(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 11 2022 004 512 T5** 2024.07.25

(12) # Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2023/074344**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜbkG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2022 004 512.4**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2022/037822**
(86) PCT-Anmeldetag: **11.10.2022**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **04.05.2023**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung in deutscher Übersetzung: **25.07.2024**

(51) Int Cl.: ***H01L 25/07*** (2006.01)
H01L 23/488 (2006.01)
H02M 7/5387 (2007.01)
H02M 1/00 (2007.01)

(30) Unionspriorität:
2021-174748 **26.10.2021** **JP**

(71) Anmelder:
ROHM CO., LTD., Kyoto-shi, JP

(74) Vertreter:
WITTE, WELLER & PARTNER Patentanwälte mbB, 70173 Stuttgart, DE

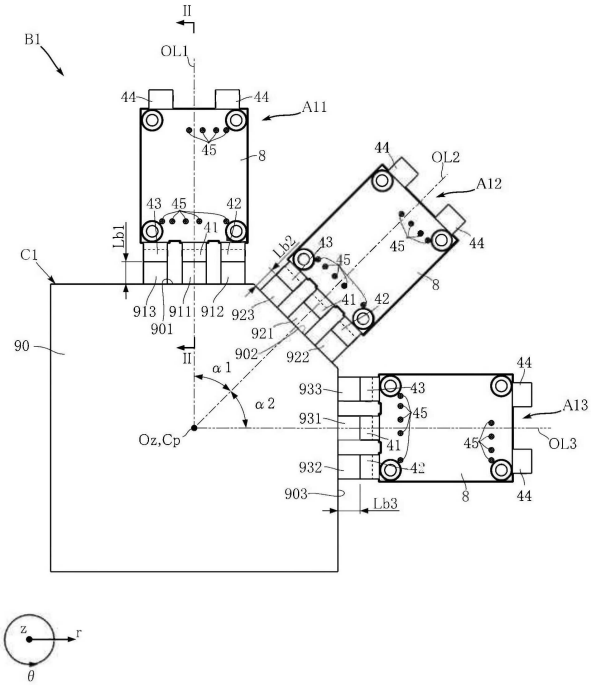
(72) Erfinder:
Hayashiguchi, Masashi, Kyoto-shi, JP

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **LEISTUNGSWANDLERVORRICHTUNG**

(57) Zusammenfassung: Die Leistungswandlervorrichtung weist ein erstes Halbleitermodul, ein zweites Halbleitermodul, ein drittes Halbleitermodul und ein Kondensatormodul auf. In z-Richtung gesehen schneiden die erste Mittellinie des ersten Halbleitermoduls, die zweite Mittellinie des zweiten Halbleitermoduls und die dritte Mittellinie des dritten Halbleitermoduls den Kondensatorkörper. Der erste Winkel, der durch die erste Mittellinie und die zweite Mittellinie gebildet wird, und der zweite Winkel, der durch die zweite Mittellinie und die dritte Mittellinie gebildet wird, sind einander gleich. Die Längen der ersten Sammelschiene, der zweiten Sammelschiene und der dritten Sammelschiene sind einander gleich.



Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die vorliegende Offenbarung betrifft eine Leistungswandlervorrichtung.

ALLGEMEINER STAND DER TECHNIK

[0002] Halbleitermodule mit Leistungsschaltelementen wie MOSFETs (Metall-Oxid-Halbleiter-Feldeffekttransistoren) und IGBTs (Bipolartransistoren mit isolierter Gate-Elektrode) sind in der Regel bekannt. Solche Halbleitermodule werden in eine Vielzahl von elektronischen Geräten wie industrielle Ausstattung, Haushaltsgeräte, Informationsschalter und KFZ-Ausstattung eingebaut. Patentdokument 1 offenbart ein herkömmliches Halbleitermodul (Leistungsmodul).

DOKUMENT AUS DEM STAND DER TECHNIK

Patentdokument

[0003] Patentdokument 1: JP-A-2015-220382

KURZDARSTELLUNG DER ERFINDUNG

Durch die Erfindung zu lösendes Problem

[0004] Bei einer Leistungswandlervorrichtung, bei der Eingangsklemmen einer Mehrzahl von Halbleitermodulen mit einem Kondensatormodul verbunden sind, sind Schwankungen der Induktivität der Leiterbahnen von dem Kondensatormodul zu den Halbleitermodulen unerwünscht.

[0005] Angesichts der obigen Umstände besteht eine Aufgabe der vorliegenden Offenbarung in der Bereitstellung einer Leistungswandlervorrichtung, die in der Lage ist, die Induktivitäten zwischen einem Kondensatormodul und einer Mehrzahl von Halbleitermodulen gleichmäßiger zu machen.

Mittel zum Lösen des Problems

[0006] Eine Leistungswandlervorrichtung gemäß der vorliegenden Offenbarung weist ein erstes Halbleitermodul, ein zweites Halbleitermodul und ein drittes Halbleitermodul auf, die jeweils ein Halbleiterelement mit einer Schaltfunktion und eine Eingangsklemme bzw. ein Eingangs-Terminal aufweisen, und weist ein Kondensatormodul auf, das mit den Eingangsklemmen des ersten Halbleitermoduls, des zweiten Halbleitermoduls und des dritten Halbleitermoduls verbunden ist. Das Kondensatormodul weist einen Kondensatorkörper und eine erste Sammelschiene („busbar“), eine zweite Sammelschiene und eine dritte Sammelschiene auf, die von dem Kondensatorkörper vorstehen. Die Eingangsklemme des ersten Halbleitermoduls ist mit der ersten Sammelschiene verbunden, die Eingangsklemme des zweiten Halbleitermoduls ist mit der zweiten Sammelschiene verbunden und die Eingangsklemme des dritten Halbleitermoduls ist mit der dritten Sammelschiene verbunden. In axialer Richtung eines zylindrischen Koordinatensystems um eine den Kondensatorkörper schneidende Mittelachse gesehen schneiden eine erste Mittellinie des ersten Halbleitermoduls, eine zweite Mittellinie des zweiten Halbleitermoduls und eine dritte Mittellinie des dritten Halbleitermoduls den Kondensatorkörper. Der erste Winkel, der durch die erste Mittellinie und die zweite Mittellinie gebildet wird, und der zweite Winkel, der durch die zweite Mittellinie und die dritte Mittellinie gebildet wird, gleichen einander. Die Längen der ersten Sammelschiene, der zweiten Sammelschiene und der dritten Sammelschiene gleichen einander.

Vorteile der Erfindung

[0007] Gemäß einem Halbleitermodul der vorliegenden Offenbarung ist es möglich, eine Leistungswandlervorrichtung bereitzustellen, bei der die Induktivität („inductance“) zwischen dem Kondensatormodul und einer Mehrzahl von Halbleitermodulen gleichmäßiger gemacht wird.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Fig. 1 ist eine Draufsicht auf eine Leistungswandlervorrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform.

Fig. 2 ist eine schematische vergrößerte Schnittansicht entlang der Linie II-II in **Fig.** 1.

Fig. 3 ist eine perspektivische Ansicht einer Leistungswandlervorrichtung bzw. eines Halbleitermoduls davon gemäß der ersten Ausführungsform.

Fig. 4 ist eine perspektivische Ansicht, die **Fig.** 3 entspricht, wobei ein Dichtungsharz, Harzteile und ein Harzfüllabschnitt darin weggelassen wurden.

Fig. 5 ist eine perspektivische Ansicht, die **Fig.** 4 entspricht, wobei ein leitendes Element darin weggelassen wurde.

Fig. 6 ist eine Draufsicht auf ein Halbleitermodul gemäß der ersten Ausführungsform.

Fig. 7 ist eine Draufsicht, die **Fig.** 6 entspricht, wobei das Dichtungsharz, die Harzteile und der Harzfüllabschnitt durch imaginäre Linien dargestellt sind.

Fig. 8 ist eine vergrößerte Ansicht eines Teils von **Fig.** 7, wobei imaginäre Linien des Dichtungsharzes, der Harzteile und des Harzfüllabschnitts darin weggelassen wurden.

Fig. 9 ist eine vergrößerte Ansicht eines Teils von **Fig.** 8.

Fig. 10 ist eine Draufsicht, die **Fig.** 7 entspricht, wobei ein Teil des leitenden Elements durch imaginäre Linien dargestellt ist.

Fig. 11 ist eine Vorderansicht des Halbleitermoduls gemäß der ersten Ausführungsform.

Fig. 12 ist eine Unteransicht des Halbleitermoduls gemäß der ersten Ausführungsform.

Fig. 13 ist eine linke Seitenansicht des Halbleitermoduls gemäß der ersten Ausführungsform.

Fig. 14 ist eine rechte Seitenansicht des Halbleitermoduls gemäß der ersten Ausführungsform.

Fig. 15 ist eine Schnittansicht entlang der Linie XV-XV in **Fig.** 7.

Fig. 16 ist eine Schnittansicht entlang der Linie XVI-XVI in **Fig.** 7.

Fig. 17 ist eine vergrößerte Ansicht eines Teils von **Fig.** 16.

Fig. 18 ist eine Schnittansicht entlang der Linie XVIII-XVIII in **Fig.** 7.

Fig. 19 ist eine Schnittansicht entlang der Linie XIX-XIX in **Fig.** 7.

Fig. 20 ist eine Schnittansicht entlang der Linie XX-XX in **Fig.** 7.

Fig. 21 ist eine Schnittansicht entlang der Linie XXI-XXI in **Fig.** 7.

Fig. 22 zeigt ein Beispiel für eine Schaltungskonfiguration des Halbleitermoduls gemäß der ersten Ausführungsform.

Fig. 23 ist eine Draufsicht auf eine erste Abwandlung der Leistungswandlervorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform.

Fig. 24 ist eine Draufsicht auf eine zweite Abwandlung der Leistungswandlervorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform.

Fig. 25 ist eine Draufsicht auf eine Leistungswandlervorrichtung gemäß einer zweiten Ausführungsform.

Fig. 26 ist eine Draufsicht auf eine Leistungswandlervorrichtung gemäß einer dritten Ausführungsform.

FORM ZUM AUSFÜHREN DER ERFINDUNG

[0008] Im Folgenden werden bevorzugte Ausführungsformen eines Halbleitermoduls gemäß der vorliegenden Offenbarung unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben. In der nachstehenden Beschreibung werden die gleichen oder ähnliche Elemente mit den gleichen Bezugszeichen ausgewiesen und auf deren Beschreibungen wird verzichtet.

Erste Ausführungsform:

[0009] Die **Fig.** 1 und 2 zeigen eine Leistungswandlervorrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung. Die Leistungswandlervorrichtung B1 gemäß der vorliegenden Ausführungsform weist ein erstes Halbleitermodul A11, ein zweites Halbleitermodul A12, ein drittes Halbleitermodul A13 und ein Kondensatormodul C1 auf. Die Funktionen und Anwendungen der Leistungswandlervorrichtung der vorliegenden Offenbarung sind in keinster Weise begrenzt. Die Leistungswandlervorrichtung B1 der vorliegenden Ausführungsform ist als sogenannter Wechselrichter („inverter“) ausgestaltet.

[0010] In den Figuren ist die z-Richtung ein Beispiel für die „axiale Richtung“, ist die x-Richtung ein Beispiel für die „radiale Richtung“ und ist die θ-Richtung ein Beispiel für die „Umfangsrichtung“.

Kondensatormodul C1:

[0011] Das Kondensatormodul C1 agiert als z. B. Glättungskondensator, der in einer Leistungsversorgungsschaltung für das erste Halbleitermodul A11, das zweite Halbleitermodul A12 und das dritte Halbleitermodul A13 bereitgestellt ist. Das Kondensatormodul C1 gemäß der vorliegenden Ausführungsform weist einen Kondensatorkörper 90, eine Mehrzahl von ersten Sammelschienen 911, 912 und 913, eine Mehrzahl von zweiten Sammelschienen 921, 922 und 923 und eine Mehrzahl von dritten Sammelschienen 931, 932 und 933 auf.

[0012] Bei dem Kondensatorkörper handelt es sich um einen Teil, der die Funktion als Kondensator des Kondensatormoduls C1 durchführt. Die spezifische Ausgestaltung des Kondensatorkörpers 90 ist in keinster Weise beschränkt. Der Kondensatorkörper 90 weist je nach Bedarf z. B. ein Kondensatorelement (nicht gezeigt) und einen Verdrahtungsleiter (nicht gezeigt) auf. Die Art und die Struktur des Kondensatorelements sind in keinster Weise beschränkt, und es können diverse bekannte Kondensatorelemente verwendet werden. Der Mittelpunkt Oz in der Figur ist in z-Richtung gesehen die Mitte des Kondensatorkörpers 90. Der Mittelpunkt Oz kann in z-Richtung gesehen die geometrische Mitte des Kondensatorkörpers 90 oder kann der Schwerpunkt sein.

[0013] Der Kondensatorkörper 90 der vorliegenden Ausführungsform weist eine erste Oberfläche 901, eine zweite Oberfläche 902 und eine dritte Oberfläche 903 auf. Die erste Oberfläche 901 ist eine Oberfläche orthogonal zu einer Mittellinie OL1, die später

beschrieben wird. Die zweite Oberfläche 902 ist eine Oberfläche orthogonal zu einer Mittellinie OL2, die später beschrieben wird. Die dritte Oberfläche 903 ist eine Oberfläche orthogonal zu einer Mittellinie OL3, die später beschrieben wird. Die Winkel, die durch die erste Oberfläche 901, die zweite Oberfläche 902 und die dritte Oberfläche 903 gebildet werden, sind nicht beschränkt. Bei dem veranschaulichten Beispiel beträgt der Winkel, der durch die erste Oberfläche 901 und die zweite Oberfläche 902 gebildet wird, 45°. Außerdem beträgt der Winkel, der durch die zweite Oberfläche 902 und die dritte Oberfläche 903 gebildet wird, 45°. Bei dem veranschaulichten Beispiel sind die erste Oberfläche 901, die zweite Oberfläche 902 und die dritte Oberfläche 903 orthogonal zu einer radialen Linie, die durch den Mittelpunkt Oz verläuft und sich in einer r-Richtung erstreckt. Die erste Oberfläche 901, die zweite Oberfläche 902 und die dritte Oberfläche 903 befinden sich nebeneinander.

[0014] Die ersten Sammelschienen 911, 912 und 913, die zweiten Sammelschienen 921, 922 und 923 und die dritten Sammelschienen 931, 932 und 933 sind für eine Verbindung mit dem ersten Halbleitermodul A11, dem zweiten Halbleitermodul A12 bzw. dem dritten Halbleitermodul A13 vorgesehen und elektrisch mit dem Kondensatorelement verbunden.

[0015] Die ersten Sammelschienen 911, 912 und 913 stehen von der ersten Oberfläche 901 in z-Richtung gesehen in einer r-Richtung hervor. In z-Richtung gesehen sind die erste Sammelschiene 912 und die erste Sammelschiene 913 voneinander getrennt angeordnet, wobei die erste Sammelschiene 911 in Θ-Richtung dazwischen angeordnet ist.

[0016] Die zweiten Sammelschienen 921, 922 und 923 stehen von der zweiten Oberfläche 902 in z-Richtung gesehen in einer r-Richtung hervor. In z-Richtung gesehen sind die zweite Sammelschiene 922 und die zweite Sammelschiene 923 voneinander getrennt angeordnet, wobei die zweite Sammelschiene 921 in Θ-Richtung dazwischen angeordnet ist.

[0017] Die dritten Sammelschienen 931, 932 und 933 stehen von der dritten Oberfläche 903 in z-Richtung gesehen in einer r-Richtung hervor. In z-Richtung gesehen sind die dritte Sammelschiene 932 und die dritte Sammelschiene 933 voneinander getrennt angeordnet, wobei die dritte Sammelschiene 931 in Θ-Richtung dazwischen angeordnet ist.

[0018] Das erste Halbleitermodul A11, das zweite Halbleitermodul A12 und das dritte Halbleitermodul A13 weisen jeweils eine Mehrzahl von Eingangsklemmen („input termionals“) 41, 42 und 43, eine Mehrzahl von Ausgangsklemmen 44, eine Mehrzahl von Steuerklemmen („control terminals“)45 und ein Dichtungsharz 8 auf. Beispiele für spezifische Ausgestaltungen der Eingangsklemmen 41, 42 und 43, der Ausgangsklemmen 44, der Steuerklemmen 45 und des Dichtungsharzes 8 werden später beschrieben. Die Eingangsklemmen 41, 42 und 43 stehen von dem Dichtungsharz 8 hin zu einer Seite in einer r-Richtung vor. Die Ausgangsklemmen 44 stehen von dem Dichtungsharz 8 hin zu der anderen Seite in r-Richtung vor. Die Steuerklemmen 45 stehen von dem Dichtungsharz 8 in z-Richtung vor.

[0019] Die Eingangsklemme 41 des ersten Halbleitermoduls A11 ist mit der ersten Sammelschiene 911 verbunden, die Eingangsklemme 42 mit der ersten Sammelschiene 912 und die Eingangsklemme 43 mit der ersten Sammelschiene 913. Die Eingangsklemme 41 des zweiten Halbleitermoduls A12 ist mit der zweiten Sammelschiene 921 verbunden, die Eingangsklemme 42 mit der zweiten Sammelschiene 922 und die Eingangsklemme 43 mit der zweiten Sammelschiene 923. Die Eingangsklemme 41 des dritten Halbleitermoduls A13 ist mit der dritten Sammelschiene 931 verbunden, die Eingangsklemme 42 mit der dritten Sammelschiene 932 und die Eingangsklemme 43 mit der dritten Sammelschiene 933. Das Verfahren zum Verbinden dieser Eingangsklemmen und der Sammelschienen ist in keinster Weise beschränkt, und es können diverse bekannte Verfahren verwendet werden, darunter z. B. das Befestigen mithilfe eines Bolzens oder dergleichen, das Bonden mithilfe eines Bond-Materials oder durch Schweißen, Eingriff bzw. Berührung („engagement“) und Passung.

[0020] Bei der Mittellinie OL1 handelt es sich in z-Richtung gesehen um die Mittellinie des ersten Halbleitermoduls A11. Die Mittellinie OL1 kann durch die geometrische Mitte oder den Schwerpunkt des Dichtungsharzes 8 des ersten Halbleitermoduls A11 verlaufen und sich in die Richtung erstrecken, in welche die Eingangsklemmen 41, 42 und 43 vorstehen. Bei der Mittellinie OL2 handelt es sich in z-Richtung gesehen um die Mittellinie des zweiten Halbleitermoduls A12. Die Mittellinie OL2 kann durch die geometrische Mitte oder den Schwerpunkt des Dichtungsharzes 8 des zweiten Halbleitermoduls A12 verlaufen und sich in die Richtung erstrecken, in welche die Eingangsklemmen 41, 42 und 43 vorstehen. Bei der Mittellinie OL3 handelt es sich in z-Richtung gesehen um die Mittellinie des dritten Halbleitermoduls A13. Die Mittellinie OL3 kann durch die geometrische Mitte oder den Schwerpunkt des Dichtungsharzes 8 des dritten Halbleitermoduls A13 verlaufen und sich in die Richtung erstrecken, in welche die Eingangsklemmen 41, 43 und 43 vorstehen.

[0021] Der erste Winkel α1 in den Figuren ist der Winkel, der in z-Richtung gesehen durch die Mittellinie OL1 und die Mittellinie OL2 gebildet wird. Der zweite Winkel α2 ist der Winkel, der in z-Richtung gesehen durch die Mittellinie OL2 und die Mittellinie OL3 gebildet wird. Der erste Winkel α1 und der zweite Winkel α2 gleichen einander. In dem veranschaulichten Beispiel sind der erste Winkel α1 und der zweite Winkel α2 45°. In diesem Fall sind das erste Halbleitermodul A11, das zweite Halbleitermodul A12 und das dritte Halbleitermodul A13 in Bezug auf den Kondensatorkörper 90 vorgespannt bzw. unausgewogen („biased“) angeordnet (eine Anordnung, die in z-Richtung gesehen nicht liniensymmetrisch oder punktsymmetrisch ist).

[0022] Die Mittellinie OL1, die Mittellinie OL2 und die Mittellinie OL3 verlaufen in z-Richtung gesehen jeweils parallel zu einer r-Richtung und sind in einer Ebene orthogonal zu der z-Richtung enthalten. Die Mittellinie OL1, die Mittellinie OL2 und die Mittellinie OL3 können in Bezug auf eine Ebene orthogonal zu der z-Richtung geneigt sein.

[0023] Die Mittellinie OL1, die Mittellinie OL2 und die Mittellinie OL3 schneiden sich mit dem Kondensatorkörper 90. Bei dem veranschaulichten Beispiel schneiden sich die Mittellinie OL1, die Mittellinie OL2 und die Mittellinie OL3 an einem Schnittpunkt Cp miteinander. Der Schnittpunkt Cp liegt in z-Richtung gesehen im Inneren des Kondensatorkörpers 90. Bei dem veranschaulichten Beispiel fällt der Schnittpunkt Cp mit dem Mittelpunkt Oz zusammen.

[0024] Die Länge Lb1 der ersten Sammelschienen 911, 912 und 913, die Länge Lb2 der zweiten Sammelschienen 921, 922 und 923 und die Länge Lb3 der dritten Sammelschienen 931, 932 und 933 gleichen einander. Wie in **Fig.** 2 gezeigt, ist die Länge Lb1 hierin als die Länge in einer r-Richtung jenes Abschnitts jeder ersten Sammelschiene 911, 912 und 913 definiert, der von dem Kondensatorkörper 90 vorsteht und die Eingangsklemme 41, 42 oder 43 nicht überlappt. Die Länge Lb1 kann jedoch als die Länge des Abschnitts jeder ersten Sammelschiene 911, 912 und 913 definiert sein, der von dem Kondensatorkörper 90 vorsteht. Alternativ kann die Länge Lb1 als die Länge in einer r-Richtung eines kombinierten Körpers definiert sein, der aus dem Abschnitt jeder ersten Sammelschiene 911, 912 und 913, der von dem Kondensatorkörper 90 vorsteht, und jenem Abschnitt jeder Eingangsklemme 41, 42 und 43 aufgebaut ist, der von dem Dichtungsharz 8 vorsteht (also der Abstand zwischen dem Kondensatorkörper 90 und dem Dichtungsharz 8 in r-Richtung). Diese Definitionen gelten auch für die Länge Lb2 und die Länge Lb3.

Halbleitermodul A1:

[0025] Die **Fig.** 3 bis 22 zeigen ein Beispiel für eine Ausgestaltung eines Halbleitermoduls A1, das für die Leistungswandlervorrichtung B1 verwendet wird. Das Halbleitermodul A1 entspricht jedem des ersten Halbleitermoduls A11, des zweiten Halbleitermoduls A12 und des dritten Halbleitermoduls A13. Bei der vorliegenden Ausführungsform haben das erste Halbleitermodul A11, das zweite Halbleitermodul A12 und das dritte Halbleitermodul A13 jeweils die gleiche Ausgestaltung wie jene des nachstehend beschriebenen Halbleitermoduls A1. Die Ausgestaltungen des ersten Halbleitermoduls A11, des zweiten Halbleitermoduls A12 und des dritten Halbleitermoduls A13 können sich jedoch voneinander unterscheiden. Außerdem sind die spezifischen Ausgestaltungen des ersten Halbleitermoduls A11, des zweiten Halbleitermoduls A12 und des dritten Halbleitermoduls A13 in keinster Weise beschränkt, und die nachstehend beschriebene Ausgestaltung ist lediglich ein Beispiel.

[0026] Das Halbleitermodul A1 weist eine Mehrzahl von Halbleiterelementen 10, ein leitendes Substrat 2, ein Trägersubstrat 3, eine Mehrzahl von Eingangsklemmen 41 bis 43, eine Mehrzahl von Ausgangsklemmen 44, eine Mehrzahl von Steuerklemmen 45, einen Steuerklemmenträger 5, ein leitendes Element 6, erste leitende Bond-Materialien 71, zweite leitende Bond-Materialien 72, eine Mehrzahl von Drähten 731 bis 735, ein Dichtungsharz 8, Harzteile 87 und einen Harzfüllabschnitt 88 auf.

[0027] **Fig.** 3 ist eine perspektivische Ansicht des Halbleitermoduls A1. **Fig.** 4 ist eine perspektivische Ansicht, die **Fig.** 3 entspricht, wobei das Dichtungsharz 8, die Harzteile 87 und der Harzfüllabschnitt 88 darin weggelassen wurden. **Fig.** 5 ist eine perspektivische Ansicht, die **Fig.** 4 entspricht, wobei das leitende Element 6 darin weggelassen wurde. **Fig.** 6 ist eine Draufsicht auf das Halbleitermodul A1. **Fig.** 7 ist eine Draufsicht, die **Fig.** 6 entspricht, wobei das Dichtungsharz 8, die Harzteile 87 und der Harzfüllabschnitt 88 durch imaginäre Linien dargestellt sind. **Fig.** 8 eine vergrößerte Ansicht eines Teils von **Fig.** 7. In **Fig.** 8 wurden die imaginären Linien des Dichtungsharzes 8, der Harzteile 87 und des Harzfüllabschnitts 88 weggelassen. **Fig.** 9 ist eine vergrößerte Ansicht eines Teils von **Fig.** 8. **Fig.** 10 ist eine Draufsicht, die **Fig.** 7 entspricht, wobei ein Teil des leitenden Elements 6 (das zweite leitende Element 62, wie später beschrieben) durch imaginäre Linien dargestellt ist. **Fig.** 11 ist eine Vorderansicht des Halbleitermoduls A1. **Fig.** 12 ist eine Unteransicht des Halbleitermoduls A1. **Fig.** 13 ist eine linke Seitenansicht des Halbleitermoduls A1. **Fig.** 14 ist eine rechte Seitenansicht des Halbleitermoduls A1. **Fig.** 15 ist eine Schnittansicht entlang der Linie XV-XV in **Fig.** 7. **Fig.** 16 ist eine Schnittansicht entlang

der Linie XVI-XVI in **Fig.** 7. **Fig.** 17 ist eine vergrößerte Ansicht eines Teils von **Fig.** 16. **Fig.** 18 ist eine Schnittansicht entlang der Linie XVIII-XVIII in **Fig.** 7. **Fig.** 19 ist eine Schnittansicht entlang der Linie XIX-XIX in **Fig.** 7. **Fig.** 20 ist eine Schnittansicht entlang der Linie XX-XX in **Fig.** 7. **Fig.** 21 ist eine Schnittansicht entlang der Linie XXI-XXI in **Fig.** 7. Die Drähte 731 bis 735 wurden in den **Fig.** 4, 5, 9, 16 und 20 weggelassen. **Fig.** 22 zeigt ein Beispiel für eine Schaltungskonfiguration des Halbleitermoduls A1. Bei dem Schaltungsschaubild von **Fig.** 22 sind jeweils nur eines einer Mehrzahl von ersten Halbleiterelementen 10A (später beschrieben) und einer Mehrzahl von zweiten Halbleiterelementen 10B (später beschrieben) gezeigt, und die restlichen ersten Halbleiterelemente 10A und zweiten Halbleiterelemente 10B wurden weggelassen.

[0028] Der leichteren Beschreibung wegen sind drei Richtungen orthogonal zueinander als eine x-Richtung, eine y-Richtung und eine z-Richtung definiert. Die z-Richtung ist die Dickenrichtung des Halbleitermoduls A1. Die x-Richtung ist die horizontale Richtung in Draufsicht (siehe **Fig.** 6) auf das Halbleitermodul A1. Die y-Richtung ist die vertikale Richtung in Draufsicht (siehe **Fig.** 6) auf das Halbleitermodul A1. Eine Verlaufsrichtung bzw. ein Sinn der x-Richtung ist als x1-Richtung definiert, während eine andere Verlaufsrichtung bzw. ein anderer Sinn der x-Richtung als x2-Richtung definiert ist. Eine Verlaufsrichtung der y-Richtung ist als y1-Richtung definiert, während eine andere Verlaufsrichtung der y-Richtung als y2-Richtung definiert ist. Eine Verlaufsrichtung der z-Richtung ist als z1-Richtung definiert, während eine andere Verlaufsrichtung der z-Richtung als z2-Richtung definiert ist. In der nachstehenden Beschreibung bezieht sich „in Draufsicht“ auf eine Betrachtung in z-Richtung. Die z1-Richtung kann als „untere“ bezeichnet werden, während die z2-Richtung als „obere“ bezeichnet werden kann. In Bezug auf die Leistungswandlervorrichtung B1 ist die x-Richtung als die Richtung entlang einer „radialen Richtung“ definiert, während die y-Richtung als die Richtung entlang der „Umfangsrichtung“ definiert ist. Die „Richtung entlang der Umfangsrichtung“ wird als einschließlich der Richtung entlang einer Tangente zu dem Umfang entlang der Umfangsrichtung angesehen. Die x-Richtung ist ein Beispiel für die „erste Richtung“, und die y-Richtung ist ein Beispiel für die „zweite Richtung“. Die x2-Richtung ist ein Beispiel für die „erste Seite in der ersten Richtung“, die x1-Richtung hingegen ist ein Beispiel für die „zweite Seite in der ersten Richtung“. Die y2-Richtung ist ein Beispiel für die „erste Seite in der zweiten Richtung“, die y1-Richtung hingegen ist ein Beispiel für die „zweite Seite in der zweiten Richtung“. Die z2-Richtung ist ein Beispiel für die „erste Seite in der Dickenrichtung“, die z1-Richtung hingegen ist ein Beispiel für die „zweite Seite in der Dickenrichtung“.

[0029] Jedes der Halbleiterelemente 10 dient als Kern für die Funktion des Halbleitermoduls A1. Das Material, aus dem jedes Halbleiterelement 10 besteht, ist z. B. ein Halbleitermaterial, das vorwiegend aus SiC (Siliciumcarbid) zusammengesetzt ist. Das Halbleitermaterial ist nicht auf SiC begrenzt und kann z. B. Si (Silicium), GaAs (Galliumarsenid) oder GaN (Galliumnitrid) sein. Jedes Halbleiterelement 10 hat einen Schaltfunktionsbereich Q1 (siehe **Fig.** 2), der z. B. durch einen MOSFET (Metall-Oxid-Halbleiter-Feldeffekttransistor) bereitgestellt wird. Der Schaltfunktionsbereich Q1 ist nicht auf einen MOSFET beschränkt und kann andere Transistoren sein, darunter Feldeffekttransistoren wie MIFETs (Metall-Isolator-Halbleiter-FET) und Bipolartransistoren wie z. B. IGBTs. Die Halbleiterelemente 10 sind in Bezug aufeinander identisch. Jedes Halbleiterelement 10 ist z. B. ein n-Kanal-MOSFET, kann jedoch ein p-Kanal-MOSFET sein.

[0030] Wie in **Fig.** 17 gezeigt, hat jedes Halbleiterelement 10 eine Elementvorderfläche 101 und eine Elementrückfläche 102. Bei jedem Halbleiterelement 10 sind die Elementvorderseite 101 und die Elementrückfläche 102 in z-Richtung voneinander beabstandet. Die Elementvorderfläche 101 ist in z2-Richtung gewandt, die Elementrückfläche 102 hingegen ist in z1-Richtung gewandt.

[0031] Die Mehrzahl von Halbleiterelementen 10 weist eine Mehrzahl von ersten Halbleiterelementen 10A und eine Mehrzahl von zweiten Halbleiterelementen 10B auf. Bei der vorliegenden Ausführungsform weist das Halbleitermodul A1 drei erste Halbleiterelemente 10A und drei zweite Halbleiterelemente 10B auf. Die Anzahl von ersten Halbleiterelementen 10A und die Anzahl von zweiten Halbleiterelementen 10B sind nicht darauf beschränkt und können nach Bedarf gemäß den Leistungsanforderungen des Halbleitermoduls A1 verändert werden. Bei dem in **Fig.** 10 gezeigten Beispiel sind jeweils drei der ersten Halbleiterelemente 10A und der zweiten Halbleiterelemente 10B bereitgestellt. Die Anzahl von ersten Halbleiterelementen 10A und die Anzahl von zweiten Halbleiterelementen 10B kann eins, zwei oder vier oder mehr sein. Die Anzahl von ersten Halbleiterelementen 10A und die Anzahl von zweiten Halbleiterelementen 10B kann gleich oder unterschiedlich sein. Die Anzahl von ersten Halbleiterelementen 10A und die Anzahl von zweiten Halbleiterelementen 10B werden auf der Grundlage der Stromkapazität des Halbleitermoduls A1 bestimmt.

[0032] Das Halbleitermodul A1 kann als Schaltkreis von Halbbrückentyp ausgestaltet sein, wie in **Fig.** 22 gezeigt. In diesem Fall bilden in dem Halbleitermodul A1 die ersten Halbleiterelemente 10A die Schaltung im oberen Arm, während die zweiten Halbleiterelemente 10B die Schaltung im unteren Arm bilden. Die ersten Halbleiterelemente 10A sind in der Schal-

tung im oberen Arm miteinander parallel geschaltet. Die zweiten Halbleiterelemente 10B sind in der Schaltung im unteren Arm miteinander parallel geschaltet. Jedes erste Halbleiterelement 10A und ein jeweiliges zweites Halbleiterelement 10B sind in Reihe geschaltet, um eine Brückenlage zu bilden.

[0033] Wie in den **Fig.** 10 und 18 gezeigt, ist jedes der ersten Halbleiterelemente 10A an dem leitenden Substrat 2 befestigt. Bei dem in **Fig.** 10 gezeigten Beispiel können die ersten Halbleiterelemente 10A entlang der y-Richtung angeordnet sein und sind voneinander beabstandet. Jedes der ersten Halbleiterelemente 10A ist über ein zweites leitendes Bond-Material 72 leitend an das leitende Substrat 2 (den ersten leitenden Abschnitt 2A, wie später beschrieben) gebondet. Während die ersten Halbleiterelemente 10A an den ersten leitenden Abschnitt 2A gebondet sind, sind die Elementrückflächen 102 dem ersten leitenden Abschnitt 2A zugewandt.

[0034] Wie in den **Fig.** 10 und 19 gezeigt, ist jedes der zweiten Halbleiterelemente 10B an dem leitenden Substrat 2 befestigt. Bei dem in **Fig.** 10 gezeigten Beispiel können die zweiten Halbleiterelemente 10B entlang der y-Richtung angeordnet sein und sind voneinander beabstandet. Jedes der zweiten Halbleiterelemente 10B ist über ein zweites leitendes Bond-Material 72 leitend an das leitende Substrat 2 (den zweiten leitenden Abschnitt 2B, wie später beschrieben) gebondet. Während die zweiten Halbleiterelemente 10B an den zweiten leitenden Abschnitt 2B gebondet sind, sind die Elementrückflächen 102 dem zweiten leitenden Abschnitt 2B zugewandt. Wie aus **Fig.** 10 hervorgeht, überlappen die ersten Halbleiterelemente 10A und die zweiten Halbleiterelemente 10B einander in x-Richtung gesehen, überlappen einander jedoch nicht.

[0035] Jedes der Halbleiterelemente 10 (die ersten Halbleiterelemente 10A und die zweiten Halbleiterelemente 10B) hat eine erste vorderseitige Elektrode 11, eine zweite vorderseitige Elektrode 12 und eine rückseitige Elektrode 15. Die Ausgestaltungen der ersten vorderseitigen Elektrode 11, der zweiten vorderseitigen Elektrode 12 und der rückseitigen Elektrode 15, wie nachstehend beschrieben, sind für alle Halbleiterelemente 10 gleich. Die erste vorderseitige Elektrode 11 und die zweite vorderseitige Elektrode 12 sind an der Elementvorderfläche 101 bereitgestellt. Die erste vorderseitige Elektrode 11 und die zweite vorderseitige Elektrode 12 sind durch einen nicht gezeigten Isolierfilm voneinander isoliert. Die rückseitige Elektrode 15 ist an der Elementrückfläche 102 bereitgestellt.

[0036] Die erste vorderseitige Elektrode 11 ist z. B. eine Gate-Elektrode, durch die ein Ansteuersignal (z. B. Gate-Spannung) zum Ansteuern des Halbleiterelements eingegeben wird. Bei jedem Halbleiterelement 10 ist die zweite vorderseitige Elektrode 12 z. B. eine Source-Elektrode, durch die ein Source-Strom fließt. Die rückseitige Elektrode 15 ist z. B. eine Drain-Elektrode, durch die ein Drain-Strom fließt. Die rückseitige Elektrode 15 bedeckt die gesamte (oder beinahe die gesamte) Elementrückfläche 102. Die rückseitige Elektrode 15 wird z. B. durch Ag-Beschichtung gebildet.

[0037] Wenn ein Ansteuersignal (Gate-Spannung) von dem Schaltfunktionsbereich Q1 in die erste vorderseitige Elektrode 11 (die Gate-Elektrode) eingegeben wird, schaltet das Halbleiterelement 10 gemäß dem Ansteuersignal zwischen einem leitenden Zustand und einem getrennten Zustand. Dieser Vorgang zum Schalten zwischen dem leitenden Zustand und dem getrennten Zustand wird als „Schaltvorgang“ bezeichnet. In dem leitenden Zustand fließt ein Strom von der rückseitigen Elektrode 15 (der Drain-Elektrode) zu der zweiten vorderseitigen Elektrode 12 (der Source-Elektrode). In dem getrennten Zustand fließt dieser Strom nicht. Jedes Halbleiterelement 10 führt also den Schaltvorgang durch den Schaltfunktionsbereich Q1 durch. Durch die Schaltfunktionsbereiche Q1 der Halbleiterelemente 10 wandelt das Halbleitermodul A1 die erste Leistungsversorgungsspannung (DC-Spannung), die zwischen der einzelnen Eingangsklemme 41 und den zwei Eingangsklemmen 42 und 43 eingegeben wird, in z. B. eine zweite Leistungsversorgungsspannung (AC-Spannung) um und gibt die zweite Leistungsversorgungsspannung aus den Ausgangsklemmen 44 aus. Die Eingangsklemmen 41 bis 43 und die Ausgangsklemmen 44 sind allesamt Leistungsversorgungsklemmen, die eine Leistungsversorgungsspannung handeln. Bei den Eingangsklemmen 41 bis 43 handelt es sich um erste Leistungsversorgungsklemmen, durch die die erste Leistungsversorgungsspannung eingegeben wird. Bei den Ausgangsklemmen 44 handelt es sich um zweite Leistungsversorgungsklemmen, die die zweite Leistungsversorgungsspannung ausgeben.

[0038] Einige der Halbleiterelemente 10 (zwei Halbleiterelemente in dem in **Fig.** 10 gezeigten Beispiel) weisen zusätzlich zu dem oben beschriebenen Schaltfunktionsbereich Q1 ferner einen Diodenfunktionsbereich D1 (siehe **Fig.** 22) auf. Bei dem Halbleitermodul A1 weisen eines der ersten Halbleiterelemente 10A (das äußerste an der y2-Seite in **Fig.** 10) und eines der zweiten Halbleiterelemente 10B (das äußerste an der y1-Seite in **Fig.** 10) zusätzlich zu den Schaltfunktionsbereichen Q1 die Diodenfunktionsbereiche D1 auf. Die Funktion oder die Rolle der Diodenfunktionsbereiche D1 ist nicht beschränkt, kann jedoch z. B. eine Temperaturerfassung sein. Diode D2, die in **Fig.** 22 gezeigt ist, ist z. B. eine Komponente einer parasitären Diode des Schaltfunktionsbereichs Q1.

[0039] Wie in **Fig.** 10 gezeigt, weist das Halbleiterelement 10 mit dem Diodenfunktionsbereich D1 zusätzlich zu der ersten vorderseitigen Elektrode 11, der zweiten vorderseitigen Elektrode 12 und der rückseitigen Elektrode 15 eine dritte vorderseitige Elektrode 13, eine vierte vorderseitige Elektrode 14 und eine fünfte vorderseitige Elektrode 16 auf. Die Ausgestaltungen der dritten vorderseitigen Elektrode 13, der vierten vorderseitigen Elektrode 14 und der fünften vorderseitigen Elektrode 16, wie nachstehend beschrieben, sind für alle Halbleiterelemente 10 mit den Diodenfunktionsbereichen D1 gleich. Die dritte vorderseitige Elektrode 13, die vierte vorderseitige Elektrode 14 und die fünfte vorderseitige Elektrode 16 sind an der Elementvorderfläche 101 gebildet. Bei dem Halbleiterelement 10 mit dem Diodenfunktionsbereich D1 sind die dritte vorderseitige Elektrode 13 und die vierte vorderseitige Elektrode 14 elektrisch mit dem Diodenfunktionsbereich D1 verbunden. Die fünfte vorderseitige Elektrode 16 ist z. B. eine Source-Richtungselektrode, über die der Source-Strom in dem Schaltfunktionsbereich Q1 fließt.

[0040] Wie in **Fig.** 9 gezeigt, hat jedes der ersten Halbleiterelemente 10A in Draufsicht eine erste Seite 191, eine zweite Seite 192, eine dritte Seite 193 und eine vierte Seite 194. Von der Mehrzahl von ersten Halbleiterelementen 10A, die entlang der y-Richtung angeordnet sind, ist nur das erste Halbleiterelement 10A, das in der Mitte in der y-Richtung platziert ist, in **Fig.** 9 gezeigt, andere erste Halbleiterelemente 10A haben jedoch ebenfalls die erste Seite 191, die zweite Seite 192, die dritte Seite 193 und die vierte Seite 194. Die erste Seite 191 und die zweite Seite 192 erstrecken sich jeweils in y-Richtung. Die erste Seite 191 ist in Draufsicht die Endkante auf der x2-Seite, während die zweite Seite 192 in Draufsicht die Endkante auf der x1-Seite ist. Die dritte Seite 193 und die vierte Seite 194 erstrecken sich jeweils in x-Richtung. Die dritte Seite 193 ist in Draufsicht die Endkante auf der y2-Seite, während die vierte Seite 194 in Draufsicht die Endkante auf der y1-Seite ist. Jedes der ersten Halbleiterelemente 10A ist in Draufsicht rechteckig. Somit sind die vier Ecken, die durch die erste Seite 191, die zweite Seite 192, die dritte Seite 193 und die vierte Seite 194 gebildet werden, in Draufsicht rechte Winkel (oder in etwa rechte Winkel). Wie in **Fig.** 9 gezeigt, überlappen die vier Ecken das leitende Elemente 6 (das erste leitende Element 61 und das zweite leitende Element 62, wie später beschrieben) in Draufsicht nicht. Die Länge der dritten Seite 193 und der vierten Seite 194 ist länger als die Länge der ersten Seite 191 und der zweiten Seite 192.

