



(10) **DE 10 2012 222 879 B4** 2023.05.04

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2012 222 879.9**
(22) Anmeldetag: **12.12.2012**
(43) Offenlegungstag: **18.07.2013**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **04.05.2023**

(51) Int Cl.: **H01L 25/07 (2006.01)**
H01L 23/31 (2006.01)
H01L 23/49 (2006.01)
H01L 23/495 (2006.01)
H01L 23/36 (2006.01)
H01L 21/60 (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).

(30) Unionspriorität:
2012-008083 **18.01.2012** **JP**

(72) Erfinder:
**Usui, Osamu, Tokyo, JP; Yoshimatsu, Naoki,
Tokyo, JP; Kikuchi, Masao, Tokyo, JP**

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

(56) Ermittelte Stand der Technik:

(74) Vertreter:
**Prüfer & Partner mbB Patentanwälte
Rechtsanwälte, 81479 München, DE**

DE	10 2007 004 005	A1
DE	10 2007 049 481	A1
US	2006 / 0 091 512	A1
US	2007 / 0 145 540	A1

(54) Bezeichnung: **Leistungshalbleitermodul und Verfahren zu seiner Herstellung**

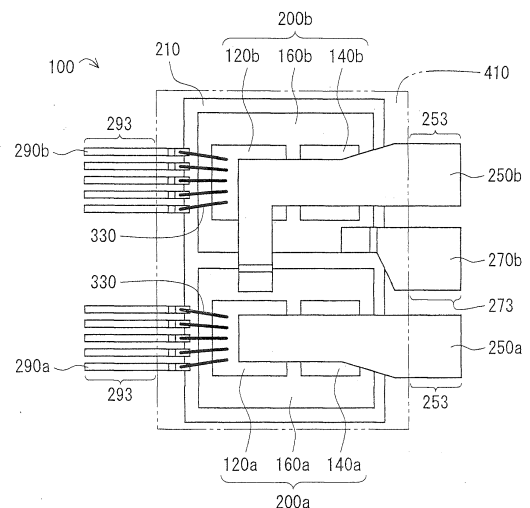
(57) Hauptanspruch: Leistungshalbleitermodul (100, 100B, 100D bis 100G) eines harzversiegelten Typs mit: einer Mehrzahl von Einheitsaufbauten (200a, 200b, 200cde, 200f bis 200h, 200ij), die jeweils eine Mehrzahl von Halbleiterchips (120a bis 120j, 140a bis 140h), von denen jeder eine erste Chiphauptfläche (121, 141) und eine zweite Chiphauptfläche (122, 142) aufweisen, und einen Wärmeverteiler (160a, 160b, 160cde, 160f bis 160h) mit einer Leitfähigkeit, auf den die ersten Chiphauptflächen der Mehrzahl von Halbleiterchips mit einem ersten Verbindungselement (180) gebondet sind, enthalten,

einem isolierenden Element (210, 230), das von dem Wärmeverteiler aus gesehen auf einer der Mehrzahl von Halbleiterchips gegenüberliegenden Seite angeordnet ist, und einer Mehrzahl von Elektroden (250a bis 250e, 250fgh, 250aF, 270b, 270cde, 270f bis 270h, 290a bis 290h), die eine Mehrzahl von Hauptelektroden, die jeweils mit einem zweiten Verbindungselement (310) mit vorbestimmten Flächen verbunden sind, aufweisen, wobei die Mehrzahl der Hauptelektroden umfasst:

eine Mehrzahl erster Elektroden (250a bis 250e, 250fgh, 250aF), die jeweils mit dem zweiten Verbindungselement (310) auf die zweite Chiphauptfläche vorbestimmter Chips aus der Mehrzahl von Halbleiterchips gebondet ist, und eine zweite Elektrode (270b, 270cde, 270f bis 270h), die durch das zweite Verbindungselement (310) mit der Chipbringungsfläche (162) des Wärmeverteilers (160b) verbunden ist, wobei das Leistungshalbleitermodul (100, 100B, 100D bis

100G) weiter umfasst:

ein isolierendes Substrat (350, 350B, 350D bis 350E), das eine isolierende Schicht (360, 360D), die von der Mehrzahl der ersten Elektroden aus gesehen auf einer der Mehrzahl von Halbleiterchips gegenüberliegenden Seite angeordnet ist, und eine erste leitende Schicht (370, 370B, 370D, 370E) enthält, die zwischen der isolierenden Schicht und der Mehrzahl der ersten Elektroden angeordnet ist und mit einem dritten Verbindungselement (400, 400G) auf die Mehrzahl ...



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Leistungshalbleitermodul eines harzversiegelten Typs und ein Verfahren zu seiner Herstellung.

[0002] Vor kurzem wurden Fortschritte gemacht, die es Leistungshalbleitermodulen erlauben, beispielsweise eine größere Leistungsfähigkeit, eine kompaktere Größe und eine höhere Frequenz zu haben. Die Wärmeerzeugungsdichte eines Halbleiterelements wird daher größer, was eine höhere Kühlleistungsfähigkeit erfordert.

[0003] Bei einem herkömmlichen Kühlaufbau ist ein Kühler auf einer äußeren Oberfläche eines Leistungshalbleitermoduls befestigt, und die Wärme, die von dem Halbleiterelement innerhalb des Moduls erzeugt wird, wird zum Kühler transportiert und abgeleitet. In diesem Fall ist es möglich, die Kühlleistungsfähigkeit zu verbessern durch das Verringern eines thermischen Widerstands eines Elements, das ein Wärmeübertragungspfad bildet, der vom Halbleiterelement zum Kühler reicht. Im Hinblick auf eine Vergrößerung der Leistungsfähigkeit eines Moduls, wie oben beschrieben, ist jedoch eine solche Maßnahme gegen thermischen Widerstand begrenzt.

[0004] Als Lösung für so ein Problem gibt es die Technik von JP 2009- 212 302 A (im Folgenden als Patentedokument 1 bezeichnet). Bei einem Halbleitermodul gemäß Patentedokument 1 werden Wärmeableitungsplatten jeweils in thermischen Kontakt mit beiden Hauptflächen eines Halbleiterelements angeordnet, und jede der Wärmeableitungsplatten ist elektrisch mit einer Elektrode des Halbleiterelements verbunden. Die Wärmeableitungsplatte ist integral mit dem Halbleiterelement mittels eines Formharzes bildet.

[0005] In dem Halbleitermodul gemäß Patentedokument 1 ist die Wärmeableitungsplatte mit einer Oberfläche des Halbleiterelements verbunden, und die andere Wärmeableitungsplatte ist über einen Abstandshalter mit der anderen Oberfläche des Halbleiterelements verbunden. Lot wird für die Verbindung der Komponenten benutzt.

[0006] Dieser Aufbau benötigt im Falle eines Halbleitermoduls, das eine Mehrzahl von Halbleiterelementen enthält, eine Mehrzahl von Abstandshaltern und eine Mehrzahl von Wärmeableitungsplatten, was zu einer Kostenerhöhung führt. Weiterhin verkompliziert eine Erhöhung der Teilezahl die Herstellung, was ebenfalls zu einer Kostenerhöhung führt.

[0007] Das heißt, dass der Aufbau gemäß Patentedokument 1 für ein Halbleitermodul, das eine Mehrzahl von Halbleiterelementen aufweist, nicht geeignet ist.

[0008] DE 10 2007 004 005 A1 beschreibt ein Leistungshalbleitermodul mit einem Leistungshalbleiterelement, einer unterseitigen Elektrode und einer oberseitigen Elektrode, die mit der Unterseite bzw. der Oberseite des Leistungshalbleiterelements verbunden sind, und ein erstes und ein zweites isolierendes Substrat, die mit den jeweiligen Elektroden verbunden sind.

[0009] DE 10 2007 049 481 A1 beschreibt ein Halbleiterbauelement mit mindestens einem Halbleiterelement, wobei eine elektrische Verbindung im Inneren des Halbleiterbauelementes durch mehrere Leiterplatten hergestellt ist und die Leiterplatten dreidimensional so angeordnet sind, dass ihre jeweiligen Verschweißungsstellen zu einer beim Laserschweißen verwendeten Laserlichtquelle hin freiliegen.

[0010] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine Technologie für die Verringerung der Kosten eines Leistungshalbleitermoduls bereitzustellen, das eine hohe Kühlleistungsfähigkeit aufweist.

[0011] Die Aufgabe wird gelöst durch ein Leistungshalbleitermodul gemäß Anspruch 1 und ein Verfahren zum Herstellen des Leistungshalbleitermodul gemäß Anspruch 11. Weiterbildungen der Erfindung sind jeweils in den Unteransprüchen angegeben.

[0012] Das Leistungshalbleitermodul ist von einem harzversiegelten Typ und enthält zumindest einen Einheitsaufbau, ein isolierendes Element, eine Mehrzahl von Elektroden, ein isolierendes Substrat und ein Formharz. Der zumindest ein Einheitsaufbau enthält eine Mehrzahl von Halbleiterchips, von denen jeder eine erste Chiphauptfläche und eine zweite Chiphauptfläche aufweist, und einen Wärmeverteiler mit einer Leitfähigkeit, auf den die ersten Chiphauptflächen der Mehrzahl von Halbleiterchips mit einem ersten Verbindungselement gebondet sind. Das isolierende Element ist von dem Wärmeverteiler aus gesehen auf einer der Mehrzahl von Halbleiterchips gegenüberliegenden Seite angeordnet. Die Mehrzahl von Elektroden enthalten zumindest eine erste Elektrode, die mit einem zweiten Verbindungselement auf die zweite Chiphauptfläche vorbestimmter Chips aus der Mehrzahl von Halbleiterchips gebondet ist. Die Mehrzahl von Elektroden sind durch einen Anschlussrahmen bereitgestellt, in dem die Mehrzahl von Elektroden im Voraus gebildet sind. Das isolierende Substrat enthält eine isolierende Schicht, die von der zumindest einen ersten Elektrode aus gesehen auf einer der Mehrzahl von Halbleiterchips gegenüberliegenden Seite angeordnet ist, und eine erste leitende Schicht, die zwischen der isolierenden Schicht und der zumindest einen ersten Elektrode angeordnet ist und mit einem dritten Verbindungselement auf die zumindest eine erste Elektrode gebondet ist. Das Formharz versiegelt den zumindest einen

Einheitsaufbau und die Elektroden in einem Zustand, in dem eine Oberfläche des isolierenden Elements auf einer von der Mehrzahl von Halbleiterchips entfernten Seite, eine Oberfläche des isolierenden Substrats auf einer von der Mehrzahl von Halbleiterchips entfernten Seite, und externe Anschlussabschnitte der Mehrzahl von Elektroden freiliegen.

[0013] Dementsprechend wird eine hohe Kühlleistungsfähigkeit durch Wärmeableitung von dem isolierenden Element auf der Seite der ersten Chiphauptflächen und Wärmeableitung von dem isolierenden Substrat auf der Seite der zweiten Chiphauptflächen erreicht. Außerdem sind das isolierende Element und das isolierende Substrat enthalten, wodurch es möglich ist, einen Kühler zu verwenden, der aus Metall gemacht, ist ohne ein weiteres isolierendes Element bereitzustellen.

[0014] Weiter ermöglicht es die Benutzung des Anschlussrahmens, vorbestimmte Elektroden einschließlich der ersten Elektroden zur gleichen Zeit zu verbinden. Das heißt, dass eine elektrische Verbindung im Vergleich zu dem Herstellungsverfahren, in dem die getrennten Elektroden der Reihe nach verbunden werden, einfacher gebildet werden kann. Weiterhin sind mit dem Anschlussrahmen der innere Verbindungsabschnitt (Abschnitt, der mit dem Halbleiterchip oder ähnlichem verbunden ist) und der externe Anschlussabschnitt integriert. Dementsprechend ist es nicht notwendig, einen externen Anschlussabschnitt getrennt bereitzustellen. Deshalb kann die Anzahl der Herstellungsschritte, Komponentenanzahl und ähnliches reduziert werden, was zu einer Verringerung der Herstellungskosten führt.

[0015] Weitere Merkmale und Zweckmäßigkeiten der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der beigefügten Zeichnungen.

Fig. 1 ist eine Draufsicht auf ein Leistungshalbleitermodul gemäß einer ersten Ausführungsform.

Fig. 2 ist eine Seitenansicht des Halbleitermoduls gesehen aus einer Richtung eines Pfeils 2 in **Fig. 1**.

Fig. 3 ist eine Seitenansicht des Leistungshalbleitermoduls gesehen aus einer Richtung eines Pfeils 3 in **Fig. 1**.

Fig. 4 ist eine Draufsicht auf das Leistungshalbleitermodul gesehen aus einer Richtung eines Pfeils bei einer Position, die in **Fig. 2** und **Fig. 3** durch eine Linie 4-4 angezeigt ist.

Fig. 5 ist eine Draufsicht auf das Leistungshalbleitermodul gesehen aus einer Richtung eines Pfeils bei einer Position, die in **Fig. 2** und **Fig. 3** durch eine Linie 5-5 angezeigt ist.

Fig. 6 ist ein Schaltbild des Leistungshalbleitermoduls gemäß der ersten Ausführungsform.

Fig. 7 ist eine Draufsicht auf einen Anschlussrahmen gemäß der ersten Ausführungsform.

Fig. 8 ist eine Draufsicht auf ein weiteres Leistungshalbleitermodul gemäß der ersten Ausführungsform.

Fig. 9 ist eine Draufsicht auf ein Leistungshalbleitermodul gemäß einer zweiten Ausführungsform.

Fig. 10 ist eine Seitenansicht des Leistungshalbleitermoduls gesehen aus einer Richtung eines Pfeils 10 in **Fig. 9**.

Fig. 11 ist eine Draufsicht auf das Leistungshalbleitermodul gesehen aus einer Richtung eines Pfeils bei einer Position, die in **Fig. 10** durch eine Linie 11-11 angezeigt ist.

Fig. 12 ist eine Draufsicht auf das Leistungshalbleitermodul gesehen aus einer Richtung eines Pfeils bei einer Position, die in **Fig. 10** durch eine Linie 12-12 angezeigt ist.

Fig. 13 ist ein Schaltbild eines Leistungshalbleitermoduls gemäß der zweiten Ausführungsform.

Fig. 14 ist eine Draufsicht auf einen Anschlussrahmen gemäß der zweiten Ausführungsform.

Fig. 15 ist eine Draufsicht auf ein weiteres Leistungshalbleitermodul gemäß der zweiten Ausführungsform.

Fig. 16 ist eine Draufsicht auf ein Leistungshalbleitermodul gemäß einer dritten, nicht anspruchsgemäßen Ausführungsform.

Fig. 17 ist eine Seitenansicht des Leistungshalbleitermoduls gesehen aus einer Richtung eines Pfeils 17 in **Fig. 16**.

Fig. 18 ist eine Draufsicht auf das Leistungshalbleitermodul gesehen aus einer Richtung eines Pfeils bei einer Position, die in **Fig. 17** durch eine Linie 18-18 angezeigt ist.

Fig. 19 ist eine Draufsicht auf das Leistungshalbleitermodul gesehen aus einer Richtung eines Pfeils bei einer Position, die in **Fig. 17** durch eine Linie 19-19 angezeigt ist.

Fig. 20 ist ein Schaltbild des Leistungshalbleitermoduls gemäß der dritten Ausführungsform.

Fig. 21 ist eine Draufsicht auf einen Anschlussrahmen gemäß der dritten Ausführungsform.

Fig. 22 ist eine Draufsicht auf ein Leistungshalbleitermodul gemäß einer vierten Ausführungsform.

Fig. 23 ist eine Seitenansicht des Leistungshalbleitermoduls gesehen aus einer Richtung eines Pfeils 23 in **Fig. 22**.

Fig. 24 ist eine Draufsicht auf das Leistungshalbleitermodul gesehen aus einer Richtung eines Pfeils bei einer Position, die in **Fig. 22** durch eine Linie 24-24 angezeigt ist.

Fig. 25 ist eine Seitenansicht eines Leistungshalbleitermoduls gemäß einer fünften Ausführungsform.

Fig. 26 ist eine Seitenansicht eines Leistungshalbleitermoduls gemäß einer sechsten Ausführungsform. und

Fig. 27 ist eine Seitenansicht eines Leistungshalbleitermoduls gemäß einer siebten Ausführungsform.

[0016] **Fig. 1** bis **Fig. 5** zeigen den Aufbau eines Leistungshalbleitermoduls 100 gemäß einer ersten Ausführungsform. Insbesondere ist **Fig. 1** eine Draufsicht auf das Leistungshalbleitermodul 100. **Fig. 2** ist eine Seitenansicht des Leistungshalbleitermoduls 100 gesehen aus einer Richtung eines Pfeils 2 in **Fig. 1**, und **Fig. 3** ist eine Seitenansicht des Leistungshalbleitermoduls 100 gesehen aus einer Richtung eines Pfeils 3 in **Fig. 1**. **Fig. 4** ist eine Draufsicht auf das Leistungshalbleitermodul 100 gesehen von einem Pfeil aus bei einer Position, die in **Fig. 2** und **Fig. 3** durch eine Linie 4-4 angezeigt ist. **Fig. 5** ist eine Draufsicht auf das Leistungshalbleitermodul 100 gesehen von einem Pfeil aus bei einer Position, die in **Fig. 2** und **Fig. 3** durch eine Linie 5-5 angezeigt ist. Es sei angemerkt, dass **Fig. 2** bis **Fig. 5** den Zustand zeigen, in dem ein Formharz, das unten beschrieben wird (siehe Bezugszeichen 410, seine äußere Form ist zur Bezugnahme durch eine doppelt strichpunktierte Linie bezeichnet) zum Zwecke der Beschreibung entfernt ist. **Fig. 6** ist ein Schaltbild des Leistungshalbleitermoduls 100.

[0017] Gemäß dem Beispiel von **Fig. 1** bis **Fig. 5** enthält das Leistungshalbleitermodul 100 Leistungshalbleiterchips 120a, 120b, 140a und 140b, Wärmeverteiler 160a und 160b, ein erstes Verbindungselement 180, eine isolierende Schicht 210, eine folienartige Schicht 220, erste Elektroden 250a und 250b, eine zweite Elektrode 270b, dritte Elektroden 290a und 290b, ein zweites Verbindungselement 310, Drähte 330, ein isolierendes Substrat 350, ein drittes Verbindungselement 400 und ein Formharz 410.

[0018] Die Halbleiterchips 120a und 120b sind hierbei IGBT-Chip - (insulated gate bipolar transistor, Bipolartransistor mit isoliertem Gate). Der IGBT-Chip 120a hat eine erste Chiphauptfläche 121 und eine zweite Chiphauptfläche 122, die zueinander in einer Beziehung von Vorder- und Rückseite stehen

(in anderen Worten, die sich gegenüberliegen mit dem Chip dazwischen). Auch wenn eine detaillierte Beschreibung nicht gegeben wird, ist hierbei eine Kollektorelektrode des IGBT an der ersten Chiphauptfläche 121 gebildet und eine Emittierelektrode und eine Gateelektrode des IGBT sind an der zweiten Chiphauptfläche 122 gebildet. Der IGBT-Chip 120b ist ähnlich aufgebaut wie der IGBT-Chip 120a.

[0019] Bei diesem Beispiel werden die erste Chiphauptfläche 121 und die zweite Chiphauptfläche 122 in den IGBT-Chips 120a, 120b jeweils auch als Kollektoroberfläche 121 und Emitter/Gate-Oberfläche 122 bezeichnet. Alternativ werden die erste Chiphauptfläche 121 und die zweite Chiphauptfläche 122 des Chips gemäß der Darstellung von **Fig. 2** jeweils auch als untere Oberfläche 121 und obere Oberfläche 122 bezeichnet. In einigen Fällen werden die IGBT-Chips 120a, 120b jeweils auch lediglich als IGBTs 120a und 120b bezeichnet.

[0020] Die Halbleiterchips 140a und 140b sind hierbei Diodenchips. Der Diodenchip 140a hat eine erste Chiphauptfläche 141 und eine zweite Chiphauptfläche 142, die zueinander in einer Beziehung von Vorder- und Rückseite stehen. Obwohl eine detaillierte Beschreibung nicht gegeben wird, ist die hierbei Kathodenelektrode auf der ersten Chiphauptfläche 141 gebildet, und eine Anodenelektrode ist auf der zweiten Chiphauptfläche 142 gebildet. Der Diodenchip 140b ist ähnlich aufgebaut wie der Diodenchip 140a.

[0021] Bei diesem Beispiel werden die erste Chiphauptfläche 141 und die zweite Chiphauptfläche 142 in den Diodenchips 140a und 140b jeweils auch als Kathodenoberfläche 141 und Anodenoberfläche 142 bezeichnet. Alternativ werden die erste Chiphauptfläche 141 und die zweite Chiphauptfläche 142 gemäß der Darstellung von **Fig. 2** jeweils auch als untere Oberfläche 141 und obere Oberfläche 142 bezeichnet. In einigen Fällen werden die Diodenchips 140a und 140b jeweils auch lediglich als Dioden 140a und 140b bezeichnet.

[0022] Die IGBT-Chips 120a und 120b und die Diodenchips 140a, 140b werden in einigen Fällen jeweils auch als Leistungshalbleiterchips 120a, 120b, 140a und 140b bezeichnet.

[0023] Die Wärmeverteiler 160a und 160b sind sogenannte Wärmeableitungselemente. Die Wärmeverteiler 160a und 160b sind beispielsweise aus Kupfer gebildet, und aufgrund eines solchen Materials sind die Wärmeverteiler 160a und 160b leitfähig.

[0024] Während hier als Beispiel der Fall beschrieben wird, in dem die Wärmeverteiler 160a und 160b dieselben rechtwinkligen Festkörper sind, sind die

Formen und Größen der Wärmeverteiler 160a, 160b nicht auf dieses Beispiel eingeschränkt.

[0025] Der Wärmeverteiler 160a, der ein rechteckiger Festkörper ist, hat Oberflächen 161, 162, die zueinander im Verhältnis von Vorder- und Rückseite stehen. Die Oberfläche 161 und die Oberfläche 162 werden gemäß der Darstellung von **Fig. 2** jeweils auch als untere Oberfläche 161 und obere Oberfläche 162 bezeichnet. Der Wärmeverteiler 160a ist ein rechteckiger Festkörper und deshalb sind die beiden Oberflächen 161 und 162 eben und zueinander parallel.

[0026] Die obere Oberfläche 162 des Wärmeverteilers 160a wird als Chipanbringungsfläche verwendet, und der IGBT-Chip 120a und der Diodenchip 140a sind nebeneinander auf der Chipanbringungsfläche 162 befestigt. Insbesondere sind die untere Oberfläche 121 des IGBT-Chips 120a und die untere Oberfläche 141 des Diodenchips 140a über ein erstes Verbindungselement 180 mit der Chipanbringungsfläche 162 des Wärmeverteilers 160a verbunden. Das erste Verbindungselement 180 ist beispielsweise Lot.

[0027] In ähnlicher Weise hat der Wärmeverteiler 160b die untere Oberfläche 161 und die obere Oberfläche 162, wobei die obere Oberfläche 162 als eine Chipanbringungsfläche verwendet wird. Das heißt, dass die untere Oberfläche 121 des IGBT-Chips 120b und die untere Oberfläche 141 des Diodenchips 140b über das erste Verbindungselement 180 mit der Chipanbringungsfläche 162 des Wärmeverteilers 160b verbunden sind.

[0028] Wie in **Fig. 2** und **Fig. 3** gezeigt ist, sind die Chipanbringungsflächen 162 der Wärmeverteiler 160a und 160b in derselben Ebene, und die Wärmeverteiler 160a und 160b sind bezüglich derselben Ebene auf derselben Seite angeordnet. Zusätzlich sind die Wärmeverteiler 160a und 160b voneinander entfernt.

[0029] Hierbei wird ein Aufbau, bei dem die Halbleiterchips 120a und 140b mit dem Wärmeverteiler 160a verbunden werden, als Einheitsaufbau 200a bezeichnet. In ähnlicher Weise wird ein Aufbau, in dem die Halbleiterchips 120b und 140b mit dem Wärmeverteiler 160b verbunden sind, als Einheitsaufbau 200b bezeichnet.

[0030] Die isolierende Schicht 210 ist ein schichtförmiges isolierendes Element und wird beispielsweise aus einem mit einem Füllmaterial gefüllten Epoxydharz gebildet. Die isolierende Schicht 210 ist von den Wärmeverteilern 160a und 160b aus gesehen auf der Seite gegenüber den Halbleiterchips 120a, 120b, 140a und 140b angeordnet, und die Wärmeverteiler 160a und 160b sind auf der isolierenden

Schicht 210 angeordnet. Insbesondere hat die isolierende Schicht 210 Schichtoberflächen 211 und 212, die zueinander in einer Beziehung von Vorder- und Rückseite stehen, und die unteren Oberflächen 161 der Wärmeverteiler 160a und 160b haften an der Schichtoberfläche 212. Die Schichtoberfläche 211 und die Schichtoberfläche 212 werden gemäß der Darstellung von **Fig. 2** jeweils auch als untere Oberfläche 211 und obere Oberfläche 212 bezeichnet.

[0031] Die folienartige Schicht 220 ist ein folienartiges leitfähiges Element und ist beispielsweise aus Kupfer, Aluminium oder ähnlichem gebildet. Die folienartige Schicht 220 ist von der isolierenden Schicht 210 aus gesehen auf der Seite gegenüber den Wärmeverteilern 160a, 160b angeordnet und ist der isolierenden Schicht 210 zugewandt. Insbesondere hat die folienartige Schicht 220 Schichtoberflächen 221 und 222, die zueinander in einer Beziehung von Vorder- und Rückseite stehen, und die untere Oberfläche 211 der isolierenden Schicht 210 haftet an der Schichtoberfläche 222. Die Schichtoberfläche 221 und die Schichtoberfläche 222 werden gemäß der Darstellung von **Fig. 2** jeweils auch als untere Oberfläche 221 und obere Oberfläche bezeichnet 222.

