

(10) **DE 11 2021 002 612 T5** 2023.03.16

(12) **Veröffentlichung**

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2022/158053**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2
IntPatÜbkG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2021 002 612.7**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2021/036687**
(86) PCT-Anmeldetag: **04.10.2021**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **28.07.2022**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **16.03.2023**

(51) Int Cl.: **H01L 29/739** (2006.01)
H01L 29/06 (2006.01)
H01L 29/36 (2006.01)

(30) Unionspriorität: **2021-009648** **25.01.2021** **JP**

(71) Anmelder:
Fuji Electric Co., Ltd., Kawasaki-shi, Kanagawa, JP

(74) Vertreter:
**MERH-IP Matias Erny Reichl Hoffmann
Patentanwälte PartG mbB, 80336 München, DE**

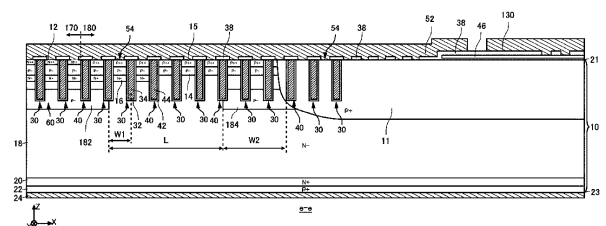
(72) Erfinder:
Ozaki, Daisuke, Kawasaki-shi, Kanagawa, JP;
Noguchi, Seiji, Kawasaki-shi, Kanagawa, JP;
Sakurai, Yosuke, Kawasaki-shi, Kanagawa, JP;
Hamasaki, Ryutaro, Kawasaki-shi, Kanagawa, JP;
Yamada, Takuya, Kawasaki-shi, Kanagawa, JP;
Ikura, Yoshihiro, Kawasaki-shi, Kanagawa, JP

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **HALBLEITERVORRICHTUNG**

(57) Zusammenfassung: Halbleitervorrichtung, die ein Halbleitersubstrat umfasst, wobei das Halbleitersubstrat einen aktiven Abschnitt, einen umlaufenden Wannenbereich vom zweiten Leitfähigkeitstyp, der den aktiven Abschnitt in der Draufsicht umgibt, und einen Grabenabschnitt umfasst, der in dem aktiven Abschnitt auf einer oberen Oberfläche des Halbleitersubstrats vorgesehen ist, wobei der aktive Abschnitt einen Mittelabschnitt mit einem Emitterbereich vom ersten Leitfähigkeitstyp und einen umlaufenden Abschnitt umfasst, der den Mittelabschnitt umgibt, wobei der Mittelabschnitt einen aktivseitigen Bodenbereich eines zweiten Leitfähigkeitstyps enthält, der über Böden von mindestens zwei Grabenabschnitten vorgesehen ist, wobei der umlaufende Abschnitt einen umlaufseitigen Bodenbereich des zweiten Leitfähigkeitstyps enthält, der elektrisch mit dem umlaufenden Wannenbereich verbunden ist, dem aktivseitigen Bodenbereich gegenüberliegt und am Boden des Grabenabschnitts vorgesehen ist, und wobei der aktivseitige Bodenbereich und der umlaufseitige Bodenbereich getrennt voneinander vorgesehen sind.



Beschreibung**HINTERGRUND****1. TECHNISCHES GEBIET**

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

2. STAND DER TECHNIK

[0002] Bislang ist in einer Halbleitervorrichtung, beispielsweise einem Bipolartransistor mit isoliertem Gate (IGBT) oder dergleichen, eine Konfiguration bekannt, bei der ein Verunreinigungsbereich an einem unteren Abschnitt eines Grabenabschnitts vorgesehen ist (siehe beispielsweise Druckschriften 1 und 2).

Patentdokument 1: Japanische Offenlegungsschrift Nr.: 2019-91892

Patentdokument 2: Japanische Offenlegungsschrift Nr.: 2019-110288

ZU LÖSENDES PROBLEM

[0003] In einer Halbleitervorrichtung, beispielsweise einem IGBT oder dergleichen, ist es vorteilhaft, einen Einschaltverlust zu reduzieren.

ALLGEMEINE OFFENBARUNG

[0004] Um das oben genannte Problem zu lösen, stellt ein erster Aspekt der vorliegenden Erfindung eine Halbleitervorrichtung mit einem Halbleitersubstrat bereit. Das Halbleitersubstrat kann einen aktiven Abschnitt enthalten. Das Halbleitersubstrat kann einen umlaufenden Wannenbereich eines zweiten Leitfähigkeitstyp enthalten. Der umlaufende Wannenbereich kann den aktiven Abschnitt in einer Draufsicht umgeben. Das Halbleitersubstrat kann einen Grabenabschnitt enthalten. Der Grabenabschnitt kann in dem aktiven Abschnitt auf einer oberen Oberfläche des Halbleitersubstrats vorgesehen sein. Der aktive Abschnitt kann einen Mittelabschnitt enthalten. Der Mittelabschnitt kann einen ersten Emitterbereich eines ersten Leitfähigkeitstyp enthalten. Der aktive Abschnitt kann einen umlaufenden Abschnitt enthalten. Der umlaufende Abschnitt kann den Mittelabschnitt umgeben. Der Mittelabschnitt kann einen aktivseitigen Bodenbereich des zweiten Leitfähigkeitstyp enthalten. Der aktivseitige Bodenbereich kann über den Böden von mindestens zwei Grabenabschnitten vorgesehen sein. Der umlaufende Abschnitt kann einen umlaufseitigen Bodenbereich des zweiten Leitfähigkeitstyps enthalten. Der umlaufseitige Bodenbereich kann elektrisch mit dem umlaufenden Wannenbereich verbunden sein. Der umlaufseitige Bodenbereich kann dem aktivseitigen Bodenbereich gegenüberliegen und am Boden

des Grabenabschnitts vorgesehen sein. Der aktivseitige Bodenbereich und der umlaufseitige Bodenbereich können getrennt voneinander vorgesehen sein.

[0005] Der aktivseitige Bodenbereich kann in dem umlaufenden Abschnitt vorgesehen sein.

[0006] Der aktivseitige Bodenbereich kann elektrisch schwebend sein.

[0007] Der Grabenabschnitt kann in einer Ansicht vom oberen Ende in einem Streifenmuster vorgesehen sein.

[0008] Der umlaufseitige Bodenbereich kann an der Unterseite des Grabenabschnitts enden. Der aktivseitige Bodenbereich kann am Boden des Grabenabschnitts enden.

[0009] Die Verunreinigungskonzentrationen des aktivseitigen Bodenbereichs und des umlaufseitigen Bodenbereichs können identisch sein. Eine Verunreinigungskonzentration des umlaufseitigen Bodenbereichs kann größer sein als eine Verunreinigungskonzentration des aktivseitigen Bodenbereichs. Eine Verunreinigungskonzentration des umlaufenden Wannenbereichs kann größer sein als die Verunreinigungskonzentration des umlaufseitigen Bodenbereichs.

[0010] Der aktivseitige Bodenbereich und der umlaufseitige Bodenbereich können in einer Tiefenrichtung des Halbleitersubstrats in der gleichen Tiefe vorgesehen sein. Der umlaufseitige Bodenbereich kann einer Tiefenrichtung des Halbleitersubstrats breiter als der aktivseitige Bodenbereich in vorgesehen sein.

[0011] Ein Abstand in einer Arrayrichtung des Grabenabschnitts des aktivseitigen Bodenbereichs und des umlaufseitigen Bodenbereichs kann eine Abstandsbreite des Grabenabschnitts oder mehr sein. Ein Abstand in einer Arrayrichtung des Grabenabschnitts des aktivseitigen Bodenbereichs und des umlaufseitigen Bodenbereichs kann einer Abstandsbreite des Grabenabschnitts oder mehr und dem Zwanzigfachen oder weniger der Abstandsbreite des Grabenabschnitts entsprechen. Der Abstand in der Arrayrichtung des aktivseitigen Bodenbereichs und des umlaufseitigen Bodenbereichs kann 2 μm oder mehr betragen. Der Abstand in der Arrayrichtung des aktivseitigen Bodenbereichs und des umlaufseitigen Bodenbereichs kann 40 μm oder weniger betragen.

[0012] Der Grabenabschnitt kann einen Gate-Grabenabschnitt umfassen. Der Grabenabschnitt kann einen Blindgrabenabschnitt enthalten. Der Gate-Grabenabschnitt kann zwischen dem aktivseitigen Bodenbereich und dem umlaufseitigen Bodenbereich

reich in einer Tiefenrichtung des Halbleitersubstrats vorgesehen sein.

[0013] Der umlaufseitige Bodenbereich kann in einem Bereich vorgesehen sein, der das Fünffache oder weniger einer Abstandsbreite des Grabenabschnitts vom umlaufenden Wannenbereich aus in der Arrayrichtung des Grabenabschnitts beträgt.

[0014] Der Abstand in der Arrayrichtung des aktivseitigen Bodenbereichs und des umlaufseitigen Bodenbereichs kann größer sein als eine Breite, in der der umlaufseitige Bodenbereich vorgesehen ist.

[0015] Der Grabenabschnitt kann einen umlaufseitig vertiefenden Grabenabschnitt enthalten, der zwischen dem aktivseitigen Bodenbereich und dem umlaufseitigen Bodenbereich in einer Arrayrichtung des Grabenabschnitts in dem umlaufenden Abschnitt vorgesehen ist und tiefer als der aktivseitige Bodenbereich und der umlaufseitige Bodenbereich ausgebildet ist. Der Grabenabschnitt kann einen aktivseitig vertiefenden Grabenabschnitt enthalten, der zumindest teilweise im Mittelabschnitt vorgesehen ist und tiefer als der aktivseitige Bodenbereich ausgebildet ist. Der Mittelabschnitt kann einen aktivseitigen bodenlosen Bereich des ersten Leitfähigkeitstyps enthalten, der in einer Draufsicht von dem aktivseitigen Bodenbereich eingeschlossen ist und in einer Tiefenrichtung des Halbleitersubstrats in derselben Tiefe wie der aktivseitige Bodenbereich vorgesehen ist.

[0016] Der zusammenfassende Abschnitt beschreibt nicht notwendigerweise alle notwendigen Merkmale der vorliegenden Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung. Die vorliegende Erfindung kann auch eine Unterkombination der oben beschriebenen Merkmale enthalten.

Figurenliste

Fig. 1 zeigt eine Draufsicht, die ein Beispiel für eine Halbleitervorrichtung 100 zeigt.

Fig. 2 zeigt eine vergrößerte Zeichnung eines Bereichs D in **Fig. 1**.