[0041] Das leitende Substrat 2 wird auch als Leadframe bezeichnet. Das leitende Substrat 2 trägt die Halbleiterelemente 10. Das leitende Substrat 2 ist über die ersten leitenden Bond-Materialien 71 an das Trägersubstrat 3 gebondet. Das leitende Substrat 2 ist z. B. in Draufsicht rechteckig. Das leitende Substrat 2 bildet gemeinsam mit dem leitenden Element 6 Pfade des Hauptkreisstroms, der von den Halbleiterelementen 10 geschaltet wird.

[0042] Das leitende Substrat 2 weist einen ersten leitenden Abschnitt 2A und einen zweiten leitenden Abschnitt 2B auf. Jeder des ersten leitenden Abschnitts 2A und des zweiten leitenden Abschnitts 2B ist eine Platte, die aus einem Metall hergestellt ist. Das Metall kann z. B. Cu (Kupfer) oder eine Kupferlegierung sein. Der erste leitende Abschnitt 2A und der zweite leitende Abschnitt 2B bilden gemeinsam mit den Eingangsklemmen 41 bis 43 und Ausgangsklemmen 44 Leiterbahnen zu den Halbleiterelementen 10. Wie in den **Fig.** 15 bis 20 gezeigt, ist jeder des ersten leitenden Abschnitts 2A und des zweiten leitenden Abschnitts 2B über ein leitendes Bond-Material 71 an das Trägersubstrat 3 gebondet. Jedes der ersten Halbleiterelemente 10A ist über ein zweites leitendes Bond-Material 72 an den ersten leitenden Abschnitt 2A gebondet. Jedes der zweiten Halbleiterelemente 10B ist über ein zweites leitendes Bond-Material 72 an den zweiten leitenden Abschnitt 2B gebondet. Wie in den **Fig.** 5, 10, 15 und 16 gezeigt, sind der erste leitende Abschnitt 2A und der zweite leitende Abschnitt 2B in x-Richtung voneinander beabstandet. Bei dem in diesen Figuren gezeigten Beispiel ist der erste leitende Abschnitt 2A in x2-Richtung von dem zweiten leitenden Abschnitt 2B angeordnet. Jeder des ersten leitenden Abschnitts 2A und des zweiten leitenden Abschnitts 2B ist z. B. in Draufsicht rechteckig. Der erste leitende Abschnitt 2A und der zweite leitende Abschnitt 2B überlappen einander in x-Richtung gesehen. Jeder des ersten leitenden Abschnitts 2A und des zweiten leitenden Abschnitts 2B hat die Abmessungen von z. B. 15 mm bis 25 mm (vorzugsweise ungefähr 20 mm) in x-Richtung, 30 mm bis 40 mm (vorzugsweise ungefähr 35 mm) in y-Richtung und 1,5 mm bis 3,0 mm (vorzugsweise ungefähr 2,0 mm) in z-Richtung.

[0043] Das leitende Substrat 2 hat eine Vorderfläche 201 und eine Rückfläche 202. Wie in den **Fig.** 15, 16 und 18 bis 20 gezeigt, sind die Vorderfläche 201 und die Rückfläche 202 in z-Richtung voneinander beabstandet. Die Vorderfläche 201 ist in z2-Richtung gewandt, die Rückfläche 202 hingegen ist in z1-Richtung gewandt. Die Vorderfläche 201 ist aus der oberen Oberfläche des ersten leitenden Abschnitts 2A und der oberen Oberfläche des zweiten leitenden Abschnitts 2B gebildet. Die Rückfläche 202 ist aus der unteren Oberfläche des ersten leitenden Abschnitts 2A und der unteren Oberfläche des zweiten leitenden Abschnitts 2B gebildet. Die Rückfläche 202 ist an das Trägersubstrat 3 gebondet, so dass es dem Trägersubstrat 3 zugewandt ist. Wie in den **Fig.** 7, 10 und 15 gezeigt, ist auf der Vorderfläche 201 eine Mehrzahl von Ausnehmungen 201a gebil-

det. Jede Ausnehmung 201a ist in der Vorderfläche 201 in z-Richtung ausgenommen. Der Grad der Vertiefung (Tiefe) jeder Ausnehmung 201a ist z. B. mehr als 0 um und höchstens 100 pm. Jede Ausnehmung 201a kann während der Formgebung gebildet werden, wie später beschrieben. Die Ausnehmungen 201a weisen jene auf, die in der Vorderfläche 201 des ersten leitenden Abschnitts 2A gebildet sind, sowie jene, die in der Vorderfläche 201 des zweiten leitenden Abschnitts 2B gebildet sind. Die zwei Ausnehmungen 201a, die in der Vorderfläche 201 des ersten leitenden Abschnitts 2A gebildet sind, sind in y-Richtung voneinander beabstandet und überlappen einander in y-Richtung gesehen. Die zwei Ausnehmungen 201a, die in der Vorderfläche 201 des zweiten leitenden Abschnitts 2B gebildet sind, sind in y-Richtung voneinander beabstandet und überlappen einander in y-Richtung gesehen.

[0044] Das leitende Substrat 2 (jeder des ersten leitenden Abschnitts 2A und des zweiten leitenden Abschnitts 2B) weist eine Basis 21, eine vorderseitige Bond-Schicht 22 und eine rückseitige Bond-Schicht 23 auf, die aufeinander laminiert sind. Bei der Basis 21 handelt es sich um eine Platte, die aus einem Metall hergestellt ist. Das Metall ist Cu (Kupfer) oder eine Kupferlegierung. Die vorderseitige Bond-Schicht 22 ist auf der oberen Oberfläche der Basis 21 ausgebildet. Die vorderseitige Bond-Schicht 22 ist die Oberflächenschicht auf der z2-Seite des leitenden Substrats 2. Die obere Oberfläche der vorderseitigen Bond-Schicht 22 entspricht der Vorderfläche 201 des leitenden Substrats 2. Die vorderseitige Bond-Schicht 22 ist z. B. Ag-Beschichtung. Die rückseitige Bond-Schicht 23 ist auf der unteren Oberfläche der Basis 21 ausgebildet. Die rückseitige Bond-Schicht 23 ist die Oberflächenschicht auf der z1-Seite des leitenden Substrats 2. Die untere Oberfläche der rückseitigen Bond-Schicht 23 entspricht der Rückfläche 202 des leitenden Substrats 2. Wie bei der vorderseitigen Bond-Schicht 22 ist die rückseitige Bond-Schicht 23 z. B. Ag-Beschichtung.

[0045] Das Trägersubstrat 3 trägt das leitende Substrat 2. Das Trägersubstrat 3 wird z. B. durch eine Direct-Bonded-Copper-Platte (DCB-Platte) bereitgestellt. Das Trägersubstrat 3 weist eine Isolierschicht 31, eine erste Metallschicht 32, eine erste Bond-Schicht 321 und eine zweite Metallschicht 33 auf.

[0046] Bei der Isolierschicht 31 handelt es sich z. B. um ein Keramikmaterial mit ausgezeichneter Wärmeleitfähigkeit. Zu den Beispielen für ein solches Keramikmaterial zählt unter anderem AlN (Aluminiumnitrid). Die Isolierschicht 31 ist nicht auf ein Keramikmaterial beschränkt und kann z. B. eine Folie aus Isolierharz sein. Die Isolierschicht 31 ist z. B. in Draufsicht rechteckig.

[0047] Die erste Metallschicht 32 ist auf der oberen Oberfläche (die Oberfläche, die in z2-Richtung gewandt ist) der Isolierschicht 31 gebildet. Das Material, aus dem die erste Metallschicht 32 besteht, schließt z. B. Cu ein. Das Material kann anstatt Cu Al einschließen. Die erste Metallschicht 32 weist einen ersten Abschnitt 32A und einen zweiten Abschnitt 32B auf. Der erste Abschnitt 32A und der zweite Abschnitt 32B sind in x-Richtung voneinander beabstandet. Der erste Abschnitt 32A ist auf der x2-Seite des zweiten Abschnitts 32B angeordnet. Der erste leitende Abschnitt 2A ist an den ersten Abschnitt 32A gebondet und wird von diesem gelagert. Der zweite leitende Abschnitt 2B ist an den zweiten Abschnitt 32B gebondet und wird von diesem gelagert. Jeder des ersten Abschnitts 32A und des zweiten Abschnitts 32B ist z. B. in Draufsicht rechteckig.

[0048] Die erste Bond-Schicht 321 ist auf der oberen Oberfläche der ersten Metallschicht 32 gebildet (jedes des ersten Abschnitts 32A und des zweiten Abschnitts 32B). Die erste Bond-Schicht 321 ist z. B. Ag-Beschichtung. Die erste Bond-Schicht 321 ist bereitgestellt, um das Bonding durch Festkörperdiffusion mit einem ersten leitenden Bond-Material 71 zu erleichtern.

[0049] Die zweite Metallschicht 33 ist auf der unteren Oberfläche (die Oberfläche, die in z1-Richtung gewandt ist) der Isolierschicht 31 gebildet. Das Material, aus dem die zweite Metallschicht 33 besteht, ist das gleiche wie das Material, aus dem die erste Metallschicht 32 besteht. Bei dem in **Fig.** 12 gezeigten Beispiel ist die untere Oberfläche (die Unterseite 302, wie später beschrieben) der zweiten Metallschicht 33 in Bezug auf das Dichtungsharz 8 womöglich freigelegt. Die untere Oberfläche ist in Bezug auf das Dichtungsharz 8 womöglich nicht freigelegt und kann mit dem Dichtungsharz 8 bedeckt sein. Die zweite Metallschicht 33 überlappt in Draufsicht sowohl den ersten Abschnitt 32A als auch den zweiten Abschnitt 32B.

[0050] Wie in den **Fig.** 15 bis 20 gezeigt, hat das Trägersubstrat 3 eine Trägerfläche 301 und eine Unterseite 302. Die Trägerfläche 301 und die Unterseite 302 sind in z-Richtung voneinander beabstandet. Die Trägerfläche 301 ist in z2-Richtung gewandt, und die Unterseite 302 ist in z1-Richtung gewandt. Wie in **Fig.** 12 gezeigt, ist die Unterseite 302 in Bezug auf das Dichtungsharz 8 freigelegt. Bei der Trägerfläche 301 handelt es sich um die obere Oberfläche der ersten Bond-Schicht 321 und sie ist durch die obere Oberfläche des ersten Abschnitts 32A und die obere Oberfläche des zweiten Abschnitts 32B gebildet. Die Trägerfläche 301 ist dem leitenden Substrat 2 zugewandt, und das leitende Substrat 2 ist an die Trägerfläche 301 gebondet. Bei der Unterseite 302 handelt es sich um die untere Oberfläche der

zweiten Metallschicht 33. Ein nicht gezeigtes Wärmeableitelement (z. B. eine Wärmesenke) kann an der Unterseite 302 angebracht sein. Die Abmessung des Trägersusbstrats 3 in z-Richtung (der Abstand von dem Trägersubstrat 301 zu der Unterseite 302 in z-Richtung) beträgt z. B. 0,7 mm bis 2,0 mm.

[0051] Jede der Eingangsklemmen 41 bis 43 und der Ausgangsklemmen 44 wird durch eine Platte aus einem Metall bereitgestellt. Das Material, aus dem die Metallplatte besteht, ist z. B. Cu oder eine Cu-Legierung. Bei dem in den **Fig.** 3 bis 7, 10 und 12 gezeigten Beispiel weist das Halbleitermodul A1 drei Eingangsklemmen 41 bis 43 und zwei Ausgangsklemmen 44 auf.

[0052] Eine Leistungsversorgungsspannung wird zwischen den drei Eingangsklemmen 41 bis 43 angelegt. Bei der vorliegenden Ausführungsform ist die Eingangsklemme 41 eine positive Elektrode (P-Klemme), während jede der zwei Eingangsklemmen 42 und 43 eine negative Elektrode (N-Klemme) ist. Alternativ kann die Eingangsklemme 41 eine negative Elektrode (N-Klemme) sein und kann jede der zwei Eingangsklemmen 42 und 43 eine positive Elektrode (P-Klemme) sein. In einem solchen Fall kann die Verdrahtung im Inneren des Gehäuses nach Bedarf gemäß der Veränderung der Polarität von Klemmen verändert werden. Jede der drei Eingangsklemmen 41 bis 43 und zwei Ausgangsklemmen 44 weist einen Abschnitt auf, der mit dem Dichtungsharz 8 bedeckt ist, sowie einen Abschnitt, der in Bezug auf das Dichtungsharz 8 freigelegt ist.

[0053] Wie in **Fig.** 16 gezeigt, ist die Eingangsklemme 41 integral mit dem ersten leitenden Abschnitt 2A ausgebildet. Im Gegensatz zu dieser Ausgestaltung kann die Eingangsklemme 41 getrennt von dem ersten leitenden Abschnitt 2A bereitgestellt und leitend an den ersten leitenden Abschnitt 2A gebondet sein. Wie in **Fig.** 10 gezeigt, ist die Eingangsklemme 41 auf der x2-Seite in Bezug auf die ersten Halbleiterelemente 10A und den ersten leitenden Abschnitt 2A (das leitende Substrat 2) angeordnet. Die Eingangsklemme 41 ist elektrisch mit dem ersten leitenden Abschnitt 2A verbunden und außerdem elektrisch über den ersten leitenden Abschnitt 2A mit der rückseitigen Elektrode 15 (der Drain-Elektrode) jedes ersten Halbleiterelements 10A verbunden. Die Eingangsklemme 41 ist ein Beispiel für die „erste Eingangsklemme“.

[0054] Die Eingangsklemme 41 weist eine eingangsseitige Bondfläche 411 und eine eingangsseitige Seitenfläche 412 auf. Die eingangsseitige Bondfläche 411 ist in die z2-Richtung gewandt und erstreckt sich hin zu der x2-Seite. Die eingangsseitige Seitenfläche 412 befindet sich in z-Richtung gesehen an der Kante der eingangsseitigen Bondfläche 411 und ist in eine Richtung gewandt, die die eingangsseitige Bondfläche 411 schneidet. Bei der vorliegenden Ausführungsform weist die eingangsseitige Seitenfläche 412 eine Stirnfläche 413 und ein Paar von Seitenflächen 414 auf. Die Stirnfläche 413 befindet sich an dem Ende auf der x2-Seite der Eingangsklemme 41 und ist in x2-Richtung gewandt. Die Seitenflächen 414 befinden sich an gegenüberliegenden Enden in y-Richtung der Eingangsklemme 41 und sind in y1-Richtung bzw. y2-Richtung gewandt. Zumindest eine der Stirnfläche 413 und der Seitenflächen 414 der eingangsseitigen Seitenfläche 412 hat eine eingangsseitige Verarbeitungsbahn. Die eingangsseitige Verarbeitungsbahn wird durch den später beschriebenen Leadframe-Schneidprozess gebildet.

[0055] Wie in **Fig.** 10 gezeigt, sind die zwei Eingangsklemmen 42 und 43 von dem ersten leitenden Abschnitt 2A beabstandet. Das zweite leitende Element 62 ist an jede der zwei Eingangsklemmen 42 und 43 gebondet. Wie in **Fig.** 10 gezeigt, sind die zwei Eingangsklemmen 42 und 43 auf der x2-Seite in Bezug auf die ersten Halbleiterelemente 10A und den ersten leitenden Abschnitt 2A (das leitende Substrat 2) angeordnet. Die zwei Eingangsklemmen 42 und 43 sind elektrisch mit dem zweiten leitenden Element 62 verbunden und außerdem elektrisch über das zweite leitende Element 62 mit der zweiten vorderseitigen Elektrode 12 (der Source-Elektrode) jedes zweiten Halbleiterelements 10B verbunden. Die Eingangsklemme 42 ist ein Beispiel für die „zweite Eingangsklemme“, und die Eingangsklemme 43 ist ein Beispiel für die „dritte Eingangsklemme“.

[0056] Die Eingangsklemmen 42 und 43 weisen eingangsseitige Bondflächen 421 und 431 und eingangsseitige Seitenflächen 422 und 432 auf. Die eingangsseitigen Bondflächen 421 und 431 sind in z2-Richtung gewandt und erstrecken sich hin zu der x2-Seite. Die eingangsseitigen Seitenflächen 422 und 432 befinden sich in z-Richtung gesehen an den Kanten der eingangsseitigen Bondflächen 421 und 431 und sind in jeweilige Richtungen gewandt, die die eingangsseitigen Bondflächen 421 und 431 schneiden. Bei der vorliegenden Ausführungsform weist die eingangsseitige Seitenfläche 422 eine Stirnfläche 423 und ein Paar von Seitenflächen 424 auf. Die Stirnfläche 423 befindet sich an dem Ende auf der x2-Seite der Eingangsklemme 42 und ist in x2-Richtung gewandt. Die Seitenflächen 424 befinden sich an gegenüberliegenden Enden in y-Richtung der Eingangsklemme 42 und sind in y1-Richtung bzw. y2-Richtung gewandt. Zumindest eine der Stirnfläche 423 und der Seitenflächen 424 der eingangsseitigen Seitenfläche 422 hat eine eingangsseitige Verarbeitungsbahn. Die eingangsseitige Verarbeitungsbahn wird durch den später beschriebenen Leadframe-Schneidprozess gebildet. Die eingangsseitige Seitenfläche 432 weist eine Stirnfläche 433 und ein Paar von Seitenflächen 434

auf. Die Stirnfläche 433 befindet sich an dem Ende auf der x2-Seite der Eingangsklemme 43 und ist in x2-Richtung gewandt. Die Seitenflächen 434 befinden sich an gegenüberliegenden Enden in y-Richtung der Eingangsklemme 43 und sind in y1-Richtung bzw. y2-Richtung gewandt. Zumindest eine der Stirnfläche 433 und der Seitenflächen 434 der eingangsseitigen Seitenfläche 432 hat eine eingangsseitige Verarbeitungsbahn.

[0057] Wie in den **Fig.** 3 bis 7, 10 und 12 gezeigt, stehen die drei Eingangsklemmen 41 bis 43 bei dem Halbleitermodul A1 von dem Dichtungsharz 8 in x2-Richtung vor. Die drei Eingangsklemmen 41 bis 43 sind voneinander beabstandet. Die zwei Eingangsklemmen 42 und 43 sind aneinander gegenüberliegend angeordnet, wobei die Eingangsklemme 41 in y-Richtung zwischen ihnen angeordnet ist. Die Eingangsklemme 42 befindet sich auf der y2-Seite der Eingangsklemme 41, und die Eingangsklemme 43 befindet sich auf der y1-Seite der Eingangsklemme 41. Die drei Eingangsklemmen 41 bis 43 überlappen einander in y-Richtung gesehen.

[0058] Wie aus den **Fig.** 10 und 16 hervorgeht, sind die zwei Ausgangsklemmen 44 integral mit dem zweiten leitenden Abschnitt 2B ausgebildet. Im Gegensatz zu dieser Ausgestaltung kann die Ausgangsklemme 44 getrennt von dem zweiten leitenden Abschnitt 2B bereitgestellt und leitend an den zweiten leitenden Abschnitt 2B gebondet sein. Wie in **Fig.** 10 gezeigt, sind die zwei Ausgangsklemmen 44 auf der x1-Seite in Bezug auf die zweiten Halbleiterelemente 10B und den zweiten leitenden Abschnitt 2B (das leitende Substrat 2) angeordnet. Jede Ausgangsklemme 44 ist elektrisch mit dem zweiten leitenden Abschnitt 2B verbunden und außerdem elektrisch über den zweiten leitenden Abschnitt 2B mit der rückseitigen Elektrode 15 (der Drain-Elektrode) jedes zweiten Halbleiterelements 10B verbunden. Die zwei Ausgangsklemmen 44 sind Beispiele für die „erste Ausgangsklemme“ und die „zweite Ausgangsklemme“.

[0059] Jede Ausgangsklemme 44 weist eine ausgangsseitige Bondfläche 441 und eine ausgangsseitige Seitenfläche 442 auf. Die ausgangsseitige Bondfläche 441 ist in die z2-Richtung gewandt und erstreckt sich hin zu der x1-Seite. Die ausgangsseitige Seitenfläche 442 befindet sich in z-Richtung gesehen an der Kante der ausgangsseitigen Bondfläche 441 und ist in eine Richtung gewandt, die die ausgangsseitige Bondfläche 441 schneidet. Bei der vorliegenden Ausführungsform weist die ausgangsseitige Seitenfläche 442 eine Stirnfläche 443 und ein Paar von Seitenflächen 444 auf. Die Stirnfläche 443 befindet sich an dem Ende der x1-Seite der Ausgangsklemme 44 und ist in x1-Richtung gewandt. Die Seitenflächen 444 befinden sich an gegenüberliegenden Enden in y-Richtung der Ausgangsklemme 44 und sind in y1-Richtung bzw. y2-Richtung gewandt. Zumindest eine der Stirnfläche 443 und der Seitenflächen 444 der ausgangsseitigen Seitenfläche 442 hat eine ausgangsseitige Verarbeitungsbahn. Die Anzahl von Ausgangsklemmen 44 ist nicht auf zwei beschränkt und kann eins oder drei oder mehr sein. Wenn nur eine Ausgangsklemme 44 bereitgestellt ist, ist die Ausgangsklemme vorzugsweise mit dem Mittelteil in y-Richtung des zweiten leitenden Abschnitts 2B verbunden.

[0060] Die Steuerklemmen 45 sind stiftförmige Klemmen zum Regeln der Halbleiterelemente 10. Die Steuerklemmen 45 weisen eine Mehrzahl von ersten Steuerklemmen 46A bis 46E und eine Mehrzahl von zweiten Steuerklemmen 47A bis 47D auf. Die ersten Steuerklemmen 46A bis 46E werden verwendet, um die ersten Halbleiterelemente 10A zu regeln. Die zweiten Steuerklemmen 47A bis 47D werden verwendet, um die zweiten Halbleiterelemente 10B zu regeln.

[0061] Die ersten Steuerklemmen 46A bis 46E sind in Abständen entlang der y-Richtung angeordnet. Wie in den **Fig.** 10 und 16 gezeigt, sind die ersten Steuerklemmen 46A bis 46E auf dem ersten leitenden Abschnitt 2A über die Steuerklemmenträger 5 (den ersten Trägerabschnitt 5A, wie später beschrieben) gelagert. Wie in den **Fig.** 7 und 10 gezeigt, sind die ersten Steuerklemmen 46A bis 46E zwischen den ersten Halbleiterelementen 10A und den drei Eingangsklemmen 41 bis 43 in x-Richtung angeordnet.

[0062] Die erste Steuerklemme 46A ist eine Klemme (eine Gate-Klemme) zum Eingeben eines Ansteuersignals für die ersten Halbleiterelemente 10A. Ein Ansteuersignal zum Ansteuern der ersten Halbleiterelemente 10A wird in die erste Steuerklemme 46A eingegeben (z. B. eine Gate-Spannung wird angelegt).

[0063] Die erste Steuerklemme 46B ist eine Klemme (eine Source-Richtungsklemme) zum Erfassen eines Source-Signals der ersten Halbleiterelemente 10A. Die an die zweite vorderseitige Elektrode 12 (die Source-Elektrode) jedes ersten Halbleiterelements 10A angelegte Spannung (die dem Source-Strom entsprechende Spannung) wird von der ersten Steuerklemme 46B erfasst.

[0064] Die erste Steuerklemme 46C und die erste Steuerklemme 46D sind Klemmen, die elektrisch mit dem Diodenfunktionsbereich D1 verbunden sind. Die erste Steuerklemme 46C ist elektrisch mit der dritten vorderseitigen Elektrode 13 des ersten Halbleiterelements 10A mit dem Diodenfunktionsbereich D1 verbunden, und die erste Steuerklemme 46D ist elektrisch mit der vierten vorderseitigen Elekt-

rode 14 des ersten Halbleiterelements 10A mit dem Diodenfunktionsbereich D1 verbunden.

[0065] Die erste Steuerklemme 46E ist eine Klemme (eine Drain-Richtungsklemme) zum Erfassen eines Drain-Signals der ersten Halbleiterelemente 10A. Die an die rückseitige Elektrode 15 (die Drain-Elektrode) jedes ersten Halbleiterelements 10A angelegte Spannung (die dem Drain-Strom entsprechende Spannung) wird von der ersten Steuerklemme 46E erfasst.

[0066] Die zweiten Steuerklemmen 47A bis 47D sind in Abständen entlang der y-Richtung angeordnet. Wie in den **Fig.** 7 und 20 gezeigt, sind die zweiten Steuerklemmen 47A bis 47D auf dem zweiten leitenden Abschnitt 2B über die Steuerklemmenträger 5 (den zweiten Trägerabschnitt 5B, wie später beschrieben) gelagert. Wie in den **Fig.** 7 und 10 gezeigt, sind die zweiten Steuerklemmen 47A bis 47D zwischen den zweiten Halbleiterelementen 10B und den zwei Ausgangsklemmen 44 in x-Richtung angeordnet.

[0067] Jede der Steuerklemmen 45 (die ersten Steuerklemmen 46A bis 46E und die zweiten Steuerklemmen 47A bis 47D) weist eine Halterung 451 und einen Metallstift 452 auf.

[0068] Die Halterungen 451 sind aus einem elektrisch leitfähigem Material hergestellt. Wie in **Fig.** 17 gezeigt, sind die Halterungen 451 über ein leitendes Bond-Material 459 an den Steuerklemmenträger 5 (die erste Metallschicht 52, wie später beschrieben) gebondet. Jede Halterung 451 weist einen zylindrischen Abschnitt, einen oberen Flanschabschnitt und einen unteren Flanschabschnitt auf. Der obere Flanschabschnitt ist mit dem Oberstück des zylindrischen Abschnitts verbunden, und der untere Flanschabschnitt ist mit dem Bodenstück des zylindrischen Abschnitts verbunden. Ein Metallstift 452 ist in zumindest den oberen Flanschabschnitt und den zylindrischen Abschnitt jeder Halterung 451 eingesetzt. Die obere Oberfläche des oberen Flanschabschnitts ist in Bezug auf das Dichtungsharz 8 freigelegt (der zweite Vorsprung 852, wie später beschrieben) und ist mit einem Harzteil 87 bedeckt.

[0069] Die Metallstifte 452 sind stabförmige Elemente, die sich in z-Richtung erstrecken. Die Metallstifte 452 werden dadurch gelagert, dass sie in die Halterungen 451 pressgepasst werden. Die Metallstifte 452 sind zumindest über die Halterungen 451 elektrisch mit dem Steuerklemmenträger 5 (die erste Metallschicht 52, wie später beschrieben) verbunden. Wenn die unteren Enden (die Enden auf der z1-Seite) der Metallstifte 452 mit dem leitenden Bond-Material 459 innerhalb der Durchgangslöcher der Halterungen 451 in Kontakt stehen, wie in dem in **Fig.** 17 gezeigten Beispiel, sind die Metallstifte 452 über das leitende Bond-Material 459 elektrisch mit dem Steuerklemmenträger 5 verbunden.

[0070] Der Steuerklemmenträger 5 trägt die Mehrzahl von Steuerklemmen 45. Der Steuerklemmenträger 5 ist zwischen der Vorderfläche 201 (das leitende Substrat 2) und den Steuerklemmen 45 zwischengeschaltet.

[0071] Der Steuerklemmenträger 5 weist einen ersten Trägerabschnitt 5A und einen zweiten Trägerabschnitt 5B auf. Der erste Trägerabschnitt 5A ist auf dem ersten leitenden Abschnitt 2A des leitenden Substrats 2 angeordnet und trägt die ersten Steuerklemmen 46A bis 46E der Steuerklemmen 45. Wie in **Fig.** 17 gezeigt, ist der erste Trägerabschnitt 5A über ein Bond-Material 59 an den ersten leitenden Abschnitt 2A gebondet. Das Bond-Material 59 kann elektrisch leitend oder isolierend sein, und es kann z. B. Lot verwendet werden. Der zweite Trägerabschnitt 5B ist auf dem zweiten leitenden Abschnitt 2B des leitenden Substrats 2 angeordnet und trägt die zweiten Steuerklemmen 47A bis 47D der Steuerklemmen 45. Der zweite Trägerabschnitt 5B ist über ein Bond-Material 59 an den zweiten leitenden Abschnitt 2B gebondet.

[0072] Der Steuerklemmenträger 5 (jeder des ersten Trägerabschnitts 5A und des zweiten Trägerabschnitts 5B) wird z. B. durch ein DBC-Substrat bereitgestellt. Der Steuerklemmenträger 5 hat eine Isolierschicht 51, eine erste Metallschicht 52 und eine zweite Metallschicht 53, die aufeinander laminiert sind.

[0073] Die Isolierschicht 51 ist z. B. aus einem Keramikmaterial hergestellt. Die Isolierschicht 51 ist z. B. in Draufsicht rechteckig.

[0074] Wie in **Fig.** 17 gezeigt, ist die erste Metallschicht 52 auf der oberen Oberfläche der Isolierschicht 51 ausgebildet. Jede Steuerklemme 45 steht auf der ersten Metallschicht 52. Die erste Metallschicht 52 ist z. B. Cu oder eine Cu-Legierung. Wie in **Fig.** 10 gezeigt, weist die erste Metallschicht 52 einen ersten Abschnitt 521, einen zweiten Abschnitt 522, einen dritten Abschnitt 523, einen vierten Abschnitt 524 und einen fünften Abschnitt 525 auf. Der erste Abschnitt 521, der zweite Abschnitt 522, der dritte Abschnitt 523, der vierte Abschnitt 524 und der fünfte Abschnitt 525 sind voneinander beabstandet und isoliert.

[0075] Der erste Abschnitt 521, an den eine Mehrzahl von Drähten 731 gebondet ist, ist über die Drähte 731 elektrisch mit den ersten vorderseitigen Elektroden 11 (Gate-Elektroden) der Halbleiterelemente 10 verbunden. Wie in **Fig.** 10 gezeigt, ist die erste Steuerklemme 46A an den ersten Abschnitt 521 des ersten Trägerabschnitts 5A gebondet und

ist die zweite Steuerklemme 47A an den ersten Abschnitt 521 des zweiten Trägerabschnitts 5B gebondet.

[0076] Der zweite Abschnitt 522, an den eine Mehrzahl von Drähten 732 gebondet ist, ist über die Drähte 732 elektrisch mit den zweiten vorderseitigen Elektroden 12 (Source-Elektroden) der Halbleiterelemente 10 verbunden. Wie in **Fig.** 10 gezeigt, ist die erste Steuerklemme 46B an den zweiten Abschnitt 522 des ersten Trägerabschnitts 5A gebondet und ist die zweite Steuerklemme 47B an den zweiten Abschnitt 522 des zweiten Trägerabschnitts 5B gebondet.

[0077] Der dritte Abschnitt 523, an den ein Draht 733 gebondet ist, ist über den Draht 733 elektrisch mit der dritten vorderseitigen Elektrode 13 des Halbleiterelements 10 mit dem Diodenfunktionsbereich D1 verbunden. Wie in **Fig.** 10 gezeigt, ist die erste Steuerklemme 46C an den dritten Abschnitt 523 des ersten Trägerabschnitts 5A gebondet und ist die zweite Steuerklemme 47C an den dritten Abschnitt 523 des zweiten Trägerabschnitts 5B gebondet.

[0078] Der vierte Abschnitt 524, an den ein Draht 734 gebondet ist, ist über den Draht 734 elektrisch mit der vierten vorderseitigen Elektrode 14 des Halbleiterelements 10 mit dem Diodenfunktionsbereich D1 verbunden. Wie in **Fig.** 10 gezeigt, ist die erste Steuerklemme 46D an den vierten Abschnitt 524 des ersten Trägerabschnitts 5A gebondet und ist die zweite Steuerklemme 47D an den vierten Abschnitt 524 des zweiten Trägerabschnitts 5B gebondet.

[0079] Der fünfte Abschnitt 525 des ersten Trägerabschnitts 5A, an den ein Draht 735 gebondet ist, ist über den Draht 735 elektrisch mit dem ersten leitenden Abschnitt 2A verbunden. Der fünfte Abschnitt 525 des zweiten Trägerabschnitts 5B ist mit den anderen Bestandteilen nicht elektrisch verbunden. Wie in **Fig.** 10 gezeigt, ist die erste Steuerklemme 46E an den fünften Abschnitt 525 des ersten Trägerabschnitts 5A gebondet.

[0080] Wie in **Fig.** 17 gezeigt, ist die zweite Metallschicht 53 an der unteren Oberfläche der Isolierschicht 51 ausgebildet. Wie in **Fig.** 17 gezeigt, ist die zweite Metallschicht 53 des ersten Trägerabschnitts 5A über ein Bond-Material 59 an den ersten leitenden Abschnitt 2A gebondet. Die zweite Metallschicht 53 des zweiten Trägerabschnitts 5B ist über ein Bond-Material 59 an den zweiten leitenden Abschnitt 2B gebondet.

[0081] Das leitende Element 6 bildet gemeinsam mit dem leitenden Substrat 2 Pfade des Hauptkreisstroms, der von den Halbleiterelementen 10 geschaltet wird. Das leitende Element 6 ist in z2-Richtung von der Vorderfläche 201 (dem leitenden Substrat 2) beabstandet und überlappt in Draufsicht mit der Vorderfläche 201. Bei der vorliegenden Ausführungsform wird das leitende Element 6 durch eine Platte bereitgestellt, die aus einem Metall hergestellt ist. Das Metall kann z. B. Cu oder eine Kupferlegierung sein. Im Spezifischen ist das leitende Element 6 eine gebogene Metallplatte. Das leitende Element 6 ist nicht darauf beschränkt und kann aus einer Metallfolie gebildet sein. Bei der vorliegenden Ausführungsform weist das leitende Element 6 eine Mehrzahl von ersten leitenden Elementen 61 und ein zweites leitendes Element 62 auf. Der Hauptkreisstrom weist einen ersten Hauptkreisstrom und einen zweiten Hauptkreisstrom auf. Der erste Hauptkreisstrom ist ein Strom, der zwischen der Eingangsklemme 41 und den Ausgangsklemmen 44 fließt. Der zweite Hauptkreisstrom ist ein Strom, der zwischen den Ausgangsklemmen 44 und den Eingangsklemmen 42 und 43 fließt.

[0082] Jedes der ersten leitenden Elemente 61 ist mit der zweiten vorderseitigen Elektrode 12 (der Source-Elektrode) eines ersten Halbleiterelements 10A und dem zweiten leitenden Abschnitt 2B verbunden, um die zweite vorderseitige Elektrode 12 des ersten Halbleiterelements 10A und den zweiten leitenden Abschnitt 2B miteinander zu verbinden. Die Bondingverbindung zwischen jedem ersten leitenden Element 61 und der zweiten vorderseitigen Elektrode 12 (siehe **Fig.** 10) eines ersten Halbleiterelements 10A und die Bondingverbindung zwischen jedem ersten leitenden Element 61 und dem zweiten leitenden Abschnitt 2B erfolgen jeweils über ein leitendes Bond-Material 69. Das leitende Bond-Material 69 kann z. B. Lot, eine Metallpaste oder Sintermetall sein. Wie in **Fig.** 10 gezeigt, hat jedes erste leitende Element 61 die Form eines Streifens, der sich in Draufsicht in x-Richtung erstreckt.

[0083] Bei der vorliegenden Ausführungsform ist, wie in **Fig.** 8 gezeigt, jedes der ersten leitenden Elemente 61 mit einer Öffnung 61h an einem rechteckigen Abschnitt ausgebildet, die ein erstes Halbleiterelement 10A und den zweiten leitenden Abschnitt 2B verbindet. Die Öffnung 61h ist vorzugsweise in der Mitte des Rechtecks ausgebildet und kann ein in z-Richtung durchdringendes Durchgangsloch sein. Die Öffnung 61h ist ausgebildet, um das Fließen des Harzmaterials zwischen der Oberseite (z2-Seite) und der Unterseite (z1-Seite) an jedem ersten leitenden Element 61 oder in dessen Nähe zu erleichtern, wenn das fließfähige Harzmaterial gespritzt wird, um das Dichtungsharz 8 zu bilden. Die Form der Öffnung 61h in Draufsicht kann ein vollständiger Kreis sein oder kann eine andere Form wie z. B. oval oder rechteckig sein. Die Ausgestaltung des ersten leitenden Elements 61 ist nicht darauf beschränkt. Bei-

spielsweise ist das erste leitende Element 61 womöglich nicht mit der Öffnung 61h ausgebildet.

[0084] Bei der vorliegenden Ausführungsform sind drei erste leitende Elemente 61 in Entsprechung der Anzahl von ersten Halbleiterelementen 10A ausgebildet. Bei einer Abwandlung hängt die Anzahl von ersten leitenden Elementen 61 womöglich nicht von der Anzahl von ersten Halbleiterelementen 10A ab und kann ein einzelnes gemeinsames erstes leitendes Element 61 für die Mehrzahl von ersten Halbleiterelementen 10A verwendet werden.

[0085] Das zweite leitende Element 62 verbindet die zweiten vorderseitigen Elektroden 12 der zweiten Halbleiterelemente 10B und die Eingangsklemmen 42 und 43 elektrisch miteinander. Das zweite leitende Element 62 hat z. B. eine maximale Abmessung in x-Richtung von 25 mm bis 40 mm (vorzugsweise ungefähr 32 mm) und z. B. eine maximale Abmessung in y-Richtung von 30 mm bis 45 mm (vorzugsweise ungefähr 38 mm). Wie in **Fig.** 8 gezeigt, weist das zweite leitende Element 62 einen ersten Verdrahtungsabschnitt 621, einen zweiten Verdrahtungsabschnitt 622, einen dritten Verdrahtungsabschnitt 623 und einen vierten Verdrahtungsabschnitt 624 auf.

[0086] Der erste Verdrahtungsabschnitt 621 ist mit der Eingangsklemme 42 verbunden. Der erste Verdrahtungsabschnitt 621 und die Eingangsklemme 42 sind durch ein leitendes Bond-Material 69 aneinander gebondet. Der erste Verdrahtungsabschnitt 621 hat die Form eines Streifens, der sich in Draufsicht in x-Richtung erstreckt.

[0087] Der zweite Verdrahtungsabschnitt 622 ist mit der Eingangsklemme 43 verbunden. Der zweite Verdrahtungsabschnitt 622 und die Eingangsklemme 43 sind durch ein leitendes Bond-Material 69 aneinander gebondet. Der zweite Verdrahtungsabschnitt 622 hat die Form eines Streifens, der sich in Draufsicht in x-Richtung erstreckt. Der erste Verdrahtungsabschnitt 621 und der zweite Verdrahtungsabschnitt 622 sind in y-Richtung voneinander beabstandet und parallel (oder im Allgemeinen parallel) zueinander angeordnet. Der zweite Verdrahtungsabschnitt 622 ist in y1-Richtung in Bezug auf den ersten Verdrahtungsabschnitt 621 angeordnet.

[0088] Der dritte Verdrahtungsabschnitt 623 ist sowohl mit dem ersten Verdrahtungsabschnitt 621 als auch dem zweiten Verdrahtungsabschnitt 622 verbunden. Der dritte Verdrahtungsabschnitt 623 hat die Form eines Streifens, der sich in Draufsicht in y-Richtung erstreckt. Wie aus **Fig.** 8 hervorgeht, überlappt der dritte Verdrahtungsabschnitt 623 die zweiten Halbleiterelemente 10B in Draufsicht. Der dritte Verdrahtungsabschnitt 623 ist mit jedem der zweiten Halbleiterelemente 10B verbunden, wie in **Fig.** 19 gezeigt. Der dritte Verdrahtungsabschnitt 623 hat eine Mehrzahl von gezahnten Bereichen 623a. Wie in **Fig.** 19 gezeigt, steht jeder der gezahnten Bereiche 623a in z1-Richtung relativ zu anderen Abschnitten des dritten Verdrahtungsabschnitts 623 vor. Die gezahnten Bereiche 623a des dritten Verdrahtungsabschnitts 623 sind jeweils an die zweiten Halbleiterelemente 10B gebondet. Jeder gezahnte Bereich 623a des dritten Verdrahtungsabschnitts 623 und die zweite vorderseitige Elektrode 12 (siehe **Fig.** 10) eines jeweiligen zweiten Halbleiterelements 10B sind über ein leitendes Bond-Material 69 aneinander gebondet.

[0089] Der vierte Verdrahtungsabschnitt 624 ist sowohl mit dem ersten Verdrahtungsabschnitt 621 als auch dem zweiten Verdrahtungsabschnitt 622 verbunden. Außerdem ist der vierte Verdrahtungsabschnitt 624 mit dem dritten Verdrahtungsabschnitt 623 verbunden. Der vierte Verdrahtungsabschnitt 624 ist in x2-Richtung von dem dritten Verdrahtungsabschnitt 623 angeordnet. Wie aus **Fig.** 8 hervorgeht, überlappt der vierte Verdrahtungsabschnitt 624 die ersten Halbleiterelemente 10A in Draufsicht. Der vierte Verdrahtungsabschnitt 624 hat einen ersten Streifenabschnitt 625 und eine Mehrzahl von zweiten Streifenabschnitten 626.

[0090] Der erste Streifenabschnitt 625, bei dem es sich um einen Abschnitt des vierten Verdrahtungsabschnitts 624 handelt und der in Draufsicht die Form eines Streifens aufweist, ist in x-Richtung von dem dritten Verdrahtungsabschnitt 623 beabstandet. Der erste Streifenabschnitt 625 ist sowohl mit dem ersten Verdrahtungsabschnitt 621 als auch dem zweiten Verdrahtungsabschnitt 622 verbunden. Der erste Streifenabschnitt 625 überlappt die ersten Halbleiterelemente 10A in Draufsicht. Der erste Streifenabschnitt 625 hat eine Mehrzahl von erhöhten Bereichen 625a. Wie in **Fig.** 18 gezeigt, steht jeder erhöhte Bereich 625a in z2-Richtung relativ zu anderen Abschnitten des ersten Streifenabschnitts 625 vor. Wie in **Fig.** 8 gezeigt, überlappt jeder erhöhte Bereich 625a ein erstes Halbleiterelement 10A in Draufsicht. Da der erste Streifenabschnitt 625 die erhöhten Bereiche 625a besitzt, wird Raum für das Bonden eines ersten leitende Elements 61 über jedem der ersten Halbleiterelemente 10A bereitgestellt. Somit wird verhindert, dass der erste Streifenabschnitt 625 mit den ersten leitenden Elementen 61 in Kontakt gelangt.

[0091] Jeder der zweiten Streifenabschnitte 626 ist mit dem ersten Streifenabschnitt 625 und mit dem dritten Verdrahtungsabschnitt 623 verbunden. Jeder zweite Streifenabschnitt 626 hat die Form eines Streifens, der sich in Draufsicht in x-Richtung erstreckt. Die zweiten Streifenabschnitte 626 sind in y-Richtung voneinander beabstandet und parallel (oder im Allgemeinen parallel) zueinander angeordnet. In Draufsicht hat jeder der zweiten Streifenab-

schnitte 626 ein Ende, das mit dem ersten Streifenabschnitt 625 zwischen zwei ersten Halbleiterelementen 10A in Angrenzung aneinander in y-Richtung verbunden ist, und ein weiteres Ende, das mit dem dritten Verdrahtungsabschnitt 623 zwischen zwei zweiten Halbleiterelementen 10B in Angrenzung aneinander in y-Richtung verbunden ist.