[0032] Hierbei können das Laminat aus der isolierenden Schicht 210 und der folienartigen Schicht 220 beispielsweise auch als mit Folie versehene isolierende Schicht 230 oder als mit Folie versehene isolierendes Element 230 bezeichnet werden. In diesem Fall entspricht die obere Oberfläche 212 der isolierenden Schicht 210 der oberen Oberfläche der mit Folie versehenen isolierenden Schicht 230, und die untere Oberfläche 221 der folienartigen Schicht 220 entspricht der unteren Oberfläche der mit der Folie versehenen isolierenden Schicht 230.

[0033] Die ersten Elektroden 250a und 250b und die zweiten Elektroden 270b sind Elektroden, durch die ein Hauptstrom des Leistungshalbleitermoduls 100 fließt, d.h. Hauptelektroden. Im Bezug auf Obiges werden die ersten Elektroden 250a und 250b auch als erste Hauptelektroden 250a und 250b bezeichnet und die zweite Elektrode 270b auch als zweite Hauptelektrode 270b. Die Hauptelektrode kann auch als Hauptverbindung bezeichnet werden.

[0034] Die Hauptelektroden 250a, 250b und 270b sind im Wesentlichen plattenartige Elemente, die ein vorbestimmtes Muster in der Ebene (siehe **Fig. 4**) aufweisen, und sie sind beispielsweise aus Kupfer gebildet. Dementsprechend haben die ersten Hauptelektroden 250a und 250b Elektrodenhauptflächen 251 und 252, die zueinander in einer Beziehung von Vorder- und Rückseiten stehen, und in ähnlicher Weise hat auch die zweite Hauptelektrode 270b Elektrodenhauptflächen 271 und 272. Gemäß der Darstellung in **Fig. 2** werden die Elektrodenhauptflä-

chen 251 und 271 jeweils auch als untere Oberflächen 251 und 271 bezeichnet, und die Elektrodenhauptflächen 252 und 272 werden jeweils auch als obere Oberflächen 252 und 272 bezeichnet.

[0035] Die erste Hauptelektrode 250a ist eine Elektrode, die mit den oberen Oberflächen (d.h. zweiten Chiphauptflächen) 122 und 142 der Halbleiterchips 120a und 140 verbunden ist, die in der dem Einheitsaufbau 200a enthalten sind. Insbesondere ist die untere Oberfläche 251 der ersten Hauptelektrode 250a durch das zweite Verbindungselement 310 mit der Emittierelektrode des IGBT-Chips 120a und der Anodenelektrode des Diodenchips 140a verbunden. Das zweite Verbindungselement 310 ist beispielsweise Lot.

[0036] Die erste Hauptelektrode 250b ist eine Elektrode, die mit den oberen Oberflächen (d.h. zweiten Chiphauptflächen) 122, 142 der Halbleiterchips 120b und 140b verbunden ist, die in dem Einheitsaufbau 200a enthalten sind. Insbesondere ist die untere Oberfläche 251 der ersten Hauptelektrode 250b durch das zweite Verbindungselement 310 mit der Emittierelektrode des IGBT-Chips 120b und der Anodenelektrode des Diodenchips 140b verbunden.

[0037] Die erste Hauptelektrode 250b erstreckt sich zu dem benachbarten Wärmeverteiler 160a, und die untere Oberfläche 251 der ersten Hauptelektrode 250b ist durch das zweite Verbindungselement 310 mit der Chipanbringungsfläche 162 des benachbarten Wärmeverteilers 160a verbunden.

[0038] Die zweite Hauptelektrode 270b ist eine Elektrode, die mit dem Wärmeverteiler 160b verbunden ist, der in dem Einheitsaufbau 200b enthalten ist. Insbesondere ist die untere Oberfläche 271 der zweiten Hauptelektrode 270b durch das zweite Verbindungselement 310 mit der Chipanbringungsfläche 162 des Wärmeverteilers 160b verbunden.

[0039] Die ersten Hauptelektroden 250a und 250b haben jeweils einen externen Anschlussabschnitt 253, der aus dem Formharz 410 heraussteht und dementsprechend nicht mit dem Formharz 410 bedeckt ist, und in ähnlicher Weise hat die zweite Hauptelektrode 270b einen externen Anschlussabschnitt 273. Die externen Anschlussabschnitte 253 und 273 werden jeweils auch als externe Anschlüsse 253 und 273 bezeichnet.

[0040] Die dritten Elektroden 290a und 290b sind Elektroden, die beispielsweise zum Steuern, Überwachen und Verwalten des Leistungshalbleitermoduls 100 verwendet werden. Im Gegensatz zu den ersten Elektroden 250a und 250b und der zweiten Elektrode 270b, die Hauptelektroden sind, werden die dritten Elektroden 290a und 290b auch als Hilfe-

elektroden bezeichnet. Die Hilfeelektrode 290a kann auch als Hilfsverbindung bezeichnet werden.

[0041] Die Hilfeelektrode 290a ist für den Einheitsaufbau 200a bereitgestellt, und **Fig. 4** zeigt eine Mehrzahl von Hilfeelektroden 290a. Jeder der Hilfeelektroden 290a ist über den Draht 330, der aus Aluminium oder ähnlichem gemacht ist, entsprechend ihrer Verwendung mit einem vorbestimmten Abschnitt (wie z.B. einer Gateelektrodenanschlussfläche, Emittierelektrodenanschlussfläche, Strommessanschlussfläche für die Stromerfassung oder Temperaturmessanschlussfläche für die Temperaturerfassung) des IGBT-Chips 120a verbunden.

[0042] Der Draht 330 hat eine Drahtschleifenform, in der er von dem Wärmeverteiler 160a aus gesehen zu der Seite des isolierenden Substrat 350 hin vorsteht.

[0043] Die Hilfeelektroden 290b sind für den Einheitsaufbau 200b bereitgestellt und ähnlich wie die oben beschriebenen Hilfeelektroden über die Drähte 330 mit vorbestimmten Abschnitten verbunden.

[0044] Es sei angemerkt, dass die Anzahl und die Verwendung der Hilfeelektroden 290a und 290b nicht auf dieses Beispiel eingeschränkt sind.

[0045] Die Hilfeelektroden 290a und 290b sind beispielsweise aus Kupfer gebildet. Die Hilfeelektroden 290a und 290b sind nicht die Elektroden, durch die der Hauptstrom des Leistungshalbleitermoduls 100 fließt, und deshalb sind sie schmaler als die Hauptelektroden 250a, 250b und 270b (siehe **Fig. 4**).

[0046] Die Hilfeelektroden 290a und 290b haben jeweils einen externen Anschlussabschnitt 293, der aus dem Formharz 410 hervorsteht und dementsprechend nicht von dem Formharz 410 bedeckt ist. Der externe Anschlussabschnitt 293 wird auch lediglich als ein externer Anschluss 293 bezeichnet.

[0047] Die Elektroden 250a, 250b, 270b, 290a und 290b, die oben beschrieben sind, werden durch einen Anschlussrahmen bereitgestellt, in dem die Muster der Elektroden 250a, 250b, 270b, 290a und 290b im Voraus integral gebildet werden. **Fig. 7** veranschaulicht eine Draufsicht auf einen Anschlussrahmen 500, wie er oben beschrieben ist. Ein Verfahren der Herstellung des Leistungshalbleitermoduls 100, das den Anschlussrahmen 500 verwendet, wird unten beschrieben.

[0048] Mit Bezug zurück auf **Fig. 1** bis **Fig. 5** ist das isolierende Substrat 350 ein plattenartiges Element, das eine isolierende Schicht 360, eine erste leitende Schicht 370 und eine zweite leitende Schicht 380 enthält.

[0049] Die isolierende Schicht 360 ist beispielsweise aus einem mit einem Füllmaterial gefüllten Epoxydharz oder aus Keramik gebildet und hat Hauptflächen 361 und 362, die zueinander in einer Beziehung von Vorder- und Rückseite stehen. Gemäß der Darstellung in **Fig. 2** werden die Hauptfläche 361 und die Hauptfläche 362 auch jeweils als untere Oberfläche 361 und obere Oberfläche 362 bezeichnet.

[0050] Die erste leitende Schicht 370 ist an der unteren Oberfläche 361 der isolierenden Schicht 360 bereitgestellt, und die zweite isolierende Schicht 380 ist an der oberen Oberfläche 362 der isolierenden Schicht 360 bereitgestellt. Die leitenden Schichten 370 und 380 sind beispielsweise aus Kupfer gebildet.

[0051] Wie in **Fig. 5** dargestellt, hat die erste leitende Schicht 370 zwei Abschnitte 371 und 372, die voneinander entfernt sind, an vorbestimmten Abschnitten der unteren Oberfläche 361, d.h. die erste leitende Schicht 370 ist in dem Muster in der Ebene in zwei Teile geteilt. Währenddessen ist die zweite leitende Schicht 380, wie in **Fig. 1** gezeigt, nicht geteilt, sondern erstreckt sich über die gesamte obere Oberfläche 362 der isolierenden Schicht 360.

[0052] In dem Laminat aus der isolierenden Schicht 360 und den leitenden Schichten 370 und 380 werden hierbei die Substrathauptflächen 351 und 352 des isolierenden Substrats 350 wie folgt betrachtet. Die Substrathauptfläche 351 (gemäß der Darstellung in **Fig. 2** auch als untere Oberfläche 351 bezeichnet) ist aus einem Abschnitt der unteren Oberfläche 361 der isolierenden Schicht 360, die nicht in Kontakt mit der ersten leitenden Schicht 370 steht, und einer Oberfläche der ersten isolierenden Schicht 370, die nicht in Kontakt mit der isolierenden Schicht 360 steht, zusammengesetzt. Die Substrathauptfläche 352 (gemäß der Darstellung in **Fig. 2** auch als obere Oberfläche 352 bezeichnet) ist aus einer Oberfläche der zweiten leitenden Schicht 380 gebildet, die auf der Seite angeordnet ist, die der isolierenden Schicht 360 gegenüberliegt.

[0053] In einem Fall, in dem die zweite leitende Schicht 380 anders als in dem oben beschriebenen Beispiel nicht die gesamte obere Oberfläche 362 der isolierenden Schicht 360 bedeckt, ist die Substrathauptfläche 352 aus einem Abschnitt der oberen Oberfläche 362 der isolierenden Schicht 360, die nicht in Kontakt mit der zweiten leitenden Schicht 380 ist, und einer Oberfläche der zweiten leitenden Schicht 380, die nicht in Kontakt mit der isolierenden Schicht 360 ist, zusammengesetzt.

[0054] Das isolierende Substrat 350 ist von den Elektroden 250a, 250b, 270b, 290a und 290b aus gesehen auf der den Halbleiterchips 120a, 140a,

120b und 140b gegenüberliegenden Seite angeordnet, und die erste leitende Schicht 370 ist zu den Elektroden 250a, 250b, 270b, 290a und 290b hin gerichtet. Der Teilabschnitt 371 der ersten leitenden Schicht 370 ist durch das dritte Verbindungselement 400 mit der oberen Oberfläche 252 der ersten Hauptelektrode 250a verbunden, während der Teilabschnitt 372 der ersten leitenden Schicht 370 durch das dritte Verbindungselement 400 mit der oberen Oberfläche 252 der ersten Hauptelektrode 250b verbunden ist. Das dritte Verbindungselement 400 ist beispielsweise Lot.

[0055] Das Formharz 410 ist beispielsweise ein Epoxydharz. Das Formharz 410 versiegelt die Einheitsaufbauten 200a und 200b und die Drähte 330 in einem Zustand, in dem die externen Anschlussabschnitte 253, 273 und 293 der Elektroden 250a, 250b, 270b, 290a und 290b, die untere Oberfläche 221 des mit Folie versehenen isolierenden Elements 230 (d.h. die Oberfläche des isolierenden Elements 230 auf einer von den Halbleiterchips 120a, 140a, 120b und 140b entfernten Seite) und die obere Oberfläche 352 des isolierenden Substrats 350 (d.h. die Oberfläche des isolierenden Substrats 350 auf einer von den Halbleiterchips 120a, 140a, 120b und 140b entfernten Seite) freiliegen. Das bedeutet, dass die Einheitsaufbauten 200a und 200b, die Abschnitte der Elektroden 250a, 250b, 270b, 290a und 290b außer den externen Anschlussabschnitten 253, 273 und 293 und die Drähte 33 in dem Formharz 410 vergraben sind.

[0056] In dem Beispiel von **Fig. 2** und **Fig. 3** gehen die freiliegende Oberfläche 221 des mit Folie versehenen isolierenden Elements 230 und die freiliegende Oberfläche 352 des isolierenden Substrats 350 fortlaufend ohne Niveauunterschied in die Außenfläche des Formharz 410 über.

[0057] Ein (nicht gezeigter) Kühler (in anderen Worten ein Kühlkörper) ist über ein thermisch leitfähiges Fett oder ähnliches mit der freiliegenden Oberfläche 221 des mit Folie versehenen isolierenden Elements 230 und mit der freiliegenden Oberfläche 352 des isolierenden Substrats 350 verbunden.

[0058] Mit dem oben beschriebenen Aufbau sind die Kollektorelektrode des IGBT 120a und die Kathodenelektrode der Diode 140a über den Wärmeverteiler 160a verbunden, und die Emittierelektrode des IGBT 120a und die Anodenelektrode der Diode 140a sind über die erste Hauptelektrode 250a verbunden. Das heißt, dass der IGBT 120a und die Diode 140a wie in dem Schaltbild in **Fig. 6** gezeigt in eine antiparallele Verbindung gebracht sind (anders ausgedrückt in eine umgekehrt parallele Verbindung). In ähnlicher Weise sind der IGBT 120b und die Diode 140b über den Wärmeverteiler 160b und die erste Hauptelektrode 250b in eine antiparallele Verbindung gebracht.

[0059] Die erste Hauptelektrode 250b ist mit dem benachbarten Wärmeverteiler 160a verbunden.

[0060] Als Ergebnis davon sind die Emittierelektrode des IGBT 120b und die Anodenelektrode der Diode 140b mit der Kollektorelektrode des IGBT 120a und der Kathodenelektrode der Diode 140a verbunden. Das heißt, dass die aus dem IGBT 120b und der Diode 140b zusammengesetzte Antiparallelschaltung wie in **Fig. 6** gezeigt in Reihe zu der aus dem IGBT 120a und der Diode 140a zusammengesetzten Antiparallelschaltung geschaltet ist.

[0061] Die ersten Hauptelektroden 250a und 250b haben jeweils externe Anschlussabschnitte 253 außerhalb des Formharzes 410, und die zweite Elektrode 270b, die mit dem Wärmeverteiler 160b verbunden ist, hat den externen Anschlussabschnitt 273 außerhalb des Formharzes 410. Zwischen dem externen Anschlussabschnitt 273 der zweiten Hauptelektrode 270b und dem externen Anschlussabschnitt 253 der ersten Hauptelektrode 250b wird eine Hauptspannung zugeführt, die an den IGBTs 120a und 120b und den Dioden 140a und 140b anliegt.

[0062] An die Gateelektrode des IGBT 120a wird von dem externen Anschlussabschnitt 293 der Hilfselektrode 290a aus eine Schaltsteuerspannung angelegt, um den IGBT 120a zu veranlassen, einen Schaltbetrieb durchzuführen. Insbesondere wird die Schaltsteuerspannung zwischen dem externen Anschlussabschnitt 293, der mit der Gateelektrode des IGBT 120a verbunden ist, und dem externen Anschlussabschnitt 293, der mit der Emittierelektrode des IGBT 120a verbunden ist, angelegt. In ähnlicher Weise liegt wird die Schaltsteuerspannung an den IGBT 120b angelegt.

[0063] Ein Strom fließt durch die Halbleiterchips 120a, 120b, 140a und 140b, wodurch die Halbleiterchips 120a, 120b, 140a und 140b Wärme erzeugen. Die erzeugte Wärme wird von den unteren Oberflächen 121 und 141 der Halbleiterchips 120a, 120b, 140a und 140b durch das Verbindungselement 180, die Wärmeverteiler 160a, 160b, die isolierende Schicht 210 und die folienartige Schicht 220 zu dem (nicht gezeigten) Kühler auf der Seite der folienartigen Schicht 220 übertragen. Zusätzlich wird die erzeugte Wärme von den oberen Oberflächen 122 und 142 der Halbleiterchips 120a, 120b, 140a und 140b durch das Verbindungselement 310, die ersten Hauptelektroden 250a und 250b, das Verbindungselement 400 und das isolierende Substrat 350 zu dem (nicht gezeigten) Kühler auf der Seite des isolierenden Substrats 350 übertragen. Dementsprechend wird Wärme durch die beiden Kühler abgeleitet, so dass die Halbleiterchips 120a, 120b, 140a und 140b gekühlt werden.

[0064] Insbesondere wird ein Material mit einer höheren Wärmeleitfähigkeit als das Formharz 410 für die Materialien verwendet, die die Wärmeübertragungspfade bilden, die von den Halbleiterchips 120a, 120b, 140a und 140b zu den Kühlern führen.

[0065] Wie oben beschrieben, leitet das Leistungshalbleitermodul 100 Wärme sowohl von der Seite der unteren Oberflächen 121 und 141 als auch von der Seite der oberen Oberflächen 122 und 142 der Halbleiterchips 120a, 120b, 140a und 140b ab. Aus diesem Grund kann verglichen mit dem herkömmlichen Aufbau, bei dem das Kühlen nur von einer Seite aus durchgeführt wird, eine höhere Kühlleistungsfähigkeit erreicht werden.

[0066] Sogar in einem Fall, in dem der Kühler aus einem Material wie Aluminium oder Kupfer gebildet ist, können das Leistungshalbleitermodul 100 und der Kühler in Kontakt gebracht werden, ohne ein weiteres Isolierelement dazwischen bereitzustellen. Das ist so, weil das Leistungshalbleitermodul 100 die isolierende Schicht 210 und das isolierende Substrat 350 enthält.

[0067] Insbesondere bilden die Wärmeverteiler 160a und 160b einen Teil des Hauptstrompfades, liegen aber aufgrund des Vorhandenseins der isolierenden Schicht 210 und des Formharzes 410 nicht nach außen hin frei. Deshalb sind Isoliereigenschaften zwischen den Wärmeverteilern 160a, 160b und dem Kühler sichergestellt.

[0068] Die Hauptelektroden 250a, 250b und 270b liegen aufgrund des Vorhandenseins des isolierenden Substrats 350 und des Formharzes 410 mit Ausnahme der externen Anschlüsse 253 und 273 nicht nach außen hin frei. Die externen Anschlüsse 253 und 273 werden von der Oberfläche gezogen, die von der Oberfläche, auf der der Kühler befestigt ist, verschieden ist. Deshalb sind Isoliereigenschaften zwischen den Hauptelektroden 250a, 250b und 270b und dem Kühler sichergestellt.

[0069] Die Kühlleistungsfähigkeit ist verbessert, und Isoliereigenschaften sind sichergestellt, wenn die folienartige Schicht 220 oder die zweite leitende Schicht 380 des isolierenden Substrats 350 oder beide nicht bereitgestellt sind. Auch können einige der unten beschriebenen Wirkungen erreicht werden, wenn die folienartige Schicht 220 oder die zweite leitende Schicht 380 des isolierenden Substrats 350 oder beide nicht bereitgestellt sind.

[0070] Als nächstes wird ein Verfahren zum Herstellen des Leistungshalbleitermoduls 100 beschrieben.

[0071] Der IGBT-Chip 120a und der Diodenchip 140a werden mit dem ersten Verbindungselement 180 auf den Wärmeverteiler 160a gebondet. In ähn-

licher Weise werden der IGBT-Chip 120b und der Diodenchip 140b mit dem ersten Verbindungselement 180 auf den Wärmeverteiler 160b gebondet.

[0072] Als nächstes werden die Halbleiterchips 120a, 120b, 140a und 140b und ähnliches mit dem Anschlussrahmen 500 (siehe **Fig. 7**) verbunden, in dem die Muster der Elektroden 250a, 250b, 270b, 290a und 290b im Voraus integral gebildet wurden.

[0073] Insbesondere wird die erste Hauptelektrode 250a in dem Anschlussrahmen 500 durch das zweite Verbindungselement 310 mit der Emittierelektrode des IGBT-Chips 120a und der Anodenelektrode des Diodenchips 140a verbunden. Die erste Hauptelektrode 250b in dem Anschlussrahmen 500 wird durch das zweite Verbindungselement 310 mit der Emittierelektrode des IGBT-Chips 120b, der Anodenelektrode des Diodenchips 140b und der oberen Oberfläche 162 des Wärmeverteilers 160a verbunden. Die zweite Hauptelektrode 270b in dem Anschlussrahmen 500 wird durch das zweite Verbindungselement 310 mit der oberen Oberfläche 162 des Wärmeverteilers 160b verbunden.

[0074] Unter Verwendung des Anschlussrahmens 500 können die oben genannten Abschnitte zur gleichen Zeit verbunden werden.

[0075] Die dritten Elektroden (Hilfselektroden) 290a und 290b in dem Anschlussrahmen 500 sind jeweils durch die Drähte 330 mit den vorbestimmten Abschnitten (wie z.B. Gateelektrodenanschlussflächen, Emittierelektrodenanschlussflächen, Messanschlussflächen für die Stromerfassung und Messanschlussflächen für die Temperaturerfassung der IGBT-Chips 120a und 120b) verbunden.

[0076] Danach werden die ersten Hauptelektroden 250a und 250b in dem Anschlussrahmen 500 und die Teilabschnitte 371 und 372 der ersten leitenden Schicht 370 des isolierenden Substrats 350 durch das dritte Verbindungselement 400 miteinander verbunden.

[0077] Dann wird das Gebilde (Halbfertigprodukt), das wie oben beschrieben hergestellt worden ist, wird in einem Formwerkzeug untergebracht und mit einem Formharz versiegelt.

[0078] Insbesondere wird die mit Folie versehene isolierende Schicht 230, in der die folienartige Schicht 220 und die isolierende Schicht 210 vorher laminiert worden sind und aneinander haften, in dem Harzinjektionsraum des Formwerkzeugs angeordnet. Alternativ werden die folienartige Schicht 220 und die isolierende Schicht 210 in dieser Reihenfolge in dem Harzinjektionsraum laminiert. Danach wird das Halbfertigprodukt mit der Oberfläche 161 (untere Oberfläche 161 in der Darstellung von **Fig. 2**), wel-

che auf der Seite gegenüber der Chipanbringungsfläche 162 liegt und zur isolierenden Schicht 210 in dem Gießausformwerkzeug weist, auf der isolierenden Schicht 210 angeordnet. Dann wird ein Versiegelungsmaterial für das Formharz 410 in den Harzinjektionsraum gegossen.

[0079] Der Harzinjektionsraum des Formwerkzeugs ist beispielsweise so entworfen, dass verhindert wird, dass das Formharz 410 die externen Anschlussabschnitte 253, 273 und 293 der Elektroden 250a, 250b, 270b, 290a und 290b, die Schichtoberfläche 221 der mit Folie versehenen isolierenden Schicht 230, die an der von den Halbleiterchips 120a, 120b, 140a und 140b entfernten Seite angeordnet ist, und die Substrathauptfläche 352 des isolierenden Substrats 350, das an der von den Halbleiterchips 120a, 120b, 140a und 140b entfernten Seite angeordnet ist, bedeckt.

[0080] Nach dem Versiegeln werden die Verbindungsabschnitte des Außenumfangs des Anschlussrahmens 500 und der Elektroden 250a, 250b, 270b, 290a und 290b, die Verbindungsabschnitte zwischen den Hauptelektroden 250a, 250b und 270b und die Verbindungsabschnitte zwischen den Hilfselektroden 290a und 290b geschnitten. Als Ergebnis kann das Leistungshalbleitermodul 100 erhalten werden.

[0081] Unter Verwendung des Anschlussrahmens 500, wie er oben beschrieben ist, können die Hauptelektroden 250a, 250b und 270b gleichzeitig mit den vorbestimmten Abschnitten verbunden werden. Das bedeutet, dass eine elektrische Verbindung verglichen mit dem Herstellungsverfahren, in dem getrennte Elektroden der Reihe nach verbunden werden, einfacher gebildet werden kann. Weiter werden bei dem Anschlussrahmen 500 die Elektroden 250a, 250b, 270b, 290a und 290b als Elemente bereitgestellt, in denen die internen Verbindungsabschnitte (Abschnitte, die mit dem Halbleiterchip, dem Wärmeverteiler oder dem Draht verbunden sind) und die externen Anschlussabschnitte 253, 273 und 293 integriert sind. Aus diesem Grund ist es nicht notwendig, die externen Anschlussabschnitte separat bereitzustellen. Das führt zu einer Verringerung der Anzahl der Herstellungsschritte, der Teilezahl und ähnlichem, was zu einer Verringerung der Herstellungskosten führt.

[0082] Die erste leitende Schicht 370 des isolierenden Substrats 350 ist so unterteilt, dass der Teilabschnitt 371 mit der ersten Hauptelektrode 250a verbunden ist, während der andere Teilabschnitt 372 mit der ersten Hauptelektrode 250b verbunden ist. Dementsprechend sind die Isolationseigenschaften zwischen den Hauptelektroden 250a und 250b sichergestellt. Das bedeutet, dass es nicht erforderlich ist, getrennt ein anderes isolierendes Substrat für die Hauptelektroden 250a und 250b bereitzustellen, die

verschiedene Potentiale haben, und das einzelne isolierende Substrat 350 ist ausreichend. Das führt zu einer Verringerung der Teilezahl, der Anzahl der Herstellungsschritte und ähnlichem, was zu einer Verringerung der Herstellungskosten führt.

[0083] Mit dem einzelnen isolierenden Substrat 350 kann einfach eine ebene Oberfläche für den Kühler bereitgestellt werden, was das isolierende Substrat 350 und den Kühler in exzellenter Weise in engen Kontakt miteinander bringt.

