



(10) **DE 10 2010 006 132 A1** 2011.08.04

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2010 006 132.8**
(22) Anmeldetag: **29.01.2010**
(43) Offenlegungstag: **04.08.2011**

(51) Int Cl.: **B81B 7/00** (2006.01)
B81B 7/02 (2006.01)
B81C 1/00 (2006.01)
H01L 23/48 (2006.01)
G01L 9/00 (2006.01)
G01N 27/22 (2006.01)
H04R 19/04 (2006.01)

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

(74) Vertreter:
Epping Hermann Fischer,
Patentanwalts-gesellschaft mbH, 80339, München,
DE

(72) Erfinder:
Feiertag, Gregor, Dr., 80689, München, DE; Pahl,
Wolfgang, 80336, München, DE; Krüger, Hans,
81737, München, DE; Leidl, Anton, Dr., 85662,
Hohenbrunn, DE

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

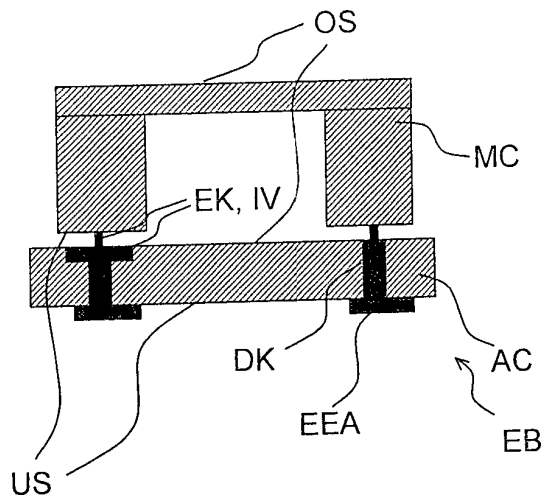
DE	10 2008 057297	A1
US	67 81 231	B2
US	65 22 762	B1
US	2009/01 94 829	A1
US	2009/00 01 553	A1
US	2010/01 59 643	A1
US	60 88 463	A

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Miniaturisiertes elektrisches Bauelement mit einem MEMS und einem ASIC**

(57) Zusammenfassung: Es wird ein miniaturisiertes elektrisches Bauelement mit einem MEMS-Chip und einem ASIC-Chip angegeben. Der MEMS-Chip und der ASIC-Chip sind übereinander angeordnet; eine interne Verschaltung aus MEMS-Chip und ASIC-Chip ist über Durchkontaktierungen durch den MEMS-Chip oder durch den ASIC-Chip mit externen elektrischen Anschlüssen des elektrischen Bauelements verschaltet.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft miniaturisierte elektrische Bauelemente mit einem MEMS-Chip und einem ASIC-Chip.

[0002] MEMS (Micro-Electro-Mechanical Systems, deutsch: Mikroelektromechanische Systeme) finden vielfach als Sensoren Anwendung. Es ist z. B. möglich, MEMS als Feuchtigkeitssensoren, Inertialsensoren – wie z. B. Beschleunigungssensoren –, Drucksensoren oder Mikrofonsensoren zu verwenden.

[0003] ASICs (Application Specific Integrated Circuits, deutsch: anwendungsspezifische integrierte Schaltungen) beinhalten im Allgemeinen, wenn sie mit MEMS-Sensoren verschaltet sind, die Schaltkreise, z. B. Logikschaltkreise oder analoge Schaltungen, zur Auswertung der vom MEMS zur Verfügung gestellten Sensorsignale. Umfasst ein MEMS-Mikrofon beispielsweise zwei Kondensatorelektroden, deren Abstand sich mit den Druckschwankungen einer empfangenen akustischen Schallwelle ändert, so kann der ASIC analoge oder digitale Schaltungen umfassen, welche die zeitlich variable Kapazität des MEMS-Kondensators in elektronisch weiterverarbeitbare Signale umwandelt. Auf diese Weise wird ein MEMS-Mikrofon erhalten.

[0004] Aus der Patentschrift US 6,781,231 B2 ist ein MEMS-Mikrofon bekannt, bei dem der MEMS-Chip auf einem Substrat montiert und mit einer kappenartigen Abdeckung gekapselt ist.

[0005] Aus der Patentschrift US 6,522,762 B1 ist ein MEMS-Mikrofon bekannt, bei dem ein MEMS-Chip und ein ASIC-Chip nebeneinander auf einer Seite eines Trägersubstrats montiert sind.

[0006] Aus der Patentschrift US 6,088,463 ist ein MEMS-Mikrofon bekannt, bei dem ein Silizium umfassender MEMS-Chip und ein ASIC-Chip auf gegenüberliegenden Seiten eines Trägersubstrats („intermediate Layer“) montiert sind.

[0007] Aus der veröffentlichten Patentanmeldung US 2009/0001553 A1 ist ein MEMS-Package bekannt, bei dem ein MEMS-Chip und ein ASIC-Chip nebeneinander oder übereinander montiert und mit einer metallischen Schicht überdeckt sind.

[0008] Alle oben genannten elektrischen Bauelemente benötigen ein Trägersubstrat, auf dem sie montiert sein müssen.

[0009] Der Markt für elektronische Bauelemente und insbesondere für MEMS-Bauelemente, die z. B. in mobilen elektronischen Geräten Verwendung finden können, verlangt nach immer stärker miniaturisierten Bauelementen, um immer mehr Funktionen in die

mobilen Geräte (z. B. mobile Kommunikationsgeräte) integrieren zu können.

[0010] Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein elektronisches Bauelement mit einer geringen Baugröße, das günstig herzustellen ist und eine verbesserte Signalauflösung aufweist, anzugeben.

[0011] Dazu gibt die vorliegende Erfindung ein elektrisches Bauelement an, welches einen MEMS-Chip mit einem elektrischen Kontakt und einem ASIC-Chip mit einem elektrischen Kontakt umfasst. Das Bauelement umfasst weiterhin eine interne Verschaltung von MEMS-Chip und ASIC-Chip sowie einen externen elektrischen Anschluss. Das elektrische Bauelement umfasst ferner eine Durchkontaktierung durch den MEMS-Chip oder durch den ASIC-Chip. Dabei sind der MEMS-Chip und der ASIC-Chip übereinander angeordnet. Die interne Verschaltung umfasst eine direkte Verschaltung des elektrischen Kontakts des MEMS-Chips mit dem elektrischen Kontakt des ASIC-Chips. Die interne Verschaltung oder zumindest einer der elektrischen Kontakte der Chips ist über die Durchkontaktierung mit dem externen elektrischen Anschluss verschaltet.

[0012] Durchkontaktierungen in Siliziumchips können beispielsweise so genannte TSVs (Through-Silicon Vias) sein.

[0013] Ein solches elektrisches Bauelement weist dadurch, dass der MEMS-Chip und der ASIC-Chip übereinander angeordnet sind, eine geringe Baugröße auf. Insbesondere der Flächenbedarf des Bauelements ist im Wesentlichen nicht größer als der Flächenbedarf des größeren des MEMS-Chips oder des ASIC-Chips.