[0092] Der erste Streifenabschnitt 625 hat eine erste Kante 627 und eine zweite Kante 628. Wie in **Fig.** 9 gezeigt, befindet sich die erste Kante 627 in Draufsicht in x1-Richtung von der ersten Seite 191 und erstreckt sich zumindest von der dritten Seite 193 zu der vierten Seite 194 in y-Richtung. Bei einer solchen Ausgestaltung überlappen die zwei Ecken 171 und 172 auf der x2-Seite jedes ersten Halbleiterelements 10A das zweite Halbleiterelement 62 in Draufsicht nicht. Die zwei Ecken sind die Ecke 171, die durch die erste Seite 191 und die dritte Seite 193 gebildet wird, und die Ecke 172, die durch die erste Seite 191 und die vierte Seite 194 gebildet wird. Somit sind bei jedem ersten Halbleiterelement 10A jeweilige zwei Seiten, die die Ecke 171 und die Ecke 172 bilden, in Draufsicht teilweise sichtbar (im Spezifischen bei Betrachtung wie in **Fig.** 9; das Gleiche gilt im Nachstehenden). Wie in **Fig.** 9 gezeigt, befindet sich die zweite Kante 628 in Draufsicht in x2-Richtung von der zweiten Seite 192 und erstreckt sich zumindest von der dritten Seite 193 zu der vierten Seite 194 in y-Richtung. Bei einer solchen Ausgestaltung überlappen die zwei Ecken 173 und 174 auf der x1-Seite jedes ersten Halbleiterelements 10A das zweite Halbleiterelement 62 in Draufsicht nicht. Die zwei Ecken sind die Ecke 173, die durch die zweite Seite 192 und die dritte Seite 193 gebildet wird, und die Ecke 174, die durch die zweite Seite 192 und die vierte Seite 194 gebildet wird. Somit sind bei jedem ersten Halbleiterelement 10A jeweilige zwei Seiten, die die Ecke 173 und die Ecke 174 bilden, in Draufsicht teilweise sichtbar.

[0093] Die zwei Seiten, die jede Ecke 171, 172, 173, 174 bilden, sollten in Draufsicht mit einer Länge von mehr als 0 um und höchstens 200 µm sichtbar sein. Die Länge des sichtbaren Abschnitts jeder der zwei Seiten, die jede Ecke 171, 172, 173, 174 bilden, beträgt in Draufsicht vorzugsweise 5 µm oder mehr und 150 um oder weniger. Wenn die Länge des sichtbaren Abschnitts jeder der zwei Seiten, die jede Ecke 171, 172, 173, 174 bilden, 2 um oder mehr ist, können die Ecken des ersten Halbleiterelements 10A erfasst werden. Wenn die Länge des sichtbaren Abschnitts jeder dieser zwei Seiten 5 um oder mehr ist, können die Ecken des ersten Halbleiterelements 10A zuverlässig erfasst werden. Wenn die Länge des sichtbaren Abschnitts der oben beschriebenen zwei Seiten 200 um überschreitet, ist die Bondingfläche zwischen dem ersten leitenden Element 61 und dem ersten Halbleiterelement 10A kleiner als erforderlich, was nicht erwünscht ist. Wenn die Länge des sichtbaren Abschnitts der oben beschriebenen zwei Seiten nicht größer als die Obergrenze von 150 µm ist, wird verhindert, dass die Bondingfläche zwischen dem ersten leitenden Element 61 und dem ersten Halbleiterelement 10A zu klein wird, was erwünscht ist.

[0094] Wie in **Fig.** 8 gezeigt, weist das leitende Elemente 6 (die ersten leitenden Elemente 61 und das zweite leitende Element 62) erste Abschnitte 601 auf. Jeder erste Abschnitt 601 ist ein Bereich, der ein Halbleiterelement 10 (eines der ersten Halbleiterelemente 10A und der zweiten Halbleiterelemente 10B) in Draufsicht überlappt. Bei dem zweiten leitenden Element 62 bilden Abschnitte des vierten Verdrahtungsabschnitts 624 (die Bereiche, die die ersten Halbleiterelemente 10A in Draufsicht überlappen) und Abschnitte des dritten Verdrahtungsabschnitts 623 (die Bereiche, die die zweiten Halbleiterelemente 10B in Draufsicht überlappen) die ersten Abschnitte 601.

[0095] Wie in den **Fig.** 8 und 10 gezeigt, sind die vorderseitigen Elektroden 11, 13, 14 und 16 des ersten Halbleiterelements 10A (das erste Halbleiterelement 10A mit dem Diodenfunktionsbereich D1) entlang der y-Richtung an dem Ende auf der x2-Seite des ersten Halbleiterelements 10A angeordnet. In Draufsicht überlappen das erste leitende Element 61 und das zweite leitende Element 62 keine der vorderseitigen Elektroden 11, 13, 14, 16 und der Ecken 171 und 172 auf der x2-Seite des ersten Halbleiterelements 10A. Darüber hinaus überlappen das erste leitende Element 61 und das zweite leitende Element 62 in Draufsicht zumindest eine der Ecken 173 und 174 auf der x1-Seite (gegenüber der Seite, auf der vorderseitige Elektroden angeordnet sind) des ersten Halbleiterelements 10A nicht. In Draufsicht sind somit zumindest drei der vier Ecken 171, 172, 173 und 174 des ersten Halbleiterelements 10A sichtbar. Wenn das erste Halbleiterelement 10A, das erste leitende Element 61 und das zweite leitende Element 62 auf dem leitenden Substrat 2 befestigt sind, kann aus diesem Grund mittels Sichtprüfung geprüft werden, ob das Halbleiterelement 10A korrekt befestigt ist. Alle vier Ecken 171, 172, 173 und 174 des ersten Halbleiterelements 10A können in Draufsicht sichtbar sein. Die vorderseitigen Elektroden 11, 13, 14 und 16 des oben beschriebenen ersten Halbleiterelements 10A sind ein Beispiel für eine „erstseitige vorderseitige Elektrode“.

[0096] Wie in **Fig.** 8 gezeigt, ist, wie auch bei den ersten Halbleiterelementen 10A, jedes der zweiten Halbleiterelemente 10B in Draufsicht rechteckig und hat vier Ecken 181, 182, 183 und 184, die den vier Ecken 171, 172, 173 und 174 der ersten Halbleiterelemente 10A entsprechen. Die Beziehung zwischen den vier Ecken 181, 182, 183 und 184 jedes zweiten Halbleiterelements 10B und dem zweiten leitenden

Element 62 in Draufsicht ist die gleiche wie die Beziehung zwischen den vier Ecken 171, 172, 173 und 174 jedes ersten Halbleiterelements 10A und den ersten und den zweiten leitenden Elementen 61 und 62 in Draufsicht.

[0097] Wie in **Fig.** 7 gezeigt, weist das zweite leitende Element 62 erste Abschnitte 62A und zweite Abschnitte 62B auf. Jeder erste Abschnitt 62A überlappt in Draufsicht die Vorderfläche 201 des leitenden Substrats 2 (die Vorderfläche 201 des ersten leitenden Abschnitts 2A oder des zweiten leitenden Abschnitts 2B), überlappt in Draufsicht jedoch keines der Halbleiterelemente 10. Jeder zweite Abschnitt 62B überlappt in Draufsicht die Vorderfläche 201 und überlappt in Draufsicht auch eines der Halbleiterelemente 10. In **Fig.** 7 sind die ersten Abschnitte 62A mit diagonalen Linien schraffiert, die sich nach oben rechts erstrecken, und sind die zweiten Abschnitte 62B mit diagonalen Linien schraffiert, die sich nach unten rechts erstrecken. Die ersten Abschnitte 62A haben Öffnungen 63. Wie in den **Fig.** 7 und 15 gezeigt, entsprechen die Öffnungen 63 in Draufsicht Stellen, an denen das Material lokal entfernt ist. Bei der vorliegenden Ausführungsform befinden sich die Öffnungen 63 an Stellen, die die Vorderfläche 201 des ersten leitenden Abschnitts 2A (das leitende Substrat 2) in Draufsicht überlappen, die Halbleiterelemente 10 in Draufsicht jedoch nicht überlappen. Die Öffnungen 63 sind z. B. in z-Richtung durchdringende Durchgangslöcher. Die Öffnungen 63 weisen eine auf, die in dem ersten Verdrahtungsabschnitt 621 ausgebildet ist, und eine, die in dem zweiten Verdrahtungsabschnitt 622 ausgebildet ist. In Draufsicht sind die Öffnungen 63 nahe zumindest zweien der vier Ecken des leitenden Substrats 2 bereitgestellt und z. B. in dem ersten Verdrahtungsabschnitt 621 und dem zweiten Verdrahtungsabschnitt 622 an Stellen bereitgestellt, die in x2-Richtung versetzt sind. Die Ausgestaltung der Öffnungen 63 in Draufsicht ist nicht beschränkt und sie kann ein Loch wie bei der vorliegenden Ausführungsform sein oder im Gegensatz zu der vorliegenden Ausführungsform eine Kerbe sein. Die Öffnungen 63 können z. B. durch Galvanoformung gebildet werden. In diesem Fall weist das zweite leitende Element 62 Öffnungen 63 auf, die den Stellen entsprechen, an denen das Metall nicht abgeschieden ist, nicht die Öffnungen 63, die den Stellen entsprechen, an denen das Metall entfernt ist.

[0098] Das zweite leitende Element 62 weist Öffnungen 625h auf, die an den rechteckigen Abschnitten ausgebildet sind, die die ersten Halbleiterelemente 10A in Draufsicht überlappen. Bei der vorliegenden Ausführungsform ist jede Öffnung 625h vorzugsweise so ausgebildet, dass sie die Mitte eines ersten Halbleiterelements 10A in Draufsicht überlappt. Die Öffnungen 625h sind z. B. Durchgangslöcher, die in den erhöhten Bereichen 625a des ersten Streifenabschnitts 625 (der vierte Verdrahtungsabschnitt 624) ausgebildet sind (siehe **Fig.** 8). Die Öffnungen 625h werden verwendet, um den Zustand der Bondingverbindung von oben in der Bondingverbindung zwischen dem ersten leitenden Element 61 und den ersten Halbleiterelementen 10A einer Sichtprüfung zu unterziehen.

[0099] Das zweite leitende Element 62 weist Öffnungen 623h auf, die an den rechteckigen Abschnitten ausgebildet sind, die die zweiten Halbleiterelemente 10B in Draufsicht überlappen. Bei der vorliegenden Ausführungsform ist jede Öffnen 623h vorzugsweise so ausgebildet, dass sie die Mitte eines zweiten Halbleiterelements 10B in Draufsicht überlappt. Die Öffnungen 623h sind z. B. Durchgangslöcher, die in den gezahnten Bereichen 623a des dritten Verdrahtungsabschnitts 623 ausgebildet sind. Die Öffnungen 623h werden verwendet, um das zweite leitende Element 62 in Bezug auf das leitende Substrat 2 zu positionieren. Die Form der zwei Arten von Öffnungen 623h und 625h in Draufsicht kann ein vollständiger Kreis sein oder kann eine andere Form wie z. B. oval oder rechteckig sein.

[0100] Die Ausgestaltung des zweiten leitenden Elements 62 ist nicht auf die obige beschränkt. Beispielsweise weist das zweite leitende Element den vierten Verdrahtungsabschnitt 624 womöglich nicht auf. Um die Induktivität aufgrund des in dem zweiten leitenden Element 62 fließenden Stroms zu verringern, wird jedoch bevorzugt, dass das zweite leitende Element 62 den vierten Verdrahtungsabschnitt 624 aufweist.

[0101] Die ersten leitenden Bond-Materialien 71 sind zwischen dem leitenden Substrat 2 und dem Trägersubstrat 3 zwischengeschaltet, um das leitende Substrat 2 und das Trägersubstrat 3 elektrisch aneinander zu bonden. Die ersten leitenden Bond-Materialien 71 weisen eines auf, das den ersten leitenden Abschnitt 2A leitend an den ersten Abschnitt 32A bondet, und eines, das den zweiten leitenden Abschnitt 2B leitend an den zweiten Abschnitt 32B bondet. Wie in **Fig.** 17 gezeigt, weist jedes der ersten leitenden Bond-Materialien 71 eine erste Grundschicht 711, eine erste Schicht 712 und eine zweite Schicht 713 auf.

[0102] Wie in **Fig.** 17 gezeigt, ist es am stärksten erwünscht, dass die Seitenfläche jedes ersten leitenden Bond-Materials 71 und die Seitenfläche der ersten Metallschicht 32, bei der es sich um die obere Schicht des Trägersubstrats 3 handelt, bündig miteinander verlaufen. Es wird bevorzugt, dass die Seitenfläche der ersten Metallschicht 32 in Draufsicht etwas einwärts der Seitenfläche des ersten leitenden Bond-Materials 71 angeordnet ist. Die Bondingverbindung erfolgt also derart, dass die Seitenfläche der ersten Metallschicht 32 in Draufsicht nicht von

der Seitenfläche des ersten leitenden Bond-Materials 71 vorsteht. Wenn die Seitenfläche der ersten Metallschicht 32 in Draufsicht von dem ersten leitenden Bond-Material 71 vorsteht, nimmt die Kriechstrecke zwischen der ersten Metallschicht 32 und der zweiten Metallschicht 33 ab, was nicht erwünscht ist. Im Übrigen befindet sich die Seitenfläche der ersten Metallschicht 32 in Draufsicht außerhalb der Seitenfläche der Basis 21 des leitenden Substrats 2.

[0103] Die erste Grundschicht 711 ist aus einem Metall hergestellt, das z. B. Al oder eine Al-Legierung sein kann. Die erste Grundschicht 711 ist ein Plattenmaterial. Der Elastizitätsmodul von Al (Aluminium), bei dem es sich um das Material handelt, aus dem die erste Grundschicht 711 besteht, beläuft sich auf 70,3 GPa.

[0104] Die erste Schicht 712 ist auf der oberen Oberfläche der ersten Grundschicht 711 ausgebildet. Die erste Schicht 712 ist zwischen der ersten Grundschicht 711 und dem leitenden Substrat 2 (jedem des ersten leitenden Abschnitts 2A und des zweiten leitenden Abschnitts 2B) zwischengeschaltet. Die erste Schicht 712 ist z. B. Ag-Beschichtung. Die erste Schicht 712 wird z. B. mittels Festkörperdiffusion eines Metalls an die rückseitige Bond-Schicht 23 jedes des ersten leitenden Abschnitts 2A und des zweiten leitenden Abschnitts 2B gebondet. Die erste Schicht 712 und die rückseitige Bond-Schicht 23 jedes des ersten leitenden Abschnitts 2A und des zweiten leitenden Abschnitts 2B werden also mittels FestkörperdiffusionsBond-S gebondet. Somit werden die erste Schicht 712 und jede rückseitige Bond-Schicht 23 in direktem Kontakt miteinander an der Bondinggrenzfläche gebondet. Bei der vorliegenden Offenbarung bedeutet „A und B werden mittels FestkörperdiffusionsBond-S gebondet“, dass A und B infolge eines FestkörperdiffusionsBond-S in direktem Kontakt miteinander an der Bondinggrenzfläche gebondet werden und dass eine FestkörperdiffusionsBond-Schicht durch A und B gebildet wird. Wenn ein Festkörperdiffusionsbonding unter idealen Bedingungen durchgeführt wird, darf die Bondinggrenzfläche aufgrund der Diffusion metallischer Elemente nicht unterschiedlich sein. Wenn hingegen Einschlüsse wie z. B. ein Oxidfilm auf den Oberflächenschichten von A und B vorhanden sind oder Hohlräume zwischen A und B bestehen, können diese Einschlüsse oder Hohlräume an der Bondinggrenzfläche vorhanden sein.

[0105] Die zweite Schicht 713 ist auf der unteren Oberfläche der ersten Grundschicht 711 ausgebildet. Die zweite Schicht 713 ist zwischen der ersten Grundschicht 711 und dem Trägersubstrat 3 (jedem des ersten Abschnitts 32A und des zweiten Abschnitts 32B) zwischengeschaltet. Die zweite Schicht 713 ist z. B. Ag-Beschichtung. Die zweite Schicht 713 wird z. B. durch Festkörperdiffusion eines Metalls an die erste Bond-Schicht 321 gebondet, die auf jedem des ersten Abschnitts 32A und des zweiten Abschnitts 32B ausgebildet ist Die zweite Schicht 713 und die erste Bond-Schicht 321 werden also mittels FestkörperdiffusionsBond-S gebondet und in direktem Kontakt miteinander an der Bondinggrenzfläche gebondet. Der Elastizitätsmodul von Ag (Silber), bei dem es sich um das Material handelt, aus dem die erste Schicht 712 und die zweite Schicht 713 aufgebaut sind, beläuft sich auf 82,7 GPa.

[0106] Bei jedem ersten leitenden Bond-Material 71 ist der Elastizitätsmodul („Young's modulus“) der ersten Grundschicht 711 kleiner als der Elastizitätsmodul der ersten Schicht 712 und der zweiten Schicht 713, da das Material, aus dem die erste Grundschicht 711 besteht, und das Material, aus dem die erste Schicht 712 und die zweite Schicht 713 aufgebaut sind, wie oben beschrieben sind. Die Dicke (die Abmessung in z-Richtung) der ersten Grundschicht 711 ist größer als die Dicken der ersten Schicht 712 und der zweiten Schicht 713.

[0107] Bei jedem ersten leitenden Bond-Material 71 ist die Stirnfläche der ersten Grundschicht 711, bei der es sich um Al oder eine Al-Legierung handelt, nicht mit Ag beschichtet und ist die Stirnfläche der ersten Grundschicht 711 freigelegt. Die Stirnfläche der ersten Grundschicht 711 kann jedoch mit Ag beschichtet sein. Unter dem Gesichtspunkt einer Verringerung der Herstellungskosten für das erste leitende Bond-Material 71 wird bevorzugt, das erste leitende Bond-Material 71 durch Beschichten beider Seiten eines großflächigen Plattenmaterials mit Ag und danach Schneiden des Ag-beschichteten Plattenmaterials zu fertigen. Unter diesem Gesichtspunkt wird bevorzugt, dass die Stirnfläche der ersten Grundschicht 711 nicht unter Ag-Beschichtung ausgebildet wird.

[0108] Die zweiten leitenden Bond-Materialien 72 sind zwischen dem leitenden Substrat 2 und den Halbleiterelementen 10 zwischengeschaltet, um das leitende Substrat 2 und die Halbleiterelemente 10 elektrisch aneinander zu bonden. Die zweiten leitenden Bond-Materialien 72 weisen eines auf, das jedes der ersten Halbleiterelemente 10A leitend an den ersten leitenden Abschnitt 2A bondet, und eines, das jedes der zweiten Halbleiterelemente 10B leitend an den zweiten leitenden Abschnitt 2B bondet. Wie in **Fig.** 17 gezeigt, weist jedes der zweiten leitenden Bond-Materialien 72 eine zweite Grundschicht 721, eine dritte Schicht 722 und eine vierte Schicht 723 auf.

[0109] Die zweite Grundschicht 721 ist aus einem Metall hergestellt, das z. B. Al oder eine Al-Legierung sein kann. Die zweite Grundschicht 721 ist ein Plattenmaterial.

[0110] Die dritte Schicht 722 ist auf der oberen Oberfläche der zweiten Grundschicht 721 ausgebildet. Die dritte Schicht 722 ist zwischen der zweiten Grundschicht 721 und jedem Halbleiterelement 10 zwischengeschaltet. Die dritte Schicht 722 ist z. B. Ag-Beschichtung. Die dritte Schicht 722 ist z. B. durch Festkörperdiffusion eines Metalls an die rückseitige Elektrode 15 jedes Halbleiterelements 10 gebondet. Die dritte Schicht 722 und die rückseitige Elektrode 15 sind somit durch Festkörperdiffusionsbonding gebondet und in direktem Kontakt miteinander an der Bondinggrenzfläche gebondet.

[0111] Die vierte Schicht 723 ist auf der unteren Oberfläche der zweiten Grundschicht 721 ausgebildet. Die vierte Schicht 723 ist zwischen der zweiten Grundschicht 721 und dem leitenden Substrat 2 (jedem des ersten leitenden Abschnitts 2A und des zweiten leitenden Abschnitts 2B) zwischengeschaltet. Die vierte Schicht 723 ist z. B. Ag-Beschichtung. Die vierte Schicht 723 wird z. B. mittels Festkörperdiffusion eines Metalls an die vorderseitige Bond-Schicht 22 jedes des ersten leitenden Abschnitts 2A und des zweiten leitenden Abschnitts 2B gebondet. Die vierte Schicht 723 und jede vorderseitige Bond-Schicht 22 sind somit durch Festkörperdiffusionsbonding gebondet und in direktem Kontakt miteinander an der Bondinggrenzfläche gebondet.

[0112] Bei dem zweiten leitenden Bond-Material 72 ist der Elastizitätsmodul der zweiten Grundschicht 721 kleiner als der Elastizitätsmodul der dritten Schicht 722 und der vierten Schicht 723, da das Material, aus dem die zweite Grundschicht 721 besteht, und das Material, aus dem die dritte Schicht 722 und die vierte Schicht 733 aufgebaut sind, wie oben beschrieben sind. Die Dicke (die Abmessung in z-Richtung) der zweiten Grundschicht 721 ist größer als die Dicken der dritten Schicht 722 und der vierten Schicht 723.

[0113] Bei jedem zweiten leitenden Bond-Material 72 ist die Stirnfläche der zweiten Grundschicht 721, bei der es sich um Al oder eine Al-Legierung handelt, nicht mit Ag beschichtet und ist die Stirnfläche der zweiten Grundschicht 721 freigelegt. Die Stirnfläche der zweiten Grundschicht 721 kann jedoch mit Ag beschichtet sein. Unter dem Gesichtspunkt einer Verringerung der Herstellungskosten für das zweite leitende Bond-Material 72 wird bevorzugt, das zweite leitende Bond-Material 72 durch Beschichten beider Seiten eines großflächigen Plattenmaterials mit Ag und danach Schneiden des Ag-beschichteten Plattenmaterials zu fertigen. Unter diesem Gesichtspunkt wird bevorzugt, dass die Stirnfläche der zweiten Grundschicht 721 nicht mit Ag-Beschichtung ausgebildet wird.

[0114] Jeder der Drähte 731 bis 735 verbindet zwei Abschnitte, die voneinander getrennt sind, elektrisch. Die Drähte 731 bis 735 sind z. B. Bondingdrähte. Das Material, aus dem jeder Draht 731 bis 735 besteht, weist z. B. eines von Au (Gold), Al und Cu auf.

[0115] Wie in **Fig.** 10 gezeigt, ist jeder der Drähte 731 an die erste vorderseitige Elektrode 11 (die Gate-Elektrode) eines Halbleiterelements 10 und den ersten Abschnitt 521 (die erste Metallschicht 52) jedes Steuerklemmenträgers 5 gebondet, um diese elektrisch zu verbinden. Wie in **Fig.** 10 gezeigt, weisen die Drähte 731 eine Mehrzahl von ersten Drähten 731a und eine Mehrzahl von zweiten Drähten 731b auf. Jeder der ersten Drähte 731a ist mit der ersten vorderseitigen Elektrode 11 (der Gate-Elektrode) eines ersten Halbleiterelements 10A und dem ersten Abschnitt 521 (der ersten Metallschicht 52) des ersten Trägerabschnitts 5A verbunden. Somit ist die erste Steuerklemme 46A über einen ersten Draht 731a elektrisch mit der ersten vorderseitigen Elektrode 11 (der Gate-Elektrode) jedes ersten Halbleiterelements 10A verbunden. Jeder der zweiten Drähte 731b ist mit der ersten vorderseitigen Elektrode 11 (der Gate-Elektrode) eines zweiten Halbleiterelements 10B und dem ersten Abschnitt 521 (der ersten Metallschicht 52) des zweiten Trägerabschnitts 5B verbunden. Somit ist die zweite Steuerklemme 47A über einen zweiten Draht 731b elektrisch mit der ersten vorderseitigen Elektrode 11 (der Gate-Elektrode) jedes zweiten Halbleiterelements 10B verbunden.

[0116] Wie in **Fig.** 10 gezeigt, ist jeder der Drähte 732 an die zweite vorderseitige Elektrode 12 (die Source-Elektrode) eines Halbleiterelements 10 und den zweiten Abschnitt 522 (die erste Metallschicht 52) jedes Steuerklemmenträgers 5 gebondet, um diese elektrisch zu verbinden. Bei jedem Halbleiterelement 10 mit dem Diodenfunktionsbereich D1 ist jeder Draht 732 jedoch an die fünfte vorderseitige Elektrode 16 (die Source-Richtungselektrode) und nicht an die zweite vorderseitige Elektrode 12 (die Source-Elektrode) gebondet.

[0117] Wie in **Fig.** 10 gezeigt, ist jeder der Drähte 733 an die dritte vorderseitige Elektrode 13 eines Halbleiterelements 10 mit dem Diodenfunktionsbereich D1 und den dritten Abschnitt 523 (die erste Metallschicht 52) jedes Steuerklemmenträgers 5 gebondet, um diese elektrisch zu verbinden.

[0118] Wie in **Fig.** 10 gezeigt, ist jeder der Drähte 734 an die vierte vorderseitige Elektrode 14 eines Halbleiterelements 10 mit dem Diodenfunktionsbereich D1 und den vierten Abschnitt 524 (die erste Metallschicht 52) jedes Steuerklemmenträgers 5 gebondet, um diese elektrisch zu verbinden.

[0119] Wie in **Fig.** 10 gezeigt, ist der Draht 735 an die Vorderfläche 201 des ersten leitenden Abschnitts 2A (des leitenden Substrats 2) und den fünften

Abschnitt 525 (die erste Metallschicht 52) des ersten Trägerabschnitts 5A (des Steuerklemmenträgers 5) gebondet, um diese elektrisch zu verbinden.

[0120] Das Dichtungsharz 8 deckt die Halbleiterelemente 10, das leitende Substrat 2, das Trägersubstrat 3 (mit Ausnahme der Unterseite 302), einen Teil jeder Eingangsklemme 41 bis 43, einen Teil jeder Ausgangsklemme 44, einen Teil jeder Steuerklemme 45, den Steuerklemmenträger 5, das leitende Element 6 und die Drähte 731 bis 735 ab. Das Dichtungsharz 8 ist z. B. aus schwarzem Epoxidharz hergestellt. Das Dichtungsharz 8 wird durch Formgebung ausgebildet, wie später beschrieben. Die Abmessungen des Dichtungsharzes 8 sind z. B. ungefähr 35 mm bis 60 mm in x-Richtung, ungefähr 35 mm bis 50 mm in y-Richtung und ungefähr 4 mm bis 15 mm in z-Richtung. Diese Abmessungen sind die Größe des größten Abschnitts entlang jeder Richtung. Das Dichtungsharz 8 hat eine Harzvorderfläche 81, eine Harzrückfläche 82 und eine Mehrzahl von Harzseitenflächen 831 bis 834.

[0121] Wie in den **Fig.** 11, 13 und 14 gezeigt, sind die Harzvorderfläche 81 und die Harzrückfläche 82 in z-Richtung voneinander beabstandet. Die Harzvorderfläche 81 ist in z2-Richtung gewandt und die Harzrückfläche 82 ist in z1-Richtung gewandt. Die Steuerklemmen 45 (die ersten Steuerklemmen 46A bis 46E und die zweiten Steuerklemmen 47A bis 47D) stehen von der Harzvorderfläche 81 vor. Wie in **Fig.** 12 gezeigt, weist die Harzrückfläche 82 in Draufsicht eine Rahmenform auf, die die Unterseite 302 des Trägersubstrats 3 (die untere Oberfläche der zweiten Metallschicht 33) umgibt. Die Unterseite 302 des Trägersubstrats 3 ist an der Harzrückfläche 82 freigelegt und kann mit der Harzrückfläche 82 bündig verlaufen. Jede der Harzseitenflächen 831 bis 834 ist mit sowohl der Harzvorderfläche 81 als auch der Harzrückfläche 82 verbunden und in z-Richtung sandwichartig zwischen diesen Flächen aufgenommen. Wie in **Fig.** 6 gezeigt, sind die Harzseitenfläche 831 und die Harzseitenfläche 832 in x-Richtung voneinander beabstandet. Die Harzseitenfläche 831 ist in x1-Richtung gewandt und die Harzseitenfläche 832 ist in x2-Richtung gewandt. Die zwei Ausgangsklemmen 44 stehen von der Harzseitenfläche 831 vor, und drei Eingangsklemmen 41 bis 43 stehen von der Harzseitenfläche 832 vor. Wie in **Fig.** 6 gezeigt, sind die Harzseitenfläche 833 und die Harzseitenfläche 834 in y-Richtung voneinander beabstandet. Die Harzseitenfläche 833 ist in y1-Richtung gewandt und die Harzseitenfläche 834 ist in y2-Richtung gewandt.

[0122] Wie in den **Fig.** 6 gezeigt, ist auf der Harzseitenfläche 832 eine Mehrzahl von Ausnehmungen 832a gebildet. Jede Ausnehmung 832a ist ein Abschnitt, der in Draufsicht in x-Richtung ausgenommen ist. Eine der Ausnehmungen 832a ist in Draufsicht zwischen der Eingangsklemme 41 und der Eingangsklemme 42 ausgebildet, und eine andere der Ausnehmungen 832a ist in Draufsicht zwischen der Eingangsklemme 41 und der Eingangsklemme 43 ausgebildet. Die Ausnehmungen 832a sind bereitgestellt, um die Strecke entlang der Harzseitenfläche 832 oder die Kriechstrecke zwischen der Eingangsklemme 41 und der Eingangsklemme 42 und die Strecke entlang der Harzseitenfläche 832 oder die Kriechstrecke zwischen der Eingangsklemme 41 und der Eingangsklemme 43 zu erhöhen.

[0123] Wie in den **Fig.** 15 und 16 gezeigt, hat das Dichtungsharz 8 eine Mehrzahl von ersten Vorsprüngen 851, eine Mehrzahl von zweiten Vorsprüngen 852 und Harzhohlraumabschnitte 86.

[0124] Die ersten Vorsprünge 851 stehen in z-Richtung von der Harzvorderfläche 81 vor. In Draufsicht sind die ersten Vorsprünge 851 an vier Ecken des Dichtungsharzes 8 angeordnet. Jeder der ersten Vorsprünge 851 hat an seinem äußersten Ende (dem Ende in z2-Richtung) eine Stirnfläche 851a ersten Vorsprungs. Die Stirnflächen 851a ersten Vorsprungs der ersten Vorsprünge 851 verlaufen parallel (oder im Allgemeinen parallel) zu der Harzvorderfläche 81 und sind auf der gleichen Ebene (x-y-Ebene) angeordnet. Jeder erste Vorsprung 851 kann die gleiche Form z. B. eines hohlen Kegelstumpfs mit einem Boden haben. Die ersten Vorsprünge 851 werden als Abstandshalter verwendet, wenn das Halbleitermodul A1 an einer Leiterplatte oder dergleichen einer Vorrichtung befestigt ist, die so ausgestaltet ist, dass sie die von dem Halbleitermodul A1 produzierte Leistung verwendet. Jeder der ersten Vorsprünge 851 hat eine Ausnehmung 851b und eine Innenwandfläche 851c, die um die Ausnehmung 851b herum ausgebildet ist. Die Form jedes ersten Vorsprungs 851 kann säulenförmig und vorzugsweise zylindrisch sein. Die Form der Ausnehmung 851b kann zylindrisch sein. Vorzugsweise kann die Innenwandfläche 851c in Draufsicht ein einzelner vollständiger Kreis sein. Jeder erste Vorsprung 851 ist ein Beispiel für einen „Vorsprung“, und jede Stirnfläche 851a ersten Vorsprungs ist ein Beispiel für eine „Vorsprungsstirnfläche“.

[0125] Das Halbleitermodul A1 kann z. B. durch Verschrauben mechanisch an einer Leiterplatte oder dergleichen fixiert sein. In einem solchen Fall können Innengewinde an den Innenwandflächen 851c der Ausnehmungen 851b der ersten Vorsprünge 851 gebildet werden. Einpressmuttern können in die Ausnehmungen 851b der ersten Vorsprünge 851 eingebettet werden.

[0126] Wie in **Fig.** 16 gezeigt, stehen die zweiten Vorsprünge 852 in z-Richtung von der Harzvorderfläche 81 vor. Die zweiten Vorsprünge 852 überlappen

die Eingangsklemmen 45 in Draufsicht. Die Metallstifte 452 der Steuerklemmen 45 stehen von den jeweiligen zweiten Vorsprüngen 852 vor. Ein Teil einer Halterung 451 (die obere Oberfläche des oberen Flanschabschnitts) ist in Bezug auf die obere Stirnfläche jedes zweiten Vorsprungs 852 freigelegt. Jeder zweite Vorsprung 852 hat die Form eines Kegelstumpfs. Ein Harzteil 87 ist auf jedem der Vorsprünge 852 angeordnet.

[0127] Wie in **Fig.** 15 gezeigt, erstrecken sich die Harzhohlraumabschnitte 86 von der Harzvorderfläche 81 zu Ausnehmungen 201a, die auf der Vorderfläche 201 des leitenden Substrats 2 ausgebildet sind. Jeder Harzhohlraumabschnitt 86 ist verjüngt, wobei seine Querschnittsfläche mit zunehmender Entfernung zu der Harzvorderfläche 81 hin zu der Ausnehmung 201a in z-Richtung abnimmt. Die Harzhohlraumabschnittsendkante 861 des Harzhohlraumabschnitts 86, die an die Vorderfläche 201 angrenzt, und die Ausnehmungsendkante 201b der Ausnehmung 201a, die an die Vorderfläche 201 angrenzt, entsprechen einander. Die Harzhohlraumabschnitte 86 werden während der Formgebung des Dichtungsharzes 8 gebildet und entsprechen dem Bereich, an dem das Dichtungsharz 8 während des Ausformungsprozesses nicht gebildet wird.

[0128] Die Harzteile 87 sind an den zweiten Vorsprüngen 852 des Dichtungsharzes 8 bereitgestellt. Bei jeder Steuerklemme 45 deckt der Harzteil 87 einen Teil der Halterung 451 (die obere Oberfläche des oberen Flanschabschnitts), der in Bezug auf das Dichtungsharz 8 freigelegt ist, und einen Teil des Metallstifts 452 ab. Die Harzteile 87 können aus einem Epoxidharz hergestellt sein, wie etwa dem Dichtungsharz 8, können jedoch aus einem anderen Material als das Dichtungsharz 8 hergestellt sein.

[0129] Die Harzfüllabschnitte 88 werden in die Harzhohlraumabschnitte 86 geladen, um die Harzhohlraumabschnitte 86 zu füllen. Die Harzfüllabschnitte 88 können aus einem Epoxidharz hergestellt sein, wie etwa dem Dichtungsharz 8, können jedoch aus einem anderen Material als das Dichtungsharz 8 hergestellt sein.

[0130] Das Halbleitermodul A1 wird an einer Steuerschaltungs-Leiterplatte oder dergleichen befestigt. Zu diesem Zeitpunkt wird jeder Metallstift 452 in ein Stiftloch der Leiterplatte eingesetzt, an der das Halbleitermodul A1 befestigt ist, und mit einer Klemme nahe dem Stiftloch verbunden. Die Eingangsklemmen 41, 42 und 43 haben eingangsseitige Bondflächen 411, 421 bzw. 431, die einer Seite in z-Richtung (z2-Richtung) zugewandt sind. Jede Ausgangsklemme 44 hat eine ausgangsseitige Bondfläche 441, die der einen Seite in z-Richtung (z2-Seite) zugewandt ist. Die eingangsseitigen Bondflächen 411, 421 und 431 und die ausgangsseitige Bondfläche 441 sind an die Klemmen der Leiterplatte, an der das Halbleitermodul A1 befestigt ist, gebondet, z. B. damit verlötet.

[0131] Im Folgenden wird der Strompfad von der Eingangsklemme 41 zu den Ausgangsklemmen 44 in dem Halbleitermodul A1 der vorliegenden Ausführungsform beschrieben. Der erste Hauptkreisstrom fließt in der Reihenfolge der Eingangsklemme 41, des ersten leitenden Abschnitts 2A, jedes ersten Halbleiterelements 10A, der ersten leitenden Elemente 61, des zweiten leitenden Abschnitts 2B und jeder Ausgangsklemme 44. Im Spezifischen fließt der erste Hauptkreisstrom zwischen der zweiten vorderseitigen Elektrode 12 jedes ersten Halbleiterelements 10A und dem zweiten leitenden Abschnitt 2B durch ein erstes leitendes Element 61 entlang der x-Richtung. In dem zweiten leitenden Abschnitt 2B fließt der erste Hauptkreisstrom zwischen den Abschnitten, an die die ersten leitenden Elemente 61 gebondet sind, und den Ausgangsklemmen 44 entlang der x-Richtung und in eine Richtung, die in Bezug auf die x-Richtung etwas geneigt ist.

[0132] Im Folgenden wird der Strompfad von den Ausgangsklemmen 44 zu der Eingangsklemme 42 und der Eingangsklemme 43 beschrieben. Der zweite Hauptkreisstrom fließt in der Reihenfolge der Ausgangsklemmen 44, des zweiten leitenden Abschnitts 2B, jedes zweiten Halbleiterelements 10B, des zweiten leitenden Elements 62, der Eingangsklemmen 42 und 43. Das zweite leitende Element 62 bildet den Pfad des zweiten Hauptkreisstroms, und der zweite Hauptkreisstrom fließt durch den dritten Verdrahtungsabschnitt 623, der sich in y-Richtung erstreckt, und sowohl den ersten Verdrahtungsabschnitt 621 als auch den zweiten Verdrahtungsabschnitt 622, die mit gegenüberliegenden Enden des Verdrahtungsabschnitts 623 verbunden sind und sich in x2-Richtung erstrecken. Außerdem fließt der zweite Hauptkreisstrom in dem ersten Verdrahtungsabschnitt 621 und dem zweiten Verdrahtungsabschnitt 622 durch die zwei zweiten Streifenabschnitte 626, die zwischen dem ersten Verdrahtungsabschnitt 621 und dem zweiten Verdrahtungsabschnitt angeordnet sind und sich in x-Richtung erstrecken, und durch den ersten Streifenabschnitt 625, der zwischen dem ersten Verdrahtungsabschnitt 621 und dem zweiten Verdrahtungsabschnitt 622 angeordnet ist und sich in y-Richtung erstreckt.

[0133] Der zweite Hauptkreisstrom fließt zwischen den Eingangsklemmen 42 und 43 und den zweiten vorderseitigen Elektroden 12 der zweiten Halbleiterelemente 10B durch den ersten Verdrahtungsabschnitt 621, den zweiten Verdrahtungsabschnitt 622, den dritten Verdrahtungsabschnitt 623, zwei zweite Streifenabschnitte 626 und den ersten Streifenabschnitt 625 des zweiten leitenden Elements 62.

In dem ersten Verdrahtungsabschnitt 621, dem zweiten Verdrahtungsabschnitt 622 und zwei zweiten Streifenabschnitten 626 fließt der zweite Hauptkreisstrom entlang der x-Richtung. Der erste Hauptkreisstrom und der zweite Hauptkreisstrom fließen in entgegengesetzte Richtungen.

[0134] Die Richtung, in die der erste Hauptkreisstrom durch die ersten leitenden Elemente 61 fließt, und die Richtung, in die der zweite Hauptkreisstrom durch den ersten Verdrahtungsabschnitt 621, den zweiten Verdrahtungsabschnitt 622 und die zwei zweiten Streifenabschnitte 626 des zweiten leitenden Elements 62 fließt, sind jeweils die x-Richtung.

[0135] Im Folgenden werden der Betrieb und die Wirkungen der Leistungswandlervorrichtung B1 beschrieben.

[0136] Bei der Leistungswandlervorrichtung B1 schneiden sich die Mittellinien OL1, OL2 und OL3 in z-Richtung gesehen mit dem Kondensatorkörper 90. Der erste Winkel α1 und der zweite Winkel α2 sind der gleiche Winkel, und die Länge Lb1 und die Länge Lb2 gleichen einander. Bei einer solchen Ausgestaltung werden die Abstände des ersten Halbleitermoduls A11, des zweiten Halbleitermoduls A12 und des dritten Halbleitermoduls A13 zu dem Kondensatorkörper 90 gleichmäßiger gemacht. Darüber hinaus wird die Positionsbeziehung der Leiterbahnen zwischen dem ersten Halbleitermodul A11, dem zweiten Halbleitermodul A12 und dem dritten Halbleitermodul A13, die aneinander angrenzen, und dem Kondensatormodul C1 einheitlicher gemacht, und unerwünschte Wirkungen einer der Leiterbahnen auf eine andere Leiterbahn können unterdrückt werden. Gemäß der Leistungswandlervorrichtung B1 können daher die Induktivitäten zwischen dem Kondensatormodul C1 und dem ersten Halbleitermodul A11, dem zweiten Halbleitermodul A12 und dem dritten Halbleitermodul A13 gleichmäßiger gemacht werden. Ferner kann die Leistungswandlervorrichtung B1 kompakter angeordnet werden.

[0137] Die Mittellinie OL1 und die Mittellinie OL2 schneiden einander in z-Richtung gesehen an einem Schnittpunkt Cp im Inneren des Kondensatorkörpers 90. Eine solche Ausgestaltung kann Abweichungen des Abstands von dem ersten Halbleitermodul A11, dem zweiten Halbleitermodul A12 und dem dritten Halbleitermodul A13 zu dem Kondensatorkörper 90 weiter unterdrücken.

[0138] Der Schnittpunkt Cp fällt in z-Richtung gesehen mit dem Mittelpunkt Oz zusammen. Somit sind das erste Halbleitermodul A11, das zweite Halbleitermodul A12 und das dritte Halbleitermodul A13 und der Kondensatorkörper 90 in einer gut ausgeglichenen Positionsbeziehung kompakt angeordnet.

[0139] Die Ausgestaltung, bei der der erste Winkel α1 und der zweite Winkel α2 45° sind, eignet sich dafür, das erste Halbleitermodul A11, das zweite Halbleitermodul A12 und das dritte Halbleitermodul A13 in gleichmäßigen Abständen anzuordnen, während das erste Halbleitermodul A11, das zweite Halbleitermodul A12 und das dritte Halbleitermodul A13 gesammelt bzw. insgesamt in Bezug auf den Kondensatorkörper 90 vorgespannt bzw. unausgewogen bzw. einseitig angeordnet werden.