[0084] Mit dem einzelnen isolierenden Substrat 350 werden die Oberfläche des Teilabschnitts 371, die mit dem Anschlussrahmen 500 verbunden ist, und die Oberfläche des Teilabschnitts 372, die mit dem Anschlussrahmen 500 verbunden ist, in einfacher Weise dazu gebracht, in derselben Ebene zu sein (s. Linie 5-5 in **Fig. 2** und **Fig. 3**). Währenddessen werden mit dem Anschlussrahmen 500 die Oberfläche der ersten Hauptelektrode 250a, die mit dem isolierenden Substrat 350 verbunden ist, und die Oberfläche der ersten Hauptelektrode 250b, die mit dem isolierenden Substrat 350 verbunden ist, in einfacher Weise dazu gebracht, in derselben Ebene zu sein (s. Linie 4-4 in **Fig. 2** und **Fig. 3**).

[0085] Daher können das isolierende Substrat 350 und die ersten Hauptelektroden 250a und 250b in einfacher Weise ohne eine Neigung des isolierenden Substrats 350 miteinander verbunden werden.

[0086] Das isolierende Substrat 350 ist nicht geneigt, was das Bilden einer Lücke zwischen der oberen Oberfläche 352 des isolierenden Substrats 350 und der Innenfläche des Formwerkzeugs verhindert. Dementsprechend wird das Formharz daran gehindert, auf der oberen Oberfläche 352 des isolierenden Substrats 350 angeordnet zu werden, so dass die obere Oberfläche 352 ohne weiteres freiliegt.

[0087] Die erste leitende Schicht 370 des isolierenden Substrats 350 ist unterteilt, was einen Kontaktbereich der unteren Oberfläche 361 der isolierenden Schicht 360 mit dem Formharz 410 vergrößert. Insbesondere trägt der Bereich zwischen den Teilabschnitten 371 und 372 an der unteren Oberfläche 361 der isolierenden Schicht 360 verglichen mit dem Fall, in dem die Teilabschnitte 371 und 372 ineinander übergehen, mehr zu einer Vergrößerung der Kontaktfläche zwischen der isolierenden Schicht 360 und dem Formharz 410 bei. Die isolierende Schicht 360, die aus Harz gemacht ist, ist verglichen mit den Teilabschnitten 371 und 372, die aus Metall bestehen, in engerem Kontakt mit (in anderen Worten hat eine hervorragendere Bindekraft zu) dem Formharz 410. Dementsprechend kann eine Vergrößerung der Kontaktfläche zwischen der isolierenden Schicht 360 und dem Formharz 410 die Isolierzuverlässigkeit der isolierenden Schicht 360, die Isolierzuverlässigkeit

der Schnittstelle zwischen der isolierenden Schicht 360 und dem Formharz 410 und ähnliches verbessern.

[0088] Die erste leitende Schicht 370 ist unterteilt, was es ermöglicht, eine thermische Spannung, die von der ersten leitenden Schicht 370 auf die isolierende Schicht 360 ausgeübt wird, zu verringern.

[0089] Während ein Fall dargestellt wurde, in dem die zweite leitende Schicht 380 des isolierenden Substrats 350 nicht unterteilt ist (siehe **Fig. 1**), kann die zweite leitende Schicht 380 auch unterteilt sein. **Fig. 8** zeigt ein Beispiel, in dem die zweite leitende Schicht 380 in zwei Abschnitte 381 und 382 unterteilt ist. In dem Beispiel von **Fig. 8** ist schematisch der Teilabschnitt 381 in dem Bereich bereitgestellt, in dem der Teilabschnitt 371 der ersten leitenden Schicht 370 von der oberen Oberfläche 362 der isolierenden Schicht 360 aus hervorsticht, und der Teilabschnitt 382 ist in dem Bereich bereitgestellt, in dem der Teilabschnitt 372 der ersten leitenden Schicht 370 von der oberen Oberfläche 362 der isolierenden Schicht 360 aus hervorsticht. Es sei angemerkt, dass Teilungszahl, Teilungsmuster (in anderen Worten Muster in der Ebene) und ähnliches der zweiten leitenden Schicht 380 nicht auf dieses Beispiel eingeschränkt ist. Die zweite leitende Schicht 380 ist unterteilt, was es ermöglicht, eine thermische Spannung, die von der zweiten leitenden Schicht 380 auf die isolierende Schicht 360 ausgeübt wird, zu verringern.

[0090] Es ist auch möglich, die erste leitende Schicht 370 in drei oder mehr Anteile zu unterteilen. Die Teilungszahl der ersten leitenden Schicht 370 kann sich von der Teilungszahl der zweiten leitenden Schicht 380 unterscheiden. Die minimale Teilungszahl der ersten leitenden Schicht 370 wird bestimmt im Hinblick auf die Zahl, das Potential und ähnliches der ersten Hauptelektroden, die mit der ersten leitenden Schicht 370 verbunden sind. Im Fall des Leistungshalbleitermoduls 100 ist die erste leitende Schicht 370 mit den zwei ersten Hauptelektroden 250a und 250b verbunden, die verschiedene Potentiale aufweisen, was bedeutet, dass die minimale Teilungszahl der ersten leitenden Schicht 370 zwei ist. Das bedeutet, dass es möglich ist, die erste leitende Schicht 370 in zwei oder mehr zu unterteilen. Eine Mehrzahl von Teilabschnitten kann mit einer ersten Hauptelektrode verbunden werden.

[0091] Es ist möglich, die oben beschriebenen vielfältigen Wirkungen, die sich aus der Unterteilung ergeben, zu verbessern, wenn sich die Teilungszahlen der leitenden Schichten 370 und 380 erhöhen.

[0092] **Fig. 9-12** sind Ansichten, die den Aufbau eines Leistungshalbleitermoduls 100B gemäß einer zweiten Ausführungsform zeigen. Insbesondere ist **Fig. 9** eine Draufsicht auf das Leistungshalbleitermo-

dul 100B. **Fig. 10** ist eine Seitenansicht des Leistungshalbleitermoduls 100B gesehen aus einer Richtung eines Pfeils 10 in **Fig. 9**. **Fig. 11** ist eine Draufsicht auf das Leistungshalbleitermodul gesehen aus einer Richtung eines Pfeils bei einer Position, die in **Fig. 10** durch eine Linie 11-11 angezeigt ist. **Fig. 12** ist eine Draufsicht auf das Leistungshalbleitermodul 100B gesehen aus einer Richtung eines Pfeils bei einer Position, die in **Fig. 10** durch eine Linie 12-12 angezeigt ist. **Fig. 10-12** zeigen einen Zustand, in dem das Formharz 410 (dessen äußere Form zur Bezugnahme durch eine doppelt strichpunktierte Linie bezeichnet ist) zum Zwecke der Beschreibung entfernt ist. **Fig. 13** ist ein Schaltbild der Leistungshalbleitervorrichtung 100B.

[0093] Bei dem Beispiel von **Fig. 9-12** enthält das Leistungshalbleitermodul 100B Halbleiterchips 120c-120h und 140c-140h, Wärmeverteiler 160cde und 160f-160h, erste Elektroden 250c-250e und 250fgh, zweite Elektroden 270cde und 270f-270h, dritte Elektroden 290c-290h und ein isolierendes Substrat 350B.

[0094] Das Leistungshalbleitermodul 100B enthält weiter das erste Verbindungselement 180, die isolierende Schicht 210, die folienartige Schicht 220, das zweite Verbindungselement 310, Drähte 330, das dritte Verbindungselement 400 und das Formharz 410, die in der ersten Ausführungsform dargestellt sind.

[0095] Hierbei sind die Halbleiterchips 120c-120h IGBT-Chips, und sie sind ähnlich aufgebaut wie die IGBT-Chips 120a und 120b, die in der ersten Ausführungsform dargestellt wurden. Die Halbleiterchips 140c und 140h sind Diodenchips, und sie sind ähnlich aufgebaut wie die Diodenchips 140a und 140b, die in der ersten Ausführungsform dargestellt sind. Die Wärmeverteiler 160cde und 160f-160h sind ähnlich aufgebaut wie die Wärmeverteiler 160a und 160b, die in der ersten Ausführungsform dargestellt sind.

[0096] Die IGBT-Chips 120c-120e und die Diodenchips 140c-140e sind mit dem ersten Verbindungselement 180 auf den Wärmeverteiler 160cde gebondet. Genauer gesagt sind die Kollektoroberflächen 121 (s. **Fig. 2**) der IGBT-Chips 120c-120e und die Kathodenoberflächen 141 (s. **Fig. 2**) der Diodenchips 140c-140e auf die Chipanbringungsfläche 162 (s. **Fig. 2**) des Wärmeverteilers 160cde gebondet.

[0097] In ähnlicher Weise sind der IGBT-Chip 120f und der Diodenchip 140f auf den Wärmeverteiler 160f gebondet, der IGBT-Chip 120g und der Diodenchip 140g sind auf den Wärmeverteiler 160g gebondet, und der IGBT-Chip 120h und der Diodenchip 140h sind auf den Wärmeverteiler 160h gebondet.

[0098] Die Chipanbringungsflächen 162 der Wärmeverteiler 160cde und 160f-160h liegen alle in derselben Ebene, und die Wärmeverteiler 160cde und 160f-160h sind mit Bezug auf diese selbe Ebene alle auf derselben Seite angeordnet. Die Wärmeverteiler 160cde und 160f-160h sind voneinander entfernt.

[0099] Hier enthält das Leistungshalbleitermodul 100B vier Einheitsaufbauten 200cde, 200f, 200g und 200h. Insbesondere hat der Einheitsaufbau 200cde einen Aufbau, bei dem die Halbleiterchips 120c-120e und 140c-140e auf den Wärmeverteiler 160cde gebondet sind. Der Einheitsaufbau 200f hat einen Aufbau, bei dem die Halbleiterchips 120f und 140f auf den Wärmeverteiler 140f gebondet sind, der Einheitsaufbau 200g hat einen Aufbau, bei dem die Halbleiterchips 120g und 140g auf den Wärmeverteiler 160g gebondet sind, und der Einheitsaufbau 200h hat einen Aufbau, bei dem die Halbleiterchips 120h und 140h auf den Wärmeverteiler 160h gebondet sind.

[0100] Die isolierende Schicht 210 ist von den Wärmeverteilern 160cde und 160f-160h aus gesehen auf der Seite gegenüber den Halbleiterchips 120c-120h und 140a-140h angeordnet und haftet an den unteren Oberflächen 161 (s. **Fig. 2**) der Wärmeverteiler 160cde und 160f-160h. Die folienartige Schicht 220 ist von der isolierenden Schicht 210 aus gesehen auf der Seite gegenüber den Wärmeverteilern 160cde und 160f-160h angeordnet und haftet an der isolierenden Schicht 210.

[0101] Die ersten Elektroden 250c-250h und die zweiten Elektroden 270cde und 270f-270h sind Elektroden, durch die ein Hauptstrom des Leistungshalbleitermoduls 100B fließt, d.h. Hauptelektroden. Im Wesentlichen sind die Hauptelektroden 250c-250h, 270cde und 270f-270h plattenartige Elemente, die ein vorbestimmtes Muster in der Ebene (s. **Fig. 11**) aufweisen ähnlich wie die Hauptelektroden 250a, 250b und 270b, die in der ersten Ausführungsform dargestellt sind.

[0102] Die erste Hauptelektrode 250c ist eine Elektrode, die auf die oberen Oberflächen 122 und 142 (s. **Fig. 2**) der Halbleiterchips 120c und 140c gebondet ist, die in dem Einheitsaufbau 200c enthalten ist. Insbesondere ist die untere Oberfläche 251 (s. **Fig. 2**) der ersten Hauptelektrode 250c durch das zweite Befestigungselement 310 mit der Emittierelektrode des IGBT-Chips 120c und der Anodenelektrode des Diodenchips 140c verbunden. In ähnlicher Weise ist die erste Hauptelektrode 250d mit der Emittierelektrode des IGBT-Chips 120d und der Anodenelektrode des Diodenchips 140d verbunden, und die erste Hauptelektrode 250e ist mit der Emittierelektrode des IGBT-Chips 120e und der Anodenelektrode des Diodenchips 140e verbunden.

[0103] Die erste Hauptelektrode 250c erstreckt sich auf den benachbarten Wärmeverteiler 160f, und die untere Oberfläche 251 der ersten Hauptelektrode 250c ist durch das zweite Verbindungselement 310 mit der Chipanbringungsfläche 162 des benachbarten Wärmeverters 160f verbunden. In ähnlicher Weise ist die erste Hauptelektrode 250d mit dem benachbarten Wärmeverteiler 160g verbunden, und die erste Hauptelektrode 260e ist mit dem benachbarten Wärmeverteiler 160h verbunden.

[0104] Die erste Hauptelektrode 250fgh ist eine Elektrode, die auf die oberen Oberflächen 122 und 142 (s. **Fig. 2**) der Halbleiterchips 120f-120h und 140f-140h gebondet ist, die in den Einheitsaufbauten 200f-200h enthalten sind. Insbesondere ist die untere Oberfläche 251 (s. **Fig. 2**) der ersten Hauptelektrode 250fgh durch das zweite Verbindungselement 310 mit den Emittierelektroden der IGBT-Chips 120f-120h und den Anodenelektroden der Diodenchips 140f-140h verbunden.

[0105] Die zweite Hauptelektrode 270cde ist eine Elektrode, die mit dem Wärmeverteiler 160cde verbunden ist, der in dem Einheitsaufbau 200cde enthalten ist. Insbesondere ist die untere Oberfläche 271 (s. **Fig. 2**) der zweiten Hauptelektrode 270cde durch das zweite Verbindungselement 310 mit der Chipanbringungsfläche 162 (s. **Fig. 2**) des Wärmeverters 160cde verbunden. In ähnlicher Weise ist die zweite Hauptelektrode 270f mit dem Wärmeverteiler 160f verbunden, die zweite Hauptelektrode 270g ist mit dem Wärmeverteiler 160g verbunden, und die zweite Hauptelektrode 270h ist mit dem Wärmeverteiler 160h verbunden.

[0106] Hierbei enthalten die Hauptelektroden 250fgh, 270cde und 270f-270h jeweils die externen Anschlüsse 253 und 273, die aus dem Formharz 410 herausragen. Andererseits enthalten die Hauptelektroden 250c-250e nicht den externen Anschluss 253.

[0107] Die dritten Elektroden 290c-290h sind Elektroden, die beispielsweise zum Steuern, Überwachen und Verwalten des Leistungshalbleitermoduls 100B verwendet werden, d.h. Hilfselektroden. Die dritten Elektroden 290c-290h sind schmaler als die Hauptelektroden 250c-250e und 250fgh (s. **Fig. 11**).

[0108] Entsprechend dem in **Fig. 11** gezeigten Beispiel sind die Mehrzahl von Hilfselektroden 290c jeweils über die Drähte 330 mit vorbestimmten Abschnitten (wie z.B. Gateelektrodenanschlussflächen, Emittierelektrodenanschlussflächen, Strommessanschlussflächen für die Stromerfassung und Temperaturmessanschlussflächen für die Temperaturerfassung) des IGBT-Chips 120c verbunden. In ähnlicher Weise sind die Mehrzahl von Hilfselektroden 290d über die Drähte 330 mit dem IGBT-Chip 120d verbunden, und die Mehrzahl von Hilfselektro-

den 290e sind über die Drähte 330 mit dem IGBT-Chip 120e verbunden. Das heißt, dass die Hilfselektroden 290c-290e an dem Einheitsaufbau 200cde bereitgestellt sind.

[0109] In ähnlicher Weise sind die Mehrzahl von Hilfselektroden 290f über die Drähte 330 mit dem IGBT-Chip 120f verbunden, die Mehrzahl von Hilfselektroden 290g sind über die Drähte 330 mit dem IGBT-Chip 120g verbunden, und die Mehrzahl von Hilfselektroden 290h sind über die Drähte 330 mit dem IGBT-Chip 120h verbunden. Das heißt, dass die Hilfselektroden 290f, 290g und 290h jeweils für die Einheitsaufbauten 200f, 200g und 200h bereitgestellt sind.

[0110] Von den Hilfselektroden 290c-290h enthält jede den externen Anschluss 293, der aus dem Formharz 410 herausragt.

[0111] Hierbei sind die Elektroden 250c-250e, 250fgh, 270cde, 270f-270h und 290c-290h durch einen Anschlussrahmen bereitgestellt, in dem die Muster der Elektroden 250c-250e, 250fgh, 270cde, 270f-270h und 290c-290h im Voraus integral gebildet. **Fig. 14** zeigt eine Draufsicht auf einen Anschlussrahmen 500b, wie er oben beschrieben ist. Ein Verfahren zum Herstellen des Leistungshalbleitermoduls 100b unter Verwendung des Anschlussrahmens 500b wird unten beschrieben.

[0112] Mit Bezug zurück auf **Fig. 9-11** ist das isolierende Substrat 350B ein plattenartiges Element, das die isolierende Schicht 360, die erste leitende Schicht 370B, und die zweite leitende Schicht 380 enthält. Die isolierende Schicht 360 und die zweite leitende Schicht 380 sind wie in der ersten Ausführungsform beschrieben aufgebaut.

[0113] Die erste leitende Schicht 370B ist ähnlich aufgebaut wie die erste leitende Schicht 370, die in der ersten Ausführungsform dargestellt ist, außer dass das Muster in der Ebene verschieden ist. Das heißt, dass die erste leitende Schicht 370B wie in **Fig. 12** gezeigt in vier Abschnitte 373-376 unterteilt ist. Der Teilabschnitt 373 ist mit dem dritten Verbindungselement 400 auf die obere Oberfläche 252 der ersten Hauptelektrode 250c gebondet. In ähnlicher Weise ist der Teilabschnitt 374 auf die erste Hauptelektrode 250d gebondet, der Teilabschnitt 375 ist auf die erste Hauptelektrode 250e gebondet, und der Teilabschnitt 376 ist auf die erste Hauptelektrode 250fgh gebondet.

[0114] Das Formharz 410 ist wie in der ersten Ausführungsform bereitgestellt. Das heißt, dass das Formharz 410 die Einheitsaufbauten 200cde, 200f, 200g und 200h und die Drähte 330 in einem Zustand versiegelt, in dem die externen Anschlussabschnitte 253, 273 und 293 der Elektroden 250fgh, 270cde,

270f-270h und 290h, die untere Oberfläche 221 (s. **Fig. 2**) des mit einer Folie versehenen isolierenden Elements 230 und die obere Oberfläche 352 (s. **Fig. 2**) des isolierenden Substrats 350 freiliegen. Die Hauptelektroden 250c-250e enthalten keine externen Anschlussabschnitte, und somit liegt die Gesamtheit der Hauptelektroden 250c-250e nicht zum Äußeren des Formharzes 410 hin frei.

[0115] Ein (nicht gezeigter) Kühler (in anderen Worten ein Kühlkörper) ist über ein thermisch leitfähiges Fett oder ähnliches mit der freiliegenden Oberfläche 221 des mit Folie versehenen Elements 230 und der freiliegenden Oberfläche 352 des isolierenden Substrats 350 verbunden.

[0116] Mit dem oben beschriebenen Aufbau sind die Kollektorelektrode des IGBT 120c und die Kathodenelektrode der Diode 140c durch den Wärmeverteiler 160cde verbunden, und die Emittierelektrode des IGBT 120c und die Anodenelektrode der Diode 140c sind durch die erste Hauptelektrode 250c miteinander verbunden. Das bedeutet, dass der IGBT 120c und die Diode 140c, wie in dem Schaltbild in **Fig. 13** gezeigt, in eine antiparallele Verbindung gebracht sind. In ähnlicher Weise sind der IGBT 120d und die Diode 140d durch den Wärmeverteiler 160cde und die erste Hauptelektrode 250d in eine antiparallele Verbindung gebracht, und der IGBT 120e und die Diode 140e sind durch den Wärmeverteiler 160cde und die erste Hauptelektrode 250e in eine antiparallele Verbindung gebracht.

[0117] In ähnlicher Weise sind der IGBT 120f und die Diode 140f durch den Wärmeverteiler 160f und die erste Hauptelektrode 250fgh in eine antiparallele Verbindung gebracht, der IGBT 120g und die Diode 140g sind durch den Wärmeverteiler 160g und die erste Hauptelektrode 250fgh in eine antiparallele Verbindung gebracht, und der IGBT 120h und die Diode 140h sind durch den Wärmeverteiler 160h und die erste Hauptelektrode 250fgh in eine antiparallele Verbindung gebracht.

[0118] Die erste Hauptelektrode 250c ist mit dem benachbarten Wärmeverteiler 160f verbunden, wodurch die Emittierelektrode des IGBT 120c und die Anodenelektrode der Diode 140c mit der Kollektorelektrode des IGBT 120f und der Kathodenelektrode der Diode 140f verbunden werden. Das heißt, dass die aus dem IGBT 120c und der Diode 140c zusammengesetzte Antiparallelschaltung in Reihe zu der aus dem IGBT 120f und der Diode 140f zusammengesetzten Antiparallelschaltung geschaltet ist.

[0119] In ähnlicher Weise sind die aus dem IGBT 120d und der Diode 140d zusammengesetzte Antiparallelschaltung in Reihe zu der aus dem IGBT 120g und der Diode 140g zusammengesetzten Anti-

parallelschaltung geschaltet. Die aus dem IGBT 120e und der Diode 140e zusammengesetzte Antiparallelschaltung ist in Reihe zu der aus dem IGBT 120h und der Diode 140h zusammengesetzten Antiparallelschaltung geschaltet.

[0120] Die Kollektorelektroden der IGBTs 120c, 120d, und 120e und die Kathodenelektroden der Dioden 140c, 140d und 140e sind durch den Wärmeverteiler 160cde miteinander verbunden. Weiter sind die Emittierelektroden der IGBTs 120f, 120g und 120h und die Anodenelektroden der Dioden 140f, 140g und 140h durch die erste Hauptelektrode 250fgh miteinander verbunden.

[0121] Dementsprechend sind wie in **Fig. 13** gezeigt die Serienschaltung mit den IGBTs 120c und 120f und den Dioden 140c und 140f, die Serienschaltung mit den IGBTs 120d und 120g und den Dioden 140d und 140g und die Serienschaltung mit den IGBTs 120e und 120h und den Dioden 140e und 140h parallel zwischen den (mit der zweiten Hauptelektrode 270cde verbundenen) Wärmeverteiler 160cde und die erste Hauptelektrode 250fgh geschaltet.

[0122] Zwischen den externen Anschluss 253 der ersten Hauptelektrode 250fgh und den externen Anschluss 273 der zweiten Hauptelektrode 270cde wird eine Hauptspannung an die IGBTs 120c-120h und die Dioden 140c-140h angelegt. Eine Schaltsteuerspannung wird von dem externen Anschluss 293 der Hilfselektrode 290c aus an die Gateelektrode des IGBT 120c angelegt. Genauer gesagt wird die Schaltsteuerspannung zwischen den externen Anschluss 293, der mit der Gateelektrode des IGBT 120c verbunden ist, und den externen Anschluss 293, der mit der Emittierelektrode des IGBT 120c verbunden ist, angelegt. In ähnlicher Weise wird die Schaltsteuerspannung an die IGBTs 120d-120h angelegt.

[0123] Ein Strom fließt durch die Halbleiterchips 120c-120h und 140c-140h, wodurch die Halbleiterchips 120c-120h und 140c-140h Wärme erzeugen. Die erzeugte Wärme wird von den unteren Oberflächen 121 und 141 der Halbleiterchips 120c-120h und 140c-140h aus über das Verbindungselement 180, die Wärmeverteiler 160cde und 160f-160h, die isolierende Schicht 210 und die folienartige Schicht 220 zu dem (nicht gezeigten) Kühler auf der Seite der folienartigen Schicht 220 übertragen. Zusätzlich wird die erzeugte Wärme von den oberen Oberflächen 122 und 142 der Halbleiterchips 120c-120h und 140c-140h aus über das Verbindungselement 310, die ersten Hauptelektroden 250c-250e und 250fgh, das Verbindungselement 400 und das isolierende Substrat 350B zu dem (nicht gezeigten) Kühler auf der Seite des isolierenden Substrats 350B übertragen. Dementsprechend wird Wärme durch die zwei

Kühler abgeführt, so dass die Halbleiterchips 120c-120h und 140c-140h gekühlt werden.

[0124] Insbesondere wird ein Material mit einer höheren Wärmeleitfähigkeit als das Formharz 410 für die Materialien verwendet, die den Wärmeübertragungspfad bilden, der von den Halbleiterchips 120c-120h und 140c-140h zu den Kühlern führt.

[0125] Wie oben beschrieben leitet das Leistungshalbleitermodul 100B Wärme sowohl von der Seite der unteren Oberflächen 121 und 141 als auch von der Seite der oberen Flächen 122 und 142 der Halbleiterchips 120c-120h und 140c-140h ab. Aus diesem Grund kann verglichen mit dem herkömmlichen Aufbau, bei dem das Kühlen nur von einer Seite aus durchgeführt wird, eine höhere Kühlleistungsfähigkeit erreicht werden.

[0126] Sogar in einem Fall, in dem der Kühler aus einem Metall wie z.B. Aluminium oder Kupfer besteht, können das Leistungshalbleitermodul 100b und der Kühler in Kontakt gebracht werden, ohne ein weiteres Isierelement dazwischen bereitzustellen. Das ist so, weil das Leistungshalbleitermodul 100B die isolierende Schicht 210 und das isolierende Substrat 350B enthält.

[0127] Insbesondere bilden die Wärmeverteiler 160cde und 160f-160h einen Teil des Hauptstrompfads, legen aber aufgrund des Vorhandenseins der isolierenden Schicht 210 und des Formharzes nicht nach außen hin frei. Daher sind isolierende Eigenschaften zwischen den Wärmeverteilern 160cde und 160f-160h und dem Kühler sichergestellt.

