



(10) **DE 10 2011 003 205 B4** 2014.01.16

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2011 003 205.3**

(22) Anmeldetag: **26.01.2011**

(43) Offenlegungstag: **28.07.2011**

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **16.01.2014**

(51) Int Cl.: **H01L 25/07 (2006.01)**

H01L 23/48 (2006.01)

H01L 23/36 (2013.01)

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).

(30) Unionspriorität:
2010-014912 27.01.2010 JP

(73) Patentinhaber:
Mitsubishi Electric Corporation, Tokyo, JP

(74) Vertreter:
PRÜFER & PARTNER GbR, 81479, München, DE

(72) Erfinder:
Hino, Yasunari, Tokio, JP; Arai, Kiyoshi, Tokio, JP

(56) Ermittelter Stand der Technik:

JP 2009- 231 672 A
JP 2009- 193 928 A

(54) Bezeichnung: **Halbleitervorrichtungsmodul**

(57) Hauptanspruch: Halbleitervorrichtungsmodul, aufweisend:

eine Platine (2) mit einem darauf angebrachten Halbleiterelement (1a, 1b);

eine erste Wärmesenke (3), auf der die Platine angebracht ist;

mindestens eine Schaltungseinheit mit einem Hauptelektrodenanschluss (5 bis 8), welcher elektrisch mit einer Hauptelektrode des Halbleiterelements (1a, 1b) verbunden ist; und

eine zweite Wärmesenke (4), auf der die mindestens eine Schaltungseinheit angebracht ist, wobei

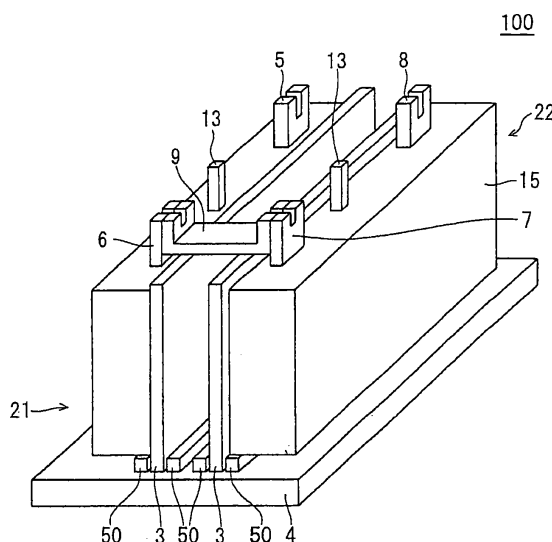
die erste Wärmesenke (3) auf der zweiten Wärmesenke (4) so angebracht ist, dass sich ihre Hauptoberfläche senkrecht zur Hauptoberfläche der zweiten Wärmesenke (4) erstreckt,

der Hauptelektrodenanschluss sich in eine Richtung parallel zur Hauptoberfläche der ersten Wärmesenke (3) erstreckt, wobei ein Ende desselben mit der Platine (2) verbunden ist und das andere Ende desselben von einer Oberseite der ersten Wärmesenke (3) aus vorsteht,

der Hauptelektrodenanschluss als plattenförmiges Element ausgebildet ist und das andere Ende eine konkav-konvexe Form aufweist, wobei ein zentraler Abschnitt desselben zurückgenommen ist und beide Seiten desselben vorstehen, die mindestens eine Schaltungseinheit eine Mehrzahl an Schaltungseinheiten umfaßt,

die Mehrzahl an Schaltungseinheiten auf der zweiten Wärmesenke (4) so angebracht sind, dass die ersten Wärmesenken (3) derselben parallel zueinander liegen, und das Halbleitervorrichtungsmodul ferner ein Verbindungselement (9) aufweist, welches die Hauptelektrodenanschlüsse der Mehrzahl an Schaltungseinheiten miteinander

der verbindet, wobei das Verbindungselement (9) und der Hauptelektrodenanschluss durch Schweißen aneinander befestigt sind.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Halbleitervorrichtungsmodul und insbesondere ein Halbleitervorrichtungsmodul, das bei hohen Temperaturen betreibbar ist.

[0002] JP 2009-231672 A offenbart eine Halbleitervorrichtung mit einer Mehrzahl von Halbleitermodulen, bei der jedes Halbleitermodul eine erste Wärmesenke aufweist und die erste Wärmesenke senkrecht auf einer zweiten Wärmesenke montiert ist.

[0003] JP 2009-193928 A offenbart ein Verfahren zum Verbinden mehrerer Anschlüsse von mehreren elektrischen Bauteilen mit einer Stromschiene. Endbereiche der jeweiligen Anschlüsse und der Stromschiene weisen dabei eine Konkav-Konvex Form auf und werden zusammengeschweißt.

[0004] Bei einer Halbleitervorrichtung sind viele elektronische Komponenten angebracht, und die elektronischen Komponenten und ein Verdrahtungselement sind miteinander verbunden, so dass eine elektrische Schaltung gebildet wird. Für gewöhnlich werden das Anordnen der elektronischen Komponenten und das Verbinden des Verdrahtungselements durch Schrauben oder Löten, wie beispielsweise Hartlöten, ausgeführt. Beispielsweise offenbart die JP 5-145011 (1993) eine Konfiguration, in welcher eine innere Leitung eines Halbleiterchips mit einer nach außen führenden Leiterplatte durch ein pastöses Lötmedium verbunden ist.

[0005] Bei jüngeren Halbleitervorrichtungen werden eine zunehmende Anzahl und verschiedene Arten von Teilen zusammen mit einer Verbesserung der Funktionalität gefordert, wobei jedoch andererseits auch eine Verringerung der Größe und eine Gewichtsreduktion derselben im Hinblick auf die Verwendung in elektrischen Bedarfsartikeln und in elektronischen Vorrichtungen für den Einbau in Kraftfahrzeuge verlangt werden.

[0006] In vergangenen Jahren, wurde ein Halbleiterelement (Siliziumcarbid-Halbleiterelement) entwickelt, welches ein Siliziumcarbid-Substrat (SiC-Substrat) als Halbleitersubstrat anstelle eines Siliziumsubstrats verwendet.

[0007] Es ist anzumerken, dass ein Siliziumcarbid-Halbleiterelement bei einer höheren Temperatur als ein herkömmliches Silizium-Halbleiterelement betriebsfähig ist. Beim Silizium-Halbleiterelement ist es schwierig, eine so genannte Halbleitervorrichtung mit hoher Sperrschichttemperatur zu erhalten, welche eine Sperrschichttemperatur (T_j) von 175° oder höher gewährleistet.

[0008] In dieser Hinsicht ist zu berücksichtigen, dass das Siliziumcarbid-Halbleiterelement eine hohe Sperrschichttemperatur aushalten kann. Zu diesem Zweck ist es notwendig, die Haltbarkeit auch bei einem verdrahteten Teil innerhalb eines Halbleitervorrichtungsmoduls zu gewährleisten.

[0009] Bei dem Silizium-Halbleiterelement ist das Layout aufgrund der Notwendigkeit, die Wärmeableitung zu erhöhen, stark beschränkt, was zu einer Begrenzung der Verkleinerung des Halbleitervorrichtungsmoduls führt. Beispielsweise offenbart die JP 2001-156225 eine Konfiguration, in der ein Halbleiterchip flach angeordnet ist, und ein Wärmeableitungselement ist auf beide Hauptoberflächen des Halbleiterchips aufgedrückt, um hierdurch die Wärmeableitung zu vergrößern.

[0010] Andererseits ist diese Beschränkung bei dem Siliziumcarbid-Halbleiterelement, das eine hohe Sperrschichttemperatur aushalten kann, gering, und es wird eine stärkere Verkleinerung des Halbleitervorrichtungsmoduls ermöglicht. Jedoch konnte bislang keine ausreichende Verkleinerung erreicht werden.

[0011] Es ist eine Aufgabe der Erfindung, ein Halbleitervorrichtungsmodul anzugeben, das bei einer hohen Temperatur betreibbar ist und verkleinert werden und bezüglich des Gewichts reduziert werden kann.

[0012] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Halbleitervorrichtungsmodul nach Anspruch 1 gelöst. Weitere Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0013] Gemäß einem Aspekt der Erfindung umfaßt ein Halbleitervorrichtungsmodul eine Platine, eine erste Wärmesenke, mindestens eine Schaltungseinheit und eine zweite Wärmesenke. Auf der Platine ist ein Halbleiterelement angebracht. Auf der ersten Wärmesenke ist die Platine angebracht. Die mindestens eine Schaltungseinheit weist einen Hauptelektrodenanschluss auf, welcher elektrisch mit einer Hauptelektrode des Halbleiterelements verbunden ist. Auf der zweiten Wärmesenke ist die mindestens eine Schaltungseinheit angebracht. Die erste Wärmesenke ist so auf der zweiten Wärmesenke angebracht, dass sich ihre Hauptoberfläche senkrecht zu einer Hauptoberfläche der zweiten Wärmesenke erstreckt. Der Hauptelektrodenanschluss erstreckt sich in eine Richtung parallel zur Hauptoberfläche der ersten Wärmesenke, wobei ein Ende desselben mit der Platine verbunden ist und das andere Ende desselben von einer oberen Seite der ersten Wärmesenke aus vorsteht.

[0014] Die erste Wärmesenke ist so auf der zweiten Wärmesenke angebracht, dass sich ihre Hauptoberfläche senkrecht zur Hauptoberfläche der zwei-

ten Wärmesenke erstreckt. Der Hauptelektrodenanschluss erstreckt sich in eine Richtung parallel zur Hauptoberfläche der ersten Wärmesenke, wobei ein Ende desselben mit der Platine verbunden ist und das andere Ende desselben von der oberen Seite der ersten Wärmesenke aus vorsteht. Deshalb kann ein Halbleitervorrichtungsmodul mit verringerter Größe und reduziertem Gewicht erhalten werden.

[0015] Diese und andere Aufgaben, Merkmale, Aspekte und Vorteile der Erfindung gehen deutlicher aus der folgenden detaillierten Beschreibung der Erfindung zusammen mit den beigefügten Zeichnungen hervor.

Beschreibung der Zeichnungen

[0016] Fig. 1 ist eine perspektivische Ansicht, welche eine Konfiguration eines Halbleitervorrichtungsmoduls gemäß einer Ausführungsform 1 der Erfindung zeigt;

[0017] Fig. 2 zeigt eine Schaltungskonfiguration des Halbleitervorrichtungsmoduls;

[0018] Fig. 3 zeigt eine Konfiguration einer P-seitigen Packungseinheit;

[0019] Fig. 4 zeigt eine Konfiguration einer N-seitigen Packungseinheit;

[0020] Fig. 5 ist eine Querschnittsansicht, welche eine Konfiguration des Halbleitervorrichtungsmoduls vor dem Schweißen zeigt;

[0021] Fig. 6 ist eine Querschnittsansicht, welche eine Konfiguration des Halbleitervorrichtungsmoduls nach dem Schweißen zeigt;

[0022] Fig. 7 ist ein Diagramm zur Erläuterung der Bondstärke eines Schweißteils;

[0023] Fig. 8 bis Fig. 16 sind Diagramme, von denen jedes einen Herstellungsschritt des Halbleitervorrichtungsmoduls gemäß der Ausführungsform 1 der Erfindung zeigt;

[0024] Fig. 17 ist eine Querschnittsansicht, welche eine Konfiguration eines Halbleitervorrichtungsmoduls gemäß einer Ausführungsform 2 der Erfindung zeigt;

[0025] Fig. 18 ist eine Querschnittsansicht, welche eine Konfiguration eines Halbleitervorrichtungsmoduls gemäß einer Ausführungsform 3 der Erfindung zeigt;

[0026] Fig. 19 ist ein Diagramm, welches eine Konfiguration einer P-seitigen Schaltungseinheit gemäß der Ausführungsform 3 der Erfindung zeigt; und

[0027] Fig. 20 ist eine perspektivische Ansicht, welche eine Konfiguration eines Halbleitervorrichtungsmoduls gemäß einer Modifikation der Erfindung zeigt.

Beschreibung Ausführungsformen

Ausführungsform 1

Konfiguration der Vorrichtung

[0028] Eine Ausführungsform 1 der Erfindung wird nun mit Bezug auf die Fig. 1 bis Fig. 16 beschrieben.

Fig. 1 ist eine perspektivische Ansicht, welche eine Konfiguration eines Halbleitervorrichtungsmoduls **100** zeigt.

[0029] Wie in **Fig. 1** gezeigt, weist das Halbleitervorrichtungsmodul **100** eine P-seitige Packungseinheit **21** und eine N-seitige Packungseinheit **22** auf, in denen jeweils ein (nicht gezeigtes) Halbleiterelement mit einem Harz, wie beispielsweise Silizium (bzw. Silikon) oder Epoxid, abgedichtet ist. Die P-seitige Packungseinheit **21** und die N-seitige Packungseinheit **22** sind auf einer Hauptoberfläche einer metallenen Wärmesenke **4** angeordnet, so dass sich die Hauptoberflächen der metallenen Wärmesenken **3** senkrecht hierzu erstrecken.

[0030] Sowohl die P-seitige Packungseinheit **21** als auch die N-seitige Packungseinheit **22** sind dadurch befestigt, dass ein Endkantenabschnitt der Wärmesenke **3** durch ein schienenförmiges Einheitsmontageteil **50** festgeklemmt ist, welches auf der Hauptoberfläche der Wärmesenke **4** vorhanden ist.

[0031] Insbesondere weist das Einheitsmontageteil **50** zwei längliche Elemente auf, die sich entlang der langen Seite der Wärmesenke **4** parallel und mit Abstand zueinander erstrecken, und die beiden länglichen Elemente sind als Paar angeordnet, um eine Schienenstruktur zu bilden. Der Endkantenabschnitt an einer langen Seite der Wärmesenke **3** ist in einen Schlitz der Schiene geklemmt.

[0032] An der langen Seite der P-seitigen Packungseinheit **21** gegenüber derjenigen Seite derselben, die durch das Einheitsmontageteil **50** festgeklemmt ist, stehen ein erster Hauptelektrodenanschluss **5**, ein zweiter Hauptelektrodenanschluss **6** und ein Signalanschluss **13** von einer Seitenoberfläche einer Harzpackung **15** aus vor, welche eine rechteckig parallelepipedförmige Gestalt aufweist. An der langen Seite der N-seitigen Packungseinheit **22** gegenüber der Seite derselben, die durch das Einheitsmontageteil **50** festgeklemmt ist, stehen ein erster Hauptelektrodenanschluss **7**, ein zweiter Hauptelektrodenanschluss **8** und ein Signalanschluss **3** von einer Seitenoberfläche einer Harzpackung **15** aus vor.

