



(12) **Veröffentlichung**

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2024/057860**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2
IntPatÜbkG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2023 003 434.6**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2023/030456**
(86) PCT-Anmeldetag: **24.08.2023**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **21.03.2024**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **18.06.2025**

(51) Int Cl.: **H01L 23/48** (2006.01)
H01L 25/07 (2006.01)
H01L 25/18 (2023.01)

(30) Unionspriorität:
2022-145138 **13.09.2022** **JP**
2023-014398 **02.02.2023** **JP**

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

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

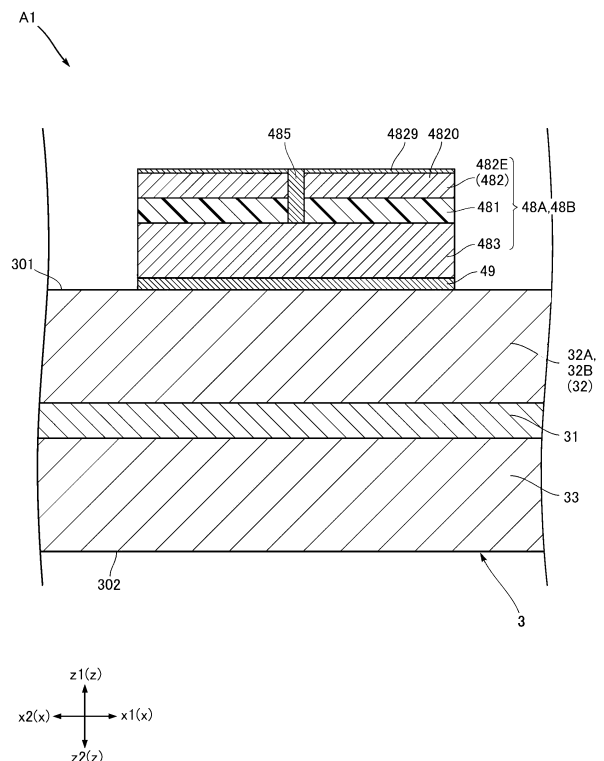
(72) Erfinder:
Sato, Oji, Kyoto, JP; Ikeda, Daiki, Kyoto, JP;
Tanikawa, Kohei, Kyoto, JP

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **HALBLEITERVORRICHTUNG**

(57) Zusammenfassung: Eine Halbleitervorrichtung weist auf: ein Hauptsubstrat einschließlich einer ersten Hauptmetallschicht; ein erstes Halbleiterelement, das von dem Hauptsubstrat getragen wird; ein erstes Untersubstrat, das von dem Hauptsubstrat getragen wird; und ein Versiegelungsharz, das das erste Halbleiterelement bedeckt. Das erste Untersubstrat weist eine Unterisolierschicht sowie eine erste Untermetallschicht und eine zweite Untermetallschicht auf, die die Unterisolierschicht in einer Dickenrichtung flankieren. Die zweite Untermetallschicht ist elektrisch an die erste Hauptmetallschicht gebondet, und die erste Untermetallschicht weist eine Region auf. Das erste Untersubstrat weist ferner einen verbindenden leitfähigen Abschnitt ein, der die Region und die zweite Untermetallschicht elektrisch verbindet.



Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die vorliegende Offenbarung bezieht sich auf eine Halbleitervorrichtung.

STAND DER TECHNIK

[0002] Halbleitervorrichtungen, die Leistungsschaltelemente einbeziehen, wie Metall-Oxid-Halbleiter-Feldeffekttransistoren (MOSFETs) und Bipolartransistoren mit isoliertem Gate (IGBT), sind herkömmlicherweise bekannt. Diese Halbleitervorrichtungen werden in vielfältigen elektronischen Vorrichtungen montiert, die von industriellen Vorrichtungen bis hin zu Haushaltsgeräten und Informationsterminals oder sogar zu in Fahrzeugen montierten Vorrichtungen reichen. Das Patentedokument 1 offenbart eine herkömmliche Halbleitervorrichtung (ein Leistungsmodul). Die in dem Patentedokument 1 offenbarte Halbleitervorrichtung weist ein Halbleiterelement, ein Hauptsubstrat und ein Substrat auf. Das Hauptsubstrat weist eine Metallschicht auf. Das Halbleiterelement ist elektrisch an die Metallschicht gebondet. Ein Untersubstrat wird von dem Hauptsubstrat getragen. Die in Patentedokument 1 offenbarte Halbleitervorrichtung weist auch ein Trägersubstrat (Keramiksubstrat) auf. Das Trägersubstrat trägt das Halbleiterelement. Das Trägersubstrat weist ein isolierendes Basisbauteil und leitfähige Schichten auf, die auf den jeweiligen Oberflächen des Basisbauteils gebildet sind. Das Basisbauteil ist zum Beispiel aus einem Keramikmaterial hergestellt. Die leitfähigen Schichten sind zum Beispiel aus Kupfer (Cu) hergestellt und das Halbleiterelement ist an eine der leitfähigen Schichten gebondet. Das Halbleiterelement und die leitfähige Schicht sind zum Beispiel durch einen Draht, der aus Al hergestellt ist, elektrisch verbunden.

STAND DER TECHNIK

Patentedokument

[0003] Patentedokument 1: JP-A-2021-190505

KURZ DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

Durch die Erfindung zu lösendes Problem

[0004] Wenn zum Beispiel das Potenzial der Metallschicht im Hauptsubstrat von außen überwacht wird, kann es notwendig sein, einen Draht mit der Metallschicht zu verbinden, was die Konfiguration eines leitfähigen Pfades begrenzt. In dem Fall, in dem ein Draht verwendet wird, kann es an der Bondingfläche zwischen unterschiedlichen Metallen, wie zwischen einer leitfähigen Schicht aus Cu und einem Draht

aus Al, zu einem unbeabsichtigten Phänomen kommen.

[0005] Im Hinblick auf die vorstehenden Umstände ist eine Aufgabe der vorliegenden Offenbarung, eine Halbleitervorrichtung bereitzustellen, die im Vergleich zu einer herkömmlichen verbessert wurde. Insbesondere ist eine Aufgabe der vorliegenden Offenbarung, eine Halbleitervorrichtung und ein Fahrzeug bereitzustellen, die die Einrichtung einer größeren Vielfalt von leitfähigen Pfaden, die zu einem Hauptsubstrat führen, ermöglichen. Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Offenbarung ist, eine Halbleitervorrichtung bereitzustellen, die in der Lage ist, das Auftreten eines unbeabsichtigten Phänomens zwischen unterschiedlichen Metallen zu verhindern.

Mittel zur Lösung des Problems

[0006] Ein erster Aspekt der vorliegenden Offenbarung stellt eine Halbleitervorrichtung bereit, die aufweist: ein Hauptsubstrat mit einer ersten Hauptmetallschicht; ein erstes Halbleiterelement, das von dem Hauptsubstrat getragen wird; ein erstes Untersubstrat, das von dem Hauptsubstrat getragen wird; und ein Versiegelungsharz, das das erste Halbleiterelement bedeckt. Das erste Untersubstrat weist eine Unterisolierschicht sowie eine erste Untermetallschicht und eine zweite Untermetallschicht auf, die die Unterisolierschicht in einer Dickenrichtung flankieren. Die zweite Untermetallschicht ist elektrisch an die erste Hauptmetallschicht gebondet. Die erste Untermetallschicht weist eine Region bzw. Bereich auf. Das erste Untersubstrat weist ferner einen verbindenden leitfähigen Abschnitt auf, der die Region und die zweite Untermetallschicht elektrisch verbindet.

[0007] Ein zweiter Aspekt der vorliegenden Offenbarung stellt ein Fahrzeug bereit, das aufweist: eine Antriebsquelle; und die Halbleitervorrichtung gemäß dem ersten Aspekt der vorliegenden Offenbarung. Die Halbleitervorrichtung ist elektrisch mit der Antriebsquelle verbunden.

[0008] Ein dritter Aspekt der vorliegenden Offenbarung stellt eine Halbleitervorrichtung bereit, die aufweist: eine erste leitfähige Komponente, die ein erstes Metall enthält; eine zweite leitfähige Komponente, die ein zweites Metall enthält; und einen ersten Block, der ein drittes Metall enthält. Das erste Metall, das zweite Metall und das dritte Metall unterscheiden sich voneinander. Der erste Block ist zwischen der ersten leitfähigen Komponente und der zweiten leitfähigen Komponente eingerichtet.

Vorteile der Erfindung

[0009] Mit der oben beschriebenen Konfiguration ist es möglich, eine größere Vielfalt von leitfähigen Pfaden zum Hauptsubstrat einzurichten. Zusätzlich kann die obige Konfiguration verhindern, dass ein unbeabsichtigtes Phänomen zwischen unterschiedlichen Metallen auftritt.

[0010] Andere Merkmale und Vorteile der vorliegenden Offenbarung gehen deutlicher aus der nachstehenden detaillierten Beschreibung unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen hervor.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Fig. 1 ist eine perspektivische Ansicht, die eine Halbleitervorrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung zeigt.

Fig. 2 ist eine perspektivische Teilansicht, die die Halbleitervorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung zeigt.

Fig. 3 ist eine perspektivische Teilansicht, die die Halbleitervorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung zeigt.

Fig. 4 ist eine Draufsicht, die die Halbleitervorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung zeigt.

Fig. 5 ist eine Teildraufsicht, die die Halbleitervorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung zeigt.

Fig. 6 ist eine Teilseitenansicht, die die Halbleitervorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung zeigt.

Fig. 7 ist eine teilweise vergrößerte Draufsicht, die die Halbleitervorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung zeigt.

Fig. 8 ist eine Teildraufsicht, die die Halbleitervorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung zeigt.

Fig. 9 ist eine Teildraufsicht, die die Halbleitervorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung zeigt.

Fig. 10 ist eine Seitenansicht, die die Halbleitervorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung zeigt.

Fig. 11 ist eine Ansicht, die die Halbleitervorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung von unten zeigt.

Fig. 12 ist eine Querschnittsansicht entlang der in **Fig. 5** gezeigten Linie XII-XII.

Fig. 13 ist eine teilweise vergrößerte Querschnittsansicht, die die Halbleitervorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung zeigt.

Fig. 14 ist eine teilweise vergrößerte Querschnittsansicht, die die Halbleitervorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung zeigt.

Fig. 15 ist eine Querschnittsansicht entlang der in **Fig. 5** gezeigten Linie XV-XV.

Fig. 16 ist eine Querschnittsansicht entlang der in **Fig. 5** gezeigten Linie XVI-XVI.

Fig. 17 ist eine teilweise vergrößerte Draufsicht, die die Halbleitervorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung zeigt.

Fig. 18 ist eine teilweise vergrößerte Draufsicht, die die Halbleitervorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung zeigt.

Fig. 19 ist eine teilweise vergrößerte Querschnittsansicht entlang der in **Fig. 17** gezeigten Linie XIX-XIX.

Fig. 20 zeigt die Konfiguration eines Fahrzeugs gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung.

Fig. 21 ist eine teilweise vergrößerte Querschnittsansicht, die eine erste Variante der Halbleitervorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung zeigt.

Fig. 22 ist eine teilweise vergrößerte Querschnittsansicht, die eine zweite Variante der Halbleitervorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung zeigt.

Fig. 23 ist eine teilweise vergrößerte Querschnittsansicht, die eine dritte Variante der Halbleitervorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung zeigt.

Fig. 24 ist eine teilweise vergrößerte Draufsicht, die eine vierte Variante der Halbleitervorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung zeigt.

Fig. 25 ist eine teilweise vergrößerte Draufsicht, die eine Halbleitervorrichtung gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung zeigt.

Fig. 26 ist eine teilweise vergrößerte Querschnittsansicht entlang der in **Fig. 25** gezeigten Linie XXVI-XXVI.

Fig. 27 ist eine teilweise vergrößerte Querschnittsansicht, die eine erste Variante der Halbleitervorrichtung gemäß der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung zeigt.

Fig. 28 ist eine teilweise vergrößerte Querschnittsansicht, die eine zweite Variante der Halbleitervorrichtung gemäß der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung zeigt.

Fig. 29 ist eine teilweise vergrößerte Querschnittsansicht, die eine dritte Variante der Halbleitervorrichtung gemäß der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung zeigt.

Fig. 30 ist eine teilweise vergrößerte Draufsicht, die eine vierte Variante der Halbleitervorrichtung gemäß der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung zeigt.

Fig. 31 ist eine teilweise vergrößerte Querschnittsansicht, die die Halbleitervorrichtung gemäß einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung zeigt.

Fig. 32 ist eine teilweise vergrößerte Draufsicht, die eine erste Variante der Halbleitervorrichtung gemäß der dritten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung zeigt.

Fig. 33 ist eine teilweise vergrößerte Querschnittsansicht entlang der in **Fig. 32** gezeigten Linie XXXIII-XXXIII.

Fig. 34 ist eine perspektivische Ansicht, die eine Halbleitervorrichtung gemäß einer vierten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung zeigt.

Fig. 35 ist eine perspektivische Teilansicht, die die Halbleitervorrichtung gemäß der vierten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung zeigt.

Fig. 36 ist eine perspektivische Teilansicht, die die Halbleitervorrichtung gemäß der vierten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung zeigt.

Fig. 37 ist eine Draufsicht, die die Halbleitervorrichtung gemäß der vierten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung zeigt.

Fig. 38 ist eine Teildraufsicht, die die Halbleitervorrichtung gemäß der vierten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung zeigt.

Fig. 39 ist eine Teilseitenansicht, die die Halbleitervorrichtung gemäß der vierten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung zeigt.

Fig. 40 ist eine teilweise vergrößerte Draufsicht, die die Halbleitervorrichtung gemäß der vierten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung zeigt.

Fig. 41 ist eine Teildraufsicht, die die Halbleitervorrichtung gemäß der vierten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung zeigt.

Fig. 42 ist eine Teildraufsicht, die die Halbleitervorrichtung gemäß der vierten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung zeigt.

Fig. 43 ist eine Seitenansicht, die die Halbleitervorrichtung gemäß der vierten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung zeigt.

Fig. 44 ist eine Ansicht, die die Halbleitervorrichtung gemäß der vierten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung von unten zeigt.

Fig. 45 ist eine Querschnittsansicht entlang der in **Fig. 38** gezeigten Linie XLV-XLV.

Fig. 46 ist eine Querschnittsansicht entlang der in **Fig. 38** gezeigten Linie XLVI-XLVI.

Fig. 47 ist eine teilweise vergrößerte Querschnittsansicht, die die Halbleitervorrichtung gemäß der vierten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung zeigt.

Fig. 48 ist eine teilweise vergrößerte Querschnittsansicht, die die Halbleitervorrichtung gemäß der vierten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung zeigt.

Fig. 49 ist eine Querschnittsansicht entlang der in **Fig. 38** gezeigten Linie XLIX-XLIX.

Fig. 50 ist eine Querschnittsansicht entlang der in **Fig. 38** gezeigten Linie L-L.

Fig. 51 ist eine Querschnittsansicht entlang der in **Fig. 38** gezeigten Linie LI-LI.

Fig. 52 ist eine Querschnittsansicht entlang der in **Fig. 38** gezeigten Linie LII-LII.

Fig. 53 ist eine Querschnittsansicht entlang der in **Fig. 38** gezeigten Linie LIII-LIII.

Fig. 54 ist eine Querschnittsansicht entlang der in **Fig. 42** gezeigten Linie LIV-LIV.

Fig. 55 ist eine teilweise vergrößerte Querschnittsansicht entlang der in **Fig. 54** gezeigten Linie LV-LV.

Fig. 56 ist eine teilweise vergrößerte Querschnittsansicht, die eine dritte leitfähige Komponente einer ersten Variante der Halbleitervorrichtung gemäß der vierten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung zeigt.

Fig. 57 ist eine teilweise vergrößerte Querschnittsansicht, die eine dritte leitfähige Komponente einer zweiten Variante der Halbleitervorrichtung gemäß der vierten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung zeigt.

Fig. 58 ist eine teilweise vergrößerte Querschnittsansicht, die eine dritte leitfähige Komponente einer dritten Variante der Halbleitervorrichtung gemäß der vierten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung zeigt.

Fig. 59 ist eine teilweise vergrößerte Querschnittsansicht entlang der in **Fig. 58** gezeigten Linie LIX-LIX.

Fig. 60 ist eine Teildraufsicht, die eine Halbleitervorrichtung gemäß einer fünften Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung zeigt.

Fig. 61 ist eine Teilquerschnittsansicht entlang der in **Fig. 60** gezeigten Linie LXI-LXI.

Fig. 62 ist eine Teilquerschnittsansicht entlang der in **Fig. 60** gezeigten Linie LXII-LXII.

Fig. 63 ist eine Teilquerschnittsansicht entlang der in **Fig. 60** gezeigten Linie LXIII-LXIII.

Fig. 64 ist eine Teilquerschnittsansicht entlang der in **Fig. 60** gezeigten Linie LXIV-LXIV.

Fig. 65 ist eine Teildraufsicht, die eine Halbleitervorrichtung gemäß einer sechsten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung zeigt.

Fig. 66 ist eine Teilquerschnittsansicht entlang der in **Fig. 65** gezeigten Linie LXVI-LXVI.

Fig. 67 ist eine Teilquerschnittsansicht entlang der in **Fig. 65** gezeigten Linie LXVII-LXVII.

MODUS ZUM AUSFÜHREN DER ERFINDUNG

[0011] Im Folgenden werden bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung unter Bezugnahme auf die Zeichnungen ausführlich beschrieben. Die in **Fig. 1** bis 33 (erste bis dritte Ausführungsform) verwendeten Bezugszeichen sind unabhängig von den in **Fig. 34** bis 67 (vierte bis sechste Ausführungsform) verwendeten Bezugszeichen angegeben. Zum Beispiel kann für unterschiedliche Bauteile (Elemente und dergleichen) das gleiche Bezugszeichen verwendet werden oder für identische (oder ähnliche) Bauteile (Elemente oder dergleichen) können unterschiedliche Bezugszeichen verwendet werden.

[0012] Die Begriffe wie „erster“, „zweiter“ und „dritter“ in der vorliegenden Offenbarung werden lediglich zur Identifikation verwendet und sollen keine Reihenfolgen für die Elemente vorgeben, die von diesen Begriffen begleitet werden.

[0013] In der vorliegenden Offenbarung schließen die Ausdrücke „ein Objekt A ist in einem Objekt B gebildet“ und „ein Objekt A ist auf einem Objekt B gebildet“, sofern nicht anders angegeben, „ein Objekt A ist direkt in/auf einem Objekt B gebildet“ und „ein Objekt A ist in/auf einem Objekt B gebildet, wobei ein weiteres Objekt zwischen dem Objekt A und dem Objekt B eingefügt ist“ ein. In ähnlicher Weise schließen die Ausdrücke „ein Objekt A ist in einem Objekt B eingerichtet“ und „ein Objekt A ist auf einem Objekt B eingerichtet“, sofern nicht anders angegeben, „ein Objekt A ist direkt in/auf einem

Objekt B eingerichtet“ und „ein Objekt A ist in/auf einem Objekt B eingerichtet, wobei ein weiteres Objekt zwischen dem Objekt A und dem Objekt B eingefügt ist“ ein. In ähnlicher Weise schließt der Ausdruck „ein Objekt A befindet sich auf einem Objekt B“, sofern nicht anders angegeben, „ein Objekt A befindet sich auf einem Objekt B in Kontakt mit dem Objekt B“ und „ein Objekt A befindet sich auf einem Objekt B, wobei ein weiteres Objekt zwischen dem Objekt A und dem Objekt B eingefügt ist“ ein. Ferner schließt der Ausdruck „ein Objekt A überlappt sich in einer bestimmten Richtung betrachtet mit einem Objekt B“, sofern nicht anders angegeben, „ein Objekt A überlappt sich mit der Gesamtheit eines Objekts B“ und „ein Objekt A überlappt sich mit einem Abschnitt eines Objekts B“ ein. Ferner ist der Ausdruck „eine Ebene A ist (einer ersten Seite oder einer zweiten Seite) in einer Richtung B zugewandt“ nicht auf den Fall beschränkt, in dem der Winkel der Ebene A in Bezug auf Richtung B 90° beträgt, sondern schließt auch den Fall ein, in dem die Ebene A in Bezug auf die Richtung B geneigt ist.

[0014] Erste Ausführungsform: **Fig. 1** bis 20 zeigen eine Halbleitervorrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung. Eine Halbleitervorrichtung A1 der vorliegenden Ausführungsform weist eine Vielzahl von ersten Halbleiterelementen 10A auf, eine Vielzahl von zweiten Halbleiterelementen 10B, ein Hauptsubstrat 3, einen ersten Anschluss 41, einen zweiten Anschluss 42, eine Vielzahl von dritten Anschlüssen 43, einen vierten Anschluss 44, eine Vielzahl von Steueranschlüssen 45, ein erstes Untersubstrat 48A, ein zweites Untersubstrat 48B, ein erstes leitfähiges Bauteil 5, ein zweites leitfähiges Bauteil 6 und ein Versiegelungsharz 8.

[0015] **Fig. 1** ist eine perspektivische Ansicht, die die Halbleitervorrichtung A1 zeigt. **Fig. 2** ist eine perspektivische Teilansicht, die die Halbleitervorrichtung A1 zeigt. **Fig. 3** ist eine perspektivische Teilansicht, die die Halbleitervorrichtung A1 zeigt. **Fig. 4** ist eine Draufsicht, die die Halbleitervorrichtung A1 zeigt. **Fig. 5** ist eine Teildraufsicht, die die Halbleitervorrichtung A1 zeigt. **Fig. 6** ist eine Teilseitenansicht, die die Halbleitervorrichtung A1 zeigt. **Fig. 7** ist eine vergrößerte Teildraufsicht, die die Halbleitervorrichtung A1 zeigt. **Fig. 8** ist eine Teildraufsicht, die die Halbleitervorrichtung A1 zeigt. **Fig. 9** ist eine Teildraufsicht, die die Halbleitervorrichtung A1 zeigt. **Fig. 10** ist eine Seitenansicht, die die Halbleitervorrichtung A1 zeigt. **Fig. 11** ist eine Ansicht von unten, die die Halbleitervorrichtung A1 zeigt. **Fig. 12** ist eine Querschnittsansicht entlang der in **Fig. 5** gezeigten Linie XII-XII. **Fig. 13** ist eine teilweise vergrößerte Querschnittsansicht, die die Halbleitervorrichtung A1 zeigt. **Fig. 14** ist eine teilweise vergrößerte Querschnittsansicht, die die Halbleitervorrichtung A1 zeigt. **Fig. 15** ist eine Querschnittsansicht entlang der in **Fig. 5** gezeigten Linie XVIII-XVIII. **Fig. 16** ist

eine Querschnittsansicht entlang der in **Fig. 5** gezeigten Linie XX-XX. **Fig. 17** ist eine vergrößerte Teildraufsicht, die die Halbleitervorrichtung A1 zeigt. **Fig. 18** ist eine vergrößerte Teildraufsicht, die die Halbleitervorrichtung A1 zeigt. **Fig. 19** ist eine teilweise vergrößerte Querschnittsansicht entlang der in **Fig. 17** gezeigten Linie XIX-XIX. **Fig. 20** zeigt die Konfiguration eines Fahrzeugs gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung. In **Fig. 19** ist das Versiegelungsharz 8 für ein einfacheres Verständnis weggelassen.

[0016] Eine Dickenrichtung z in **Fig. 1** bis 20 ist eine Dickenrichtung in der vorliegenden Offenbarung. Eine erste Richtung x ist eine Richtung senkrecht zur Dickenrichtung z. Eine zweite Richtung y ist die Richtung senkrecht zur Dickenrichtung z und zur ersten Richtung x. Eine Seite in der ersten Richtung x wird als x1-Seite in der ersten Richtung x bezeichnet und die andere Seite in der ersten Richtung x als x2-Seite in der ersten Richtung x. Eine Seite in der zweiten Richtung y wird als y1-Seite in der zweiten Richtung y bezeichnet und die andere Seite in der zweiten Richtung y als y2-Seite in der zweiten Richtung y. Eine Seite in der Dickenrichtung z ist als z1-Seite in Dickenrichtung z bezeichnet und die andere Seite in der Dickenrichtung z als z2-Seite in der Dickenrichtung z.

[0017] Erste Halbleiterelemente 10A und zweite Halbleiterelemente 10B: Jedes von den ersten Halbleiterelementen 10A und den zweiten Halbleiterelementen 10B ist eine elektronische Komponente, die den funktionalen Kern der Halbleitervorrichtung A1 bildet. Die ersten Halbleiterelemente 10A und die zweiten Halbleiterelemente 10B sind aus einem Halbleitermaterial hergestellt, das zum Beispiel hauptsächlich Siliziumkarbid (SiC) enthält. Das Halbleitermaterial ist nicht auf Siliziumkarbid (SiC) beschränkt und kann Silizium (Si), Galliumnitrid (GaN) oder Diamant (C) sein. Jedes der ersten Halbleiterelemente 10A und der zweiten Halbleiterelemente 10B ist ein Leistungshalbleiterchip mit einer Schaltfunktion, wie zum Beispiel ein MOSFET (Metall-Oxid-Halbleiter-Feldeffekttransistor). Die ersten Halbleiterelemente 10A und die zweiten Halbleiterelemente 10B sind in der vorliegenden Ausführungsform MOSFETs, können in anderen Beispielen jedoch auch andere Transistoren wie IGBTs (Bipolartransistoren mit isoliertem Gate) sein. Die ersten Halbleiterelemente 10A und die zweiten Halbleiterelemente 10B können unterschiedliche Konfigurationen oder die gleiche Konfiguration aufweisen. In der folgenden Beschreibung sind die ersten Halbleiterelemente 10A und die zweiten Halbleiterelemente 10B identisch miteinander. Die ersten Halbleiterelemente 10A und die zweiten Halbleiterelemente 10B sind n-Kanal-MOSFETs, können aber stattdessen auch p-Kanal-MOSFETs sein.

[0018] Wie in **Fig. 13** und 14 gezeigt, weist jedes der ersten Halbleiterelemente 10A und der zweiten Halbleiterelemente 10B eine Element-Vorderseite 101 und eine Element-Rückseite 102 auf. Bei jedem der ersten Halbleiterelemente 10A und der zweiten Halbleiterelemente 10B sind die Element-Vorderseite 101 und die Element-Rückseite 102 in Dickenrichtung z voneinander beabstandet. Die Element-Vorderseite 101 ist in Dickenrichtung z der z1-Seite zugewandt, und die Element-Rückseite 102 ist in Dickenrichtung z der z2-Seite zugewandt.

[0019] Die Anzahl der ersten Halbleiterelemente 10A und die Anzahl der zweiten Halbleiterelemente 10B werden gemäß der erforderlichen Leistungsfähigkeit, wie die Kapazität des durch die Halbleitervorrichtung A1 gehandhabten Stroms, geändert. In der vorliegenden Ausführungsform sind vier erste Halbleiterelemente 10A und vier zweite Halbleiterelemente 10B wie in **Fig. 8** und 9 gezeigt angeordnet. Die Anzahl der ersten Halbleiterelemente 10A und die Anzahl der zweiten Halbleiterelemente 10B können zwei oder drei oder fünf oder mehr betragen. Die Anzahl der ersten Halbleiterelemente 10A kann gleich oder verschieden von der Anzahl der zweiten Halbleiterelemente 10B sein.

[0020] Die Halbleitervorrichtung A1 ist zum Beispiel als Halbbrückenschaltkreis konfiguriert. In diesem Fall bilden die ersten Halbleiterelemente 10A eine Schaltung des oberen Zweigs der Halbleitervorrichtung A1, und die zweiten Halbleiterelemente 10B bilden eine Schaltung des unteren Zweigs. In der Schaltung des oberen Zweigs sind die ersten Halbleiterelemente 10A parallel geschaltet. In der Schaltung des unteren Zweigs sind die zweiten Halbleiterelemente 10B ebenfalls parallel geschaltet. Jedes erste Halbleiterelement 10A ist in Reihe mit einem zweiten Halbleiterelement 10B geschaltet, um eine Brückenschicht zu bilden.

[0021] Wie insbesondere in **Fig. 8, 9** und 16 gezeigt, sind die ersten Halbleiterelemente 10A auf einem später beschriebenen ersten leitfähigen Abschnitt 32A des Hauptsubstrats 3 montiert. In dem in **Fig. 8** und 9 gezeigten Beispiel sind die ersten Halbleiterelemente 10A in der zweiten Richtung y ausgerichtet und sind voneinander beabstandet. Jedes der ersten Halbleiterelemente 10A ist über ein erstes leitfähiges Bondingbauteil 19A elektrisch an den ersten leitfähigen Abschnitt 32A gebondet. Die Element-Rückseite 102 jedes ersten Halbleiterelements 10A ist dem ersten leitfähigen Abschnitt 32A zugewandt.

[0022] Wie insbesondere in **Fig. 8, 9** und 15 gezeigt, sind die zweiten Halbleiterelemente 10B auf einem unten beschriebenen zweiten leitfähigen Abschnitt 32B des Hauptsubstrats 3 montiert. In dem in **Fig. 8** und 9 gezeigten Beispiel sind die zweiten Halbleiterelemente 10B in der zweiten Richtung y ausgerichtet

tet und sind voneinander beabstandet. Jedes der zweiten Halbleiterelemente 10B ist über ein zweites leitfähiges Bondingbauteil 19B elektrisch an den zweiten leitfähigen Abschnitt 32B gebondet. Die Element-Rückseite 102 jedes zweiten Halbleiterelements 10B ist dem zweiten leitfähigen Abschnitt 32B zugewandt. Wie aus **Fig. 9** ersichtlich ist, überlappen die ersten Halbleiterelemente 10A und die zweiten Halbleiterelemente 10B einander in der ersten Richtung x betrachtet, aber diese Überlappung ist nicht notwendig.

[0023] Jedes der ersten Halbleiterelemente 10A und der zweiten Halbleiterelemente 10B weist eine erste Vorderseitelektrode 11 auf, eine zweite Vorderseitelektrode 12, eine dritte Vorderseitelektrode 13 und eine Rückseitelektrode 15. Die nachstehend angegebene Beschreibung der Konfigurationen der ersten Vorderseitelektrode 11, der zweiten Vorderseitelektrode 12, der dritten Vorderseitelektrode 13 und der Rückseitelektrode 15 gilt allgemein für alle ersten Halbleiterelemente 10A und zweiten Halbleiterelemente 10B. Die erste Vorderseitelektrode 11, die zweite Vorderseitelektrode 12 und die dritte Vorderseitelektrode 13 sind auf der Element-Vorderseite 101 eingerichtet. Die erste Vorderseitelektrode 11, die zweite Vorderseitelektrode 12 und die dritte Vorderseitelektrode 13 sind durch einen nicht dargestellten Isolierfilm isoliert. Die Rückseitelektrode 15 ist auf der Element-Rückseite 102 eingerichtet.

[0024] Die erste Vorderseitelektrode 11 ist zum Beispiel eine Gate-Elektrode und empfängt ein Ansteuersignal (z.B. Gate-Spannung), das eingegeben wird, um das erste Halbleiterelement 10A (das zweite Halbleiterelement 10B) anzusteuern. Die zweite Vorderseitelektrode 12 des ersten Halbleiterelements 10A (des zweiten Halbleiterelements 10B) ist zum Beispiel eine Source-Elektrode und leitet einen Source-Strom. Die dritte Vorderseitelektrode 13 ist zum Beispiel eine Source-Erfassungselektrode und leitet den Source-Strom. Die Rückseitelektrode 15 ist zum Beispiel eine Drain-Elektrode und leitet einen Drain-Strom. Die Rückseitelektrode 15 bedeckt im Wesentlichen die Gesamtheit der Element-Rückseite 102. Die Rückseitelektrode 15 wird zum Beispiel durch Plattieren mit Silber (Ag) ausgebildet.

[0025] Jedes erste Halbleiterelement 10A (jedes zweite Halbleiterelement 10B) wechselt zwischen einem leitenden Zustand und einem nicht-leitenden Zustand als Reaktion auf ein Ansteuersignal (Gate-Spannung), das in die erste Vorderseitelektrode 11 (die Gate-Elektrode) eingegeben wird. Im leitenden Zustand fließt ein Strom von der Rückseitelektrode 15 (der Drain-Elektrode) zu der zweiten Vorderseitelektrode 12 (der Source-Elektrode). Im nicht-leitenden Zustand fließt kein Strom. Kurz gesagt,

führt jedes erste Halbleiterelement 10A (jedes zweite Halbleiterelement 10B) einen Schaltvorgang durch. Mit den Schaltfunktionen der ersten Halbleiterelemente 10A und der zweiten Halbleiterelemente 10B wandelt die Halbleitervorrichtung A1 zum Beispiel die zwischen dem vierten Anschluss 44 und jedem von dem ersten Anschluss 41 und dem zweiten Anschluss 42 eingegebene Gleichspannung in Wechselfeldspannung um und gibt die Wechselfeldspannung aus den dritten Anschlüssen 43 aus.

[0026] Hauptsubstrat 3: Das Hauptsubstrat 3 trägt die ersten Halbleiterelemente 10A und die zweiten Halbleiterelemente 10B. Die spezifische Konfiguration des Hauptsubstrats 3 ist nicht besonders beschränkt. Zum Beispiel kann das Hauptsubstrat 3 ein Direct-Bonded-Copper-Substrat (DBC-Substrat) oder ein Aktivmetalllötsubstrat (AMB-Substrat) sein. Das Hauptsubstrat 3 weist eine Isolierschicht 31, eine erste Metallschicht 32 und eine zweite Hauptmetallschicht 33 auf. Die erste Hauptmetallschicht 32 weist den ersten leitfähigen Abschnitt 32A und den zweiten leitfähigen Abschnitt 32B auf. Die Abmessung des Hauptsubstrats 3 in Dickenrichtung z ist nicht besonders beschränkt und kann zum Beispiel mindestens 0,4 mm und höchstens 3,0 mm betragen. Im veranschaulichten Beispiel ist die erste Hauptmetallschicht 32 eine einzelne Schicht und weist keine Plattierungsschicht oder dergleichen auf.

[0027] Das konstituierende Material der Hauptisolierschicht 31 kann Keramik mit ausgezeichneter Wärmeleitfähigkeit aufweisen. Beispiele für ein solches Keramikmaterial schließen Siliziumnitrid (SiN) ein. Das konstituierende Material der Hauptisolierschicht 31 ist nicht auf Keramik beschränkt und kann zum Beispiel eine isolierende Harzplatte sein. Die Hauptisolierschicht 31 ist in Draufsicht zum Beispiel rechteckig. Die Abmessung der Hauptisolierschicht 31 in Dickenrichtung z ist nicht besonders beschränkt und kann zum Beispiel mindestens 0,05 mm und höchstens 1,0 mm betragen.

[0028] Wie in **Fig. 8, 9 und 12** gezeigt, trägt der erste leitfähige Abschnitt 32A die ersten Halbleiterelemente 10A, und der zweite leitfähige Abschnitt 32B trägt die zweiten Halbleiterelemente 10B. Der erste leitfähige Abschnitt 32A und der zweite leitfähige Abschnitt 32B sind auf der oberen Oberfläche (der Oberfläche, die in der Dickenrichtung z der z1-Seite zugewandt ist) der Hauptisolierschicht 31 ausgebildet. Das konstituierende Material jedes von dem ersten leitfähigen Abschnitt 32A und dem zweiten leitfähigen Abschnitt 32B enthält zum Beispiel Kupfer (Cu). Das konstituierende Material kann zum Beispiel Aluminium (Al) statt Kupfer (Cu) enthalten. Der erste leitfähige Abschnitt 32A und der zweite leitfähige Abschnitt 32B sind in der ersten Richtung x voneinander beabstandet. Der erste leitfähige Abschnitt

32A befindet sich von dem zweiten leitfähigen Abschnitt 32B in der ersten Richtung x auf der x1-Seite. Jedes von dem ersten leitfähigen Abschnitt 32A und dem zweiten leitfähigen Abschnitt 32B ist in Draufsicht zum Beispiel rechteckig. Der erste leitfähige Abschnitt 32A und der zweite leitfähige Abschnitt 32B bilden zusammen mit dem ersten leitfähigen Bauteil 5 und dem zweiten leitfähigen Bauteil 6 den Pfad des Hauptschaltungsstroms, der von den ersten Halbleiterelementen 10A und den zweiten Halbleiterelementen 10B geschaltet wird.

[0029] Der erste leitfähige Abschnitt 32A weist eine erste vorderseitige Oberfläche 301A auf. Die erste vorderseitige Oberfläche 301A ist eine flache Oberfläche, die in Dickenrichtung z der z1-Seite zugewandt ist. Jedes der ersten Halbleiterelemente 10A ist über ein erstes leitfähiges Bondingbauteil 19A an die erste vorderseitige Oberfläche 301A des ersten leitfähigen Abschnitts 32A gebondet. Der zweite leitfähige Abschnitt 32B weist eine zweite vorderseitige Oberfläche 301B auf. Die zweite vorderseitige Oberfläche 301B ist eine flache Oberfläche, die in Dickenrichtung z der z1-Seite zugewandt ist. Jedes der zweiten Halbleiterelemente 10B ist über das leitfähige Bondingbauteil 19B an die zweite vorderseitige Oberfläche 301B des zweiten leitfähigen Abschnitts 32B gebondet. Das konstituierende Material jedes von den ersten leitfähigen Bondingbauteilen 19A und den zweiten leitfähigen Bondingbauteilen 19B ist nicht besonders beschränkt und Beispiele schließen Lötmetalle, Metallpaste, die ein Metall wie Silber (Ag) enthält, oder ein gesintertes Metall, das ein Metall wie Silber (Ag) enthält, ein. Die Abmessung jedes von dem ersten leitfähigen Abschnitt 32A und dem zweiten leitfähigen Abschnitt 32B in Dickenrichtung z ist nicht besonders beschränkt und kann zum Beispiel mindestens 0,1 mm und höchstens 1,5 mm betragen.

[0030] Die zweite Hauptmetallschicht 33 ist auf der unteren Oberfläche (der Oberfläche, die in Dickenrichtung z der z2-Seite zugewandt ist) der Hauptisolierschicht 31 ausgebildet. Das konstituierende Material der zweiten Hauptmetallschicht 33 ist zum Beispiel das gleiche wie das der ersten Hauptmetallschicht 32. Die zweite Hauptmetallschicht 33 weist eine rückseitige Oberfläche 302 auf. Die rückseitige Oberfläche 302 ist eine flache Oberfläche, die in Dickenrichtung z der z1-Seite zugewandt ist. In dem in **Fig. 11** gezeigten Beispiel ist die rückseitige Oberfläche 302 zum Beispiel von dem Versiegelungsharz 8 freiliegend. An der rückseitigen Oberfläche 302 kann ein Wärmeableitungsbauteil (z. B. ein Kühlkörper) angebracht sein, was in den Figuren nicht gezeigt ist. In einem anderen Beispiel kann die rückseitige Oberfläche 302 von dem Versiegelungsharz 8 nicht freiliegen und kann mit dem Versiegelungsharz 8 bedeckt sein. In Draufsicht überlappt sich die zweite Hauptmetallschicht 33 sowohl mit dem ersten

leitfähigen Abschnitt 32A als auch mit dem zweiten leitfähigen Abschnitt 32B.

[0031] Erster Anschluss 41, zweiter Anschluss 42, dritter Anschluss 43 und vierter Anschluss 44: Die spezifische Konfiguration jedes von dem ersten Anschluss 41, dem zweiten Anschluss 42, den dritten Anschlüssen 43 und dem vierten Anschluss 44 ist nicht besonders beschränkt. In der vorliegenden Ausführungsform kann jeder dieser Anschlüsse aus einer Metallplatte hergestellt sein. Die Metallplatte kann zum Beispiel Kupfer (Cu) oder eine Kupferlegierung (Cu) enthalten. In dem in **Fig. 1 bis 6, 8, 9 und 11** gezeigten Beispiel weist die Halbleitervorrichtung A1 einen ersten Anschluss 41, einen zweiten Anschluss 42, einen vierten Anschluss 44 und zwei dritte Anschlüsse 43 auf, aber die jeweiligen Anzahlen dieser Anschlüsse sind nicht besonders eingeschränkt.

[0032] Der erste Anschluss 41, der zweite Anschluss 42 und der vierte Anschluss 44 sind Eingangsanschlüsse für die umzuwandelnde Gleichspannung. Der vierte Anschluss 44 kann eine positive Elektrode (P-Anschluss) sein, und der erste Anschluss 41 und der zweite Anschluss 42 können negative Elektroden (N-Anschlüsse) sein. Die dritten Anschlüsse 43 sind Ausgangsanschlüsse aus den von den ersten Halbleiterelementen 10A und den zweiten Halbleiterelementen 10B resultierenden Leistungsumwandlung. Jeder von dem ersten Anschluss 41, dem zweiten Anschluss 42, den dritten Anschlüssen 43 und dem vierten Anschluss 44 weist einen mit dem Versiegelungsharz 8 bedeckten Abschnitt und einen von dem Versiegelungsharz 8 freiliegenden Abschnitt auf.

[0033] Wie in **Fig. 12** gezeigt, ist der vierte Anschluss 44 elektrisch an den ersten leitfähigen Abschnitt 32A gebondet. Das Verfahren zum elektrischen Bonden ist nicht besonders beschränkt und kann je nach Bedarf Ultraschallbonden, Laserbonden, Schweißen oder Verbinden mit Lötmetalle, Metallpaste oder gesintertem Silber sein, wie angemessen. Der vierte Anschluss 44 kann eine Konfiguration aufweisen, die integral mit dem ersten leitfähigen Abschnitt 32A ausgebildet ist. Wie insbesondere in **Fig. 8 und 9** gezeigt, befindet sich der vierte Anschluss 44 in der ersten Richtung x von den ersten Halbleiterelementen 10A und dem ersten leitfähigen Abschnitt 32A aus auf der x1-Seite. Der vierte Anschluss 44 ist elektrisch mit dem ersten leitfähigen Abschnitt 32A und auch über der erste leitfähige Abschnitt 32A mit den Rückseitenelektroden 15 (den Drain-Elektroden) der ersten Halbleiterelemente 10A verbunden.

[0034] Wie in **Fig. 5** gezeigt, sind der erste Anschluss 41 und der zweite Anschluss 42 elektrisch an dem zweiten leitfähigen Bauteil 6 gebondet. Das

Verfahren zum elektrischen Bonden ist nicht besonders beschränkt und kann je nach Bedarf Ultraschallbonden, Laserbonden, Schweißen oder Verbinden mit Lötmedium, Metallpaste oder gesintertem Silber sein, wie angemessen. Sowohl der erste Anschluss 41 als auch der zweite Anschluss 42 können eine Konfiguration aufweisen, die integral mit dem zweiten leitfähigen Bauteil 6 ausgebildet ist. Wie insbesondere in **Fig. 5** und **8** gezeigt, befinden sich der erste Anschluss 41 und der zweite Anschluss 42 in der ersten Richtung x von den ersten Halbleiterelementen 10A und dem ersten leitfähigen Abschnitt 32A aus auf der x1-Seite. Der erste Anschluss 41 und der zweite Anschluss 42 sind elektrisch mit dem zweiten leitfähigen Bauteil 6 verbunden und auch über das zweite leitfähige Bauteil 6 mit den zweiten Vorderseitenelektroden 12 (den Source-Elektroden) der jeweiligen zweiten Halbleiterelemente 10B verbunden.

[0035] Wie in **Fig. 1** bis **5** und insbesondere **11** gezeigt, stehen der erste Anschluss 41, der zweite Anschluss 42 und der vierte Anschluss 44 der Halbleitervorrichtung A1 in der ersten Richtung x zur x1-Seite hin aus dem Versiegelungsharz 8 hervor. Der erste Anschluss 41, der zweite Anschluss 42 und der vierte Anschluss 44 sind voneinander beabstandet. Der erste Anschluss 41 und der zweite Anschluss 42 liegen einander in der zweiten Richtung y über den vierten Anschluss 44 hinweg gegenüber. Der erste Anschluss 41 befindet sich vom vierten Anschluss 44 aus in der zweiten Richtung y auf der y1-Seite, und der zweite Anschluss 42 befindet sich vom vierten Anschluss 44 aus in der zweiten Richtung y auf der y2-Seite. Der erste Anschluss 41, der zweite Anschluss 42 und der vierte Anschluss 44 überlappen einander in der zweiten Richtung y betrachtet.

[0036] Wie aus **Fig. 8, 9** und **12** ersichtlich, sind die beiden dritten Anschlüsse 43 elektrisch an den zweiten leitfähigen Abschnitt 32B gebondet. Das Verfahren zum elektrischen Bonden ist nicht besonders beschränkt und kann je nach Bedarf Ultraschallbonden, Laserbonden, Schweißen oder Verbinden mit Lötmedium, Metallpaste oder gesintertem Silber sein, wie angemessen. Wie insbesondere in **Fig. 8** gezeigt, befinden sich die zwei dritten Anschlüsse 43 in der ersten Richtung x von den zweiten Halbleiterelementen 10B und dem zweiten leitfähigen Abschnitt 32B aus auf der x2-Seite. Die dritten Anschlüsse 43 sind elektrisch mit dem zweiten leitfähigen Abschnitt 32B und auch über den zweiten leitfähigen Abschnitt 32B mit den Rückseitenelektroden 15 (den Drain-Elektroden) der zweiten Halbleiterelemente 10B verbunden. Es wird bemerkt, dass die Anzahl der dritten Anschlüsse 43 nicht auf zwei beschränkt ist und eins oder drei oder mehr betragen kann. Falls ein dritter Anschluss 43 bereitgestellt wird, ist der dritte Anschluss 43 vorzugsweise mit

dem zentralen Abschnitt des zweiten leitfähigen Abschnitts 32B in der zweiten Richtung y verbunden.

[0037] Erstes Untersubstrat 48A und zweites Untersubstrat 48B: Das erste Untersubstrat 48A und das zweite Untersubstrat 48B tragen die Steueranschlüsse 45. Das erste Untersubstrat 48A und das zweite Untersubstrat 48B befinden sich in der Dickenrichtung z zwischen der ersten und zweiten vorderseitigen Oberfläche 301A und 301B und den Steueranschlüssen 45. Das erste Untersubstrat 48A und das zweite Untersubstrat 48B können unterschiedliche Konfigurationen oder die gleiche Konfiguration aufweisen. Das erste Untersubstrat 48A ist auf dem ersten leitfähigen Abschnitt 32A eingerichtet. Das zweite Untersubstrat 48B ist auf dem zweiten leitfähigen Abschnitt 32B eingerichtet. In der vorliegenden Ausführungsform weisen das erste Untersubstrat 48A und das zweite Untersubstrat 48B dieselbe Konfiguration auf, wobei eines von ihnen in Dickenrichtung z betrachtet um 180° gegenüber dem anderen gedreht ist.

[0038] Die spezifische Konfiguration des ersten Untersubstrats 48A und des zweiten Untersubstrats 48B ist nicht besonders beschränkt. Spezifische Beispiele der Konfiguration des ersten Untersubstrats 48A und des zweiten Untersubstrats 48B schließen ein isoliertes Metallsubstrat (IMS-Substrat) und ein Glas-Epoxidharz-Substrat ein. In der vorliegenden Ausführungsform sind das erste Untersubstrat 48A und das zweite Untersubstrat 48B IMS-Substrate. Sowohl das erste Untersubstrat 48A als auch das zweite Untersubstrat 48B schließen einen Stapel aus einer Unterisolierschicht 481, einer ersten Untermetallschicht 482 und einer zweiten Untermetallschicht 483 ein.

[0039] Die Unterisolierschicht 481 ist zum Beispiel aus einem Keramikmaterial hergestellt. Die Unterisolierschicht 481 ist in Draufsicht zum Beispiel rechteckig. Die Dicke der Unterisolierschicht 481 ist nicht besonders beschränkt und kann zum Beispiel mindestens 0,05 mm und höchstens 1,0 mm betragen.

[0040] Wie in **Fig. 19** gezeigt, ist die zweite Metallschicht 482 auf der unteren Oberfläche (der Oberfläche, die in Dickenrichtung z zur z2-Seite gewandt ist) der Isolierschicht 481 ausgebildet. Die erste Metallschicht 482 kann zum Beispiel Kupfer (Cu) oder eine Kupfer-Legierung (Cu-Legierung) enthalten. Die konkrete Konfiguration der ersten Untermetallschicht 482 ist nicht besonders beschränkt. In der vorliegenden Ausführungsform weist die erste Untermetallschicht 482 eine Basisschicht 4820 und eine Oberflächenmetallschicht 4829 auf. Die Basisschicht 4820 steht in Kontakt mit der Unterisolierschicht 481. Die Basisschicht 4820 kann zum Beispiel Kupfer (Cu) oder eine Kupferlegierung (Cu) enthalten. Die Dicke der Basisschicht 4820 ist nicht besonders

beschränkt und kann zum Beispiel mindestens 0,035 mm und höchstens 2,0 mm betragen. Die Oberflächenmetallschicht 4829 ist auf der Oberfläche der Basisschicht 4820 gegenüber der Unterisolierschicht 481 ausgebildet. Die Oberflächenmetallschicht 4829 enthält ein anderes Metall als das Konstituierende Material der Basisschicht 4820 und kann Nickel (Ni) enthalten. Die Oberflächenmetallschicht 4829 kann durch einen Stapel einer Vielzahl von Metallschichten konfiguriert sein. Die Dicke der Oberflächenmetallschicht 4829 ist nicht besonders beschränkt und kann zum Beispiel mindestens 1 µm und höchstens 10 µm betragen.

[0041] Wie in Fig. 17 und 18 gezeigt, weist die erste Untermetallschicht 482 eine Vielzahl von Regionen 482A, 482B, 482C, 482D, 482E und 482F auf. Die Vielzahl von Regionen 482A, 482B, 482C, 482D, 482E und 482F sind voneinander beabstandet und isoliert.

[0042] Die Region 482A weist einen Verbindungsabschnitt 4821A und einen Anschlussabschnitt 4822A auf. Im ersten Untersubstrat 48A befindet sich der Verbindungsabschnitt 4821A auf der x2-Seite in der ersten Richtung x und der Anschlussabschnitt 4822A befindet sich auf der x1-Seite in der ersten Richtung x. Im zweiten Untersubstrat 48B befindet sich der Verbindungsabschnitt 4821A auf der x1-Seite in der ersten Richtung x und der Anschlussabschnitt 4822A befindet sich auf der x2-Seite in der ersten Richtung x. Der Verbindungsabschnitt 4821A ist in der zweiten Richtung y verlängert. Der Anschlussabschnitt 4822A weist eine im Wesentlichen kreisförmige Form auf.

[0043] Eine Vielzahl von Drähten 71 sind an den ersten Verbindungsabschnitt 4821A gebondet. In der vorliegenden Ausführungsform sind die Drähte 71 an die Oberflächenmetallschicht 4829 des Verbindungsabschnitts 4821A gebondet. Das konstituierende Material der Drähte 71 ist nicht besonders beschränkt und kann Aluminium (Al) oder eine Aluminiumlegierung (Al) aufweisen. Die Region 482A ist über die Drähte 71 elektrisch mit den ersten Vorderseitenelektroden 11 (den Gate-Elektroden) der ersten Halbleiterelemente 10A (der zweiten Halbleiterelemente 10B) verbunden.

[0044] Die Region 482B weist einen Verbindungsabschnitt 4821B und einen Anschlussabschnitt 4822B auf. Im ersten Untersubstrat 48A befindet sich der Verbindungsabschnitt 4821B auf der x2-Seite in der ersten Richtung x und der Anschlussabschnitt 4822B befindet sich auf der x1-Seite in der ersten Richtung x. Im zweiten Untersubstrat 48B befindet sich der Verbindungsabschnitt 4821B auf der x1-Seite in der ersten Richtung x und der Anschlussabschnitt 4822B befindet sich auf der x2-Seite in der ersten Richtung x. Im ersten Untersubstrat

48A befindet sich die Region 482B auf der x1-Seite in der ersten Richtung x vom Verbindungsabschnitt 4821A. Im zweiten Untersubstrat 48B befindet sich die Region 482B auf der x2-Seite in der ersten Richtung x vom Verbindungsabschnitt 4821A. Der Verbindungsabschnitt 4821B ist in der zweiten Richtung y verlängert. Der Anschlussabschnitt 4822B weist eine im Wesentlichen kreisförmige Form auf. Im ersten Untersubstrat 48A befindet sich der Anschlussabschnitt 4822B auf der y2-Seite in der zweiten Richtung y vom Anschlussabschnitt 4822A. Im zweiten Untersubstrat 48B befindet sich der Anschlussabschnitt 4822B auf der y1-Seite in der zweiten Richtung y vom Anschlussabschnitt 4822A.

