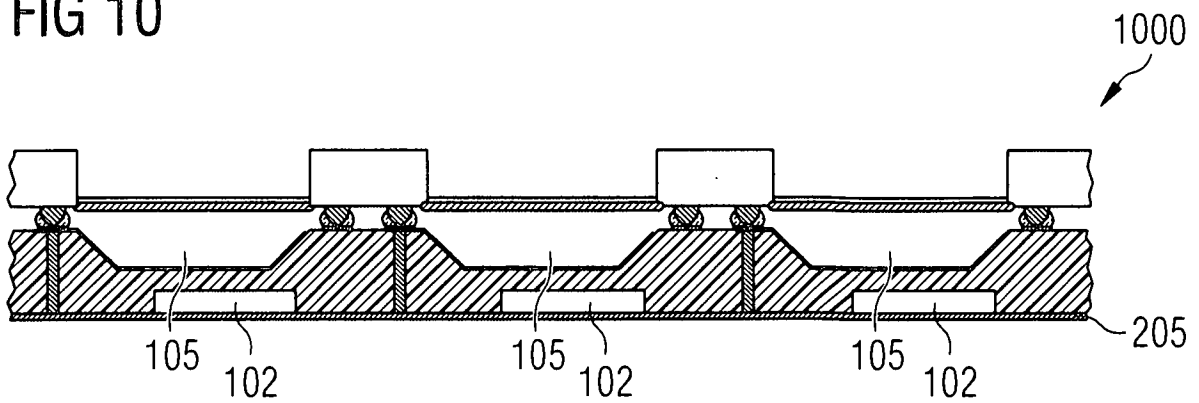


FIG 11