[0033] Sowohl die P-seitige Packungseinheit **21** als auch die N-seitige Packungseinheit **22** bilden eine Schaltungseinheit in dem Halbleitervorrichtungsmodul, wobei sich jedoch die P-seitige Packungseinheit **21** und die N-seitige Packungseinheit **22** durch die Anordnung der Hauptelektrodenanschlüsse unterscheiden. Die P-seitige Packungseinheit **21** und die N-seitige Packungseinheit **22** sind so angeordnet, dass die Wärmesenken **3** einander gegenüberliegen, so dass der jeweilige erste Hauptelektrodenanschluss und der zweite Hauptelektrodenanschluss einander gegenüberliegen.

[0034] Der zweite Hauptelektrodenanschluss **6** und der erste Hauptelektrodenanschluss **7** sind elektrisch und mechanisch miteinander durch ein leitendes Verbindungselement **9** verbunden. Sowohl der ersten Hauptelektrodenanschluss **5**, der zweite Hauptelektrodenanschluss **8** als auch die Signalanschlüsse **13** sind ebenfalls mit externen Einrichtungen verbunden, wie beispielsweise einer Stromquelle, einer elektrischen Ausrüstung und einer Steuerschaltung, obwohl dies nicht gezeigt ist.

[0035] Als nächstes wird eine Schaltungskonfiguration des Halbleitervorrichtungsmoduls **100** mit Bezug auf **Fig. 2** beschrieben. **Fig. 2** ist ein Schalt diagramm eines Dreiphasen-Wechselrichters IV, und der Dreiphasen-Wechselrichter IV umfaßt drei Wechselrichter IV1 bis IV3. Der Wechselrichter IV1 umfaßt IGBTs (= Bipolar-Transistoren mit isoliertem Gate; englisch: insulated gate bipolar transistor, nachstehend manchmal auch einfach als „Transistor“ bezeichnet) T1L und T1U und Freilaufdioden D1L und D1U. Die IGBTs T1L und T1U sind zwischen einer Stromzufuhrleitung P, mit welcher eine Spannung VDD einer Leistungsquelle zugeführt wird, und einer Stromzufuhrleitung N, welche geerdet ist, miteinander in Reihe geschaltet. Die Freilaufdioden D1L und D1U sind umgekehrt parallel zu den Transistoren T1L bzw. T1U geschaltet. Ein Verbindungsknoten der Transistoren T1L und T1U ist ein U-Phasenausgang.

[0036] Der Wechselrichter IV2 weist dieselbe Konfiguration auf, einschließlich der Transistoren T2L und T2U, welche zwischen den Stromzufuhrleitungen P und N miteinander in Reihe geschaltet sind, und der Freilaufdioden D2L und D2U, welche umgekehrt parallel zu den Transistoren T2L bzw. T2U geschaltet sind. Ein Verbindungsknoten der Transistoren T2L und T2U ist ein V-Phasenausgang.

[0037] Der Wechselrichter IV3 umfaßt die Transistoren T3L und T3U, welche zwischen den Stromzufuhrleitungen P und N miteinander in Reihe geschaltet sind, und Freilaufdioden D3L und D3U, die umgekehrt parallel zu den Transistoren T3L bzw. T3U geschaltet sind. Ein Verbindungsknoten der Transistoren T3L und T3U ist ein W-Phasenausgang.

[0038] In **Fig. 2** werden ein Emitter, ein Kollektor und ein Gate jedes der Transistoren T1L und T1U des Wechselrichters IV1 als E, C bzw. G bezeichnet.

[0039] Das Halbleitervorrichtungsmodul **100** bildet beispielsweise den Wechselrichter IV1. Die P-seitige Packungseinheit **21** ist so konfiguriert, dass sie den Transistor T1U und die Freilaufdiode D1U enthält. Der erste Hauptelektrodenanschluss **5**, der zweite Hauptelektrodenanschluss **6** und der Signalanschluss **13** sind mit dem Kollektor C, dem Emitter E bzw. dem Gate G des Transistors T1U verbunden. Auf die gleiche Weise ist die N-seitige Packungseinheit **22** so konfiguriert, dass sie den Transistor T1L und die Freilaufdiode D1L enthält. Der erste Hauptelektrodenanschluss **7**, der zweite Hauptelektrodenanschluss **8** und der Signalanschluss **13** sind mit dem Kollektor C, dem Emitter E bzw. dem Gate G des Transistors T1L verbunden. In diesem Fall sind der zweite Hauptelektrodenanschluss **6** und der erste Hauptelektrodenanschluss **7**, welche miteinander durch das Verbindungselement **9** verbunden sind, U-Phasenausgänge.

[0040] Auf diese Weise wird, wenn das Halbleitervorrichtungsmodul **100** als eine Wechselrichterschaltung konfiguriert wird, der Dreiphasen-Wechselrichter IV, welcher in **Fig. 2** gezeigt ist, ausgebildet, indem drei Halbleitervorrichtungsmodule **100** kombiniert werden.

[0041] Als nächstes wird eine innere Konfiguration des Halbleitervorrichtungsmoduls **100** mit Bezug auf die **Fig. 3** bis **Fig. 5** beschrieben. **Fig. 3** zeigt die P-seitige Packungseinheit **21**, wie sie von der Harzpackungsseite **15** aus gesehen wird, und zwar unter Auslassung der Darstellung der Harzpackung **15**.

[0042] Eine Platine **2** ist auf der Hauptoberfläche der Wärmesenke **3** angebracht. Zwei Halbleiterelemente **1a** und zwei Halbleiterelemente **1b**, insgesamt als vier, sind in Reihe auf einem Leitermuster P1 angeordnet, welches eine längliche Form aufweist und auf einer Hauptoberfläche der Platine **2** ausgebildet ist. Jedes der Halbleiterelemente **1a** und **1b** weist eine Seitenlänge von 2 bis 5 mm und eine Dicke von 0,06 bis 0,25 mm auf.

[0043] Die Halbleiterelemente **1a** und **1b** sind Siliziumcarbid-Halbleiterelemente, welche auf einem Siliziumcarbidsubstrat ausgebildet sind. Das Halbleiterelement **1a** ist ein Schaltelement, wie beispielsweise ein IGBT oder ein MOSFET (= Metalloxid-Halbleiter-Feldeffekttransistor (engl.: metal oxide semiconductor field effect transistor)). Das Halbleiterelement **1b** ist eine SBD (= Schottky-Sperrdiode (engl.: schottky barrier diode)) oder dergleichen.

[0044] Wenn das Siliziumcarbid-Halbleiterelement verwendet wird, kann ein Halbleitervorrichtungsmodul

dul mit geringer Größe und mit einem ausgezeichneten Wärmewiderstand im Vergleich zum Einsatz eines Silizium-Halbleiterelements erhalten werden.

[0045] In der in **Fig. 3** gezeigten Konfiguration wird ein IGBT **1a** als Halbleiterelement **1a** verwendet, und eine SBD **1b** wird als Halbleiterelement **1b** verwendet. Der Transistor T1U und die Freilaufdiode D1U, welche mit Bezug auf die **Fig. 2** beschrieben wurden, entsprechen dem IGBT **1a** bzw. der SBD **1b**. Jedoch sind in der exemplarischen Schaltungskonfiguration, die in **Fig. 3** gezeigt ist, zwei Transistoren T1U und zwei Freilaufdioden D1U parallel zueinander geschaltet.

[0046] Das vorstehend beschriebene Beispiel dient lediglich der Veranschaulichung. Die Art des Halbleiterelements ist nicht auf die vorstehend beschriebene begrenzt. Die Anzahl der Halbleiterelemente kann größer sein als 1. Die Art, die Anzahl und die Kombination derselben können gemäß einer Produktspezifikation, wie beispielsweise erforderlicher Strom, Spannung und dergleichen, ausgewählt werden. Die gemeinsame Nutzung von Teilen ermöglicht eine Kostenreduktion.

[0047] Der IGBT **1a** und die SBD **1b** sind mit dem Leitermuster P1 dadurch verbunden, dass die Elektroden (der Kollektor des IGBT und die Kathode der Diode) an der rückwärtigen Oberflächenseite derselben mit dem Leitermuster P1 durch ein Hartlötmaterial, wie beispielsweise ein Hochtemperatur-Lötmaterial, oder ein Bondmaterial **11** (nicht gezeigt), wie z. B. ein leitendes Klebstoffmaterial, verbunden sind.

[0048] Die Elektroden an der oberen Oberflächenseite des IGBT **1a** und der SBD **1b** sind der Emitter des IGBT und die Anode der Diode. Ein Verdrahtungselement **10** mit einer Dicke von 0,3 bis 1,5 mm und gebildet aus einem Metall mit guter Leitfähigkeit, wie z. B. Kupfer oder einer Legierung davon, ist so angeordnet, dass es sich über die oberen Oberflächen der IGBTs **1a** und SBDs **1b** erstreckt, und ist mit den oberen Oberflächen der Elemente durch ein Hartlötmaterial, wie beispielsweise ein Hochtemperatur-Lötmaterial, oder das Bondmaterial **11**, wie beispielsweise den leitenden Klebstoff, verbunden.

[0049] Hierbei wird, wenn das Hochtemperatur-Lötmaterial als Bondmaterial **11** verwendet wird, ein Lötmaterial mit Sn (Zinn) als Hauptkomponente und mit einer Wärmebeständigkeit von 175°C oder mehr verwendet. Wenn der leitende Klebstoff als das Bondmaterial **11** verwendet wird, wird beispielsweise eine Silber-Nanopartikelpaste eingesetzt, welche erhalten wird, indem Silberpartikel (Silbernanopartikel) von denen jeder einen Durchmesser von 2 bis 30 nm aufweist, mit organischen Molekularfilmen überzogen werden. Die Silber-Nanopartikelpaste wird auf die oberen Oberflächen des IGBTs **1a** und der SBD

1b aufgebracht, und das Verdrahtungselement **10** wird darauf gesetzt, so dass es sich über sie hinweg erstreckt, und dann wird der Sintervorgang ausgeführt. Hierdurch kann ein Bondteil mit einer Wärmeleitfähigkeit von 20 bis 90 W/mK und einer Wärmebeständigkeit von 175°C oder mehr ausgebildet werden.

[0050] Der erste Hauptelektrodenanschluss **5** ist auch an einen Endkantenabschnitt des Leitermusters P1 gebondet. Ein separates Leitermuster P2 ist an einer Seite des Leitermusters P1 in Bezug auf eine Ausbreitungsrichtung desselben gegenüber derjenigen Seite, an welcher der erste Hauptelektrodenanschluss **5** gebondet ist, angeordnet. Das Verdrahtungselement **10** ist an das Leitermuster P2 gebondet, und auch der zweite Hauptelektrodenanschluss **6** ist daran gebondet.

[0051] Sowohl der erste Hauptelektrodenanschluss **5** als auch der zweite Hauptelektrodenanschluss **6** sind aus einem Metall mit guter Leitfähigkeit hergestellt, beispielsweise Kupfer oder einer Legierung davon, und weisen eine Dicke von 0,3 bis 1,5 mm und eine Länge der langen Seite von 5 bis 20 mm auf.

[0052] Durchgangslöcher TH sind in dem ersten Hauptelektrodenanschluss **5**, dem zweiten Hauptelektrodenanschluss **6** und dem Verdrahtungselement **10** ausgebildet und mit dem Bondmaterial **11** gefüllt. In dieser Konfiguration sind Oberflächen des ersten Hauptelektrodenanschlusses **5**, des zweiten Hauptelektrodenanschlusses **6** und des Verdrahtungselements **10** durch das Bondmaterial **11** an gegenüberliegende Oberflächen gebondet, und Innenwandoberflächen der Durchgangslöcher TH sind ebenfalls durch das Bondmaterial **11** gebondet. Somit können gebondete Teile mit hoher Zuverlässigkeit erhalten werden. Im Beispiel von **Fig. 3** beträgt die Anzahl an Durchgangslöchern TH, die in dem ersten Hauptelektrodenanschluss **5** und dem zweiten Hauptelektrodenanschluss **6** ausgebildet sind, jeweils 1. Jedoch ist dies nicht beschränkend.

[0053] Ein separates Leitermuster P3 ist parallel zur Ausdehnungsrichtung des Leitermusters P1 vorhanden. Der Signalanschluss **13** ist an das Leitermuster P3 gebondet, und das Leitermuster P3 und die Gates der IGBTs **1a** sind aneinander durch Leitungen **14** gebondet. Die Leitung **14** ist aus einem Metalldraht, wie beispielsweise Aluminium, ausgebildet und kann durch Druckkontakt gebondet werden, unter Einsatz von Drahtbonden oder Ultraschallbonden, oder kann unter Verwendung einer Leiterplatte und des Bondmaterials **11** gebondet werden.

[0054] Wenn der IGBT **1a**, die SBD **1b** und der erste Hauptelektrodenanschluss **5** an das Leitermuster P1 unter Einsatz des Bondmaterials **11** oder eines leitenden Klebstoffs gebondet werden, wenn der zweite

Hauptelektrodenanschluss **6** und das Verdrahtungselement **10** an das Leitmuster P2 unter Einsatz des Bondmaterials **11** oder eines leitenden Klebstoffs gebondet werden und wenn das Verdrahtungselement **10** an die Elektroden an den oberen Oberflächen des IGBT **1a** und der SBD **1b** unter Einsatz des Bondmaterials **11** oder eines leitenden Klebstoffs an das Leitmuster P1 unter Einsatz des Bondmaterials **11** oder eines leitenden Klebstoffs mit dem Leitmuster P1 gebondet wird, kann das gesamte Bonden gleichzeitig durch einen gemeinsamen thermischen Behandlungsschritt erfolgen, wodurch die Produktivität verbessert werden kann.

[0055] Der zweite Hauptelektrodenanschluss **6** ist nicht direkt mit den Hauptelektroden des IGBTs **1a** und der SBD **1b** verbunden, sondern ist mit dem Leitmuster P2 verbunden und dann elektrisch mit den Hauptelektroden des IGBTs **1a** und der SBD **1b** über das Verdrahtungselement **10** verbunden. Diese Konfiguration kann verhindern, dass unnötigerweise ein Drehmoment auf das Halbleiterelement ausgeübt wird, wenn ein Ende des Hauptelektrodenanschlusses angeschweißt oder durch ein Harz abgedichtet wird, was nachstehend noch beschrieben wird.

[0056] Die Platine **2** ist ein isolierendes Substrat mit Isoliereigenschaften und aus AlN (Aluminiumnitrid), Al₂O₃ (Aluminiumoxid) oder Si₃N₄ ausgebildet. Die Platine **2** weist eine Dicke von 0,6 bis 3 mm und eine Länge der langen Seite von 10 bis 150 mm auf. Die Länge der langen Seite wird in Abhängigkeit von der Anzahl der darauf angebrachten Halbleiterelemente wahlweise verändert.