[0045] Eine Vielzahl von Drähten 72 ist an den zweiten Verbindungsabschnitt 4821B gebondet. In der vorliegenden Ausführungsform sind die Drähte 72 an die Oberflächenmetallschicht 4829 des Verbindungsabschnitts 4821B gebondet. Das konstituierende Material der Drähte 72 ist nicht besonders beschränkt und kann Aluminium (Al) oder eine Aluminiumlegierung (Al) enthalten. Die Region 482B ist über die Drähte 72 elektrisch mit den dritten Vorderseitenelektroden 13 (den Source-Erfassungselektroden) der ersten Halbleiterelemente 10A (der zweiten Halbleiterelemente 10B) verbunden.

[0046] Die Region 482C weist einen Verbindungsabschnitt 4821C und einen Anschlussabschnitt 4822C auf. Im ersten Untersubstrat 48A befindet sich der Verbindungsabschnitt 4821C auf der y2-Seite in der zweiten Richtung y und der Anschlussabschnitt 4822C befindet sich auf der y1-Seite in der zweiten Richtung y. Im zweiten Untersubstrat 48B befindet sich der Verbindungsabschnitt 4821C auf der y1-Seite in der zweiten Richtung y und der Anschlussabschnitt 4822C befindet sich auf der y2-Seite in der zweiten Richtung y. Der Verbindungsabschnitt 4821C hat eine gebogene Form, die sich in die zweite Richtung y erstreckt. Der Anschlussabschnitt 4822C weist eine im Wesentlichen kreisförmige Form auf. Im ersten Untersubstrat 48A befindet sich der Anschlussabschnitt 4822C vom Verbindungsabschnitt 4821A aus auf der x1-Seite in der ersten Richtung x und vom Anschlussabschnitt 4822B auf der y2-Seite in der zweiten Richtung y. Im zweiten Untersubstrat 48B befindet sich der Verbindungsabschnitt 4821C auf der x2-Seite in der ersten Richtung x vom Verbindungsabschnitt 4821A und der Anschlussabschnitt 4822C befindet sich auf der y1-Seite in der zweiten Richtung y vom Anschlussabschnitt 4822B.

[0047] Die Region 482D weist einen Verbindungsabschnitt 4821D und einen Anschlussabschnitt 4822D auf. Im ersten Untersubstrat 48A befindet sich der Verbindungsabschnitt 4821D auf der y2-Seite in der zweiten Richtung y und der Anschlussabschnitt 4822D befindet sich auf der y1-Seite in der

zweiten Richtung y. Der Verbindungsabschnitt 4821D weist zum Beispiel eine rechteckige Form auf, und der Anschlussabschnitt 4822D weist zum Beispiel eine im Wesentlichen kreisförmige Form auf. Im ersten Untersubstrat 48A befindet sich der Verbindungsabschnitt 4821D auf der x1-Seite in der ersten Richtung x vom Verbindungsabschnitt 4821C. Im zweiten Untersubstrat 48B befindet sich der Verbindungsabschnitt 4821D auf der x2-Seite in der ersten Richtung x vom Verbindungsabschnitt 4821C. Im ersten Untersubstrat 48A befindet sich der Anschlussabschnitt 4822D auf der y2-Seite in der zweiten Richtung y vom Anschlussabschnitt 4822C. Im ersten Untersubstrat 48A befindet sich der Anschlussabschnitt 4822D auf der y2-Seite in der zweiten Richtung y vom Anschlussabschnitt 4822C.

[0048] Im ersten Untersubstrat 48A befindet sich die Region 482E auf der y2-Seite in der zweiten Richtung y vom Verbindungsabschnitt 4821A und auf der x2-Seite in der ersten Richtung x vom Verbindungsabschnitt 4821C. Im zweiten Untersubstrat 48B befindet sich die Region 482E auf der y1-Seite in der zweiten Richtung y vom Verbindungsabschnitt 4821A und auf der x1-Seite in der ersten Richtung x vom Verbindungsabschnitt 4821C. Die Region 482E ist in der zweiten Richtung y verlängert.

[0049] Die Region 482E entspricht der „ersten Region“ in der vorliegenden Offenbarung. Die Region 482D entspricht der „zweiten Region“ in der vorliegenden Offenbarung. Die Region 482C entspricht der „dritten Region“ in der vorliegenden Offenbarung. Mit anderen Worten befindet sich die Region 482C in der ersten Richtung x zwischen der Region 482E und der Region 482D.

[0050] Die Regionen 482F sind in der zweiten Richtung y abwechselnd mit dem Anschlussabschnitt 4822A, dem Anschlussabschnitt 4822B, dem Anschlussabschnitt 4822C und dem Anschlussabschnitt 4822D angeordnet. Die Form jeder Region 482F ist nicht besonders beschränkt und kann zum Beispiel rechteckig oder kreisförmig sein. Im veranschaulichten Beispiel hat jede Region 482F eine rechteckige Form.

[0051] Wie in **Fig. 13, 14** und insbesondere **19** gezeigt, ist die zweite Metallschicht 483 auf der unteren Oberfläche (der Oberfläche auf der z2-Seite in Dickenrichtung z) der Unterisolierschicht 481 ausgebildet. Das konstituierende Material der zweiten Untermetallschicht 483 kann zum Beispiel Kupfer (Cu) oder eine Kupferlegierung (Cu) enthalten. Die Dicke der zweiten Untermetallschicht 483 ist nicht besonders beschränkt und kann zum Beispiel mindestens 0,035 mm und höchstens 3,0 mm betragen.

[0052] Die zweite Untermetallschicht 483 des ersten Untersubstrats 48A ist elektrisch an den ersten leit-

fähigen Abschnitt 32A gebondet. Die zweite Untermetallschicht 483 des zweiten Untersubstrats 48B ist elektrisch an den zweiten leitfähigen Abschnitt 32B gebondet. Das Verfahren zum elektrischen Bonden einer zweiten Untermetallschicht 483 an den ersten leitfähigen Abschnitt 32A oder den zweiten leitfähigen Abschnitt 32B ist nicht besonders beschränkt. Das Verfahren zum elektrischen Bonden kann das Bonden an ein leitfähiges Verbindungsbauteil, Laserbonden, Ultraschallbonden oder Festphasenbonden sein. In der vorliegenden Ausführungsform ist die zweite Untermetallschicht 483 jedes von dem ersten Untersubstrat 48A und dem zweiten Untersubstrat 48B über ein leitfähiges Bondingbauteil 49 elektrisch an den ersten leitfähigen Abschnitt 32A oder den zweiten leitfähigen Abschnitt 32B gebondet, wie in **Fig. 19** gezeigt. Das leitfähige Bondingbauteil 49 kann zum Beispiel Lötmedium sein.

[0053] Wie in **Fig. 17 bis 19** gezeigt, weist sowohl das erste Untersubstrat 48A als auch das zweite Untersubstrat 48B einen verbindenden leitfähigen Abschnitt 485 auf. Der verbindende leitfähige Abschnitt 485 verbindet die Region 482E und die zweite Untermetallschicht 483 elektrisch. Die spezifische Konfiguration des verbindenden leitfähigen Abschnitts 485 ist nicht besonders beschränkt. Im veranschaulichten Beispiel ist der verbindende leitfähige Abschnitt 485 mit einem leitfähigen Bauteil konfiguriert, das durch die Unterisolierschicht 481 in der Dickenrichtung z hindurchreicht. Ein solcher verbindender leitfähiger Abschnitt 485 kann ein Plattierungsbauteil enthalten, das zum Beispiel Kupfer (Cu) oder Lötmedium enthält. Im dargestellten Beispiel reicht der verbindende leitfähige Abschnitt 485 durch die Unterisolierschicht 481 und die Region 482E hindurch.

[0054] Wie in **Fig. 17** gezeigt, ist ein Draht 73 mit der Region 482E und dem Verbindungsabschnitt 4821D im ersten Untersubstrat 48A verbunden. In der vorliegenden Ausführungsform ist der Draht 73 an die Oberflächenmetallschichten 4829 der Region 482E bzw. des Verbindungsabschnitts 4821D gebondet. Das konstituierende Material des Drahts 73 ist nicht besonders beschränkt und kann Aluminium (Al) oder eine Aluminiumlegierung (Al) enthalten. Infolgedessen ist die Region 482D elektrisch mit dem ersten leitfähigen Abschnitt 32A verbunden.

[0055] Wie in **Fig. 18** gezeigt, ist ein Thermistor 17 mit dem Verbindungsabschnitt 4821C und dem Verbindungsabschnitt 4821D im zweiten Untersubstrat 48B verbunden. Der Thermistor 17 wird als Temperaturdetektionssensor verwendet. Es wird bemerkt, dass die Halbleitervorrichtung A1 zum Beispiel zusätzlich zum Thermistor 17 eine Temperaturerfassungsdioden aufweisen kann oder auch keinen Thermistor 17 aufweisen muss.

[0056] Die Drähte 71, die Drähte 72 und der Draht 73 sind nicht mit der ersten Hauptmetallschicht 32 verbunden. Mit anderen Worten ist die erste Hauptmetallschicht 32 von den Drähten 71, 72 und 73 beabstandet.

[0057] Steueranschlüsse 45: Die Steueranschlüsse 45 werden zum Steuern der ersten Halbleiterelemente 10A und der zweiten Halbleiterelemente 10B verwendet. Die Steueranschlüsse 45 schließen eine Vielzahl von Steueranschlüssen 46A, 46B und 46E und eine Vielzahl von Steueranschlüssen 47A bis 47D ein. Die Steueranschlüsse 46A, 46B und 46E werden zum Beispiel zum Steuern der ersten Halbleiterelemente 10A verwendet. Die Steueranschlüsse 47A bis 47D werden zum Beispiel zum Steuern der zweiten Halbleiterelemente 10B verwendet.

[0058] Die Steueranschlüsse 46A, 46B und 46E sind in der zweiten Richtung y voneinander beabstandet. Wie in **Fig. 2, 3, 5, 6, 8** und insbesondere **17** gezeigt, werden die Steueranschlüsse 46A, 46B und 46E über das erste Untersubstrat 48A durch den ersten leitfähigen Abschnitt 32A getragen. Wie in **Fig. 5** gezeigt, befinden sich die Steueranschlüsse 46A, 46B und 46E in der ersten Richtung x zwischen den ersten Halbleiterelementen 10A und den ersten, zweiten und vierten Anschlüssen 41, 42 und 44.

[0059] Wie in **Fig. 17** gezeigt, ist der Steueranschluss 46A auf dem Anschlussabschnitt 4822A eingerichtet. Der Steueranschluss 46A ist ein Anschluss (ein Gate-Anschluss) zum Empfangen eines Eingangs eines Ansteuersignals für die ersten Halbleiterelemente 10A. Der erste Steueranschluss 46A empfängt ein Ansteuersignal (z.B. Gate-Spannung) zum Ansteuern der ersten Halbleiterelemente 10A.

[0060] Der Steueranschluss 46B ist am Anschlussabschnitt 4822B eingerichtet. Der Steueranschluss 46B ist ein Anschluss (ein Source-Erfassungsanschluss) zum Detektieren des Source-Signals der ersten Halbleiterelemente 10A. Die an die zweiten Vorderseitenelektroden 12 (die Source-Elektroden) der ersten Halbleiterelemente 10A angelegte Spannung (die dem Source-Strom entsprechende Spannung) wird am Steueranschluss 46B detektiert.

[0061] Der Steueranschluss 46E ist am Anschlussabschnitt 4822D eingerichtet. Der Steueranschluss 46E ist ein Anschluss (ein Drain-Erfassungsanschluss) zum Detektieren des Drain-Signals der ersten Halbleiterelemente 10A. Die an die zweiten Rückseitenelektroden 15 (die Drain-Elektroden) der ersten Halbleiterelemente 10A angelegte Spannung (die dem Drain-Strom entsprechende Spannung) wird am Steueranschluss 46E detektiert. Der Steueranschluss 46E entspricht dem „ersten Steueranschluss“ in der vorliegenden Offenbarung.

[0062] Die Steueranschlüsse 47A bis 47D sind in der zweiten Richtung y voneinander beabstandet. Wie in **Fig. 2, 3, 5, 6, 8** und insbesondere **18** gezeigt, werden die Steueranschlüsse 47A bis 47D über das zweite Untersubstrat 48B durch den zweiten leitfähigen Abschnitt 32B getragen. Wie in **Fig. 5** gezeigt, befinden sich die Steueranschlüsse 47A bis 47D in der ersten Richtung x zwischen den zweiten Halbleiterelementen 10B und den dritten Anschlüssen 43.

[0063] Wie in **Fig. 18** gezeigt, ist der Steueranschluss 47A auf dem Anschlussabschnitt 4822A eingerichtet. Der Steueranschluss 47A ist ein Anschluss (ein Gate-Anschluss) zum Empfangen eines Eingangs eines Ansteuersignals für die zweiten Halbleiterelemente 10B. Der Steueranschluss 47A empfängt ein Ansteuersignal (z. B. Gate-Spannung) zum Ansteuern der zweiten Halbleiterelemente 10B.

[0064] Der Steueranschluss 46B ist am Anschlussabschnitt 4822B eingerichtet. Der Steueranschluss 46B ist ein Anschluss (ein Source-Erfassungsanschluss) zum Detektieren des Source-Signals der zweiten Halbleiterelemente 10B. Die an die zweiten Vorderseitenelektroden 12 (die Source-Elektroden) der zweiten Halbleiterelemente 10B angelegte Spannung (die dem Source-Strom entsprechende Spannung) wird am Steueranschluss 46B detektiert bzw. erfasst.

[0065] Der Steueranschluss 47C ist am Anschlussabschnitt 4822C eingerichtet. Der Steueranschluss 47D ist am Anschlussabschnitt 4822D eingerichtet. Der Steueranschluss 47C und der Steueranschluss 47D sind elektrisch mit dem Thermistor 17 verbunden.

[0066] Wie in **Fig. 12, 17** und **18** gezeigt, weist jeder der Steueranschlüsse 45 (die Steueranschlüsse 46A, 46B und 46E und Steueranschlüsse 47A bis 47D) einen Halter 451 und einen Metallstift 452 auf.

[0067] Der Halter 451 ist aus einem leitfähigen Material hergestellt. Wie in **Fig. 13** und **14** gezeigt, ist der Halter 451 über ein leitfähiges Bondingbauteil (nicht veranschaulicht) an die erste Untermetallschicht 482 gebondet. Der Halter 451 weist einen röhrenförmigen Abschnitt, einen oberen Flansch und einen unteren Flansch auf. Der obere Flansch ist mit dem oberen Ende des röhrenförmigen Abschnitts verbunden, und der untere Flansch ist mit dem unteren Ende des röhrenförmigen Abschnitts verbunden. Der Metallstift 452 wird durch mindestens den oberen Flansch und den röhrenförmigen Abschnitt des Halters 451 eingeführt. Der Halter 451 ist mit dem Versiegelungsharz 8 bedeckt.

[0068] Der Metallstift 452 ist ein stabartiges Bauteil, das sich in Dickenrichtung z erstreckt. Der Metallstift

452 ist in den Halter 451 eingepresst und wird durch den Halter 451 getragen. Der Metallstift 452 ist mindestens über den Halter 451 elektrisch mit der ersten Metallschicht 482 verbunden. Wie in **Fig. 1** und **12** gezeigt, ragt der Metallstift 452 aus dem Versiegelungsharz 8 zur z1-Seite in der Dickenrichtung z vor.

[0069] Erstes leitfähiges Bauteil 5 und zweites leitfähiges Bauteil 6: Das erste leitfähige Bauteil 5 und das zweite leitfähige Bauteil 6 bilden zusammen mit dem ersten leitfähigen Abschnitt 32A und dem zweiten leitfähigen Abschnitt 32B den Pfad des Hauptschaltungsstroms, der von den ersten Halbleiterelementen 10A und den zweiten Halbleiterelementen 10B geschaltet wird. Das erste leitfähige Bauteil 5 und das zweite leitfähige Bauteil 6 sind von der ersten vorderseitigen Oberfläche 301A und der zweiten vorderseitigen Oberfläche 301B zur z1-Seite hin in Dickenrichtung z beabstandet. In Draufsicht überlappen sich das erste leitfähige Bauteil 5 und das zweite leitfähige Bauteil 6 mit der ersten vorderseitigen Oberfläche 301A und der zweiten vorderseitigen Oberfläche 301B. In der vorliegenden Ausführungsform ist jedes des ersten leitfähigen Bauteils 5 und des zweiten leitfähigen Bauteils 6 einer Metallplatte hergestellt. Das Metall kann zum Beispiel Kupfer (Cu) oder eine Kupferlegierung (Cu) enthalten. Insbesondere sind das erste leitfähige Bauteil 5 und das zweite leitfähige Bauteil 6 Metallplatten, die wie erforderlich gebogen wurden.

[0070] Das erste leitfähige Bauteil 5 ist mit den zweiten Vorderseitenelektroden 12 (den Source-Elektroden) der ersten Halbleiterelemente 10A und dem zweiten leitfähigen Abschnitt 32B verbunden und verbindet die zweiten Vorderseitenelektroden 12 der ersten Halbleiterelemente 10A und den zweiten leitfähigen Abschnitt 32B elektrisch. Das erste leitfähige Bauteil 5 bildet den Pfad des Hauptschaltungsstroms, der durch die ersten Halbleiterelemente 10A geschaltet wird. Wie in **Fig. 7** und **8** gezeigt, weist das erste leitfähige Bauteil 5 einen Hauptabschnitt 51, eine Vielzahl von ersten Bondingabschnitten 52 und eine Vielzahl von zweiten Bondingabschnitten 53 auf.

[0071] Der Hauptabschnitt 51 befindet sich in der ersten Richtung x zwischen den ersten Halbleiterelementen 10A und dem zweiten leitfähigen Abschnitt 32B und weist in Draufsicht die Form eines sich in der zweiten Richtung y erstreckenden Streifens auf. Der Hauptabschnitt 51 überlappt sich in Draufsicht sowohl mit dem ersten leitfähigen Abschnitt 32A als auch mit dem zweiten leitfähigen Abschnitt 32B und ist in Dickenrichtung z von der ersten vorderseitigen Oberfläche 301A und der zweiten vorderseitigen Oberfläche 301B zur z1-Seite hin beabstandet. Wie insbesondere in **Fig. 16** gezeigt, befindet sich der Hauptabschnitt 51 auf der z2-Seite in Dickenrichtung z von einer Vielzahl von dritten Pfadabschnitten 66

und einem vierten Pfadabschnitt 67 des unten beschriebenen zweiten leitfähigen Bauteils 6 ist näher an der ersten vorderseitigen Oberfläche 301A und der zweiten vorderseitigen Oberfläche 301B als die dritten Pfadabschnitte 66 und der vierte Pfadabschnitt 67.

[0072] In der vorliegenden Ausführungsform ist der Hauptabschnitt 51 parallel zu der ersten vorderseitigen Oberfläche 301A und der zweiten vorderseitigen Oberfläche 301B.

[0073] Wie insbesondere in **Fig. 8** gezeigt, erstreckt sich der Hauptabschnitt 51 in der zweiten Richtung y, um einer Region zu entsprechen, in der die ersten Halbleiterelemente 10A positioniert sind. In der vorliegenden Ausführungsform weist der Hauptabschnitt 51 eine Vielzahl von ersten Öffnungen 514 auf, wie in **Fig. 7, 8** und insbesondere **12** gezeigt. Die ersten Öffnungen 514 können zum Beispiel sich in Dickenrichtung z (der Richtung der Plattendicke des Hauptabschnitts 51) erstreckende Durchgangslöcher sein. Die ersten Öffnungen 514 sind in der zweiten Richtung y voneinander beabstandet. Die ersten Öffnungen 514 sind für die jeweiligen ersten Halbleiterelemente 10A bereitgestellt. In der vorliegenden Ausführungsform weist der Hauptabschnitt 51 vier erste Öffnungen 514 auf, deren Position in der zweiten Richtung y jeweils einem der Vielzahl von (vier) ersten Halbleiterelementen 10A entspricht.

[0074] Wie insbesondere in **Fig. 8** und **12** gezeigt, überlappen sich die ersten Öffnungen 514 der vorliegenden Ausführungsform in Draufsicht mit dem Raum zwischen dem ersten leitfähigen Abschnitt 32A und dem zweiten leitfähigen Abschnitt 32B. Die ersten Öffnungen 514 sind bereitgestellt, um den Fluss eines geschmolzenen Harzmaterials zwischen der oberen Region (auf der z1-Seite in Dickenrichtung z) und der unteren Region (auf der z2-Seite in Dickenrichtung z) um den Hauptabschnitt 51 (das erste leitfähige Bauteil 5) herum zu ermöglichen, wenn das geschmolzene Harzmaterial im Prozess des Bildens des Versiegelungsharzes 8 eingespritzt wird.

[0075] Wie insbesondere in **Fig. 8** gezeigt, sind die ersten Bondingabschnitte 52 und die zweiten Bondingabschnitte 53 mit dem Hauptabschnitt 51 verbunden und angeordnet, um den ersten Halbleiterelementen 10A und den zweiten Halbleiterelementen 10B zu entsprechen. Spezifisch befindet sich jeder der ersten Bondingabschnitte 52 in der ersten Richtung x von dem Hauptabschnitt 51 auf der x1-Seite. Jeder der zweiten Bondingabschnitte 53 befindet sich in der ersten Richtung x von dem Hauptabschnitt 51 auf der x2-Seite. Wie in **Fig. 13** gezeigt, ist jeder erste Bondingabschnitt 52 über ein leitfähiges Bondingbauteil 59 an die zweite Vorderseitenelektrode 12 eines entsprechenden ersten Halbleiterelements

10A gebondet. Jedes der zweiten Bondingabschnitte 53 ist über ein leitfähiges Bondingbauteil 59 an den zweiten leitfähigen Abschnitt 32B gebondet. Das Material der leitfähigen Bondingbauteile 59 ist nicht besonders beschränkt und kann zum Beispiel Lötmitel, Metallpaste oder Sintermetall sein. In der vorliegenden Ausführungsform weist jeder der ersten Bondingabschnitte 52 zwei Regionen auf, die in der zweiten Richtung y voneinander beabstandet sind.

[0076] Das zweite leitfähige Bauteil 6 verbindet die zweiten Vorderseitenelektroden 12 (die Source-Elektroden) der zweiten Halbleiterelemente 10B elektrisch mit dem ersten Anschluss 41 und dem zweiten Anschluss 42. Das zweite leitfähige Bauteil 6 ist mit dem ersten Anschluss 41 und dem zweiten Anschluss 42 einstückig ausgebildet. Das zweite leitfähige Bauteil 6 bildet den Pfad des Hauptschaltungsstroms, der durch die zweiten Halbleiterelemente 10B geschaltet wird. Wie in **Fig. 2** und 5 bis 7 gezeigt, weist das zweite leitfähige Bauteil 6 eine Vielzahl von dritten Bondingabschnitten 61, einen ersten Pfadabschnitt 64, einen zweiten Pfadabschnitt 65, eine Vielzahl von dritten Pfadabschnitten 66 und einen vierten Pfadabschnitt 67 auf.

[0077] Die dritten Bondingabschnitte 61 sind an die jeweiligen zweiten Halbleiterelemente 10B gebondet. Jeder der dritten Bondingabschnitte 61 ist über ein leitfähiges Bondingbauteil 69 an die zweite Vorderseitenelektrode 12 eines zweiten Halbleiterelements 10B gebondet. Das Material der leitfähigen Bondingbauteile 69 ist nicht besonders beschränkt und kann zum Beispiel Lötmitel, Metallpaste oder Sintermetall sein. In der vorliegenden Ausführungsform weist jeder der dritten Bondingabschnitte 61 zwei flache Abschnitte 611 und zwei erste geneigte Abschnitte 612 auf.

[0078] Die zwei flachen Abschnitte 611 sind in der zweiten Richtung y ausgerichtet. Die zwei flachen Abschnitte 611 sind in der zweiten Richtung y voneinander beabstandet. Die Form jedes flachen Abschnitts 611 ist nicht besonders beschränkt und ist im veranschaulichten Beispiel rechteckig. Die zwei flachen Abschnitte sind an den jeweiligen Seiten in der zweiten Richtung y mit der zweiten Vorderseitenelektrode 12 gebondet.

[0079] Die zwei ersten geneigten Abschnitte 612 sind in der zweiten Richtung y mit den äußeren Enden der jeweiligen zwei flachen Abschnitte 611 verbunden. Mit anderen Worten, der erste geneigte Abschnitt 612, der sich in der zweiten Richtung y auf der y1-Seite befindet, ist mit dem y1-seitigen Ende des flachen Abschnitts 611 verbunden, der sich in der zweiten Richtung y auf der y1-Seite befindet. Der erste geneigte Abschnitt 612 in der zweiten Richtung y auf der y2-Seite ist mit dem y2-seitigen Ende des flachen Abschnitts 611 verbunden, der sich in der

zweiten Richtung y auf der y2-Seite befindet. Jeder der ersten geneigten Abschnitte 612 ist in Dickenrichtung z zur z1-Seite hin geneigt, mit zunehmendem Abstand von dem flachen Abschnitt 611 in der zweiten Richtung y.

[0080] Der erste Pfadabschnitt 64 befindet sich zwischen den dritten Bondingabschnitten 61 und dem ersten Anschluss 41. Im veranschaulichten Beispiel ist der erste Pfadabschnitt 64 über einen ersten Rampenabschnitt 602 mit dem ersten Anschluss 41 verbunden. Der erste Pfadabschnitt 64 überlappt sich in Draufsicht mit dem ersten leitfähigen Abschnitt 32A. Der erste Pfadabschnitt 64 erstreckt sich allgemein in der ersten Richtung x.

[0081] Der erste Pfadabschnitt 64 weist einen ersten bandförmigen Abschnitt 641 und einen ersten verlängerten Abschnitt 643 auf. Der erste bandförmige Abschnitt 641 befindet sich in der ersten Richtung x auf der x2-Seite von dem ersten Anschluss 41 und ist im Wesentlichen parallel zu der ersten vorderseitigen Oberfläche 301A. Der erste bandförmige Abschnitt 641 erstreckt sich allgemein in die erste Richtung x.

[0082] Der erste verlängerte Abschnitt 643 erstreckt sich vom y1-seitigen Ende des ersten bandförmigen Abschnitts 641 in der zweiten Richtung y zur z2-Seite in der Dickenrichtung z. Der erste verlängerte Abschnitt 643 ist von dem ersten leitfähigen Abschnitt 32A beabstandet. In dem dargestellten Beispiel ist der erste verlängerte Abschnitt 643 entlang der Dickenrichtung z geformt und weist eine in der ersten Richtung x verlängerte rechteckige Form auf. Es wird bemerkt, dass der erste Pfadabschnitt 64 ohne den ersten verlängerten Abschnitt 643 konfiguriert sein kann.

[0083] Der zweite Pfadabschnitt 65 befindet sich zwischen den dritten Bondingabschnitten 61 und dem zweiten Anschluss 42. Im veranschaulichten Beispiel ist der zweite Pfadabschnitt 65 über einen zweiten Rampenabschnitt 603 mit dem zweiten Anschluss 42 verbunden. Der zweite Pfadabschnitt 65 überlappt sich in Draufsicht mit dem ersten leitfähigen Abschnitt 32A. Der zweite Pfadabschnitt 65 erstreckt sich allgemein in die erste Richtung x.

[0084] Der zweite Pfadabschnitt 65 weist einen zweiten bandförmigen Abschnitt 651 und einen zweiten verlängerten Abschnitt 653 auf. Der zweite bandförmige Abschnitt 651 befindet sich in der ersten Richtung x auf der x2-Seite von dem zweiten Anschluss 42 und ist im Wesentlichen parallel zu der ersten vorderseitigen Oberfläche 301A. Der zweite bandförmige Abschnitt 651 erstreckt sich allgemein in die erste Richtung x.

[0085] Der zweite verlängerte Abschnitt 653 erstreckt sich vom y2-seitigen Ende des zweiten bandförmigen Abschnitts 651 in der zweiten Richtung y zur z2-Seite in der Dickenrichtung z. Der zweite verlängerte Abschnitt 653 ist von dem ersten leitfähigen Abschnitt 32A beabstandet. In dem veranschaulichten Beispiel ist der zweite verlängerte Abschnitt 653 entlang der Dickenrichtung z geformt und weist eine in der ersten Richtung x verlängerte rechteckige Form auf. Es ist zu beachten, dass der zweite Pfadabschnitt 65 ohne den zweiten verlängerten Abschnitt 653 konfiguriert sein kann.

[0086] Die dritten Pfadabschnitte 66 sind einzeln mit den dritten Bondingabschnitten 61 verbunden. Die dritten Pfadabschnitte 66 erstrecken sich in der ersten Richtung x und sind in der zweiten Richtung y voneinander beabstandet. Die Anzahl der dritten Pfadabschnitte 66 ist nicht besonders beschränkt. Im veranschaulichten Beispiel sind fünf dritte Pfadabschnitte 66 bereitgestellt. Jeder der dritten Pfadabschnitte 66 befindet sich entweder zwischen zwei der zweiten Halbleiterelementen 10B in der zweiten Richtung y oder außerhalb der zweiten Halbleiterelemente 10B in der zweiten Richtung y.

[0087] In der vorliegenden Ausführungsform befindet sich jeder der dritten Bondingabschnitte 61 zwischen zwei in der zweiten Richtung y benachbarten dritten Pfadabschnitten 66. Jeder der dritten Bondingabschnitte 61 weist zwei erste geneigte Abschnitte 612 auf, einen auf der y1-Seite in der zweiten Richtung y und den anderen auf der y2-Seite in der zweiten Richtung y, auf. Der erste geneigte Abschnitt 612 auf der y1-Seite ist mit einem der zwei benachbarten dritten Pfadabschnitte 66 verbunden, der sich in der zweiten Richtung y auf der y1-Seite befindet. Der erste geneigte Abschnitt 612 auf der y2-Seite ist mit einem der zwei benachbarten dritten Pfadabschnitte 66 verbunden, der sich in der zweiten Richtung y auf der y2-Seite befindet.

[0088] Der vierte Pfadabschnitt 67 ist mit den Enden der jeweiligen dritten Pfadabschnitte 66 auf der x1-Seite in der ersten Richtung x verbunden. Der vierte Pfadabschnitt 67 erstreckt sich in der zweiten Richtung y. Der vierte Pfadabschnitt 67 ist mit dem x2-seitigen Ende des ersten bandförmigen Abschnitts 641 des ersten Pfadabschnitts 64 in der ersten Richtung x verbunden und mit dem x2-seitigen Ende des zweiten bandförmigen Abschnitts 651 des zweiten Pfadabschnitts 65 in der ersten Richtung x. Im veranschaulichten Beispiel ist der vierte Pfadabschnitt 67 an dem in der zweiten Richtung y auf der y1-Seite liegenden Ende mit dem ersten Pfadabschnitt 64 und an dem in der zweiten Richtung y auf der y2-Seite liegenden Ende mit dem zweiten Pfadabschnitt 65 verbunden.

[0089] Versiegelungsharz 8: Das Versiegelungsharz 8 bedeckt die ersten Halbleiterelemente 10A, die zweiten Halbleiterelemente 10B, das Hauptsubstrat 3 (mit Ausnahme der rückseitige Oberfläche 302), einen Teil jeweils des ersten Anschlusses 41, des zweiten Anschlusses 42, der dritten Anschlüsse 43 und des vierten Anschlusses 44, einen Teil jedes der Steueranschlüsse 45, das erste Untersubstrat 48A und das zweite Untersubstrat 48B, das erste leitfähige Bauteil 5, das zweite leitfähige Bauteil 6 und die Drähte 71 bis 73. Das Versiegelungsharz 8 kann zum Beispiel aus einem schwarzen Epoxidharz hergestellt sein. Das Versiegelungsharz 8 kann zum Beispiel durch Formen gebildet werden. Die Größe des Versiegelungsharzes 8 ist nicht besonders beschränkt. Zum Beispiel kann das Versiegelungsharz 8 eine Abmessung von etwa 35 mm bis 60 mm in der ersten Richtung x, eine Abmessung von etwa 35 mm bis 50 mm in der zweiten Richtung y und eine Abmessung von etwa 4 mm bis 15 mm in der Dickenrichtung z aufweisen. Diese Abmessungen werden an den größten Abschnitten in den jeweiligen Richtungen gemessen. Das Versiegelungsharz 8 weist eine Harz-Vorderseite 81, eine Harz-Rückseite 82 und Harz-Seitenflächen 831 bis 834 auf.

[0090] Wie in **Fig. 10, 12** und insbesondere **15** gezeigt, sind die Harz-Vorderseite 81 und die Harz-Rückseite 82 in Dickenrichtung z voneinander beabstandet. Die Harz-Vorderseite 81 ist in Dickenrichtung z der z1-Seite zugewandt, und die Harz-Rückseite 82 ist in Dickenrichtung z der z2-Seite zugewandt. Die Steueranschlüsse 45 (die Steueranschlüsse 46A, 46B und 46E und die Steueranschlüsse 47A bis 47D) stehen von der Harz-Vorderseite 81 hervor. Wie in **Fig. 11** gezeigt, weist die Harz-Rückseite 82 in Draufsicht die Form eines Rahmens auf, der die rückseitige Oberfläche 302 (die untere Oberfläche der zweiten Hauptmetallschicht 33) des Hauptsubstrats 3 umgibt. Die rückseitige Oberfläche 302 des Hauptsubstrats 3 ist von der Harz-Rückseite 82 freiliegend und ist zum Beispiel bündig mit der Harz-Rückseite 82.

[0091] Die Harz-Seitenflächen 831 bis 834 sind sowohl mit der Harz-Vorderseite 81 als auch mit der Harz-Rückseite 82 verbunden und befinden sich in der Dickenrichtung z zwischen der Harz-Vorderseite 81 und der Harz-Rückseite 82. Wie in **Fig. 4** gezeigt, sind die Harz-Seitenfläche 831 und die Harz-Seitenfläche 832 in der ersten Richtung x voneinander beabstandet. Die Harz-Seitenfläche 831 ist in der ersten Richtung x der x2-Seite zugewandt, und die Harzoberfläche 832 ist in der ersten Richtung x der x1-Seite zugewandt. Die beiden dritten Anschlüsse 43 stehen von der Har-Seitenfläche 831 hervor, und der erste Anschluss 41, der zweite Anschluss 42 und der vierte Anschluss 44 stehen von der Harz-Seitenfläche 832 hervor. Wie in **Fig. 4** gezeigt, sind die Harz-Seitenfläche 833 und die Harz-Seitenfläche

834 in der zweiten Richtung y voneinander beabstandet. Die Harz-Seitenfläche 833 ist in der zweiten Richtung y der y2-Seite zugewandt, und die Harz-Seitenfläche 834 ist in der zweiten Richtung y der y1-Seite zugewandt.

[0092] Wie in **Fig. 4** gezeigt, weist die Harz-Seitenfläche 832 eine Vielzahl von Aussparungen bzw. Aussparungen 832a auf. Jede der Aussparungen 832a ist in Draufsicht in der ersten Richtung x vertieft bzw. ausgespart. Die Aussparungen 832a weisen in Draufsicht eine Aussparung auf, die zwischen dem ersten Anschluss 41 und dem vierten Anschluss 44 ausgebildet ist, und eine Aussparung, die zwischen dem zweiten Anschluss 42 und dem vierten Anschluss 44 ausgebildet ist. Die Aussparungen 832a sind vorgesehen, um die Kriechstrecke entlang der Harzseitenoberfläche 832 zwischen dem ersten Anschluss 41 und dem vierten Anschluss 44 zu vergrößern und auch, um die Kriechstrecke entlang der Harzseitenoberfläche 832 zwischen dem zweiten Anschluss 42 und dem vierten Anschluss 44 zu vergrößern.

[0093] Als Nächstes wird ein mit der Halbleitervorrichtung A1 versehenes Fahrzeug B1 unter Bezugnahme auf **Fig. 20** beschrieben. Bei dem Fahrzeug B1 handelt es sich zum Beispiel um ein Elektrofahrzeug (EV).

[0094] Wie in **Fig. 20** gezeigt, weist das Fahrzeug B1 ein Bordladegerät 91, einen Akku 92 und ein Antriebssystem 93 auf. Das Bordladegerät 91 wird kabellos von einer externen Stromversorgungseinrichtung (nicht gezeigt) mit Strom versorgt. Alternativ kann das Bordladegerät 91 Strom über den Draht aus der Stromversorgungseinrichtung empfangen. Das Bordladegerät 91 weist einen Aufwärts-DC-DC-Wandler auf. Die Spannung des dem Bordladegerät 91 zugeführten Stroms wird durch den Wandler erhöht und dann dem Akku 92 zugeführt. Die Spannung wird zum Beispiel auf 600 V erhöht.

[0095] Das Antriebssystem 93 treibt das Fahrzeug B1 an. Das Antriebssystem 93 weist einen Wechselrichter 931 und eine Antriebsquelle 932 auf. Die Halbleitervorrichtung A10 bildet einen Teil des Wechselrichters 931. Der in dem Akku 92 gespeicherte Strom wird dem Wechselrichter 931 zugeführt. Der von dem Akku 92 an den Wechselrichter 931 zugeführte Strom ist Gleichstrom. In einem Beispiel, das sich von **Fig. 20** unterscheidet, kann das Stromsystem zusätzlich einen Aufwärts-DC/DC-Wandler zwischen dem Akku 92 und dem Wechselrichter 931 einschließen. Der Wechselrichter 931 wandelt den Gleichstrom in Wechselstrom um. Der Wechselrichter 931, der die Halbleitervorrichtung A1 aufweist, ist elektrisch mit der Antriebsquelle 932 verbunden.

[0096] Die Antriebsquelle 932 weist einen Wechselstrommotor und ein Getriebe auf. Der von dem Wechselrichter 931 umgewandelte Wechselstrom wird der Antriebsquelle 932 zugeführt, um den Wechselstrommotor zu drehen. Die Drehung des Wechselstrommotors wird auf das Getriebe übertragen. Das Getriebe reduziert die vom Wechselstrommotor übertragene Drehzahl entsprechend und dreht die Antriebswelle des Fahrzeugs B1. Dies treibt das Fahrzeug B1 an. Zum Fahren des Fahrzeugs B1 ist eine freie Regelung der Drehzahl des Wechselstrommotors basierend auf der Stärke der Gaspedalbetätigung und anderen Informationen erforderlich. Die Halbleitervorrichtung A1 in dem Wechselrichter 931 ist für das Ausgeben des Wechselstroms mit einer Frequenz, die auf geeignete Weise angepasst ist, um der benötigten Drehzahl des Wechselstrommotors zu entsprechen, erforderlich.

[0097] Im Folgenden werden Vorteile der Halbleitervorrichtung A1 beschrieben.

[0098] Wie in **Fig. 9** gezeigt, ist die Region 482E des ersten Untersubstrats 48A über den verbindenden leitfähigen Abschnitt 485 und die zweite Untermetallschicht 483 elektrisch mit dem ersten leitfähigen Abschnitt 32A verbunden. Um den Steueranschluss 46E und den ersten leitfähigen Abschnitt 32A, die in **Fig. 17** gezeigt sind, elektrisch zu verbinden, ist es daher ausreichend, die Region 482D und die Region 482E elektrisch zu verbinden, und es ist nicht notwendig, andere leitfähige Bauteile mit dem ersten leitfähigen Abschnitt 32A zu verbinden. Dadurch ist es möglich, eine größere Vielfalt von leitfähigen Pfaden zum Hauptsubstrat 3 einzustellen.

[0099] Die erste Untermetallschicht 482 weist die Oberflächenmetallschicht 4829 auf. Die Drähte 71, 72 und 73 sind mit der Oberflächenmetallschicht 4829 verbunden. Dadurch lässt sich das Kirkendall-Void-Phänomen vermeiden, das an dem Abschnitt auftritt, an dem die Drähte 71, 72 und 73 mit der Basisschicht 4820 verbunden sind. Wenn die Drähte 71, 72 und 73 Aluminium (Al) enthalten und die Basisschicht 4820 Kupfer (Cu) enthält, kann das Kirkendall-Void-Phänomen zuverlässiger verhindert werden, indem eine Oberflächenmetallschicht 4829 bereitgestellt wird, die Nickel (Ni) enthält.

[0100] Zusätzlich besteht keine Notwendigkeit, einen Draht oder dergleichen mit dem ersten leitfähigen Abschnitt 32A zu verbinden, um unter Verwendung des Steueranschlusses 46E ein Potenzial im ersten leitfähigen Abschnitt 32A zu detektieren. Dadurch wird die Notwendigkeit beseitigt, den ersten leitfähigen Abschnitt 32A mit einer Metallschicht oder dergleichen zu versehen, um das Kirkendall-Void-Phänomen zu verhindern. Dies ist wünschenswert, um die Kosten der Halbleitervorrichtung A1 zu reduzieren.

[0101] Wie in **Fig. 17** und **18** gezeigt, weisen das erste Untersubstrat 48A und das zweite Untersubstrat 48B gemeinsame Konfigurationen auf. Wie in **Fig. 17** gezeigt, weist das erste Untersubstrat 48A die Region 482E und den Verbindungsabschnitt 4821D auf, die durch den Draht 73 verbunden sind, wodurch die Detektion eines Potentials im ersten leitfähigen Abschnitt 32A unter Verwendung des Steueranschlusses 46E ermöglicht wird. Andererseits kann, wie in **Fig. 18** gezeigt, der Thermistor 17 mit dem Verbindungsabschnitt 4821C und dem Verbindungsabschnitt 4821D verbunden sein, um eine Temperaturüberwachung unter Verwendung des Steueranschlusses 47C und des Steueranschlusses 47D zu ermöglichen. Wie oben beschrieben, können zwei Untersubstrate mit unterschiedlichen Funktionen, nämlich das erste Untersubstrat 48A und das zweite Untersubstrat 48B, mit einem einzigen Untersubstrattyp realisiert werden, was zum Reduzieren der Kosten der Halbleitervorrichtung A1 von Vorteil ist.

[0102] **Fig. 21** bis **33** zeigen Variationen und andere Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung. In diesen Figuren sind Elemente, die mit denen der vorstehend beschriebenen Ausführungsform identisch oder diesen ähnlich sind, mit denselben Bezugszeichen bezeichnet. Zusätzlich können die Konfigurationen der Elemente in jeder Variante und jeder Ausführungsform beliebig kombiniert werden, solange die Kombination keine technischen Widersprüche verursacht. Sofern nicht anders angegeben, werden die folgenden Varianten und Ausführungsformen mit Gemeinsamkeiten zwischen dem ersten Untersubstrat 48A und dem zweiten Untersubstrat 48B beschrieben.

[0103] Erste Variante der ersten Ausführungsform: **Fig. 21** zeigt eine erste Variante der Halbleitervorrichtung A1. Eine Halbleitervorrichtung A11 der vorliegenden Variante unterscheidet sich von dem oben beschriebenen Beispiel in der Konfiguration des verbindenden leitfähigen Abschnitts 485. In der vorliegenden Variante reicht der verbindende leitfähige Abschnitt 485 durch die erste Untermetallschicht 482 (die Region 482E) und die Unterisolierschicht 481 hindurch und dringt in einen Teil der zweiten Untermetallschicht 483 ein. Der verbindende leitfähige Abschnitt 485 wird wie oben beschrieben zum Beispiel gebildet, wenn ein Entfernungsprozess der ersten Untermetallschicht 482 und der Unterisolierschicht 481 durchgeführt wird, indem der Entfernungsprozess der ersten Untermetallschicht 482 von der z1-Seite zur z2-Seite in der Dickenrichtung z fortgesetzt wird, um die zweite Untermetallschicht 483 zu erreichen, und indem ferner ein Teil der zweiten Untermetallschicht 483 über die erste Untermetallschicht 482 und die Unterisolierschicht 481 hinaus entfernt wird. Der Entfernungsprozess kann ein

maschineller Bearbeitungsprozess oder ein chemischer Prozess wie Ätzen sein.

[0104] Die vorliegende Variante ermöglicht es außerdem, eine größere Vielfalt von leitfähigen Pfaden zum Hauptsubstrat 3 einzustellen. Zusätzlich weist der Entfernungsprozess zum Bilden des verbindenden leitfähigen Abschnitts 485 das Bilden eines Durchgangslochs, das vollständig durch die Unterisolierschicht 481 hindurchreicht, auf. Dadurch kann der verbindende leitfähige Abschnitt 485 zuverlässiger elektrisch mit der zweiten Untermetallschicht 483 verbunden werden.

[0105] Zweite Variante der ersten Ausführungsform: **Fig. 22** zeigt eine zweite Variante der Halbleitervorrichtung A1. In der Halbleitervorrichtung A12 der vorliegenden Variante reicht der verbindende leitfähige Abschnitt 485 durch die zweite Untermetallschicht 483 und die Unterisolierschicht 481 hindurch und steht mit der ersten Untermetallschicht 482 (der Region 482E) in Kontakt.

[0106] Die vorliegende Variante ermöglicht es außerdem, eine größere Vielfalt von leitfähigen Pfaden zum Hauptsubstrat 3 einzustellen. Wie aus der vorliegenden Variante hervorgeht, kann der verbindende leitfähige Abschnitt 485 konfiguriert sein, um durch die erste Untermetallschicht 482 oder die zweite Untermetallschicht 483 hindurchzureichen.

[0107] Dritte Variante der ersten Ausführungsform: **Fig. 23** zeigt eine dritte Variante der Halbleitervorrichtung A1. In der Halbleitervorrichtung A13 der vorliegenden Variante reicht der verbindende leitfähige Abschnitt 485 durch die erste Untermetallschicht 482 (die Region 482E), die Unterisolierschicht 481 und die zweite Untermetallschicht 483 hindurch.

[0108] Die vorliegende Variante ermöglicht es außerdem, eine größere Vielfalt von leitfähigen Pfaden zum Hauptsubstrat 3 einzustellen. Wie aus der vorliegenden Variante hervorgeht, kann der verbindende leitfähige Abschnitt 485 konfiguriert sein, um durch das gesamte erste Untersubstrat 48A oder das zweite Untersubstrat 48B in der Dickenrichtung z hindurchzureichen.

[0109] Vierte Variante der ersten Ausführungsform: **Fig. 24** zeigt eine vierte Variante der Halbleitervorrichtung A1. In einer Halbleitervorrichtung A14 der vorliegenden Variante weist das erste Untersubstrat 48A eine Vielzahl von verbindenden leitfähigen Abschnitten 485 auf. Im veranschaulichten Beispiel weist das erste Untersubstrat 48A drei verbindende leitfähige Abschnitte 485 auf. Ein verbindender leitfähiger Abschnitt 485 verbindet die Region 482E und die zweite Untermetallschicht 483 elektrisch. Zwei verbindende leitfähige Abschnitte 485 verbinden zwei Regionen 482F und die zweite Untermetall-

schicht 483 elektrisch. Eine der zwei Regionen 482F befindet sich von der Vielzahl von Regionen 482F auf der y1-Seite in der zweiten Richtung y am weitesten entfernt, und die andere ist die dritte Region 482F, gezählt von der y1-Seite in der zweiten Richtung y unter der Vielzahl von Regionen 482.

[0110] Die vorliegende Variante ermöglicht es außerdem, eine größere Vielfalt von leitfähigen Pfaden zum Hauptsubstrat 3 einzustellen. Wie aus der vorliegenden Variante hervorgeht, ist die Anzahl von verbindenden leitfähigen Abschnitten 485 nicht besonders beschränkt. Mit den Regionen 482F sind weder die Drähte 71 bis 73 noch die Steueranschlüsse 45 verbunden. Somit erreicht die Halbleitervorrichtung A14 weiterhin ihre elektrische Funktion, selbst wenn die Regionen 482F durch die verbindenden leitfähigen Abschnitte 485 elektrisch mit der zweiten Untermetallschicht 483 verbunden sind.

[0111] Zweite Ausführungsform: **Fig. 25** und **26** zeigen eine Halbleitervorrichtung gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung. Eine Halbleitervorrichtung A2 der vorliegenden Ausführungsform unterscheidet sich von der oben beschriebenen Ausführungsform in dem Verfahren zum elektrischen Bonden der zweiten Untermetallschicht 483 des ersten Untersubstrats 48A und des ersten leitfähigen Abschnitts 32A. In der vorliegenden Ausführungsform wird Laserbonden verwendet, um die zweite Untermetallschicht 483 des ersten Untersubstrats 48A an den ersten leitfähigen Abschnitt 32A elektrisch zu bonden.

[0112] Die Unterisolierschicht 481 weist eine Öffnung 4811 auf. Die Öffnung 4811 reicht durch die Unterisolierschicht 481 in der Dickenrichtung z hindurch und ermöglicht, dass die zweite Untermetallschicht 483 in der Dickenrichtung z zur z1-Seite hin freiliegt. In der zweiten Untermetallschicht 483 ist ein Bondingabschnitt 4839 ausgebildet.

[0113] Der Bondingabschnitt 4839 kann ausgebildet werden, indem das erste Untersubstrat 48A auf den ersten leitfähigen Abschnitt 32A gelegt wird und in diesem Zustand ein Teil der zweiten Untermetallschicht 483, der durch die Öffnung 4811 freiliegt, mit Laserlicht bestrahlt wird. Die Bestrahlung mit Laserlicht bewirkt, dass ein Teil der zweiten Untermetallschicht 483 und ein Teil des ersten leitfähigen Abschnitts 32A zusammenschmelzen und so den Bondingabschnitt 4839 bilden, wie in den Figuren gezeigt.

[0114] Im dargestellten Beispiel weist die Unterisolierschicht 481 drei Öffnungen 4811 auf. Ein Steueranschlusssträger 48 (die zweite Untermetallschicht 483) weist drei Bondingabschnitte 4839 auf. Die drei Öffnungen 4811 und die drei Bondingabschnitte 4839 sind in der zweiten Richtung y voneinander

beabstandet. An den jeweiligen Enden des ersten Untersubstrats 48A in der zweiten Richtung y sind zwei Öffnungen 4811 und zwei Bondingabschnitte 4839 ausgebildet. Eine Öffnung 4811 und ein Bondingabschnitt 4839 sind zwischen dem Anschlussabschnitt 4822B und dem Anschlussabschnitt 4822C in der zweiten Richtung y ausgebildet, im Wesentlichen in der Mitte des ersten Untersubstrats 48A in der zweiten Richtung y.

[0115] Die vorliegende Ausführungsform ermöglicht es außerdem, eine größere Vielfalt von leitfähigen Pfaden zum Hauptsubstrat 3 einzustellen. Zusätzlich kann das Laserbonden die Wärmemenge reduzieren, die auf das erste Untersubstrat 48A und den ersten leitfähigen Abschnitt 32A ausgeübt wird, wenn das erste Untersubstrat 48A an den ersten leitfähigen Abschnitt 32A gebondet wird. Dies ist dazu geeignet, eine unbeabsichtigte thermische Verformung des ersten Untersubstrats 48A usw. zu unterdrücken.

[0116] Erste Variante der zweiten Ausführungsform: **Fig. 27** zeigt eine erste Variante der Halbleitervorrichtung A2. In einer Halbleitervorrichtung A21 der vorliegenden Variante ist die zweite Untermetallschicht 483 mit einer Aussparung bzw. Vertiefung 4831 ausgebildet.

[0117] Zum Beispiel wird die Aussparung 4831 dadurch gebildet, dass die Unterisolierschicht 481 in einem Entfernungsprozess hindurchgereicht wird, um eine Öffnung 4811 auszubilden und dann ein Teil der Unterisolierschicht 481 zu entfernen. Der Boden der Aussparung 4831 wird mit Laserlicht bestrahlt, um einen Bondingabschnitt 4839 auszubilden.

[0118] Die vorliegende Variante ermöglicht es außerdem, eine größere Vielfalt von leitfähigen Pfaden zum Hauptsubstrat 3 einzustellen. Zusätzlich ermöglicht die in der vorliegenden Variante ausgebildete Aussparung 4831 die zuverlässigere Bildung einer Öffnung 4811, die durch die Unterisolierschicht 481 hindurchreicht. Dadurch kann eine unzureichende Bildung eines Bondingabschnitts 4839 aufgrund dessen vermieden werden, dass beim Laserbonden-Prozess zur Bildung des Bondingabschnitts 4839 ein Teil der Unterisolierschicht 481 unbeabsichtigt zurückbleibt.

