



(10) **DE 10 2009 002 191 A1** 2010.10.07

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2009 002 191.4**

(22) Anmeldetag: **03.04.2009**

(43) Offenlegungstag: **07.10.2010**

(51) Int Cl.⁸: **H01L 23/40** (2006.01)

H01L 23/10 (2006.01)

H01L 23/32 (2006.01)

H01L 21/50 (2006.01)

(71) Anmelder:
Infineon Technologies AG, 85579 Neubiberg, DE

(74) Vertreter:
Westphal, Mussnug & Partner, 80331 München

(72) Erfinder:
Bayerer, Reinhold, 59581 Warstein, DE; Stolze, Thilo, 59759 Arnsberg, DE; Hohlfeld, Olaf, 59581 Warstein, DE

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

DE 195 29 237 C1

DE 10 2004 051039 B4

DE 103 43 502 A1

DE 41 22 428 A1

US 60 87 682 A

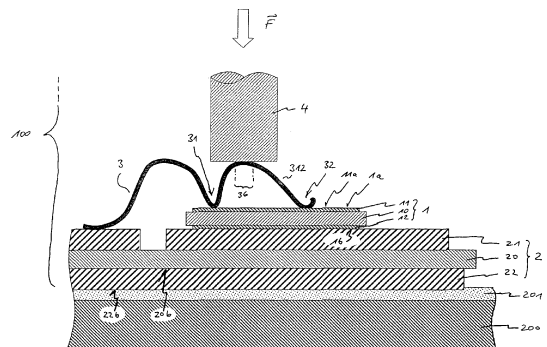
US 46 07 276 A

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Leistungshalbleitermodul, Leistungshalbleitermodulanordnung und Verfahren zur Herstellung einer Leistungshalbleitermodulanordnung**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Leistungshalbleitermodul (100) mit einem Leistungshalbleiterchip (1), der eine oberseitige elektrische Kontaktfläche (11a) aufweist, auf die ein Bonddraht (3) gebondet ist. Zumindest wenn das Leistungshalbleitermodul (100) an einem Kühlkörper (200) befestigt ist, erzeugt ein Anpress-element (4) eine Anpresskraft (F), die auf einen Teilabschnitt (36) eines Bonddrahtabschnittes (312) wirkt, der zwischen zwei benachbarten Bondstellen (31, 32) des Bonddrahtes (3) ausgebildet ist. Durch die Anpresskraft (f) werden der Leistungshalbleiterchip (1) und ein darunter befindliches Substrat (2) gegen den Kühlkörper (200) gepresst.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Leistungshalbleitermodul. Leistungshalbleitermodule weisen in der Regel zumindest einen Leistungshalbleiterchip auf, der auf einem Substrat angeordnet ist und der aufgrund seiner beim Betrieb anfallenden Abwärme gekühlt werden muss. Hierzu wird das Substrat gegen einen Kühlkörper gepresst. Zwischen das Substrat und den Kühlkörper wird ein Wärmeleitmittel, z. B. eine Wärmeleitpaste, eingebracht, um eine möglichst gute thermische Ankopplung an den Kühlkörper zu erreichen. Um Lufteinschlüsse zu vermeiden, soll das Wärmeleitmittel Unebenheiten des Substrates und des Kühlkörpers ausgleichen, d. h. es muss eine ausreichende Menge an Wärmeleitmittel vorgesehen werden. Andererseits ist die thermische Ankopplung – unter der Voraussetzung, dass keine Lufteinschlüsse vorliegen – umso besser, je geringer die Dicke des Wärmeleitmittels ist.

[0002] [Fig. 1](#) zeigt einen Querschnitt durch einen Abschnitt eines Leistungshalbleitermoduls **100** gemäß dem Stand der Technik, das gegen einen Kühlkörper **200** gepresst wird. Das Modul **100** umfasst ein Substrat **2** mit einem Keramikträger **20**, der mit einer oberseitigen Metallisierung **21** und einer unterseitigen Metallisierung **22** versehen ist. Ein Leistungshalbleiterchip **1** ist mittels einer Lotschicht **15** auf die oberseitige Metallisierung **21** gelötet. Die Anpresskraft F zum Anpressen des Substrates **2** gegen den Kühlkörper **200** wird durch Druckstempel **25** erreicht, welche seitlich neben dem Leistungshalbleiterchip **1** auf das Substrat **2** drücken.

[0003] Bei einer solchen Anordnung verformt sich das Substrat **2** aufgrund der Anpresskraft F so, dass sich der kleinste Abstand zwischen dem Substrat **2** und dem Kühlkörper **200** nicht im Bereich unter dem Leistungshalbleiterchip **1** einstellt, sondern seitlich daneben. Dies hat den Nachteil, dass die harte thermische Ankopplung zwischen Substrat **2** und Kühlkörper **200** nicht an der idealen Stelle unterhalb des Leistungshalbleiterchips **1** vorliegt, sondern seitlich davon versetzt.

[0004] Grundsätzlich besteht zwar die Möglichkeit, direkt von oben auf den Halbleiterchip zu drücken, was beispielsweise mit einem Druckstempel erfolgen könnte. Ein solcher Druckstempel müsste jedoch zur Druckverteilung eine bestimmte Mindestauflagefläche auf dem Chip besitzen, um eine Beschädigung des Halbleiterchips zu vermeiden. Aufgrund der üblicherweise hohen durch den Leistungshalbleiterchip **1** fließenden Ströme ist es jedoch erforderlich, dass der Chip **1** möglichst niederohmig angeschlossen wird. Dies lässt sich dadurch erreichen, dass mehrere Anschlussleiter, beispielsweise in Form von Bonddrähten, parallel geschaltet und hierzu jeweils auf eine oberseitige Chipmetallisierung gebondet werden,

welche sich im allgemeinen über den größten Teil der Chipoberseite erstreckt. Ein großflächiger Druckstempel verbraucht jedoch viel Platz auf der Chipmetallisierung, der nicht mehr für die Herstellung von Bondverbindungen zur Verfügung steht.

[0005] Zwar lässt sich ein ausreichend niederohmiger Anschluss auch mit einem oder mit wenigen dicken Bonddrähten erreichen, allerdings besteht dann bei einem Ausfall beispielsweise einer Bandverbindung keine ausreichende Redundanz mehr. Durch den Ausfall eines oder mehrere Anschlussleiter erhöht sich die Betriebstemperatur der verbleibenden funktionierenden Bonddrähte, was sich wiederum nachteilig auf den Temperaturhaushalt des Moduls auswirkt.

[0006] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Leistungshalbleitermodul mit einem auf einem Substrat angeordneten, oberseitig gebondeten Leistungshalbleiterchip bereitzustellen, das unterhalb des Leistungshalbleiterchips eine gute thermische Ankopplung an einen Kühlkörper ermöglicht, ohne dass ein Druckstempel Platz auf einer zur elektrischen Kontaktierung vorgesehenen Chipoberseite erfordert.

[0007] Eine weitere Aufgabe der Erfindung besteht darin, eine Leistungshalbleitermodulanordnung mit einem Leistungshalbleitermodul bereitzustellen, das unterhalb des Leistungshalbleiterchips mit einem geringen Wärmeübergangswiderstand an einen Kühlkörper gekoppelt ist, ohne dass ein Druckstempel Platz auf einer zur elektrischen Kontaktierung vorgesehenen Chipoberseite erfordert.

[0008] Noch eine andere Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein Verfahren zur Herstellung einer solchen Leistungshalbleitermodulanordnung bereitzustellen.

[0009] Diese Aufgaben werden durch ein Leistungshalbleitermodul gemäß Patentanspruch 1, durch eine Leistungshalbleitermodulanordnung gemäß Patentanspruch 33 bzw. durch ein Verfahren zur Herstellung einer Leistungshalbleitermodulanordnung gemäß Patentanspruch 38 gelöst. Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand von Unteransprüchen.

[0010] Das nachfolgend erläuterte näher erläuterte Leistungshalbleitermodul ist auf einem Kühlkörper montierbar. Es weist einen Leistungshalbleiterchip auf, der auf einem Substrat angeordnet ist. Der Leistungshalbleiterchip besitzt eine dem Substrat zugewandte Unterseite, sowie eine Oberseite, die sich auf der dem Substrat abgewandten Seite des Leistungshalbleiterchips befindet. Außerdem weist der Leistungshalbleiterchip eine auf der Oberseite angeordnete erste elektrische Kontaktfläche auf.

[0011] Weiterhin ist ein Bonddraht vorgesehen, der an einer ersten Bondstelle und an einer zweiten Bondstelle an die erste elektrische Kontaktfläche gebondet ist, und der zwischen der ersten Bondstelle und der zweiten Bondstelle einen ersten Bonddrahtabschnitt aufweist, der durch den gesamten zwischen der ersten Bondstelle und der zweiten Bondstelle befindlichen Abschnitt des Bonddrahtes gegeben ist, in dem der Bonddraht von der ersten elektrischen Kontaktfläche beabstandet ist.

[0012] Das Modul umfasst ferner ein Anpresselement, das dazu ausgebildet ist, bei der Montage das Leistungshalbleitermoduls auf einem Kühlkörper eine auf die erste elektrische Kontaktfläche wirkende Anpresskraft auszuüben, die bewirkt, dass der Leistungshalbleiterchip und das Substrat gegen den Kühlkörper gepresst werden. Hierbei wird die Anpresskraft dadurch erzeugt, dass das Anpresselement nur auf einen Teilabschnitt des ersten Bonddrahtabschnittes drückt, nicht jedoch auf den gesamten ersten Bonddrahtabschnitt.

[0013] Durch die Verbindung eines solchen Leistungshalbleitermoduls mit einem Kühlkörper, der auf der dem Leistungshalbleiterchip abgewandten Seite des Substrates angeordnet ist, entsteht eine Leistungshalbleitermodulanordnung, bei der das Anpresselement eine Anpresskraft auf die erste elektrische Kontaktfläche ausübt, die den Leistungshalbleiterchip und das Substrat gegen den Kühlkörper presst. Hierbei drückt das Anpresselement nur auf einen Teilabschnitt des ersten Bonddrahtabschnittes, nicht jedoch auf den gesamten ersten Bonddrahtabschnitt.

[0014] Zur Herstellung einer solchen Leistungshalbleitermodulanordnung werden ein vorangehend erläutertes Leistungshalbleitermodul und ein Kühlkörper bereitgestellt. Danach wird das Leistungshalbleitermodul mit dem Kühlkörper verbunden, wobei durch das Verbinden eine auf die erste elektrische Kontaktfläche wirkende Anpresskraft entsteht, mit der das Anpresselement nur auf einen Teilabschnitt des ersten Bonddrahtabschnittes, nicht jedoch auf den gesamten ersten Bonddrahtabschnitt drückt. Durch diese Anpresskraft werden der Leistungshalbleiterchip und das Substrat gegen den Kühlkörper gepresst.

[0015] Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren näher erläutert. Es zeigt:

[0016] [Fig. 1](#) einen Querschnitt durch einen Abschnitt einer Leistungshalbleitermodulanordnung gemäß dem Stand der Technik.

[0017] [Fig. 2](#) einen Querschnitt durch einen Abschnitt einer Leistungshalbleitermodulanordnung gemäß der vorliegenden Erfindung, bei der ein An-

druckelement unmittelbar auf ein durch einen Bonddraht gebildete Schleife drückt.

[0018] [Fig. 3](#) einen Querschnitt durch einen Abschnitt einer Leistungshalbleitermodulanordnung, bei der ein Andruckelement unmittelbar auf mehrere durch einen Bondgebildete Schleifen drückt.

[0019] [Fig. 4](#) einen Querschnitt durch eine Leistungshalbleitermodulanordnung mit einem Leistungshalbleitermodul, das auf einem Kühlkörper montiert ist und das mehrere Substrate aufweist, die jeweils mit einem Leistungshalbleiterchip bestückt sind, der oberseitig mittels eines Bonddrahtes angeschlossen ist, welcher eine Schleife bildet, über die ein Andruckelement einen Anpressdruck auf den betreffenden Leistungshalbleiterchip ausübt.

[0020] [Fig. 5](#) einen Querschnitt durch eine Leistungshalbleitermodulanordnung, die sich von der Leistungshalbleitermodulanordnung gemäß [Fig. 4](#) dadurch unterscheidet, dass die Andruckelemente an ihrem dem zugehörigen Leistungshalbleiterchip zugewandten Ende ein Kraffeinleitungselement aufweisen.

[0021] [Fig. 6](#) einen Querschnitt durch eine Leistungshalbleitermodulanordnung, bei der ein Andruckelement mit dem Gehäusedeckel eines Modulgehäuses durch ein Federelement gekoppelt ist, das durch eine lokale Reduzierung der Dicke des Gehäusedeckels gebildet ist.