Fig. 3 zeigt eine Zeichnung, die ein Beispiel für den Querschnitt e-e in **Fig. 2** zeigt.

Fig. 4 zeigt eine Zeichnung, die ein Beispiel für den Querschnitt f-f in **Fig. 2** zeigt. **Fig. 5** zeigt eine Zeichnung, die ein Beispiel für den Querschnitt g-g in **Fig. 2** zeigt. **Fig. 6** zeigt eine Zeichnung, die ein weiteres Beispiel für den Querschnitt e-e in **Fig. 2** zeigt.

Fig. 7 zeigt eine Zeichnung, die ein Beispiel für eine Halbleitervorrichtung 200 gemäß einem Vergleichsbeispiel zeigt.

Fig. 8 zeigt eine Zeichnung, die ein Beispiel für eine Halbleitervorrichtung 300 gemäß einem Vergleichsbeispiel zeigt.

Fig. 9 zeigt eine Zeichnung, die eine Beziehung zwischen Vorwärtsstrom und Steigung einer Reverse-Recovery-Spannung eines FWD bei Raumtemperatur zeigt.

Fig. 10 zeigt eine Zeichnung, die eine Beziehung zwischen einem Maximalwert einer Reverse-Recovery-Spannung der FWD (bei niedrigem Strom und Raumtemperatur) und einem Einschaltverlust (bei Nennstrom und hoher Temperatur) zeigt.

Fig. 11 zeigt eine Zeichnung, die die IV-Charakteristik eines Kollektorstroms und einer Kollektorspannung zeigt, wenn eine Gatespannung der Halbleitervorrichtung 100 und der Halbleitervorrichtung 200 0 V (AUS) ist.

Fig. 12 zeigt eine Zeichnung, die die IV-Kennlinien eines Kollektorstroms und einer Kollektorspannung zeigt, wenn eine Gatespannung der Halbleitervorrichtung 100 und der Halbleitervorrichtung 300 15 V (ON) beträgt.

Fig. 13 zeigt eine Draufsicht, die ein Beispiel einer Halbleitervorrichtung 400 gemäß einer anderen Ausführungsform zeigt.

Fig. 14 zeigt eine Zeichnung, die ein Beispiel für einen Querschnitt h-h in **Fig. 13** zeigt.

Fig. 15 zeigt eine Zeichnung, die ein Beispiel für einen Querschnitt i-i in **Fig. 13** zeigt.

Fig. 16 zeigt eine Zeichnung, die ein Beispiel für einen Querschnitt j-j in **Fig. 13** zeigt.

Fig. 17 zeigt eine Draufsicht, die ein Beispiel für eine Halbleitervorrichtung 500 gemäß einer anderen Ausführungsform zeigt.

Fig. 18 zeigt eine Draufsicht, die ein Beispiel einer Halbleitervorrichtung 600 gemäß einer anderen Ausführungsform zeigt.

Fig. 19 zeigt eine Zeichnung, die ein Beispiel für einen Querschnitt k-k in **Fig. 18** zeigt.

Fig. 20 zeigt eine Draufsicht, die ein Beispiel für eine Halbleitervorrichtung 700 gemäß einer anderen Ausführungsform zeigt.

Fig. 21 zeigt eine Zeichnung, die ein Beispiel für einen Querschnitt l-l in **Fig. 20** zeigt.

Fig. 22 zeigt eine Draufsicht, die ein Beispiel für eine Halbleitervorrichtung 800 gemäß einer anderen Ausführungsform zeigt.

Fig. 23 zeigt eine Zeichnung, die ein Beispiel für einen Querschnitt m-m in **Fig. 22** zeigt.

Fig. 24 zeigt eine Draufsicht, die ein Beispiel für eine Halbleitervorrichtung 900 gemäß einer anderen Ausführungsform zeigt.

Fig. 25 zeigt eine Zeichnung, die ein Beispiel für einen Querschnitt n-n in **Fig. 24** zeigt.

Fig. 26 zeigt eine Zeichnung, die ein Beispiel für einen Querschnitt o-o in **Fig. 24** zeigt.

Fig. 27 zeigt eine Zeichnung, die ein Beispiel für einen Querschnitt p-p in **Fig. 24** zeigt.

Fig. 28 zeigt eine Zeichnung, die ein weiteres Beispiel für den Querschnitt n-n in **Fig. 24** zeigt.

BESCHREIBUNG DER BEISPIELHAFTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0017] Im Folgenden wird die vorliegende Erfindung anhand von Ausführungsformen beschrieben, wobei die nachstehenden Ausführungsformen die Erfindung gemäß dem Umfang der Ansprüche nicht begrenzen. Darüber hinaus müssen nicht alle Kombinationen der in den Ausführungsbeispielen beschriebenen Merkmale notwendigerweise erforderlich sein, um die Aufgabe der Erfindung zu lösen.

[0018] Wie in der vorliegenden Beschreibung verwendet, wird eine Seite in einer Richtung parallel zu einer Tiefenrichtung eines Halbleitersubstrats als „obere“ und die gegenüberliegende Seite als „untere“ Seite bezeichnet. Eine Oberfläche von zwei Hauptoberflächen eines Substrats, einer Schicht oder eines anderen Elements wird als „obere Oberfläche“ bezeichnet, die gegenüberliegende Oberfläche als „untere Oberfläche“. „Obere“ und „untere“ Richtungen sind nicht auf eine Richtung der Schwerkraft oder eine Richtung, in der eine Halbleitervorrichtung angebracht ist, begrenzt.

[0019] In der vorliegenden Beschreibung können die technischen Sachverhalte durch die Verwendung orthogonaler Koordinatenachsen (X-Achse, Y-Achse und Z-Achse) beschrieben werden. Die orthogonalen Koordinatenachsen geben lediglich eine relative Position eines Konstitutionselements an, ohne eine bestimmte Richtung zu begrenzen. Zum Beispiel begrenzt die Z-Achse nicht eine Höhenrichtung bezüglich des Bodens. Es ist zu beachten, dass die Richtung der +Z-Achse und die Richtung der -Z-Achse einander entgegengesetzt sind. Wenn die Richtung der Z-Achse einfach ohne die Bezeichnung +/- beschrieben wird, bedeutet dies eine Richtung parallel zur +Z-Achse und zur -Z-Achse.

[0020] In der vorliegenden Beschreibung werden orthogonale Achsen, die parallel zur oberen Oberfläche und zur unteren Oberfläche des Halbleitersubstrats verlaufen, als X-Achse und Y-Achse bezeichnet. Außerdem wird die Achse, die senkrecht zur oberen Oberfläche und zur unteren Oberfläche des Halbleitersubstrats verläuft, als Z-Achse bezeichnet.

Im Rahmen der vorliegenden Beschreibung kann die Richtung der Z-Achse als Tiefenrichtung bezeichnet werden. Darüber hinaus kann in der vorliegenden Beschreibung eine Richtung parallel zur oberen Oberfläche und zur unteren Oberfläche des Halbleitersubstrats, einschließlich der X-Achse und der Y-Achse, als eine horizontale Richtung bezeichnet werden.

[0021] Ferner kann der Bereich von der Mitte des Halbleitersubstrats in der Tiefenrichtung bis zur oberen Oberfläche des Halbleitersubstrats als eine obere Oberflächenseite bezeichnet werden. In ähnlicher Weise kann der Bereich von der Mitte des Halbleitersubstrats in Tiefenrichtung bis zur unteren Oberfläche des Halbleitersubstrats als untere Oberflächenseite bezeichnet werden.

[0022] Wenn in der vorliegenden Beschreibung von „gleich“ oder „identisch“ die Rede ist, kann dies auch den Fall einschließen, dass ein Fehler aufgrund von Fertigungsabweichungen und dergleichen vorliegt. Der Fehler liegt zum Beispiel innerhalb von 10%.

[0023] In der vorliegenden Beschreibung wird ein Leitfähigkeitstyp eines Dotierungsbereichs, in dem eine Dotierung mit einer Verunreinigung durchgeführt wurde, als P Typ oder N Typ beschrieben. In der vorliegenden Beschreibung kann die Verunreinigung insbesondere entweder einen Donor vom N Typ oder einen Akzeptor vom P Typ bedeuten und als Dotierstoff bezeichnet werden. In der vorliegenden Beschreibung bedeutet Dotierung das Einbringen des Donors oder des Akzeptors in das Halbleitersubstrat und dessen Umwandlung in einen Halbleiter mit einem Leitfähigkeitstyp vom N Typ oder einen Halbleiter mit einem Leitfähigkeitstyp vom P Typ.

[0024] In der vorliegenden Beschreibung bedeutet eine Dotierungskonzentration eine Konzentration des Donors oder eine Konzentration des Akzeptors in einem thermischen Gleichgewichtszustand. In der vorliegenden Beschreibung bedeutet Nettodotierungskonzentration eine Nettokonzentration, die sich aus der Addition der Donorkonzentration, die als positive Ionenkonzentration eingestellt ist, und der Akzeptorkonzentration ergibt, die als negative Ionenkonzentration eingestellt ist, wobei die Polaritäten der Ladungen berücksichtigt werden. Wenn beispielsweise die Donorkonzentration ND und die Akzeptorkonzentration NA ist, wird die Nettodotierungskonzentration an einer beliebigen Position als ND - NA angegeben. In der vorliegenden Beschreibung kann die Nettodotierungskonzentration einfach als Dotierungskonzentration bezeichnet werden.

[0025] Der Donor hat die Funktion, einem Halbleiter Elektronen zuzuführen. Der Akzeptor hat die Funk-

tion, Elektronen vom Halbleiter zu empfangen. Der Donor und der Akzeptor sind nicht auf die Verunreinigungen selbst begrenzt. Zum Beispiel fungiert ein VOH-Defekt, der eine Kombination aus einer Vakanz (V), Sauerstoff (O) und Wasserstoff (H) im Halbleiter ist, als Donor, der Elektronen liefert. In der vorliegenden Beschreibung kann der VOH-Defekt als Wasserstoffdonor bezeichnet werden.

[0026] Ein P+ Typ oder ein N+ Typ, der in der vorliegenden Beschreibung beschrieben wird, bedeutet eine höhere Dotierungskonzentration als die des P Typs oder des N Typs, und ein P- Typ oder ein N- Typ, der hier beschrieben wird, bedeutet eine niedrigere Dotierungskonzentration als die des P Typs oder des N Typs. Darüber hinaus bedeutet ein P++ Typ oder ein N++ Typ, der in der vorliegenden Beschreibung beschrieben wird, eine höhere Dotierungskonzentration als die des P+ Typs oder des N+ Typs. In der vorliegenden Beschreibung ist ein Einheitensystem das SI-Basiseinheitensystem, sofern nicht anders angegeben. Obwohl eine Längeneinheit in cm angegeben ist, kann sie vor der Durchführung von Berechnungen in Meter (m) umgerechnet werden.