[0119] Zweite Variante der zweiten Ausführungsform: **Fig. 28** zeigt eine zweite Variante der Halbleitervorrichtung A2. In einer Halbleitervorrichtung A22 der vorliegenden Variante weist die erste Untermetallschicht 482 eine Öffnung 4825 auf.

[0120] Die Öffnung 4825 reicht durch die erste Untermetallschicht 482 in der Dickenrichtung z hindurch. Die Öffnung 4825 stimmt im Wesentlichen

mit einer Öffnung 4811 überein, aus der Dickenrichtung z betrachtet.

[0121] Die vorliegende Variante ermöglicht es außerdem, eine größere Vielfalt von leitfähigen Pfaden zum Hauptsubstrat 3 einzustellen. Wie aus der vorliegenden Variante hervorgeht, kann beim Laserbonden zum Bilden eines Bondingabschnitts 4839 die erste Untermetallschicht 482 durch die Öffnung 4825 und die Öffnung 4811 mit Laserlicht bestrahlt werden.

[0122] Dritte Variante der zweiten Ausführungsform: **Fig. 29** zeigt eine dritte Variante der Halbleitervorrichtung A2. In einer Halbleitervorrichtung A23 der vorliegenden Variante weist die Unterisolierschicht 481 eine Öffnung 4811 auf, die erste Untermetallschicht 482 weist eine Öffnung 4825 auf und die zweite Untermetallschicht 483 weist eine Aussparung 4831 auf.

[0123] Die vorliegende Variante ermöglicht es außerdem, eine größere Vielfalt von leitfähigen Pfaden zum Hauptsubstrat 3 einzustellen. Da die Aussparung 4831 gebildet ist, ist der Teil der zweiten Untermetallschicht 483, der beim Laserbonden zum Bilden eines Bondingabschnitts 4839 mit Laserlicht bestrahlt wird, in der Dickenrichtung z weiter von der ersten Untermetallschicht 482 zur Seite z2 entfernt. Dadurch kann verhindert werden, dass die beim Laserbonden erzeugte Wärme die erste Untermetallschicht 482 erreicht.

[0124] Vierte Variante der zweiten Ausführungsform: **Fig. 30** zeigt eine vierte Variante der Halbleitervorrichtung A2. Eine Halbleitervorrichtung A24 in der vorliegenden Variante unterscheidet sich von den obigen Beispielen in der Konfiguration der zwei Öffnungen 4811, die an den jeweiligen Enden des ersten Untersubstrats 48A in der zweiten Richtung y ausgebildet sind. In der vorliegenden Variante sind die zwei Öffnungen 4811, die an den jeweiligen Enden des ersten Untersubstrats 48A in der zweiten Richtung y ausgebildet sind, mit den jeweiligen Enden der Öffnungen 4811 in der zweiten Richtung y verbunden. Mit anderen Worten sind diese Öffnungen 4811 in Dickenrichtung z betrachtet nicht geschlossen und zur Außenseite der Unterisolierschicht 481 hin offen.

[0125] Die vorliegende Variante ermöglicht es außerdem, eine größere Vielfalt von leitfähigen Pfaden zum Hauptsubstrat 3 einzustellen. Wie aus der vorliegenden Variante hervorgeht, sind die Form und Anordnung jeder Öffnung 4811 nicht besonders beschränkt. Gemäß der vorliegenden Variante kann das erste Untersubstrat 48A in der zweiten Richtung y im Vergleich zu dem in der Halbleitervorrichtung A2 verkleinert werden.

[0126] Dritte Ausführungsform: **Fig. 31** zeigt eine Halbleitervorrichtung gemäß einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung. Eine Halbleitervorrichtung A3 der vorliegenden Ausführungsform unterscheidet sich von denen der obigen Ausführungsformen in den Konfigurationen des ersten Untersubstrats 48A und des zweiten Untersubstrats 48B.

[0127] In der vorliegenden Ausführungsform ist jedes von dem ersten Untersubstrat 48A und dem zweiten Untersubstrat 48B aus einem Glas-Epoxidharz-Substrat zusammengesetzt. Die Unterisolierschicht 481 ist aus Glas-Epoxidharz hergestellt. Die erste Untermetallschicht 482 und die zweite Untermetallschicht 483 können Metallplattierungsschichten sein, die auf den jeweiligen Seiten der Unterisolierschicht 481 ausgebildet sind, und können Kupfer (Cu) enthalten. Die Form der ersten Untermetallschicht 482 in Dickenrichtung z betrachtet kann zum Beispiel die gleiche sein wie die der ersten Untermetallschicht 482 der Halbleitervorrichtung A1. Die zweite Untermetallschicht 483 ist zum Beispiel mit einem leitfähigen Bondingbauteil 49 elektrisch an den ersten leitfähigen Abschnitt 32A oder den zweiten leitfähigen Abschnitt 32B gebondet.

[0128] Der verbindende leitfähige Abschnitt 485 der vorliegenden Ausführungsform kann eine Konfiguration aufweisen, die als „Durchgangslochleitungsabschnitt“ bezeichnet wird. Durch die Unterisolierschicht 481, die erste Untermetallschicht 482 und die zweite Untermetallschicht 483 ist ein Durchgangsloch gebildet, und der verbindende leitfähige Abschnitt 485 ist aus einer Metallplattierungsschicht zusammengesetzt, die auf der Innenoberfläche des Durchgangslochs ausgebildet ist.

[0129] Die vorliegende Ausführungsform ermöglicht es außerdem, eine größere Vielfalt von leitfähigen Pfaden zum Hauptsubstrat 3 einzustellen. Wie aus der vorliegenden Ausführungsform ersichtlich, ist die spezifische Konfiguration des ersten Untersubstrats 48A und des zweiten Untersubstrats 48B nicht besonders beschränkt. Das erste Untersubstrat 48A und das zweite Untersubstrat 48B, die aus Glas-Epoxidharz-Substraten zusammengesetzt sind, sind geeignet, um der ersten Untermetallschicht 482 eine gute Form zu verleihen.

[0130] Erste Variante der dritten Ausführungsform: **Fig. 32** und **33** zeigen eine erste Variante der Halbleitervorrichtung A3. Eine Halbleitervorrichtung A31 der vorliegenden Variante unterscheidet sich von denen in den oben beschriebenen Ausführungsformen in der Konfiguration des verbindenden leitfähigen Abschnitts 485.

[0131] In der vorliegenden Variante ist am Ende der Unterisolierschicht 481 auf der y1-Seite in der zwei-

ten Richtung y eine vertiefte Nut ausgebildet, die sich in der Dickenrichtung z erstreckt. Der verbindende leitfähige Abschnitt 485 ist ausgebildet, um die Nut zu bedecken, und verbindet die erste Untermetallschicht 482 und die zweite Untermetallschicht 483 elektrisch.

[0132] Die vorliegende Variante ermöglicht es außerdem, eine größere Vielfalt von leitfähigen Pfaden zum Hauptsubstrat 3 einzustellen. Wie aus der vorliegenden Variante hervorgeht, ist die spezifische Konfiguration des verbindenden leitfähigen Abschnitts 485 nicht besonders beschränkt. Gemäß der vorliegenden Variante wird erwartet, dass das leitfähige Bondingbauteil 49 entlang des verbindenden leitfähigen Abschnitts 485 anhaftet, wie in **Fig. 33** gezeigt. Dies ist geeignet, um die Bondingstärke zwischen dem ersten Untersubstrat 48A und dem ersten leitfähigen Abschnitt 32A zu erhöhen.

[0133] Die Halbleitervorrichtung und das Fahrzeug gemäß der vorliegenden Offenbarung sind nicht auf die vorstehend beschriebenen Ausführungsformen beschränkt. An den spezifischen Konfigurationen der Elemente der Halbleitervorrichtung und dem Fahrzeug gemäß der vorliegenden Offenbarung können verschiedene Konstruktionsänderungen vorgenommen werden.

Klausel 1A.

[0134] Eine Halbleitervorrichtung, aufweisend:

ein Hauptsubstrat, mit einer ersten Hauptmetallschicht;

ein erstes Halbleiterelement, das von dem Hauptsubstrat getragen wird;

ein erstes Untersubstrat, das von dem Hauptsubstrat getragen wird; und

ein Versiegelungsharz, das das erste Halbleiterelement bedeckt,

wobei das erste Untersubstrat eine Unterisolierschicht sowie eine erste Untermetallschicht und eine zweite Untermetallschicht aufweist, die die Unterisolierschicht in einer Dickenrichtung flankieren,

die zweite Untermetallschicht elektrisch an die erste Hauptmetallschicht gebondet ist,

die erste Untermetallschicht eine erste Region aufweist und

das erste Untersubstrat ferner einen verbindenden leitfähigen Abschnitt aufweist, der die erste Region und die zweite Untermetallschicht elektrisch verbindet.

Klausel 2A.

[0135] Die Halbleitervorrichtung nach Klausel 1A, wobei das erste Halbleiterelement elektrisch an die erste Hauptmetallschicht gebondet ist.

Klausel 3A.

[0136] Die Halbleitervorrichtung nach Klausel 1A oder 2A, ferner aufweisend einen ersten Steueranschluss, der elektrisch mit der ersten Region verbunden ist und aus dem Versiegelungsharz vorsteht.

Klausel 4A.

[0137] Die Halbleitervorrichtung nach Klausel 3A, wobei die erste Untermetallschicht ferner eine zweite Region aufweist, die von der ersten Region beabstandet ist.

Klausel 5A.

[0138] Die Halbleitervorrichtung nach Klausel 4A, wobei der erste Steueranschluss von der zweiten Region getragen wird.

Klausel 6A.

[0139] Die Halbleitervorrichtung nach Klausel 5A, ferner aufweisend einen ersten Draht, der mit der ersten Region und der zweiten Region verbunden ist.

Klausel 7A.

[0140] Halbleitervorrichtung nach Klausel 6A, wobei die erste Untermetallschicht ferner eine dritte Region aufweist, die von der ersten Region und der zweiten Region beabstandet ist und sich zwischen der ersten Region und der zweiten Region befindet.

Klausel 8A.

[0141] Die Halbleitervorrichtung nach Klausel 6A oder 7A, wobei die erste Untermetallschicht eine Basisschicht und eine Oberflächenmetallschicht aufweist.

Klausel 9A.

[0142] Die Halbleitervorrichtung nach Klausel 8A, wobei die Basisschicht Cu aufweist.

Klausel 10A.

[0143] Die Halbleitervorrichtung nach Klausel 9A, wobei die Oberflächenmetallschicht Ni enthält.

Klausel 11A.

[0144] Die Halbleitervorrichtung nach Klausel 10A, wobei die erste Untermetallschicht Cu enthält.

Klausel 12A.

[0145] Die Halbleitervorrichtung nach Klausel 11A, wobei der erste Draht Al enthält.

Klausel 13A.

[0146] Die Halbleitervorrichtung nach einer der Klauseln 1A bis 12A, wobei die zweite Untermetallschicht durch ein leitfähiges Bondingbauteil elektrisch an die erste Hauptmetallschicht gebondet ist.

Klausel 14A.

[0147] Die Halbleitervorrichtung nach einer der Klauseln 1A bis 12A, wobei die zweite Untermetallschicht durch Laserbonden elektrisch an die erste Hauptmetallschicht gebondet ist.

Klausel 15A.

[0148] Die Halbleitervorrichtung nach Klausel 14A, wobei die zweite Untermetallschicht einen durch Laserbonden gebildeten Bondingabschnitt aufweist und die zweite Untermetallschicht eine Öffnung aufweist, die den Bondingabschnitt in Dickenrichtung betrachtet umgibt.

Klausel 16A.

[0149] Die Halbleitervorrichtung nach einer der Klauseln 1A bis 15A, wobei die Unterisolierschicht eine Keramik enthält.

Klausel 17A.

[0150] Die Halbleitervorrichtung nach einer der Klauseln 1A bis 15A, wobei das Unterisoliersubstrat ein Glasepoxidharz enthält.

Klausel 18A.

[0151] Fahrzeug, aufweisend:

eine Antriebsquelle und

die Halbleitervorrichtung nach einer der Klauseln 1A bis 17A,

wobei die Halbleitervorrichtung elektrisch mit der Antriebsquelle verbunden ist.

[0152] Im Folgenden werden vierte bis sechste Ausführungsformen gemäß der vorliegenden Offenbarung unter Bezugnahme auf **Fig. 34 bis 67** beschrieben. **Fig. 34 bis 55** zeigen eine Halbleitervorrichtung

gemäß der vierten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung. Eine Halbleitervorrichtung A1 der vorliegenden Ausführungsform weist eine Vielzahl von ersten Halbleiterelementen 10A auf, eine Vielzahl von zweiten Halbleiterelementen 10B, einen Thermistor 17, ein Trägersubstrat 3, einen ersten Anschluss 41, einen zweiten Anschluss 42, eine Vielzahl von dritten Anschlüssen 43, einen vierten Anschluss 44, eine Vielzahl von Steueranschlüssen 45, einen Steueranschlussträger 48, eine dritte leitfähige Komponente 38, Drähte 71 bis 74, ein erste leitfähiges Bauteil 5, ein zweites leitfähiges Bauteil 6 und ein Versiegelungsharz 8.

[0153] **Fig. 34** ist eine perspektivische Ansicht, die die Halbleitervorrichtung A1 zeigt. **Fig. 35** und **36** sind perspektivische Teilansichten, die jeweils die Halbleitervorrichtung A1 zeigen. **Fig. 37** ist eine Draufsicht, die die Halbleitervorrichtung A1 zeigt. **Fig. 38** ist eine Teildraufsicht, die die Halbleitervorrichtung A1 zeigt. **Fig. 39** ist eine Teilseitenansicht, die die Halbleitervorrichtung A1 zeigt. **Fig. 40** ist eine vergrößerte Teildraufsicht, die die Halbleitervorrichtung A1 zeigt. **Fig. 41** und **42** sind Teildraufsichten, die jeweils die Halbleitervorrichtung A1 zeigen. **Fig. 43** ist eine Seitenansicht, die die Halbleitervorrichtung A1 zeigt. **Fig. 44** ist eine Ansicht von unten, die die Halbleitervorrichtung A1 zeigt. **Fig. 45** ist eine Querschnittsansicht entlang der in **Fig. 38** gezeigten Linie XLV-XLV. **Fig. 46** ist eine Querschnittsansicht entlang der in **Fig. 38** gezeigten Linie XLVI-XLVI. **Fig. 47** und **48** sind teilweise vergrößerte Querschnittsansichten, die jeweils die Halbleitervorrichtung A1 zeigen. **Fig. 49** ist eine Querschnittsansicht entlang der in **Fig. 38** gezeigten Linie XLIX-XLIX. **Fig. 50** ist eine Querschnittsansicht entlang der in **Fig. 38** gezeigten Linie L-L. **Fig. 51** ist eine Querschnittsansicht entlang der in **Fig. 38** gezeigten Linie LI-LI. **Fig. 52** ist eine Querschnittsansicht entlang der in **Fig. 38** gezeigten Linie LII-LII. **Fig. 53** ist eine Querschnittsansicht entlang der in **Fig. 38** gezeigten Linie LIII-LIII. **Fig. 54** ist eine Querschnittsansicht entlang der in **Fig. 42** gezeigten Linie LIV-LIV. **Fig. 55** ist eine Querschnittsansicht der dritten leitfähigen Komponente 38.

[0154] In **Fig. 34 bis 55** ist die Dickenrichtung z die Dickenrichtung in der vorliegenden Offenbarung, die erste Richtung x ist die erste Richtung in der vorliegenden Offenbarung, die zweite Richtung y ist die zweite Richtung in der vorliegenden Offenbarung. Eine Seite in der ersten Richtung x wird als die x1-Seite in der ersten Richtung x bezeichnet und die andere Seite in der ersten Richtung x als die x2-Seite in der ersten Richtung x. Eine Seite in der zweiten Richtung y wird als die y1-Seite in der zweiten Richtung y bezeichnet und die andere Seite in der zweiten Richtung y als die y2-Seite in der zweiten Richtung y. Eine Seite in der Dickenrichtung z wird als die z1-Seite in Dickenrichtung z bezeichnet und

die andere Seite in der Dickenrichtung z als die z2-Seite in der Dickenrichtung z.

[0155] Jedes von den ersten Halbleiterelementen 10A und den zweiten Halbleiterelementen 10B ist eine elektronische Komponente, die den funktionalen Kern der Halbleitervorrichtung A1 bildet. Die ersten Halbleiterelemente 10A und die zweiten Halbleiterelemente 10B sind aus einem Halbleitermaterial hergestellt, das zum Beispiel hauptsächlich Siliziumkarbid (SiC) enthält. Das Halbleitermaterial ist nicht auf SiC beschränkt und kann Silizium (Si), Galliumnitrid (GaN) oder Diamant (C) sein. Jedes der ersten Halbleiterelemente 10A und der zweiten Halbleiterelemente 10B ist ein Leistungshalbleiterchip mit einer Schaltfunktion, wie zum Beispiel ein MOSFET (Metall-Oxid-Halbleiter-Feldeffekttransistor). Die ersten Halbleiterelemente 10A und die zweiten Halbleiterelemente 10B sind in der vorliegenden Ausführungsform MOSFETs, können in anderen Beispielen jedoch auch andere Transistoren wie IGBTs (Bipolartransistoren mit isoliertem Gate) sein. Die ersten Halbleiterelemente 10A und die zweiten Halbleiterelemente 10B sind identisch miteinander. Die ersten Halbleiterelemente 10A und die zweiten Halbleiterelemente 10B sind n-Kanal-MOSFETs, können aber stattdessen auch p-Kanal-MOSFETs sein.

[0156] Wie in **Fig. 47** und **48** gezeigt, weist jedes der ersten Halbleiterelemente 10A und der zweiten Halbleiterelemente 10B eine Element-Vorderseite 101 und eine Element-Rückseite 102 auf. Bei jedem der ersten Halbleiterelemente 10A und der zweiten Halbleiterelemente 10B sind die Element-Vorderseite 101 und die Element-Rückseite 102 in Dickenrichtung z voneinander beabstandet. Die Element-Vorderseite 101 ist in Dickenrichtung z der z1-Seite zugewandt, und die Element-Rückseite 102 ist in Dickenrichtung z der z2-Seite zugewandt.

[0157] In der vorliegenden Offenbarung weist die Halbleitervorrichtung A1 vier erste Halbleiterelemente 10A und vier zweite Halbleiterelemente 10B auf. Die Anzahl der ersten Halbleiterelemente 10A und die Anzahl der zweiten Halbleiterelemente 10B sind jedoch nicht auf das vorliegende Beispiel beschränkt und können entsprechend der erforderlichen Leistungsfähigkeit der Halbleitervorrichtung A1 nach Bedarf geändert werden. In dem in **Fig. 41** und **42** gezeigten Beispiel sind vier erste Halbleiterelemente 10A und vier zweite Halbleiterelemente 10B angeordnet. Die Anzahl der ersten Halbleiterelemente 10A und die Anzahl der zweiten Halbleiterelemente 10B können zwei oder drei oder fünf oder mehr betragen. Die Anzahl der ersten Halbleiterelemente 10A kann gleich oder verschieden von der Anzahl der zweiten Halbleiterelemente 10B sein. Die Anzahlen der ersten Halbleiterelemente 10A und der zweiten Halbleiterelemente 10B werden

gemäß der Strombelastbarkeit bestimmt, die von der Halbleitervorrichtung A1 bewältigt wird.

[0158] Die Halbleitervorrichtung A1 ist zum Beispiel als Halbbrückenschaltkreis konfiguriert. In diesem Fall bilden die ersten Halbleiterelemente 10A eine Schaltung des oberen Zweigs der Halbleitervorrichtung A1, und die zweiten Halbleiterelemente 10B bilden eine Schaltung des unteren Zweigs. In der Schaltung des oberen Zweigs sind die ersten Halbleiterelemente 10A parallel geschaltet. In der Schaltung des unteren Zweigs sind die zweiten Halbleiterelemente 10B ebenfalls parallel geschaltet. Jedes erste Halbleiterelement 10A ist in Reihe mit einem zweiten Halbleiterelement 10B geschaltet, um eine Brückenschicht zu bilden.

[0159] Wie insbesondere in **Fig. 41, 42** und **52** gezeigt, sind die ersten Halbleiterelemente 10A auf einem später beschriebenen ersten leitfähigen Abschnitt 32A des Trägersubstrats 3 montiert. In dem in **Fig. 41** und **42** gezeigten Beispiel sind die ersten Halbleiterelemente 10A in der zweiten Richtung y ausgerichtet und sind voneinander beabstandet. Jedes der ersten Halbleiterelemente 10A ist über ein erstes leitfähiges Bondingbauteil 19A elektrisch an den ersten leitfähigen Abschnitt 32A gebondet. Jedes der ersten Halbleiterelemente 10A ist an den ersten leitfähigen Abschnitt 32A gebondet, sodass die Element-Rückseite 102 dem ersten leitfähigen Abschnitt 32A zugewandt ist. Anders als in der vorliegenden Ausführungsform können die ersten Halbleiterelemente 10A auf einem Metallbauteil montiert sein, das sich von einem Teil des Substrats unterscheidet, wie einem DBC-Substrat. In diesem Fall entspricht das Metallbauteil dem ersten leitfähigen Abschnitt in der vorliegenden Offenbarung. Das Metallbauteil kann zum Beispiel von dem ersten leitfähigen Abschnitt 32A getragen werden.

[0160] Wie insbesondere in **Fig. 41, 42** und **51** gezeigt, sind die zweiten Halbleiterelemente 10B auf einem unten beschriebenen zweiten leitfähigen Abschnitt 32B des Trägersubstrats 3 montiert. In dem in **Fig. 41** und **42** gezeigten Beispiel sind die zweiten Halbleiterelemente 10B in der zweiten Richtung y ausgerichtet und sind voneinander beabstandet. Jedes der zweiten Halbleiterelemente 10B ist über ein zweites leitfähiges Bondingbauteil 19B elektrisch an den zweiten leitfähigen Abschnitt 32B gebondet. Jedes der zweiten Halbleiterelemente 10B ist an den zweiten leitfähigen Abschnitt 32B gebondet, sodass die Element-Rückseite 102 dem zweiten leitfähigen Abschnitt 32B zugewandt ist. Wie aus **Fig. 42** ersichtlich ist, überlappen die ersten Halbleiterelemente 10A und die zweiten Halbleiterelemente 10B einander in der ersten Richtung x betrachtet, aber diese Überlappung ist nicht notwendig. Anders als in der vorliegenden Ausführungsform können die zweiten Halbleiterelemente 10B auf

einem Metallbauteil montiert sein, das sich von einem Teil des Substrats unterscheidet, wie einem DBC-Substrat. In diesem Fall entspricht das Metallbauteil dem zweiten leitfähigen Abschnitt in der vorliegenden Offenbarung. Das Metallbauteil kann zum Beispiel von dem zweiten leitfähigen Abschnitt 32B getragen werden.

[0161] Jedes der ersten Halbleiterelemente 10A und der zweiten Halbleiterelemente 10B weist eine erste Vorderseitenelektrode 11, eine zweite Vorderseitenelektrode 12, eine dritte Vorderseitenelektrode 13 und eine Rückseitenelektrode 15 auf. Die nachstehend angegebene Beschreibung der Konfigurationen der ersten Vorderseitenelektrode 11, der zweiten Vorderseitenelektrode 12, der dritten Vorderseitenelektrode 13 und der Rückseitenelektrode 15 gilt allgemein für alle ersten Halbleiterelemente 10A und zweiten Halbleiterelemente 10B. Die erste Vorderseitenelektrode 11, die zweite Vorderseitenelektrode 12 und die dritte Vorderseitenelektrode 13 sind auf der Element-Vorderseite 101 eingerichtet. Die erste Vorderseitenelektrode 11, die zweite Vorderseitenelektrode 12 und die dritte Vorderseitenelektrode 13 sind durch einen nicht dargestellten Isolierfilm isoliert. Die Rückseitenelektrode 15 ist auf der Element-Rückseite 102 eingerichtet. Die erste Vorderseitenelektrode 11 ist zum Beispiel eine Gate-Elektrode und empfängt ein Ansteuersignal (z. B. Gate-Spannung), das eingegeben wird, um das erste Halbleiterelement 10A (das zweite Halbleiterelement 10B) anzusteuern. Die zweite Vorderseitenelektrode 12 des ersten Halbleiterelements 10A (des zweiten Halbleiterelements 10B) ist zum Beispiel eine Source-Elektrode und leitet einen Source-Strom. Die zweite Vorderseitenelektrode 12 der vorliegenden Ausführungsform weist einen Gate-Finger 121 auf. Der Gate-Finger 121 ist ein linearer Isolator, der sich zum Beispiel in der ersten Richtung x erstreckt und die zweite Vorderseitenelektrode 12 in der zweiten Richtung y in zwei Regionen unterteilt. Die dritte Vorderseitenelektrode 13 ist zum Beispiel eine Source-Erfassungselektrode und leitet den Source-Strom. Die Rückseitenelektrode 15 ist zum Beispiel eine Drain-Elektrode und leitet einen Drain-Strom. Die Rückseitenelektrode 15 bedeckt im Wesentlichen die Gesamtheit der Element-Rückseite 102. Die Rückseitenelektrode 15 wird zum Beispiel durch Plattieren mit Silber (Ag) ausgebildet.

[0162] Jedes erste Halbleiterelement 10A (jedes zweite Halbleiterelement 10B) wechselt zwischen einem leitenden Zustand und einem nichtleitenden Zustand als Reaktion auf ein Ansteuersignal (Gate-Spannung), das in die erste Vorderseitenelektrode 11 (die Gate-Elektrode) eingegeben wird. Im leitenden Zustand fließt ein Strom von der Rückseitenelektrode 15 (der Drain-Elektrode) zu der zweiten Vorderseitenelektrode 12 (der Source-Elektrode). Im nichtleitenden Zustand fließt der Strom nicht. Kurz gesagt,

führt jedes erste Halbleiterelement 10A (jedes zweite Halbleiterelement 10B) einen Schaltvorgang durch. Mit den Schaltfunktionen der ersten Halbleiterelemente 10A und der zweiten Halbleiterelemente 10B wandelt die Halbleitervorrichtung A1 zum Beispiel die zwischen dem vierten Anschluss 44 und jedem von dem ersten Anschluss 41 und dem zweiten Anschluss 42 eingegebene Gleichspannung in Wechselfeldspannung um und gibt die Wechselfeldspannung aus den dritten Anschlüssen 43 aus.

[0163] Der Thermistor 17 wird als Temperaturdetektions- bzw. -erfassungssensor verwendet. Es ist zu beachten, dass die Halbleitervorrichtung A1 zum Beispiel zusätzlich zum Thermistor 17 eine Temperaturerfassungsdioden einschließen kann oder keinen Thermistor 17 einschließen muss.

[0164] Das Trägersubstrat 3 trägt die ersten Halbleiterelemente 10A und die zweiten Halbleiterelemente 10B. Die spezifische Konfiguration des Trägersubstrats 3 ist nicht besonders beschränkt. Zum Beispiel kann das Trägersubstrat 3 ein Direct-Bonded-Copper-Substrat (DBC-Substrat) oder ein Aktivmetalllötsubstrat (AMB-Substrat) sein. Das Trägersubstrat 3 weist eine Isolierschicht 31, eine Oberflächenmetallschicht 32 und eine Rückoberflächenmetallschicht 33 ein. Die Oberflächenmetallschicht 32 weist den ersten leitfähigen Abschnitt 32A und den zweiten leitfähigen Abschnitt 32B auf. Der erste leitfähige Abschnitt 32A entspricht der ersten leitfähigen Komponente in der vorliegenden Offenbarung. Die Abmessung des Trägersubstrats 3 in Dickenrichtung z beträgt zum Beispiel mindestens 0,4 mm und höchstens 3,0 mm.

[0165] Die Isolierschicht 31 ist zum Beispiel aus einem Keramikmaterial mit hervorragender Wärmeleitfähigkeit hergestellt. Beispiele für ein solches Keramikmaterial schließen Siliziumnitrid (SiN) ein. Das Material der Isolierschicht 31 ist nicht auf Keramik beschränkt und kann zum Beispiel eine isolierende Harzplatte sein. Die Isolierschicht 31 ist in Draufsicht zum Beispiel rechteckig. Die Abmessung der Isolierschicht 31 in der Dickenrichtung z beträgt zum Beispiel mindestens 0,05 mm und höchstens 1,0 mm.

[0166] Der erste leitfähige Abschnitt 32A trägt die ersten Halbleiterelemente 10A, und der zweite leitfähige Abschnitt 32B trägt die zweiten Halbleiterelemente 10B. Der erste leitfähige Abschnitt 32A und der zweite leitfähige Abschnitt 32B sind auf der oberen Oberfläche (der Oberfläche, die in der Dickenrichtung z der z1-Seite zugewandt ist) der Isolierschicht 31 ausgebildet. Das Konstituierende Material jedes von dem ersten leitfähigen Abschnitt 32A und dem zweiten leitfähigen Abschnitt 32B enthält zum Beispiel Kupfer (Cu). Das konstituierende Material kann zum Beispiel Aluminium (Al) statt Kupfer

fer (Cu) enthalten. Der erste leitfähige Abschnitt 32A und der zweite leitfähige Abschnitt 32B sind in der ersten Richtung x voneinander beabstandet. Der erste leitfähige Abschnitt 32A befindet sich von dem zweiten leitfähigen Abschnitt 32B in der ersten Richtung x auf der x1-Seite. Jeder von dem ersten leitfähigen Abschnitt 32A und dem zweiten leitfähigen Abschnitt 32B ist in Draufsicht zum Beispiel rechteckig. Der erste leitfähige Abschnitt 32A und der zweite leitfähige Abschnitt 32B bilden zusammen mit dem ersten leitfähigen Bauteil 5 und dem zweiten leitfähigen Bauteil 6 den Pfad des Hauptschaltungsstroms, der von den ersten Halbleiterelementen 10A und den zweiten Halbleiterelementen 10B geschaltet wird.

[0167] Der erste leitfähige Abschnitt 32A weist eine erste vorderseitige Oberfläche 301A auf. Die erste vorderseitige Oberfläche 301A ist eine flache Oberfläche, die in Dickenrichtung z der z1-Seite zugewandt ist. Jedes der ersten Halbleiterelemente 10A ist über ein erstes leitfähiges Bondingbauteil 19A an die erste vorderseitige Oberfläche 301A des ersten leitfähigen Abschnitts 32A gebondet. Der zweite leitfähige Abschnitt 32B weist eine zweite vorderseitige Oberfläche 301B auf. Die zweite vorderseitige Oberfläche 301B ist eine flache Oberfläche, die in Dickenrichtung z der z1-Seite zugewandt ist. Jedes der zweiten Halbleiterelemente 10B ist über das leitfähige Bondingbauteil 19B an die zweite vorderseitige Oberfläche 301B des zweiten leitfähigen Abschnitts 32B gebondet. Das konstituierende Material jedes von den ersten leitfähigen Bondingbauteilen 19A und den zweiten leitfähigen Bondingbauteilen 19B ist nicht besonders beschränkt und Beispiele schließen Lötmittel, Metallpaste, die ein Metall wie Silber (Ag) enthält, oder ein gesintertes Metall, das ein Metall wie Silber (Ag) enthält, ein. Die Abmessung jedes von dem ersten leitfähigen Abschnitt 32A und dem zweiten leitfähigen Abschnitt 32B in Dickenrichtung z kann zum Beispiel mindestens 0,1 mm und höchstens 1,5 mm betragen.

[0168] Die Rückoberflächenmetallschicht 33 ist auf der unteren Oberfläche (der Oberfläche, die in Dickenrichtung z der z2-Seite zugewandt ist) der Isolierschicht 31 ausgebildet. Das konstituierende Material der Rückoberflächenmetallschicht 33 ist das gleiche wie das der Oberflächenmetallschicht 32. Die Rückoberflächenmetallschicht 33 weist eine rückseitige Oberfläche 302 auf. Die rückseitige Oberfläche 302 ist eine flache Oberfläche, die in Dickenrichtung z der z1-Seite zugewandt ist. In dem in **Fig. 44** gezeigten Beispiel ist die rückseitige Oberfläche 302 zum Beispiel von dem Versiegelungsharz 8 freiliegend. An der rückseitigen Oberfläche 302 kann ein Wärmeableitungsbauteil (z.B. ein Kühlkörper) angebracht sein, was in den Figuren nicht gezeigt ist. In einem anderen Beispiel kann die rückseitige Oberfläche 302 von dem Versiegelungsharz 8 nicht

freiliegen und kann mit dem Versiegelungsharz 8 bedeckt sein. In Draufsicht überlappt sich die Rückseitenoberflächenmetallschicht 33 sowohl mit dem ersten leitfähigen Abschnitt 32A als auch mit dem zweiten leitfähigen Abschnitt 32B.

[0169] Der erste Anschluss 41, der zweite Anschluss 42, die dritten Anschlüsse 43 und der vierte Anschluss 44 sind mit Metallplatten hergestellt. Die Metallplatten können zum Beispiel Kupfer (Cu) oder eine Kupferlegierung (Cu) enthalten. In dem in **Fig. 34 bis 38, 41, 42 und 44** gezeigten Beispiel weist die Halbleitervorrichtung A1 einen ersten Anschluss 41, einen zweiten Anschluss 42, einen vierten Anschluss 44 und zwei dritte Anschlüsse 43 auf, aber die jeweiligen Anzahlen dieser Anschlüsse sind nicht besonders eingeschränkt.

[0170] Der erste Anschluss 41, der zweite Anschluss 42 und der vierte Anschluss 44 sind Eingangsanschlüsse für die umzuwandelnde Gleichspannung. Der vierte Anschluss 44 ist eine positive Elektrode (P-Anschluss), und der erste Anschluss 41 und der zweite Anschluss 42 sind negative Elektroden (N-Anschlüsse). Die dritten Anschlüsse 43 sind Ausgangsanschlüsse für die aus der Leistungsumwandlung durch die ersten Halbleiterelemente 10A und die zweiten Halbleiterelemente 10B resultierenden Wechselspannung. Jeder von dem ersten Anschluss 41, dem zweiten Anschluss 42, den dritten Anschlüssen 43 und dem vierten Anschluss 44 weist einen mit dem Versiegelungsharz 8 bedeckten Abschnitt und einen von dem Versiegelungsharz 8 freiliegenden Abschnitt auf.

[0171] Wie in **Fig. 46** gezeigt, ist der vierte Anschluss 44 elektrisch an den ersten leitfähigen Abschnitt 32A gebondet. Das Verfahren zum elektrischen Bonden ist nicht besonders beschränkt und kann je nach Bedarf Ultraschallbonden, Laserbonden, Schweißen oder Bonden mit Lötmedium, Metallpaste oder gesintertem Silber sein. Wie insbesondere in **Fig. 41 und 42** gezeigt, befindet sich der vierte Anschluss 44 in der ersten Richtung x von den ersten Halbleiterelementen 10A und dem ersten leitfähigen Abschnitt 32A aus auf der x1-Seite. Der vierte Anschluss 44 ist elektrisch mit dem ersten leitfähigen Abschnitt 32A und auch über den ersten leitfähigen Abschnitt 32A mit den Rückseitenelektroden 15 (den Drain-Elektroden) der ersten Halbleiterelemente 10A verbunden.

[0172] Der erste Anschluss 41 und der zweite Anschluss 42 sind elektrisch mit dem zweiten leitfähigen Bauteil 6 verbunden. In der vorliegenden Ausführungsform sind der erste Anschluss 41 und das zweite leitfähige Bauteil 6 einstückig ausgebildet. Der erste Anschluss 41 und das zweite leitfähige Bauteil 6, die einstückig ausgebildet sind, weisen kein Bondingmaterial oder keine Fügeverbindung

auf, und sie können zum Beispiel durch Schneiden und Biegen einer einzigen Metallplatte ausgebildet sein. In der vorliegenden Ausführungsform sind der zweite Anschluss 42 und das zweite leitfähige Bauteil 6 ebenfalls einstückig ausgebildet. Solange der erste Anschluss 41 und der zweite Anschluss 42 elektrisch mit dem zweiten leitfähigen Bauteil 6 verbunden sind, können sie separate Komponenten sein, im Gegensatz zur vorliegenden Ausführungsform, und können Bondingabschnitte einschließen, die an das zweite leitfähige Bauteil 6 gebondet sind. Wie insbesondere in **Fig. 35** und **38** gezeigt, befinden sich der erste Anschluss 41 und der zweite Anschluss 42 in der ersten Richtung x von den ersten Halbleiterelementen 10A und dem ersten leitfähigen Abschnitt 32A aus auf der x1-Seite. Der erste Anschluss 41 und der zweite Anschluss 42 sind elektrisch mit dem zweiten leitfähigen Bauteil 6 verbunden und auch über das zweite leitfähige Bauteil 6 mit den zweiten Vorderseitenelektroden 12 (den Source-Elektroden) der jeweiligen zweiten Halbleiterelemente 10B verbunden.

[0173] Wie in **Fig. 34** bis **38** und insbesondere **44** gezeigt, stehen der erste Anschluss 41, der zweite Anschluss 42 und der vierte Anschluss 44 der Halbleitervorrichtung A1 in der ersten Richtung x zur x1-Seite hin aus dem Versiegelungsharz 8 hervor. Der erste Anschluss 41, der zweite Anschluss 42 und der vierte Anschluss 44 sind voneinander beabstandet. Der erste Anschluss 41 und der zweite Anschluss 42 liegen einander in der zweiten Richtung y über den vierten Anschluss 44 hinweg gegenüber. Der erste Anschluss 41 befindet sich vom vierten Anschluss 44 aus in der zweiten Richtung y auf der y1-Seite, und der zweite Anschluss 42 befindet sich vom vierten Anschluss 44 aus in der zweiten Richtung y auf der y2-Seite. Der erste Anschluss 41, der zweite Anschluss 42 und der vierte Anschluss 44 überlappen einander in der zweiten Richtung y betrachtet.

[0174] Wie aus **Fig. 41**, **42** und **45** ersichtlich, sind die beiden dritten Anschlüsse 43 elektrisch an den zweiten leitfähigen Abschnitt 32B gebondet. Das Verfahren zum elektrischen Bonden ist nicht besonders beschränkt und kann je nach Bedarf Ultraschallbonden, Laserbonden, Schweißen oder Bonden mit Lötmedium, Metallpaste oder gesintertem Silber sein. Wie insbesondere in **Fig. 41** gezeigt, befinden sich die zwei dritten Anschlüsse 43 in der ersten Richtung x von den zweiten Halbleiterelementen 10B und dem zweiten leitfähigen Abschnitt 32B aus auf der x2-Seite. Die dritten Anschlüsse 43 sind elektrisch mit dem zweiten leitfähigen Abschnitt 32B und auch über den zweiten leitfähigen Abschnitt 32B mit den Rückseitenelektroden 15 (den Drain-Elektroden) der zweiten Halbleiterelemente 10B verbunden. Es ist zu beachten, dass die Anzahl der dritten Anschlüsse 43 nicht auf zwei beschränkt ist und eins oder drei oder mehr betragen kann. Falls ein

dritter Anschluss 43 bereitgestellt wird, ist der dritte Anschluss 43 vorzugsweise mit dem zentralen Abschnitt des zweiten leitfähigen Abschnitts 32B in der zweiten Richtung y verbunden.

[0175] Die Steueranschlüsse 45 sind stiftartige Anschlüsse zum Steuern der ersten Halbleiterelemente 10A und der zweiten Halbleiterelemente 10B. Die Steueranschlüsse 45 schließen eine Vielzahl von ersten Steueranschlüssen 46A bis 46E und eine Vielzahl von zweiten Steueranschlüssen 47A bis 47D ein. Die ersten Steueranschlüsse 46A bis 46E werden zum Beispiel zum Steuern der ersten Halbleiterelemente 10A verwendet. Die zweiten Steueranschlüsse 47A bis 47D werden zum Beispiel zum Steuern der zweiten Halbleiterelemente 10B verwendet.

[0176] Die ersten Steueranschlüsse 46A bis 46E sind in der zweiten Richtung y voneinander beabstandet. Wie insbesondere in **Fig. 41**, **46** und **53** gezeigt, werden die ersten Steueranschlüsse 46A bis 46E über den Steueranschlussträger 48 (einen später beschriebenen ersten Trägerabschnitt 48A) von dem ersten leitfähigen Abschnitt 32A getragen. Wie in **Fig. 38** und **41** gezeigt, befinden sich die ersten Steueranschlüsse 46A bis 46E in der ersten Richtung x zwischen den ersten Halbleiterelementen 10A und den ersten, zweiten und vierten Anschlüssen 41, 42 und 44.

[0177] Der erste Steueranschluss 46A ist ein Anschluss (ein Gate-Anschluss) zum Empfangen eines Eingangs eines Ansteuersignals für die ersten Halbleiterelemente 10A. Der erste Steueranschluss 46A empfängt ein Ansteuersignal (z. B. Gate-Spannung) zum Ansteuern der ersten Halbleiterelemente 10A.

[0178] Der erste Steueranschluss 46B ist ein Anschluss (ein Source-Erfassungsanschluss) zum Detektieren bzw. Erfassen des Source-Signals der ersten Halbleiterelemente 10A. Die an die zweiten Vorderseitenelektroden 12 (die Source-Elektroden) der ersten Halbleiterelemente 10A angelegte Spannung (die dem Source-Strom entsprechende Spannung) wird am ersten Steueranschluss 46B detektiert.

[0179] Die ersten Steueranschlüsse 46C und 46D sind elektrisch mit dem Thermistor 17 verbunden.

[0180] Der erste Steueranschluss 46E ist ein Anschluss (ein Drain-Erfassungsanschluss) zum Detektieren des Drain-Signals der ersten Halbleiterelemente 10A. Die an die zweiten Rückseitenelektroden 15 (die Drain-Elektroden) der ersten Halbleiterelemente 10A angelegte Spannung (die dem Drain-Strom entsprechende Spannung) wird am ersten Steueranschluss 46E detektiert.

[0181] Die zweiten Steueranschlüsse 47A bis 47D sind in der zweiten Richtung y voneinander beabstandet. Wie insbesondere in **Fig. 41** und **46** gezeigt, werden die zweiten Steueranschlüsse 47A bis 47D über den Steueranschlussträger 48 (ein später beschriebener zweiter Trägerabschnitt 48B) von dem zweiten leitfähigen Abschnitt 32B getragen. Wie in **Fig. 38** und **41** gezeigt, befinden sich die zweiten Steueranschlüsse 47A bis 47D in der ersten Richtung x zwischen den zweiten Halbleiterelementen 10B und den beiden dritten Anschlüssen 43.

[0182] Der zweite Steueranschluss 47A ist ein Anschluss (ein Gate-Anschluss) zum Empfangen eines Eingangs eines Ansteuersignals für die zweiten Halbleiterelemente 10B. Der zweite Steueranschluss 47A empfängt ein Ansteuersignal (z. B. Gate-Spannung) zum Ansteuern der zweiten Halbleiterelemente 10B. Der zweite Steueranschluss 47B ist ein Anschluss (ein Source-Erfassungsanschluss) zum Detektieren des Source-Signals der zweiten Halbleiterelemente 10B. Die an die zweiten Vorderseitelektroden 12 (die Source-Elektroden) der zweiten Halbleiterelemente 10B angelegte Spannung (die dem Source-Strom entsprechende Spannung) wird am zweiten Steueranschluss 47B detektiert. Die zweiten Steueranschlüsse 47C und 47D sind elektrisch mit dem Thermistor 17 verbunden.

[0183] Jeder der Steueranschlüsse 45 (der ersten Steueranschlüsse 46A bis 46E und der zweiten Steueranschlüsse 47A bis 47D) weist einen Halter 451 und einen Metallstift 452 auf.

[0184] Der Halter 451 ist aus einem leitfähigen Material hergestellt. Wie in **Fig. 47** und **48** gezeigt, ist der Halter 451 über ein leitfähiges Bondingbauteil 459 an den Steueranschlussträger 48 (eine unten beschriebene erste Metallschicht 482) gebondet. Der Halter 451 weist einen röhrenförmigen Abschnitt, einen oberen Flansch und einen unteren Flansch auf. Der obere Flansch ist mit dem oberen Ende des röhrenförmigen Abschnitts verbunden, und der untere Flansch ist mit dem unteren Ende des röhrenförmigen Abschnitts verbunden. Der Metallstift 452 wird durch mindestens den oberen Flansch und den röhrenförmigen Abschnitt des Halters 451 eingeführt. Der Halter 451 ist mit dem Versiegelungsharz 8 (einem unten beschriebenen zweiten Vorsprung 852) bedeckt.

[0185] Der Metallstift 452 ist ein stabartiges Bauteil, das sich in Dickenrichtung z erstreckt. Der Metallstift 452 ist in den Halter 451 eingepresst und wird durch den Halter 451 getragen. Der Metallstift 452 ist mindestens über den Halter 451 elektrisch mit dem Steueranschlussträger 48 (der unten beschriebenen ersten Metallschicht 482) verbunden. Wenn das untere Ende (das Ende auf der z2-Seite in Dickenrichtung z) des Metallstifts 452 mit dem leitfähigen

Bondingbauteil 459 im Einführloch des Halters 451 in Kontakt steht, wie in dem in **Fig. 47** und **48** gezeigten Beispiel, wird die elektrische Verbindung des Metallstifts 452 mit dem Steueranschlussträger 48 ebenfalls über das leitfähige Bondingbauteil 459 hergestellt.

[0186] Der Steueranschlussträger 48 trägt die Steueranschlüsse 45. In Dickenrichtung z befindet sich der Steueranschlussträger 48 zwischen der ersten und der zweiten vorderseitigen Oberfläche 301A und 301B und der Vielzahl von Steueranschlüssen 45.

[0187] Der Steueranschlussträger 48 weist einen ersten Trägerabschnitt 48A und einen zweiten Trägerabschnitt 48B auf. Der erste Trägerabschnitt 48A ist auf dem ersten leitfähigen Abschnitt 32A eingerichtet und trägt die ersten Steueranschlüsse 46A bis 46E aus der Vielzahl von Steueranschlüssen 45. Wie in **Fig. 47** gezeigt, ist der erste Trägerabschnitt 48A über ein Bondingbauteil 49 an den ersten leitfähigen Abschnitt 32A gebondet. Das Bondingbauteil 49 kann entweder leitfähig oder isolierend sein, und in einem Beispiel wird Lötmedium verwendet. Der zweite Trägerabschnitt 48B ist auf dem zweiten leitfähigen Abschnitt 32B eingerichtet und trägt die zweiten Steueranschlüsse 47A bis 47D aus der Vielzahl von Steueranschlüssen 45. Wie in **Fig. 48** gezeigt, ist der zweite Trägerabschnitt 48B über ein Bondingbauteil 49 an den zweiten leitfähigen Abschnitt 32B gebondet.

[0188] Der Steueranschlussträger 48 (jeder von dem ersten Trägerabschnitt 48A und dem zweiten Trägerabschnitt 48B) kann zum Beispiel aus einem Direct-Bonded-Copper-Substrat (DBC-Substrat) zusammengesetzt sein. Der Steueranschlussträger 48 weist einen Stapel aus einer Isolierschicht 481, einer ersten Metallschicht 482 und einer zweiten Metallschicht 483 auf.

[0189] Die Isolierschicht 481 ist zum Beispiel aus einem Keramikmaterial hergestellt. Die Isolierschicht 481 ist in Draufsicht zum Beispiel rechteckig.

[0190] Wie insbesondere in **Fig. 47** und **48** gezeigt, ist die erste Metallschicht 482 auf der oberen Oberfläche der Isolierschicht 481 ausgebildet. Jeder der Steueranschlüsse 45 steht auf der ersten Metallschicht 482. Die erste Metallschicht 482 enthält zum Beispiel Kupfer (Cu) oder eine Kupfer-Legierung (Cu-Legierung). Wie insbesondere in **Fig. 41** gezeigt, weist die erste Metallschicht 482 eine erste Region 482A, eine zweite Region 482B, eine dritte Region 482C, eine vierte Region 482D, eine fünfte Region 482E und eine sechste Region 482F auf. Die erste Region 482A, die zweite Region 482B, die dritte Region 482C, die vierte Region 482D, die fünfte Region 482E und die sechste Region 482F

sind voneinander beabstandet und voneinander isoliert.

[0191] Eine Vielzahl von Drähten 71 sind an die erste Region 482A gebondet. Die Drähte 71 verbinden die erste Region 482A elektrisch mit den ersten Vorderseitenelektroden 11 (den Gate-Elektroden) der ersten Halbleiterelemente 10A (der zweiten Halbleiterelemente 10B). Eine Vielzahl von Drähten 73 sind an die erste Region 482A und die sechste Region 482F gebondet. Somit ist die sechste Region 482F über die Drähte 73 und 71 elektrisch mit den ersten Vorderseitenelektroden 11 (den Gate-Elektroden) der ersten Halbleiterelemente 10A (der zweiten Halbleiterelemente 10B) verbunden. Wie in **Fig. 41** gezeigt, ist der erste Steueranschluss 46A an die sechste Region 482F des ersten Trägerabschnitts 48A gebondet, und der zweite Steueranschluss 47A ist an die sechste Region 482F des zweiten Trägerabschnitts 48B gebondet.

[0192] Eine Vielzahl von Drähten 72 sind an die zweite Region 482B gebondet. Die Drähte 72 verbinden die zweite Region 482B elektrisch mit den dritten Vorderseitenelektroden 13 (den Source-Erfassungselektroden) der ersten Halbleiterelemente 10A (der zweiten Halbleiterelemente 10). Wie in **Fig. 41** gezeigt, ist der erste Steueranschluss 46B an die zweite Region 482B des ersten Trägerabschnitts 48A gebondet, und der zweite Steueranschluss 47B ist an die zweite Region 482B des zweiten Trägerabschnitts 48B gebondet.

[0193] Der Thermistor 17 ist an die dritte Region 482C und die vierte Region 482D gebondet. Wie in **Fig. 41** gezeigt, sind die ersten Steueranschlüsse 46C und 46D jeweils an die dritte Region 482C und die vierte Region 482D des ersten Trägerabschnitts 48A gebondet. Zusätzlich sind die zweiten Steueranschlüsse 47C und 47D jeweils an die dritte Region 482C und die vierte Region 482D des zweiten Trägerabschnitts 48B gebondet.

[0194] Die fünfte Region 482E ist über einen Draht 74 elektrisch mit dem ersten leitfähigen Abschnitt 32A verbunden. Wie in **Fig. 41** gezeigt, ist der erste Steueranschluss 46E an die fünfte Region 482E des ersten Trägerabschnitts 48A gebondet. Die fünfte Region 482E des zweiten Trägerabschnitts 48B ist mit keinem Element elektrisch verbunden. Die Oberfläche der fünften Region 482E ist mit Nickel (Ni) plattiert, was nicht veranschaulicht ist. Das Konstituierende Material der Drähte 71 bis 74 kann zum Beispiel Gold (Au), Aluminium (Al) oder Kupfer (Cu) enthalten.

[0195] Wie insbesondere in **Fig. 47** und **48** gezeigt, ist die zweite Metallschicht 483 auf der unteren Oberfläche der Isolierschicht 481 ausgebildet. Wie in **Fig. 47** gezeigt, ist die zweite Metallschicht 483 des

ersten Trägerabschnitts 48A über das Bondingbauteil 49 an den ersten leitfähigen Abschnitt 32A gebondet. Wie in **Fig. 48** gezeigt, ist die zweite Metallschicht 483 des zweiten Trägerabschnitts 48B über das Bondingbauteil 49 an den zweiten leitfähigen Abschnitt 32B gebondet.

[0196] Der Draht 74 bondet den ersten leitfähigen Abschnitt 32A und die fünfte Region 482E elektrisch. Der Draht 74 entspricht der zweiten leitfähigen Komponente in der vorliegenden Offenbarung. Der Draht 74 enthält ein zweites Metall. In der vorliegenden Ausführungsform enthält der Draht 74 das zweite Metall als Primärkomponente. Das zweite Metall ist zum Beispiel Aluminium (Al).

