



(10) **DE 10 2022 200 340 A1** 2023.07.13

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2022 200 340.3**

(22) Anmeldetag: **13.01.2022**

(43) Offenlegungstag: **13.07.2023**

(51) Int Cl.: **B81B 7/04 (2006.01)**

B81C 3/00 (2006.01)

(71) Anmelder:

**Robert Bosch Gesellschaft mit beschränkter
Haftung, 70469 Stuttgart, DE**

(72) Erfinder:

**Classen, Johannes, 72770 Reutlingen, DE; Reuss,
Frank, 72764 Reutlingen, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	10 2012 206 875	A1
US	2002 / 0 096 760	A1
US	2003 / 0 006 493	A1
US	2016 / 0 362 293	A1

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Mikromechanische Sensoreinrichtung**

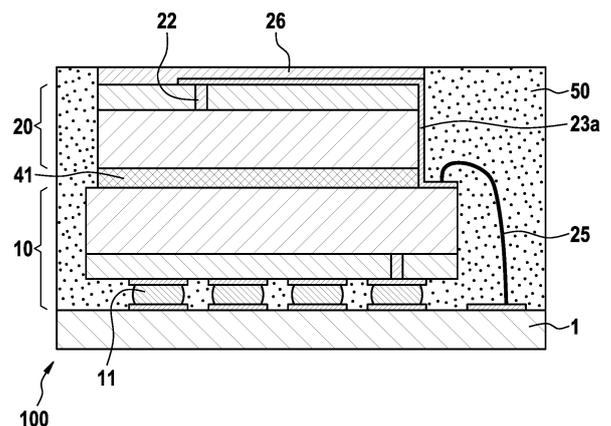
(57) Zusammenfassung: Mikromechanische Sensoreinrichtung (100), aufweisend:

- wenigstens zwei MEMS-Bauelemente (10, 20), wobei die MEMS-Bauelemente (10, 20) jeweils als gestapelte Anordnung eines MEMS-Elements (10b, 20b) mit einem ASIC-Element (10a, 20a) ausgebildet sind; wobei

- ein zweites MEMS-Bauelement (20) mittels einer ersten Klebeschicht (41) auf einer Oberseite eines ersten MEMS-Bauelements (10) angeordnet ist; wobei

- die wenigstens zwei MEMS-Bauelemente (10, 20) von einem Gehäuse (50) wenigstens teilweise umschlossen sind; wobei

- wenigstens das zweite MEMS-Bauelement (20) mittels eines 3D-Umverdrahtungselements (23a...23c), das sich wenigstens teilweise über einen vertikalen Abschnitt des zweiten MEMS-Bauelements (20) erstreckt, elektrisch an ein Substrat (1) der mikromechanischen Sensoreinrichtung (100) und/oder an das erste MEMS-Bauelement (10) angebunden ist.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine mikro-mechanische Sensoreinrichtung. Die vorliegende Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zum Herstellen einer mikromechanischen Sensoreinrichtung.

Stand der Technik

[0002] Mikromechanische Sensoren zur Messung von Beschleunigung, Drehrate, Druck und anderen physikalischen Größen werden im Automobil- und Consumer-Bereich für verschiedene Applikationen in Massenfertigung hergestellt.

[0003] US 2016 0 362 293 A1 offenbart Möglichkeiten zur Erhöhung einer Integrationsdichte von mikromechanischen Sensoren, bei denen ein Multistack von drei bis sechs „Substraten“ (dies können Wafer oder einzelne Chips sein) in verschiedenen Arten aufeinander angeordnet werden und ein hochintegriertes mikromechanisches Bauelement mit mindestens zwei CMOS-Substraten und mindestens einem MEMS-Substrat bilden.

[0004] US 2018 254 258 A1 offenbart Anordnungen, bei denen eine elektrische Kontaktierung von Halbleiterchips weder über Bonddrähte noch über TSVs erfolgt, sondern mittels einer sogenannten 3D-RDL (siehe auch <https://www.3dis-tech.com>). Dabei wird ein Redistribution Layer gebildet, der sich teilweise über senkrechte Chipkanten hinweg erstreckt und damit die Oberseite eines Halbleiterchips mit einem Gehäusesubstrat oder einem weiteren Halbleiterchip elektrisch verbindet.

Offenbarung der Erfindung

[0005] Eine Aufgabe der Erfindung ist es, eine hochintegrierte und kompakte mikromechanische Sensoreinrichtung bereitzustellen.

[0006] Die Aufgabe wird gemäß einem ersten Aspekt gelöst mit einer mikromechanischen Sensoreinrichtung, aufweisend:

- wenigstens zwei MEMS-Bauelemente, wobei die MEMS-Bauelemente jeweils als gestapelte Anordnung eines MEMS-Elements mit einem ASIC-Element ausgebildet sind; wobei
- ein zweites MEMS-Bauelement mittels einer ersten Klebeschicht auf einer Oberseite eines ersten MEMS-Bauelements angeordnet ist; wobei
- die wenigstens zwei MEMS-Bauelemente von einem Gehäuse wenigstens teilweise umschlossen sind; wobei
- wenigstens das zweite MEMS-Bauelement mittels eines 3D-Umverdrahtungselements,

das sich wenigstens teilweise über einen vertikalen Abschnitt des zweiten MEMS-Bauelements erstreckt, elektrisch an ein Substrat der mikromechanischen Sensoreinrichtung und/oder an das erste MEMS-Bauelement angebunden ist.

[0007] Auf diese Weise wird eine Kombination aus wenigstens zwei sogenannten ASICap-Bauelementen, die mittels eines 3D-Umverdrahtungselements funktional an ein Substrat der mikromechanischen Sensorrichtung angebunden sind, geschaffen. Vorteilhaft kann auf diese Weise eine flächenmäßige Größe (engl. footprint) und eine Bauhöhe einer mikromechanischen System-in-Package (SiP) Sensoreinrichtung minimiert werden.

[0008] Zudem können durch den System-in-Package-Ansatz Entwicklungskosten gering gehalten werden, da die dort integrierten Einzel-Bauelemente bis auf vergleichsweise geringfügige technische Modifikationen auch separat als Chip Scale Packages verwendet werden können. Vorteilhaft können auf diese Weise hochintegrierte und kompakte mikromechanische Bauelemente als System in Package realisiert werden. Ferner können vorteilhaft Nachteile, die mit Drahtbond-Prozessen verbunden sind, weitestgehend umgangen werden.

[0009] Vorteilhaft können mit der vorgeschlagenen Sensoreinrichtung z.B. hochintegrierte MEMS-Sensoren oder -Aktoren mit sehr geringem Bauraum realisiert werden. Diese Anordnung hat gegenüber Bonddrähten den Vorteil, dass sie in den Lateralabmessungen kompakter, also mit kleinerem Rastermaß (englisch: pitch) von benachbarten Pads, ausgeführt werden kann und zudem in vertikaler Richtung keinen Zusatzplatz für einen Bonddraht-Loop benötigt. Ferner besteht anders als bei der Verwendung von Bonddrähten kein Risiko bzgl. der sogenannten Bonddraht-Verwehung (engl. wire bond sweep) aufgrund von Fertigungsprozessen, z. B. beim Einfließen von Moldmasse mit hohem Druck bei der Herstellung von Mold-Gehäusen.

[0010] Gemäß einem zweiten Aspekt wird die Aufgabe gelöst mit einem Verfahren zum Herstellen einer mikromechanischen Sensoreinrichtung, aufweisend die Schritte:

- Bereitstellen von wenigstens zwei MEMS-Bauelementen, wobei die MEMS-Bauelemente jeweils als gestapelte Anordnung eines MEMS-Elements mit einem ASIC-Element ausgebildet sind;
- Anordnen eines zweiten MEMS-Bauelements mittels einer ersten Klebeschicht auf einer Oberseite eines ersten MEMS-Bauelements;
- Elektrisches Kontaktieren wenigstens eines der MEMS-Bauelemente mittels eines 3D-

Umverdrahtungselements, das sich wenigstens teilweise über einen vertikalen Abschnitt wenigstens eines der MEMS-Bauelemente erstreckt, an ein Substrat der mikromechanischen Sensoreinrichtung; und

- wenigstens teilweises Umschließen der wenigstens zwei MEMS-Bauelemente von einem Gehäuse.

[0011] Bevorzugte Weiterbildungen der vorgeschlagenen mikromechanischen Sensoreinrichtung sind Gegenstand von abhängigen Ansprüchen.

[0012] Eine vorteilhafte Weiterbildung der mikromechanischen Sensoreinrichtung zeichnet sich dadurch aus, dass das erste MEMS-Bauelement mittels wenigstens eines Bonddrahts elektrisch an ein Substrat angebunden ist.

[0013] Eine weitere vorteilhafte Weiterbildung der mikromechanischen Sensoreinrichtung zeichnet sich dadurch aus, dass oberhalb des zweiten MEMS-Bauelements an einer Oberseite der mikromechanischen Sensoreinrichtung wenigstens abschnittsweise ein Passivierungselement angeordnet ist. Auf diese Weise kann eine Package-Höhe reduziert sein. Ferner können elektrische Kurzschlüsse durch den Passivierfilm weitgehend vermieden werden.

[0014] Eine weitere vorteilhafte Weiterbildung der mikromechanischen Sensoreinrichtung ist dadurch gekennzeichnet, dass oberhalb des zweiten MEMS-Bauelements an einer Oberseite der mikromechanischen Sensoreinrichtung das Gehäuse wenigstens abschnittsweise offen ist. Nützlich ist dies insbesondere für einen membranbasierten Sensortyp, z.B. ein Mikrofon oder einen Drucksensor.

[0015] Eine weitere vorteilhafte Weiterbildung der mikromechanischen Sensoreinrichtung zeichnet sich dadurch aus, dass das erste MEMS-Bauelement mittels Flip-Chip-Montage oder mittels einer zweiten Klebeschicht und auf das Substrat angebunden ist. Vorteilhaft werden dadurch unterschiedliche Möglichkeiten zur funktionalen Anbindung des ersten MEMS-Bauelements an das Substrat bereitgestellt.

[0016] Weitere vorteilhafte Weiterbildungen der mikromechanischen Sensoreinrichtung zeichnen sich dadurch aus, dass sämtliche elektrische Kontaktierungen mittels 3D-Umverdrahtungselementen realisiert sind. Vorteilhaft kann dadurch vollständig auf Drahtbonds verzichtet werden.

[0017] Weitere vorteilhafte Weiterbildungen der mikromechanischen Sensoreinrichtung zeichnen sich dadurch aus, dass das Gehäuse ein Mold-Gehäuse oder ein Open Cavity-Gehäuse ist. Vorteilhaft werden auf diese Weise unterschiedliche Gehäusearten

zur Verkapselung der mikromechanischen Sensoreinrichtung ermöglicht.

[0018] Eine weitere vorteilhafte Weiterbildung der mikromechanischen Sensoreinrichtung zeichnet sich dadurch aus, dass an einer Oberseite der mikromechanischen Sensoreinrichtung Moldmasse entfernt ist, wobei wenigstens abschnittsweise ein Passivierungselement auf der Oberseite der mikromechanischen Sensoreinrichtung angeordnet ist. Auf diese Weise kann z.B. eine elektrische Kontaktierung effektiv und einfach geschützt werden.

