



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2005 006 280 A1** 2006.08.24

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2005 006 280.6**

(22) Anmeldetag: **10.02.2005**

(43) Offenlegungstag: **24.08.2006**

(51) Int Cl.⁸: **H01L 23/50** (2006.01)

H01L 23/12 (2006.01)

H01L 23/08 (2006.01)

H01L 21/48 (2006.01)

(71) Anmelder:
Infineon Technologies AG, 81669 München, DE

(74) Vertreter:
Schweiger & Partner, 80333 München

(72) Erfinder:
Pohl, Jens, Dipl.-Ing., 93170 Bernhardswald, DE;
Beer, Gottfried, 93152 Nittendorf, DE

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

DE 103 20 646 A1

US2005/00 01 309 A1

US 60 93 584 A

US 60 13 948 A

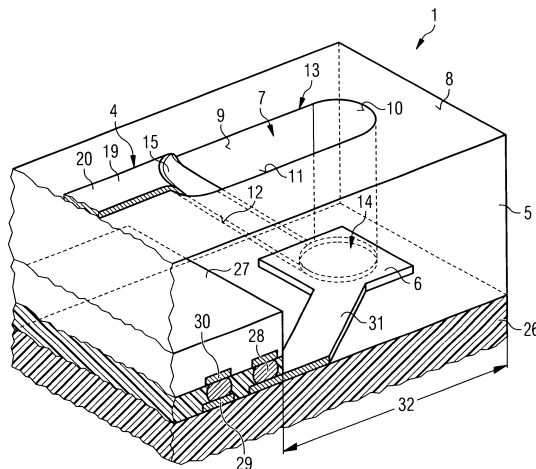
WO 96/13 062 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Halbleiterbauteil mit einem Druckkontakt durch eine Gehäusemasse und Verfahren zur Herstellung desselben**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Halbleiterbauteil (1) mit einem Durchkontakt (4) durch eine Gehäusemasse (5) sowie ein Verfahren zur Herstellung desselben. Dabei weist der Durchkontakt (4) in einem Kontaktloch (7) durch die Gehäusemasse (5) eine asymmetrische Trichterform auf mit drei nahezu senkrecht zur Gehäuseoberseite (8) ausgerichteten Innenwandseiten (9, 10 und 11) und einer derart geneigten vierten Innenwandseite (12), dass das Kontaktloch an der Gehäuseoberseite (8) einen Langlochquerschnitt (13) aufweist. Im Bereich der Kontaktanschlussfläche (6) weist das Kontaktloch einen an die Kontaktanschlussfläche (6) angepassten Querschnitt (14) auf. Dazu erstreckt sich eine kontaktgebende Leiterbahn (15), die den Durchkontakt (4) bildet, von der Gehäuseoberseite (8) entlang der geneigten vierten Innenwandseite (12) bis auf die Kontaktanschlussfläche (6).



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Halbleiterbauteil mit einem Durchkontakt durch eine Gehäusemasse des Halbleiterbauteils zu Kontaktanschlussflächen innerhalb des Halbleiterbauteils, wobei der Durchkontakt in einem Kontaktloch durch die Gehäusemasse angeordnet ist.

Stand der Technik

[0002] Aus der Patentanmeldung 10 2004 027 094.5 ist ein Kontaktloch bekannt, das in eine Gehäusemasse eingearbeitet ist, jedoch weist dieses Kontaktloch keinerlei Durchkontakt auf, sondern dient dazu, in einem Gehäuse einen Sensorbereich eines Halbleitersensorchips freizulegen, um nach dem Einbetten des Sensorchips in die Gehäusemasse die Sensorfunktion zu ermöglichen.

[0003] Darüber hinaus sind Techniken wie die Laserrablation bekannt, bei der Kontaktlöcher zu Kontaktflächen in eine Gehäusemasse eingebracht werden. Jedoch haben derartige Techniken den Nachteil, dass die Geometrie der auf diese Weise hergestellten Kontaktlöcher typischerweise zylindrisch oder konisch mit einem Durchmesser, der zur Oberseite des Gehäuses des Halbleiterbauteils hin zunimmt, ausgeführt sind.

[0004] Eine derartige Geometrie hat einen Einfluss auf die weiteren Fertigungsschritte. So tritt bei zylindrischen Kontaktlöchern das Problem auf, dass die steilen vertikalen Seitenwände nicht oder nur unzureichend mit einer Metallisierung versehen werden können, so dass vertikale Durchkontakte in der Größenordnung der zu kontaktierenden Kontaktanschlussflächen innerhalb der Gehäusemasse nicht sicher fertigungstechnisch realisiert werden können. Bei konischen oder trichterförmigen Löchern kann, je nach Ausbildung des Winkels der inneren Mantelflächen, eine verbesserte Metallisierung der Seitenwände erreicht werden, jedoch benötigen diese aufgrund der sich konisch öffnenden Durchgangsöffnungen auf der Oberseite des Halbleiterbauteils eine größere Fläche, so dass die Schrittweite der in der Gehäusemasse angeordneten Kontaktanschlussflächen nicht immer beibehalten werden kann.

Aufgabenstellung

[0005] Aufgabe der Erfindung ist es, ein Halbleiterbauteil anzugeben, das elektrisch leitende Verbindungen zwischen zwei Ebenen eines Halbleitergehäuses derart herstellt, dass die Oberseite des Halbleitergehäuses eine neue Kontaktebene aufweist, welche mit der unteren Kontaktebene innerhalb des Gehäuses, die Kontaktanschlussflächen eines Verdrahtungssubstrats aufweist, korrespondiert. Bei heutigen hoch integrierten Halbleiterschaltungen

liegt die dafür erforderliche Kontaktanzahl der mittels Durchkontakt zu verbindenden Ebenen bei typischerweise 60 bis 200 erforderlichen Durchkontakten.

[0006] Gelöst wird diese Aufgabe mit dem Gegenstand der unabhängigen Ansprüche. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

[0007] Erfindungsgemäß wird ein Halbleiterbauteil mit einem Durchkontakt durch eine Gehäusemasse des Halbleiterbauteils zu Kontaktanschlussflächen innerhalb des Halbleiterbauteils geschaffen. Der Durchkontakt ist dazu in einem Kontaktloch durch die Gehäusemasse des Halbleiterbauteils angeordnet. Dazu weist das Kontaktloch eine asymmetrische Trichterform auf mit mindestens zwei nahezu senkrecht zur Gehäuseoberseite ausgerichteten gegenüberliegenden Innenwandseiten und mindestens einer derart geneigten weiteren Innenwandseite, dass das Kontaktloch an der Gehäuseoberseite einen Langlochquerschnitt und im Bereich der Kontaktanschlussflächen einen der Kontaktanschlussfläche angepassten Querschnitt aufweist. Dabei erstreckt sich eine kontaktgebende Leiterbahn, die den Durchkontakt bildet, von der Gehäuseoberseite entlang der geneigten weiteren Innenwandseite bis auf die Kontaktanschlussfläche.

[0008] Ein derartiges Halbleiterbauteil hat den Vorteil, dass eine zuverlässige Verbindung über die kontaktgebende Leiterbahn von der Gehäuseoberseite zu der Kontaktanschlussfläche geschaffen wird, zumal wie oben erwähnt nur drei Innenwandseiten in etwa senkrecht ausgebildet sind und somit teilweise nicht beschichtet werden können, jedoch mindestens eine vierte Innenwandseite geneigt ausgebildet ist, auf der mit hoher Zuverlässigkeit ein Durchkontakt über eine Leiterbahn, die sich von der Oberseite bis zu den Kontaktanschlussflächen erstreckt, vorhanden ist.

[0009] Des weiteren hat das Halbleiterbauteil den Vorteil, dass die innerhalb des Gehäuses vorgesehene Schrittweite auch auf der Oberseite des Gehäuses beibehalten werden kann, da lediglich in einer Richtung, nämlich in der Längserstreckung des Langlochquerschnittes des Kontaktloches ein flächiger Mehrbedarf entsteht, jedoch nicht in der Schrittweite, da die drei übrigen Innenwandseiten senkrecht zur Gehäuseoberseite ausgeführt sind und somit der Schrittweite der Kontaktanschlussflächen innerhalb des Halbleiterbauteils ohne zusätzlichen Flächenbedarf angepasst werden können.

[0010] Vorzugsweise weist das Halbleiterbauteil auf seiner Oberseite eine Vielzahl mindestens in einer Reihe angeordneter Durchkontakte auf, die derart ausgerichtet sind, dass der Langlochquerschnitt quer oder schräg zur Ausrichtung der Reihe liegt. Diese

Ausführungsform der Erfindung hat den Vorteil, dass sich eine Vielzahl von innerhalb des Halbleiterbauteils in mindestens einer Reihe angeordneter Kontaktanschlussflächen auch auf der Oberseite des Halbleiterbauteils zur Verfügung stehen und über die entsprechende kontaktgebende Leiterbahn mit den Kontaktanschlussflächen innerhalb des Halbleiterbauteils kontaktiert werden können.