[0128] Die Hauptelektroden 250fgh, 270cde und 270f-270h liegen aufgrund des Vorhandenseins des isolierenden Substrats 350B und des Formharzes 410 mit Ausnahme der externen Anschlüsse 253 und 273 nicht nach außen hin frei. Die Hauptelektroden 250c-250e enthalten keine externen Anschlüsse, und somit liegt die Gesamtheit der Hauptelektroden 250c-250e nicht nach außen hin frei. Die externen Anschlüsse 253 und 273 sind von der Oberfläche aus gezogen, die von der Oberfläche, auf der der Kühler befestigt ist, verschieden ist. Deshalb sind die isolierenden Eigenschaften zwischen den Hauptelektroden 250c-250e, 250fgh, 270cde und 270f-270h und dem Kühler sichergestellt.

[0129] Die Kühlleistungsfähigkeit ist verbessert, und isolierende Eigenschaften sind sichergestellt, wenn die folienartige Schicht 220 oder die zweite leitende Schicht 380 des isolierenden Substrats 350B oder beide nicht bereitgestellt sind. Auch können einige der unten beschriebenen Wirkungen erreicht werden, wenn die folienartige Schicht 220 oder die zweite leitende Schicht 380 des isolierenden Substrats 350B oder beide nicht bereitgestellt sind.

[0130] Das Leistungshalbleitermodul 100b kann in ähnlicher Weise wie das Leistungshalbleitermodul 100 gemäß der ersten Ausführungsform hergestellt werden.

[0131] Insbesondere werden die IGBT-Chips 120c-120e und die Diodenchips 140c-140e mit dem ersten Verbindungselement 180 auf den Wärmeverteiler 160cde gebondet. Der IGBT-Chips 120f und der Diodenchip 140f werden mit dem ersten Verbindungselement 180 auf den Wärmeverteiler 160f gebondet. In ähnlicher Weise werden der IGBT-Chip 120g und der Diodenchips 140g auf den Wärmeverteiler 160g gebondet, und der IGBT-Chips 120h und der Diodenchip 140h werden auf den Wärmeverteiler 160h gebondet.

[0132] Als nächstes werden die Halbleiterchips 120c-120h und 140c-140h und dergleichen mit dem Anschlussrahmen 500B (s. **Fig. 14**) verbunden, in dem die Muster der Elektroden 250c-250e, 250fgh, 270cde, 270f-270h und 290c-290h im voraus integral gebildet wurden.

[0133] Insbesondere wird die erste Hauptelektrode 250c in dem Anschlussrahmen 500B durch das zweite Verbindungselement 310 mit der Emittierelektrode des IGBT-Chips 120c, der Anodenelektrode des Diodenchips 140c und der oberen Oberfläche 162 des Wärmeverters 160f verbunden. In ähnlicher Weise wird die erste Hauptelektrode 250d in dem Anschlussrahmen 500b mit dem IGBT-Chip 120d, dem Diodenchip 140d und dem Wärmeverteiler 160g verbunden, und die erste Hauptelektrode 250e in dem Anschlussrahmen 500B wird mit dem IGBT-Chip 120e, dem Diodenchip 140e und dem Wärmeverteiler 160h verbunden.

[0134] Die erste Hauptelektrode 250fgh in dem Anschlussrahmen 500B wird durch das zweite Verbindungselement 310 mit den Emittierelektroden der IGBT-Chips 120f-120h und den Anodenelektroden der Diodenchips 140f-140h verbunden.

[0135] Die zweiten Hauptelektroden 270cde und 270f-270h in dem Anschlussrahmen 500B werden durch das zweite Verbindungselement 310 mit den oberen Oberflächen 162 der Wärmeverteiler 160cde und 160f-160h verbunden.

[0136] Unter Verwendung des Anschlussrahmens 500B können die oben genannten Abschnitte zur gleichen Zeit verbunden werden.

[0137] Die dritten Elektroden (Hilfselektroden) 290e-290h in dem Anschlussrahmen 500b werden jeweils über die Drähte 330 mit den vorbestimmten Abschnitten (wie z.B. Gateelektrodenanschlussflächen, Emittierelektrodenanschlussflächen, Messanschlussflächen für die Stromerfassung und Messan-

schlussflächen für die Temperaturerfassung der IGBT-Chips 120c-120h) verbunden.

[0138] Danach werden die ersten Hauptelektroden 250c-250e und 250fgh in dem Anschlussrahmen 500B und die Teilabschnitte 373-376 der ersten leitenden Schicht 370B des isolierenden Substrats 350B durch das dritte Verbindungselement 400 miteinander verbunden.

[0139] Dann wird das Gebilde (Halbfertigprodukt), das wie oben beschrieben hergestellt worden ist, in einem Formwerkzeug untergebracht und mit einem Formharz versiegelt. Insbesondere werden wie in der ersten Ausführungsform die folienartige Schicht 220 und die isolierende Schicht 210 in dem Harzinjektionsraum des Formwerkzeugs angeordnet, und dann wird das Halbfertigprodukt auf der isolierenden Schicht 210 angeordnet. Dann wird das Material für das Formharz 410 in den Harzinjektionsraum gegossen.

[0140] Der Harzinjektionsraum des Formwerkzeugs ist beispielsweise so entworfen, dass verhindert wird, dass das Formharz 410 die externen Anschlussabschnitte 253, 273 und 293 der Elektroden 250fgh, 270cde, 270f-270h und 290c-290h, die Schichtoberfläche 221 (s. **Fig. 2**) der mit Folie versehenen isolierenden Schicht 230, die an der von den Halbleiterchips 120c-120h und 140c-140h entfernten Seite angeordnet ist, und die Substrathauptfläche 352 (s. **Fig. 2**) des isolierenden Substrats 350B, das an der von den Halbleiterchips 120c-120h und 140c-140h entfernten Seite angeordnet ist, bedeckt.

[0141] Nach dem Versiegeln wird das Leistungshalbleitermodul 100B wie in der ersten Ausführungsform aus dem Anschlussrahmen 500B ausgeschnitten.

[0142] Mit der Verwendung des Anschlussrahmens 500B, wie er oben beschrieben ist, werden die Hauptelektroden 250c-250e, 250fgh, 270cde und 270f-270h gleichzeitig mit den vorbestimmten Abschnitten verbunden. Das bedeutet, dass eine elektrische Verbindung verglichen mit dem Herstellungsverfahren, in dem getrennte Elektroden der Reihe nach verbunden werden, einfacher gebildet werden kann. Weiter werden bei dem Anschlussrahmen 500B die Elektroden 250fgh, 270cde, 270f-270h und 290c-290h als Elemente bereitgestellt, bei denen die internen Verbindungsabschnitte (Abschnitte, die mit dem Halbleiterchip, Wärmeverteiler oder Draht verbunden sind) und die externen Anschlussabschnitte 253, 273 und 293 integriert sind. Aus diesem Grund ist es nicht erforderlich, die externen Anschlüsse separat bereitzustellen. Das führt zu einer Verringerung der Anzahl der Herstellungsschritte, der Teilezahl und ähnlichem, was zu einer Verringerung der Herstellungskosten führt.

[0143] Die erste leitende Schicht 370B des isolierenden Substrats 350B ist unterteilt, und die Teilabschnitte 373-376 sind mit den ersten Hauptelektroden 250c-250h und 250fgh verbunden. Dementsprechend sind die Isolationseigenschaften zwischen den Hauptelektroden 250c-250e und 250fgh sichergestellt. Das bedeutet, dass es nicht erforderlich ist, getrennt ein isolierendes Substrat für die Hauptelektroden 250c-250e und 250fgh bereitzustellen, die verschiedene Potentiale haben, und das einzelne isolierende Substrat 350B ist ausreichend. Das führt zu einer Verringerung der Teilezahl, der Anzahl der Herstellungsschritte und ähnlichem, was zu einer Verringerung der Herstellungskosten führt.

[0144] Mit dem einzelnen isolierenden Substrat 350B kann einfach eine ebene Oberfläche für den Kühler bereitgestellt werden, was das isolierende Substrat 350B und den Kühler in exzellenter Weise in engen Kontakt bringt.

[0145] Mit dem einzelnen isolierenden Substrat 350B werden die Oberfläche des Teilabschnitts 373, der mit dem Anschlussrahmen 500B verbunden ist, die Oberfläche des Teilabschnitts 374, der mit dem Anschlussrahmen 500B verbunden ist, die Oberfläche des Teilabschnitts 375, der mit dem Anschlussrahmen 500B verbunden ist, und die Oberfläche des Teilabschnitts 376, der mit dem Rahmen 500B verbunden ist, in einfacher Weise dazu gebracht, alle in derselben Ebene zu sein (s. Linie 12-12 in **Fig. 10**). Weiter werden mit dem Anschlussrahmen 500B die Oberfläche der ersten Hauptelektrode 250c, die mit dem isolierenden Substrat 350A verbunden ist, die Oberflächen der ersten Hauptelektrode 250d, die mit dem isolierenden Substrat 350B verbunden ist, die Oberfläche der ersten Hauptelektrode 250e, die mit dem isolierenden Substrat 350B verbunden ist, und die Oberfläche der ersten Hauptelektrode 250fgh, die mit dem isolierenden Substrat 350B verbunden ist, in einfacher Weise dazu gebracht, in derselben Ebene zu sein (s. Linie 11-11 in **Fig. 10**).

[0146] Daher können das isolierende Substrat 350B und die ersten Hauptelektroden 250c-250e und 250fgh in einfacher Weise ohne eine Neigung des isolierenden Substrats 350B miteinander verbunden werden.

[0147] Das isolierende Substrat 350B ist nicht geneigt, was die Bildung einer Lücke zwischen der oberen Oberfläche 352 des isolierenden Substrats 350B und der Innenfläche des Formwerkzeugs verhindert. Dementsprechend wird das Formharz daran gehindert, bei dem Versiegelungsschritt auf der oberen Oberfläche 352 des isolierenden Substrats 350B angeordnet zu werden, so dass die obere Oberfläche 352 ohne weiteres frei liegt.

[0148] Die erste leitende Schicht 370B des isolierenden Substrats 350B ist unterteilt, was einen Kontaktbereich der unteren Oberfläche 361 der isolierenden Schicht 360 mit dem Formharz 410 vergrößert. Insbesondere trägt der Bereich zwischen den Teilabschnitten 373-376 an der unteren Oberfläche 361 der isolierenden Schicht 360 verglichen mit dem Fall, in dem die Teilabschnitte 373-376 ineinander übergehen, mehr zu einer Vergrößerung der Kontaktfläche zwischen der isolierenden Schicht 360 und dem Formharz 410 bei. Die isolierende Schicht 360, die aus Harz gemacht ist, ist in engerem Kontakt mit (in anderen Worten hat eine hervorragendere Bindekraft zu) dem Formharz 410 verglichen mit den Teilabschnitten 373-376, die aus Metall bestehen. Dementsprechend kann eine Vergrößerung der Kontaktfläche zwischen der isolierenden Schicht 360 und dem Formharz 410 die Isolierzuverlässigkeit der isolierenden Schicht 360, die Isolierzuverlässigkeit der Schnittstelle zwischen der isolierenden Schicht 360 und dem Formharz 410 und ähnliches verbessern.

[0149] Die erste leitende Schicht 370B ist unterteilt, was es ermöglicht, eine thermische Spannung, die von der ersten leitenden Schicht 370B auf die isolierende Schicht 360 ausgeübt wird, zu verringern.

[0150] Während ein Fall dargestellt wurden, in dem die zweite leitende Schicht 380 des isolierenden Substrats 350 nicht unterteilt ist (s. **Fig. 9**), kann die zweite leitende Schicht 380 auch unterteilt sein. **Fig. 15** zeigt ein Beispiel, in dem die zweite leitende Schicht 380 in vier Abschnitte 383-386 unterteilt ist. In dem Beispiel von **Fig. 15** ist schematisch der Teilabschnitt 383 in dem Bereich bereitgestellt, in dem der Teilabschnitt 373 der ersten leitenden Schicht 370B von der oberen Oberfläche 362 der isolierenden Schicht 360 aus vorspringt, und in ähnlicher Weise sind die Teilabschnitte 384-386 jeweils in den Bereichen bereitgestellt, in denen die Teilabschnitte 374-376 der ersten leitenden Schicht 370B von der oberen Oberfläche 362 der isolierenden Schicht 360 aus vorstehen. Es sei angemerkt, dass die Teilungszahl, das Teilungsmuster (in anderen Worten Muster in der Ebene) und ähnliches der zweiten leitenden Schicht 380 nicht auf dieses Beispiel eingeschränkt ist. Die zweite leitende Schicht ist unterteilt, was es ermöglicht, eine thermische Spannung, die von der zweiten leitenden Schicht 380 auf die isolierende Schicht 360 ausgeübt wird, zu verringern.

[0151] Es ist auch möglich, die erste leitende Schicht 370B in fünf oder mehr Abschnitte zu unterteilen. Die Teilungszahl der ersten leitenden Schicht 370B kann sich von der Teilungszahl der zweiten leitenden Schicht 380 unterscheiden. Die minimale Teilungszahl der ersten leitenden Schicht 370B wird bestimmt in Hinblick auf die Zahl, das Potential und ähnliches der ersten Hauptelektroden, die mit der ersten leitenden Schicht 370B verbunden sind. Im

Fall des Leistungshalbleitermoduls 100B ist die erste leitende Schicht 370B mit den vier ersten Hauptelektroden 250c-250e und 250fgh verbunden, die verschiedene Potentiale aufweisen, was bedeutet, dass die minimale Teilungszahl der ersten leitenden Schicht 370B vier ist. Das bedeutet, dass es möglich ist, die erste leitende Schicht 370B in vier oder mehr zu unterteilen. Eine Mehrzahl von Teilabschnitten kann mit einer ersten Hauptelektrode verbunden sein.

[0152] Es ist möglich, die oben beschriebenen vielfältigen Wirkungen, die sich aus der Unterteilung ergeben, zu verbessern, wenn sich die Teilungszahlen der leitenden Schichten 370B und 380 erhöhen.

[0153] **Fig. 16-19** sind Ansichten, die einen Aufbau eines Leistungshalbleitermoduls 100C gemäß einer dritten, nicht anspruchsgemäßen Ausführungsform zeigen. Insbesondere ist **Fig. 16** eine Draufsicht auf das Leistungshalbleitermodul 100C. **Fig. 17** ist eine Seitenansicht des Leistungshalbleitermoduls 100C gesehen aus einer Richtung eines Pfeils 17 in **Fig. 16**. **Fig. 18** ist eine Draufsicht auf das Leistungshalbleitermodul 100C gesehen aus einer Richtung eines Pfeils bei einer Position, die in **Fig. 17** durch eine Linie 18-18 angezeigt ist. **Fig. 19** ist eine Draufsicht auf das Leistungshalbleitermodul 100C gesehen aus einer Richtung eines Pfeils bei einer Position, die in **Fig. 17** durch eine Linie 19-19 angegeben ist. **Fig. 17-19** zeigen den Zustand, in dem das Formharz 410 (dessen äußere Form zur Bezugnahme durch eine doppelt strichpunktierte Linie bezeichnet ist) zum Zweck der Beschreibung entfernt ist. **Fig. 20** ist ein Schaltbild des Leistungshalbleitermoduls 100C.

[0154] Gemäß dem Beispiel von **Fig. 16-19** enthält das Leistungshalbleitermodul 100C Halbleiterchips 120i, 120j, 140i und 140j, einen Wärmeverteiler 160ij, eine erste Elektrode 250ij, eine zweite Elektrode 270ij, dritte Elektroden 390i und 290j und ein isolierendes Substrat 350C. Das Leistungshalbleitermodul 100C enthält weiter das erste Verbindungselement 180, die isolierende Schicht 210, die folienartige Schicht 220, das zweite Verbindungselement 310, Drähte 330, das dritte Verbindungselement 400 und das Formharz 410, die in der ersten Ausführungsform dargestellt worden sind.

[0155] Hierbei sind die Halbleiterchips 120i und 120j Chips eines MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor, Metalloxid-Halbleiter-Feldefekttransistor) aus Siliziumcarbid (SiC).

[0156] Der MOSFET-Chip 120i enthält ähnlich wie die in der ersten Ausführungsform dargestellten IGBT-Chips 120a und 120b (s. **Fig. 2**) die erste Chiphauptfläche 121 (s. **Fig. 2**) und die zweite Chiphauptfläche 122 (s. **Fig. 2**), die zueinander in einer

Beziehung von Vorder- und Rückseite stehen (in anderen Worten, die sich gegenüber liegen mit dem Chip dazwischen). Auch wenn hier keine detaillierte Beschreibung gegeben wird, ist eine Drainelektrode des MOSFET auf der ersten Chiphauptfläche 121 gebildet, und eine Sourceelektrode und eine Gateelektrode des MOSFET sind auf der zweiten Chiphauptfläche 122 gebildet. Der MOSFET-Chip 120j ist ähnlich wie der MOSFET-Chip 120i gebildet.

[0157] In dem obigen Beispiel werden bei den MOSFET-Chips 120i und 120j die erste Chiphauptfläche 121 und die zweite Chiphauptfläche 122 jeweils auch als Drainoberfläche und Source/Gate-Oberfläche bezeichnet. Alternativ werden die erste Chiphauptfläche 121 und die zweite Chiphauptfläche 122 gemäß der Darstellung von **Fig. 17** auch als untere Oberfläche 121 und obere Oberfläche 122 bezeichnet. In einigen Fällen werden die MOSFET-Chips 120i und 120j auch jeweils lediglich als MOSFETs 120i und 120j bezeichnet.

[0158] Die Halbleiterchips 140i und 140j sind in diesem Fall Diodenchips, und sie sind ähnlich aufgebaut wie die in der ersten Ausführungsform dargestellten Diodenchips 140a und 140b. Es sei angemerkt, dass die Halbleiterchips 140i und 140j Chips sind, die aus Siliziumcarbid (SiC) bestehen.

[0159] Der Wärmeverteiler 160ij ist ähnlich aufgebaut wie die in der ersten Ausführungsform dargestellten Wärmeverteiler 160a und 160b.

[0160] Die MOSFET-Chips 120i und 120j und die Diodenchips 140i und 140j sind mit dem ersten Verbindungselement 180 auf den Wärmeverteiler 160ij gebondet. Genauer gesagt sind die Drainoberflächen 121 (s. **Fig. 2**) der MOSFET-Chips 120i und 120j und die Kathodenoberflächen 141 (s. **Fig. 2**) der Diodenchips 140i und 140j auf die Chipanbringungsfläche 162 (s. **Fig. 2**) des Wärmeverteilers 160ij gebondet.

[0161] In diesem Fall enthält das Leistungshalbleitermodul 100C einen Einheitsaufbau 200ij. Insbesondere hat der Einheitsaufbau 200ij einen Aufbau, in dem die Halbleiterchips 120i, 120j, 140i und 140j auf den Wärmeverteiler 160ij gebondet sind.

[0162] Die isolierende Schicht 210 ist von dem Wärmeverteiler 160ij aus gesehen auf der Seite gegenüber den Halbleiterchips 120i, 120j, 140i und 140j angeordnet und haftet an der unteren Oberfläche 161 (s. **Fig. 2**) des Wärmeverteilers 160ij. Die folienartige Schicht 220 ist von der isolierenden Schicht 210 aus gesehen auf der Seite gegenüber dem Wärmeverteiler 160ij angeordnet und haftet an der isolierenden Schicht 210.

[0163] Die erste Elektrode 250ij und die zweite Elektrode 270ij sind Elektroden, durch die ein Hauptstrom des Leistungshalbleitermoduls 100C fließt, d.h. Hauptelektroden. Die Hauptelektroden 250ij und 270ij sind ähnlich wie die in der ersten Ausführungsform dargestellten Hauptelektroden 250a, 250b und 270b im Wesentlichen plattenartige Elemente, die ein vorbestimmtes Muster in der Ebene (s. **Fig. 18**) aufweisen.

[0164] Die erste Hauptelektrode 250ij ist eine Elektrode, die mit den oberen Oberflächen 122 und 142 (s. **Fig. 2**) der Halbleiterchips 120i, 120j, 140i und 140j verbunden ist, die in dem Einheitsaufbau 200ij enthalten sind. Insbesondere ist die untere Oberfläche 251 (s. **Fig. 2**) der ersten Hauptelektrode 250ij über das zweite Verbindungselement 310 mit den Sourceelektroden der MOSFET-Chips 120i und 120j und den Anodenelektroden der Diodenchips 140i und 140j verbunden.

[0165] Die zweite Hauptelektrode 270ij ist eine Elektrode, die mit dem Wärmeverteiler 160ij verbunden ist, der in dem Einheitsaufbau 200ij enthalten ist. Insbesondere ist die untere Oberfläche 271 (s. **Fig. 2**) der zweiten Hauptelektrode 270ij über das zweite Verbindungselement 310 mit der Chipanbringungsfläche 162 (s. **Fig. 2**) verbunden.

[0166] Hierbei haben die Hauptelektroden 250ij und 270ij die externen Anschlüsse 253 und 273, die jeweils aus dem Formharz 410 herausragen.

[0167] Die dritten Elektroden 290i und 290j sind Elektroden, die beispielsweise zum Steuern, Überwachen und Verhalten des Leistungshalbleitermoduls 100 verwendet werden, d.h. Hilfelektroden. Die dritten Elektroden 290i und 290j sind schmaler als die Hauptelektroden 250ij und 270ij (s. **Fig. 18**).

[0168] Bei dem Beispiel von **Fig. 18** sind die Mehrzahl von Hilfelektroden 290i jeweils über Drähte 330 mit vorbestimmten Abschnitten (wie z.B. Gateelektrodenanschlussflächen, Drainelektrodenanschlussflächen, Strommessanschlussflächen für die Stromerfassung und Temperaturmessanschlussflächen für die Temperaturerfassung) des IGBT-Chips 120j verbunden.

[0169] In ähnlicher Weise sind die Mehrzahl von Hilfelektroden 290j über Drähte mit dem IGBT-Chip 120j verbunden. Das heißt, dass die Hilfelektroden 290i und 290j für den Einheitsaufbau 200ij bereitgestellt sind.

[0170] Die Hilfelektroden 290i und 290j enthalten jeweils den externen Anschluss 293, der aus dem Formharz 410 herausragt.

[0171] Hierbei sind die Elektroden 250ij, 270ij, 290i und 290j durch einen Anschlussrahmen bereitgestellt, in dem die Muster der Elektroden 250ij, 270ij, 290i und 290j im Voraus integral gebildet werden. **Fig. 21** zeigt eine Draufsicht auf einen Anschlussrahmen 500C, wie er oben beschrieben ist.

[0172] Mit Bezug zurück auf **Fig. 16-19** ist das isolierende Substrat 350c ein plattenartiges Element, das die isolierende Schicht 360, die erste leitende Schicht 370C und die zweite leitende Schicht 380 enthält. Die isolierende Schicht 360 und die zweite leitende Schicht 380 sind wie in der ersten Ausführungsform aufgebaut.

[0173] Die erste leitende Schicht 370C ist ähnlich wie die in der ersten Ausführungsform dargestellte erste leitende Schicht 370 aufgebaut, außer dass das Muster in der Ebene verschieden ist. Das heißt, dass die erste leitende Schicht 370c wie in **Fig. 19** gezeigt nicht unterteilt ist. Die erste leitende Schicht 370C ist mit dem dritten Verbindungselement 400 auf die obere Oberfläche 252 der ersten Hauptelektrode 250ij gebondet.

[0174] Das Formharz 410 ist wie bei der ersten Ausführungsform bereitgestellt. Das heißt, dass das Formharz 410 den Einheitsaufbau 200ij und die Drähte 330 in dem Zustand versiegelt, in dem die externen Anschlussabschnitte 253, 273 und 293 der Elektroden 250ij, 270ij, 290i und 290j, die untere Oberfläche 221 (s. **Fig. 2**) des mit Folie versehenen isolierenden Elements 230 und die obere Oberfläche 352 (s. **Fig. 2**) des isolierenden Substrats 350 frei liegen.

[0175] Ein (nicht gezeigter) Kühler (in anderen Worten ein Kühlkörper) ist über ein thermisch leitfähiges Fett oder ähnliches mit der freiliegenden Oberfläche 221 des mit Folie versehenen isolierenden Elements 230 und mit der freiliegenden Oberfläche 352 des isolierenden Substrats 350 verbunden.

[0176] Bei dem oben beschriebenen Aufbau sind die Drainelektroden der MOSFETs 120i und 120j und die Kathodenelektroden der Dioden 140i und 140j über den Wärmeverteiler 160ij verbunden, und die Sourceelektroden der MOSFETs 120i und 120j und die Anodenelektroden der Dioden 140i und 140j sind über die erste Hauptelektrode 250ij verbunden. Das heißt, dass wie in dem Schaltbild von **Fig. 20** gezeigt, der MOSFET 120i und die Diode 140i in eine antiparallele Verbindung gebracht werden und der MOSFET 120j und die Diode 140j in eine antiparallele Verbindung gebracht werden, so dass die zwei Antiparallelschaltungen parallel geschaltet sind.

[0177] Zwischen den externen Anschluss 253 der ersten Hauptelektrode 250ij und den externen

Anschluss 273 der zweiten Hauptelektrode 270ij wird eine Hauptspannung zugeführt, die an den MOSFETs 120i und 120j und den Dioden 140i und 140j anliegt. Eine Schaltsteuerspannung wird von dem externen Anschluss 293 der Hilfelektrode 290i aus an die Gateelektrode des MOSFET 120i angelegt. Genauer gesagt wird die Schaltsteuerspannung zwischen dem externen Anschluss 293, der mit der Gateelektrode des MOSFET 120i verbunden ist, und dem externen Anschluss 293, der mit der Sourceelektrode des MOSFET 120i verbunden ist, angelegt. In ähnlicher Weise wird die Schaltsteuerspannung an den IGBT 120b angelegt.