[0022] [Fig. 7](#) einen Querschnitt durch eine Leistungshalbleitermodulanordnung, die sich von der Leistungshalbleitermodulanordnung gemäß [Fig. 6](#) dadurch unterscheidet, dass das Andruckelement an seinem dem Leistungshalbleiterchip zugewandten Ende ein Kraffeinleitungselement aufweist.

[0023] [Fig. 8](#) einen Querschnitt durch eine Leistungshalbleitermodulanordnung, bei dem das Leistungshalbleitermodul ein Gehäuse umfasst, das einen Gehäuserahmen aufweist, sowie einen Gehäusedeckel, der federnd mit dem Gehäuserahmen gekoppelt ist.

[0024] [Fig. 9](#) einen Querschnitt durch eine Leistungshalbleitermodulanordnung, bei der das Anpresselement als Druckplatte ausgebildet ist, und bei der Druckfedern zwischen einem Gehäusedeckel und der Druckplatte angeordnet sind.

[0025] [Fig. 10](#) einen Querschnitt durch eine Leistungshalbleitermodulanordnung, bei der das Leistungshalbleitermodul eine einzige zentrale Befestigungsöffnung aufweist, mittels der das Modul unter gleichzeitiger Ausbildung einer auf die Leistungshalbleiterchips wirkenden Anpresskraft mit einem Kühlkörper verschraubt werden kann.

[0026] [Fig. 11](#) einen Querschnitt durch eine Leistungshalbleitermodulanordnung, bei der das Leistungshalbleitermodul ein Andruckelement aufweist, das eine Anpresskraft auf eine Schleife eines Bonddrahtes erzeugt, die seitlich neben, jedoch nicht oberhalb eines Leistungshalbleiterchip ausgebildet ist.

[0027] [Fig. 12](#) einen Querschnitt durch einen Abschnitt einer Leistungshalbleitermodulanordnung, bei der ein Leistungshalbleiterchip oberseitig eine großflächige Metallisierung aufweist, die einen Lastanschluss bildet, sowie eine kleinflächige Metallisierung, die einen Steueranschluss bildet, wobei ein Andruckelement nur auf die Schleifen solcher Bonddrähte drückt, die auf den Lastanschluss gebondet sind.

[0028] [Fig. 13](#) eine Draufsicht auf das Substrat des in [Fig. 12](#) gezeigten Leistungshalbleitermoduls.

[0029] [Fig. 2](#) zeigt einen Vertikalschnitt durch einen Abschnitt einer Leistungshalbleitermodulanordnung. Die Anordnung umfasst ein Leistungshalbleitermodul **100**, welches an einem Kühlkörper **200** montiert ist und dabei gegen den Kühlkörper **200** gepresst wird. Zwischen das Leistungshalbleitermodul **100** und den Kühlkörper **200** ist ein Wärmeleitmittel **201**, beispielsweise eine Wärmeleitpaste oder eine Wärmeleitfolie, eingebracht.

[0030] Das Leistungshalbleitermodul **100** umfasst ein Substrat **2** mit einem Keramikträger **20**, der auf seiner Oberseite eine strukturierte oberseitige Metallisierung **21** sowie auf seiner Unterseite eine optionale unterseitige Metallisierung **22** aufweist. Eine solche optionale unterseitige Metallisierung **22** kann je nach Bedarf strukturiert oder unstrukturiert sein. Die Unterseite des Moduls **100** wird durch die Unterseite **22b** der unteren Metallisierung **22** oder, sofern eine solche nicht vorhanden ist, durch die Unterseite **20b** des Keramikträgers **20** gebildet.

[0031] Der Keramikträger **20** kann beispielsweise aus Aluminiumoxid (Al₂O₃) oder aus Aluminiumnitrid (AlN) oder aus Siliziumnitrid (Si₃N₄) gebildet sein. Die oberseitige und/oder die unterseitige Metallisierung **21** bzw. **22** kann z. B. ganz oder zumindest überwiegend aus Kupfer oder aus Aluminium bestehen. Insbesondere kann das Substrat **2** als DCB Substrat (DCB = Direct Copper Bonding), als DAS Substrat (DAB = Direct Aluminum Bonding) oder als AMB Substrat (AMB = Direct Aluminum Brazing) ausgebildet sein.

[0032] Auf einem Abschnitt der oberseitigen Metallisierung **21** ist ein Leistungshalbleiterchip **1** mit einem Halbleiterkörper **10** angeordnet, der eine Oberseite **1a** und eine Unterseite **1b** aufweist, welche entgegengesetzte Seiten des Leistungshalbleiterchips **1** darstellen. Der Leistungshalbleiterchip **1** weist einen

oberen Anschlusskontakt **11** und einen unteren Anschlusskontakt **12** auf. Die Anschlusskontakte **11**, **12**, bei denen es sich beispielsweise um Metallisierungen des Halbleiterkörpers **10** handeln kann, bilden ein Paar von Lastanschlüssen des Leistungshalbleiterchips **1**. Bei dem Leistungshalbleiterchip **1** kann es sich beispielsweise um einen IGBT, einen MOSFET, einen J-FET, eine Diode, einen Thyristor oder ein beliebiges anderes Leistungshalbleiterbauelement handeln. Entsprechend kann es sich bei den Paaren von Lastanschlüssen **11**, **12** beispielsweise um die Anschlüsse von Drain und Source oder von Emitter und Kollektor oder von Anode und Kathode handeln, wobei die Zuordnung, welcher dieser Anschlüsse durch den oberen Anschlusskontakt **11** und welcher durch den unteren Anschlusskontakt **12** gegeben ist, beliebig ist.

[0033] Der Leistungshalbleiterchip **1** ist über den zweiten Lastanschluss **12**, der sich nahezu über die gesamte Unterseite **1b** des Leistungshalbleiterchips **1** erstrecken kann, großflächig und elektrisch leitend mit einem Abschnitt der oberseitigen Metallisierung **21** des Substrates **2** verbunden. Als Verbindungstechniken eignen sich beispielsweise Löten oder elektrisch leitendes Kleben. Ebenso kann auch eine Niedertemperaturverbindung (NTV, engl.: LTJT = Low Temperature Joining Technique) eingesetzt werden, zu deren Herstellung eine silberhaltige Paste zwischen den Leistungshalbleiterchip **1** und die Metallisierung **21** gebracht und der Leistungshalbleiterchip **1** für eine gewisse Zeit bei erhöhter Temperatur und mit hohem Anpressdruck gegen das Substrat **2** gepresst wird. Eine zur Herstellung der Verbindung zwischen dem Lastanschluss **12** und der Metallisierung **21** erforderliche Verbindungsschicht, d. h. eine lot-, klebe- oder silberhaltige Schicht, ist in [Fig. 2](#) zwei nicht im Detail dargestellt. Eine solche Verbindungsschicht kann eine Dicke von beispielsweise 100 µm oder auch weniger als 20 µm aufweisen.

[0034] Die Oberseite **11a** des oberen Lastanschlusses **11** bildet eine elektrische Kontaktfläche **11a**, zu deren elektrischer Verschaltung ein Bonddraht **3** vorgesehen ist, der an zumindest einer ersten Bondstelle **31** und an einer zu dieser benachbarten zweiten Bondstelle **32** an die elektrische Kontaktfläche **11a** gebondet ist. Weiterhin weist der Bonddraht **3** einen ersten Bonddrahtabschnitt **312** auf, der sich unter Ausbildung einer Schleife durchgehend zwischen der ersten Bondstelle **31** und der zweiten Bondstelle **32** erstreckt und der von der elektrischen Kontaktfläche **11a** beabstandet ist. Ausgehend von der ersten Bondstelle **31** entlang des Bonddrahtes **3** bis hin zur zweiten Bondstelle **32** besitzt der Bonddraht **3** weder eine weitere Bondstelle, noch berührt er die erste Kontaktfläche **11a**.

[0035] Auf einem Teilabschnitt **36** des ersten Bonddrahtabschnittes **312** übt ein Anpresselement **4** eine

Anpresskraft F aus, die dadurch hervorgerufen wird, dass das Leistungshalbleitermodul **100** an dem Kühlkörper **200**, beispielsweise durch Verschrauben, befestigt wird. Diese Anpresskraft F wird über die erste und zweite Bondstelle **31** bzw. **32** und die elektrische Kontaktfläche **11a** auf den Leistungshalbleiterchip **1** übertragen und bewirkt, dass der Leistungshalbleiterchip **1** und das Substrat **2** gegen den Kohlkörper **200** gepresst werden. Das Anpresselement **4**, das beispielhaft als Druckstempel ausgebildet ist, drückt dabei nur auf den Teilabschnitt **36** des ersten Bonddrahtabschnittes **312**, nicht jedoch auf den gesamten ersten Bonddrahtabschnitt **312**. Der Abstand zwischen dem Anpresselement **4** und der ersten elektrischen Kontaktfläche **11a** ist dabei größer als jede Dicke, die der Bonddraht **3** an der ersten Bondstelle **31** und der zweiten Bondstelle **32** jeweils senkrecht zur ersten elektrischen Kontaktfläche **11a** aufweist. Als Material für das Anpresselement **4** kann beispielsweise Silikon verwendet werden.

[0036] Die Anpresskraft F wird erzeugt, indem das Leistungshalbleitermodul **100** mit dem Kühlkörper **200** fest verbunden wird. Im nicht verbundenen Zustand, d. h. wenn das Leistungshalbleitermodul **100** vom Kühlkörper **200** abgenommen ist, wirkt keine Anpresskraft F an den Kühlkörper **200**. Gleichwohl kann das Anpresselement **4** auch im nicht verbundenen Zustand in Richtung des Halbleiterchips **1** gegen den ersten Bonddrahtabschnitt **312** drücken oder zumindest den ersten Bonddrahtabschnittes **312** kontaktieren. Alternativ dazu kann das Anpresselement **4** im nicht verbundenen Zustand auch vom ersten Bonddrahtabschnitt **312** beanstandet sein.

[0037] Um die von dem Bonddraht **3** über die Bondstellen **31**, **32** auf den Leistungshalbleiterchip **1** ausgeübte Anpresskraft zu verteilen, kann der obere Lastanschlusses **11** als Metallisierung ausgebildet sein, die als oberste Schicht eine Beschichtung aus Silber oder Gold aufweist, auf die mittels einer Niedertemperaturverbindung (NTV, wie vorangehend erläutert) ein vergleichsweise dickes Metallplättchen aufgebracht ist. Die Dicke eines solchen Metallplättchens kann beispielsweise größer oder gleich $50\ \mu\text{m}$ gewählt werden. Als Materialien für derartige Metallplättchen eignen sich z. B. Plättchen aus Molybdän oder Kupfer, die mit Gold oder Silber beschichtet sind und dementsprechend eine Gold- oder Silberoberfläche aufweisen. Die Bondungsverbindungen an den Bondstellen **31**, **32** werden bei dieser Ausgestaltung auf dem Metallplättchen hergestellt, dessen dem Leistungshalbleiterchip **1** abgewandte Oberfläche die elektrische Kontaktfläche **11a** bildet.

[0038] Bei dem in **Fig. 2** gezeigten Ausführungsbeispiel übt das Anpresselement **4** eine Anpresskraft F auf genau eine zwischen benachbarten Bondstellen **31**, **32** desselben Leistungshalbleiterchips ausgebildete Schleife des Bonddrahtes **3** aus. In entspre-

chender Weise kann wie in **Fig. 3** gezeigt ist – ein Anpresselement **4** auch auf mehrere Bonddrahtabschnitte **312**, **323**, **334** desselben Bonddrahtes **3** jeweils in entsprechender Weise eine Anpresskraft ausüben. Wie aus **Fig. 3** ersichtlich ist, ist der Bonddraht **3** an ersten, zweiten, dritten und vierten Bondstellen **31**, **32**, **33** bzw. **34** an die Kontaktfläche **11a** des Leistungshalbleiterchips **1** gebondet. Zwischen jeweils zwei benachbarten Bondstellen **31/32**, **32/33** und **33/34** weist der Bonddraht **3** Bonddrahtabschnitte **312**, **323** bzw. **334** auf, die dadurch gegeben sind, dass der Bonddraht **3** an jeder Stelle zwischen den entsprechenden Bondstellen **31** und **32**, **32** und **33** bzw. **33** und **34** von der elektrischen Kontaktfläche **11a** beabstandet ist. Die Bonddrahtabschnitte **312**, **323** und **334** weisen jeweils einen Teilabschnitt **36**, **37** bzw. **38** auf, in denen das Anpresselement **4** auf den betreffenden Teilabschnitt **312**, **323** bzw. **334** drückt. Bei einem jeden der Bonddrahtabschnitte **312**, **223** und **334** drückt das Anpresselement **4** nur auf den betreffenden Teilabschnitt **36**, **37** bzw. **38**, nicht jedoch auf den gesamten Bonddrahtabschnitt **312**, **223** bzw. **334**, d. h. der Bonddraht **3** ist jeweils zwischen zwei benachbarten der Bondstellen **31** und **32**, **32** und **33** bzw. **33** und **34** an zumindest einer Stelle auch vom Anpresselement **4** beabstandet, unabhängig davon, ob das Leistungshalbleitermodul **100** am Kühlkörper **200** befestigt oder vom diesem gelöst ist. Durch das Vorsehen von zwei oder mehr Bonddrahtabschnitten **312**, **323**, **334** auf einem Leistungshalbleiterchip **1** kann die Anpresskraft gezielt über die elektrische Kontaktfläche **11a** verteilt werden.