[0011] Sind mehrere Reihen ringförmig mit nebeneinander angeordneten Kontaktanschlussflächen in dem Halbleiterbauteil angeordnet, so kann diese Anordnung mit Hilfe der erfindungsgemäßen Durchkontakte auch auf der Oberseite beibehalten werden. Sind die Kontaktanschlussflächenreihen innerhalb des Gehäuses parallel zueinander angeordnet, so muss lediglich beachtet werden, dass der Abstand zwischen den Reihen groß genug ist, um auf der Oberseite des Halbleiterbauteils die Langlöcher so zu gestalten, dass sich die kontaktgebenden Leiterbahnen von der Oberseite des Halbleiterbauteils über die geneigte Innenwandseite des Kontaktloches zu den Kontaktanschlussflächen nicht auf der Oberseite des Halbleiterbauteils berühren.

[0012] In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weist die Leiterbahn mindestens zwei Metalllagen auf mit einer unteren ersten Lage aus einer wenige Nanometer dicken Keimschicht. Eine derartige wenige Nanometer dicke Keimschicht als erste Lage aufzubringen, hat den Vorteil, dass die gesamte Oberseite des Halbleiterbauteils metallisiert werden kann und somit sämtliche Kontaktlöcher mit einer Keimschicht versehen sein können, so dass sie elektrisch beispielsweise für eine elektrochemische Abscheidung zunächst gekoppelt sind und somit ein entsprechendes Potential für alle abzuscheidenden kontaktgebenden Leiterbahnen an die Keimschicht angelegt werden kann. Diese wenige Nanometer dicke Keimschicht hat darüber hinaus den Vorteil, bei geeigneter Wahl des abgeschiedenen Materials eine intensive Adhäsion oder Verzahnung mit der Gehäusemasse zu ermöglichen.

[0013] In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weist die Leiterbahn als eine zweite Metalllage eine mehrere hundert Nanometer dicke Leiterbahnschicht auf. Diese Leiterbahnschicht stellt die eigentliche niederohmige Verbindung zwischen der Oberseite des Halbleiterbauteils und den Kontaktanschlussflächen in dem Halbleiterbauteil zur Verfügung. Sie kann selektiv sowohl in einem Additiv- als auch in einem Subtraktiv-Verfahren aufgebracht werden, wozu entsprechende photolithographische Masken eingesetzt werden oder eine Strukturierung der kontaktgebenden Leiterbahnen mittels Druckstrahltechnik erreicht wird.

[0014] Schließlich ist es in einer weiteren Ausführungsform der Erfindung möglich, dass die Leiter-

bahn eine obere Metalllage aufweist, welche das gesamte Kontaktloch auffüllt. Um das gesamte Kontaktloch aufzufüllen, wird entweder eine chemische oder eine elektro-chemische Abscheidung eingesetzt oder wiederum durch gezielte Druckstrahltechniken, können die Kontaktlöcher mit ihrer Leiterbahnkeimschicht mit einem entsprechenden niedrigohmig leitenden Metall wie Kupfer oder einer Kupferlegierung aufgefüllt werden.

[0015] Vorzugsweise geht die Leiterbahn auf der Gehäuseoberseite in eine Leiterbahnfahne über, die eine Gehäuseaußenkontaktfläche bildet. Derartige Leiterbahnfahnen als Gehäuseaußenkontaktflächen sind dann von Vorteil, wenn das Halbleiterbauteil als Basisbauteil eines Stapels eingesetzt werden soll. Auch für Testzwecke ist es von Vorteil, auf der Gehäuseoberseite Gehäuseaußenkontaktflächen zur Verfügung zu haben, mit denen spezielle Kontaktanschlussflächen im Halbleiterbauteilgehäuse von außen für diese Testzwecke kontaktiert werden können.

[0016] In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung sind mehrere Leiterbahnfahnen der Durchkontakte derart positioniert, dass sie in Lage und Anordnung einer Lage und Anordnung von Außenkontakten eines zu stapelnden Halbleiterbauteils entsprechen. Dabei kann die Versetzung der Leiterbahnfahnen gegenüber den Kontaktanschlussflächen innerhalb des Halbleiterbauteils aufgrund der geneigten Leiterbahn und dem auf der Oberseite durch die asymmetrische Trichterform entstehenden Langloch dadurch begegnet werden, dass innerhalb des Halbleiterbauteils die Kontaktanschlussflächen eine Verdrahtungsstruktur aufweisen, deren Struktur diesen Versatz berücksichtigt.

[0017] Die Leiterbahnfahnen der Durchkontakte können auch derart positioniert sein, dass sie in Lage und Anordnung einer Lage und Anordnung von Außenkontakten auf der Unterseite des Halbleiterbauteils entsprechen. Auch hierbei wird auf der Schaltungsebene der Kontaktanschlussflächen innerhalb des Halbleiterbauteils eine Verdrahtungsstruktur dafür sorgen, dass der seitliche Versatz der Leiterbahnfahnen gegenüber den Kontaktanschlussflächen kompensiert wird, um eine exakte Ausrichtung zwischen den Außenkontakten auf der Unterseite des Halbleiterbauteils und den durch die Leiterbahnfahnen gebildeten Gehäuseaußenkontaktflächen auf der Oberseite des Halbleiterbauteils zu gewährleisten.

[0018] In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist es vorgesehen, dass die vierte Innenwandseite des Kontaktloches eine Stufenform aufweist. Eine derartige Stufenform kann einerseits die Fixierung der metallischen Leiterbahn bzw. der metallischen Keimschicht auf der Kunststoffgehäusemasse verbessern, weil die Haftfläche gegenüber einer glat-

ten geneigten vierten Seiteninnenwand vergrößert wird, andererseits kann es auch von verfahrenstechnischem Vorteil sein, dass die geneigte Innenwandseite eine Stufenform aufweist, zumal dieses ermöglicht, schichtweise das Kontaktloch fertigungstechnisch in die Gehäusemasse einzubringen.

[0019] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist die Gehäusemasse ein polymerer Kunststoff, vorzugsweise ein Epoxidharz. Bei derartigen Kunststoffgehäusemassen hat sich die Laserabstasttechnik, wie sie aus der Patentanmeldung DE 10 2004 027 094 bekannt ist, bewährt. Bei anderen Gehäusemassen bzw. aus Keramikmaterial, wobei das Keramikmaterial aus einer Aluminiumoxid basierenden Sinterkeramik bestehen kann, ist das Laserabtragsverfahren eines der wenigen Möglichkeiten, derart harte und spröde Materialien nach Fertigstellung des Gehäuses noch zu bearbeiten und entsprechende Kontaktlöcher einzubringen.

[0020] Vorzugsweise werden die erfindungsgemäßen Halbleiterbauteile als Basishalbleiterbauteile eines Halbleiterbauteilstapels eingesetzt. Insbesondere ist es dann von Vorteil, wenn die Leiterbahnen als Gehäuseaußenkontakte auf der Oberseite und die Außenkontakte auf der Unterseite in ihrer Anordnung und Lage völlig identisch sind. Andererseits ist es auch möglich, die Leiterbahnen als obere Gehäuseaußenkontakte derart zu gestalten, dass auf dem Halbleiterbauteil entsprechende diskrete Bauelemente mit oberflächenmontierbaren Elektroden angeordnet werden können.

[0021] Ein Verfahren zur Herstellung eines Halbleiterbauteils mit einem Durchkontakt durch eine Gehäusemasse des Halbleiterbauteils zu Kontaktanschlussflächen innerhalb des Halbleiterbauteils weist die nachfolgenden Verfahrensschritte auf.

[0022] Zunächst wird schichtweise oder kontinuierlich die Gehäusemasse abgetragen, wobei die Abtragsbreite pro Abtragschicht konstant bleibt und die Abtragslänge mit zunehmender Abtragstiefe schichtweise oder kontinuierlich verringert wird.

[0023] Für ein schichtweises Abtragen wird diese Abtragslänge in Intervallen verringert und für ein kontinuierliches Abtragen wird diese Abtragslänge kontinuierlich verkürzt. Diese Verkürzung der Abtragslänge wird so gestaltet, dass ein Kontaktloch mit einer asymmetrischen Trichterform gebildet wird, die drei nahezu senkrecht zur Gehäuseoberseite ausgerichtete Innenseiten und eine derart geneigte vierte Innenwandseite aufweist, dass das Kontaktloch an der Gehäuseoberseite einen Langlochquerschnitt bildet und im Bereich der Kontaktanschlussfläche der Größe der Kontaktanschlussfläche angepasst wird. Nachdem ein derartiges Kontaktloch durch die Gehäusemasse hindurch eingearbeitet ist, kann großflä-

chig eine wenige Nanometer dicke Keimschicht aus Metall auf der Oberseite des Halbleiterbauteils und insbesondere entlang der geneigten Innenwandseite des Kontaktloches abgeschieden werden. Anschließend wird diese Keimschicht selektiv zu einer Leiterbahn von der Gehäuseoberseite über die geneigte Innenwandseite bis zur Kontaktanschlussfläche im Innern des Halbleiterbauteils verstärkt.

