



(10) **DE 10 2016 201 608 B4** 2022.09.22

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2016 201 608.3**
(22) Anmeldetag: **03.02.2016**
(43) Offenlegungstag: **18.08.2016**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **22.09.2022**

(51) Int Cl.: **H01L 29/41** (2006.01)
H01L 23/485 (2006.01)
H01L 23/544 (2006.01)
H01L 29/78 (2006.01)
H01L 29/739 (2006.01)
H01L 21/60 (2006.01)
H01L 21/66 (2006.01)

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

(30) Unionspriorität:
2015-028540 17.02.2015 JP

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

(74) Vertreter:
**Hofer & Partner Patentanwälte mbB, 81543
München, DE**

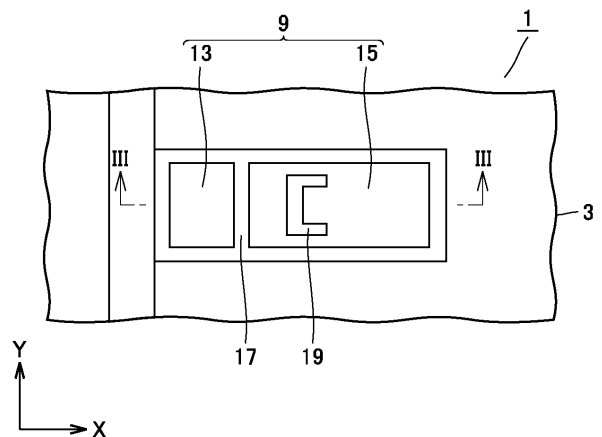
(72) Erfinder:
**Nakamura, Hiroyuki, Fukuoka-shi, JP; Okada,
Akira, Tokyo, JP; Nojiri, Eiji, Fukuoka-shi, JP**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

| | | |
|-----------|-------------------------|-----------|
| US | 2006 / 0 065 969 | A1 |
| US | 2008 / 0 093 596 | A1 |
| JP | H04- 239 736 | A |

(54) Bezeichnung: **Halbleitervorrichtung und Halbleitermodul**

(57) Hauptanspruch: Halbleitervorrichtung, umfassend:
- ein Halbleitersubstrat (3) mit einer ersten Hauptoberfläche und einer zweiten Hauptoberfläche, die einander gegenüberliegen;
- einen Elementbildungsbereich (5), der auf der ersten Hauptoberfläche des Halbleitersubstrats (3) definiert ist;
- einen Abschlussbereich (7), der auf der ersten Hauptoberfläche des Halbleitersubstrats (3) definiert ist und zum Umschließen des Elementbildungsbereichs (5) konfiguriert ist; und
- eine erste Hauptoberflächenelektrode (9, 11), die im Elementbildungsbereich (5) ausgebildet ist, wobei:
- die erste Hauptoberflächenelektrode (9, 11) eine erste Elektrode (9) aufweist, die im Elementbildungsbereich (5) ausgebildet ist,
- die erste Elektrode (9) mit einem ersten Bereich (13) und einem zweiten Bereich (15) ausgebildet ist,
- der erste Bereich (13) und der zweite Bereich (15) durch ein Trennelement (17) getrennt sind, das auf einer Oberfläche der ersten Elektrode (9) ausgebildet ist,
- der erste Bereich (13) in rechteckiger Form mit einer langen Seite und einer kurzen Seite ausgebildet ist,
- der zweite Bereich (15) näher an der langen Seite des ersten Bereichs (13) angeordnet ist,
- die erste Hauptoberflächenelektrode (9, 11) eine Gate-Elektrode (9) und eine Emitter-Elektrode (11) aufweist und
- die Gate-Elektrode (9) als die erste Elektrode (9) ausgebildet ist.



Beschreibung

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Halbleitervorrichtung und ein Halbleitermodul, und bezieht sich insbesondere auf eine Halbleitervorrichtung, die mit einem hochspannungsfesten Halbleiterelement versehen ist, und ein Halbleitermodul, das mit der Halbleitervorrichtung versehen ist.

Beschreibung des Standes der Technik

[0002] Bei der Evaluierung der elektrischen Eigenschaften einer Halbleitervorrichtung (Testgegenstands), die in einem Halbleiterwafer oder einem Halbleiterchip montiert ist, wird die Halbleitervorrichtung zuerst auf der Oberfläche eines Aufspanntisches einer Halbleiter-Evaluierungsvorrichtung platziert. Als nächstes wird die Halbleitervorrichtung auf dem Aufspanntisch durch eine Vakuumsaugung oder dergleichen fixiert. Danach wird eine Kontaktsonde in Kontakt mit einer vorgegebenen Oberflächenelektrode der Halbleitervorrichtung gebracht, und die elektrischen Eigenschaften werden gemäß elektrischen Eingangssignalen und Ausgangssignalen evaluiert.

[0003] Bei der Evaluierung der elektrischen Eigenschaften einer vertikalen Halbleitervorrichtung, an der ein großer Strom in vertikaler Richtung (Dickenrichtung) der Halbleitervorrichtung angelegt wird, wird die Oberfläche des Aufspanntisches als Oberflächenelektrode verwendet. Darüber hinaus wird zum Anlegen eines großen Stroms oder einer hohen Spannung an der Halbleitervorrichtung die Kontaktsonde mit einer Anzahl von Pins bzw. Kontaktstiften eingesetzt.

[0004] Bei der Evaluierung der elektrischen Eigenschaften wird zunehmend gefordert, dass ein großer Strom oder eine hohe Spannung an einer Halbleitervorrichtung angelegt wird, und bei der Herstellung einer Halbleitervorrichtung sind zwischenzeitlich niedrigere Fertigungskosten erforderlich, so dass Entwicklungen zum Miniaturisieren oder Verkleinern jedes einzelnen Halbleiterchips durchgeführt wurden, um die Anzahl der Halbleiterchips zu erhöhen, die auf einem Halbleiterwafer angeordnet werden können.

[0005] Um einen Halbleiterchip zu miniaturisieren, wobei verhindert wird, dass ein Elementbildungsbereich (aktiver Bereich), wo ein Leistungshalbleiterelement angeordnet ist, eingeengt wird, besteht eine effektive Vorgehensweise darin, einen Abschlussbereich einzugrenzen, der den Elementbildungsbereich

umschließt. Die offengelegte japanische Patentanmeldung JP 2014- 204 038 A offenbart als Beispiel eine Halbleitervorrichtung, bei welcher der Abschlussbereich auf eine Aufstandsfläche reduziert ist.

[0006] Die US 2006 / 0 065 969 A1 zeigt Stützstrukturen zur Pad-Verstärkung in Verbindung mit neuen Bondpad-Designs für Halbleiterbauelemente. Die neuen Bondpad-Designs vermeiden die mit dem Testen von Sonden verbundenen Probleme, indem sie einen Sondenbereich bereitstellen, der von einem Drahtbondbereich getrennt ist. Das Trennen des Sondenbereichs vom Drahtbondbereich und das Bilden des Bondpads über einer aktiven Schaltung hat mehrere Vorteile. Durch Trennen des Sondenbereichs von dem Drahtbondbereich wird der Drahtbondbereich durch das Testen der Sonden nicht beschädigt, was zuverlässigere Drahtbonds ermöglicht. Außerdem ermöglicht das Ausbilden des Bondpads über einer aktiven Schaltung, einschließlich Metallverbindungsschichten, dass die integrierte Schaltung kleiner ist.

[0007] Die US 2008 / 0 093 596 A1 beschreibt ein Halbleiterbauelement, das eine Verdrahtungsschicht aufweist, die auf einem Substrat gebildet ist und eine erste Pad-Kontaktregion und eine zweite Pad-Kontaktregion aufweist, eine Passivierungsschicht, die eine erste Öffnung und eine zweite Öffnung auf der Verdrahtungsschicht enthält, und einen Vorsprung Muster, das die erste Öffnung und die zweite Öffnung teilt, und ein Pad-Metallmuster, das konform entlang der ersten Öffnung, der zweiten Öffnung und dem Vorsprungsmuster der Passivierungsschicht gebildet ist. Der erste Pad-Kontaktbereich wird durch die erste Öffnung freigelegt und der zweite Pad-Kontaktbereich wird durch die zweite Öffnung freigelegt.