[0014] Eine Vielzahl gleicher MEMS-Chips kann auf einem ersten Wafer produziert werden, während eine Vielzahl an gleichen ASIC-Chips auf einem zweiten Wafer produziert werden kann. Nach der Herstellung der jeweiligen Wafer können die Vielzahl an MEMS-Chips mit der Vielzahl an ASIC-Chips so verbunden werden, dass jeweils ein MEMS-Chip mit jeweils einem ASIC-Chip verbunden wird. Eine solche Fertigung im Mehrfachnutzen ermöglicht eine einfache und kostengünstige Herstellung der elektrischen Bauelemente.

[0015] Dadurch, dass der MEMS-Chip und der ASIC-Chip übereinander angeordnet sind und über Durchkontaktierungen durch den MEMS-Chip oder durch den ASIC-Chip direkt miteinander verschaltet sind, sind die elektrischen Leitungen möglichst kurz ausgeführt. Dies ist vorteilhaft, da ein vom MEMS-Chip detektiertes Signal, welches über die interne Verschaltung an den ASIC-Chip geleitet wird, im Allgemeinen umso mehr und umso größere Störungen aufweist, je länger die elektrische Verbindung vom

MEMS-Chip zum ASIC-Chip ist. Kurze elektrische Leitungen ermöglichen also ein weniger mit Störungen kontaminiertes Signal.

[0016] Verglichen mit bekannten elektrischen Bauelementen gibt die vorliegende Erfindung also deutlich verbesserte Bauelemente an.

[0017] In einer Ausführungsform weist ein erster Chip, der ausgewählt ist aus MEMS-Chip und ASIC-Chip, eine Oberseite auf. Der jeweils andere, zweite Chip weist eine Oberseite und eine Unterseite auf. Die Oberseite des ersten Chips ist der Unterseite des zweiten Chips zugewandt. Die Durchkontaktierung verläuft durch den ersten Chip. Der externe elektrische Anschluss ist auf der Unterseite des ersten Chips angeordnet.

[0018] Bauelementstrukturen des MEMS-Chips und Schaltkreise des ASIC-Chips können sowohl auf der Oberseite der Chips oder auf der Unterseite der Chips angeordnet sein. Bauelementstrukturen des MEMS-Chips und Schaltkreise des ASIC-Chips können aber auch im Innern der jeweiligen Chips angeordnet sein. Durch entsprechende Durchkontaktierungen ist sichergestellt, dass elektrische Verbindungen zwischen elektrischen Schaltungskomponenten oder Bauelementstrukturen entlang kurzer Wege verlaufen.

[0019] Das einen MEMS-Chip und einen ASIC-Chip umfassende elektrische Bauelement ist nicht darauf angewiesen, auf einem speziell dafür vorgesehenen Substrat angeordnet zu werden. Das elektrische Bauelement umfasst einen externen Kontakt, durch den es in eine beliebige externe Schaltungsumgebung integrierbar ist.

[0020] Insbesondere ist kein Substrat nötig, welches die Funktion des MEMS-Chips (z. B. zur Konzentration von Schallwellen) oder des ASIC-Chips (z. B. durch integrierte weitere Schaltkreise) unterstützt.

[0021] In einer Ausführungsform umfasst das Substrat des MEMS-Chips oder das Substrat des ASIC-Chips Silizium. Silizium ist ein hochrein und einkristallin herstellbares Element, dessen Herstellung und Verarbeitung durch den umfangreichen Erfahrungsschatz der Halbleitertechnologie beherrscht wird. Aus der Halbleitertechnologie bekannte Verfahren ermöglichen deshalb eine zuverlässige Prozessierung beziehungsweise Herstellung des MEMS-Chips und/oder des ASIC-Chips.

[0022] In einer Ausführungsform ist der elektrische Kontakt des MEMS-Chips mit dem elektrischen Kontakt des ASIC-Chips verlötet. Alternativ kommt eine Verklebung mittels eines elektrisch leitenden Kunststoffes, eine Verschaltung über Bond-Verbindungen oder ein Zusammenschweißen der Chips in Frage.

[0023] Bei der Verwendung von elektrisch leitendem Kleber kann ein anisotrop leitender Kleber verwendet werden. Dann kann über einen Kleberahmen sowohl eine akustische Abdichtung als auch eine elektrische Kontaktierung zwischen den Chips realisiert sein.

[0024] In einer Ausführungsform ist zwischen den Chips ein Spalt angeordnet. Der Spalt kann durch einen ringförmigen Rahmen, z. B. durch einen Dichtungsring, hermetisch oder akustisch abgedichtet sein. Dann kann der ringförmige Rahmen zusammen mit dem oberen und dem unteren Chip einen Hohlraum zwischen dem oberen und dem unteren Chip einschließen und einen ringförmigen Verschluss bilden. In dem Hohlraum können Bauelementstrukturen des MEMS-Chips oder Schaltungselemente des ASIC-Chips angeordnet sein.

[0025] Eine solche Abdichtung des elektrischen Bauelements kann nach dem Verbinden der beiden Chips hergestellt werden. Der ringförmige Verschluss kann beispielsweise durch Laminieren einer Folie über den kleineren der Chips oder durch Auftragen eines Polymermaterials ebenda erfolgen. Die beiden Chips können in Flip-Chip-Bauweise miteinander verbunden und verschaltet sein.

[0026] Der ringförmige Verschluss kann auch durch Laminieren einer Folie über den oberen der Chips oder durch Auftragen eines Polymermaterials ebenda erfolgen, z. B. dann, wenn beide Chips die gleichen lateralen Abmessungen aufweisen.

[0027] Der Rahmen kann ein strukturierter Polymerrahmen sein. Der Rahmen kann vor dem Vereinigen der einzelnen Chips auf dem MEMS-Chip oder auf dem ASIC-Chip oder zu Teilen auf beiden Chips angeordnet werden und einen Spalt zwischen den Chips nach dem Verbinden der Chips abdichten.

[0028] Der Rahmen kann das gleiche Material wie die elektrischen Verschaltungen der Chips umfassen. Insbesondere kann der Rahmen eine sogenannte Solid-Liquid-Interdiffusions-Lötung, einen elektrisch leitenden Kleber oder zwei auf die beiden Chips verteilten Metall-Teilrahmen, die unter Druck- und Temperatureinwirkung zusammengebondet sind, umfassen.

[0029] Bauelementstrukturen des MEMS-Chips können gegenüber äußeren Einflüssen abgekapselt sein. Dann sind sie beispielsweise gegenüber Verunreinigungen bei der Herstellung, z. B. der Verlötlung oder Verschaltung oder Verbindung auf einer Leiterplatte/Montageplatte oder bei der Vereinigung mit dem ASIC-Chip geschützt.