[0019] Eine weitere vorteilhafte Weiterbildung der mikromechanischen Sensoreinrichtung zeichnet sich dadurch aus, dass das Mold-Gehäuse an einer Oberseite wenigstens teilweise freigelegt ist.

[0020] Weitere vorteilhafte Weiterbildungen der mikromechanischen Sensoreinrichtung zeichnen sich dadurch aus, dass im Open Cavity-Gehäuse oben eine Öffnung ausgebildet ist. Vorteilhaft kann auf diese Weise ein Medienzugang für die Sensorvorrichtung bereitgestellt werden.

[0021] Eine weitere vorteilhafte Weiterbildung der mikromechanischen Sensoreinrichtung zeichnet sich dadurch aus, dass in wenigstens einem der MEMS-Bauelemente eine Durchkontaktierung im ASIC-Chip und/oder im MEMS-Chip ausgebildet ist. Dadurch sind vielfältige Möglichkeiten von elektrischen Durchkontaktierungen unterstützt, wodurch eine große Funktionsvielfalt der Sensoreinrichtung unterstützt ist.

[0022] Eine weitere vorteilhafte Weiterbildung der mikromechanischen Sensoreinrichtung zeichnet sich dadurch aus, dass das erste und/oder das zweite MEMS-Bauelement ein Rastermaß der Lötballs aufweisen, das kleiner als ein Standard-Rastermaß ist.

[0023] Die vorgeschlagene mikromechanische Sensoreinrichtung wird im Folgenden mit weiteren Merkmalen und Vorteilen anhand von mehreren Figuren detailliert beschrieben. Gleiche oder funktionsgleiche Elemente haben dabei gleiche Bezugszeichen. Die Figuren sind insbesondere dazu gedacht, wesentliche Prinzipien zu verdeutlichen und sind nicht unbedingt maßstabsgetreu ausgeführt. Der besseren Übersichtlichkeit halber kann vorgesehen sein, dass nicht in sämtlichen Figuren sämtliche Bezugszeichen eingezeichnet sind.

[0024] Offenbarte Verfahrensmerkmale ergeben sich analog aus entsprechenden offenbarten Vorrichtungsmerkmalen und umgekehrt. Dies bedeutet insbesondere, dass sich Merkmale, technische Vorteile und Ausführungen betreffend die mikromechanische Sensoreinrichtung in analoger Weise aus entsprech-

enden Ausführungen, Merkmalen und Vorteilen des Verfahrens zum Herstellen einer mikromechanischen Sensoreinrichtung ergeben und umgekehrt.

[0025] In den Figuren zeigt:

Fig. 1 eine Querschnittsansicht eines konventionellen mikromechanischen ASICap-Bauelements;

Fig. 2-15 Querschnittsansichten von Ausführungsformen der vorgeschlagenen mikromechanischen Sensoreinrichtung; und

Fig. 16 einen prinzipiellen Ablauf eines Verfahrens zum Herstellen einer vorgeschlagenen mikromechanischen Sensoreinrichtung.

Beschreibung von Ausführungsformen

[0026] Ein sogenanntes an sich bekanntes ASICap-Bauelement (vertikal integriertes MEMS-ASIC-Bauelement) umfasst einen ASIC-Chip und einen MEMS-Chip, die über eine metallische Bondverbindung mechanisch und elektrisch miteinander verbunden sind. Die metallische Bondverbindung dichtet das Bauelement am äußeren Bondrahmen hermetisch ab und stellt außerdem elektrische Kontakte bereit. Der MEMS-Chip kann beispielsweise mit an sich bekannten oberflächenmikromechanischen Methoden hergestellt werden und weist ein MEMS-Wafersubstrat, Oxidschichten, eine Silizium-Umverdrahtungsebene sowie eine mikromechanische Funktionsschicht auf. Der ASIC-Chip umfasst ein ASIC-Wafersubstrat, sowie diverse Funktionsschichten für Transistoren und für eine elektrische Umverdrahtung.

[0027] Vorgeschlagen wird eine gestapelte Anordnung von mindestens einem ersten und einem zweiten MEMS-Bauelement, die jeweils aus einem vertikal integrierten MEMS- und ASIC-Chip bestehen, wobei das zweite MEMS-Bauelement auf der Oberseite des ersten MEMS-Bauelements angeordnet wird und wobei mindestens eines der MEMS-Bauelemente mittels eines 3D-Umverdrahtungselements elektrisch angeschlossen wird.

[0028] Unter einem „MEMS-Bauelement“ wird nachfolgend vorzugsweise ein Bauelement aus einem vertikal integrierten Waferstack mit je einem ASIC- und MEMS-Wafer gebildet (also vertikale Integration über Waferbonden, nicht über Stacking von einzelnen ASIC- und MEMS-Chips). Im Ergebnis wird als MEMS-Bauelement dadurch eine gestapelte Anordnung aus einem ASIC-Element und einem MEMS-Element gebildet.

[0029] Auf der Oberseite des ersten MEMS-Bauelements kann eine Umverdrahtungsebene angeordnet sein, welche Kontakte für die vertikale Umverdrahtung

zum zweiten MEMS-Bauelement und Bondpads für Drahtbonds aufweist.

[0030] Besonders bevorzugt weisen die beiden Waferstacks Durchkontaktierungen (engl. through silicon vias, TSVs) durch den ASIC-Chip auf, um die ASIC-Signale von der Innenseite des Waferstacks auf die Außenseite des Stacks zu führen.

[0031] Alternativ können die ASIC-Signale auch durch den MEMS-Chip über MEMS-Durchkontaktierungen an die Außenseite des Waferstapels geführt werden.

[0032] In einer Variante kann das erste MEMS-Bauelement per Flip-Chip-Montage auf dem Gehäusesubstrat angeordnet sein, wobei in diesem Fall Durchkontaktierungen im unten liegenden Chip des ersten MEMS-Bauelements angeordnet sind.

[0033] In einer weiteren Variante ist es möglich, dass das erste MEMS-Bauelement mit einem Klebefilm (z. B. Die-Attach-Film oder einem weichen Silikonkleber) auf dem Gehäusesubstrat angeordnet ist, wobei Durchkontaktierungen dann im oben liegenden Chip des ersten MEMS-Bauelements angeordnet sind.

[0034] Eine weitere Variante sieht vor, dass von der Oberseite des ersten MEMS-Bauelements Drahtbonds auf das Gehäusesubstrat geführt sind. Alternativ können elektrische Signale über eine vertikale Umverdrahtung von der Oberseite auf das Gehäusesubstrat geführt werden.

[0035] Das Gehäuse der vorgeschlagenen Sensoreinrichtung kann bevorzugt als ein Mold-Gehäuse oder als ein Open Cavity-Gehäuse ausgebildet sein.

[0036] In einer weiteren Variante kann das zweite MEMS-Bauelement mit einem Klebefilm (z.B. Die-Attach-Film, weicher Silikonkleber) auf dem ersten MEMS-Bauelement angebracht sein. Die Durchkontaktierungen sind in diesem Fall im obenliegenden Chip des zweiten MEMS-Bauelements angeordnet.

[0037] Vorteilhaft sind das erste und/oder das zweite MEMS-Bauelement auch einzeln als Chip Scale Packages verwendbar. Für das zweite MEMS-Bauelement müssen dazu entsprechende Lötballs angebracht werden.

[0038] Das erste und/oder das zweite MEMS-Bauelement können optional ein Rastermaß (engl. pitch) der Lötballs aufweisen, der kleiner als das Standard-Rastermaß von 0.4 mm ist.

[0039] Das zweite MEMS-Bauelement ist nicht notwendigerweise kleiner als das erste MEMS-Bauelement.

ment, sondern kann entlang einer oder mehrerer Kanten das erste MEMS-Bauelement überragen.

[0040] Das zweite MEMS-Bauelement wird bei Verwendung eines Moldgehäuses typischerweise an der Oberseite übermoldet. Alternativ kann die Oberseite des zweiten MEMS-Bauelements ganz oder teilweise von der Moldüberdeckung ausgespart werden.

[0041] Die elektrische Anbindung des ersten und auch zweiten MEMS-Bauelements an das Substrat wird über eine vertikale Umverdrahtung oder eine Kombination aus vertikaler Umverdrahtung und Drahtbondung hergestellt.

[0042] Bei dem ersten und zweiten MEMS-Bauelement kann es sich um einen MEMS-Sensor oder -Aktor handeln. Besonders bevorzugt handelt es sich bei dem ersten und zweiten MEMS-Bauelement (in beliebigen Kombinationen) um einen Drehratensensor, einen Beschleunigungssensor, einen Drucksensor oder einen kombinierten Sensor aus den oben genannten Messgrößen.

[0043] Nachfolgend sind beispielhafte Konstellationen genannt:

- erstes MEMS-Bauelement als Drehratensensor, zweites MEMS-Bauelement als Beschleunigungssensor
- erstes MEMS-Bauelement als IMU (engl. Inertial Measurement Unit), also ein kombinierter dreiachsiger Drehraten- und dreiachsiger Beschleunigungssensor, zweites MEMS-Bauelement als Drucksensor

[0044] Die Anordnung kann auf mehr als zwei gestapelte MEMS-Bauelemente erweitert werden, z. B. drei oder vier gestapelte MEMS-Bauelemente. Denkbar ist es auch dass beispielsweise zwei Paare von gestapelten MEMS-Bauelementen nebeneinander in einem gemeinsamen Gehäuse angeordnet werden.

[0045] Vorteilhaft ist die Gesamtanordnung der mikromechanischen Sensoreinrichtung sehr kompakt, d. h. sowohl betreffend Footprint (Gehäusefläche) als auch betreffend die Bauhöhe des SiP, die im Vergleich zu herkömmlichen Lösungen minimiert sind. Zudem erfordert die Gesamtanordnung erfordert nur geringe Entwicklungsaufwände, sofern das erste und zweite MEMS-Bauelement bereits als Einzel-Bauelemente, z. B. jeweils in Form von Chip Scale Packages, entwickelt wurden. Als eine zusätzliche Voraussetzung besteht somit nur die Verfügbarkeit der 3D-Umverdrahtungs-Technologie zur Realisierung des 3D-Umverdrahtungselements.

[0046] Fig. 1 zeigt eine stark vereinfachte Querschnittsansicht eines herkömmlichen, vertikal integrierten ASICap-Bauelements. Man erkennt einen

MEMS-Chip 10b, der gemeinsam mit einem ASIC-Chip 10a mittels Lötballs 11 auf einem Substrat 1, der als ein elektrischer Träger, z.B. in Form einer Leiterplatte, Gehäusesubstrat und dergleichen fungiert. Eine Durchkontaktierung 12 durch den ASIC-Chip 10a stellt eine elektrisch leitende Verbindung zwischen dem MEMS-Chip 10b und dem ASIC Chip 10a her. Weiter nach unten führende Verdrahtungsebenen in der Leiterplatte sowie elektrische Kontaktbereiche an der Unterseite des Substrats 1 sind der besseren Übersichtlichkeit und Einfachheit halber nicht dargestellt.

[0047] Ferner sind aus diesen Gründen auch weitere technische Details im ASIC-Chip 10a und im MEMS-Chip 10b nicht dargestellt und erläutert. Die Funktionsseiten von MEMS- und ASIC-Chip 10b, 10a sind typischerweise (allerdings nicht notwendigerweise) innenliegend, d. h. einander zugewandt, angeordnet. Alle nachfolgenden Betrachtungen zielen nicht auf ein einzelnes ASICap-Bauelement, sondern auf eine möglichst platzsparende Integration von wenigstens zwei vertikal integrierten ASICap-Bauelementen. Es ist allerdings auch denkbar, dass zwei und mehr ASICap-Bauelemente nebeneinander auf einem gemeinsamen Substrat 1 angeordnet sind (Doppelanordnung).