[0008] Die JP H04- 239 736 A offenbart eine Halbleitervorrichtung, die es ermöglicht, einen optimalen Ort des Drahtbondens an der Koordinateneingabe während des Drahtbondens leicht zu erkennen, indem eine Markierung gebildet wird, die den optimalen Ort des Drahtbondens auf einer Kontaktstelle zeigt. Ein Pad wird zu ungefähr $100\ \mu\text{m} \times 100\ \mu\text{m}$ durch einen zweiten Schicht-Aluminiumfilm mit einer Filmdicke von $1,0\ \mu\text{m}$ gebildet, der die Verdrahtung für die oberste Schicht ist. Beim Vorsehen einer Öffnung an einer beliebigen Elementelektrode über einem Siliziumoxidfilm über einem dicken LOCOS-Oxidfilm zur Elementisolierung wird eine Markierungsgrille von $20\ \mu\text{m} \cdot 20\ \mu\text{m}$ in der Mitte des Pads bereitgestellt. Dadurch kann eine Markierung gebildet werden, die während der Koordinateneingabe des Drahtbondens vollständig identifizierbar ist.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0009] Zusammen mit der Miniaturisierung der Halbleitervorrichtung wird zum Beispiel eine Gate-Elektrode oder eine Emitter-Elektrode, die als Flächenelektrode ausgebildet ist, ebenfalls verkleinert. Ungeachtet der Miniaturisierung der Halbleitervorrichtung kann insbesondere die Aufstandsfläche der Gate-Elektrode reduziert werden, wenn der Elementbildungsbereich (aktive Bereich) vergrößert wird. Bei der Bestückung der Halbleitervorrichtung als Halbleitermodul wird die Gate-Elektrode oder dergleichen mit einem Draht angeschlossen bzw. verbunden, und daher kann eine Reduzierung der Aufstandsfläche der Gate-Elektrode oder dergleichen Probleme bei deren Anschluss mit einem Draht verursachen. Der Grund hierfür wird nachfolgend erläutert.

[0010] Bei der Evaluierung der elektrischen Eigenschaften einer Halbleitervorrichtung wird, wie oben beschrieben eine Kontaktsonde in Kontakt mit der Oberfläche einer Elektrode, wie zum Beispiel einer Gate-Elektrode, gebracht. Das Spitzenende der Kontaktsonde ist in einer spitzen Nadelform ausgebildet. Da das Spitzenende der Kontaktsonde die Oberfläche der Elektrode berührt, kann dieses somit die Oberfläche der Elektrode beschädigen, wobei die Oberfläche der Elektrode aufgeraut wird oder Unregelmäßigkeiten auf der Oberfläche der Elektrode entsprechend den Kontaktstellen des Spitzenendes der Kontaktsonde verursacht werden.

[0011] Falls die Oberfläche der Elektrode, mit der ein Draht angeschlossen ist, aufgeraut wurde oder auf dieser Unregelmäßigkeiten verursacht wurden, reduziert sich die Adhäsion zwischen dem Draht und der Elektrode. Selbst wenn die elektrischen Eigenschaften einer Halbleitervorrichtung nach deren Montage als Halbleitermodul als nicht defekt evaluiert wurden, kann sich der Draht als Folge davon von der Elektrode lösen, was eine Stromversorgung unmöglich macht.

[0012] Die vorliegende Erfindung wurde im Hinblick auf die oben genannten Probleme konzipiert und es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Halbleitervorrichtung bereitzustellen, die eine zuverlässige Verbindung eines Drahts mit einer Elektrode gewährleistet, sowie ein Halbleitermodul bereitzustellen, das mit der Halbleitervorrichtung versehen ist.

[0013] Die Lösung dieser Aufgabe erfolgt durch die Merkmale des Anspruchs 1 bzw. des Anspruchs 10. Die Unteransprüche offenbaren bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung.

[0014] Die Halbleitervorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung weist auf ein Halbleitersubstrat, einen Elementbildungsbereich, einen Abschlussbereich und eine erste Hauptoberflächenelektrode.

Das Halbleitersubstrat weist eine erste Hauptoberfläche und eine zweite Hauptoberfläche auf, die einander gegenüberliegen. Der Elementbildungsbereich ist auf der ersten Hauptoberfläche des Halbleitersubstrats definiert. Der Abschlussbereich ist auf der ersten Hauptoberfläche des Halbleitersubstrats definiert und zum Umschließen des Elementbildungsbereichs konfiguriert. Die erste Hauptoberflächenelektrode weist eine erste Elektrode auf, die im Elementbildungsbereich und mit einem ersten Bereich und einem zweiten Bereich ausgebildet ist. Der erste Bereich und der zweite Bereich sind durch ein Trennelement getrennt, das auf der Oberfläche der ersten Elektrode ausgebildet ist. Der erste Bereich ist in rechteckiger Form mit einer langen Seite und einer kurzen Seite ausgebildet. Der zweite Bereich ist näher an der langen Seite des ersten Bereichs angeordnet. Erfindungsgemäß weist die erste Hauptoberflächenelektrode eine Gate-Elektrode und eine Emitter-Elektrode auf, wobei die Gate-Elektrode als die erste Elektrode ausgebildet ist.

[0015] Das Halbleitermodul gemäß der vorliegenden Erfindung ist ein solches Halbleitermodul, das mit der oben beschriebenen Halbleitervorrichtung versehen ist, und in einem solchen Halbleitermodul ist ein Draht mit dem zweiten Bereich der ersten Elektrode verbunden.

[0016] Da die erste Hauptoberflächenelektrode gemäß der erfindungsgemäßen Halbleitervorrichtung die erste Elektrode, die mit einem ersten, durch eine Kontaktsonde zu kontaktierenden Bereich versehen ist, und einen zweiten, durch einen Draht zu verbindenden Bereich umfasst, ist es möglich, den Draht zuverlässig mit der ersten Elektrode zu verbinden.

[0017] Durch das erfindungsgemäße Halbleitermodul ist es möglich, zu verhindern, dass sich der Draht vom zweiten Bereich löst, und somit zu verhindern, dass eine Stromversorgung des Halbleitermoduls unterbrochen wird.

Figurenliste

[0018] Weitere Einzelheiten, Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus nachfolgender Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnungen.

[0019] Darin zeigt:

Fig. 1 eine Draufsicht, die eine Halbleitervorrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung teilweise veranschaulicht;

Fig. 2 eine vergrößerte Draufsicht, die eine Gate-Elektrode in **Fig. 1** und einen umliegenden Teil davon gemäß einem Ausführungsbeispiel

der vorliegenden Erfindung teilweise veranschaulicht;

Fig. 3 eine vergrößerte Querschnittansicht, die einen Teil entlang einer in **Fig. 2** dargestellten Schnittlinie III-III gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung teilweise veranschaulicht;

Fig. 4 eine Seitenansicht, welche die Struktur einer Halbleiter-Evaluierungsvorrichtung zum Durchführen einer elektrischen Evaluierung der Halbleitervorrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung schematisch veranschaulicht;

Fig. 5 eine Seitenansicht, welche die Struktur eines Sondenkörpers gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung schematisch veranschaulicht;

Fig. 6 eine Seitenansicht, die einen Zustand veranschaulicht, bei dem eine Kontaktsonde in der Halbleiter-Evaluierungsvorrichtung in Kontakt mit der Halbleitervorrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung gebracht ist;

Fig. 7 eine vergrößerte Ansicht, die den Zustand teilweise veranschaulicht, bei dem die Kontaktsonde in Kontakt mit der Halbleitervorrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung gebracht ist;

Fig. 8 eine vergrößerte Draufsicht, die eine Gate-Elektrode und einen umliegenden Teil davon nach der Evaluierung der elektrischen Eigenschaften gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung teilweise veranschaulicht;

Fig. 9 eine vergrößerte Querschnittansicht, die einen Teil entlang einer in **Fig. 8** dargestellten Schnittlinie IX-IX gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung teilweise veranschaulicht;

Fig. 10 eine Draufsicht, die eine Emitter-Elektrode und einen umliegenden Teil davon nach der Evaluierung der elektrischen Eigenschaften gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung teilweise veranschaulicht;

Fig. 11 eine Draufsicht, die eine Halbleitervorrichtung gemäß einer ersten Modifikation teilweise veranschaulicht;

Fig. 12 eine Draufsicht, die eine Halbleitervorrichtung gemäß einer zweiten Modifikation teilweise veranschaulicht; und

Fig. 13 eine Draufsicht, die ein Halbleitermodul schematisch veranschaulicht, das mit der Halbleitervorrichtung versehen ist.

BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSBEISPIELE

(Halbleitervorrichtung)

[0020] Zuerst wird eine Halbleitervorrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung beschrieben. Die Halbleitervorrichtung bezieht sich insbesondere auf eine solche Vorrichtung, die in einem Leistungswandler oder dergleichen verwendet wird und mit einem hochspannungsfesten Halbleiterelement versehen ist. Wie in **Fig. 1** dargestellt, ist in einer Halbleitervorrichtung 1 ein Elementbildungsbereich 5 (aktiver Bereich), der mit Halbleiterelementen ausgebildet ist und zum Steuern eines elektrischen Stroms konfiguriert ist, auf der Vorderseite (der ersten Hauptoberfläche) eines Halbleitersubstrats 3 definiert, und ein Abschlussbereich 7 ist auf der gleichen Oberfläche definiert, die den Elementbildungsbereich 5 umschließt. Der Abschlussbereich 7 ist zum Bereitstellen einer Spannungsfestigkeit vorgesehen und kann z.B. in einer Schutzringstruktur, einer RESURF-Struktur oder einer VLD-(Variation-of-Lateral-Doping)(Querdotierungsstreuungs-) Struktur konfiguriert sein.

[0021] Im vorliegenden Ausführungsbeispiel dient ein IGBT (Bipolartransistor mit isoliertem Gate) als Beispiel eines im Elementbildungsbereich ausgebildeten hochspannungsfesten Halbleiterelements. Im Elementbildungsbereich 5 sind eine Gate-Elektrode 9 und eine Emitter-Elektrode 11 angeordnet. Die Gate-Elektrode 9 ist in der Nähe des Abschlussbereichs 7 angrenzend zum Abschlussbereich 7 angeordnet. Falls das hochspannungsfeste Halbleiterelement ein IGBT ist, ist die Rückseite (zweite Hauptoberfläche) des Halbleitersubstrats 3 mit einer Kollektor-Elektrode 25 (siehe **Fig. 3**) ausgebildet.

[0022] Wie in **Fig. 2** und **Fig. 3** dargestellt, ist die Gate-Elektrode 9 mit einem Sonden-Kontaktbereich 13 und einem Leitungs- bzw. Verdrahtungsbereich 15 versehen. Der Sonden-Kontaktbereich 13 und der Verdrahtungsbereich 15 sind durch einen auf der Oberfläche der Gate-Elektrode 9 ausgebildeten Isolator 17 getrennt. Die Oberfläche des Sonden-Kontaktbereichs 13 und die Oberfläche des Verdrahtungsbereichs 15 sind auf gleicher Höhe angeordnet.

[0023] Wie nachfolgend beschrieben wird, ist der Sonden-Kontaktbereich 13 zum Kontaktieren durch eine Kontaktsonde konfiguriert, und der Verdrahtungsbereich 15 ist zum Verbinden durch einen Draht konfiguriert. Eine Referenzmarkierung 19 ist im Verdrahtungsbereich 15 als Markierung für die Verbindung des Drahts dargestellt.

[0024] Die ebene Form des Sonden-Kontaktbereichs 13 ist länglich (ein Rechteck) mit einer langen Seite und einer kurzen Seite. Der Verdrahtungsbe-

reich 15 ist näher an der langen Seite des rechteckförmigen Sonden-Kontaktbereichs 13 angeordnet. Die Fläche des Verdrahtungsbereichs 15 ist größer als die Fläche des Sonden-Kontaktbereichs 13 festgelegt, um eine längere stabile elektrische Verbindung zwischen der Halbleitervorrichtung (Gate-Elektrode) und dem Draht bereitzustellen, nachdem die Halbleitervorrichtung zu einem Produkt, wie zum Beispiel einem Halbleitermodul, zusammengebaut ist.

[0025] Beim Kontaktieren des Sonden-Kontaktbereichs 13 durch die Kontaktsonde kann sich das Spitzenende der Kontaktsonde auf der Oberfläche des Sonden-Kontaktbereichs verschieben, und daher ist der rechteckige Sonden-Kontaktbereich 13 derart angeordnet, dass die Längsrichtung mit der Richtung übereinstimmt, entlang der sich das Spitzenende der Kontaktsonde verschiebt. Dies ist einer der Gründe dafür, warum der Sonden-Kontaktbereich 13 in rechteckiger Form ausgebildet ist, und aus einem weiteren Grund ist beabsichtigt, die Fläche der Gate-Elektrode selbst zu reduzieren. Wenn die Fläche der Gate-Elektrode reduziert wird, kann der Elementbildungsbereich, der mit einem IGBT oder dergleichen ausgebildet ist, entsprechend vergrößert werden. Bei der Evaluierung der elektrischen Eigenschaften der Halbleitervorrichtung 1 kann die Kontaktsonde in Bezug auf den Isolator 17 in Kontakt mit dem Sonden-Kontaktbereich 13 gebracht werden.

[0026] Der Isolator 17, der den Sonden-Kontaktbereich 13 und den Verdrahtungsbereich 15 trennt, und die Referenzmarkierung 19, die im Verdrahtungsbereich 15 ausgebildet ist, werden gleichzeitig durch Mustern einer Isolierschicht ausgebildet, die zum Abdecken des Sonden-Kontaktbereichs 13, des Verdrahtungsbereichs 15 und dergleichen ausgebildet ist, und daher weisen der Isolator 17 und die Referenzmarkierung 19 die gleiche Höhe auf.

[0027] Hierbei sei angemerkt, dass in der Halbleitervorrichtung 1 der Separator 17 nicht auf das Trennen des Sonden-Kontaktbereichs 13 und des Verdrahtungsbereichs 15 beschränkt ist; dieser kann um die Gate-Elektrode 9 herum angeordnet sein, um die Gate-Elektrode 9 von den anderen Bereichen zu trennen. Ein Elektrodenenelement 21 zum Bilden der Gate-Elektrode 9 ist in **Fig. 3** veranschaulicht. Das Elektrodenenelement 21 kann z. B. aus Aluminium (Al), jedoch darauf nicht beschränkt, ausgebildet sein; jedes Material mit ausgezeichneter Leitfähigkeit, das zur Herstellung eines Halbleiters geeignet ist, kann ausgewählt werden.

[0028] Als Material für den Isolator 17 kann eine halbisolierende Siliziumnitridschicht (SiN-Schicht) als Beispiel, jedoch darauf nicht beschränkt, angegeben werden. Falls die halbisolierende Siliziumnitridschicht zum Abdecken des Abschlussbe-

reichs 7 ausgebildet ist, ist es möglich, die Potenzialverteilung im Abschlussbereich 7 zu stabilisieren.

[0029] Darüber hinaus wurde die obige Halbleitervorrichtung 1 als Beispiel einer vertikalen Halbleitervorrichtung beschrieben, worin der elektrische Strom zwischen der Vorderseite und der Rückseite des Halbleitersubstrats 3 fließt, jedoch darauf nicht beschränkt kann die Halbleitervorrichtung 1 auch eine seitliche Halbleitervorrichtung sein, in der die Eingangssignale und Ausgangssignale auf einer Oberfläche des Halbleitersubstrats ausgeführt werden.

(Evaluierung der elektrischen Eigenschaften der Halbleitervorrichtung)

[0030] Nachfolgend wird die Evaluierung der elektrischen Eigenschaften der oben erwähnten Halbleitervorrichtung beschrieben. Zuerst wird die Struktur der Halbleiter-Evaluierungsvorrichtung geschrieben.

[0031] Wie in **Fig. 4** dargestellt, umfasst eine Halbleiter-Evaluierungsvorrichtung 51 im Wesentlichen einen Sondenkörper 53, einen Aufspanntisch 55 und eine Evaluierungseinheit 57. Der Sondenkörper 53 umfasst insbesondere eine Kontaktsonde 69, eine isolierende Basis 63 und ein Verbindungselement 65a.

[0032] Bei der Evaluierung der elektrischen Eigenschaften einer Halbleitervorrichtung ist die Halbleiter-Evaluierungsvorrichtung 51 mit der Halbleitervorrichtung durch ein Paar von Elektroden elektrisch verbunden. Aus dem Paar der Elektroden ist eine Elektrode eine Kontaktsonde 69 und die andere Elektrode ist die Oberfläche des Aufspanntischs 55. Wenn die Halbleitervorrichtung ein IGBT ist, wird die Kontaktsonde 69 in Kontakt mit der Oberfläche einer Emitter-Elektrode und der Oberfläche einer Gate-Elektrode gebracht, und die Oberfläche des Aufspanntischs 55 wird in Kontakt mit einer Kollektor-Elektrode gebracht.