[0178] Ein Strom fließt durch die Halbleiterchips 120i, 120j, 140i und 140j, wodurch die Halbleiterchips 120i, 120j, 140i und 140j Wärme erzeugen. Die erzeugte Wärme wird von den unteren Oberflächen 121 und 141 der Halbleiterchips 120i, 120j, 140i und 140j durch das Verbindungselement 180, den Wärmeverteiler 160ij, die isolierende Schicht 210 und die folienartige Schicht 220 zu dem (nicht gezeigten) Kühler auf der Seite der folienartigen Schicht 220 übertragen. Zusätzlich wird die erzeugte Wärme von den oberen Oberflächen 122 und 142 der Halbleiterchips 120i, 120j, 140i und 140j durch das Verbindungselement 310, die erste Hauptelektrode 250j, das Verbindungselement 400 und das isolierende Substrat 350C zu dem (nicht gezeigten) Kühler auf der Seite des isolierenden Substrats 350C übertragen. Dementsprechend wird Wärme durch die zwei Kühler abgeleitet, so dass die Halbleiterchips 120i, 120j, 140i und 140j gekühlt werden.

[0179] Insbesondere wird ein Material mit einer höheren Wärmeleitfähigkeit als das Formharz 410 für die Materialien verwendet, die die Wärmeübertragungspfade bilden, die von den Halbleiterchips 120i, 120j, 140i und 140j zu den Kühlern führen.

[0180] Wie oben beschrieben leitet das Leistungshalbleitermodul 100C Wärme sowohl von der Seite der unteren Oberflächen 121 und 141 als auch von der Seite der oberen Flächen 122 und 142 der Halbleiterchips 120i, 120j, 140i und 140j ab. Aus diesem Grund kann verglichen mit dem herkömmlichen Aufbau, bei dem das Kühlen nur von einer Seite aus durchgeführt wird, eine höhere Kühlleistungsfähigkeit erzielt werden.

[0181] Sogar in einem Fall, in dem der Kühler aus einem Material wie Aluminium oder Kupfer gemacht ist, können das Leistungshalbleitermodul 100C und der Kühler in Kontakt gebracht werden, ohne ein weiteres Isolierelement dazwischen bereitzustellen. Das ist so, weil das Leistungshalbleitermodul 100C die isolierende Schicht 210 und das isolierende Substrat 350 enthält.

[0182] Insbesondere bildet der Wärmeverteiler 160ij einen Teil des Hauptstrompfads, liegt aber aufgrund des Vorhandenseins der isolierenden Schicht 210 und des Formharzes 410 nicht nach außen hin frei. Deshalb sind Isoliereigenschaften zwischen dem Wärmeverteiler 160ij und dem Kühler sichergestellt.

[0183] Die Hauptelektroden 250ij und 270ij liegen aufgrund des Vorhandenseins des isolierenden Substrats 350C und des Formharzes 410 mit Ausnahme der externen Anschlüsse 253 und 273 nicht nach außen frei. Die externen Anschlüsse 253 und 273 werden von der Oberfläche gezogen, die von der Oberfläche, auf der der Kühler befestigt ist, verschieden ist. Deshalb sind isolierende Eigenschaften zwischen den Hauptelektroden 250j und 270j und dem Kühler sichergestellt.

[0184] Die Kühlleistungsfähigkeit ist verbessert, die Isoliereigenschaft ist sichergestellt, wenn die folienartige Schicht 220 oder die zweite leitende Schicht 380 des isolierenden Substrats 350C oder beide nicht bereitgestellt sind. Auch können einige der unten beschriebenen Wirkungen erreicht werden, wenn die folienartige Schicht 220 oder die zweite leitende Schicht 380 des isolierenden Substrats 350C oder beide nicht bereitgestellt sind.

[0185] Das Leistungshalbleitermodul 100C kann ähnlich wie die Leistungshalbleitermodule 100 und 100B gemäß der ersten und zweiten Ausführungsform hergestellt werden. Auch wenn hier keine detaillierte Beschreibung gegeben wird, wird ähnlich wie bei den Verfahren zum Herstellen der Leistungshalbleitermodule 100 und 100B der Anschlussrahmen 500C verwendet.

[0186] Unter Verwendung des Anschlussrahmens 500C können die Hauptelektroden 250ij und 270ij gleichzeitig mit den vorbestimmten Abschnitten verbunden werden. Das bedeutet, dass eine elektrische Verbindung verglichen mit dem Herstellungsverfahren, bei dem getrennte Elektroden der Reihe nach verbunden werden, einfacher gebildet werden kann. Weiter sind bei dem Anschlussrahmen 500C die Elektroden 250ij, 270ij, 290i und 290j als Elemente bereitgestellt, in denen die internen Verbindungsabschnitte (Abschnitte, die mit dem Halbleiterchip, dem Wärmeverteiler oder dem Draht verbunden sind) und die externen Anschlussabschnitte 253, 273 und 293 integriert sind. Aus diesem Grund ist es nicht notwendig, die externen Anschlussabschnitte getrennt bereitzustellen. Das führt zu einer Verringerung der Anzahl der Herstellungsschritte, der Teilezahl und ähnlichem, was zu einer Verringerung der Herstellungskosten führt.

[0187] Wie oben beschrieben bestehen die Halbleiterchips 120i, 120j, 140i und 140j aus Siliziumcarbid (SiC). Ein Halbleitersubstrat aus SiC ist teuer, und

somit neigt eine Chipgröße oft dazu, klein zu sein, um eine Herstellungsausbeute zu verbessern. Demzufolge haben manchmal SiC-Chips eine kleinere Fläche verglichen mit einem Siliziumchip (Si) und können nicht bewirken, dass ein größerer Strom durch sie hindurch fließt. Um unter solchen Bedingungen einen erwünschten Strombetrag zu erzielen, reicht es, dass eine Mehrzahl von SiC-Chips parallel geschaltet werden. Insbesondere sind in dem Leistungshalbleitermodul 100C zwei Antiparallelschaltungen (jede Schaltung zusammengesetzt aus einem MOSFET-Chip und einem Diodenchip) parallel geschaltet. Es ist auch möglich, drei oder mehr Antiparallelschaltungen parallel zu schalten.

[0188] Wie oben beschrieben neigt die Anzahl der Chips dazu, in dem Leistungshalbleitermodul, in dem SiC-Chips angebracht sind, zu steigen. Die Anzahl der Chips steigt beispielsweise weiter in einem Leistungshalbleitermodul, das eine Schaltung enthält, in der Gruppen von parallel geschalteten SiC-Chips wie in dem Beispiel der ersten Ausführungsform in Reihe geschaltet sind, eine Schaltung, in der die oben genannten in Serie geschalteten Schaltungen wie in dem Beispiel der zweiten Ausführungsform parallel geschaltet sind und ähnliches. Angesichts des Obigen ist es wirkungsvoll, einen Anschlussrahmen zu verwenden.

[0189] Mit dem einzelnen isolierenden Substrat 350C kann einfach eine ebene Oberfläche für den Kühler bereitgestellt werden, was das isolierende Substrat 350C und den Kühler in exzellenter Weise in engen Kontakt miteinander bringt.

[0190] Mit dem einzelnen isolierenden Substrat 350C wird die Oberfläche der ersten leitenden Schicht 370C, die mit dem Anschlussrahmen 500C verbunden ist, in einfacher Weise dazu gebracht, eine Ebene zu sein (anders ausgedrückt, eben zu sein, s. Linie 18-18 in **Fig. 17**). Während dessen werden mit dem Anschlussrahmen 500C die Oberfläche der ersten Hauptelektrode 250j, die mit dem isolierenden Substrat 350C verbunden ist, leicht dazu gebracht, eine Ebene zu sein (anders ausgedrückt, eben zu sein, siehe Linie 19-19 in **Fig. 17**).

[0191] Daher können das isolierende Substrat 350C und die erste Hauptelektrode 250ij in einfacher Weise ohne eine Neigung des isolierenden Substrats 350C miteinander verbunden werden.

[0192] Das isolierende Substrat 350C ist nicht geneigt, was das Bilden einer Lücke zwischen der oberen Oberfläche 352 des isolierenden Substrats 350C und einer Innenfläche des Formwerkzeugs verhindert. Dementsprechend wird das Formharz daran gehindert, in dem Versiegelungsschritt auf der oberen Oberfläche 352 des isolierenden Sub-

strats 350C angeordnet zu werden, so dass die obere Oberfläche 352 ohne weiteres frei liegt.

[0193] Während ein Fall dargestellt wurde, in dem die erste leitende Schicht 370C und die zweite leitende Schicht 380 des isolierenden Substrats 350C nicht unterteilt sind, ist es auch möglich, die leitende Schicht 370C oder 380 oder beide in eine Mehrzahl von Abschnitte zu unterteilen. In diesem Fall kann eine Mehrzahl von Teilabschnitten auf eine erste Hauptelektrode gebondet sein. Die leitenden Schichten 370C und 380 sind unterteilt, wodurch es möglich ist, die verschiedenen Wirkungen zu erzielen, die aus dieser Unterteilung folgern, wie es in der ersten und zweiten Ausführungsform beschrieben ist.

[0194] Fig. 22-24 sind Ansichten des Aufbaus eines Leistungshalbleitermoduls 100D gemäß einer vierten Ausführungsform. Insbesondere ist Fig. 22 eine Draufsicht auf das Leistungshalbleitermodul 100D. Fig. 23 ist eine Seitenansicht des Leistungshalbleitermoduls 100D gesehen aus einer Richtung eines Pfeils 23 in Fig. 22. Fig. 24 ist eine Draufsicht auf das Leistungshalbleitermodul 100D gesehen aus einer Richtung eines Pfeils bei einer Position, die in Fig. 23 durch eine Linie 24-24 gezeigt ist. Fig. 4 wird auch als Draufsicht des Leistungshalbleitermoduls 100D verwendet gesehen von einem Pfeil an einer Position, die in Fig. 23 durch eine Linie 4-4 gezeigt ist.

[0195] Das Leistungshalbleitermodul 100D hat einen Aufbau, bei dem die Drähte 330 und das isolierende Substrat 350 des Leistungshalbleitermoduls 100 (s. Fig. 2), die in der ersten Ausführungsform dargestellt wurden, durch Drähte 330D und ein isolierendes Substrat 350D ersetzt sind. Der weitere Aufbau des Leistungshalbleitermoduls 100D ist im Wesentlichen ähnlich dem Leistungshalbleitermodul 100, das in der ersten Ausführungsform dargestellt wurde.

[0196] Der Draht 330D hat die Form einer Drahtschleife, in der er ähnlich wie der in der ersten Ausführungsform dargestellte Draht 330 von den Wärmeverteilern 160a und 160b aus gesehen zu dem isolierenden Substrat 350D hin vorspringt. Die Form der Drahtschleife des Drahtes 330D hat jedoch eine geringere Höhe als der in der ersten Ausführungsform dargestellte Draht 330. Insbesondere ist ein Schleifenscheitel 331 des Drahts 330D nicht über die untere Oberfläche 351 des isolierenden Substrats 350D hinaus angeordnet. Anders ausgedrückt passt der Draht 330D von dem isolierenden Substrat 350D aus gesehen in den Bereich auf der Seite der Wärmeverteiler 160a und 160b. Die anderen Eigenschaften des Drahts 330D sind im Wesentlichen dieselben wie bei dem in der ersten Ausführungsform dargestellten Draht 330.

[0197] Das isolierende Substrat 350D ist gebildet durch Verlängern des in der ersten Ausführungsform dargestellten isolierenden Substrats 350 über den Draht 330D entsprechend der Tatsache, dass der Draht 330D eine geringe Höhe hat. Das bedeutet, dass sich das isolierende Substrat 350D von dem isolierenden Substrat 350 in der Größe und dem Bereich unterscheidet, in dem es angeordnet werden soll, aber hinsichtlich anderer Aspekte im Wesentlichen ähnlich dem isolierenden Substrat 350 ist.

[0198] Das isolierende Substrat 350D enthält eine isolierende Schicht 360D und leitende Schichten 370D und 380D, die der isolierenden Schicht 360 und den leitenden Schichten 370 und 380 entsprechen, die in der ersten Ausführungsform dargestellt wurden. Bei dem Beispiel aus Fig. 22-24 erstreckt sich nicht nur die isolierende Schicht 360D, sondern auch die leitenden Schichten 370D und 380D oberhalb des Drahts 330D.

[0199] Das Leistungshalbleitermodul 100D kann ähnlich wie das in der ersten Ausführungsform dargestellte Leistungshalbleitermodul 100 hergestellt werden.

[0200] Der Draht 330 wird auf diese Weise in seiner Höhe kleiner gemacht, wodurch das isolierende Substrat 350 verlängert werden kann, ohne in Kontakt mit dem Draht 330 zu kommen. Somit wird der Aufbau des Leistungshalbleitermoduls 100D gemäß der vierten Ausführungsform bereitgestellt.

[0201] Mit dem großen isolierenden Substrat 350D steigt eine leitende Fläche verglichen mit dem isolierenden Substrat 350, was zu einer Verringerung des Wärmewiderstands führt. Demzufolge kann das Leistungshalbleitermodul 100D eine höhere Kühlleistungsfähigkeit aufweisen.

[0202] Der Draht 330D mit einer kleinen Höhe und das große isolierende Substrat 350D können auch auf die zweite Ausführungsform und dergleichen angewendet werden. Weiter ist die Form des Drahts 330D auch auf die anwendbar, die andere sind, als die Drähte, die jeweils die Hilfselektroden 290a und 290b mit den IGBT-Chips 120a und 120b verbinden.

[0203] Fig. 25 ist eine Seitenansicht eines Leistungshalbleitermoduls 100E gemäß einer fünften Ausführungsform. Fig. 25 entspricht Fig. 23. Fig. 4 und Fig. 24 werden auch als Draufsichten des Leistungshalbleitermoduls 100E verwendet gesehen aus der Richtung der Pfeile an Positionen, die in Fig. 25 durch die Linie 4-4 und die Linie 24-24 angegeben sind.

[0204] Das Leistungshalbleitermodul 100E hat einen Aufbau, bei dem in dem in der vierten Ausführungsform dargestellten Leistungshalbleitermodul

100D (s. **Fig. 23**), das isolierende Substrat 350D durch ein isolierendes Substrat 350E ersetzt ist. Der übrige Aufbau des Leistungshalbleitermoduls 100E ist im Wesentlichen gleich dem des Leistungshalbleitermoduls 100D. Das isolierende Substrat 350E enthält die isolierende Schicht 360D ähnlich dem isolierenden Substrat 350D, eine erste leitende Schicht 370E, die dicker als die erste leitende Schicht 370D des isolierenden Substrats 350D ist, und eine zweite leitende Schicht 380E, die dünner als die zweite leitende Schicht 380D des isolierenden Substrats 350D ist. Das bedeutet, dass bei dem isolierenden Substrat 350E die erste leitende Schicht 370E dicker als die zweite leitende Schicht 380E ist.

[0205] Das Leistungshalbleitermodul 100E kann ähnlich wie das in der ersten Ausführungsform dargestellte Leistungshalbleitermodul 100 hergestellt werden.

[0206] Mit der dicken ersten leitenden Schicht 370 kann die Fläche (Leitfläche) des Pfads, durch den die in den Halbleiterchips 120a, 120b, 140a und 140b erzeugte Wärme zu der isolierenden Schicht 360D übertragen wird, vergrößert sein. Das bedeutet, dass die in den Halbleiterchips 120a, 120b, 140a und 140b erzeugte Wärme sich in einer Richtung verteilt, die senkrecht zu der Dickerichtung der ersten leitenden Schicht 370E ist, während sie durch die erste leitende Schicht 370E hindurchtritt.

[0207] Wie oben beschreiben steigt die Leitfläche im Hinblick auf die zu der isolierenden Schicht 360D übertragene Wärme, wodurch es möglich ist, einen Wärmewiderstand der isolierenden Schicht 360D (die eine kleinere Wärmeleitfähigkeit hat als die leitenden Schichten 370E und 380E) zu verringern. Dementsprechend kann das Leistungshalbleitermodul eine höhere Kühlleistungsfähigkeit aufweisen.

[0208] Während das Beispiel beschrieben wurde, bei dem die zweite leitende Schicht 380E dünner gemacht wird zusammen mit einem Ansteigen der Dicke der ersten leitenden Schicht 370E, kann die Dicke der zweiten leitenden Schicht 380E beispielsweise identisch zu derjenigen der in der vierten Ausführungsform dargestellten zweiten leitenden Schicht 380D (s. **Fig. 23**) sein. Allerdings ist es bei dem obigen Beispiel möglich, ein Steigen der Dicke des gesamten isolierenden Substrats 350E bei einem Steigen der Dicke der ersten leitenden Schicht 370E zu vermeiden.

[0209] Weiter kann die dicke erste leitende Schicht 370E in eine Mehrzahl von Abschnitten unterteilt sein, wodurch die verschiedenen Wirkungen, die sich aus der Unterteilung ergeben, erzielt werden können. Die dicke erste leitende Schicht 370E ist auch auf die erste und weitere Ausführungsformen anwendbar.

[0210] **Fig. 26** ist eine Seitenansicht eines Leistungshalbleitermoduls 100F gemäß einer sechsten Ausführungsform. **Fig. 26** entspricht **Fig. 23**. **Fig. 4** und **Fig. 24** werden auch als Draufsichten des Leistungshalbleitermoduls 100F verwendet gesehen aus Richtungen von Pfeilen an Positionen, die in **Fig. 26** durch die Linie 4-4 und die Linie 24-24 angegeben sind.

[0211] Das Leistungshalbleitermodul 100F hat einen Aufbau, bei dem die ersten Hauptelektroden 250A und 250B in dem in der vierten Ausführungsform dargestellten Leistungshalbleitermodul 100D (s.

[0212] **Fig. 23**) eine Dickeverteilung haben. Der andere Aufbau des Leistungshalbleitermoduls 100F ist im Wesentlichen gleich demjenigen des Leistungshalbleitermoduls 100D.

[0213] **Fig. 26** zeigt eine erste Hauptelektrode 250aF, die anstelle der ersten Hauptelektrode 250a verwendet wird, aber zeigt aufgrund der Richtung der Darstellung keine erste Hauptelektrode, die anstelle der ersten Hauptelektrode 250B verwendet wird. Es sei angemerkt, dass die erste Hauptelektrode, die anstelle der ersten Hauptelektrode 250b verwendet wird, ebenfalls eine ähnliche Dickeverteilung wie diejenige der ersten Hauptelektrode 250aF hat.

[0214] Wie in **Fig. 26** gezeigt sind bei der ersten Hauptelektrode 250aF Abschnitte, die mit den Halbleiterchips 120a und 140a verbunden sind (im Folgenden auch als Bondabschnitte bezeichnet), dicker als die anderen Abschnitte (im Folgenden auch als Nicht-Bondabschnitte bezeichnet). Die obere Oberfläche 252 der ersten Hauptelektrode 250aF ist flach, während die untere Oberfläche 251F der ersten Hauptelektrode 250aF entsprechend der Dickeverteilung Unregelmäßigkeiten aufweist. Das bedeutet, dass die Bondabschnitte in der unteren Oberfläche 251F von den Nicht-Bondabschnitten vorspringen. Die oben genannte Dickeverteilung (anderes gesagt die Oberflächenform der unteren Oberfläche 251F) kann beispielsweise durch Rollen, Schneiden oder dergleichen gebildet werden.

[0215] Das Leistungshalbleitermodul 100F kann ähnlich wie das in der ersten Ausführungsform dargestellte Leistungshalbleitermodul 100 hergestellt werden. Mit der ersten Hauptelektrode 250aF, wie sie in **Fig. 26** dargestellt ist, ist es möglich, die Dicke des zweiten Verbindungselements 310 zu verringern, das die erste Hauptelektrode 250aF und die Halbleiterchips 120a und 140a miteinander verbindet. Lot oder ähnliches, das als zweites Verbindungselement 310 verwendet wird, hat eine geringere Wärmeleitfähigkeit als ein Metall, das die erste Hauptelektrode 260aF bildet. Aus diesem Grund ist es möglich, durch Verringern der Dicke des zweiten Verbindungselements 310 einen Wärmewiderstand

zu verringern. Demzufolge kann das Leistungshalbleitermodul 100F eine höhere Kühlleistungsfähigkeit aufweisen.

[0216] Mit der ersten Hauptelektrode 250aF kann bewirkt werden, dass die Nicht-Bondabschnitte der ersten Hauptelektrode 250aF entfernt von den Halbleiterchips 120a und 140a angeordnet sind. Das ermöglicht es, Isoliereigenschaften zwischen den Nicht-Bondabschnitten der ersten Hauptelektrode 250aF und den Halbleiterchips 120a und 140a sicherzustellen.

[0217] Die erste Hauptelektrode 250aF mit einer Dickeverteilung ist auch auf die erste und weitere Ausführungsformen anwendbar.

[0218] Fig. 27 ist eine Seitenansicht eines Leistungshalbleitermoduls 100G gemäß einer siebten Ausführungsform. Fig. 27 entspricht Fig. 23. Fig. 4 und Fig. 24 werden auch als Draufsichten des Leistungshalbleitermoduls 100G verwendet gesehen aus Richtungen der Pfeile bei den Positionen, die in Fig. 27 durch die Linie 4-4 und die Linie 24-24 angegeben sind.

[0219] Das Leistungshalbleitermodul 100G hat einen Aufbau, bei dem in dem in der vierten Ausführungsform dargestellten Leistungshalbleitermodul 100D (s. Fig. 23) das dritte Verbindungselement 400 durch ein drittes Verbindungselement 400G ersetzt ist. Der sonstige Aufbau des Leistungshalbleitermoduls 100G ist im Wesentlichen gleich demjenigen des Leistungshalbleitermoduls 100D.

[0220] Das dritte Verbindungselement 400G ist ein Element, das ähnlich wie das dritte Verbindungselement 400 die erste Hauptelektrode 250A und ähnliches mit dem isolierenden Substrat 350D verbindet und das aus einem Material mit einem niedrigeren Schmelzpunkt als derjenige der anderen Verbindungselemente 180 und 310 gebildet ist.

[0221] Das Leistungshalbleitermodul 100G kann ähnlich wie das in der ersten Ausführungsform dargestellte Leistungshalbleitermodul 100 hergestellt werden. Insbesondere können die unten beschriebenen Wirkungen durch das Verwenden des dritten Verbindungselements 400G, das aus einem niedrig schmelzenden Material gebildet ist, erzielt werden.

[0222] Bei dem Herstellungsschritt für das Leistungshalbleitermodul 100G wird das dritte Verbindungselement 400G nach dem ersten Verbindungselement 180 und dem zweiten Verbindungselement 310 verwendet. Aus diesem Grund ist es mit dem dritten Verbindungselement 400G, das aus einem niedrig schmelzenden Material gebildet ist, möglich, zu verhindern, dass die existierenden Verbindungselemente 180 und 310 in dem Verbindungsschritt

unter Verwendung des dritten Verbindungselements 400G schmelzen. Demzufolge ist es möglich, beispielsweise ein Ausfließen der Verbindungselemente 180 und 310 und eine Fehlansrichtung der Halbleiterchips 120a, 120b, 140a und 140b zu verhindern. Das führt zu einer Verbesserung der Ausbeute, Zuverlässigkeit und dergleichen.

[0223] Das dritte Verbindungselement 400G, das aus einem niedrig schmelzenden Material gebildet ist, ist auch auf die erste und weitere Ausführungsformen anwendbar.

[0224] Die erste Ausführungsform und die weiteren Ausführungsformen haben den Aufbau beschrieben, der die dritten Elektroden (Hilfselektroden) 290 enthält. Dagegen sind die dritten Elektroden 290 in einem Leistungshalbleitermodul, das nur Halbleiterchips (z.B. Diodenchips) enthält, die die dritten Elektroden 290 nicht erfordern, nicht bereitgestellt.

Patentansprüche

1. Leistungshalbleitermodul (100, 100B, 100D bis 100G) eines harzversiegelten Typs mit:
 einer Mehrzahl von Einheitsaufbauten (200a, 200b, 200cde, 200f bis 200h, 200ij), die jeweils eine Mehrzahl von Halbleiterchips (120a bis 120j, 140a bis 140h), von denen jeder eine erste Chiphauptfläche (121, 141) und eine zweite Chiphauptfläche (122, 142) aufweisen, und einen Wärmeverteiler (160a, 160b, 160cde, 160f bis 160h) mit einer Leitfähigkeit, auf den die ersten Chiphauptflächen der Mehrzahl von Halbleiterchips mit einem ersten Verbindungselement (180) gebondet sind, enthalten,
 einem isolierenden Element (210, 230), das von dem Wärmeverteiler aus gesehen auf einer der Mehrzahl von Halbleiterchips gegenüberliegenden Seite angeordnet ist, und
 einer Mehrzahl von Elektroden (250a bis 250e, 250fgh, 250aF, 270b, 270cde, 270f bis 270h, 290a bis 290h), die eine Mehrzahl von Hauptelektroden, die jeweils mit einem zweiten Verbindungselement (310) mit vorbestimmten Flächen verbunden sind, aufweisen, wobei die Mehrzahl der Hauptelektroden umfasst:
 eine Mehrzahl erster Elektroden (250a bis 250e, 250fgh, 250aF), die jeweils mit dem zweiten Verbindungselement (310) auf die zweite Chiphauptfläche vorbestimmter Chips aus der Mehrzahl von Halbleiterchips gebondet ist, und
 eine zweite Elektrode (270b, 270cde, 270f bis 270h), die durch das zweite Verbindungselement (310) mit der Chipanbringungsfläche (162) des Wärmeverters (160b) verbunden ist,
 wobei das Leistungshalbleitermodul (100, 100B, 100D bis 100G) weiter umfasst:
 ein isolierendes Substrat (350, 350B, 350D bis 350E), das eine isolierende Schicht (360, 360D), die von der Mehrzahl der ersten Elektroden aus

gesehen auf einer der Mehrzahl von Halbleiterchips gegenüberliegenden Seite angeordnet ist, und eine erste leitende Schicht (370, 370B, 370D, 370E) enthält, die zwischen der isolierenden Schicht und der Mehrzahl der ersten Elektroden angeordnet ist und mit einem dritten Verbindungselement (400, 400G) auf die Mehrzahl der ersten Elektroden gebondet ist, und

einem Formharz (410), das die Mehrzahl der Einheitsaufbauten und die Elektroden in einem Zustand versiegelt, in dem eine Oberfläche (211, 212) des isolierenden Elements auf einer von der Mehrzahl von Halbleiterchips entfernten Seite, eine Oberfläche (352) des isolierenden Substrats auf einer von der Mehrzahl von Halbleiterchips entfernten Seite, und externe Anschlussabschnitte (253, 273, 293) der Mehrzahl von Elektroden freiliegen,

wobei die Mehrzahl von Elektroden durch einen Anschlussrahmen (500, 500B, 500C) bereitgestellt sind, in dem die Mehrzahl von Elektroden im Voraus gebildet sind,

wobei die Mehrzahl der ersten Elektroden (250a bis 250e, 250fgh, 250aF) eine erste Elektrode (250b bis 250e) umfassen, die auf die zweite Chiphauptfläche (122, 142) eines Einheitsaufbaus (200b, 200cde) gebondet ist und die mit der Chipanbringungsfläche (162) des Wärmeverteilers (160a, 160f bis 160h) einer oder mehrerer anderer Einheitsaufbauten (200a, 200f bis 200h) verbunden ist, und die erste Elektrode (250b bis 250e) als einteiliges Element, das aus dem Anschlussrahmen (500, 500B) ausgeschnitten ist, bereitgestellt ist.