[0039] **Fig. 4** zeigt einen Querschnitt durch eine Leistungshalbleitermodulanordnung, bei der auf einem gemeinsamen Substrat, welches einen Keramikträger **20** mit einer oberen Metallisierung **21** und einer optionalen unteren Metallisierung **22** umfasst, mehrere Leistungshalbleiterchips **1** wie vorangehend erläutert befestigt und mittels Bonddrähten **3** elektrisch verschaltet sind.

[0040] Das Leistungshalbleitermodul **100** weist ein Gehäuse **5** mit einem umlaufenden Gehäuserahmen **51** und einem Gehäusedeckel **52** auf. Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß **Fig. 4** sind der Gehäuserahmen **51** und der Gehäusedeckel **52** einstückig ausgebildet. Die Herstellung eines solchen Gehäuses **5** kann beispielsweise mittels eines Spritzgießverfahrens erfolgen, bei dem der Gehäuserahmen **51** und der Gehäusedeckel **52** in einem Spritzvorgang gemeinsam hergestellt werden. Bei alternativen Ausgestaltungen können der Gehäuserahmen **51** und der Gehäusedeckel **52** jedoch auch unabhängig voneinander hergestellt und erst anschließend miteinander verbunden werden.

[0041] Bei der in **Fig. 4** gezeigten Ausgestaltung ist oberhalb eines jeden der Leistungshalbleiterchips **1** ein als Druckstempel ausgebildetes Anpresselement

4 angeordnet, von denen jedes wie vorangehend unter Bezugnahme auf [Fig. 2](#) erläutert über einen Bonddrahtabschnitt **312** einen Anpressdruck auf den darunter befindlichen Leistungshalbleiterchip **1** und das Substrat **20**, **21**, **22** in Richtung des Kühlkörpers **200** bewirkt, wenn das Leistungshalbleitermodul **100** mit dem Kühlkörper **200** verbunden wird. In [Fig. 4](#) ist das Leistungshalbleitermodul **100** lediglich auf den Kühlkörper **200** aufgesetzt, jedoch noch nicht fest mit diesem verbunden. Die Verbindung kann beispielsweise mittels Flanschen **53** erfolgen, die am Gehäuserahmen **51** ausgebildet sind. Solche Montageflansche **53** können beispielsweise Montageöffnungen **81** aufweisen, mittels denen das Leistungshalbleitermodul **100** unter Verwendung korrespondierender, im Kühlkörper **200** ausgebildeter, in [Fig. 4](#) nicht dargestellter Gewindebohrungen **200a** verbunden werden kann.

[0042] Die Anpresselemente **4** sind mit dem Gehäusedeckel **52** verbunden. Die Anpresselemente **4** können z. B. einstückig mit dem Gehäusedeckel **52** ausgebildet sein. Ein solcher Gehäusedeckel **52** mit einem oder mehreren integrierten Anpresselementen **4** kann beispielsweise mittels eines Spritzgießvorgangs zur Herstellung des Gehäusedeckels **52** oder des gesamten Gehäuses **5** hergestellt werden.

[0043] Gemäß einer alternativen, in [Fig. 5](#) gezeigten Ausgestaltung kann ein Anpresselement **4** an seinem den ersten Bonddrahtabschnitt **312** zugewandten Ende ein elastisches Krafteinleitungselement **41** aufweisen, an dem das Anpresselement **4** den Bonddraht **3** kontaktiert. Ein solches Krafteinleitungselement **41** kann eine Elastizität aufweisen, die höher ist als die Elastizität des restlichen Anpresselements **4**, um eine möglichst homogene Krafteinleitung in den Bonddraht **3** zu ermöglichen. Beispielsweise kann als Krafteinleitungselement **41** Silikonkautschuk verwendet werden.

[0044] Gemäß einer anderen Ausgestaltung kann ein Krafteinleitungselement **41** eine höhere Temperaturbeständigkeit aufweisen als die restlichen Teile des Anpresselements **4**. Dies hat den Vorteil, dass sich das Anpresselement **41** durch die beim Betrieb des Leistungshalbleitermoduls **100** auftretende Erwärmung des Bonddrahtes **3** nicht oder nur unwesentlich thermisch verformen kann. Beispielsweise kann für das Krafteinleitungselement **41** ein Material gewählt werden, das bei Temperaturen z. B. von kleiner oder gleich 240°C oder von kleiner oder gleich 180°C warmverformungsfest ist. Ein für ein derartiges Krafteinleitungselement **41** geeignetes Material ist z. B. Keramik.

[0045] Um einen zu hohen Krafteintrag auf den Bonddraht **3** und damit eine Zerstörung des Bonddrahtes **3** zu vermeiden und/oder um im Falle von mehreren mit einer Anpresskraft zu beaufschlag-

den Bonddrahtschleifen unterschiedliche Höhen der Bonddrahtschleifen auszugleichen, kann es vorteilhaft sein, einzelne Anpresselemente **4** elastisch mittels mindestens eines Federelementes **6** am Gehäuse **5** zu befestigen, was beispielhaft in [Fig. 6](#) gezeigt ist. Bei dieser Ausgestaltung sind die Federelemente **6** dadurch gebildet, dass die Dicke des Gehäusedeckels **52** lokal reduziert ist.

[0046] Das Ausführungsbeispiel gemäß [Fig. 7](#) unterscheidet sich von dem Ausführungsbeispiel gemäß [Fig. 6](#) dadurch, dass das Anpresselement **4** an seinem den ersten Bonddrahtabschnitt **312** zugewandten Ende ein hochtemperaturfestes Krafteinleitungselement **41** aufweist.

[0047] Bei der Anordnung gemäß [Fig. 8](#) ist das Anpresselement **4** identisch mit dem Gehäusedeckel **52**. Der Gehäuserahmen **51** umfasst einen inneren Gehäuserahmen **51i**, sowie einen äußeren Gehäuserahmen **51a**, an dem das Anpresselement **4** mittels Federelementen **6** elastisch gekoppelt ist, so dass eine Rückstellkraft entsteht, wenn der Gehäusedeckel **52** relativ zum äußeren Gehäuserahmen **51a** vom Substrat **2** weg bewegt wird. Als Federelemente **6** können beispielsweise Blattfedern oder eine elastische Kleberaupe eingesetzt werden. Der innere Gehäuserahmen **51i** kann mit dem Substrat **2**, beispielsweise durch Verkleben, fest verbunden sein. Außerdem kann das Modul **100** mittels einer Weichgussmasse **7**, beispielsweise einem Silikongel, vergossen sein. Die in [Fig. 8](#) gezeigte Weichgussmasse **7** ist innerhalb des inneren Gehäuserahmens **51i**, nicht jedoch zwischen dem inneren Gehäuserahmen **51i** und dem äußeren Gehäuserahmen **51a** angeordnet. Das Ausführungsbeispiel gemäß [Fig. 8](#) zeigt weiterhin, dass verschiedene Bonddrahtabschnitte **312** von einem gemeinsamen Anpresselement **4** mit Druck beaufschlagt werden können.

[0048] Bei der Leistungshalbleitermodulanordnung gemäß [Fig. 9](#) ist das Anpresselement **4** zwischen dem Gehäusedeckel **52** und einem oder mehreren Bonddrähten **3** angeordnet und umfasst eine Platte **42**, die im Wesentlichen parallel zum Substrat **2** verläuft. Das Anpresselement **4** ist mittels Federelementen **6**, welche beispielsweise wie gezeigt als Druckfedern oder alternativ als Druckkissen, Tellerfedern oder dergleichen ausgebildet sein können, elastisch mit dem Gehäusedeckel **52** gekoppelt.

[0049] Hierzu können die Federelemente **6** zwischen dem Gehäusedeckel **52** und dem Anpresselement **4** angeordnet sein.

[0050] Beim Verschrauben des Leistungshalbleitermoduls **100** mit dem Kühlkörper **200** wird das Gehäuse **5** in Richtung des Kühlkörpers **200** bewegt, so dass der Gehäusedeckel **52** über die Federelemente **6** und das Anpresselement **4** eine auf die Bonddraht-

abschnitte **312** wirkende Anpresskraft erzeugt, welche die Leistungshalbleiterchips **1** und das Substrat **2** in Richtung des Kühlkörpers **200** presst.

[0051] [Fig. 10](#) zeigt eine Anordnung mit einem Leistungshalbleitermodul **100**, welches eine zentrale Befestigungsöffnung **81** aufweist, über die das Modul **100** mittels einer einzigen Schraube **203** mit dem Kühlkörper **200** verschraubt werden kann. Die Achse der zentralen Befestigungsöffnung **81** verläuft im Wesentlichen senkrecht zur Substratebene. Zur Erzeugung einer Anpresskraft ist wenigstens ein Anpresselement **4** vorgesehen, das zwischen dem Gehäusedeckel **52** und dem anzupressenden Bonddrahtabschnitt **312** angeordnet ist. Eine Druckplatte **204**, welche auf der dem Kühlkörper **200** abgewandten Seite des Leistungshalbleitermoduls **100** angeordnet ist, wird ebenfalls mittels der Schraube **203** mit dem Kühlkörper **200** verschraubt und presst das Leistungshalbleitermodul **100** so gegen den Kühlkörper **200**.

[0052] Zwischen der Druckplatte **204** und dem Leistungshalbleitermodul **100** ist außerdem eine optionale Leiterplatine **202**, beispielsweise eine Steuerplatine mit einer darauf befindlichen Steuerelektronik zur Ansteuerung des Moduls **100**, angeordnet, die zusammen mit der Druckplatte **204** und dem Leistungshalbleitermodul **100** an den Kühlkörper **200** geschraubt wird. Zwischen dem wenigstens einen Anpresselement **4** und der Druckplatte **204** sind jeweils ein oder mehrere Kopplungselemente **205** vorgesehen, die zwischen dem Anpresselement **4** einerseits und der Druckplatte **204** sowie der optionalen Leiterplatte **202** andererseits angeordnet sind, und die beim Anschrauben des Leistungshalbleitermoduls **100** an den Kühlkörper **200** vorgespannt werden, so dass das Anpresselement **4** auf die zugehörigen Bonddrahtabschnitte **312** eine Anpresskraft ausübt, wie dies vorangehend unter Bezugnahme auf [Fig. 2](#) näher erläutert wurde.

[0053] Bei den vorangehenden Ausführungsbeispielen waren die Bonddrahtabschnitte **312**, auf die mittels einer Anpressvorrichtung **4** ein Anpressdruck ausgeübt wird, immer oberhalb einer oberen elektrischen Kontaktfläche **11a** eines Leistungshalbleiterchips **1** angeordnet. Die benachbarten Bondstellen **31**, **32** des Bonddrahtes **3**, zwischen denen der betreffende Bonddrahtabschnitt **312** angeordnet war, waren jeweils an dieselbe Metallisierung gebondet.

[0054] Alternativ oder ergänzend dazu besteht auch die Möglichkeit, mittels eines Anpresselements **4'** eine Anpresskraft auf eine Bonddrahtschleife **312** auszuüben, die zwischen zwei benachbarten Bondstellen **31'** und **32'** ausgebildet ist, welche an verschiedene, voneinander beabstandete Metallisierungen gebondet sind. Ein Ausführungsbeispiel hierzu zeigt [Fig. 11](#). Hier sind eine erste Bondstelle **31'** und

eine zu dieser entlang des Bonddrahtes **3'** nächstgelegene Bondstelle **32'** auf verschiedene, voneinander beabstandete Abschnitte der oberseitigen Metallisierung **21** des Keramikträgers **20** gebondet. Bei einer anderen Ausgestaltung könnte beispielsweise die erste Bondstelle **31'** mit einem Abschnitt der oberseitigen Metallisierung **21** des Keramikträgers **20** und die zweite Bondstelle **32'** auf eine oberseitige elektrische Kontaktfläche eines Leistungshalbleiterchips **1** gebondet sein. Grundsätzlich kann eine Schleife eines Bonddrahtes, die selektiv mit einem Anpressdruck beaufschlagt wird, zwischen Bondstellen auf beliebigen Objekten ausgebildet sein. Als Objekte seien beispielhaft Metallisierungen eines Substrats, Kontaktflächen eines Halbleiterchips, Leiterbahnen auf einer Leiterplatte und elektrische Anschlusslaschen oder Verschienungen des Leistungshalbleitermoduls genannt.