[0027] Eine chemische Konzentration in der vorliegenden Beschreibung bezieht sich auf eine atomare Dichte einer Verunreinigung, die unabhängig von einem elektrischen Aktivierungszustand gemessen wird. Die chemische Konzentration (atomare Dichte) kann beispielsweise durch Sekundärionen-Massenspektrometrie (SIMS) gemessen werden. Die oben beschriebene Nettodotierungskonzentration kann mit der Kapazitäts-Spannungs-Spektroskopie (CV-Spektroskopie) gemessen werden. Darüber hinaus kann als Nettodotierungskonzentration eine nach der Ausbreitungswiderstandsanalyse (SRA-Verfahren) gemessene Ladungsträgerkonzentration festgelegt werden. Die mit dem CV-Spektroskopieverfahren oder dem SRA-Verfahren gemessene Ladungsträgerkonzentration kann ein Wert in einem thermischen Gleichgewichtszustand sein. Darüber hinaus ist in einem Bereich des N Typs die Donorkonzentration ausreichend höher als die Akzeptorkonzentration, so dass die Ladungsträgerkonzentration des Bereichs als Donorkonzentration festgelegt werden kann. In ähnlicher Weise kann in einem Bereich des P Typs die Ladungsträgerkonzentration des Bereichs als die Akzeptorkonzentration festgelegt werden. In der vorliegenden Beschreibung kann die Dotierungskonzentration des Bereichs vom N Typ als Donorkonzentration und die Dotierungskonzentration des Bereichs vom P Typ als Akzeptorkonzentration bezeichnet werden.

[0028] Wenn eine Konzentrationsverteilung des Donors, Akzeptors oder der Nettodotierung einen Peak in einem Bereich aufweist, kann außerdem ein Wert des Peaks als die Konzentration des

Donors, Akzeptors oder der Nettodotierung in dem Bereich festgelegt werden. Wenn die Konzentration des Donors, Akzeptors oder der Nettodotierung in einem Bereich annähernd gleichmäßig ist, kann ein durchschnittlicher Wert der Konzentration des Donors, Akzeptors oder der Nettodotierung in dem Bereich als die Konzentration des Donors, Akzeptors oder der Nettodotierung festgelegt werden. In der vorliegenden Beschreibung wird atoms/cm^3 oder $/\text{cm}^3$ verwendet, um eine Konzentration pro Volumeneinheit anzugeben. Diese Einheit wird zum einen für die Konzentration eines Donors oder Akzeptors in einem Halbleitersubstrat und zum anderen für eine chemische Konzentration verwendet. Eine Angabe von atoms kann weggelassen werden.

[0029] Die mit dem SRA-Verfahren gemessene Ladungsträgerkonzentration kann niedriger sein als die Konzentration des Donors oder des Akzeptors. In einem Bereich, in dem ein Strom fließt, wenn ein Spreizwiderstand gemessen wird, kann die Ladungsträgerbeweglichkeit des Halbleitersubstrats niedriger sein als ein Wert, der dem im kristallinen Zustand entspricht. Die Verringerung der Ladungsträgerbeweglichkeit tritt auf, wenn die Ladungsträger aufgrund von Unordnung (Störung) einer kristallinen Struktur infolge eines Gitterdefekts oder dergleichen gestreut werden.

[0030] Die aus der mit dem CV-Spektroskopieverfahren oder dem SRA-Verfahren gemessenen Ladungsträgerkonzentration berechnete Donorkonzentration oder Akzeptorkonzentration kann niedriger sein als die chemische Konzentration eines Elements, das den Donor oder Akzeptor darstellt. In einem Silizium-Halbleiter beträgt beispielsweise die Donorkonzentration von Phosphor oder Arsen, die als Donor dienen, oder die Akzeptorkonzentration von Bor (Bor), das als Akzeptor dient, im Wesentlichen 99 % der chemischen Konzentrationen dieser Elemente. Andererseits beträgt die Donorkonzentration von Wasserstoff, der als Donor dient, im Silizium-Halbleiter etwa 0,1 % bis 10 % der chemischen Konzentration von Wasserstoff. Jede Konzentration in der vorliegenden Beschreibung kann ein Wert bei Raumtemperatur sein. Als Beispiel kann ein Wert bei 300K (Kelvin) (im Wesentlichen 26,9 Grad C) für einen Wert bei Raumtemperatur verwendet werden.

[0031] Fig. 1 zeigt eine Draufsicht, die ein Beispiel der Halbleitervorrichtung 100 zeigt. Fig. 1 zeigt die Positionen, an denen jedes Element auf eine obere Oberfläche eines Halbleitersubstrats 10 projiziert wird. Fig. 1 zeigt nur einige Elemente der Halbleitervorrichtung 100 und lässt Abbildungen einiger Elemente weg.

[0032] Die Halbleitervorrichtung 100 umfasst das Halbleitersubstrat 10. Das Halbleitersubstrat 10 ist ein Substrat, das aus Halbleitermaterial ausgebildet

ist. Als Beispiel ist das Halbleitersubstrat 10 ein Siliziumsubstrat, aber ein Material des Halbleitersubstrats 10 ist nicht auf Silizium begrenzt.

[0033] Das Halbleitersubstrat 10 weist in der Draufsicht eine Stirnseite 162 auf. Wenn in der vorliegenden Beschreibung einfach von einer Draufsicht die Rede ist, bedeutet dies, dass das Halbleitersubstrat 10 von einer Seite der oberen Oberfläche aus betrachtet wird. Das Halbleitersubstrat 10 des vorliegenden Beispiels weist zwei Arten von Stirnseiten 162 auf, die in der Draufsicht einander gegenüberliegen. In **Fig. 1** sind die X-Achse und die Y-Achse parallel zu einer der Stirnseiten 162. Darüber hinaus steht die Z-Achse senkrecht zur oberen Oberfläche des Halbleitersubstrats 10.

[0034] Das Halbleitersubstrat 10 ist mit einem aktiven Abschnitt 160 versehen. Der aktive Abschnitt 160 ist ein Bereich, in dem der Hauptstrom in der Tiefenrichtung zwischen der oberen Oberfläche und der unteren Oberfläche des Halbleitersubstrats 10 fließt, wenn die Halbleitervorrichtung 100 arbeitet. Oberhalb des aktiven Abschnitts 160 ist eine Emittier-Elektrode vorgesehen, deren Veranschaulichung in **Fig. 1** jedoch weggelassen ist.

[0035] Im vorliegenden Beispiel ist der aktive Abschnitt 160 mit einem Transistorabschnitt 70 versehen, der ein Transistorelement, beispielsweise einen IGBT, enthält. In einem anderen Beispiel können der Transistorabschnitt 70 und der Diodenabschnitt, der das Diodenelement wie beispielsweise eine Freilaufdiode (FWD) enthält, abwechselnd entlang einer vorbestimmten Arrayrichtung auf der oberen Oberfläche des Halbleitersubstrats 10 angeordnet sein.

[0036] Der Transistorabschnitt 70 weist den Kollektorbereich des P+ Typs in einem Bereich auf, der in Kontakt mit der unteren Oberfläche des Halbleitersubstrats 10 steht. In dem Transistorabschnitt 70 ist eine Gate-Struktur mit einem N++ Typ Emitterbereich, einem P- Typ Basisbereich, einem leitfähigen Gateabschnitt und einer dielektrischen Gateschicht periodisch auf der oberen Oberfläche des Halbleitersubstrats 10 angeordnet.

[0037] Die Halbleitervorrichtung 100 kann eine oder mehrere Kontaktstellen oberhalb des Halbleitersubstrats 10 aufweisen. Die Halbleitervorrichtung 100 des vorliegenden Beispiels weist eine Gate-Kontaktstelle 164 auf. Die Halbleitervorrichtung 100 kann eine Kontaktstelle, beispielsweise eine Anodenkontaktstelle, eine Kathodenkontaktstelle und eine Stromdetektionskontaktstelle aufweisen. Jede Kontaktstelle ist in der Nähe der Stirnseite 162 angeordnet. Die Nähe der Stirnseite 162 bezieht sich auf einen Bereich zwischen der Stirnseite 162 und der Emittier-Elektrode in einer Draufsicht. Wenn die Halb-

leitervorrichtung 100 angebracht ist, kann jede Kontaktstelle über eine Verdrahtung, beispielsweise einen Draht, mit einer externen Schaltung verbunden sein.

[0038] An die Gate-Kontaktstelle 164 wird ein Gate-Potential angelegt. Die Gate-Kontaktstelle 164 ist elektrisch mit dem leitenden Abschnitt eines Gate-Grabenabschnitts des aktiven Abschnitts 160 verbunden. Die Halbleitervorrichtung 100 umfasst eine Gate-Verdrahtung (Gate-Runner) 130, die die Gate-Kontaktstelle 164 und den Gate-Grabenabschnitt miteinander verbindet. In **Fig. 1** ist die Gate-Verdrahtung 130 mit diagonalen Linien schraffiert.

[0039] Die Gate-Verdrahtung 130 ist zwischen dem aktiven Abschnitt 160 und der Stirnseite 162 des Halbleitersubstrats 10 in einer Draufsicht angeordnet. Die Gate-Verdrahtung 130 des vorliegenden Beispiels umgibt den aktiven Abschnitt 160 in einer Ansicht auf das obere Ende. Ein von der Gate-Verdrahtung 130 in der Draufsicht umgebener Bereich kann der aktive Abschnitt 160 sein. Die Gate-Verdrahtung 130 ist mit der Gate-Kontaktstelle 164 verbunden. Die Gate-Verdrahtung 130 ist oberhalb des Halbleitersubstrats 10 angeordnet. Bei der Gate-Verdrahtung 130 kann es sich um eine metallische Verdrahtung aus Aluminium oder dergleichen handeln.

