



(10) **DE 10 2006 045 939 B4** 2021.06.02

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2006 045 939.3**
 (22) Anmeldetag: **28.09.2006**
 (43) Offenlegungstag: **10.04.2008**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **02.06.2021**

(51) Int Cl.: **H01L 23/13 (2006.01)**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Infineon Technologies AG, 81669 München, DE

(74) Vertreter:
**Westphal, Mussgnug & Partner Patentanwälte mit
beschränkter Berufshaftung, 81541 München, DE**

(72) Erfinder:
**Tschirbs, Roman, 59494 Soest, DE; Bayerer,
Reinhold, Dr., 59581 Warstein, DE**

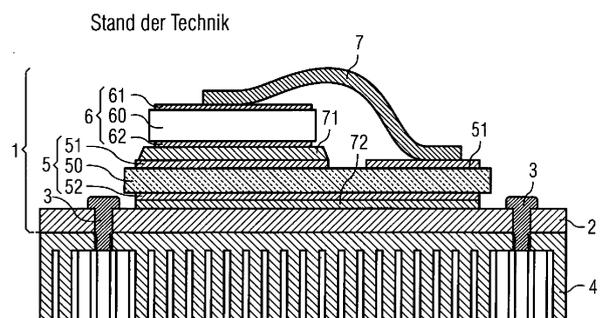
(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	40 04 844	C1
DE	197 07 514	A1
US	6 261 703	B1
US	6 844 621	B2
US	5 602 720	A
WO	01/ 08 219	A1
JP	H07- 202 088	A

(54) Bezeichnung: **Leistungshalbleitermodul mit verbesserter Temperaturwechselstabilität**

(57) Hauptanspruch: Leistungshalbleitermodul mit einer Bodenplatte (2) und einem Schaltungsträger (5), der mittels einer Verbindungsschicht (72) mit der Bodenplatte (2) fest verbunden ist, wobei die Bodenplatte (2)

- eine Verbindungsfläche (2b) aufweist, die durch eine gemeinsame Grenzfläche zwischen der Verbindungsschicht (72) und der Bodenplatte (2) gegeben ist,
- jeweils eine in einem von vier Eckbereichen der Bodenplatte (2) angeordnete Befestigungsstelle (3) für Befestigungsmittel (8) umfasst, mittels der die Bodenplatte (2) mit einem Kühlkörper (4) kraftschlüssig verbindbar ist, sowie
- einen Einschnitt (9) aufweist, der in einer lateralen Richtung (r1, r2) zwischen jeder der Befestigungsstellen (3) und der Verbindungsfläche (2b) angeordnet ist und der sich ausgehend von der dem Schaltungsträger (5) zugewandten Seite (2a) der Bodenplatte (2) in diese hinein erstreckt, wobei der Einschnitt (9) ringförmig geschlossen um die Verbindungsfläche (2b) herum angeordnet ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Leistungshalbleitermodul. Leistungshalbleitermodule enthalten mindestens 2 oder mehrere Halbleiterchips, die in der Regel auf einem Schaltungsträger angeordnet sind. Ein oder mehrere derart bestückter Schaltungsträger werden wiederum fest mit einer Bodenplatte verbunden.

[0002] Ein Ausführungsbeispiel eines solchen Leistungshalbleitermoduls gemäß dem Stand der Technik zeigt **Fig. 1**.

[0003] Das Leistungshalbleitermodul **1** zeigt einen Halbleiterchip **6** mit einem Halbleiterkörper **60**, der auf zwei gegenüberliegenden Seiten mit Metallisierungen **61**, **62** versehen ist. Die erste Metallisierung **61** ist in der Regel strukturiert und zumindest in Steuer- und Laststromkontakte aufgeteilt. Weiterhin umfasst das Leistungshalbleitermodul **1** einen Schaltungsträger **5** mit einem dielektrischen Träger **50**, der auf einer Seite mit einer strukturierten ersten Metallisierungsschicht **51** und auf der gegenüberliegenden Seite mit einer zweiten Metallisierungsschicht **52** versehen ist.

[0004] Der Halbleiterchip **6** ist mit seiner Metallisierung **62** mittels einer elektrisch leitenden Verbindungsschicht **71**, z.B. einer Lotschicht oder einer druckgesinterten NTV-Schicht (NTV = Niedertemperaturverbindung), wie sie beispielsweise in der EP 0 242626 B1 beschrieben ist, mit einem Abschnitt der strukturierten Metallisierung **51** des Schaltungsträgers **5** verbunden.

[0005] Des Weiteren ist die erste Metallisierung **61** des Halbleiterchips **6** mittels Bonddrähten **7** mit einem weiteren Abschnitt der strukturierten Metallisierungsschicht **51** des Schaltungsträgers **5** verbunden. Alternativ zur einer Bondverbindung können beispielsweise auch Metallclips vorgesehen sein, die mittels einer Löt- oder einer Niedertemperaturverbindung mit der ersten Metallisierung **61** verbunden sind.

[0006] Der Schaltungsträger **5** dient zum Einen der elektrischen Verschaltung eines oder mehrerer darauf angeordneter Halbleiterchips **6**, zum Anderen wird darüber die in dem Halbleiterchip **6** anfallende Verlustwärme abgeleitet. Hieraus ergibt sich die Notwendigkeit, für den Schaltungsträger **5** gut wärmeleitende Materialien zu verwenden.

[0007] Um die Temperaturwechselstabilität der ersten Lotschicht **71** zu erhöhen ist es vorteilhaft, wenn sich die Wärmeausdehnungskoeffizienten des Schaltungsträgers **5** und des Halbleiterchips **6** möglichst wenig unterscheiden. Da der Wärmeausdehnungskoeffizient des Halbleiterchips **6** im Wesentlichen durch den geringen Wärmeausdehnungskoeffizien-

ten des Halbleiterkörpers **60** bestimmt ist, werden als Schaltungsträger **5** üblicherweise DCB-Substrate (DCB = Direct Copper Bonding), DAB-Substrate (DAB = Direct Aluminium Bonding) oder AMB-Substrate (AMB = Active Metall Brazed) eingesetzt, da diese ebenfalls einen geringen Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweisen.

[0008] Zwei oder mehr derart bestückter Schaltungsträger **5** sind mittels einer zweiten Verbindungsschicht **72** an Ihrer zweiten Metallisierungsschicht **52** fest mit einer Bodenplatte **2** verbunden. Derartige Bodenplatten können beispielsweise ganz oder teilweise aus einem Metall wie z.B. Kupfer oder Aluminium bestehen und weisen daher einen Wärmeausdehnungskoeffizienten auf, der sich vom Wärmeausdehnungskoeffizienten des Schaltungsträgers **5** verhältnismäßig stark unterscheidet.

[0009] Da die in dem Halbleiterchip **6** anfallende Wärme über die Schaltungsträger **5**, die zweite Verbindungsschicht **72** und die Bodenplatte **2** auf einen mit dem Leistungshalbleitermodul **1** verbindbaren Kühlkörper **4** abgeführt wird, kommt es beim Betrieb des Leistungshalbleitermoduls **1** im Fall häufiger Temperaturwechsel zu einer starken Temperaturwechselbelastung insbesondere in der zweiten Verbindungsschicht **72**.

[0010] Infolge der unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten der Bodenplatte **2** und des Schaltungsträgers **5** wirken in der zweiten Verbindungsschicht **72** von-Mises-Spannungen, die die zweite Verbindungsschicht **72** belasten. Hierdurch kann in der zweiten Verbindungsschicht **72** abhängig von der Anzahl durchlaufener Temperaturzyklen sowie von den auftretenden Temperaturdifferenzen eine Rissbildung einsetzen, wodurch sich die Wärmeableitung vom Halbleiterchip **6** in Richtung des Kühlkörpers **4** verschlechtert. Dies wiederum bewirkt eine Erhöhung der Temperatur im Halbleiterchip **6**, wodurch die zweite Verbindungsschicht **72** noch stärker belastet wird.

[0011] Eine weitere Belastung der zweiten Verbindungsschicht **72** entsteht durch mechanische Spannungen, welche an Befestigungsstellen **3** zur Befestigung der Bodenplatte **2** und damit des Leistungshalbleitermoduls **1** an einem Kühlkörper **4** auftreten.

[0012] **Fig. 2** zeigt eine perspektivische Ansicht eines Viertelmodells einer Bodenplatte **2**, die in diesem Beispiel mit 2 Schaltungsträgern bestückt ist, gemäß dem Stand der Technik, mit der mittels einer Verbindungsschicht **72** ein Schaltungsträger **5** fest verbunden ist.

[0013] Im Bereich einer äußeren Ecke der Bodenplatte **2** ist eine als durchgehende Öffnung ausgebildete Befestigungsstelle **3** vorgesehen, mittels der die

Bodenplatte **2** an einem Kühlkörper befestigt werden kann.

[0014] Besonders problematisch ist dabei die Stabilität der Verbindungsschicht **72** in deren im Bereich der Außenecken 5a der Schaltungsträger **5** gelegenen Abschnitte **72a**. Als Außenecke 5a des Schaltungsträgers **5** wird dabei eine Ecke verstanden, zu der benachbart kein anderer Schaltungsträger angeordnet ist.

[0015] Ebenfalls problematisch ist die Temperaturwechselstabilität der zweiten Verbindungsschicht **72** in deren im Bereich der Innenecken 5b des Schaltungsträgers **5** angeordneten Abschnitte **72b**. Als Innenecke 5b eines Schaltungsträgers **5** wird dabei eine Ecke verstanden, in deren Nachbarschaft ein anderer Schaltungsträger **5** angeordnet ist.

[0016] Die **Fig. 3a** und **Fig. 3b** zeigen die von-Mises-Spannungen - auf der der Bodenplatte **2** (**Fig. 3a**) bzw. der dem Substrat **5** (**Fig. 3b**) zugewandten Seite der zweiten Verbindungsschicht **72** gemäß den **Fig. 1** und **Fig. 2**.

[0017] Daraus ist ersichtlich, dass unterhalb der Außenecken 5a in Bereichen **72a** der zweiten Verbindungsschicht **72** und unterhalb der Innenecken 5b in Bereichen **72b** der zweiten Verbindungsschicht **72** Spitzen der Von-Mises-Spannungen auftreten.

[0018] Aufgrund der damit verbundenen Rissbildung kommt es beim Betrieb des Leistungshalbleitermoduls **1** zu einer fortschreitenden Delamination des Schaltungsträgers **5** von der Bodenplatte **2**. Die Delamination beginnt im Bereich der Abschnitte **72a**, **72b** der zweiten Verbindungsschicht **72** wegen der dort auftretenden Spitzenwerte der von-Mises-Spannungen.

[0019] **Fig. 4** zeigt derartige Delaminationseffekte anhand von Ultraschalluntersuchungen am Beispiel eines Leistungshalbleitermoduls, auf dessen Bodenplatte vier Schaltungsträger aufgelötet sind, nach 200 (**Fig. 4a**), 1000 (**Fig. 4b**), 2000 (**Fig. 4c**) bzw. 4000 (**Fig. 4d**) Temperaturzyklen. Die Stellen, an denen die Delamination auftritt, sind in den **Fig. 4a** bis **Fig. 4d** dunkel dargestellt und mit dem Bezugszeichen **72c** gekennzeichnet.

[0020] In **Fig. 4** ist erkennbar, dass die Delamination in den Eckbereichen **72a**, **72b** einsetzt (siehe insbesondere **Fig. 4b**) und sich mit zunehmender Zahl von Temperaturzyklen zur Mitte der jeweiligen Schaltungsträger hin ausbreitet.

[0021] **Fig. 5** zeigt den Verlauf der von-Mises-Spannungen σ auf der der Bodenplatte zugewandten Seite der zweiten Verbindungsschicht im Bereich einer

Außenecke **72a**, an der die von-Mises-Spannungen einen Maximalwert von 26,7 MPa aufweisen.

[0022] In **Fig. 6** ist ein Querschnitt durch ein Leistungshalbleitermodul im Bereich der Grenzfläche zwischen der zweiten Metallisierungsschicht **52** des dielektrischen Trägers und der zweiten Verbindungsschicht **72** im Querschnitt dargestellt. Daraus ist ersichtlich, dass die zweite Verbindungsschicht **72** im Bereich ihrer der zweiten Metallisierungsschicht **52** zugewandten Seite einen Riss **72c** aufweist.

[0023] Aus der WO 01/08219 A1 ist ein Halbleitermodul mit einer Bodenplatte bekannt, auf der mehrere jeweils mit einem Halbleiterbauelement bestückte Keramiksubstrate angeordnet sind. Um mechanische Spannungen zwischen den Keramiksubstraten und der Bodenplatte zu verringern, weist die Bodenplatte schlitzartige durchgehende Ausnehmungen auf, die zwischen benachbarten Keramiksubstraten angeordnet sind.

[0024] Eine entsprechende Anordnung ist auch aus der DE 197 07 514 A1 bekannt, wobei jedoch anstelle von durchgehenden Ausnehmungen grabenartige Vertiefungen in der Bodenplatte vorgesehen sind.

[0025] Aus der US 6 261 703 B1 ist es bekannt, in einer Leiterschicht, auf die auf einander gegenüberliegenden Seiten jeweils zunächst eine Zwischenschicht gefolgt von einem Keramiksubstrat aufgebracht ist, eine grabenartige Vertiefung vorzusehen, die als geschlossener Ring ausgebildet ist und die entlang des Randbereichs einer der Verbindungsschichten verläuft.

[0026] Die US 6 844 621 B2 beschreibt ein Keramiksubstrat, das auf einander gegenüberliegenden Seiten mit Metallisierungen versehen ist. Die Metallisierung ist dabei im Eckbereich des Substrats angefasst.

[0027] Die US 5 602 720 A zeigt eine Anordnung mit einer Basisplatte, die zwei Rillen umfasst, zwischen denen ein inselartiger Abschnitt ausgebildet ist. Auf dem inselartigen Abschnitt sind aufeinander folgend ein Kühlkörper, eine Keramikplatte sowie Halbleiterbauelemente angeordnet. Zu ihrer Befestigung weist die Basisplatte zwei U-förmige Einbuchtungen auf.