[0055] Wie anhand des Ausführungsbeispiels gemäß [Fig. 11](#) ebenfalls ersichtlich ist, können sich unterschiedliche Anpresselemente **4**, **4'** unterschiedlich weit in Richtung des Substrates **2** erstrecken. Dies kann beispielsweise dann sinnvoll sein, wenn ein Höhenausgleich erfolgen soll, weil sich die Spitzen der verschiedenen mit einem Anpressdruck zu beaufschlagenden Bonddrahtschleifen **312'** und **312** in Bezug auf das Substrat **2** in unterschiedlichen Höhen befinden. Alternativ oder zusätzlich kann ein solcher Höhenausgleich auch mittels eines stufig ausgebildeten Anpresselementes **4** erfolgen, welches auf die Bonddrahtschleifen **312'** und **312** drückt und welches an die Höhe dieser Bonddrahtschleifen **312'** und **312** angepasste Stufenhöhen aufweist.

[0056] Bei der in [Fig. 12](#) gezeigten Leistungshalbleitermodulanordnung erzeugt ein Anpresselement **4** einen Anpressdruck auf zwei Bonddrahtschleifen **301** und **312**, von denen eine zwischen benachbarten Bondstellen **31** und **32** ausgebildet ist, welche beide auf dieselbe elektrische Kontaktfläche **11a** des Leistungshalbleiterchips **1** gebondet sind, während sich die andere Bonddrahtschleife **301** zwischen einer ersten Bondstelle **30** auf der oberseitigen Metallisierung **21** des Substrates **2** und der Bondstelle **31** auf der elektrischen Kontaktfläche **11a** des Leistungshalbleiterchips **1** erstreckt.

[0057] Bei der elektrischen Kontaktfläche **11a** handelt es sich um einen Lastanschluss des Leistungshalbleiterchips **1**, weshalb der Bonddraht **3** zur Erhöhung der Stromtragfähigkeit einen großen Durchmesser aufweist und dadurch eine hohe Stabilität besitzt. Da es sich bei dem Leistungshalbleiterchip **1** um einen steuerbaren Leistungshalbleiterchip handelt, weist dieser eine weitere elektrische Kontaktfläche **11b** auf, die einen Steueranschluss darstellt und die ebenso wie die elektrische Kontaktfläche **11a** an der Oberseite **1a** des Leistungshalbleiterchips **1** angeordnet ist. Bei der elektrischen Kontaktfläche **11b**

kann es sich beispielsweise um einen Gateanschluss oder um einen Basisanschluss handeln. Diese elektrische Kontaktfläche **11b** ist elektrisch mittels eines Bonddrahtes **3'** an einen Abschnitt der oberseitigen Metallisierung **21** des Keramikträgers **20** gebondet. Da zur Ansteuerung steuerbarer Leistungshalbleiterchips nur kleine elektrische Leistungen erforderlich sind, weist der Bonddraht **3'** einen im Vergleich zum Durchmesser des Bonddrahtes **3** geringen Durchmesser auf und besitzt deshalb eine geringere mechanische Stabilität als der dickere Bonddraht **3**. Um eine Beschädigung des dünnen Bonddrahtes **3'** durch das Anpresselement **4** zu vermeiden, ist es vorgesehen, dass das Anpresselement **4** und der Bonddraht **3'**, wenn das Leistungshalbleitermodul **100** betriebsfertig mit dem Kühlkörper **200** verschraubt ist, einen Mindestabstand d aufweist, der beispielsweise mindestens 1 mm betragen kann.

[0058] Fig. 13 zeigt eine Draufsicht auf das Substrat **2** des in Fig. 12 gezeigten Leistungshalbleitermoduls **100**. Hieraus ist ersichtlich, dass der oberseitige Lastanschluss **11a** mittels vier elektrisch parallel geschalteter Bonddrähte **3** an die oberseitige Metallisierung **21** angeschlossen ist. Gestrichelt dargestellt sind die äußeren Grenzen des unteren, dem Substrat **2** und dem Leistungshalbleiterchip **1** zugewandten Endes des Anpresselementes **4**. Jeder der Bonddrähte **3** ist an zwei Bondstellen **31, 32** mit dem oberseitigen Lastanschluss **11a** verbunden. Hierdurch kommt es zu einer Verteilung der Anpresskraft über die Chipfläche. Grundsätzlich können auch weniger oder mehr als vier Bonddrähte **3** elektrisch zueinander parallel geschaltet werden. Außerdem kann jeder Bonddraht **3** an einer, zwei, drei oder mehr Bondstellen **31, 32** mit dem oberseitigen Lastanschluss **11a** verbunden sein. Je nach Bedarf können die Anzahl der Bonddrähte **3**, mit denen der oberseitige Lastanschluss **11a** angeschlossen ist, die Anzahl der Bondstellen **31, 32**, an denen die einzelnen dieser Bonddrähte **3** an dem oberseitigen Lastanschluss **11a** angeschlossen sind, die Anzahl der Bonddrahtschleifen **312**, über die das Anpresselement **4** eine Anpresskraft auf den Leistungshalbleiterchip **1** ausübt beliebig gewählt werden.

[0059] Alle Bonddrähte **3**, die wie vorangehend beschrieben mit einem Anpressdruck zum Anpressen eines Leistungshalbleiterchips **1** und eines unter diesem befindlichen Substrates **2** an einen Kühlkörper **200** mit einer Anpresskraft beaufschlagt werden können, können – außerhalb der Bondstellen – einen kreisförmigen Querschnitt mit einem Durchmesser beispielsweise mehr als 300 μm und/oder von beispielsweise weniger als 1 mm aufweisen.

[0060] Anstelle eines kreisförmigen Querschnitts kann ein solcher Bonddraht auch als flaches Bändchen ausgebildet sein und z. B. eine Querschnittsfläche mit einer Breite von 1 mm bis 10 mm und/oder mit

einer Dicke von 0,1 mm bis 2 mm aufweisen. Ein Bonddraht **3** kann beispielsweise aus Aluminium (Al) oder Aluminiummagnesium (AlMg) oder Aluminiumkupfer (AlCu) oder Kupfer (Cu) bestehen oder zumindest eines dieser Materialien aufweisen. Zum Beispiel kann ein Bonddraht **3** zu wenigstens 99,99% aus Aluminium oder Kupfer bestehen. Gemäß einem anderen Beispiel kann ein Bonddraht **3** aus einer Aluminiummagnesiumlegierung (AlMg) mit einer Beimischung von 0,1 Gew.-% bis 1 Gew.-% Magnesium (Mg) sowie optionalen weiteren Beimischungen bestehen. Ein weiteres Beispiel für einen geeigneten, mit einer Anpresskraft beaufschlagbaren Bonddraht **3** ist ein Bonddraht **3**, der überwiegend aus Kupfer besteht, dem Silber (Ag) beigemischt ist.

[0061] Ein zum Anschließen einer einen Steueranschluss des Leistungshalbleiterchips **1** darstellenden elektrischen Kontaktfläche **11b** eingesetzter Bonddraht **3'** kann einen kreisförmigen Querschnitt mit einem Durchmesser von beispielsweise kleiner oder gleich 200 μm aufweisen.

[0062] Die Geometrie des oder der Anpresselemente **4**, die Anzahl und Verteilung der Bondstellen **30, 31, 32, 33, 34** und der Bonddrahtabschnitte **301, 312, 323, 334** sowie die Vorspannung der beim Verbinden des Leistungshalbleitermoduls **100** mit dem Kühlkörper **200** vorgespannten Federelemente **6** und Kuppelungselemente **205**, sowie die Elastizität der Krafteinleitungselemente **41** kann so gewählt werden, dass auf den Leistungshalbleiterchip **1** in Richtung des Kühlkörpers **200** einen Anpressdruck von beispielsweise 5 N/cm² bis 100 N/cm², beispielsweise 60 N/cm², wirkt.

[0063] Die Anzahl der zum elektrischen Anschluss einer elektrischen Kontaktfläche **11a** eines Leistungshalbleiterchips **1** verwendeten Bonddrähte **3** kann so gewählt werden, dass dessen Temperatur in dem Bereich, in dem ein Bonddraht **3** ein Anpresselement **4** kontaktiert, beim Nennstrom des Leistungshalbleiterchips **1** eine Temperatur von 150°C oder von 180°C (dies entspricht etwa einer Temperatur des Leistungshalbleiterchips **1** von 175°C bzw. 200°C) nicht überschreitet, und dass eine Maximaltemperatur von 200°C bzw. von 220°C generell nicht überschritten wird.

[0064] Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung kann ein Anpresselement **4** in eine Öffnung am Gehäuse **5** in mehreren Stufen einrastbar sein, so dass das Anpresselement **4** in den verschiedenen Raststufen jeweils verschiedene Abstände zum Substrat **2** aufweist. Hierdurch kann der Abstand des Anpresselementes **4** an die Höhe einer Bonddrahtschleife, auf die das Anpresselement **4** einen Anpressdruck ausüben soll, individuell an die Bonddrahtschleife angepasst werden.

[0065] Optional kann ein Leistungshalbleitermodul **1** auch elektrisch unwirksame oder elektrisch irrelevante Bonddrähte aufweisen, die unter Ausbildung einer oder mehrerer Bonddrahtschleifen an beliebige Stellen des Moduls, beispielsweise an eine obere elektrische Kontaktfläche **11a** und/oder an die oberseitige Metallisierung **21**, gebondet sind. Hierdurch eröffnet sich die Möglichkeit, auf die vorangehend beschriebene Weise mittels eines Anpresselementes **4** einen nur auf einen Teilabschnitt einer Bonddrahtschleife wirkenden Anpressdruck auf den Leistungshalbleiterchip **1** und/oder auf das Substrat **2** in Richtung des Kühlkörpers **200** zu erzeugen.

[0066] Als Material für ein Anpresselement **4** eignet sich beispielsweise Kunststoff, Metall, oder Keramik. Falls ein Anpresselement **4** auf mehrere elektrisch voneinander zu isolierende Teilabschnitte eines Bonddrahtabschnittes drückt, kann das Anpresselement entweder aus isolierendem Kunststoff gebildet sein, oder aus Metall, das an geeigneter Stelle mittels einer Kunststoff oder Keramik gegenüber zumindest einem Bonddrahtabschnitt elektrisch isoliert ist. Weiterhin kann ein Anpresselement **4** einen Grundkörper aus Kunststoff aufweisen, der auf seiner dem Substrat zugewandten Seite mit einer dünnen Metallisierung versehen ist, um eine bessere Verteilung der von dem Bonddraht **3** auf das Anpresselement **4** ausgeübten Gegenkraft zu erreichen.

[0067] Alle in der vorangehenden Beschreibung erläuterten Ausgestaltungen von Merkmalen können mit beliebigen anderen Merkmalen, insbesondere mit Merkmalen aus anderen Ausgestaltungen in beliebiger Weise kombiniert werden, sofern sich diese Merkmale nicht gegenseitig ausschließen. Dies gilt insbesondere auch dann, wenn die betreffenden Merkmale nicht in Kombination miteinander in einem Ausführungsbeispiel erläutert wurden.

Patentansprüche

1. Leistungshalbleitermodul, das auf einem Kühlkörper (**200**) montierbar ist und das folgende Merkmale aufweist:

– einen Leistungshalbleiterchip (**1**), der auf einem Substrat (**2**) angeordnet ist und der eine dem Substrat (**2**) zugewandte Unterseite (**1b**) aufweist, sowie eine Oberseite (**1a**), die sich auf der dem Substrat (**2**) abgewendten Seite des Leistungshalbleiterchips (**1**) befindet, und der außerdem eine auf der Oberseite (**1a**) angeordnete erste elektrische Kontaktfläche (**11a**) aufweist;

– einen Bonddraht (**3**), der zumindest an einer ersten Bondstelle (**31**) und an einer zweiten Bondstelle (**32**) an die erste elektrische Kontaktfläche (**11a**) gebondet ist, und der zwischen der ersten Bondstelle (**31**) und der zweiten Bondstelle (**32**) einen ersten Bonddrahtabschnitt (**312**) aufweist, der durch den gesamten zwischen der ersten Bondstelle (**31**) und der zweiten

Bondstelle (**32**) befindlichen Abschnitt des Bonddrahtes (**3**) gegeben ist, in dem der Bonddraht (**3**) von der ersten elektrischen Kontaktfläche (**11a**) beabstandet ist;

– ein Anpresselement (**4**), das dazu ausgebildet ist, bei der Montage das Leistungshalbleitermoduls (**100**) auf einem Kühlkörper (**200**) eine auf die erste elektrische Kontaktfläche (**11a**) wirkende Anpresskraft (F) auszuüben, die bewirkt, dass der Leistungshalbleiterchip (**1**) und das Substrat (**2**) gegen den Kühlkörper (**200**) gepresst werden; wobei die Anpresskraft (F) dadurch erzeugt wird, dass das Anpresselement (**4**) nur auf einen Teilabschnitt (**36**) des ersten Bonddrahtabschnittes (**312**) drückt, nicht jedoch auf den gesamten ersten Bonddrahtabschnitt (**312**).