[0057] Wie in Fig. 3 gezeigt ist, sind die Leitmuster P1 bis P3 auf einer Hauptoberfläche der Platine **2** ausgebildet und ein Leitmuster (nicht gezeigt) ist im Wesentlichen über der anderen Hauptoberfläche an der gegenüberliegenden Seite ausgebildet. Dieses Leitmuster ist an die Hauptoberfläche der Wärmesenke **3** gebondet und dient dazu, durch das Halbleiterelement erzeugte Wärme zur Wärmeableitung auf die Wärmesenke **3** zu übertragen.

[0058] Die Wärmesenke **3** hat eine Dicke von 0,8 bis 4 mm und ist aus Aluminium, einer Aluminiumlegierung, Kupfer oder einer Kupferlegierung ausgebildet. Die Wärmesenke **3** weist eine Länge der langen Seite auf, die größer ist als diejenige der langen Seite der Platine **2**, um eine ausreichende Wärmekapazität zu gewährleisten.

[0059] Der Endkantenabschnitt der langen Seite der Wärmesenke **3** ist durch das Einheitsmontageteil **50** mit der Schienenstruktur, welches auf der Hauptoberfläche der Wärmesenke **4** ausgebildet ist, festgeklemmt, und hierdurch wird die Hauptoberfläche der Wärmesenke **3** senkrecht zur Hauptoberfläche der Wärmesenke **4** positioniert.

[0060] Der Endkantenabschnitt der langen Seite der Wärmesenke **3** wird in den Schlitz des Einheitsmontageteils **50** eingeführt, und dann wird durch eine Pressmaschine eine Versteifung ausgeführt, so dass die Wärmesenke **3** fixiert ist. Diese Konfiguration kann die Größe der äußeren Form des Halbleitervorrichtungsmoduls **100** so stark wie möglich reduzieren und auch die Wärmekapazität erhöhen. Dies kann die Ableitung der Wärme des Halbleiterelements, welche erzeugt wird, wenn das Halbleitervorrichtungsmodul **100** betrieben wird, verbessern.

[0061] Die Wärmesenke **4** weist eine Dicke von 0,8 bis 4 mm auf und ist aus Aluminium, einer Aluminiumlegierung, Kupfer oder einer Kupferlegierung ausgebildet. Die Wärmesenke **4** weist eine längsseitige Länge auf, welche größer ist als die längsseitige Länge der Platine **2**, um eine ausreichende Wärmekapazität zu gewährleisten.

[0062] Beim Schweißen des Endes des Hauptelektrodenanschlusses wird ein lokales Schweißen ausgeführt, bei dem es sich um ein sogenanntes „Mikroschweißen“ unter Einsatz einer Bogenentladung handelt, wie nachstehend beschrieben. Wärme, die zu diesem Zeitpunkt erzeugt wird, kann durch die Wärmesenken **3** und **4** abgeleitet werden. Dementsprechend wird Wärme nicht bei der Schmelztemperatur oder oberhalb von dieser auf das Bondmaterial **11** übertragen, welches zum Bonden bzw. Befestigen der jeweiligen Teile benutzt wird, und eine Verschlechterung des gebondeten Teils aufgrund einer Erweichung oder eines Schmelzens des Bondmaterials **11** kann verhindert werden.

[0063] Auf der hinteren Oberflächenseite (der Hauptoberflächenseite gegenüber derjenigen Seite, an der die Wärmesenke **3** vorhanden ist) der Wärmesenke **4** kann eine Wärmeableitungsrippe vorhanden sein. Dies kann die Wärmeableitung weiter verbessern. Ob die Wärmeableitungsrippe eingesetzt wird oder nicht, kann gemäß der Menge an erzeugter Wärme des Halbleiterelements bestimmt werden, sowie auch gemäß der Art der Verwendung des Halbleitervorrichtungsmoduls **100** oder gemäß eines Montagezustands des Halbleitervorrichtungsmoduls **100**.

[0064] Anstelle der Wärmeableitungsrippe kann ein Kühlventilator vorhanden sein, um erzwungene Luftkühlung auszuführen, oder eine erzwungene Kühlung kann durch eine Wasserkühlung verwirklicht werden. Diese Verfahren sind effektiv, um das Arbeiten des Halbleitervorrichtungsmoduls **100** in einem hohen Betriebstemperaturbereich zu gewährleisten.

[0065] Obwohl dies in Fig. 3 nicht gezeigt ist, ist die Harzpackung **15** (Fig. 1) auf der Hauptoberfläche der Wärmesenke **3** an derjenigen Seite derselben ausgebildet, an welche die Platine **2** gebondet ist, so dass die Harzpackung **15** durch Harz die Platine **2** abdicht-

tet, an welche die IGBTs **1a**, die SBDs **1b**, der erste Hauptelektrodenanschluss **5**, der zweite Hauptelektrodenanschluss **6** und das Verdrahtungselement **10** gebondet sind. Die hintere Oberfläche (die Hauptoberfläche gegenüber der Seite, an welche die Platine **2** gebondet ist) der Wärmesenke **3** liegt frei.

[0066] Ein Harzmaterial der Harzpackung **15** ist ein Harz, das ein Siliziumharz oder ein Epoxidharz als Hauptkomponente enthält. Die Harzpackung **15** dient dazu, nach dem Bonden der Halbleiterelemente und des Verdrahtungselements **10** die Isolationseigenschaften zu gewährleisten, den ersten Hauptelektrodenanschluss **5** und den zweiten Hauptelektrodenanschluss **6** zu befestigen und zu halten und die Beständigkeit der Bondverbindungen mit der Platine **2** zu gewährleisten. Als Verfahren der Abdichtung mit Harz wird beispielsweise ein Vergussverfahren eingesetzt, bei dem eine Gussform verwendet wird, und die Formgebung wird durch Erhitzen auf 80 bis 150°C ausgeführt.

[0067] Als nächstes wird eine Konfiguration der N-seitigen Packungseinheit **22** beschrieben. **Fig. 4** zeigt die N-seitige Packungseinheit **22** von der Seite der Harzpackung **15** aus gesehen, wobei die Darstellung der Harzpackung **15** weggelassen wurde.

[0068] Im Vergleich zur P-seitigen Packungseinheit **21**, die in **Fig. 3** gezeigt ist, weist die N-seitige Packungseinheit **22** eine liniensymmetrische Struktur in Bezug auf eine gedachte Linie zwischen beiden Packungen auf. Die hinteren Oberflächen der Wärmesenken **3** in den jeweiligen Packungen liegen einander gegenüber. Diese Konfiguration ist zur Verbesserung der Kühlkapazität des Halbleitervorrichtungsmoduls **100** wirksam, um eine stabile Arbeitsweise des Halbleiterelements, das in jeder Packung enthalten ist, zu erzielen.

[0069] Die Teile der Konfiguration, die derjenigen der P-seitigen Packungseinheit **21** von **Fig. 3** gemeinsam sind, werden durch dieselben Bezugszeichen gekennzeichnet, und redundante Beschreibung wird ausgelassen. In der N-seitigen Packungseinheit **22** ist der erste Hauptelektrodenanschluss **7** an den Endkantenabschnitt des Leitermusters P1 gebondet, und das Verdrahtungselement **10** und der zweite Hauptelektrodenanschluss **8** sind an das Leitermuster P2 an der Seite desselben gebondet, welche derjenigen Seite gegenüberliegt, an welche der erste Hauptelektrodenanschluss **7** gebondet ist.

[0070] Sowohl der erste Hauptelektrodenanschluss **7** als auch der zweite Hauptelektrodenanschluss **8** sind aus einem Metall mit guter Leitfähigkeit gebildet, wie beispielsweise Kupfer oder einer Legierung davon, und weisen eine Dicke von 0,3 bis 1,5 mm auf.

[0071] Durchgangslöcher TH sind im ersten Hauptelektrodenanschluss **7**, dem zweiten Hauptelektrodenanschluss **8** und dem Verdrahtungselement **10** ausgebildet, und mit dem Bondmaterial **11** gefüllt. In dieser Konfiguration sind Oberflächen des ersten Hauptelektrodenanschlusses **7**, des zweiten Hauptelektrodenanschlusses **8** und des Verdrahtungselements **10** durch das Bondmaterial **11** mit dem gegenüberliegenden Oberflächen verbunden, und Innenwandoberflächen der Durchgangslöcher TH sind ebenfalls durch das Bondmaterial **11** gebondet. Somit können gebondete Teile mit großer Zuverlässigkeit erhalten werden. Im Beispiel von **Fig. 4** beträgt die Anzahl an Durchgangslöchern TH, die jeweils im ersten Hauptelektrodenanschluss **7** und dem zweiten Hauptelektrodenanschluss **8** vorhanden sind, eins. Dies ist jedoch nicht beschränkend.

[0072] Ein separates Leitermuster P3 ist parallel zur Ausdehnungsrichtung des Leitermusters P1 vorhanden. Der Signalanschluss **13** ist an den Leitungsmuster P3 gebondet, und das Leitermuster P3 und die Gates der IGBTs **1a** sind aneinander durch Leitungen **14** gebondet.

[0073] Obwohl in **Fig. 4** nicht gezeigt, ist die Harzpackung **15** (**Fig. 1**) auf der Hauptoberfläche der Wärmesenke **3** an derjenigen Seite derselben ausgebildet, an der die Platine gebondet ist, so dass die Harzpackung **15** mit einem Harz die Platine **2** abdichtet, an welche die IGBTs **1a**, die SBDs **1b**, der erste Hauptelektrodenanschluss **7**, der zweite Hauptelektrodenanschluss **8** und das Verdrahtungselement **10** gebondet sind. Die hintere Oberflächenseite (die Hauptoberfläche gegenüberliegend der Seite, an welche die Platine **2** gebondet ist) der Wärmesenke **3** liegt frei.

[0074] **Fig. 5** zeigt einen Querschnitt entlang der Linie A-A der **Fig. 3** und **Fig. 4**. Wie in **Fig. 5** gezeigt, ist das leitende Verbindungselement **9** zwischen den zweiten Hauptelektrodenanschluss **6** der P-seitigen Packungseinheit **21** und den ersten Hauptelektrodenanschluss **7** der N-seitigen Packungseinheit **22** gesetzt.

[0075] Auf diese Weise sind die Platine **2**, die IGBTs **1a**, die SBDs **1b** und das Verdrahtungselement **10** innerhalb der Harzpackung **15** mit Harz abgedichtet. Jedoch steht die Länge der langen Seite jedes der ersten Hauptelektrodenanschlüsse **5** und **7** und jedes der zweiten Hauptelektrodenanschlüsse **6** und **8** aus der Harzpackung **15** um 2 bis 15 mm vor. Ein vorstehendes Ende jedes Hauptelektrodenanschlusses ist nicht flach, sondern konkav-konvex aufgrund der Tatsache, dass ein zentraler Bereich einer kurzen Seite zurückgenommen ist, wie in den **Fig. 3** und **Fig. 4** gezeigt.

[0076] Eine solche Form kann das Auftreten eines Kontakts zwischen den geschweißten Teilen verhindern, wenn der zweite Hauptelektrodenanschluss **6** und der erste Hauptelektrodenanschluss **7** an das Verbindungselement **9** geschweißt werden.

[0077] Wenn die Richtung entlang der kurzen Seite jedes Hauptelektrodenanschlusses die Breitenrichtung genannt wird, werden die Größen einer Ausnehmung und eines Vorsprungs der konkav-konvexen Form so ausgewählt, dass sie der Beziehung $X \geq 0,4 A$ genügen, wobei die Breite des Hauptelektrodenanschlusses als A (mm) und die Breite der Ausnehmung als X (mm) definiert sind.

[0078] Die Größe der konkav-konvexen Form wird auf diese Weise festgesetzt, damit verhindert wird, dass benachbarte geschweißte Teile miteinander in Kontakt gebracht oder aneinander gebondet werden, was passieren kann, wenn die Breite der Ausnehmung schmal ist, wenn der zweite Hauptelektrodenanschluss **6** und der erste Hauptelektrodenanschluss **7** mit dem Verbindungselement **9** verschweißt werden.

[0079] Wenn die geschweißten Teile aneinander gebondet werden, hat das geschweißte Teil nicht eine im Wesentlichen halbkugelförmige Form, welches eine stabile Form ist, sondern weist eine instabile Form auf, welche die Zuverlässigkeit verschlechtern kann. Andererseits besteht die Forderung nach Verkleinerung und Reduzierung des Gewichts des Halbleitervorrichtungsmoduls **100**, und deshalb kann die Breite des Hauptelektrodenanschlusses nicht ohne Beschränkung erhöht werden. Im Hinblick auf die Verbesserung der Zuverlässigkeit des gebondeten Teils und die Gewährleistung der Qualität des Produkts ist es wünschenswert, das obige Verhältnis einzuhalten.

[0080] Wenn die Breite der Ausnehmung übermäßig vergrößert wird, wird die Breite Vorsprungs verkleinert. Dies behindert die Schweißarbeit und verringert die Bondstärke. Deshalb ist es wünschenswert, dass die obere Grenze der Breite der Ausnehmung etwa das 0,5-Fache der Breite des Vorsprungs beträgt.

[0081] Fig. 6 zeigt eine Querschnittsansicht in einem Zustand, in dem der zweite Hauptelektrodenanschluss **6** und der erste Hauptelektrodenanschluss **7** an das Verbindungselement **9** durch lokales Schweißen unter Einsatz einer Glühbogenentladung gebondet werden. Die P-seitige Packungseinheit **21** und die N-seitige Packungseinheit **22**, welche nach Ausbildung der Harzpackungen **15** erhalten werden, sind auf den Einheitsmontageteilen **50**, welche auf der Wärmesenke **4** vorhanden sind, angebracht, und durch eine Pressmaschine oder dergleichen wird eine Verstimmung ausgeführt. Dann wird das Verbindungselement **9** zwischen den zweiten Hauptelek-

trodenanschluss **6** und den ersten Hauptelektrodenanschluss **7** gesetzt. Somit wird der Zustand erhalten, der in Fig. 5 gezeigt ist.

[0082] Das Verbindungselement **9** weist eine solche Form auf, dass beide Endbereiche desselben in dieselbe Richtung um etwa 90° mit Bezug auf eine Richtung entlang seiner langen Seite gebogen sind. Ein Ende des gebogenen Bereichs weist eine konkav-konvexe Form auf, ähnlich derjenigen des Hauptelektrodenanschlusses. Wenn eine Richtung entlang einer kurzen Seite des Verbindungselements **9** die Breitenrichtung genannt wird, wird die Breite des Verbindungselements **9** so festgesetzt, dass sie denselben Wert aufweist wie die Breite des zweiten Hauptelektrodenanschlusses **6** und des ersten Hauptelektrodenanschlusses **7**, und die Größen der Ausnehmung und des Vorsprungs sind gleich denjenigen des zweiten Hauptelektrodenanschlusses **6** und des ersten Hauptelektrodenanschlusses **7**. Diese Konfiguration ermöglicht, dass der Zusammenbau und das Verschweißen auf einfache Weise ausgeführt werden können.