[0028] Die Druckschrift JP H07-202 088 A offenbart ein Halbleiterbauelement das mit einem Halbleitersubstrat verbunden ist. Das Halbleitersubstrat ist mit einer metallischen Bodenplatte verbunden, welche als Kühlkörper dient. Die Bodenplatte weist in den Eckbereichen Einkerbungen auf, um mechanischen Stress zu absorbieren.

[0029] Die Druckschrift DE 40 04 844 C1 offenbart ein Verfahren zum Herstellen einer strukturierten Kupfermetallisierung auf einem Keramiksubstrat, wo-

bei zunächst eine ganzflächige Kupferschicht durch Verbinden einer Kupferfolie mit dem Keramiksubstrat nach einem Direktverbindungsverfahren hergestellt wird und anschließend durch Maskieren und Ätzen der Kupferschicht die strukturierte Kupfermetallisierung hergestellt wird. Zur Verhinderung einer Rissbildung in der Keramik wird durch entsprechende Maskierung und Steuerung des Ätzprozesses eine Rundung von Ecken, eine dünne Ausführung des Randbereiches, eine Ausfransung der Kanten der Metallisierung und/oder eine Gliederung oder stellenweise Schwächung der Metallisierung vorgesehen.

[0030] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Leistungshalbleitermodul bereitzustellen, bei dem ein Schaltungsträger temperaturwechselstabil fest mit einer Bodenplatte verbunden ist.

[0031] Diese Aufgabe wird durch ein Leistungshalbleitermodul gemäß Patentanspruch 1 gelöst. Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung sind Gegenstand von Unteransprüchen.

[0032] Ein erfindungsgemäßes Leistungshalbleitermodul umfasst eine Bodenplatte und einen Schaltungsträger, der mittels einer Verbindungsschicht mit der Bodenplatte fest verbunden ist. Die Bodenplatte weist eine Verbindungsfläche auf, die durch eine gemeinsame Grenzfläche zwischen der Verbindungsschicht und der Bodenplatte gegeben ist, sowie jeweils in einem von vier Eckbereichen der Bodenplatte angeordnete Befestigungsstellen für Befestigungsmittel, mittels der die Bodenplatte mit einem Kühlkörper kraftschlüssig verbindbar ist. Um die insbesondere in der Verbindungsschicht wirkenden von-Mises-Spannungen zu reduzieren, ist ein Einschnitt vorgesehen, der in einer lateralen Richtung zwischen jeder der Befestigungsstellen und der Verbindungsfläche angeordnet ist und der sich ausgehend von der dem Schaltungsträger zugewandten Seite der Bodenplatte in die Bodenplatte hinein erstreckt, wobei der Einschnitt ringförmig geschlossen um die Verbindungsfläche herum angeordnet ist.

[0033] Der ringförmig geschlossene Einschnitt ist als nicht durchgehende Vertiefung der Bodenplatte ausgebildet und weist eine Tiefe von 1 mm oder mehr auf. Der Einschnitt kann beispielsweise eine Tiefe von wenigstens 30% der Dicke der Bodenplatte aufweisen.

[0034] Vorteilhaft wirkt sich ein solcher Einschnitt insbesondere dann aus, wenn er zwischen einer Befestigungsstelle und einer Stelle angeordnet ist, an der die Verbindungsfläche einen vorgegebenen Krümmungsradius aufweist, der geringer ist als ein vorgegebener Grenzwert, wobei der vorgegebene Grenzwert beispielsweise 10 mm betragen kann.

[0035] Die Breite des Einschnitts kann z.B. 10% bis 100% der Dicke der Bodenplatte oder 0,5 mm bis 5 mm betragen.

[0036] Um die auftretenden mechanischen Spannungen zuverlässig abzubauen, ist es vorteilhaft, den Abstand zwischen einer Verbindungsfläche und einem entsprechenden Einschnitt in der lateralen Richtung beispielsweise kleiner oder gleich 3 mm zu wählen.

[0037] Infolge der mit dem Einschnitt einhergehenden Verringerung der thermomechanischen Spannungen kann der Abstand zwischen einer Befestigungsstelle und einer Verbindungsfläche in der lateralen Richtung relativ klein, z.B. kleiner oder gleich 3 mm gewählt werden.

[0038] Um die thermomechanischen Spannungen der Befestigungsstellen zwischen dem Schaltungsträger und der Bodenplatte zu reduzieren, kann es zusätzlich vorgesehen sein, wenigstens eine Befestigungsstelle der Bodenplatte unterhalb eines Schaltungsträgers anzuordnen. Dabei kann die wenigstens eine Befestigungsstelle in einem Bereich angeordnet sein, in dem die Bodenplatte auf ihrer dem Schaltungsträger abgewandten Seite eine konkave Vorkrümmung aufweist.

[0039] Weiterhin kann die Bodenplatte auf ihrer dem Schaltungsträger abgewandten Seite zusätzlich oder alternativ auch eine konvexe Vorkrümmung aufweisen.

[0040] Bei allen erfindungsgemäßen Leistungshalbleitermodulen kann die Befestigungsstelle insbesondere als durchgehende Öffnung der Bodenplatte ausgebildet sein.

[0041] Ebenso kann eine Befestigungsstelle durch eine Stelle gegeben sein, an der die Bodenplatte lösbar oder unlösbar mit einem Bolzen verbunden ist oder an der sie einen als Befestigungselement ausgebildeten Vorsprung aufweist.

[0042] Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf Figuren näher erläutert. In den Figuren zeigen:

Fig. 1 einen Querschnitt durch ein an einem Kühlkörper befestigtes Leistungshalbleitermodul gemäß dem Stand der Technik,

Fig. 2 eine perspektivische Ansicht eines Viertelmodells einer Bodenplatte gemäß dem Stand der Technik, die mittels einer Verbindungsschicht mit einem Schaltungsträger fest verbunden ist,

Fig. 3 ein Kräfte diagramm mit von-Mises-Kräften, wie sie im Bereich der der Bodenplatte bzw. der dem Schaltungsträger zugewandten Grenz-

fläche der zweiten Verbindungsschicht der Anordnung gemäß **Fig. 2** auftreten,

Fig. 4 den Verlauf eines Delaminationsprozesses bei einem Leistungshalbleitermodul gemäß dem Stand der Technik in Abhängigkeit von der Zahl durchlaufener Temperaturwechselzyklen anhand von Ultraschalluntersuchungen,

Fig. 5 den Verlauf der von-Mises-Spannungen an der der Bodenplatte zugewandten Seite der zweiten Verbindungsschicht im Bereich einer Außenecke eines Schaltungsträgers gemäß dem Stand der Technik,

Fig. 6 einen Querschnitt durch einen randseitigen Abschnitt der zweiten Metallisierungsschicht eines Schaltungsträgers mit angrenzender Verbindungsschicht mit beginnender Rissbildung bei einem Leistungshalbleitermodul gemäß dem Stand der Technik,

Fig. 7 einen Querschnitt durch ein mit einem Kühlkörper verbundenes erfindungsgemäßes Leistungshalbleitermodul, bei dem zwischen einer Verbindungsfläche, die zwischen einer Verbindungsschicht und der Bodenplatte ausgebildet ist, und vier Befestigungsstellen zur Befestigung der Bodenplatte an einem Kühlkörper, ein ringförmig geschlossener Einschnitt vorgesehen ist, der sich ausgehend von der dem Schaltungsträger zugewandten Seite der Bodenplatte in die Bodenplatte hinein erstreckt, wobei die jeweilige Befestigungsstelle durch eine Schraube festgelegt ist, die in ein mit Innengewinde versehenes Sackloch des Kühlkörpers eingedreht ist,

Fig. 8 einen vergrößerten Ausschnitt der Anordnung gemäß **Fig. 7**, mit dem Unterschied, dass die Schraube in ein mit einem Innengewinde versehenes Sackloch des Kühlkörpers eingedreht ist,

Fig. 9 einen vergrößerten Ausschnitt eines erfindungsgemäßen Leistungshalbleitermoduls gemäß **Fig. 8** mit dem Unterschied, dass anstelle des Sackloches eine durchgehende Öffnung im Kühlkörper vorgesehen ist,

Fig. 10 einen vergrößerten Ausschnitt der Anordnung gemäß **Fig. 8** mit dem Unterschied, dass der Einschnitt als durchgehende Öffnung in der Bodenplatte ausgebildet ist, wobei eine solche Ausführung nicht unter den Anspruchswortlaut fällt,

Fig. 11 einen vergrößerten Ausschnitt der Anordnung gemäß **Fig. 9** mit dem Unterschied, dass der Einschnitt als durchgehende Öffnung in der Bodenplatte ausgebildet ist, wobei eine solche Ausführung nicht unter den Anspruchswortlaut fällt

Fig. 12 eine Draufsicht auf die Vorderseite einer Bodenplatte eines Leistungshalbleitermoduls, auf der vier Schaltungsträger angeordnet sind und die vier Befestigungslöcher aufweist, wobei zwischen jeweils einer Außenecke eines Schaltungsträgers und einer Befestigungsstelle ein Einschnitt in der Bodenplatte angeordnet ist,

Fig. 13 die Draufsicht auf die Bodenplatte eines Leistungshalbleitermoduls gemäß **Fig. 10**, bei dem die Bodenplatte zusätzliche Einschnitte aufweist, die im Bereich der Innenecken der Schaltungsträger angeordnet sind,

Fig. 14 eine Draufsicht auf Bodenplatte eines Leistungshalbleitermoduls mit drei mit einer Bodenplatte verbundenen Schaltungsträgern, bei im Bereich einer Innenecke bzw. im Bereich einer Außenecke mehrere Einschnitte voneinander beabstandet angeordnet sind,

Fig. 15 den Verlauf der von-Mises-Spannungen an der der Bodenplatte zugewandten Seite der zweiten Verbindungsschicht im Bereich einer Außenecke eines Schaltungsträgers entsprechend **Fig. 5**, jedoch bei einem Leistungshalbleitermodul, dessen Bodenplatte entsprechend der Anordnung gemäß **Fig. 12** mit einem Einschnitt versehen ist,

Fig. 16 eine Draufsicht auf die Bodenplatte eines Leistungshalbleitermoduls entsprechend **Fig. 12**, bei dem die Einschnitte länglich und gerade ausgebildet sind und unter Winkeln von größer als 0° und kleiner als 90° zu den Außenkanten der Schaltungsträger verlaufen,

Fig. 17 eine Draufsicht auf die Bodenplatte eines erfindungsgemäßen Leistungshalbleitermoduls mit mehreren auf einer Bodenplatte befestigten Schaltungsträgern, bei dem der Einschnitt in der Bodenplatte ringförmig ausgebildet um die Schaltungsträger herum angeordnet ist,

Fig. 18 eine perspektivische Ansicht eines Abschnittes einer mit bestückten Schaltungsträgern versehenen, erfindungsgemäßen Bodenplatte entsprechend **Fig. 17**,

Fig. 19 eine Draufsicht auf die Bodenplatte eines erfindungsgemäßen Leistungshalbleitermoduls gemäß **Fig. 17**, bei dem zusätzlich zwischen benachbarten Schaltungsträgern angeordnete Einschnitte in der Bodenplatte angeordnet sind, so dass einzelne Schaltungsträger jeweils von einem ringförmig geschlossenen Einschnitt umgeben sind,

Fig. 20 eine Draufsicht auf einen Abschnitt einer Bodenplatte eines Leistungshalbleitermoduls, die eine Verbindungsfläche mit einem Rand aufweist, dessen Krümmungsradius an wenigstens einem Randpunkt einen vorgegebenen Wert unterschreitet, wobei beabstandet von

der Verbindungsfläche ein Einschnitt in der Bodenplatte derart angeordnet ist, dass eine Gerade durch den Randpunkt und dem diesem Randpunkt zugeordneten Krümmungsmittelpunkt in der Draufsicht auf die Vorderseite der Bodenplatte den Einschnitt kreuzt,

Fig. 21 eine Draufsicht auf einen Abschnitt einer Bodenplatte eines Leistungshalbleitermoduls, die eine Verbindungsfläche, eine von dieser beabstandete Befestigungsstelle sowie einen zwischen der Verbindungsfläche und der Befestigungsstelle angeordneten Einschnitt aufweist, wobei die Befestigungsstelle in der Draufsicht auf die Vorderseite der Bodenplatte ausgehend vom Krümmungsmittelpunkt einer Stelle, an der der Krümmungsradius des Randes der Verbindungsfläche einen vorgegebenen Wert unterschreitet, unter einem Winkelbereich erscheint, der vollständig innerhalb des Winkelbereichs angeordnet ist, unter dem der Einschnitt von demselben Krümmungsmittelpunkt aus erscheint,

Fig. 22 einen Vertikalschnitt durch ein erfindungsgemäßes und mit einem Gehäuse versehenes, vergossenes Leistungshalbleitermodul, dessen Bodenplatte mit einem ringförmig geschlossenen Einschnitt sowie mit vier Befestigungsstellen außerhalb der Schnittebene versehen ist und das zu seiner internen Verschaltung eine Verschiebung aufweist, und

Fig. 23 einen Vertikalschnitt durch einen Abschnitt eines erfindungsgemäßen Leistungshalbleitermoduls, dessen Bodenplatte einen ringförmig geschlossenen Einschnitt und vier Befestigungsstellen außerhalb der Schnittebene aufweist und das mit einem Gehäuse versehen ist, an dessen Innenwand Führungsschienen angeformt sind, in die zum externen Anschluss des Moduls Anschlusslaschen eingeschoben oder eingerastet sind.

[0043] In den Figuren bezeichnen gleiche Bezugszeichen gleiche Elemente mit gleicher Funktion. Zur besseren Darstellung sind die Ausführungsbeispiele nicht maßstäblich wiedergegeben.

[0044] **Fig. 7** zeigt einen Querschnitt durch ein erfindungsgemäßes Leistungshalbleitermodul **1**, das mittels vier Befestigungsschrauben **8** an einem Kühlkörper **4** montiert ist. Das Leistungshalbleitermodul **1** weist einen Schaltungsträger **5** auf, der einen dielektrischen Träger **50** umfasst, welcher eine strukturierte erste Metallisierungsschicht **51** und eine zweite Metallisierungsschicht **52** umfasst, die auf einander gegenüberliegenden Seiten des dielektrischen Trägers **50** angeordnet sind. Der dielektrische Träger **50** kann z.B. aus Keramik oder Kunststoff gebildet sein. Bei dem Schaltungsträger **5** kann es sich beispielsweise

um ein DCB-Substrat, ein DAB-Substrat oder ein AMB-Substrat handeln.