2. Leistungshalbleitermodul (100, 100B, 100D bis 100G) gemäß Anspruch 1, wobei jede der Mehrzahl erster Elektroden eine Oberfläche (252) aufweist, die in derselben Ebene mit der ersten leitenden Schicht des isolierenden Substrats verbunden ist.

3. Leistungshalbleitermodul (100, 100B, 100D bis 100G) gemäß Anspruch 1 oder 2, bei dem die erste leitende Schicht des isolierenden Substrats in eine Mehrzahl von Abschnitten (371 und 372, 373 bis 376) unterteilt ist.

4. Leistungshalbleitermodul (100, 100B, 100D bis 100G) gemäß Anspruch 3, bei dem die Anzahl der Abschnitte der ersten leitenden Schicht größer gleich der Anzahl der ersten Elektroden ist.

5. Leistungshalbleitermodul (100D bis 100G) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, weiter mit zumindest einem Draht (330D), der von dem Wärmeverteiler aus gesehen zu dem isolierenden Substrat hin vorspringt und einen Schleifenscheitel (331) an einer Stelle hat, die das isolierende Substrat nicht erreicht, wobei das isolierende Substrat sich auch oberhalb des zumindest einen Drahts erstreckt.

6. Leistungshalbleitermodul (100E) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem das isolierende Substrat weiter eine zweite leitende Schicht (380E) auf einer Seite enthält, die von der isolierenden Schicht aus gesehen der ersten leitenden Schicht gegenüberliegt, und die erste leitenden Schicht (370E) dicker als die zweite leitende Schicht (380E) ist.

7. Leistungshalbleitermodul (100F) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem die Mehrzahl der ersten Elektroden (250aF) eine Dickeverteilung hat, bei der Abschnitte, die mit der Mehrzahl von Halbleiterchips verbunden sind, dicker sind als Abschnitte, die nicht mit der Mehrzahl von Halbleiterchips verbunden sind.

8. Leistungshalbleitermodul (100G) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, bei dem das dritte Verbindungselement (400G) einen niedrigeren Schmelzpunkt als die Schmelzpunkte des ersten Verbindungselements (180) und des zweiten Verbindungselements (310) aufweist.

9. Leistungshalbleitermodul gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, bei dem die Mehrzahl von Halbleiterchips Siliziumcarbid (SiC) enthalten.

10. Leistungshalbleitermodul (100) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, bei dem die Mehrzahl der ersten Elektroden (250a, 250b, 250aF) eine herausstehende erste Elektrode (250a, 250b, 250aF) umfassen, die aus dem Formharz heraussteht, um den externen Anschlussabschnitt (253) zu bilden, und der externe Anschlussabschnitt (253) der herausstehenden ersten Elektrode (250a, 250b, 250aF) und der externe Anschlussabschnitt (273) der zweiten Elektrode (270b) in derselben Ebene parallel zur freiliegenden Oberfläche des isolierenden Elements (210, 230) angeordnet sind.

11. Verfahren zum Herstellen einer Leistungshalbleitervorrichtung (100, 100B, 100D bis 100G) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10 mit den Schritten:

(a) Bonden der Mehrzahl von Halbleiterelementen mit dem ersten Verbindungselement auf den Wärmeverteiler,

(b) gleichzeitiges Bonden vorbestimmter Elektroden (250a bis 250e, 250fgh, 250aF, 270b, 270cde, 270f bis 270h), die die erste Elektrode enthalten, aus der Mehrzahl von Elektroden, die in dem Anschlussrahmen im Voraus gebildet wurden, mit dem zweiten Verbindungselement auf vorbestimmte Abschnitte und

(c) Schneiden des Leistungshalbleitermoduls aus

dem Anschlussrahmen, nachdem das Formharz gebildet wurde.

Es folgen 24 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

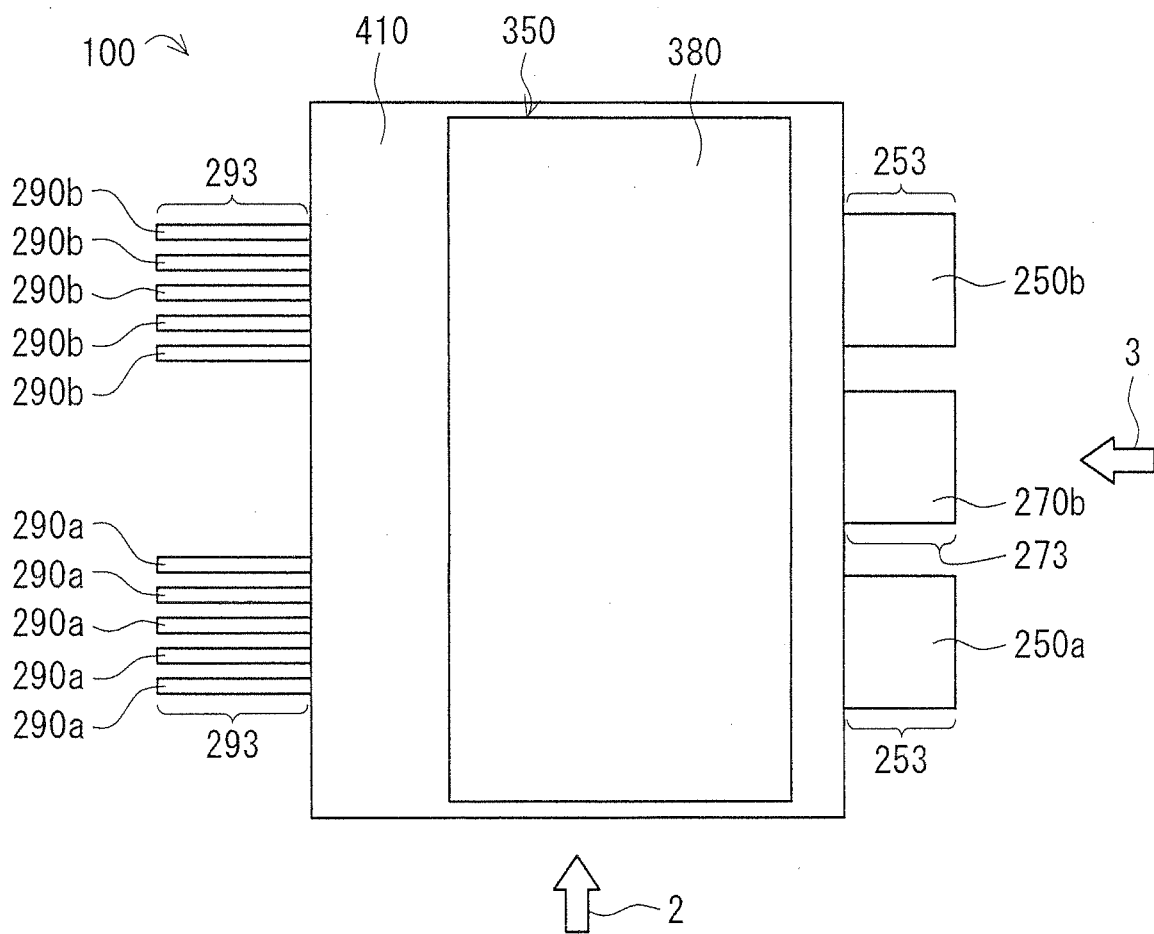
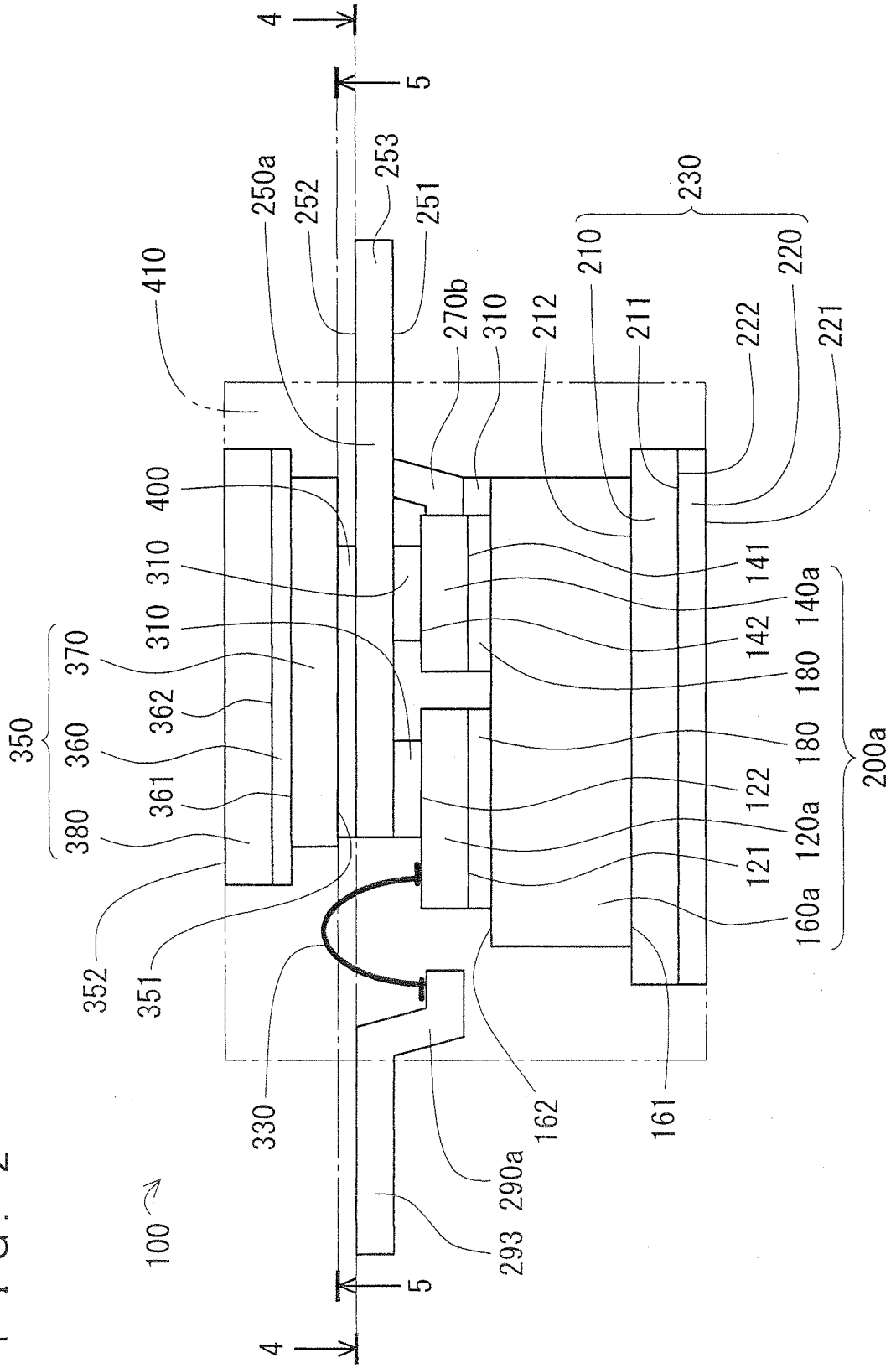