[0140] Das Halbleitermodul A1 weist das leitende Substrat 2, die Eingangsklemmen 41 bis 43, die Ausgangsklemme 44 und das leitende Element 6 auf. Das leitende Substrat 2 weist den ersten leitenden Abschnitt 2A, an den die ersten Halbleiterelemente 10A gebondet sind, und den zweiten leitenden Abschnitt 2B auf, an den die zweiten Halbleiterelemente 10B gebondet sind. Die Eingangsklemme 41 ist mit dem ersten leitenden Abschnitt 2A verbunden und elektrisch über den ersten leitenden Abschnitt 2A mit den ersten Halbleiterelementen 10A verbunden. Die Eingangsklemme 42 und die Eingangsklemme 43 sind über das zweite leitende Element 62 (das leitende Element 6) elektrisch mit den zweiten Halbleiterelementen 10B verbunden. Die Ausgangsklemmen 44 sind mit dem zweiten leitenden Abschnitt 2B verbunden und elektrisch über den zweiten leitenden Abschnitt 2B mit den zweiten Halbleiterelementen 10B verbunden. Das leitende Element 6 weist die ersten leitenden Elemente 61, die die ersten Halbleiterelemente 10A und den zweiten leitenden Abschnitt 2B elektrisch verbinden, und das zweite leitende Element 62 auf, das die zweiten Halbleiterelemente 10B und die Eingangsklemmen 42 und 43 elektrisch verbindet. Die Eingangsklemmen 41 bis 43 sind auf der x2-Seite in Bezug auf das leitende Substrat 2 angeordnet, und die Ausgangsklemmen 44 sind auf der x1-Seite in Bezug auf das leitende Substrat 2 angeordnet. Die zwei Eingangsklemmen 42 und 43 sind aneinander gegenüberliegend angeordnet, wobei die Eingangsklemme 41 in y-Richtung zwischen ihnen angeordnet ist. Bei einem Halbleitermodul mit einer anderen Ausgestaltung als dem Halbleitermodul A1 kann es, wenn die Eingangsklemme 43 nicht bereitgestellt ist und die Eingangsklemme 41 und die Eingangsklemme 42 entlang der y-Richtung angeordnet sind, in den Pfaden des Stroms, der von der Eingangsklemme 41 über jedes erste Halbleiterelement 10A zu den Ausgangsklemmen 44 fließt, zu Schwankungen kommen und kann es auch in den Pfaden des Stroms, der von den Ausgangsklemmen 44 über jedes zweite Halbleiterelement 10B zu jeder Eingangsklemme 42 fließt, zu Schwankungen kommen. Bei dem Halbleitermodul A1 hingegen ist es durch Bereitstellen von zwei Eingangsklemmen 42 und 43 und Anordnen der Eingangsklemme 41 zwischen den zwei Eingangsklemmen 42 und 43 möglich, Schwankungen in den Pfaden des Stroms, der von der Eingangsklemme 41

über jedes erste Halbleiterelement 10A zu den Ausgangsklemmen 44 fließt, zu verringern und Schwankungen in den Pfaden des Stroms, der von den Ausgangsklemmen 44 über jedes zweite Halbleiterelement 10B zu jeder Eingangsklemme 42 und 43 fließt, zu verringern. Dadurch wird die Komponente der parasitären Induktivität des Halbleitermoduls A1 verringert. Mit anderen Worten: Das Halbleitermodul A1 verfügt über eine Gehäusestruktur, die eine Verringerung der Komponente der parasitären Induktivität begünstigt.

[0141] Bei dem Halbleitermodul A1 überlappen der Strompfad im oberen Arm und der Strompfad im unteren Arm einander in Draufsicht. Bei dem Strompfad im oberen Arm handelt es sich um den Pfad des Stroms, der von der Eingangsklemme 41 über den ersten leitenden Abschnitt 2A, jedes erste Halbleiterelement 10A, jedes erste leitende Element 61 und den zweiten leitenden Abschnitt 2B zu jeder Ausgangsklemme 44 fließt und bei der vorliegenden Ausführungsform entlang der Richtung von der x2-Seite zu der x1-Seite läuft, wie aus **Fig.** 7 ersichtlich. Bei dem Strompfad im unteren Arm handelt es sich um den Pfad des Stroms, der von den Ausgangsklemmen 44 über jedes zweite Halbleiterelement 10B und das zweite leitende Element 62 zu der Eingangsklemme 42 fließt und bei der vorliegenden Ausführungsform entlang der Richtung von der x1-Seite zu der x2-Seite läuft, wie aus **Fig.** 7 ersichtlich. Bei einer solchen Ausgestaltung neutralisieren sich das Magnetfeld, das von dem Strom entlang des Strompfads im oberen Arm erzeugt wird, und das Magnetfeld, das von dem Strom entlang des Strompfads im unteren Arm erzeugt wird, gegenseitig, wodurch die Komponente der parasitären Induktivität verringert wird. Bei dem Halbleitermodul A1 wird insbesondere das leitende Element 6 (jedes der ersten leitenden Elemente 61 und das zweite leitende Element 62) durch eine Platte bereitgestellt, die aus einem Metall hergestellt ist, so dass der Strompfad im oberen Arm und der Strompfad im unteren Arm einander in Draufsicht über eine ausreichende Fläche überlappen. Somit verfügt das Halbleitermodul A1 über eine Gehäusestruktur, die eine Verringerung der Komponente der parasitären Induktivität begünstigt.

[0142] Bei dem Halbleitermodul A1 weist das zweite leitende Element 62, das den Strompfad im unteren Arm bildet, den ersten Verdrahtungsabschnitt 621, den zweiten Verdrahtungsabschnitt 622, den dritten Verdrahtungsabschnitt 623 und den vierten Verdrahtungsabschnitt 624 auf. Der erste Verdrahtungsabschnitt 621 und der zweite Verdrahtungsabschnitt 622 erstrecken sich in x-Richtung und sind mit der Eingangsklemme 42 bzw. der Eingangsklemme 43 verbunden, die in y-Richtung einander gegenüberliegend angeordnet sind, wobei die Eingangsklemme 41 dazwischen angeordnet ist. Der dritte Verdrahtungsabschnitt 623, der sich in y-Richtung erstreckt, ist sowohl mit dem ersten Verdrahtungsabschnitt 621 als auch dem zweiten Verdrahtungsabschnitt 622 verbunden und ist mit jedem der zweiten Halbleiterelemente 10B verbunden. Der vierte Verdrahtungsabschnitt 624 ist sowohl mit dem ersten Verdrahtungsabschnitt 621 als auch dem zweiten Verdrahtungsabschnitt 622 verbunden und überlappt jedes der ersten Halbleiterelemente 10A in Draufsicht. Das zweite leitende Element 62, das den ersten Verdrahtungsabschnitt 621, den zweiten Verdrahtungsabschnitt 622, den dritten Verdrahtungsabschnitt 623 und den vierten Verdrahtungsabschnitt 624 aufweist, wie oben beschrieben, ist in z-Richtung von der Vorderfläche 201 (dem leitenden Substrat 2) beabstandet und überlappt eine große Fläche der Vorderfläche 201 in Draufsicht. Bei einer solchen Ausgestaltung werden Schwankungen in den Pfaden des Stroms, der von der Ausgangsklemme 44 durch jedes zweite Halbleiterelement 10B zu jeder der Eingangsklemmen 42 und 43 fließt, entsprechend verringert, was sich dazu eignet, Komponenten der parasitären Induktivität zu verringern.

[0143] Die ersten Halbleiterelemente 10A und die zweiten Halbleiterelemente 10B überlappen einander in x-Richtung gesehen. Gemäß dieser Ausgestaltung ist es möglich, die Erhöhung der Abmessung in y-Richtung des leitenden Substrats 2 (des ersten leitenden Abschnitts 2A und des zweiten leitenden Abschnitts 2B) zu unterdrücken, an dem die ersten Halbleiterelemente 10A und die zweiten Halbleiterelemente 10B angeordnet sind, und dadurch die Größe des Halbleitermoduls A1 zu verringern.

[0144] Der vierte Verdrahtungsabschnitt 624 des zweiten leitenden Elements 62 hat den ersten Streifenabschnitt 625 und die zweiten Streifenabschnitte 626. Der erste Streifenabschnitt 625, der sich in y-Richtung erstreckt, ist sowohl mit dem ersten Verdrahtungsabschnitt 621 als auch dem zweiten Verdrahtungsabschnitt 622 verbunden und überlappt die ersten Halbleiterelemente 10A in Draufsicht. Jeder der zweiten Streifenabschnitte 626 ist mit dem ersten Streifenabschnitt 625 und mit dem dritten Verdrahtungsabschnitt 623 verbunden und hat die Form eines Streifens, der sich in Draufsicht in x-Richtung erstreckt. Die zweiten Streifenabschnitte 626 sind in y-Richtung voneinander beabstandet und parallel (oder im Allgemeinen parallel) zueinander angeordnet. In Draufsicht hat jeder der zweiten Streifenabschnitte 626 ein Ende, das mit dem ersten Streifenabschnitt 625 zwischen zwei ersten Halbleiterelementen 10A in Angrenzung aneinander in y-Richtung verbunden ist, und ein weiteres Ende, das mit dem dritten Verdrahtungsabschnitt 623 zwischen zwei zweiten Halbleiterelementen 10B in Angrenzung aneinander in y-Richtung verbunden ist. Bei einer solchen Ausgestaltung kann die Größe des

vierten Verdrahtungsabschnitts 624 (des zweiten leitenden Elements 62) in Draufsicht vergrößert werden. Dies begünstigt die Verringerung von Komponenten der parasitären Induktivität stärker.

[0145] Der erste Streifenabschnitt 625 weist erhöhte Bereiche 625a auf, die in z2-Richtung relativ zu anderen Abschnitten vorstehen. Jeder erhöhte Bereich 625a überlappt ein erstes Halbleiterelement 10A in Draufsicht. Bei der Ausgestaltung, bei der der erste Streifenabschnitt 625 die erhöhten Bereiche 625a hat, ist es möglich, zu verhindern, dass der erste Streifenabschnitt 625 unerwünscht mit den ersten leitenden Elementen 61 in Kontakt gelangt, die an die ersten Halbleiterelemente 10A gebondet sind.

[0146] Der dritte Verdrahtungsabschnitt 623 hat gezahnte Bereiche 623a, die in z1-Richtung relativ zu anderen Abschnitten vorstehen. Jeder gezahnte Bereich 623a ist an eines der zweiten Halbleiterelemente 10B gebondet. Bei einer solchen Ausgestaltung ist es möglich, die Größe des dritten Verdrahtungsabschnitts 623 (des zweiten leitenden Elements 62) in Draufsicht zu vergrößern, während eine entsprechende elektrische Verbindung zwischen dem dritten Verdrahtungsabschnitt 623 (dem zweiten leitenden Element 62) und den zweiten Halbleiterelementen 10B bereitgestellt wird.

[0147] Das Halbleitermodul A1 weist die ersten Steuerklemmen 46A bis 46E und die zweiten Steuerklemmen 47A bis 47D zum Regeln der ersten Halbleiterelemente 10A und der zweiten Halbleiterelemente 10B auf, zusätzlich zu dem oben beschriebenen leitenden Element 6 (dem ersten leitenden Element 61 und dem zweiten leitenden Element 62). Jede der ersten Steuerklemmen 46A bis 46E und der zweiten Steuerklemmen 47A bis 47D ist an der Vorderfläche 201 des leitenden Substrats 2 angeordnet, um sich entlang der z-Richtung zu erstrecken. Durch eine solche Ausgestaltung ist es möglich, die Größe des Halbleitermoduls in Draufsicht zu verringern. Somit ist das Halbleitermodul A1 geeignet, eine Größenverringerung in Draufsicht unter gleichzeitiger Verringerung von Komponenten der parasitären Induktivität zu erzielen.

[0148] Die ersten Steuerklemmen 46A bis 46E sind an dem ersten leitenden Abschnitt 2A gelagert und in x2-Richtung von den ersten Halbleiterelementen 10A angeordnet. Die zweiten Steuerklemmen 47A bis 47D sind an dem zweiten leitenden Abschnitt 2B gelagert und in x1-Richtung von den zweiten Halbleiterelementen 10B angeordnet. Die ersten Steuerklemmen 46A bis 46E sind in Abständen entlang der y-Richtung angeordnet, wie auch die zweiten Steuerklemmen 47A bis 47D. Somit sind die ersten Steuerklemmen 46A bis 46E und die zweiten Steuerklemmen 47A bis 47D in dem Bereich angeordnet, der den ersten Halbleiterelementen 10A entspricht, die die Schaltung im oberen Arm bilden, bzw. in dem Bereich, der den zweiten Halbleiterelementen 10B entspricht, die die Schaltung im unteren Arm bilden. Das Halbleitermodul A1 mit einer solchen Ausgestaltung begünstigt die Erzielung einer Größenverringerung in Draufsicht unter gleichzeitiger Verringerung von Komponenten der parasitären Induktivität stärker.

[0149] Jedes der ersten Halbleiterelemente 10A und der zweiten Halbleiterelemente 10B hat eine vorderseitige Elektrode 11 (Gate-Elektrode), die in z2-Richtung gewandt ist. Die erste Steuerklemme 46A ist über einen ersten Draht 731a mit der ersten vorderseitigen Elektrode 11 (Gate-Elektrode) jedes ersten Halbleiterelements 10A verbunden. Die zweite Steuerklemme 47A ist über einen zweiten Draht 731b mit der ersten vorderseitigen Elektrode 11 (Gate-Elektrode) jedes zweiten Halbleiterelements 10B verbunden. Somit können Ansteuersignale zum Ansteuern der ersten Halbleiterelemente 10A (der zweiten Halbleiterelemente 10B) mit einer Schaltfunktion über die erste Steuerklemme 46A (die zweite Steuerklemme 47A) und die ersten Drähte 731a (die zweiten Drähte 731b) entsprechend in die ersten vorderseitigen Elektroden 11 eingegeben werden.

[0150] Wenn das Halbleitermodul A1 an einer Leiterplatte befestigt wird, wird jeder Metallstift 452 in ein Stiftloch der Leiterplatte eingesetzt, an der das Halbleitermodul A1 befestigt wird, und mit einer Klemme nahe dem Stiftloch verbunden. Die Eingangsklemmen 41, 42 und 43 haben eingangsseitige Bondflächen 411, 421 bzw. 431, die einer Seite in z-Richtung (z2-Richtung) zugewandt sind. Jede Ausgangsklemme 44 hat eine ausgangsseitige Bondfläche 441, die der einen Seite in z-Richtung (z2-Seite) zugewandt ist. Die eingangsseitigen Bondflächen 411, 421 und 431 und die ausgangsseitige Bondfläche 441 sind an die Klemmen der Leiterplatte, an der das Halbleitermodul A1 befestigt ist, gebondet, z. B. damit verlötet. Bei der oben beschriebenen Ausgestaltung können die Leistungssystem-Leiterplatte, mit der die Eingangsklemmen 41 bis 43 und die Ausgangsklemmen 44 verbunden sind, und die Regelsystem-Leiterplatte, mit der jeder Metallstift 452 verbunden ist, so angeordnet werden, dass sie in z-Richtung voneinander beabstandet sind. Dadurch wird erstens der Freiheitsgrad bezüglich der Anordnung der Signalklemmen des Halbleitermoduls A1 erhöht. Zweitens wird der Freiheitsgrad bezüglich des Leitens und der Länge der Signalverdrahtung in dem Halbleitermodul A1 verbessert. Drittens wird der Freiheitsgrad bezüglich der Platzierung der Leiterplatte durch den Benutzer verbessert, wenn das Halbleitermodul A1 verwendet wird.

[0151] Bei dem Halbleitermodul A1 steht jede Steuerklemme 45 von der Harzvorderfläche 81 vor

und erstreckt sich entlang der z-Richtung. Bei einer anderen Ausgestaltung als beim Halbleitermodul A1 kann jede Steuerklemme 45 so angeordnet sein, dass sie sich entlang einer Ebene (x-y-Ebene) orthogonal zu der z-Richtung erstreckt. Eine solche Ausgestaltung begrenzt die Größenverringerung in Draufsicht. Wird jede Steuerklemme 45 so angeordnet, dass sie sich entlang der z-Richtung erstreckt, wie bei dem Halbleitermodul A1, ist es möglich, die Größe des Halbleitermoduls A1 in Draufsicht zu verringern. Somit verfügt das Halbleitermodul A1 über eine Gehäusestruktur, die die Erzielung einer Größenverringerung in Draufsicht begünstigt.

[0152] Bei dem Halbleitermodul A1 gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist der Steuerklemmenträger 5 zwischen den Steuerklemmen 45 und der Vorderfläche 201 (dem leitenden Substrat 2) zwischengeschaltet. Der Steuerklemmenträger 5 hat die Isolierschicht 51, und jede Steuerklemme 45 ist über den Steuerklemmenträger 5 an dem leitenden Substrat 2 gelagert. Durch eine solche Ausgestaltung mit dem Steuerklemmenträger 5 ist es möglich, die Steuerklemme 45 geeignet an dem leitenden Substrat 2 zu trägern, während gleichzeitig eine Isolierung zwischen ihm und dem leitenden Substrat 2 bereitgestellt wird.

[0153] Der Steuerklemmenträger 5 ist eine laminierte Struktur mit der Isolierschicht 51, der ersten Metallschicht 52 und der zweiten Metallschicht 53, die aufeinander gestapelt sind. Die Steuerklemmen 45 sind über das leitende Bond-Material 459 an die erste Metallschicht 52 gebondet, die an der oberen Oberfläche des Steuerklemmenträgers 5 ausgebildet ist. Mit einer solchen Ausgestaltung ist es möglich, die Steuerklemmen 45 leitend an den Steuerklemmenträger 5 (die erste Metallschicht 52) zu bonden, während eine bestehende laminierte Struktur (wie z. B. ein DBC-Substrat) als Steuerklemmenträger 5 verwendet wird.

[0154] Jedes Halbleiterelement 10 hat eine Elementvorderfläche 101, die in z2-Richtung gewandt ist, und eine Elementrückfläche 102, die in z1-Richtung gewandt ist. Eine erste vorderseitige Elektrode 11 (die Gate-Elektrode) ist an der Elementvorderfläche 101 angeordnet. Die erste vorderseitige Elektrode 11 jedes Halbleiterelements 10 und die erste Metallschicht 52 (der erste Abschnitt 521) sind über einen leitenden Draht 731 miteinander verbunden. Somit können Ansteuersignale zum Ansteuern der Halbleiterelemente 10 mit Schaltfunktion über die Steuerklemmen 45, die erste Metallschicht 52 und die Drähte 731 entsprechend in die ersten vorderseitigen Elektroden 11 eingegeben werden.

[0155] Jede Steuerklemme 45 weist eine Halterung 451 und einen Metallstift 452 auf. Die Halterung 451 ist aus einem elektrisch leitenden Material hergestellt und weist einen zylindrischen Abschnitt auf. Bei dem Metallstift 452 handelt es sich um ein stabförmiges Element, das sich in z-Richtung erstreckt und in die Halterung 451 pressgepasst ist. Ein Teil der Halterung 451 (die obere Oberfläche des oberen Flanschabschnitts) ist in Bezug auf das Dichtungsharz 8 freigelegt. Bei einer solchen Ausgestaltung wird die Halterung 451 bis auf einen Teil davon (die obere Stirnfläche) mit dem Dichtungsharz 8 bedeckt, während das Dichtungsharz 8 ausgebildet wird (Formgebung), und die obere Stirnfläche der Halterung 451 ist in Bezug auf das Dichtungsharz 8 freigelegt. Dadurch ist es möglich, den Metallstift 452 in die Halterung 451 einzusetzen, nachdem das Dichtungsharz 8 ausgebildet wurde. Aus diesem Grund ist es gemäß der Ausgestaltung, bei der die Steuerklemme 45 die Halterung 451 und den Metallstift 452 aufweist, wie oben beschrieben, möglich, zu verhindern, dass das Formteil 91 für den Formgebungsprozess kompliziert wird, was für die effiziente Fertigung des Halbleitermoduls A1 vorteilhaft ist.

[0156] Das Halbleitermodul A1 der vorliegenden Ausführungsform weist die Harzteile 87 auf, die an das Dichtungsharz 8 gebondet sind. Jeder Harzteil 87 deckt einen Teil der Halterung 451 (die obere Oberfläche des oberen Flanschabschnitts), der in Bezug auf das Dichtungsharz 8 freigelegt ist, und einen Teil des Metallstifts 452 ab. Mit einer solchen Ausgestaltung ist es möglich, zu verhindern, dass Fremdmaterial in den Verbindungsabschnitt zwischen der Halterung 451 und dem Metallstift 452 eintritt. Das Halbleitermodul A1 mit der obigen Ausgestaltung ist vorteilhaft, was die Verbesserung von Lebensdauer und Zuverlässigkeit betrifft.

[0157] Das Dichtungsharz 8 hat zweite Vorsprünge 852, die von der Harzvorderfläche 81 vorstehen. Die zweiten Vorsprünge 852 umgeben die Steuerklemmen 45 in Draufsicht. Der Metallstift 452 jeder Steuerklemme 45 steht von einem zweiten Vorsprung 852 vor. Ein Harzteil 87 ist auf jedem zweiten Vorsprung 852 angeordnet. Durch eine solche Ausgestaltung kann die Kriechstrecke entlang der Harzvorderfläche 81 zwischen angrenzenden Steuerklemmen 45 erhöht werden. Dies ist vorteilhaft, was das Erhöhen der Stehspannung zwischen angrenzenden Steuerklemmen 45 betrifft.

[0158] Das leitende Substrat 2 weist den ersten leitenden Abschnitt 2A und den zweiten leitenden Abschnitt 2B auf, die in x-Richtung voneinander beabstandet sind. Der erste leitende Abschnitt 2A ist in x2-Richtung von dem zweiten leitenden Abschnitt 2B angeordnet. Die Halbleiterelemente 10 weisen die ersten Halbleiterelemente 10A, die an den ersten leitenden Abschnitt 2A gebondet sind, und die zweiten Halbleiterelemente 10B, die an den zweiten leitenden Abschnitt 2B gebondet sind, auf. Die Steuerklemmen 45 weisen die ersten Steuer-

klemmen 46A bis 46E und die zweiten Steuerklemmen 47A bis 47D auf. Die ersten Steuerklemmen 46A bis 46E sind an dem ersten leitenden Abschnitt 2A gelagert und zwischen den ersten Halbleiterelementen 10A und den Eingangsklemmen 41 und 42 in x-Richtung angeordnet. Die zweiten Steuerklemmen 47A bis 47D sind zwischen den zweiten Halbleiterelementen 10B und der Ausgangsklemme 44 in x-Richtung angeordnet. Bei einer solchen Ausgestaltung sind die Steuerklemmen 45 (die ersten Steuerklemmen 46A bis 46E und die zweiten Steuerklemmen 47A bis 47D) korrekt an jeweiligen Bereichen angeordnet, die den ersten Halbleiterelementen 10A, die die Schaltung im oberen Arm bilden, oder den zweiten Halbleiterelementen 10B, die die Schaltung im unteren Arm bilden, entsprechen. Eine solche Ausgestaltung ist vorteilhafter, was das Erzielen einer Größenverringerung des Halbleitermoduls A1 in Draufsicht betrifft.

[0159] Das Dichtungsharz 8 hat erste Vorsprünge 851, die von der Harzvorderfläche 81 vorstehen. Jeder der ersten Vorsprünge 851 hat an seinem äußersten Ende eine Stirnfläche 851a ersten Vorsprungs. Die Stirnflächen 851a ersten Vorsprungs der ersten Vorsprünge 851 verlaufen parallel (oder im Allgemeinen parallel) zu der Harzvorderfläche 81 und sind auf der gleichen Ebene (x-y-Ebene) angeordnet. Bei einer solchen Ausgestaltung kann in einer Vorrichtung, die die von dem Halbleitermodul A1 erzeugte Leistung verwendet, ein gewisser Raum zwischen der Oberfläche einer Leiterplatte, an der das Halbleitermodul A1 befestigt ist, und der Harzvorderfläche 81 bereitgestellt werden. Somit wird sogar dann verhindert, dass Funktionskomponenten unerwünscht mit dem Dichtungsharz 8 in Kontakt gelangen, wenn diverse Funktionskomponenten an der Oberfläche der Leiterplatte befestigt sind, die dem Halbleitermodul A1 zugewandt ist.

[0160] Das Halbleitermodul A1 weist das leitende Substrat 2 auf, an das die Halbleiterelemente 10 gebondet sind. Bei einer solchen Ausgestaltung wird die durch Anregung jedes Halbleiterelements 10 erzeugte Wärme auf das leitende Substrat 2 übertragen und wird die von jedem Halbleiterelement 10 übertragene Wärme durch das leitende Substrat 2 diffundiert. Somit verfügt das Halbleitermodul A1 über eine Gehäusestruktur, die die Verbesserung einer Wärmeableitung jedes Halbleiterelements 10 begünstigt.

[0161] In dem Halbleitermodul A1 sind das leitende Substrat 2 und das Trägersubstrat 3 über die ersten leitenden Bond-Materialien 71 aneinander gebondet. Jedes erste leitende Bond-Material 71 weist die erste Schicht 712 und die zweite Schicht 713 auf. Die erste Schicht 712 wird durch Festkörperdiffusion von Metall an das leitende Substrat 2 gebondet, während ein direkter Kontakt an der Bondinggrenzfläche miteinander vorliegt. Die zweite Schicht 713 wird durch Festkörperdiffusion von Metall an das Trägersubstrat 3 gebondet, während ein direkter Kontakt an der Bondinggrenzfläche miteinander vorliegt. Eine solche Ausgestaltung stellt eine höhere Bondingfestigkeit zwischen dem leitenden Substrat 2 und dem Trägersubstrat 3 bereit, die höher ist, als wären das leitende Substrat 2 und das Trägersubstrat 3 unter Verwendung eines Bond-Materials wie z. B. Lot gebondet. Somit hat das Halbleitermodul A1 eine Gehäusestruktur, die das Verhindern einer Trennung des leitenden Substrats 2 und des Trägersubstrats 3 begünstigt.

[0162] In dem Halbleitermodul A1 sind jedes Halbleiterelement 10 und das leitende Substrat 2 über ein zweites leitendes Bond-Material 72 aneinander gebondet. Das zweite leitende Bond-Material 72 weist die dritte Schicht 722 und die vierte Schicht 723 auf. Die dritte Schicht 722 wird durch Festkörperdiffusion von Metall an das Halbleiterelement 10 (die rückseitige Elektrode 15) gebondet, während ein direkter Kontakt an der Bondinggrenzfläche miteinander vorliegt. Die vierte Schicht 723 wird durch Festkörperdiffusion von Metall an das leitende Substrat 2 gebondet, während ein direkter Kontakt an der Bondinggrenzfläche miteinander vorliegt. Eine solche Ausgestaltung stellt eine höhere Bondingfestigkeit zwischen jedem Halbleiterelement 10 und dem leitenden Substrat 2 bereit, als wären jedes Halbleiterelement 10 und das leitende Substrat 2 unter Verwendung eines Bond-Materials wie z. B. Lot gebondet. Somit hat das Halbleitermodul A1 eine Gehäusestruktur, die das Verhindern einer Trennung jedes Halbleiterelements 10 und des leitenden Substrats 2 begünstigt.

[0163] Bei dem Halbleitermodul A1 der vorliegenden Ausführungsform ist der Elastizitätsmodul der ersten Grundschicht 711 des ersten leitenden Bond-Materials 71 kleiner als der Elastizitätsmodul des Materials, aus dem jede der ersten Schicht 712 und der zweiten Schicht 713 besteht. Mit einer solchen Ausgestaltung wird, wenn das erste leitende Bond-Material 71 durch Festkörperdiffusion an das leitende Substrat 2 und das Trägersubstrat 3 gebondet ist, Spannung durch die relativ weiche erste Grundschicht 711 entlastet, wodurch die Bondinggrenze geglättet wird. Somit sind die erste Schicht 712 und das leitende Substrat 2 und die zweite Schicht 713 und das Trägersubstrat 3 durch Festkörperdiffusion stärker gebondet.

[0164] Bei der vorliegenden Ausführungsform ist die Dicke der ersten Grundschicht 711 größer als die Dicke jeder der ersten Schicht 712 und der zweiten Schicht 713. Dies führt während des Bond-S durch Festkörperdiffusion zu einer gleichmäßigeren Druckkraft auf die Grenze zwischen der ersten Schicht 712 und dem leitenden Substrat 2 (der rückseitigen

Bond-Schicht 23) und die Grenze zwischen der zweiten Schicht 713 und dem Trägersubstrat (der ersten Bond-Schicht 321). Somit können die erste Schicht 712 und das leitende Substrat 2 und die zweite Schicht 713 und das Trägersubstrat 3 in einem stärkeren leitenden Bondingzustand gehalten werden.

[0165] Das Material, aus dem jede der ersten Schicht 712 und der zweiten Schicht 713 besteht, weist Silber auf. Mit einer solchen Ausgestaltung wird eine Oxidation der ersten Schicht 712 und der zweiten Schicht 713 während des Bond-S durch Festkörperdiffusion unter Verwendung des ersten leitenden Bond-Materials 71 unterdrückt und wird ein gutes Festkörperdiffusionsbonding ermöglicht. Darüber hinaus enthält jede der rückseitigen Bond-Schicht 23 und der ersten Bond-Schicht 321, die an die erste Schicht 712 und die zweite Schicht 713 gebondet sind, ebenfalls Silber, wodurch ein besseres Festkörperdiffusionsbonding möglich wird.

[0166] Bei der vorliegenden Ausführungsform ist der Elastizitätsmodul der zweiten Grundschicht 721 des zweiten leitenden Bond-Materials 72 kleiner als der Elastizitätsmodul des Materials, aus dem jede der dritten Schicht 722 und der vierten Schicht 723 besteht. Mit einer solchen Ausgestaltung wird, wenn das zweite leitende Bond-Material 72 durch Festkörperdiffusion an das Halbleiterelement 10 (rückseitige Elektrode 15) und das leitende Substrat 2 gebondet ist, Spannung durch die relativ weiche zweite Grundschicht 721 entlastet, wodurch die Bondinggrenze geglättet wird. Somit sind die dritte Schicht 722 und das Halbleiterelement 10 (die rückseitige Elektrode 15) und die vierte Schicht 723 und das leitende Substrat 2 durch Festkörperdiffusion stärker gebondet.

[0167] Bei der vorliegenden Ausführungsform ist die Dicke der zweiten Grundschicht 721 größer als die Dicke jeder der dritten Schicht 722 und der vierten Schicht 723. Dies führt während des Bond-S durch Festkörperdiffusion zu einer gleichmäßigeren Druckkraft auf die Grenze zwischen der dritten Schicht 722 und dem Halbleiterelement 10 (der rückseitigen Elektrode 15) und die Grenze zwischen der vierten Schicht 723 und dem leitenden Substrat 2 (der vorderseitigen Bond-Schicht 22). Somit können die dritte Schicht 722 und das Halbleiterelement 10 (die rückseitige Elektrode 15) und die vierte Schicht 723 und das leitende Substrat 2 in einem stärkeren leitenden Bondingzustand gehalten werden.

[0168] Das Material, aus dem jede der dritten Schicht 722 und der vierten Schicht 723 besteht, weist Silber auf. Mit einer solchen Ausgestaltung wird eine Oxidation der dritten Schicht 722 und der vierten Schicht 723 während des Bond-S durch Festkörperdiffusion unter Verwendung des zweiten leitenden Bond-Materials 72 unterdrückt und wird ein gutes Festkörperdiffusionsbonding ermöglicht. Darüber hinaus enthält jede der rückseitigen Elektrode 15 und der vorderseitigen Bond-Schicht 22, die an die dritte Schicht 722 und die vierte Schicht 723 gebondet sind, ebenfalls Silber, wodurch ein besseres Festkörperdiffusionsbonding möglich wird.

[0169] Das erste leitende Bond-Material 71 hat eine Struktur, bei der die erste Schicht 712 und die zweite Schicht 713, bei denen es sich um Ag-Beschichtungsschichten handelt, auf der Oberfläche (beide Seiten) der ersten Grundschicht 711 geschichtet sind, die aus einem Al-haltigen Plattenmaterial hergestellt ist. Außerdem hat das zweite leitende Bond-Material 72 hat eine Struktur, bei der die dritte Schicht 722 und die vierte Schicht 723, bei denen es sich um Ag-Beschichtungsschichten handelt, auf der Oberfläche (beide Seiten) der zweiten Grundschicht 721 geschichtet sind, die aus einem Al-haltigen Plattenmaterial hergestellt ist. Bei einer solchen Ausgestaltung können das erste leitende Bond-Material 71 und das zweite leitende Bond-Material 72 leicht hergestellt werden.

[0170] Bei der vorliegenden Ausführungsform werden das erste leitende Element 6 (das erste leitende Element 61 und das zweite leitende Element 62) durch eine Platte bereitgestellt, die aus einem Metall hergestellt ist. Dadurch gestaltet sich die Ausbildung von Öffnungen 63 in dem zweiten leitenden Element 62 einfach. Was das leitende Element 6 (das erste leitende Element 61 und das zweite leitende Element 62) betrifft, das aus einer Metallplatte hergestellt ist, ist die Berücksichtigung diverser Formen und Größen einfach und kann die Zuverlässigkeit der Verbindungsstellen mit anderen Teilen verbessert werden, indem eine ausreichende Verbindungsfläche mit anderen Teilen sichergestellt wird.

[0171] Das Dichtungsharz 8 ist mit Harzhohlraumabschnitten 86 ausgebildet, die sich von der Harzvorderfläche 81 zu den Ausnehmungen 201a erstrecken. Die Harzhohlraumabschnitte 86 sind verjüngt, wobei ihre Querschnittsfläche mit zunehmender Entfernung zu der Harzvorderfläche 81 hin zu den Ausnehmungen 201a abnimmt. Diese Harzhohlraumabschnitte 86 werden während des Formgebungsprozesses (während der Ausbildung des Dichtungsharzes 8) ausgebildet. Nach der Formgebung werden die Oberflächen der Ausnehmungen 201a in der Vorderfläche 201 des leitenden Substrats 2 in Bezug auf das Dichtungsharz 8 freigelegt. Bei der vorliegenden Ausführungsform werden die Harzfüllabschnitte 88 in die Harzhohlraumabschnitte 86 geladen, um die Harzhohlraumabschnitte 86 zu füllen. Eine solche Ausgestaltung verhindert, dass Fremdmaterial (einschließlich Feuchtigkeit) in die Ausnehmungen 201a eintritt, die in Bezug auf das Dichtungsharz 8 freigelegt sind. Das Halbleitermodul A1 mit einer solchen Ausgestaltung ist vorteilhaft,

was die Verbesserung von Lebensdauer und Zuverlässigkeit betrifft.

[0172] Bei den vorliegenden Ausführungsform ist jede Öffnung 63, die in dem zweiten leitenden Element 62 (dem leitenden Element 6) ausgebildet ist, ein in z-Richtung durchdringendes Durchgangsloch. Bei einer solchen Ausgestaltung wird eine Schwankung von Strompfaden aufgrund der Ausbildung der Öffnungen 63 in dem zweiten leitenden Element 62 (dem leitenden Element 6) unterdrückt, das Pfade des Hauptkreisstroms bildet.

[0173] Das Halbleitermodul A1 weist das leitende Element 6 auf. Das leitende Element 6 bildet Pfade des Hauptkreisstroms, der von den Halbleiterelementen 10 geschaltet wird. Das leitende Element 6 weist die ersten leitenden Elemente 61, die mit den ersten Halbleiterelementen 10A verbunden sind, und das zweite leitende Element 62, das mit den zweiten Halbleiterelementen 10B verbunden ist, auf. Das leitende Element 6 (jedes des ersten leitenden Elements 61 und des zweiten leitenden Elements 62) ist durch eine Platte bereitgestellt, die aus einem Metall hergestellt ist. Der Hauptkreisstrom kann einen relativ hohen Wert haben. In einem solchen Fall ist das Unterdrücken der Komponente des parasitären Widerstands in dem leitenden Element 6, das Pfade des Hauptkreisstroms bildet, vorteilhaft, was die Verringerung des Leistungsverbrauchs des Halbleitermoduls A1 betrifft. Bei dem Halbleitermodul A1 wird die Komponente des parasitären Widerstands in dem leitenden Element 6 somit unter Verwendung einer Metallplatte und nicht eines Bondingdrahts zur Bereitstellung des leitenden Elements 6 unterdrückt. Somit hat das Halbleitermodul A1 eine die Verringerung der Komponente des parasitären Widerstands begünstigende Gehäusestruktur.

[0174] Bei dem Halbleitermodul A1 ist jedes der ersten Halbleiterelemente 10A in Draufsicht rechteckig und überlappen die vier Ecken jedes ersten Halbleiterelements 10A in Draufsicht das zweite Halbleiterelement 62 nicht. Eine solche Ausgestaltung ermöglicht das Durchführen einer Sichtprüfung, um zu prüfen, ob jedes erste Halbleiterelement 10A korrekt gebondet ist, bevor der Schritt des Ausbildens des Dichtungsharzes 8 während des Prozesses zum Herstellen des Halbleitermoduls A1 erfolgt. Mit anderen Worten: Das Halbleitermodul A1 kann während des Herstellungsprozesses auf den Bondingzustand jedes ersten Halbleiterelements 10A sichtgeprüft werden, so dass bestimmt werden kann, ob jedes erste Halbleiterelement 10A korrekt gebondet ist. Beispielsweise können die Abstände an den vier Ecken eines ersten Halbleiterelements 10A mithilfe des Laserentfernungsmessverfahrens gemessen werden, und wenn der Unterschied bezüglich der gemessenen Abstände an den vier Ecken gering ist, kann bestimmt werden, dass das erste Halbleiterelement 10A korrekt gebondet ist. Auf diese Weise ist eine Sichtprüfung während des Herstellungsprozesses möglich und hat das Halbleitermodul A1 eine die Verbesserung der Zuverlässigkeit begünstigende Gehäusestruktur. Eine Sichtprüfung ist möglich, wenn zumindest drei der vier Ecken eines Halbleiterelements 10A in Draufsicht geprüft werden können. Somit müssen nur drei solche Ecken so ausgestaltet sein, dass sie das zweite leitende Element 62 nicht überlappen. Außerdem überlappen auch die vier Ecken jedes Halbleiterelements 10B in Draufsicht das zweite leitende Element 62 nicht, wie in **Fig.** 7 gezeigt. Eine solche Ausgestaltung ermöglicht das Durchführen einer Sichtprüfung, um zu prüfen, ob jedes zweite Halbleiterelement 10B korrekt gebondet ist, bevor der Schritt des Ausbildens des Dichtungsharzes 8 während des Prozesses zum Herstellen des Halbleitermoduls A1 erfolgt. Bei der Sichtprüfung kann es sich um eine automatisierte Sichtprüfung mittels Bildgebung und Bildverarbeitung handeln.

[0175] Das zweite leitende Element 62 weist den ersten Verdrahtungsabschnitt 621, den zweiten Verdrahtungsabschnitt 622, den dritten Verdrahtungsabschnitt 623 und den vierten Verdrahtungsabschnitt 624 auf. Der erste Verdrahtungsabschnitt 621 und der zweite Verdrahtungsabschnitt 622 erstrecken sich in x-Richtung und sind mit der Eingangsklemme 42 bzw. der Eingangsklemme 43 verbunden, die in y-Richtung einander gegenüberliegend angeordnet sind, wobei die Eingangsklemme 41 dazwischen angeordnet ist. Der dritte Verdrahtungsabschnitt 623, der sich in y-Richtung erstreckt, ist sowohl mit dem ersten Verdrahtungsabschnitt 621 als auch dem zweiten Verdrahtungsabschnitt 622 verbunden und ist mit jedem der zweiten Halbleiterelemente 10B verbunden. Der vierte Verdrahtungsabschnitt 624 ist sowohl mit dem ersten Verdrahtungsabschnitt 621 als auch dem zweiten Verdrahtungsabschnitt 622 verbunden. Der vierte Verdrahtungsabschnitt 624 ist in x2-Richtung in Bezug auf den dritten Verdrahtungsabschnitt 623 angeordnet und überlappt die ersten Halbleiterelemente 10A in Draufsicht. Das zweite leitende Element 62, das den ersten Verdrahtungsabschnitt 621, den zweiten Verdrahtungsabschnitt 622, den dritten Verdrahtungsabschnitt 623 und den vierten Verdrahtungsabschnitt 624 aufweist, überlappt einen großen Bereich der Vorderfläche 201 in Draufsicht und seine Größe ist in Draufsicht relativ groß. Das Vergrößern der Größe des zweiten leitenden Elements 62 in Draufsicht auf diese Weise ist vorteilhafter, was das Unterdrücken der Komponente des parasitären Widerstands des zweiten leitenden Elements 62 (des leitenden Elements 6) betrifft, das Pfade des Hauptkreisstroms bildet.

[0176] Jedes der ersten Halbleiterelemente 10A hat in Draufsicht eine erste Seite 191, eine zweite Seite 192, eine dritte Seite 193 und eine vierte Seite 194. Die erste Seite 191 und die zweite Seite 192 erstre-

cken sich jeweils in y-Richtung. Die erste Seite 191 ist in Draufsicht die Endkante auf der x2-Seite, während die zweite Seite 192 in Draufsicht die Endkante auf der x1-Seite ist. Die dritte Seite 193 und die vierte Seite 194 erstrecken sich jeweils in x-Richtung. Die dritte Seite 193 ist in Draufsicht die Endkante auf der y2-Seite, während die vierte Seite 194 in Draufsicht die Endkante auf der y1-Seite ist. Da jedes der ersten Halbleiterelemente 10A in Draufsicht rechteckig ist, sind die vier Ecken, die durch die erste Seite 191, die zweite Seite 192, die dritte Seite 193 und die vierte Seite 194 gebildet werden, rechte Winkel (oder in etwa rechte Winkel). Unterdessen hat der vierte Verdrahtungsabschnitt 624 (der erste Streifenabschnitt 625) des zweiten leitenden Elements 62 eine erste Kante 627 und eine zweite Kante 628. Die erste Kante 627 ist die Endkante auf der x2-Seite des vierten Verdrahtungsabschnitts 624 und ist in x1-Richtung von der ersten Seite 191 in Draufsicht angeordnet. Außerdem erstreckt sich die erste Kante 627 in y-Richtung zumindest von der dritten Seite 193 zu der vierten Seite 194. Bei einer solchen Ausgestaltung überlappen die zwei Ecken 171 und 172 auf der x2-Seite jedes Halbleiterelements 10A das zweite Halbleiterelement 62 in Draufsicht nicht. Die zweite Kante 628 ist die Endkante auf der x1-Seite des vierten Verdrahtungsabschnitts 624 (des ersten Streifenabschnitts 625) und ist in x2-Richtung von der zweiten Seite 192 in Draufsicht angeordnet. Außerdem erstreckt sich die zweite Kante 628 in y-Richtung zumindest von der dritten Seite 193 bis zu der vierten Seite 194. Bei einer solchen Ausgestaltung überlappen die zwei Ecken 173 und 174 auf der x1-Seite jedes Halbleiterelements 10A das zweite Halbleiterelement 62 in Draufsicht nicht. Mit einer solchen Ausgestaltung wird die Größe des zweiten leitenden Elements 62 in Draufsicht vergrößert, indem in dem vierten Verdrahtungsabschnitt 624 die Fläche, die jedes erste Halbleiterelement 10A in Draufsicht überlappt, sichergestellt wird, während die vier Ecken des ersten Halbleiterelements 10A das zweite Leitelement 62 in Draufsicht nicht überlappen. Somit wird die Komponente des parasitären Widerstands des zweiten leitenden Elements 62 (des leitenden Elements 6) wirksam unterdrückt, während der Bondingzustand jedes ersten Halbleiterelements 10A während der Herstellung des Halbleitermoduls A1 sichtgeprüft werden kann.