[0048] Fig. 2 zeigt eine erste Ausführungsform einer vorgeschlagenen Sensoreinrichtung 100, bei der zwei MEMS-Bauelemente 10, 20 in vertikal integrierter ASICap-Anordnung aufeinander gestapelt angeordnet sind. Das erste MEMS-Bauelement 10 ist per Flip-Chip-Montage elektrisch leitend auf das Substrat 1 montiert. Das zweite MEMS-Bauelement 20 ist mit einer ersten Klebeschicht 41, beispielsweise in Form eines Die-Attach-Films oder eines silikonartigen Klebers, auf dem ersten MEMS-Bauelement 10 angeordnet. Dabei sind die beiden MEMS-Bauelemente 10, 20 einander zugewandt, wodurch das zweite MEMS-Bauelement 20 gegenüber dem ersten MEMS-Bauelement 10 eine invertierte, d. h. um 180 Grad verdrehte Orientierung aufweist. Die elektrischen ASIC-Signale des zweiten MEMS-Bauelements 20 werden über Durchkontaktierungen 22 an die oben liegende ASIC-Rückseite geführt.

[0049] Von dort werden die ASIC-Signale über ein 3D-Umverdrahtungselement 23a auf die Oberseite des ersten MEMS-Bauelements 10 geführt. Unter einem 3D-Umverdrahtungselement wird im Folgenden ein elektrisch leitendes Umverdrahtungselement verstanden, welches wenigstens einen vertikalen Anteil aufweist, wodurch ein Bauelement an einer vertikalen Flanke elektrisch kontaktiert ist. In einer Umverdrahtungsebene 24 des ersten MEMS-Bauelements 10 sind zusätzlich Bondpads (nicht dargestellt) angeordnet, mittels derer elektrische Signale des zweiten MEMS-Bauelements 20 über die Bonddrähte 25 auf das Substrat 1 geführt werden können.

[0050] Vorteilhafterweise wird bei dieser Anordnung der Bonddraht 25 von der Oberseite des ersten MEMS-Bauelements 10 geführt, wodurch die Loophöhe des Bonddrahts 25 nicht in die Betrachtung der minimalen Bauhöhe der Sensoreinrichtung 10 eingeht. Demzufolge muss die Moldüberdeckung bei der Ermittlung der minimalen Gehäusedicke lediglich von der Oberkante des zweiten MEMS-Bauelements 20 berücksichtigt werden. Als ein elektrisch leitendes Material für die Umverdrahtungsebene 24 kann beispielsweise Kupfer verwendet werden, das mit einer zusätzlichen Oberflächenveredelung (z.B. zur Verhinderung von Oxidation bzw. zur optimierten Drahtbondbarkeit) versehen wird, z. B. einer Nickel-Gold-Schicht. Jedoch sind jegliche Materialkombinationen möglich, die das Anbringen der Bonddrähte 25 erlauben.

[0051] Ein Prozessfluss zur Herstellung der kompletten mikromechanischen Sensoreinrichtung 100 kann grundsätzlich wie folgt aussehen:

- i) Herstellen eines ersten und zweiten MEMS-ASIC-Waferstacks (ASICap),
- ii) Vereinzeln des zweiten MEMS-ASIC Waferstacks, hierbei werden die einzelnen zweiten MEMS-Bauelemente 20 gebildet
- iii) Mechanisches Verbinden der zweiten MEMS-Bauelemente 20 auf dem ersten MEMS-ASIC-Waferstack
- iv) Aufbringen einer Isolationsschicht, z.B. Oxid, auf der MEMS-Rückseite des ersten MEMS-Wafers sowie auf der ASIC-Rückseite und Seitenwand des zweiten MEMS-Bauelements 20
- v) Anordnen (Abscheiden und Strukturieren) der Umverdrahtungsebene auf der MEMS-Rückseite des ersten MEMS-Wafers sowie auf der ASIC-Rückseite und Seitenwand des zweiten MEMS-Bauelements 20. Gegebenenfalls wird eine zusätzliche Passivierschicht aufgebracht, welche an den Bondpads geöffnet wird
- vi) Vereinzeln des in den Schritten i) - v) aufgebauten Waferstacks und Anbringen des vereinzelt Bauelements auf einem entsprechenden Substrat (z.B. auch ein Leadframe oder dergleichen) in einem Flip-Chip-Prozess
- vii) Elektrisches Verbinden des zweiten MEMS-Bauelements 20 auf dem Substrat 1 über eine Drahtbondung
- viii) Ummolden des erzeugten gestapelten Bauelements bei gleichzeitiger Mold-Unterfüllung des stand-off Bereichs des ersten MEMS-Bauelements 10

[0052] Als beispielhafte Anwendung der Anordnung von **Fig. 2** kann das erste MEMS-Bauelement 10 ein dreiachsiger Drehratensensor und das zweite

MEMS-Bauelement 20 ein dreiachsiger Beschleunigungssensor sein. Auf diese Weise kann eine Inertial Measurement Unit (dreiachsiger Drehratensensor plus dreiachsiger Beschleunigungssensor) gebildet werden, ohne dass der Drehratensensor und der Beschleunigungssensor auf ein und demselben MEMS-Chip angeordnet werden müssten.

[0053] Letzteres kann eine erhebliche technische Herausforderung darstellen, da die beiden genannten Sensoren bei unterschiedlichen Gasdrücken in den jeweiligen zwischen MEMS-Chip und ASIC-Chip gebildeten hermetischen Kavernen betrieben werden müssen. Trennt man die beiden Sensoren hingegen auf zwei Chips auf, lässt sich auf einfachere Weise ein für den jeweiligen Sensor optimaler Gasdruck einstellen.

[0054] Das erste und das zweite MEMS-Bauelement 10, 20 in **Fig. 2** können grundsätzlich auch einzeln als Chip Scale Package auf eine Leiterplatte gelötet werden. In diesem Fall müsste das zweite MEMS-Bauelement 20 noch mit einer entsprechenden Umverdrahtung und Lötballs versehen werden. Oder anders ausgedrückt: Wenn das erste MEMS-Bauelement 10 und das zweite MEMS-Bauelement 20 bereits separat als Chip Scale Packages entwickelt wurden, muss zur Realisierung der Anordnung von **Fig. 2** lediglich das 3D-Umverdrahtungselement 23 auf der Oberseite des zweiten MEMS-Bauelements 20 angepasst und auf Lötballs am zweiten MEMS-Bauelement 20 verzichtet werden. Die Anordnung der **Fig. 2** kann dadurch vorteilhaft mit sehr geringem zusätzlichem Entwicklungsaufwand realisiert werden.

[0055] Die Anordnung der mikromechanischen Sensoreinrichtung 100 von **Fig. 3** stellt eine Weiterentwicklung der Anordnung von **Fig. 2** dar, in der zur weiteren Reduktion der Gehäusedicke auf jegliche Mold-Überdeckung verzichtet wird. Die Oberseite des zweiten MEMS-Bauelements 20 ist mit einem Passivierungselement 26 versehen und ist in diesem Fall gar nicht übermoldet, sondern ist Teil der Gehäuseoberfläche und nur seitlich von Moldmasse umfasst. Das Passivierungselement 26 kann nach Bedarf auch im Bereich des 3D-Umverdrahtungselements 23a und auch auf der Oberseite (auf der die Umverdrahtung zu den Bondpads realisiert ist) des ersten MEMS-Bauelements 10 angebracht werden.

[0056] Das gilt gleichermaßen für die in **Fig. 2** gezeigte Realisierung der mikromechanischen Sensoreinrichtung 100. Im Vergleich zu **Fig. 2** ergibt sich durch diese Anordnung eine deutlich reduzierte mögliche Bauhöhe der mikromechanischen Sensoreinrichtung 100, ohne an der Dicke der Waferstacks von erstem und zweitem MEMS-Bauelement 10, 20 Änderungen vornehmen zu müssen.

[0057] Die in **Fig. 4** dargestellte Ausführungsform der mikromechanischen Sensoreinrichtung 100 repräsentiert ebenfalls eine gegenüber der Anordnung von **Fig. 2** weiterentwickelte Ausführungsform, bei der ein Teil der Oberfläche des zweiten MEMS-Bauelements 20 übermoldet wird und ein Teil der Oberfläche des zweiten MEMS-Bauelements 20 von Moldmasse frei bleibt. Derartige Anordnungen lassen sich technisch beispielsweise durch sogenanntes „film assisted molding“ realisieren. Alternativ könnte die Oberfläche der mikromechanischen Sensoreinrichtung 100 zunächst komplett übermoldet werden, wobei erst nachträglich Moldmasse an definierten Stellen an der Oberseite der Sensoreinrichtung 100 entfernt wird.

[0058] Ausgehend von der Konfiguration in **Fig. 2** kann das zweite MEMS-Bauelement 20 invertiert aufgebaut werden, so dass die Funktionsseite des MEMS-Chips 20b außen liegt und nach oben ausgerichtet ist. An der Oberseite des zweiten MEMS-Bauelements 20 kann beispielsweise eine Membran 27 für einen Drucksensor oder für ein Mikrofon, oder allgemeiner einen Medienzugang für einen Sensor, angeordnet werden. In diesem Fall werden die MEMS-Signale über MEMS-Durchkontaktierungen 22 zum ASIC-Chip 20a des zweiten MEMS-Bauelements 20 geführt.

Ebenso werden elektrische ASIC-Signale des zweiten MEMS-Bauelements 20 über MEMS-Durchkontaktierungen 22 auf die Umverdrahtungsebene an der Oberfläche des zweiten MEMS-Bauelements 20 geführt und von dort mittels eines vertikalen 3D-Umverdrahtungselements 23a auf die Oberseite des ersten MEMS-Bauelements 10 geleitet. Es sei darauf hingewiesen, dass die Darstellung mit der außen liegenden Membran 27 nur beispielhaft zu verstehen ist. Es ist ebenso möglich, dass der Membran-Bereich auf der innenliegenden Seite des MEMS-Chips 20b, d.h. dem ASIC-Chip 20a zugewandt, angeordnet ist. In diesem Fall muss der Medienzugang durch das MEMS-Substrat, z.B. über tiefe Trenchgräben, realisiert werden.

[0059] In der Konfiguration von **Fig. 4** ließe sich durch Kombination eines Drucksensors mit einer IMU und gegebenenfalls noch einem dreiachsigen Magnetsensor auf sehr kompakte Weise ein 7D-Sensor (IMU plus Drucksensor) oder sogar ein 10D-Sensor (IMU+Magnetsensor plus Drucksensor) realisieren. Derartige Sensorkombinationen lassen sich gut für Navigationszwecke bzw. zur Navigationsunterstützung verwenden, wenn z.B. temporär kein GNSS-Signal zur Ortung über Satellit zur Verfügung steht, wie es beispielsweise in Gebäuden, Tunneln, Häuserschluchten und dergleichen der Fall sein kann.

[0060] Die **Fig. 5** bis **Fig. 10** zeigen im Vergleich zu den bisher erläuterten Anordnungen der **Fig. 2-4**

eine grundlegend geänderte Topologie der vorgeschlagenen mikromechanischen Sensoreinrichtung 100.