FIG. 2



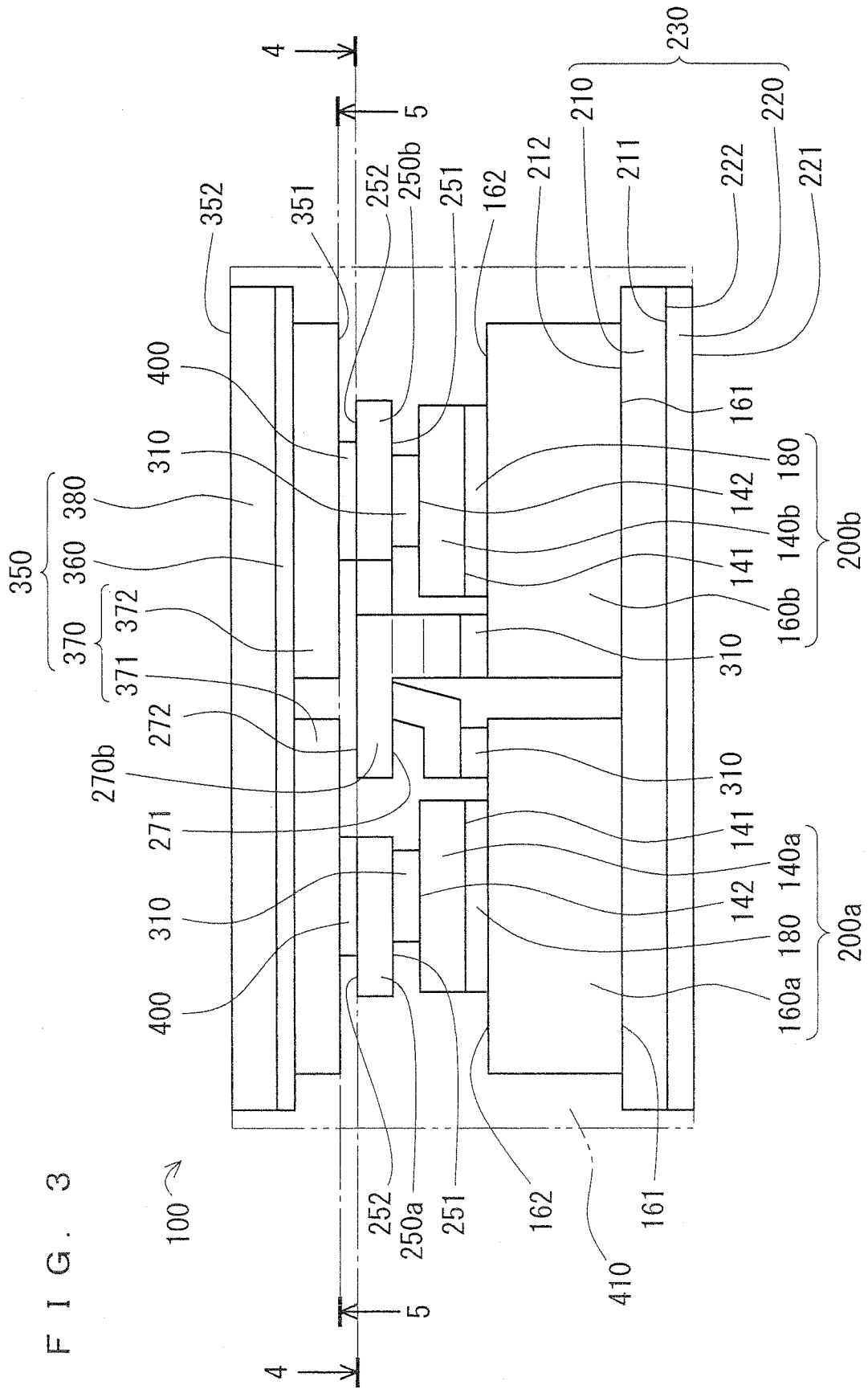


FIG. 3

FIG. 4

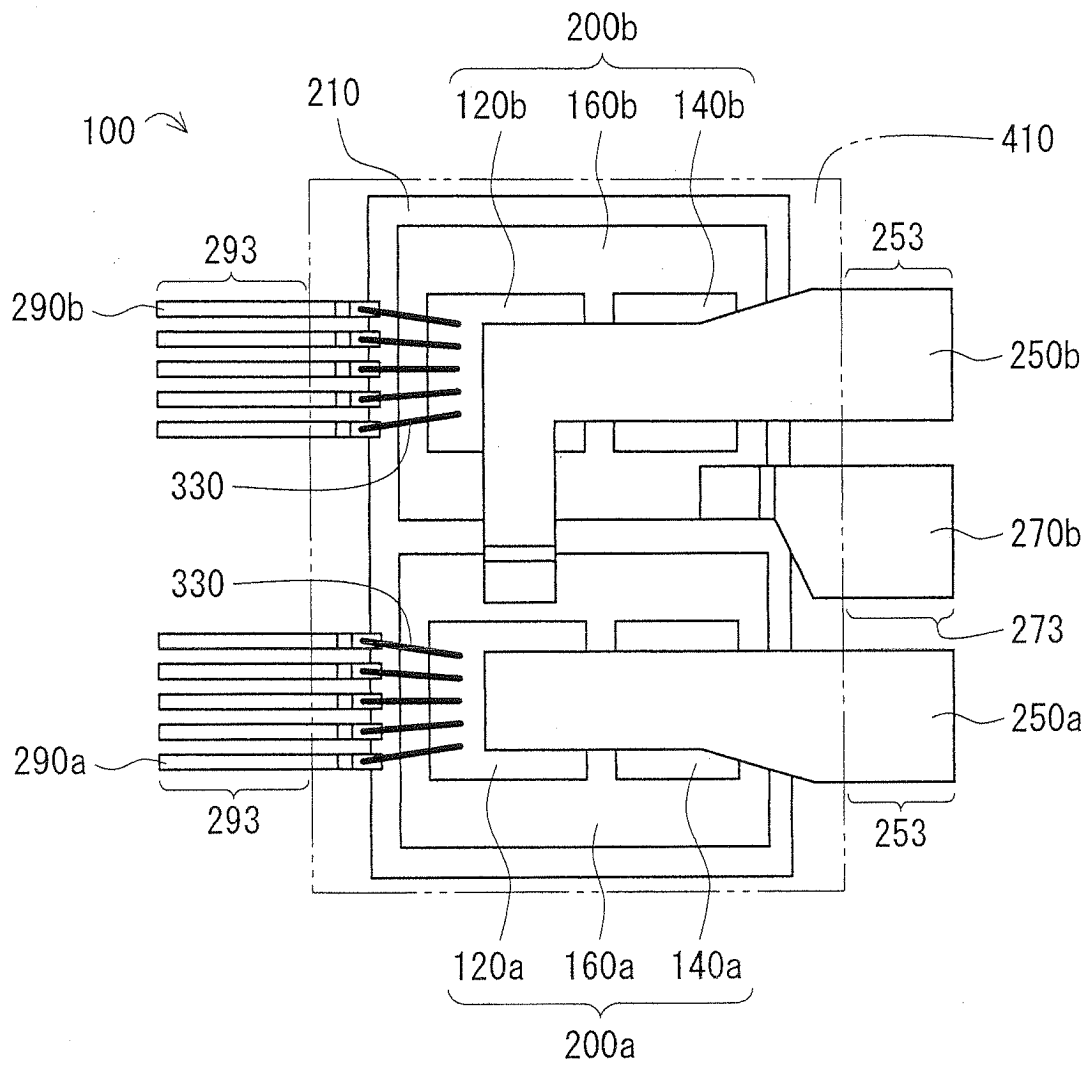


FIG. 5

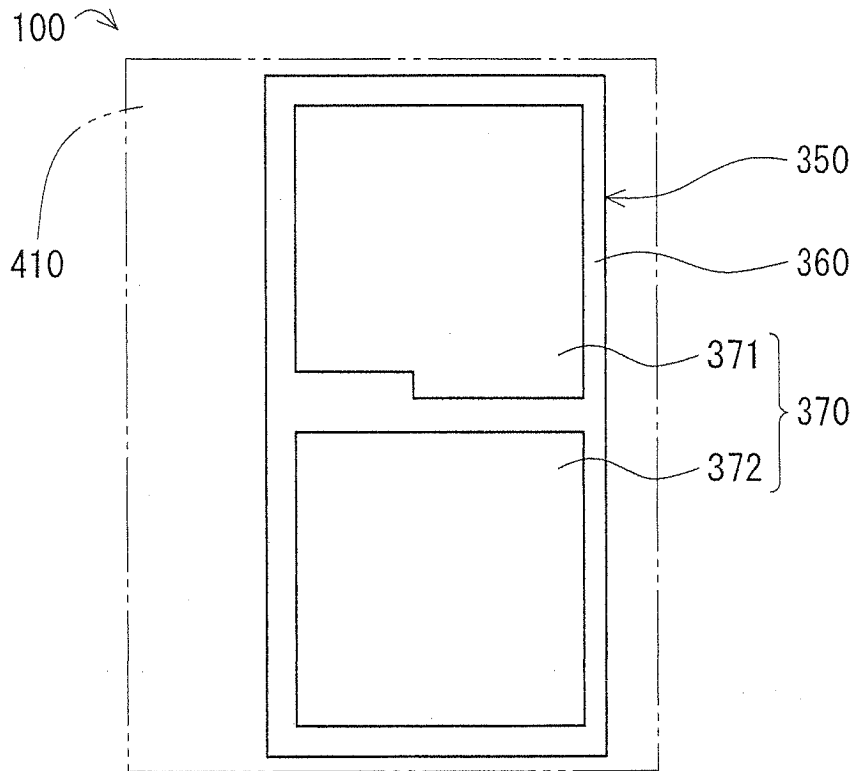


FIG. 6

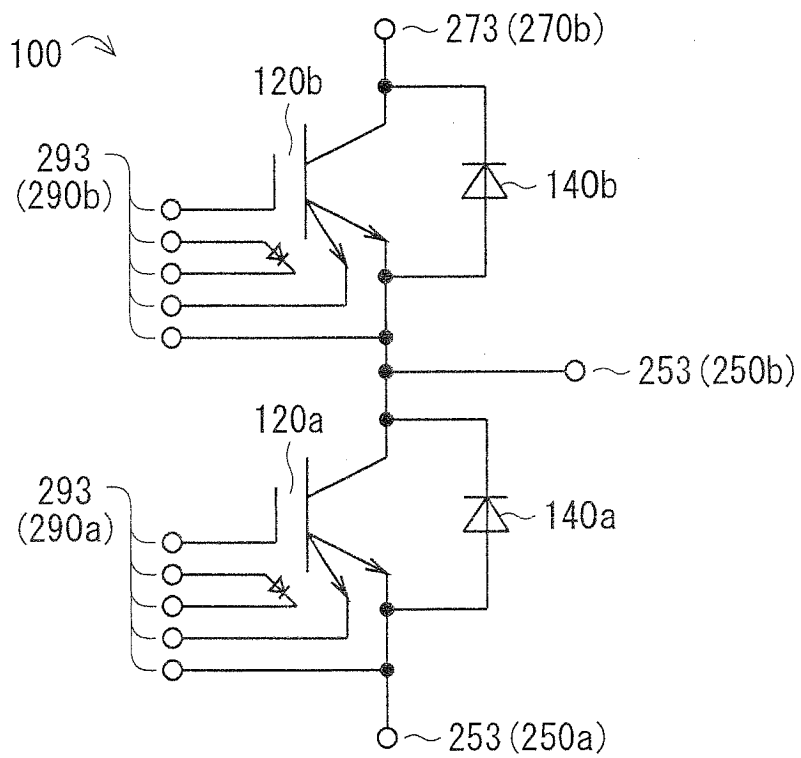


FIG. 7

500 ↗

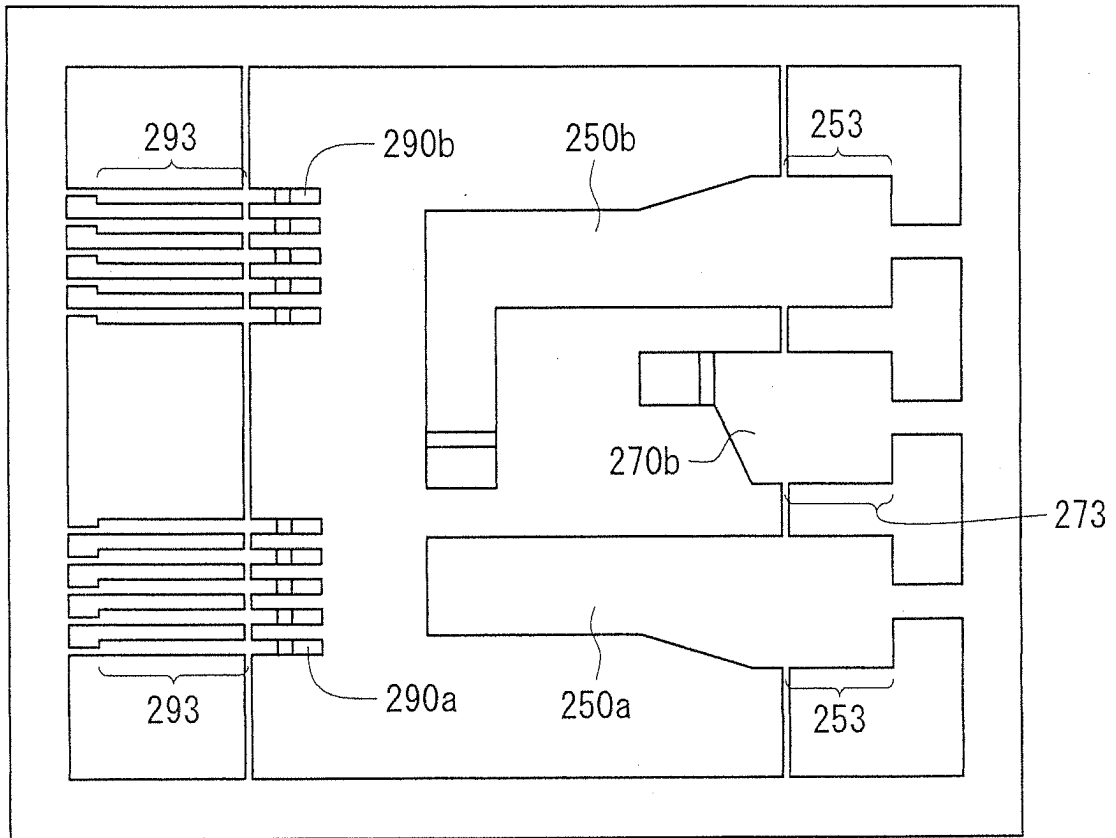


FIG. 8

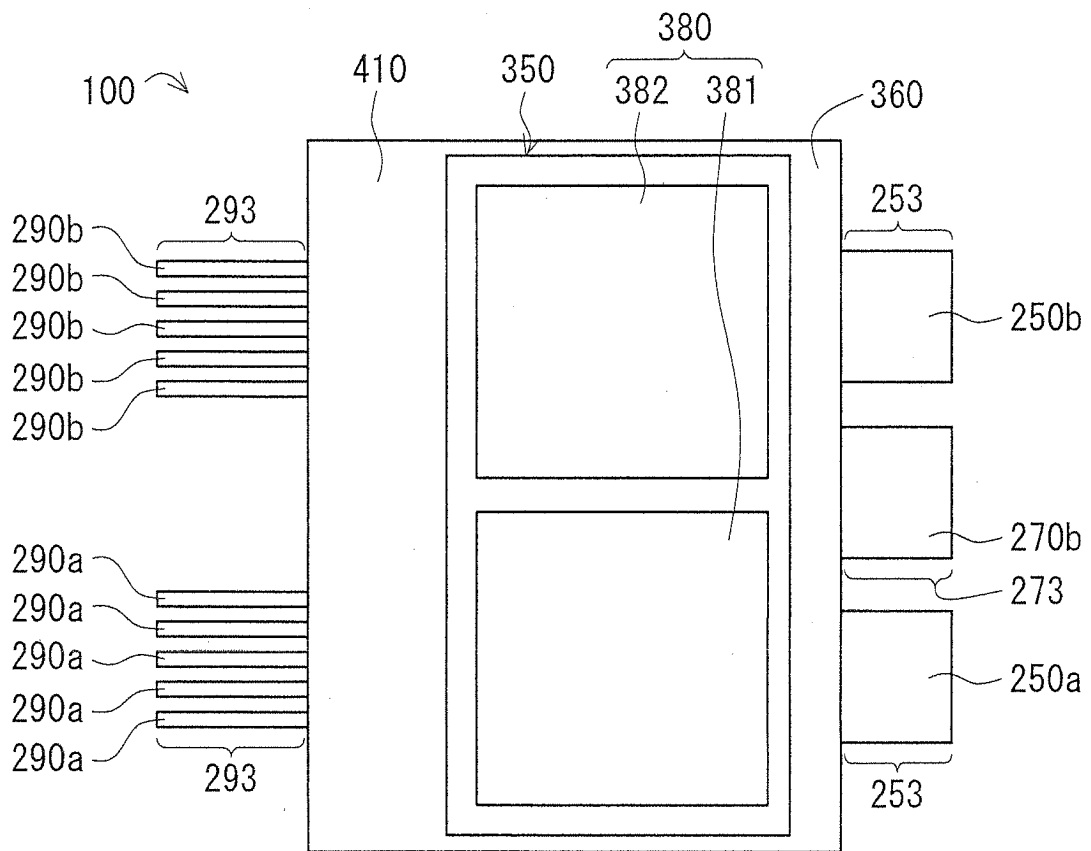
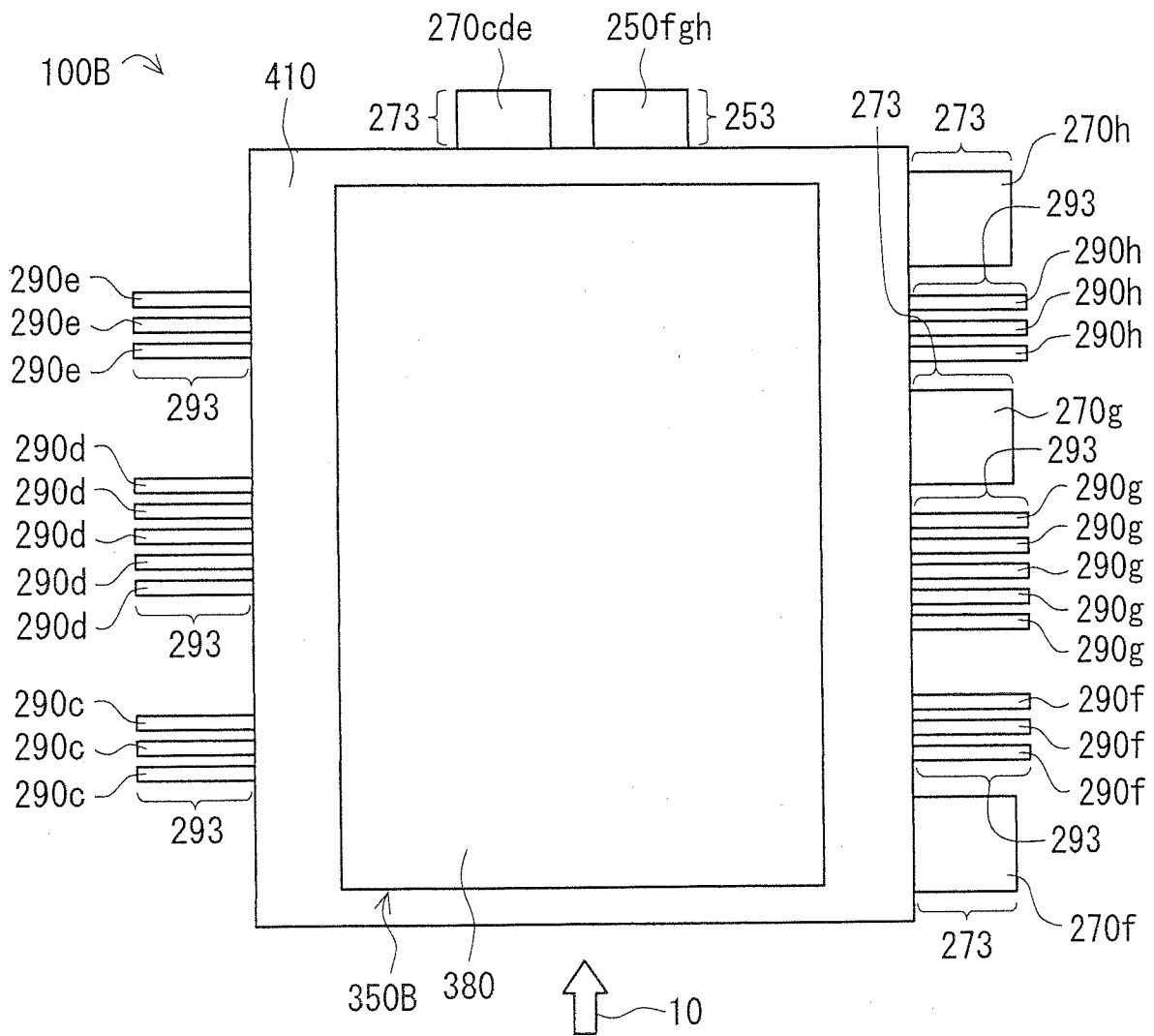


FIG. 9



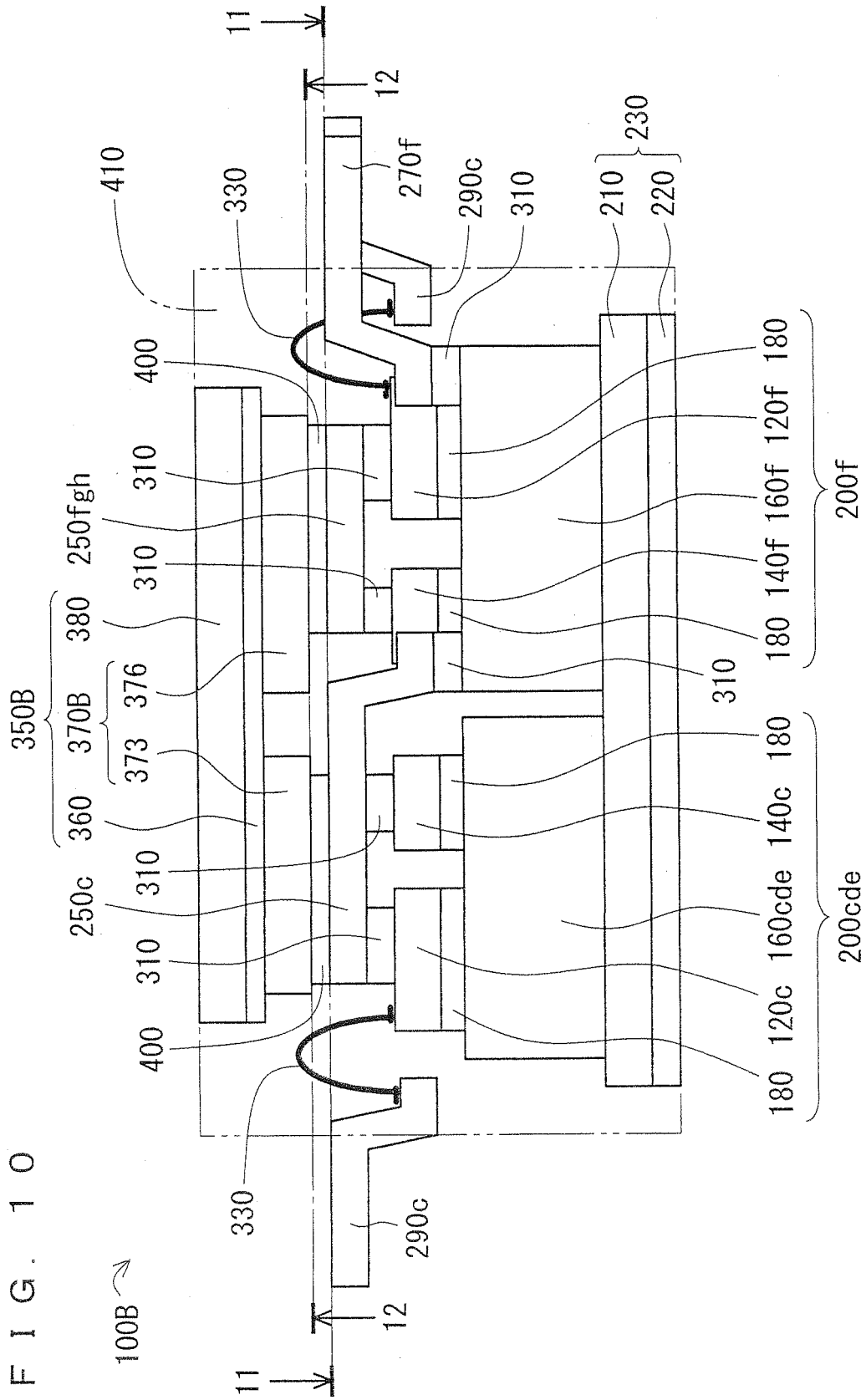


FIG. 12

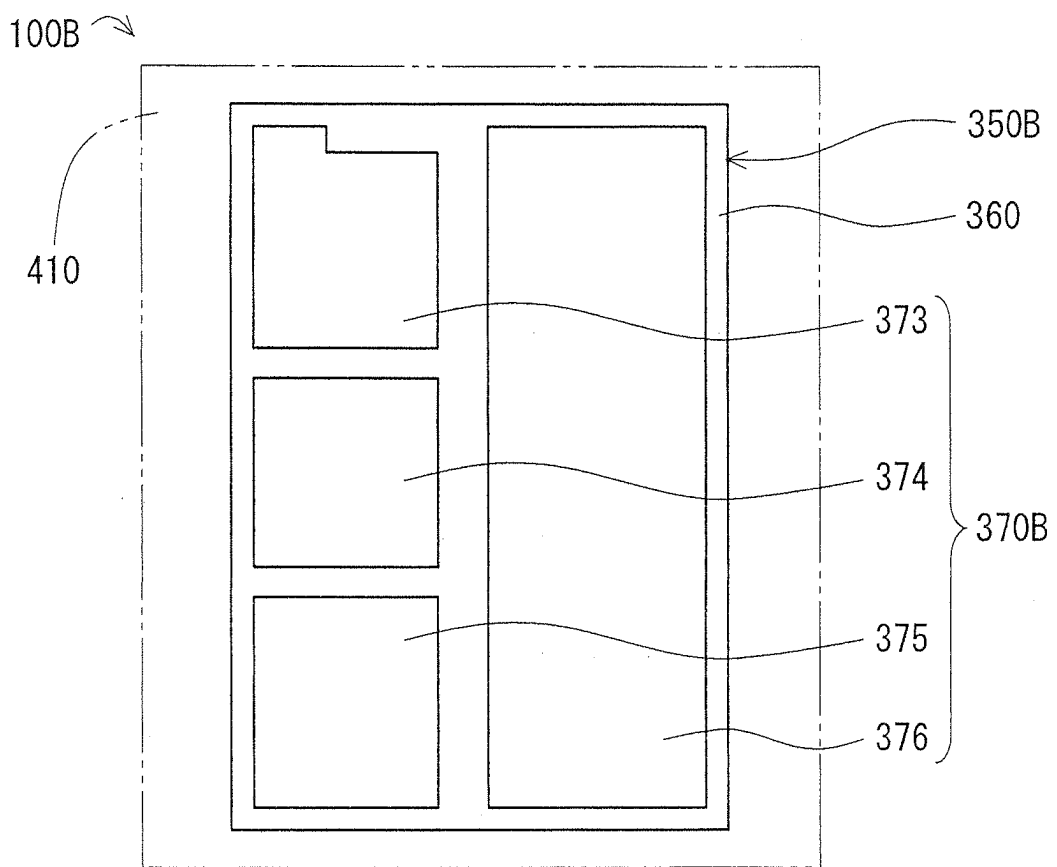


FIG. 13

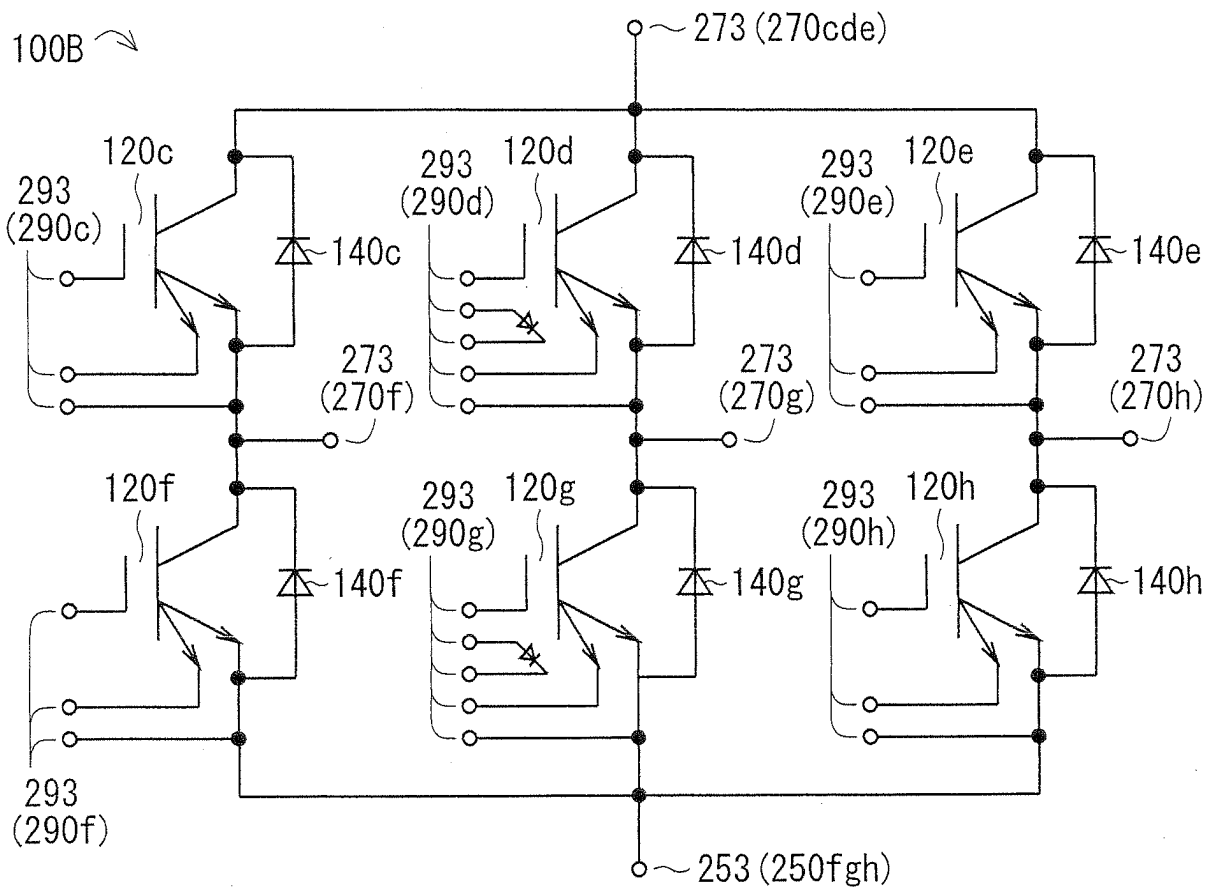


FIG. 14

500B ↗

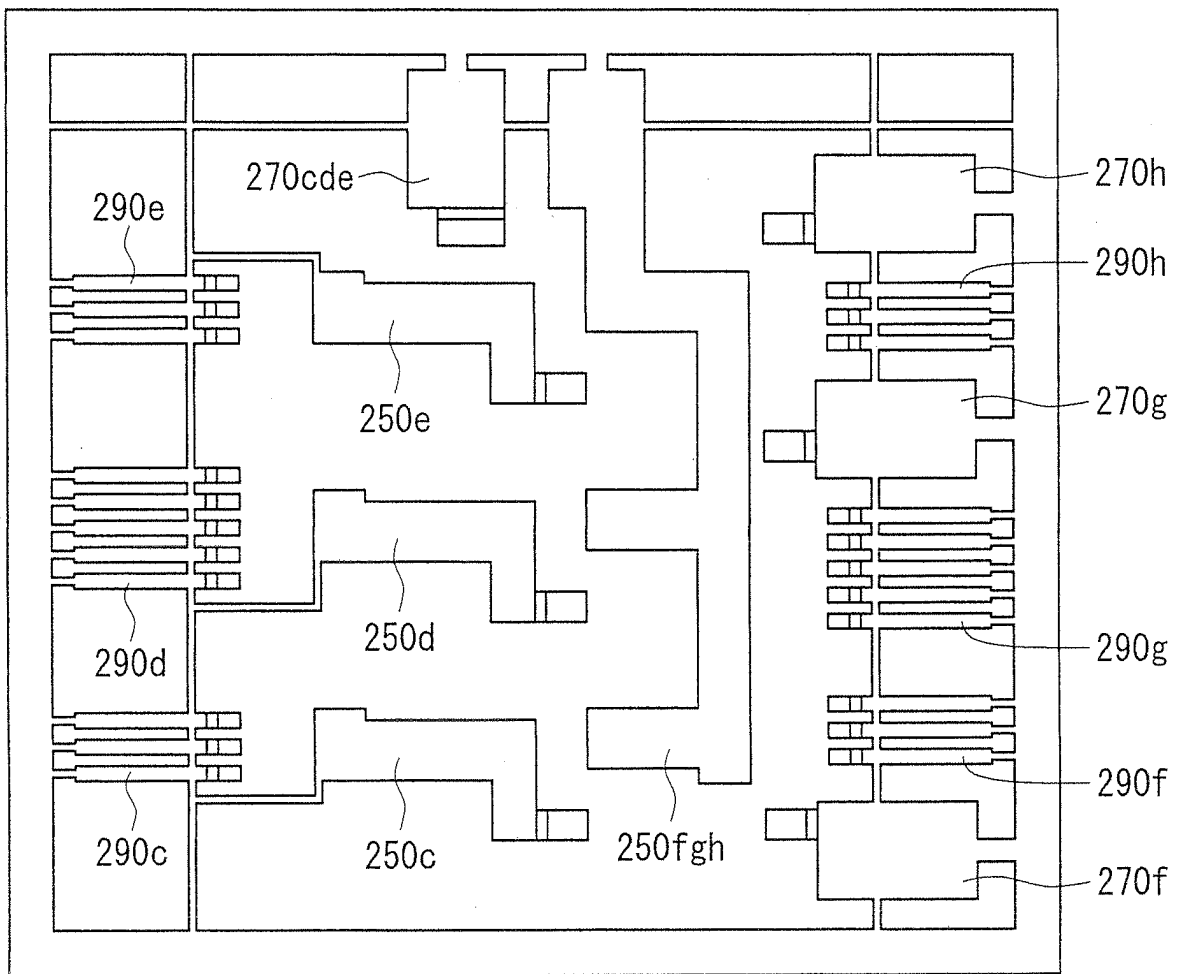
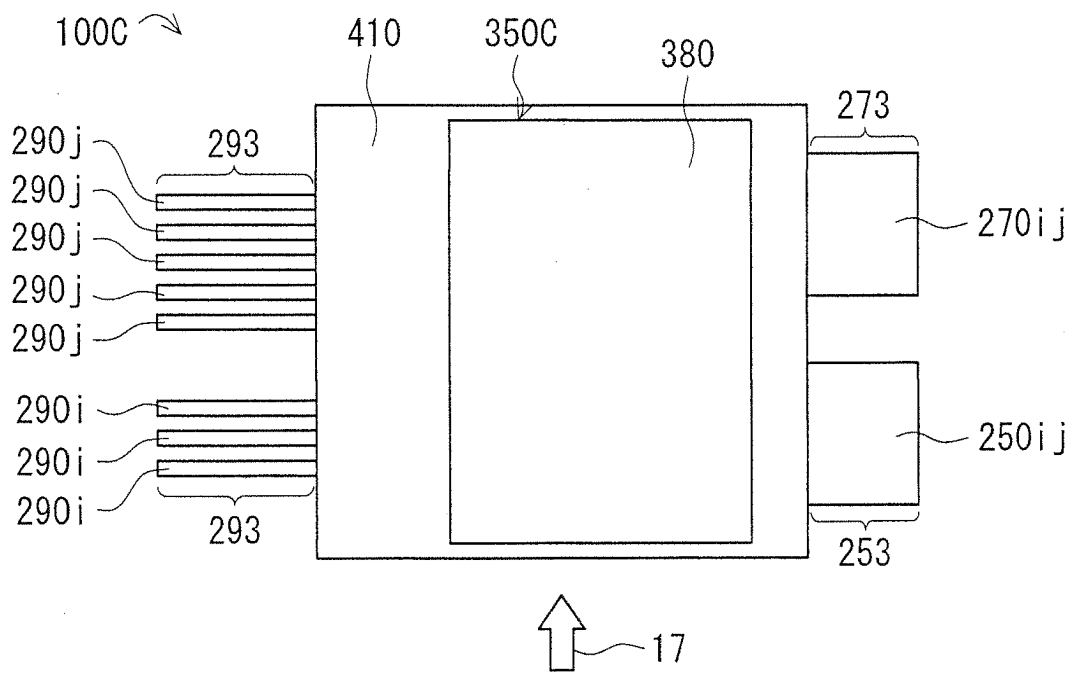