[0045] Ein Halbleiterchip **6** ist mittels einer ersten Verbindungsschicht **71**, beispielsweise aus einem Lot oder aus einem elektrisch leitenden Kleber, mit einem Abschnitt der ersten Metallisierungsschicht **51** verbunden. Der Halbleiterchip **6** umfasst einen Halbleiterkörper **60** sowie eine erste Metallisierung **61** und eine zweite Metallisierung **62**, die auf einander gegenüberliegenden Seiten des Halbleiterkörpers **60** angeordnet sind. Der Halbleiterchip **6** ist an seiner ersten Metallisierungsschicht **61** mittels eines Bonddrahtes **7** mit einem weiteren Abschnitt der strukturierten ersten Metallisierungsschicht **51** verbunden.

[0046] Der mit dem Halbleiterchip **6** bestückte Schaltungsträger **5** ist über seine zweite Metallisierungsschicht **52** mittels einer zweiten Verbindungsschicht **72** mit einer Verbindungsfläche **2b** einer Bodenplatte **2** verbunden. Die Verbindungsfläche **2b** ist eine Teilfläche von der nachfolgend auch als Vorderseite **2a** bezeichneten Seite der Bodenplatte **2**, auf der der Schaltungsträger **5** befestigt ist. Da die in dem Halbleiterchip **6** anfallende Verlustwärme über die Verbindungsfläche **2b** abgeführt wird, ist es vorteilhaft, diese möglichst großflächig zu wählen.

[0047] Die Verbindung zwischen dem Schaltungsträger **5** und der Bodenplatte **2** kann z.B. durch Löten, mittels eines Wärme leitenden Klebers, oder mittels eines Niedertemperaturverbindungsverfahrens, wie es beispielsweise in der EP 0 242626 B1 beschrieben ist, hergestellt werden.

[0048] Die Bodenplatte **2** kann z.B. aus Kupfer und/oder Aluminium-Silizium-Karbid (AlSiC) bestehen oder zumindest eines dieser Materialien aufweisen. Weiterhin weist die Bodenplatte **2** Befestigungsstellen **3** auf, mittels denen die Bodenplatte und damit das gesamte Leistungshalbleitermodul **1** an einem Kühlkörper **4** befestigt werden kann.

[0049] Als Befestigungsstelle im Sinne der vorliegenden Erfindung wird jede Stelle der Bodenplatte **2** verstanden, die dazu vorgesehen ist, auf die Bodenplatte **2** eine Kraft zum Anpressen der Bodenplatte **2** an den Kühlkörper **4** einwirken zu lassen. Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß **Fig. 7** sind die Befestigungsstellen **3** als durchgehende Öffnungen der Bodenplatte **2** ausgebildet und in einer zu einer Normalenrichtung **n** der Vorderseite **2a** senkrechten ersten lateralen Richtung **r1** von der zweiten Verbindungsschicht **72** beabstandet.

[0050] In der ersten lateralen Richtung **r1** zwischen der Befestigungsstelle **3** und der zweiten Metallisierungsschicht **52** ist ein ringförmig geschlossener Einschnitt **9** vorgesehen, der sich ausgehend von der Vorderseite **2a** der Bodenplatte **2** in die Bodenplatte

2 hinein erstreckt. Der Einschnitt **9** ist wie in **Fig. 7** dargestellt als nicht durchgehende Vertiefung oder in der Bodenplatte **2** ausgebildet.

[0051] Einen vergrößerten Ausschnitt der Anordnung gemäß **Fig. 7** zeigt **Fig. 8**. Hieraus ist ersichtlich, dass sich der Einschnitt **9** ausgehend von der Vorderseite **2a** der Bodenplatte **2** bis in eine Tiefe **t** erstreckt. Der Einschnitt **9** weist eine Breite **b** auf und besitzt in der ersten lateralen Richtung **r1** einen Abstand **d1** zur Verbindungsfläche **2b**. Weiterhin weist die Bodenplatte **2** eine Dicke **d0** auf.

[0052] Wie aus **Fig. 8** ersichtlich ist, kann die Befestigung des Kühlkörpers **4** an der Bodenplatte **2** und damit am gesamten Leistungshalbleitermodul **1** mittels vier Befestigungsmitteln **8** erfolgen, die beispielhaft als Schrauben ausgebildet sind, welche in das Innengewinde von im Kühlkörper **4** ausgebildeten Sacklöchern eingreifen. Da die Kraft, mit der die Bodenplatte **2** an den Kühlkörper **4** angepresst wird, vom Kopf der jeweiligen Schraube ausgeht, ist die Befestigungsstelle durch den Bereich der Bodenplatte **2** gegeben, der innerhalb der seitlichen Begrenzung der Auflagefläche **3a** des Schraubenkopfes auf der Bodenplatte **2** gegeben ist. Die Befestigungsstellen **3** erstrecken sich dabei in der Normalenrichtung **n** über die gesamte Dicke der Bodenplatte **2**.

[0053] Weiterhin zeigt **Fig. 8**, dass die zweite Metallisierungsschicht **52** und die zweite Verbindungsschicht **72** in seitlicher Richtung vom seitlichen Rand des dielektrischen Trägers **50** beabstandet sein können.

[0054] **Fig. 9** zeigt einen vergrößerten Ausschnitt einer Anordnung entsprechend den **Fig. 7** und **Fig. 8** mit dem Unterschied, dass im Kühlkörper **4** anstelle des Sackloches eine durchgehende Öffnung mit Innengewinde vorgesehen ist.

[0055] Die nicht unter den Anspruchswortlaut fallende Anordnung der **Fig. 10** entspricht der Anordnung gemäß **Fig. 8** und die ebenfalls nicht unter den Anspruchswortlaut fallende Anordnung der **Fig. 11** der Anordnung gemäß **Fig. 9**, jeweils mit dem Unterschied, dass der Einschnitt **9** nicht als nicht durchgehende Vertiefung sondern als durchgehende Öffnung in der Bodenplatte **2** ausgebildet ist.

[0056] Bei allen erfindungsgemäßen Leistungshalbleitermodulen **1** kann die Tiefe **t** des Einschnitts **9** beispielsweise wenigstens 30% der Dicke **d0** der Bodenplatte **2** oder wenigstens 1 mm betragen. Außerdem kann der Einschnitt **9** z.B. eine Breite von 10% bis 100% der Dicke **d0** der Bodenplatte **2** aufweisen. Der Abstand **d1** kann z.B. kleiner oder gleich 3 mm gewählt werden.

[0057] Zusätzlich zu vier Schraubverbindungen kann die kraftschlüssige Verbindung zwischen der Bodenplatte **2** und dem Kühlkörper **4** z.B. auch mittels einer Federklammer oder mittels eines anderen Verbindungselementes hergestellt werden.

[0058] Die **Fig. 12** bis **Fig. 16**, **Fig. 20** und **Fig. 21** sind zwar keine zur Erfindung gehörenden Ausführungsbeispiele, sie zeigen jedoch weitere Spannungsreduzierende Möglichkeiten auf.

[0059] **Fig. 12** zeigt eine Draufsicht auf eine mit Schaltungsträgern **5** bestückte Bodenplatte **2** eines Leistungshalbleitermoduls **1**. Die Bodenplatte **2** besitzt eine im wesentlichen rechteckige Grundfläche und weist in jedem Eckbereich eine Befestigungsstelle **3** auf. Die Schaltungsträger **5** sind in zwei Zeilen und zwei Spalten nebeneinander auf der Bodenplatte **2** befestigt.

[0060] Auch die Schaltungsträger **5** weisen im Wesentlichen rechteckige Grundflächen auf. Jeder der Schaltungsträger **5** besitzt eine Außenecke **5a** sowie drei Innenecken **5b**.

[0061] Die unterhalb der Schaltungsträger **5** befindlichen Verbindungsflächen **2b** sind gestrichelt dargestellt. Jede Verbindungsfläche **2b** weist korrespondierend zur Außenecke **5a** des mit ihr verbundenen Schaltungsträgers **5** eine Außenecke **2c** auf. Außerdem weist jede Verbindungsfläche **2b** korrespondierend zu den Innenecken **5b** des mit ihr verbundenen Schaltungsträgers **5** Innenecken **2d** auf.

[0062] Im Bereich einer jeder der Außenecken **5a** der Schaltungsträger **5** ist ein Einschnitt **9** in der Bodenplatte **2** vorgesehen, der zwischen einer Außenecke **2c** der Verbindungsfläche **2b** und einer der betreffenden Außenecke **2c** nächstgelegenen Befestigungsstelle **3** angeordnet ist. Die Einschnitte **9** sind in der ersten lateralen Richtung **r1** und in einer zur ersten lateralen Richtung **r1** und zur Normalenrichtung **n** senkrechten zweiten lateralen Richtung **r2** von der zweiten Verbindungsschicht **72** beabstandet. Alternativ dazu kann ein Einschnitt **9** auch an eine Verbindungsfläche **2b** angrenzen.

[0063] Jeder der Einschnitte **9** verläuft in einem vorgegebenen Winkelbereich durchgehend um die ihm nächstgelegene Außenecke **2c** der ihm nächstgelegenen Verbindungsfläche **2b** herum.

[0064] Das Beispiel gemäß **Fig. 13** entspricht dem Beispiel gemäß **Fig. 12** mit dem Unterschied, dass zusätzlich zu den Einschnitten **9** im Bereich der Außenecken **2c** der Verbindungsflächen **2b** auch noch Einschnitte **9** vorgesehen sind, die sich um mit den Innenecken **5b** der Schaltungsträger **5** korrespondierende Innenecken **2d** der jeweiligen Verbindungsfläche **2b** herum angeordnet sind.

[0065] Die im Bereich der Außenecken **2c** angeordneten Einschnitte **9** der Bodenplatte **2** können in der Draufsicht auf die Bodenplatte **2** wie dargestellt winkelig ausgebildet sein und zwei senkrecht zueinander verlaufende Schenkel aufweisen. Abhängig von der konkreten Anordnung der Schaltungsträger **5** auf der Bodenplatte **2** können die im Bereich der Innenecken **5b** angeordneten Einschnitte **9** der Bodenplatte **2** in Draufsicht auf die Bodenplatte **2** wie beispielhaft gezeigt T-förmig oder kreuzförmig ausgebildet sein.

[0066] Fig. 14 zeigt eine Draufsicht auf eine Bodenplatte **2** eines Leistungshalbleitermoduls, auf der drei in einer Reihe nebeneinander angeordnete Schaltungsträger **5** befestigt sind.

[0067] In der linken Hälfte von Fig. 14 ist beispielhaft dargestellt, dass anstelle eines im Bereich einer Außenecke **2c** bzw. einer Innenecke **2d** angeordneten Einschnitts **9** auch mehrere Einschnitte **9** beabstandet voneinander in der Bodenplatte **2** angeordnet sein können.

[0068] Bei dem Beispiel gemäß Fig. 14 sind die Befestigungsstellen **3** im Bereich der Ecken der Bodenplatte **2** angeordnet.

[0069] Um die bei einer Befestigung an einem Kühlkörper von den Befestigungsstellen **3** ausgehenden von-Mises-Spannungen zu reduzieren, ist zwischen einer jeder der Befestigungsstellen **3** und dem der betreffenden Befestigungsstelle **3** nächstgelegenen Schaltungsträger **5** ein Einschnitt **9** in der Bodenplatte **2** vorgesehen.

[0070] Durch die Einschnitte **9** in der Bodenplatte **2** können die auf die zweite Verbindungsschicht wirkenden von-Mises-Spannungen wirkungsvoll verringert werden.

[0071] Fig. 15 zeigt beispielhaft den Verlauf der von-Mises-Spannungen σ in der zweiten Verbindungsschicht **72** entsprechend Fig. 5 im Bereich einer Außenecke **72a**, wobei zusätzlich um die Außenecke **5a** herum ein Einschnitt in der Bodenplatte vorgesehen ist. Hieraus ist ersichtlich, dass sich der Maximalwert der von-Mises-Spannungen σ gegenüber dem entsprechenden Maximalwert von 26,7 MPa auf 26,0 MPa, d.h. um mehr als 2,6%, verringert hat. Außerdem ist ersichtlich, dass es auch im inneren Bereich der zweiten Verbindungsschicht zu einer Verringerung der von-Mises-Spannungen σ kommt.

[0072] Während die Einschnitte **9** bei den Beispielen gemäß den Fig. 12 bis Fig. 14 zumindest abschnittsweise parallel zu einer der Seiten der Schaltungsträger verlaufen, verlaufen sie bei dem Beispiel gemäß Fig. 16 in der Draufsicht unter einem Winkel von größer als 0° und kleiner als 90° zu jeder Seite

des dem betreffenden Einschnitt **9** nächstgelegenen Schaltungsträgers **5**, die die dem betreffenden Einschnitt **9** zugewandte Außenecke **5a** bilden. Bei diesem Beispiel ist der Einschnitt **9** in der Draufsicht auf die Vorderseite **2a** der Bodenplatte **2** zwischen einer Außenecke **5a** eines Schaltungsträgers **5** und der betreffenden Außenecke **5a** nächstgelegenen Befestigungsstelle **3** angeordnet.

[0073] Gemäß einem in Fig. 17 gezeigten erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel kann ein Einschnitt **9** auch ringförmig geschlossen um die Verbindungsflächen **2b** der Bodenplatte **2** mehrerer Schaltungsträger **5** herum angeordnet sein. Fig. 18 zeigt einen Abschnitt einer solchen Anordnung in perspektivischer Ansicht.

[0074] Wie aus Fig. 19 ersichtlich ist, können im Fall von mehreren mit derselben Bodenplatte **2** verbundenen Schaltungsträgern **5** die Verbindungsflächen **2b** einzelner Schaltungsträger **5** jeweils von einem ringförmig geschlossenen Einschnitt **9** umgeben sein. Dabei können ringförmig geschlossene Einschnitte **9** um benachbarte Schaltungsträger **5** abschnittsweise gemeinsam genutzt werden. Ebenso können mehrere ringförmig ausgebildete Einschnitte **9** auch beabstandet voneinander angeordnet sein.