[0177] Der vierte Verdrahtungsabschnitt 624 (der erste Streifenabschnitt 625) weist erhöhte Bereiche 625a auf, die in z2-Richtung relativ zu anderen Abschnitten vorstehen. Jeder erhöhte Bereich 625a überlappt ein erstes Halbleiterelement 10A in Draufsicht. Bei der Ausgestaltung, bei der der vierte Verdrahtungsabschnitt 624 die erhöhten Bereiche 625a hat, ist es möglich, zu verhindern, dass der vierte Verdrahtungsabschnitt 624 unerwünscht mit den ersten leitenden Elementen 61 in Kontakt gelangt, die an die ersten Halbleiterelemente 10A gebondet sind.

[0178] Der dritte Verdrahtungsabschnitt 623 hat gezahnte Bereiche 623a, die in z1-Richtung relativ zu anderen Abschnitten vorstehen. Jeder gezahnte Bereich 623a ist an eines der zweiten Halbleiterelemente 10B gebondet. Bei einer solchen Ausgestaltung ist es möglich, die Größe des dritten Verdrahtungsabschnitts 623 (des zweiten leitenden Elements 62) in Draufsicht zu vergrößern, während eine entsprechende elektrische Verbindung zwischen dem dritten Verdrahtungsabschnitt 623 (dem zweiten leitenden Element 62) und den zweiten Halbleiterelementen 10B bereitgestellt wird.

[0179] Die ersten Halbleiterelemente 10A und die zweiten Halbleiterelemente 10B überlappen einander in x-Richtung gesehen. Gemäß dieser Ausgestaltung ist es möglich, die Erhöhung der Abmessung in y-Richtung des leitenden Substrats 2 (des ersten leitenden Abschnitts 2A und des zweiten leitenden Abschnitts 2B) zu unterdrücken, an dem die ersten Halbleiterelemente 10A und die zweiten Halbleiterelemente 10B angeordnet sind, und dadurch die Größe des Halbleitermoduls A1 zu verringern.

[0180] Das Halbleitermodul A1 hat das leitende Substrat 2, zwei Eingangsklemmen 41 und 42 (oder zwei Eingangsklemmen 41 und 43), die Ausgangsklemme 44 und das leitende Element 6. Das leitende Substrat 2 weist den ersten leitenden Abschnitt 2A und den zweiten leitenden Abschnitt 2B auf, die entlang der x-Richtung in Draufsicht angeordnet sind. Die ersten Halbleiterelemente 10A sind elektrisch an den ersten leitenden Abschnitt 2A gebondet. Die zweiten Halbleiterelemente 10B sind elektrisch an den zweiten leitenden Abschnitt 2B gebondet. Die ersten Halbleiterelemente 10A sind in Abständen entlang der y-Richtung angeordnet, wie auch die zweiten Halbleiterelemente 10B. Die zwei Eingangsklemmen 41 und 42 (oder die zwei Eingangsklemmen 41 und 43) sind in x2-Richtung in Bezug auf den ersten leitenden Abschnitt 2A angeordnet. Die Eingangsklemme 41 ist eine positive Elektrode und mit dem ersten leitenden Abschnitt 2A verbunden. Die Eingangsklemme 42 (oder die Eingangsklemme 43) ist eine negative Elektrode. Die Ausgangsklemmen 44 sind in x1-Richtung in Bezug auf den zweiten leitenden Abschnitt 2B angeordnet. Das leitende Element 6 weist die ersten leitenden Elemente 61, die mit den ersten Halbleiterelementen 10A und dem zweiten leitenden Abschnitt 2B verbunden sind, und das zweite leitende Element 62 auf, das mit den zweiten Halbleiterelementen 10B und der Eingangsklemme 42 (oder der Eingangsklemme 43) verbunden ist. Bei einer solchen Ausgestaltung sind die Pfade des Hauptkreisstroms, die durch die Halbleiterelemente 10 (die ersten Halbleiterelemente 10A und die zweiten Halbleiterelemente 10B) geschaltet werden, so ausgestaltet, dass sie sich entlang der x-Richtung in Draufsicht erstrecken, während die Symmetrieachse in der planaren Struktur des Halbleiter-

moduls A1 (siehe die Hilfslinie L1 in **Fig.** 7) so ausgestaltet ist, dass sie entlang der y-Richtung in Draufsicht verläuft. Somit verlaufen die oben erwähnte Symmetrieachse und die oben erwähnten Pfade des Hauptkreisstroms orthogonal zueinander. Dadurch werden Unterschiede in den Strompfaden zu den ersten Halbleiterelementen 10A und den zweiten Halbleiterelementen 10B in Bezug auf den Hauptkreisstrom verringert, der von den zwei Eingangsklemmen 41, 42 (oder zwei Eingangsklemmen 41, 43) eingegeben und von der Ausgangsklemme 44 ausgegeben wird. Schwankungen in den Komponenten der parasitären Induktivität und Schwankungen im Strom in dem Halbleitermodul A1 können somit unterdrückt werden. Das Halbleitermodul A1 hat demnach ein Gehäuse, das vorteilhaft ist, was das Ausgleichen der Komponenten der parasitären Induktivität in den Pfaden des Hauptkreisstroms und das Ausgleichen der Menge an Strom zu den Halbleiterelementen 10 betrifft.

[0181] Die ersten Halbleiterelemente 10A und die zweiten Halbleiterelemente 10B sind in x-Richtung voneinander beabstandet. Die ersten Halbleiterelemente 10A sind entlang der y-Richtung ausgerichtet, wie auch die zweiten Halbleiterelemente 10B. Die Richtung, in die die Halbleiterelemente 10 ausgerichtet sind, und die Richtung, in die der erste Hauptkreisstrom oder der zweite Hauptkreisstrom fließt, verlaufen orthogonal zueinander. Wird eine Mehrzahl von parallel geschalteten Schaltelementen verwendet, wie es bei der vorliegenden Ausführungsform der Fall ist, unterdrückt die obige Ausgestaltung einen Unterschied in der Länge des Strompfads des ersten Hauptkreisstroms unter drei ersten Halbleiterelementen 10A. Komponenten des parasitären Widerstands in dem leitenden Element 6, das ein Pfad des Hauptkreisstroms ist, können somit unterdrückt werden.

[0182] Der Bereich, in dem der erste Hauptkreisstrom fließt, und der Bereich, in dem der zweite Hauptkreisstrom fließt, sind so ausgestaltet, dass sie einander in Draufsicht überlappen. Das zweite leitende Element 62, das die Ausgangsklemme 44 und die Eingangsklemmen 42 und 43 verbindet, die negative Elektrodenklemmen sind, um den zweiten Hauptkreisstrom zu führen, ist also über dem Bereich angeordnet, in dem der erste Hauptkreisstrom fließt (dem ersten leitenden Abschnitt 2A, dem ersten leitenden Element 61 und dem zweiten leitenden Abschnitt 2B). Die Richtung, in die der erste Hauptkreisstrom fließt, ist der Richtung, in die der zweite Hauptkreisstrom fließt, entgegengesetzt. Durch die obige Anordnung ist es möglich, dass das von dem ersten Hauptkreisstrom erzeugte Magnetfeld und das von dem zweiten Hauptkreisstrom erzeugte Magnetfeld einander neutralisieren, wodurch die Induktivität verringert wird.

[0183] Das Halbleitermodul A1 der vorliegenden Ausführungsform weist zwei Eingangsklemmen 42 und 43 auf. Diese Eingangsklemmen 42 und 43 sind beides negative Elektroden und flankieren die Eingangsklemme 41 in y-Richtung. Das zweite leitende Element 62 ist mit den zwei Eingangsklemmen 42 und 43 verbunden. Eine solche Ausgestaltung kann Schwankungen in den Pfaden des Stroms, der von der Ausgangsklemme 44 durch jedes zweite Halbleiterelement 10B und das zweite leitende Element 62 zu jeder der Eingangsklemmen 42 und 43 fließt, weiter verringern.

[0184] Bei dem Halbleitermodul A1 weist das zweite leitende Element 62 den ersten Verdrahtungsabschnitt 621, den zweiten Verdrahtungsabschnitt 622, den dritten Verdrahtungsabschnitt 623 und den vierten Verdrahtungsabschnitt 624 auf. Der erste Verdrahtungsabschnitt 621 und der zweite Verdrahtungsabschnitt 622 erstrecken sich in x-Richtung und sind mit der Eingangsklemme 42 bzw. der Eingangsklemme 43 verbunden, die in y-Richtung einander gegenüberliegend angeordnet sind, wobei die Eingangsklemme 41 dazwischen angeordnet ist. Der dritte Verdrahtungsabschnitt 623 ist sowohl mit dem ersten Verdrahtungsabschnitt 621 als auch dem zweiten Verdrahtungsabschnitt 622 verbunden, indem er sich in y-Richtung erstreckt, und mit jedem der zweiten Halbleiterelemente 10B verbunden. Der vierte Verdrahtungsabschnitt 624 ist in x2-Richtung von dem dritten Verdrahtungsabschnitt 623 angeordnet und mit allen des ersten Verdrahtungsabschnitts 621, das zweiten Verdrahtungsabschnitts 622 und des dritten Verdrahtungsabschnitts 623 verbunden. Das zweite leitende Element 62, das den ersten Verdrahtungsabschnitt 621, den zweiten Verdrahtungsabschnitt 622, den dritten Verdrahtungsabschnitt 623 und den vierten Verdrahtungsabschnitt 624 aufweist, überlappt einen großen Bereich der Vorderfläche 201 in Draufsicht und seine Größe ist in Draufsicht relativ groß. Eine solche Ausgestaltung verringert Schwankungen in den Pfaden des Stroms, der von der Ausgangsklemme 44 durch jedes zweite Halbleiterelement 10B und das zweite leitende Element 62 zu jeder der Eingangsklemmen 42 und 43 fließt, entsprechend. Das Halbleitermodul A1 der vorliegenden Ausführungsform ist demnach vorteilhafter, was das Ausgleichen der Komponenten der parasitären Induktivität in den Pfaden des Hauptkreisstroms (das zweite leitende Element 62) und das Ausgleichen der Menge an Strom zu den zweiten Halbleiterelementen 10B betrifft.

[0185] Der vierte Verdrahtungsabschnitt 624 ist sowohl mit dem ersten Verdrahtungsabschnitt 621 als auch dem zweiten Verdrahtungsabschnitt 622 verbunden und überlappt die ersten Halbleiterelemente 10A in Draufsicht. Der vierte Verdrahtungsabschnitt 624 (der erste Streifenabschnitt 625) weist erhöhte Bereiche 625a auf, die in z2-Richtung relativ

zu anderen Abschnitten vorstehen. Jeder erhöhte Bereich 625a überlappt ein erstes Halbleiterelement 10A in Draufsicht. Mit einer solchen Ausgestaltung ist es möglich, zu verhindern, dass der vierte Verdrahtungsabschnitt 624 unerwünscht mit dem ersten leitenden Element 61 in Kontakt gelangt, das an die ersten Halbleiterelemente 10A gebondet ist, während eine große Größe des vierten Verdrahtungsabschnitts 624 (des zweiten leitenden Elements 62) in Draufsicht sichergestellt wird.

[0186] Die ersten Halbleiterelemente 10A und die zweiten Halbleiterelemente 10B überlappen einander in x-Richtung gesehen. Gemäß dieser Ausgestaltung ist es möglich, die Erhöhung der Abmessung in y-Richtung des leitenden Substrats 2 (des ersten leitenden Abschnitts 2A und des zweiten leitenden Abschnitts 2B) zu unterdrücken, an dem die ersten Halbleiterelemente 10A und die zweiten Halbleiterelemente 10B angeordnet sind, und dadurch die Größe des Halbleitermoduls A1 zu verringern.

[0187] Die **Fig.** 23 bis 26 zeigen andere Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung. In diesen Figuren sind die gleichen oder ähnliche Elemente wie jene der obigen Ausführungsform mit den gleichen Bezugszeichen ausgewiesen. Die Ausgestaltungen diverser Teile in den Abwandlungen und Ausführungsformen können in einer beliebigen geeigneten Kombination selektiv verwendet werden, solange eine solche Kombination technisch kompatibel ist.

Erste Ausführungsform, erste Abwandlung:

[0188] Fig. 23 zeigt eine erste Abwandlung der Leistungswandlervorrichtung B1. Die Leistungswandlervorrichtung B11 der vorliegenden Abwandlung unterscheidet sich von dem Halbleitermodul A1 in der Positionsbeziehung zwischen dem oben erwähnten Schnittpunkt Cp und dem Mittelpunkt Oz.

[0189] Der Schnittpunkt Cp der vorliegenden Abwandlung liegt in z-Richtung gesehen von dem Mittelpunkt Oz entfernt. Der Schnittpunkt Cp liegt in z-Richtung gesehen jedoch im Inneren des Kondensatorkörpers 90.

[0190] Gemäß einer solchen Abwandlung können daher die Induktivitäten zwischen dem Kondensatormodul C11 und dem ersten Halbleitermodul A11, dem zweiten Halbleitermodul A12 und dem dritten Halbleitermodul A13 wiederum gleichmäßiger gemacht werden. Wie aus der vorliegenden Abwandlung hervorgeht, ist die Leistungswandlervorrichtung der vorliegenden Offenbarung nicht auf die Ausgestaltung begrenzt, bei der der Mittelpunkt Oz und der Schnittpunkt Cp miteinander zusammenfallen.

Erste Ausführungsform, zweite Abwandlung:

[0191] Fig. 24 zeigt eine zweite Abwandlung der Leistungswandlervorrichtung B1. Bei dem Leistungswandler B12 der vorliegenden Abwandlung schneiden sich die Mittellinien OL1, OL2 und OL3 nicht an einer Stelle wie z. B. dem oben beschriebenen Schnittpunkt Cp.

[0192] In z-Richtung gesehen schneiden sich bei der vorliegenden Abwandlung die Mittellinie OL1 und die Mittellinie OL2 an dem Schnittpunkt Cp1, schneiden sich die Mittellinie OL2 und die Mittellinie OL3 an dem Schnittpunkt Cp2 und schneiden sich die Mittellinie OL3 und die Mittellinie OL1 an dem Schnittpunkt Cp3. Der Schnittpunkt Cp1, der Schnittpunkt Cp2 und der Schnittpunkt Cp3 sind in z-Richtung gesehen voneinander beabstandet. Der Schnittpunkt Cp1, der Schnittpunkt Cp2 und der Schnittpunkt Cp3 überlappen allesamt jedoch in z-Richtung gesehen den Kondensatorkörper 90.

[0193] Gemäß einer solchen Abwandlung können daher die Induktivitäten zwischen dem Kondensatormodul C12 und dem ersten Halbleitermodul A11, dem zweiten Halbleitermodul A12 und dem dritten Halbleitermodul A13 wiederum gleichmäßiger gemacht werden. Wie aus der vorliegenden Abwandlung hervorgeht, ist die Leistungswandlervorrichtung der vorliegenden Offenbarung nicht auf die Ausgestaltung begrenzt, bei der die Mittellinien OL1, OL2 und OL3 sich an einer Stelle schneiden.

Zweite Ausführungsform:

[0194] Fig. 25 zeigt eine Leistungswandlervorrichtung gemäß einer zweiten Ausführungsform. Die Leistungswandlervorrichtung B2 gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist gezeigt. Die Leistungswandlervorrichtung B2 der vorliegenden Ausführungsform unterscheidet sich von der oben beschriebenen Ausführungsform in der Größenordnung des ersten Winkels α1 und des zweiten Winkels α2.

[0195] Bei der vorliegenden Ausführungsform sind der erste Winkel α1 und der zweite Winkel α2 auf 90° eingestellt. Bei dem in der Leistungswandlervorrichtung B2 enthaltenen Kondensatormodul C2 unterscheiden sich also die relativen Winkel der ersten Oberfläche 901, der zweiten Oberfläche 902 und der dritten Oberfläche 903 und ist der durch aneinandergrenzende dieser Oberflächen gebildete Winkel auf 90° festgelegt. Folglich ist ein 90°-Winkel zwischen den ersten Sammelschienen 911, 912 und 913 und den zweiten Sammelschienen 921, 922 und 923 und zwischen den zweiten Sammelschienen 921, 922 und 923 und den dritten Sammelschienen 931, 932 und 933 definiert.

[0196] Auch bei einem solchen ersten Winkel α1 und dem zweiten Winkel α2 sind das erste Halbleitermodul A11, das zweite Halbleitermodul A12 und das dritte Halbleitermodul A13 in Bezug auf den Kondensatorkörper 90 vorgespannt angeordnet (eine Anordnung, die in z-Richtung gesehen nicht liniensymmetrisch oder punktsymmetrisch ist).

[0197] Gemäß einer solchen Abwandlung können daher die Induktivitäten zwischen dem Kondensatormodul C2 und dem ersten, dem zweiten und den dritten Halbleitermodulen A11, A12 und A13 wiederum gleichmäßiger gemacht werden. Wie aus der vorliegenden Ausführungsform hervorgeht, ist die Größenordnung des ersten Winkels α1 und des zweiten Winkels α2 in keinster Weise eingeschränkt und können beliebige andere Winkel als 45° und 90° gewählt werden.

Dritte Ausführungsform:

[0198] Fig. 26 zeigt eine Leistungswandlervorrichtung gemäß einer dritten Ausführungsform. Die Leistungswandlervorrichtung B3 der vorliegenden Ausführungsform weist ein erstes Halbleitermodul A11, ein zweites Halbleitermodul A12, ein drittes Halbleitermodul A13, ein viertes Halbleitermodul A14, ein fünftes Halbleitermodul A15, ein sechstes Halbleitermodul A16 und ein Kondensatormodul C3 auf.

[0199] Jedes des ersten Halbleitermoduls A11, des zweiten Halbleitermoduls A12, des dritten Halbleitermoduls A13, des vierten Halbleitermoduls A14, des fünften Halbleitermoduls A15 und des sechsten Halbleitermoduls A16 kann die Ausgestaltung aufweisen, wie sie oben in Bezug auf das Halbleitermodul A1 beschrieben ist. Das erste Halbleitermodul A11, das zweite Halbleitermodul A12, das dritte Halbleitermodul A13, das vierte Halbleitermodul A14, das fünfte Halbleitermodul A15 und das sechste Halbleitermodul A16 können jedoch eine andere Ausgestaltung als das Halbleitermodul A1 aufweisen. Außerdem können einige oder alle des ersten Halbleitermoduls A11, des zweiten Halbleitermoduls A12, des dritten Halbleitermoduls A13, des vierten Halbleitermoduls A14, des fünften Halbleitermoduls A15 und des sechsten Halbleitermoduls A16 voneinander unterschiedliche Ausgestaltungen aufweisen.

[0200] Der Kondensatorkörper 90 des Kondensatormoduls C3 hat eine erste Oberfläche 901, eine zweite Oberfläche 902, eine dritte Oberfläche 903, eine vierte Oberfläche 904, eine fünfte Oberfläche 905 und eine sechste Oberfläche 906. Die erste Oberfläche 901 ist eine Oberfläche orthogonal zu der Mittellinie OL1. Die zweite Oberfläche 902 ist eine Oberfläche orthogonal zu der Mittellinie OL2. Die dritte Oberfläche 903 ist eine Oberfläche orthogonal zu der Mittellinie OL3. Die vierte Oberfläche 904 ist eine Oberfläche orthogonal zu der Mittellinie OL4. Die fünfte Oberfläche 905 ist eine Oberfläche orthogonal zu der Mittellinie OL5. Die sechste Oberfläche 906 ist eine Oberfläche orthogonal zu der Mittellinie OL6.

[0201] Die Winkel, die durch die erste Oberfläche 901, die zweite Oberfläche 902, die dritte Oberfläche 903, die vierte Oberfläche 904, die fünfte Oberfläche 905 und die sechste Oberfläche 906 gebildet werden, sind nicht beschränkt. Bei dem veranschaulichten Beispiel beträgt der Winkel, der durch die erste Oberfläche 901 und die zweite Oberfläche 902 gebildet wird, 45°. Der Winkel, der durch die zweite Oberfläche 902 und die dritte Oberfläche 903 gebildet wird, beträgt 45°. Der Winkel, der durch die dritte Oberfläche 903 und die vierte Oberfläche 904 gebildet wird, beträgt 45°. Der Winkel, der durch die vierte Oberfläche 904 und die fünfte Oberfläche 905 gebildet wird, beträgt 45°. Der Winkel, der durch die fünfte Oberfläche 905 und die sechste Oberfläche 906 gebildet wird, beträgt 45°.

[0202] Bei dem veranschaulichten Beispiel sind die erste Oberfläche 901, die zweite Oberfläche 902, die dritte Oberfläche 903, die vierte Oberfläche 904, die fünfte Oberfläche 905 und die sechste Oberfläche 906 orthogonal zu einer radialen Linie, die durch den Mittelpunkt Oz verläuft und sich in einer r-Richtung erstreckt. Die erste Oberfläche 901, die zweite Oberfläche 902, die dritte Oberfläche 903, die vierte Oberfläche 904, die fünfte Oberfläche 905 und die sechste Oberfläche 906 sind nebeneinander angeordnet.

[0203] Erste Sammelschienen 911, 912 und 913 stehen von der ersten Oberfläche 901 vor. Zweite Sammelschienen 921, 922 und 923 stehen von der zweiten Oberfläche 902 vor. Dritte Sammelschienen 931, 933 und 933 stehen von der dritten Oberfläche 903 vor. Vierte Sammelschienen 941, 942 und 943 stehen von der vierten Oberfläche 904 vor. Fünfte Sammelschienen 951, 952 und 953 stehen von der fünften Oberfläche 905 vor. Sechste Sammelschienen 961, 962 und 963 stehen von der sechsten Oberfläche 906 vor.

[0204] Bei dem ersten Halbleitermodul A11 ist die Eingangsklemme 41 mit der ersten Sammelschiene 911 verbunden, ist die Eingangsklemme 42 mit der ersten Sammelschiene 912 verbunden und ist die Eingangsklemme 43 mit der ersten Sammelschiene 913 verbunden. Bei dem zweiten Halbleitermodul A12 ist die Eingangsklemme 41 mit der zweiten Sammelschiene 921 verbunden, ist die Eingangsklemme 42 mit der zweiten Sammelschiene 922 verbunden und ist die Eingangsklemme 43 mit der zweiten Sammelschiene 923 verbunden. Bei dem dritten Halbleitermodul A13 ist die Eingangsklemme 41 mit der dritten Sammelschiene 931 verbunden, ist die

Eingangsklemme 42 mit der dritten Sammelschiene 932 verbunden und ist die Eingangsklemme 43 mit der dritten Sammelschiene 933 verbunden. Bei dem vierten Halbleitermodul A14 ist die Eingangsklemme 41 mit der vierten Sammelschiene 941 verbunden, ist die Eingangsklemme 42 mit der vierten Sammelschiene 942 verbunden und ist die Eingangsklemme 43 mit der vierten Sammelschiene 943 verbunden. Bei dem fünften Halbleitermodul A15 ist die Eingangsklemme 41 mit der fünften Sammelschiene 951 verbunden, ist die Eingangsklemme 42 mit der fünften Sammelschiene 952 verbunden und ist die Eingangsklemme 43 mit der fünften Sammelschiene 953 verbunden. Bei dem sechsten Halbleitermodul A16 ist die Eingangsklemme 41 mit der sechsten Sammelschiene 961 verbunden, ist die Eingangsklemme 42 mit der sechsten Sammelschiene 962 verbunden und ist die Eingangsklemme 43 mit der sechsten Sammelschiene 963 verbunden.

[0205] Mittellinien OL4, OL5 und OL6 sind die Mittellinien des vierten Halbleitermoduls A14, des fünften Halbleitermoduls A15 bzw. des sechsten Halbleitermoduls A16 und auf die gleiche Weise wie die Mittellinien OL1, OL2 und OL3 des ersten Halbleitermoduls A11, des zweiten Halbleitermoduls A12 und des dritten Halbleitermoduls A13 definiert.

[0206] Bei dem veranschaulichten Beispiel schneiden sich die Mittellinien OL1 bis OL6 an dem Schnittpunkt Cp miteinander. Bei dem veranschaulichten Beispiel fällt der Schnittpunkt Cp mit dem Mittelpunkt Oz des Kondensatorkörpers 90 zusammen. Wie oben erwähnt, ist die vorliegende Offenbarung jedoch nicht auf die Ausgestaltung beschränkt, bei der der Schnittpunkt Cp und der Mittelpunkt Oz miteinander zusammenfallen, noch ist sie auf eine Ausgestaltung beschränkt, bei der die Mittellinien OL1 bis OL6 sich an einer Stelle schneiden.

[0207] Die Länge Lb4 der vierten Sammelschienen 941, 942 und 943, die Länge Lb5 der fünften Sammelschienen 951, 952 und 953 und die Länge Lb6 der sechsten Sammelschienen 961, 962 und 963 ist auf die gleiche Weise wie die Längen Lb1, Lb2 und Lb3 definiert. Die Längen Lb1 bis Lb6 gleichen einander.

[0208] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform können die Induktivitäten zwischen dem Kondensatormodul C3 und dem ersten Halbleitermodul A11, dem zweiten Halbleitermodul A12, dem dritten Halbleitermodul A13, dem vierten Halbleitermodul A14, dem fünften Halbleitermodul A15 und dem sechsten Halbleitermodul A16 wiederum gleichmäßiger gemacht werden. Wie aus der vorliegenden Ausführungsform hervorgeht, ist die Anzahl von in der Leistungswandlervorrichtung der vorliegenden Offenbarung enthaltenen Halbleitermodulen nicht beschränkt.

[0209] Die Leistungswandlervorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung ist nicht auf die oben beschriebenen Ausführungsformen beschränkt. Diverse Designmodifikationen können an der spezifischen Struktur jedes Teils der Leistungswandlervorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung beliebig vorgenommen werden.

[0210] Die vorliegende Offenbarung weist Ausführungsformen auf, die in den folgenden Sätzen bzw. Klauseln beschrieben sind.

Satz bzw. Klausel B1.

[0211] Leistungswandlervorrichtung, die umfasst:

ein erstes Halbleitermodul, ein zweites Halbleitermodul und ein drittes Halbleitermodul, die jeweils ein Halbleiterelement mit einer Schaltfunktion und eine Eingangsklemme aufweisen; und

ein Kondensatormodul, das mit den Eingangsklemmen des ersten Halbleitermoduls, des zweiten Halbleitermoduls und des dritten Halbleitermoduls verbunden ist, wobei:

das Kondensatormodul einen Kondensatorkörper und eine erste Sammelschiene, eine zweite Sammelschiene und eine dritte Sammelschiene aufweist, die von dem Kondensatorkörper vorstehen,

die Eingangsklemme des ersten Halbleitermoduls mit der ersten Sammelschiene verbunden ist,

die Eingangsklemme des zweiten Halbleitermoduls mit der zweiten Sammelschiene verbunden ist,

die Eingangsklemme des dritten Halbleitermoduls mit der dritten Sammelschiene verbunden ist,

sich eine erste Mittellinie des ersten Halbleitermoduls, eine zweite Mittellinie des zweiten Halbleitermoduls und eine dritte Mittellinie des dritten Halbleitermoduls in einer axialen Richtung eines zylindrischen Koordinatensystems um eine den Kondensatorkörper schneidende Mittelachse gesehen mit dem Kondensatorkörper schneiden,

ein erster Winkel, der durch die erste Mittellinie und die zweite Mittellinie gebildet wird, und ein zweiter Winkel, der durch die zweite Mittellinie und die dritte Mittellinie gebildet wird, einander gleichen, und

Längen der ersten Sammelschiene, der zweiten Sammelschiene und der dritten Sammelschiene einander gleichen.

Satz B2.

[0212] Leistungswandlervorrichtung nach Satz B1, wobei die erste Mittellinie, die zweite Mittellinie und die dritte Mittellinie jeweils parallel zu einer radialen Richtung des zylindrischen Koordinatensystems verlaufen.

Satz B3.

[0213] Leistungswandlervorrichtung nach Satz B2, wobei die Eingangsklemme des ersten Halbleitermoduls sich entlang der ersten Mittellinie erstreckt,

sich die Eingangsklemme des zweiten Halbleitermoduls entlang der zweiten Mittellinie erstreckt, und

sich die Eingangsklemme des dritten Halbleitermoduls entlang der dritten Mittellinie erstreckt.

Satz B4.

[0214] Leistungswandlervorrichtung nach Satz B2 oder B3, wobei sich die erste Mittellinie, die zweite Mittellinie und die dritte Mittellinie an einem Schnittpunkt im Inneren des Kondensatorkörpers in axialer Richtung gesehen schneiden.

Satz B5.

[0215] Leistungswandlervorrichtung nach Satz B4, wobei der Schnittpunkt einen Mittelpunkt des Kondensatorkörpers in axialer Richtung gesehen überlappt.

Satz B6.

[0216] Leistungswandlervorrichtung nach einem der Sätze B2 bis B5, wobei der Kondensatorkörper eine erste Oberfläche, die orthogonal zu der ersten Mittellinie verläuft und von der die erste Sammelschiene vorsteht, eine zweite Oberfläche, die orthogonal zu der zweiten Mittellinie verläuft und von der die zweite Sammelschiene vorsteht, und eine dritte Oberfläche, die orthogonal zu der dritten Mittellinie verläuft und von der die dritte Sammelschiene vorsteht, aufweist.

Satz B7.

[0217] Leistungswandlervorrichtung nach einem der Sätze B2 bis B6, wobei jedes des ersten Halbleitermoduls, des zweiten Halbleitermoduls und des dritten Halbleitermoduls eine erste Eingangsklemme, eine zweite Eingangsklemme und eine dritte Eingangsklemme aufweist, die in radialer Richtung hin zu einer gleichen Seite vorstehen und in axialer Richtung gesehen entlang einer Umfangsrichtung des zylindrischen Koordinatensystems angeordnet sind,
die zweite Eingangsklemme und die dritte Eingangsklemme an einer Seite und an einer anderen Seite in Umfangsrichtung der ersten Eingangsklemme angeordnet sind,
die erste Eingangsklemme einer von einem positiven und einem negativen Pol ist, und
die zweite Eingangsklemme ein anderer von dem positiven und dem negativen Pol ist.

Satz B8.

[0218] Leistungswandlervorrichtung nach einem der Sätze B2 bis B7, wobei jedes des ersten Halbleitermoduls, des zweiten Halbleitermoduls und des dritten Halbleitermoduls eine Ausgangsklemme aufweist, die hin zu einer gegenüberliegenden Seite von der Eingangsklemme vorsteht.

Satz B9.

[0219] Leistungswandlervorrichtung nach einem der Sätze B2 bis B8, die als Wechselrichter ausgestaltet ist, der die Schaltfunktionen des ersten Halbleitermoduls, des zweiten Halbleitermoduls und des dritten Halbleitermoduls kombiniert.

Satz B10.

[0220] Leistungswandlervorrichtung nach einem der Sätze B2 bis B9, wobei der erste Winkel und der zweite Winkel jeweils45° sind.

Satz B11.

[0221] Leistungswandlervorrichtung nach einem der Sätze B2 bis B10, wobei der erste Winkel und der zweite Winkel jeweils 90° sind.

Satz B12.

[0222] Leistungswandlervorrichtung nach einem der Sätze B2 bis B9, die ferner ein viertes Halbleitermodul, ein fünftes Halbleitermodul und ein sechstes Halbleitermodul umfasst, die jeweils ein Halbleiterelement mit einer Schaltfunktion und eine Eingangsklemme aufweisen,
wobei das Kondensatormodul eine vierte Sammelschiene, eine fünfte Sammelschiene und eine sechste Sammelschiene aufweist, die von dem Kondensatorkörper vorstehen,
die Eingangsklemme des vierten Halbleitermoduls mit der vierten Sammelschiene verbunden ist,
die Eingangsklemme des fünften Halbleitermoduls mit der fünften Sammelschiene verbunden ist,
die Eingangsklemme des sechsten Halbleitermoduls mit der sechsten Sammelschiene verbunden ist,
sich eine vierte Mittellinie des vierten Halbleitermoduls, eine fünfte Mittellinie des fünften Halbleitermoduls und eine sechste Mittellinie des sechsten Halbleitermoduls in axialer Richtung mit dem Kondensatorkörper schneiden,
ein dritter Winkel, der durch die dritte Mittellinie und

die vierte Mittellinie gebildet wird, ein vierter Winkel, der durch die vierte Mittellinie und die fünfte Mittellinie gebildet wird, und ein fünfter Winkel, der durch die fünfte Mittellinie und die sechste Mittellinie gebildet wird, dem ersten Winkel und dem zweiten Winkel gleichen, und
Längen der ersten Sammelschiene, der zweiten Sammelschiene, der dritten Sammelschiene, der vierten Sammelschiene, der fünften Sammelschiene und der sechsten Sammelschiene einander gleichen.

Satz B13.

[0223] Leistungswandlervorrichtung nach Satz B12, wobei sich die erste Mittellinie, die zweite Mittellinie, die dritte Mittellinie, die vierte Mittellinie, die fünfte Mittellinie und die sechste Mittellinie an einem Schnittpunkt im Inneren des Kondensatorkörpers in axialer Richtung gesehen schneiden.

Satz B14.

[0224] Leistungswandlervorrichtung nach Satz B13, wobei der Schnittpunkt den Mittelpunkt des Kondensatorkörpers in axialer Richtung gesehen überlappt.

Satz B15.

[0225] Leistungswandlervorrichtung nach Satz B14, wobei der erste Winkel, der zweite Winkel sind, der dritte Winkel, der vierte Winkel und der fünfte Winkel jeweils 45° betragen.

Satz B16.

[0226] Leistungswandlervorrichtung nach einem der Sätze B12 bis B15, wobei jedes des vierten Halbleitermoduls, des fünften Halbleitermoduls und des sechsten Halbleitermoduls eine erste Eingangsklemme, eine zweite Eingangsklemme und eine dritte Eingangsklemme aufweist, die in radialer Richtung hin zu einer gleichen Seite vorstehen und in axialer Richtung gesehen entlang einer Umfangsrichtung des zylindrischen Koordinatensystems angeordnet sind,
die zweite Eingangsklemme und die dritte Eingangsklemme an einer Seite und an einer anderen Seite in Umfangsrichtung der ersten Eingangsklemme angeordnet sind,
die erste Eingangsklemme einer von einem positiven und einem negativen Pol ist, und
die zweite Eingangsklemme ein anderer von dem positiven und dem negativen Pol ist.

Satz B17.

[0227] Leistungswandlervorrichtung nach einem der Sätze B12 bis B16, die als Wechselrichter ausgestaltet ist, der die Schaltfunktionen des vierten Halbleitermoduls, des fünften Halbleitermoduls und des sechsten Halbleitermoduls kombiniert.

Satz A1.

[0228] Halbleitermodul, das umfasst:

ein leitendes Substrat mit einer Vorderfläche, die einer ersten Seite in einer Dickenrichtung zugewandt ist, und einer Rückfläche, die einer der Vorderfläche gegenüberliegenden Seite zugewandt ist;

ein Halbleiterelement, das elektrisch an die Vorderfläche gebondet ist und eine Schaltfunktion aufweist;

ein leitendes Element, das einen Pfad für einen Hauptkreisstrom bildet, der durch das Halbleiterelement geschaltet wird;

eine erste Eingangsklemme, eine zweite Eingangsklemme und eine dritte Eingangsklemme, die in Bezug auf das leitende Substrat an einer ersten Seite in einer ersten Richtung, die orthogonal zu der Dickenrichtung ist, angeordnet sind; und

eine Ausgangsklemme, die in Bezug auf das leitende Substrat an einer zweiten Seite in der ersten Richtung angeordnet ist, wobei:

das leitende Substrat einen ersten leitenden Abschnitt und einen zweiten leitenden Abschnitt aufweist,

das Halbleiterelement ein erstes Halbleiterelement, das elektrisch an den ersten leitenden Abschnitt gebondet ist, und ein zweites Halbleiterelement, das elektrisch an den zweiten leitenden Abschnitt gebondet ist, aufweist,

die zweite Eingangsklemme und die dritte Eingangsklemme in einer zweiten Richtung, die orthogonal zu sowohl der Dickenrichtung als auch der ersten Richtung ist, auf einer ersten Seite bzw. auf einer zweiten Seite der ersten Eingangsklemme angeordnet sind,

die erste Eingangsklemme einer von einem positiven und einem negativen Pol ist und elektrisch mit dem ersten leitenden Abschnitt verbunden ist, und

die zweite Eingangsklemme und die dritte Eingangsklemme jeweils ein anderer von dem positiven und dem negativen Pol sind.

Satz A2.

[0229] Halbleitermodul nach Satz A1, wobei die erste Eingangsklemme elektrisch mit dem ersten leitenden Abschnitt verbunden ist,
die Ausgangsklemme elektrisch mit dem zweiten leitenden Abschnitt verbunden ist, und

das leitende Element ein erstes leitendes Element, das mit dem ersten Halbleiterelement und dem zweiten leitenden Abschnitt verbunden ist, und ein zweites leitendes Element, das mit dem zweiten Halbleiterelement und den zweiten und den dritten Eingangsklemmen verbunden ist und das erste Halbleiterelement in Dickenrichtung gesehen überlappt, aufweist.

Satz A3.

[0230] Halbleitermodul nach Satz A2, wobei der erste leitende Abschnitt und der zweite leitende Abschnitt an der ersten Seite in der ersten Richtung bzw. an der zweiten Seiten in der ersten Richtung angeordnet sind, und
das zweite leitende Element aufweist: einen ersten Verdrahtungsabschnitt, der mit der zweiten Eingangsklemme verbunden ist und sich in die erste Richtung erstreckt; einen zweiten Verdrahtungsabschnitt, der mit der dritten Eingangsklemme verbunden ist und sich in die erste Richtung erstreckt; einen dritten Verdrahtungsabschnitt, der sowohl mit dem ersten Verdrahtungsabschnitt als auch dem zweiten Verdrahtungsabschnitt verbunden ist, sich in die zweite Richtung erstreckt und mit dem zweiten Halbleiterelement verbunden ist; und einen vierten Verdrahtungsabschnitt, der sowohl mit dem ersten Verdrahtungsabschnitt als auch dem zweiten Verdrahtungsabschnitt verbunden ist, an der ersten Seite in der ersten Richtung in Bezug auf den dritten Verdrahtungsabschnitt angeordnet ist und das erste Halbleiterelement in Dickenrichtung gesehen überlappt.

Satz A4.

[0231] Halbleitermodul nach Satz A3, wobei jedes des ersten Halbleiterelements und des zweiten Halbleiterelements eine Source-Elektrode, die der ersten Seite in Dickenrichtung zugewandt ist, und eine Drain-Elektrode, die einer zweiten Seite in Dickenrichtung zugewandt ist, aufweist,
das erste leitende Element mit der Source-Elektrode des ersten Halbleiterelements verbunden ist,
der erste leitende Abschnitt mit der Drain-Elektrode des ersten Halbleiterelements verbunden ist,
der dritte Verdrahtungsabschnitt mit der Source-Elektrode des zweiten Halbleiterelements verbunden ist, und
der zweite leitende Abschnitt mit der Drain-Elektrode des zweiten Halbleiterelements verbunden ist.

Satz A5.

[0232] Halbleitermodul nach Satz A4, wobei das erste Halbleiterelement und das zweite Halbleiterelement einander in der ersten Richtung gesehen überlappen.

Satz A6.

[0233] Halbleitermodul nach Satz A5, wobei der vierte Verdrahtungsabschnitt einen ersten Streifenabschnitt und einen zweiten Streifenabschnitt aufweist,
der erste Streifenabschnitt von dem dritten Verdrahtungsabschnitt in der ersten Richtung beabstandet ist, sowohl mit dem ersten Verdrahtungsabschnitt als auch dem zweiten Verdrahtungsabschnitt verbunden ist, indem er sich in der zweiten Richtung erstreckt, und das erste Halbleiterelement in Dickenrichtung gesehen überlappt, und
in Dickenrichtung gesehen der zweite Streifenabschnitt ein Ende aufweist, das mit dem ersten Streifenabschnitt zwischen den ersten Halbleiterelementen verbunden ist, die aneinander angrenzen, und ein anderes Ende aufweist, das mit dem dritten Verdrahtungsabschnitt zwischen den zweiten Halbleiterelementen verbunden ist, die aneinander angrenzen.

Satz A7.

[0234] Halbleitermodul nach Satz A6, wobei der erste Streifenabschnitt einen erhöhten Bereich aufweist, der das erste Halbleiterelement in Dickenrichtung gesehen überlappt und hin zu der ersten Seite in Dickenrichtung relativ zu anderen Abschnitten vorsteht.

Satz A8.

[0235] Halbleitermodul nach einem der Sätze A3 bis A7, wobei der dritte Verdrahtungsabschnitt einen zurückgesetzten bzw. gezahnten Bereich aufweist, der hin zu der zweiten Seite in Dickenrichtung relativ zu anderen Abschnitten vorsteht, und
der gezahnte Bereich an das zweite Halbleiterelement gebondet ist.

Satz A9.

[0236] Halbleitermodul nach einem der Sätze A3 bis A8, das eine erste Steuerklemme und eine zweite Steuerklemme zum Steuern bzw. Regeln des ersten Halbleiterelements und des zweiten Halbleiterelements umfasst,
wobei jede der ersten Steuerklemme und der zweiten Steuerklemme an der Vorderfläche angeordnet ist und sich entlang der Dickenrichtung erstreckt.

Satz A10.

[0237] Halbleitermodul nach Satz A9, wobei die erste Steuerklemme an dem ersten leitenden Abschnitt gelagert und an der ersten Seite in der ersten Richtung in Bezug auf das erste Halbleiterelement angeordnet ist, und
die zweite Steuerklemme an dem zweiten leitenden

Abschnitt gelagert und an der zweiten Seite in der ersten Richtung in Bezug auf das zweite Halbleiterelement angeordnet ist.

Satz A11.