2. Leistungshalbleitermodul gemäß Anspruch 1, bei dem der Abstand zwischen dem Anpresselement (**4**) und der ersten elektrischen Kontaktfläche (**11a**) größer ist als jede der Dicken, die der Bonddraht (**3**) an der ersten Bondstelle (**31**) und der zweiten Bondstelle (**32**) jeweils senkrecht zur ersten Kontaktfläche (**11a**) aufweist.

3. Leistungshalbleitermodul gemäß Anspruch 1 oder 2, bei dem das Anpresselement (**4**) den ersten Bonddrahtabschnitt (**312**) zumindest bei wirkender Anpresskraft (F) kontaktiert.

4. Leistungshalbleitermodul gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, das ein Gehäuse (**5**) mit einem Gehäuserahmen (**51**) aufweist, sowie einen Gehäusedeckel (**51**), der mit dem Anpresselement (**4**) verbunden ist oder der das Anpresselement (**4**) bildet.

5. Leistungshalbleitermodul gemäß Anspruch 4, bei dem das Anpresselement (**4**) mittels wenigstens eines Federelementes (**6**) mit dem Gehäuserahmen (**51**) und/oder mit dem Gehäusedeckel (**52**) gekoppelt ist.

6. Leistungshalbleitermodul gemäß Anspruch 5 mit einem Federelement (**6**), das durch eine Stelle gegeben ist, in dem die Dicke des Gehäusedeckels (**52**) lokal reduziert ist.

7. Leistungshalbleitermodul gemäß Anspruch 5 oder 6 mit einem Federelement (**6**), das als Druckfeder ausgebildet ist, welche zwischen dem Anpresselement (**4**) und dem Gehäusedeckel (**52**) angeordnet ist.

8. Leistungshalbleitermodul gemäß einem der Ansprüche 5 bis 7 mit einem Federelement (**6**), das zwischen dem Gehäusedeckel (**52**) und dem Gehäuserahmen (**51**) angeordnet ist und das eine Rückstellkraft erzeugt, wenn der Gehäusedeckel (**52**) relativ zum Gehäuserahmen (**51**) vom Substrat (**2**) weg-

bewegt wird.

9. Leistungshalbleitermodul gemäß einem der Ansprüche 5 bis 8, bei dem der Gehäuserahmen (**51**) einen Gehäuseaußenrahmen (**51a**) und einen in diesem angeordneten Gehäuseinnenrahmen (**51i**) umfasst.

10. Leistungshalbleitermodul gemäß Anspruch 9, bei dem der Gehäuseaußenrahmen (**51a**) relativ zum Gehäuseinnenrahmen (**51i**) in einer Richtung senkrecht zum Substrat (**2**) beweglich ist.

11. Leistungshalbleitermodul gemäß Anspruch 9 oder 10, bei dem der Gehäuseinnenrahmen (**51i**) fest mit dem Substrat (**2**) verbunden ist

12. Leistungshalbleitermodul gemäß einem der Ansprüche 4 bis 11 mit einer Weichvergussmasse (**7**), die innerhalb des Gehäuserahmens (**51**) und, sofern ein Gehäuseinnenrahmen (**51i**) vorhanden ist, nur innerhalb des Gehäuseinnenrahmens (**51i**) angeordnet ist.

13. Leistungshalbleitermodul gemäß Anspruch 12, bei dem die Weichvergussmasse (**7**) ein Silikon-gel ist.

14. Leistungshalbleitermodul gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem das Anpresselement (**4**) als Druckstempel ausgebildet ist.

15. Leistungshalbleitermodul gemäß einem der Ansprüche 1 bis 14, bei dem das Anpresselement (**4**) als Druckplatte ausgebildet ist.

16. Leistungshalbleitermodul gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem der Bonddraht (**3**) außerhalb von Bondstellen (**31, 32, 33, 34**) einen kreisförmigen Querschnitt mit einem Durchmesser von mehr als 300 µm aufweist.

17. Leistungshalbleitermodul gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem der Bonddraht (**3**) außerhalb von Bondstellen (**31, 32, 33, 34**) einen kreisförmigen Querschnitt mit einem Durchmesser von kleiner 1 mm aufweist.

18. Leistungshalbleitermodul gemäß einem der Ansprüche 1 bis 15, bei dem der Bonddraht (**3**) als flaches Bändchen ausgebildet ist.

19. Leistungshalbleitermodul gemäß Anspruch 18, bei dem das Bändchen eine Querschnittsfläche mit einer Breite von 1 mm bis 10 mm und/oder mit einer Dicke von 0,1 mm bis 2 mm aufweist.

20. Leistungshalbleitermodul gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem der Bonddraht (**3**) aus Aluminium (Al), Aluminiummagnesium

(AlMg), Aluminiumkupfer (AlCu) oder Kupfer (Cu) besteht oder zumindest eines dieser Materialien aufweist.

21. Leistungshalbleitermodul gemäß Anspruch 20, bei dem der Bonddraht (**3**) zu wenigstens 99,99% aus Aluminium oder Kupfer besteht.

22. Leistungshalbleitermodul gemäß Anspruch 20, bei dem der Bonddraht (**3**) eine Aluminiummagnesiumlegierung (AlMg) mit einer Beimischung von 0,1 Gew.-% bis 1, Gew.-%, Magnesium (Mg) aufweist.

23. Leistungshalbleitermodul gemäß Anspruch 20, bei dem der Bonddraht (**3**) überwiegend aus Kupfer besteht, dem Silber (Ag) beigemischt ist.

24. Leistungshalbleitermodul gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem das Anpresselement (**4**) an seinem dem ersten Bonddrahtabschnitt (**312**) zugewandten Ende ein elastisches Krafteinleitungselement (**41**) aufweist, an dem das Anpresselement (**4**) den Bonddraht (**3**) kontaktiert.

25. Leistungshalbleitermodul gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem das Anpresselement (**4**) zumindest an seinem dem Substrat (**2**) zugewandten Ende bis zu einer Temperatur von 180°C warmverformungsfest ist.

26. Leistungshalbleitermodul gemäß Anspruch 25, bei dem das Anpresselement (**4**) an seinem dem Substrat (**2**) zugewandten Ende ein hochtemperaturfestes Krafteinleitungselement (**41**) aufweist.

27. Leistungshalbleitermodul gemäß Anspruch 26, bei dem das hochtemperaturfeste Krafteinleitungselement (**41**) aus Silikonkautschuk oder Keramik gebildet ist.

28. Leistungshalbleitermodul gemäß Anspruch 26 oder 27, bei dem das hochtemperaturfeste Krafteinleitungselement (**41**) bis zu einer Temperatur von 240°C warmverformungsfest ist.

29. Leistungshalbleitermodul gemäß einem der vorangehenden Ansprüche mit wenigstens einer Befestigungsöffnung (**81**) mittels der es mit einem Kühlkörper (**200**) verbindbar ist.

30. Leistungshalbleitermodul gemäß Anspruch 29, bei der eine der wenigstens einen Befestigungsöffnung (**81**) das Substrat (**2**) in einer Richtung senkrecht zum Substrat (**2**) vollständig durchdringt.

31. Leistungshalbleitermodul gemäß einem der Ansprüche 29 oder 30 mit genau einer Befestigungsöffnung (**81**).

32. Leistungshalbleitermodul gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem der Bonddraht (3) zwischen der ersten Bondstelle (31) und der zweiten Bondstelle (32) keine weitere Bondstelle aufweist.

33. Leistungshalbleitermodulanordnung mit einem Leistungshalbleitermodul (100) gemäß einem der vorangehenden Ansprüche und einem damit verbundenen Kühlkörper (200), der auf der dem Leistungshalbleiterchip (1) abgewandten Seite des Substrates (2) angeordnet ist, wobei das Anpresselement (4) eine Anpresskraft auf die erste elektrische Kontaktfläche (11a) ausübt, die den Leistungshalbleiterchip (1) und das Substrat (2) gegen den Kühlkörper (200) presst, wobei das Anpresselement (4) nur auf einen Teilabschnitt (36) des ersten Bonddrahtabschnittes (312) drückt, nicht jedoch auf den gesamten ersten Bonddrahtabschnitt (312).

34. Leistungshalbleitermodulanordnung gemäß Anspruch 33 mit einem zwischen dem Kühlkörper (200) und dem Substrat (2) angeordneten Wärmeleitmittel (201).

35. Leistungshalbleitermodulanordnung gemäß einem der Ansprüche 33 oder 34 mit einem Andruckelement (204), das auf der dem Kühlkörper (200) abgewandten Seite des Leistungshalbleitermoduls (100) angeordnet ist, sowie mit einem Verbindungsmittel (203), das das Andruckelement (204), das Leistungshalbleitermodul (100) und den Kühlkörper (200) fest miteinander verbindet, wobei das Andruckelement (204) eine Kraft auf das Anpresselement (4) ausübt und dadurch die Anpresskraft erzeugt.

36. Leistungshalbleitermodulanordnung gemäß Anspruch 35, bei der das Andruckelement (204) und das Anpresselement (4) mittels eines Kopplungselementes (205) elastisch gekoppelt sind.

37. Leistungshalbleitermodulanordnung gemäß Anspruch 35 oder 36 mit einer Leiterplatte (202), die zwischen dem Andruckelement (204) und dem Leistungshalbleitermodul (100) angeordnet ist.

38. Verfahren zur Herstellung einer Leistungshalbleitermodulanordnung gemäß einem der Ansprüche 33 bis 37 mit den Schritten:

- Bereitstellen eines Leistungshalbleitermoduls (100) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 32;
- Bereitstellen eines Kühlkörpers (200);
- Verbinden des Leistungshalbleitermoduls (100) mit dem Kühlkörper (200), wobei durch das Verbinden eine auf die erste elektrische Kontaktfläche (11a) wirkende Anpresskraft (F) entsteht, mit der das Anpresselement (4) nur auf einen Teilabschnitt (36) des ersten Bonddrahtabschnittes (312), nicht jedoch auf den gesamten ersten Bonddrahtabschnitt (312) drückt, und durch die der Leistungshalbleiterchip (1) und das

Substrat (2) gegen den Kühlkörper (200) gepresst werden.

39. Verfahren gemäß Anspruch 38, bei dem der erste Bonddrahtabschnitt (312) des Bonddrahtes (3) eine Schleife bildet, die beim Verbinden des Leistungshalbleitermoduls (100) mit dem Kühlkörper (200) durch die Auswirkung der Anpresskraft in Richtung der erste elektrische Kontaktfläche (11a) flach gedrückt wird.