[0075] Verlauf und Stärke der von-Mises-Spannungen innerhalb einer zweiten Verbindungsschicht werden insbesondere durch deren Geometrie bestimmt. Spitzenwerte der von-Mises-Spannungen treten vor allem an den Stellen auf, an denen die zweite Verbindungsschicht und damit auch die Verbindungsfläche eine kleine Randkrümmung aufweist.

[0076] Daher ist es vorteilhaft, Einschnitte in der Bodenplatte vor allem im Bereich von den Stellen vorzusehen, an denen der Krümmungsradius des Randes der Verbindungsfläche einen vorgegebenen Wert unterschreitet.

[0077] Ein erläuterndes Beispiel hierzu zeigt Fig. 20. Nahe einer Außenecke einer Bodenplatte **2** ist eine Außenecke **2c** einer Verbindungsfläche **2b** angeordnet. Jedem Randpunkt **R** des Randes der Verbindungsfläche **2b** können individuell ein Krümmungsradius **r** und ein Krümmungsmittelpunkt **M** zugeordnet werden. Im Grenzfall kann ein Krümmungsradius **r** auch unendlich werden.

[0078] Fig. 20 zeigt den Spezialfall, bei dem der Rand abschnittsweise als Viertelkreis ausgebildet ist, so dass bei allen auf diesem Randabschnitt gelegenen Randpunkten **R** die diesen zugeordneten Krümmungsradien **r** und Krümmungsmittelpunkte **M** identisch sind.

[0079] Unabhängig von dem genannten Spezialfall kann in dem Fall, in dem der einem Randpunkt **R** zu-

geordnete Krümmungsradius r einen vorgegebenen Wert, beispielsweise 0 mm bis 10 mm, unterschreitet, ein Einschnitt **9** vorgesehen sein, der außerhalb der Verbindungsfläche **2b** angeordnet ist und der in der Draufsicht auf die Vorderseite **2a** der Bodenplatte **2** ausgehend von dem dem betreffenden Randpunkt R zugeordneten Krümmungsmittelpunkt M in einer radialen Richtung r_0 zu dem betreffenden Randpunkt R hinter dem Randpunkt R gelegen ist.

[0080] Anders ausgedrückt schneidet in der Draufsicht die durch den Randpunkt R und den zugehörigen Krümmungsmittelpunkt M verlaufende Gerade den Einschnitt **9**.

[0081] Unterschreiten alle der einem zusammenhängenden Abschnitt des Randes der Verbindungsfläche **2b** zugeordneten Krümmungsradien den genannten vorgegebenen Wert, so folgt daraus, dass sich der Einschnitt **9** in der Draufsicht auf die Vorderseite **2a** über einen bestimmten Mindestwinkel φ_0 erstreckt. Der Scheitel des Mindestwinkels φ_0 ist dabei durch den Krümmungsmittelpunkt M gegeben, der dem kleinsten in dem Randabschnitt auftretenden Krümmungsradius zugeordnet ist.

[0082] In dem Fall, in dem ein Randabschnitt an mehreren Stellen den kleinsten Krümmungsradius aufweist, kann jedem der diesen Stellen zugeordneten Krümmungsmittelpunkte M ein Mindestwinkel φ_0 zugeordnet werden, über den sich der Einschnitt **9** mindestens erstreckt.

[0083] Die in **Fig. 20** am Beispiel einer Außenecke **2c** der Verbindungsfläche **2b** beschriebenen Kriterien lassen sich in gleicher Weise für jede beliebige Randstelle oder für jeden beliebigen Randabschnitt der Verbindungsfläche **2b**, insbesondere für den Bereich von Innenecken **2d** anwenden.

[0084] **Fig. 21** zeigt eine Draufsicht auf einen Abschnitt einer Bodenplatte **2** eines Leistungshalbleitermoduls, die eine Verbindungsfläche **2b**, eine von dieser beabstandete Befestigungsstelle **3** sowie einen zwischen der Verbindungsfläche **2b** und der Befestigungsstelle **3** angeordneten Einschnitt **9** aufweist.

[0085] Jedem Randpunkt der Verbindungsfläche **2b** können ein Krümmungsradius r und ein Krümmungsmittelpunkt M zugeordnet werden. Ausgehend von diesem Krümmungsmittelpunkt M erscheint die Befestigungsstelle **3** in der Draufsicht auf die Vorderseite **2a** unter einem Winkel φ_1 und der Einschnitt **9** unter einem Winkel φ_2 .

[0086] Für den Fall, dass der Krümmungsradius, dem der Krümmungsmittelpunkt M zugeordnet ist, einen vorgegebenen Wert, beispielsweise 0 mm bis 10 mm, unterschreitet, kann der Einschnitt **9** so gewählt werden, dass der Bereich des Winkels φ_1 nicht au-

ßerhalb des Bereichs des Winkels φ_2 liegt. Das bedeutet, dass eine Stelle, an der der Rand der Verbindungsfläche **2b** einen vorgegebenen Krümmungsradius unterschreitet, durch den Einschnitt **9** von den Einflüssen der Befestigungsstelle abgeschirmt wird.

[0087] In den vorangehenden Figuren wurde aus Gründen der Übersichtlichkeit teilweise auf die Darstellung vorhandener Komponenten der erfindungsgemäßen und der erläuternden Leistungshalbleitermodule verzichtet. Insbesondere handelt es sich hierbei in den **Fig. 12** bis **Fig. 14**, **Fig. 16**, **Fig. 17** und **Fig. 19** um die Bestückung und Verschaltung der Schaltungsträger **5**, um ein Gehäuse der Leistungshalbleitermodule sowie um äußere Anschlüsse.

[0088] Daher ist in **Fig. 22** beispielhaft ein Vertikalschnitt durch ein erfindungsgemäßes Leistungshalbleitermodul **1** detailliert gezeigt.

[0089] In dieser Querschnittsansicht sind zwei Schaltungsträger **5** erkennbar, die mittels einer zweiten Verbindungsschicht **72** auf einer Bodenplatte **2** befestigt sind. Die Bodenplatte **2** weist einen erfindungsgemäßen Einschnitt **9** auf, der wie in den **Fig. 17** - **Fig. 19** voranstehend beschrieben angeordnet ist.

[0090] Um die mechanische Stabilität zu gewährleisten, das Eindringen von Schmutz und Feuchtigkeit zu verhindern und die Isolationsfestigkeit des erfindungsgemäßen Leistungshalbleitermoduls **1** zu erhöhen, kann es ein Gehäuse **10** aufweisen und/oder mit einer Vergussmasse vergossen sein.

[0091] Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß **Fig. 22** bildet die Bodenplatte **2** einen Bestandteil des Gehäuses **10**. Das Leistungshalbleitermodul **1** ist außerdem mit einer Weichvergussmasse **12** sowie mit einer Hartvergussmasse **13** vergossen.

[0092] Dabei erstreckt sich die Weichvergussmasse **12** von der Vorderseite **2a** der Bodenplatte **2** zumindest bis über die Oberseiten der Halbleiterchips **6** oder zumindest bis über die Bonddrähte **7**. Die Hartvergussmasse **13** ist oberhalb der Weichvergussmasse **12** auf deren der Bodenplatte **2** abgewandten Seite angeordnet.

[0093] Zur äußeren Kontaktierung des Leistungshalbleitermoduls **1** ist eine Verschienung **11** vorgesehen, die zumindest mit den ersten Metallisierungsschichten **51** der Schaltungsträger **5**, z.B. mittels einer Lötverbindung, elektrisch leitend verbunden ist. Mit einer solchen Verschienung **11** ist es insbesondere möglich, die verschiedenen bestückten Schaltungsträger **5** des Leistungshalbleitermoduls **1** elektrisch miteinander zu verschalten.

[0094] Dabei sind Verschienungen **11** mit externen Steueranschlusslaschen **11b**, sowie Laststromtragende Verschienungen **11** mit externen Lastanschlusslaschen **11a** vorgesehen. Die elektrische Verbindung zwischen den Halbleiterchips **6** und den Verschienungen **11** erfolgt mittels Bonddrähten **7** entweder unmittelbar oder mittelbar über Abschnitte der ersten Metallisierungsschichten **51**.

[0095] Anstelle oder zusätzlich zu einer solchen Verschienung **11** können die externen Anschlusslaschen **11a** und/oder **11b** auch als separate Elemente vorgesehen sein, wie dies beispielhaft in **Fig. 23** anhand eines Vertikalschnittes durch einen Abschnitt eines erfindungsgemäßen Leistungshalbleitermoduls **1** gezeigt ist.

[0096] Der Leistungshalbleitermodul **1** weist externe Lastanschlusslaschen **11a** sowie externe Steueranschlusslaschen **11b** auf, die in an der Innenwand des Gehäuses **10** ausgebildete Führungsschienen **10a** eingesteckt und optional eingerastet sind. An ihrem unteren Ende sind die Anschlusslaschen **11a**, **11b** zur Ausbildung von Fußbereichen um 90° abgewinkelt. Die Fußbereiche liegen auf einem Vorsprung des Gehäuses **10** auf und können dadurch mittels einer Bondverbindung elektrisch leitend mit einem Halbleiterchip oder einem Abschnitt der ersten Metallisierung **51** eines Substrates **5** verbunden sein.

Bezugszeichenliste

1	Leistungshalbleitermodul
2	Bodenplatte
2a	dem Schaltungsträger zugewandte Seite der Bodenplatte
2b	Verbindungsfläche der Bodenplatte
2c	Außenecke der Verbindungsfläche
2d	Innenecke der Verbindungsfläche
2e	Längsseite der Bodenplatte
3	Befestigungsstelle
3a	Auflagefläche
4	Kühlkörper
5	Schaltungsträger (Substrat)
6	Halbleiterchip
7	Bonddraht
8	Befestigungsmittel
9	Einschnitt
10	Gehäuse
10a	Führungsschiene
11	Verschienung

11a	externer Anschluss (Lastanschlusslasche)
11b	externer Anschluss (Steueranschlusslasche)
12	Vergussmasse (Weich)
13	Vergussmasse (Hart)
50	Dielektrischer Träger
51	erste Metallisierungsschicht des dielektrischen Trägers
52	zweite Metallisierungsschicht des dielektrischen Trägers
60	Halbleiterkörper
61	erste Metallisierung des Halbleiterkörpers
62	zweite Metallisierung des Halbleiterkörpers
71	erste Verbindungsschicht
72	zweite Verbindungsschicht (Lot, leitfähiger Kleber)
72a	Verbindungsschicht im Bereich einer Außenecke eines Schaltungsträgers
72b	Verbindungsschicht im Bereich einer Innenecke eines Schaltungsträgers
72c	Riss / Delaminationsstellen
b	Breite des Einschnitts
d0	Dicke der Bodenplatte
d1	Abstand zwischen dem Einschnitt und der Verbindungsfläche in lateraler Richtung
d2	Abstand zwischen der Befestigungsstelle und der Verbindungsfläche in lateraler Richtung
F	Kraft
n	Normale Richtung (senkrecht zur Vorderseite)
r	Krümmungsradius
r0	radiale Richtung
r1	Erste laterale Richtung
r2	Zweite laterale Richtung
t	Tiefe des Einschnitts
σ	von-Mises-Spannungen

Patentansprüche

1. Leistungshalbleitermodul mit einer Bodenplatte (2) und einem Schaltungsträger (5), der mittels einer

Verbindungsschicht (72) mit der Bodenplatte (2) fest verbunden ist, wobei die Bodenplatte (2)

- eine Verbindungsfläche (2b) aufweist, die durch eine gemeinsame Grenzfläche zwischen der Verbindungsschicht (72) und der Bodenplatte (2) gegeben ist,

- jeweils eine in einem von vier Eckbereichen der Bodenplatte (2) angeordnete Befestigungsstelle (3) für Befestigungsmittel (8) umfasst, mittels der die Bodenplatte (2) mit einem Kühlkörper (4) kraftschlüssig verbindbar ist, sowie

- einen Einschnitt (9) aufweist, der in einer lateralen Richtung (r_1 , r_2) zwischen jeder der Befestigungsstellen (3) und der Verbindungsfläche (2b) angeordnet ist und der sich ausgehend von der dem Schaltungsträger (5) zugewandten Seite (2a) der Bodenplatte (2) in diese hinein erstreckt, wobei der Einschnitt (9) ringförmig geschlossen um die Verbindungsfläche (2b) herum angeordnet ist.

2. Leistungshalbleitermodul nach Anspruch 1, bei dem der Einschnitt (9) in der lateralen Richtung (r_1 , r_2) jeweils zwischen einer der Befestigungsstellen (3) und einer Stelle angeordnet ist, an der die Verbindungsfläche (2b) einen Krümmungsradius (r) aufweist, der geringer ist als ein vorgegebener Grenzwert.

3. Leistungshalbleitermodul nach Anspruch 2, wobei der vorgegebene Grenzwert 10 mm beträgt.

4. Leistungshalbleitermodul nach Anspruch 1 oder 2, bei dem der Einschnitt (9) als nicht durchgehende Vertiefung der Bodenplatte (2) ausgebildet ist.

5. Leistungshalbleitermodul nach Anspruch 4, bei dem der Einschnitt (9) eine Tiefe (t) von wenigstens 30% der Dicke (d_0) der Bodenplatte (2) aufweist.

6. Leistungshalbleitermodul nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem der Einschnitt (9) eine Tiefe (t) von wenigstens 1 mm aufweist.

7. Leistungshalbleitermodul nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem der Einschnitt (9) eine Breite (b) von 10% bis 100% der Dicke (d_0) der Bodenplatte (2) aufweist.

8. Leistungshalbleitermodul nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem der Einschnitt (9) eine Breite (b) von 0,5 mm bis 5 mm aufweist.

9. Leistungshalbleitermodul nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem der Abstand (d_1) zwischen dem Einschnitt (9) und der Verbindungsfläche (2b) in der lateralen Richtung (r_1 , r_2) kleiner oder gleich 3 mm ist.