[0197] Wie in **Fig. 41, 42** und **45** gezeigt, ist die dritte leitfähige Komponente 38 zwischen der Oberflächenmetallschicht 32 und dem Draht 74 eingerichtet. Die Oberflächenmetallschicht 32 enthält ein erstes Metall. In der vorliegenden Ausführungsform enthält die Oberflächenmetallschicht 32 das erste Metall als Primärkomponente. Das erste Metall ist zum Beispiel Kupfer (Cu). Wie in **Fig. 42** gezeigt, befindet sich die dritte leitfähige Komponente 38 auf der y2-Seite in der Y-Richtung vom ersten Trägerabschnitt 48A. Die Form der dritten leitfähigen Komponente 38 ist nicht besonders beschränkt und ist im veranschaulichten Beispiel in z-Richtung betrachtet rechteckig. Das spezifische Verfahren zum Einrichten der dritten leitfähigen Komponente 38 auf der Oberflächenmetallschicht 32 ist nicht besonders beschränkt. In der vorliegenden Ausführungsform ist die dritte leitfähige Komponente 38 zum Beispiel über ein leitfähiges Bondingbauteil 39 elektrisch an die Oberflächenmetallschicht 32 gebondet.

[0198] Die spezifische Konfiguration der dritten leitfähigen Komponente 38 ist nicht besonders beschränkt. Im veranschaulichten Beispiel weist die dritte leitfähige Komponente 38 einen Kern 381 und eine erste Schicht 382 auf, wie in **Fig. 54** und **55** gezeigt. Der Kern 381 enthält hauptsächlich das erste Metall. Der Kern 381 ist über das leitfähige Bondingbauteil 39 elektrisch an die Oberflächenmetallschicht 32 gebondet. Die erste Schicht 382 wird auf der Oberfläche des Kerns 381 auf der z1-Seite in z-Richtung ausgebildet. Die erste Schicht 382 enthält hauptsächlich ein drittes Metall. Das dritte Metall ist zum Beispiel Nickel (Ni). Die erste Schicht 382 und der Draht 74 sind direkt aneinander gebondet. Die erste Schicht 382 wird zum Beispiel durch Plattieren auf der Oberfläche des Kerns 381 ausgebildet. In diesem Fall ist die erste Schicht 382 in z-Richtung dünner als der Kern 381.

[0199] Das erste leitfähige Bauteil 5 und das zweite leitfähige Bauteil 6 bilden zusammen mit dem ersten leitfähigen Abschnitt 32A und dem zweiten leitfähigen Abschnitt 32B den Pfad des Hauptschaltungsst-

roms, der von den ersten Halbleiterelementen 10A und den zweiten Halbleiterelementen 10B geschaltet wird. Das erste leitfähige Bauteil 5 und das zweite leitfähige Bauteil 6 sind von der ersten vorderseitigen Oberfläche 301A und der zweiten vorderseitigen Oberfläche 301B zur z1-Seite hin in Dickenrichtung z beabstandet. In Draufsicht überlappen sich das erste leitfähige Bauteil 5 und das zweite leitfähige Bauteil 6 mit der ersten vorderseitigen Oberfläche 301A und der zweiten vorderseitigen Oberfläche 301B. In der vorliegenden Ausführungsform ist jedes des ersten leitfähigen Bauteils 5 und des zweiten leitfähigen Bauteils 6 einer Metallplatte hergestellt. Das Metall kann zum Beispiel Kupfer (Cu) oder eine Kupferlegierung (Cu) enthalten. Insbesondere sind das erste leitfähige Bauteil 5 und das zweite leitfähige Bauteil 6 Metallplatten, die wie erforderlich gebogen wurden.

[0200] Das erste leitfähige Bauteil 5 ist mit den zweiten Vorderseitenelektroden 12 (den Source-Elektroden) der ersten Halbleiterelemente 10A und dem zweiten leitfähigen Abschnitt 32B verbunden und verbindet die zweiten Vorderseitenelektroden 12 der ersten Halbleiterelemente 10A und den zweiten leitfähigen Abschnitt 32B elektrisch. Das erste leitfähige Bauteil 5 bildet den Pfad des Hauptschaltungsstroms, der durch die ersten Halbleiterelemente 10A geschaltet wird. Wie in **Fig. 40** und **41** gezeigt, weist das erste leitfähige Bauteil 5 einen Hauptabschnitt 51, eine Vielzahl von ersten Bondingabschnitten 52 und eine Vielzahl von zweiten Bondingabschnitten 53 auf.

[0201] Der Hauptabschnitt 51 befindet sich in der ersten Richtung x zwischen den ersten Halbleiterelementen 10A und dem zweiten leitfähigen Abschnitt 32B und weist in Draufsicht die Form eines sich in der zweiten Richtung y erstreckenden Streifens auf. Der Hauptabschnitt 51 überlappt sich in Draufsicht sowohl mit dem ersten leitfähigen Abschnitt 32A als auch mit dem zweiten leitfähigen Abschnitt 32B und ist in Dickenrichtung z von der ersten vorderseitigen Oberfläche 301A und der zweiten vorderseitigen Oberfläche 301B zur z1-Seite hin beabstandet. Wie insbesondere in **Fig. 49** gezeigt, befindet sich der Hauptabschnitt 51 auf der z2-Seite in Dickenrichtung z von einer Vielzahl von dritten Pfadabschnitten 66 und einem vierten Pfadabschnitt 67 des unten beschriebenen zweiten leitfähigen Bauteils 6 ist näher an der ersten vorderseitigen Oberfläche 301A und der zweiten vorderseitigen Oberfläche 301B als die dritten Pfadabschnitte 66 und der vierte Pfadabschnitt 67.

[0202] In der vorliegenden Ausführungsform ist der Hauptabschnitt 51 parallel zu der ersten vorderseitigen Oberfläche 301A und der zweiten vorderseitigen Oberfläche 301B.

[0203] Wie insbesondere in **Fig. 41** gezeigt, erstreckt sich der Hauptabschnitt 51 in der zweiten Richtung y, um einer Region zu entsprechen, in der die ersten Halbleiterelemente 10A positioniert sind. In der vorliegenden Ausführungsform weist der Hauptabschnitt 51 eine Vielzahl von ersten Öffnungen 514 auf, wie in **Fig. 40, 41** und insbesondere **46** gezeigt. Die ersten Öffnungen 514 können zum Beispiel sich in Dickenrichtung z (der Richtung der Plattendicke des Hauptabschnitts 51) erstreckende Durchgangslöcher sein. Die ersten Öffnungen 514 sind in der zweiten Richtung y voneinander beabstandet. Die ersten Öffnungen 514 sind für die jeweiligen ersten Halbleiterelemente 10A bereitgestellt. In der vorliegenden Ausführungsform weist der Hauptabschnitt 51 vier erste Öffnungen 514 auf, deren Position in der zweiten Richtung y jeweils einem der Vielzahl von (vier) ersten Halbleiterelementen 10A entspricht.

[0204] Wie insbesondere in **Fig. 41** und **46** gezeigt, überlappen sich die ersten Öffnungen 514 der vorliegenden Ausführungsform in Draufsicht mit dem Raum zwischen dem ersten leitfähigen Abschnitt 32A und dem zweiten leitfähigen Abschnitt 32B. Die ersten Öffnungen 514 sind bereitgestellt, um den Fluss eines geschmolzenen Harzmaterials zwischen der oberen Region (auf der z1-Seite in Dickenrichtung z) und der unteren Region (auf der z2-Seite in Dickenrichtung z) um den Hauptabschnitt 51 (das erste leitfähige Bauteil 5) herum zu ermöglichen, wenn das geschmolzene Harzmaterial im Prozess des Bildens des Versiegelungsharztes 8 eingespritzt wird.

[0205] Wie insbesondere in **Fig. 41** gezeigt, sind die ersten Bondingabschnitte 52 und die zweiten Bondingabschnitte 53 mit dem Hauptabschnitt 51 verbunden und angeordnet, um den ersten Halbleiterelementen 10A zu entsprechen. Spezifisch befindet sich jeder der ersten Bondingabschnitte 52 in der ersten Richtung x von dem Hauptabschnitt 51 auf der x1-Seite. Jeder der zweiten Bondingabschnitte 53 befindet sich in der ersten Richtung x von dem Hauptabschnitt 51 auf der x2-Seite. Wie in **Fig. 47** gezeigt, ist jeder der ersten Bondingabschnitte 52 über ein leitfähiges Bondingbauteil 59 an die zweite Vorderseitenelektrode 12 eines entsprechenden ersten Halbleiterelements 10A gebondet. Jeder der zweiten Bondingabschnitte 53 ist über ein leitfähiges Bondingbauteil 59 an den zweiten leitfähigen Abschnitt 32B gebondet. Das Material der leitfähigen Bondingbauteile 59 ist nicht besonders beschränkt und kann zum Beispiel Lötmittel, Metallpaste oder Sintermetall sein. In der vorliegenden Ausführungsform weist jeder der ersten Bondingabschnitte 52 zwei Regionen auf, die in der zweiten Richtung y voneinander beabstandet sind. Diese zwei Regionen sind an die zweite Vorderseitenelektrode 12 eines entsprechenden ersten Halbleiterelements 10A an

den jeweiligen Seiten des Gate-Fingers 121 der zweiten Vorderseitenelektrode 12 in der zweiten Richtung y gebondet.

[0206] Das zweite leitfähige Bauteil 6 verbindet die zweiten Vorderseitenelektroden 12 (die Source-Elektroden) der zweiten Halbleiterelemente 10B elektrisch mit dem ersten Anschluss 41 und dem zweiten Anschluss 42. Das zweite leitfähige Bauteil 6 ist mit dem ersten Anschluss 41 und dem zweiten Anschluss 42 einstückig ausgebildet. Das zweite leitfähige Bauteil 6 bildet den Pfad des Hauptschaltungsstroms, der durch die zweiten Halbleiterelemente 10B geschaltet wird. Wie in **Fig. 40** gezeigt, weist das zweite leitfähige Bauteil 6 eine Vielzahl von dritten Bondingabschnitten 61, einen ersten Pfadabschnitt 64, einen zweiten Pfadabschnitt 65, eine Vielzahl von dritten Pfadabschnitten 66 und einen vierten Pfadabschnitt 67 auf. In dem veranschaulichten Beispiel weist das zweite leitfähige Bauteil 6 ferner einen ersten Rampenabschnitt 602 und einen zweiten Rampenabschnitt 603 auf.

[0207] Die dritten Bondingabschnitte 61 sind an die jeweiligen zweiten Halbleiterelemente 10B gebondet. Jeder der dritten Bondingabschnitte 61 ist über ein leitfähiges Bondingbauteil 69 an die zweite Vorderseitenelektrode 12 eines zweiten Halbleiterelements 10B gebondet. Das Material der leitfähigen Bondingbauteile 69 ist nicht besonders beschränkt und kann zum Beispiel Lötmedium, Metallpaste oder Sintermetall sein. In der vorliegenden Ausführungsform weist jeder der dritten Bondingabschnitte 61 zwei flache Abschnitte 611 und zwei erste geneigte Abschnitte 612 auf.

[0208] Die zwei flachen Abschnitte 611 sind in der zweiten Richtung y ausgerichtet. Die zwei flachen Abschnitte 611 sind in der zweiten Richtung y voneinander beabstandet. Die Form jedes flachen Abschnitts 611 ist nicht besonders beschränkt und ist im veranschaulichten Beispiel rechteckig. Die zwei flachen Abschnitte 611 sind an die zweite Vorderseitenelektrode 12 eines entsprechenden zweiten Halbleiterelements 10B an den jeweiligen Seiten des Gate-Fingers 121 der zweiten Vorderseitenelektrode 12 in der zweiten Richtung y gebondet.

[0209] Die zwei ersten geneigten Abschnitte 612 sind in der zweiten Richtung y mit den äußeren Enden der jeweiligen zwei flachen Abschnitte 611 verbunden. Mit anderen Worten, der erste geneigte Abschnitt 612, der sich in der zweiten Richtung y auf der y1-Seite befindet, ist mit dem y1-seitigen Ende des flachen Abschnitts 611 verbunden, der sich in der zweiten Richtung y auf der y1-Seite befindet. Der erste geneigte Abschnitt 612, der sich in der zweiten Richtung y auf der y2-Seite befindet, ist mit dem y2-seitigen Ende des flachen Abschnitts 611 verbunden, der sich in der zweiten Richtung y auf

der y2-Seite befindet. Jeder der ersten geneigten Abschnitte 612 ist in Dickenrichtung z zur z1-Seite hin geneigt, mit zunehmendem Abstand von dem flachen Abschnitt 611 in der zweiten Richtung y.

[0210] Der erste Pfadabschnitt 64 befindet sich zwischen den dritten Bondingabschnitten 61 und dem ersten Anschluss 41. Im veranschaulichten Beispiel ist der erste Pfadabschnitt 64 über den ersten Rampenabschnitt 602 mit dem ersten Anschluss 41 verbunden. Der erste Pfadabschnitt 64 überlappt sich in Draufsicht mit dem ersten leitfähigen Abschnitt 32A. Der erste Pfadabschnitt 64 erstreckt sich allgemein in der ersten Richtung x.

[0211] Der erste Pfadabschnitt 64 weist einen ersten bandförmigen Abschnitt 641 und einen ersten verlängerten Abschnitt 643 auf. Der erste bandförmige Abschnitt 641 befindet sich in der ersten Richtung x auf der x2-Seite von dem ersten Anschluss 41 und ist im Wesentlichen parallel zu der ersten vorderseitigen Oberfläche 301A. Der erste bandförmige Abschnitt 641 erstreckt sich allgemein in die erste Richtung x. Im veranschaulichten Beispiel weist der erste bandförmige Abschnitt 641 eine Aussparung 649 auf. Die Aussparung 649 ist ein Abschnitt des ersten bandförmigen Abschnitts 641, der in der zweiten Richtung y zur y1-Seite hin vertieft bzw. ausgespart ist.

[0212] Der erste verlängerte Abschnitt 643 erstreckt sich vom y1-seitigen Ende des ersten bandförmigen Abschnitts 641 in der zweiten Richtung y zur z2-Seite in der Dickenrichtung z. Der erste verlängerte Abschnitt 643 ist von dem ersten leitfähigen Abschnitt 32A beabstandet. In dem veranschaulichten Beispiel erstreckt sich der erste verlängerte Abschnitt 643 entlang der Dickenrichtung z und weist eine in der ersten Richtung x verlängerte rechteckige Form auf. Es ist zu beachten, dass der erste Pfadabschnitt 64 ohne den ersten verlängerten Abschnitt 643 konfiguriert sein kann.

[0213] Der zweite Pfadabschnitt 65 befindet sich zwischen den dritten Bondingabschnitten 61 und dem zweiten Anschluss 42. Im veranschaulichten Beispiel ist der zweite Pfadabschnitt 65 über den zweiten Rampenabschnitt 603 mit dem zweiten Anschluss 42 verbunden. Der zweite Pfadabschnitt 65 überlappt sich in Draufsicht mit dem ersten leitfähigen Abschnitt 32A. Der zweite Pfadabschnitt 65 erstreckt sich allgemein in die erste Richtung x.

[0214] Der zweite Pfadabschnitt 65 weist einen zweiten bandförmigen Abschnitt 651 und einen zweiten verlängerten Abschnitt 653 auf. Der zweite bandförmige Abschnitt 651 befindet sich in der ersten Richtung x auf der x2-Seite von dem zweiten Anschluss 42 und ist im Wesentlichen parallel zu der ersten vorderseitigen Oberfläche 301A. Der zweite bandförmige Abschnitt 651 erstreckt sich all-

gemein in die erste Richtung x. Im veranschaulichten Beispiel weist der zweite bandförmige Abschnitt 651 eine Aussparung 659 auf. Die Aussparung 659 ist ein Abschnitt des zweiten bandförmigen Abschnitts 651, der in der zweiten Richtung y zur y2-Seite hin vertieft ist.

[0215] Der zweite verlängerte Abschnitt 653 erstreckt sich vom y2-seitigen Ende des zweiten bandförmigen Abschnitts 651 in der zweiten Richtung y zur z2-Seite in der Dickenrichtung z. Der zweite verlängerte Abschnitt 653 ist von dem ersten leitfähigen Abschnitt 32A beabstandet. Im veranschaulichten Beispiel erstreckt sich der zweite verlängerte Abschnitt 653 in der Dickenrichtung z und weist eine rechteckige Form auf, die in der ersten Richtung x verlängert ist. Es ist zu beachten, dass der zweite Pfadabschnitt 65 ohne den zweiten verlängerten Abschnitt 653 konfiguriert sein kann.

[0216] In der nachstehend angegebenen Beschreibung werden andere Konfigurationen des ersten Pfadabschnitts 64 gemäß Varianten und anderen Ausführungsformen dargestellt. Solche Konfigurationen können auch für den zweiten Pfadabschnitt 65 gelten, da der erste Pfadabschnitt 64 und der zweite Pfadabschnitt 65 zum Beispiel in Bezug auf die sich in der ersten Richtung x erstreckende Mittellinie symmetrisch sind.

[0217] Die dritten Pfadabschnitte 66 sind einzeln mit den dritten Bondingabschnitten 61 verbunden. Die dritten Pfadabschnitte 66 erstrecken sich in der ersten Richtung x und sind in der zweiten Richtung y voneinander beabstandet. Die Anzahl der dritten Pfadabschnitte 66 ist nicht besonders beschränkt. Im veranschaulichten Beispiel sind fünf dritte Pfadabschnitte 66 bereitgestellt. Jeder der dritten Pfadabschnitte 66 befindet sich entweder zwischen zwei der zweiten Halbleiterelementen 10B in der zweiten Richtung y oder außerhalb der zweiten Halbleiterelemente 10B in der zweiten Richtung y.

[0218] Die zwei äußersten dritten Pfadabschnitte 66 in der zweiten Richtung y sind mit Aussparungen 669 ausgebildet. Jede der Aussparungen 669 ist in der zweiten Richtung y von der Innenseite zur Außenseite hin vertieft. Im veranschaulichten Beispiel weist jeder der zwei äußersten dritten Pfadabschnitte 66 eine Aussparung 669 auf. In **Fig. 38** ist der zweite leitfähige Abschnitt 32B durch die Aussparungen 669 hindurch sichtbar.

[0219] In der vorliegenden Ausführungsform befindet sich jeder der dritten Bondingabschnitte 61 zwischen zwei in der zweiten Richtung y benachbarten dritten Pfadabschnitten 66. Jeder der dritten Bondingabschnitte 61 weist zwei erste geneigte Abschnitte 612 auf, einen auf der y1-Seite in der zweiten Richtung y und den anderen auf der y2-Seite in der zwei-

ten Richtung y, auf. Der erste geneigte Abschnitt 612 auf der y1-Seite ist mit einem der zwei benachbarten dritten Pfadabschnitte 66 verbunden, der sich in der zweiten Richtung y auf der y1-Seite befindet. Der erste geneigte Abschnitt 612 auf der y2-Seite ist mit einem der zwei benachbarten dritten Pfadabschnitte 66 verbunden, der sich in der zweiten Richtung y auf der y2-Seite befindet.

[0220] Der vierte Pfadabschnitt 67 ist mit den Enden der jeweiligen dritten Pfadabschnitte 66 auf der x1-Seite in der ersten Richtung x verbunden. Der vierte Pfadabschnitt 67 erstreckt sich in der zweiten Richtung y. Der vierte Pfadabschnitt 67 ist mit dem x2-seitigen Ende des ersten bandförmigen Abschnitts 641 des ersten Pfadabschnitts 64 in der ersten Richtung x verbunden und mit dem x2-seitigen Ende des zweiten bandförmigen Abschnitts 651 des zweiten Pfadabschnitts 65 in der ersten Richtung x. Im veranschaulichten Beispiel ist der vierte Pfadabschnitt 67 an dem in der zweiten Richtung y auf der y1-Seite liegenden Ende mit dem ersten Pfadabschnitt 64 und an dem in der zweiten Richtung y auf der y2-Seite liegenden Ende mit dem zweiten Pfadabschnitt 65 verbunden.

[0221] Das Versiegelungsharz 8 bedeckt die ersten Halbleiterelemente 10A, die zweiten Halbleiterelemente 10B, das Hauptsubstrat 3 (außer der rückseitige Oberfläche 302), jeweils einen Teil des ersten Anschlusses 41, des zweiten Anschlusses 42, der dritten Anschlüsse 43 und des vierten Anschlusses 44, einen Teil jedes der Steueranschlüsse 45, den Steueranschlussträger 48, das erste leitfähige Bauteil 5, das zweite leitfähige Bauteil 6 und die Drähte 71 bis 74. Das Versiegelungsharz 8 kann zum Beispiel aus einem schwarzen Epoxidharz hergestellt sein. Das Versiegelungsharz 8 kann zum Beispiel durch Formen gebildet werden. Zum Beispiel kann die Größe des Versiegelungsharzes 8 eine Abmessung von etwa 35 mm bis 60 mm in der ersten Richtung x, eine Abmessung von etwa 35 mm bis 50 mm in der zweiten Richtung y und eine Abmessung von etwa 4 mm bis 15 mm in der Dickenrichtung z aufweisen. Diese Abmessungen werden an den größten Abschnitten in den jeweiligen Richtungen gemessen. Das Versiegelungsharz 8 weist eine Harz-Vorderseite 81, eine Harz-Rückseite 82 und Harz-Seitenflächen 831 bis 834 auf.

[0222] Wie in **Fig. 43, 45** und insbesondere 51 gezeigt, sind die Harz-Vorderseite 81 und die Harz-Rückseite 82 in Dickenrichtung z voneinander beabstandet. Die Harz-Vorderseite 81 ist in Dickenrichtung z der z1-Seite zugewandt, und die Harz-Rückseite 82 ist in Dickenrichtung z der z2-Seite zugewandt. Die Steueranschlüsse 45 (die ersten Steueranschlüsse 46A bis 46E und die zweiten Steueranschlüsse 47A bis 47D) stehen von der Harz-Vorderseite 81 hervor. Wie in **Fig. 44** gezeigt,

weist die Harz-Rückseite 82 in Draufsicht die Form eines Rahmens auf, der die rückseitige Oberfläche 302 (die untere Oberfläche der Rückoberflächenmetallschicht 33) des Hauptsubstrats 3 umgibt. Die rückseitige Oberfläche 302 des Trägersubstrats 3 ist von der Harz-Rückseite 82 freiliegend und ist zum Beispiel bündig mit der Harz-Rückseite 82. Die Harz-Seitenflächen 831 bis 834 sind sowohl mit der Harz-Vorderseite 81 als auch mit der Harz-Rückseite 82 verbunden und befinden sich in der Dickenrichtung z zwischen der Harz-Vorderseite 81 und der Harz-Rückseite 82. Wie in **Fig. 37** gezeigt, sind die Harz-Seitenfläche 831 und die Harz-Seitenfläche 832 in der ersten Richtung x voneinander beabstandet. Die Harz-Seitenfläche 831 ist in der ersten Richtung x der x2-Seite zugewandt, und die Harz-Seitenfläche 832 ist in der ersten Richtung x der x1-Seite zugewandt. Die beiden dritten Anschlüsse 43 stehen von der Harz-Seitenfläche 831 hervor, und der erste Anschluss 41, der zweite Anschluss 42 und der vierte Anschluss 44 stehen von der Harz-Seitenfläche 832 hervor. Wie in **Fig. 37** gezeigt, sind die Harz-Seitenfläche 833 und die Harz-Seitenfläche 834 in der zweiten Richtung y voneinander beabstandet. Die Harz-Seitenfläche 833 ist in der zweiten Richtung y der y2-Seite zugewandt, und die Harz-Seitenfläche 834 ist in der zweiten Richtung y der y1-Seite zugewandt.

[0223] Wie in **Fig. 37** gezeigt, weist die Harz-Seitenfläche 832 eine Vielzahl von Aussparungen 832a auf. Jede der Aussparungen 832a ist in Draufsicht in der ersten Richtung x vertieft. Die Aussparungen 832a weisen in Draufsicht eine Aussparung auf, die zwischen dem ersten Anschluss 41 und dem vierten Anschluss 44 ausgebildet ist, und eine Aussparung, die zwischen dem zweiten Anschluss 42 und dem vierten Anschluss 44 ausgebildet ist. Die Aussparungen 832a sind vorgesehen, um die Kriechstrecke entlang der Harzseitenoberfläche 832 zwischen dem ersten Anschluss 41 und dem vierten Anschluss 44 zu vergrößern, und auch, um die Kriechstrecke entlang der Harzseitenoberfläche 832 zwischen dem zweiten Anschluss 42 und dem vierten Anschluss 44 zu vergrößern.

[0224] Wie insbesondere in **Fig. 45** und **46** gezeigt, weist das Versiegelungsharz 8 eine Vielzahl von ersten Vorsprüngen 851, eine Vielzahl von zweiten Vorsprüngen 852 und einen Harzhohlraum 86 auf.

[0225] Die ersten Vorsprünge 851 ragen in Dickenrichtung z von der Harz-Vorderseite 81 hervor. Die ersten Vorsprünge 851 befinden sich in Draufsicht in der Nähe der vier Ecken des Versiegelungsharzes 8. Jeder der ersten Vorsprünge 851 weist an seinem Ende (dem Ende auf der z1-Seite in Dickenrichtung z) eine Endoberfläche des ersten Vorsprungs 851a auf. Die Endoberfläche des ersten Vorsprungs 851a jedes ersten Vorsprungs 851 verläuft im Wesentli-

chen parallel zu der Harz-Vorderseite 81 und befindet sich in derselben Ebene (x-y-Ebene). Jeder der ersten Vorsprünge 851 weist zum Beispiel die Form eines Hohlkegelstumpfs mit einem Boden auf. Die ersten Vorsprünge 851 dienen als Abstandshalter, wenn die Halbleitervorrichtung A1 zum Beispiel auf einer Steuerplatine einer Vorrichtung montiert wird, die mit der von der Halbleitervorrichtung A1 erzeugten Energie betrieben wird. Jeder der ersten Vorsprünge 851 weist eine Aussparung 851b und eine Innenwandoberfläche 851c der Aussparung 851b auf. Jeder der ersten Vorsprünge 851 ist säulenförmig, die vorzugsweise eine zylindrische Säule ist. Die Aussparung 851b weist eine zylindrische Form auf, bei der vorzugsweise die Innenwandoberfläche 851c in Draufsicht einen perfekten Kreis definiert.

[0226] Die Halbleitervorrichtung A1 kann zum Beispiel durch Verschrauben an der Steuerplatine oder dergleichen mechanisch befestigt sein. In einem solchen Fall kann jeder erste Vorsprung 851 mit einem Innengewinde an der Innenwandoberfläche 851c der Aussparung 851b ausgebildet sein. Zum Beispiel kann eine Einführmutter in die Aussparung 851b jedes ersten Vorsprungs 851 eingeführt werden.

[0227] Wie insbesondere in **Fig. 46** gezeigt, ragen die zweiten Vorsprünge 852 in Dickenrichtung z von der Harz-Vorderseite 81 hervor. Die zweiten Vorsprünge 852 überlappen sich in Draufsicht mit den Steueranschlüssen 45. Der Metallstift 452 jedes Steueranschlusses 45 ragt von einem zweiten Vorsprung 852 hervor. Jeder der zweiten Vorsprünge 852 weist die Form eines Kegelstumpfs auf. Jeder der zweiten Vorsprünge 852 bedeckt den Halter 451 und einen Abschnitt des Metallstifts 452 eines Steueranschlusses 45.

[0228] Im Folgenden werden die Vorteile der vorliegenden Ausführungsform beschrieben.

[0229] Wenn die Oberflächenmetallschicht 32 hauptsächlich ein erstes Metall enthält und der Draht 74 hauptsächlich ein zweites Metall enthält, kann ein direktes Bonden zwischen dem Draht 74 und der Oberflächenmetallschicht 32 ein unbeabsichtigtes Phänomen bewirken. In der vorliegenden Ausführungsform ist die dritte leitfähige Komponente 38 zwischen der Oberflächenmetallschicht 32 und dem Draht 74 eingerichtet. Die dritte leitfähige Komponente 38 enthält ein drittes Metall, das sich vom ersten Metall und dem zweiten Metall unterscheidet. Dadurch wird ein direkter Kontakt zwischen einem Element aus dem ersten Metall und einem Element aus dem zweiten Metall verhindert und das Auftreten eines beabsichtigten Phänomens kann dadurch vermieden werden.

[0230] Angenommen, das erste Metall ist Kupfer (Cu) und das zweite Metall ist Aluminium (Al). In die-

sem Fall kann das Kirkendall-Phänomen auftreten, wenn diese Metalle einer hohen Temperatur ausgesetzt werden. Um das Kirkendall-Phänomen zu vermeiden, wird daher Nickel (Ni) als drittes Metall ausgewählt.

[0231] Die dritte leitfähige Komponente 38 kann in einen Kern und eine erste Schicht 382 unterteilt sein. Die erste Schicht 382 kann das dritte Metall als Hauptkomponente enthalten und kann bereitgestellt werden, um mit dem Draht 74 in Kontakt zu stehen. Der Grund hierfür ist, dass zur Vermeidung des Kirkendall-Phänomens nur die Oberfläche, die mit dem Draht 74 in Kontakt steht, aus einem Material hergestellt sein darf, das hauptsächlich das dritte Metall enthält. Dies reduziert die Kosten zur Bildung der dritten leitfähigen Komponente 38.

[0232] Die dritte leitfähige Komponente 38 ist über das leitfähige Bondingbauteil 39 an der Oberflächenmetallschicht 32 gebondet. Die dritte leitfähige Komponente 38 weist die zweite Schicht, die mit dem leitfähigen Bondingbauteil 39 in Kontakt steht, auf und enthält hauptsächlich das dritte Metall. Dadurch ist es möglich, das Kirkendall-Phänomen zwischen der dritten leitfähigen Komponente 38 und dem leitfähigen Bondingbauteil 39 zu verhindern.

[0233] Der Steueranschlusssträger 48 weist die Isolierschicht 31 auf und weist ferner die erste Metallschicht 482 und die zweite Metallschicht 483 auf den jeweiligen Seiten der Isolierschicht 31 auf. Der Steueranschlusssträger 48 befindet sich auf dem Trägersubstrat 3. In diesem Beispiel kann die Dicke T1 der dritten leitfähigen Komponente 38 kleiner sein als die Dicke T2 des Steueranschlusssträgers 48. Dadurch kann verhindert werden, dass sich bei der Montage andere Komponenten an der dritten leitfähigen Komponente 38 verfängen.

[0234] Der erste Anschluss 41 und das zweite leitfähige Bauteil 6 sind einstückig bzw. integral ausgebildet. Anders als bei der Konfiguration, bei der der erste Anschluss 41 und das zweite leitfähige Bauteil 6 aneinander gebondet sind, kann die Halbleitervorrichtung A1 mit dieser Konfiguration ohne einen Bondingprozess hergestellt werden. Zusätzlich kann bei der Halbleitervorrichtung A1 mit dieser Konfiguration das Risiko einer Rissbildung oder Schichtablösung an einem Bondingabschnitt während des Betriebs vermieden werden. Demnach kann die Halbleitervorrichtung A1 mit vereinfachten Prozessen gefertigt werden und die Betriebszuverlässigkeit verbessern.

[0235] Der zweite Anschluss 42 und das zweite leitfähige Bauteil 6 sind einstückig ausgebildet. Anders als bei der Konfiguration, bei der der zweite Anschluss 42 und das zweite leitfähige Bauteil 6 aneinander gebondet sind, kann die Halbleitervorrichtung A1 mit dieser Konfiguration ohne einen Bon-

dingprozess hergestellt werden. Zusätzlich kann bei der Halbleitervorrichtung A1 mit dieser Konfiguration das Risiko einer Rissbildung oder Schichtablösung an einem Bondingabschnitt während des Betriebs vermieden werden. Demnach kann die Halbleitervorrichtung A1 mit vereinfachten Prozessen gefertigt werden und die Betriebszuverlässigkeit verbessern.

[0236] Das zweite leitfähige Bauteil 6 weist den ersten Rampenabschnitt 602 auf, der mit dem ersten Anschluss 41 verbunden ist. Diese Konfiguration erhöht die Steifigkeit der Verbindung zwischen dem zweiten leitfähigen Bauteil 6 und dem ersten Anschluss 41.

[0237] Das zweite leitfähige Bauteil 6 weist den zweiten Rampenabschnitt 603 auf, der mit dem zweiten Anschluss 42 verbunden ist. Diese Konfiguration erhöht die Steifigkeit der Verbindung zwischen dem zweiten leitfähigen Bauteil 6 und dem zweiten Anschluss 42.

[0238] Jeder der dritten Bondingabschnitte 61 weist zwei flache Abschnitte 611 und zwei erste geneigte Abschnitte 612 auf. Die zwei ersten geneigten Abschnitte 612 sind in der zweiten Richtung y mit den äußeren Enden der zwei flachen Abschnitte 611 verbunden. Dies bedeutet, dass der Strom, der durch jede zweite Vorderseitenelektrode 12 fließt, durch die flachen Abschnitte 611 und die ersten geneigten Abschnitte 612 zu beiden Seiten in der zweiten Richtung y fließt. Dadurch wird eine Konzentration des durch die zweiten Vorderseitenelektroden 12 fließenden elektrischen Stroms an einer Stelle verhindert.

[0239] Die zwei flachen Abschnitte 611 sind in der zweiten Richtung y voneinander beabstandet. Dadurch wird sichergestellt, dass der elektrische Strom durch beide der zwei flachen Abschnitte 611 und beide der zwei ersten geneigten Abschnitte 612 fließt, was eine Stromkonzentration wirksam verhindert.

[0240] Die zwei flachen Abschnitte 611 sind voneinander beabstandet. Dadurch kann der Gate-Finger 121 einer zweiten Vorderseitenelektrode 12 zwischen den beiden flachen Abschnitten 611 platziert werden.

[0241] Jeder der dritten Bondingabschnitte 61 ist zwischen zwei in der zweiten Richtung y benachbarten dritten Pfadabschnitten 66 bereitgestellt. Dies ermöglicht, dass der elektrische Strom, der durch die zweite Vorderseitenelektrode 12 eines zweiten Halbleiterelements 10B fließt, auf zwei dritte Pfadabschnitte 66 verteilt wird.

[0242] Im Folgenden wird eine erste Variante der vierten Ausführungsform beschrieben. Die vorlie-

gende Variante bezieht sich auf die dritte leitfähige Komponente 38. Wie in **Fig. 56** gezeigt, wird die erste Schicht 382 der vorliegenden Variante lokal nur an dem Abschnitt ausgebildet, der mit dem Draht 74 in Kontakt steht. Mit anderen Worten ist die erste Schicht 382 in z-Richtung betrachtet kleiner als der Kern 381. Da das Kirkendall-Phänomen an dem Bondingabschnitt zwischen dem Draht 74 und der dritten leitfähigen Komponente 38 auftritt, kann die erste Schicht 382 nur an dem Bondingabschnitt gebildet werden.

[0243] Im Folgenden wird eine zweite Variante der vierten Ausführungsform beschrieben. Wie in **Fig. 57** gezeigt, weist die dritte leitfähige Komponente 38 der vorliegenden Variante ferner eine zweite Schicht 383 auf. Die zweite Schicht 383 ist in Bezug auf den Kern 381 gegenüber der ersten Schicht 382 eingerichtet und steht mit dem leitfähigen Bondingbauteil 39 in Kontakt. In diesem Fall steht das leitfähige Bondingbauteil 39 nicht in direktem Kontakt mit dem Kern 381, wodurch das Kirkendall-Phänomen in dieser Region verhindert wird.

[0244] Im Folgenden wird eine dritte Variante der vierten Ausführungsform beschrieben. Wie in **Fig. 58** und **59** gezeigt, können die gesamten Oberflächen des Kerns 381 zur einfacheren Fertigung plattiert sein. In diesem Fall weist die dritte leitfähige Komponente 38 ferner eine dritte Schicht 384, eine vierte Schicht 385, eine fünfte Schicht 386 und eine sechste Schicht 387 auf. Die dritte Schicht 384, die vierte Schicht 385, die fünfte Schicht 386 und die sechste Schicht 387 bedecken jeweils die vier Seitenoberflächen des Kerns 381.

[0245] **Fig. 60** bis **67** zeigen andere Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung. In diesen Figuren sind Elemente, die mit denen der vorstehend beschriebenen Ausführungsformen identisch oder diesen ähnlich sind, mit denselben Bezugszeichen bezeichnet. Zusätzlich können die Konfigurationen der Elemente in jeder Variante und jeder Ausführungsform beliebig kombiniert werden, solange die Kombination keine technischen Widersprüche verursacht.

[0246] **Fig. 60** bis **64** zeigen die fünfte Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung. Eine Halbleitervorrichtung A2 der vorliegenden Ausführungsform unterscheidet sich von den obigen Beispielen in der Anordnung der dritten leitfähigen Komponente 38 und der Anzahl der dritten leitfähigen Komponenten 38.

[0247] In der fünften Ausführungsform entspricht der Steueranschlussträger 48 der ersten leitfähigen Komponente in der vorliegenden Offenbarung und jeder der Drähte 71 bis 74 entspricht der zweiten leit-

fähigen Komponente in der vorliegenden Offenbarung. Die Drähte 71 bis 74 sind an eine Vielzahl dritter leitfähiger Komponenten 38 gebondet. Die dritten leitfähigen Komponenten 38 sind über leitfähige Bondingbauteile 39 an eine Vielzahl von Steueranschlussträgern 48 gebondet.

[0248] Wie in **Fig. 60** und **61** gezeigt, verbindet jeder der Drähte 71 elektrisch eine erste Vorderseitenelektrode 11 und eine erste Region 482A. In der vorliegenden Ausführungsform ist jede der dritten leitfähigen Komponenten 38 zwischen einer ersten Region 482A und einem Draht 71 eingerichtet. Die erste Region 482A entspricht der ersten leitfähigen Komponente in der vorliegenden Offenbarung und jeder der Drähte 71 entspricht der zweiten leitfähigen Komponente. Der Kern 381 jeder der dritten leitfähigen Komponenten 38 ist durch ein leitfähiges Bondingbauteil 39 elektrisch an eine erste Region 482A gebondet. Die erste Schicht 382 jeder der dritten leitfähigen Komponenten 38 ist direkt an einen Draht 71 gebondet.

[0249] Wie in **Fig. 60** und **62** gezeigt, verbindet jeder der Drähte 72 elektrisch eine dritte Vorderseitenelektrode 13 und eine zweite Region 482B. In der vorliegenden Ausführungsform ist jede der dritten leitfähigen Komponenten 38 zwischen einer zweiten Region 482B und einem Draht 72 eingerichtet. Die zweite Region 482B entspricht der ersten leitfähigen Komponente in der vorliegenden Offenbarung und jeder der Drähte 72 entspricht der zweiten leitfähigen Komponente. Der Kern 381 jeder der dritten leitfähigen Komponenten 38 ist durch ein leitfähiges Bondingbauteil 39 elektrisch an eine zweite Region 482B gebondet. Die erste Schicht 382 jeder der dritten leitfähigen Komponenten 38 ist direkt an einen Draht 72 gebondet.

[0250] **Fig. 63** zeigt zwei dritte leitfähige Komponenten 38. Der Draht 73 verbindet die erste Region 482A und die sechste Region 482F elektrisch. In der vorliegenden Ausführungsform ist eine der dritten leitfähigen Komponenten 38 zwischen der ersten Region 482A und dem Draht 73 eingerichtet, und die andere dritte leitfähige Komponente 38 ist zwischen der sechsten Region 482F und dem Draht 73 eingerichtet. Sowohl die erste Region 482A als auch die sechste Region 482F entsprechen der ersten leitfähigen Komponente in der vorliegenden Offenbarung, und der Draht 73 entspricht der zweiten leitfähigen Komponente. Die Kerne 381 der dritten leitfähigen Komponenten 38 sind durch leitfähige Bondingbauteile 39 elektrisch an die erste Region 482A und an die sechste Region 482F gebondet. Die ersten Schichten 382 der dritten leitfähigen Komponenten 38 sind direkt an den Draht 73 gebondet.

[0251] **Fig. 64** zeigt zwei dritte leitfähige Komponenten 38. Der Draht 74 verbindet die erste Region 482A

und die Oberflächenmetallschicht 32 elektrisch. In der vorliegenden Ausführungsform ist eine der dritten leitfähigen Komponenten 38 zwischen der ersten Region 482A und dem Draht 74 eingerichtet, und die andere dritte leitfähige Komponente 38 ist zwischen der Oberflächenmetallschicht 32 und dem Draht 74 eingerichtet. Sowohl die erste Region 482A als auch die Oberflächenmetallschicht 32 entsprechen der ersten leitfähigen Komponente in der vorliegenden Offenbarung, und der Draht 74 entspricht der zweiten leitfähigen Komponente. Die Kerne 381 der dritten leitfähigen Komponenten 38 sind durch leitfähige Bondingbauteile 39 elektrisch an die erste Region 482A und an die Oberflächenmetallschicht 32 gebondet. Die erste Schicht 382 einer dritten leitfähigen Komponente 38 ist direkt an den Draht 74 gebondet, und die Oberflächenmetallschicht 32 ist ebenfalls direkt an den Draht 74 gebondet.

[0252] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist es auch möglich, das Kirkendall-Phänomen zu verhindern, das zwischen den Steueranschlussträgern 48 und den Drähten 71 bis 74 auftreten kann.

[0253] Fig. 65 bis 67 zeigen eine Halbleitervorrichtung gemäß der sechsten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung. Eine Halbleitervorrichtung A3 der vorliegenden Ausführungsform unterscheidet sich von den obigen Beispielen in der Anordnung der dritten leitfähigen Komponenten 38 und der Form des zweiten leitfähigen Bauteils 6. Die Halbleitervorrichtung A3 weist ferner die Drähte 75 und 76 auf. Die jeweilige Anzahl der Drähte 75 und 76 und die Dicke jedes der Drähte 75 und 76 sind nicht besonders beschränkt. Um jedoch einen großen Strom bereitzustellen, ist es vorzuziehen, dass die jeweilige Anzahl der Drähte 75 und 76 etwa vier beträgt und dass die Drähte 75 und 76 dicker sind als die Drähte 71 bis 74.

[0254] Wie in Fig. 65 und 66 gezeigt, verbindet jeder der Drähte 75 elektrisch den zweiten leitfähigen Abschnitt 32B und ein erstes Halbleiterelement 10A. In der vorliegenden Ausführungsform ist eine dritte leitfähige Komponente 38 zwischen dem zweiten leitfähigen Abschnitt 32B und dem Draht 75 eingerichtet. Der zweite leitfähige Abschnitt 32B entspricht der ersten leitfähigen Komponente und der Draht 75 entspricht der zweiten leitfähigen Komponente. Der Kern 381 ist durch ein leitfähiges Bondingbauteil 39 elektrisch an den zweiten leitfähigen Abschnitt 32B gebondet. Die erste Schicht 382 ist direkt an den Draht 75 gebondet.

[0255] Wie in Fig. 65 und 67 gezeigt, unterscheidet sich die Form des zweiten leitfähigen Bauteils 6 von der in der vierten Ausführungsform, und die Länge des zweiten leitfähigen Bauteils 6 in der ersten Richtung x ist kürzer. Somit verbindet jeder der Drähte 76 elektrisch das zweite leitfähige Bauteil 6 und ein zweites Halbleiterelement 10B. In der vorliegenden

Ausführungsform ist eine dritte leitfähige Komponente 38 zwischen einem dritten Pfadabschnitt 66 und dem Draht 76 eingerichtet. Zwischen dem dritten Pfadabschnitt 66 und dem ersten leitfähigen Abschnitt 32A ist ein Isolator 324 bereitgestellt. Der Isolator 324 ist elektrisch isolierend. Das zweite leitfähige Bauteil 6 entspricht der ersten leitfähigen Komponente in der vorliegenden Offenbarung, und der Draht 76 entspricht der zweiten leitfähigen Komponente in der vorliegenden Offenbarung. Der Kern 381 ist durch ein leitfähiges Bondingbauteil 39 elektrisch an das zweite leitfähige Bauteil 6 gebondet. Die erste Schicht 382 ist direkt an den Draht 76 gebondet.

[0256] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist es auch möglich, das Kirkendall-Phänomen zu verhindern, das zwischen dem zweiten leitfähigen Abschnitt 32B und dem Draht 75 und zwischen dem zweiten leitfähigen Element 6 und dem Draht 76 auftreten kann.

[0257] Die Halbleitervorrichtung gemäß der vorliegenden Offenbarung ist nicht auf die vorstehend beschriebenen Ausführungsformen beschränkt. An den spezifischen Konfigurationen der Elemente der Halbleitervorrichtung gemäß der vorliegenden Offenbarung können verschiedene Konstruktionsänderungen vorgenommen werden.

Klausel 1B.

[0258] Eine Halbleitervorrichtung, aufweisend:

eine erste leitfähige Komponente, die ein erstes Metall enthält;

eine zweite leitfähige Komponente, die ein zweites Metall enthält; und

eine dritte leitfähige Komponente, die ein drittes Metall enthält,

wobei das erste Metall, das zweite Metall und das dritte Metall voneinander verschieden sind, und

die dritte leitfähige Komponente zwischen der ersten leitfähigen Komponente und der zweiten leitfähigen Komponente vorgesehen ist.

Klausel 2B.

[0259] Die Halbleitervorrichtung nach Klausel 1B, wobei die dritte leitfähige Komponente einen Kern und eine erste Schicht aufweist, eine Hauptkomponente des Kerns das erste Metall ist, eine Hauptkomponente der ersten Schicht das dritte Metall ist und die erste Schicht direkt an die zweite leitfähige Komponente gebondet ist.

Klausel 3B.

[0260] Die Halbleitervorrichtung nach Klausel 2B, wobei die dritte leitfähige Komponente ferner eine zweite Schicht aufweist, sich die zweite Schicht gegenüber der ersten Schicht befindet, eine Hauptkomponente der zweiten Schicht das dritte Metall ist und die zweite Schicht elektrisch an die erste leitfähige Komponente gebondet ist.

Klausel 4B.

[0261] Die Halbleitervorrichtung nach einer der Klauseln 1B bis 3B, wobei das erste Metall Cu ist.

Klausel 5B.

[0262] Die Halbleitervorrichtung nach einer der Klauseln 1B bis 4B, wobei eine Hauptkomponente der ersten leitfähigen Komponente das erste Metall ist.

Klausel 6B.

[0263] Die Halbleitervorrichtung nach einer der Klauseln 1B bis 5B, wobei das zweite Metall Al ist.

Klausel 7B.

[0264] Die Halbleitervorrichtung nach einer der Klauseln 1B bis 6B, wobei eine Hauptkomponente der zweiten leitfähigen Komponente das zweite Metall ist.

Klausel 8B.

[0265] Die Halbleitervorrichtung nach einer der Klauseln 1B bis 7B, wobei das dritte Metall Ni ist.

Klausel 9B.

[0266] Die Halbleitervorrichtung nach einer der Klauseln 1B bis 8B, wobei eine Hauptkomponente der dritten leitfähigen Komponente das dritte Metall ist.

Klausel 10B.

[0267] Die Halbleitervorrichtung nach einer der Klauseln 1B bis 9B, wobei die erste leitfähige Komponente eine Plattenform aufweist.

Klausel 11B.

[0268] Die Halbleitervorrichtung nach einer der Klauseln 1B bis 10B, wobei die zweite leitfähige Komponente ein Draht ist.

Klausel 12B.

[0269] Die Halbleitervorrichtung nach einer der Klauseln 1B bis 11B, wobei ein leitfähiges Bondingbauteil zwischen der ersten leitfähigen Komponente und der dritten leitfähigen Komponente vorgesehen ist.

Klausel 13B.

[0270] Die Halbleitervorrichtung nach einer der Klauseln 1B bis 12B, ferner aufweisend ein Trägersubstrat mit einer Isolierschicht und leitfähigen Schichten auf jeweiligen Oberflächen der Isolierschicht, wobei eine der leitfähigen Schichten die erste leitfähige Komponente ist, und ein Halbleiterelement elektrisch an der ersten leitfähigen Komponente gebondet ist.

Klausel 14B.

[0271] Die Halbleitervorrichtung nach Klausel 13B, ferner aufweisend einen Steueranschlussträger, der eine Isolierschicht und eine erste Metallschicht und eine zweite Metallschicht auf jeweiligen Oberflächen der Isolierschicht aufweist, wobei sich der Steueranschlussträger auf dem Trägersubstrat befindet, und eine Dicke der dritten leitfähigen Komponente kleiner als eine Dicke des Steueranschlussträgers ist.

Klausel 15B.

[0272] Die Halbleitervorrichtung nach Klausel 13B oder 14B, wobei der Steueranschlussträger direkt an die zweite leitfähige Komponente gebondet ist.

BEZUGSZEICHEN

[0273] <In Fig. 1 bis 33 verwendete Ziffern>
 A1, A11, A12, A13, A14, A2, A21, A22, A23, A24, A3, A31: Halbleitervorrichtung B1: Fahrzeug
 3: Hauptsubstrat 5: Erstes leitfähiges Bauteil
 6: Zweites leitfähiges Bauteil 8: Versiegelungsharz
 10A: Erstes Halbleiterelement
 10B: Zweites Halbleiterelement
 11: Erste Vorderseitenelektrode
 12: Zweite Vorderseitenelektrode
 13: Dritte Vorderseitenelektrode
 15: Rückseitenelektrode
 17: Thermistor 19A: Erstes leitfähiges Bondingbauteil 19B: Zweites leitfähiges Bondingbauteil 31: Hauptisolierschicht
 32: Erste Hauptmetallschicht 32A: Erster leitfähiger Abschnitt 32B: Zweiter leitfähiger Abschnitt 33: Zweite Hauptmetallschicht 41: Erster Anschluss 42: Zweiter Anschluss
 43: Dritter Anschluss 44: Vierter Anschluss
 45, 46A, 46B, 47A, 47B, 47C, 47D: Steueranschluss

46E: Steueranschluss (Erster Steueranschluss)
 48: Steueranschlusssträger
 48A: Erstes Untersubstrat 48B: Zweites Untersubstrat
 49: Leitfähiges Bondingbauteil 51: Hauptabschnitt
 52: Erster Bondingabschnitt 53: Zweiter Bondingabschnitt
 59: Leitfähiges Bondingbauteil 61: Dritter Bondingabschnitt
 64: Erster Pfadabschnitt 65: Zweiter Pfadabschnitt
 66: Dritter Pfadabschnitt 67: Vierter Pfadabschnitt
 69: Leitfähiges Bondingbauteil 71, 72, 73: Draht
 81: Harz-Vorderseite 82: Harz-Rückseite
 91: On-Board-Ladegerät 92: Akku
 93: Antriebssystem 101: Element-Vorderseite
 102: Element-Rückseite 301A: Erste vorderseitige Oberfläche
 301B: Zweite vorderseitige Oberfläche 302: rückseitige Oberfläche
 451: Halter 452: Metallstift
 481: Unterisolierschicht 482: Erste Untermetallschicht
 482A, 482B, 482F: Region 482E: Region (Erste Region)
 482D: Region (Zweite Region) 482C: Region (Dritte Region)
 483: Zweite Untermetallschicht
 485: Verbindender leitfähiger Abschnitt 514: Erste Öffnung
 602: Erster Rampenabschnitt 603: Zweiter Rampenabschnitt
 611: Flacher Abschnitt 612: Erster geneigter Abschnitt
 641: Erster bandförmiger Abschnitt
 643: Erster verlängerter Abschnitt
 651: Zweiter bandförmiger Abschnitt
 653: Zweiter verlängerter Abschnitt
 831, 832, 833, 834: Harz-Seitenfläche
 832a: Aussparung 931: Wechselrichter („Inverter“)
 932: Antriebsquelle 4811: Öffnung 4820: Basis-schicht
 4821A, 4821B, 4821C, 4821D: Verbindungsabschnitt
 4822A, 4822B, 4822C, 4822D: Anschlussabschnitt
 4825: Öffnung 4829: Oberflächenmetallschicht
 4831: Aussparung 4839: Bondingabschnitt
 48313: Aussparung
 x: Erste Richtung y: Zweite Richtung
 z: Dickenrichtung
 <In Fig. 33 bis 67 verwendete Ziffern>
 A1, A2, A3: Halbleitervorrichtung
 3: Trägersubstrat 5: Erstes leitfähiges Bauteil
 6: Zweites leitfähiges Bauteil 8: Versiegelungsharz
 10A: Erstes Halbleiterelement
 10B: Zweites Halbleiterelement
 11: Erste Vorderseitenelektrode
 12: Zweite Vorderseitenelektrode
 13: Dritte Vorderseitenelektrode
 15: Rückseitenelektrode
 17: Thermistor 19A: Erstes leitfähiges Bondingbauteil
 19B: Zweites leitfähiges Bondingbauteil
 31: Isolierschicht 32: Oberflächenmetallschicht
 32A: Erster leitfähiger Abschnitt (Erste leitfähige Komponente)
 32B: Zweiter leitfähiger Abschnitt
 33: Rückoberflächenmetallschicht
 38: Dritte leitfähige Komponente 39: Leitfähiges Bondingbauteil
 41: Erster Anschluss 42: Zweiter Anschluss
 43: Dritter Anschluss 44: Vierter Anschluss
 45: Steueranschluss 46A: Erster Steueranschluss

46B: Erster Steueranschluss 46C: Erster Steueranschluss
 46D: Erster Steueranschluss 46E: Erster Steueranschluss
 47A: Zweiter Steueranschluss 47B: Zweiter Steueranschluss
 47C: Zweiter Steueranschluss 47D: Zweiter Steueranschluss
 48: Steueranschlusssträger 48A: Erster Trägerabschnitt
 48B: Zweiter Trägerabschnitt 49: Bondingbauteil
 51: Hauptabschnitt 52: Erster Bondingabschnitt
 53: Zweiter Bondingabschnitt 59: Leitfähiges Bondingbauteil
 61: Dritter Bondingabschnitt 64: Erster Pfadabschnitt
 65: Zweiter Pfadabschnitt 66: Dritter Pfadabschnitt
 67: Vierter Pfadabschnitt 69: Leitfähiges Bondingbauteil
 71, 72, 73, 74, 75, 76: Draht (Zweite leitfähige Komponente)
 81: Harz-Vorderseite 82: Harz-Rückseite
 86: Harzhohlraum 101: Element-Vorderseite
 102: Element-Rückseite 121: Gate-Finger
 301A: Erste vorderseitige Oberfläche
 301B: Zweite vorderseitige Oberfläche
 302: Rückseitige Oberfläche 324: Isolator
 381: Kern 382: Erste Schicht
 383: Zweite Schicht 384: Dritte Schicht
 385: Vierte Schicht 386: Fünfte Schicht
 387: Sechste Schicht 451: Halter
 452: Metallstift 459: Leitfähiges Bondingbauteil
 481: Isolierschicht 482: Erste Metallschicht
 482A: Erste Region 482B: Zweite Region
 482C: Dritte Region 482D: Vierte Region
 482E: Fünfte Region 482F: Sechste Region
 483: Zweite Metallschicht 514: Erste Öffnung
 602: Erster Rampenabschnitt 603: Zweiter Rampenabschnitt
 611: Flacher Abschnitt 612: Erster geneigter Abschnitt
 641: Erster bandförmiger Abschnitt
 643: Erster verlängerter Abschnitt 649: Aussparung
 651: Zweiter bandförmiger Abschnitt 653: Zweiter verlängerter Abschnitt
 659, 669: Aussparung 831, 832, 833, 834: Harz-Seitenfläche
 832a: Aussparung 851: Erster Vorsprung
 851a: Erste Vorsprungsendfläche 851b: Aussparung
 851c: Innenwandoberfläche 852: Zweiter Vorsprung
 T1, T2: Dicke x: Erste Richtung y: Zweite Richtung z: Dickenrichtung

Patentansprüche

1. Halbleitervorrichtung, aufweisend:
 ein Hauptsubstrat, einschließlich einer ersten Hauptmetallschicht;
 ein erstes Halbleiterelement, das von dem Hauptsubstrat getragen wird;
 ein erstes Untersubstrat, das von dem Hauptsubstrat getragen wird; und
 ein Versiegelungsharz, das das erste Halbleiterelement bedeckt,
 wobei das erste Untersubstrat eine Unterisolierschicht sowie eine erste Untermetallschicht und eine zweite Untermetallschicht aufweist, die die Unterisolierschicht in einer Dickenrichtung flankieren,
 die zweite Untermetallschicht elektrisch an die erste

Hauptmetallschicht gebondet ist, die erste Untermetallschicht eine erste Region aufweist und das erste Untersubstrat ferner einen verbindenden leitfähigen Abschnitt aufweist, der die erste Region und die zweite Untermetallschicht elektrisch verbindet.

2. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 1, wobei das erste Halbleiterelement elektrisch an die erste Hauptmetallschicht gebondet ist.

3. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, ferner aufweisend einen ersten Steueranschluss, der elektrisch mit der ersten Region verbunden ist und aus dem Versiegelungsharz vorsteht.

4. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 3, wobei die erste Untermetallschicht ferner eine zweite Region aufweist, die von der ersten Region beabstandet ist.

5. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 4, wobei der erste Steueranschluss von der zweiten Region getragen wird.

6. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 5, ferner aufweisend einen ersten Draht, der mit der ersten Region und der zweiten Region verbunden ist.

7. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 6, wobei die erste Untermetallschicht ferner eine dritte Region aufweist, die von der ersten Region und der zweiten Region beabstandet ist und sich zwischen der ersten Region und der zweiten Region befindet.

8. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 6 oder 7, wobei die erste Untermetallschicht eine Basisschicht und eine Oberflächenmetallschicht aufweist.

9. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 8, wobei die Basisschicht Cu aufweist.

10. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 9, wobei die Oberflächenmetallschicht Ni enthält.

11. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 10, wobei die erste Untermetallschicht Cu enthält.

12. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 11, wobei der erste Draht Al enthält.

13. Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei die zweite Untermetallschicht durch ein leitfähiges Bondingbauteil elektrisch an die erste Hauptmetallschicht gebondet ist.

14. Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei die zweite Untermetall-

schicht durch Laserbonden elektrisch an die erste Hauptmetallschicht gebondet ist.

15. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 14, wobei die zweite Untermetallschicht einen durch Laserbonden gebildeten Bondingabschnitt aufweist und die zweite Untermetallschicht eine den Bondingabschnitt in Dickenrichtung gesehen umgebende Öffnung aufweist.

16. Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 15, wobei die Unterisolierschicht eine Keramik enthält.

17. Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 15, wobei die Unterisolierschicht ein Glasepoxidharz enthält.

18. Fahrzeug, aufweisend:
eine Antriebsquelle und
die Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 17, wobei die Halbleitervorrichtung elektrisch mit der Antriebsquelle verbunden ist.