[0024] Dieses Verfahren hat den Vorteil, dass nachträglich, das heißt nach Aufbringen der Gehäusemasse auf die Komponenten eines Halbleiterbauteils, eine Möglichkeit geschaffen wird, dass Zugänge zu den Kontaktanschlussflächen derart gebildet werden, dass raumsparend kontaktgebende Leiterbahnen an innere Kontaktanschlussflächen eines Halbleiterbauteils angeschlossen werden können. Dieses Verfahren hat darüber hinaus die Vorteile:

1. Eine platzsparende Ausführung zu liefern, das heißt, es können auf kleinerer Fläche als bisher mehr Kontaktlöcher untergebracht werden. Dies ist besonders von Vorteil bei Gehäusen für mobile Anwendungen, zum Beispiel bei Mobiltelefonen.
2. Durch die schlitzförmige Ausführung der asymmetrischen Trichterform bleiben zwischen den Kontaktlöchern Stege stehen, auf denen zusätzliche Leiterbahnen verlegt bzw. abgeschieden werden können, um beispielsweise eine zweite oder gar dritte Reihe von Durchkontakten in entsprechenden Kontaktlöchern zu kontaktieren.
3. Es wird mit diesem Verfahren eine Prozesssicherheit erreicht, die bisher lediglich bei elektrischen Durchkontakten durch ein Gehäuse mit entsprechenden symmetrischen Trichterformen der Kontaktlöcher und damit raumgreifenden Löchern möglich war.
4. Beim Einbringen der Gehäusekontaktlöcher muss weniger Gehäusemasse abgetragen werden, was kürzere Prozesszeiten und eine geringere thermische Belastung für das Gehäuse bedeutet. Somit können mit diesem Herstellungsverfahren 3D-Kontakte über die geneigte vierte Innenwandseite für Halbleiterbauteile zur Verfügung gestellt werden. Somit kann eine hohe Anzahl an Gehäuseaußenkontaktflächen auf der Oberseite des Halbleiterchips platzsparend realisiert werden.

[0025] In einem bevorzugten Durchführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die Abtragsbreite für das Kontaktloch der Breite der Kontaktanschlussfläche angepasst. Das muss nicht bedeuten, dass eine quadratische Kontaktanschlussfläche nun vollständig durch das Kontaktloch freigelegt wird, sondern es reicht, wenn beispielsweise eine kreisförmige Kontaktierung der Kontaktanschlussfläche durch das Kontaktloch über den dann zu schaffenden Durchkontakt möglich wird. Auch ist es von Vorteil, wenn die Ränder der Kontaktanschlussfläche beim Einbringen des Kontaktloches nicht vollständig frei-

gelegt werden, sondern in der schützenden Gehäusemasse verbleiben.

[0026] Weiterhin wird ein Verfahren bevorzugt, bei dem die Abtragslänge für das Kontaktloch quer zu der Ausrichtung einer Durchkontaktreihe auf der Gehäuseoberseite eingebracht wird. Bei dieser Durchführung des Verfahrens werden die positiven Aspekte, welche die erfindungsgemäße Gestaltung des Kontaktloches bietet, voll ausgeschöpft, weil damit eine gleich große minimierte Schrittweite, die durch die Kontaktanschlussflächen im Inneren des Halbleiterbauteils vorgegeben ist, auch für die Gehäuseaußenanschlüsse auf der Oberseite des Halbleiterbauteils bestehen bleiben kann.

[0027] Bevorzugte Verfahren zum Herstellen der asymmetrischen Trichterform als Kontaktloch sind ein Laserabtragsverfahren oder ein Plasmaätzverfahren oder ein gerichtetes Plasmastrahlverfahren. Die gerichteten Verfahren haben den Vorteil, dass der Plasmaätzstrahl oder der Laserstrahl gescannt werden können, um für das Kontaktloch mit symmetrischer Trichterform die Langlochgeometrie auf der Oberseite des Halbleiterbauteils einzubringen. In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird vorzugsweise zunächst ein vertikales Kontaktloch mittels eines vertikalen Abtragsstrahls eingebracht, und dann wird die geneigte Innenwandseite mittels eines geneigten Abtragsstrahls abgeschragt. Dazu können entweder zwei Strahlgeräte aus unterschiedlichen Winkeln das Kontaktloch herstellen, oder eine einzelne Strahlquelle wird um den Neigungsmittel der vierten geneigten Innenwandseite geschwenkt. Bei der letzten Verfahrensvariante kann ein Schwenken des Halbleiterbauteils oder ein Schwenken einer Strahlquelle oder ein Einsatz von zwei Strahlquellen mit unterschiedlichen Abtragswinkeln vorgesehen werden, um kontinuierlich den Langlochquerschnitt zu vermindern, während beim Scannen eine stufenförmige Einbringung der geneigten Innenwandseite mittels Abtragsstrahl entsteht, indem in Längsrichtung schichtweise zur Tiefe hin eine kürzere Abtragslänge gescannt wird.

Ausführungsbeispiel

[0028] Die Erfindung wird nun anhand der beigefügten Figuren näher erläutert.

[0029] [Fig. 1](#) zeigt eine schematische perspektivische Teilansicht eines Halbleiterbauteils einer ersten Ausführungsform der Erfindung;

[0030] [Fig. 2](#) bis [Fig. 7](#) zeigen Prinzipskizzen zu einzelnen Herstellungsschritten eines Verfahrens zur Herstellung des Halbleiterbauteils gemäß [Fig. 1](#);

[0031] [Fig. 2](#) zeigt einen schematischen Querschnitt eines Teilbereichs des Halbleiterbauteils nach

[Fig. 1](#) in der Umgebung einer Kontaktanschlussfläche;

[0032] [Fig. 3](#) zeigt einen schematischen Querschnitt des Teilbereichs der [Fig. 3](#) nach Einbringen eines Kontaktloches;

[0033] [Fig. 4](#) zeigt eine schematische perspektivische Ansicht des Teilbereichs der [Fig. 3](#);

[0034] [Fig. 5](#) zeigt einen schematischen Querschnitt durch ein Kontaktloch mit stufenförmiger Ausbildung einer geneigten vierten Innenwandseite des Kontaktloches;

[0035] [Fig. 6](#) zeigt einen schematischen Querschnitt des Teilbereichs der [Fig. 3](#) nach Aufbringen einer Keimschicht im Bereich des Kontaktloches;

[0036] [Fig. 7](#) zeigt einen schematischen Querschnitt des Teilbereichs der [Fig. 6](#) nach Verstärken der Keimschicht durch eine strukturierte Leiterbahnschicht und Rückätzung bzw. Strip der Keimschicht;

[0037] [Fig. 8](#) zeigt eine schematische Draufsicht auf einen Ausschnitt einer Kontaktlochreihe auf der Oberseite eines Halbleiterbauteils;

[0038] [Fig. 9](#) zeigt einen schematischen Querschnitt durch die Kontaktlochreihe entlang der Schnittebene B-B der [Fig. 8](#);

[0039] [Fig. 10](#) zeigt einen schematischen Querschnitt durch die Kontaktlochreihe entlang der Schnittebene A-A der [Fig. 8](#);

[0040] [Fig. 11](#) zeigt einen schematischen Querschnitt durch ein Halbleiterbasisbauteil gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung;

[0041] [Fig. 12](#) zeigt einen schematischen Querschnitt durch einen Halbleiterbauteilstapel gemäß einer dritten Ausführungsform der Erfindung.

[0042] [Fig. 1](#) zeigt eine schematische perspektivische Teilansicht eines Halbleiterbauteils **1** einer ersten Ausführungsform der Erfindung. Das Halbleiterbauteil **1** weist einen Halbleiterchip **27** auf, der über Kontaktflächen **30** und Flipchip-Kontakte **28** mit Flipchip-Kontaktanschlussflächen **29** auf einem Verdrahtungssubstrat **26** angeordnet ist. Das Verdrahtungssubstrat **26** weist eine Verdrahtungsstruktur **31** auf, welche die Flipchip-Kontaktanschlussflächen **29** mit entsprechenden Kontaktanschlussflächen **6** im Randbereich **32** des Verdrahtungssubstrats **26** verbindet. Der Halbleiterchip **27**, die Verdrahtungsstruktur **31** und die Kontaktanschlussfläche **6** sind in eine Gehäusemasse **5** eingebettet.

[0043] Diese Gehäusemasse **5** ist in dieser Darstel-

lung transparent dargestellt, um die Erfindung besser zu verdeutlichen. Eine derartige Gehäusemasse **5** weist häufig eine undurchsichtige polymere Kunststoffmasse, die typischerweise mit SiO_2 -Füllstoff gefüllt ist, oder eine undurchsichtige Keramikmasse auf Aluminiumdioxidbasis auf. Von der Gehäuseoberseite **8** aus ist in die Gehäusemasse **5** ein Kontaktloch **7** eingebracht, das drei Innenwandseiten **9**, **10** und **11** aufweist, die nahezu senkrecht zu der Gehäuseoberseite **8** in die Gehäusemasse **5** eingebracht sind und die bis zu der Oberseite der Kontaktanschlussfläche **6** reichen. Eine vierte Innenwandseite **12** des Kontaktloches **7** ist zur Oberseite **8** hin geneigt und führt schräg auf die Kontaktanschlussfläche **6** zu. Diese geneigte Innenwandoberseite **12** trägt einen Durchkontakt **4** in Form einer Leiterbahn **15**, die von der Oberseite **8** bis auf die Kontaktanschlussfläche **6** reicht. Auf der Oberseite **8** bildet die Leiterbahn **15** eine Leiterbahnfahne **19** aus, die als Gehäuseaußenkontaktfläche **20** auf der Oberseite **8** dient.