[0040] Ein umlaufender Wannenbereich 11 ist vorgesehen, um mit der Gate-Verdrahtung 130 zu überlappen. Das heißt, ähnlich wie die Gate-Verdrahtung 130 umgibt der umlaufende Wannenbereich 11 den aktiven Abschnitt 160 in einer Ansicht vom oberen Ende. Der umlaufende Wannenbereich 11 ist auch so vorgesehen, dass er sich mit einer vorbestimmten Breite in einem Bereich erstreckt, der sich nicht mit der Gate-Verdrahtung 130 überlappt. Der umlaufende Wannenbereich 11 ist ein Bereich des zweiten Leitfähigkeitstyps. Der umlaufende Wannenbereich 11 des vorliegenden Beispiels ist vom P+ Typ (siehe **Fig. 2**). Die Verunreinigungskonzentration des umlaufenden Wannenbereichs 11 kann 5×10^{17} atoms/cm³ oder mehr und 5×10^{19} atoms/cm³ oder weniger betragen. Die Verunreinigungskonzentration des umlaufenden Wannenbereichs 11 kann 2×10^{18} atoms/cm³ oder mehr und 2×10^{19} atoms/cm³ oder weniger betragen.

[0041] Ferner kann die Halbleitervorrichtung 100 einen Temperaturerfassungsabschnitt (nicht gezeigt), der eine PN-Übergangsdioden aus Polysilizium oder dergleichen ist, und einen Stromerfassungsabschnitt (nicht gezeigt) enthalten, der einen Betrieb des Transistorabschnitts 70 simuliert, der auf dem aktiven Abschnitt 160 vorgesehen ist.

[0042] Die Halbleitervorrichtung 100 des vorliegenden Beispiels enthält einen Kantenabschlußstrukturabschnitt 90 zwischen dem aktiven Abschnitt 160

und der Stirnseite 162 in einer Draufsicht. Der Kantenabschlussstrukturabschnitt 90 des vorliegenden Beispiels ist zwischen der Gate-Verdrahtung 130 in Umfangsrichtung und der Stirnseite 162 angeordnet. Der Kantenabschlussstrukturabschnitt 90 verringert eine elektrische Feldstärke auf der oberen Oberfläche des Halbleitersubstrats 10. Der Kantenabschlussstrukturabschnitt 90 kann mit mindestens einem Schutzring, einer Feldplatte oder einem RESURF versehen sein, die ringförmig vorgesehen sind, um den aktiven Abschnitt 160 zu umgeben.

[0043] Fig. 2 ist eine vergrößerte Zeichnung eines Bereichs D in Fig. 1. Der Bereich D ist ein Bereich, der den Transistorabschnitt 70 enthält. Die Halbleitervorrichtung 100 des vorliegenden Beispiels umfasst einen Gate-Grabenabschnitt 40, einen Blindgrabenabschnitt 30, den umlaufenden Wannenbereich 11, einen Emitterbereich 12 und einen Kontaktbereich 15, der innerhalb der oberen Oberfläche des Halbleitersubstrats 10 vorgesehen ist. Der Gate-Grabenabschnitt 40 und der Blindgrabenabschnitt 30 sind jeweils ein Beispiel für einen Grabenabschnitt.

[0044] Die Halbleitervorrichtung 100 des vorliegenden Beispiels umfasst eine Emitter-Elektrode und die Gate-Verdrahtung 130, die oberhalb der oberen Oberfläche des Halbleitersubstrats 10 vorgesehen sind. Die Emitter-Elektrode und die Gate-Verdrahtung 130 sind so vorgesehen, dass sie voneinander getrennt sind. Eine dielektrische Zwischenlagenschicht ist zwischen der Emitter-Elektrode und der Gate-Verdrahtung 130 und der oberen Oberfläche des Halbleitersubstrats 10 vorgesehen. In Fig. 2 wurden Abbildungen der Emitter-Elektrode, der Gate-Verdrahtung 130 und der dielektrischen Zwischenlagenschicht weggelassen.

[0045] Die Emitter-Elektrode ist oberhalb des Gate-Grabenabschnitts 40, des Blindgrabenabschnitts 30, des umlaufenden Wannenbereichs 11, des Emitterbereichs 12 und des Kontaktbereichs 15 angeordnet. Die Emitter-Elektrode steht in Kontakt mit dem Emitterbereich 12 und dem Kontaktbereich 15 auf der oberen Oberfläche des Halbleitersubstrats 10 in einem Kontaktloch. Außerdem ist die Emitter-Elektrode mit einem leitfähigen Blindabschnitt im Blindgrabenabschnitt 30 durch das Kontaktloch verbunden, das in der dielektrischen Zwischenlagenschicht vorgesehen ist. Die Emitter-Elektrode kann mit dem leitfähigen Blindabschnitt des Blindgrabenabschnitts 30 an einem Randabschnitt 31 des Blindgrabenabschnitts 30 in der y-Achsenrichtung verbunden sein.

[0046] Die Gate-Verdrahtung 130 ist mit dem Gate-Grabenabschnitt 40 durch das in der dielektrischen Zwischenlagenschicht vorgesehene Kontaktloch verbunden. Die Gate-Verdrahtung 130 kann mit einem leitfähigen Gateabschnitt des Gate-Grabenabschnitts 40 an einem Randabschnitt 41 des

Gate-Grabenabschnitts 40 in der Y-Achsenrichtung verbunden sein. Die Gate-Verdrahtung 130 ist nicht mit dem leitfähigen Blindabschnitt im Blind-Grabenabschnitt 30 verbunden.

[0047] Die Emitter-Elektrode wird aus einem Material gebildet, das ein Metall enthält. Zum Beispiel ist zumindest ein Teil eines Bereichs der Emitter-Elektrode aus Aluminium oder einer Aluminium-Silizium-Legierung gebildet, beispielsweise aus einer Metalllegierung wie AlSi oder AlSiCu. Die Emitter-Elektrode kann ein Sperrmetall aus Titan, einer Titanlegierung oder ähnlichem unter einem aus Aluminium oder dergleichen gebildeten Bereich aufweisen. Ferner kann ein Steckkontakt, der durch Einbetten von Wolfram oder ähnlichem gebildet wird, so dass er in Kontakt mit dem Barrieremetall und Aluminium oder ähnlichem steht, in dem Kontaktloch enthalten sein.

[0048] Der Transistorabschnitt 70 hat mehrere Grabenabschnitte, die in der Arrayrichtung angeordnet sind. Im vorliegenden Beispiel ist der Grabenabschnitt in dem aktiven Abschnitt 160 und dem umlaufenden Wannenbereich 11 auf der oberen Oberfläche des Halbleitersubstrats 10 vorgesehen. Der Grabenabschnitt ist im Transistorabschnitt 70 in der Draufsicht in einem Streifenmuster angeordnet. In dem Transistorabschnitt 70 sind ein oder mehrere Gate-Grabenabschnitte 40 und ein oder mehrere Blindgrabenabschnitte 30 abwechselnd entlang der Arrayrichtung vorgesehen. Im vorliegenden Beispiel sind abwechselnd ein Gate-Grabenabschnitt 40 und zwei Blindgrabenabschnitte 30 vorgesehen.

[0049] Der Gate-Grabenabschnitt 40 des vorliegenden Beispiels kann zwei lineare Abschnitte 39 aufweisen, die sich entlang der Erstreckungsrichtung senkrecht zur Arrayrichtung erstrecken (Abschnitte eines Grabens, die entlang der Erstreckungsrichtung linear sind), und den Randabschnitt 41, der die beiden linearen Abschnitte 39 verbindet. Die Erstreckungsrichtung in Fig. 2 ist die y-Achsenrichtung.

[0050] Zumindest ein Teil des Randabschnitts 41 ist vorzugsweise in einer gekrümmten Form in einer Ansicht auf das obere Ende vorgesehen. Durch die Verbindung zwischen den Enden der beiden linearen Abschnitte 39 in der y-Achsenrichtung durch den Randabschnitt 41 ist es möglich, die elektrische Feldstärke an den Enden der linearen Abschnitte 39 zu reduzieren.

[0051] In dem Transistorabschnitt 70 sind die Blindgrabenabschnitte 30 zwischen den jeweiligen linearen Abschnitten 39 der Gate-Grabenabschnitte 40 vorgesehen. Zwischen den jeweiligen linearen Abschnitten 39 kann ein Blindgrabenabschnitt 30 oder mehrere Blindgrabenabschnitte 30 vorgesehen sein. Im vorliegenden Beispiel sind zwei Blindgrabenabschnitte 30 zwischen den jeweiligen linearen

Abschnitten 39 vorgesehen. Der Blindgrabenabschnitt 30 kann eine lineare Form haben, die sich in der Erstreckungsrichtung erstreckt, oder er kann ähnlich wie der Gate-Grabenabschnitt 40 lineare Abschnitte 29 und den Randabschnitt 31 aufweisen. Im vorliegenden Beispiel weist jeder Blindgrabenabschnitt 30 die linearen Abschnitte 29 und den Randabschnitt 31 auf.

[0052] Eine Diffusionstiefe des umlaufenden Wannenbereichs 11 kann tiefer sein als die Tiefen des Gate-Grabenabschnitts 40 und des Blindgrabenabschnitts 30. Die Enden des Gate-Grabenabschnitts 40 und des Blindgrabenabschnitts 30 in Y-Achsenrichtung sind in dem umlaufenden Wannenbereich 11 in einer Draufsicht vorgesehen. Das heißt, am Ende jedes Grabenabschnitts in Y-Achsenrichtung ist ein Boden jedes Grabenabschnitts in Tiefenrichtung mit dem umlaufenden Wannenbereich 11 bedeckt. Dies kann folglich die elektrische Feldstärke am Boden jedes Grabenabschnitts reduzieren. Die Halbleitervorrichtung 100 kann den Gate-Grabenabschnitt 40 oder den Blindgrabenabschnitt 30 umfassen, der vollständig in dem umlaufenden Wannenbereich 11 in einer Ansicht auf das obere Ende vorgesehen ist.

[0053] Zwischen den jeweiligen Grabenabschnitten in der Arrayrichtung ist ein Mesa-Abschnitt vorgesehen. Der Mesa-Abschnitt bezieht sich auf einen Bereich, der zwischen den Grabenabschnitten innerhalb des Halbleitersubstrats 10 liegt. Beispielsweise entspricht ein oberes Ende des Mesa-Abschnitts der oberen Oberfläche des Halbleitersubstrats 10. Die Tiefenlage des unteren Endbereichs des Mesa-Abschnitts ist die gleiche wie die Tiefenlage des unteren Endbereichs des Grabenabschnitts. Der Mesa-Abschnitt des vorliegenden Beispiels ist in der Erstreckungsrichtung (Y-Achsenrichtung) entlang des Grabens auf der oberen Oberfläche des Halbleitersubstrats 10 vorgesehen. Im vorliegenden Beispiel ist ein Mesa-Abschnitt 60 im Transistorabschnitt 70 vorgesehen.