[0061] In **Fig. 5** ist im Vergleich zu **Fig. 2** das erste MEMS-Bauelement 10 invertiert angeordnet, d.h. mit dem MEMS-Chip 10b nach unten ausgerichtet. Anstelle einer Flip-Chip-Montage mit Lötballs wird der MEMS-Chip 10b mit einer zweiten Klebeschicht 60, bevorzugt mittels eines Die-Attach-Films auf das Substrat 1 geklebt. Die elektrischen Sensorsignale werden über ASIC-Durchkontaktierungen 12 im nun oben liegenden ASIC-Chip 10a zu einer Umverdrahtungsebene 28 geführt. Die Umverdrahtungsebene 28 dient ferner (analog zu den vorangegangenen Ausführungsbeispielen) dazu, Bondpads für die Bonddrähte 25 von der Oberfläche des ersten MEMS-Bauelements 10 zum Substrat 1 bereitzustellen. Eine Passivierungsschicht 29 dient dem Schutz der Umverdrahtung und der elektrischen Isolierung vor dem Aufbringen des zweiten MEMS-Bauelements 20. Je nach Art der Aufbringung des zweiten MEMS-Bauelements 20 kann beispielsweise die eingesetzte erste Klebeschicht 40 (z.B. Die-Attach-Film, weicher Silikonkleber) diese Funktion erfüllen. Man erkennt in **Fig. 5**, dass Bonddrähte 25 zur elektrischen Kontaktierung des Substrats 1 sowohl mit dem 3D-Umverdrahtungselement 23 als auch mit der Umverdrahtungsebene 28 kontaktiert sind.

[0062] Da eine Dicke der zweiten Klebeschicht 60 in der Regel deutlich geringer ist als typische Standoffs nach Flip-Chip-Montage (Kleberschicht bei Die-Attach-Filmen typisch ca. 10 µm... ca. 20 µm, Standoff nach Flip-Chip dagegen eher größer als 50 µm), kann über diese Anordnung im Vergleich zur Anordnung von **Fig. 2** eine weitere deutliche Bauhöhenreduktion der mikromechanischen Sensoreinrichtung 100 erzielt werden. Als weiteren Vorteil benötigt diese Anordnung nicht auf beiden Seiten des ersten MEMS-Bauelements 10 eine Umverdrahtungsebene, sondern nur auf der ASIC-Rückseite, wodurch die Prozesskomplexität und die Herstellkosten reduziert sein können.

[0063] Eine weitere Reduktion der erzielbaren Bauhöhe ergibt sich in der Anordnung von **Fig. 6**, bei der, ausgehend von der Anordnung von **Fig. 5** (und analog zur Anordnung von **Fig. 3**) auf ein Übermolden des zweiten MEMS-Bauelements 20 verzichtet wird. Erkennbar ist, dass der komplette Bereich oberhalb des zweiten MEMS-Bauelements 20 eingespart wird, d.h. die Summe der Höhe des Drahtbond-Loops zuzüglich der Höhe der Moldüberdeckung, was einer Einsparung von typischerweise ca. 150 µm entsprechen kann.

[0064] **Fig. 7** zeigt mit Bezugnahme auf die Anordnung von **Fig. 4** die Möglichkeit der teilweisen Moldbedeckung. Vorteilhaft ist diese Anwendung bei Sen-

soren, die einen Medienzugang benötigen bzw. eine entsprechende Membran 27 aufweisen, wie z.B. Drucksensoren, Mikrophone und dergleichen. Gegenüber der Anordnung mit Flip-Chip-Montage des ersten MEMS-Bauelements 10 von **Fig. 4** ergibt sich für die gezeigte Anordnung eine Reduktion der Bauteilhöhe. Diese liegt im Bereich des typischen Standoffs nach Flip-Chip-Montage von größer 50 µm abzüglich der Dicke der zweiten Klebeschicht 60 von ca. 10 µm bis ca. 20 µm.

[0065] Die Anordnungen der **Fig. 8-10** zeigen eine Möglichkeit auf, den Footprint, also die benötigte Grundfläche des Bauteils bei der Montage am Substrat 1 weiter zu verringern. Dazu sind elektrische Verbindungen von der Oberfläche des ersten MEMS-Bauelements 10 zum Substrat 1 ebenfalls über ein 3D-Umverdrahtungselement 23b ausgeführt. Die elektrische Verbindung des zweiten MEMS-Bauelements 20 ist ebenfalls über die Umverdrahtung auf dem ersten MEMS-Bauelement 10 an die weiterführende vertikale Umverdrahtung vom ersten MEMS-Bauelement 10 auf das Substrat 1 geführt.

[0066] Die Anordnungen der **Fig. 9** und **Fig. 10** zeigen Querschnittsansichten von Varianten, bei der die mikromechanischen Sensoreinrichtungen 100 oben offen gänzlich ohne Drahtbonds auskommen und eine elektrische Kontaktierung des Substrats 1 ausschließlich mit 3D-Umverdrahtungselementen 23a, 23b realisiert ist. Die Anordnung von **Fig. 9** hat gegenüber der Anordnung von **Fig. 8** auf der Oberseite keine Moldmasse, sodass eine Gesamthöhe der Sensoreinrichtung 100 weiter verringert ist.

[0067] Im Vergleich zu den Anordnungen der **Fig. 5-7** werden die dort gezeigten Drahtbondverbindungen und der entsprechende Vorhalt dafür auf dem Substrat 1 nicht mehr benötigt, wodurch sich eine Reduktion des lateralen Footprints ergibt. Die Reduktion wirkt sich je nach Ausführung der Drahtbondung auf mindestens einer Seite aus.

[0068] Die vorgeschlagenen Anordnungen sind keineswegs auf Moldgehäuse beschränkt. Vielmehr kann statt eines Moldgehäuses auch ein sogenanntes Open Cavity-Gehäuse mit einem Metalldeckel oder einer Moldkappe auf dem Substrat 1 verwendet werden, wie es z. B. in **Fig. 11** dargestellt ist. Wie die Gehäusebezeichnung bereits andeutet, weist ein derartiges Gehäuse 50 eine offene Kaverne bzw. ein freies Volumen 51 auf.

[0069] Im Vergleich zur Anordnung von **Fig. 8** ist in der Anordnung von **Fig. 11** auch die zweite Klebeschicht 60 definiert dicker ausgebildet. Bevorzugt kann es sich bei der zweiten Kleberschicht 60 um einen besonders weichen und dicken Kleber, z. B. einen silikonartigen Kleber handeln. Da die zweite

Klebeschicht 60 dann kaum mechanischen Stress vom Substrat 1 überträgt und die beiden MEMS-Bauelemente 10, 20 auch seitlich und von oben keinem Stressübertrag ausgesetzt sind, eignet sich diese Anordnung besonders bei sehr hohen Anforderungen an die Stressrobustheit des Gesamtbauelements, z. B. bei sehr hohen Anforderungen an die Stabilität von Offset und Empfindlichkeit von Sensoren, wobei diese Messgrößen typischerweise durch mechanischen Stress besonders beeinträchtigt sind.

[0070] Ein Open Cavity-Gehäuse ermöglicht neben reduziertem Stressübertrag auch eine einfache Realisierung eines Medienzugangs. Die Anordnung der **Fig. 12** zeigt beispielhaft als zweites MEMS-Bauelement 20 den gleichen Membran-Sensor wie **Fig. 4** mit einer Membran 27 an der Oberseite und MEMS-Durchkontaktierungen 22 durch den MEMS-Chip 20b. Das Open Cavity-Gehäuse enthält in diesem Fall an der Oberseite der Gehäuseverklebung eine Öffnung 52 als Medienzugang, z. B. für einen Drucksensor. Ansonsten entspricht die Anordnung von **Fig. 12** jener von **Fig. 10**.

[0071] Eine Erweiterung der Anordnung der **Fig. 2** und folgende zeigt **Fig. 13**, nämlich einen Dreifach-Stapel mit einem ersten MEMS-Bauelement 10, einem zweiten MEMS-Bauelement 20 und einem dritten MEMS-Bauelement 30. Das dritte MEMS-Bauelement 30 ist mit dem zweiten MEMS-Bauelement 20 mittels einer dritten Klebeschicht 70 (z. B. Die-Attach-Film) mechanisch verbunden und über ein vertikal verlaufendes 3D-Umverdrahtungselement 23c elektrisch an die Umverdrahtungsebene des zweiten MEMS-Bauelements 20 angeschlossen. Von der Oberseite des zweiten MEMS-Bauelements 20 führt ein vertikal verlaufendes 3D-Umverdrahtungselement 23a auf die Umverdrahtungsebene des ersten MEMS-Bauelements 10 und von dort über ein vertikales Umverdrahtungselement 23b auf das Substrat 1.

[0072] Es versteht sich, dass ein Grundgedanke der Anordnung von **Fig. 13** auch auf ein viertes, fünftes, usw. gestapeltes MEMS-Bauelement (nicht dargestellt) übertragen werden kann.

[0073] **Fig. 14** zeigt eine Kombination von insgesamt vier MEMS-Bauelementen 10, 20, 30, 40, jeweils in ASICap-Anordnung ausgebildet, wobei jeweils zwei MEMS-Bauelemente entsprechend der Grundanordnung der **Fig. 8** aufeinander gestapelt sind und die beiden gestapelten MEMS-Bauelement-Paare dann nebeneinander in einem gemeinsamen Gehäuse 50, in diesem Beispiel in einem Moldgehäuse, angeordnet werden. Diese Gesamtkonfiguration ist vorteilhafterweise bzgl. der Leiterplattenmontage platzsparender als die Montage von zwei getrennten Modulen, welche jeweils der Anordnung von **Fig. 8** entsprechen.

[0074] Fig. 15 zeigt eine weitere Anordnung von zwei gestapelten integrierten MEMS-ASIC-Bauelementen 10, 20, die wiederum die Anordnung der Fig. 2 als Ausgangspunkt hat. In diesem Fall sind ebenfalls jeweils ein ASIC- und ein MEMS-Chip per metallischem Waferbondverfahren aufeinander angeordnet, jedoch werden die ASIC-Signale in diesem Fall über Durchkontaktierungen 22 durch die MEMS-Chips 10b, 20b nach außen geführt. Die Figur soll insbesondere andeuten, dass die vorgeschlagene Anordnung gleichermaßen für MEMS-Bauelemente sowohl mit ASIC-Durchkontaktierungen 12 als auch mit MEMS-Durchkontaktierungen 22 anwendbar ist, und daher auch für eine Mischung der beiden Möglichkeiten, z. B. erstes MEMS-Bauelement 10 mit ASIC-Durchkontaktierungen 12 und zweites MEMS-Bauelement 20 mit MEMS-Durchkontaktierungen 22.

[0075] Besonders vorteilhaft kann die vorgeschlagene Sensoreinrichtung 100 z. B. im Bereich von Consumer Electronics eingesetzt werden.

[0076] Fig. 16 zeigt einen prinzipiellen Ablauf eines vorgeschlagenen Verfahrens zum Herstellen einer vorgeschlagenen mikromechanischen Sensoreinrichtung 100.

[0077] In einem Schritt 200 erfolgt ein Bereitstellen von wenigstens zwei MEMS-Bauelementen 10, 20, wobei die MEMS-Bauelemente 10, 20 jeweils als gestapelte Anordnung eines MEMS-Elements 10b, 20b mit einem ASIC-Element 10a, 20a ausgebildet sind.