Es folgen 10 Blatt Zeichnungen

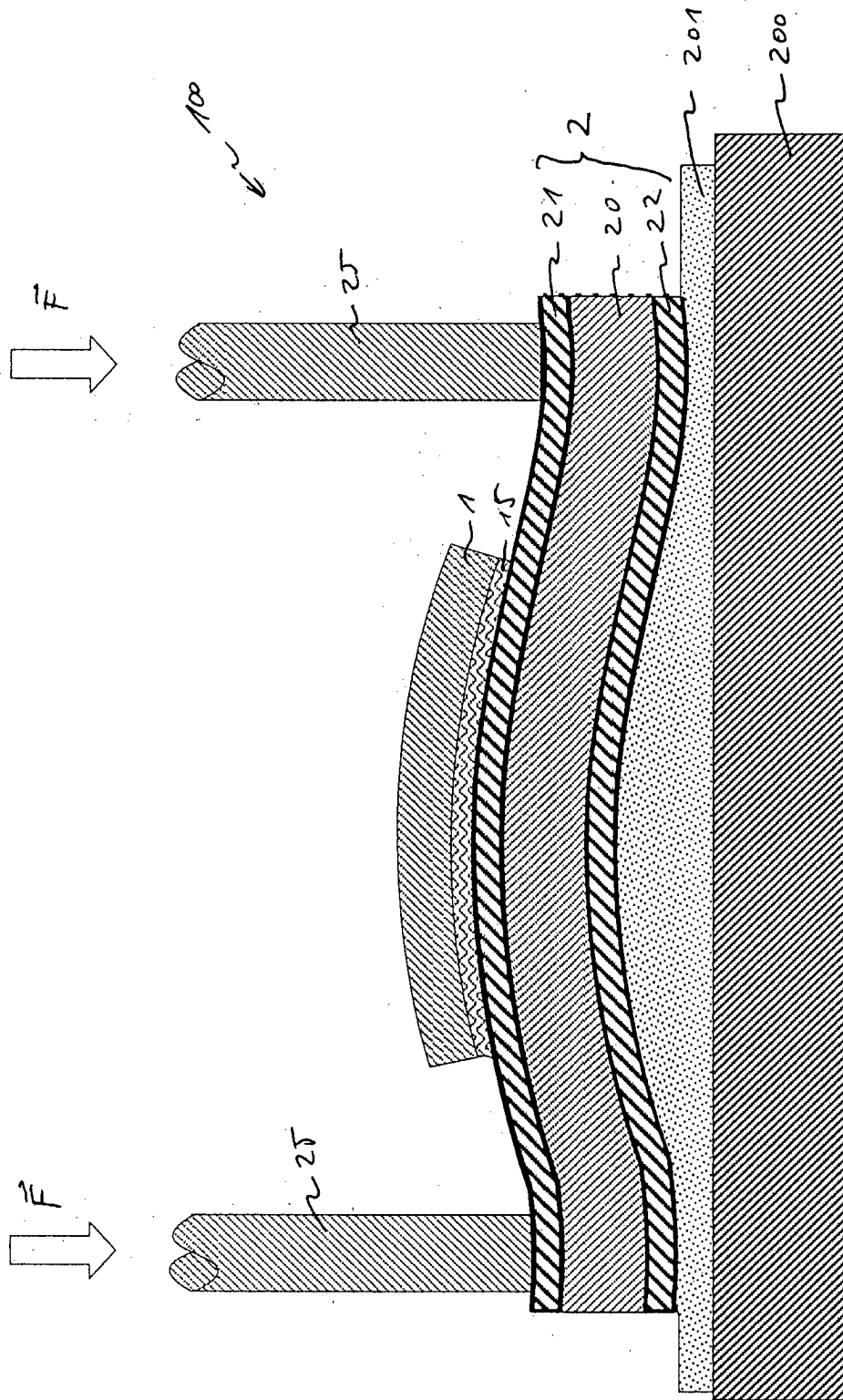


FIG. 1 (Stand der Technik)