[0044] In **Fig. 1** nicht gezeigte untere Außenkontakte eines derartigen Halbleiterbauteils **1** können auf der Unterseite des Verdrahtungssubstrats **26** gegenwärtig in einer Anzahl zwischen 60 und 1000 Außenkontakten angeordnet sein. Jeder einzelne dieser nicht gezeigten Außenkontakte steht über nicht gezeigte Durchkontakte in dem Verdrahtungssubstrat **26** und über die Verdrahtungsstruktur **31** mit den Kontaktanschlussflächen **6** in Verbindung. Die Durchgangsöffnung **7** weist auf der Oberseite **8** des Halbleiterbauteils **1** einen Langlochquerschnitt **13** und im Bereich der Kontaktanschlussfläche **6** im Inneren des Halbleiterbauteils **1** einen Querschnitt **14** auf, der am Boden des Kontaktloches **7** in seiner flächigen Erstreckung an die Kontaktanschlussfläche **6** angepasst ist. In diesem Zusammenhang wird unter "angepasst" verstanden, dass der Querschnitt **14** am Boden des Kontaktloches in flächiger Erstreckung kleiner oder gleich der Fläche der Kontaktanschlussfläche ist, so dass die Ränder der Kontaktanschlussfläche **6** in die Gehäusemasse **5** des Halbleiterbauteils **1** eingebettet bleiben.

[0045] Die **Fig. 2** bis **Fig. 7** zeigen Prinzipskizzen zu einzelnen Herstellungsschritten eines Verfahrens zur Herstellung des Halbleiterbauteils **1** gemäß **Fig. 1**. Komponenten mit gleichen Funktionen wie in **Fig. 1** werden in den **Fig. 2** bis **Fig. 7** mit gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet und nicht extra erörtert.

[0046] **Fig. 2** zeigt einen schematischen Querschnitt eines Teilbereichs des Halbleiterbauteils **1** nach **Fig. 1** in der Umgebung einer Kontaktanschlussfläche **6**. Über der Kontaktanschlussfläche **6** erstreckt sich die Gehäusemasse **5** und bildet mit ihrer Oberseite **8** gleichzeitig die Oberseite des Halbleiterbauteils **1**. Auf dem Verdrahtungssubstrat **26** ist zusätzlich eine Dielektrikumsschicht **33** angeordnet, wobei die Kontaktanschlussfläche **6** auf ihrer Ober-

seite teilweise von der Haftvermittlungsschicht **33** freigehalten ist.

[0047] **Fig. 3** zeigt einen schematischen Querschnitt des Teilbereichs der **Fig. 2** nach Einbringen eines Kontaktloches **7**. Das Kontaktloch **7** weist an der Oberseite **8** einen Langlochquerschnitt **13** auf. Der Querschnitt **14** des Kontaktloches **7** ist im Bodenbereich an die von der Haftvermittlungsschicht **33** freigehaltene Oberseite der Kontaktanschlussfläche **6** angepasst. Während die eine Innenwandseite **10** des Kontaktloches **7** nahezu rechtwinklig zur Oberseite **8** des Halbleiterbauteils **1** in die Gehäusemasse **5** eingebracht ist, ist die Innenwandseite **12** geneigt zur Oberseite **8** angeordnet, so dass an der Oberseite **8** ein Langlochquerschnitt **13** entsteht und der Querschnitt **14** am Boden des Kontaktloches **7** in etwa kreisförmig ist.

[0048] **Fig. 4** zeigt eine schematische perspektivische Ansicht des Teilbereichs der **Fig. 3**. Die Gehäusemasse **5** ist wiederum transparent dargestellt, um das entstandene Kontaktloch **7** und eine Geometrie in der Gehäusemasse **5** sichtbar zu machen. An der Oberseite **8** ist einerseits der Langlochquerschnitt **13** mit einer Länge l zu sehen, der bei dem Einbringen des Kontaktloches entstanden ist. Im Bodenbereich ist der Querschnitt **14** des Kontaktloches kreisförmig mit einem Durchmesser, welcher der Breite b des Langlochquerschnittes **13** entspricht, und an die flächige Erstreckung der Kontaktanschlussfläche **6** des Halbleiterbauteils **1** angepasst ist. Während drei Innenwandseiten **9**, **10** und **11** nahezu senkrecht zur Oberseite **8** in die Gehäusemasse **5** eingebracht sind, verläuft die Innenwandweite **12** unter einem Neigungswinkel in Richtung auf den Bodenbereich des Kontaktloches **7** zu.

[0049] **Fig. 5** zeigt einen schematischen Querschnitt durch ein Kontaktloch **7** mit stufenförmiger Ausbildung der geneigten vierten Innenwandseite **12** des Kontaktloches **7**. Eine derartige Stufenform **25** für die geneigte vierte Innenseitenwand **12** entsteht durch schichtweises Abtragen der Gehäusemasse **5**, wobei bei dieser Durchführungsform des Verfahrens ein Laserabtragsverfahren eingesetzt wurde, bei dem die Breite des Abtrags an der Oberseite **8** der Breite der Kontaktanschlussfläche **6** angepasst ist, während die Länge l pro Abtragschicht mit zunehmender Tiefe t verringert wird. Dabei verläuft die Stufenform zu einer nahezu schrägen bzw. geneigten Rampe. Die Vorteile dieser Ausführungsform der Erfindung wurden oben näher erläutert und sollen an dieser Stelle nicht wiederholt werden. Als ein schichtweises Abtragen der Abtragungsschichten **33** bis **40** kann jedes Strahlabtragsverfahren eingesetzt werden, wie eine Laserstrahlabtragtechnik oder eine Plasmastrahlabtragtechnik oder auch eine Elektronenstrahl-Abtragtechnik. Auch Ätztechniken sind denkbar, die jedoch den Nachteil haben, dass bei je-

dem Zwischenschritt eine neue Photolackmaske aufzubringen ist, um die allmähliche Verkürzung der Länge l mit zunehmender Tiefe t , wie sie [Fig. 5](#) zeigt, zu realisieren.

[0050] [Fig. 6](#) zeigt einen schematischen Querschnitt des Teilbereichs der [Fig. 3](#) nach Aufbringen einer Keimschicht **17** im Bereich des Kontaktloches **7**. Dabei kann, wie hier [Fig. 6](#) zeigt, die gesamte Halbleiterbauteiloberseite **8** mit einer dünnen, wenige Nanometer dicken Keimschicht versehen werden, die mittels Sputtertechnik, physikalischer Gasphasenabscheidung oder chemischer Gasphasenabscheidung aufgebracht werden kann. Dabei werden die senkrecht zur Oberseite **8** angeordnete Innenwandseite **10** und auch die hier nicht gezeigten Innenwandseiten **9** und **11** geringfügig bis gar nicht mit einer Keimschicht versehen, insbesondere, wenn eine Sputtertechnik oder Aufdampftechnik eingesetzt wird, bei der Metallatome vorzugsweise geradlinig auf die zu beschichtenden Oberseiten auftreffen. Jedoch entsteht dabei eine Keimschicht, an die beispielsweise ein elektrisches Potential gelegt werden kann, um anschließend die Keimschicht durch eine elektrochemische Abscheidung zu verstärken.

[0051] [Fig. 7](#) zeigt einen schematischen Querschnitt durch den Teilbereich der [Fig. 6](#) nach Verstärken der Keimschicht **17** durch eine strukturierte Leiterbahnschicht **18** und Rückätzung der Keimschicht. Die Strukturierung kann mit additiven oder subtraktiven Auftragstechniken erreicht werden, wobei beim Strukturieren die Leiterbahnschicht auf eine Leiterbahnfahne **19** auf der Oberseite des Halbleiterbauteils **8** und auf eine Leiterbahnschicht entlang der Innenwandseite sowie auf eine Verstärkung am Boden des Kontaktloches **7** begrenzt wird.

[0052] [Fig. 8](#) zeigt eine schematische Draufsicht auf einen Ausschnitt einer Kontaktlochreihe **16** auf der Oberseite **8** eines Halbleiterbasisbauteils **2**. Dabei sind die Kontaktflächen **6** in einer Linie **41** ausgerichtet und die Kontaktlöcher **7** sind mit ihrer Länge l senkrecht zu dieser Linie **41** angeordnet. Andere Anordnungen, z.B. zweiseitig versetzt oder in kleineren Gruppen angeordnet, sind auch möglich. Dadurch wird es möglich, dass eine hohe Anzahl von Durchgangsöffnungen **7** in einer Reihe **16** angeordnet werden können und zusätzlich zwischen den Kontaktlöchern **7** Stege aus Gehäusemasse **5** verbleiben, auf denen Oberseitenleiterbahnen geführt werden können. Beim Einbringen der Langlochreihe kann entweder das Halbleiterbauteil um die Linie **41** geschwenkt werden, um die geneigte Innenwandseite **12** einzubringen, oder entsprechend ein Abtragsstrahl um den Neigungswinkel geschwenkt werden. Andererseits ist es auch möglich, wie oben bereits geschildert, in Abtragsstufen unter Verminderung der Länge l mit zunehmender Tiefe t des Langloches **7** die geneigte Innenwandseite **12** zu verwirklichen.