[0033] Wie in **Fig. 4** und **Fig. 5** dargestellt, ist die Kontaktsonde 69 eine Ausleger-Kontaktsonde. Die Ausleger-Kontaktsonde 69 ist mit einem Spitzenende 73 ausgebildet, das nadelförmig ausgearbeitet ist. Das Spitzenende 53 ist mit einem Kontaktelement 71 an einem Bereich in Kontakt mit der Oberflächenelektrode ausgebildet. Hierbei sei angemerkt, dass, obwohl die Kontaktsonde 69 mit nur einem geneigten Spitzenende 73 konfiguriert ist, diese auch eine mehrfach gekrümmte Gestalt aufweisen kann.

[0034] Die Kontaktsonde 69 kann aus einem Metallmaterial, wie zum Beispiel Wolfram (W) oder Beryllium-Kupfer (BeCu), jedoch darauf nicht beschränkt, hergestellt sein. Insbesondere zur Verbesserung der

elektrischen Leitfähigkeit und/oder Dauerhaltbarkeit können das Spitzenende 73 oder das Kontaktelement 71 der Kontaktsonde 69 z. B. mit Gold (Au), Palladium (Pd), Tantal (Ta) oder Platin (Pt) beschichtet sein.

[0035] Der Körperbereich der Kontaktsonde 69 ist mit einem flexiblen Element 75 ausgebildet und wenn das Kontaktelement 71 die Oberflächenelektrode kontaktiert, wird das flexible Element 75 folglich gebogen. In **Fig. 5** ist zur Vereinfachung der Zeichnung die Kontaktsonde 69 nur als ein einander zugewandtes Paar von Kontaktsonden 69 veranschaulicht, und hierbei sei angemerkt, dass in der Praxis sogar mehr Kontaktsonden vorgesehen werden können.

[0036] Die Kontaktsonde 69 ist mit einem Montageelement 77 versehen. Das Montageelement 77 ist an der isolierenden Basis 63 mechanisch befestigt, welche die Basis des Sondenkörpers 53 bildet. Der Sondenkörper 69 ist mit der Evaluierungseinheit 57 über ein Verbindungselement 65a, das auf der isolierenden Basis 63 ausgebildet ist, und über eine Signalleitung 61a elektrisch verbunden. Die Oberfläche des Aufspanntischs 55 ist mit der Evaluierungseinheit 57 über ein Verbindungselement 65b, das auf dem Aufspanntisch 55 vorgesehen ist, und über eine Signalleitung 61b elektrisch verbunden.

[0037] Um die Halbleitervorrichtung für einen großen Strom (z. B. 5A oder darüber) auszulegen, wird eine Vielzahl von Kontaktsonden 69 auf der isolierenden Basis 63 so abgestützt, dass jede Kontaktsonde 69 in Kontakt mit der Halbleitervorrichtung steht. Um darüber hinaus zu gewährleisten, dass die Dichte eines durch jede Kontaktsonde 69 fließenden Stroms ungefähr die gleiche ist, sind das Verbindungselement 65a und das Verbindungselement 65b so angeordnet, dass der Abstand vom Verbindungselement 65a zum Verbindungselement 65b über die Kontaktsonde 69, die Halbleitervorrichtung 1 und den Aufspanntisch 55 in jeder Kontaktsonde annähernd gleich ist.

[0038] Wenn man im vorliegenden Ausführungsbeispiel die isolierende Basis 63 (oder den Aufspanntisch 55) in einer Draufsicht von oben betrachtet, sind das Verbindungselement 65a und das Verbindungselement 65b einander zugewandt angeordnet, wobei der Aufspanntisch 55, auf der die Halbleitervorrichtung platziert ist, dazwischen angeordnet ist. Jede Kontaktsonde 69 und das Verbindungselement 65a sind über ein elektrisches Verbindungselement 79, das auf der isolierenden Basis 63 vorgesehen ist, und über eine Signalleitung 61 elektrisch verbunden.

[0039] Der Sondenkörper 53 kann durch einen beweglichen Arm 67 zu einer beliebigen Position

bewegt werden. Hierzu sei im vorliegenden Ausführungsbeispiel angemerkt, dass, obwohl der Probenkörper 53 durch einen einzigen bewegbaren Arm 67, jedoch darauf nicht beschränkt abgestützt dargestellt ist, der Sondenkörper 53 für eine bessere Stabilität durch eine Vielzahl beweglicher Arme abgestützt werden kann. Anstatt den Sondenkörper 53 zu bewegen, ist es alternativ möglich, den Aufspanntisch 55 zu bewegen.

[0040] Der Aufspanntisch 55 dient als Basis zur Montage der Halbleitervorrichtung 1 oder eines Halbleiterwafers 59 und deren Befestigung daran. Die Halbleitervorrichtung 1 oder dergleichen wird auf dem Aufspanntisch 55 durch eine Vakuumabsaugung fixiert. Die Oberfläche des Aufspanntischs 55 ist mit einer Ansaugnut (nicht dargestellt) ausgebildet und ein Teil der Bodenfläche der Ansaugnut ist mit Ansaugöffnungen ausgebildet. Der Hauptteil der Halbleiter-Evaluierungsvorrichtung 51 ist wie oben beschrieben konfiguriert.

[0041] Nachfolgend wird der Vorgang einer Evaluierung der elektrischen Eigenschaften für eine Halbleitervorrichtung unter Verwendung der Halbleiter-Evaluierungsvorrichtung 51 beschrieben. Zuerst wird die Halbleitervorrichtung 1 oder der Halbleiterwafer 59 mit der darin integrierten Halbleitervorrichtung 1 auf dem Aufspanntisch 55 unter Verwendung eines Transportmechanismus (nicht dargestellt) montiert. Als nächstes wird die Halbleitervorrichtung 1 oder dergleichen auf dem Aufspanntisch 55 mittels Vakuumabsaugung fixiert. Danach wird, wie in **Fig. 6** dargestellt, der bewegbare Arm 67 bewegt, um jede aus der Vielzahl der Kontaktsonden 69 in Kontakt mit einer entsprechenden Oberflächenelektrode zu bringen, die auf der Halbleitervorrichtung 1 oder dergleichen ausgebildet ist. Anschließend wird die Evaluierung der gewünschten elektrischen Eigenschaften durchgeführt, nachdem die Vielzahl der Kontaktsonden 69 in Kontakt mit den entsprechenden Oberflächenelektroden gebracht wurde.

[0042] Im vorliegenden Ausführungsbeispiel wird angenommen, dass eine einzelne Kontaktsonde 69 in Kontakt mit dem Sonden-Kontaktbereich 13 der Gate-Elektrode 9 des in der Halbleitervorrichtung vorgesehenen IGBT in Kontakt gebracht wird, und eine Vielzahl von Kontaktsonden 69 in Kontakt mit der Emitter-Elektrode 11 gebracht wird. Dabei wird, wie in **Fig. 7** veranschaulicht, aufgrund der Biegung der Kontaktsonde eine Sondenspur auf der Oberfläche der Oberflächenelektrode gebildet. Der Weg der Sonde wird später beschrieben.

[0043] Im Sondenkörper 53 ist eine Vielzahl von Kontaktsonden 69 so angeordnet, dass diese vom einen Ende bzw. vom anderen Ende in Richtung zur Mitte des Probenkörpers 53 ausgerichtet sind, was es ermöglicht, die Vielzahl der Kontaktsonden 69 in

Kontakt mit der Oberflächenelektrode zu bringen, wobei der Abstand zwischen den gegenüberliegenden Kontaktsonden 69 beibehalten wird. Die Beibehaltung des Abstands zwischen den Kontaktsonden 69 dient dazu, eine Entladung zu unterbinden.

[0044] Nachdem die elektrische Evaluierung abgeschlossen ist, werden die Kontaktsonden 69 von der Oberflächenelektrode gelöst. Im Fall des Halbleiterwafers 59 wird, nachdem die elektrische Evaluierung für alle im Halbleiterwafer 59 integrierten Halbleitervorrichtungen 1 abgeschlossen ist, der Halbleiterwafer 59 vom Aufspanntisch 55 weg bewegt, und eine weitere Halbleitervorrichtung oder ein weiterer Halbleiterwafer wird auf dem Aufspanntisch zur Evaluierung der elektrischen Eigenschaften gemäß dem gleichen Vorgang montiert.