10. Leistungshalbleitermodul nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem der Abstand (d_2)

zwischen jeder Befestigungsstelle (3) und der Verbindungsfläche (2a) in der lateralen Richtung (r_1 , r_2) kleiner oder gleich 3 mm ist.

11. Leistungshalbleitermodul nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem die Befestigungsstellen (3) als durchgehende Öffnungen der Bodenplatte (2) ausgebildet sind.

12. Leistungshalbleitermodul nach Anspruch 11, bei dem die Befestigungsstellen (3) ein Innengewinde aufweisen.

13. Leistungshalbleitermodul nach einem der Ansprüche 1 bis 12, bei dem die Befestigungsstellen (3) durch Stellen gegeben sind, an der die Bodenplatte (2) lösbar mit einem Bolzen verbunden ist.

14. Leistungshalbleitermodul nach einem der Ansprüche 1 bis 10, bei dem die Befestigungsstellen (3) durch Stellen gegeben sind, an der die Bodenplatte (2) als Befestigungselemente ausgebildete Vorsprünge aufweist.

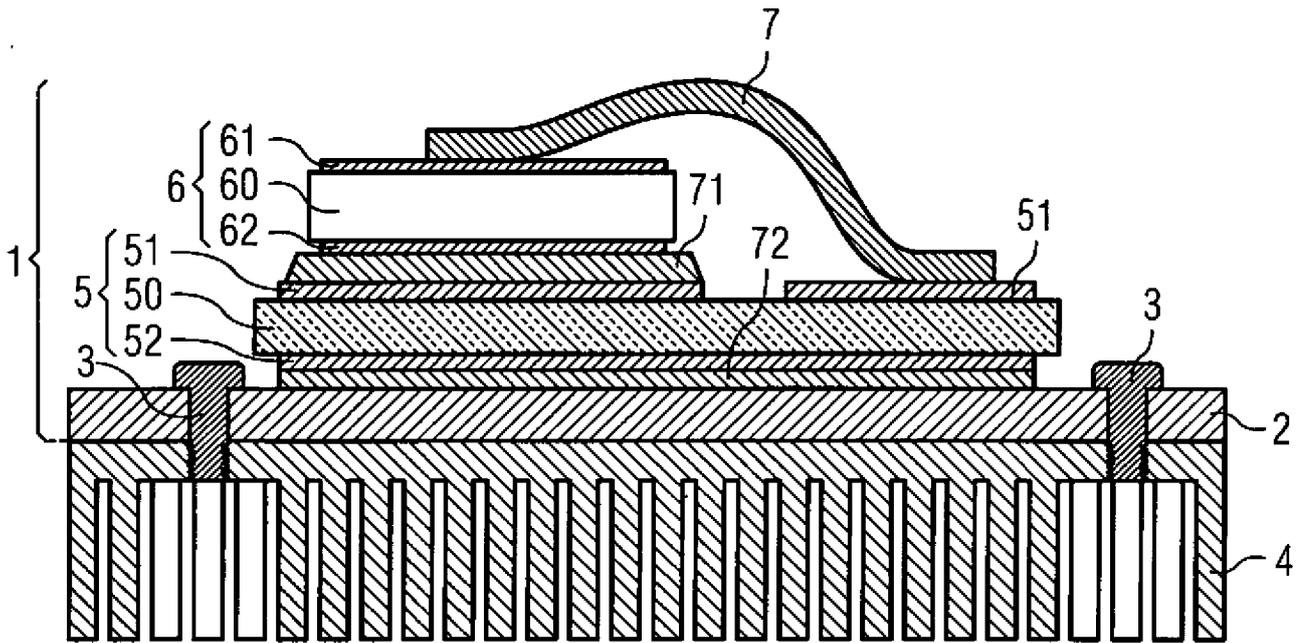
15. Leistungshalbleitermodul nach einem der Ansprüche 1 bis 14, bei dem der Schaltungsträger (5) in mindestens zwei Schaltungsträger (5) unterteilt ist.

16. Anordnung mit einem Leistungshalbleitermodul (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche und einem damit verbundenen Kühlkörper (4).

Es folgen 15 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1 Stand der Technik