Es folgen 59 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG.1

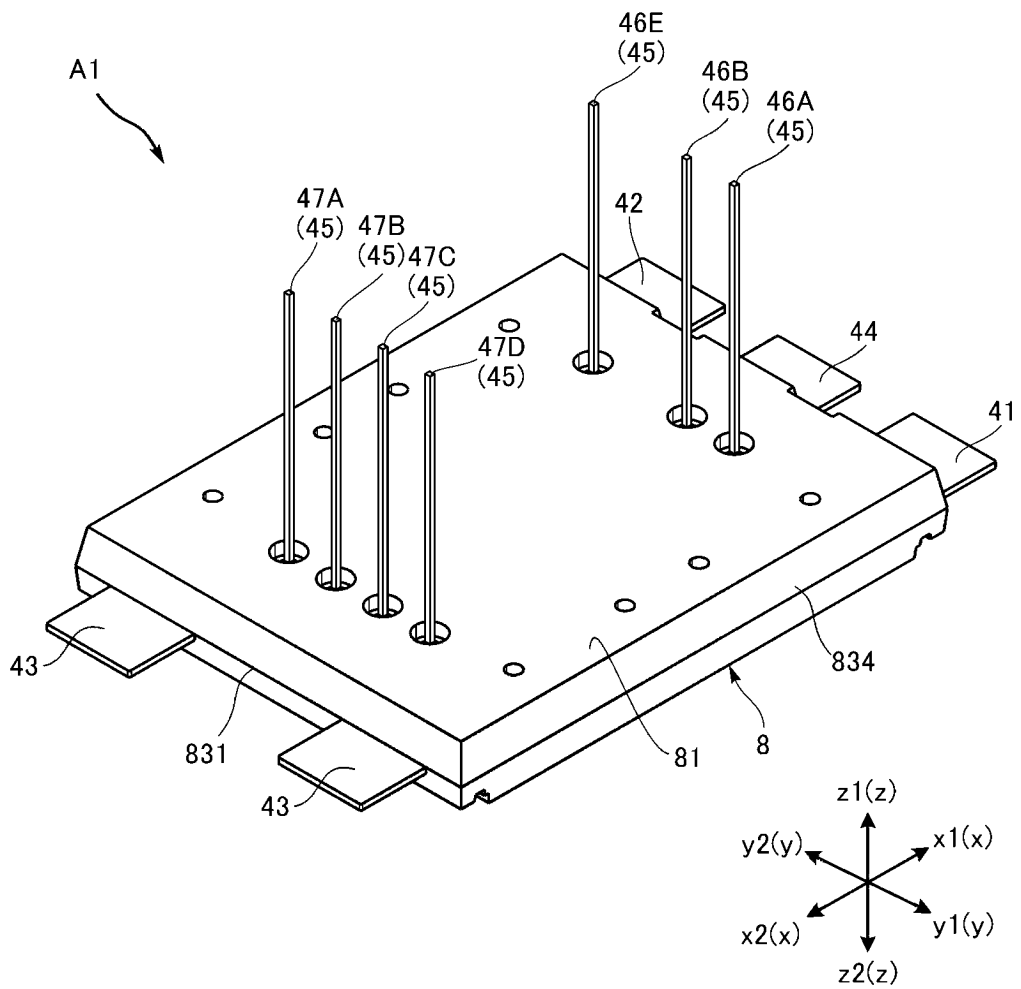


FIG.2

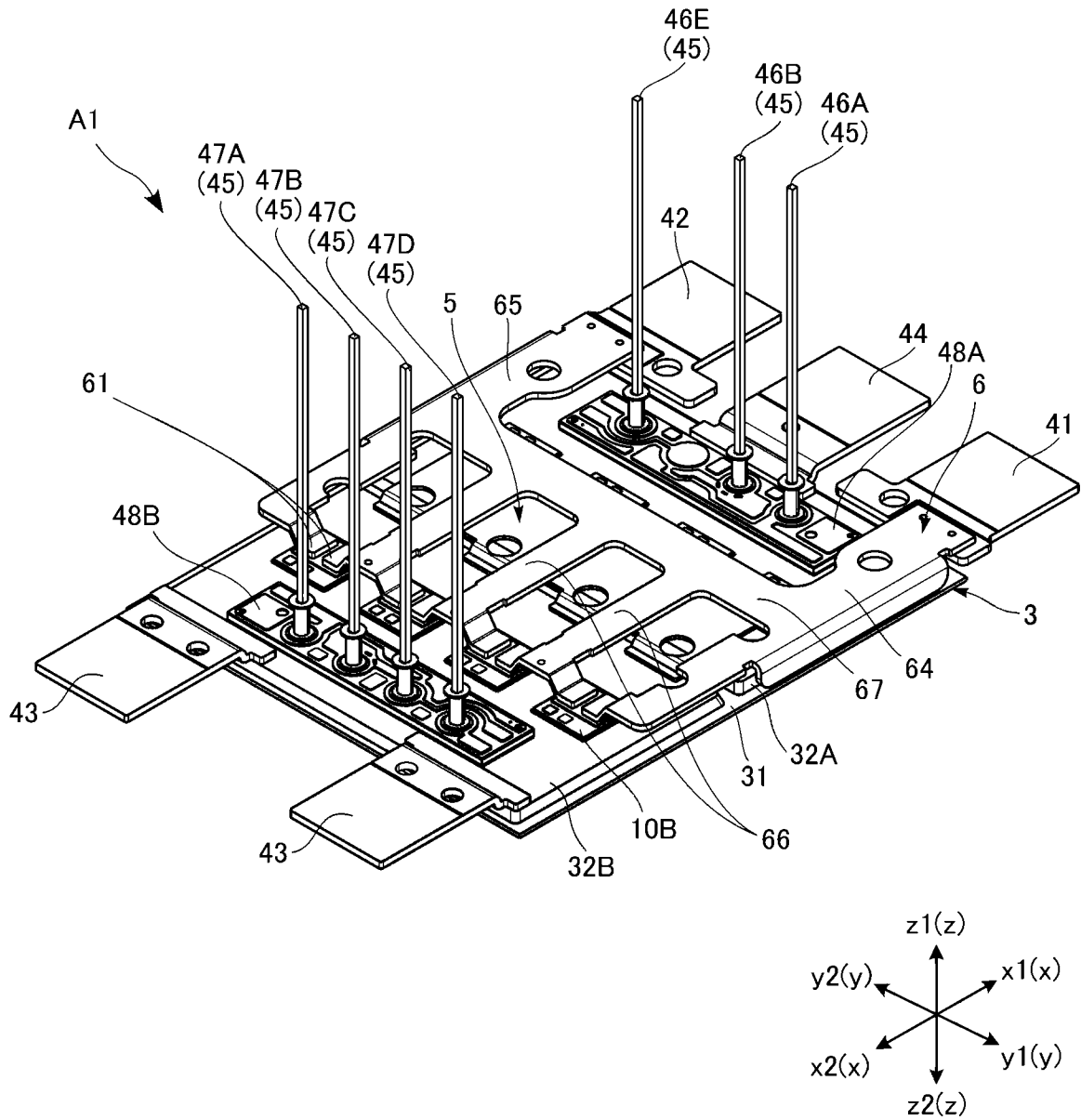


FIG.3

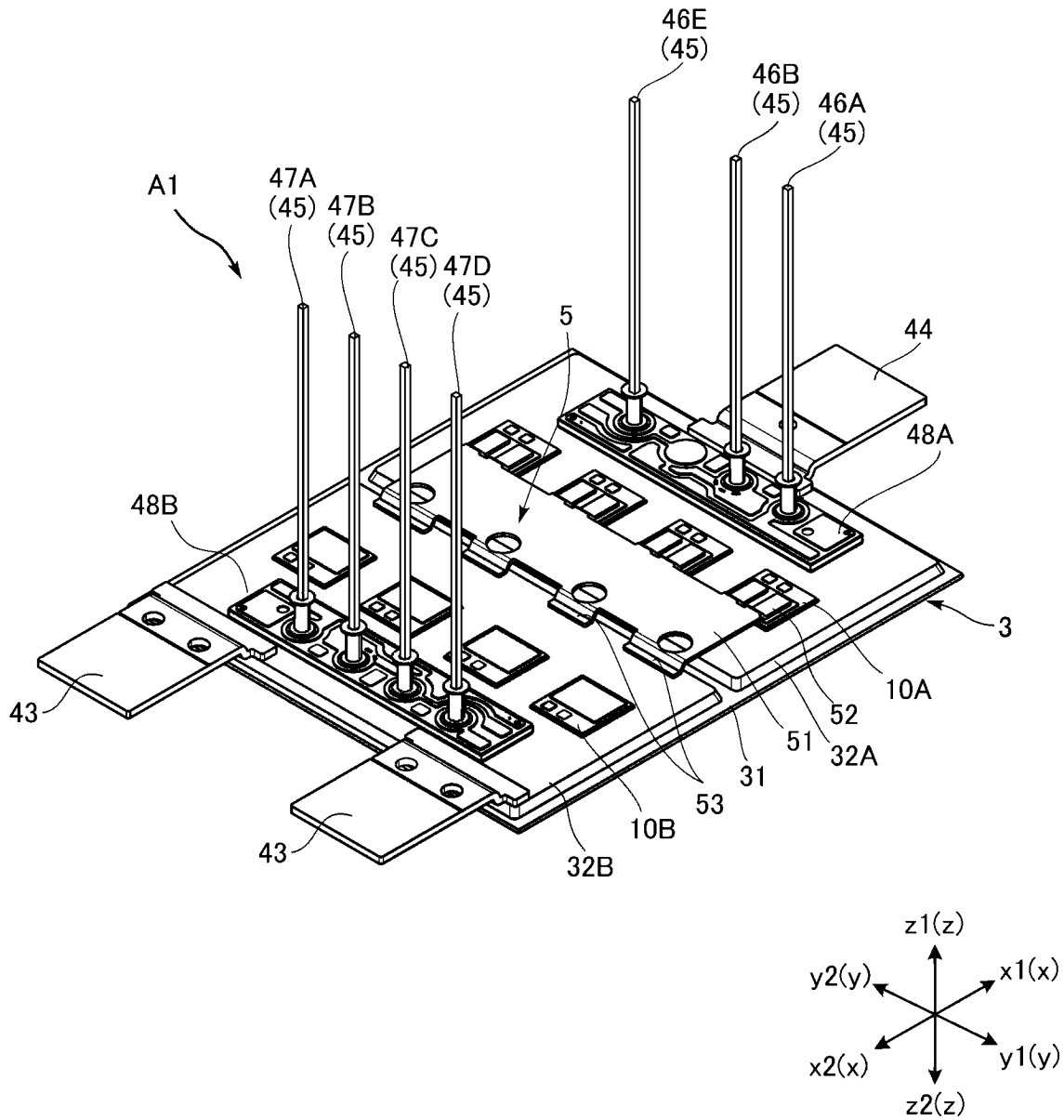


FIG.4

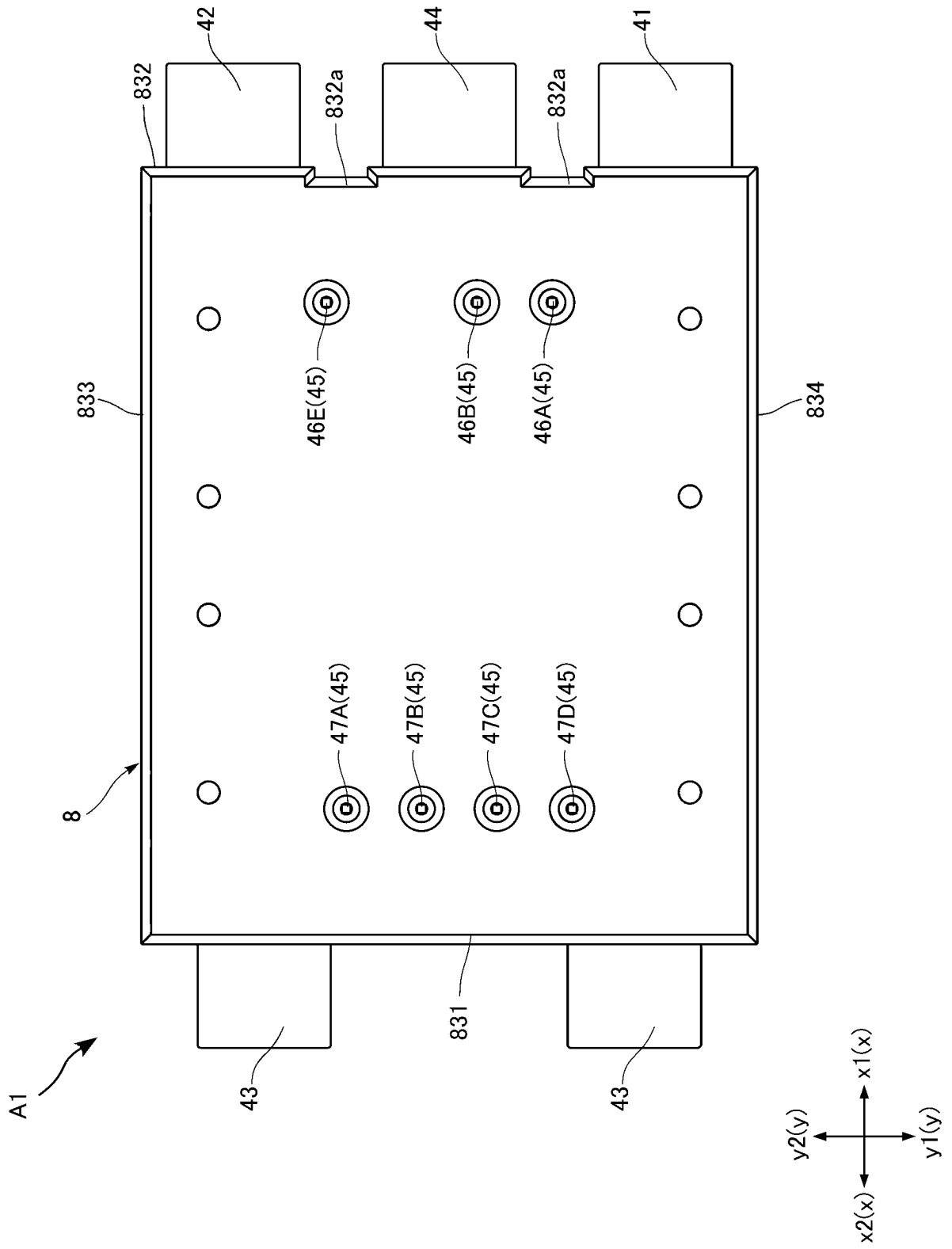


FIG.6

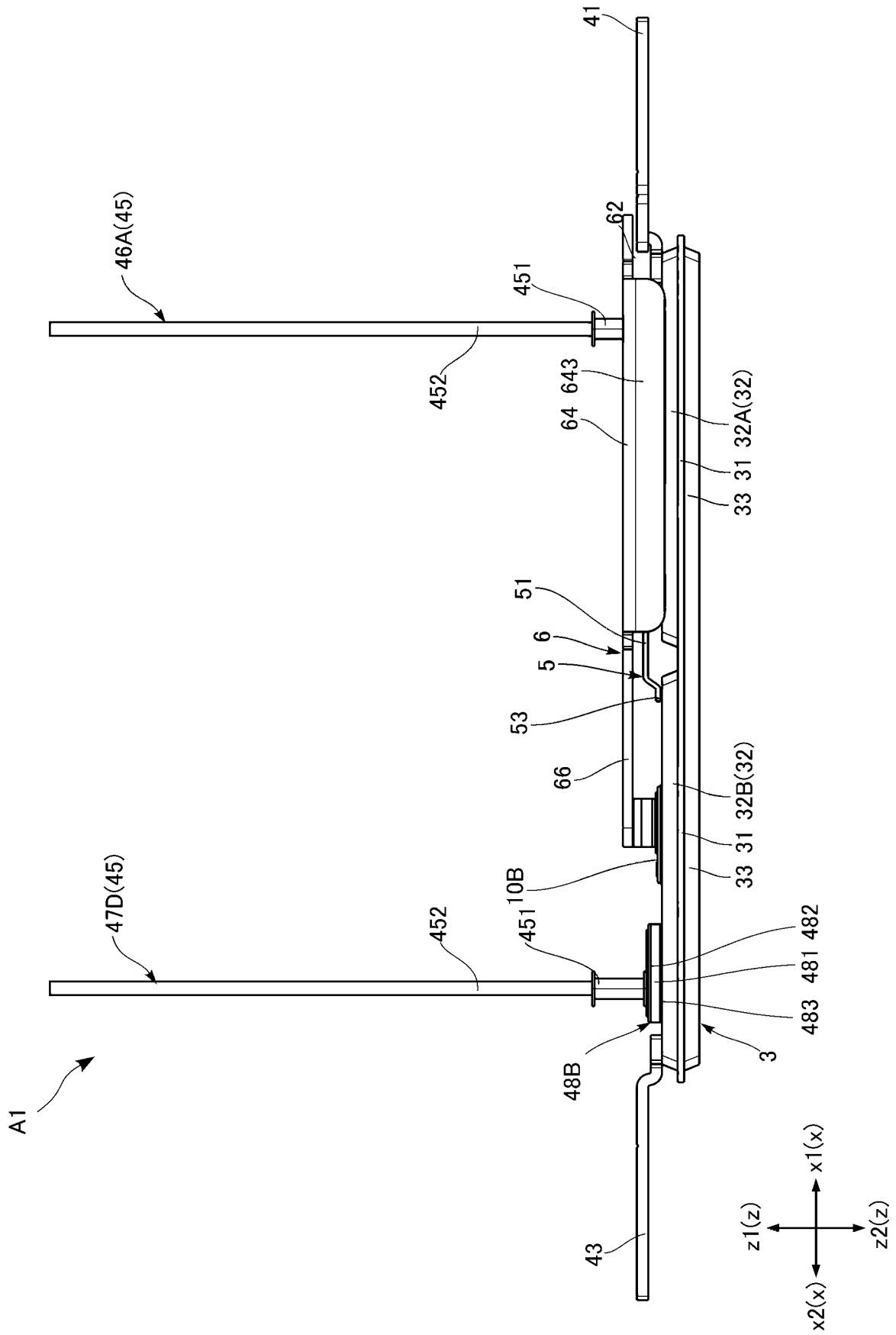


FIG. 8

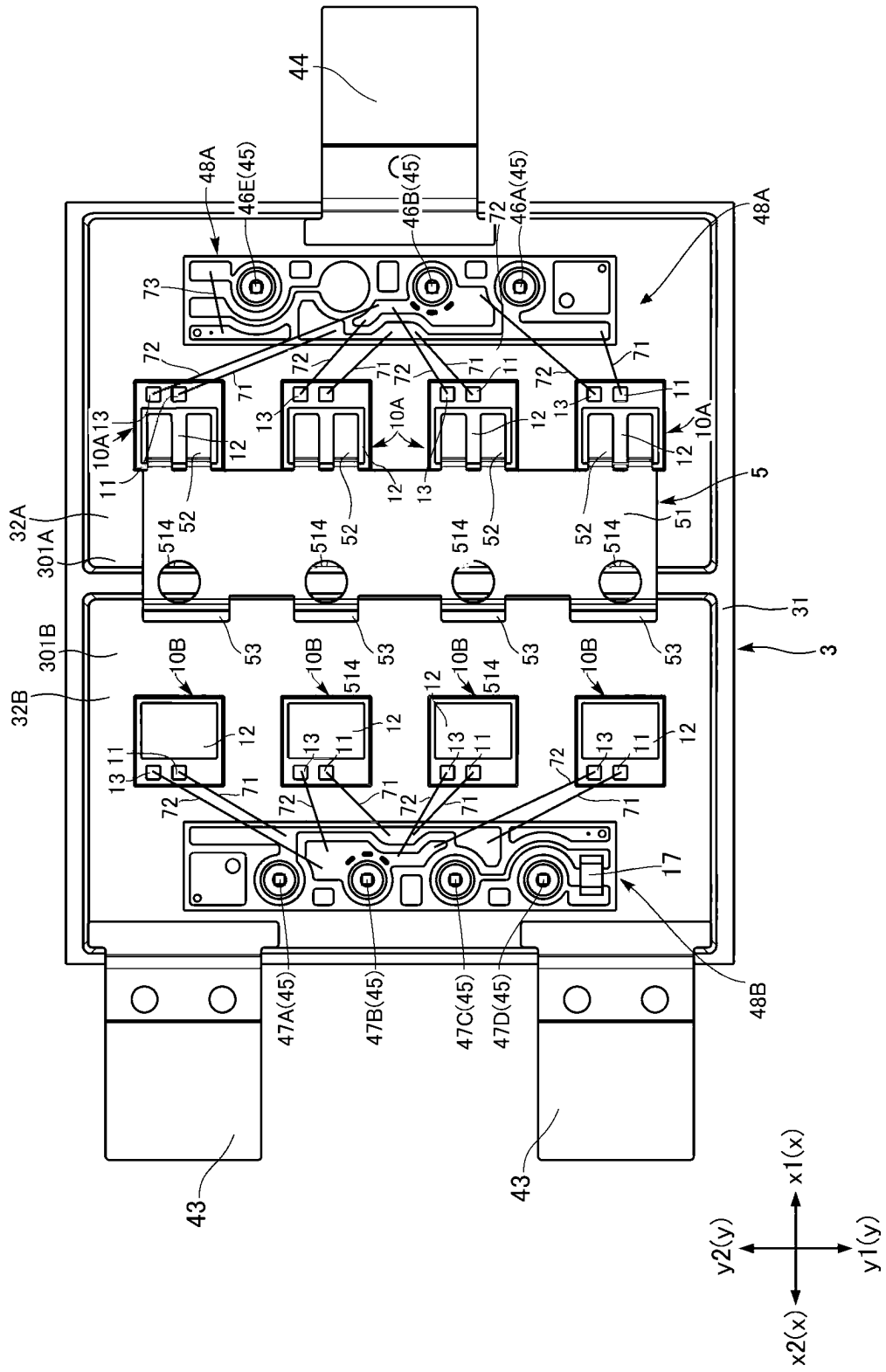


FIG. 9

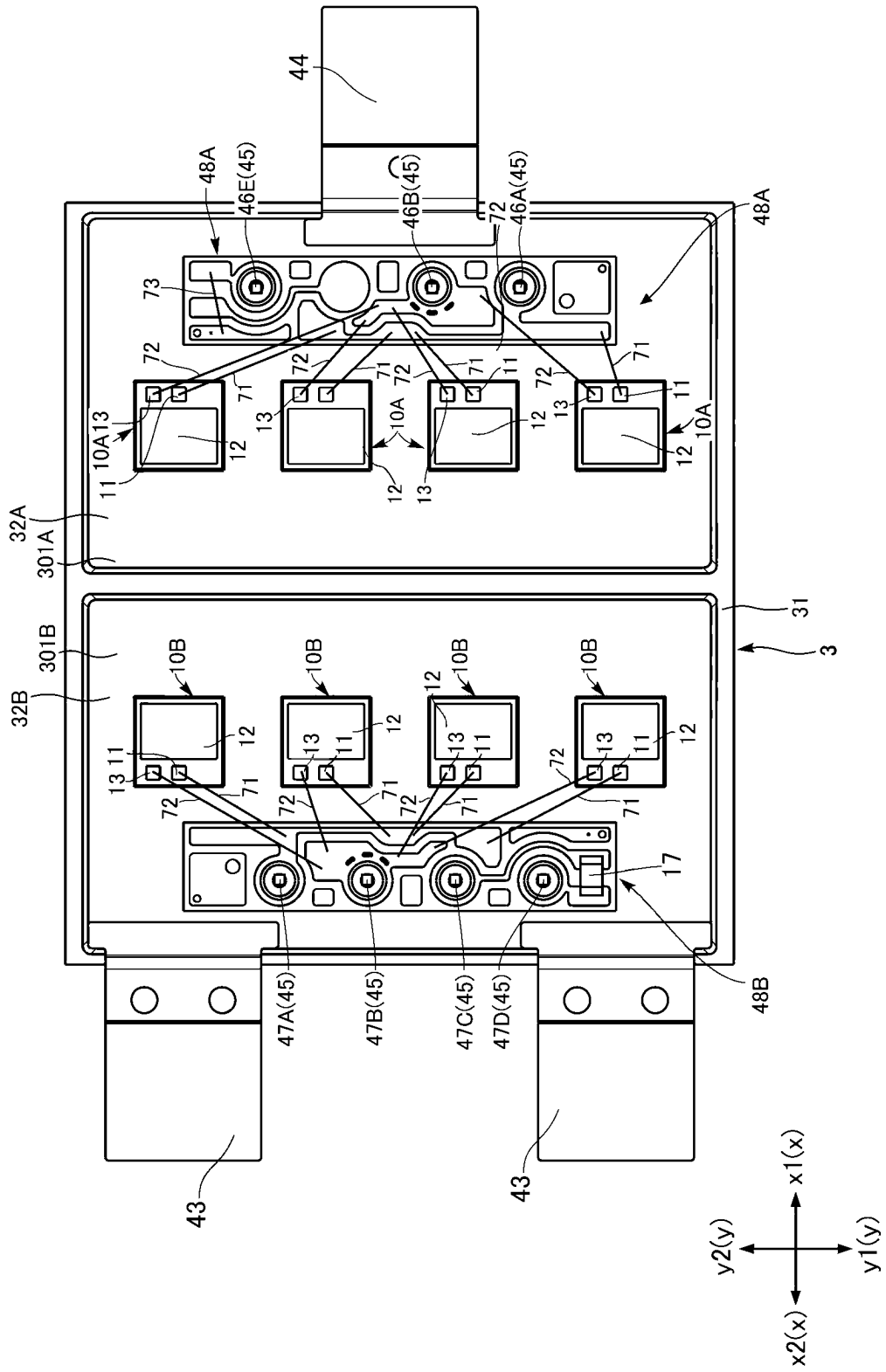


FIG.10

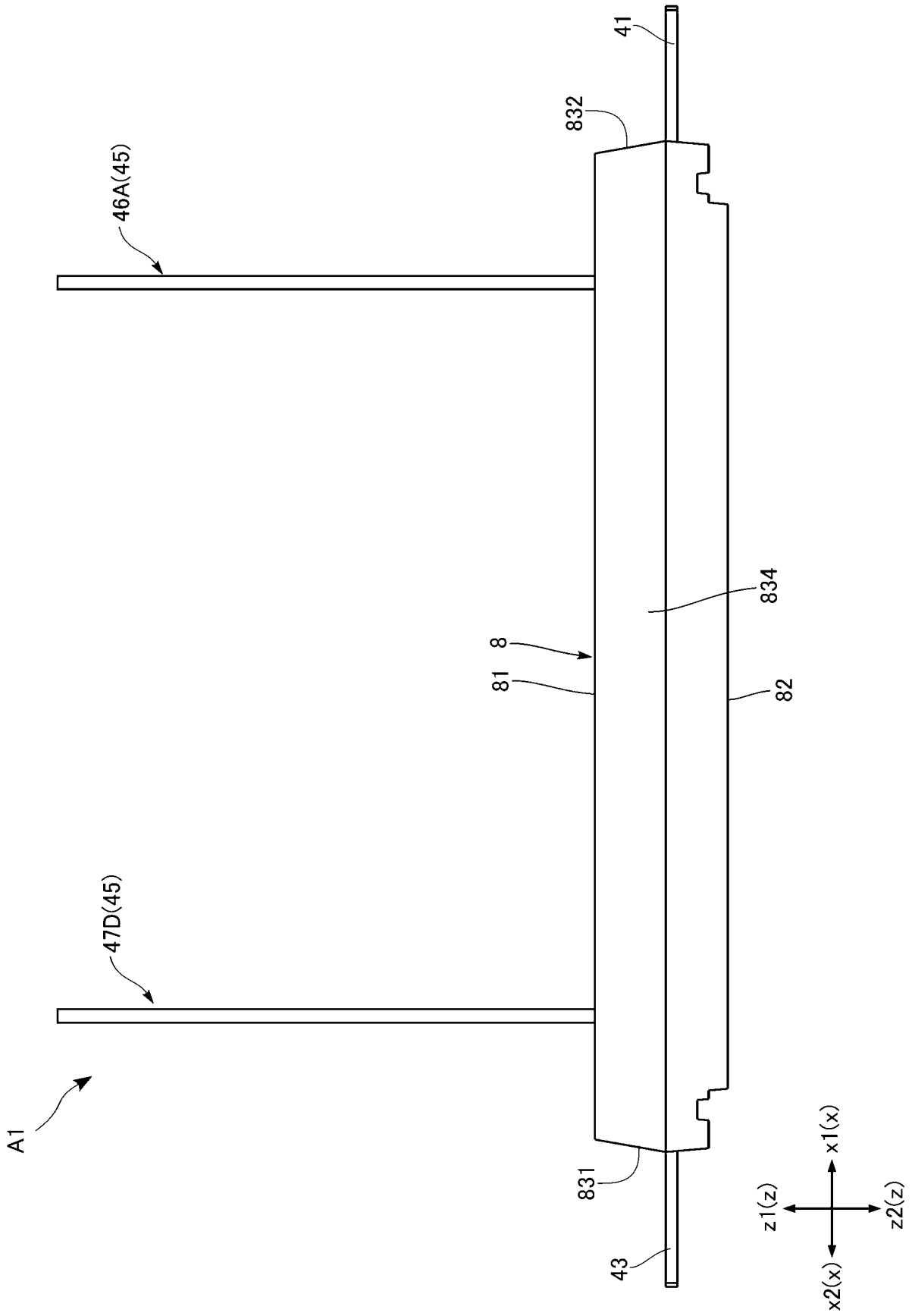


FIG.11

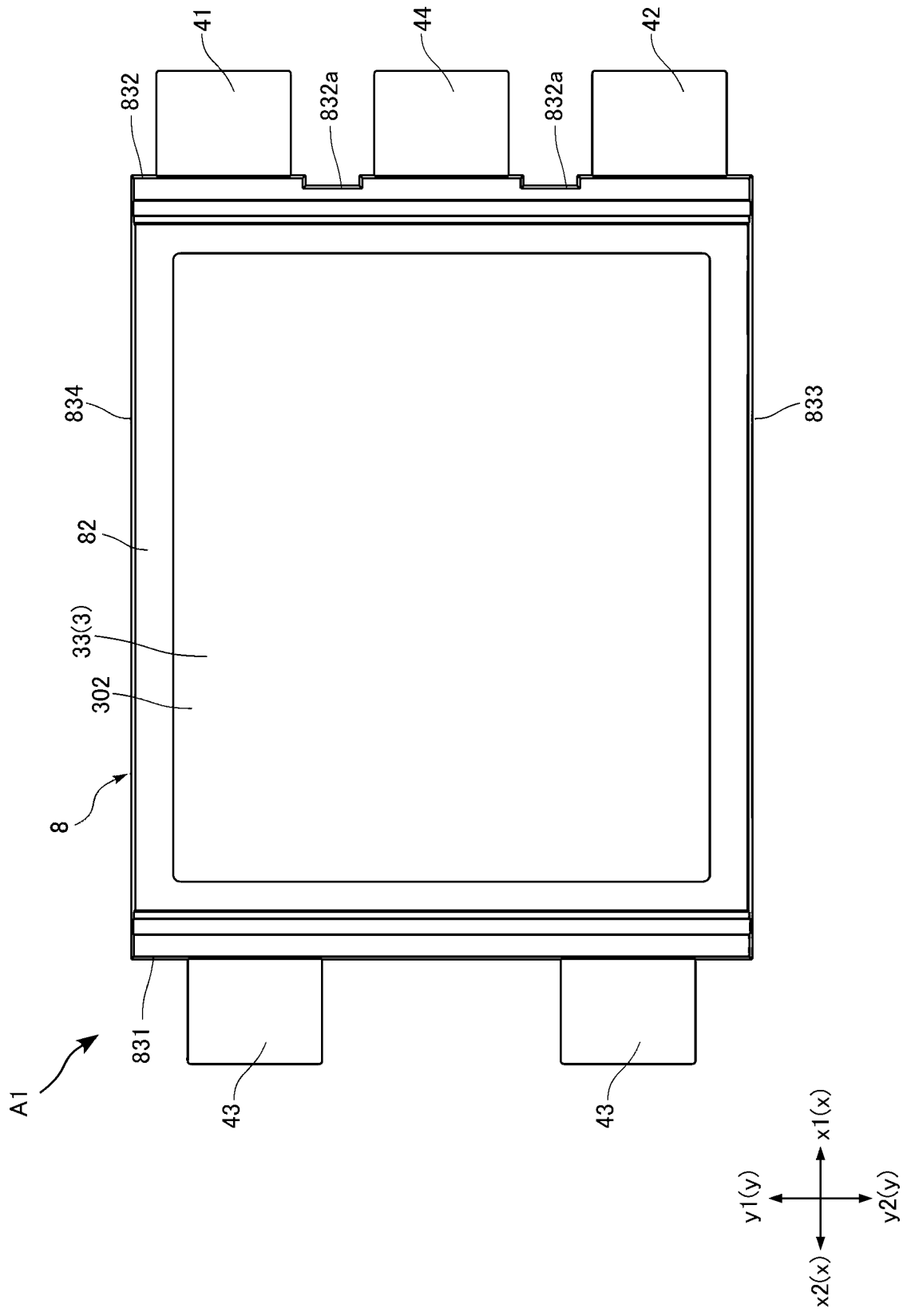


FIG.12

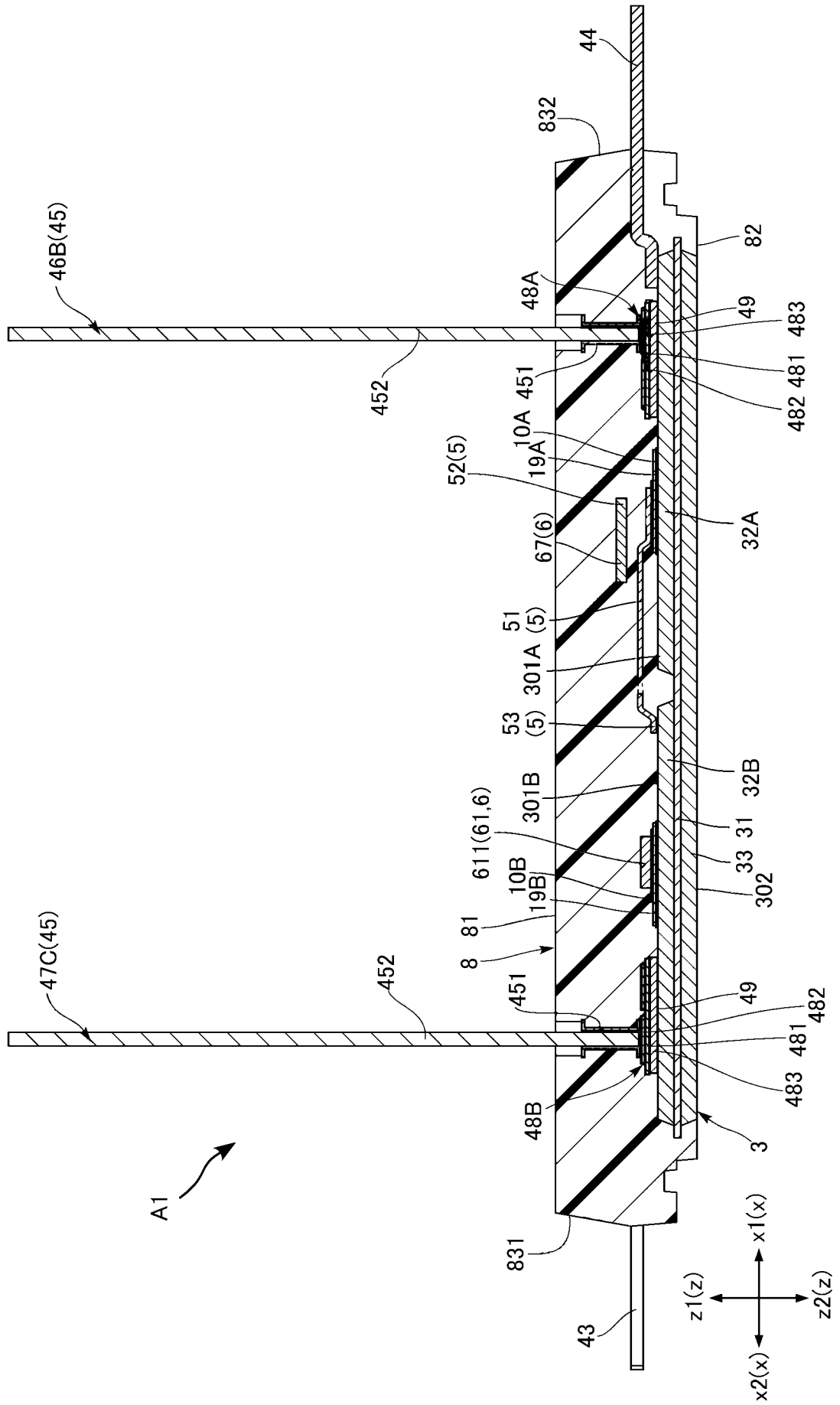


FIG.13

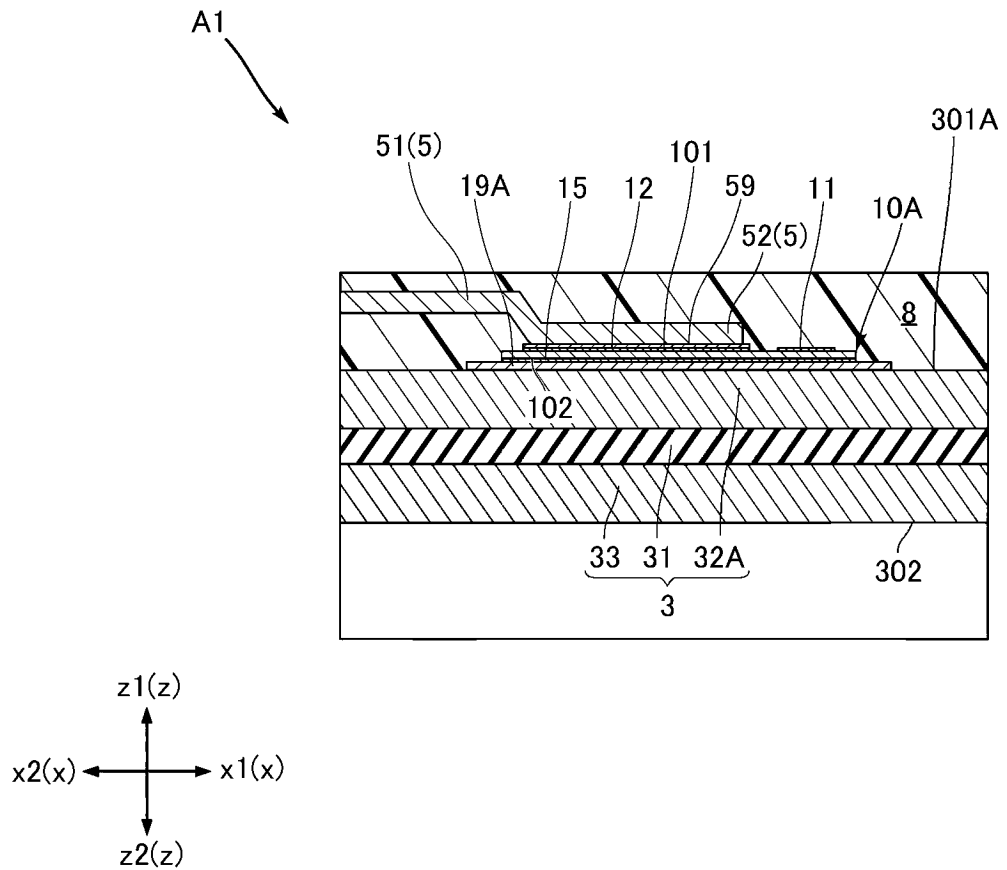


FIG.14

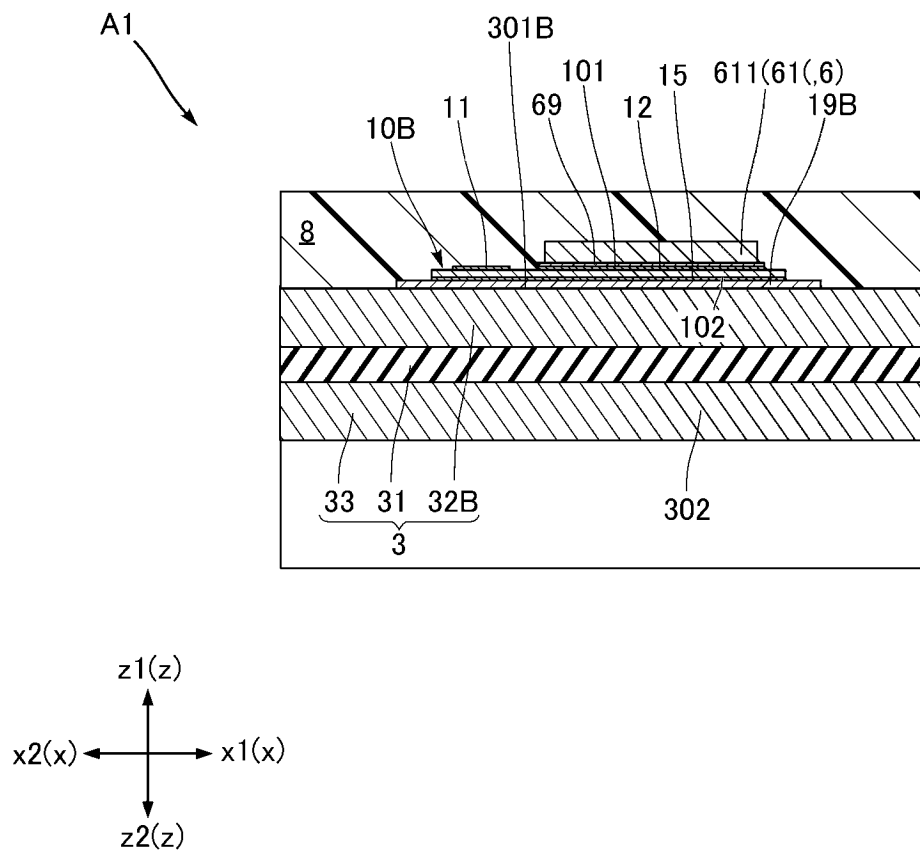


FIG.16

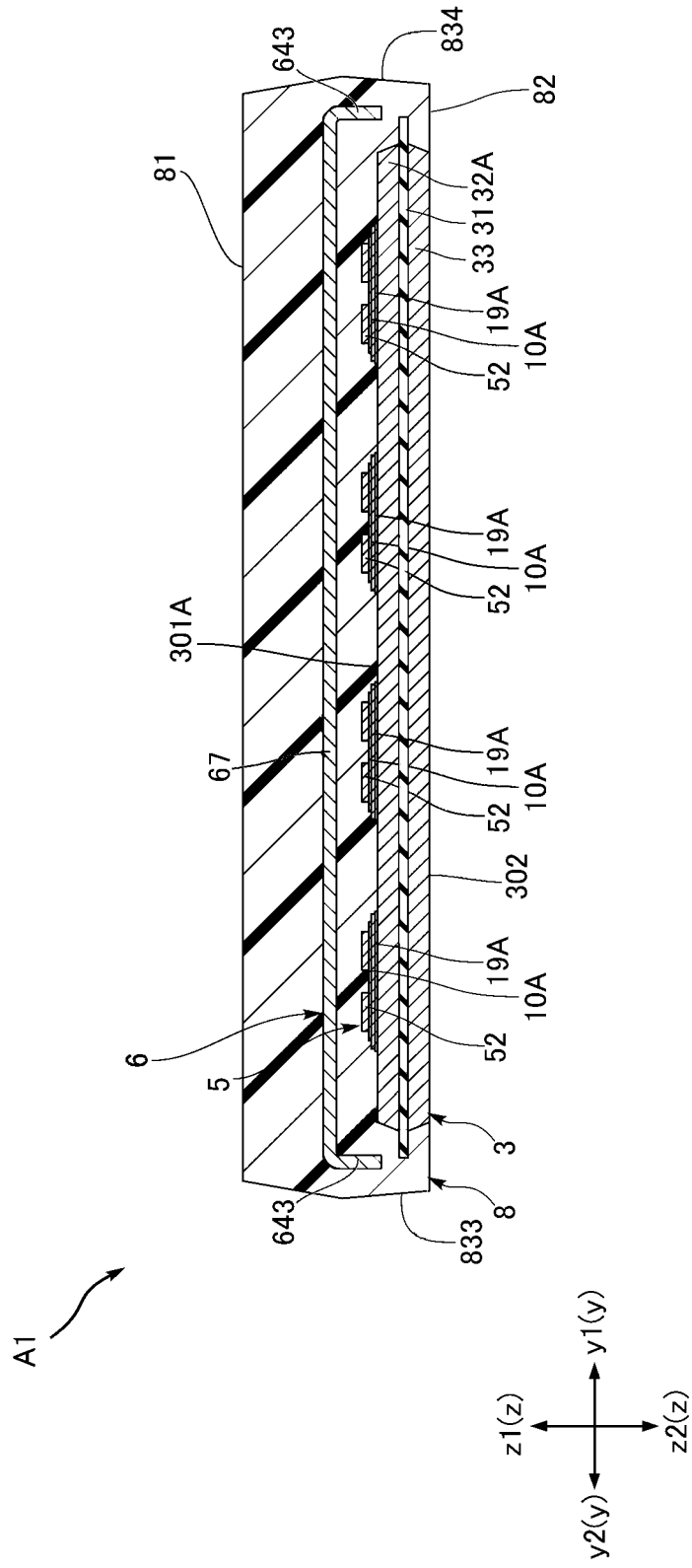


FIG.17

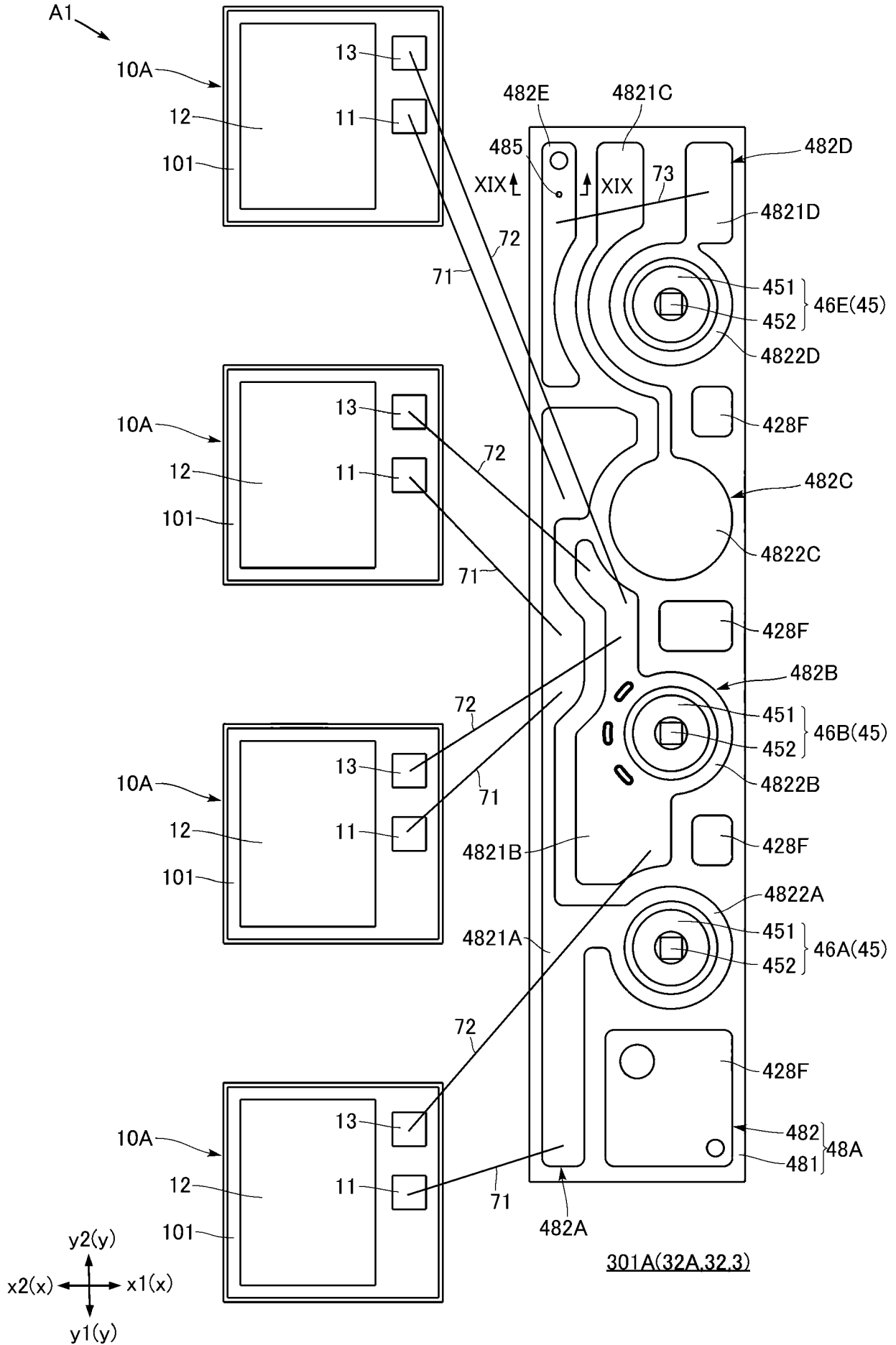


FIG.18

A1

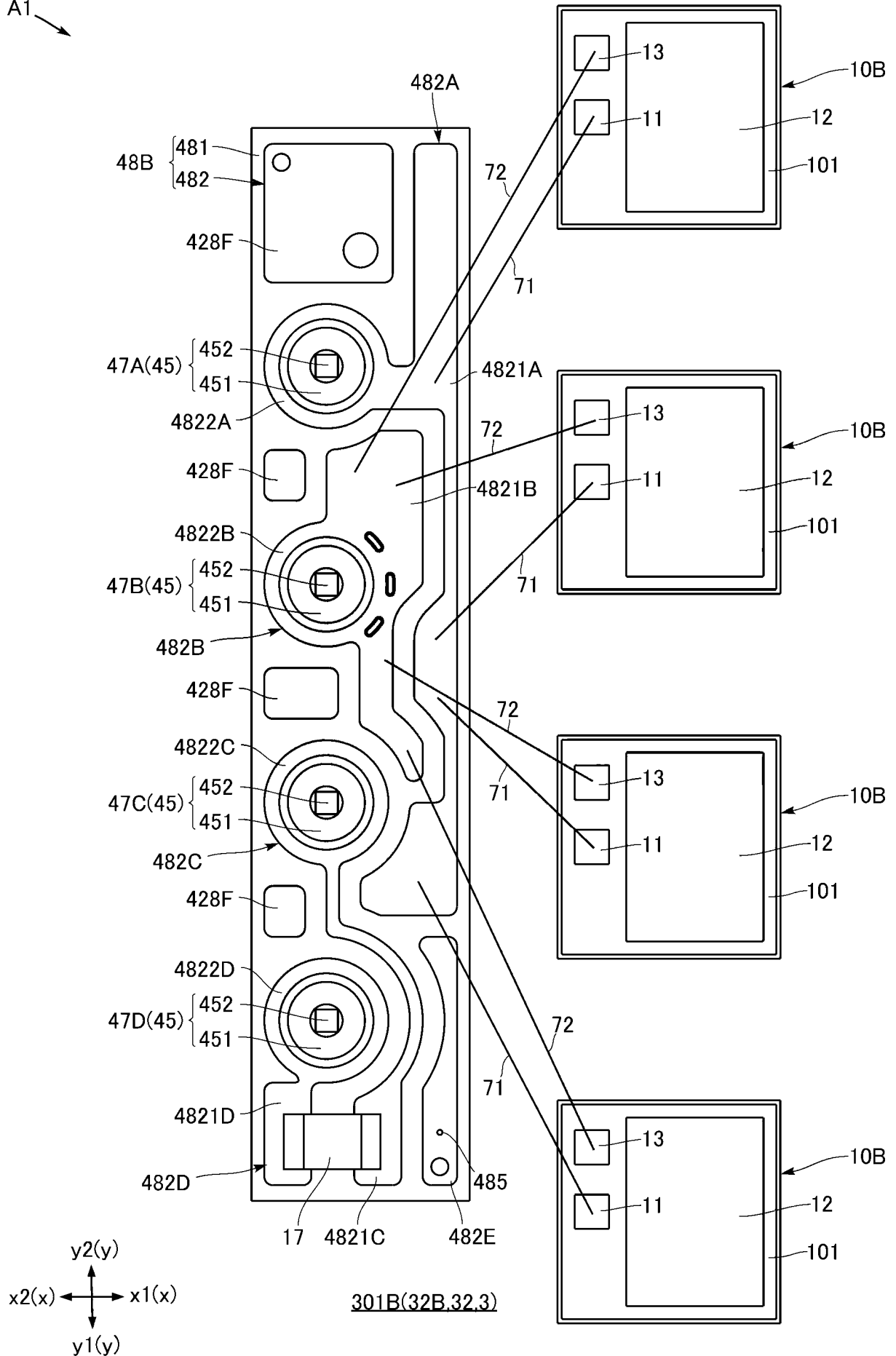


FIG. 19

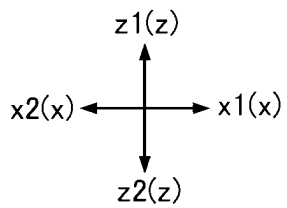
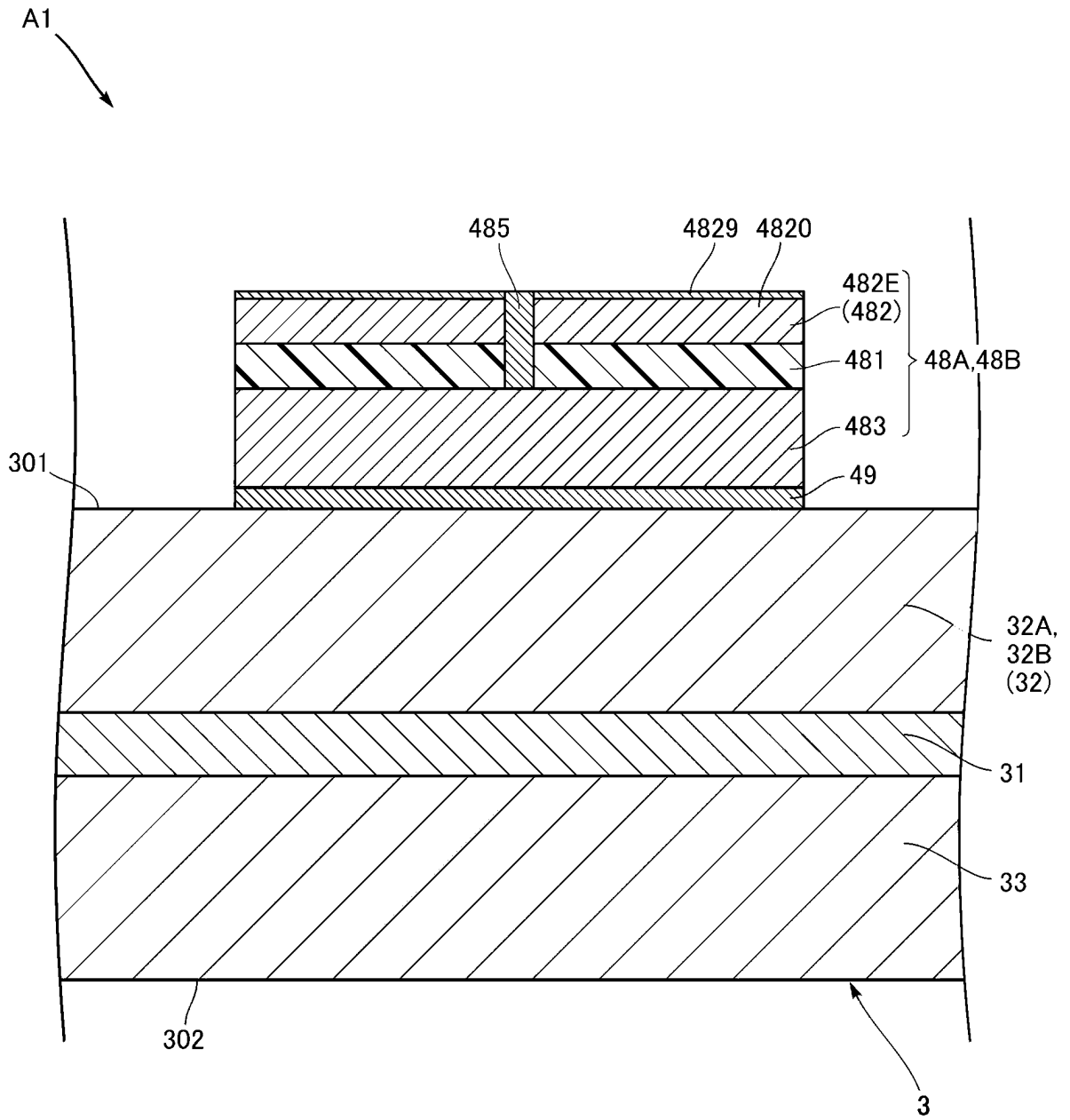


FIG.20

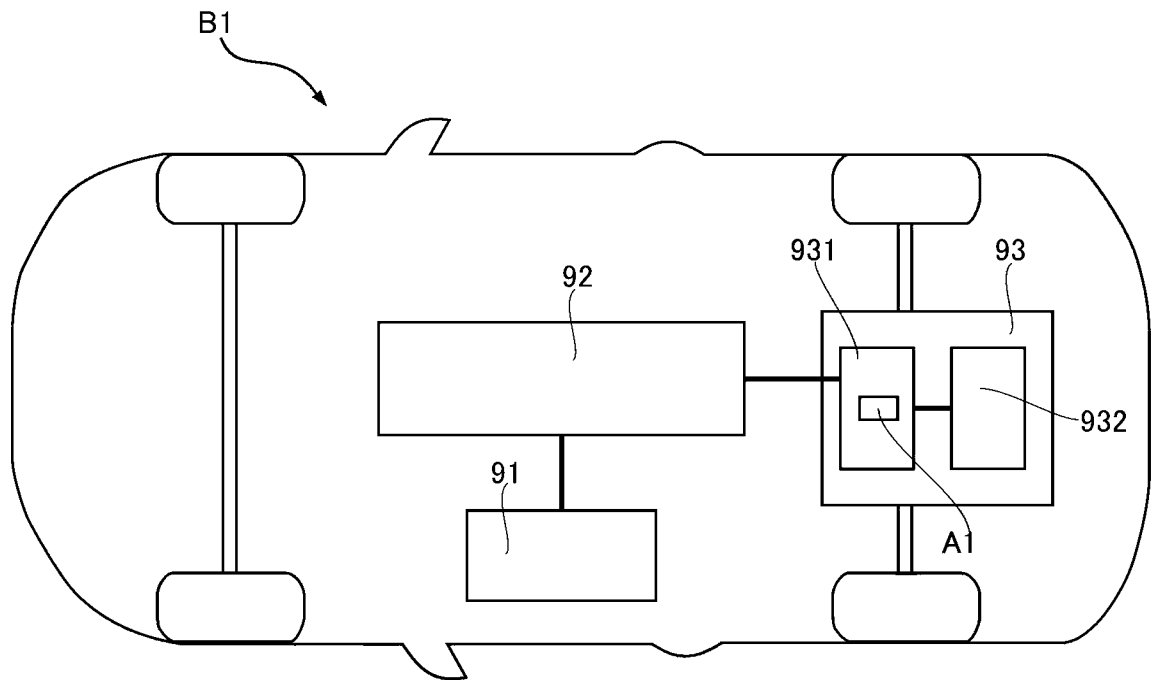


FIG.21

A11

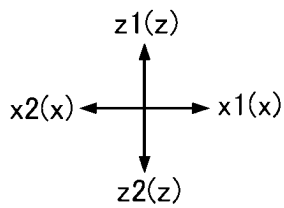
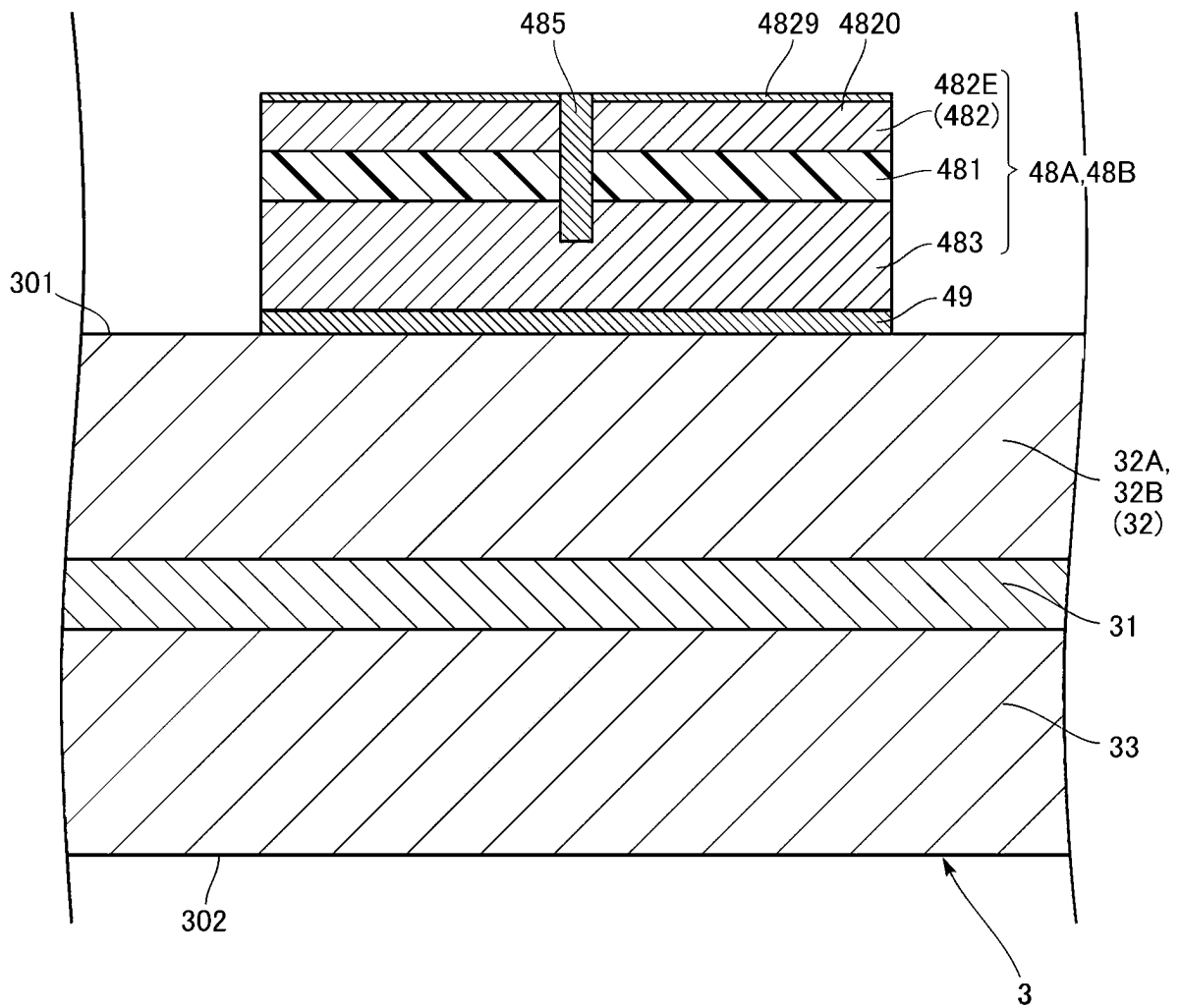


FIG.22

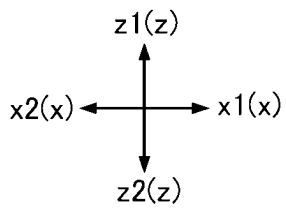
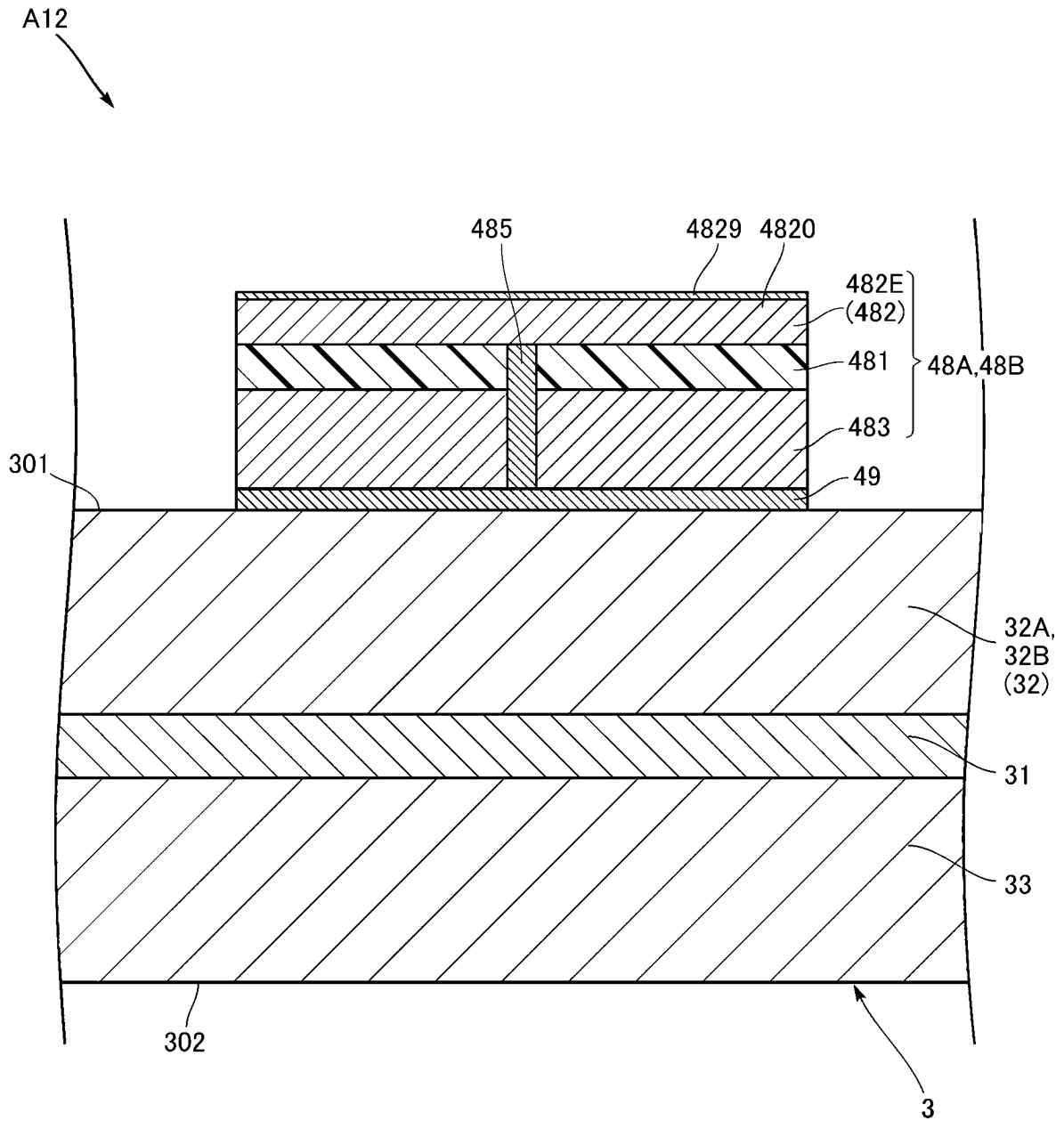


FIG.23

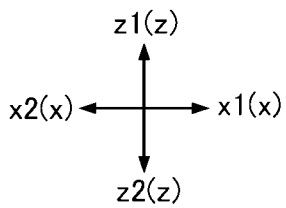
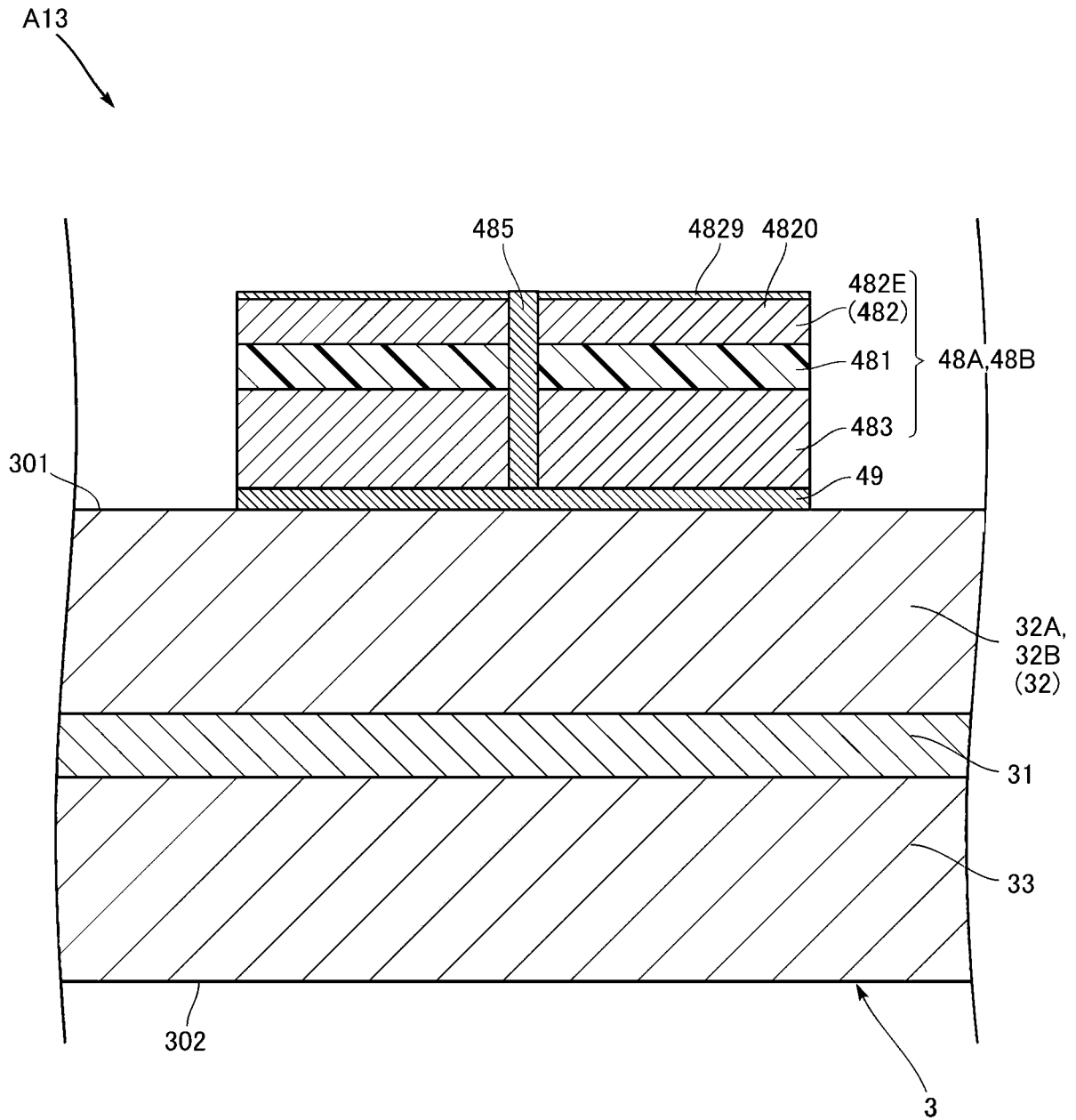


FIG.24

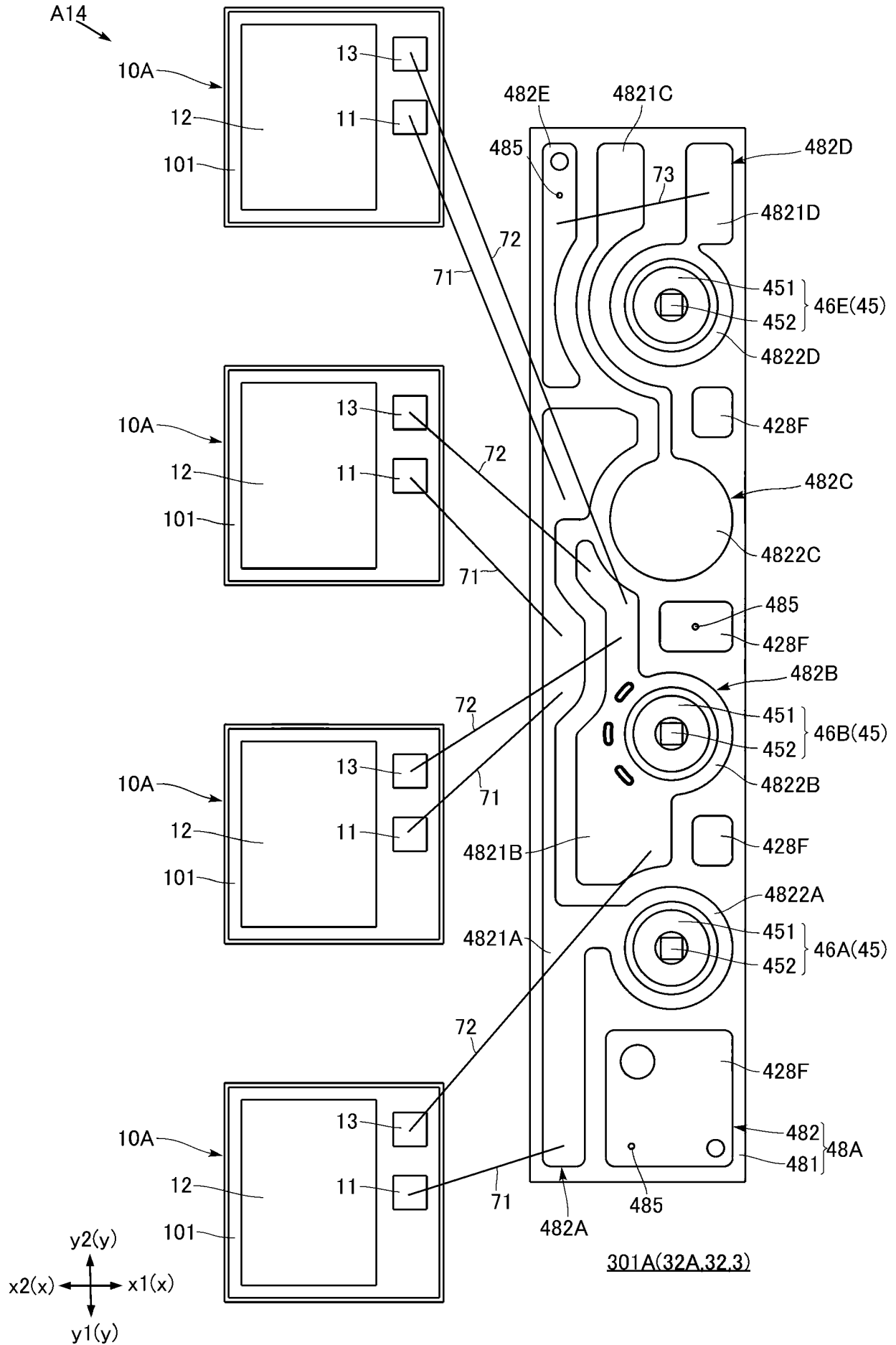


FIG.26

A2

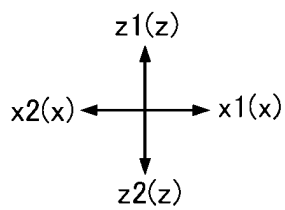
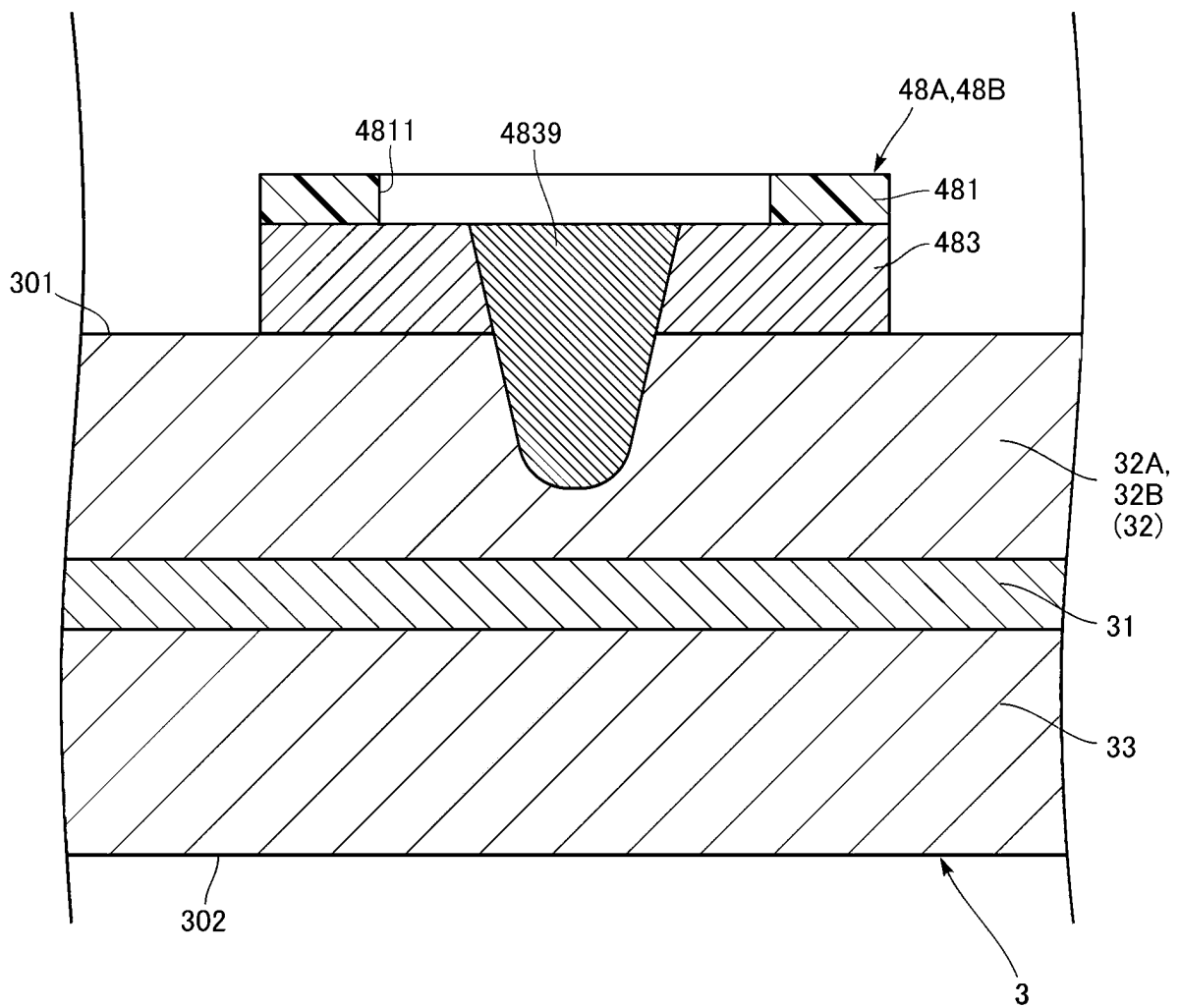


FIG.27

A21

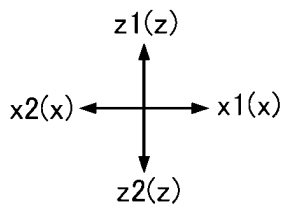
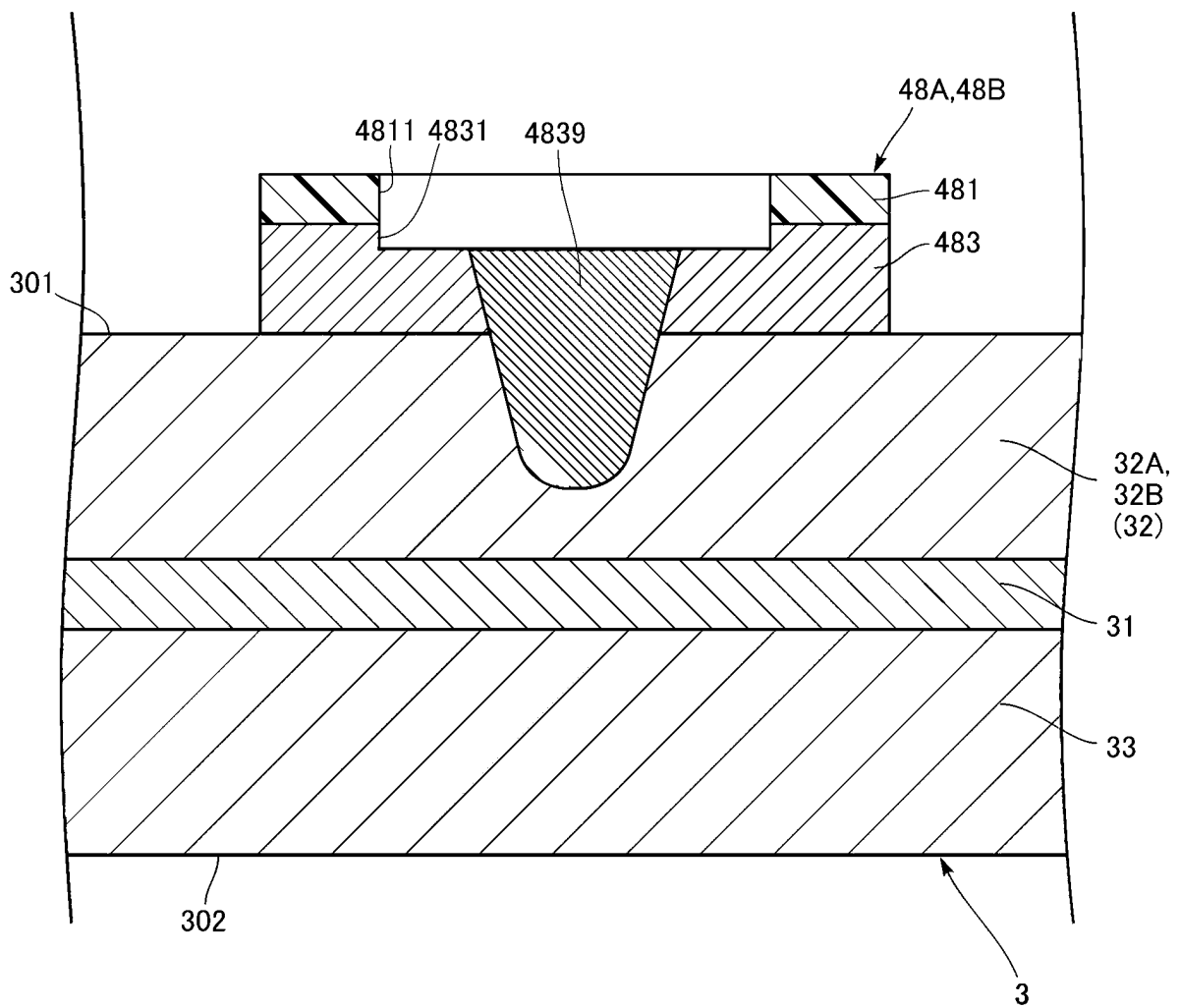


FIG.28

A22

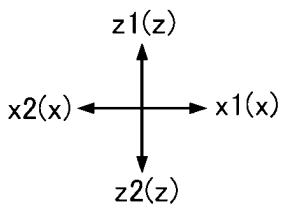
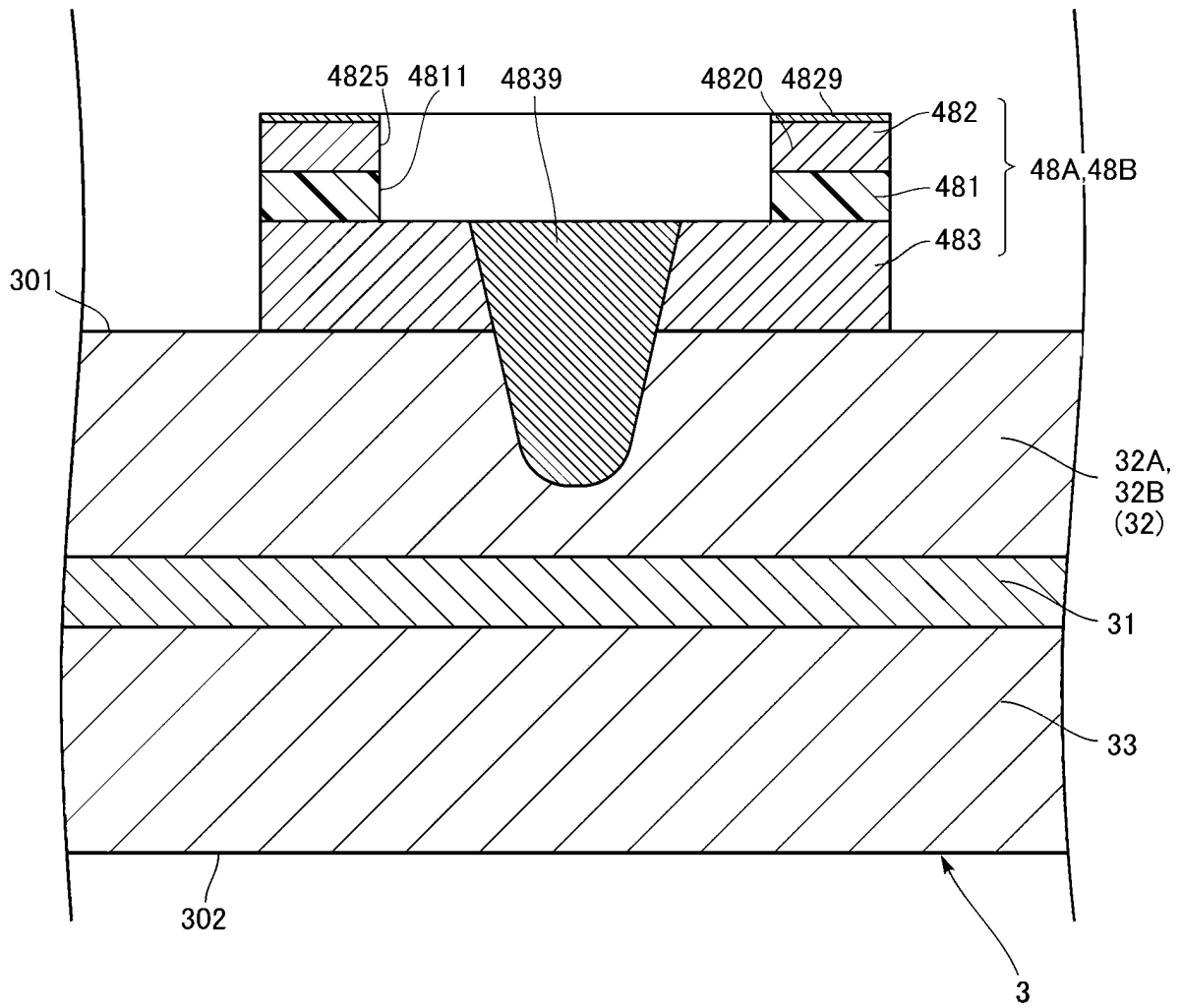


FIG.29

A23

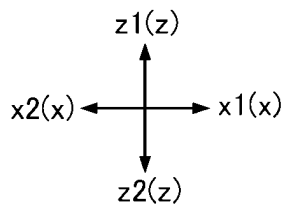
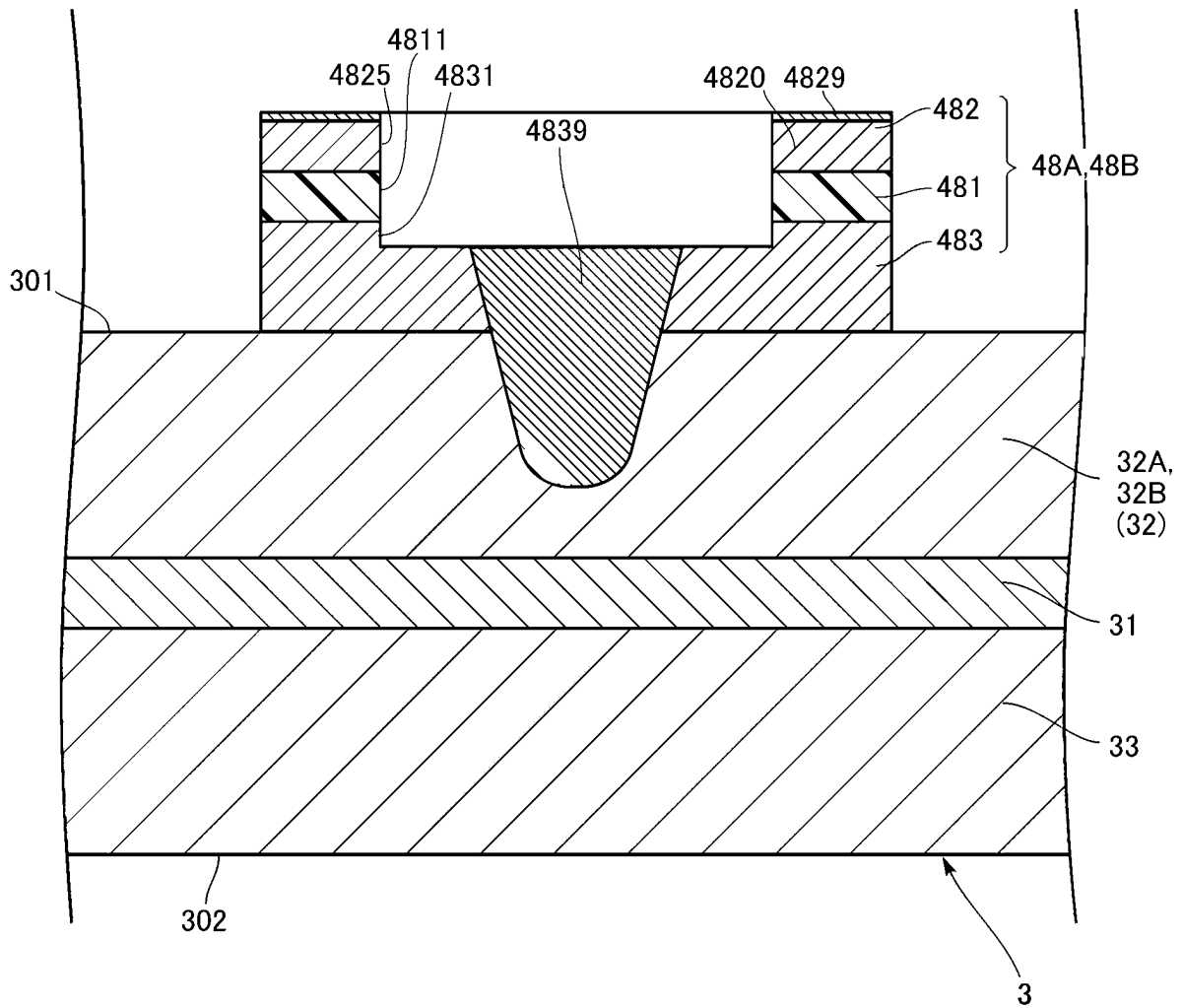