[0045] Bei der Durchführung der Evaluierung der elektrischen Eigenschaften unter Verwendung der oben beschriebenen Kontaktsonde, berührt die Kontaktsonde (einzelne Kontaktsonde) den Sondenkontaktbereich 13 der Gate-Elektrode 9 der Halbleitervorrichtung 1, und dadurch wird nach der Evaluierung der elektrischen Eigenschaften, wie in **Fig. 8** dargestellt, eine Sondenspur 23 auf dem Sondenkontaktbereich 13 der Gate-Elektrode 9 hinterlassen.

[0046] Um bei der Ausleger-Kontaktsonde 69 das Spitzenende 73 der Kontaktsonde 69 in einen zuverlässigen Kontakt mit der Gate-Elektrode 9 (Oberflächenelektrode), wie in **Fig. 7** dargestellt, zu bringen, wird der Sondenkörper 53 der Halbleitervorrichtung 1 (dem Halbleiterwafer 59) angenähert, sodass das flexible Element 75 der Kontaktsonde 69 gebogen wird. Wenn die Kontaktsonde 69 gebogen wird, verschiebt sich das Kontaktelement 71 am Spitzenende 73 auf der Oberfläche des Sondenkontaktbereichs 13, wobei die Sondenspur 23 auf der Oberfläche des Sondenkontaktbereichs 13 hinterlassen wird. Die Größe der Sondenspur 23 hängt vom Verschiebebetrag des Kontaktelements 71 und der Größe des Kontaktelements 71 selbst ab. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel weist die Sondenspur 23 eine Länge LR auf und der Abstand zwischen den Mittelpunkten der Kontaktelemente 71 entspricht einer Länge LC.

[0047] Im Hinblick auf die Dauerhaltbarkeit ist es üblich, dass das für die Kontaktsonde 69 ausgewählte Material härter als das für die Oberflächenelektrode (Gate-Elektrode oder dergleichen) ausgewählte Material ist. Daher sind, wie in **Fig. 9** veranschaulicht, Ausnehmungen 13a im Bereich ausgebildet, wo sich das Kontaktelement 71 gegenüber dem umliegenden Bereich verschiebt, wobei Unregelmäßigkeiten im Sondenkontaktbereich 13 auftreten. Um bei der erfindungsgemäßen Halbleitervorrichtung 1 zu verhindern, dass ein Draht mit dem

mit Unregelmäßigkeiten ausgebildeten Sonden-Kontaktbereich 13 verbunden wird, ist der Sonden-Kontaktbereich 13 vom zu verdrahteten Verdrahtungsbereich 15 getrennt.

[0048] Da der Verdrahtungsbereich 15 vom Sonden-Kontaktbereich 13 getrennt ist, ist es möglich, einen Draht auf der Oberfläche einer Ebene und keinem Sondenspurbereich (Verdrahtungsbereich 15) der Gate-Elektrode 9 zuverlässig und enganliegend zu verbinden. Selbst nachdem die Halbleitervorrichtung als Halbleitermodul montiert ist, kann somit verhindert werden, dass der Draht getrennt wird, und somit zuverlässig verhindert werden, dass die Stromversorgung unterbrochen wird.

[0049] Im vorliegenden Ausführungsbeispiel wurde der Sonden-Kontaktbereich 13 als in der Gate-Elektrode 9 definiert beschrieben; es ist auch möglich, den Sonden-Kontaktbereich in einer Emitter-Elektrode zu definieren. Wie in **Fig. 10** dargestellt, können Sonden-Kontaktbereiche 13 in einer Emitter-Elektrode 11 in Abständen längs einer X-Richtung und in Abständen längs einer Y-Richtung angeordnet sein. Durch Anordnen der Verdrahtungsbereiche in einem anderen Abschnitt als dem Sonden-Kontaktbereich 13 ist es möglich, zu verhindern, dass die Drähte getrennt werden, und dadurch zuverlässig zu verhindern, dass die Stromversorgung unterbrochen wird. Nachdem die Evaluierung der elektrischen Eigenschaften der Halbleitervorrichtung 1 abgeschlossen ist, wird folglich die gleiche Anzahl von Sondenspuuren wie die Anzahl der Kontaktsonden auf dem Sonden-Kontaktbereich 13 hinterlassen.

[0050] Die vorgenannte Halbleitervorrichtung wurde für den Fall beschrieben, dass die Gate-Elektrode 9 an einer Mittenposition der einen Seite (kurzen Seite) des Elementbildungsbereichs 5 und angrenzend zum Abschlussbereich 7 angeordnet ist. Nachfolgend werden Modifikationen der Anordnung der Gate-Elektrode im Elementbildungsbereich beschrieben.

(Erste Modifikation)

[0051] Wie in **Fig. 11** dargestellt, ist die Halbleitervorrichtung 1 gemäß der ersten Modifikation genauso konfiguriert wie die in **Fig. 1** dargestellte Halbleitervorrichtung 1 und dergleichen, mit der Ausnahme, dass die Gate-Elektrode 9 an einer Ecke des Elementbildungsbereichs 5 angrenzend zum Abschlussbereich 7 angeordnet ist, und daher werden die gleichen Elemente mit den gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet und deren Beschreibung wird nicht wiederholt, außer wenn erforderlich.

[0052] In der oben beschriebenen Halbleitervorrichtung ist es zusätzlich zum Effekt, der durch die Trennung des Sonden-Kontaktbereichs 13 und des Ver-

drahtungsbereichs 15 erreicht wird, möglich, die folgenden Effekte zu erzielen.

[0053] In der Halbleitervorrichtung 1 gemäß der ersten Modifikation ist die Gate-Elektrode 9 an einer Ecke des Elementbildungsbereichs 5 angeordnet und dadurch grenzen zwei der vier Seiten der rechteckförmigen Gate-Elektrode 9 an die Grenze zwischen der Gate-Elektrode 9 und dem Elementbildungsbereich 5 an, in dem die Emitter-Elektrode 11 vorgesehen ist. Verglichen mit dem Fall, bei dem die in **Fig. 1** dargestellte Halbleitervorrichtung 1 und dergleichen mit drei Seiten der vier Seiten der rechteckigen Gate-Elektrode 9 an die Grenze angrenzend konfiguriert ist, ist es dadurch möglich, einen breiteren Abschnitt für die Elementbildungsbereiche 5 im gleichen Bereich (Abschnitt) des Halbleitersubstrats 3 sicherzustellen.

(Zweite Modifikation)

[0054] Wie in **Fig. 12** dargestellt, ist die Halbleitervorrichtung 1 gemäß der zweiten Modifikation genauso wie die in **Fig. 1** dargestellte Halbleitervorrichtung 1 und dergleichen konfiguriert, mit der Ausnahme, dass die Gate-Elektrode 9 in der Mitte des Elementbildungsbereichs 5 in einem Abstand vom Abschlussbereich 7 angeordnet ist, und daher werden die gleichen Elemente mit den gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet und deren Beschreibung wird nicht wiederholt, außer wenn erforderlich.

[0055] In der oben beschriebenen Halbleitervorrichtung ist es möglich, zusätzlich zum Effekt, der durch die Trennung des Sonden-Kontaktbereichs 13 und des Verdrahtungsbereichs 15 erreicht wird, die nachfolgenden Effekte zu erzielen.

[0056] In der Halbleitervorrichtung 1 gemäß der zweiten Modifikation ist die Gate-Elektrode 9 im Elementbildungsbereich 5 mittig angeordnet. Wenn die Gate-Elektrode im Elementbildungsbereich eingeschaltet wird, wird sich dadurch ein Bereich, in welchem ein Kanal eingeschaltet wird, im Wesentlichen gleichförmig von der Mitte des Elementbildungsbereichs 5 in Richtung zu dessen Umfang ausbreiten, wodurch eine weitere Stabilisierung der elektrischen Eigenschaften von Halbleiterelementen ermöglicht wird. Darüber hinaus kann die Übernahme einer solchen Konfiguration verhindern, dass die Last an Rändern des Elementbildungsbereichs 5 beim Verbinden der Drähte konzentriert wird.