[0083] Das Verbindungselement **9** ist so zwischen den zweiten Hauptelektrodenanschluss **6** und den ersten Hauptelektrodenanschluss **7** gesetzt, dass Endbereiche des zweiten Hauptelektrodenanschlusses **6** und des ersten Hauptelektrodenanschlusses **7** mit dem Ende der gebogenen Bereiche des Verbindungselements **9** zusammenfallen.

[0084] Dann werden durch lokales Schweißen eine unter Einsatz eines Glühentladungsbogens die Endbereiche des zweiten Hauptelektrodenanschlusses **6** und des ersten Hauptelektrodenanschlusses **7** mit den Endbereichen des Verbindungselements **9** verschweißt. Die Endbereiche werden durch Hitze geschmolzen, welche durch die Glühbogenentladung hervorgerufen wird, um verschweißte Teile BL mit einer im Wesentlichen halbkugelförmigen Gestalt auszubilden.

[0085] Hier ist die maximale Breite des geschweißten Teils BL gleich oder größer dem 1,1-Fachen der Breite des Vorsprungs, der am Endbereich sowohl des zweiten Hauptelektrodenanschlusses **6** als auch des ersten Hauptelektrodenanschlusses **7** vor dem Bonden ausgebildet wird. Dies kann die Zuverlässigkeit des gebondeten Teils erhöhen, um die Qualität des Produkts zu verbessern.

[0086] Der Grund hierfür wird mit Bezug auf Fig. 7 beschrieben. Fig. 7 zeigt ein Ergebnis eines Bondstärketests, wobei die horizontale Achse das Verhältnis der Bondbreite (der maximalen Breite des geschweißten Teils BL) zur Breite des Vorsprungs des Hauptelektrodenanschlusses repräsentiert und wobei die vertikale Achse die Bruchfestigkeit (N) repräsentiert.

Herstellungsverfahren

[0087] Fig. 7 offenbart, dass, wenn die maximale Breite des geschweißten Teils BL gleich oder größer als das 1,1-Fache der Breite des Vorsprungs des Hauptelektrodenanschlusses ist, die Bruchfestigkeit 10 N (Newton) übersteigt und somit die notwendige Verbindungsstärke vorhanden ist. Um den Punkt herum, bei dem das Verhältnis, das durch die horizontale Achse repräsentiert wird, 1 übersteigt, nimmt die Bruchfestigkeit schnell zu. Wenn jedoch das Verhältnis kleiner als 1,1 ist, ist es schwierig, eine ausreichende Bondstärke zu erreichen.

[0088] Der Faktor 1,1 gewährleistet die Zuverlässigkeit des gebondeten Teils der Elektrode mit der minimalen Energie, und eine solche Struktur wird „Minimalbondstruktur“ genannt. Durch Annehmen der Minimalbondstruktur können die Produktionskosten verringert werden und zusätzlich können eine Verkleinerung und eine Reduzierung des Gewichts verwirklicht werden.

[0089] Die nötige Bondstärke kann erhalten werden, wenn die maximale Breite des geschweißten Teils BL gleich oder größer als das 1,1-Fache der Breite des Vorsprungs des Hauptelektrodenanschlusses ist. Jedoch kann im Hinblick auf Fig. 7 in Betracht gezogen werden, dass die obere Grenze derselben etwa die zweifache Breite des Vorsprungs des Hauptelektrodenanschlusses ist, und zwar basierend auf dem Verhältnis der Breite der Ausnehmung des Hauptelektrodenanschlusses.

[0090] Als Schweißverfahren kann das Elektronenstrahlschweißen oder das Laserschweißen anstelle des lokalen Schweißens unter Einsatz einer Glühbogenentladung eingesetzt werden. In einem solchen Fall kann ebenfalls ein geschweißtes Teil BL mit im Wesentlichen halbkugelförmiger Gestalt ausgebildet werden.

[0091] Das lokale Schweißen unter Einsatz der Glühbogenentladung wird ausgeführt, nachdem die P-seitige Packungseinheit 21 und die N-seitige Packungseinheit 22, welche erhalten werden, nachdem die Harzpackungen 15 ausgebildet sind, auf die Einheitsmontageteile 50 montiert und verstemmt wurden. Deshalb ist das Halbleiterelement mit einem abdichtenden Harz bedeckt, und das Halbleiterelement wird nicht durch die Glühbogenentladung, welche sich rockförmig ausbreitet, beschädigt. Derselbe Effekt wird auch erhalten, wenn Elektronenstrahlschweißen oder Laserschweißen eingesetzt wird.

[0092] Da der zweite Hauptelektrodenanschluss 6 und der erste Hauptelektrodenanschluss 7 miteinander durch das Verbindungselement 9 verbunden sind, sind die P-seitige Packungseinheit 21 und die N-seitige Packungseinheit 22 elektrisch miteinander verbunden, um die Wechselrichterschaltung als einen Satz auszubilden, wie in Fig. 2 gezeigt.

[0093] Als nächstes wird ein Verfahren zum Herstellen des Halbleitervorrichtungsmoduls 100 mit Bezug auf die Fig. 8 bis Fig. 16 beschrieben, welche die Herstellungsschritte der Reihe nach zeigen. Im Folgenden wird beispielhaft ein Verfahren zum Herstellen der P-seitigen Packungseinheit 21, wie sie in Fig. 3 gezeigt ist, beschrieben.

[0094] Als erstes wird in einem Schritt, der in Fig. 8 gezeigt ist, die Platine 2, auf deren Hauptoberfläche die Leitermuster P1 bis P3 ausgebildet sind, vorbereitet. Das Bondmaterial 11 wird an Bereichen auf dem Leitermuster P1 platziert, an denen die Halbleiterelemente angebracht werden.

[0095] Dann werden in einem Schritt, welcher in Fig. 9 gezeigt ist, die IGBTs 1a und die SBDs 1b vorbereitet und in dem Bereich angebracht, an dem das Bondmaterial 11 platziert ist.

[0096] Dann wird in einem Schritt, der in Fig. 10 gezeigt ist, das Bondmaterial 11 auf den oberen Oberflächen der IGBTs 1a und der SBDs 1b in Bereichen auf den Leitermustern P1 und P2 aufgebracht, an welche der erste Hauptelektrodenanschluss 5 bzw. der zweite Hauptelektrodenanschluss 6 gebondet werden, und in einem Bereich auf dem Leitermuster P2, an den das Verdrahtungselement 10 gebondet wird.

[0097] Dann werden in dem Schritt, welcher in Fig. 11 gezeigt ist, das Verdrahtungselement 10, der erste Hauptelektrodenanschluss 5 und der zweite Hauptelektrodenanschluss 6 vorbereitet und in den Bereichen angebracht, an denen das Bondmaterial 11 aufgetragen ist. Dann wird die Platine 2 unter einer vorgegebenen Temperaturbedingung erhitzt, um das Bondmaterial 11 zu verfestigen (oder auszuhärten), wodurch jede Komponente an die Platine 2 gebondet (fest angebracht) wird.

[0098] Dann wird in einem Schritt, der in Fig. 12 gezeigt ist, die Wärmesenke 3 vorbereitet, und das Bondmaterial 11 wird an einem Bereich auf einer Hauptoberfläche derselben aufgetragen, an den die Platine 2 gebondet werden wird.

[0099] Dann wird in einem Schritt, der in Fig. 13 gezeigt ist, die Platine 2 mit den darauf angebrachten Halbleiterelementen in dem Bereich, in dem Bondmaterial 11 aufgetragen ist, angebracht und unter einer vorgegebenen Temperaturbedingung erhitzt, um das Bondmaterial 11 zu verfestigen (oder auszuhärten), wodurch die Platine 2 auf die Wärmesenke 3 gebondet (bzw. fest darauf angebracht) wird.

[0100] Um die Gates der IGBTs 1a mit dem Leitermuster P3 elektrisch zu verbinden, werden dann in

einem Schritt, der in **Fig. 14** gezeigt ist, die Leitungen **14** durch Drahtbonden oder Ultraschallbonden gebondet. Der Signalanschluss **13** wird ebenfalls an das Leitermuster P3 durch Drahtbonden oder Ultraschallbonden gebondet. Aus Gründen der Beschreibung wird die Konfiguration, die nach diesem und den vorhergehenden Schritten erhalten wird, als „Schaltungseinheit“ bezeichnet.

[0101] Als nächstes wird in einem Schritt, welcher in **Fig. 15** gezeigt ist, die Platine **2** mit den darauf angebrachten Halbleiterelementen mit einem Harz auf der Wärmesenke **3** abgedichtet. Als ein spezifisches Abdichtungsverfahren wird die Wärmesenke **3** in eine Gussform eingepasst, welche die Platine **2** vollständig bedeckt und von der aus die Endbereiche des ersten Hauptelektrodenanschlusses **5** und des zweiten Hauptelektrodenanschlusses **6** vorstehen, und ein wärmeaushärtendes Dichtungsharz wird in die Gussform eingeleitet und auf 80 bis 150° erwärmt, um das Harz auszuhärten, so dass die Harzpackung **15** gebildet wird. Somit sind die P-seitige Packungseinheit **21** und die N-seitige Packungseinheit **22** vervollständigt.

[0102] Dann wird in einem Schritt, welcher in **Fig. 16** gezeigt ist, die Wärmesenke **4** vorbereitet, und die lange Seite (die lange Seite, an der kein Hauptelektrodenanschluss vorhanden ist) der Wärmesenke **3**, welche sowohl in der P-seitigen Packungseinheit **21** als auch in der N-seitigen Packungseinheit **22** enthalten ist, wird in den Schlitz der Schiene des Einheitsmontageteils **50** eingeführt, und ein längliches Element, das die Schiene bildet, wird unter Einsatz einer Pressmaschine verstemmt, wodurch es fixiert wird. Somit ist die Hauptoberfläche der Wärmesenke **3** fest senkrecht zur Hauptoberfläche der Wärmesenke **4** positioniert.

[0103] Dann wird das Verbindungselement **9** zwischen den zweiten Hauptelektrodenanschluss **6** und den ersten Hauptelektrodenanschluss **7** gesetzt, die Endbereiche des zweiten Hauptelektrodenanschlusses **6** und des ersten Hauptelektrodenanschlusses **7** werden mit den Endbereichen des Verbindungselements **9** durch lokales Schweißen unter Einsatz der Glühbodenentladung verschweißt. Hierdurch werden die geschweißten Teile BL, welche in **Fig. 6** gezeigt sind, ausgebildet, und somit ist das Halbleitervorrichtungsmodul **100** vollständig.

Effekte

[0104] Wie vorstehend beschrieben, wird beim Halbleitervorrichtungsmodul **100**, wenn der zweite Hauptelektrodenanschluss **6** und der erste Hauptelektrodenanschluss **7** an das Verbindungselement **9** gebondet werden, kein Bondmaterial (beispielsweise ein Lötmaterial) verwendet, das aus einem Metall hergestellt ist, das vom gebondeten Material (dem

Hauptelektrodenanschluss) verschieden ist, sondern der zweite Hauptelektrodenanschluss **6**, der erste Hauptelektrodenanschluss **7** und das Verbindungselement **9**, welche Basiselemente darstellen, werden geschmolzen und verfestigt, so dass sich die Metallatome verbinden. Deshalb tritt kein Missverhältnis zwischen dem linearen Ausdehnungskoeffizienten der Basiselemente und dem linearen Ausdehnungskoeffizienten des Bondmaterials auf.

[0105] Ein Halbleitervorrichtungsmodul sollte in einer sehr feindlichen Umgebung verwendet werden können, in welcher die Variation der Temperatur groß ist, wie beispielsweise eine Temperaturdifferenz (ΔT von 225°C oder mehr). Dementsprechend tritt, wenn das Bonden durch ein Material mit einem unterschiedlichen linearen Expansionskoeffizienten ausgeführt wird, wie beispielsweise einem Lötmaterial, eine thermische Verzerrung oder eine thermische Beanspruchung im gebondeten Teil aufgrund eines Missverhältnisses der linearen Expansionskoeffizienten der Basiselemente auf, was zu Rissbildung führen kann. Da der Hauptelektrodenanschluss eine geringe Dicke von 0,3 bis 1,5 mm aufweist, kann die Rissbildung fortschreiten, sobald sie einmal auftritt.

[0106] Bei der Erfindung jedoch ist das Schweißen in einigen Millisekunden bis einigen Sekunden abgeschlossen, da lokales Schweißen unter Einsatz der Bogenentladung stattfindet. Somit kann das Auftreten einer thermischen Verformung unterdrückt werden, und zusätzlich tritt kein Missverhältnis der linearen Expansionskoeffizienten auf, so dass das Auftreten von Rissbildung aufgrund einer Differenz der linearen Expansionskoeffizienten unterdrückt werden kann. Deshalb kann ein gebondetes Teil mit hoher Zuverlässigkeit erhalten werden.

[0107] Da das Lötmaterial mit einer Wärmebeständigkeit von 175°C oder mehr oder die Silber-Nanopartikelpaste als Bondmaterial **11** verwendet wird, kann eine Wärmebeständigkeit von 175°C oder mehr auch für das gebondete Teil innerhalb der Harzpackung **15** gewährleistet werden. Dies kann, zusammen mit der Verwendung des Siliziumcarbid-Halbleiterelements als Halbleiterelement, die Zuverlässigkeit des Halbleitervorrichtungsmoduls **100** selbst und die Qualität des Produkts erhöhen.

[0108] Der Endkantenabschnitt der langen Seite der Wärmesenke **3** ist durch das Einheitsmontageteil **50** mit der Schienenstruktur, welches auf der Hauptoberfläche der Wärmesenke **4** ausgebildet ist, festgeklemmt, so dass die Wärmesenke **4** fixiert ist. Dies kann die Befestigung der Wärmesenke **4** gewährleisten und verstärken.

[0109] Die Hauptoberfläche der Wärmesenke **3** ist senkrecht zur Hauptoberfläche der Wärmesenke **4** positioniert. Diese Konfiguration kann, zusammen mit

der Konfiguration, gemäß der die Hauptelektrodenanschlüsse von der Seitenoberfläche der Harzpackung **15** aus vorstehen, die Verkleinerung und die Gewichtsreduktion verwirklichen.

[0110] Die Wärmekapazität kann durch die Kombination der Wärmesenken **3** und **4** erhöht werden. Zusätzlich ist die hintere Oberfläche der Wärmesenke **3** der Umgebungsluft ausgesetzt, und deshalb kann die Wärmeableitung auch auf der hinteren Oberfläche der Wärmesenke **3** erfolgen. Dies kann die Wärmeableitung für das Halbleiterelement verbessern, welches Wärme erzeugt, wenn das Halbleitervorrichtungsmodul **100** betrieben wird, so dass bei einer höheren Temperatur ein normaler Betrieb stattfinden kann.