[0078] In einem Schritt 210 erfolgt ein Anordnen eines zweiten MEMS-Bauelements 20 mittels einer ersten Klebeschicht 40 auf einer Oberseite eines ersten MEMS-Bauelements 10.

[0079] In einem Schritt 220 erfolgt ein elektrisches Kontaktieren wenigstens eines der MEMS-Bauelemente 10, 20 mittels eines 3D-Umverdrahtungselements 23a...23c, das sich wenigstens teilweise über einen vertikalen Abschnitt wenigstens eines der MEMS-Bauelemente 10, 20 erstreckt, elektrisch an ein Substrat 1 der mikromechanischen Sensoreinrichtung 100.

[0080] Schließlich erfolgt in einem Schritt 230 ein wenigstens teilweises Umschließen der wenigstens zwei MEMS-Bauelemente 10, 20 von einem Gehäuse 50.

[0081] Zusammenfassend werden eine mikromechanische Sensoreinrichtung und ein Verfahren zu deren Herstellung vorgeschlagen, die als wenigstens zwei übereinander gestapelte ASICap-Bauelemente als ein System-in-Package ausgebildet ist.

[0082] Obwohl die Erfindung vorgehend anhand von konkreten Ausführungsbeispielen beschrieben worden ist, kann der Fachmann vorgehend auch nicht oder nur teilweise offenbarte Ausführungsformen realisieren, ohne vom Kern der Erfindung abzuweichen.

[0083] Die Erfindung kann im Zusammenhang mit Smartphones und Tablets, Wearables, Hearables, AR (engl. augmented reality) und VR (engl. virtual reality), Drohnen, Gaming und Spielzeug, Robotern, Smart Home und im industriellen Kontext u. a. für folgende Anwendungen eingesetzt werden:

Weckfunktionen für ausgewählte Gerätemodule, Erkennung von Geräteorientierung, Bildschirmorientierung und Anzeigeorientierung, Erkennung einer signifikanten Bewegung, Schock- und Freifallerkennung;

HMI (Mensch-Maschine-Schnittstelle)-Funktionalität, z. B. Multi-Tap-Erkennung, Aktivitäts-, Gesten- und Kontexterkenkung, Benutzererkennung; Bewegungssteuerung, Kardansystem, Höhen- und Lagestabilisierung, Flugsteuerung, Bildstabilisierung, Innen- und Außennavigation, Stockwerkserkennung, Positionsverfolgung und Streckenaufzeichnung, PDR (Fußgänger-Koppelnavigation), dynamische Streckenplanung, Erkennung von Begrenzungen und Hindernissen, Indoor-SLAM (Simultanlokalisierung und Kartenerstellung);

Einbruchsüberwachung, Echtzeit-Bewegungserkennung und -verfolgung, Aktivitätsverfolgung, Schrittzähler, Kalorienzähler, Schlafüberwachung;

Erfassung des Tragezustands von Hearables (in-ear detection), Bestimmung von Kopforientierung und Kopfbewegung;

Logistik, Teilenachverfolgung, Energiemanagement und energiesparendes Messen, vorausschauende Wartung;

Überwachung von Luftqualität und Klima, Schimmelerkennung, Wasserstandserkennung;

Sensordatenfusion.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- US 20160362293 A1 [0003]
- US 2018254258 A1 [0004]

Patentansprüche

1. Mikromechanische Sensoreinrichtung (100), aufweisend:

- wenigstens zwei MEMS-Bauelemente (10, 20), wobei die MEMS-Bauelemente (10, 20) jeweils als gestapelte Anordnung eines MEMS-Elements (10b, 20b) mit einem ASIC-Element (10a, 20a) ausgebildet sind; wobei
- ein zweites MEMS-Bauelement (20) mittels einer ersten Klebeschicht (41) auf einer Oberseite eines ersten MEMS-Bauelements (10) angeordnet ist; wobei
- die wenigstens zwei MEMS-Bauelemente (10, 20) von einem Gehäuse (50) wenigstens teilweise umschlossen sind; wobei
- wenigstens das zweite MEMS-Bauelement (20) mittels eines 3D-Umverdrahtungselements (23a...23c), das sich wenigstens teilweise über einen vertikalen Abschnitt des zweiten MEMS-Bauelements (20) erstreckt, elektrisch an ein Substrat (1) der mikromechanischen Sensoreinrichtung (100) und/oder an das erste MEMS-Bauelement (10) angebunden ist.

2. Mikromechanische Sensoreinrichtung (100) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das erste MEMS-Bauelement (10) mittels wenigstens eines Bonddrahts (25) elektrisch an das Substrat (1) angebunden ist.

3. Mikromechanische Sensoreinrichtung (100) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass oberhalb des zweiten MEMS-Bauelements (20) an einer Oberseite der mikromechanischen Sensoreinrichtung (100) wenigstens abschnittsweise ein Passivierungselement (26) angeordnet ist.

4. Mikromechanische Sensoreinrichtung (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass oberhalb des zweiten MEMS-Bauelements (20) an einer Oberseite der mikromechanischen Sensoreinrichtung (100) das Gehäuse (50) wenigstens abschnittsweise offen ist.

5. Mikromechanische Sensoreinrichtung (100) nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass das erste MEMS-Bauelement (10) mittels Flip-Chip-Montage oder mittels einer zweiten Klebeschicht (60) an das Substrat (1) angebunden ist.

6. Mikromechanische Sensoreinrichtung (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass sämtliche elektrische Kontaktierungen mittels 3D-Umverdrahtungselementen (23a...23c) realisiert sind.

7. Mikromechanische Sensoreinrichtung (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass das Gehäuse (50) ein Mold-Gehäuse oder ein Open Cavity-Gehäuse ist.

8. Mikromechanische Sensoreinrichtung (100) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass an einer Oberseite der mikromechanischen Sensoreinrichtung (100) Moldmasse entfernt ist, wobei wenigstens abschnittsweise ein Passivierungselement (26) auf der Oberseite der mikromechanischen Sensoreinrichtung (100) angeordnet ist.

9. Mikromechanische Sensoreinrichtung (100) nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Mold-Gehäuse an einer Oberseite wenigstens teilweise freigelegt ist.

10. Mikromechanische Sensoreinrichtung (100) nach einem der Ansprüche 7 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Open Cavity-Gehäuse oben eine Öffnung (52) ausgebildet ist.

11. Mikromechanische Sensoreinrichtung (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass in wenigstens einem der MEMS-Bauelemente (10, 20) eine Durchkontaktierung im ASIC-Chip (10a, 20a) und/oder im MEMS-Chip (10b, 20b) ausgebildet ist.

12. Mikromechanische Sensoreinrichtung (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das erste und/oder das zweite MEMS-Bauelement (10, 20) ein Rastermaß der Lötballs (11) aufweisen, das kleiner ist als ein Standard-Rastermaß.

13. Verfahren zum Herstellen einer mikromechanischen Sensoreinrichtung (100), aufweisend die Schritte:

- Bereitstellen von wenigstens zwei MEMS-Bauelementen (10, 20), wobei die MEMS-Bauelemente (10, 20) jeweils als gestapelte Anordnung eines MEMS-Elements (10b, 20b) mit einem ASIC-Element (10a, 20a) ausgebildet sind;
- Anordnen eines zweiten MEMS-Bauelements (20) mittels einer ersten Klebeschicht (40) auf einer Oberseite eines ersten MEMS-Bauelements (10);
- Elektrisches Kontaktieren wenigstens eines der MEMS-Bauelemente (10, 20) mittels eines 3D-Umverdrahtungselements (23), das sich wenigstens teilweise über einen vertikalen Abschnitt wenigstens eines der MEMS-Bauelemente (10, 20) erstreckt, an ein Substrat (1) der mikromechanischen Sensoreinrichtung (100); und
- wenigstens teilweises Umschließen der wenigstens zwei MEMS-Bauelemente (10, 20) von einem Gehäuse (50).