FIG.30

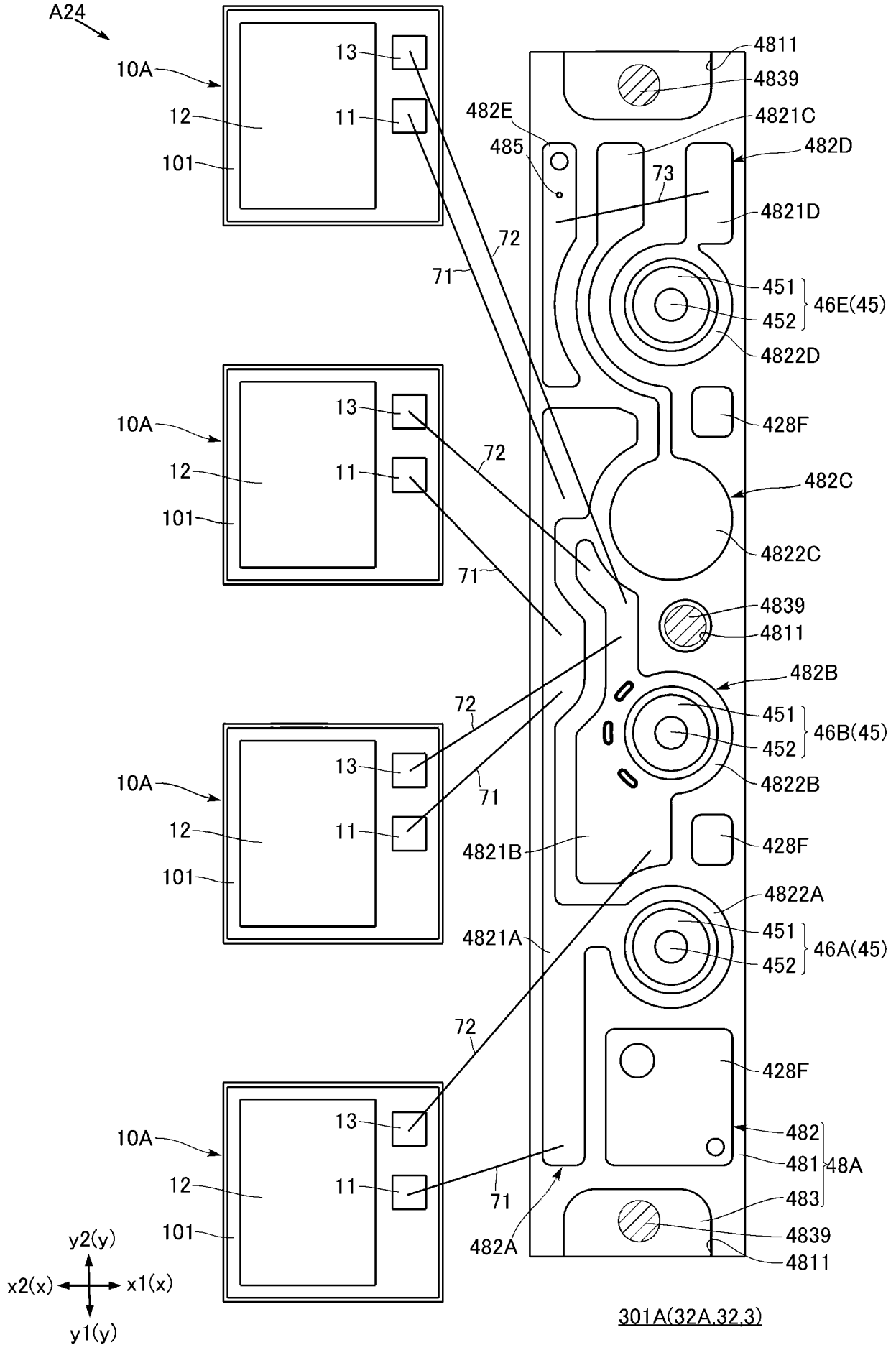


FIG.31

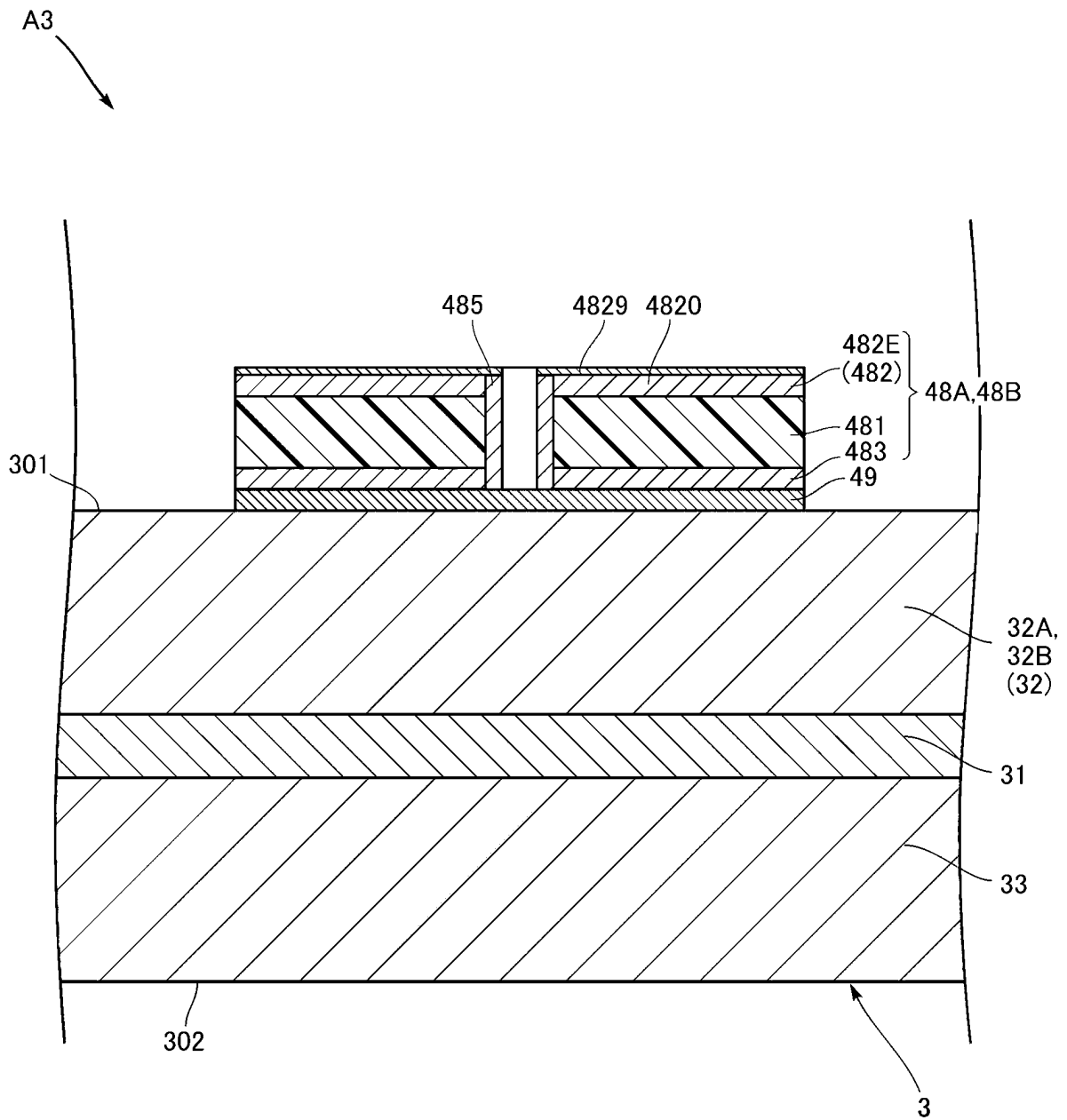


FIG.32

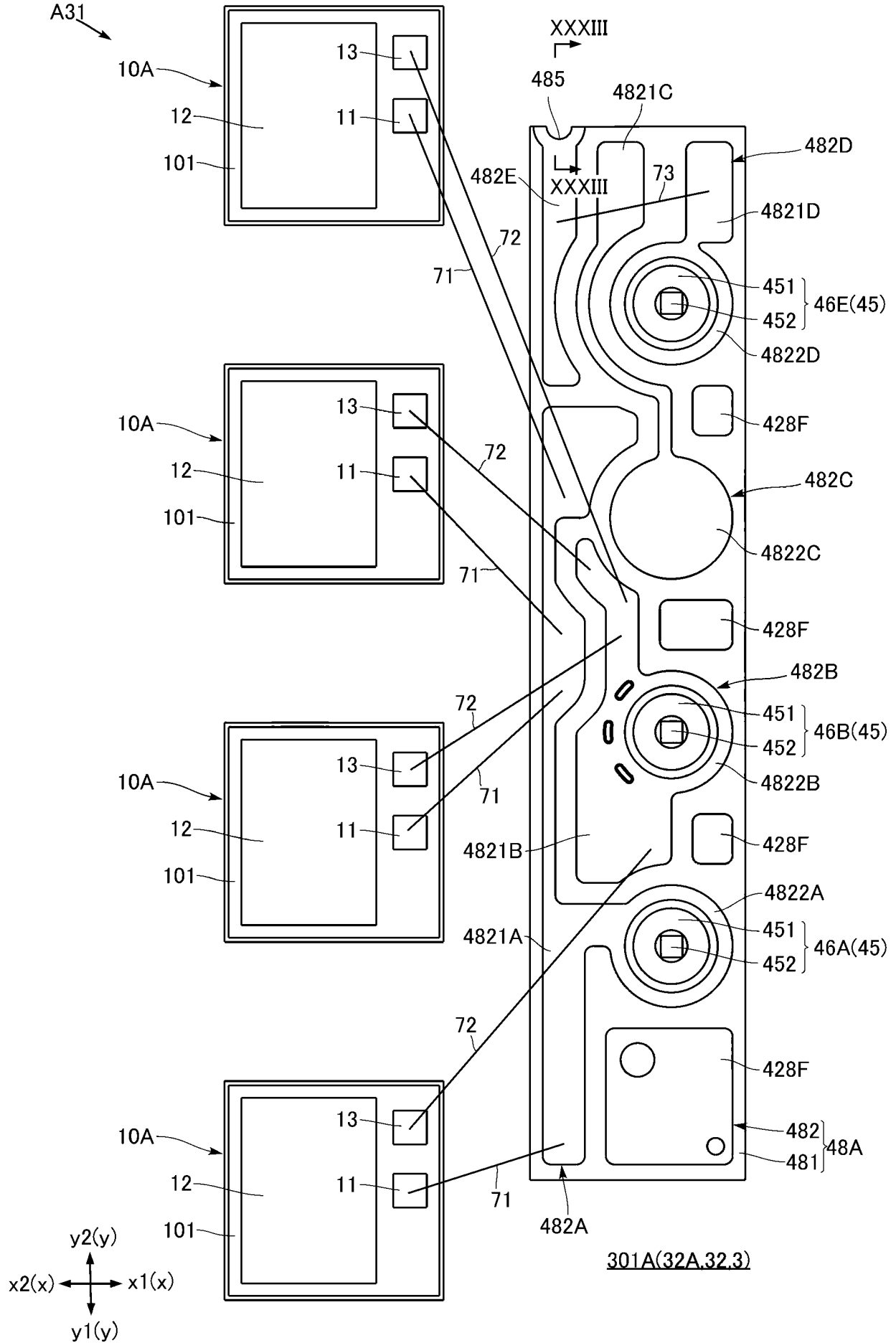


FIG.33

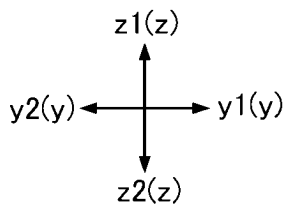
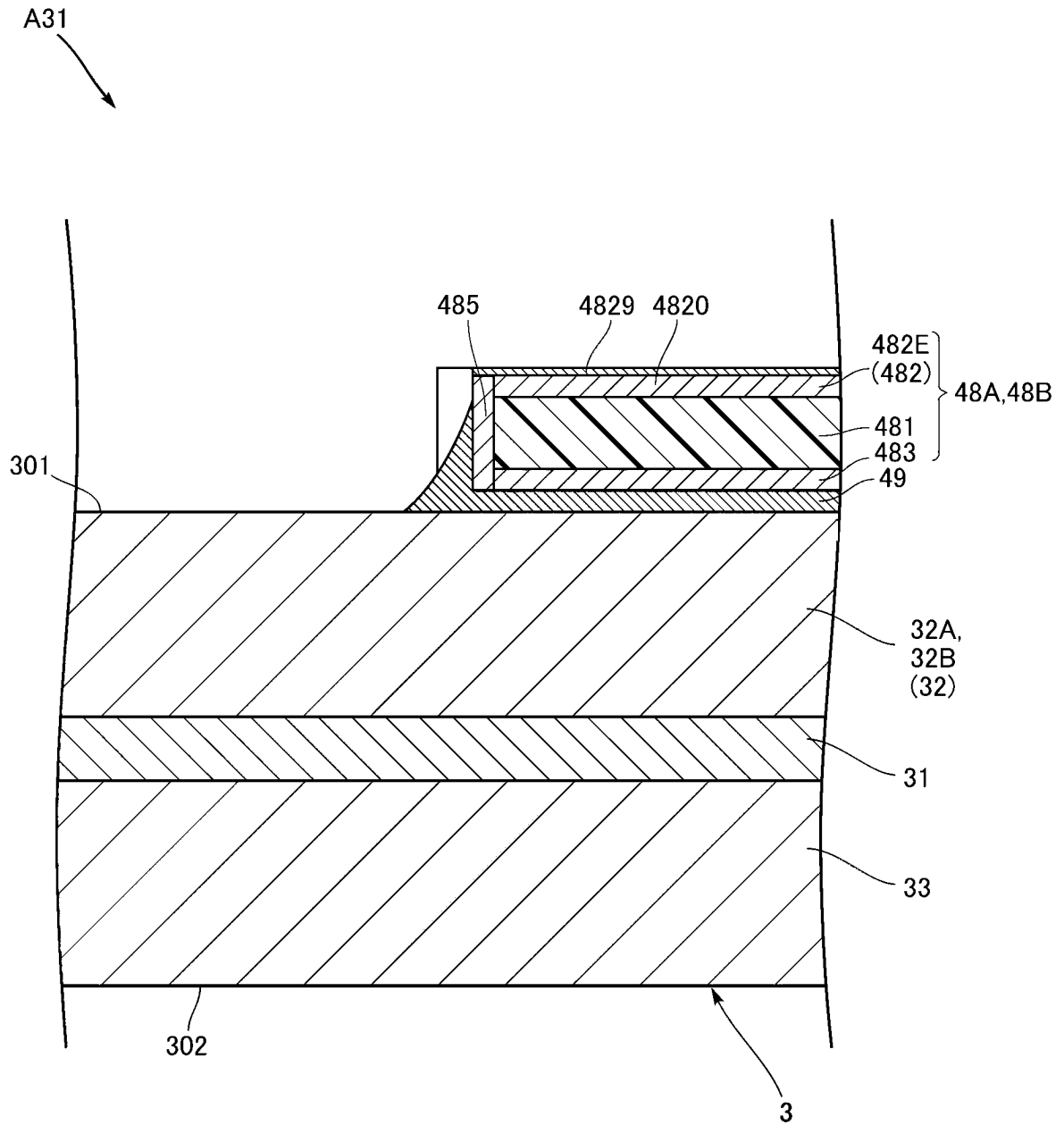


FIG.34

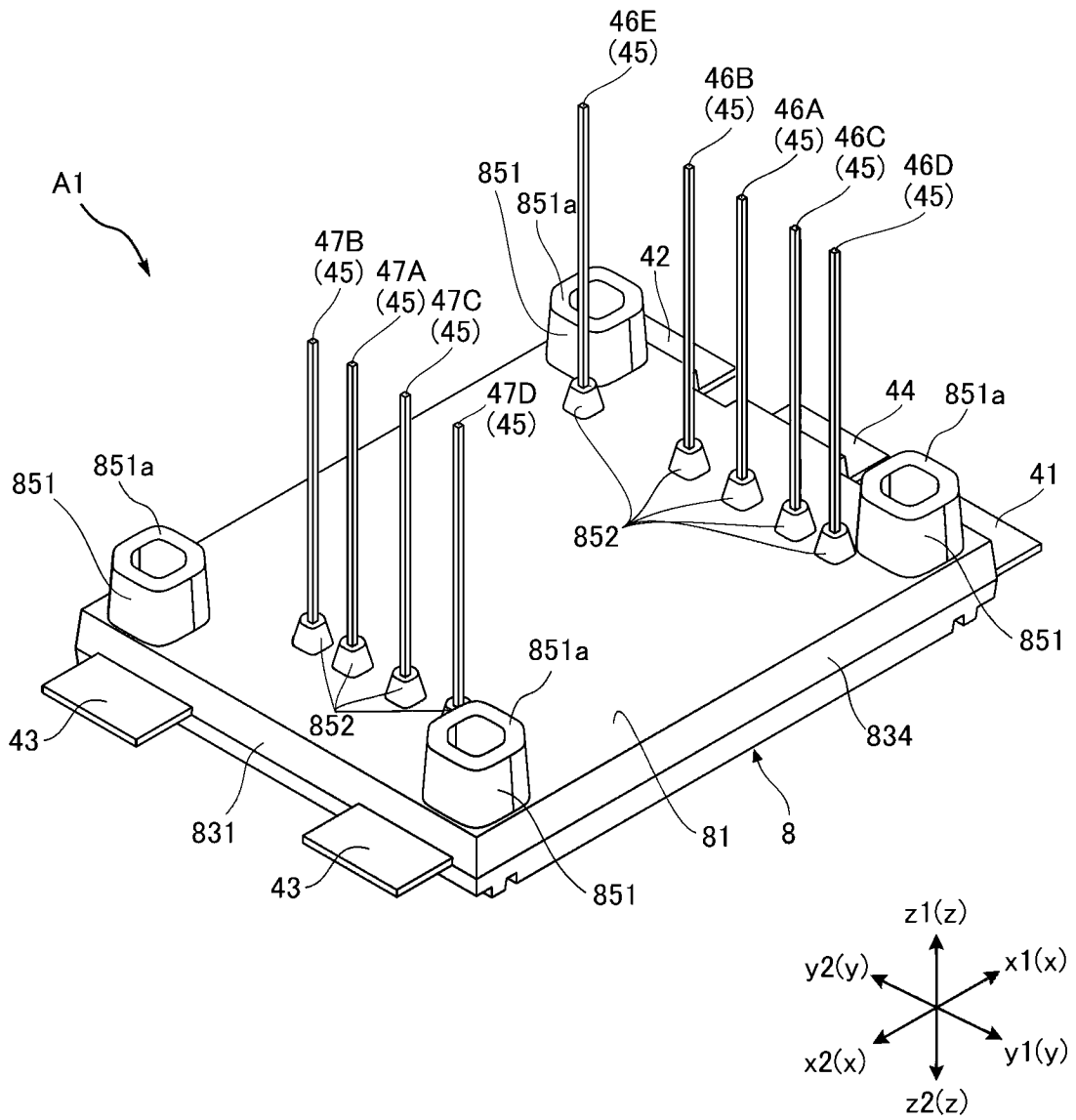


FIG.35

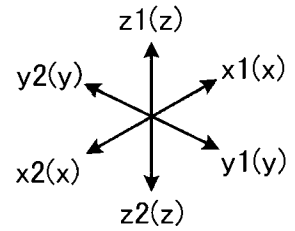
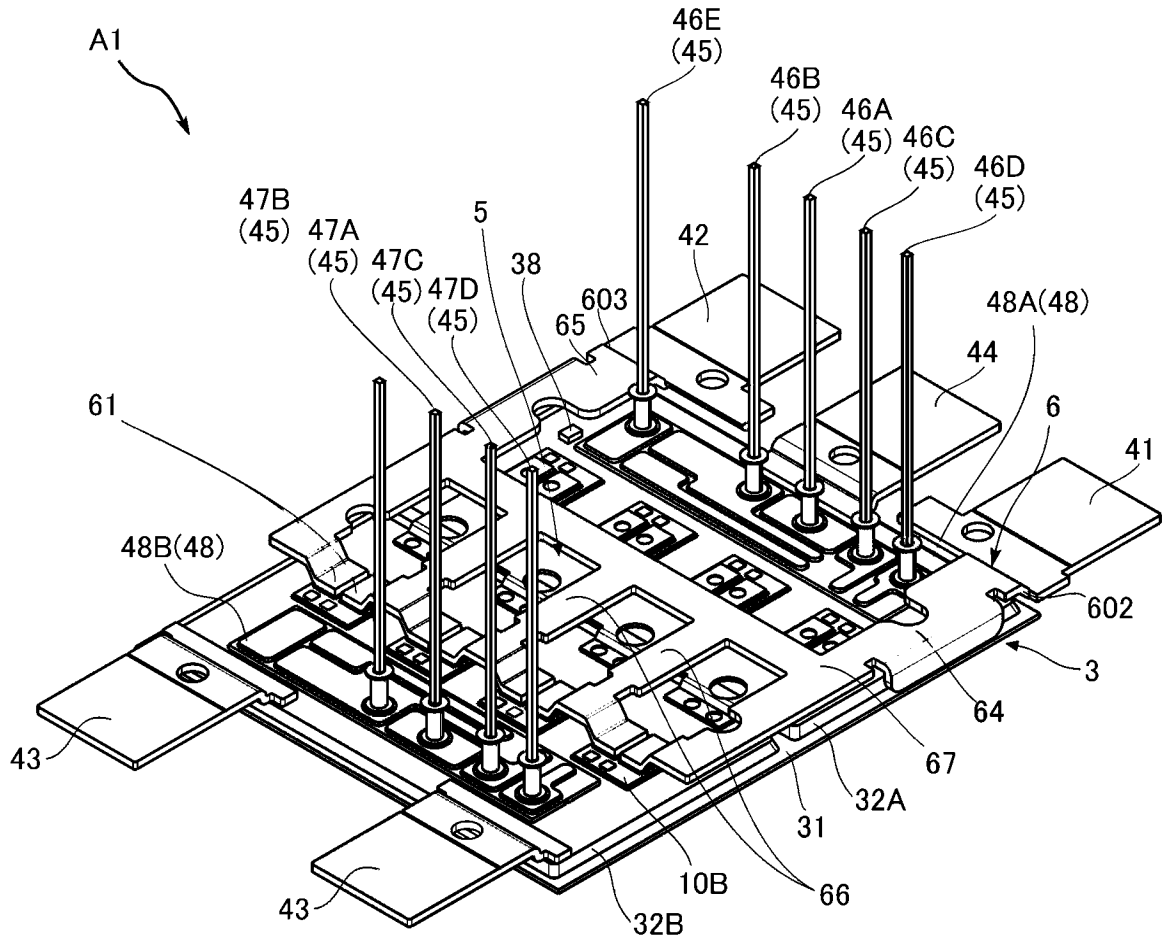