[0053] [Fig. 9](#) zeigt einen schematischen Querschnitt durch die Kontaktlochreihe **16** entlang der Schnittebene B-B der [Fig. 8](#). In dieser Ansicht sind die Innenwandseiten **9** und **11** zu sehen, die nahezu senkrecht zur Oberseite **8** in die Gehäusemasse **5** eingebracht sind und bis zu der Kontaktanschlussfläche **6** auf dem Verdrahtungssubstrat **26** reichen.

[0054] [Fig. 10](#) zeigt einen schematischen Querschnitt durch die Kontaktlochreihe **16** entlang der Schnittebene A-A der [Fig. 8](#). Dieser schematische Querschnitt der [Fig. 10](#) entspricht dem schematischen Querschnitt der [Fig. 3](#) im Rahmen der Erörterung des Herstellungsverfahrens, so dass nicht noch einmal detailliert auf die einzelnen Bezugszeichen und die einzelnen Merkmale dieses Kontaktloches **7** eingegangen wird.

[0055] [Fig. 11](#) zeigt einen schematischen Querschnitt durch ein Halbleiterbasisbauteil **2** gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung. Bei diesem Halbleiterbasisbauteil **2** wurde die Technik und das Design, das in [Fig. 8](#) bis [Fig. 10](#) gezeigt wird, eingesetzt, um sowohl auf der Unterseite **24** des Halbleiterbasisbauteils **2** als auch auf der Oberseite **8** des Halbleiterbasisbauteils **2** eine gleiche Anordnung und Größe der Außenkontaktflächen **43** bzw. **20** zu realisieren, indem Durchkontakte **4** durch die Gehäusemasse **5** in asymmetrischer Trichterform, wie oben im Detail erörtert, geschaffen werden. Im Prinzip ist jedoch die Anordnung der Gehäuseaußenkontakte **20** auf der Oberseite **8** des Halbleiterbauteils unabhängig von der Anordnung der Außenkontakte **23** auf der Unterseite **24** des Halbleiterbauteils. Der Halbleiterchip **27** ist bei diesem Basisbauteil mit Flip-chip-Kontakten **28** auf einem Verdrahtungssubstrat **26**, das gleichzeitig die Außenkontakte **23** trägt, angeordnet.

[0056] [Fig. 12](#) zeigt einen schematischen Querschnitt durch einen Halbleiterbauteilstapel **3** gemäß einer dritten Ausführungsform der Erfindung. Der Halbleiterbauteilstapel **3** ist hier beispielsweise aus drei identischen Halbleiterbasisbauteilen **2** aufeinandergefügt. Jedoch gilt auch hier, dass die Oberseite **42** des Halbleiterbauteilstapels bzw. die Oberseite **8** des obersten Halbleiterbauteils **2** beliebig angeordnete Außenkontaktflächen **20** aufweisen kann. Die gestapelten Halbleiterbauteile **22** weisen auf ihren Unterseiten Außenkontakte **21** auf, die in Größe und Anordnung der Größe und Anordnung der Gehäuseaußenkontakte **20** der darunter im Halbleiterbauteilstapel **3** angeordneten Halbleiterbauteile entsprechen. Ebenso ist es möglich, dass das unterste Halbleiterbauteil dieses Bauteilstapels **3**, das Halbleiterbasisbauteil **2** genannt wird, eine unabhängig angeordnete Anzahl von Außenkontakten **23** auf der Unterseite **24** aufweist. Demnach kann mit der erfindungsgemäßen Ausführungsform von Durchkontakten **4** eine große Bandbreite von Anwendungen ab-

gedeckt werden.

Bezugszeichenliste

1	Halbleiterbauteil
2	Halbleiterbasisbauteil
3	Halbleiterstapel
4	Durchkontakt
5	Gehäusemasse
6	Kontaktanschlussfläche
7	Kontaktloch
8	Oberseite des Gehäuses bzw. des Halbleiterbauteils
9	erste Innenwandseite
10	zweite Innenwandseite
11	dritte Innenwandseite
12	vierte Innenwandseite
13	Langlochquerschnitt
14	Querschnitt am Boden des Kontaktloches
15	Leiterbahn
16	Reihe bzw. Kontaktlochreihe
17	erste Metalllage bzw. Keimschicht
18	zweite Metalllage bzw. Leiterbahnschicht
19	Leiterbahnfahne
20	Gehäuseaußenkontaktfläche
21	Außenkontakt des zu stapelnden Halbleiterbauteils
22	zu stapelndes Halbleiterbauteil
23	Außenkontakt auf der Unterseite
24	Unterseite des Halbleiterbauteils
25	Stufenform
26	Verdrahtungssubstrat
27	Halbleiterchip
28	Flipchip-Kontakt
29	Flipchip-Kontaktanschlussfläche
30	Kontaktfläche des Halbleiterchips
31	Verdrahtungsstruktur
32	Randbereich
33	Dielektrikum
34–40	Abtragsschicht
41	Linie
42	Oberseite des Halbleiterbauteils
43	Außenkontaktfläche auf der Unterseite
b	Abtragsbreite
l	Abtragslänge
t	Abtragstiefe

Patentansprüche

1. Halbleiterbauteil mit einem Durchkontakt (4) durch eine Gehäusemasse (5) des Halbleiterbauteils (1) zu Kontaktanschlussflächen (6) innerhalb des Halbleiterbauteils (1), wobei der Durchkontakt (4) in einem Kontaktloch (7) durch die Gehäusemasse (5) angeordnet ist, und wobei das Kontaktloch (7) eine asymmetrische Trichterform aufweist mit mindestens zwei nahezu senkrecht zur Gehäuseoberseite (8) ausgerichteten gegenüberliegenden Innenwandseiten (9, 11) und mindestens einer derart geneigten weiteren Innenwandseite (12), dass das Kontaktloch

(7) an der Gehäuseoberseite (8) einen Langlochquerschnitt (13) und im Bereich der Kontaktanschlussfläche (6) einen der Kontaktanschlussfläche (6) angepassten Querschnitt (14) aufweist, und wobei sich eine kontaktgebende Leiterbahn (15), die den Durchkontakt (4) bildet, von der Gehäuseoberseite (8) entlang der geneigten weiteren Innenwandseite (12) bis auf die Kontaktanschlussfläche (6) erstreckt.

2. Halbleiterbauteil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Halbleiterbauteil (1) auf seiner Oberseite (8) eine Vielzahl in mindestens einer Reihe (16) angeordneter Durchkontakte (4) aufweist, die derart ausgerichtet sind, dass der Langlochquerschnitt (13) quer zur Ausrichtung der Reihe (16) liegt.

3. Halbleiterbauteil nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Leiterbahn (15) mindestens zwei Metalllagen (17, 18) aufweist mit einer unteren ersten Lage aus einer wenige Nanometer dicken Keimschicht (17).

4. Halbleiterbauteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Leiterbahn (15) eine zweite Metalllage (18) aus einer mehrere 100 Nanometer dicken Leiterbahnschicht aufweist.

5. Halbleiterbauteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Leiterbahn (15) eine obere Metalllage (18) aufweist, welche das gesamte Kontaktloch (7) auffüllt.

6. Halbleiterbauteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Leiterbahn (15) auf der Gehäuseoberseite (8) in eine Leiterbahnfahne (19) übergeht, die eine obere Gehäuseaußenkontaktfläche (20) bildet.

7. Halbleiterbauteil nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Leiterbahnfahnen (19) der Durchkontakte (4) derart positioniert sind, dass sie in Lage und Anordnung einer Lage und Anordnung von Außenkontakten (21) eines zu stapelnden Halbleiterbauteils (22) entsprechen.

8. Halbleiterbauteil nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Leiterbahnfahnen (19) der Durchkontakte (4) derart positioniert sind, dass sie in Lage und Anordnung einer Lage und Anordnung von Außenkontakten (23) auf der Unterseite (24) des Halbleiterbauteils (2) entsprechen.

9. Halbleiterbauteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die geneigte vierte Innenwandseite (12) des Kontaktloches (7) eine Stufenform (25) aufweist.

10. Halbleiterbauteil nach einem der vorherge-

henden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Gehäusemasse (5) einen polymeren Kunststoff, vorzugsweise ein Epoxydharz, aufweist.

11. Halbleiterbauteil nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Gehäusemasse (5) ein Keramikmaterial, vorzugsweise eine auf Aluminiumoxid basierende Sinterkeramik, aufweist.

12. Verwendung des Halbleiterbauteils (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche als Basishalbleiterbauteil (2) eines Halbleiterbauteilstapels (3).