Es folgen 9 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

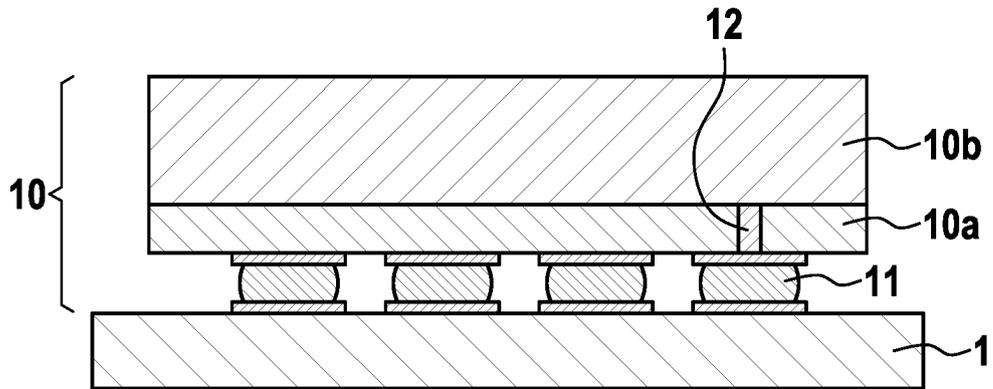


FIG. 1

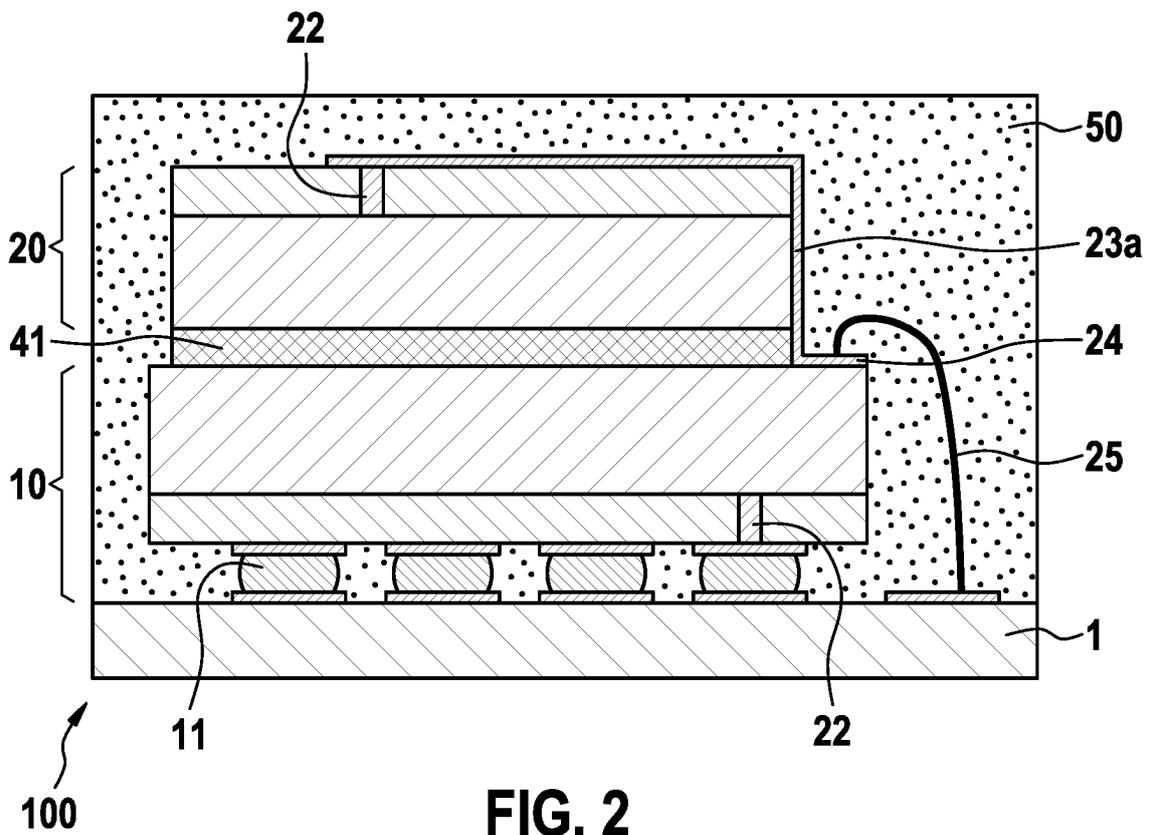
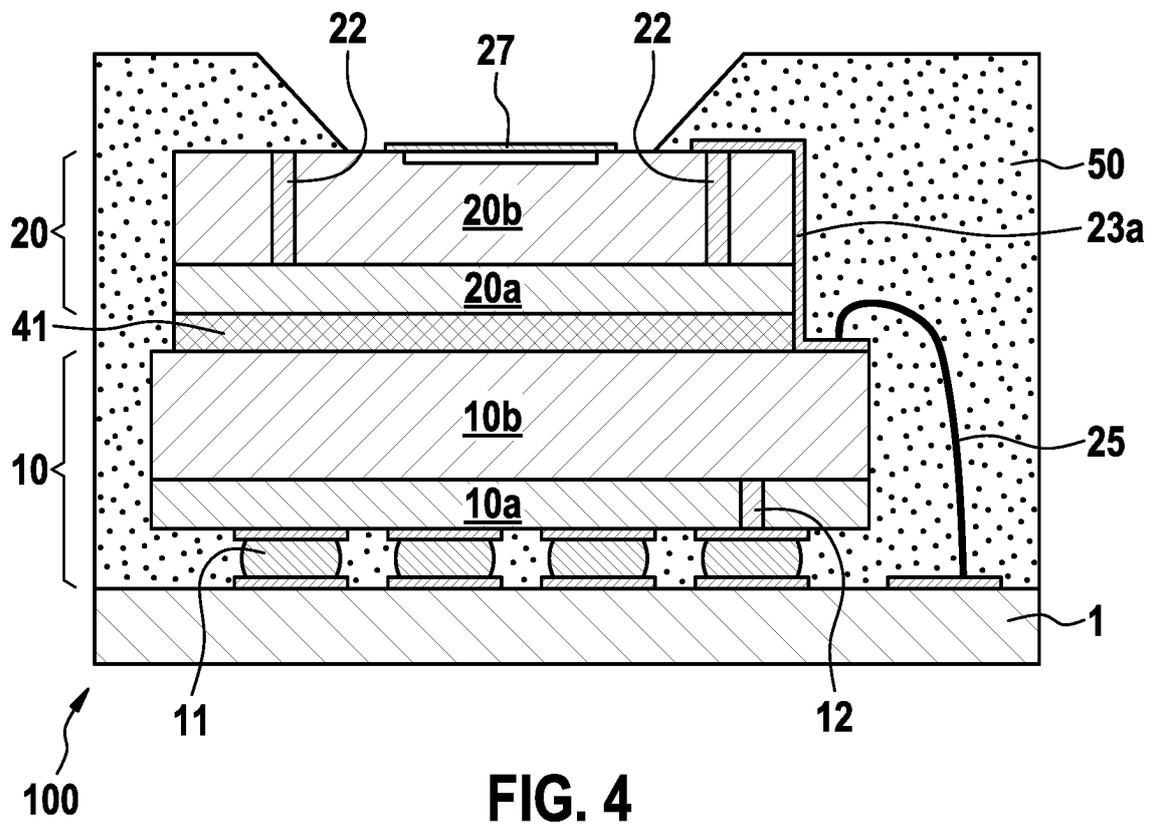
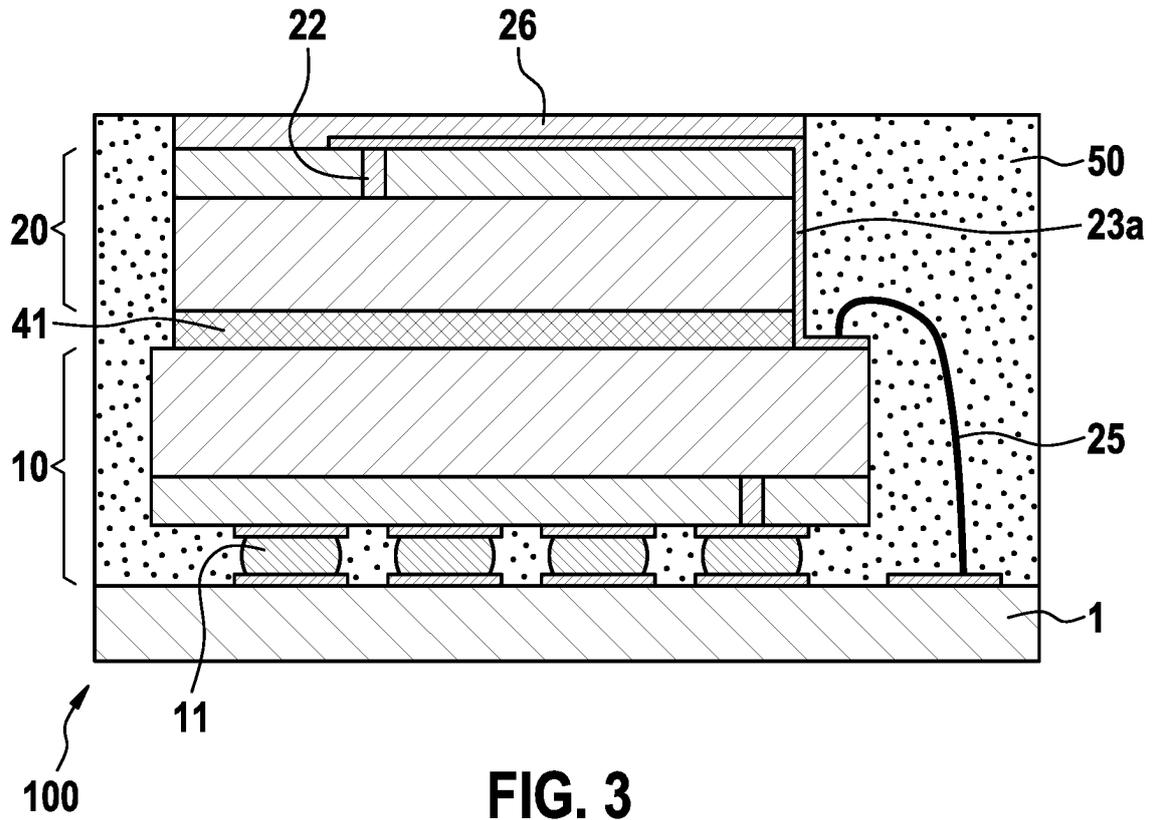