1
2
3
4

FIG 2 Stand der Technik

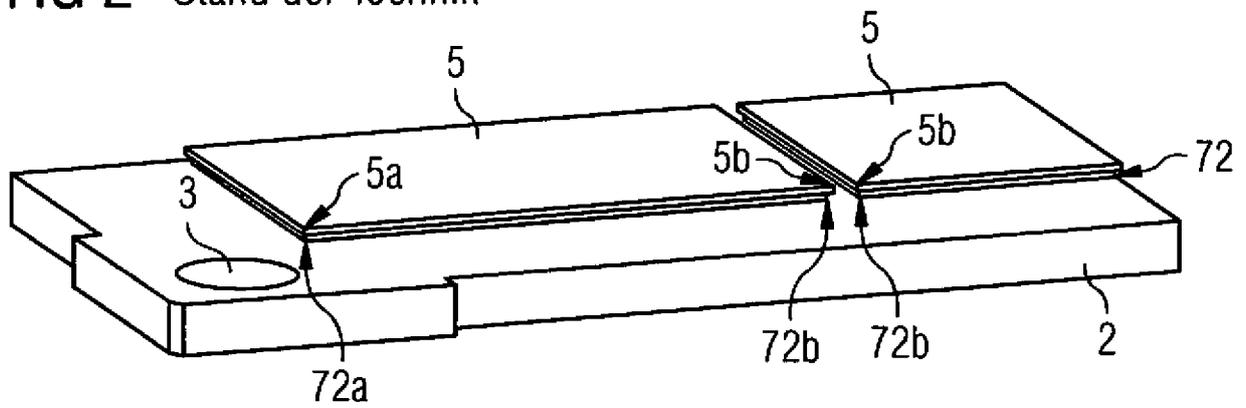


FIG 3 Stand der Technik

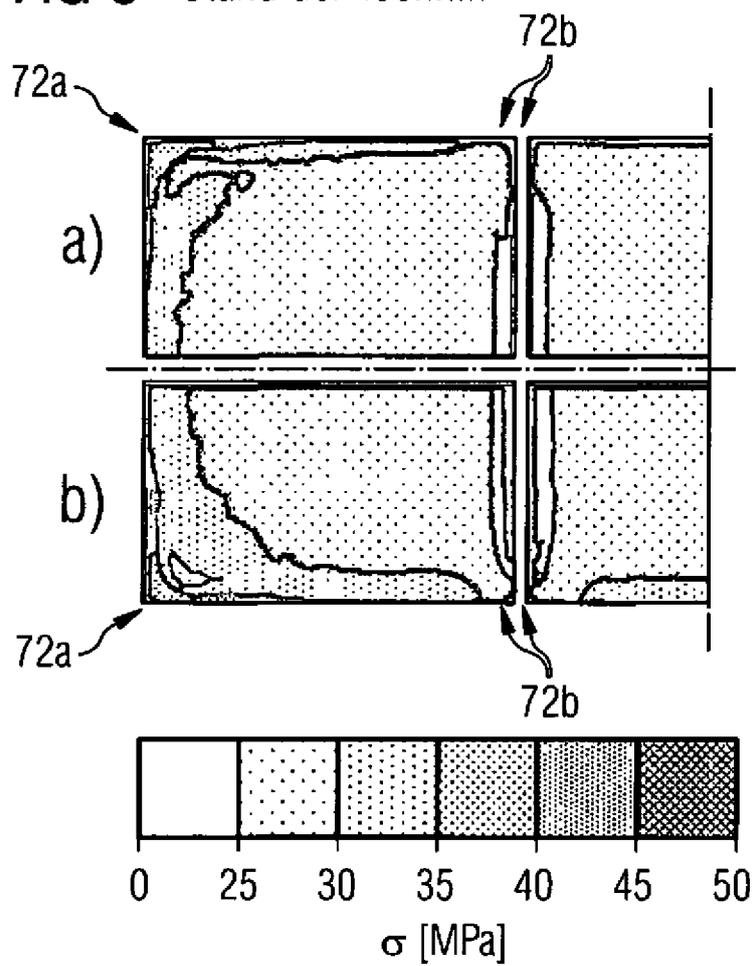


FIG 4A Stand der Technik

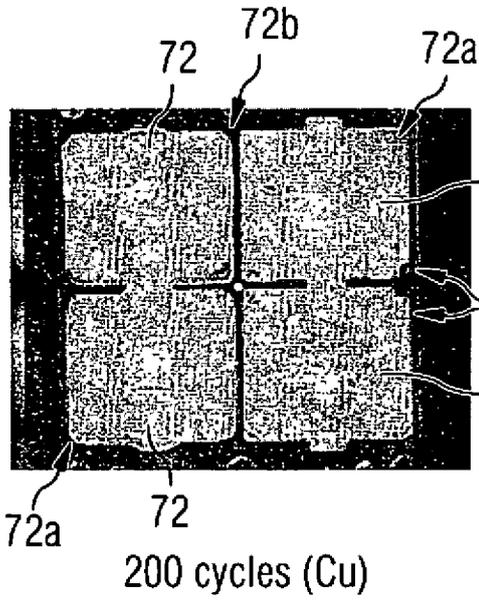


FIG 4B

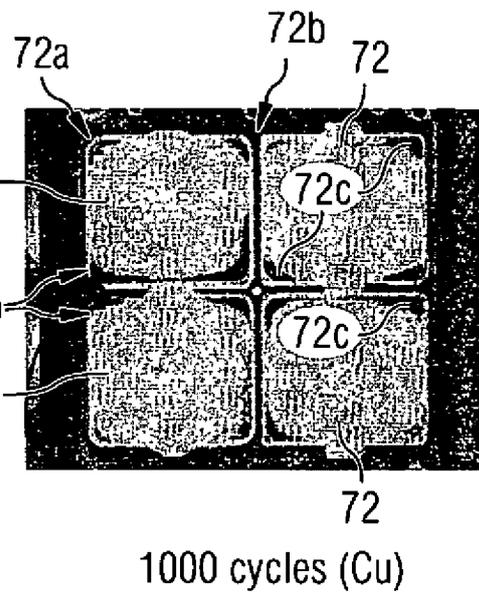


FIG 4C

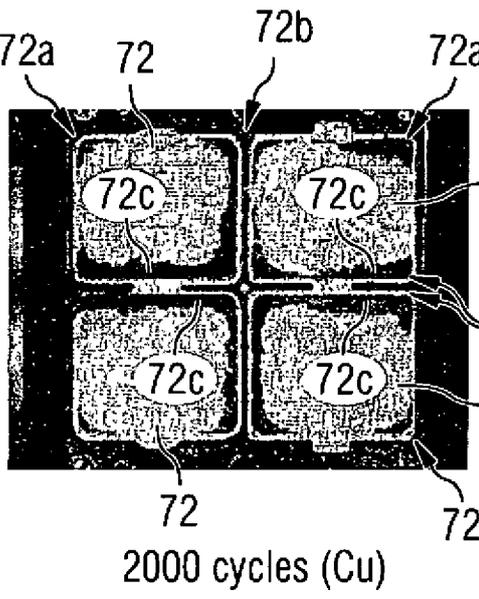


FIG 4D

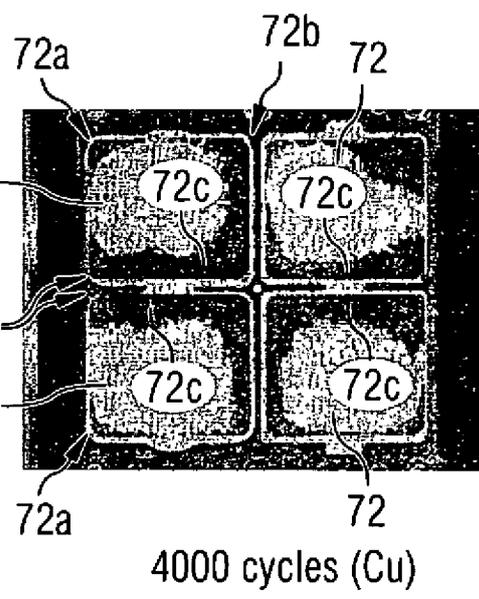


FIG 5 Stand der Technik