13. Verfahren zur Herstellung eines Halbleiterbauteils (1) mit einem Durchkontakt (4) durch eine Gehäusemasse (5) des Halbleiterbauteils (1) zu Kontaktanschlussflächen (6) innerhalb des Halbleiterbauteils (1), wobei das Verfahren folgende Verfahrensschritte aufweist:

- schichtweises Abtragen der Gehäusemasse (5), wobei die Abtragsbreite (b) pro Abtragschicht nahezu konstant bleibt und die Abtragslänge (l) mit zunehmender Abtragstiefe (t) verringert wird, so dass ein Kontaktloch (7) mit einer asymmetrischen Trichterform gebildet wird mit mindestens zwei nahezu senkrecht zur Gehäuseoberseite ausgerichteten gegenüberliegenden Innenwandseiten (9, 11) und mindestens einer derart geneigten weiteren Innenwandseite (12), dass das Kontaktloch (7) an der Gehäuseoberseite (8) einen Langlochquerschnitt (13) bildet und im Bereich der Kontaktanschlussfläche (6) der Größe und/oder Form der Kontaktanschlussfläche (6) angepasst wird;
- Aufbringen einer wenige Nanometer dicken Keimschicht (17) aus Metall entlang der geneigten Innenwandseite (12) des Kontaktloches (7),
- selektives Verstärken der Keimschicht (17) zu einer Leiterbahn (15) von der Gehäuseoberseite (8) über die geneigte Innenwandseite (12) bis auf die Kontaktanschlussfläche (6).

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Abtragsbreite (b) für das Kontaktloch (7) der Breite (b) der Kontaktanschlussfläche (6) angepasst wird.

15. Verfahren nach Anspruch 13 oder Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Abtragslänge (l) für das Kontaktloch (7) quer oder schräg zu der Ausrichtung einer Durchkontaktreihe (16) auf der Gehäuseoberseite (8) eingebracht wird.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass zum Abtragen der Gehäusemasse (5) für das Kontaktloch (7) ein Laserabtragsverfahren eingesetzt wird.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis

15, dadurch gekennzeichnet, dass zum Abtragen der Gehäusemasse (5) für das Kontaktloch (7) ein Plasmaätzverfahren eingesetzt wird.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass zum Abtragen der Gehäusemasse (5) für das Kontaktloch (7) ein gerichteter Plasmaätzstrahl eingesetzt wird.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass bei einem Abtragen mittels eines gerichteten Plasmaätzstrahls oder eines Laserstrahls das Halbleiterbauteil (1) um eine Schwenkachse entlang der Ausrichtung einer Reihe (16) von zu ätzenden Kontaktlöchern (7) geschwenkt wird.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass zunächst ein vertikales Kontaktloch (7) mittels eines vertikalen Abtragsstrahls eingebracht wird und die geneigte Innenwandseite (12) mittels eines geneigten Abtragsstrahls abgeschrägt wird.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