FIG. 2



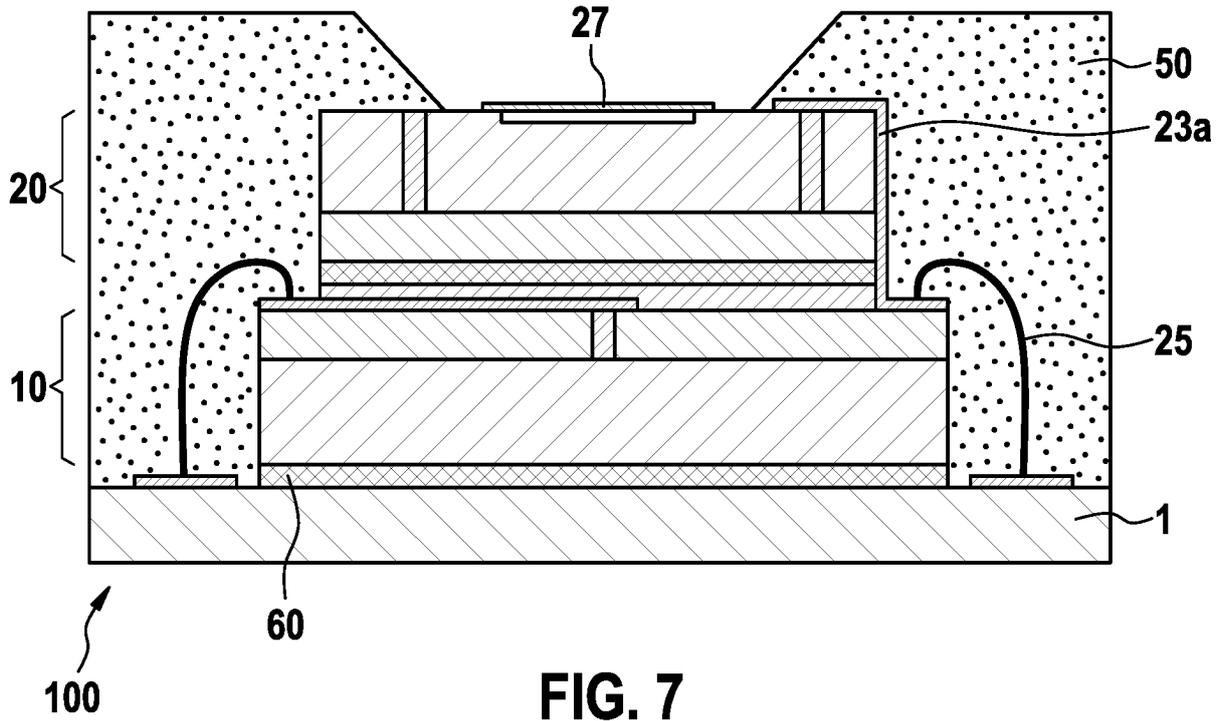


FIG. 7

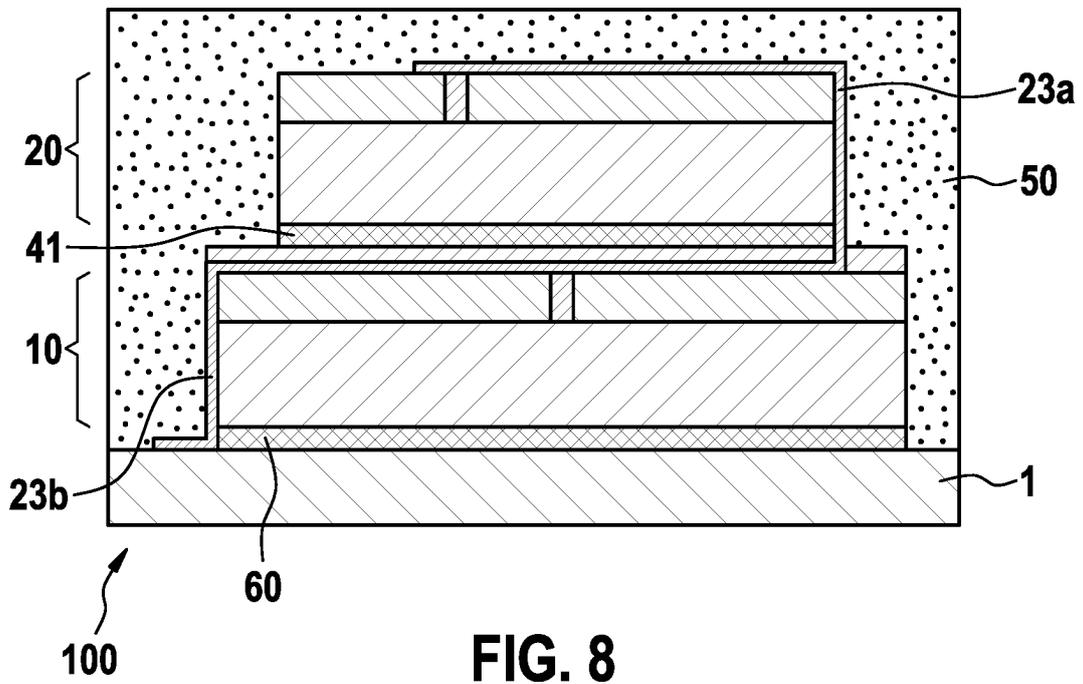


FIG. 8

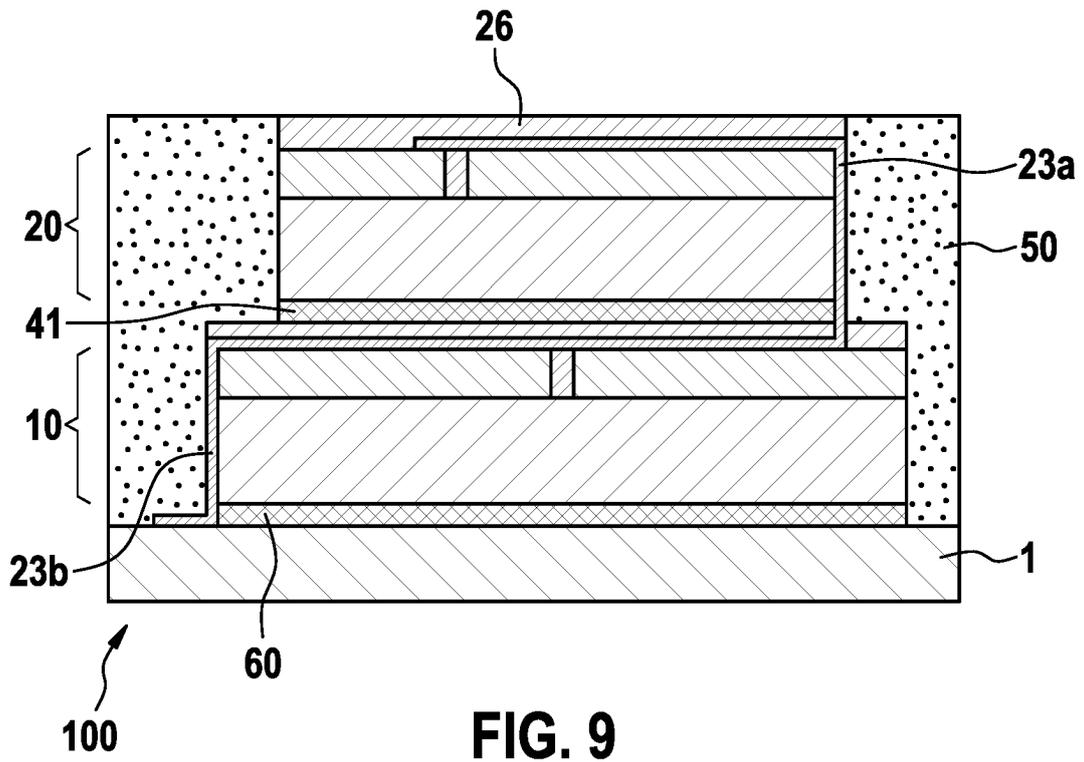


FIG. 9

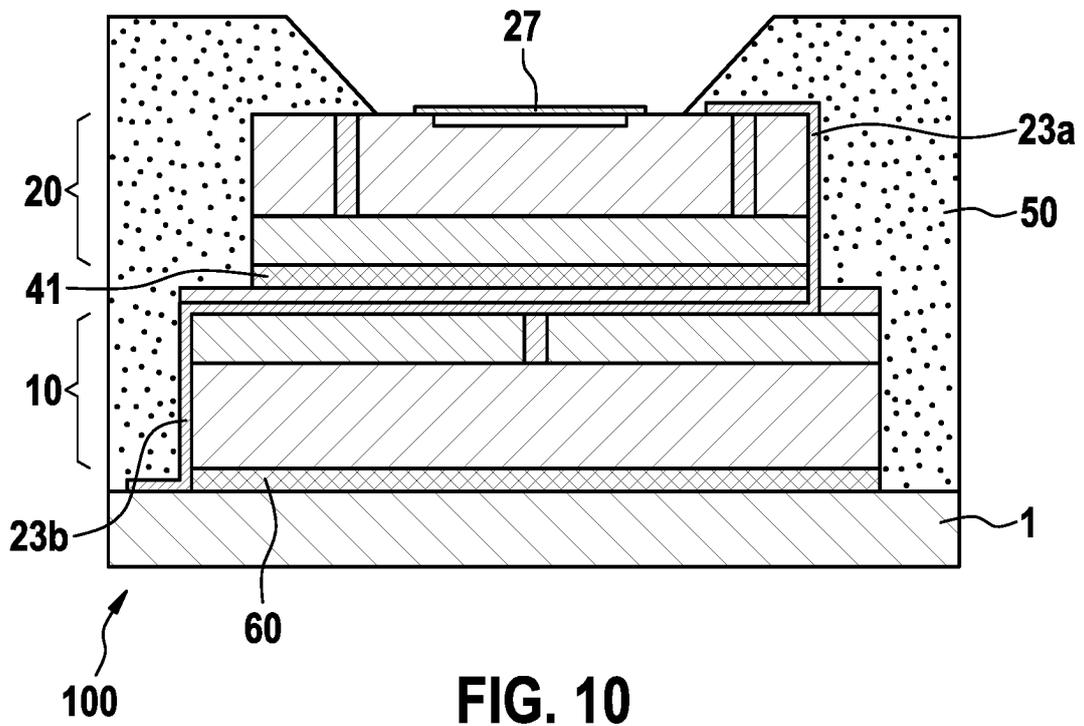
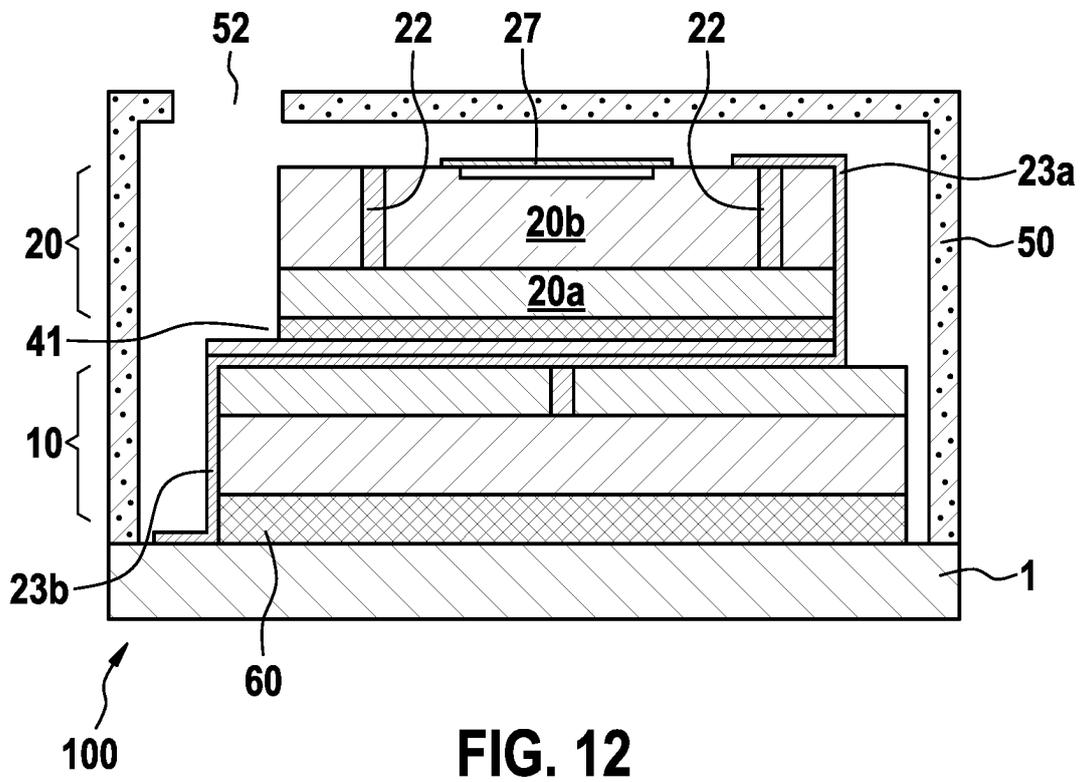
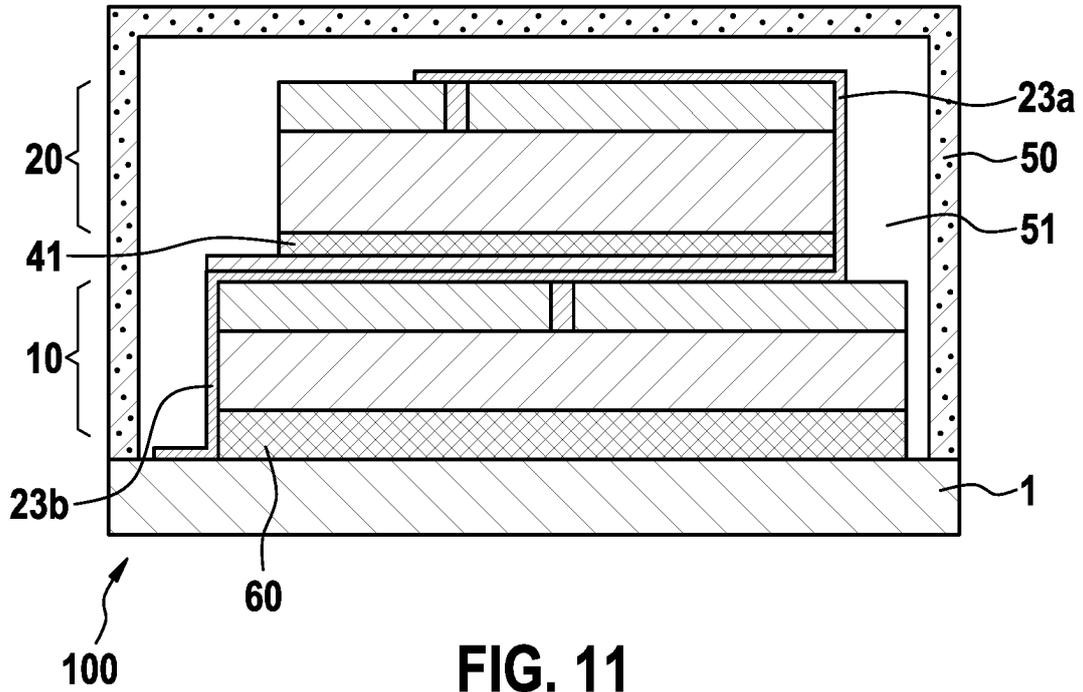