[0030] Eine Abkapselung des Bauelements oder eine Abdichtung des Spalts zwischen MEMS-Chip und ASIC-Chip kann eine Folie umfassen, die die Ober-

seite sowie seitliche Flächen des oberen Chips bedeckt und, z. B. ringsum geschlossen anliegend, dicht mit der Oberseite oder der seitlichen Flächen des unteren Chips abschließt. Eine solche Folie kann ein, z. B. ein bereits teilweise vernetztes, Epoxydharz oder ein B-Stage Material umfassen. Eine solche Folie kann zusätzlich teilweise oder vollständig mit einer Metallisierungsschicht bedeckt sein.

[0031] In einer Ausführungsform ist das Bauelement auf der Oberseite einer Montageplatte, die einen elektrischen Anschluss aufweist, angeordnet. Der externe elektrische Anschluss des Bauelements ist mit dem elektrischen Anschluss der Montageplatte verschaltet. Diese Montageplatte kann eine beliebige Montageplatte einer externen Schaltungsumgebung sein. Die Montageplatte ist für die Funktionsfähigkeit des elektrischen Bauelements nicht zwingend erforderlich.

[0032] Der MEMS-Chip oder der ASIC-Chip kann Kontaktpads auf der Unterseite, z. B. für eine Kontaktierung mit einer Montageplatte, umfassen.

[0033] In einer Ausführungsform umfasst der MEMS-Chip einen Hohlraum, eine flexible Membran in dem Hohlraum, eine rückseitige Platte in dem Hohlraum und eine Öffnung zum Hohlraum. Die flexible Membran ist parallel zur rückseitigen Platte angeordnet und bildet mit der rückseitigen Platte ein kapazitives Element. Der ASIC-Chip umfasst eine Schaltung zur Bestimmung der Kapazität des kapazitiven Elements. Ein solches elektrisches Bauelement kann ein MEMS-Mikrofon darstellen. Die flexible Membran reagiert auf den zeitlich variierenden Luftdruck einer empfangenen Schallwelle. Dadurch, dass der Abstand zwischen der rückseitigen Platte und der Membran sich mit der Frequenz der eintreffenden Schallwellen ändert, kodiert die abstandsabhängige Kapazität des kapazitiven Elements den per Schall übertragenen Ton.

[0034] Der ASIC-Chip kann eine Schaltung umfassen, welche an den beiden Elektroden des kapazitiven Elements, z. B. über einen hochohmigen Widerstand und eine Ladungspumpe, die im kapazitiven Element gespeicherte elektrische Ladung im Wesentlichen konstant hält. Eine weitere Schaltung des ASIC-Chips kann die am kapazitiven Element abfallende zeitlich veränderliche Spannung detektieren und mittels eines Analog-Digital-Wandlers in ein digitales Signal umwandeln. Das digitale Signal kann beispielsweise am externen elektrischen Anschluss des elektrischen Bauelements für eine externe Schaltungsumgebung zur Verfügung gestellt werden.

[0035] Die rückseitige Platte des MEMS-Chips kann dabei zwischen dem ASIC-Chip und der Membran angeordnet sein. Es auch möglich, dass die Membran

zwischen dem MEMS-Chip und der rückseitigen Platte angeordnet ist.

[0036] In einer Ausführungsform weist der MEMS-Chip Bauelementstrukturen zur Bestimmung von Luftdruck, Feuchtigkeit oder der Zusammensetzung eines Gases auf. Die Bauelementstrukturen stehen in Kontakt mit der das Bauelement umgebenden Atmosphäre. Ein elektrisches Bauelement zur Bestimmung des Luftdrucks kann beispielsweise einen geschlossenen Hohlraum mit einem definierten Innendruck umfassen. Den geschlossenen Hohlraum umgibt eine Wand, die zumindest in einem Abschnitt elastisch verformbar ist. Ändert sich der Luftdruck der das elektrische Bauelement umgebenden Atmosphäre, so reagiert die elastische Wand aufgrund der unterschiedlichen Kraftverhältnisse innen und außen auf den Über- oder Unterdruck des Hohlraums durch eine elastische Verformung. Eine solche elastische Verformung der elastischen Wand kann beispielsweise mittels einer auf der elastischen Wand strukturierten Metallisierung beziehungsweise einer Änderung deren elektrischen Widerstands detektiert werden. So sind mit dem Bauelement Änderungen des Luftdrucks messbar, die einem Höhenunterschied – auf Meereshöhe – von etwa einem Dezimeter entsprechen.

[0037] Ein erfindungsgemäßes elektrisches Bauelement kann auch als Gassensor ausgestaltet sein.

[0038] Jeder der beiden Chips oder beide Chips oder das gesamte elektrische Bauelement kann eine äußere Metallisierung zum Schutz, zur elektromagnetischen Abschirmung oder zur hermetischen Verkapselung umfassen. Eine solche Metallisierung schützt beispielsweise vor mechanischen Beschädigungen oder vor HF-Einstrahlungen. Die Metallisierung kann durch das Auflaminieren einer Folie und durch Sputtern oder galvanisch aufgebracht werden.

[0039] In einem Ausführungsbeispiel kann der kleinere der beiden Chips durch einen Mold-Prozess in seiner geometrischen Bauform, z. B. in seinen lateralen Abmessungen oder in seinem Volumen, vergrößert sein. Dazu werden die Chips z. B. in einer rasterförmigen Anordnung auf eine Folie geklebt und Bereiche zwischen den Chips mit einer Moldmasse aufgefüllt. Der so hergestellte neue Wafer wird dann mit Durchkontaktierungen und einer Verdrahtungsebene versehen. Dieser „vergrößerte“ Wafer wird dann in einem der oben angegebenen Prozessabläufe verwendet.

[0040] Bei einer derartigen Vergrößerung von Chips kann im ersten Schritt quasi durch Molden aus einzelnen im Nutzen angeordneten Chips ein neuer Wafer erzeugt werden. In folgenden Schritten können Durchkontaktierungen oder Öffnungen, z. B. Schallöffnungen, auch im Bereich der Moldmasse ange-

ordnet werden. Durchkontaktierungen oder Öffnungen können alternativ auch bereits beim Molden erzeugt und z. B. durch die Anordnung von Stiften in der Moldform ausgespart werden. Die vergrößerten Abmessungen erleichtern dabei die Anordnung solcher Öffnungen, Durchkontaktierungen oder zusätzlicher Verdrahtungen auf oder an dem jeweiligen Chip.

[0041] Möglich ist es auch, für ein einziges Bauelements mehrere MEMS-Chips auf einem ASIC-Chip oder mehrere ASIC-Chips auf einem MEMS-Chip zu montieren.

[0042] Das Material von MEMS-Chip und ASIC-Chip kann so gewählt sein, dass mechanische Verspannungen zwischen den Chips, welche die mechanische Verbindung zwischen den Chips oder die elektrische Verschaltung zwischen den Chips belasten, vermindert sind. Insbesondere kann es vorgesehen sein, dass das Substrat des MEMS-Chips und das Substrat des ASIC-Chips das gleiche Material umfassen.