FIG 1

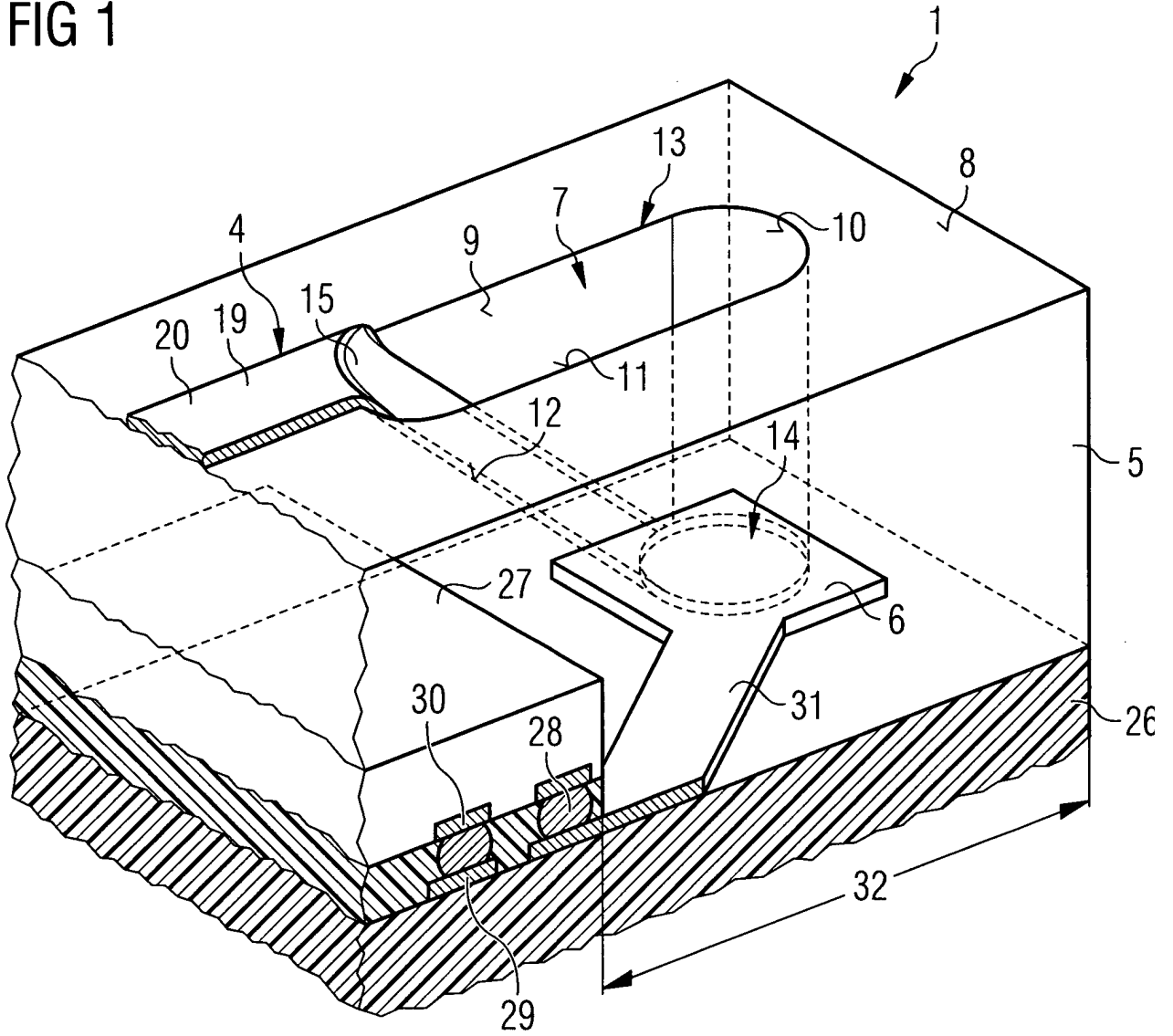


FIG 2

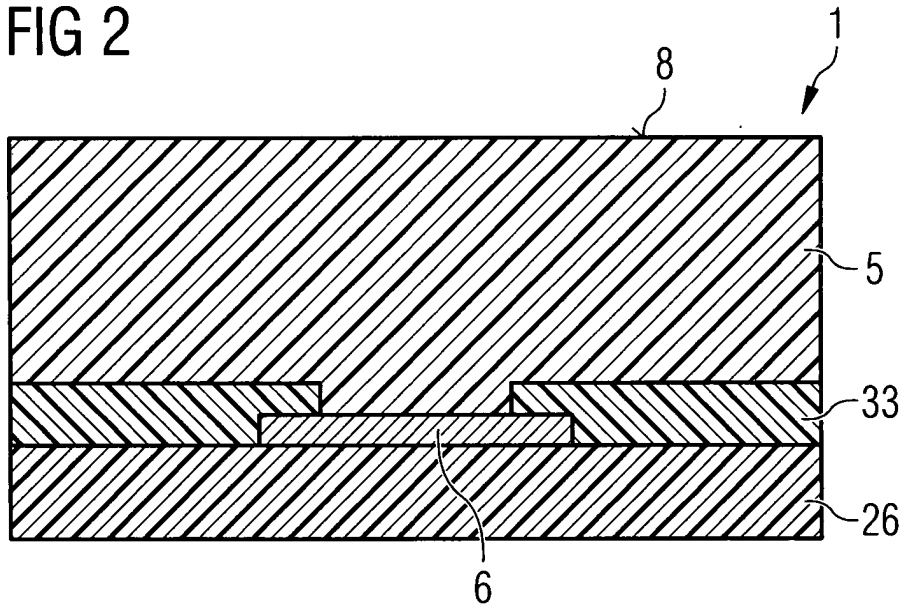


FIG 3

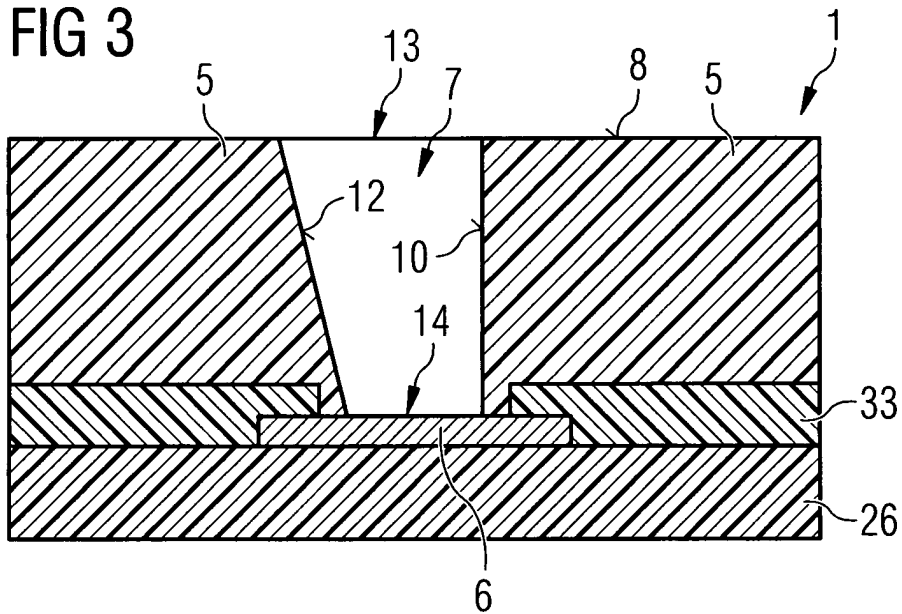


FIG 4

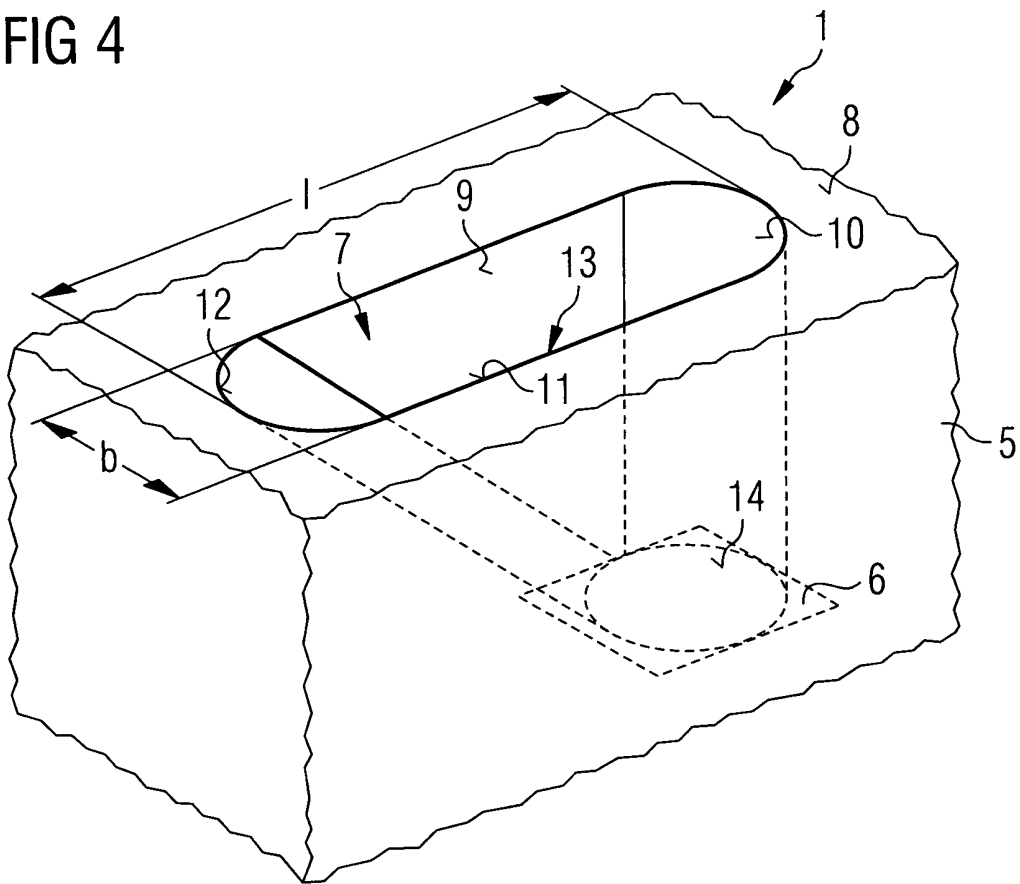


FIG 5

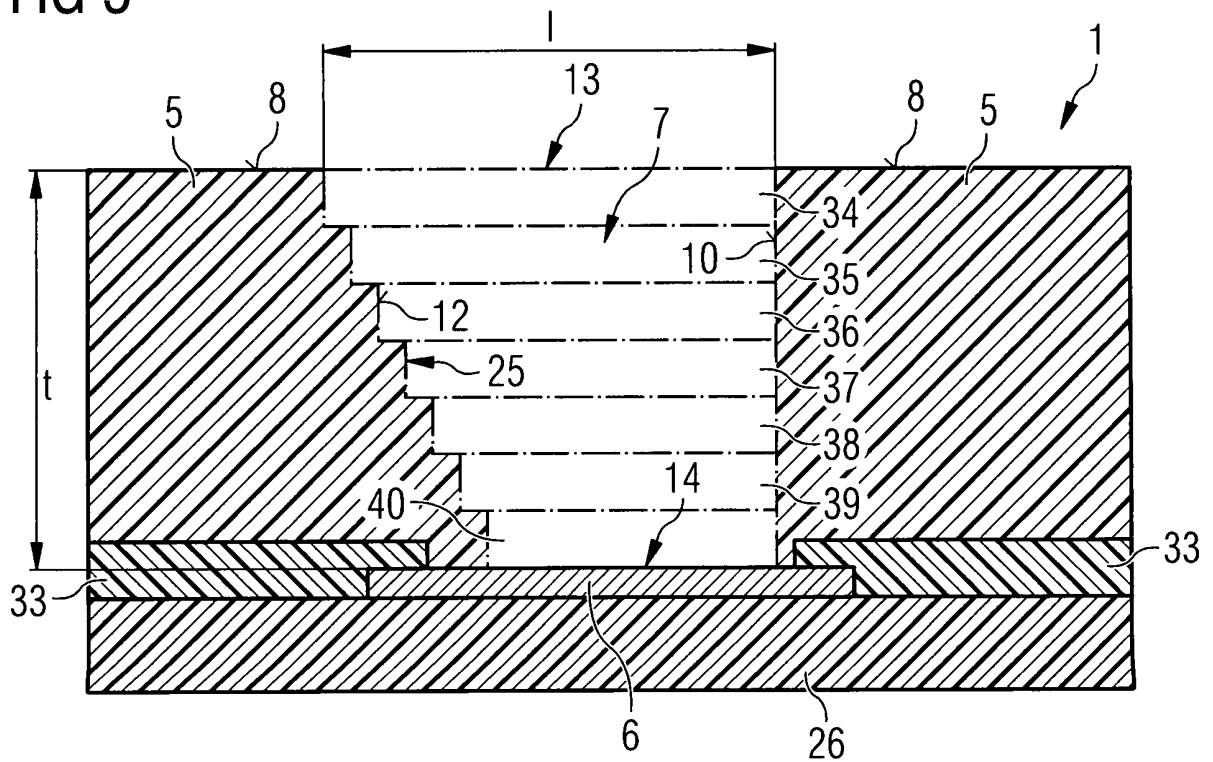


FIG 6