[0057] Wie oben beschrieben, sind der Sonden-Kontaktbereich 13 und der Verdrahtungsbereich 15 in einer Oberflächenelektrode, wie zum Beispiel die Gate-Elektrode 9, in der Halbleitervorrichtung gemäß den Ausführungsbeispielen einschließlich der ersten Modifikation und der zweiten Modifikation angeordnet, und der Sonden-Kontaktbereich 13 und der Ver-

drahtungsbereich 15 sind durch einen Isolator 17 getrennt. Nachdem die Halbleitervorrichtung 1 als Halbleitermodul zusammengebaut ist und der Evaluierung der elektrischen Eigenschaften unterzogen wurde, ist es somit möglich zu verhindern, dass der mit Unregelmäßigkeiten ausgebildete Sonden-Kontaktbereich 13 verdrahtet wird, sodass, wie in **Fig. 13** dargestellt, ein Draht 33 mit dem Verdrahtungsbereich 15 sicher verbunden werden kann. Demzufolge ist es möglich, ein Lösen des Drahts zu verhindern und dadurch zu verhindern, dass die Stromversorgung im Halbleitermodul 31 unterbrochen wird.

[0058] Hierbei sei angemerkt, dass in der oben beschriebenen Halbleitervorrichtung ein IGBT als Beispiel für ein im Elementbildungsbereich 5 ausgebildetes Halbleiterelement dient. Das Halbleiterelement ist nicht auf den IGBT beschränkt, sondern kann jedes bei der Leistungsumwandlung oder dergleichen verwendete hochspannungsfeste Halbleiterelement, wie z. B. ein MOSFET (Metalloxid-Halbleiter-Feldeffekttransistor) oder eine Diode sein. Darüber hinaus kann die Struktur der im Ausführungsbeispiel beschriebenen Halbleitervorrichtung, falls erforderlich, auf verschiedene Art und Weise kombiniert werden. Die vorliegende Erfindung kann bei einer Halbleitervorrichtung, die mit einem hochspannungsfesten Halbleiterelement versehen ist, und einem Halbleitermodul effektiv angewendet werden, das mit der Halbleitervorrichtung versehen ist.

[0059] Neben der vorstehenden schriftlichen Beschreibung der Erfindung wird zu deren ergänzender Offenbarung hiermit explizit auf die zeichnerische Darstellung der Erfindung in den **Fig. 1** bis **Fig. 13** verwiesen.

Bezugszeichenliste

| | |
|-----|------------------------------------|
| 1 | Halbleitervorrichtung |
| 3 | Halbleitersubstrat |
| 5 | Elementbildungsbereich |
| 7 | Abschlussbereich |
| 9 | Gate-Elektrode |
| 11 | Emitter-Elektrode |
| 13 | Sonden-Kontaktbereich |
| 13a | Ausnehmung |
| 15 | Verdrahtungsbereich |
| 17 | Isolator |
| 19 | Referenzmarkierung |
| 21 | Elektrodenelement |
| 23 | Sondenspur |
| 51 | Halbleiter-Evaluierungsvorrichtung |

| | |
|-----|---------------------|
| 53 | Sondenkörper |
| 55 | Aufspanntisch |
| 57 | Evaluierungseinheit |
| 59 | Halbleiterwafer |
| 61a | Signalleitung |
| 63 | isolierende Basis |
| 65a | Verbindungselement |
| 65b | Verbindungselement |
| 67 | bewegbarer Arm |
| 69 | Kontaktsonde |
| 71 | Kontaktelement |
| 73 | Spitzenende |
| 75 | flexibles Element |
| 77 | Montageelement |

Patentansprüche

1. Halbleitervorrichtung, umfassend:

- ein Halbleitersubstrat (3) mit einer ersten Hauptoberfläche und einer zweiten Hauptoberfläche, die einander gegenüberliegen;
- einen Elementbildungsbereich (5), der auf der ersten Hauptoberfläche des Halbleitersubstrats (3) definiert ist;
- einen Abschlussbereich (7), der auf der ersten Hauptoberfläche des Halbleitersubstrats (3) definiert ist und zum Umschließen des Elementbildungsbereichs (5) konfiguriert ist; und
- eine erste Hauptoberflächenelektrode (9, 11), die im Elementbildungsbereich (5) ausgebildet ist, wobei:
 - die erste Hauptoberflächenelektrode (9, 11) eine erste Elektrode (9) aufweist, die im Elementbildungsbereich (5) ausgebildet ist,
 - die erste Elektrode (9) mit einem ersten Bereich (13) und einem zweiten Bereich (15) ausgebildet ist,
 - der erste Bereich (13) und der zweite Bereich (15) durch ein Trennelement (17) getrennt sind, das auf einer Oberfläche der ersten Elektrode (9) ausgebildet ist,
 - der erste Bereich (13) in rechteckiger Form mit einer langen Seite und einer kurzen Seite ausgebildet ist,
 - der zweite Bereich (15) näher an der langen Seite des ersten Bereichs (13) angeordnet ist,
 - die erste Hauptoberflächenelektrode (9, 11) eine Gate-Elektrode (9) und eine Emitter-Elektrode (11) aufweist und
 - die Gate-Elektrode (9) als die erste Elektrode (9) ausgebildet ist.

2. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Fläche des zweiten Bereichs (15) größer als die Fläche des ersten Bereichs (13) festgelegt ist.

3. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 1, wobei eine Oberfläche des zweiten Bereichs (15) mit einer Referenzmarkierung (19) ausgebildet ist.

4. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Gate-Elektrode (9) in der Mitte des Elementbildungsbereichs (5) mit einem Abstand vom Abschlussbereich (7) beabstandet angeordnet ist.

5. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Gate-Elektrode (9) im Elementbildungsbereich (5) an einer Ecke angrenzend zum Abschlussbereich (7) angeordnet ist.

6. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Gate-Elektrode (9) im Elementbildungsbereich (5) an einer Position angrenzend zum Abschlussbereich (7) angeordnet ist.

7. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 1, wobei:

- der erste Bereich (13) näher am Abschlussbereich (7) angeordnet ist und
- der zweite Bereich (15) gegenüber dem Abschlussbereich (7) mit dem dazwischen eingeschlossenen ersten Bereich (13) angeordnet ist.

8. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 1, wobei:

- die Emitter-Elektrode (11) als zweite Elektrode (11) ausgebildet ist,
- die Emitter-Elektrode (11) mit einer Vielzahl von dritten Bereichen (13) ausgebildet ist und
- eine Vielzahl von dritten Bereichen (13) in einer ersten Richtung mit einem Abstand längs der ersten Richtung und mit einem Abstand längs einer zweiten Richtung senkrecht zur ersten Richtung angeordnet ist.

9. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 1, welche mit einer zweiten Hauptoberflächenelektrode (25) ausgebildet ist, die auf einer Fläche der zweiten Hauptoberfläche des Halbleitersubstrats (3) ausgebildet ist.

10. Halbleitermodul,

- welches mit der Halbleitervorrichtung nach Anspruch 1 ausgebildet ist,
- wobei ein Draht (33) mit dem zweiten Bereich (15) der ersten Elektrode (9) verbunden ist.