FIG.36

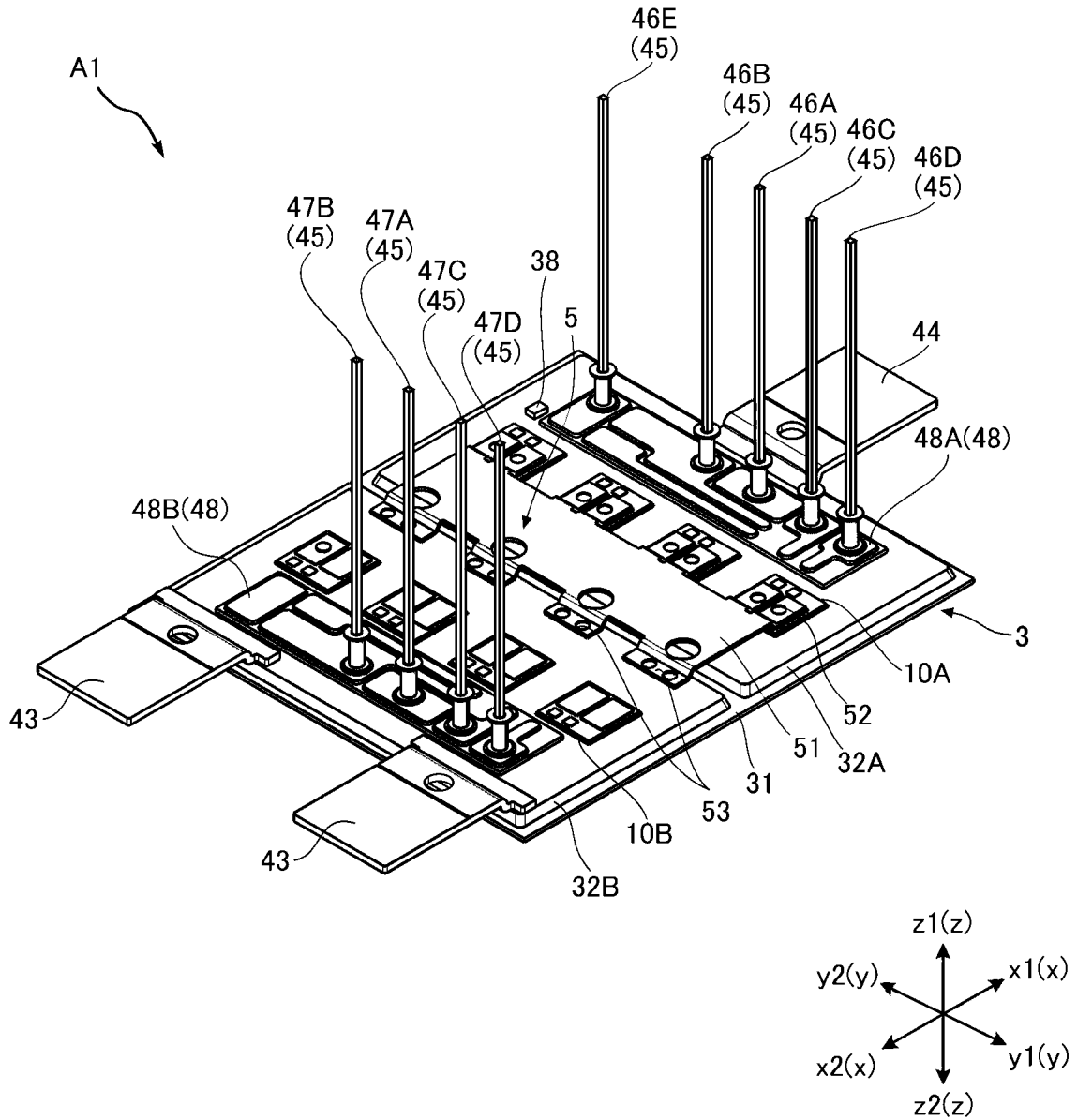


FIG.37

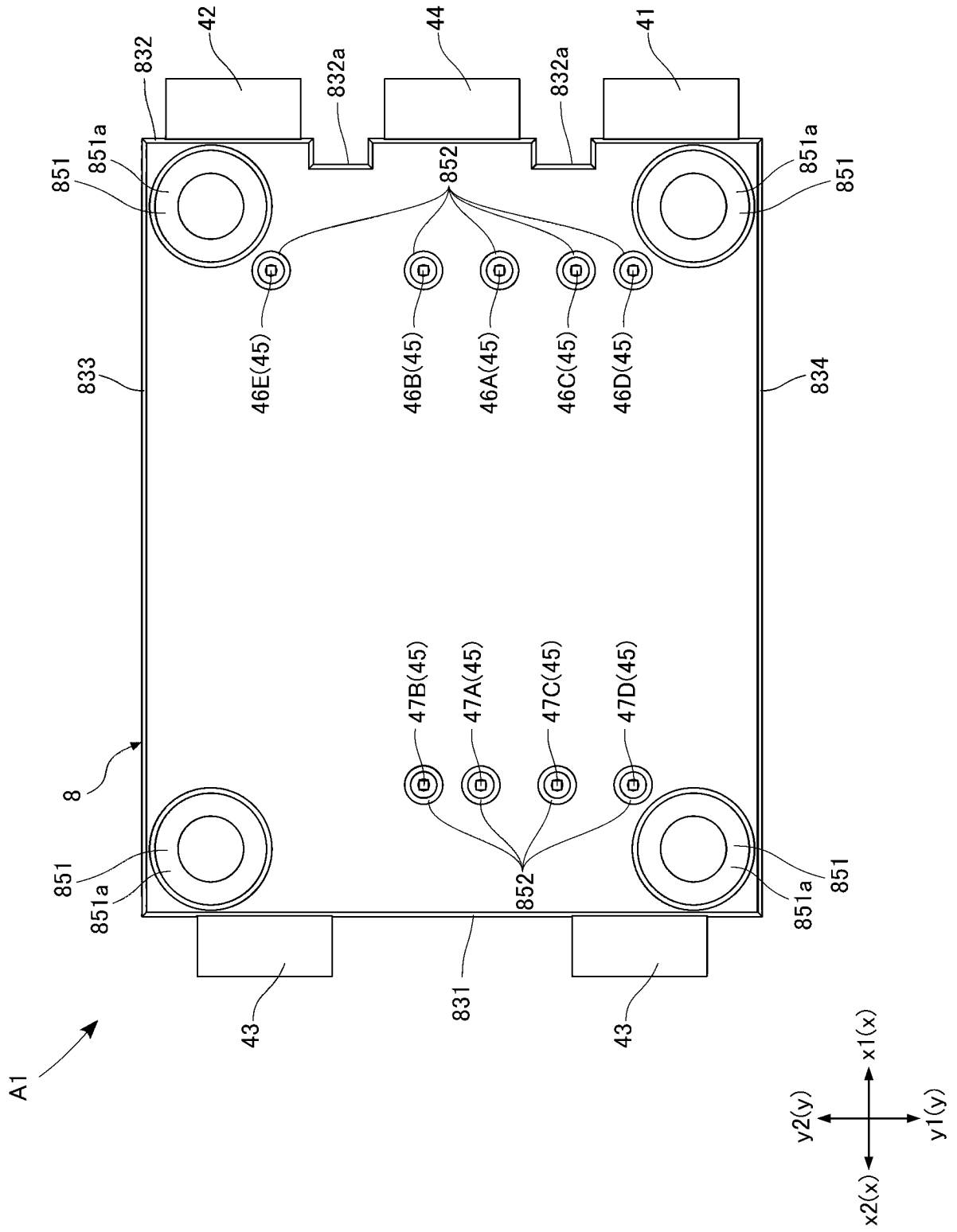


FIG.38
A1

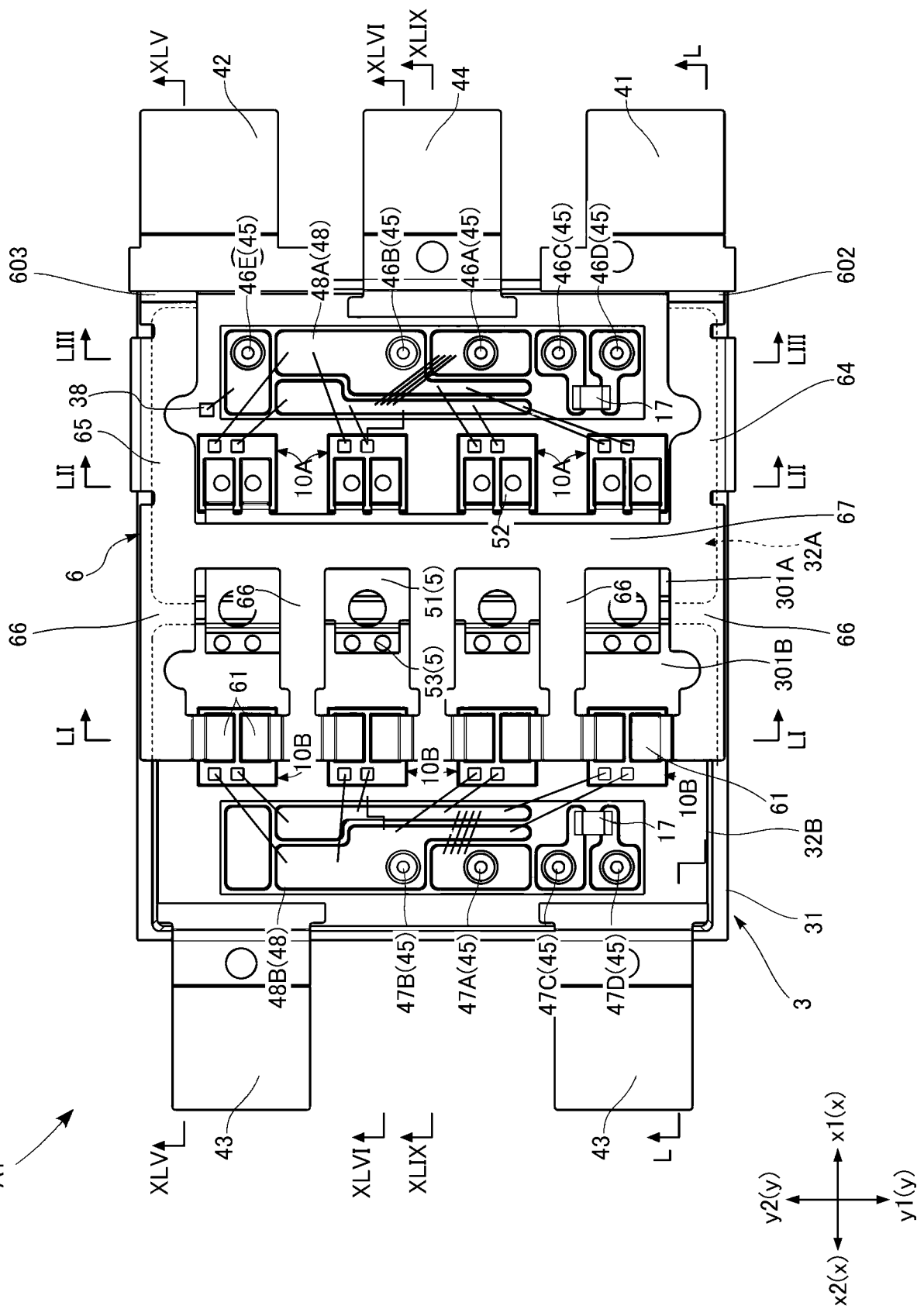


FIG. 39

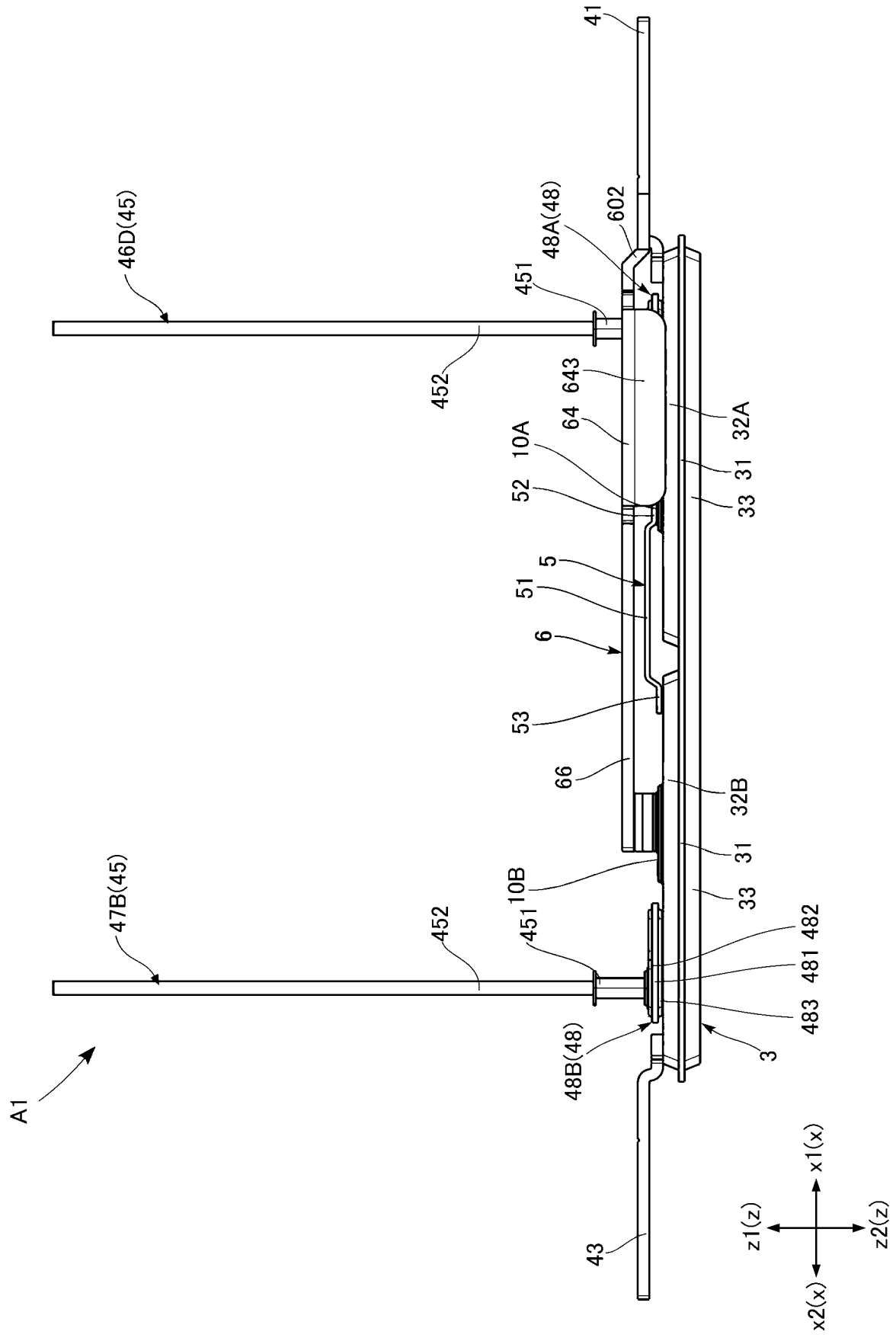


FIG. 40

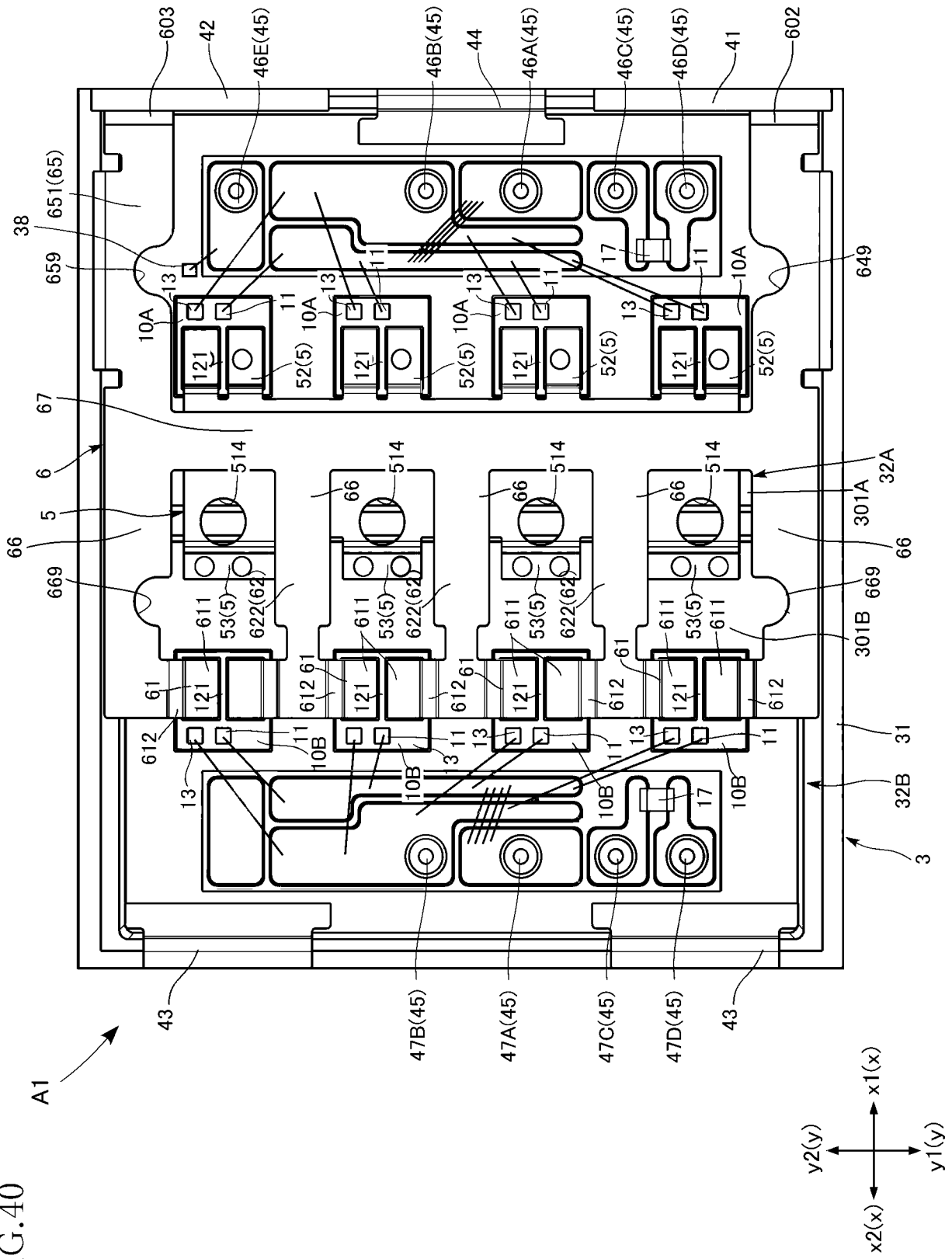


FIG.41 A1

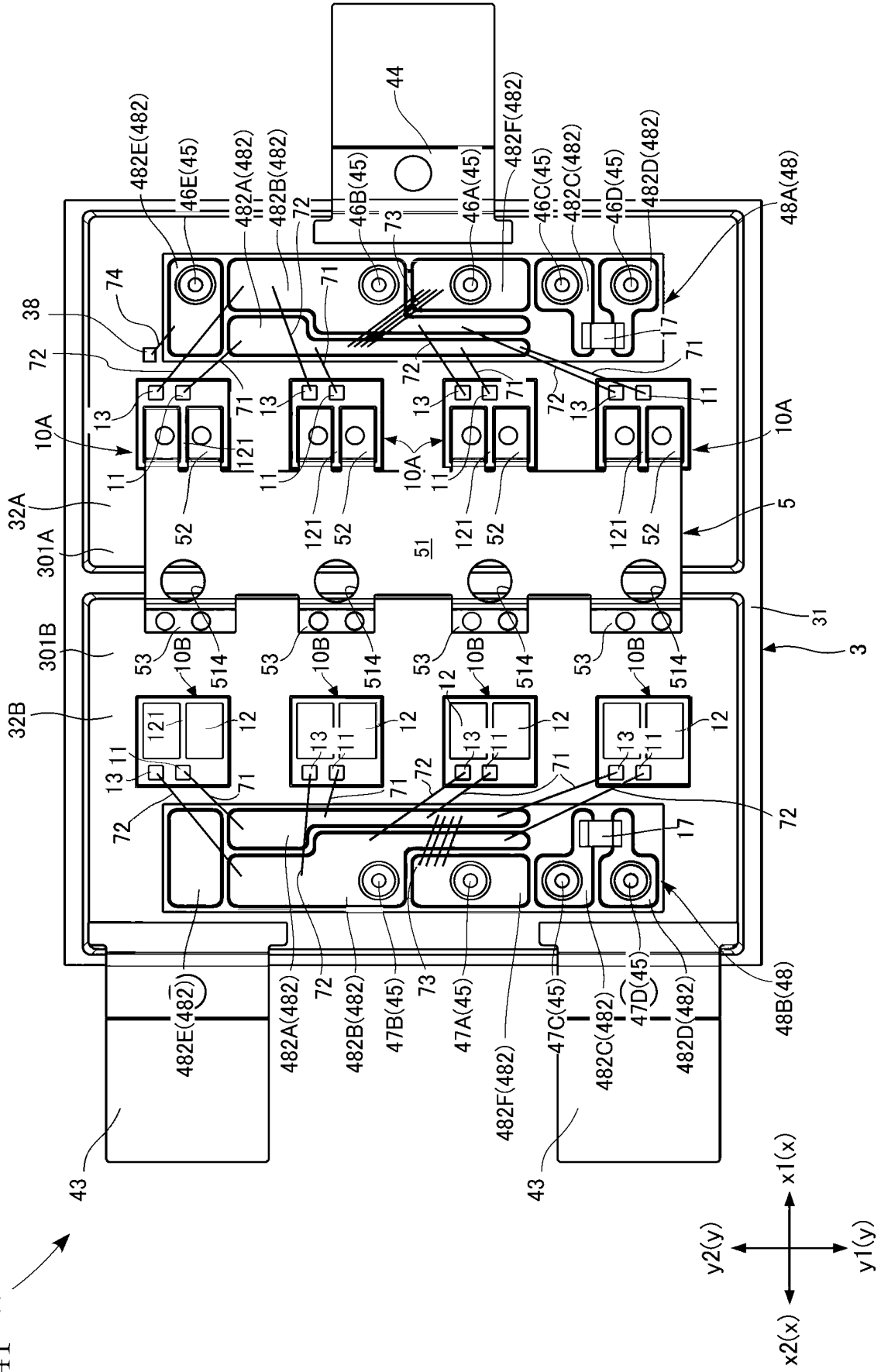


FIG. 42
A1

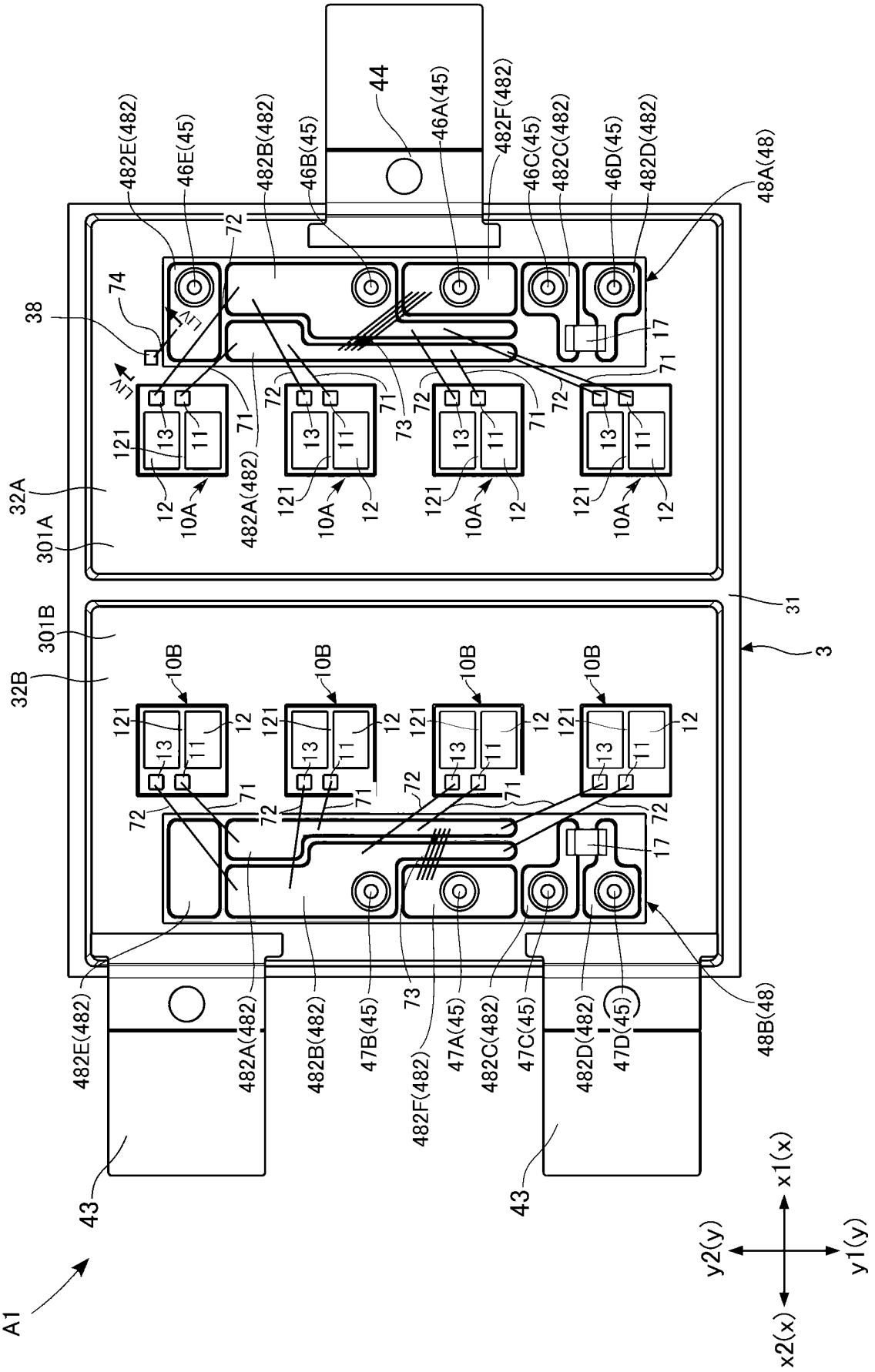


FIG. 43

A1

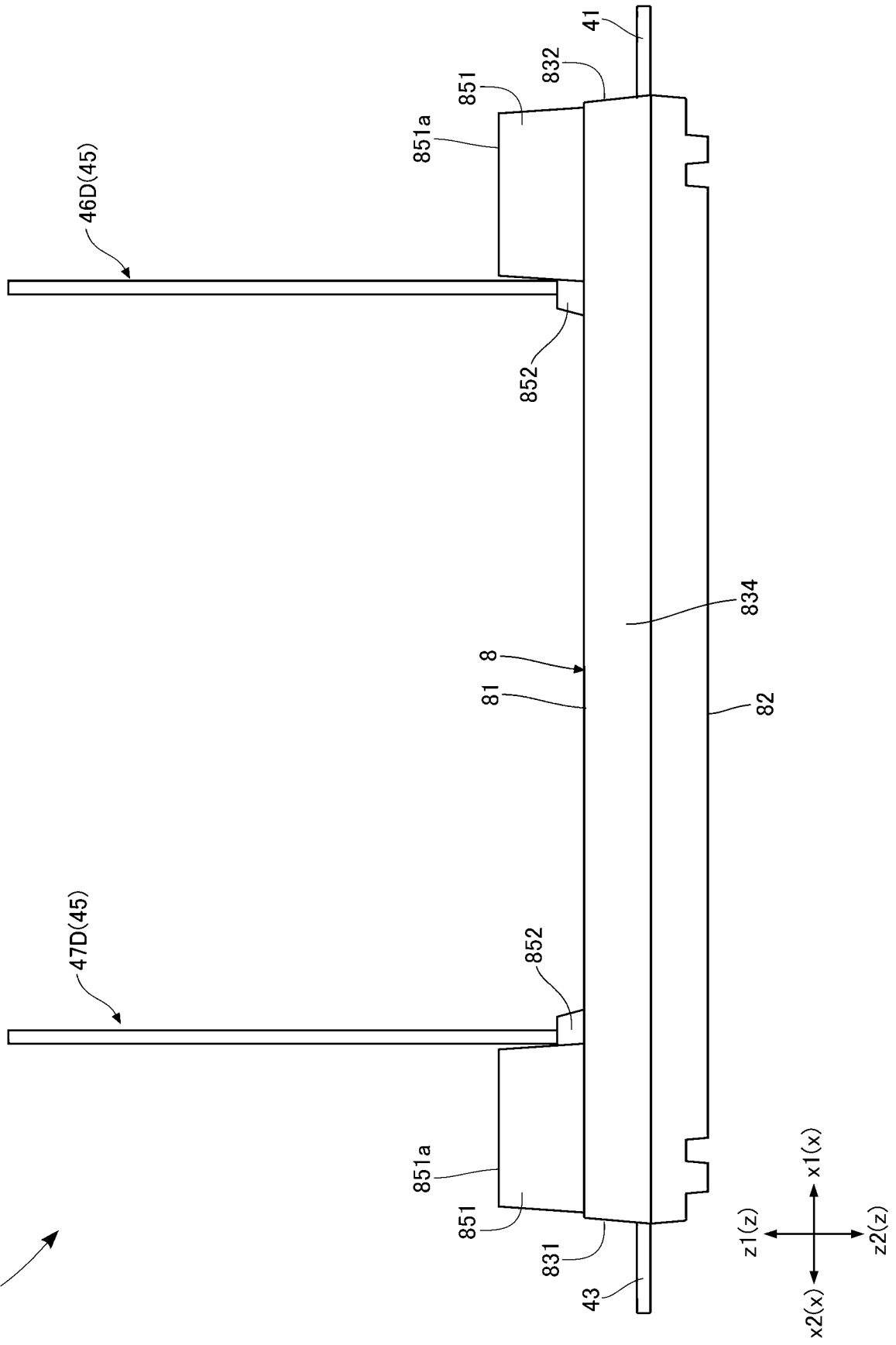


FIG.44

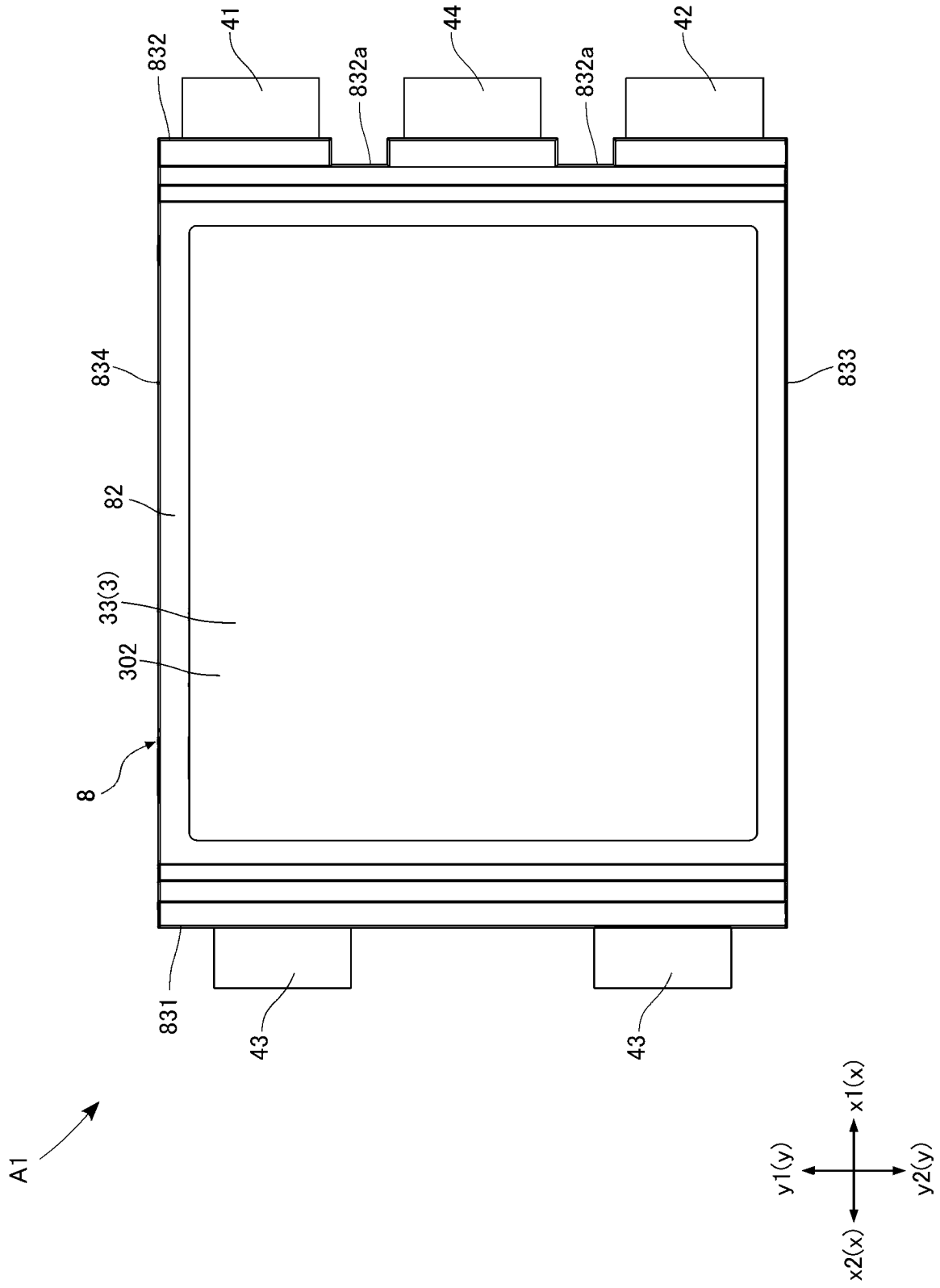


FIG.45

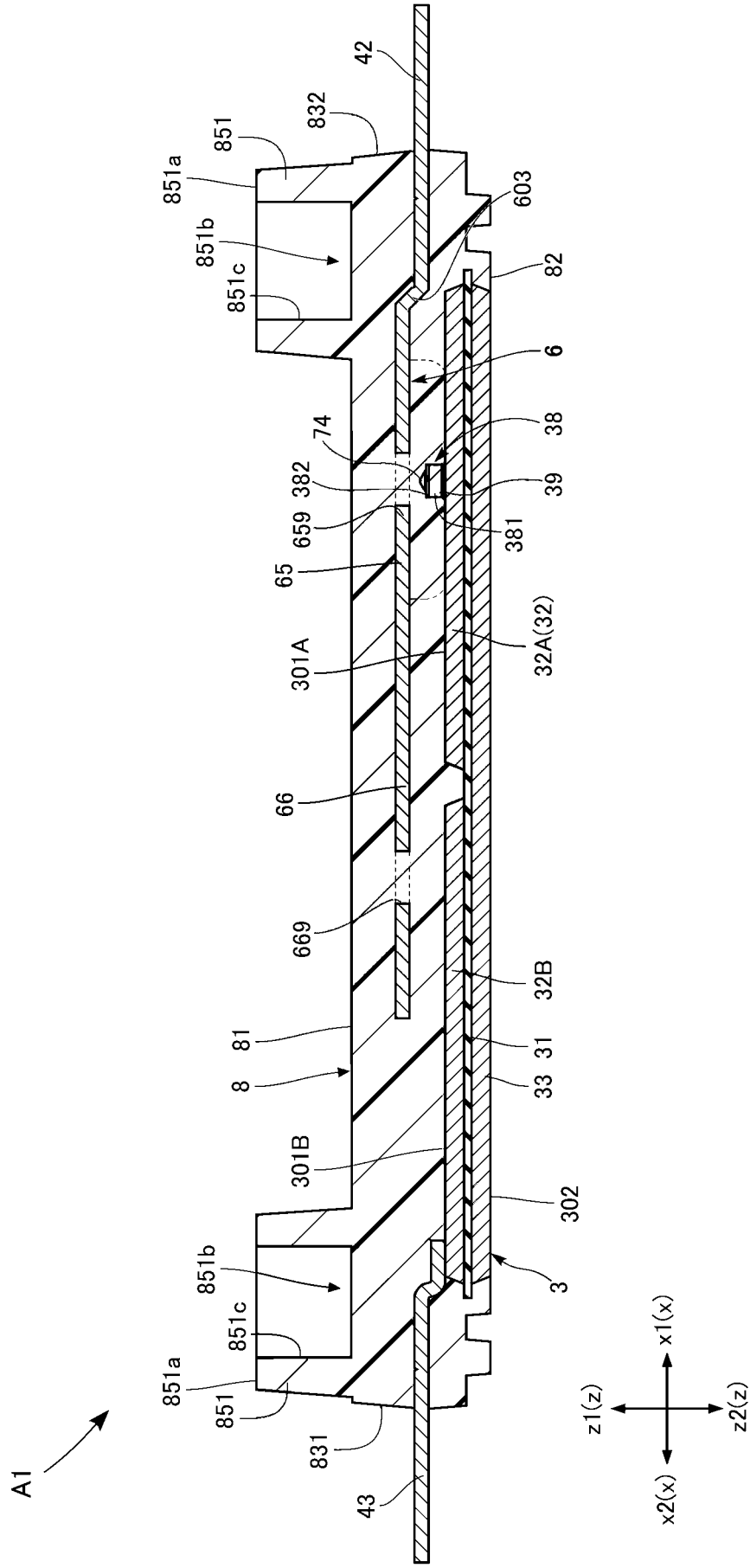


FIG. 46

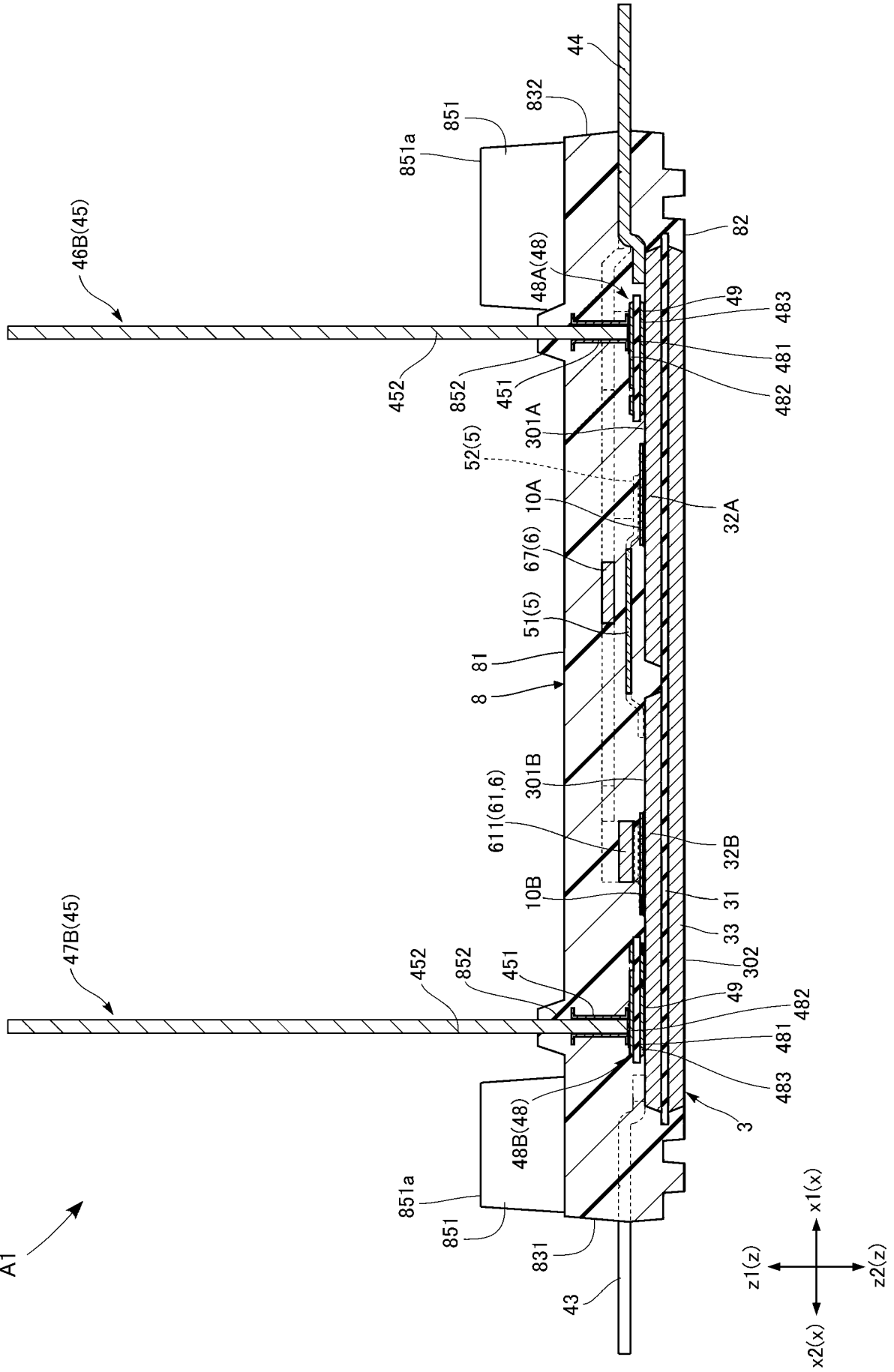


FIG.47

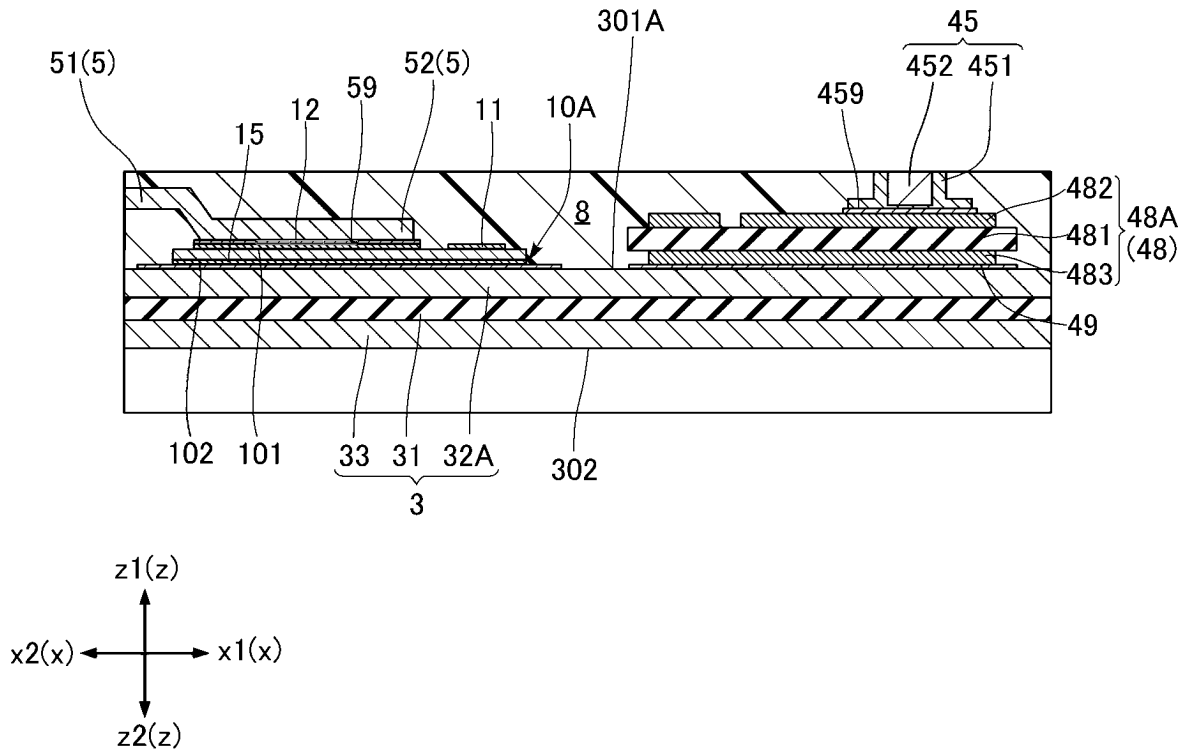


FIG.48

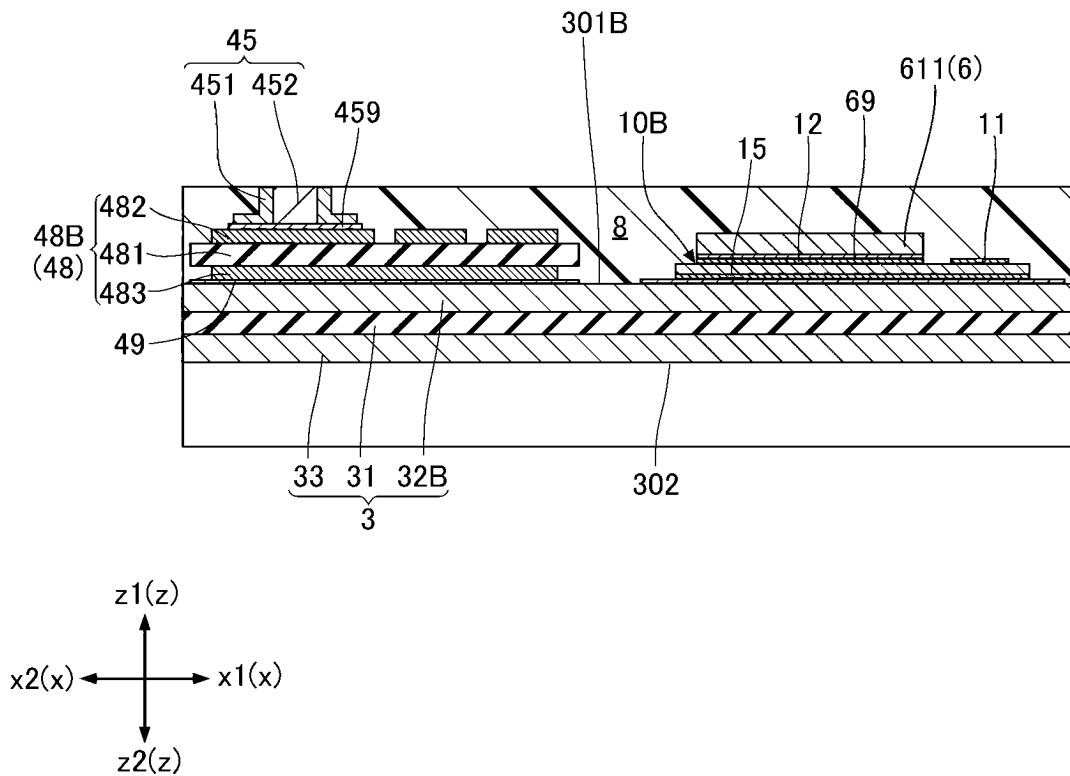


FIG.49

A1

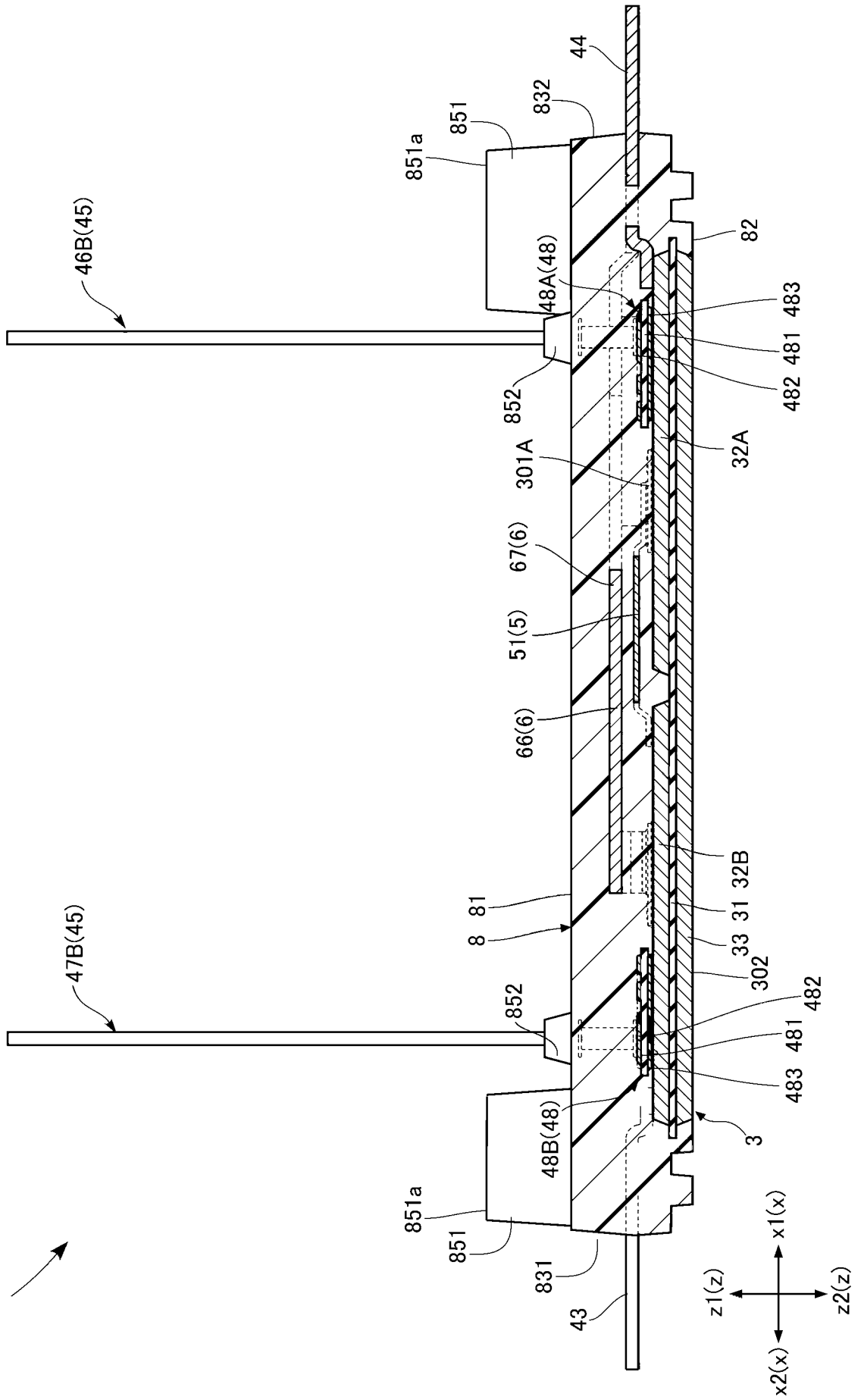


FIG. 50

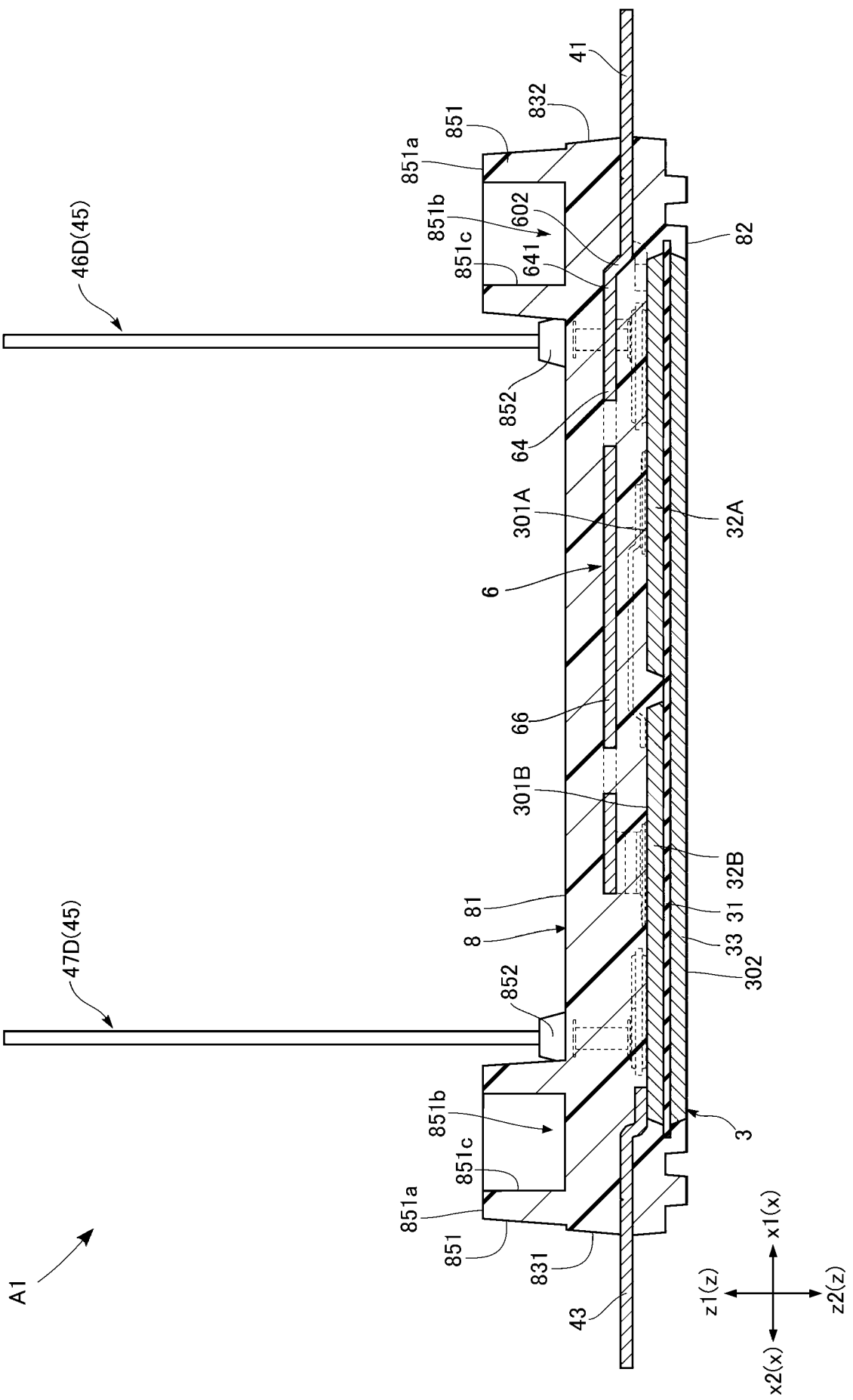


FIG. 53

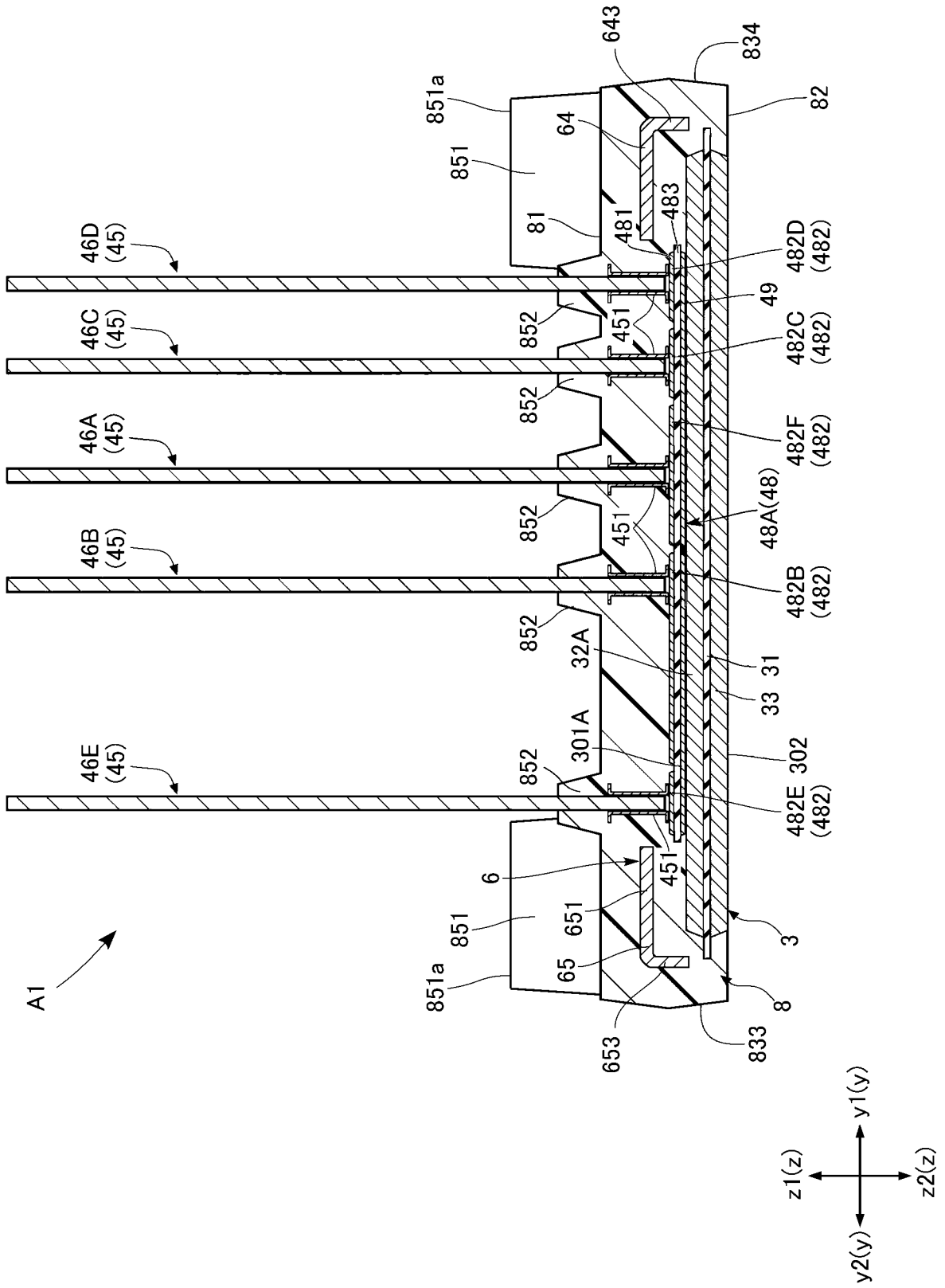


FIG.54

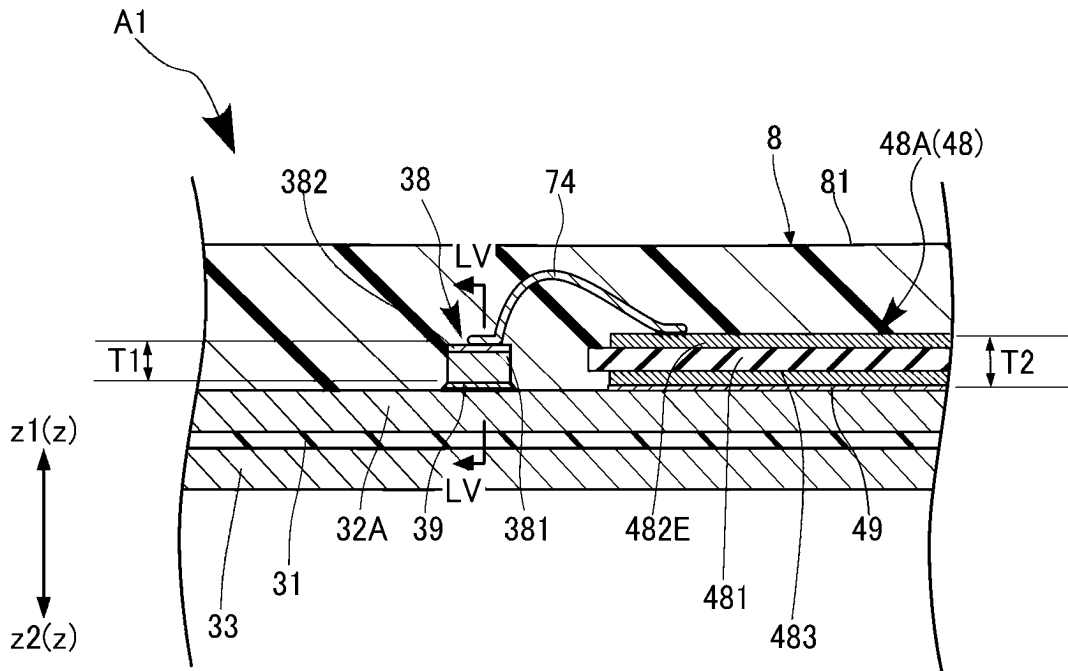


FIG.55

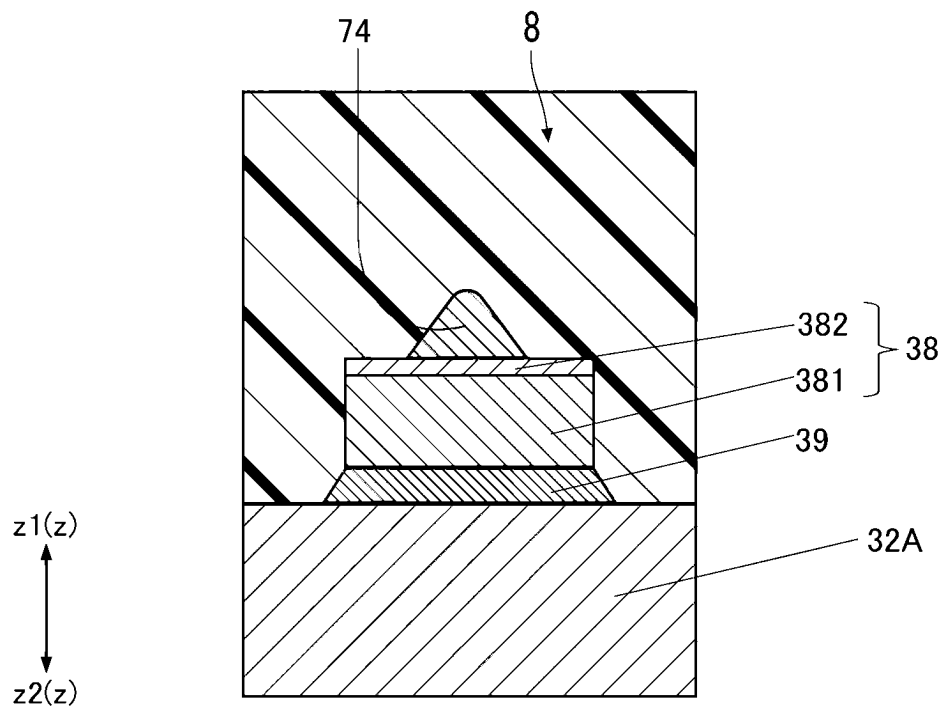


FIG.56

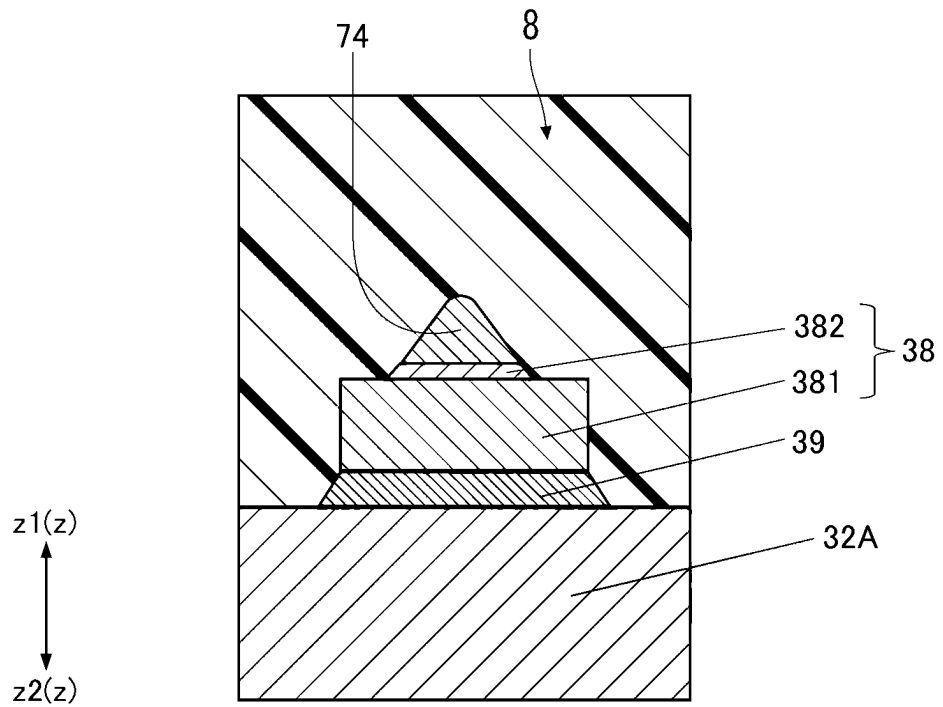


FIG.57

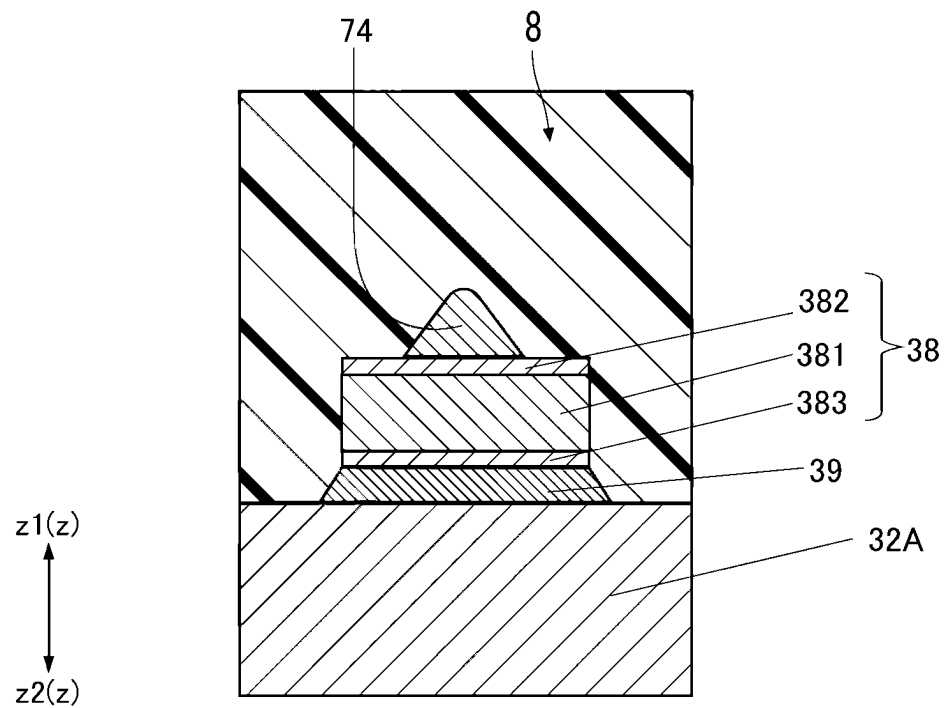


FIG.58

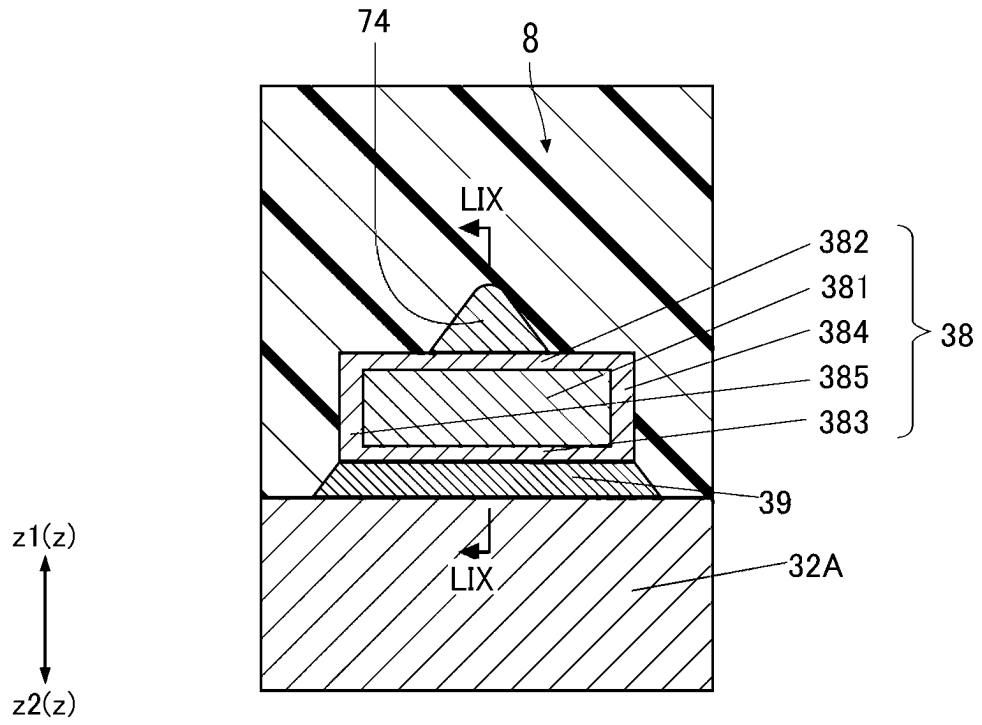


FIG.59

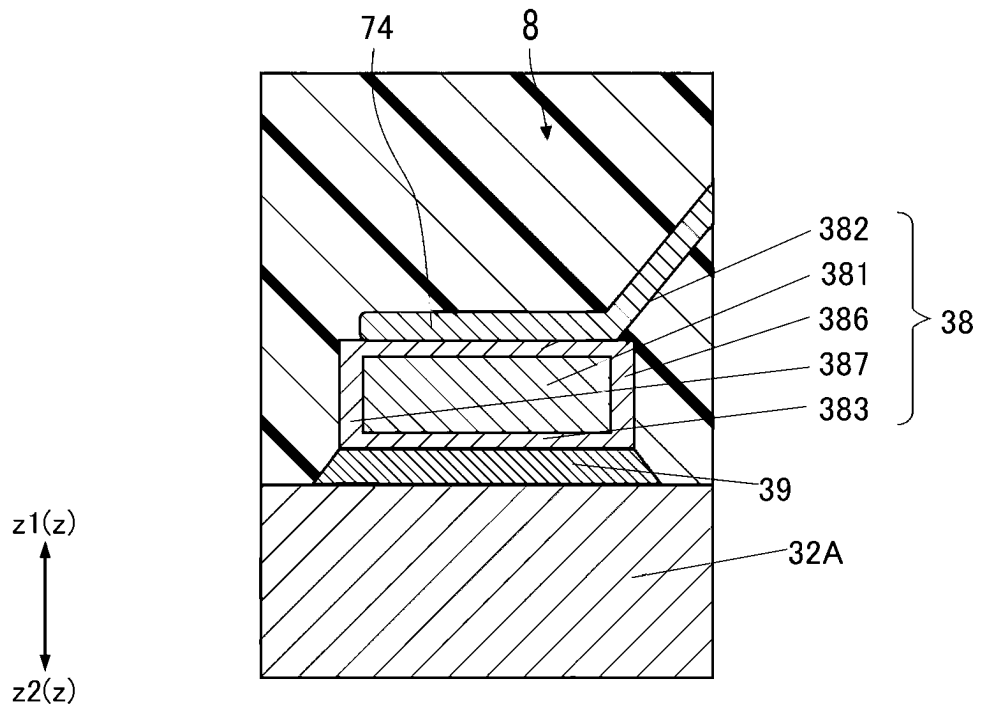


FIG.60 A2

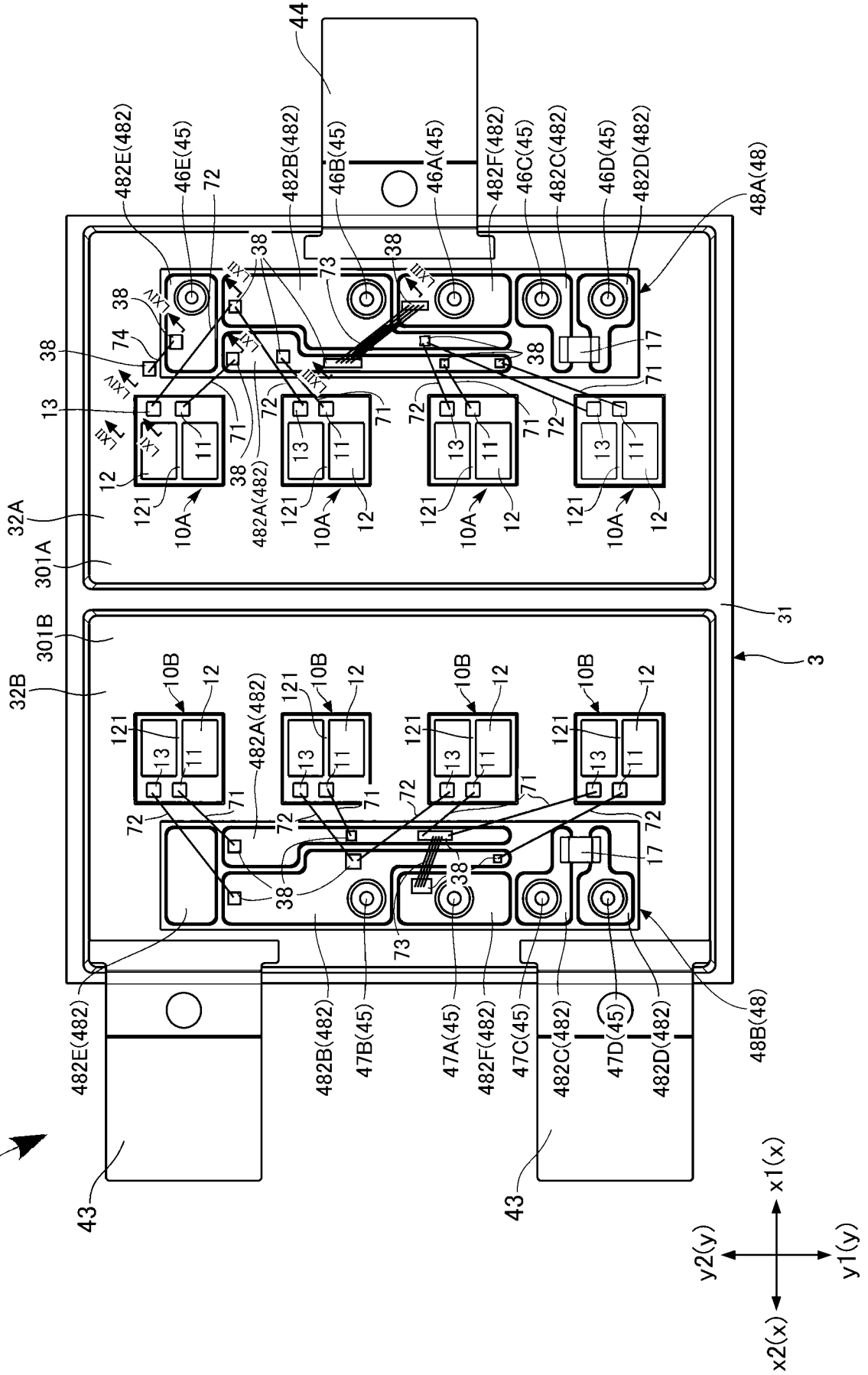


FIG.61

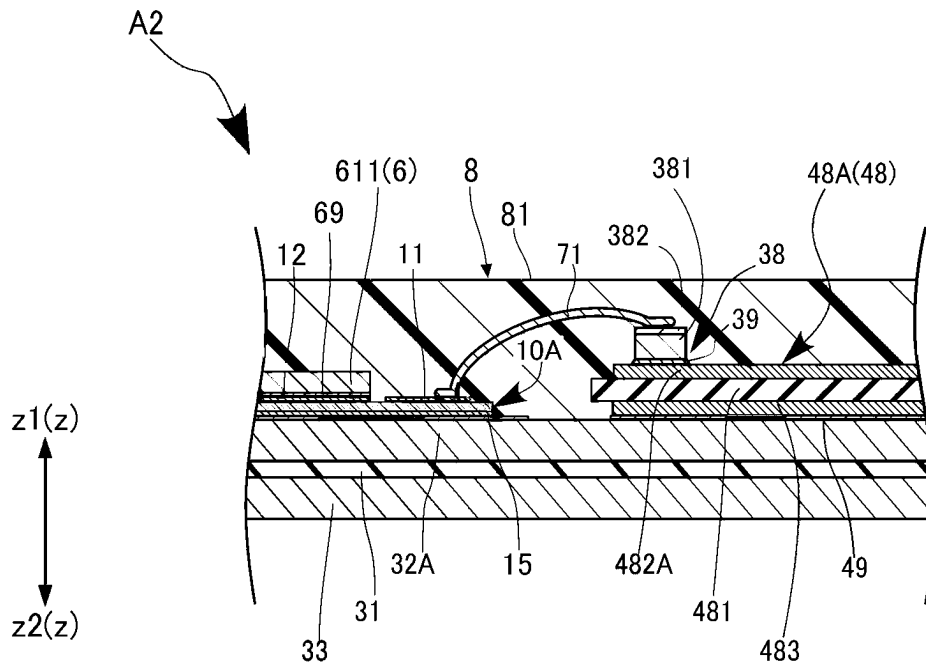


FIG.62

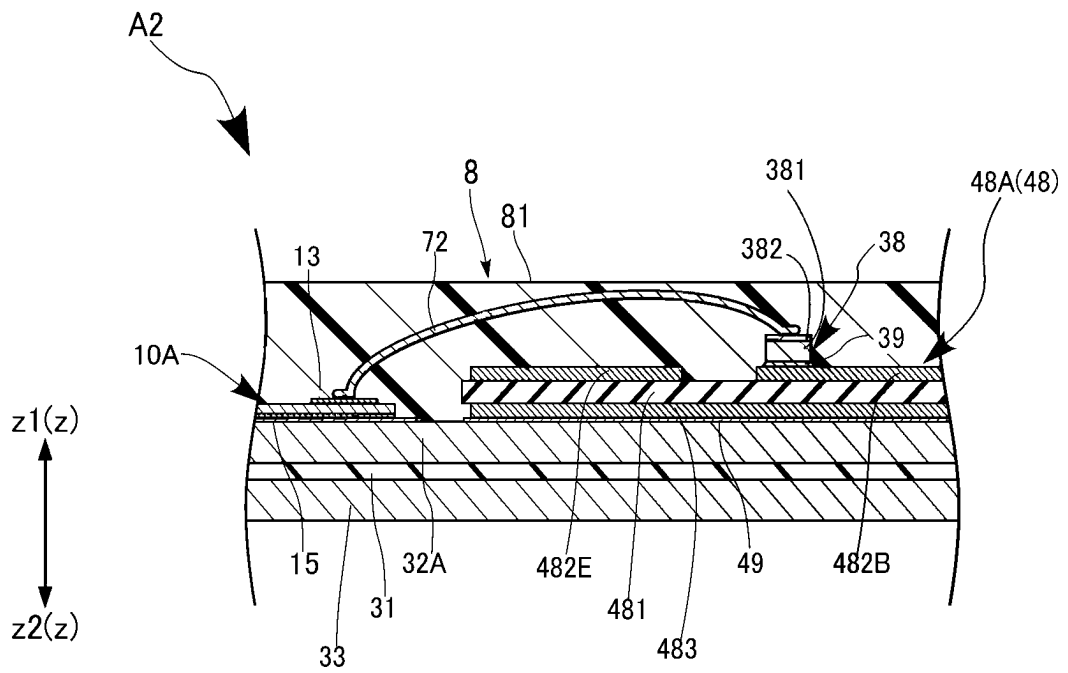


FIG.63

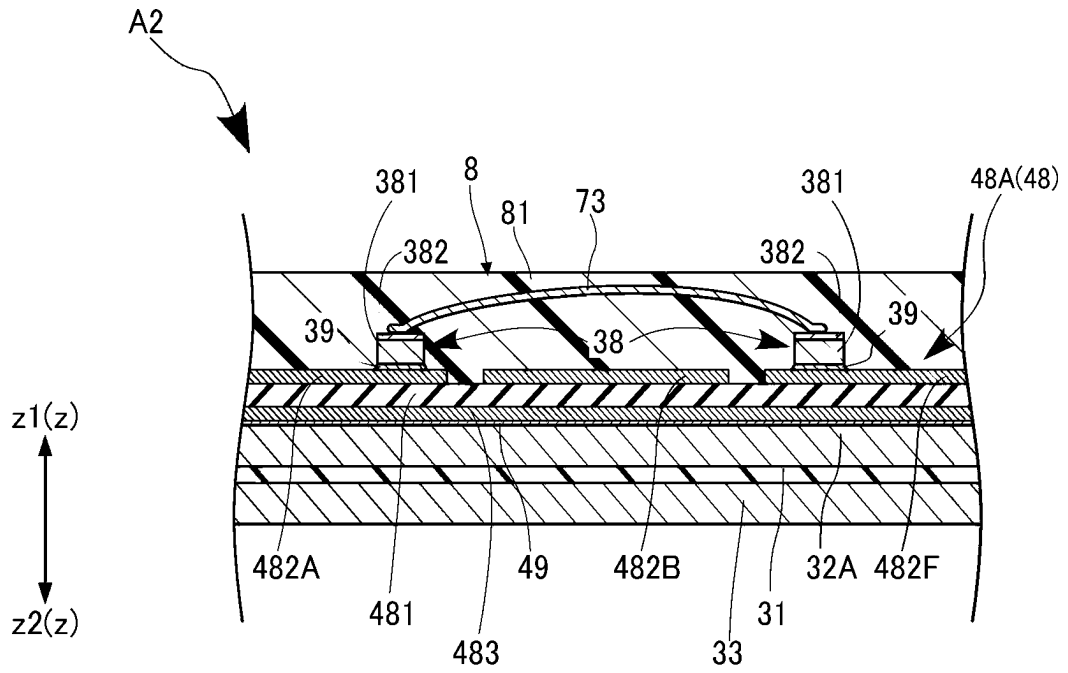


FIG.64

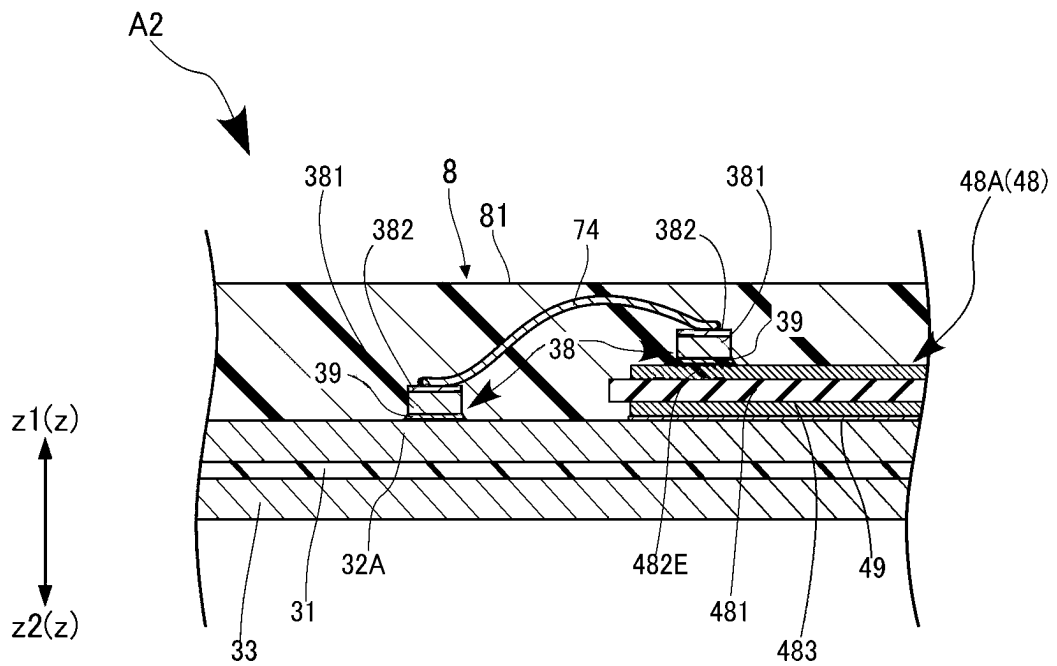


FIG.65

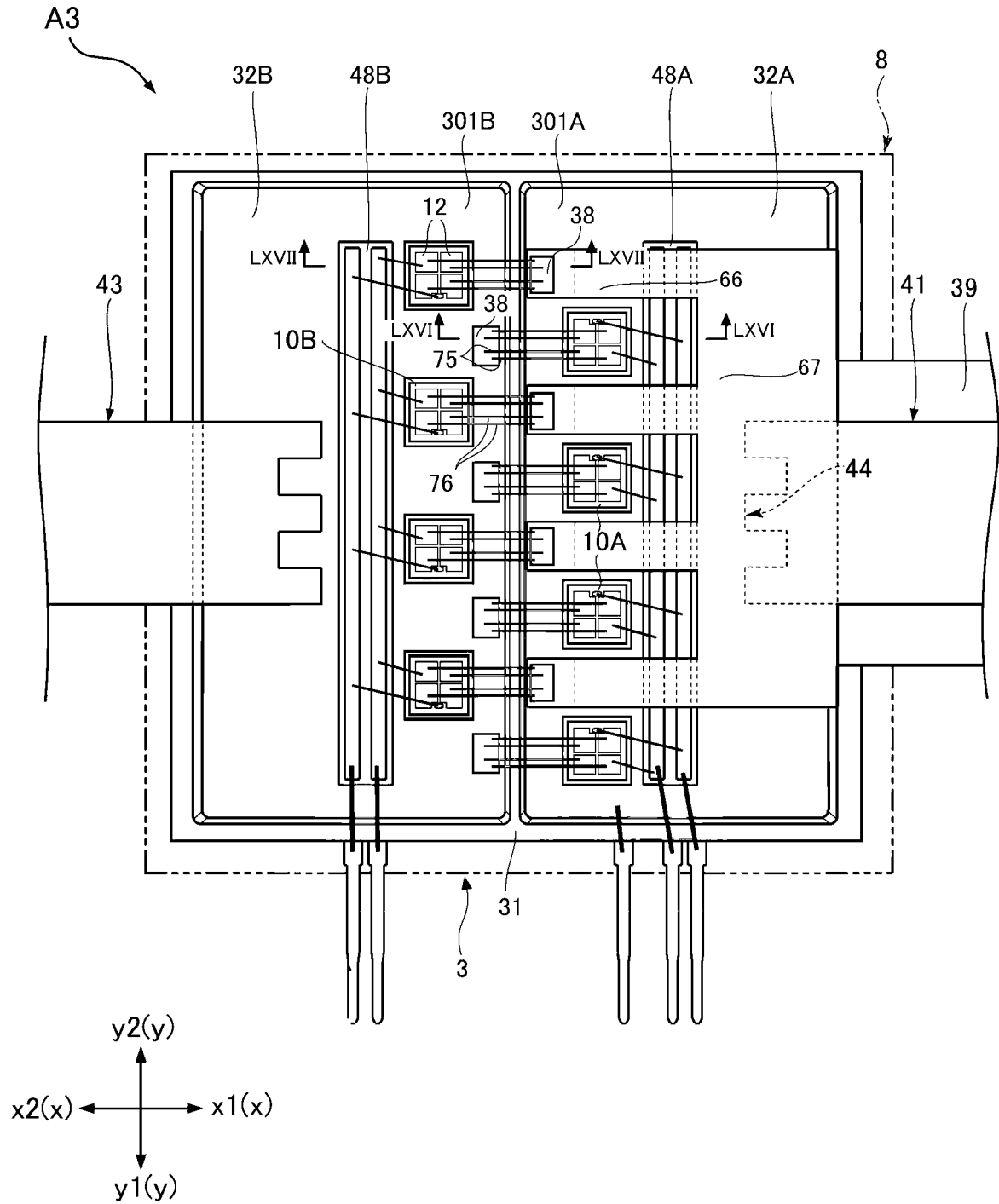


FIG.66

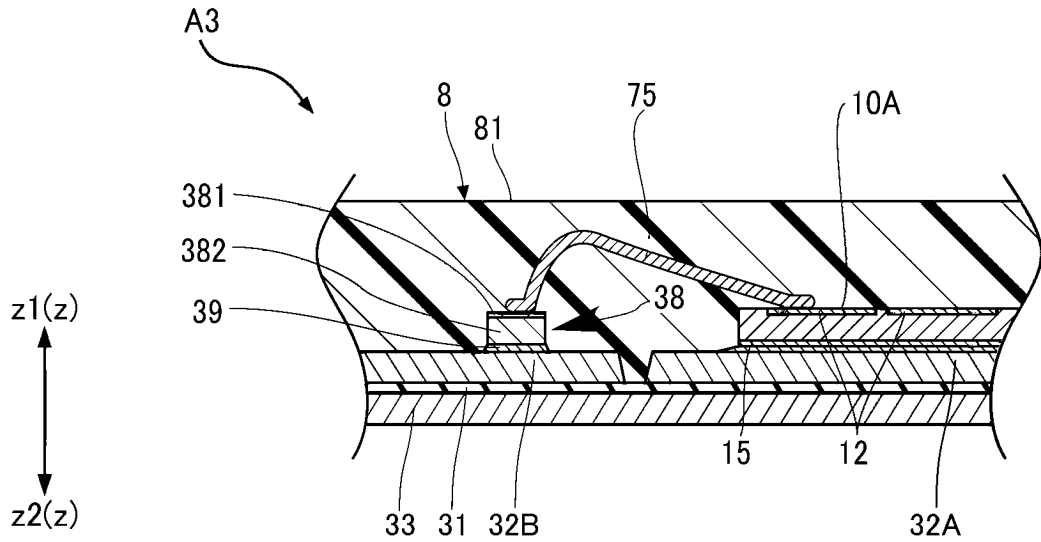


FIG.67