Ausführungsform 2

[0111] Als nächstes wird eine Konfiguration eines Halbleitervorrichtungsmoduls **200** gemäß einer Ausführungsform 2 der Erfindung mit Bezug auf **Fig. 17** beschrieben. Die gleichen Teile der Konfiguration des Halbleitervorrichtungsmoduls **100**, das in den **Fig. 3** und **Fig. 4** gezeigt ist, werden durch dieselben Bezugszeichen gekennzeichnet, und redundante Beschreibungen werden weggelassen.

[0112] **Fig. 17** ist eine Querschnittsansicht am selben Abschnitt wie diejenige des Halbleitervorrichtungsmoduls **100**, das in den **Fig. 3** und **Fig. 4** gezeigt ist. Das Halbleiterelement **1b** ist auf die Platine **2** gebondet, und die Wärmesenke **3** ist auf die Hauptoberfläche der Wärmesenke **4** unter Einsatz eines Bondmaterials **12** gebondet.

[0113] Eine P-seitige Schaltung und eine N-seitige Schaltung sind von einer Hülse **18** umgeben. Ein Dichtungsmaterial **16** mit Isolationseigenschaften ist innerhalb eines Gehäuses eingebracht, welches aus der Hülse **18** und der Wärmesenke **4** aufgebaut ist, wodurch die P-seitige Schaltung und die N-seitige Schaltung mit Harz abgedichtet sind. Die Hülse **18** ist aus einem Isolationsmaterial hergestellt, wie beispielsweise PPS, PBT, SPS und Epoxid, und weist eine Dicke von 0,5 bis 1,5 mm auf.

[0114] Auf diese Weise sind im Halbleitervorrichtungsmodul **200** die P-seitige Schaltung und die N-seitige Schaltung gemeinsam mit einem Harz abgedichtet, und es wird eine einzelne Harzpackung verwendet. Somit werden zum Zweck der Beschreibung die P-seitige Schaltung und die N-seitige Schaltung als eine P-seitige Schaltungseinheit **210** bzw. eine N-seitige Schaltungseinheit **220** bezeichnet.

[0115] Sowohl der obere Endbereich des zweiten Hauptelektrodenanschlusses **6A** der P-seitigen Schaltungseinheit **210** als auch des ersten Hauptelektrodenanschlusses **7A** der N-seitigen Schal-

tungseinheit **220** sind zweimal gebogen, um im Querschnitt eine z-förmige Gestalt zu bilden. Das heißt, dass der obere Endbereich zunächst in die Richtung senkrecht zur Hauptoberfläche des Hauptelektrodenanschlusses gebogen wird, um einen ersten gebogenen Bereich zu bilden, und der obere Endbereich wird dann zurück in die Richtung parallel zur Hauptoberfläche des Hauptelektrodenanschlusses gebogen, um einen zweiten gebogenen Bereich zu bilden. Sowohl der erste als auch der zweite gebogene Bereich sind um einen Winkel gebogen, der geringfügig kleiner ist als der rechte Winkel. Somit wird die z-förmige Querschnittsgestalt ausgebildet. Das Gleiche gilt für den ersten Hauptelektrodenanschluss **7A**, auch für einen ersten Hauptelektrodenanschluss (nicht gezeigt) der P-seitigen Schaltungseinheit **210** und einen zweiten Hauptelektrodenanschluss (nicht gezeigt) der N-seitigen Schaltungseinheit **220**.

[0116] Ein Verbindungselement **9A** zwischen dem zweiten Hauptelektrodenanschluss **6A** und dem ersten Hauptelektrodenanschluss **7A** weist eine solche Form auf, dass beide Endbereiche desselben in Bezug auf eine Richtung entlang seiner langen Seite in dieselbe Richtung um einen Winkel gebogen sind, der geringfügig kleiner ist als 90°, und ein zentraler Bereich desselben ist in Querschnittsansicht gekrümmt.

[0117] Diese Konfiguration ermöglicht es, dass eine thermische Beanspruchung und eine thermische Verformung, die im gebondeten Teil jedes Hauptelektrodenanschlusses auftreten, durch die gebogenen Bereiche absorbiert werden, so dass die Zuverlässigkeit und die Qualität des Produkts weiter erhöht werden können.

[0118] Das heißt, dass dies insbesondere effektiv ist, wenn das Halbleitervorrichtungsmodul **200** in einer feindlichen Umgebung eingesetzt wird, beispielsweise in kalten Klimazonen, in einem Fahrzeug und dergleichen.

[0119] Da jeder Hauptelektrodenanschluss eine gebogene Form aufweist, kann die Länge der Elektrode verkürzt werden, wodurch eine weitere Verkleinerung und eine Gewichtsreduktion erzielt werden können.

[0120] Dies bedeutet, dass, wenn die Dichte von Kupfer oder einer Kupferlegierung, welche das Material des Hauptelektrodenanschlusses ist, etwa 8933 kg/m³ beträgt, das Gewichtsverhältnis des Materials des Hauptelektrodenanschlusses zum Gesamtgewicht des Halbleitervorrichtungsmoduls maximal etwa dem Gewichtsverhältnis der Wärmesenke ist. Ein Biegeprozess für die jeweiligen Hauptelektrodenanschlüsse wird mit einer hohen Produktionseffizienz durch progressives Ausformwerkzeug unter Einsatz einer Pressmaschine oder dergleichen ausgeführt.

[0121] Bei dem Halbleitervorrichtungsmodul **200** wird die Wärmesenke **3** auf die Hauptoberfläche der Wärmesenke **4** unter Einsatz des Bondmaterials **12** gebondet. Als das Bondmaterial **12** wird ein Hartlötmaterial verwendet, wie beispielsweise ein Hochtemperaturlötmaterial, welches Sn als eine Hauptkomponente enthält und eine Wärmebeständigkeit von 175° oder mehr aufweist, oder ein leitender Klebstoff, wie beispielsweise eine Silber-Nanopartikelpaste. Dies kann die Beständigkeit selbst dann gewährleisten, wenn das Halbleitervorrichtungsmodul **200** bei einer hohen Temperatur von 175°C oder mehr verwendet wird. Darüber hinaus kann, da das Bondmaterial **12** eine Wärmeleitfähigkeit von 20 bis 90 W/mK aufweist, durch das Halbleiterelement erzeugte Wärme während des Betriebs effizient über die Wärmesenke **3** zur Wärmesenke **4** übertragen werden.

[0122] Beim Halbleitervorrichtungsmodul **200** kann, ähnlich wie bei dem Halbleitervorrichtungsmodul **100**, das in **Fig. 3** gezeigt ist, die Wärmesenke **3** fixiert werden, indem das Einheitsmontageteil **50** verwendet wird und eine Verstemmung durchgeführt wird. Andererseits kann beim Halbleitervorrichtungsmodul **100**, ähnlich wie beim Halbleitervorrichtungsmodul **200**, die Wärmesenke **3** unter Verwendung des Bondmaterials **12** gebondet werden.

[0123] Zur Herstellung des Halbleitervorrichtungsmoduls **200** wird eine Seitenoberfläche der langen Seite (die lange Seite, an der kein Hauptelektrodenanschluss vorhanden ist) der Wärmesenke **3**, welche sowohl in der P-seitigen Schaltungseinheit **210** als auch in der N-seitigen Schaltungseinheit **220** enthalten ist, an eine Hauptoberfläche der Wärmesenke **4** unter Einsatz des Bondmaterials **12** gebondet, und dann wird die Hülse **18**, welche keinen Boden und keinen Deckel aufweist, auf der Hauptoberfläche der Wärmesenke **4** so fixiert, dass sie die P-seitige Schaltungseinheit **210** und die N-seitige Schaltungseinheit **220** umgibt, wobei ein Klebstoff (nicht gezeigt) verwendet wird.

[0124] Dann wird beispielsweise ein Silikongel oder ein Epoxidharz als das Dichtungsmaterial **16** in das Gehäuse eingebracht, das aus der Hülse **18** und der Wärmesenke **4** gebildet wird.

[0125] Durch Vorsehen des Gehäuses, in welches das Dichtungsmaterial **16** auf diese Weise eingebracht wird, können die Herstellungsschritte vereinfacht werden. Auch sind die P-seitige Schaltungseinheit **210** und die N-seitige Schaltungseinheit **220** mit Ausnahme der Endbereiche der Hauptelektrodenanschlüsse durch das Abdichtungsmaterial **16** bedeckt. Dies kann verhindern, dass irgendwelche Defekte in anderen Teilen als den gebondeten Teilen während des Schweißens auftreten.

[0126] Dann wird das Verbindungselement **9** zwischen den zweiten Hauptelektrodenanschluss **6** und den ersten Hauptelektrodenanschluss **7**, welche aus dem Abdichtungsmaterial **16** heraus vorstehen, gesetzt, und die Endbereiche des zweiten Hauptelektrodenanschlusses **6** und des ersten Hauptelektrodenanschlusses **7** werden mit den Endbereichen des Verbindungselements **9** durch lokales Schweißen unter Einsatz der Glühbogenentladung verschweißt. Somit wird das Halbleitervorrichtungsmodul **200** vervollständigt.

[0127] Bei dem Halbleitervorrichtungsmodul **100** der Ausführungsform 1 können der zweite Hauptelektrodenanschluss **6A**, der erste Hauptelektrodenanschluss **7A** und das Verbindungselement **9A** anstelle des zweiten Hauptelektrodenanschlusses **6**, des ersten Hauptelektrodenanschlusses **7** bzw. des Verbindungselements **9** verwendet werden.

Ausführungsform 3

[0128] Als nächstes wird eine Konfiguration eines Halbleitervorrichtungsmoduls **300** gemäß einer Ausführungsform 3 der Erfindung mit Bezug auf die **Fig. 18** und **Fig. 19** beschrieben. Die gleichen Teile der Konfiguration wie diejenigen des Halbleitervorrichtungsmittels **100**, welches in den **Fig. 3** und **Fig. 4** gezeigt ist, sind durch dieselben Bezugszeichen gekennzeichnet, und redundante Beschreibungen wurden weggelassen.

[0129] **Fig. 18** ist eine Querschnittsansicht am selben Bereich wie demjenigen des Halbleitervorrichtungsmoduls **100**, das in den **Fig. 3** und **Fig. 4** gezeigt ist. Das Halbleiterelement **1b** ist auf die Platine **2** gebondet, und die Wärmesenke **3** ist auf die Hauptoberfläche der Wärmesenke **4** unter Einsatz des Bondmaterials **12** gebondet.

[0130] Eine Steuerungsplatine **19** ist oberhalb der P-seitigen Schaltung und der N-seitigen Schaltung positioniert. Die Steuerungsplatine **19** umfasst eine Steuerschaltung, welche ein Steuersignal erzeugt, das dem Gate des IGBTs **1a** (nicht gezeigt) zuzuführen ist. Die P-seitige Schaltung und die N-seitige Schaltung sind zusammen mit der Steuerungsplatine **19** vollständig in einer Harzpackung **17** aufgenommen.

[0131] Auf diese Weise sind bei dem Halbleitervorrichtungsmodul **300** die P-seitige Schaltung und die N-seitige Schaltung gemeinsam durch ein Harz abgedichtet, und es wird eine einzelne Harzpackung verwendet. Somit werden zum Zweck der Beschreibung die P-seitige Schaltung und die N-seitige Schaltung als eine P-seitige Schaltungseinheit **210** bzw. eine N-seitige Schaltungseinheit **220** bezeichnet.

[0132] Wie in **Fig. 19** gezeigt ist, sind die P-seitige Schaltungseinheit **210** und die N-seitige Schaltungseinheit **220** auf der Wärmesenke **4** so angebracht, dass ihre Platinen **2** einander gegenüberliegen. Hintere Oberflächen der Wärmesenken **3** derselben liegen an Seitenoberflächen der Harzpackung **17** frei.

[0133] Eine Seitenoberfläche der langen Seite (der langen Seite, an der kein Hauptelektrodenanschluss vorhanden ist) der Wärmesenke **3** sowohl der P-seitigen Schaltungseinheit **210** als auch der N-seitigen Schaltungseinheit **220** ist durch das Bondmaterial **12** an einen gestuften Bereich gebondet, der entlang einem längsseitigen Endkantenabschnitt der Wärmesenke **4** vorhanden ist. Als das Bondmaterial **12** wird ein Hartlötmaterial verwendet, wie beispielsweise ein Hochtemperaturlötmaterial, das Sn als Hauptkomponente enthält und eine Wärmebeständigkeit von 175°C oder mehr aufweist, oder ein leitender Klebstoff wie eine Silber-Nanopartikelpaste.

[0134] Der zweite Hauptelektrodenanschluss **6** der P-seitigen Schaltungseinheit **210** und der erste Hauptelektrodenanschluss **7** der N-seitigen Schaltungseinheit **220** erstrecken sich durch die Steuerungsplatine **19** hindurch, die über ihnen positioniert ist. Die Endbereiche des zweiten Hauptelektrodenanschlusses **6** und des ersten Hauptelektrodenanschlusses **7** sind mit den Endbereichen des Verbindungselements **9**, das zwischen den zweiten Hauptelektrodenanschluss **6** und den ersten Hauptelektrodenanschluss **7** gesetzt ist, durch lokales Schweißen unter Einsatz der Glühbogenentladung verschweißt. Somit werden die geschweißten Teile BL ausgebildet.

[0135] Der erste Hauptelektrodenanschluss **5** (nicht gezeigt) der P-seitigen Schaltungseinheit **210** und der zweite Hauptelektrodenanschluss **8** (nicht gezeigt) der N-seitigen Schaltungseinheit **220** erstrecken sich durch die Steuerungsplatine **19** hindurch, die über ihnen positioniert ist, und ihre jeweiligen Endbereiche sind mit externen Anschlüssen **30** und **31** durch lokales Schweißen unter Einsatz der Glühbogenentladung verschweißt. Die Endbereiche der externen Anschlüsse **30** und **31** stehen von einer oberen Oberfläche der Harzpackung **17** aus vor und sind mit einer Spannungsquelle, einer elektrischen Einrichtung und dergleichen verbunden.

[0136] **Fig. 19** zeigt die P-seitige Schaltungseinheit **210** von der Seite der Platine **2** aus gesehen, wobei die Darstellung der Harzpackung **17**, welche auf der P-seitigen Schaltungseinheit **210** positioniert ist, weggelassen wurde. **Fig. 18** ist eine Querschnittsansicht, die entlang der Linie B-B von **Fig. 19** gemacht wurde.