[0054] Jeder Mesa-Abschnitt 60 kann mit mindestens einem Emitterbereich 12 des ersten Leitfähigkeitstyps oder einem Kontaktbereich 15 des zweiten Leitfähigkeitstyps versehen sein. Im vorliegenden Beispiel ist der Emitterbereich 12 vom N++ Typ, und der Kontaktbereich 15 ist vom P++ Typ. Der Emitterbereich 12 und der Kontaktbereich 15 können zwischen dem Basisbereich und der oberen Oberfläche des Halbleitersubstrats 10 in Tiefenrichtung vorgesehen sein.

[0055] Der Mesa-Abschnitt 60 des Transistorabschnitts 70 hat den Emitterbereich 12, der auf der oberen Oberfläche des Halbleitersubstrats 10 freiliegt. Der Emitterbereich 12 befindet sich in Kontakt mit dem Gate-Grabenabschnitt 40. Der Mesa-

Abschnitt 60, der in Kontakt mit dem Gate-Grabenabschnitt 40 steht, kann mit dem Kontaktbereich 15 versehen sein, der auf der oberen Oberfläche des Halbleitersubstrats 10 freiliegt. Im vorliegenden Beispiel ist der Kontaktbereich 15 derjenige Bereich im Mesa-Abschnitt 60, der auf der oberen Oberfläche des Halbleitersubstrats 10 freiliegt und am nächsten an der Gate-Verdrahtung 130 angeordnet ist.

[0056] Der Kontaktbereich 15 und der Emitterbereich 12 im Mesa-Abschnitt 60 sind jeweils von einem Grabenabschnitt zum anderen Grabenabschnitt in x-Achsenrichtung angeordnet. In einem Beispiel sind der Kontaktbereich 15 und der Emitterbereich 12 im Mesa-Abschnitt 60 abwechselnd entlang der Erstreckungsrichtung des Grabenabschnitts (der Y-Achsenrichtung) angeordnet.

[0057] In einem anderen Beispiel können der Kontaktbereich 15 und der Emitterbereich 12 in dem Mesa-Abschnitt 60 in einem Streifenmuster entlang der Erstreckungsrichtung des Grabenabschnitts (der Y-Achsenrichtung) vorgesehen sein. Zum Beispiel ist der Emitterbereich 12 in einem Bereich vorgesehen, der in Kontakt mit dem Grabenabschnitt steht, und der Kontaktbereich 15 ist in einem Bereich vorgesehen, der sandwichartig zwischen den Emitterbereichen 12 angeordnet ist.

[0058] In **Fig. 2** ist der Kantenabschlußstrukturabschnitt 90 mit einem Schutzring 92 versehen. Der Kantenabschlußstrukturabschnitt 90 kann mit mehreren Schutzringen 92 versehen sein. Die Verunreinigungskonzentration des Schutzrings 92 kann die gleiche sein wie die des umlaufenden Wannenbereichs 11.

[0059] Der aktive Abschnitt 160 hat einen Mittelabschnitt 170 und einen umlaufenden Abschnitt 180. Der Mittelabschnitt 170 weist den Emitterbereich 12 auf. Der umlaufende Abschnitt 180 umgibt den Mittelabschnitt 170. Im vorliegenden Beispiel umgibt der umlaufende Abschnitt 180 den Mittelabschnitt 170 in einer Ansicht vom oberen Ende. Die Grenze zwischen dem Mittelabschnitt 170 und dem umlaufenden Abschnitt 180 kann der Emitterbereich 12 sein, der dem umlaufenden Wannenbereich 11 in x-Achsenrichtung oder in y-Achsenrichtung am nächsten liegt.

[0060] Über jedem Mesa-Abschnitt 60 des Mittelabschnitts 170 ist ein Kontaktloch vorgesehen. Das Kontaktloch des vorliegenden Beispiels ist oberhalb jedes Bereichs des Kontaktbereichs 15 und des Emitterbereichs 12 vorgesehen. Das Kontaktloch kann in der Mitte des Mesa-Abschnitts 60 in der Arrayrichtung (der X-Achsenrichtung) angeordnet sein. Im vorliegenden Beispiel wird das Kontaktloch weggelassen.

[0061] In **Fig. 2** sind ein aktivseitiger Bodenbereich 182 und ein umlaufseitiger Bodenbereich 184 dargestellt, die im Halbleitersubstrat 10 vorgesehen sind. Der aktivseitige Bodenbereich 182 ist in dem Mittelabschnitt 170 vorgesehen. Der umlaufseitige Bodenbereich 184 befindet sich in dem umlaufenden Abschnitt 180. Wie in **Fig. 2** gezeigt, sind der aktivseitige Bodenbereich 182 und der umlaufseitige Bodenbereich 184 getrennt voneinander vorgesehen.

[0062] **Fig. 3** zeigt eine Zeichnung, die ein Beispiel für einen Querschnitt e-e in **Fig. 2** zeigt. Der Querschnitt e-e ist eine X-Z-Ebene, die durch den Emitterbereich 12 des Mittelabschnitts 170 verläuft. Die Abmessungen in **Fig. 3** stimmen nicht unbedingt mit den Abmessungen in **Fig. 2** überein. Die Halbleitervorrichtung 100 des vorliegenden Beispiels weist im Querschnitt das Halbleitersubstrat 10, eine dielektrische Zwischenlagenschicht 38, eine Emitter-Elektrode 52, eine Kollektorelektrode 24 und eine Gate-Verdrahtung 130 auf.

[0063] Die dielektrische Zwischenlagenschicht 38 ist auf einer oberen Oberfläche 21 des Halbleitersubstrats 10 vorgesehen. Die dielektrische Zwischenlagenschicht 38 ist eine Schicht, die mindestens eine Schicht aus einer dielektrischen Schicht wie beispielsweise Silikatglas, dem eine Verunreinigung wie Bor oder Phosphor zugesetzt ist, eine thermische Oxidschicht und andere dielektrische Schichten enthält. Die dielektrische Zwischenlagenschicht 38 ist mit dem in **Fig. 2** beschriebenen Kontaktloch 54 versehen. Ein Kontaktloch 54 ist teilweise oberhalb des umlaufenden Wannenbereichs 11 vorgesehen, wobei der umlaufende Wannenbereich 11 mit der Emitter-Elektrode verbunden ist.

[0064] Die Emitter-Elektrode 52 ist oberhalb der dielektrischen Zwischenlagenschicht 38 angeordnet. Die Emitter-Elektrode 52 steht in Kontakt mit einer oberen Oberfläche 21 des Halbleitersubstrats 10 durch das Kontaktloch 54 der dielektrischen Zwischenlagenschicht 38. Es ist zu beachten, dass die Emitter-Elektrode 52 oberhalb des umlaufenden Wannenbereichs 11 vorgesehen sein kann. Die Gate-Verdrahtung 130 kann oberhalb des umlaufenden Wannenbereichs 11 vorgesehen sein. Unter der Gate-Verdrahtung 130 kann ein Gate-Polysilizium 46 vorgesehen sein.

[0065] Die Kollektorelektrode 24 ist auf einer unteren Oberfläche 23 des Halbleitersubstrats 10 vorgesehen. Die Emitter-Elektrode 52 und die Kollektorelektrode 24 sind aus einem metallischen Material, beispielsweise Aluminium, hergestellt. In der vorliegenden Beschreibung wird die Richtung, in der die Emitter-Elektrode 52 mit der Kollektorelektrode 24 verbunden ist (die Z-Achsenrichtung), als Tiefenrichtung bezeichnet.

[0066] Jeder Mesa-Abschnitt 60 ist mit einem Basisbereich 14 vom zweiten Leitfähigkeitstyp versehen. Der Emitterbereich 12 und der Kontaktbereich 15 sind zwischen der oberen Oberfläche 21 des Halbleitersubstrats 10 und dem Basisbereich 14 angeordnet. Der Basisbereich 14 des vorliegenden Beispiels ist vom P- Typ.

[0067] Das Halbleitersubstrat 10 weist einen Driftbereich 18 vom ersten Leitfähigkeitstyp auf. Der Driftbereich 18 des vorliegenden Beispiels ist von einem N Typ oder einem N- Typ.

[0068] Der Mesa-Abschnitt 60 des Mittelabschnitts 170 ist mit dem Emitterbereich 12 des N++ Typs und dem Basisbereich 14 des P- Typs ausgehend von der Seite der oberen Oberfläche 21 des Halbleitersubstrats 10 in dieser Reihenfolge versehen. Der Driftbereich 18 ist unterhalb des Basisbereichs 14 angeordnet. Der Mesa-Abschnitt 60 kann mit einem Akkumulationsbereich 16 vom N+ Typ versehen sein. Der Akkumulationsbereich 16 ist zwischen dem Basisbereich 14 und dem Driftbereich 18 angeordnet.

[0069] Der Emitterbereich 12 liegt auf der oberen Oberfläche 21 des Halbleitersubstrats 10 frei und steht in Kontakt mit dem Gate-Grabenabschnitt 40. Der Emitterbereich 12 kann in Kontakt mit den Grabenabschnitten auf beiden Seiten des Mesa-Abschnitts 60 stehen. Der Emitterbereich 12 weist eine höhere Dotierungskonzentration auf als der Driftbereich 18.

[0070] Der Basisbereich 14 ist unterhalb des Emitterbereichs 12 vorgesehen. Im vorliegenden Beispiel steht der Basisbereich 14 in Kontakt mit dem Emitterbereich 12. Der Basisbereich 14 kann in Kontakt mit den Grabenabschnitten auf beiden Seiten des Mesa-Abschnitts 60 stehen. Ein Peak der Verunreinigungskonzentration des Basisbereichs 14 beträgt beispielsweise $2,5 \times 10^{17}$ Atome/cm³. Die Verunreinigungskonzentration des Basisbereichs 14 kann 5×10^{16} Atome/cm³ oder mehr und 1×10^{18} Atome/cm³ oder weniger betragen.

[0071] Der Akkumulationsbereich 16 ist unterhalb des Basisbereichs 14 vorgesehen. Der Akkumulationsbereich 16 ist ein Bereich vom N+ Typ mit einer höheren Dotierungskonzentration als der Driftbereich 18. Der Akkumulationsbereich 16 kann einen Peak der Donorkonzentration, beispielsweise eines Phosphor- oder Wasserstoffdonors, aufweisen. Durch die Bereitstellung des Akkumulationsbereichs 16 mit der hohen Konzentration zwischen dem Driftbereich 18 und dem Basisbereich 14 ist es möglich, einen Verstärkungseffekt der Ladungsträgerinjektion (IE-Effekt) zu verbessern und die Einschaltspannung zu verringern. Der Akkumulationsbereich 16 kann so vorgesehen werden, dass er eine untere Oberfläche

des Basisbereichs 14 in jedem Mesa-Abschnitt 60 vollständig bedeckt.