[0043] In einer Ausführungsform ist das elektrische Bauelement als Mikrofon ausgebildet. Zwischen dem MEMS-Chip und dem ASIC-Chip verbleibt ein Spalt. Im Spalt ist ein das Innere des Bauelements akustisch abdichtender ringförmig geschlossener Rahmen angeordnet. Der MEMS-Chip umfasst eine rückseitige Platte und eine Membran. Im ASIC-Chip ist eine Schalleintrittsöffnung angeordnet. Der MEMS-Chip und der ASIC-Chip weisen dieselben lateralen Abmessungen auf. Auf der dem MEMS-Chip abgewandten Seite des ASIC-Chips ist der externe elektrische Anschluss angeordnet. Der MEMS-Chip, der ASIC-Chip und der Rahmen schließen in lateraler Richtung am Mikrofon bündig miteinander ab.

[0044] Neben der einen Schalleintrittsöffnung im ASIC-Chip können weitere Schalleintrittsöffnungen, z. B. jeweils mit ca. 30 µm Durchmesser, angeordnet sein. Ein Vielzahl kleinerer Öffnungen ermöglicht einen guten Schalleintritt bei verbessertem Schutz gegen Schmutzpartikel.

[0045] Ein Verfahren zur Herstellung eines elektrischen Bauelements umfasst folgende Schritte:

- Bereitstellen eines ASIC-Chips mit einem elektrischen Kontakt und eines MEMS-Chips mit einem elektrischen Kontakt,
- Herstellen einer Durchkontaktierung durch den MEMS-Chip oder durch den ASIC-Chip,
- Anordnen des ASIC-Chips und des MEMS-Chips übereinander,
- Verbinden von ASIC-Chip und MEMS-Chip,
- Verschalten der elektrischen Kontakte des ASIC-Chips und des MEMS-Chips.

[0046] In einer Ausführungsform des Verfahrens wird der ASIC-Chip oder der MEMS-Chip in einem

Mehrfachnutzen auf einem Wafer zur Verfügung gestellt und mit vereinzelt zweiten Chips verbunden. Insbesondere die massentaugliche Herstellung mittels Wafer ermöglicht es, erfindungsgemäße elektrische Bauelemente effizient, einfach und kostengünstig herzustellen.

[0047] In einer Ausführungsform werden der ASIC-Chip und der MEMS-Chip jeweils in Mehrfachnutzen auf je einem Wafer zur Verfügung gestellt. Die Wafer werden so zusammengefügt, dass je ein ASIC-Chip mit je einem MEMS-Chip verbunden und verschaltet wird. Die Vereinzelung der elektrischen Bauelemente kann nach dem Zusammenfügen und verschalten z. B. mittels Laser oder mittels Sägeverfahren erfolgen.

[0048] In einer Ausführungsform wird eine Öffnung, z. B. eine Schalleintrittsöffnung, durch den ASIC-Chip geätzt. Es ist auch möglich, statt einer großen Öffnung eine entsprechende Vielzahl an kleineren Öffnungen zu ätzen. Das Ätzen kleinerer Öffnungen kann dabei verfahrenstechnische Vorteile aufweisen.

[0049] Zusätzlich können Verspannungen im MEMS-Chip, im ASIC-Chip oder zwischen den Chips durch die Verwendung flexibler Befestigungen und/oder Verschaltungen reduziert sein. Dazu kommen insbesondere Polymer-Bumps mit spiraligen Kupferleitungen, ACA-Verbindungen (Anisotropic Conductive Adhesive-Verbindungen) beziehungsweise flexible ICA-Verbindungen (Isotropic Conductive Adhesive-Verbindungen) in Frage.

[0050] Ist ein Chip des elektrischen Bauelements mit einer Montageplatte verbunden, so können auf der der Montageplatte zugewandten Seite des entsprechenden Chips des Bauelements ebenfalls Maßnahmen zur Verminderung von mechanischen Stressbelastungen getroffen sein. Insbesondere kann auf der einer Montageplatte zugewandten Seite des Bauelements eine hoch flexible Polymerlage mit an die Montageplatte angepasstem CTE (CTE = coefficient of thermal expansion = thermischer Ausdehnungskoeffizient) oder niedrigem Elastizitätsmodul im relevanten Temperaturbereich aufgebracht sein. Als Verbindung und Verschaltung zwischen den Chips oder zwischen dem Bauelement und einer Montageplatte kommen LGA (land grid array) beziehungsweise BGA (ball grid array) Verbindungen in Frage. Diese können flexibel gestaltet sein.

[0051] Ein ASIC-Chip kann eine Ladungspumpe umfassen, um höhere Spannungen als die der Versorgungsspannung zu ermöglichen. Insbesondere die Spannung, mit der das kapazitive Element eines MEMS-Mikrofons aufgeladen ist, liegt mit zehn Volt deutlich über üblichen Betriebsspannungen und kann im ASIC erzeugt werden.

[0052] Durchkontaktierungen durch den MEMS-Chip oder durch den ASIC-Chip ermöglichen das Anordnen und Verschalten von Bauelementstrukturen oder integrierten Schaltungen an beliebigen und gleichzeitig an unterschiedlichen Stellen der Chips. Der Freiheitsgrad beim Entwerfen des elektrischen Bauelements ist so deutlich erhöht.

[0053] Im Folgenden wird das elektrische Bauelement anhand von Ausführungsbeispielen und zugehörigen schematischen Figuren näher erläutert.

[0054] Es zeigen:

[0055] **Fig. 1** ein elektrisches Bauelement mit einem MEMS-Chip und einem ASIC-Chip,

[0056] **Fig. 2** ein elektrisches Bauelement mit einer rückseitigen Platte und einer Membran als Bauelementstruktur,

[0057] **Fig. 3** ein elektrisches Bauelement mit einem ASIC-Chip mit integrierten Schaltungen,

[0058] **Fig. 4** ein elektrisches Bauelement mit integrierten Schaltungen die an der Unterseite eines ASIC-Chips angeordnet sind,

[0059] **Fig. 5** ein elektrisches Bauelement mit einer Öffnung im ASIC-Chip,

[0060] **Fig. 6** den Grundriss eines elektrischen Bauelements mit einem Rahmen, der elektrische Kontakte umschließt,

[0061] **Fig. 7** ein elektrisches Bauelement, das auf einer Montageplatte angeordnet ist,

[0062] **Fig. 8** ein elektrisches Bauelement, dessen MEMS-Chip einen Deckel oder eine elastische Wand umfasst,

[0063] **Fig. 9** einen Wafer, auf dem elektrische Bauelemente, ASIC-Chips oder MEMS-Chips angeordnet sind,

[0064] **Fig. 10** ein elektrisches Bauelement mit den oberen Chip bedeckender Folie,

[0065] **Fig. 11** ein Bauelement mit einer im ASIC-Chip angeordneten Öffnung.