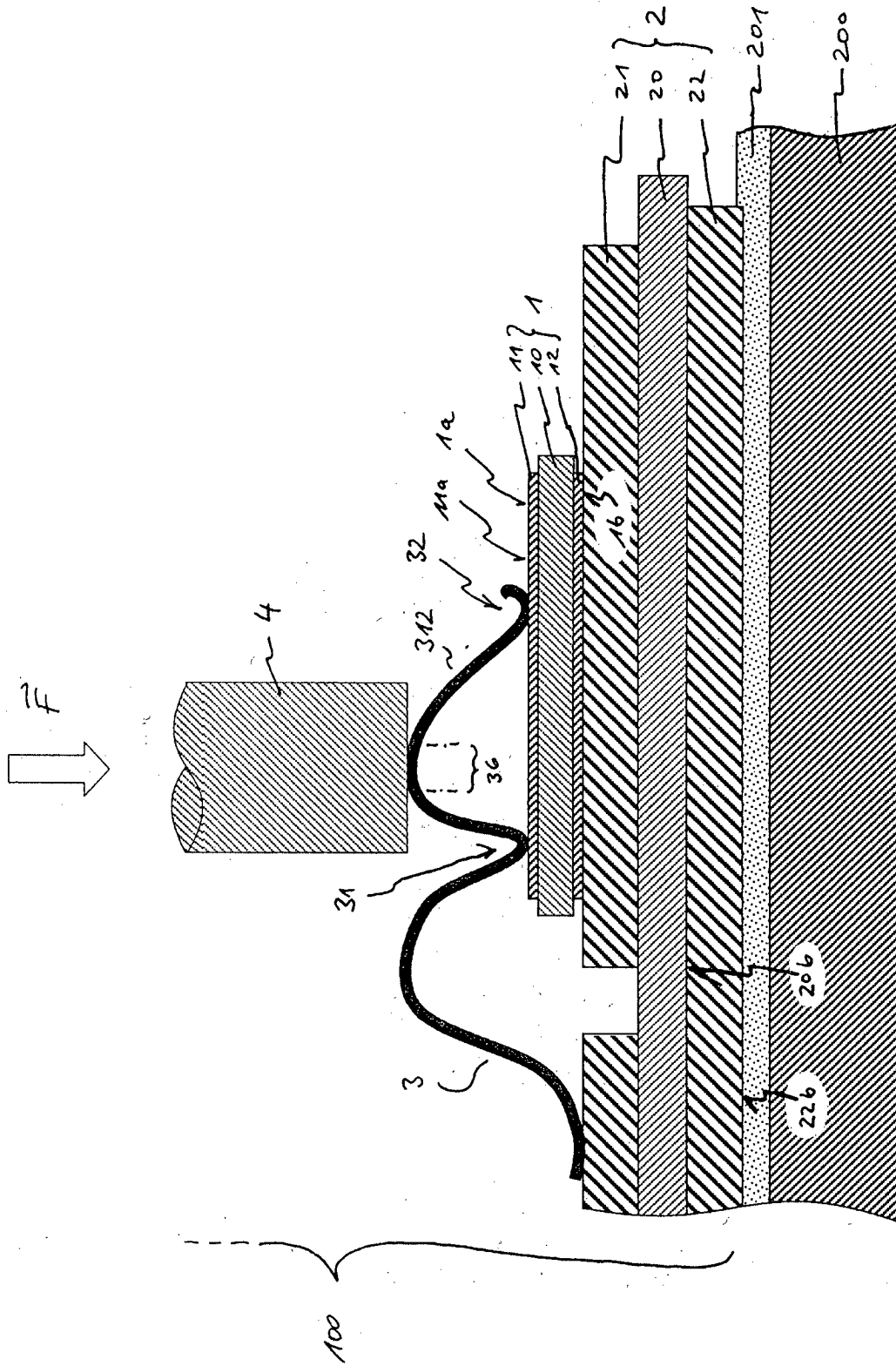


FIG. 2

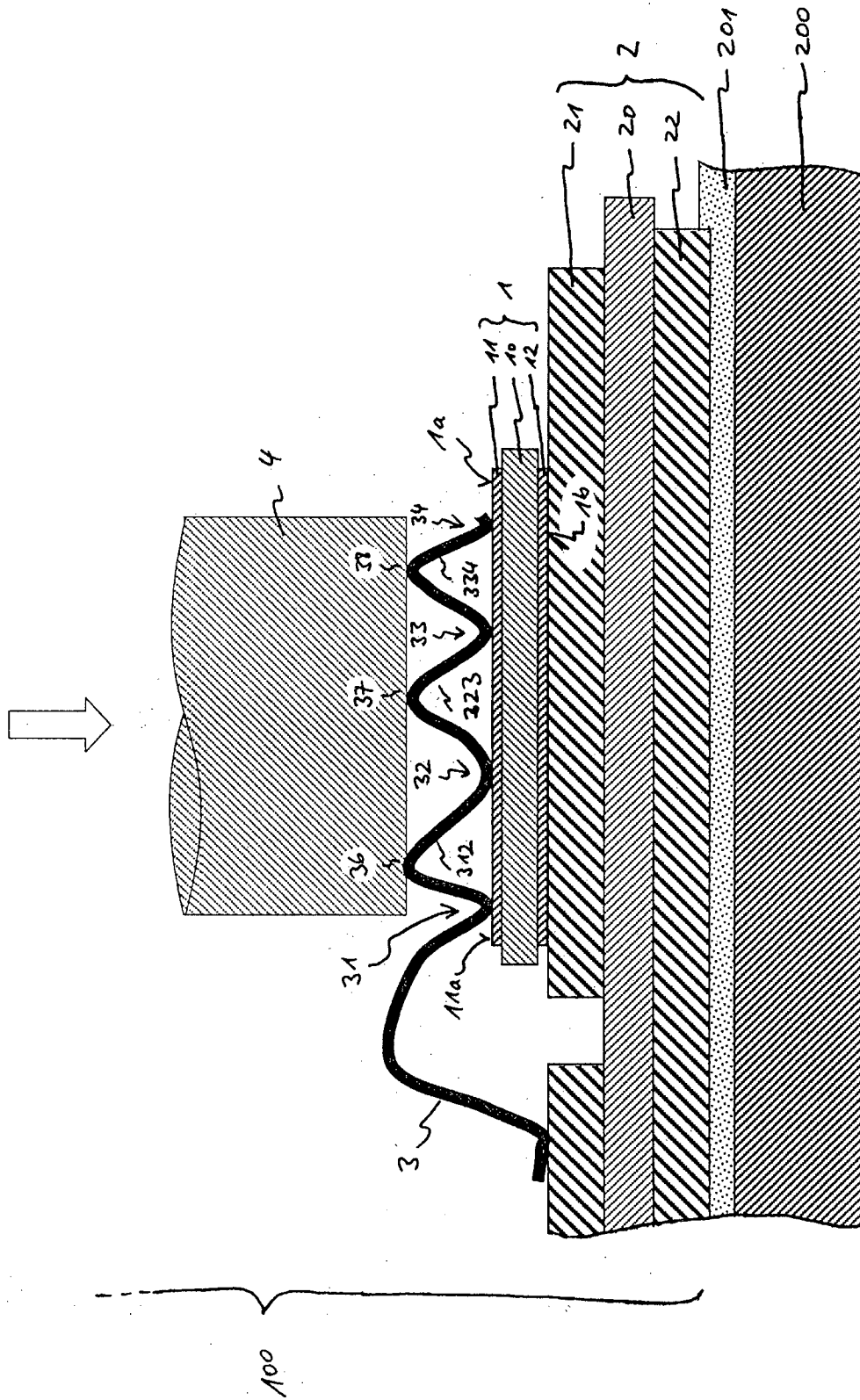


FIG. 3

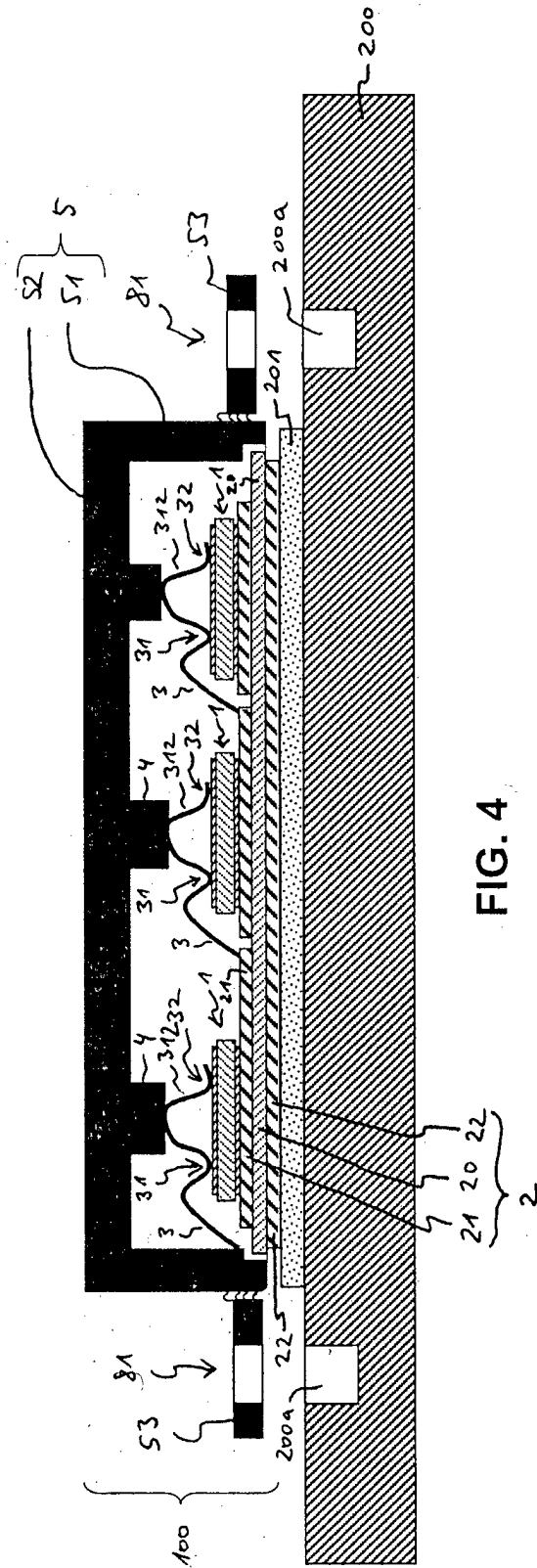


FIG. 4

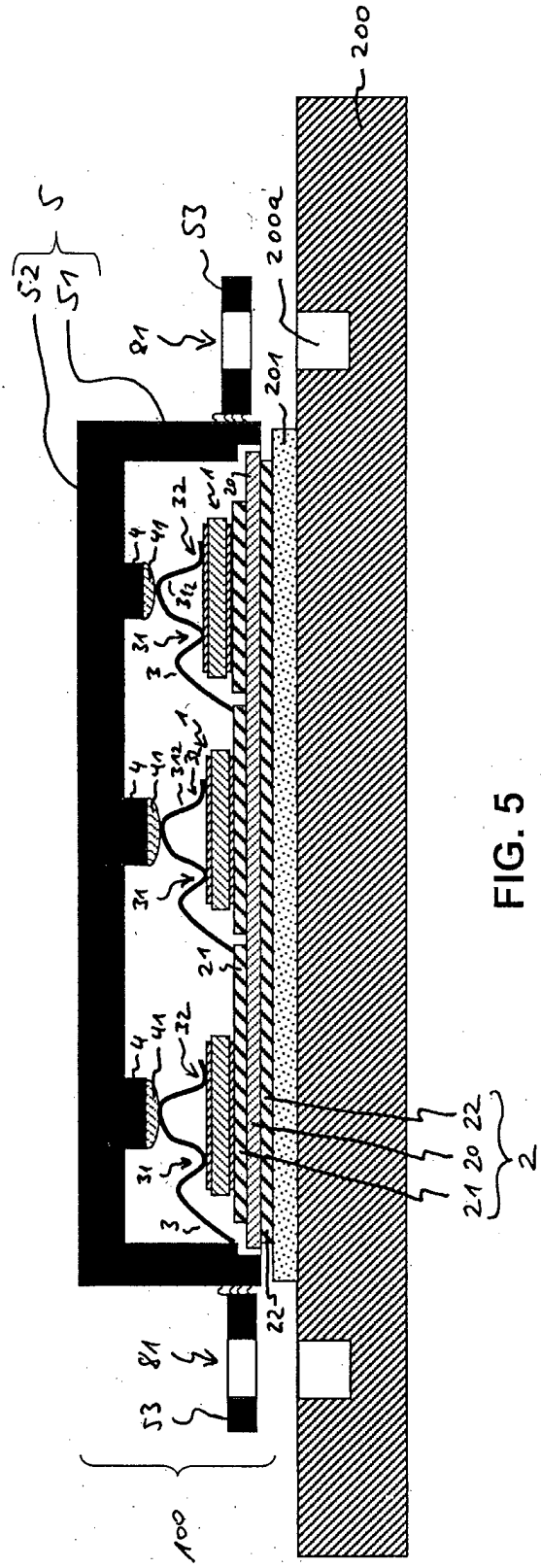


FIG. 5

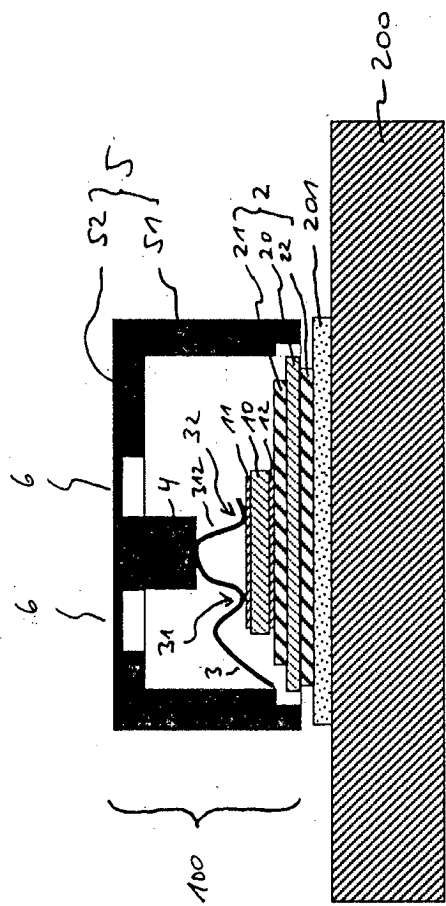


FIG. 6

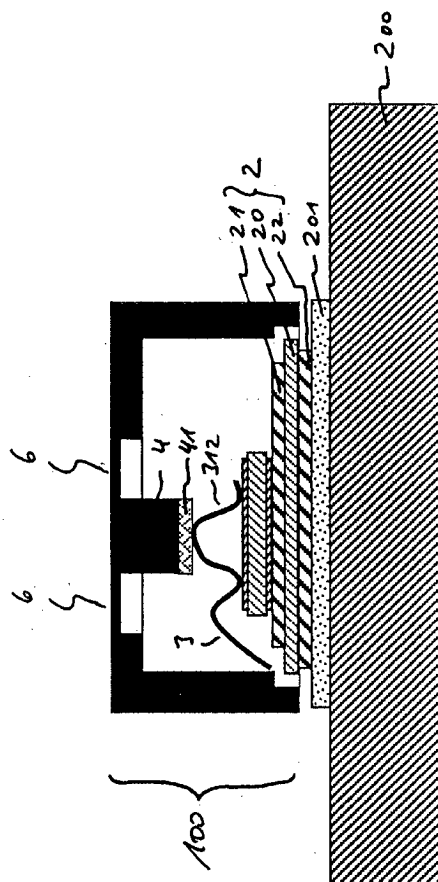


FIG. 7