[0072] Der Mesa-Abschnitt 60 des umlaufenden Abschnitts 180 ist mit dem Kontaktbereich 15 vom P++ Typ und dem Basisbereich 14 vom P- Typ ausgehend von der Seite der oberen Oberfläche 21 des Halbleitersubstrats 10 in dieser Reihenfolge versehen. Der Driftbereich 18 ist unterhalb des Basisbereichs 14 vorgesehen. Der Akkumulationsbereich 16 kann in dem Mesa-Abschnitt 60 des umlaufenden Abschnitts 180 vorgesehen sein.

[0073] Ein N+ Typ Dämpferbereich 20 kann unter dem Driftbereich 18 vorgesehen sein. Die Dotierungskonzentration des Dämpferbereichs 20 ist höher als die Dotierungskonzentration des Driftbereichs 18. Der Dämpferbereich 20 kann einen Konzentrationspeak mit einer höheren Dotierungskonzentration als die des Driftbereichs 18 aufweisen. Die Dotierungskonzentration des Konzentrationspeaks bezieht sich auf die Dotierungskonzentration am lokalen Maximum des Konzentrationspeaks. Als Dotierungskonzentration des Driftbereichs 18 kann ein Durchschnittswert der Dotierungskonzentration in einem Bereich verwendet werden, in dem die Dotierungskonzentrationsverteilung annähernd flach ist.

[0074] Der Dämpferbereich 20 kann durch Ionenimplantation eines Dotierstoffs vom N Typ wie beispielsweise Wasserstoff (Proton) oder Phosphor und dergleichen gebildet werden. Im vorliegenden Beispiel wird der Dämpferbereich 20 durch Ionenimplantation von Wasserstoff gebildet. Der Dämpferbereich 20 kann als Feldstoppschicht dienen, um zu verhindern, dass eine Sperrschicht, die sich vom unteren Endbereich des Basisbereichs 14 aus erstreckt, einen Kollektorbereich 22 vom P+ Typ erreicht.

[0075] Der Kollektorbereich 22 vom P+ Typ ist unterhalb des Dämpferbereichs 20 angeordnet. Eine Akzeptorkonzentration des Kollektorbereichs 22 ist höher als eine Akzeptorkonzentration des Basisbereichs 14. Der Kollektorbereich 22 kann einen Akzeptor enthalten, der mit dem Akzeptor des Basisbereichs 14 identisch ist oder sich von ihm unterscheidet. Der Akzeptor des Kollektorbereichs 22 ist z. B. Bor. Das als Akzeptor dienende Element ist nicht auf das oben beschriebene Beispiel begrenzt.

[0076] Der Kollektorbereich 22 liegt auf der unteren Oberfläche 23 des Halbleitersubstrats 10 frei und ist mit der Kollektorelektrode 24 verbunden. Die Kollektorelektrode 24 kann mit der gesamten unteren Oberfläche 23 des Halbleitersubstrats 10 in Kontakt stehen. Die Emitter-Elektrode 52 und die

Kollektorelektrode 24 sind aus einem Metallmaterial, beispielsweise Aluminium, gebildet.

[0077] Ein oder mehrere Gate-Grabenabschnitte 40 und ein oder mehrere Blindgrabenabschnitte 30 sind auf der oberen Oberfläche 21 des Halbleitersubstrats 10 vorgesehen. Jeder Grabenabschnitt durchdringt den Basisbereich 14 von der oberen Oberfläche 21 des Halbleitersubstrats 10 und erreicht den Driftbereich 18. In dem Bereich, in dem zumindest einer der Emitterbereiche 12, der Kontaktbereich 15 oder der Akkumulationsbereich 16 vorgesehen ist, dringt jeder Grabenabschnitt auch in diese Dotierungsgebiete ein und erreicht den Driftbereich 18. Die Konfiguration des Grabenabschnitts, der den Dotierungsgebiet durchdringt, ist nicht auf diejenige begrenzt, die in der Reihenfolge der Bildung des Dotierungsgebiet und der anschließenden Bildung des Grabenabschnitts hergestellt wird. Die Konfiguration des Grabenabschnitts, der in den Dotierungsgebiet eindringt, umfasst auch eine Konfiguration des Dotierungsgebiet, der zwischen den Grabenabschnitten nach der Bildung des Grabenabschnitts gebildet wird.

[0078] Der Gate-Grabenabschnitt 40 hat einen Gate-Graben, eine dielektrische Gateschicht 42 und einen leitfähigen Gateabschnitt 44, der auf der oberen Oberfläche 21 des Halbleitersubstrats 10 vorgesehen ist. Die dielektrische Gateschicht 42 ist vorgesehen, um die Innenwand des Gategrabens zu bedecken. Die dielektrische Gateschicht 42 kann durch Oxidieren oder Nitrieren eines Halbleiters an der Innenwand des Gategrabens gebildet werden. Der leitfähige Gateabschnitt 44 befindet sich weiter innen als die dielektrische Gateschicht 42 innerhalb des Gategrabens. Das heißt, die dielektrische Gateschicht 42 isoliert den leitfähigen Gateabschnitt 44 vom Halbleitersubstrat 10. Der leitfähige Gateabschnitt 44 ist aus einem leitfähigen Material, beispielsweise Polysilizium, gebildet.

[0079] Der leitfähige Gateabschnitt 44 kann in der Tiefenrichtung länger als der Basisbereich 14 sein. Der Gate-Grabenabschnitt 40 ist im Querschnitt durch die dielektrische Zwischenlagenschicht 38 auf der oberen Oberfläche 21 des Halbleitersubstrats 10 bedeckt. Der leitfähige Gateabschnitt 44 ist elektrisch mit der Gate-Verdrahtung 130 verbunden. Wenn eine vorbestimmte Gate-Spannung an den leitfähigen Gateabschnitt 44 angelegt wird, wird ein Kanal durch eine Elektroneninversionsschicht in einer Oberflächenschicht des Basisbereichs 14 an einer Grenze gebildet, die in Kontakt mit dem Gate-Grabenabschnitt 40 steht.

[0080] Der Blindgrabenabschnitt 30 kann die gleiche Struktur wie der Gate-Grabenabschnitt 40 im Querschnitt aufweisen. Der Blindgrabenabschnitt 30 hat einen Blindgraben, eine dielektrische Blind-

schicht 32 und einen leitfähigen Blindabschnitt 34, der auf der oberen Oberfläche 21 des Halbleitersubstrats 10 vorgesehen ist. Der leitfähige Blindabschnitt 34 ist elektrisch mit der Emitter-Elektrode 52 verbunden. Die dielektrische Blindschicht 32 ist so ausgebildet, dass sie die Innenwand des Blind-Grabens bedeckt. Der leitfähige Blindabschnitt 34 befindet sich innerhalb des Blindgrabens und ist weiter innen angeordnet als die dielektrische Blindschicht 32. Die dielektrische Blindschicht 32 isoliert den leitfähigen Blindabschnitt 34 von dem Halbleitersubstrat 10. Der leitfähige Blindabschnitt 34 kann aus demselben Material hergestellt sein wie der leitfähige Gateabschnitt 44. Zum Beispiel wird der leitfähige Blindabschnitt 34 aus einem leitfähigen Material wie Polysilizium gebildet. Der leitfähige Blindabschnitt 34 kann die gleiche Länge wie der leitfähige Gateabschnitt 44 in der Tiefenrichtung haben.

[0081] Der Gate-Grabenabschnitt 40 und der Blindgrabenabschnitt 30 des vorliegenden Beispiels sind mit der dielektrischen Zwischenlagenschicht 38 auf der oberen Oberfläche 21 des Halbleitersubstrats 10 bedeckt. Es ist zu beachten, dass die Unterseiten des Blindgrabenabschnitts 30 und des Gate-Grabenabschnitts 40 in einer gekrümmten Oberflächenform (eine gekrümmte Form im Querschnitt) konvex nach unten ausgebildet sein können.

[0082] Die Halbleitervorrichtung 100 des vorliegenden Beispiels ist ein IGBT und wird als Schaltelement in Kombination mit einer Diode, beispielsweise einer FWD, betrieben. Gemäß seiner Verwendung ist es erforderlich, die Steigung der Reverse-Recovery-Spannung der FWD bei niedrigem Strom zu unterdrücken und das Rauschen zu reduzieren. Wenn in einer Halbleitervorrichtung 200 gemäß einem Vergleichsbeispiel ein externer, mit dem leitfähigen Gateabschnitt 44 verbundener Widerstand erhöht wird, um die Steigung der Reverse-Recovery-Spannung zu unterdrücken, verlangsamt sich die Geschwindigkeit des Einschaltens des IGBT bei Nennstrom und der Einschaltverlust steigt.

[0083] Unterdessen ist in der Halbleitervorrichtung 100 gemäß dem vorliegenden Beispiel ein Bodenbereich vom zweiten Leitfähigkeitstyp am Boden des Grabenabschnitts vorgesehen. Im vorliegenden Beispiel ist der Mittelabschnitt 170 mit dem aktivseitigen Bodenbereich 182 im unteren Teil des Grabenabschnitts versehen, der vom zweiten Leitfähigkeitstyp ist. Der aktivseitige Bodenbereich 182 des vorliegenden Beispiels ist vom P-Typ. Der aktivseitige Bodenbereich 182 konvertiert den Boden des Grabenabschnitts. Der aktivseitige Bodenbereich 182 ist über die Böden von mindestens zwei Grabenabschnitten vorgesehen. Der aktivseitige Bodenbereich 182 kann unterhalb des Basisbereichs 14 vorgesehen sein. Durch die Bereitstellung des aktivseitigen Bodenbereichs 182 des zweiten Leitfähigkeitstyps ist es ein-

facher, die Steigung der Reverse-Recovery-Spannung des FWD zu steuern. Dementsprechend kann der Einschaltverlust weiter reduziert werden. Durch die Bereitstellung des aktivseitigen Bodenbereichs 182 kann die Durchschlagspannung verbessert werden.