[0137] Wie in **Fig. 19** gezeigt, erstreckt sich der Signalanschluss **13**, welcher mit dem Leitungsmuster

P3 verbunden ist, gegen die Steuerungsplatine **19**, die über ihm positioniert ist, und ist mit einer Steuerschaltung (nicht gezeigt) der Steuerungsplatine **19** verbunden, so dass ein Steuerungssignal dem Signalanschluss **13** zugeführt wird.

[0138] Der zweite Hauptelektrodenanschluss **6** der P-seitigen Schaltungseinheit **210** und der erste Hauptelektrodenanschluss **7** (nicht gezeigt) der N-seitigen Schaltungseinheit **220** sind mit dem Verbindungselement **9** (nicht gezeigt) verbunden. Das Verbindungselement **9** ist darüber hinaus mit einem externen Anschluss **32** verbunden, und ein Endbereich des externen Anschlusses **32** steht von der oberen Oberfläche der Harzpackung **17** aus vor. Der externe Anschluss **32** kann einstückig mit dem Verbindungselement **9** ausgeführt sein.

[0139] Auf diese Weise liegen beim Halbleitervorrichtungsmodul **300** die hinteren Oberflächen der Wärmesenken **3** der P-seitigen Schaltungseinheit **210** und der N-seitigen Schaltungseinheit **220** an den Seitenoberflächen der Harzpackung **17** frei, und die hintere Oberfläche der Wärmesenke **4** liegt ebenfalls frei. Somit liegen drei Oberflächen (Wärmeableitungsoberflächen), die an der Wärmeableitung beteiligt sind, nach außen hin frei, wodurch eine höhere Wärmeableitung erzielt werden kann. Deshalb können die Eigenschaften des Halbleiterelements ausreichend ausgeübt werden.

[0140] Die freiliegenden Wärmeableitungsoberflächen können auf natürliche Weise gekühlt werden. Alternativ dazu kann eine Luftkühlungsrippe an jeder Wärmeableitungsoberfläche angebracht sein, und es kann eine Wasserkühlungsrippe angebracht sein.

[0141] Zur Herstellung des Halbleitervorrichtungsmoduls **300** wird die Seitenoberfläche der langen Seite (der langen Seite, an der kein Hauptelektrodenanschluss vorhanden ist) der Wärmesenke **3** sowohl der P-seitigen Schaltungseinheit **210** als auch der N-seitigen Schaltungseinheit **220** durch Einsatz des Bondmaterials **12** an die Hauptoberfläche der Wärmesenke **4** gebondet, in welcher die gestuften Bereiche entlang den längsseitigen Endkantenabschnitten derselben ausgebildet sind. Dann wird die Steuerungsplatine **19** so angeordnet, dass sich jeder Hauptelektrodenanschluss durch einen Öffnungsbereich der Steuerungsplatine **19** hindurch erstreckt, und der Signalanschluss **13** sowohl der P-seitigen Schaltungseinheit **210** als auch der N-seitigen Schaltungseinheit **220** ist mit einer vorgegebenen Steuerungsschaltung auf der Steuerungsplatine **19** verbunden. Zu diesem Zeitpunkt kann der Signalanschluss **13** mit der Steuerschaltung, beispielsweise durch Löten, verbunden werden, so dass der Signalanschluss **13** die Steuerungsplatine **19** stützt.

[0142] Dann wird das Verbindungselement **9** zwischen den zweiten Hauptelektrodenanschluss **6** und den ersten Hauptelektrodenanschluss **7** gesetzt, und die Endbereiche des zweiten Hauptelektrodenanschlusses **6** und des ersten Hauptelektrodenanschlusses **7** werden mit dem Endbereich des Verbindungselements **9** durch lokales Schweißen unter Einsatz der Glühbogenentladung verschweißt. Zu diesem Zeitpunkt kann, wenn das Verbindungselement **9**, das einstückig mit dem externen Anschluss **32** ausgebildet ist, verwendet wird, der Schritt des Schweißens des externen Anschlusses **32** an das Verbindungselement **9** eingespart werden.

[0143] Die externen Anschlüsse **30** und **31** werden mit dem ersten Hauptelektrodenanschluss **5** der P-seitigen Schaltungseinheit **210** bzw. dem zweiten Hauptelektrodenanschluss **8** (nicht gezeigt) der N-seitigen Schaltungseinheit **220** durch lokales Schweißen unter Einsatz der Glühbogenentladung verschweißt. Endbereiche der externen Anschlüsse **30** und **31**, welche mit dem ersten Hauptelektrodenanschluss **5** bzw. dem zweiten Hauptelektrodenanschluss **8** verbunden sind, können konkav-konvexe Formen aufweisen, ähnlich den Endbereichen des ersten Hauptelektrodenanschlusses **5** und des zweiten Hauptelektrodenanschlusses **8**.

[0144] Dann wird die Harzpackung **17** so ausgebildet, dass die Teile der externen Anschlüsse **30** bis **32**, die von den Endbereichen derselben verschieden sind, vollständig mit einem Harz abgedichtet sind.

[0145] Als ein spezifisches Abdichtungsverfahren wird eine Gussform auf der Wärmesenke **4** positioniert, so dass sie die P-seitige Schaltungseinheit **210**, die N-seitige Schaltungseinheit **220** und die externen Anschlüsse **30** bis **32** mit Ausnahme deren Endbereiche umgibt, und ein wärmeaushärtbares Dichtungsharz wird in die Gussform eingelegt und auf 80 bis 150°C erhitzt, um das Harz auszuhärten, so dass die Harzpackung **17** ausgebildet wird.

[0146] In dieser Konfiguration können die Zuverlässigkeit und die Qualität des Produkts erhöht werden, da die Teile, an denen die jeweiligen Hauptelektrodenanschlüsse an die Platine **2** gebondet sind, ebenfalls durch die Harzpackung **17** bedeckt sind.

[0147] Darüber hinaus kann, da die Abdichtung mit Harz als integrales Ausbilden unter Einsatz eines Ausformwerkzeugs ausgeführt wird, die Herstellung bei niedrigen Kosten und mit sehr hoher Produktivität erfolgen.

[0148] Der zweite Hauptelektrodenanschluss **6A**, der erste Hauptelektrodenanschluss **7A** und das Verbindungselement **9A**, welche beim Halbleitervorrichtungsmodule **200** der bevorzugten Ausführungsform **2** eingesetzt werden, können in dem Halbleitervor-

richtungsmodule **300** der bevorzugten Ausführungsformen **3** anstelle des zweiten Hauptelektrodenanschlusses **6**, des ersten Hauptelektrodenanschlusses **7** bzw. des Verbindungselements **9** verwendet werden.

Modifikation 1

[0149] Fig. 20 zeigt eine Konfiguration, in welcher der Umfang des Halbleitervorrichtungsmoduls **100**, das in Fig. 1 gezeigt ist, von einer Harzhülse **40** umgeben ist. Die gleichen Teile der Konfiguration wie diejenigen des Halbleitervorrichtungsmoduls **100**, das in Fig. 1 gezeigt ist, sind durch dieselben Bezugszeichen gekennzeichnet, und redundante Beschreibungen sind weggelassen.

[0150] Wie in Fig. 20 gezeigt, ist die Harzhülse **40**, die keinen Boden und keinen Deckel aufweist, auf der Hauptoberfläche der Wärmesenke **4** so befestigt, dass sie die P-seitige Packungseinheit **21** und die N-seitige Packungseinheit **22** umgibt.

[0151] Die Harzhülse **40** weist Anlagebereiche **41** und **42** an ihren beiden Enden in Bezug auf ihre Längsseitenrichtung auf. Jeder der Anlagebereiche **41** und **42** ist so ausgebildet, dass er sich nach außen erstreckt.

[0152] Auf dem Anlagebereich **41** erstreckt sich ein externer Anschluss ACT vom Verbindungselement **9** aus. Auf dem Anlagebereich **42** erstrecken sich ein externer Anschluss PT, der mit dem ersten Hauptelektrodenanschluss **5** der P-seitigen Packungseinheit **21** verschweißt ist, und ein externer Anschluss NT, der mit dem zweiten Hauptelektrodenanschluss **8** der N-seitigen Packungseinheit **22** verschweißt ist.

[0153] Das Verbindungselement **9** und der externe Anschluss ACT sind einstückig miteinander ausgebildet. Durch Schweißen des Verbindungselements **9** an den zweiten Hauptelektrodenanschluss **6** und den ersten Hauptelektrodenanschluss **7** werden der zweite Hauptelektrodenanschluss **6** und der erste Hauptelektrodenanschluss **7** elektrisch mit dem externen Anschluss ACT verbunden.

[0154] Das lokale Schweißen unter Einsatz der Glühbogenentladung wird auch eingesetzt, um den ersten Hauptelektrodenanschluss **5** der P-seitigen Packungseinheit **21** an den externen Anschluss PT zu schweißen und um den zweiten Hauptelektrodenanschluss **8** der N-seitigen Packungseinheit **22** an den externen Anschluss NT zu schweißen.

[0155] Endbereiche der externen Anschlüsse PT und NT, die mit dem ersten Hauptelektrodenanschluss **5** bzw. dem zweiten Hauptelektrodenanschluss **8** verbunden sind, können konkav-konvexe Formen aufweisen, ähnlich den Endbereichen des

ersten Hauptelektrodenanschlusses **5** und des zweiten Hauptelektrodenanschlusses **8**.

[0156] Auf diese Weise macht das Anordnen der Harzhülse **4**, so dass diese die P-seitige Packungseinheit **21** und die N-seitige Packungseinheit **22** umgibt, die Struktur des Halbleitervorrichtungsmoduls **100** als eine Einheit stärker.

[0157] Es gibt auch einen vorteilhaften Effekt insofern, als die Verbindung zu einer Spannungsquelle, einer elektrischen Einrichtung und dergleichen durch Vorsehen der externen Anschlüsse ACT, PT und NT erleichtert wird.

Modifikation 2

[0158] Bei den vorstehend beschriebenen Halbleitervorrichtungsmodulen **100** bis **300** sind zwei Schaltungseinheiten vorhanden, welche den Wechselrichter IV1 in dem in **Fig. 2** gezeigten Dreiphasenwechselrichter IV bilden. Das Ausbilden eines Moduls durch eine Anzahl an Schaltungseinheiten kann auf diese Weise die Montierbarkeit verbessern.

[0159] Jedoch kann das Modul lediglich durch die Schaltungseinheit gebildet werden, bei welcher sich der Transistor und die Freilaufdiode auf einer Potentialseite in einem Wechselrichter befinden. In einem solchen Fall ist der Dreiphasenwechselrichter IV durch die Kombination von sechs Halbleitervorrichtungsmodulen konfiguriert.

[0160] Das Modul kann auch so konfiguriert sein, dass es nicht einen Wechselrichter, sondern drei Wechselrichter umfasst, d. h., dass es alle Schaltungseinheiten umfasst, welchen den Dreiphasenwechselrichter IV, der in **Fig. 2** gezeigt ist, bilden. In einem solchen Fall ist der Dreiphasenwechselrichter IV, der in **Fig. 2** gezeigt ist, als ein einzelnes Halbleitervorrichtungsmodul konfiguriert. Alle Schaltungseinheiten, welche den Dreiphasenwechselrichter bilden, sind auf einer einzelnen Wärmesenke **4** angeordnet, was unter dem Gesichtspunkt der Montierbarkeit vorteilhafter ist.

Patentansprüche

1. Halbleitervorrichtungsmodul, aufweisend:
eine Platine (**2**) mit einem darauf angebrachten Halbleiterelement (**1a**, **1b**);
eine erste Wärmesenke (**3**), auf der die Platine angebracht ist;
mindestens eine Schaltungseinheit mit einem Hauptelektrodenanschluss (**5** bis **8**), welcher elektrisch mit einer Hauptelektrode des Halbleiterelements (**1a**, **1b**) verbunden ist; und
eine zweite Wärmesenke (**4**), auf der die mindestens eine Schaltungseinheit angebracht ist, wobei

die erste Wärmesenke (**3**) auf der zweiten Wärmesenke (**4**) so angebracht ist, dass sich ihre Hauptoberfläche senkrecht zur Hauptoberfläche der zweiten Wärmesenke (**4**) erstreckt,
der Hauptelektrodenanschluss sich in eine Richtung parallel zur Hauptoberfläche der ersten Wärmesenke (**3**) erstreckt, wobei ein Ende desselben mit der Platine (**2**) verbunden ist und das andere Ende desselben von einer Oberseite der ersten Wärmesenke (**3**) aus vorsteht,
der Hauptelektrodenanschluss als plattenförmiges Element ausgebildet ist und das andere Ende eine konkav-konvexe Form aufweist, wobei ein zentraler Abschnitt desselben zurückgenommen ist und beide Seiten desselben vorstehen,
die mindestens eine Schaltungseinheit eine Mehrzahl an Schaltungseinheiten umfaßt,
die Mehrzahl an Schaltungseinheiten auf der zweiten Wärmesenke (**4**) so angebracht sind, dass die ersten Wärmesenken (**3**) derselben parallel zueinander liegen, und
das Halbleitervorrichtungsmodul ferner ein Verbindungselement (**9**) aufweist, welches die Hauptelektrodenanschlüsse der Mehrzahl an Schaltungseinheiten miteinander verbindet, wobei das Verbindungselement (**9**) und der Hauptelektrodenanschluss durch Schweißen aneinander befestigt sind.

2. Halbleitervorrichtungsmodul nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verbindungselement (**9**) als plattenartiges Element ausgebildet ist und sein Endabschnitt dieselbe Form und dieselbe Größe aufweist wie die konkav-konvexe Form des Hauptelektrodenanschlusses, wobei das Verbindungselement (**9**) so vorgesehen ist, dass ein Vorsprung des Verbindungselements (**9**) dem Vorsprung des Hauptelektrodenanschlusses gegenüber steht.

3. Halbleitervorrichtungsmodul nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein halbkugelförmiges geschweißtes Teil an einem gebondeten Teil zwischen dem Verbindungselement (**9**) und dem Hauptelektrodenanschluss ausgebildet ist, wobei die maximale Breite des geschweißten Teils gleich oder größer ist als das 1,1-Fache einer Breite des Vorsprungs des Hauptelektrodenanschlusses.

4. Halbleitervorrichtungsmodul nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Breite der Ausnehmung des Hauptelektrodenanschlusses gleich oder größer ist als das 0,4-Fache einer Anschlussbreite.

5. Halbleitervorrichtungsmodul nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Platine (**2**) ein Leitermuster auf ihrer Hauptoberfläche aufweist,
das eine Ende des Hauptelektrodenanschlusses mit dem Leitermuster verbunden ist,

die mindestens eine Schaltungseinheit ein Verdrahtungselement (10) aufweist, welches elektrisch die Hauptelektrode des Halbleiterelements (1a, 1b) mit dem Leitermuster verbindet.