FIG. 10



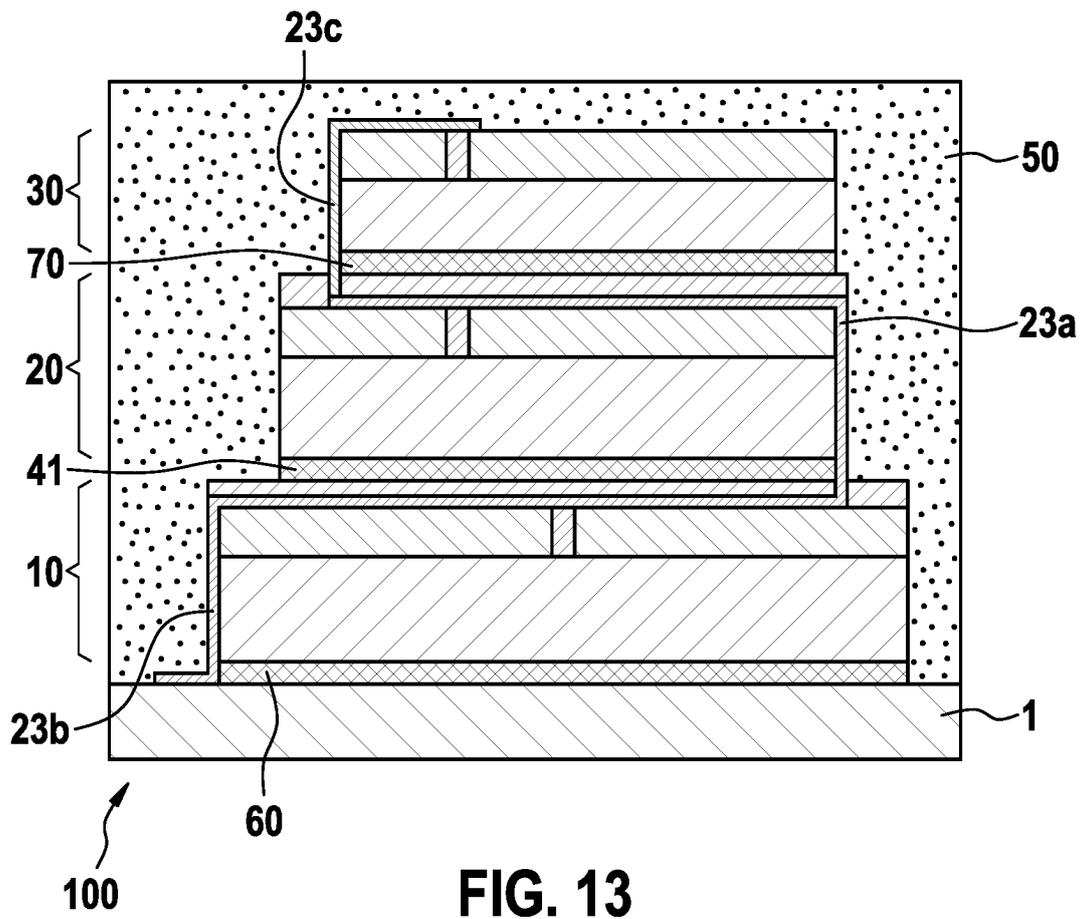


FIG. 13

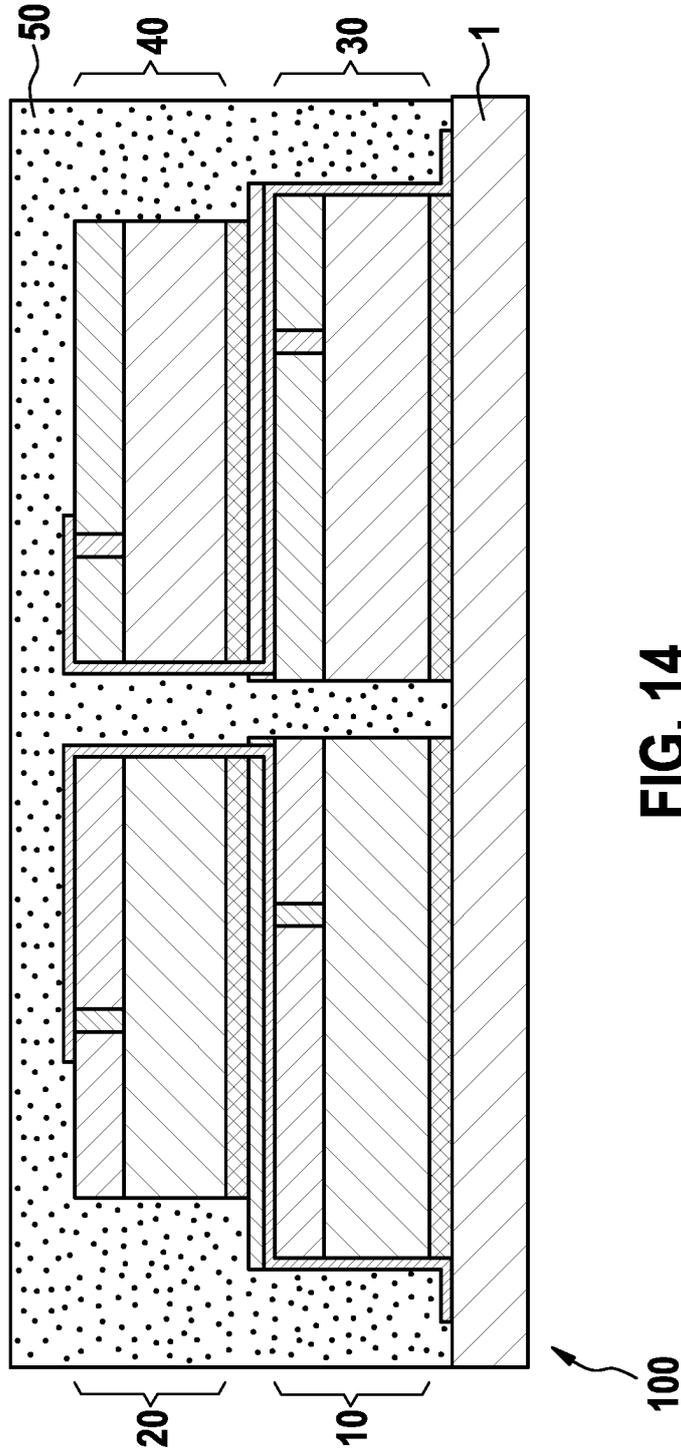


FIG. 14

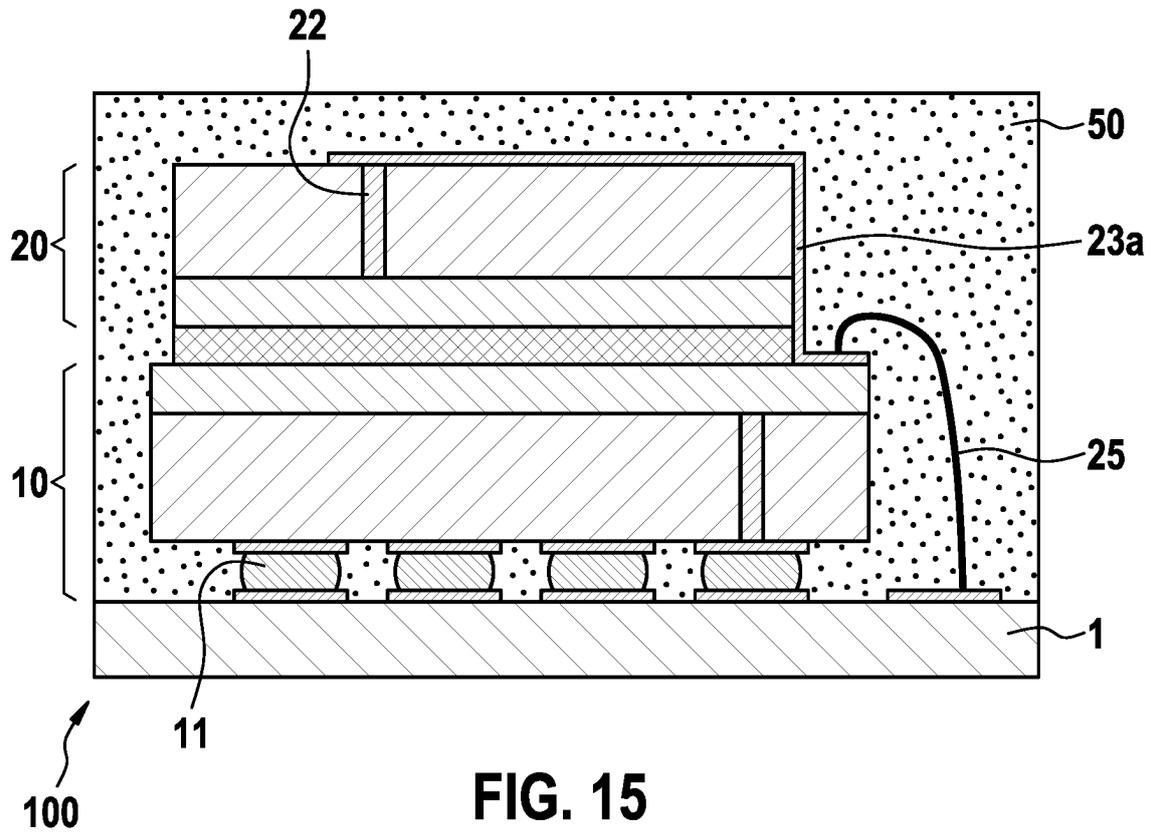


FIG. 15

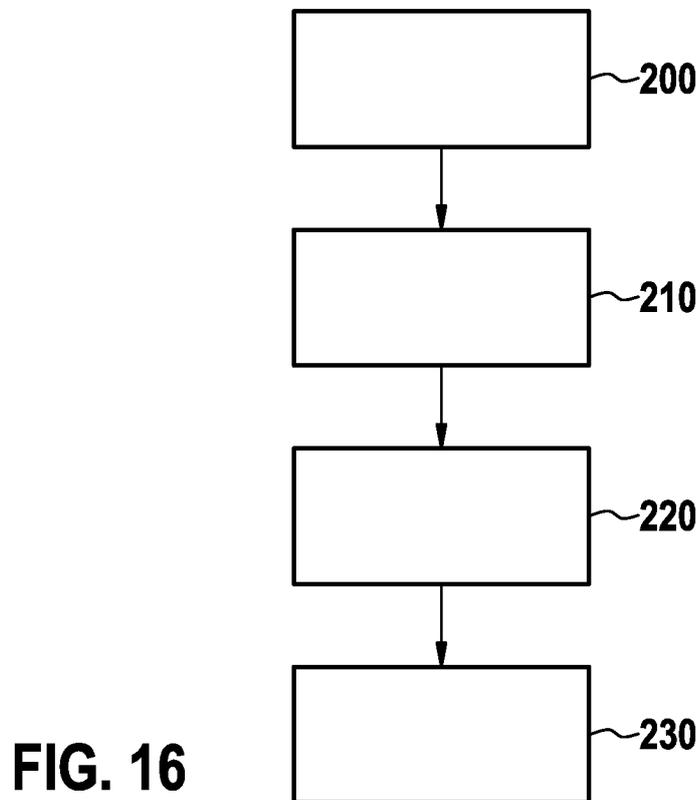


FIG. 16