Es folgen 7 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG.1

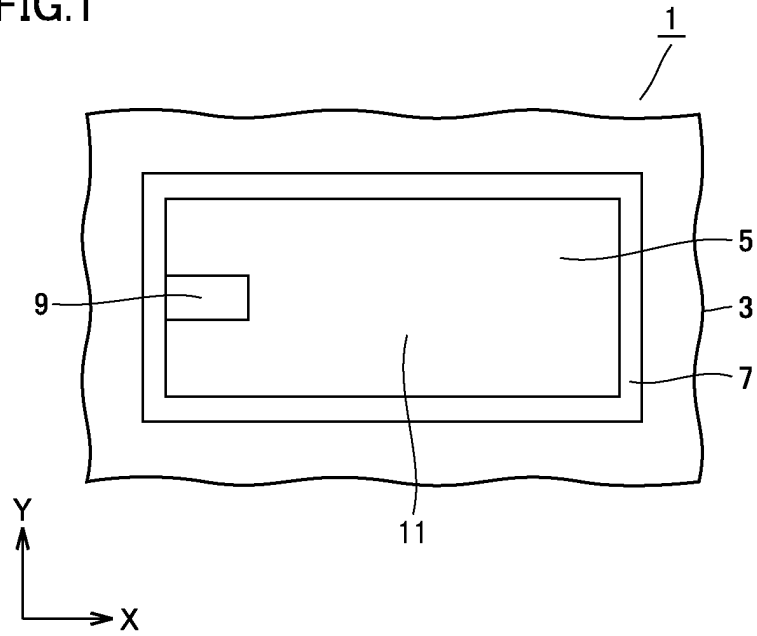


FIG.2

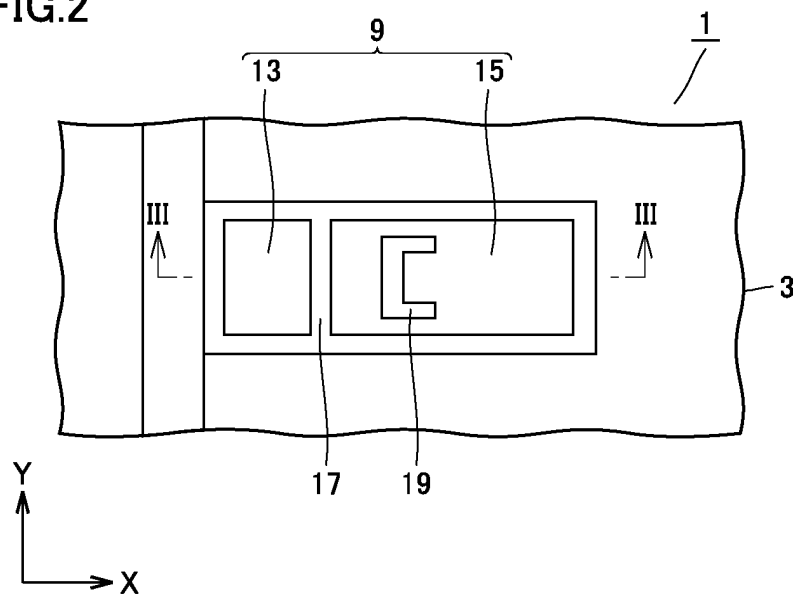


FIG.3

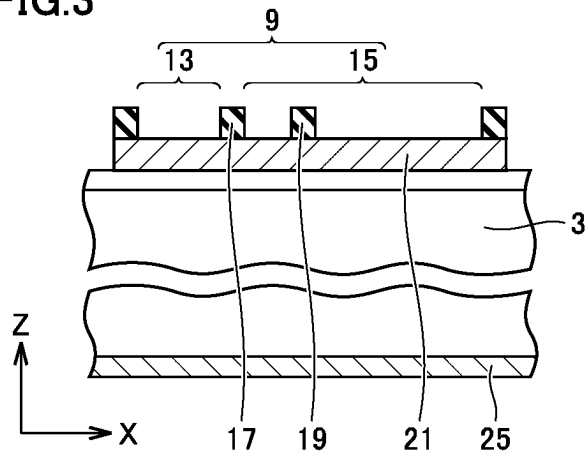


FIG.4

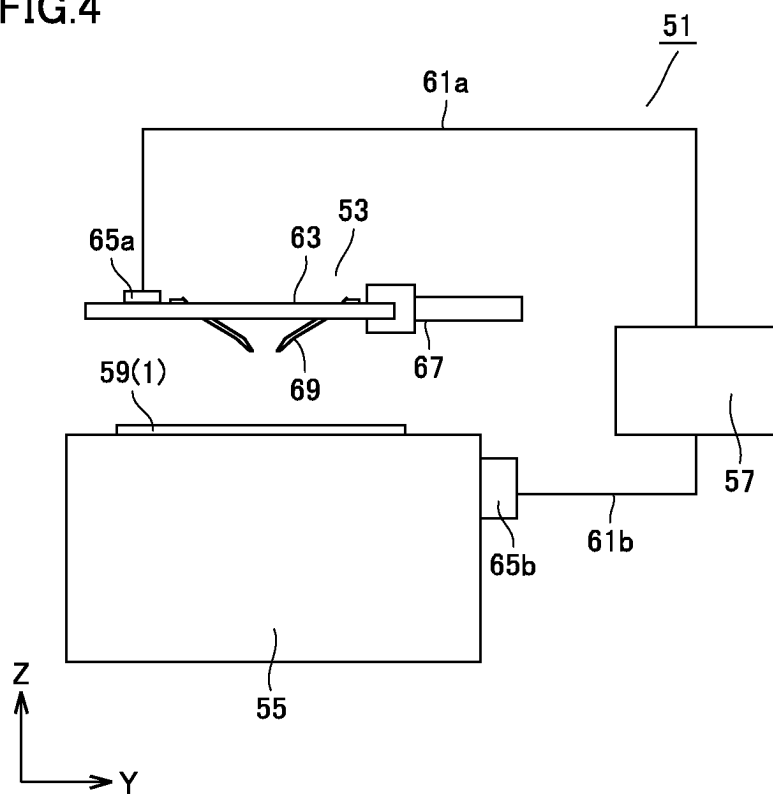


FIG.5

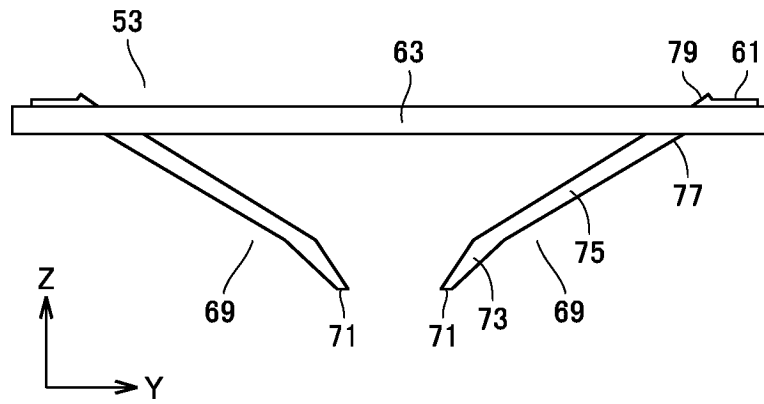


FIG.6