[0238] Halbleitermodul nach Satz A10, wobei jedes des ersten Halbleiterelements und des zweiten Halbleiterelements eine Gate-Elektrode aufweist, die der ersten Seite in Dickenrichtung zugewandt ist,
die erste Steuerklemme über einen leitenden ersten Draht mit der Gate-Elektrode des ersten Halbleiterelements verbunden ist, und
die zweite Steuerklemme über einen leitenden zweiten Draht mit der Gate-Elektrode des zweiten Halbleiterelements verbunden ist.

Satz A12.

[0239] Halbleitermodul nach einem der Sätze A1 bis A11, wobei die erste Eingangsklemme, die zweite Eingangsklemme und die dritte Eingangsklemme einander in der zweiten Richtung gesehen überlappen.

Satz A13.

[0240] Halbleitermodul nach einem der Sätze A1 bis A12, wobei das leitende Element eine Metallplatte umfasst.

Satz A14.

[0241] Halbleitermodul nach einem der Sätze A1 bis A13, wobei jede der ersten Eingangsklemme, der zweiten Eingangsklemme und der dritten Eingangsklemme eine eingangsseitige Bondfläche aufweist, die sich hin zu der ersten Seite in der ersten Richtung erstreckt und der ersten Seite in Dickenrichtung zugewandt ist, und
die Ausgangsklemme eine ausgangsseitige Bondfläche aufweist, die sich hin zu der zweiten Seite in der ersten Richtung erstreckt und der ersten Seite in Dickenrichtung zugewandt ist.

Satz A15.

[0242] Halbleitermodul nach einem der Sätze A1 bis A14, wobei jede der ersten Eingangsklemme, der zweiten Eingangsklemme und der dritten Eingangsklemme eine eingangsseitige Seitenfläche, die in Dickenrichtung gesehen an einer Kante bzw. einem Rand der eingangsseitigen Bondfläche angeordnet und einer Richtung zugewandt ist, die sich mit der eingangsseitigen Bondfläche schneidet, und eine eingangsseitige Verarbeitungsbahn bzw. -spur aufweist, die an der eingangsseitigen Seitenfläche gebildet ist, und
die Ausgangsklemme eine ausgangsseitige Seitenfläche, die an einer Kante der ausgangsseitigen Bondfläche in Dickenrichtung gesehen angeordnet und einer Richtung zugewandt ist, die sich mit der ausgangsseitigen Bondfläche schneidet, und eine ausgangsseitige Verarbeitungsbahn aufweist, die an der ausgangsseitigen Seitenfläche gebildet ist.

Satz A16.

[0243] Halbleitermodul nach einem der Sätze A1 bis A15, das ferner ein Dichtungsharz umfasst, das zumindest einen Teil des leitenden Substrats, des Halbleiterelements und des leitenden Elements bedeckt.

Satz A17.

[0244] Halbleitermodul nach einem der Sätze A3 bis A12, das umfasst:

eine Mehrzahl der ersten Halbleiterelemente, die in Abständen entlang der zweiten Richtung angeordnet sind, und

eine Mehrzahl der zweiten Halbleiterelemente, die in Abständen entlang der zweiten Richtung angeordnet sind.

Satz A18.

[0245] Halbleitermodul, das umfasst:

ein leitendes Substrat mit einer Vorderfläche, die einer ersten Seite in einer Dickenrichtung zugewandt ist, und einer Rückfläche, die einer der Vorderfläche gegenüberliegenden Seite zugewandt ist;

ein Halbleiterelement, das elektrisch an die Vorderfläche gebondet ist und eine Schaltfunktion aufweist;

ein leitendes Element, das einen Pfad für einen Hauptkreisstrom bildet, der durch das Halbleiterelement geschaltet wird und von der Vorderfläche hin zu der ersten Seite in Dickenrichtung beabstandet ist;

eine erste Eingangsklemme, eine zweite Eingangsklemme und eine dritte Eingangsklemme, die in Bezug auf das leitende Substrat an einer ersten Seite in einer ersten Richtung, die orthogonal zu der Dickenrichtung ist,angeordnet sind; und

eine Ausgangsklemme, die in Bezug auf das leitende Substrat an einer zweiten Seite in der ersten Richtung angeordnet ist, wobei:

das leitende Substrat einen ersten leitenden Abschnitt und einen zweiten leitenden Abschnitt aufweist, die in Dickenrichtung gesehen voneinander beabstandet sind,

das Halbleiterelement eine Mehrzahl von ersten Halbleiterelementen, die elektrisch an den ers-

ten leitenden Abschnitt gebondet sind, und eine Mehrzahl von zweiten Halbleiterelementen, die elektrisch an den zweiten leitenden Abschnitt gebondet sind, aufweist,

die zweite Eingangsklemme und die dritte Eingangsklemme in einer zweiten Richtung, die orthogonal zu sowohl der Dickenrichtung als auch der ersten Richtung ist, auf einer ersten Seite bzw. auf einer zweiten Seite der ersten Eingangsklemme angeordnet sind,

die erste Eingangsklemme mit dem ersten leitenden Abschnitt verbunden ist,

die Ausgangsklemme mit dem zweiten leitenden Abschnitt verbunden ist, und

das leitende Element ein erstes leitendes Element, das mit der Mehrzahl von ersten Halbleiterelementen und dem zweiten leitenden Abschnitt verbunden ist, und ein zweites leitendes Element, das mit der Mehrzahl von zweiten Halbleiterelementen und den zweiten und den dritten Eingangsklemmen verbunden ist und die ersten Halbleiterelemente in Dickenrichtung gesehen überlappt, aufweist.

Satz A19.

[0246] Halbleitermodul nach Satz A18, wobei der erste leitende Abschnitt und der zweite leitende Abschnitt an der ersten Seite in der ersten Richtung bzw. an der zweiten Seiten in der ersten Richtung angeordnet sind,
die Mehrzahl von ersten Halbleiterelementen in Abständen entlang der zweiten Richtung angeordnet ist, während die Mehrzahl von zweiten Halbleiterelementen in Abständen entlang der zweiten Richtung angeordnet ist, und
das zweite leitende Element aufweist: einen ersten Verdrahtungsabschnitt, der mit der zweiten Eingangsklemme verbunden ist und sich in die erste Richtung erstreckt; einen zweiten Verdrahtungsabschnitt, der mit der dritten Eingangsklemme verbunden ist und sich in die erste Richtung erstreckt; einen dritten Verdrahtungsabschnitt, der sowohl mit dem ersten Verdrahtungsabschnitt als auch dem zweiten Verdrahtungsabschnitt verbunden ist, sich in die zweite Richtung erstreckt und mit jedem der Mehrzahl von zweiten Halbleiterelementen verbunden ist; und einen vierten Verdrahtungsabschnitt, der sowohl mit dem ersten Verdrahtungsabschnitt als auch dem zweiten Verdrahtungsabschnitt verbunden ist, an der ersten Seite in der ersten Richtung in Bezug auf den dritten Verdrahtungsabschnitt angeordnet ist und die Mehrzahl von ersten Halbleiterelementen in Dickenrichtung gesehen überlappt.

Satz A20.

[0247] Halbleitermodul nach Satz A19, wobei jedes des ersten Halbleiterelements und des zweiten Halbleiterelements eine Source-Elektrode, die der ersten Seite in Dickenrichtung zugewandt ist, und eine Drain-Elektrode, die einer zweiten Seite in Dickenrichtung zugewandt ist, aufweist,
das erste leitende Element mit der Source-Elektrode des ersten Halbleiterelements verbunden ist,
der erste leitende Abschnitt mit der Drain-Elektrode des ersten Halbleiterelements verbunden ist,
der dritte Verdrahtungsabschnitt mit der Source-Elektrode des zweiten Halbleiterelements verbunden ist, und
der zweite leitende Abschnitt mit der Drain-Elektrode des zweiten Halbleiterelements verbunden ist.

Satz A21.

[0248] Halbleitermodul nach Satz A20, wobei die Mehrzahl von ersten Halbleiterelementen und die Mehrzahl von zweiten Halbleiterelementen einander in der ersten Richtung gesehen überlappen.

Satz A22.

[0249] Halbleitermodul nach Satz A21, wobei der vierte Verdrahtungsabschnitt einen ersten Streifenabschnitt und einen zweiten Streifenabschnitt aufweist,
der erste Streifenabschnitt von dem dritten Verdrahtungsabschnitt in der ersten Richtung beabstandet ist, sowohl mit dem ersten Verdrahtungsabschnitt als auch dem zweiten Verdrahtungsabschnitt verbunden ist, indem er sich in der zweiten Richtung erstreckt, und die Mehrzahl von ersten Halbleiterelementen in Dickenrichtung gesehen überlappt, und
in Dickenrichtung gesehen der zweite Streifenabschnitt ein Ende aufweist, das mit dem ersten Streifenabschnitt zwischen den ersten Halbleiterelementen verbunden ist, die aneinander angrenzen, und ein anderes Ende aufweist, das mit dem dritten Verdrahtungsabschnitt zwischen den zweiten Halbleiterelementen verbunden ist, die aneinander angrenzen.

Satz A23.

[0250] Halbleitermodul nach Satz A22, wobei der erste Streifenabschnitt eine Mehrzahl von erhöhten Bereichen aufweist, die die ersten Halbleiterelemente in Dickenrichtung gesehen überlappen und hin zu der ersten Seite in Dickenrichtung relativ zu anderen Abschnitten vorstehen.

Satz A24.

[0251] Halbleitermodul nach einem der Sätze A19 bis A23, wobei der dritte Verdrahtungsabschnitt

eine Mehrzahl von zurückgesetzten bzw. gezahnten Bereichen aufweist, die hin zu der zweiten Seite in Dickenrichtung relativ zu anderen Abschnitten vorstehen, und
jeder der gezahnten Bereiche an eines der Mehrzahl von zweiten Halbleiterelementen gebondet ist.

Satz A25.

[0252] Halbleitermodul nach einem der Sätze A19 bis A24, das eine Mehrzahl von ersten Steuerklemmen und eine Mehrzahl von zweiten Steuerklemmen zum Steuern bzw. Regeln der Mehrzahl von ersten Halbleiterelementen und der Mehrzahl von zweiten Halbleiterelementen umfasst,
wobei jede der ersten Steuerklemmen und der zweiten Steuerklemmen an der Vorderfläche angeordnet ist und sich entlang der Dickenrichtung erstreckt.

Satz A26.

[0253] Halbleitermodul nach Satz A25, wobei die Mehrzahl von ersten Steuerklemmen an dem ersten leitenden Abschnitt gelagert und in Abständen entlang der zweiten Richtung an der ersten Seite in der ersten Richtung in Bezug auf die Mehrzahl von ersten Halbleiterelementen angeordnet ist, und
die Mehrzahl von zweiten Steuerklemmen an dem zweiten leitenden Abschnitt gelagert und in Abständen entlang der zweiten Richtung an der zweiten Seite in der ersten Richtung in Bezug auf die Mehrzahl von zweiten Halbleiterelementen angeordnet ist.

Satz A27.

[0254] Halbleitermodul nach Satz A26, wobei jedes der ersten Halbleiterelemente und der zweiten Halbleiterelements eine Gate-Elektrode aufweist, die der ersten Seite in Dickenrichtung zugewandt ist,
die erste Steuerklemme über einen leitenden ersten Draht mit der Gate-Elektrode des ersten Halbleiterelements verbunden ist, und
die zweite Steuerklemme über einen leitenden zweiten Draht mit der Gate-Elektrode des zweiten Halbleiterelements verbunden ist.

Satz A28.

[0255] Halbleitermodul nach einem der Sätze A18 bis A27, wobei die erste Eingangsklemme, die zweite Eingangsklemme und die dritte Eingangsklemme einander in der zweiten Richtung gesehen überlappen.

Satz A29.

[0256] Halbleitermodul nach einem der Sätze A18 bis A28, wobei das erste leitende Element und das zweite leitende Element Metallplatten umfassen.

BEZUGSZEICHEN

[0257] A1, A11, A12, A13, A14, A15, A16: Halbleitermodul
B1, B11, B12, B2, B3: Leistungswandlervorrichtung
C1, C2, C3: Kondensatormodul
2: leitendes Substrat 2A: erster leitender Abschnitt
2B: zweiter leitender Abschnitt 3: Trägersubstrat
5: Steuerklemmenträger 5A: erster Trägerabschnitt
5B: zweiter Trägerabschnitt 6: leitendes Element
8: Dichtungsharz 10: Halbleiterelement
10A: Halbleiterelement (erstes Halbleiterelement)
10B: zweites Halbleiterelement 11: vorderseitige Elektrode (erste vorderseitige Elektrode) 12: zweite vorderseitige Elektrode
13: vorderseitige Elektrode (dritte vorderseitige Elektrode) 14: vorderseitige Elektrode (vierte vorderseitige Elektrode) 15: rückseitige Elektrode
16: vorderseitige Elektrode (fünfte vorderseitige Elektrode) 21: Basis 22: vorderseitige Bond-Schicht
23: rückseitige Bond-Schicht 31: Isolierschicht
32: erste Metallschicht 32A: erster Abschnitt
32B: zweiter Abschnitt 33: zweite Metallschicht
41: Eingangsklemme (erste Eingangsklemme)
42: Eingangsklemme (zweite Eingangsklemme)
43: Eingangsklemme (dritte Eingangsklemme)
44: Ausgangsklemme 45: Steuerklemme
46A, 46B, 46C, 46D, 46E: erste Steuerklemme
47A, 47B, 47C, 47D: zweite Steuerklemme
51: Isolierschicht 52: erste Metallschicht
53: zweite Metallschicht 59: Bond-Material
61: erstes leitendes Element 61h: Öffnung
62: zweites leitendes Element 62A: erster Abschnitt
62B: zweiter Abschnitt 63: Öffnung
69: leitendes Bond-Material 71: erstes leitendes Bond-Material 72: zweites leitendes Bond-Material
81: Harzvorderfläche 82: Harzrückfläche
86: Harzhohlraumabschnitt 87: Harzteil
88: Harzfüllabschnitt 90: Kondensatorkörper 91: Formteil 101: Elementvorderfläche
102: Elementrückfläche
171, 172, 173, 174, 181, 182, 183, 184: Ecke 191: erste Seite 192: zweite Seite
193: dritte Seite 194: vierte Seite
201: Rückfläche 201a: Ausnehmung
201b: Ausnehmungsendkante 202: Rückfläche
301: Trägerfläche 302: Unterseite
321: erste Bond-Schicht 411: eingangsseitige Bondfläche 412: eingangsseitige Nebenfläche 413: Stirnfläche 414: Seitenfläche 421: eingangsseitige Bondfläche 422: eingangsseitige Nebenfläche 423: Stirnfläche 424: Seitenfläche 431: eingangsseitige Bondfläche 432: eingangsseitige Nebenfläche 433: Stirnfläche 434: Seitenfläche 441: ausgangsseitige Bondfläche 442: ausgangsseitige Nebenfläche 443: Stirnfläche 444: Seitenfläche 451: Halterung
452: Metallstift 459: leitendes Bond-Material 521: erster Abschnitt 522: zweiter Abschnitt 523: dritter Abschnitt 524: vierter Abschnitt 525: fünfter Abschnitt
601: erster Abschnitt 621: erster Verdrahtungsab-

schnitt 622: zweiter Verdrahtungsabschnitt
623: dritter Verdrahtungsabschnitt 623a: gezahnter Bereich 623h: Öffnung 624: vierter Verdrahtungsabschnitt 625: erster Streifenabschnitt 625a: erhöhter Bereich 625h: Öffnung 626: zweiter Streifenabschnitt
627: erste Kante 628: zweite Kante
711: erste Grundschicht 712: erste Schicht 713: zweite Schicht 721: zweite Grundschicht 722: dritte Schicht 723: vierte Schicht
731, 732, 733, 734, 735: Draht
731a: erster Draht 731b: zweiter Draht 831: Harzseitenfläche 832: Harzseitenfläche 832a: Ausnehmung 833: Harzseitenfläche 834: Harzseitenfläche 851: erster Vorsprung 851a: Stirnfläche ersten Vorsprungs 851b: Ausnehmung 851c: Innenwandfläche 852: zweiter Vorsprung 861: Harzhohlraumabschnitt-Endkante 901: erste Oberfläche 902: zweite Oberfläche 903: dritte Oberfläche 904: vierte Oberfläche 905: fünfte Oberfläche
906: sechste Oberfläche
911, 912, 913: erste Sammelschiene
921, 922, 923: zweite Sammelschiene
931, 932, 933: dritte Sammelschiene
941, 942, 943: vierte Sammelschiene
951, 952, 953: fünfte Sammelschiene
961, 962, 963: Sechste Sammelschiene
Cp, Cp1, Cp2, Cp3: Schnittpunkt
D1: Diodenfunktionsbereich D2: Diode
L1: Hilfslinie
OL1, OL2, OL3, OL4, OL5, OL6: Mittellinie
Oz: Mittelpunkt Q1: Schaltfunktionsbereich
α1: erster Winkel a2: zweiter Winkel

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- JP 2015220382 A [0003]

Patentansprüche

1. Leistungswandlervorrichtung, die umfasst:
ein erstes Halbleitermodul, ein zweites Halbleitermodul und ein drittes Halbleitermodul, die jeweils ein Halbleiterelement mit einer Schaltfunktion und eine Eingangsklemme aufweisen; und
ein Kondensatormodul, das mit den Eingangsklemmen des ersten Halbleitermoduls, des zweiten Halbleitermoduls und des dritten Halbleitermoduls verbunden ist, wobei
das Kondensatormodul einen Kondensatorkörper und eine erste Sammelschiene, eine zweite Sammelschiene und eine dritte Sammelschiene aufweist, die von dem Kondensatorkörper vorstehen,
die Eingangsklemme des ersten Halbleitermoduls mit der ersten Sammelschiene verbunden ist,
die Eingangsklemme des zweiten Halbleitermoduls mit der zweiten Sammelschiene verbunden ist,
die Eingangsklemme des dritten Halbleitermoduls mit der dritten Sammelschiene verbunden ist,
sich eine erste Mittellinie des ersten Halbleitermoduls, eine zweite Mittellinie des zweiten Halbleitermoduls und eine dritte Mittellinie des dritten Halbleitermoduls in einer axialen Richtung eines zylindrischen Koordinatensystems um eine den Kondensatorkörper schneidende Mittelachse gesehen mit dem Kondensatorkörper schneiden,
ein erster Winkel, der durch die erste Mittellinie und die zweite Mittellinie gebildet wird, und ein zweiter Winkel, der durch die zweite Mittellinie und die dritte Mittellinie gebildet wird, einander gleich sind, und
Längen der ersten Sammelschiene, der zweiten Sammelschiene und der dritten Sammelschiene einander gleich sind.

2. Leistungswandlervorrichtung nach Anspruch 1, wobei die erste Mittellinie, die zweite Mittellinie und die dritte Mittellinie jeweils parallel zu einer radialen Richtung des zylindrischen Koordinatensystems verlaufen.

3. Leistungswandlervorrichtung nach Anspruch 2, wobei sich die Eingangsklemme des ersten Halbleitermoduls entlang der ersten Mittellinie erstreckt,
sich die Eingangsklemme des zweiten Halbleitermoduls entlang der zweiten Mittellinie erstreckt, und
sich die Eingangsklemme des dritten Halbleitermoduls entlang der dritten Mittellinie erstreckt.

4. Leistungswandlervorrichtung nach Anspruch 2 oder 3, wobei sich die erste Mittellinie, die zweite Mittellinie und die dritte Mittellinie in axialer Richtung gesehen an einem Schnittpunkt im Inneren des Kondensatorkörpers schneiden.

5. Leistungswandlervorrichtung nach Anspruch 4, wobei der Schnittpunkt einen Mittelpunkt des Kondensatorkörpers in axialer Richtung gesehen überlappt.

6. Leistungswandlervorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 5, wobei der Kondensatorkörper eine erste Oberfläche, die orthogonal zu der ersten Mittellinie verläuft und von der die erste Sammelschiene vorsteht, eine zweite Oberfläche, die orthogonal zu der zweiten Mittellinie verläuft und von der die zweite Sammelschiene vorsteht, und eine dritte Oberfläche, die orthogonal zu der dritten Mittellinie verläuft und von der die dritte Sammelschiene vorsteht, aufweist.

7. Leistungswandlervorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 6, wobei das erste Halbleitermodul, das zweite Halbleitermodul und das dritte Halbleitermodul jeweils eine erste Eingangsklemme, eine zweite Eingangsklemme und eine dritte Eingangsklemme aufweisen, die in radialer Richtung hin zu einer gleichen Seite vorstehen und in axialer Richtung gesehen entlang einer Umfangsrichtung des zylindrischen Koordinatensystems angeordnet bzw. aufgereiht sind,
die zweite Eingangsklemme und die dritte Eingangsklemme in Umfangsrichtung auf einer Seite bzw. auf einer anderen Seite der ersten Eingangsklemme angeordnet sind,
die erste Eingangsklemme einer von einem positiven und einem negativen Pol ist, und
die zweite Eingangsklemme ein anderer von dem positiven und dem negativen Pol ist.

8. Leistungswandlervorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 7, wobei das erste Halbleitermodul, das zweite Halbleitermodul und das dritte Halbleitermodul jeweils eine Ausgangsklemme aufweisen, die hin zu einer der Eingangsklemme entgegengesetzten Seite vorsteht.

9. Leistungswandlervorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 8, die als Wechselrichter ausgestaltet ist, der die Schaltfunktionen des ersten Halbleitermoduls, des zweiten Halbleitermoduls und des dritten Halbleitermoduls kombiniert.

10. Leistungswandlervorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 9, wobei der erste Winkel und der zweite Winkel jeweils 45° betragen.

11. Leistungswandlervorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 10, wobei der erste Winkel und der zweite Winkel jeweils 90° betragen.

12. Leistungswandlervorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 9, die ferner ein viertes Halbleitermodul, ein fünftes Halbleitermodul und ein sechstes Halbleitermodul umfasst, die jeweils ein Halbleiterelement mit einer Schaltfunktion und eine Eingangsklemme aufweisen, wobei
das Kondensatormodul eine vierte Sammelschiene, eine fünfte Sammelschiene und eine sechste Sammelschiene aufweist, die von dem Kondensatorkör-

per vorstehen,
die Eingangsklemme des vierten Halbleitermoduls mit der vierten Sammelschiene verbunden ist,
die Eingangsklemme des fünften Halbleitermoduls mit der fünften Sammelschiene verbunden ist,
die Eingangsklemme des sechsten Halbleitermoduls mit der sechsten Sammelschiene verbunden ist,
sich eine vierte Mittellinie des vierten Halbleitermoduls, eine fünfte Mittellinie des fünften Halbleitermoduls und eine sechste Mittellinie des sechsten Halbleitermoduls in axialer Richtung gesehen mit dem Kondensatorkörper schneiden,
ein dritter Winkel, der durch die dritte Mittellinie und die vierte Mittellinie gebildet wird, ein vierter Winkel, der durch die vierte Mittellinie und die fünfte Mittellinie gebildet wird, und ein fünfter Winkel, der durch die fünfte Mittellinie und die sechste Mittellinie gebildet wird, dem ersten Winkel und dem zweiten Winkel gleich sind, und
Längen der ersten Sammelschiene, der zweiten Sammelschiene, der dritten Sammelschiene, der vierten Sammelschiene, der fünften Sammelschiene und der sechsten Sammelschiene einander gleich sind.

13. Leistungswandlervorrichtung nach Anspruch 12, wobei sich die erste Mittellinie, die zweite Mittellinie, die dritte Mittellinie, die vierte Mittellinie, die fünfte Mittellinie und die sechste Mittellinie in axialer Richtung gesehen an einem Schnittpunkt im Inneren des Kondensatorkörpers schneiden.

14. Leistungswandlervorrichtung nach Anspruch 13, wobei der Schnittpunkt den Mittelpunkt des Kondensatorkörpers in axialer Richtung gesehen überlappt.

15. Leistungswandlervorrichtung nach Anspruch 14, wobei der erste Winkel, der zweite Winkel, der dritte Winkel, der vierte Winkel und der fünfte Winkel jeweils 45° betragen.

16. Leistungswandlervorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 15, wobei das vierte Halbleitermodul, das fünfte Halbleitermodul und das sechste Halbleitermodul jeweils eine erste Eingangsklemme, eine zweite Eingangsklemme und eine dritte Eingangsklemme aufweisen, die in radialer Richtung hin zu einer gleichen Seite vorstehen und die in axialer Richtung gesehen entlang einer Umfangsrichtung des zylindrischen Koordinatensystems angeordnet bzw. aufgereiht sind,
die zweite Eingangsklemme und die dritte Eingangsklemme in Umfangsrichtung auf einer Seite bzw. auf einer anderen Seite der Eingangsklemme angeordnet sind,
die erste Eingangsklemme einer von einem positiven und einem negativen Pol ist, und
die zweite Eingangsklemme ein anderer von dem positiven und dem negativen Pol ist.

17. Leistungswandlervorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 16, die als Wechselrichter ausgestaltet ist, der die Schaltfunktionen des vierten Halbleitermoduls, des fünften Halbleitermoduls und des sechsten Halbleitermoduls kombiniert.

Es folgen 26 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG.1

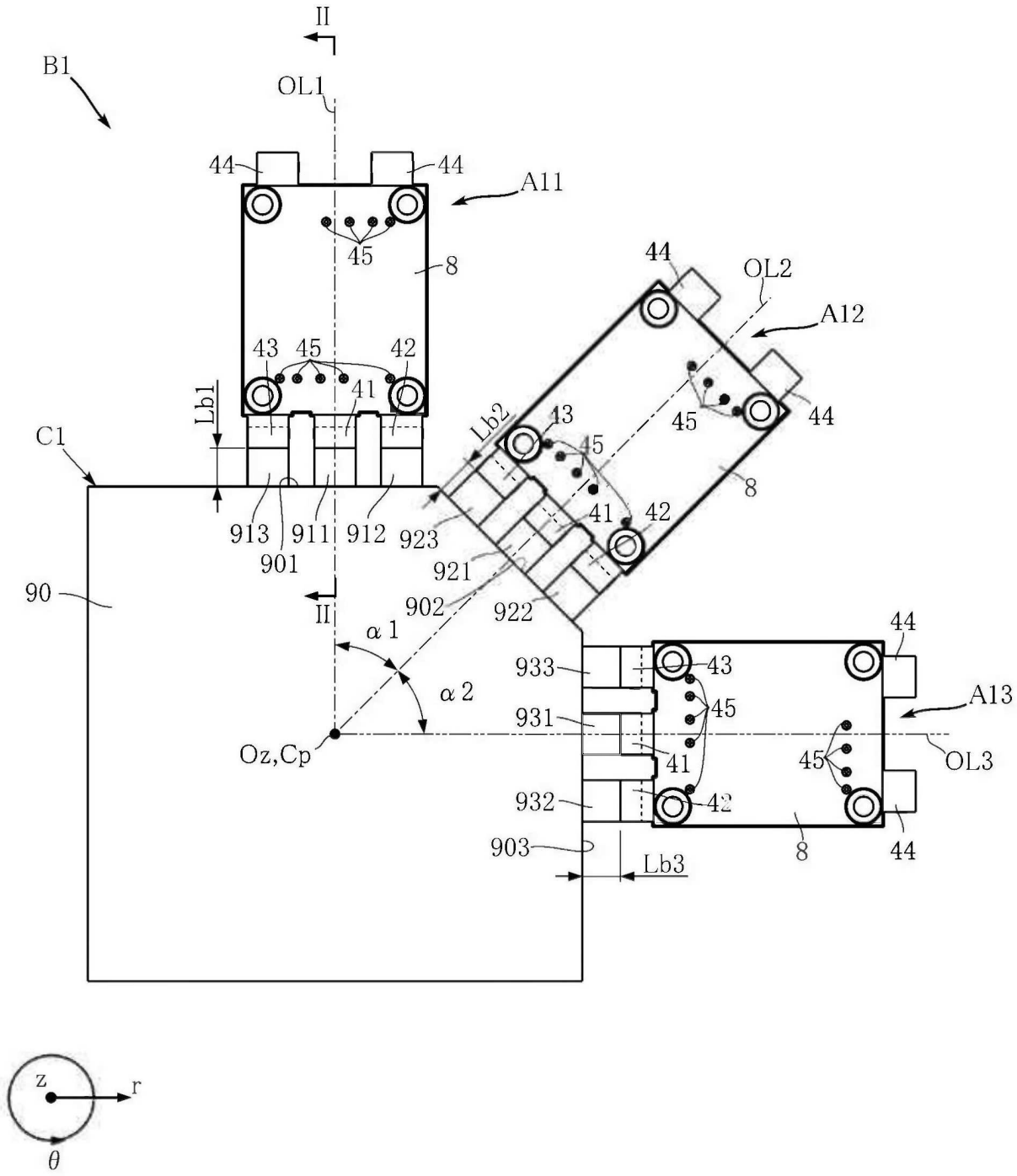


FIG.2

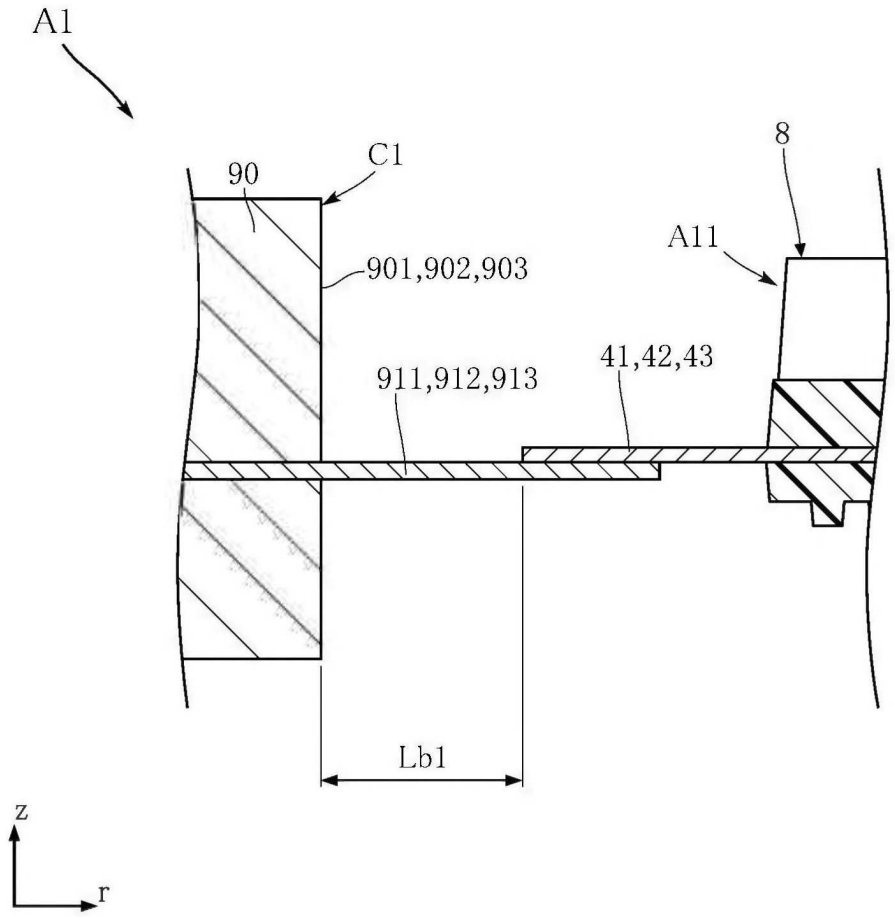


FIG.3

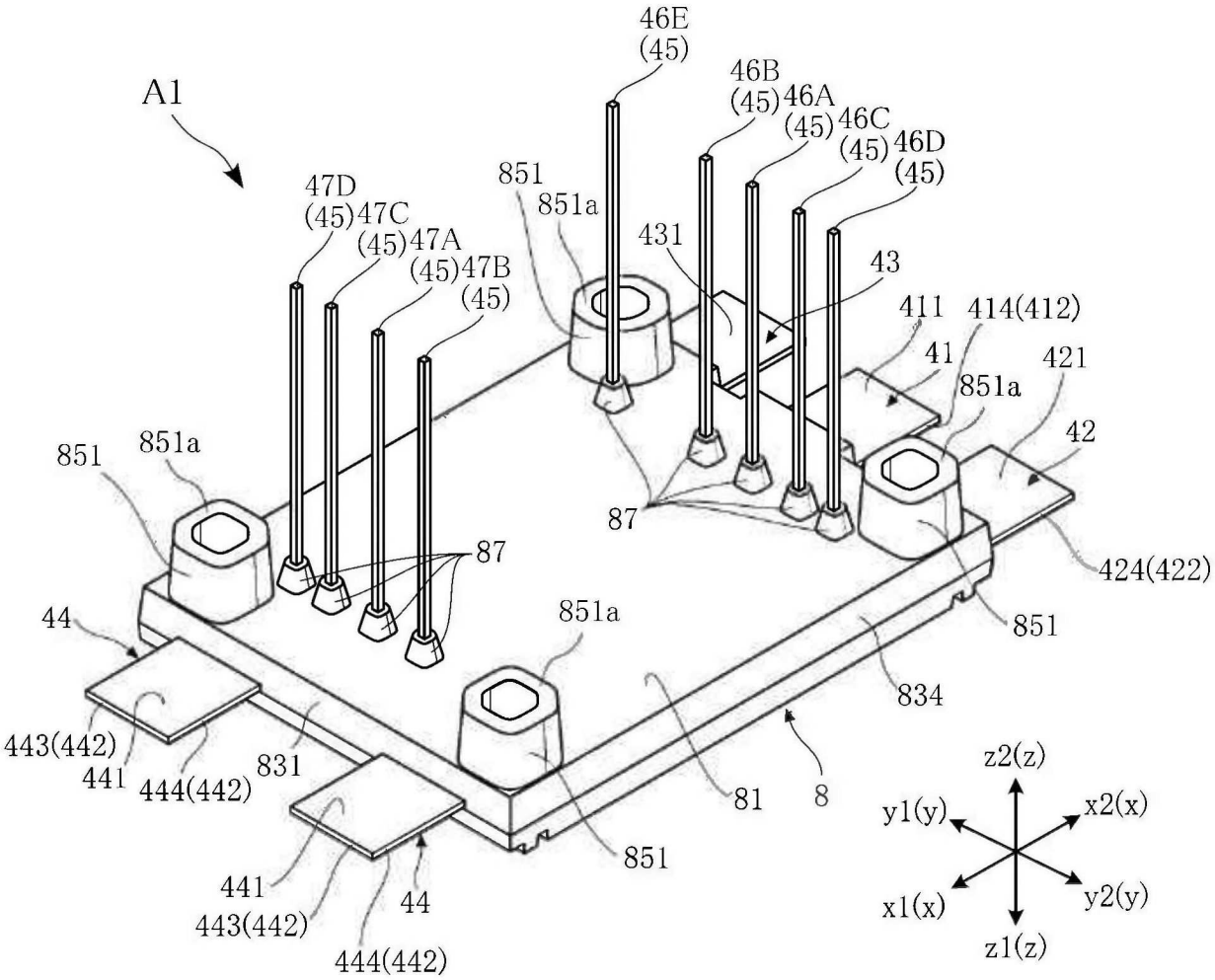

A1
46E
(45)
46B
(45)
46A
(45)
46C
(45)
46D
(45)
47D
(45)
47C
(45)
47A
(45)
47B
(45)
851
851a
431
43
411
414(412)
41
421
851a
42
851
851a
87
87
424(422)
44
851a
851
834
443(442)
441
444(442)
831
81
8
441
443(442)
44
444(442)
851
z2(z)
y1(y)
x2(x)
x1(x)
y2(y)
z1(z)

FIG.4

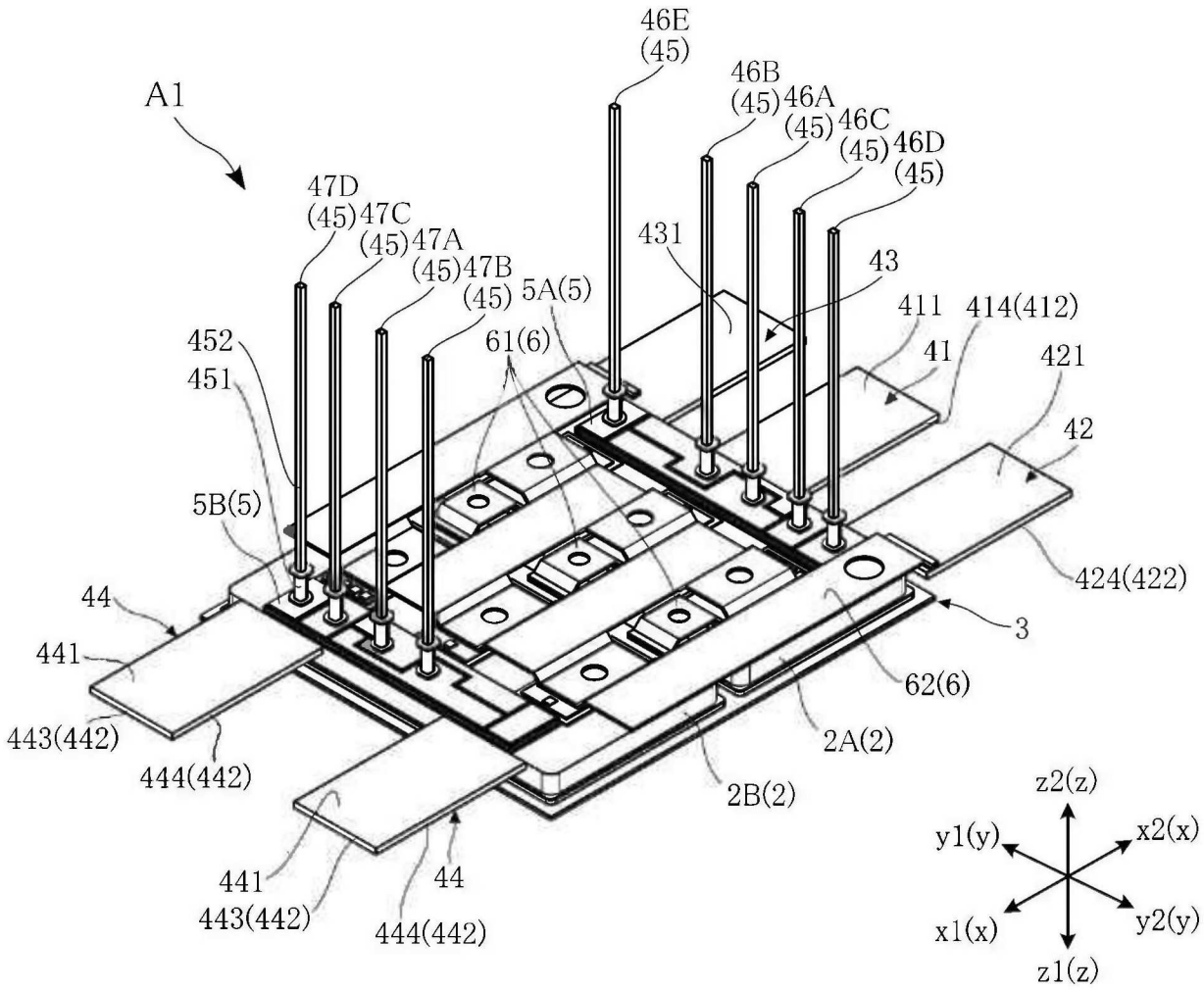

A1
46E
(45)
46B
(45)
46A
(45)
46C
(45)
46D
(45)
47D
(45)
47C
(45)
47A
(45)
47B
(45)
5A(5)
431
43
411
414(412)
41
421
42
452
451
61(6)
5B(5)
44
441
443(442)
444(442)
424(422)
3
62(6)
2A(2)
2B(2)
441
443(442)
44
444(442)
z2(z)
y1(y)
x2(x)
x1(x)
y2(y)
z1(z)