FIG. 16



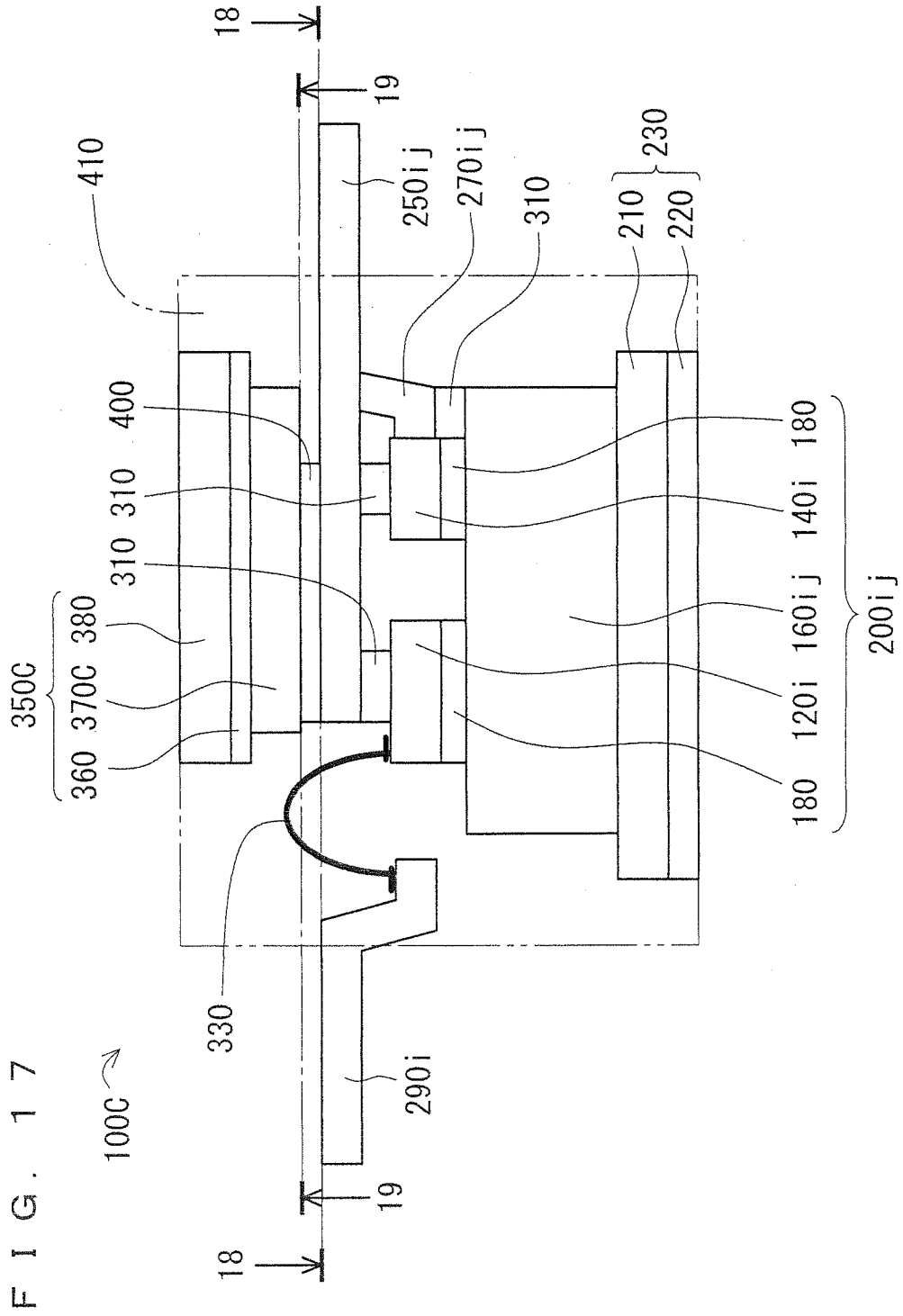


FIG. 18

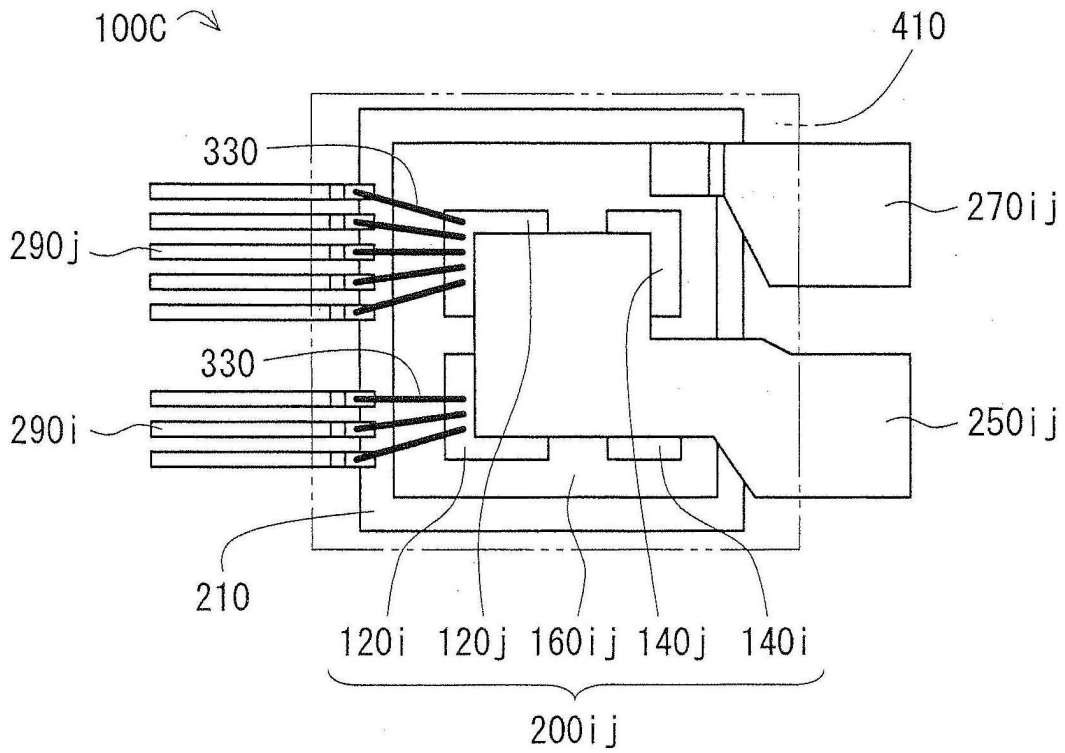


FIG. 19

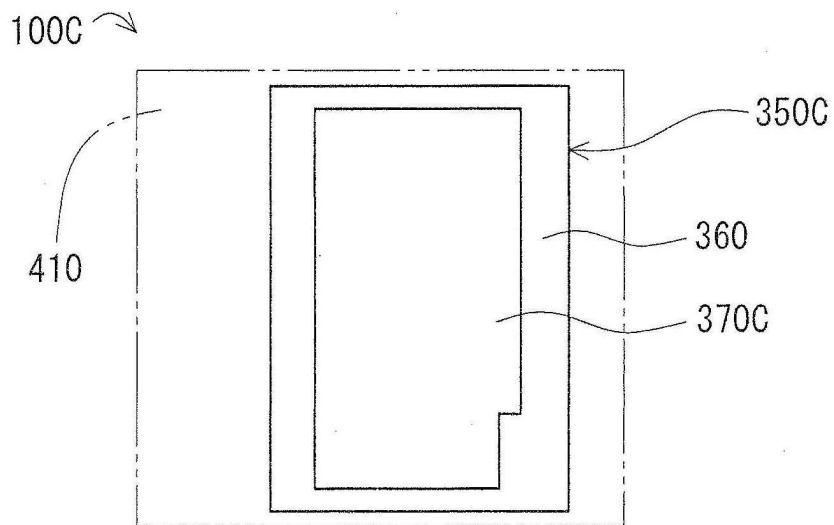


FIG. 20

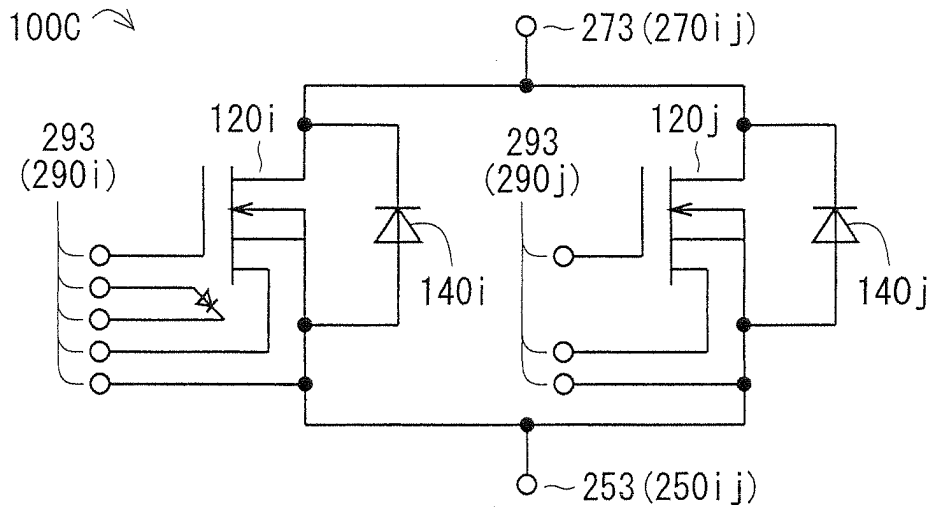
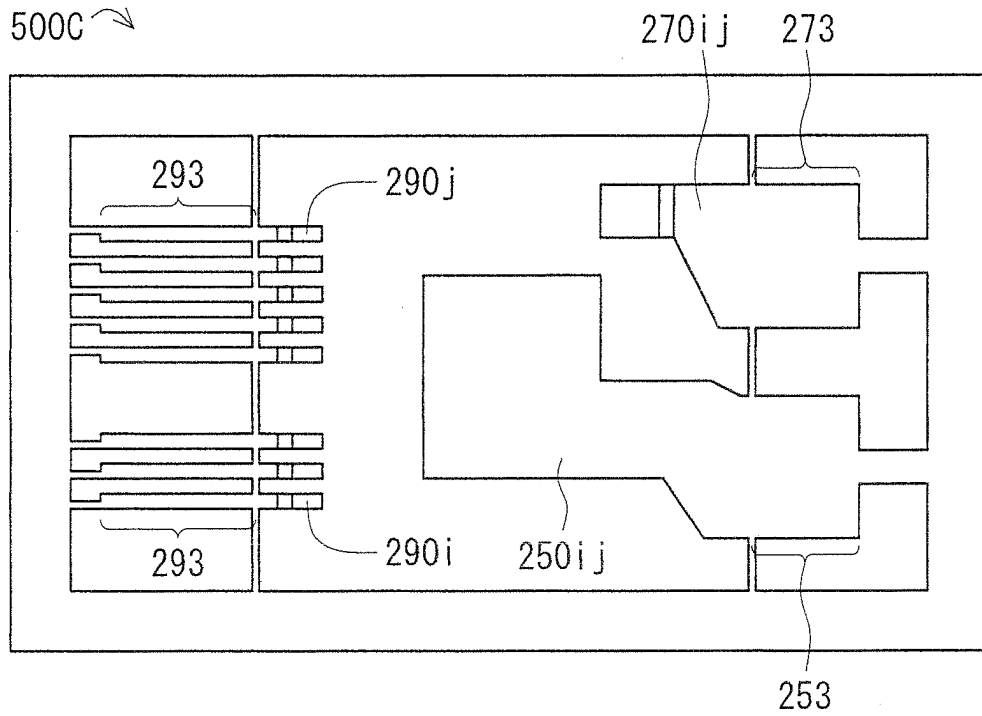


FIG. 21



F I G . 2 2

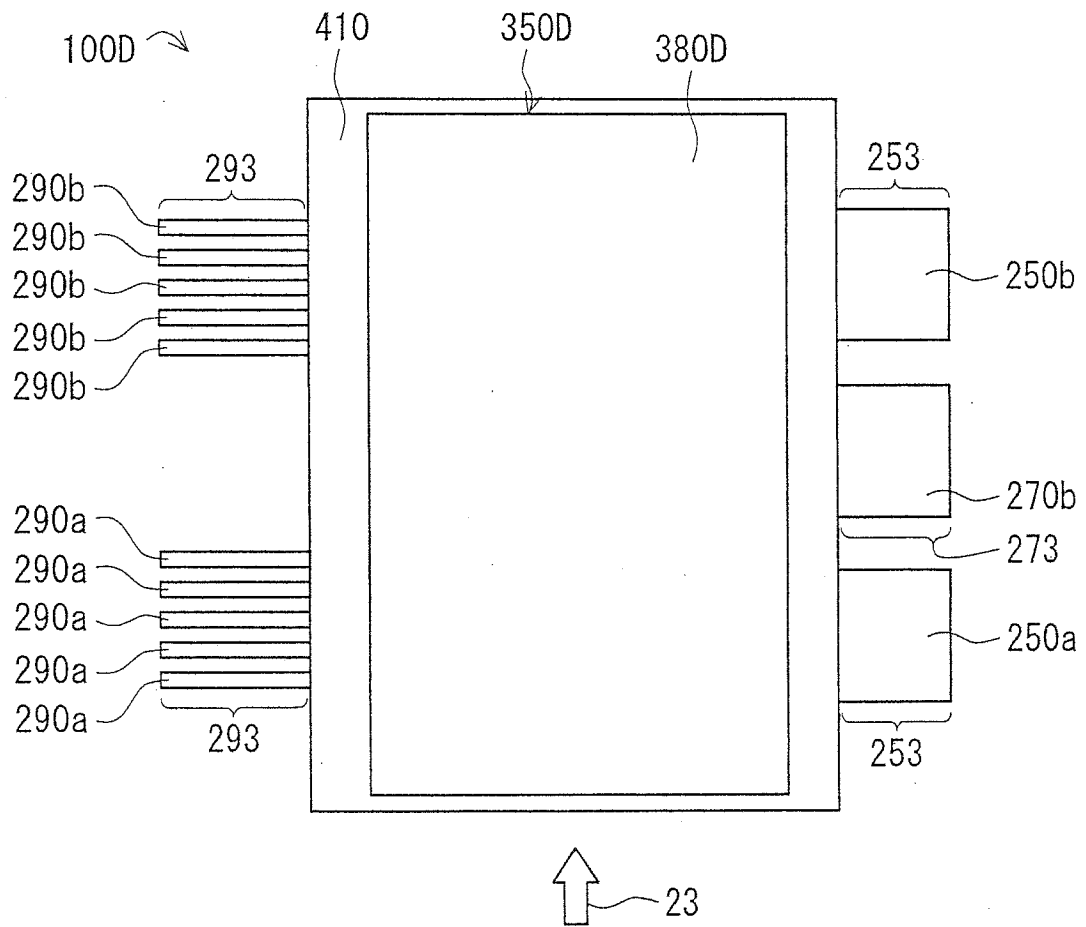


FIG. 23

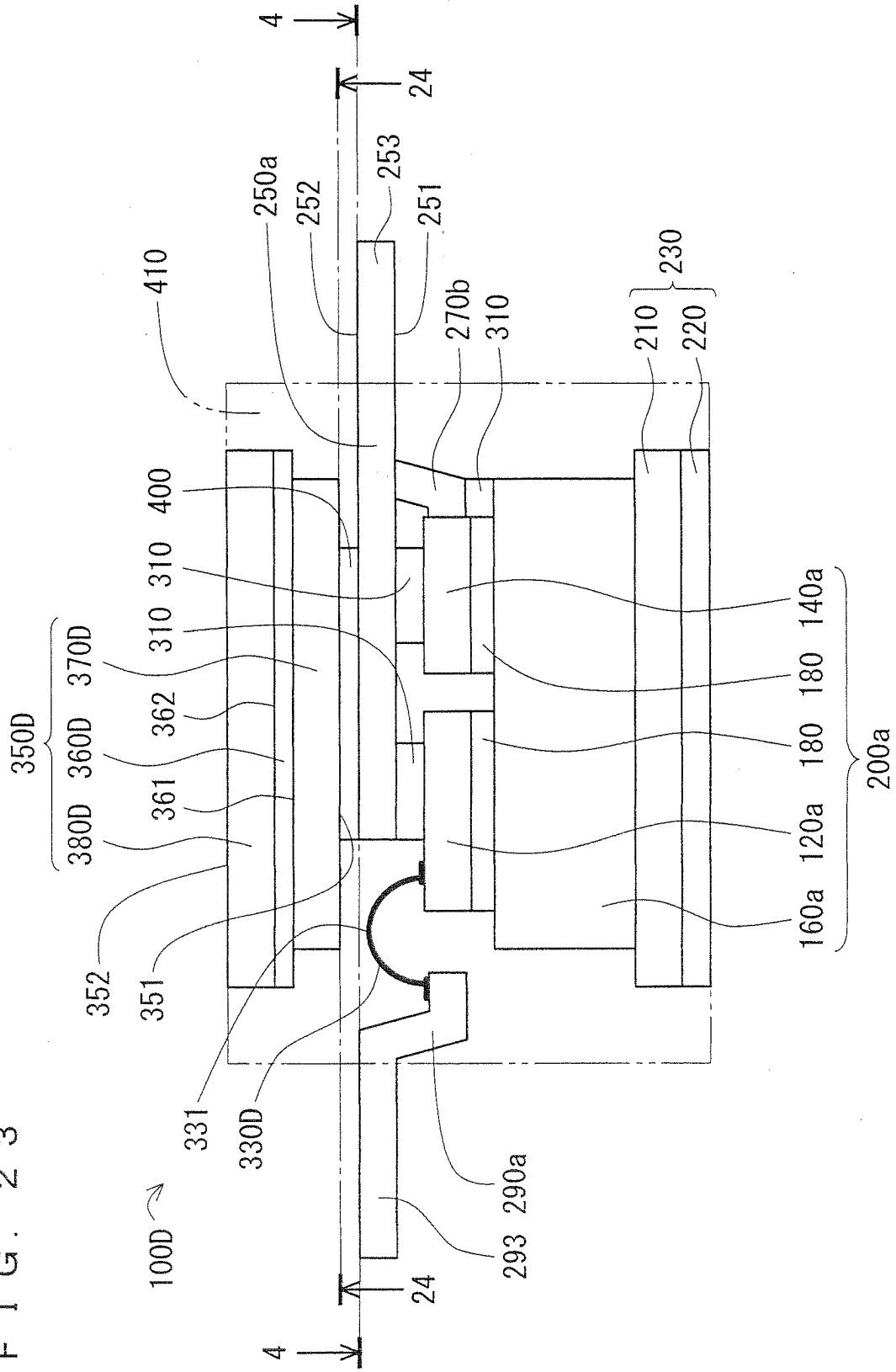
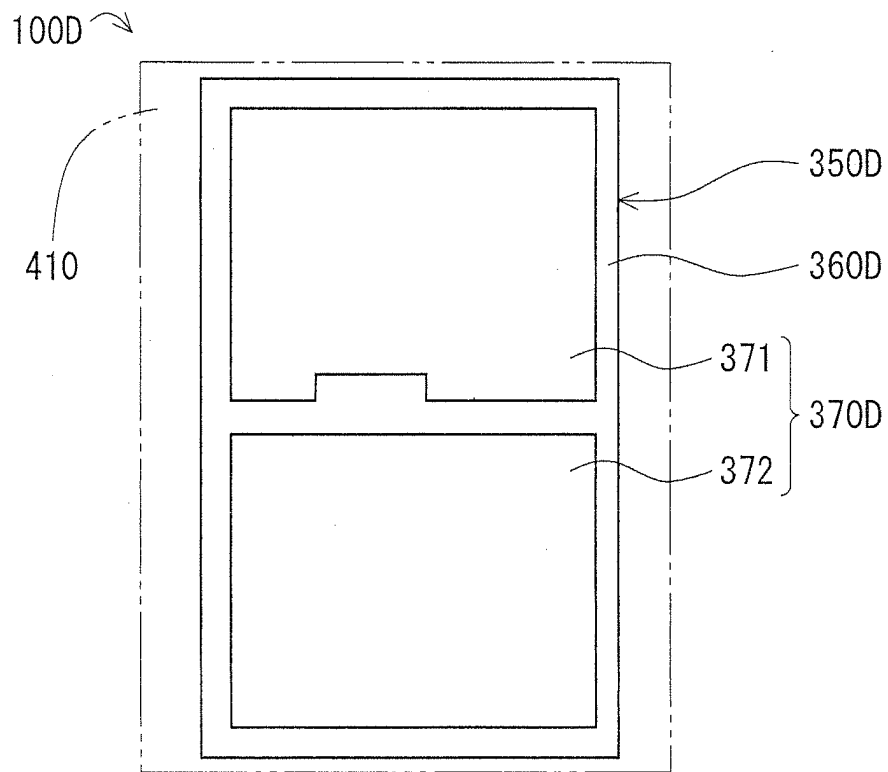


FIG. 24



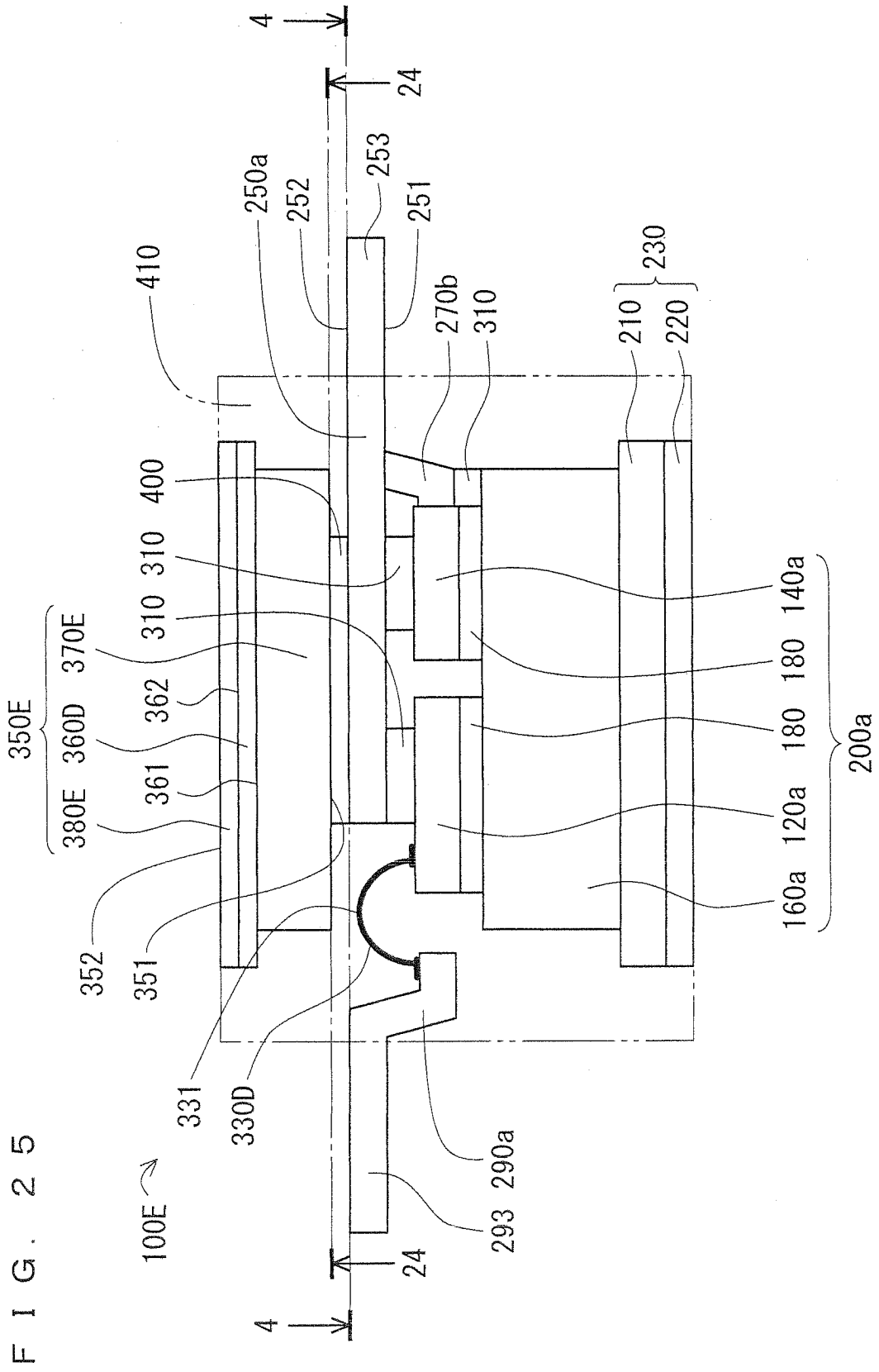


FIG. 2.6

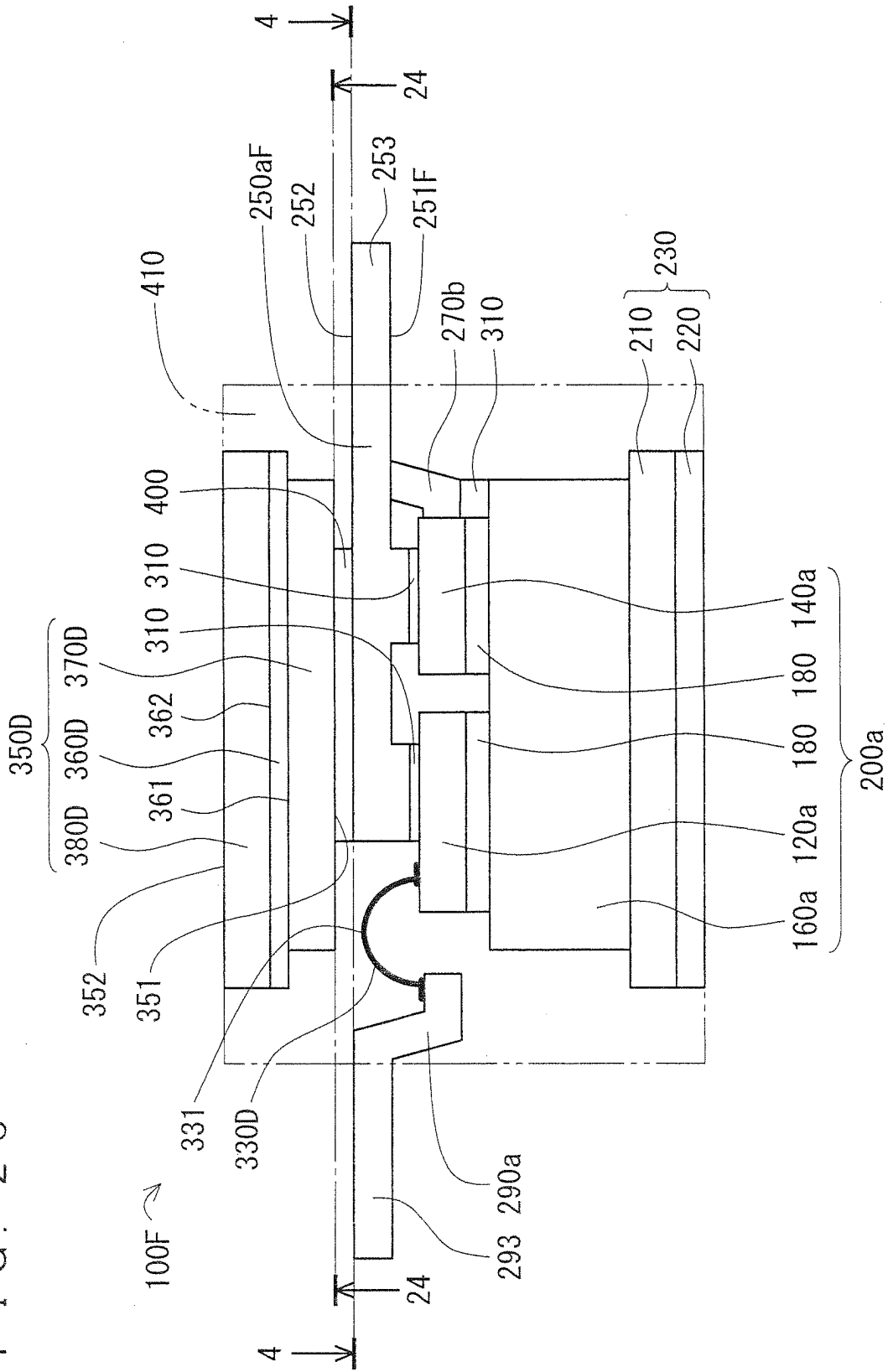


FIG. 27