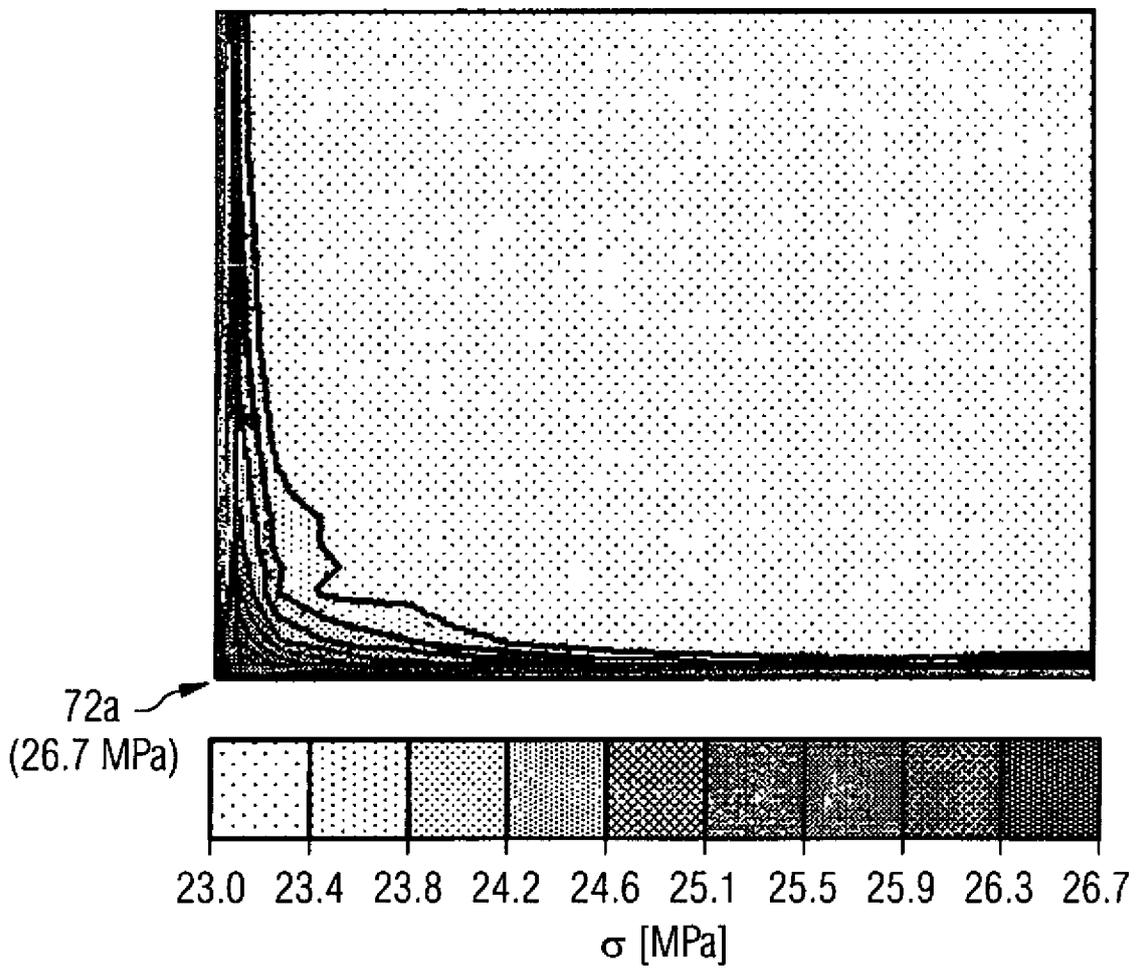


FIG 6 Stand der Technik

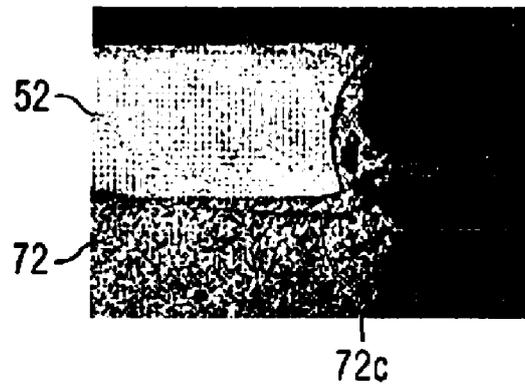


FIG 7

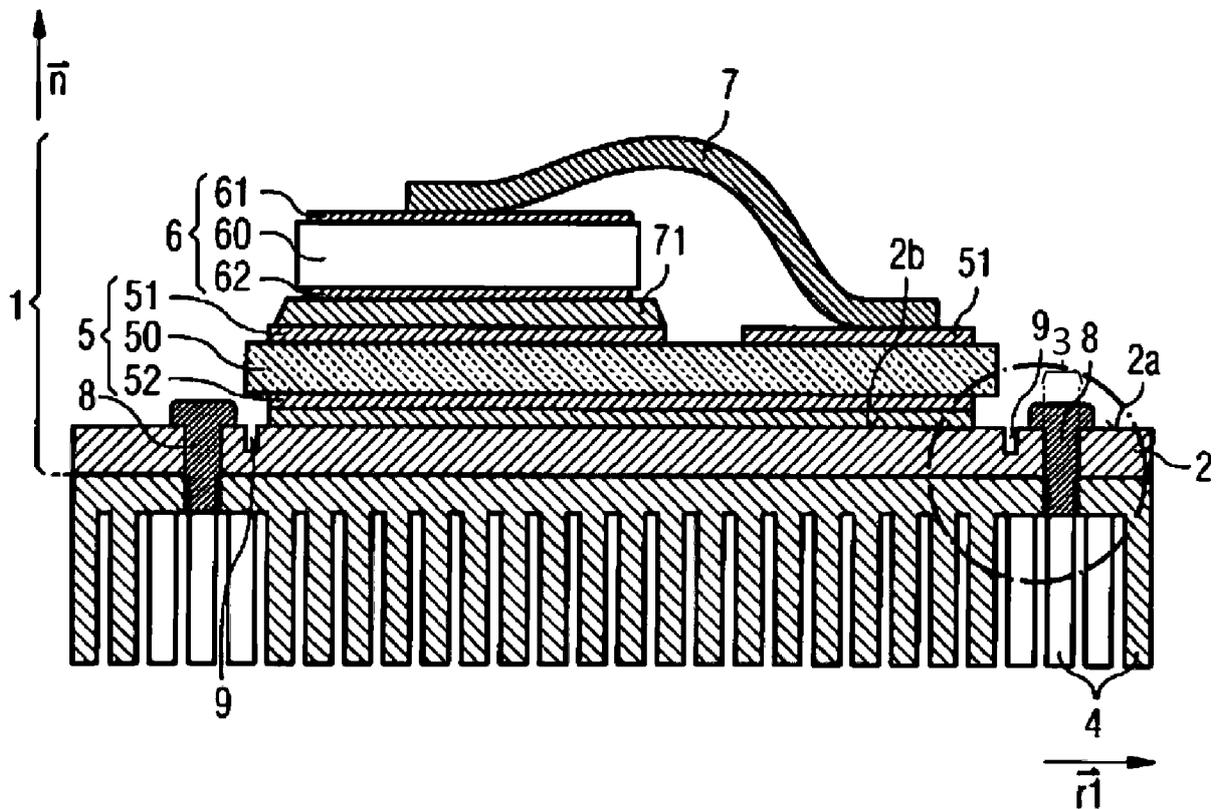


FIG 8

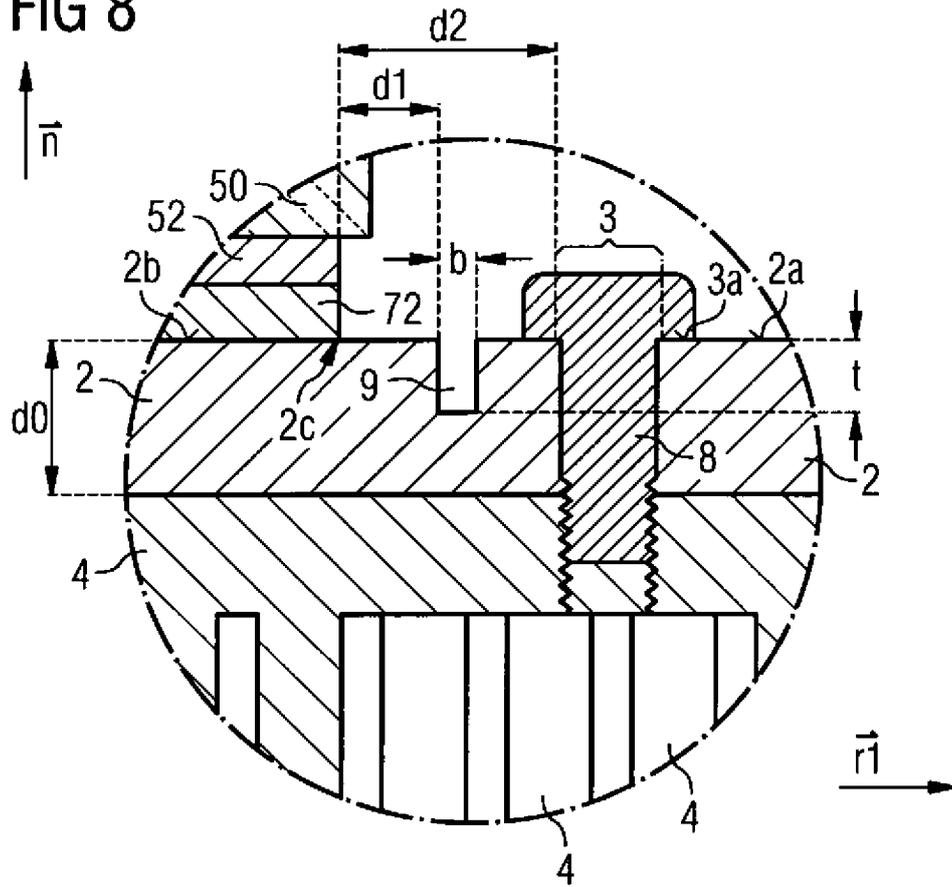


FIG 9

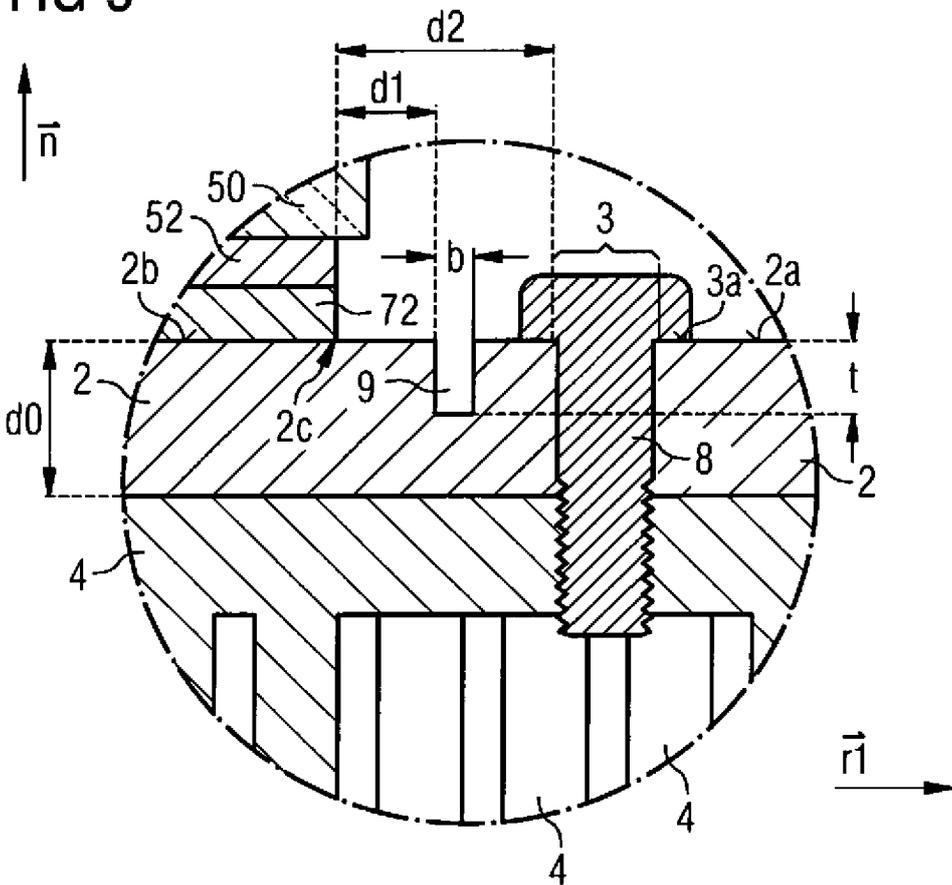


FIG 12

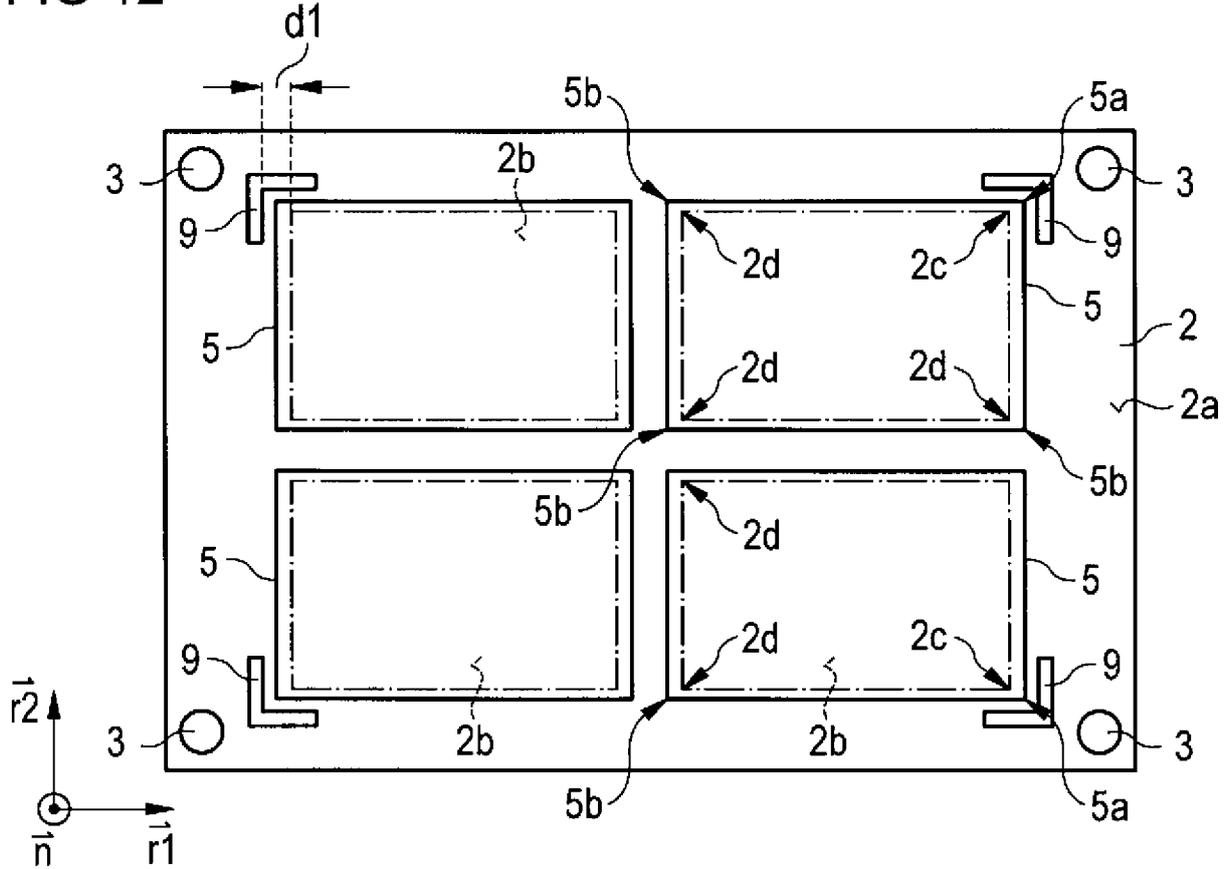


FIG 13

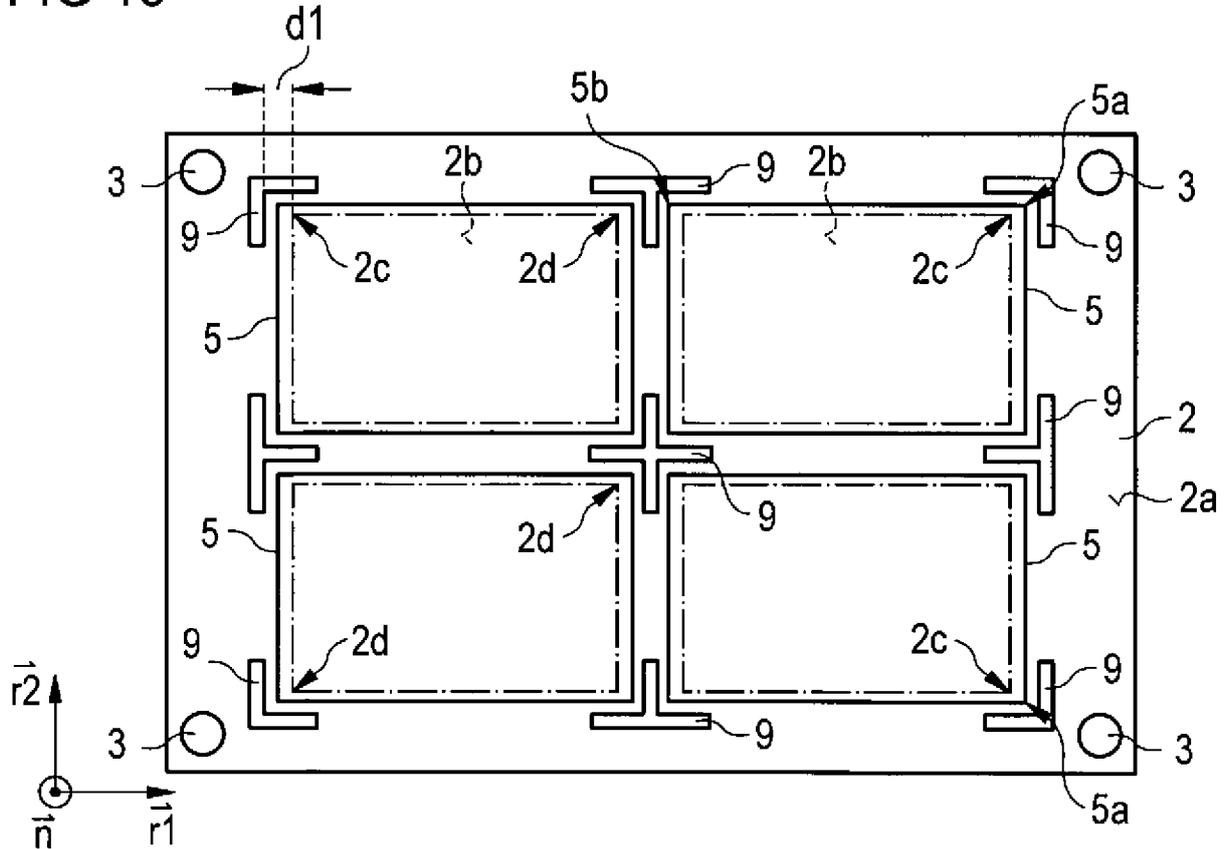


FIG 14