FIG.5

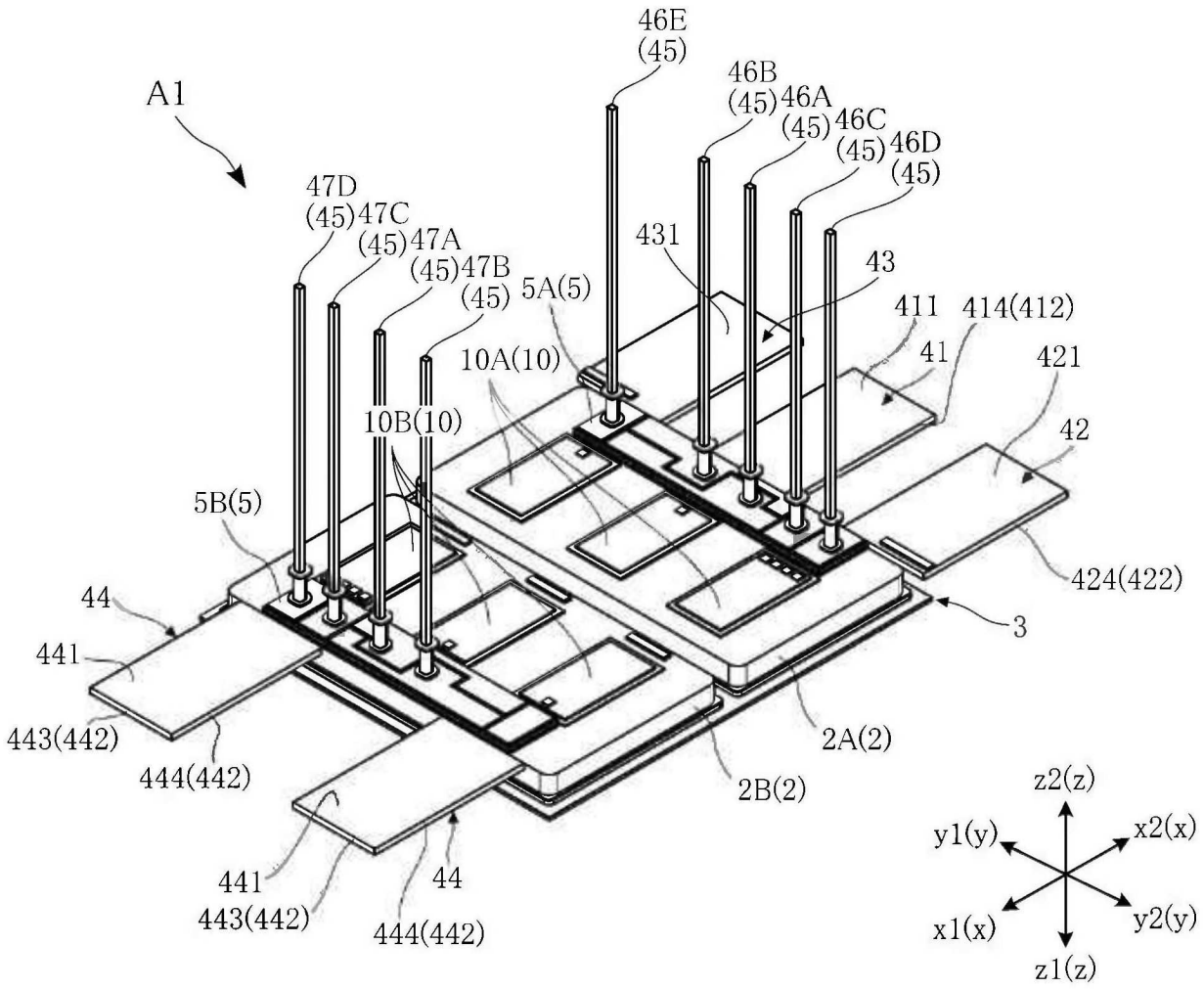
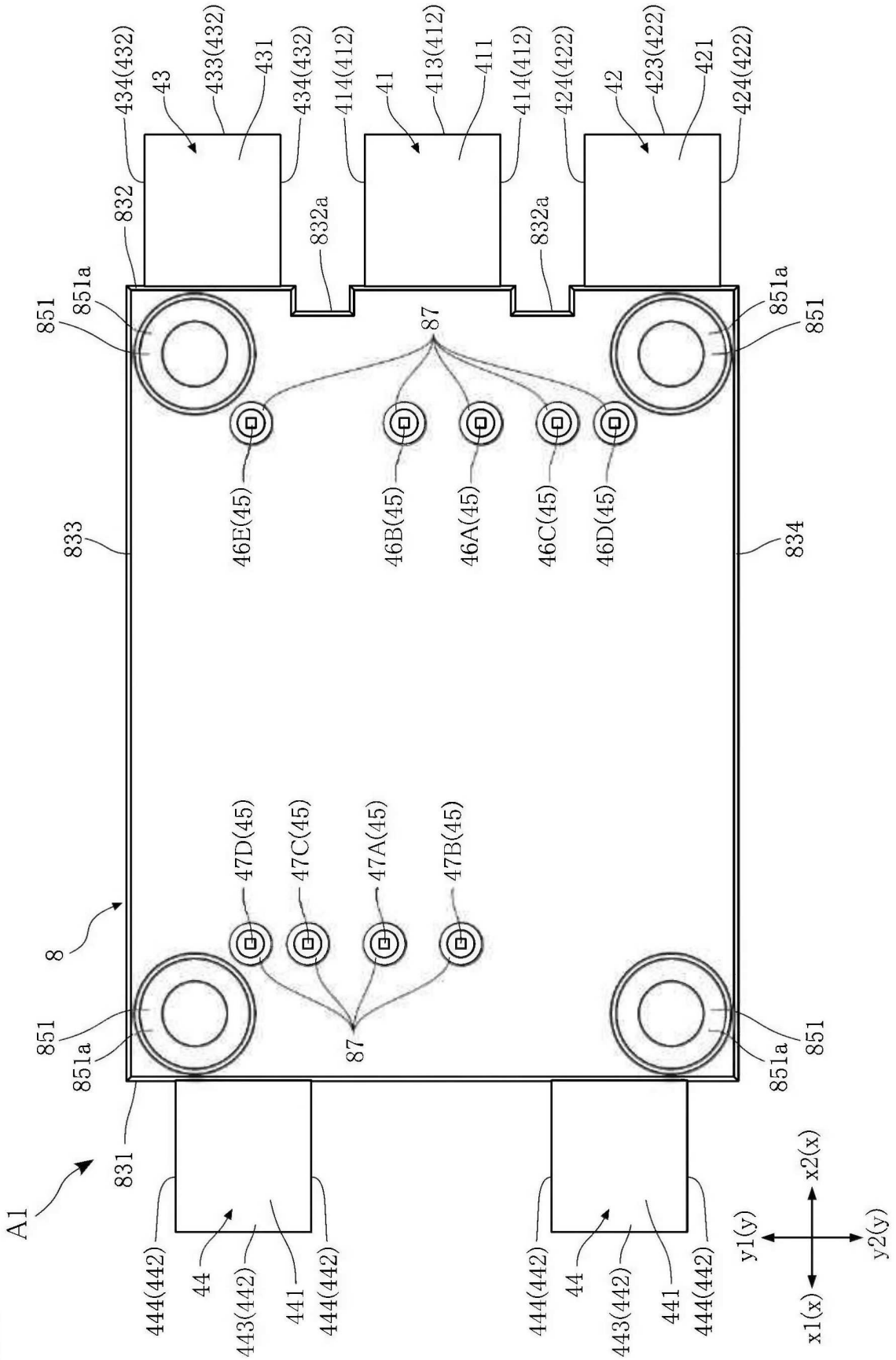

A1
46E
(45)
46B
(45)
46A
(45)
46C
(45)
46D
(45)
47D
(45)
47C
(45)
47A
(45)
47B
(45)
5A(5)
431
43
411
414(412)
41
421
42
10A(10)
10B(10)
5B(5)
424(422)
44
3
441
443(442)
444(442)
2A(2)
2B(2)
441
443(442)
44
444(442)
z2(z)
y1(y)
x2(x)
x1(x)
y2(y)
z1(z)

FIG.6


A1
8
831
832
832a
833
834
851
851a
87
41
411
412
413(412)
414(412)
42
421
422
423(422)
424(422)
43
431
432
433(432)
434(432)
44
441
442
443(442)
444(442)
45
46A(45)
46B(45)
46C(45)
46D(45)
46E(45)
47A(45)
47B(45)
47C(45)
47D(45)
x1(x)
x2(x)
y1(y)
y2(y)

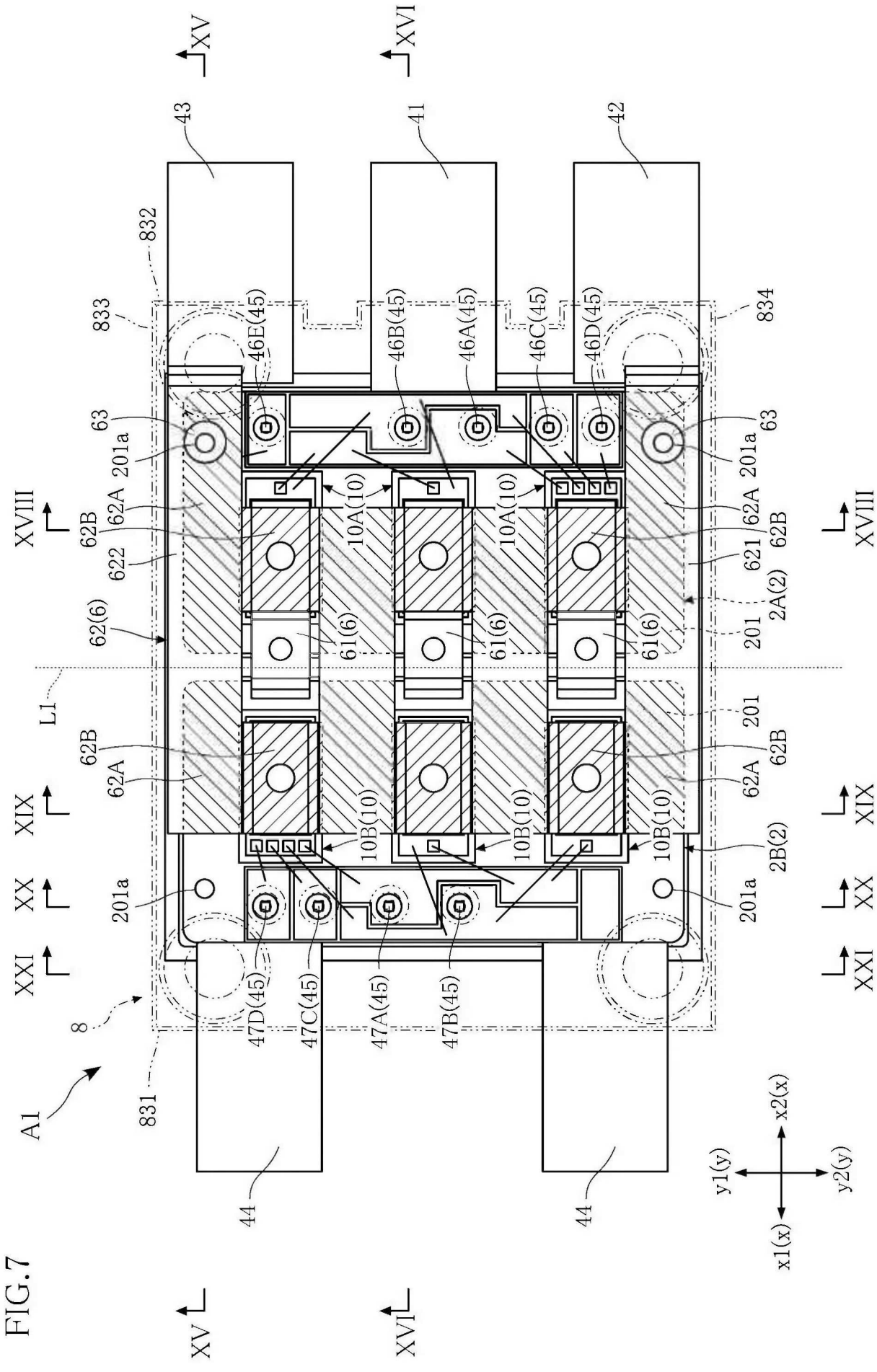

XV
XVI
43
41
42
832
833
834
46E(45)
46B(45)
46A(45)
46C(45)
46D(45)
63
201a
XVIII
62B
62A
622
621
10A(10)
2A(2)
62(6)
61(6)
201
L1
10B(10)
2B(2)
XIX
XX
XXI
8
831
A1
47D(45)
47C(45)
47A(45)
47B(45)
44
y1(y)
y2(y)
x1(x)
x2(x)

FIG.7

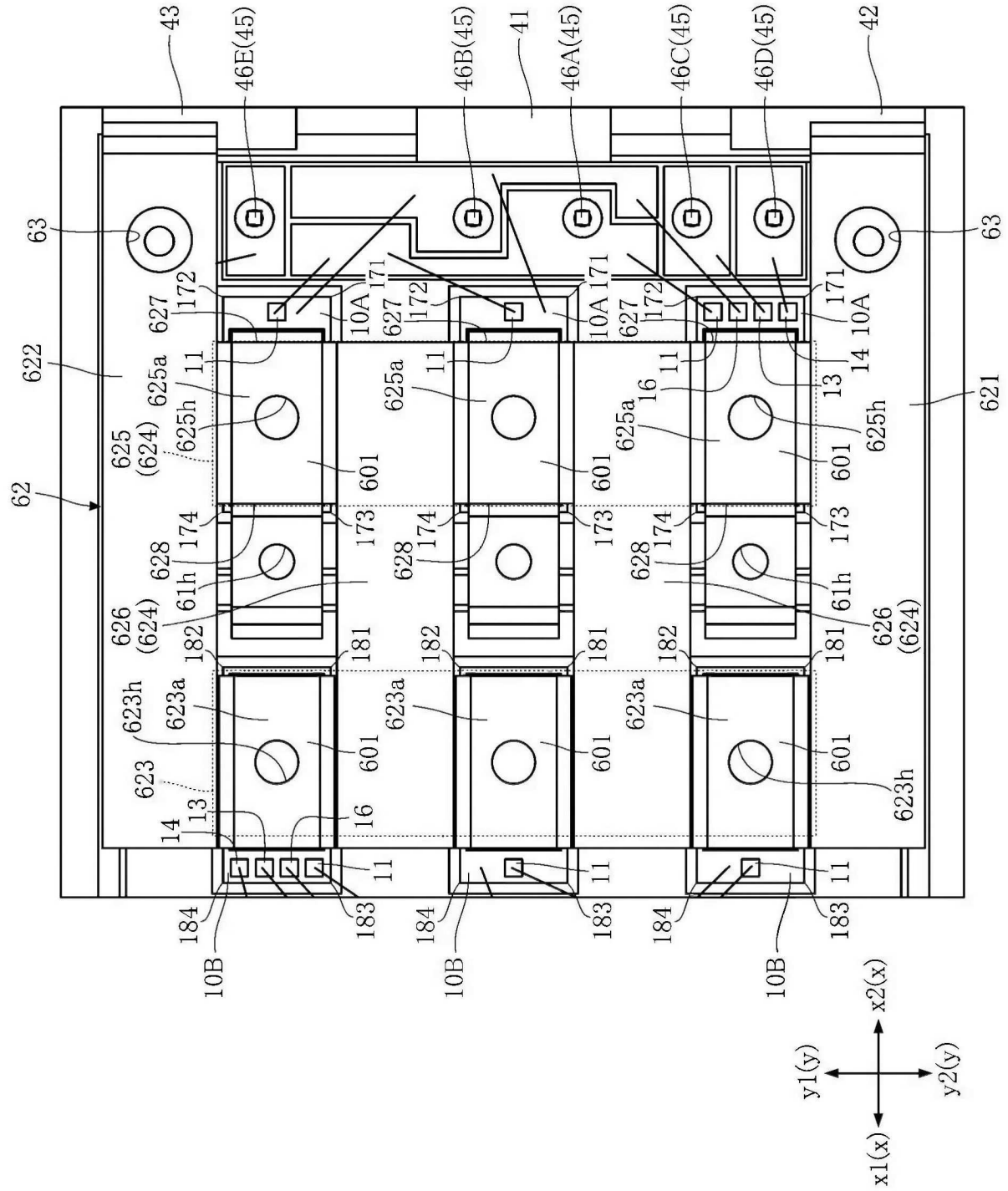

43
46E(45)
46B(45)
41
46A(45)
46C(45)
46D(45)
42
63
63
622
621
62
627
172
171
10A
625a
11
625h
625
(624)
601
173
174
628
61h
626
(624)
182
181
623h
623a
623
13
14
16
184
10B
183
x2(x)
y1(y)
y2(y)
x1(x)

FIG.8

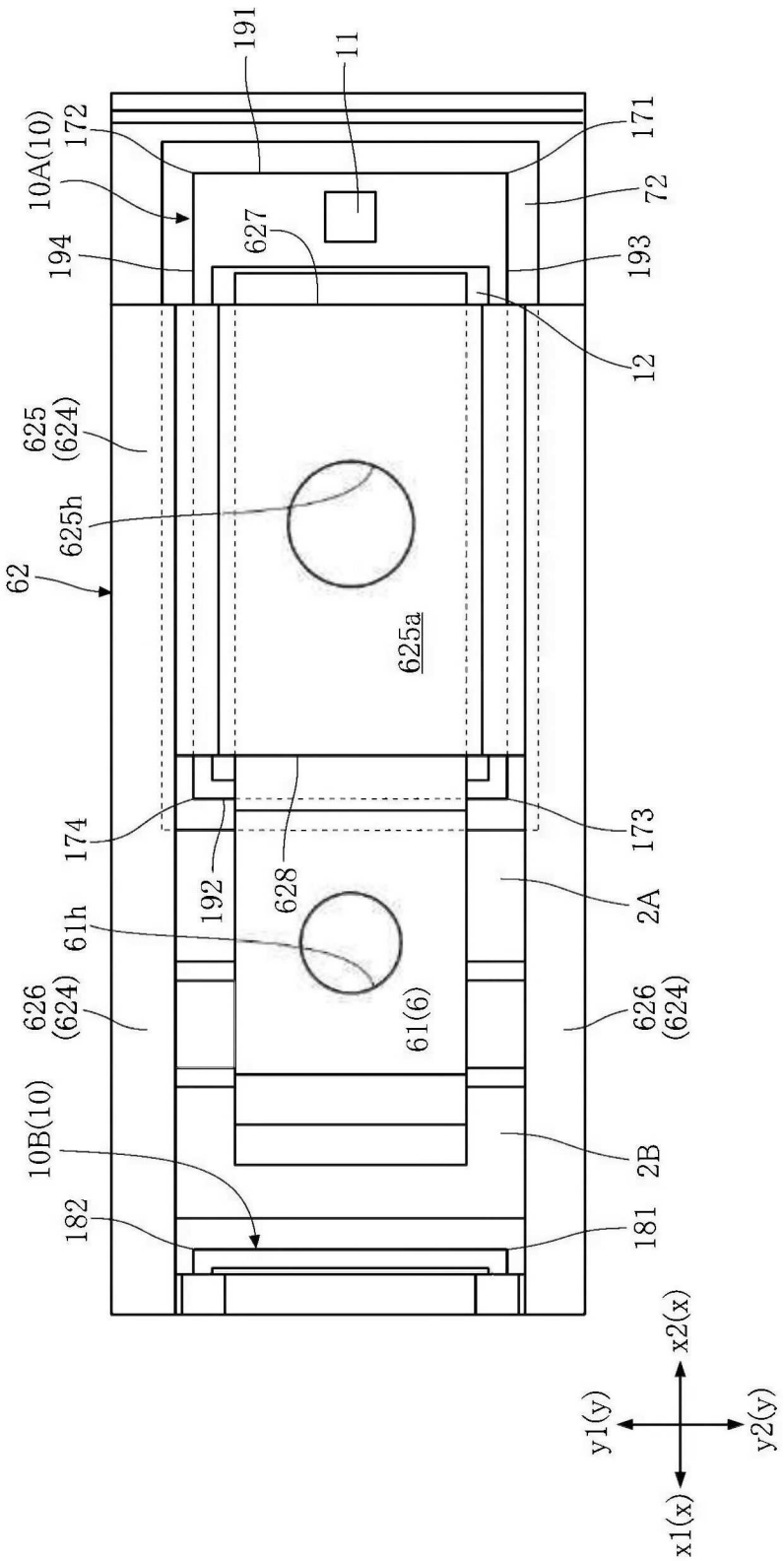

191
11
10A(10)
172
171
72
627
194
193
12
625
(624)
625h
62
625a
174
173
192
628
2A
61h
626
(624)
61(6)
626
(624)
10B(10)
2B
182
181
x2(x)
y1(y)
y2(y)
x1(x)

FIG.9

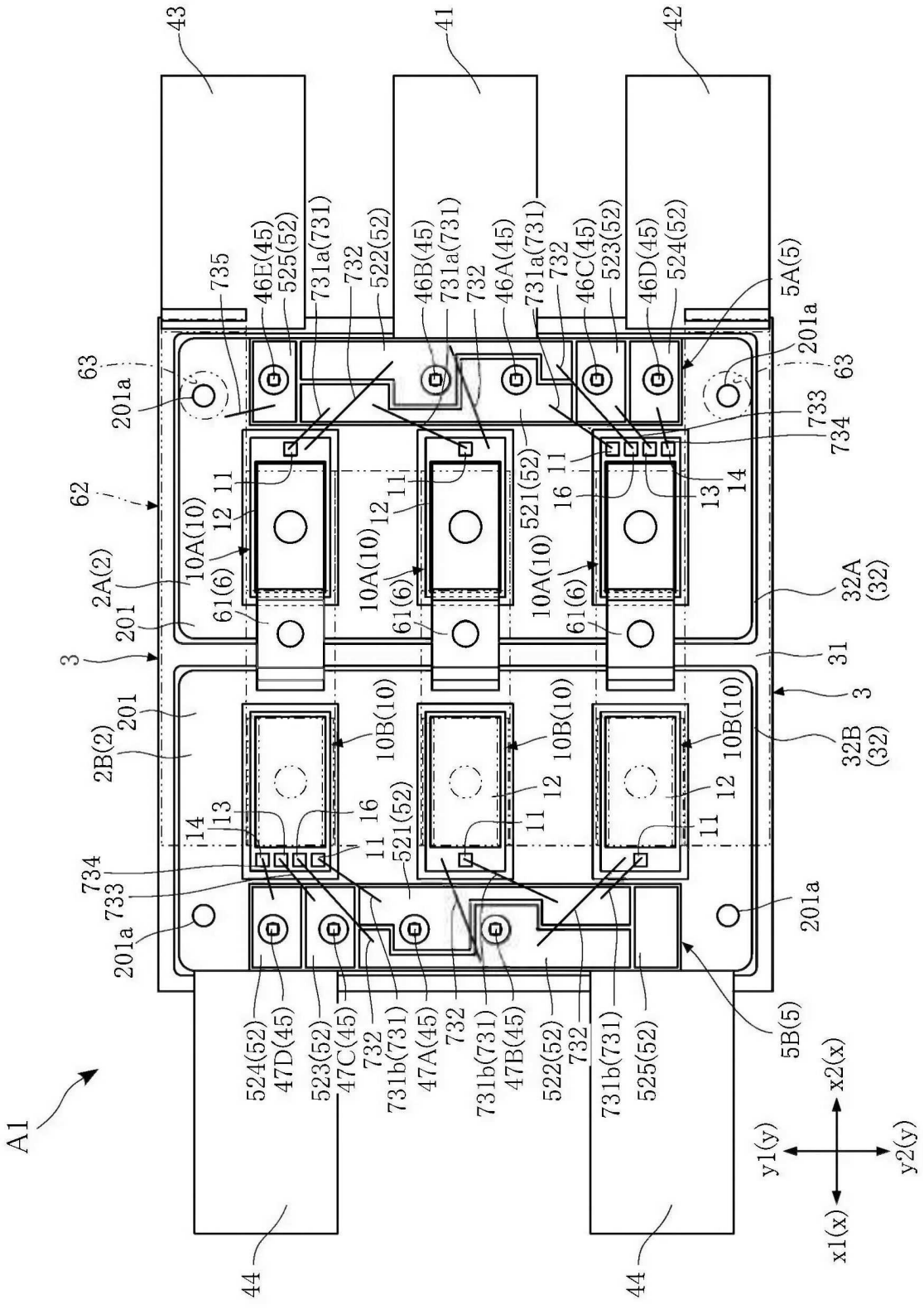
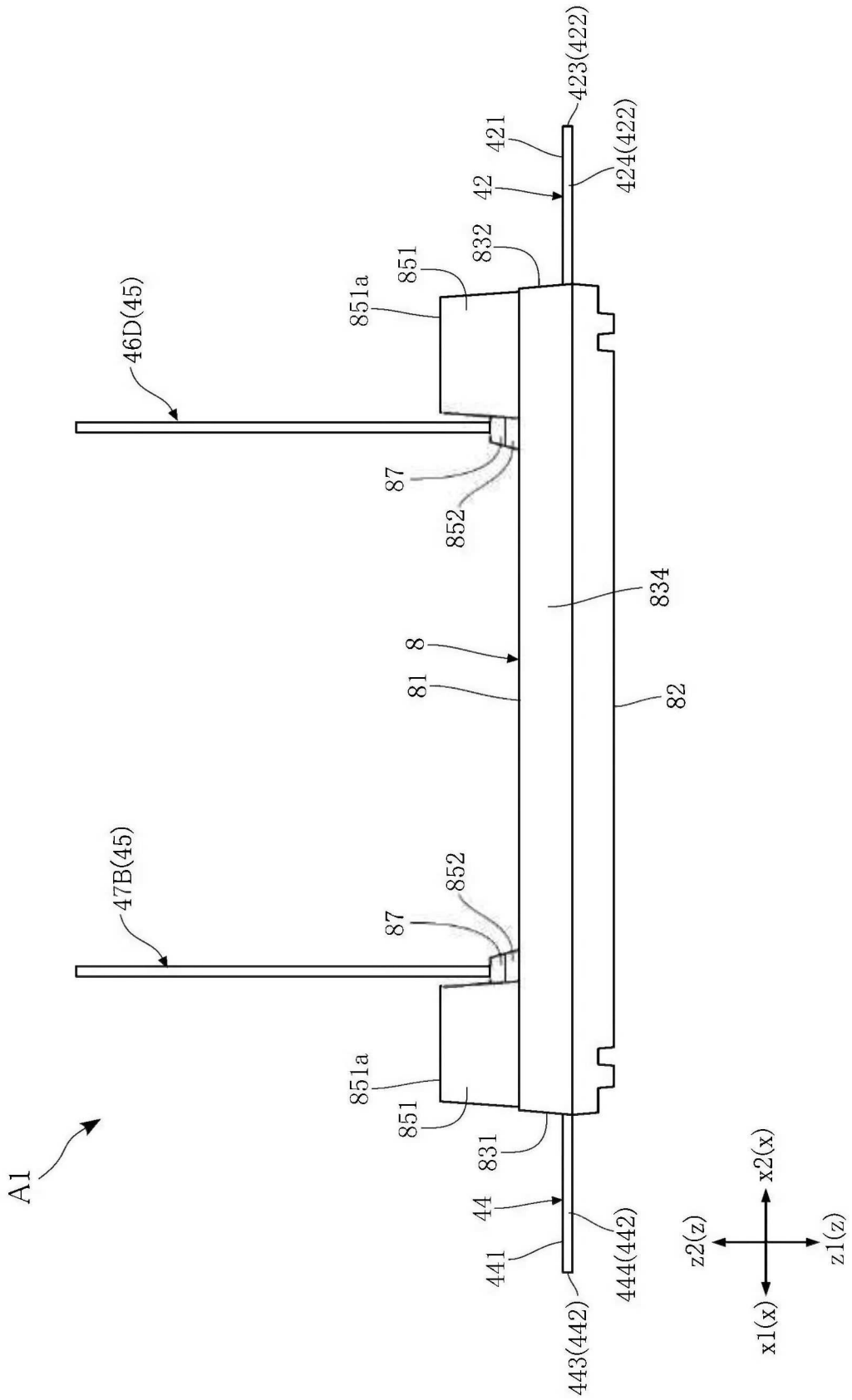

A1
43
41
42
735
46E(45)
525(52)
731a(731)
732
522(52)
46B(45)
731a(731)
732
46A(45)
731a(731)
732
46C(45)
523(52)
46D(45)
524(52)
5A(5)
201a
63
62
2A(2)
201
3
10A(10)
12
11
61(6)
521(52)
16
13
14
733
734
32A
(32)
31
2B(2)
10B(10)
32B
(32)
5B(5)
524(52)
47D(45)
523(52)
47C(45)
731b(731)
47A(45)
47B(45)
522(52)
525(52)
44
x1(x)
x2(x)
y1(y)
y2(y)

FIG.10

FIG.11


A1
46D(45)
47B(45)
851a
851
832
852
87
834
8
81
82
831
44
441
423(422)
421
424(422)
42
444(442)
443(442)
x2(x)
x1(x)
z2(z)
z1(z)

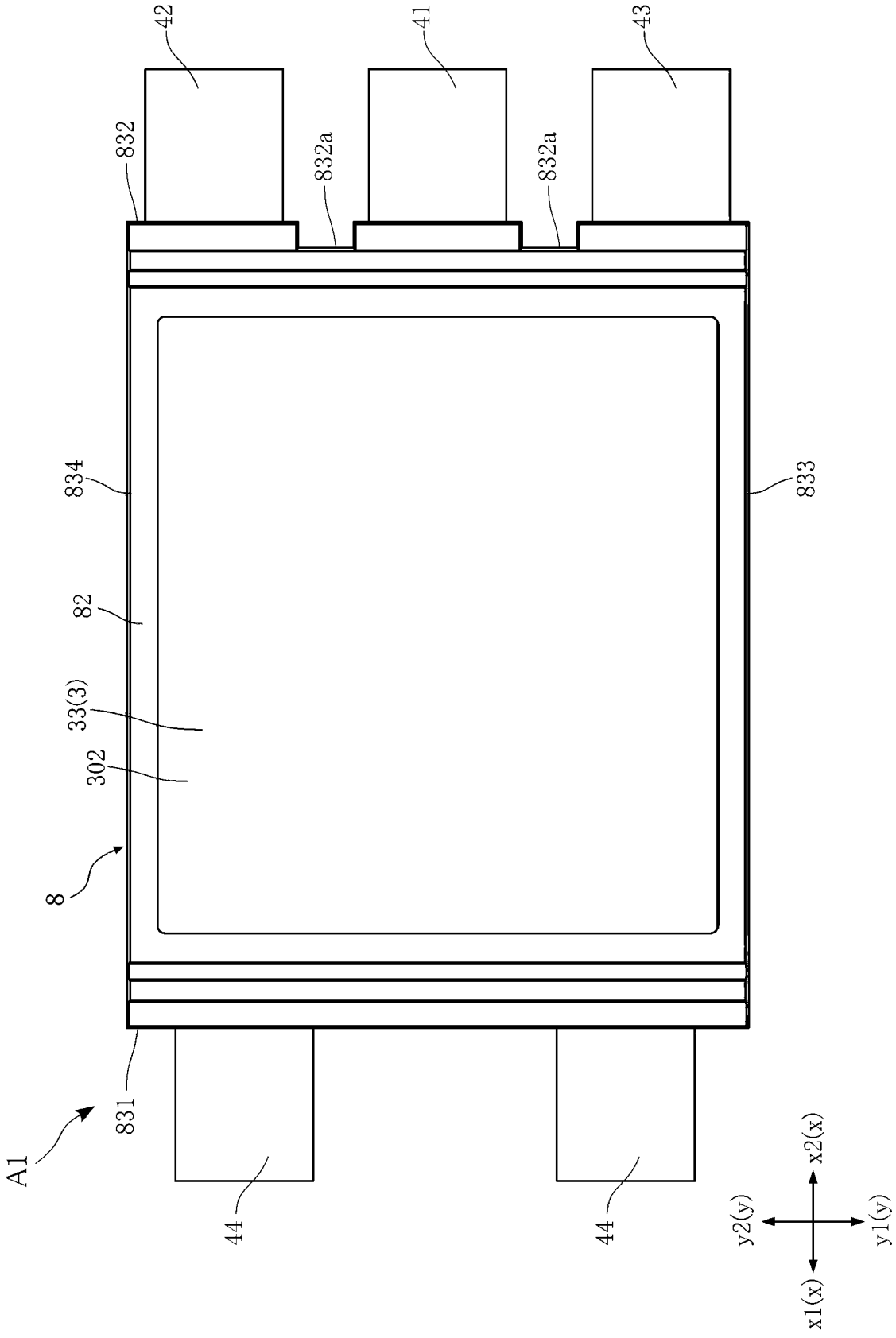

42
41
43
832
832a
832a
834
833
82
33(3)
302
8
831
A1
44
44
x2(x)
y2(y)
y1(y)
x1(x)

FIG.12

FIG.13

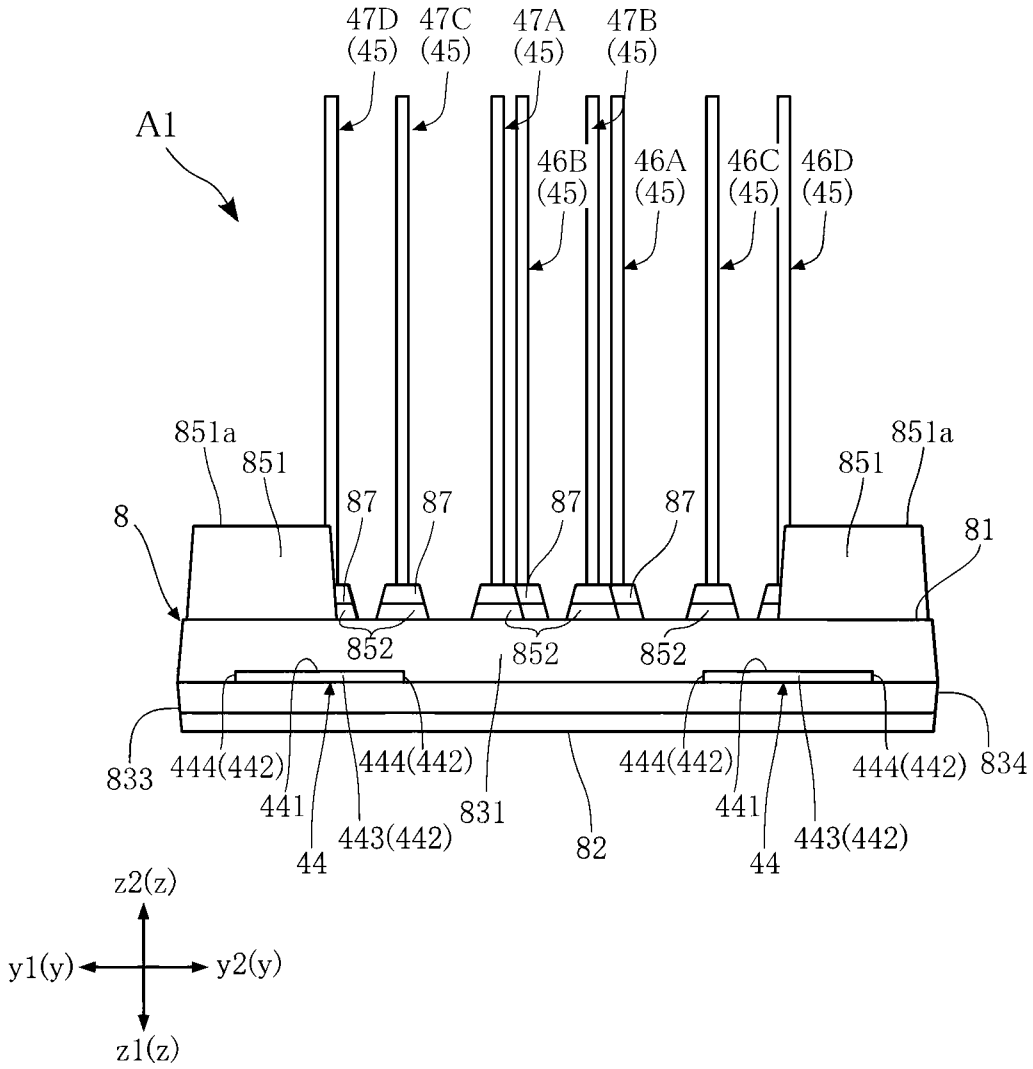

47D (45)
47C (45)
47A (45)
47B (45)
A1
46B (45)
46A (45)
46C (45)
46D (45)
851a
851
87
87
87
87
851
851a
8
81
852
852
852
833
444(442)
441
44
443(442)
444(442)
831
82
444(442)
441
44
443(442)
444(442)
834
z2(z)
y1(y)
y2(y)
z1(z)

FIG.14

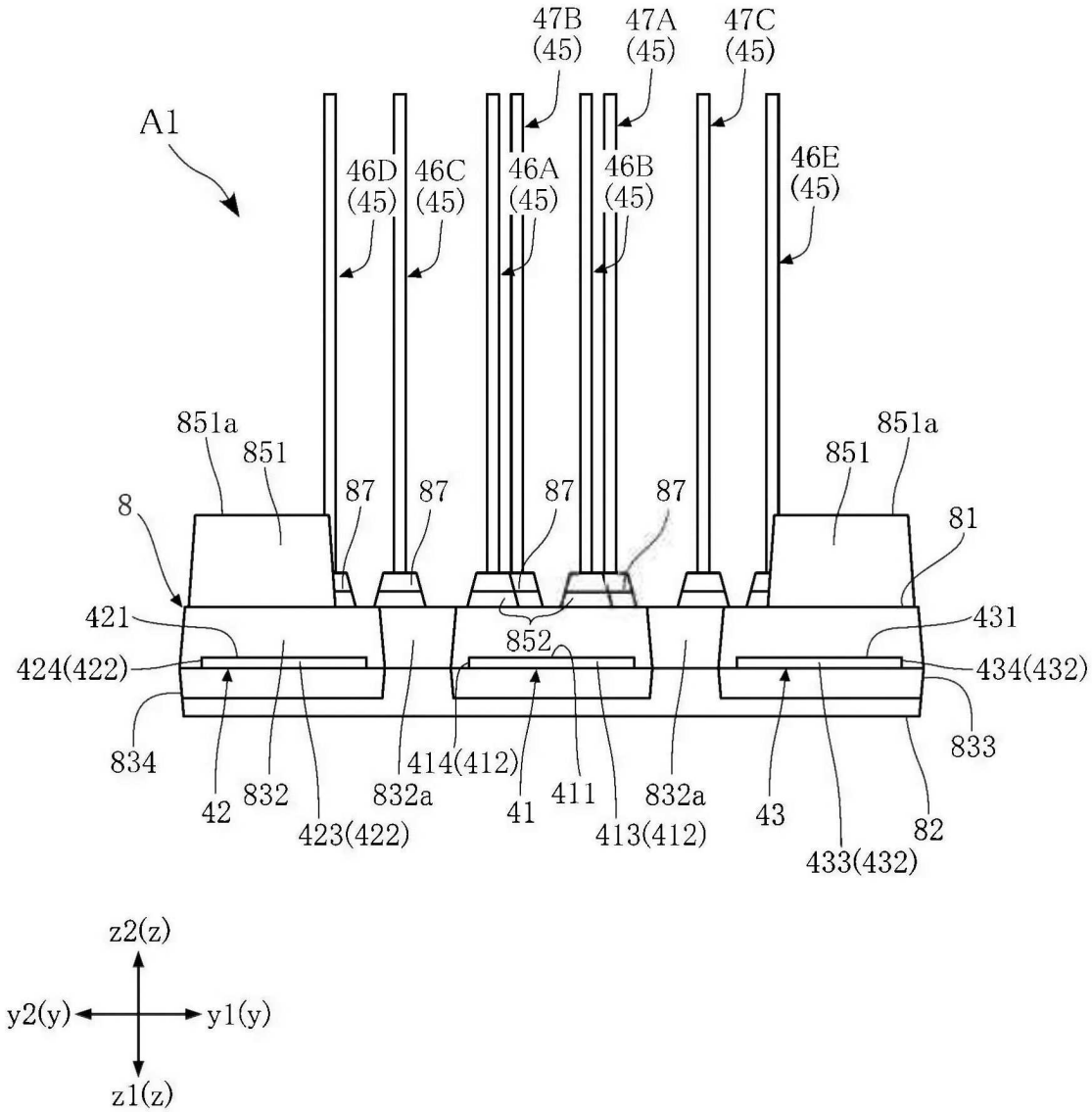

47B (45)
47A (45)
47C (45)
A1
46D (45)
46C (45)
46A (45)
46B (45)
46E (45)
851a
851
87
87
87
87
851a
851
8
81
421
431
852
424(422)
434(432)
834
833
42
832
832a
414(412)
411
832a
43
41
423(422)
413(412)
82
433(432)
z2(z)
y2(y)
y1(y)
z1(z)

FIG.15

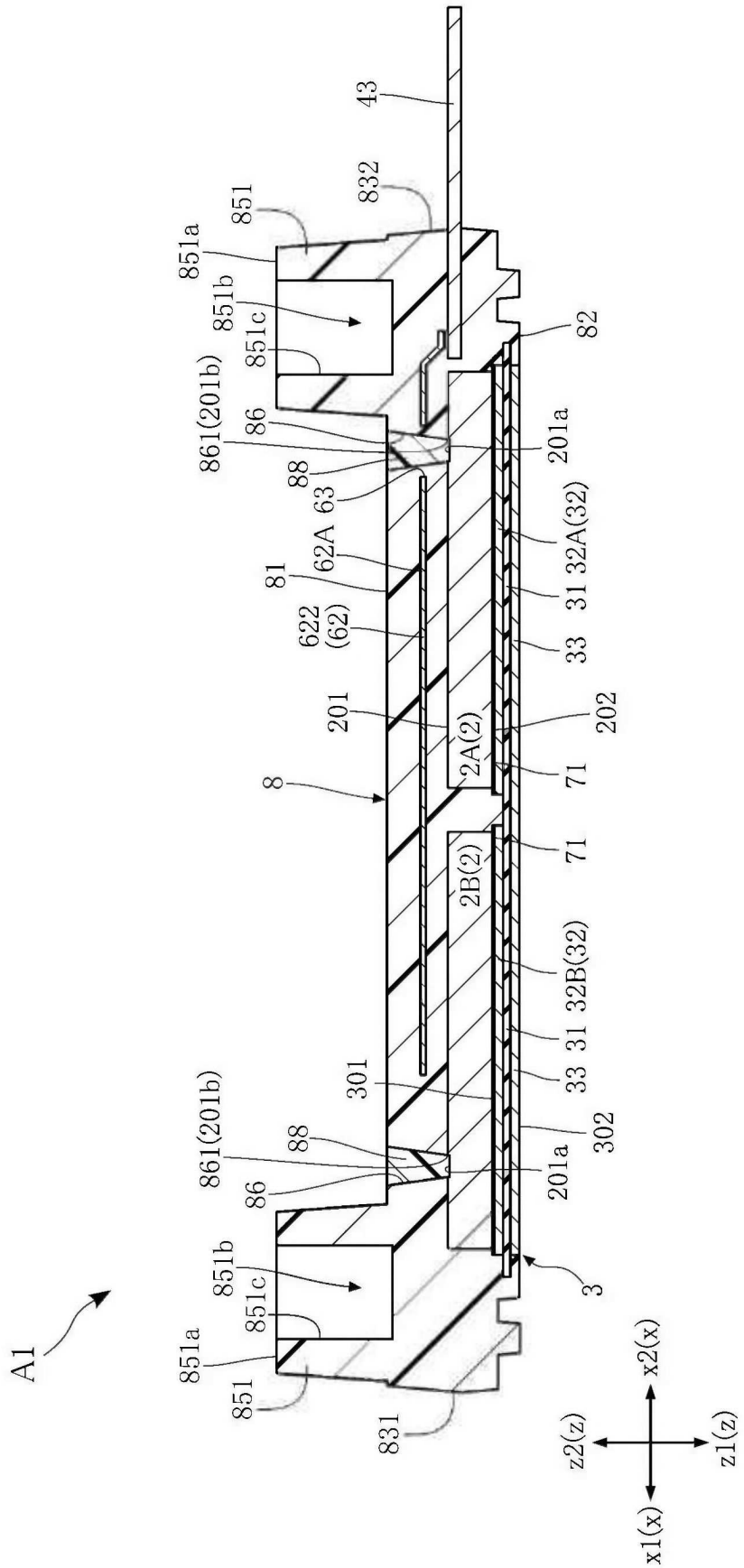

A1
43
832
851
851a
851b
851c
82
861(201b)
86
88
63
201a
62A
81
622
(62)
32A(32)
31
33
201
202
2A(2)
71
8
2B(2)
32B(32)
301
302
3
831
x2(x)
z2(z)
z1(z)
x1(x)