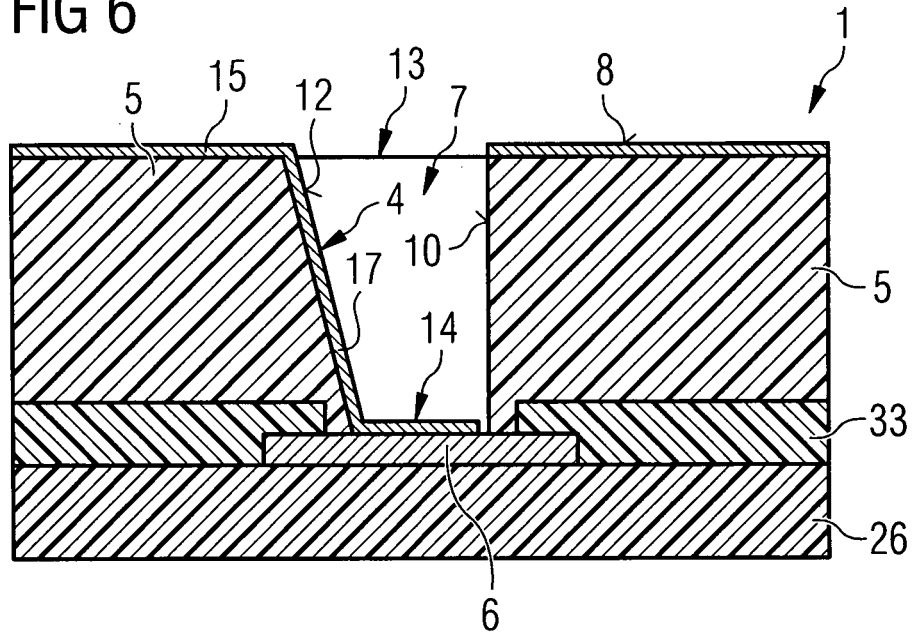
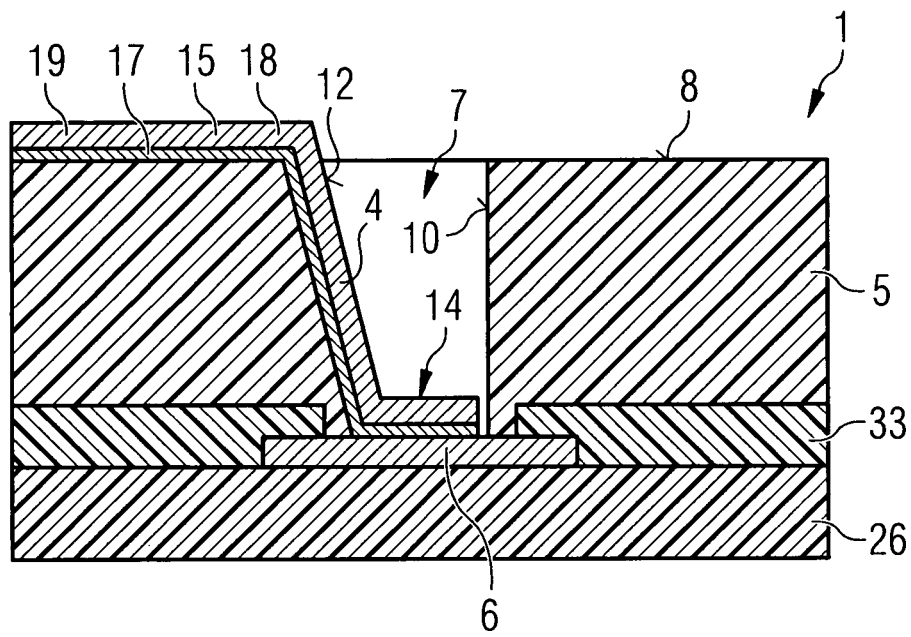
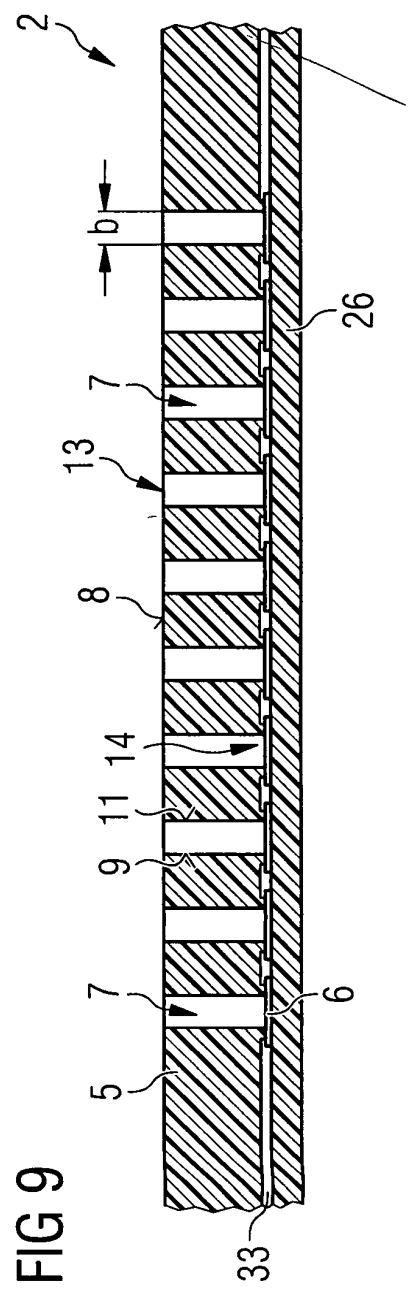
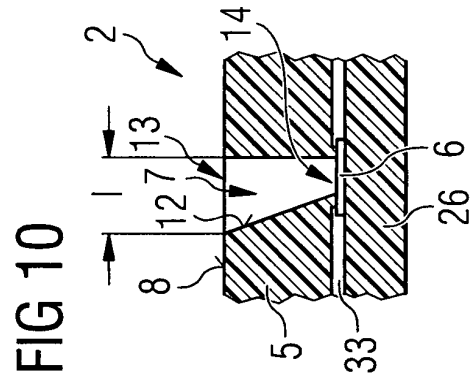
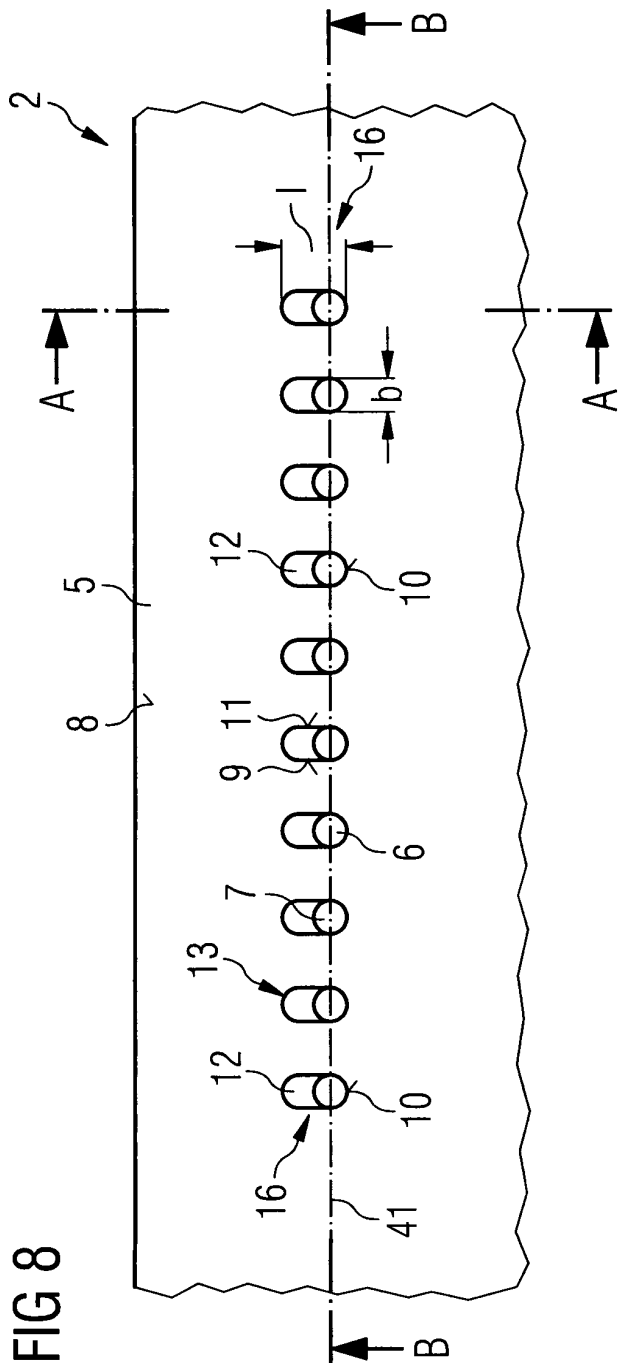


FIG 7





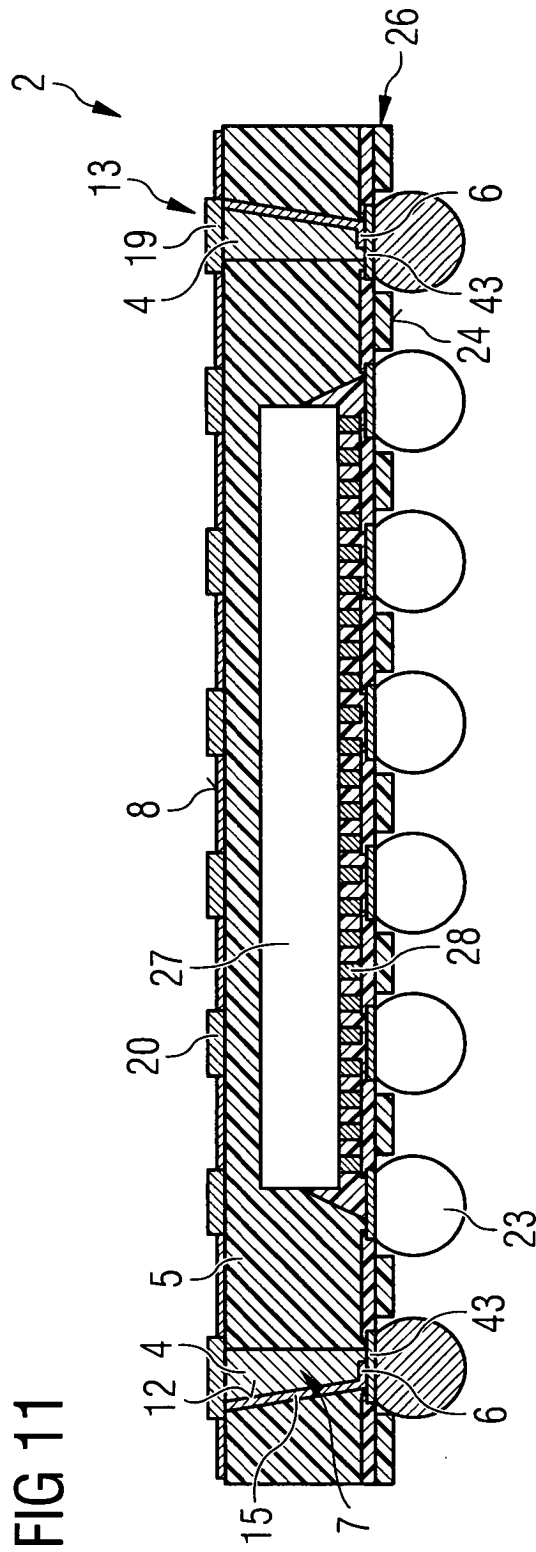


FIG 11

FIG 12