[0084] Der umlaufende Abschnitt 180 ist mit einem umlaufseitigen Bodenbereich 184 des zweiten Leitfähigkeitstyps im unteren Teil des Grabenabschnitts versehen, der leitfähig ist. Im vorliegenden Beispiel ist der umlaufseitige Bodenbereich 184 vom P-Typ. Der umlaufseitige Bodenbereich 184 bedeckt den Boden des Grabenabschnitts. Der umlaufseitige Bodenbereich 184 kann gegenüber dem aktivseitigen Bodenbereich 182 vorgesehen sein. Das heißt, der umlaufseitige Bodenbereich 184 kann in der gleichen Tiefe wie der aktivseitige Bodenbereich 182 in der Tiefenrichtung des Halbleitersubstrats 10 vorgesehen sein. Der umlaufseitige Bodenbereich 184 ist elektrisch mit dem umlaufenden Wannenbereich 11 verbunden. Im vorliegenden Beispiel ist der umlaufseitige Bodenbereich 184 direkt mit dem umlaufenden Wannenbereich 11 verbunden. Dementsprechend ist es möglich, die elektrische Feldstärke an der Grenze zwischen dem umlaufenden Wannenbereich 11 und dem umlaufseitigen Bodenbereich 184 zu reduzieren und den Avalanche Widerstand beim Abschalten zu verbessern.

[0085] Im vorliegenden Beispiel sind der aktivseitige Bodenbereich 182 und der umlaufseitige Bodenbereich 184 getrennt voneinander vorgesehen. Das heißt, in mindestens einem Teil des umlaufenden Abschnitts 180 ist der Bodenbereich nicht vorhanden. Dadurch, dass der aktivseitige Bodenbereich 182 und der umlaufseitige Bodenbereich 184 getrennt voneinander vorgesehen sind, kann verhindert werden, dass der aktivseitige Bodenbereich 182 und der umlaufende Wannenbereich 11 das gleiche Potential haben. Dementsprechend kann verhindert werden, dass die Halbleitervorrichtung 100 nicht mehr funktioniert. Der aktivseitige Bodenbereich 182 kann elektrisch schwebend sein. Der aktivseitige Bodenbereich 182 ist „elektrisch schwebend“, was bedeutet, dass er mit keiner Elektrode elektrisch verbunden ist. Der aktivseitige Bodenbereich 182 darf nicht teilweise in dem aktiven Abschnitt 160 vorgesehen sein. Das heißt, der aktivseitige Bodenbereich 182 darf nicht im gesamten aktiven Abschnitt 160 vorgesehen sein.

[0086] Der aktivseitige Bodenbereich 182 kann auch in dem umlaufenden Abschnitt 180 vorgesehen sein. Das heißt, der aktivseitige Bodenbereich 182 kann breiter als der Bereich vorgesehen sein, in dem der Emitterbereich 12 in der Arrayrichtung der Grabenabschnitte vorgesehen ist. Der aktivseitige Bodenbereich 182 kann zumindest teilweise in dem umlaufenden Abschnitt 180 vorgesehen sein. Im

Herstellungsprozess der Bereitstellung des aktivseitigen Bodenbereichs 182 ändert sich die Konzentration des Basisbereichs 14 und ein Schwellenwert der Halbleitervorrichtung 100 wird variiert. Dementsprechend kann durch die Bereitstellung des Emitterbereichs 12 nur an einer Stelle, an der sich die Konzentration des Basisbereichs 14 ändert, eine Schwellenwertänderung unterdrückt werden. Wenn der aktivseitige Bodenbereich 182 im gesamten umlaufenden Abschnitt 180 vorgesehen ist, wird der aktivseitige Bodenbereich 182 mit dem umlaufenden Wannenbereich 11 verbunden. Dementsprechend ist der aktivseitige Bodenbereich 182 vorzugsweise nicht zumindest teilweise auf dem umlaufenden Abschnitt 180 vorgesehen.

[0087] Der Bodenbereich kann am Boden des Grabenabschnitts enden. Das heißt, der untere Abschnitt endet nicht an dem Mesa-Abschnitt 60. Im vorliegenden Beispiel endet der aktivseitige Bodenbereich 182 am unteren Ende des Grabenabschnitts. Der umlaufseitige Bodenbereich 184 endet am Boden des Grabenabschnitts. Indem er am Boden des Grabenabschnitts endet, kann der Bodenbereich verhindern, dass die elektrische Feldverteilung steil ansteigt.

[0088] Die Verunreinigungskonzentrationen des aktivseitigen Bodenbereichs 182 und des umlaufseitigen Bodenbereichs 184 können gleich sein. Indem die Verunreinigungskonzentrationen des aktivseitigen Bodenbereichs 182 und des umlaufseitigen Bodenbereichs 184 übereinstimmen, kann der Herstellungsprozess identisch gestaltet werden. Die Verunreinigungskonzentration des umlaufseitigen Bodenbereichs 184 kann größer sein als die Verunreinigungskonzentration des aktivseitigen Bodenbereichs 182. Dadurch, dass die Verunreinigungskonzentration des umlaufseitigen Bodenbereichs 184 größer ist als die Verunreinigungskonzentration des aktivseitigen Bodenbereichs 182, erhöht sich der Effekt der Verringerung einer lokalen elektrischen Feldstärke. Die Verunreinigungskonzentration des umlaufenden Wannenbereichs 11 kann größer sein als die Verunreinigungskonzentration des umlaufseitigen Bodenbereichs 184. Dadurch, dass die Verunreinigungskonzentration des umlaufenden Wannenbereichs 11 größer ist als die Verunreinigungskonzentration des umlaufseitigen Bodenbereichs 184, kann verhindert werden, dass die Verteilung des elektrischen Feldes steil wird. Beispielsweise beträgt der Peak der Verunreinigungskonzentration in jedem Bodenbereich 4×10^{15} Atome/cm³. Der Peak der Verunreinigungskonzentration in jedem Bodenbereich kann 3×10^{14} Atome/cm³ oder mehr und 3×10^{16} Atome/cm³ oder weniger betragen. Als Beispiel kann eine Konzentration von Ionen, die in jeden Bodenbereich eingebracht wird, 1×10^{11} Ionen/cm² oder mehr und 1×10^{13} Ionen/cm² oder weniger betragen.

[0089] Ein Abstand L in der Arrayrichtung der Grabenabschnitte des aktivseitigen Bodenbereichs 182 und des umlaufseitigen Bodenbereichs 184 kann eine Abstandsbreite W1 des Grabenabschnitts oder mehr sein. Die Abstandsbreite W1 des Grabenabschnitts ist ein Abstand von der Mitte des leitenden Abschnitts des Grabenabschnitts zu der Mitte des leitenden Abschnitts eines benachbarten Grabenabschnitts. Indem der Abstand L in der Arrayrichtung des Grabenabschnitts des aktivseitigen Bodenbereichs und des umlaufseitigen Bodenbereichs 184 der Abstandsbreite W1 des Grabenabschnitts oder mehr entspricht, liegen der aktivseitige Bodenbereich 182 und der umlaufseitige Bodenbereich 184 dicht beieinander, und es kann verhindert werden, dass die Halbleitervorrichtung 100 nicht funktioniert. Der Abstand L in der Arrayrichtung des Grabenabschnitts des aktivseitigen Bodenbereichs 182 und des umlaufseitigen Bodenbereichs 184 kann vorzugsweise das Doppelte oder mehr der Abstandsbreite W1 des Grabenabschnitts betragen. Der Abstand L in der Arrayrichtung des Grabenabschnitts des aktivseitigen Bodenbereichs 182 und des umlaufseitigen Bodenbereichs 184 kann das Zwanzigfache oder weniger der Abstandsbreite W1 des Grabenabschnitts betragen. Auf diese Weise kann der Bereich, in dem der aktivseitige Bodenbereich 182 vorgesehen ist, vergrößert werden. Der Abstand L in der Arrayrichtung des Grabenabschnitts des aktivseitigen Bodenbereichs 182 und des umlaufseitigen Bodenbereichs 184 kann vorzugsweise das Sechsfache oder weniger der Abstandsbreite W1 des Grabenabschnitts betragen. Im vorliegenden Beispiel beträgt der Abstand L in der Arrayrichtung des Grabenabschnitts des aktivseitigen Bodenbereichs 182 und des umlaufseitigen Bodenbereichs 184 das Fünffache der Abstandsbreite W1 des Grabenabschnitts. Der Abstand L kann das Zehnfache oder mehr und das Fünzfache oder weniger der Abstandsbreite W1 des Grabenabschnitts betragen.

[0090] Der Abstand L in der Arrayrichtung des aktivseitigen Bodenbereichs 182 und des umlaufseitigen Bodenbereichs 184 kann 2 µm oder mehr betragen. Der Abstand L in der Arrayrichtung des aktivseitigen Bodenbereichs 182 und des umlaufseitigen Bodenbereichs 184 kann vorzugsweise 4 µm oder mehr betragen. Der Abstand L in der Arrayrichtung des aktivseitigen Bodenbereichs 182 und des umlaufseitigen Bodenbereichs 184 kann 40 µm oder weniger betragen. Der Abstand L in der Arrayrichtung des aktivseitigen Bodenbereichs 182 und des umlaufseitigen Bodenbereichs 184 kann vorzugsweise 12 µm oder weniger betragen. Als Beispiel beträgt der Abstand L in Arrayrichtung des aktivseitigen Bodenbereichs 182 und des umlaufseitigen Bodenbereichs 184 10 µm. Der Abstand L kann 30 µm oder mehr und 35 µm oder weniger betragen.

[0091] Der umlaufseitige Bodenbereich 184 kann in einem Bereich vorgesehen sein, der das Fünffache oder weniger der Abstandsbreite $W1$ des Grabenabschnitts vom umlaufenden Wannenbereich 11 in der Arrayrichtung des Grabenabschnitts beträgt. Im vorliegenden Beispiel ist der umlaufseitige Bodenbereich 184 in einem Bereich vorgesehen, der das Dreifache oder weniger der Abstandsbreite $W1$ des Grabenabschnitts ab dem umlaufenden Wannenbereich 11 in der Arrayrichtung des Grabenabschnitts beträgt. Auch in einer solchen Konfiguration ist es möglich, den aktivseitigen Bodenbereich 182 und den umlaufseitigen Bodenbereich 184 ausreichend zu trennen und einen Ausfall der Halbleitervorrichtung 100 zu verhindern. Der Abstand L in der Arrayrichtung des aktivseitigen Bodenbereichs 182 und des umlaufseitigen Bodenbereichs 184 kann größer sein als eine Breite $W2$, in der der umlaufseitige Bodenbereich 184 vorgesehen ist. Es ist zu beachten, dass die Breite $W2$, in der der umlaufseitige Bodenbereich 184 vorgesehen ist, beispielhaft $7\ \mu\text{m}$ beträgt.