[0066] **Fig. 1** zeigt ein elektrisches Bauelement EB mit einem MEMS-Chip MC und einem ASIC-Chip AC. Der MEMS-Chip MC hat eine Oberseite OS und eine Unterseite US. Als Unterseite wird in diesem und den folgenden Ausführungsbeispielen immer die Seite bezeichnet, in die die externen elektrischen Anschlüsse EEA des Bauelements weisen, die sich an der Unterseite des im Bauelement unteren Chips be-

finden. Der ASIC-Chip AC hat ebenfalls eine Oberseite OS und eine Unterseite US. Der MEMS-Chip MC ist so auf dem ASIC-Chip angeordnet, dass die Unterseite US des MEMS-Chips MC der Oberseite OS des ASIC-Chips AC zugewandt ist. Der MEMS-Chip MC umfasst elektrische Kontakte EK, die an seiner Unterseite angeordnet sind. Der ASIC-Chip umfasst elektrische Kontakte EK, die an seiner Oberseite OS angeordnet sind. Die elektrischen Kontakte an der Unterseite des MEMS-Chips sind mit den elektrischen Kontakten an der Oberseite des ASIC-Chips verschaltet und stellen zumindest einen Teil der integrierten Verschaltungen IV des elektrischen Bauelements EB dar. Im Inneren des ASIC-Chips AC sind Durchkontaktierungen DK angeordnet, welche einen oder mehrere der elektrischen Kontakte oder die interne Verschaltung mit externen elektrischen Anschlüssen EEA, die an der Unterseite des ASIC-Chips angeordnet sind, verschalten. Das elektrische Bauelement EB kann einen oder mehrere elektrische externe Anschlüsse umfassen. Über diesen einen oder diese mehrere elektrische Anschlüsse kann das elektrische Bauelement EB mit einer externen Schaltungsumgebung (hier nicht gezeigt) verschaltet sein.

[0067] Die elektrischen Kontakte EK des MEMS-Chips MC und des ASIC-Chips AC sind auf dem kürzest möglichen Weg miteinander verschaltet. Dadurch ist die Störanfälligkeit des elektrischen Bauelements reduziert. Außerdem wird durch die angegebene Anordnung und Verschaltung von MEMS-Chip MC und ASIC-Chip AC ein kompaktes elektrisches Bauelement mit einer geringen Baugröße erhalten.

[0068] **Fig. 2** zeigt eine Ausgestaltung des elektrischen Bauelements, welches eine rückseitige Platte RP und eine Membran M als Bauelementstrukturen BS umfasst. Diese Ausführungsform umfasst ferner Durchkontaktierungen DK durch den MEMS-Chip, so dass die Bauelementstrukturen BS des MEMS-Chips, welche an seiner Oberseite angeordnet sind, über eine interne Verschaltung und über Durchkontaktierungen durch den ASIC-Chip mit elektrischen externen Anschlüssen EEA des Bauelements an der Unterseite des ASIC-Chips verschaltet sind.

[0069] Zwischen dem MEMS-Chip MC und dem ASIC-Chip AC ist ein Spalt angeordnet, dessen Höhe im Wesentlichen den Abstand zwischen MEMS-Bauelement und ASIC-Chip bestimmt. Ein ringförmig geschlossener Rahmen R umschließt den Spalt zwischen den Chips. Stellen beispielsweise die rückseitige Platte RP und die Membran M die beiden Elektroden des kapazitiven Elements eines MEMS-Mikrofons dar, so ist durch den Rahmen R ein hermetisch abgedichtetes Rückvolumen im Inneren des MEMS-Chips und zwischen dem MEMS-Chip und dem ASIC-Chip gebildet.

[0070] Der MEMS-Chip umfasst als Bauelementstrukturen BS eine flexible Membran M und eine rückseitige Platte RP, die zusammen ein kapazitives Element KE eines Mikrofons bilden.

[0071] **Fig. 3** zeigt ein elektrisches Bauelement, bei dem der ASIC-Chip AC eine integrierte Schaltung IC auf seiner Oberseite umfasst. Die integrierte Schaltung IC kann beispielsweise analoge oder digitale Schaltungen umfassen, um beispielsweise vom MEMS-Chip MC gelieferte Sensorinformationen zu verarbeiten. Die integrierte Schaltung IC des ASIC-Chips AC ist über Durchkontaktierungen im ASIC-Chip AC und über Durchkontaktierungen durch den MEMS-Chip MC mit dem externen elektrischen Anschluss EEA an der Unterseite des MEMS-Chips MC verschaltet.

[0072] **Fig. 4** zeigt eine Ausgestaltung des elektrischen Bauelements mit integrierten Schaltkreisen IC auf der Unterseite des ASIC-Chips, welcher auf dem MEMS-Chip angeordnet ist. Durch Durchkontaktierungen DK durch den MEMS-Chip MC sind die integrierten Schaltkreise IC mit dem externen elektrischen Anschluss verschaltet. Dadurch, dass die integrierten Schaltkreise IC auf der dem MEMS-Chip zugewandten Seite des ASIC-Chips angeordnet sind, sind die integrierten Schaltkreise gut vor äußeren Einflüssen, insbesondere vor Beschädigung, geschützt.

[0073] **Fig. 5** zeigt eine Ausgestaltung des elektrischen Bauelements, bei dem im ASIC-Chip AC eine Öffnung O angeordnet ist. Die Öffnung erlaubt es z. B., Schallwellen oder anderen äußeren, wenig schädlichen Einflüssen die Bauelementstrukturen BS des MEMS-Chips MC zu erregen und in diesen ein elektrisch auswertbares Signal zu induzieren.

[0074] **Fig. 6** zeigt einen Querschnitt durch ein elektrisches Bauelement, bei dem ein Rahmen R elektrische Kontakte EK, welche Teil der inneren Verschaltung des elektrischen Bauelements sind, ringförmig umschließt. Der Begriff „ringförmig“ ist dabei nicht auf die geometrische Form des Rahmens bezogen. Vielmehr bezieht sich der Begriff „ringförmig“ auf geschlossene Kurve.

[0075] **Fig. 7** illustriert ein elektrisches Bauelement, welches auf einer Montageplatte MP angeordnet ist. Das elektrische Bauelement ist mit der Montageplatte verbunden und kann mit elektrischen Kontakten auf der Oberfläche der Montageplatte verschaltet sein. Eine solche Anordnung stellt eine Möglichkeit dar, um das elektrische Bauelement mit einer externen Verschaltung zu verschalten.

[0076] Im Innern des MEMS-Chips ist ein Hohlraum H angeordnet. Im Hohlraum H sind Bauelementstrukturen, z. B. eine Membran angeordnet. Eine Rückseitige Platte deckt den Hohlraum des Mikrofons ab.