6. Halbleitervorrichtungsmodul nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die mindestens eine Platine (2) einen Harzkörper (15) aufweist, der auf der ersten Wärmesenke (3) angeordnet und so ausgebildet ist, dass er die Platine (2) vollständig bedeckt, das andere Ende des Hauptelektrodenanschlusses von einer Seitenoberfläche des Harzkörpers (15) aus vorsteht.

7. Halbleitervorrichtungsmodul nach einem der Ansprüche 1 bis 6, aufweisend eine Hülse (18), die auf der zweiten Wärmesenke (4) angebracht ist und den Umfang der mindestens einen Schaltungseinheit mit Ausnahme des anderen Endes des Hauptelektrodenanschlusses umgibt, wobei ein Dichtungsmaterial (16) mit Isoliereigenschaften in ein Gehäuse gefüllt ist, das durch die Hülse (18) und die zweite Wärmesenke (4) gebildet wird.

8. Halbleitervorrichtungsmodul nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Endoberfläche der ersten Wärmesenke (3) gegenüber derjenigen Seite, an der der Hauptelektrodenanschluss vorsteht, an einen Endkantenabschnitt der zweiten Wärmesenke (4) durch ein Bondmaterial (12) so gebondet ist, dass eine hintere Oberfläche der ersten Wärmesenke (3) gegenüber der Seite, an welcher die Platine (2) angebracht ist, nach außen gerichtet ist, die mindestens eine Schaltungseinheit eine Harzpackung (17) aufweist, welche die Gesamtheit der mindestens einen Schaltungseinheit mit Ausnahme der hinteren Oberfläche der ersten Wärmesenke (3) mit Harz abdichtet.

9. Halbleitervorrichtungsmodul nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Hauptelektrodenanschluss als plattenartiges Element ausgebildet ist und das andere Ende desselben in eine Richtung senkrecht zu seiner Hauptoberfläche gebogen ist, um einen ersten gebogenen Abschnitt zu bilden, und dann nach hinten in eine Richtung parallel zur Hauptoberfläche gebogen ist, um einen zweiten gebogenen Abschnitt zu bilden, so dass der Hauptelektrodenanschluss einen z-förmigen Querschnitt aufweist.

10. Halbleitervorrichtungsmodul nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Wärmesenke (3) durch ihren Endkantenabschnitt gegenüber der Seite, an welcher der Hauptelektrodenanschluss vorsteht, befestigt ist, indem sie durch ein schienenförmiges Einheitsmontageteil (50), welches auf der zweiten Wärmesenke (4) vorhanden ist, festgeklemt ist.

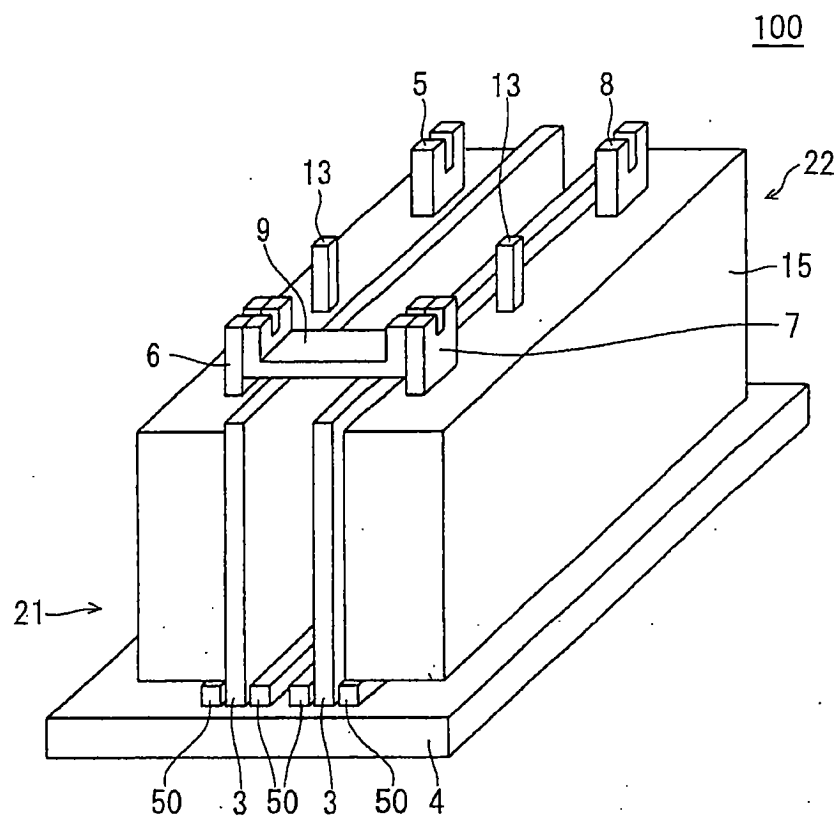
11. Halbleitervorrichtungsmodul nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Endoberfläche der ersten Wärmesenke (3) gegenüber derjenigen Seite, an der der Hauptelektrodenanschluss vorsteht, an die zweite Wärmesenke (4) durch ein Bondmaterial (12) gebondet ist.

12. Halbleitervorrichtungsmodul nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Halbleiterelement (1a, 1b) ein Siliziumcarbid-Halbleiterelement ist.

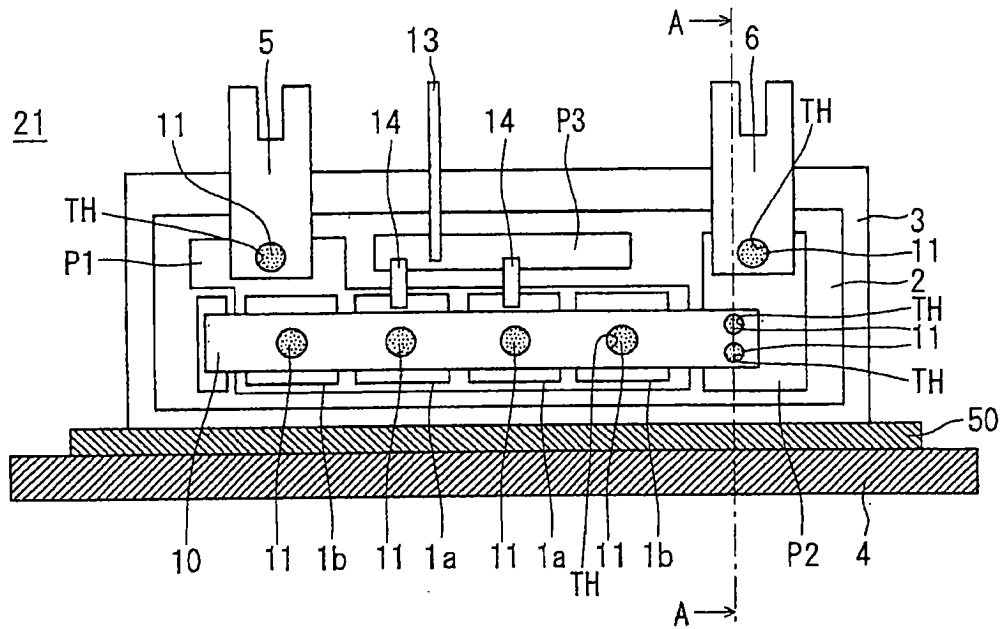
Es folgen 11 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