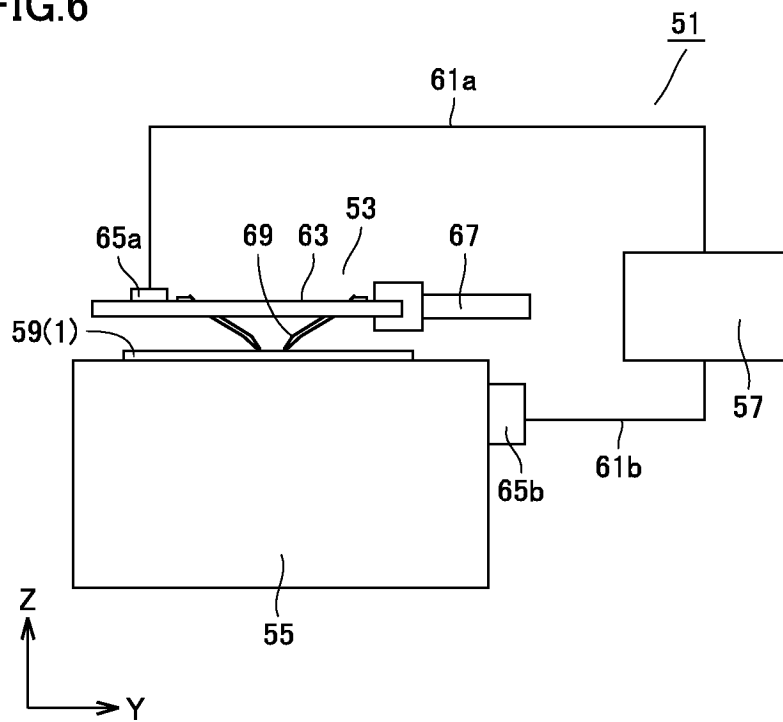


FIG.7

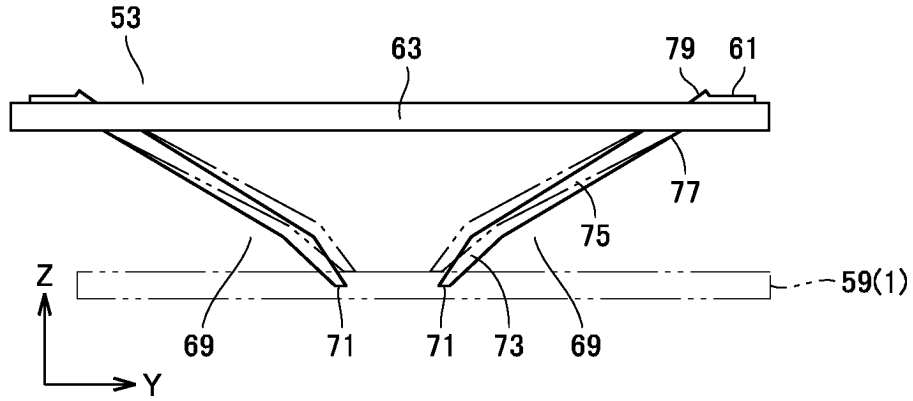


FIG.8

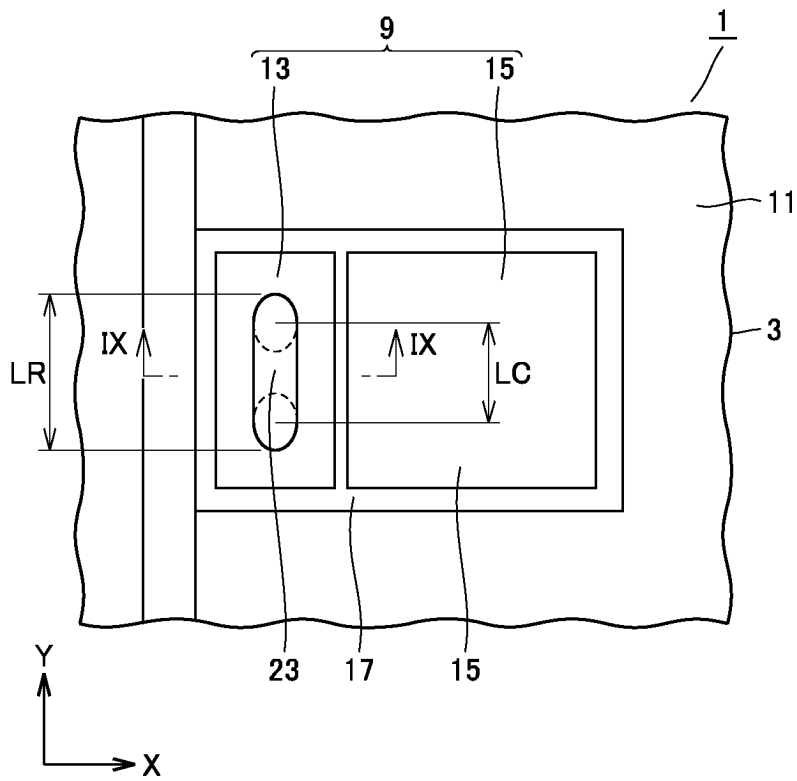


FIG.9

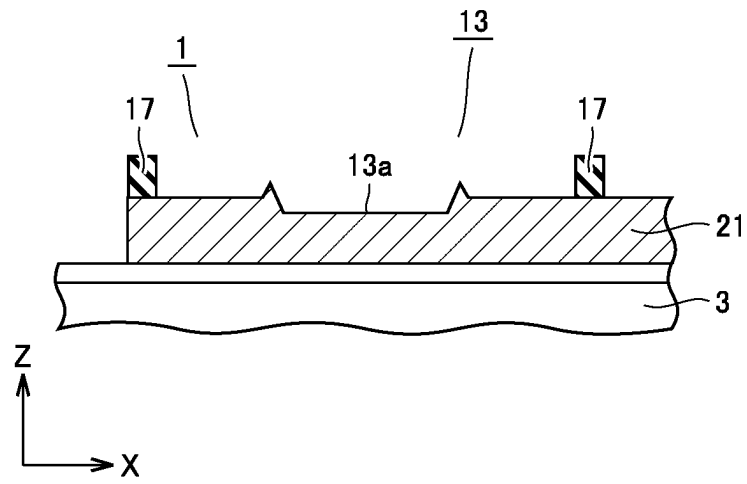


FIG.10

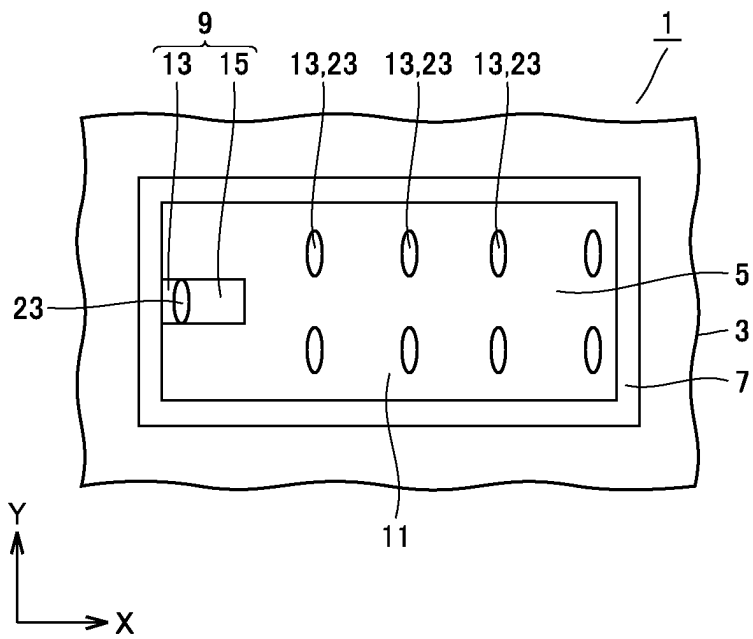


FIG.11

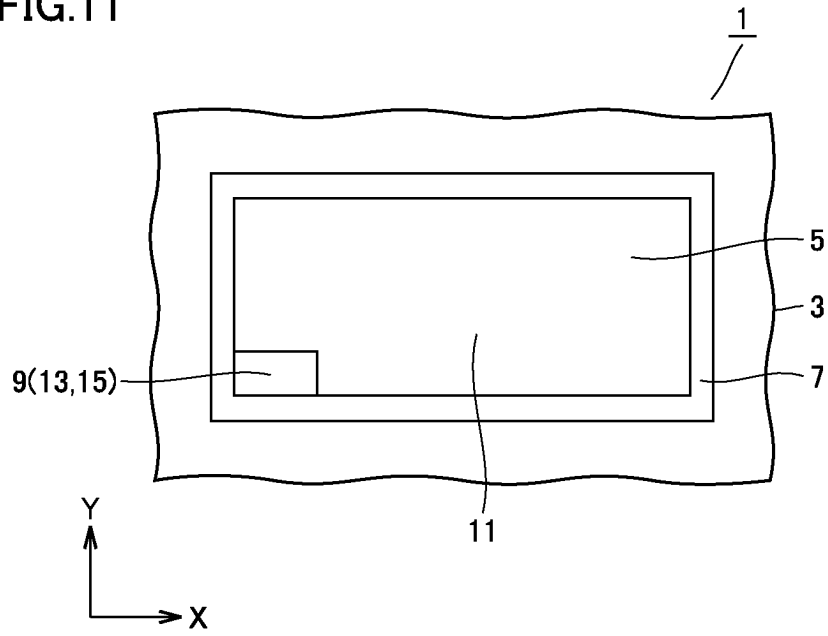


FIG.12

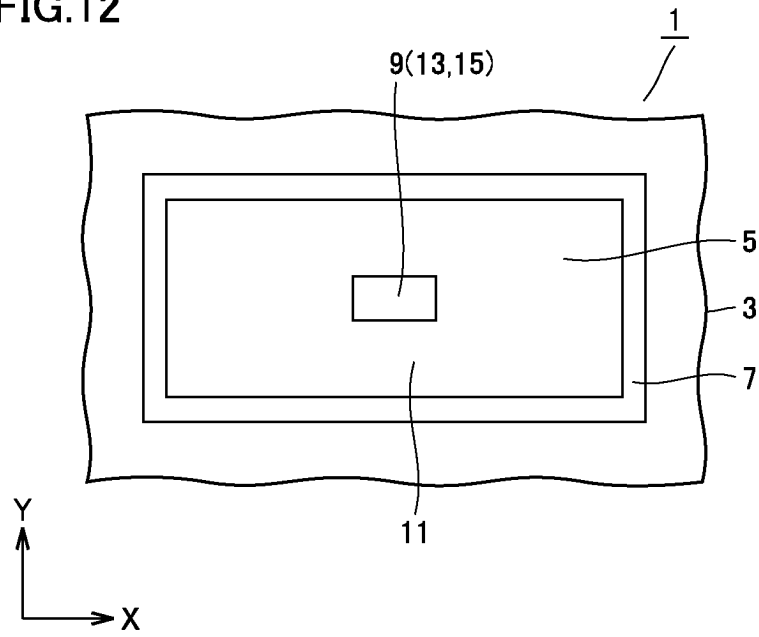


FIG.13