[0077] Ein nicht vollständig geschlossener Rahmen ist zwischen dem oberen Chip und dem unteren Chip angeordnet. Rechts ist ein Querschnitt durch den Rahmen gezeigt. Links fehlt ein Abschnitt des Rahmens, so dass dort eine Schalleintrittsöffnung ausgebildet ist. Schall kann somit zwischen den elektrischen Verbindungen zwischen den Chips ins Innere des elektrischen Bauelements gelangen. Somit ist ein elektrisches Bauelement mit seitlichem Schalleintritt gebildet.

[0078] **Fig. 8** zeigt ein elektrisches Bauelement, bei dem zwischen dem MEMS-Chip MC und dem ASIC-Chip AC ein Spalt S angeordnet ist. An der Oberseite des MEMS-Chips MC ist ein Deckel D angeordnet. Der Deckel D kann eine elastische Wand EW oder eine Wand mit einem elastischen Abschnitt umfassen, welche sich beispielsweise bei Druckdifferenzen zwischen dem äußeren Umgebungsdruck und dem Druck im Inneren des Hohlraums verformt. Aus der Art oder dem Umfang der Verformung kann somit auf die Druckdifferenz rückgeschlossen werden. Ein solches Bauelement stellt einen Drucksensor dar.

[0079] Die Durchkontaktierung DK führt nicht nur durch den MEMS-Chip sondern auch durch den Deckel D des MEMS-Chips. Der Deckel D kann elastisch verformbar sein und elektrische Widerstandselemente umfassen, deren elektrischer Widerstand von der Verformung des Deckels abhängt. Diese Widerstandselemente können auf der Oberseite des Deckels aufgebracht oder in die Oberseite des Deckels implantiert sein. Die Durchkontaktierung DK führt durch den Deckel und kann somit die Widerstandselemente mit der internen Verschaltung verschalten.

[0080] **Fig. 9** zeigt einen Wafer W, auf dessen Oberseite eine Vielzahl elektrischer Bauelemente, ASIC-Chips AC oder MEMS-Chips MC angeordnet sind. Die elektrischen Bauelemente, ASIC-Chips oder MEMS-Chips können auf dem Wafer montiert oder gemeinsam hergestellt und im Wafer integriert sein. Die einzelnen Chips lassen sich in hoher Zahl gleichzeitig herstellen. Ein Wafer mit ASIC-Chips kann nach dessen Herstellung mit einem Wafer mit hergestellten MEMS-Chips MC so verbunden werden, dass je genau ein ASIC-Chip mit je genau einem MEMS-Chip verbunden und verschaltet ist. Die einzelnen Chips können vor oder nach ihrer Verbindung mit dem jeweils anderen Chip vereinzelt werden. Vorteilhaft ist es, zuerst die Wafer mit den anderen Chips zu verbinden und anschließend die fertig gestellten elektrischen Bauelemente zu vereinzeln.

[0081] **Fig. 10** zeigt eine Ausführungsform, bei der der obere Chip eine Abkapselung durch eine Folie F und eine Metallisierungsschicht MS umfasst. Die Folie bedeckt die Oberseite sowie seitlichen Flächen des oberen Chips. Sie schließt dicht mit einem

Bereich der Oberseite oder der seitlichen Flächen des unteren Chips ab. Dadurch ist ein zwischen den Chips angeordneter Spalt hermetisch oder zumindest akustisch abgedichtet.

RP	rückseitige Platte
S	Spalt
H	Hohlraum
W	Wafer

[0082] Eine solche Abdichtung kann nach der Verbindung der beiden Chips erfolgen.

[0083] [Fig. 11](#) zeigt eine Ausgestaltung des elektrischen Bauelements als Mikrofon, wobei der MEMS-Chips MC oberhalb des ASIC-Chips AC angeordnet ist. Zwischen den Chips MC, AC ist ein Spalt angeordnet. Im Spalt ist ein Rahmen R, der das Innere des Bauelements in lateraler Richtung zumindest akustisch abdichtet, angeordnet. Bauelementstrukturen des MEMS-Chips umfassen eine perforierte rückseitige Platte und eine Membran. Eine Öffnung O führt durch den ASIC-Chip und stellt eine Schalleintrittsöffnung dar. Auf der Oberseite des ASIC-Chips sind digitale oder analoge Schaltkreise angeordnet und mit den Bauelementstrukturen des MEMS-Chips verschaltet.

[0084] Der MEMS-Chip, der ASIC-Chip und der dazwischen angeordnete Rahmen sind in lateraler Richtung bündig angeordnet. Solche „glatten“ Seitenwände werden z. B. dadurch erhalten, dass eine Vielzahl an MEMS-Chips und eine Vielzahl an ASIC-Chips jeweils im Mehrfachnutzen hergestellt und anschließend miteinander verbunden und verschaltet werden, bevor die einzelnen Bauelemente, z. B. durch Sägen, vereinzelt werden.

[0085] Ein elektrisches Bauelement ist nicht auf eine der beschriebenen Ausführungsbeispiele beschränkt. Variationen, welche z. B. noch weitere Chips oder andere Bauelementstrukturen oder elektrische Kontakte oder beliebige Kombinationen daraus umfassen, stellen ebenso erfindungsgemäße Ausführungsbeispiele dar.

Bezugszeichenliste

AC	ASIC-Chip
BS	Bauelementstrukturen
D	Deckel
DK	Durchkontaktierung
EB	elektrisches Bauelement
EEA	externer elektrischer Anschluss
EK	elektrischer Kontakt
EW	elastische Wand
IC	integrierte Schaltungen
IV	interne Verschaltung
KE	kapazitives Element
M	Membran
MC	MEMS-Chip
MP	Montageplatte
O	Öffnung
OS, US	Oberseite, Unterseite
R	Rahmen

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 6781231 B2 [\[0004\]](#)
- US 6522762 B1 [\[0005\]](#)
- US 6088463 [\[0006\]](#)

Patentansprüche

1. Elektrisches Bauelement (EB), umfassend

- einen MEMS-Chip (MC) mit einem elektrischen Kontakt (EK),
- einen ASIC-Chip (AC) mit einem elektrischen Kontakt (EK),
- eine interne Verschaltung (IV) von MEMS-Chip (MC) und ASIC-Chip (AC),
- einen externen elektrischen Anschluss (EEA),
- eine Durchkontaktierung (DK) durch den MEMS-Chip (MC) oder durch den ASIC-Chip (AC), wobei
- der MEMS-Chip (MC) und der ASIC-Chip (AC) übereinander angeordnet sind,
- die interne Verschaltung (IV) eine direkte Verschaltung des elektrischen Kontakts (EK) des MEMS-Chips (MC) mit dem elektrischen Kontakt (EK) des ASIC-Chips (AC) umfasst und
- die interne Verschaltung (IV) oder zumindest einer der elektrischen Kontakte (EK) der Chips (MC, AC) über die Durchkontaktierung (DK) mit dem externen elektrischen Anschluss (EEA) verschaltet ist.