FIG.16

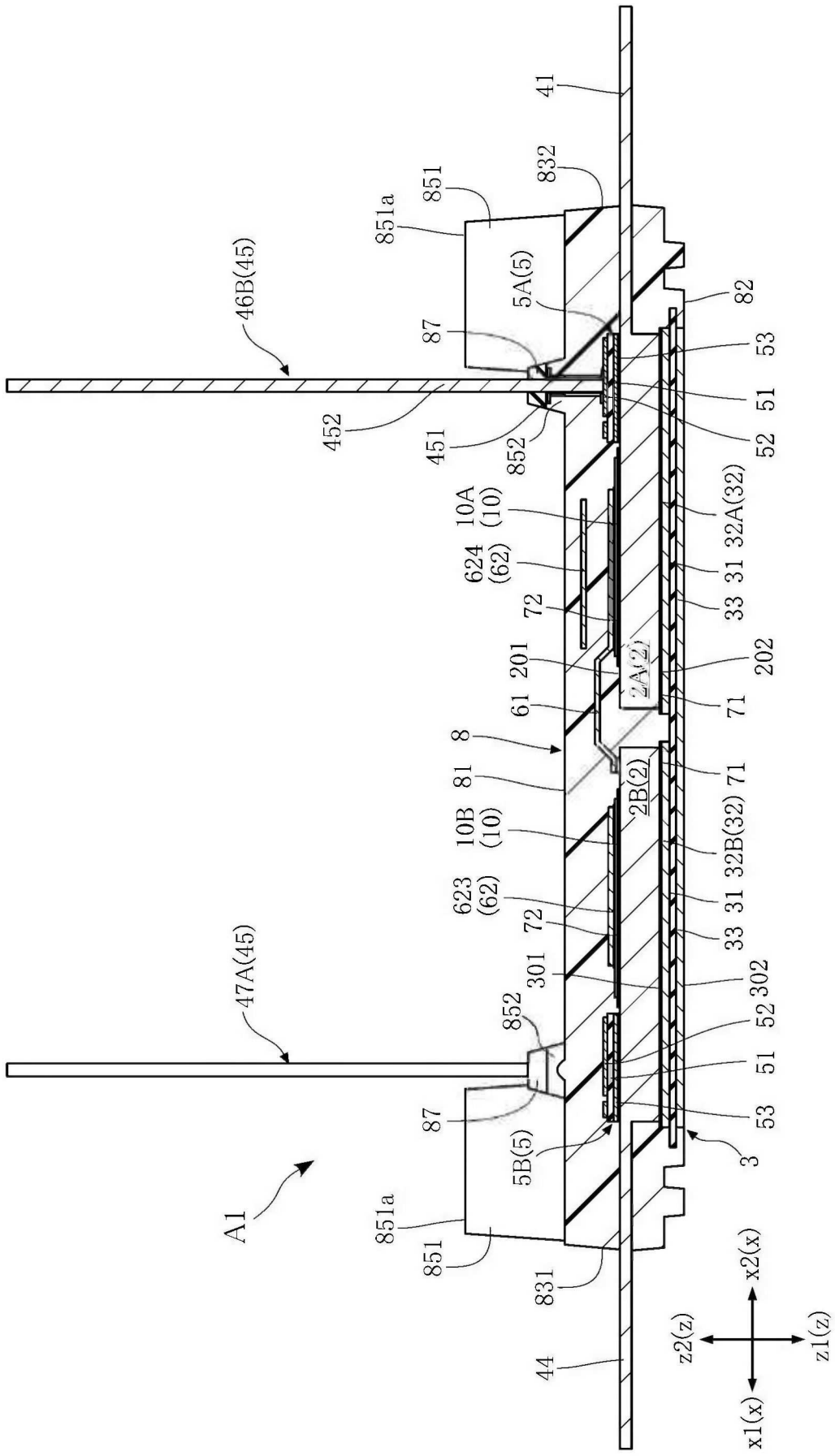

41
832
851
851a
46B(45)
5A(5)
87
82
53
51
52
452
451
852
10A
(10)
32A(32)
624
(62)
31
33
72
201
202
2A(2)
61
71
8
81
2B(2)
71
10B
(10)
32B(32)
623
(62)
31
33
72
47A(45)
301
302
852
52
51
53
87
5B(5)
3
A1
851a
851
831
44
x2(x)
z2(z)
z1(z)
x1(x)

FIG.17

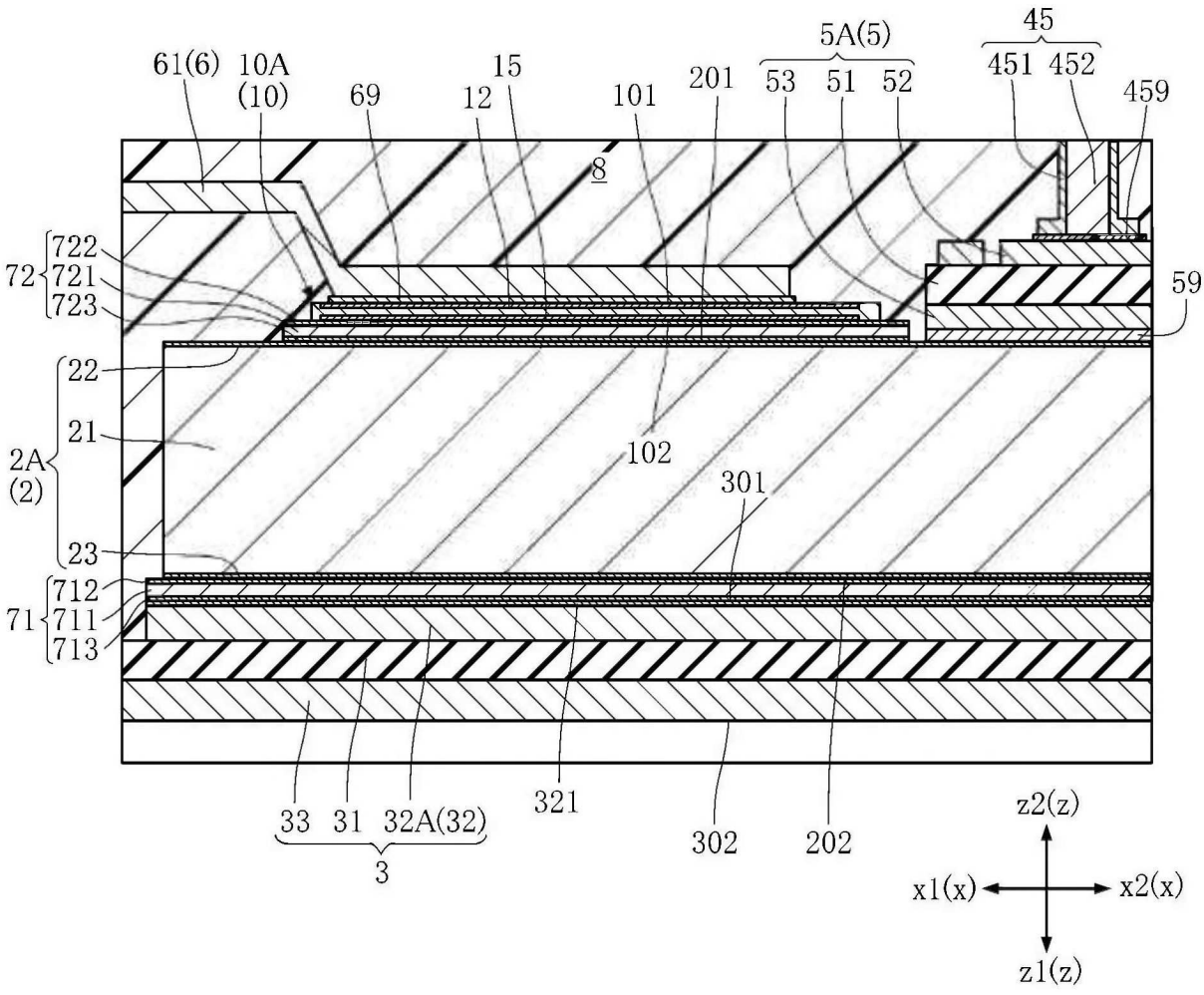

61(6)
10A
(10)
69
15
12
101
201
5A(5)
53
51
52
45
451
452
459
8
72
722
721
723
59
22
21
2A
(2)
102
301
23
712
71
711
713
33
31
32A(32)
3
321
302
202
z2(z)
x1(x)
x2(x)
z1(z)

FIG.18

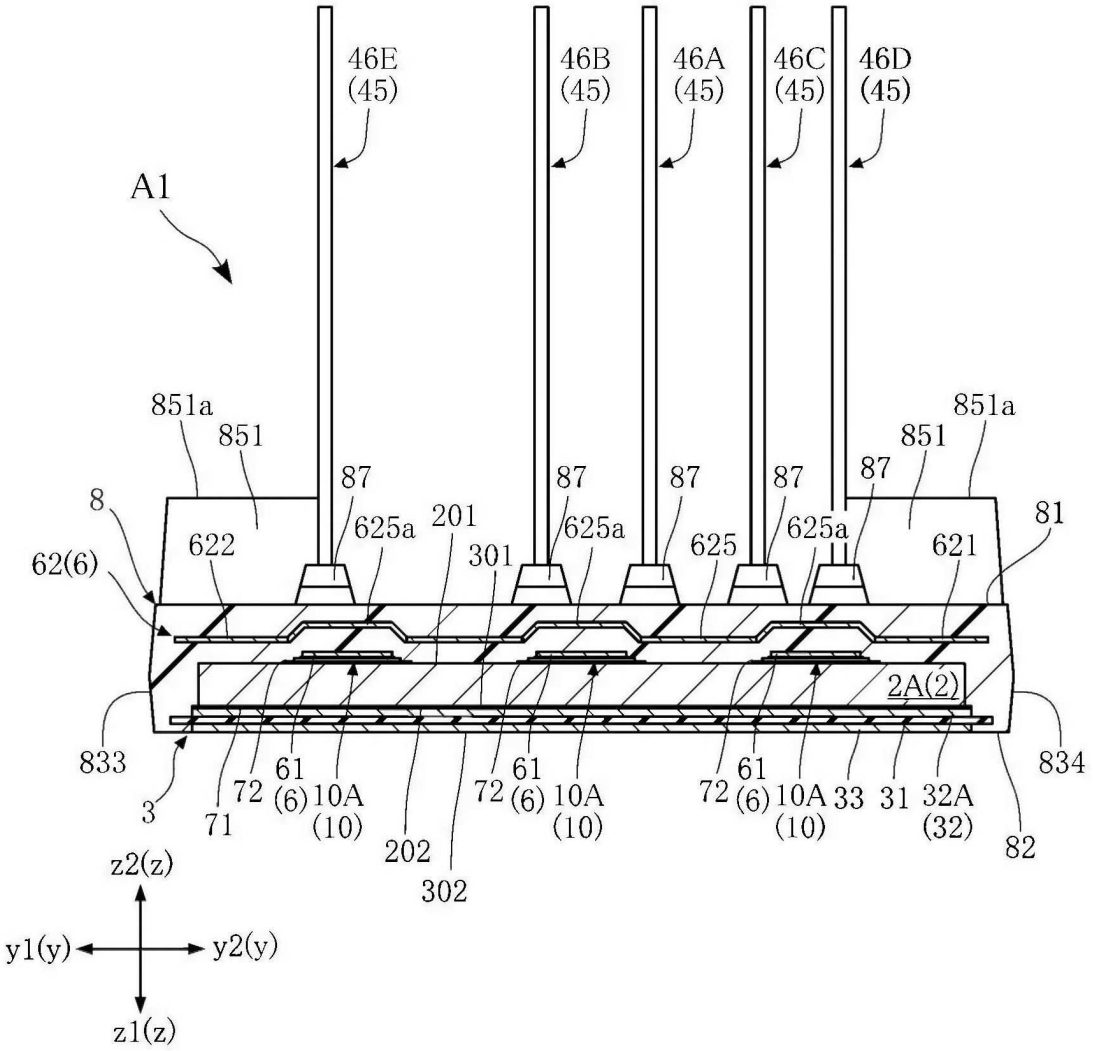

46E (45)
46B (45)
46A (45)
46C (45)
46D (45)
A1
851a
851
87
8
625a
201
622
301
625
621
81
62(6)
2A(2)
833
834
3
71
72
61 (6)
10A (10)
202
302
33
31
32A (32)
82
z2(z)
y1(y)
y2(y)
z1(z)

FIG.19

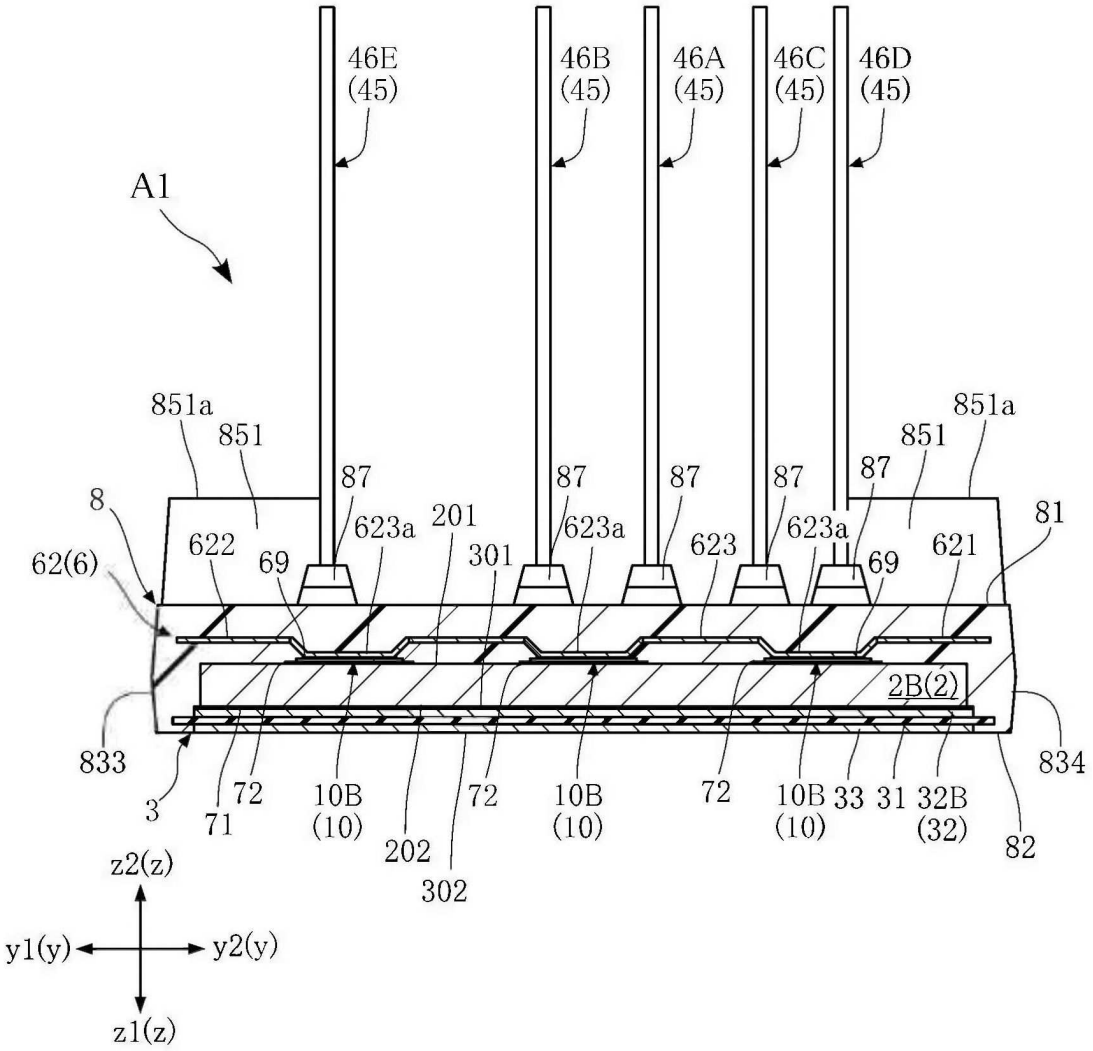

46E
(45)
46B
(45)
46A
(45)
46C
(45)
46D
(45)
A1
851a
851
87
8
622
69
623a
201
301
623
62(6)
621
81
2B(2)
833
834
3
71
72
10B
(10)
202
302
33
31
32B
(32)
82
z2(z)
y1(y)
y2(y)
z1(z)

FIG.20

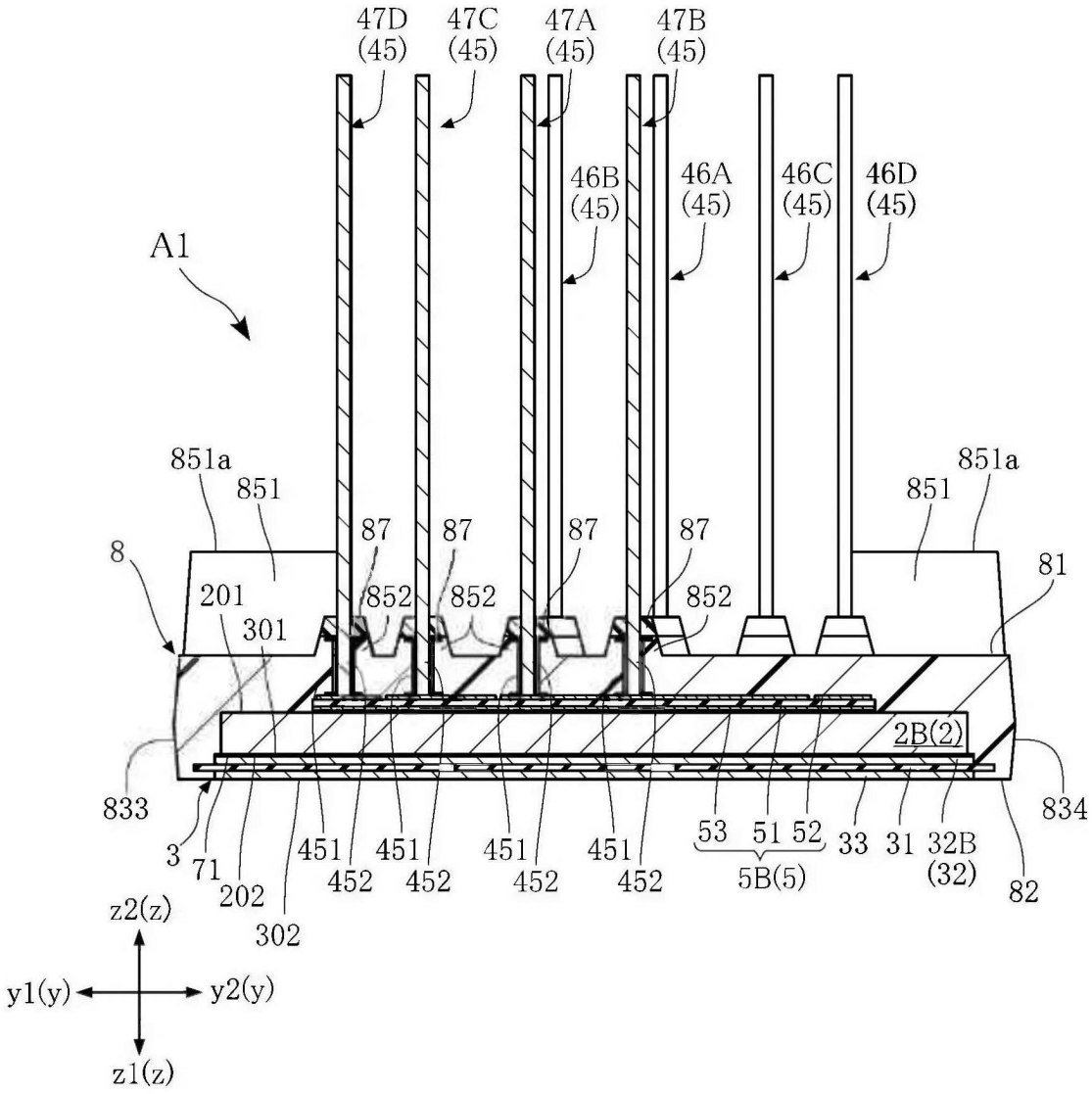

47D (45)
47C (45)
47A (45)
47B (45)
46B (45)
46A (45)
46C (45)
46D (45)
A1
851a
851
87
852
8
201
301
81
2B(2)
833
834
3
71
202
302
451
452
53
51
52
5B(5)
33
31
32B (32)
82
z2(z)
y1(y)
y2(y)
z1(z)

FIG.21

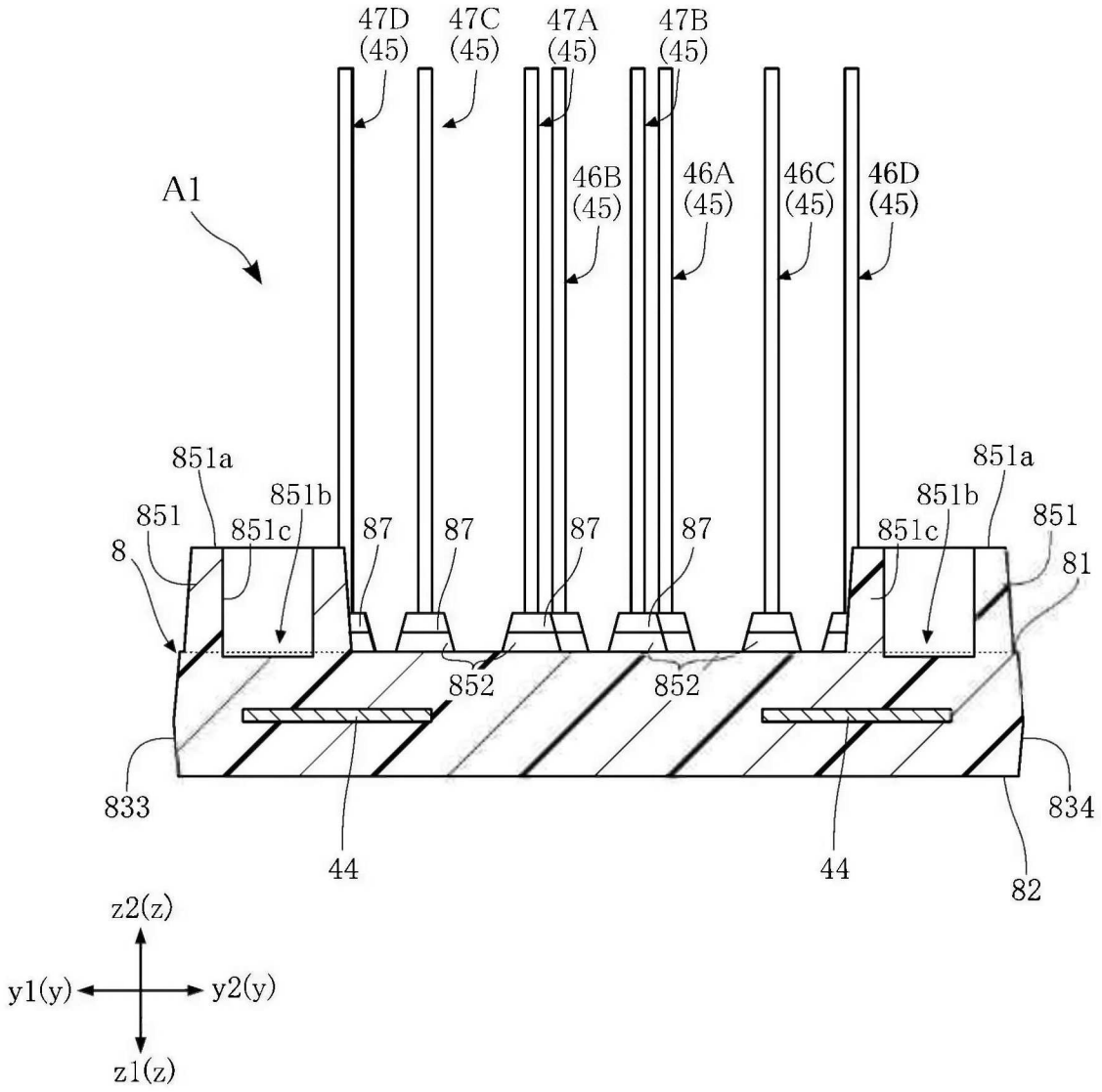

47D (45)
47C (45)
47A (45)
47B (45)
46B (45)
46A (45)
46C (45)
46D (45)
A1
851a
851b
851
851c
87
8
852
833
44
834
82
81
z2(z)
y1(y)
y2(y)
z1(z)

FIG.22

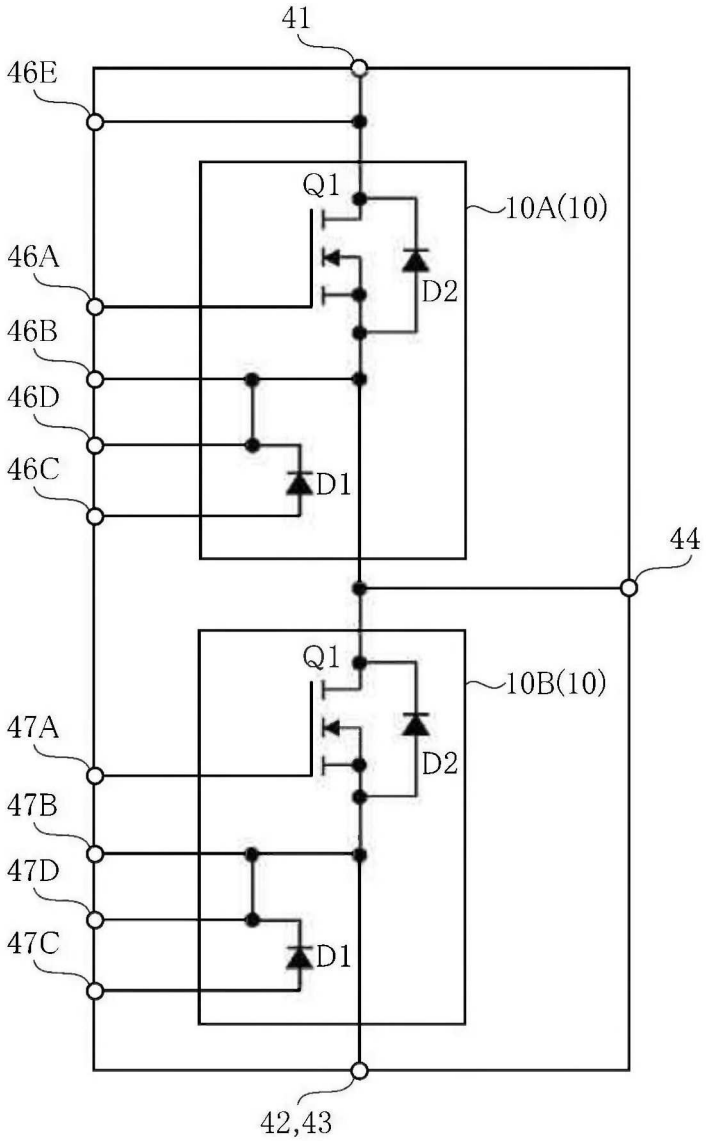

41
46E
Q1
10A(10)
46A
D2
46B
46D
D1
46C
44
Q1
10B(10)
47A
D2
47B
47D
D1
47C
42,43

FIG.23

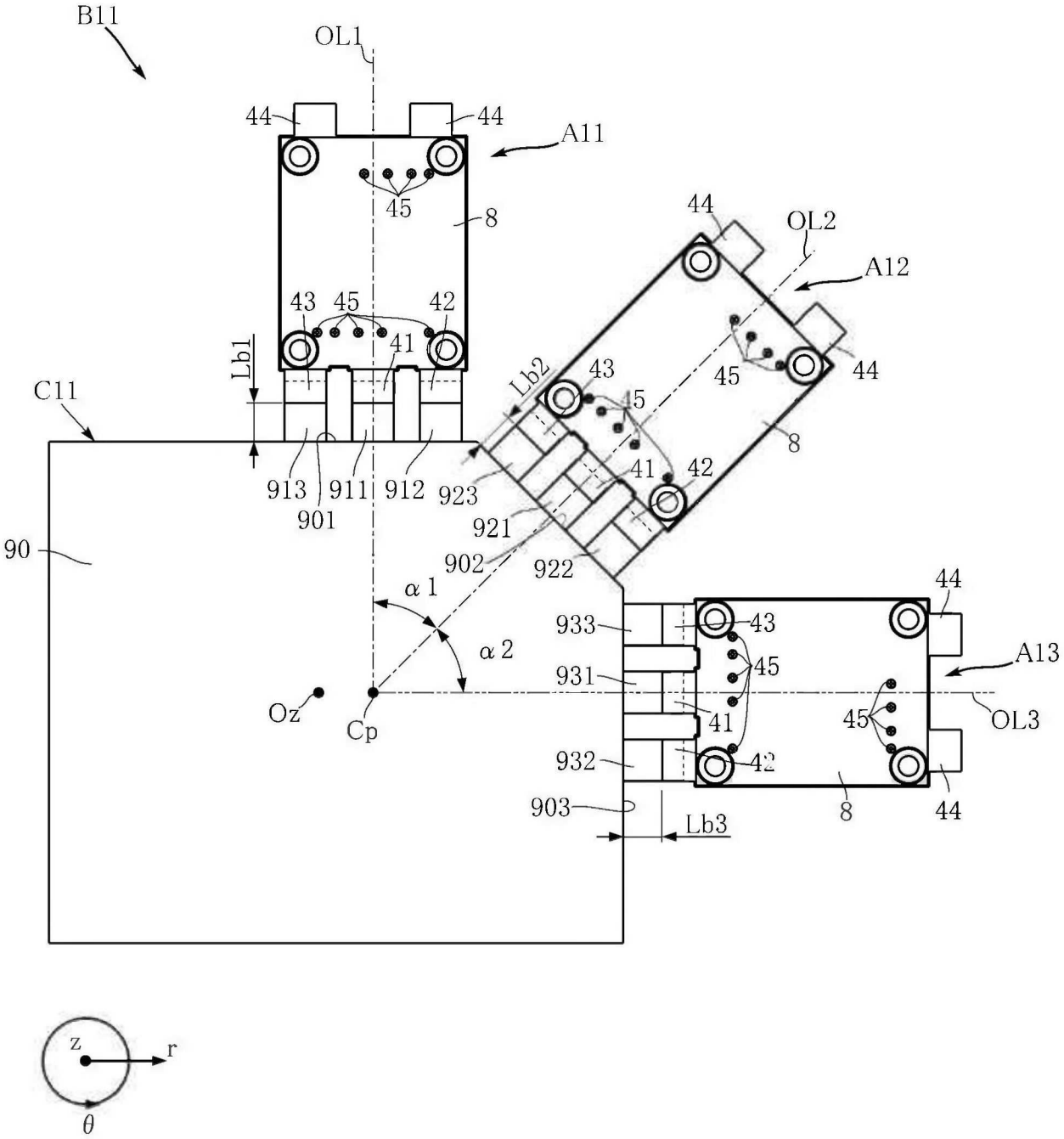

B11
OL1
44
44
A11
45
8
43
45
42
41
Lb1
C11
913
911
912
901
90
44
OL2
A12
Lb2
43
45
44
8
41
42
923
921
902
922
α 1
α 2
Oz
Cp
933
931
932
903
Lb3
44
43
45
41
42
8
44
A13
OL3
45
z
r
θ

FIG.24

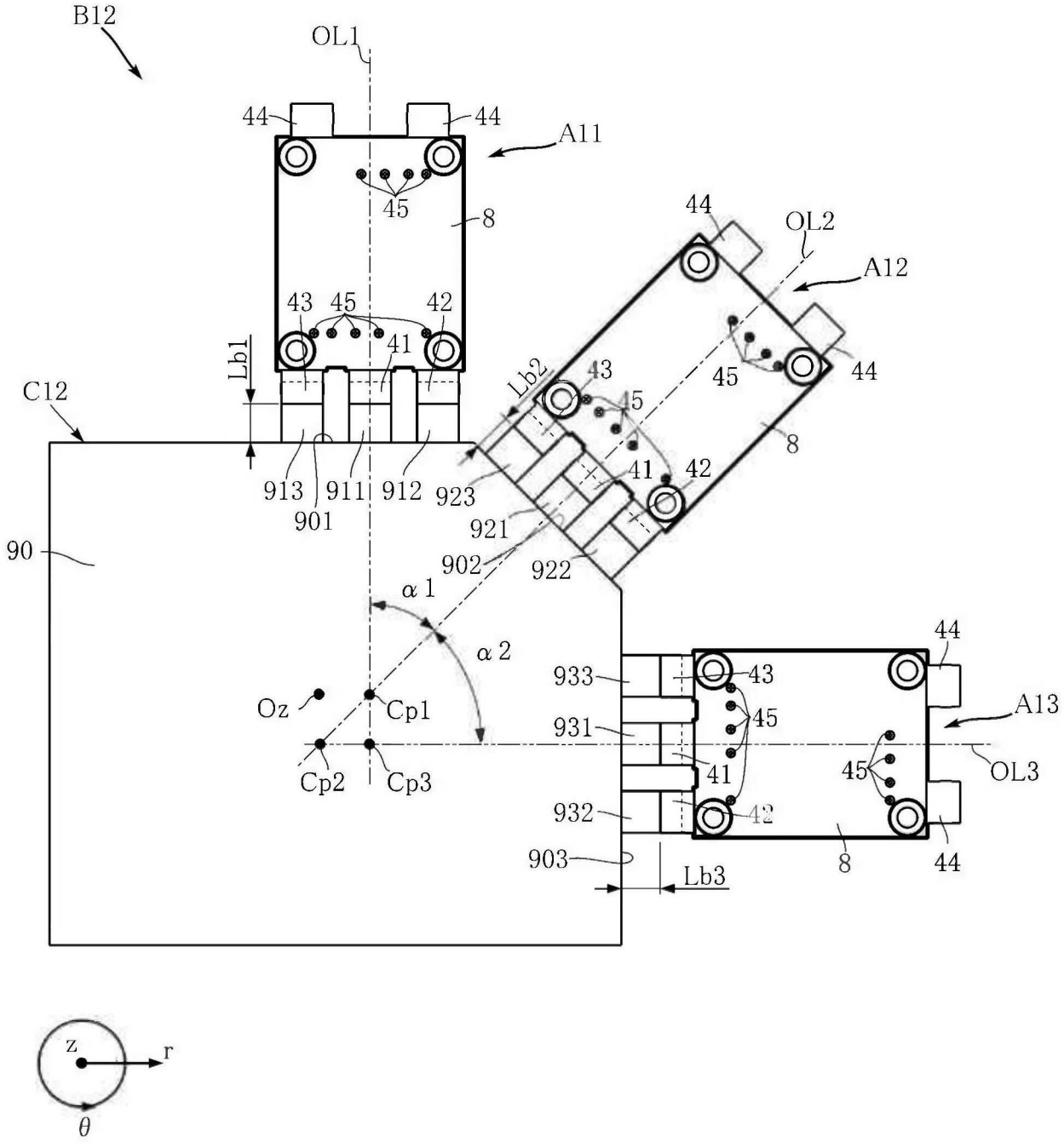

B12
OL1
44
44
A11
45
8
44
OL2
A12
43
45
42
41
Lb1
C12
Lb2
43
45
45
44
8
913
911
912
923
41
42
901
921
902
922
90
α 1
α 2
933
43
44
A13
Oz
Cp1
931
45
45
OL3
Cp2
Cp3
41
932
42
903
8
44
Lb3
z
r
θ

FIG.25

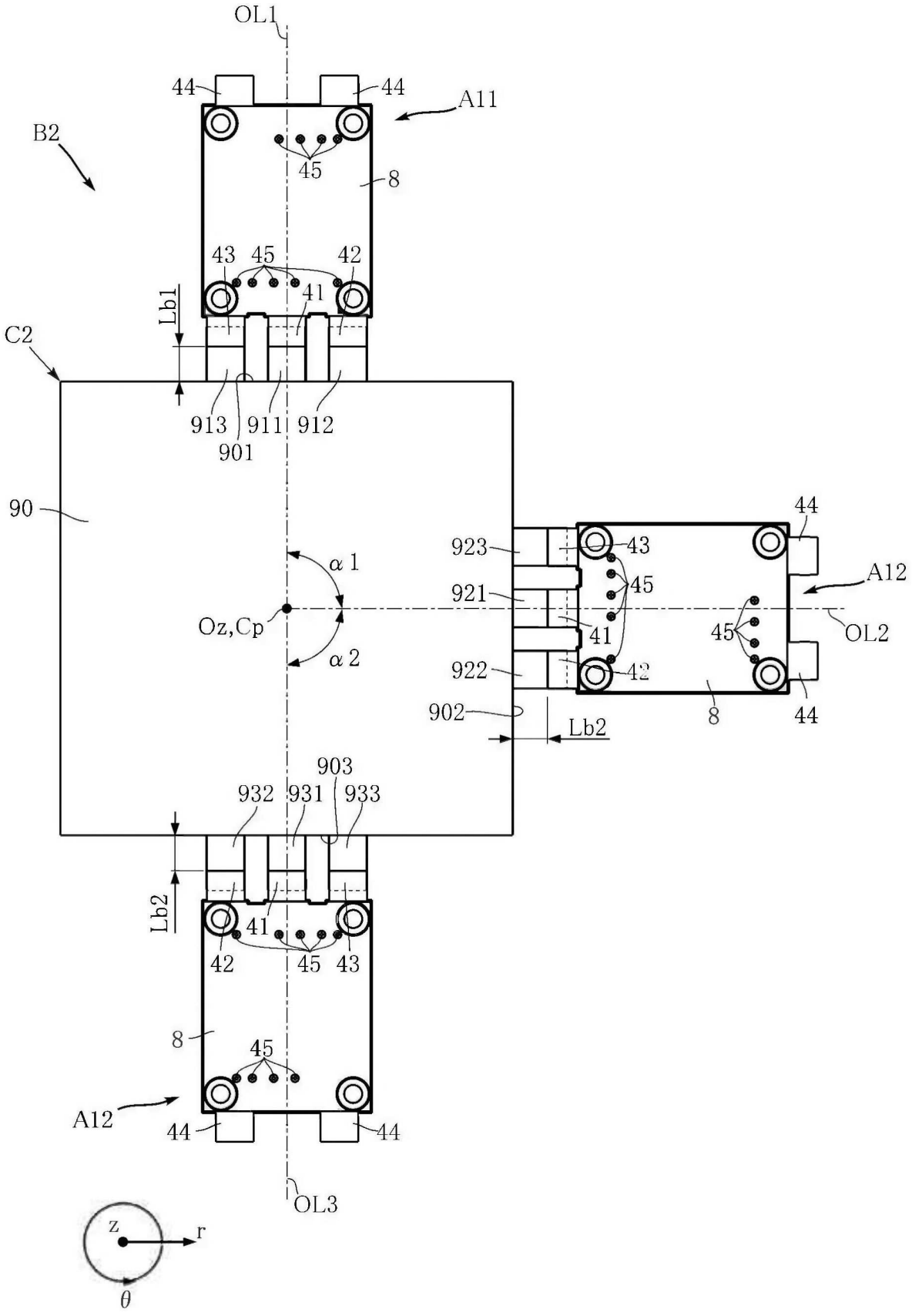
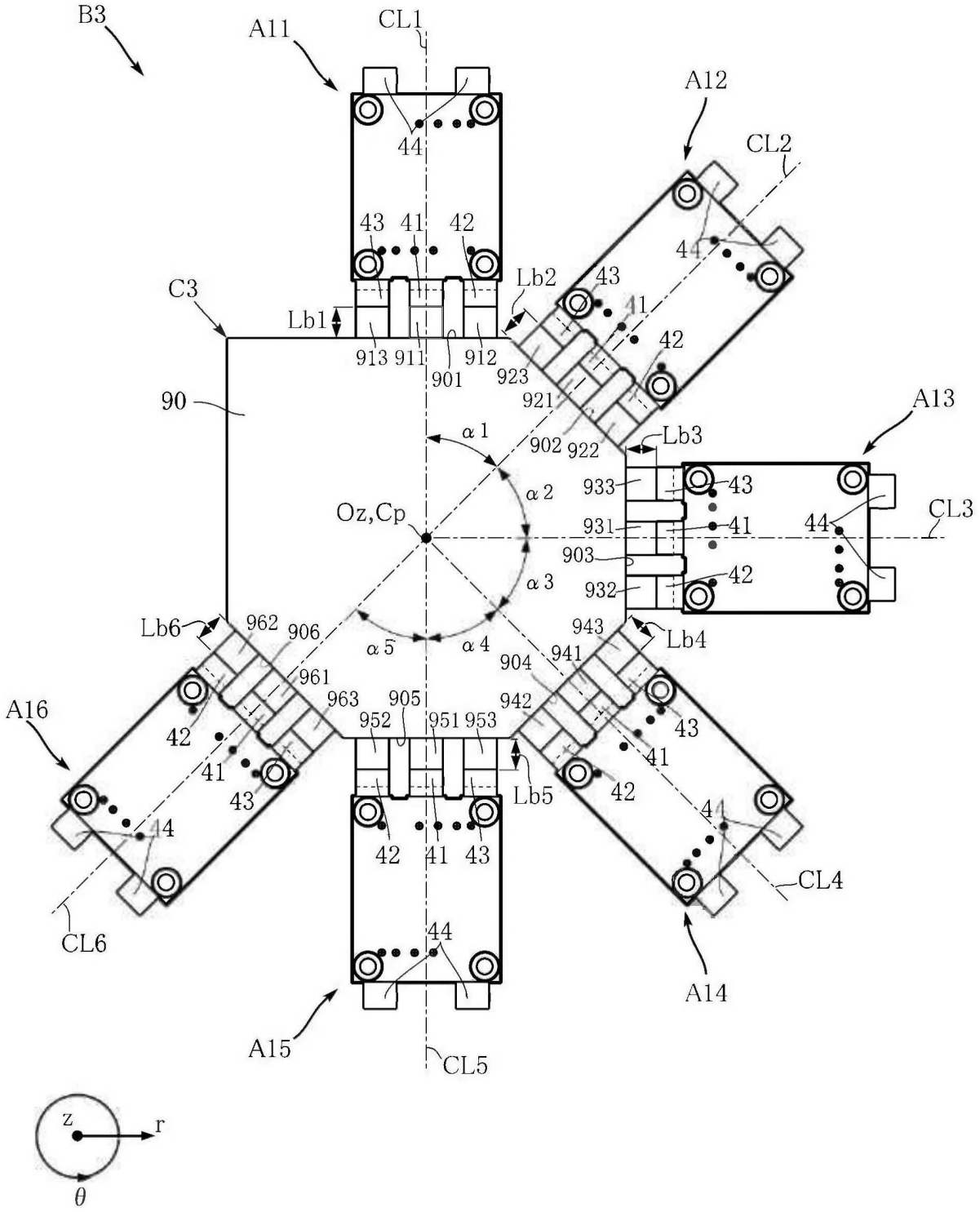

OL1
44
44
A11
B2
45
8
43
45
42
41
Lb1
C2
913
911
912
901
90
α 1
Oz,Cp
α 2
923
921
922
902
43
45
41
42
Lb2
44
A12
OL2
45
8
44
903
932
931
933
Lb2
41
42
45
43
8
45
A12
44
44
OL3
z
r
θ

FIG.26


B3
A11
CL1
A12
CL2
A13
CL3
A14
CL4
A15
CL5
A16
CL6
C3
90
Lb1
Lb2
Lb3
Lb4
Lb5
Lb6
Oz,Cp
α1
α2
α3
α4
α5
44
43
41
42
913
911
901
912
923
921
902
922
933
931
903
932
943
941
904
942
962
906
961
963
905
952
951
953
z
r
θ