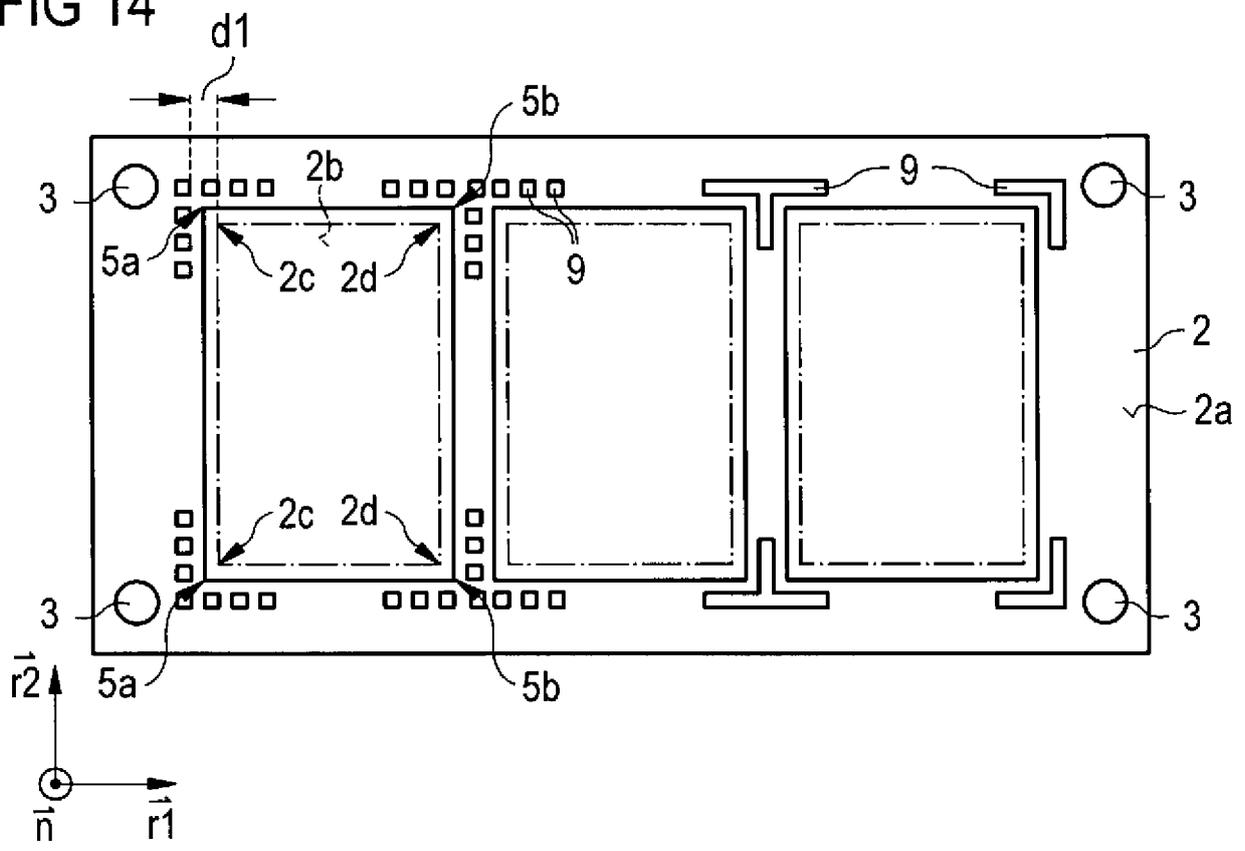


FIG 15

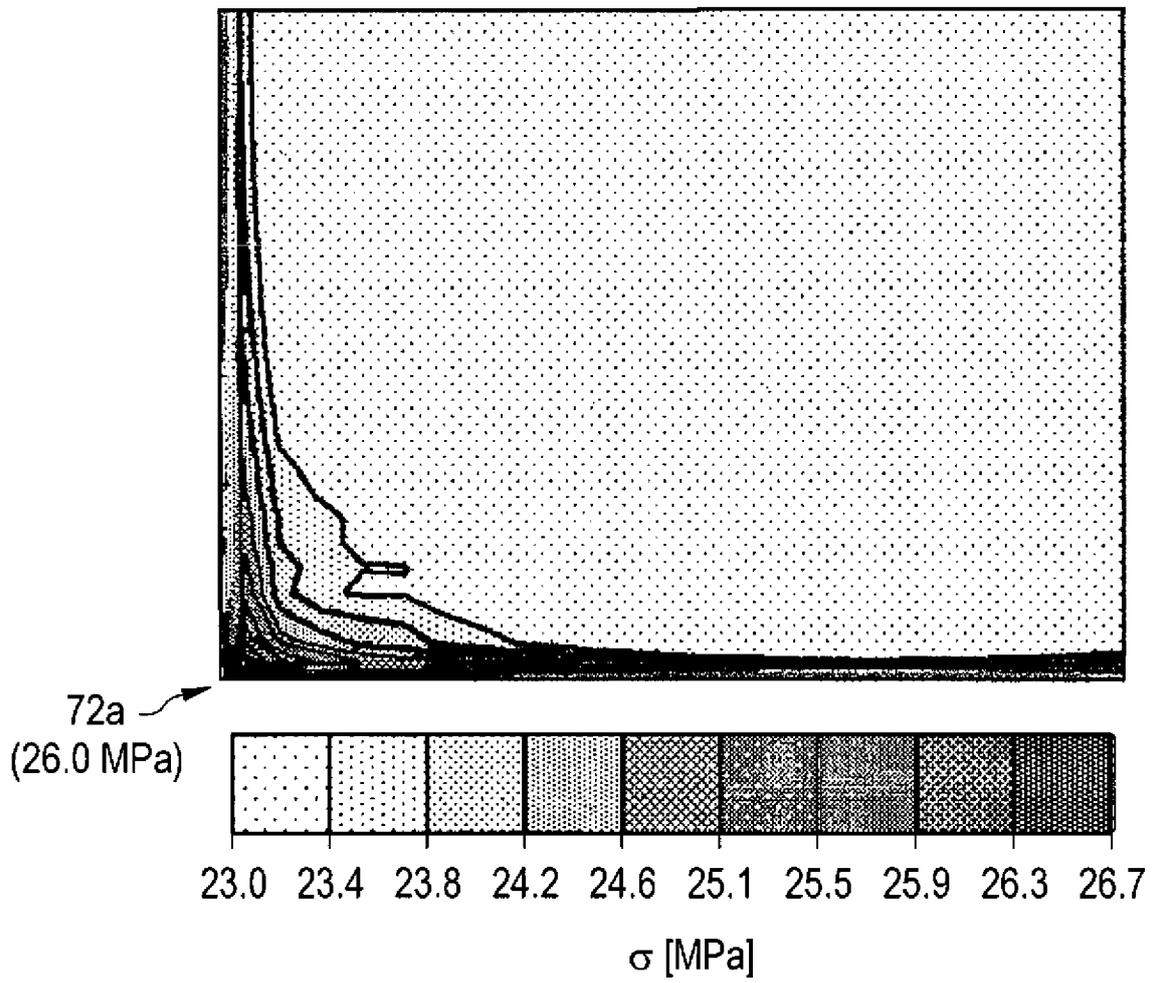


FIG 16

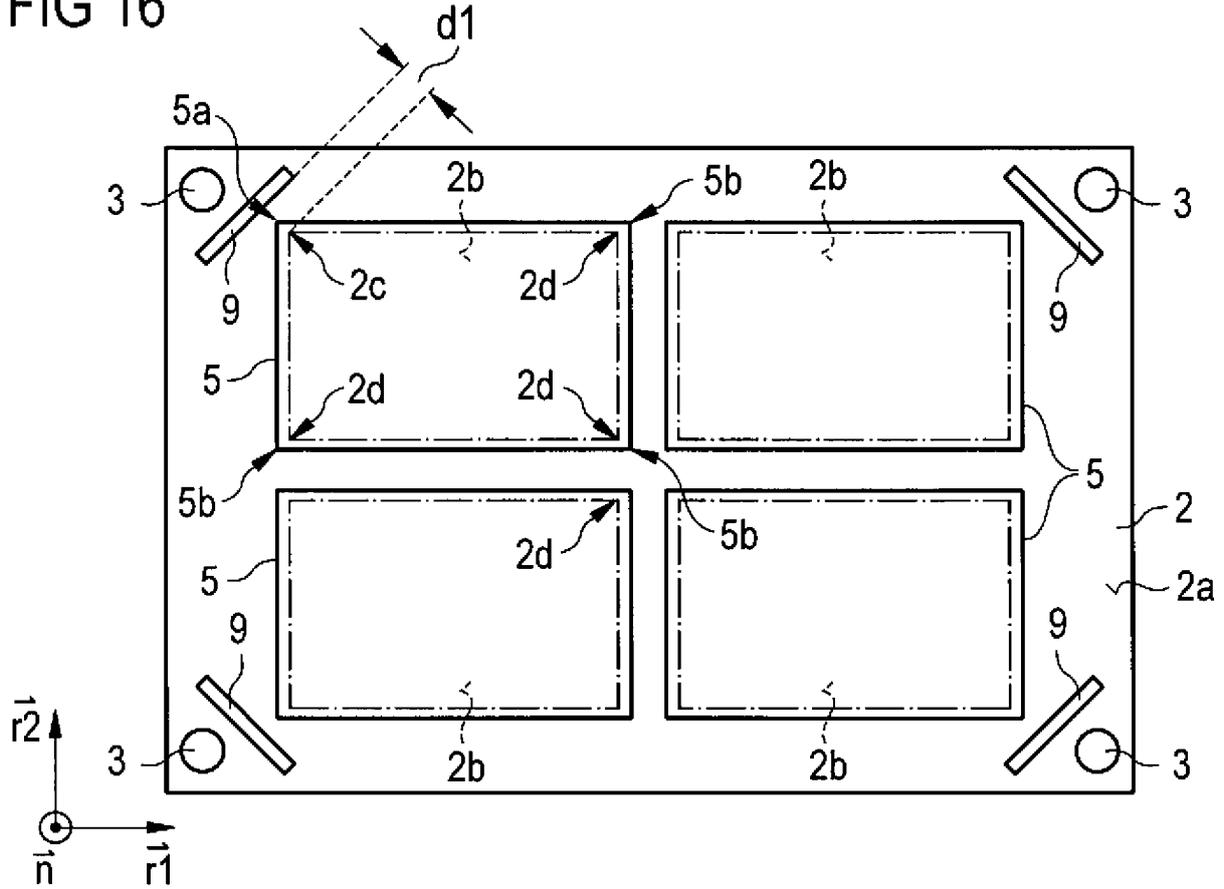


FIG 17

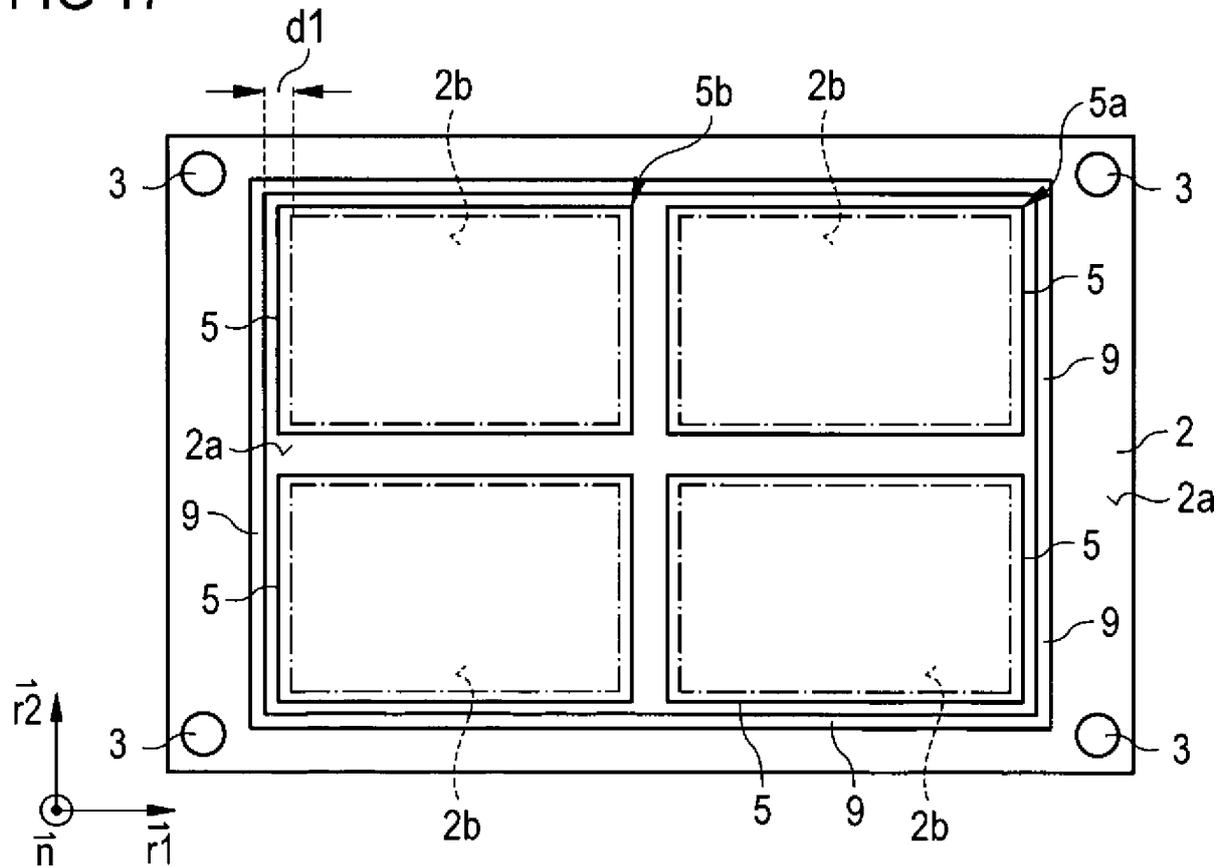


FIG 18

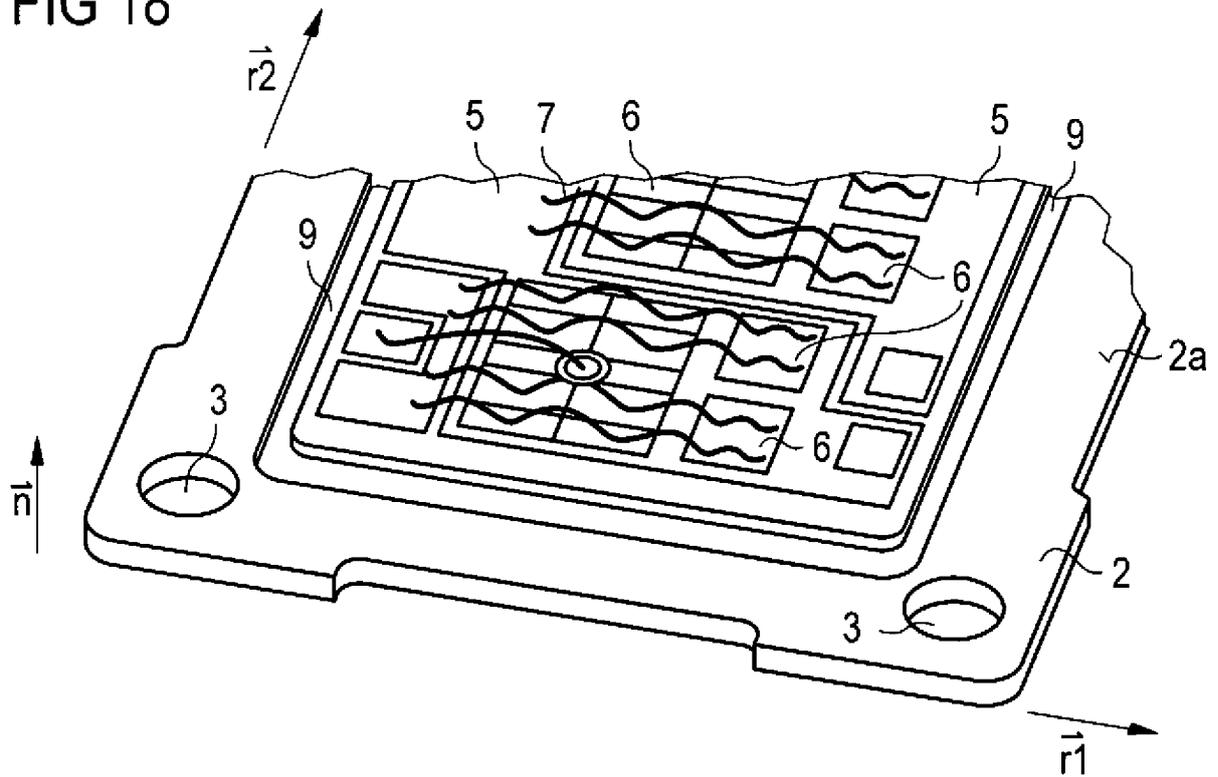


FIG 19

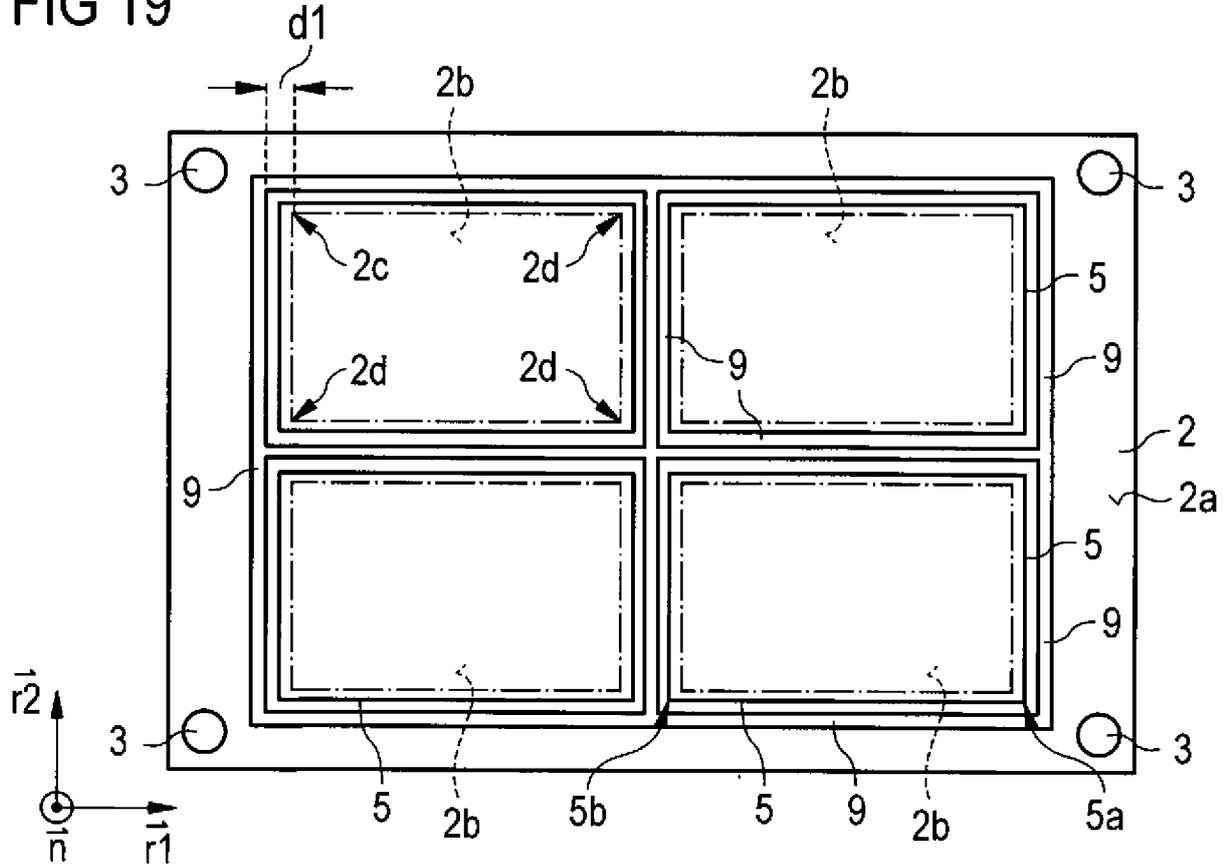


FIG 20

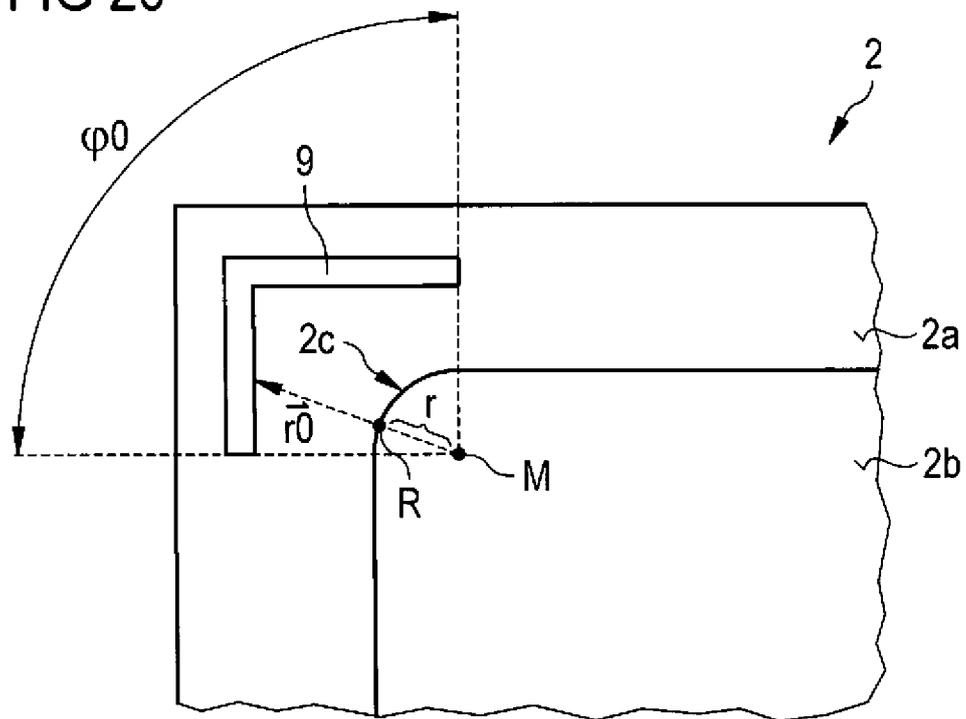


FIG 21

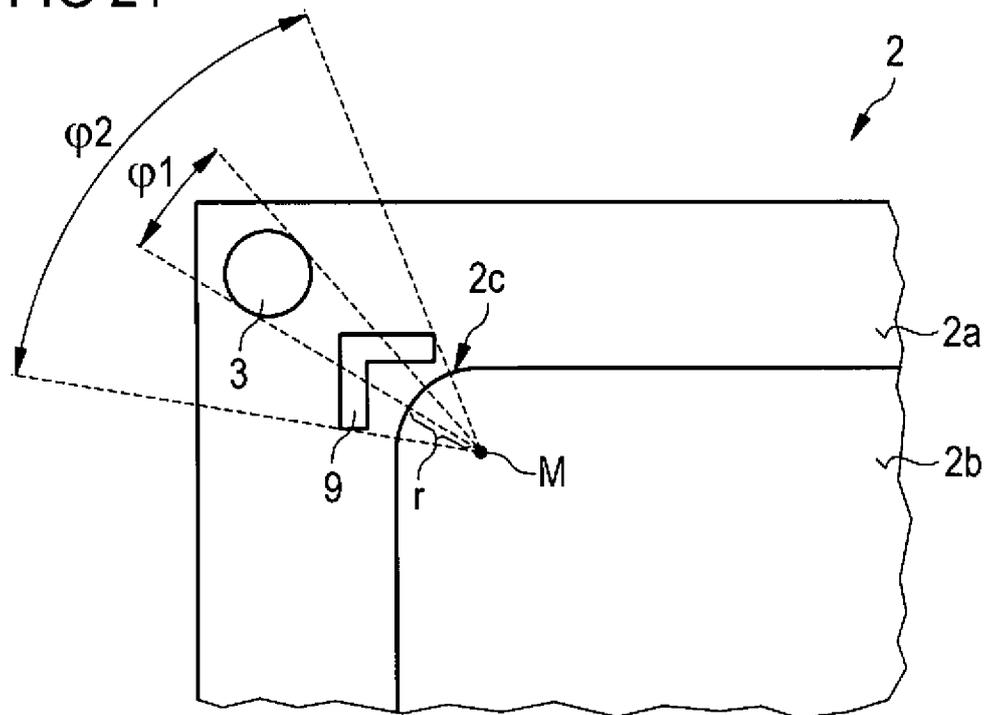


FIG 23