2. Elektrisches Bauelement nach dem vorherigen Anspruch, wobei

- ein erster Chip (MC, AC), ausgewählt aus MEMS-Chip (MC) und ASIC-Chip (AC), eine Oberseite (OS) aufweist und der jeweils andere zweite Chip (AC, MC) eine Oberseite (OS) und eine Unterseite (US) aufweist,
- die Oberseite (OS) des ersten Chips (MC, AC) der Unterseite (US) des zweiten Chips (AC, MC) zugewandt ist,
- die Durchkontaktierung (DK) durch den ersten Chip verläuft und
- der externe elektrische Anschluss (EEA) auf der Unterseite (US) des ersten Chips angeordnet ist.

3. Elektrisches Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Substrat des MEMS-Chips (MC) oder des ASIC-Chips (AC) Silizium umfasst.

4. Elektrisches Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der elektrische Kontakt (EK) des MEMS-Chips (MC) mit dem elektrischen Kontakt (EK) des ASIC-Chips (AC) verlötet, durch einen elektrisch leitenden Klebstoff verklebt, über eine Bondverbindung verschaltet oder zusammengeschweißt ist.

5. Elektrisches Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei zwischen den Chips (MC, AC) ein Spalt (S) angeordnet ist.

6. Elektrisches Bauelement nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei der Spalt (S) durch einen ringförmigen Rahmen (R) hermetisch oder akustisch abgedichtet ist.

7. Elektrisches Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei

- das Bauelement (EB) auf der Oberseite einer Montageplatte (MP) mit einem elektrischen Anschluss angeordnet ist und
- der externe elektrische Anschluss (EEA) mit dem elektrischen Anschluss der Montageplatte (MP) verschaltet ist.

8. Elektrisches Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei

- der MEMS-Chip (MC) einen Hohlraum (H), eine flexible Membran (M) im Hohlraum (H), eine rückseitige Platte (RP) im Hohlraum (H) und eine Öffnung (O) zum Hohlraum (H) umfasst,
- die flexible Membran (M) parallel zur rückseitigen Platte (RP) angeordnet ist und mit der rückseitigen Platte (RP) ein kapazitives Element (KE) bildet und
- der ASIC-Chip (AC) eine Schaltung zur Bestimmung der Kapazität des kapazitiven Elements (KE) umfasst.

9. Elektrisches Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

- bei dem der MEMS-Chip (MC) Bauelementstrukturen (BS) zur Bestimmung von Luftdruck, Feuchtigkeit oder Gaszusammensetzung aufweist und
- bei dem die Bauelementstrukturen (BS) in Kontakt mit der das Bauelement (BE) umgebenden Atmosphäre stehen.

10. Mikrofon nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei

- zwischen dem MEMS-Chip (MC) und dem ASIC-Chip (AC) ein Spalt (S) angeordnet ist,
- im Spalt (S) ein in lateraler Richtung das Innere des Bauelements akustisch abdichtender Rahmen (R) angeordnet ist,
- der MEMS-Chip (MC) eine rückseitige Platte (RP) und eine Membran (M) umfasst,
- im ASIC-Chip (AC) eine Schalleintrittsöffnung (O) angeordnet ist,
- der ASIC-Chip (AC) und der MEMS-Chip (MC) dieselben lateralen Abmessungen aufweisen,
- auf der dem MEMS-Chip (MC) abgewandten Seite des ASIC-Chips (AC) der externe elektrische Anschluss (EEA) angeordnet ist und
- der MEMS-Chip (MC), der ASIC-Chip (AC) und der Rahmen (R) in lateraler Richtung bündig abschließen.

11. Verfahren zur Herstellung eines elektrischen Bauelements (BE), umfassend die Schritte

- Bereitstellen eines ASIC-Chips (AC) mit einem elektrischen Kontakt (EK) und eines MEMS-Chips (MC) mit einem elektrischen Kontakt (EK),
- Herstellen einer Durchkontaktierung (DK) durch den MEMS-Chip (MC) oder durch den ASIC-Chip (AC),

- Anordnen des ASIC-Chips (AC) und des MEMS-Chips (MC) übereinander,
- Verbinden von ASIC-Chip (AC) und MEMS-Chip (MC),
- Verschalten der elektrischen Kontakte (EK) des ASIC-Chips (AC) und des MEMS-Chips (MC).

12. Verfahren zur Herstellung eines elektrischen Bauelements nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei der ASIC-Chip (AC) oder der MEMS-Chip (MC) in einem Mehrfachnutzen auf einem Wafer (W) zur Verfügung gestellt werden.

13. Verfahren zur Herstellung eines elektrischen Bauelements nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei der ASIC-Chip (AC) und der MEMS-Chip (MC) jeweils in Mehrfachnutzen auf je einem Wafer (W) zur Verfügung gestellt werden und die Wafer (W) so zusammengefügt werden, dass je ein ASIC-Chip (AC) mit je einem MEMS-Chip (MC) verbunden und verschaltet wird.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

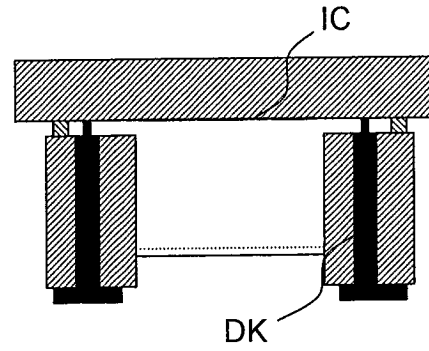
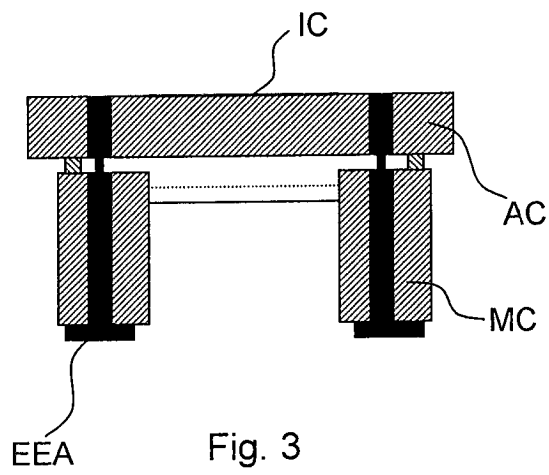
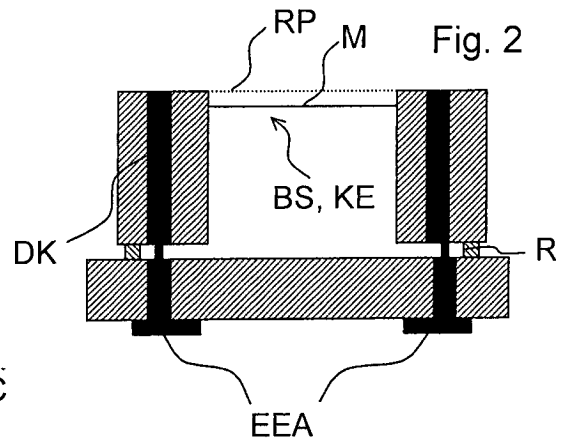
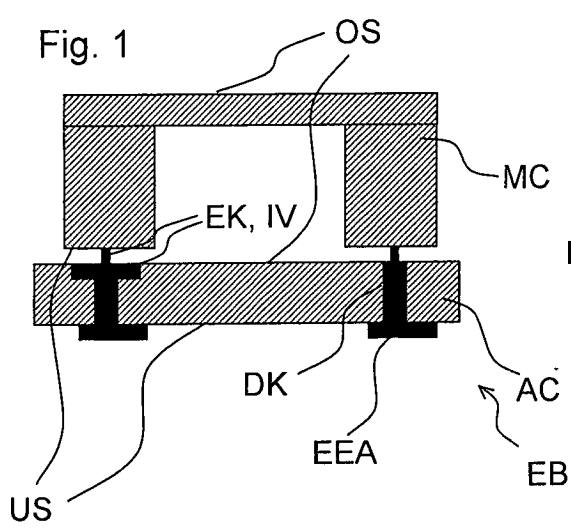