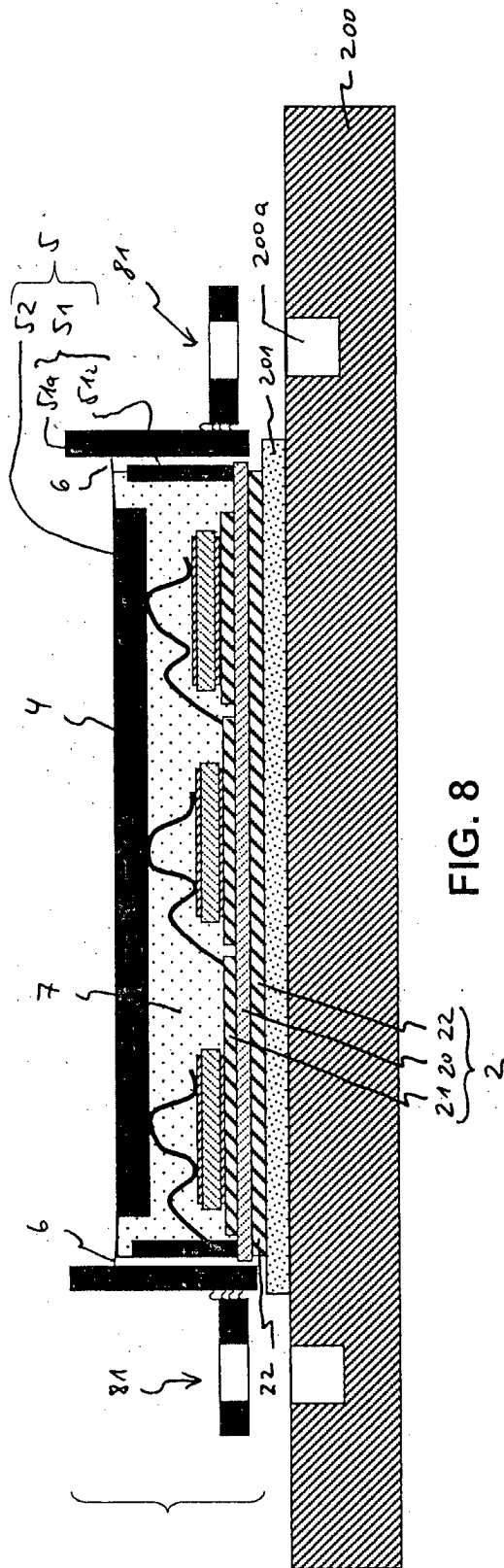


FIG. 8

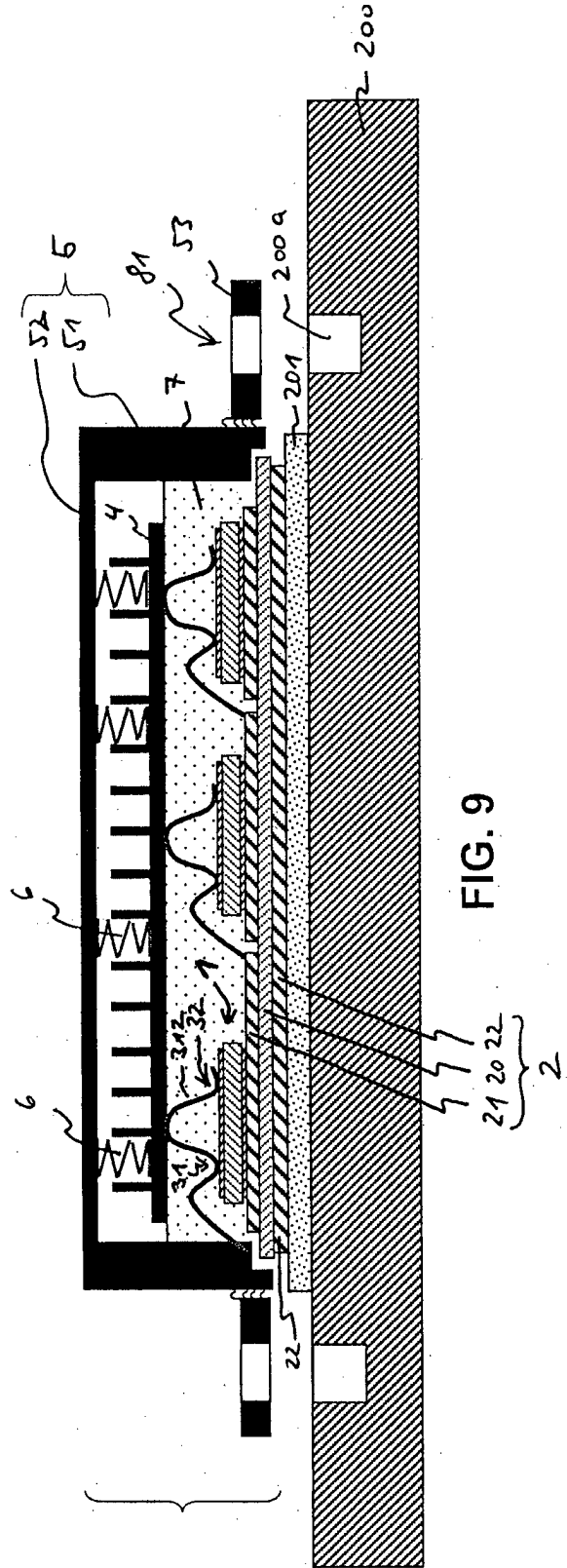


FIG. 9

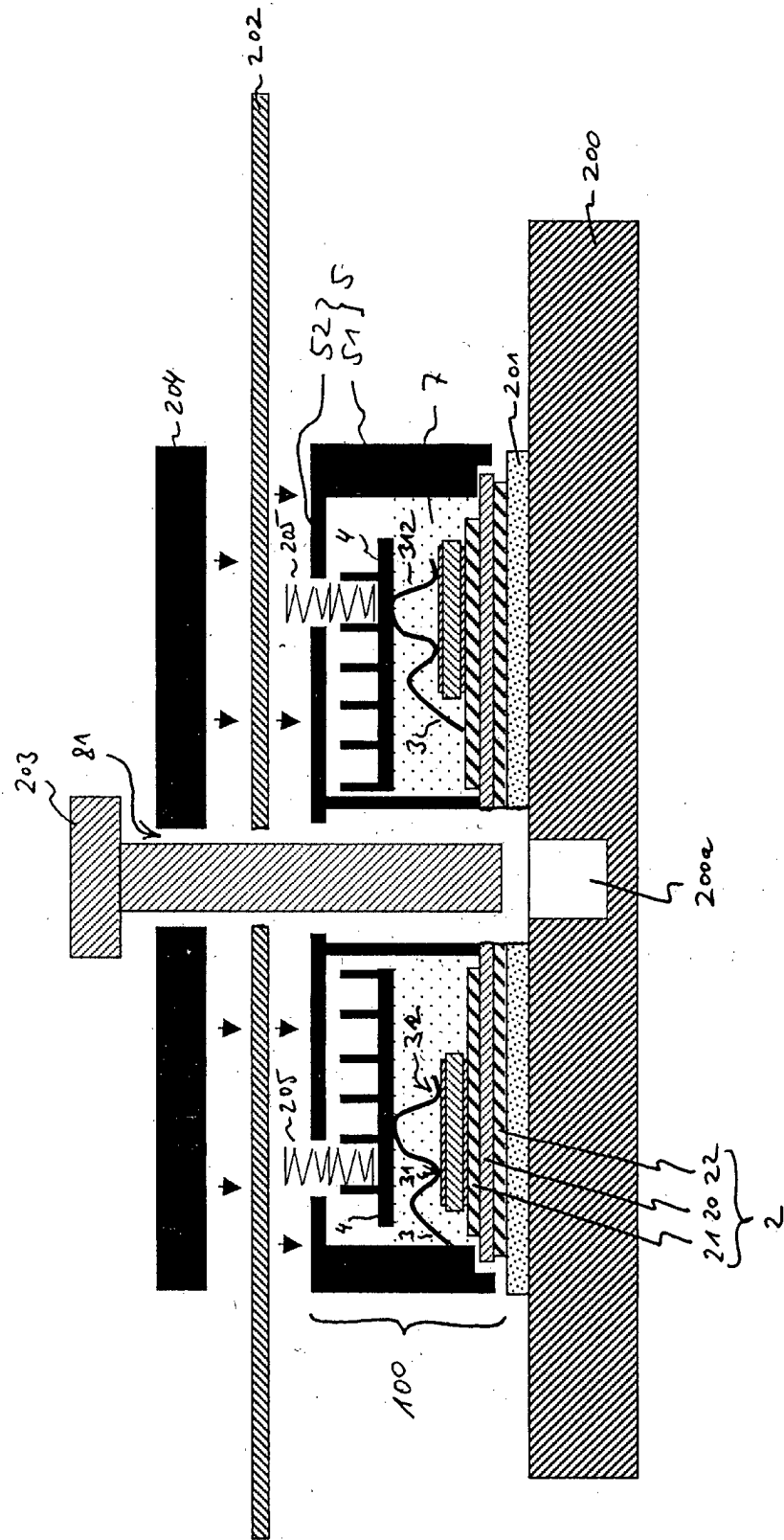


FIG. 10

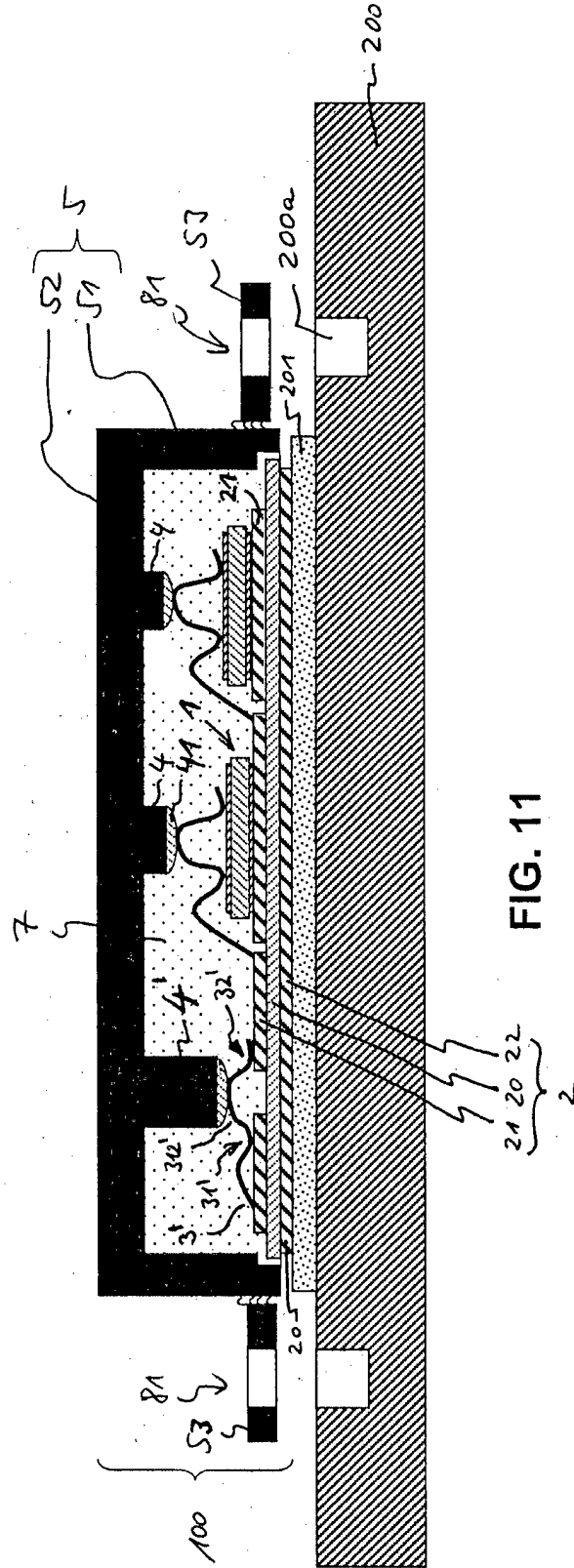


FIG. 11

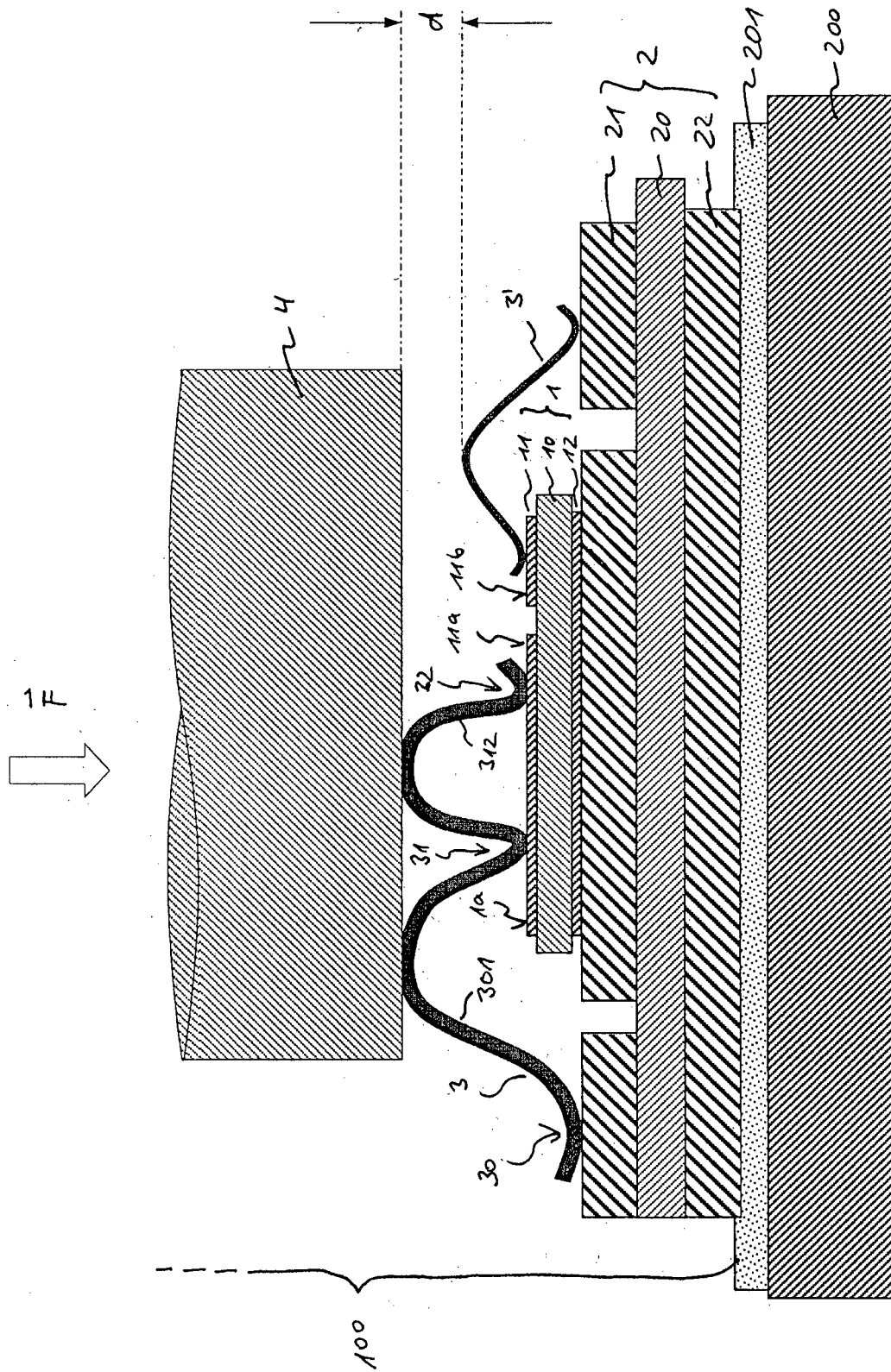


FIG. 12

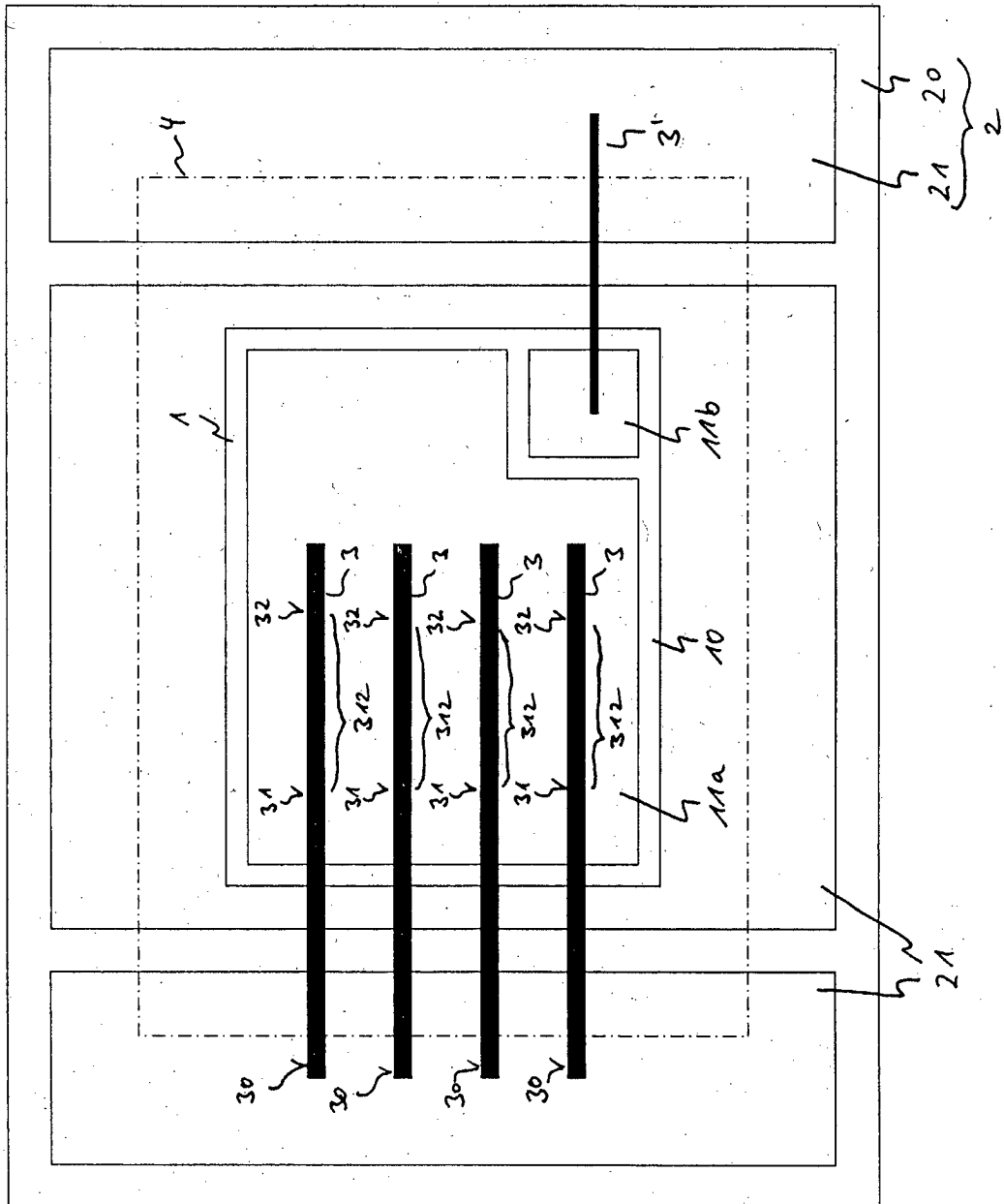


FIG. 13