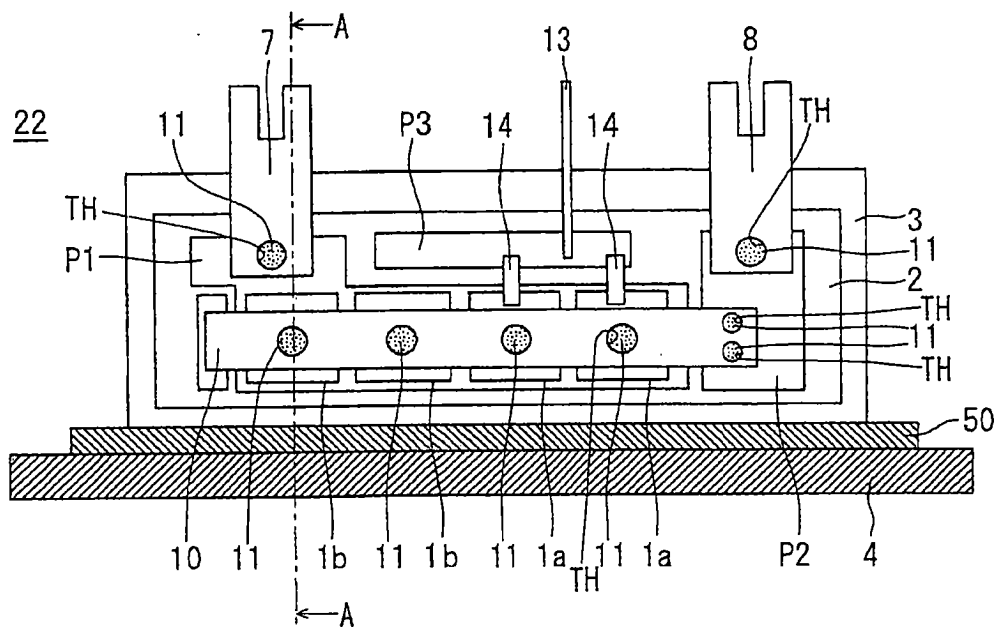
F I G . 1



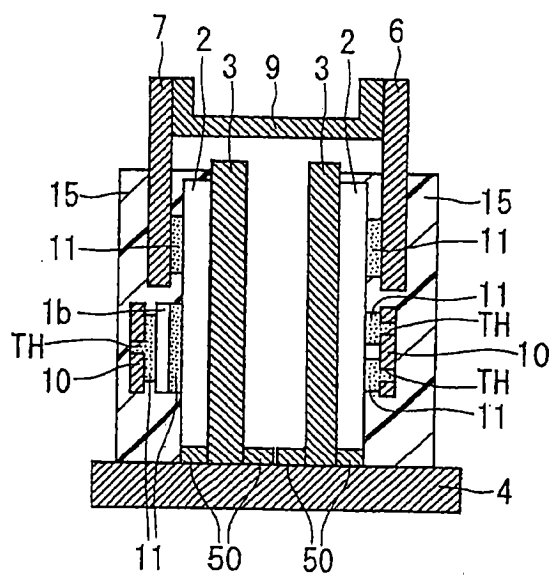
F I G . 3



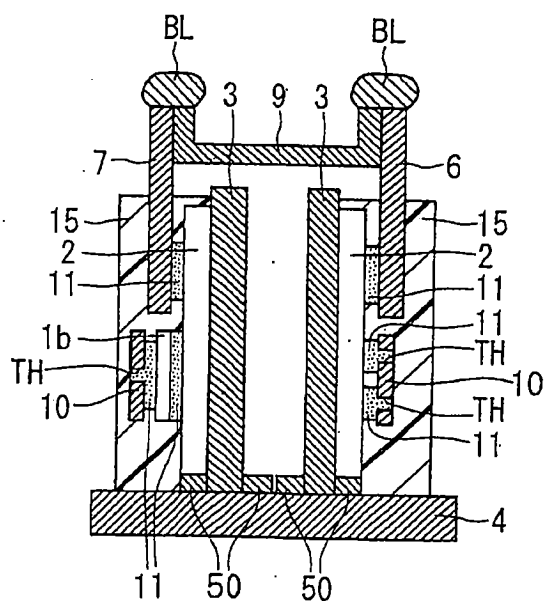
F I G . 4



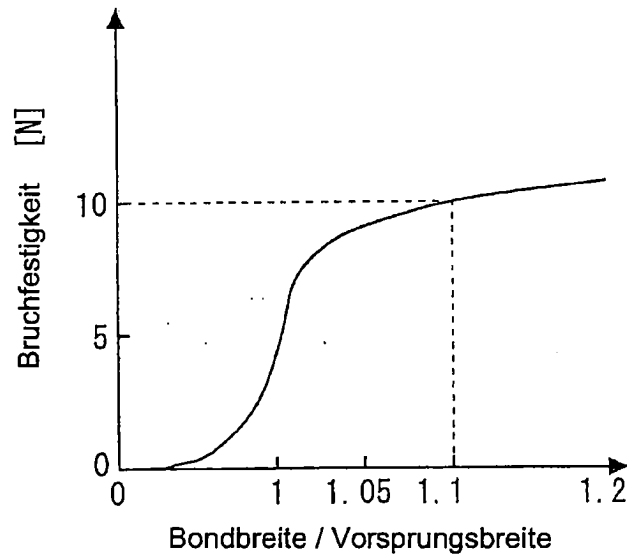
F I G . 5



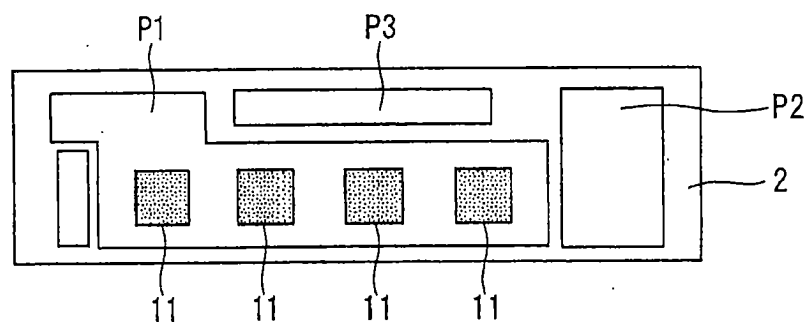
F I G . 6



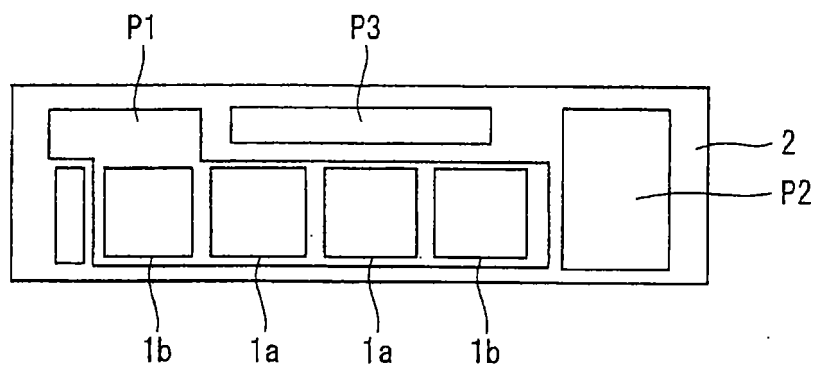
F I G . 7



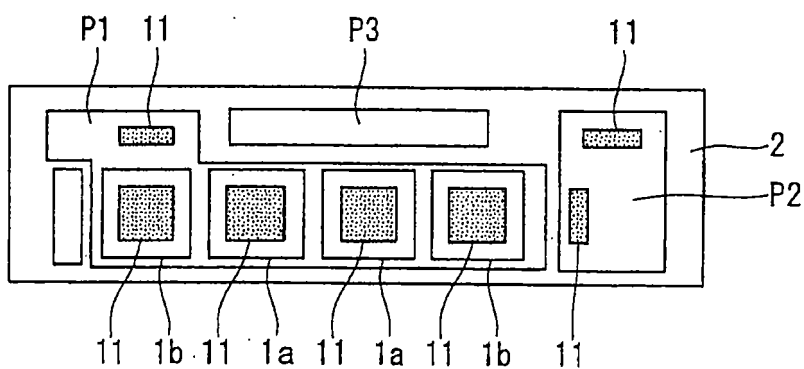
F I G . 8



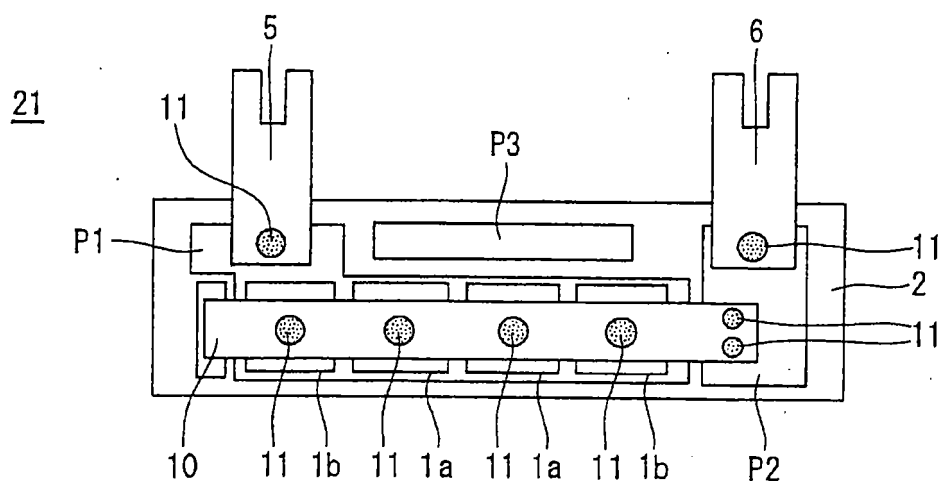
F I G . 9



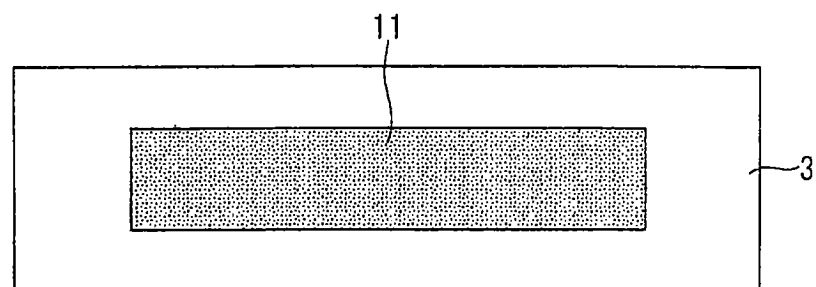
F I G . 1 0



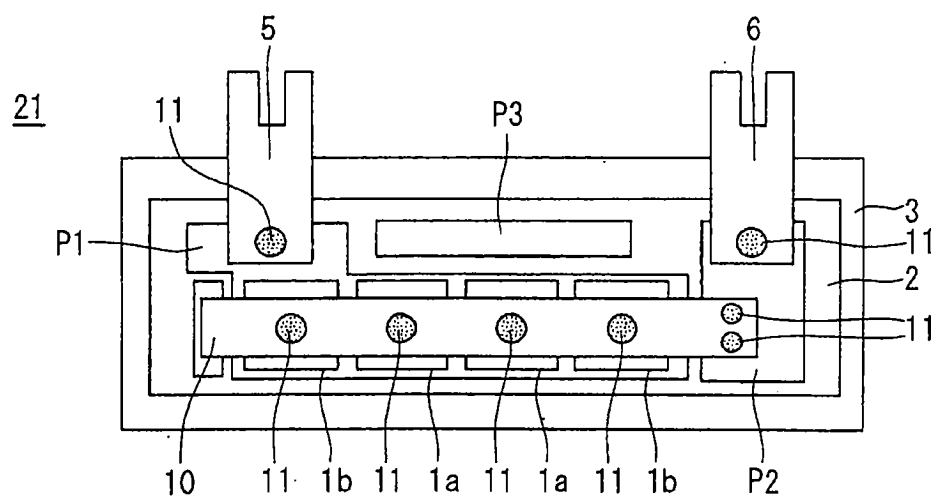
F I G . 1 1



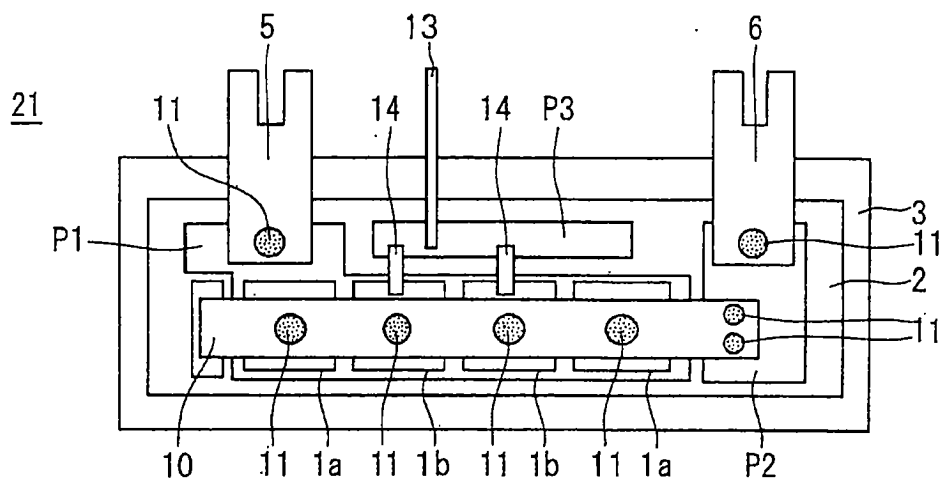
F I G . 1 2



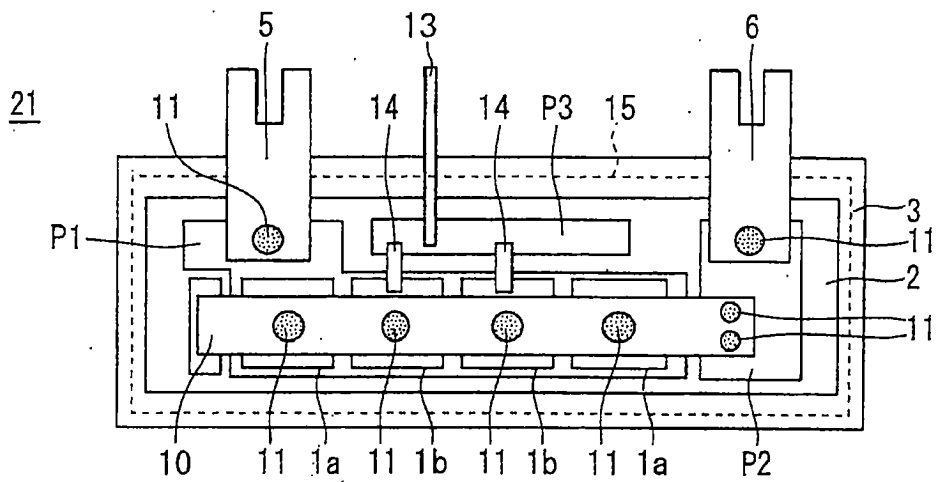
F I G . 1 3



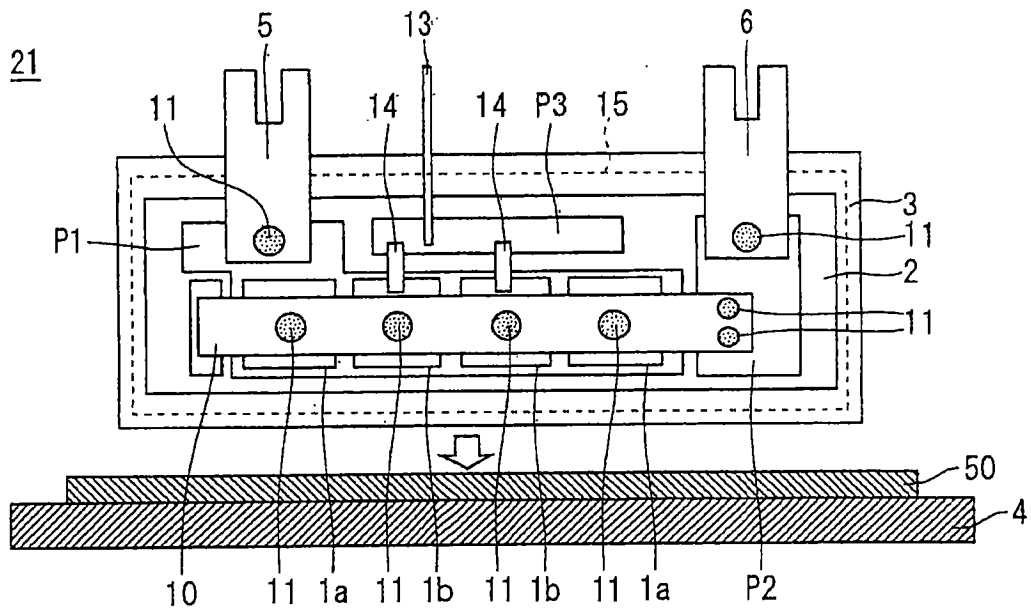
F I G . 1 4



F I G . 1 5



F I G . 1 6



F I G . 1 7

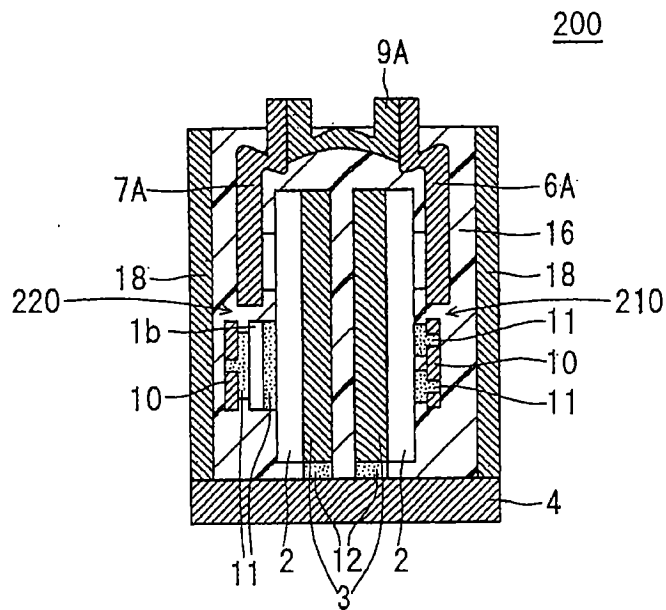


FIG. 18

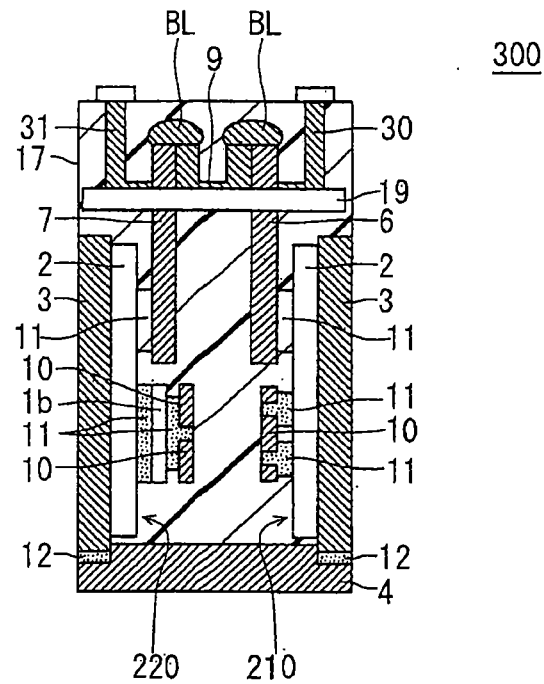
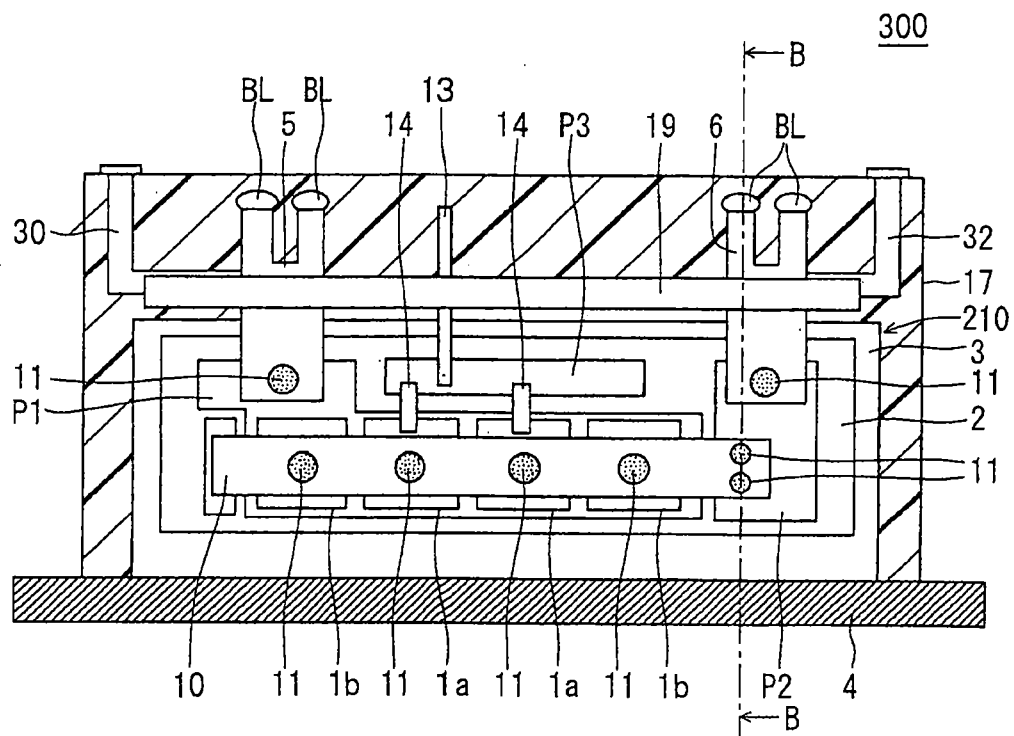


FIG. 19



F I G . 2 0