Fig. 3

Fig. 4

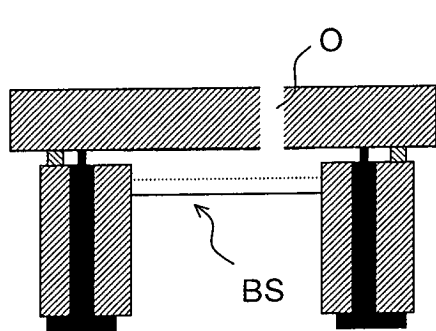


Fig. 5

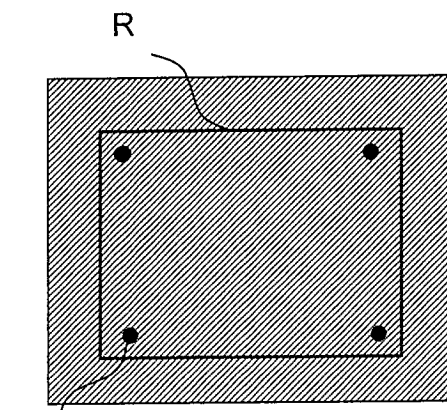


Fig. 6

Fig. 7

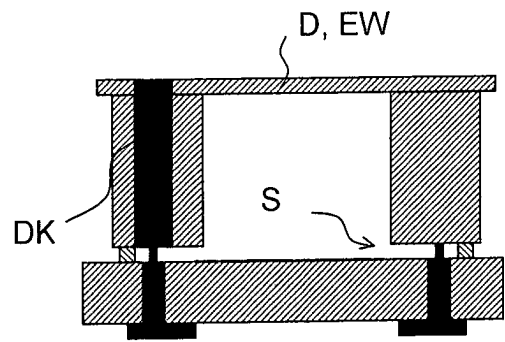
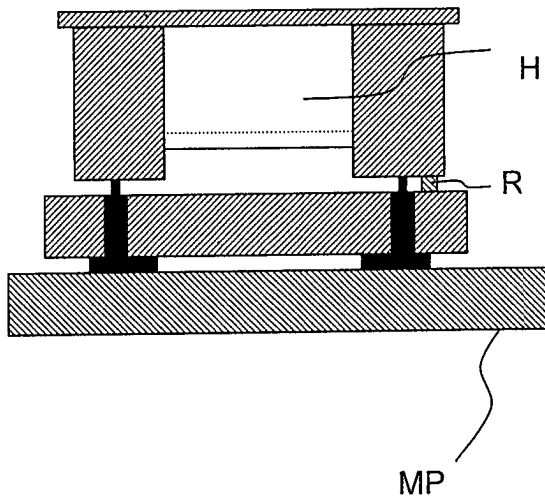


Fig. 8

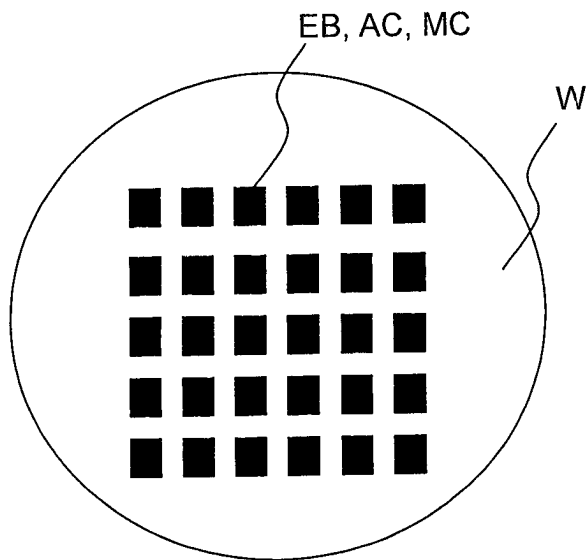


Fig. 9

FIG 10

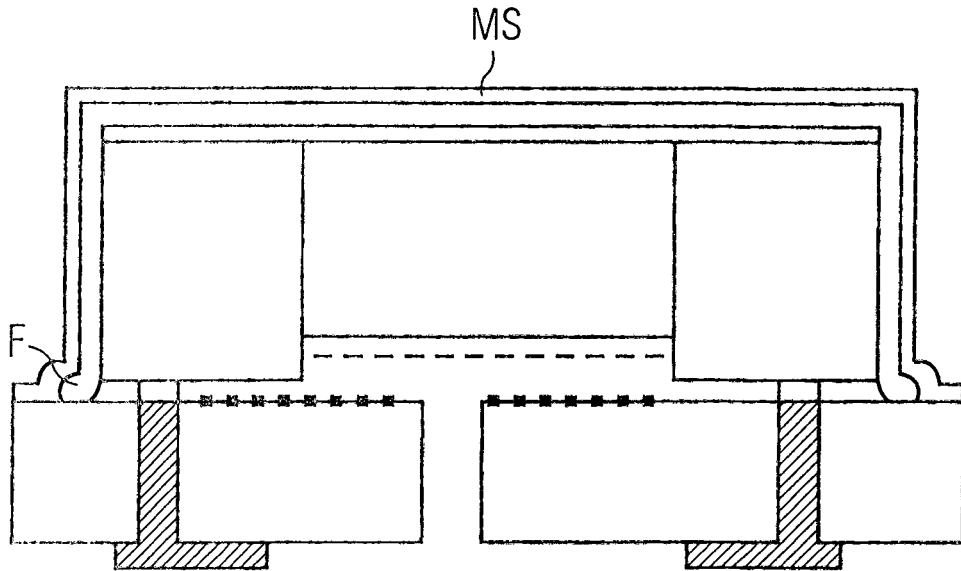


FIG 11