[0092] Der Gate-Grabenabschnitt 40 ist vorzugsweise zwischen dem aktivseitigen Bodenbereich 182 und dem umlaufseitigen Bodenbereich 184 in der Tiefenrichtung des Halbleitersubstrats 10 vorgesehen. Im vorliegenden Beispiel ist ein Gate-Grabenabschnitt 40 zwischen dem aktivseitigen Bodenbereich 182 und dem umlaufseitigen Bodenbereich 184 in der Tiefenrichtung des Halbleitersubstrats 10 vorgesehen. Mit dem Gate-Grabenabschnitt 40 zwischen dem aktivseitigen Bodenbereich 182 und dem umlaufseitigen Bodenbereich 184 in der Tiefenrichtung des Halbleitersubstrats 10 kann ein Einfluss durch ein Massepotential unterdrückt werden.

[0093] In einem Fall, in dem sowohl der aktivseitige Bodenbereich 182 als auch der umlaufseitige Bodenbereich 184 an dem Gate-Grabenabschnitt 40 enden, kann, wenn ein Verhältnis des Gate-Grabenabschnitts 40 und des Blind-Grabenabschnitts 30 eins zu zwei ist, der Abstand L des aktivseitigen Bodenbereichs 182 und des umlaufseitigen Bodenbereichs 184 in der Arrayrichtung des Grabenabschnitts das Dreifache oder mehr der Abstandsbreite $W1$ des Grabenabschnitts betragen. In diesem Fall, wenn das Verhältnis des Gate-Grabenabschnitts 40 und des Blindgrabenabschnitts 30 eins zu X ist, kann der Abstand L eins + X mal oder mehr betragen. In einem Fall, in dem einer des aktivseitigen Bodenbereichs 182 und des umlaufseitigen Bodenbereichs 184 am Gate-Grabenabschnitt 40 endet, wenn der andere am Blindgrabenabschnitt 30 endet, kann der Abstand L des aktivseitigen Bodenbereichs 182 und des umlaufseitigen Bodenbereichs 184 in der Arrayrichtung des Grabenabschnitts der Abstandsbreite $W1$ des Grabenabschnitts oder mehr entsprechen. In einem Fall, in dem sowohl der aktivseitige Bodenbereich 182 als auch der umlaufseitige Bodenbe-

reich 184 an dem Blindgrabenabschnitt 30 enden, kann der Abstand L des aktivseitigen Bodenbereichs 182 und des umlaufseitigen Bodenbereichs 184 in der Arrayrichtung des Grabenabschnitts das Doppelte oder mehr der Abstandsbreite $W1$ des Grabenabschnitts betragen, wenn das Verhältnis des Gate-Grabenabschnitts 40 und des Blindgrabenabschnitts 30 eins zu zwei ist. In diesem Fall, wenn das Verhältnis des Gate-Grabenabschnitts 40 und des Blindgrabenabschnitts 30 eins zu X ist, kann der Abstand L das X -fache oder mehr betragen.

[0094] Der Akkumulationsbereich 16 ist vorzugsweise breiter vorgesehen als der aktivseitige Bodenbereich 182. Im vorliegenden Beispiel ist der Akkumulationsbereich 16 breiter als der aktivseitige Bodenbereich 182 in x-Achsenrichtung vorgesehen. Mit einer solchen Konfiguration ist es möglich, den Akkumulationsbereich 16 und den aktivseitigen Bodenbereich 182 einfach zu bilden. Der Akkumulationsbereich 16 überschneidet sich vorzugsweise nicht mit dem umlaufseitigen Bodenbereich 184 in Tiefenrichtung.

[0095] Fig. 4 ist eine Zeichnung, die ein Beispiel für einen Querschnitt f-f in Fig. 2 zeigt. Der Querschnitt f-f ist eine Y-Z-Ebene, die durch den Randabschnitt 41 des Gate-Grabenabschnitts 40 und den Randabschnitt 31 des Blindgrabenabschnitts 30 verläuft. Die Abmessungen in Fig. 4 stimmen nicht unbedingt mit den Abmessungen in Fig. 2 überein. Die Halbleitervorrichtung 100 des vorliegenden Beispiels weist im Querschnitt das Halbleitersubstrat 10, die dielektrische Zwischenlagenschicht 38, die Emitter-Elektrode 52, die Kollektorelektrode 24 und die Gate-Verdrahtung 130 auf.

[0096] Im Querschnitt ist der Gate-Grabenabschnitt 40 mit der Gate-Verdrahtung 130 verbunden. Im Querschnitt ist der Blindgrabenabschnitt 30 über ein Kontaktloch 56 mit der Emitter-Elektrode 52 verbunden. Unterhalb der Emitter-Elektrode 52 kann ein Blindpolysilizium 36 vorgesehen sein. Ähnlich wie in Fig. 3 kann der umlaufseitige Bodenbereich 184 in der gleichen Tiefenrichtung des Halbleitersubstrats 10 in Fig. 4 in derselben Tiefe wie der aktivseitige Bodenbereich 182 vorgesehen sein.

[0097] Fig. 5 zeigt eine Zeichnung, die ein Beispiel für einen Querschnitt g-g in Fig. 2 zeigt. Der Querschnitt g-g ist eine Y-Z-Ebene, die durch den linearen Abschnitt 29 des Blindgrabenabschnitts 30 verläuft. Die Abmessungen in Fig. 5 stimmen nicht unbedingt mit den Abmessungen in Fig. 2 überein. Die Halbleitervorrichtung 100 des vorliegenden Beispiels weist im Querschnitt das Halbleitersubstrat 10, die dielektrische Zwischenlagenschicht 38, die Emitter-Elektrode 52, die Kollektorelektrode 24 und die Gate-Verdrahtung 130 auf. In Fig. 5 ist die dielektrische Zwischenlagenschicht 38 zwischen der Emitter-

Elektrode 52 und dem Blindgrabenabschnitt 30 angeordnet. Ähnlich wie in **Fig. 3** kann der umlaufseitige Bodenbereich 184 in der gleichen Tiefe wie der aktivseitige Bodenbereich 182 in der Tiefenrichtung des Halbleitersubstrats 10 in **Fig. 5** vorgesehen sein.

[0098] **Fig. 6** zeigt eine Zeichnung, die ein weiteres Beispiel für den Querschnitt e-e in **Fig. 2** zeigt. **Fig. 6** unterscheidet sich von **Fig. 2** dadurch, dass der umlaufseitige Bodenbereich 184 breiter als der aktivseitige Bodenbereich 182 in Tiefenrichtung des Halbleitersubstrats 10 vorgesehen ist. Andere Konfigurationen von **Fig. 6** können die gleichen sein wie **Fig. 2**. Im vorliegenden Beispiel ist der umlaufseitige Bodenbereich 184 an der unteren Oberfläche 23 breiter als der aktivseitige Bodenbereich 182 und hat ungefähr die gleiche Tiefe wie der umlaufende Wannbereich 11. Indem der umlaufseitige Bodenbereich 184 breiter ist als der aktivseitige Bodenbereich 182, kann die elektrische Feldverteilung reguliert werden.

[0099] **Fig. 7** ist eine Zeichnung, die ein Beispiel der Halbleitervorrichtung 200 gemäß einem Vergleichsbeispiel zeigt. **Fig. 7** unterscheidet sich von **Fig. 3** dadurch, dass der aktivseitige Bodenbereich 182 und der umlaufseitige Bodenbereich 184 nicht vorhanden sind. Andere Konfigurationen von **Fig. 7** können die gleichen sein wie **Fig. 3**.

[0100] **Fig. 8** zeigt eine Zeichnung, die ein Beispiel für eine Halbleitervorrichtung 300 gemäß einem Vergleichsbeispiel zeigt. **Fig. 8** unterscheidet sich von **Fig. 3** dadurch, dass der aktivseitige Bodenbereich 182 und der umlaufseitige Bodenbereich 184 miteinander verbunden sind. Die anderen Konfigurationen in **Fig. 8** können die gleichen sein wie in **Fig. 3**. Im Fall des vorliegenden Beispiels kann die Grenze zwischen dem aktivseitigen Bodenbereich 182 und dem umlaufseitigen Bodenbereich 184 der Grenze zwischen dem Mittelabschnitt 170 und dem umlaufenden Abschnitt 180 entsprechen.

[0101] **Fig. 9** zeigt eine Zeichnung, die eine Beziehung zwischen Vorwärtsstrom und Steigung einer Reverse-Recovery -Spannung eines FWD bei Raumtemperatur zeigt. Sie ist als Verhältnis dargestellt, wenn der Nennstrom des Vorwärtsstroms eins ist. Die Halbleitervorrichtung 100 und die Halbleitervorrichtung 200 gemäß **Fig. 9** regeln einen externen Gate-Widerstand so, dass die Steigung der Reverse-Recovery-Spannung bei einem Vorwärtsstrom von 5 bis 10 % (bei niedrigem Strom) gleich ist (ungefähr 5 kV/ μ sec). Durch **Fig. 9** kann die Halbleitervorrichtung 100 den gleichen Grad an Steigung der Reverse-Recovery-Spannung der FWD beibehalten, auch wenn der Vorwärtsstrom im Vergleich zur Halbleitervorrichtung 200 variiert wird. Dementsprechend ist es möglich, die Einschaltgeschwindigkeit auf der IGBT-Seite bei einem Vorwärtsstrom von 100 %

(bei Nennstrom) genauso schnell aufrechtzuerhalten wie bei einem Vorwärtsstrom von 5 bis 10 % (bei niedrigem Strom), ohne dass der Einschaltverlust verringert wird.

[0102] **Fig. 10** zeigt eine Zeichnung, die eine Beziehung zwischen einem Maximalwert einer Steigung der Reverse-Recovery-Spannung des FWD (bei niedrigem Strom und Raumtemperatur) und einem Einschaltverlust (bei Nennstrom und hoher Temperatur) zeigt. **Fig. 10** erhält man, indem man den Maximalwert der Steigung der Reverse-Recovery-Spannung auf der FWD-Seite und den Einschaltverlust auf der IGBT-Seite eins zu eins aufträgt, indem man den externen Gate-Widerstand variiert. Wenn der Maximalwert der Steigung der Reverse-Recovery-Spannung der FWD 5 kV/ μ sec beträgt und die Halbleitervorrichtung 100 und die Halbleitervorrichtung 200 miteinander verglichen werden, kann der Einschaltverlust gemäß **Fig. 10** um etwa 50 % reduziert werden.

[0103] **Fig. 11** zeigt eine Zeichnung, die die IV-Kennlinien des Kollektorstroms und der Kollektorspannung zeigt, wenn die Gatespannung der Halbleitervorrichtung 100 und der Halbleitervorrichtung 200 0 V (AUS-Zustand) beträgt. Die Kollektorspannung ist in einem Verhältnis dargestellt, wenn die Halbleitervorrichtung 200 eins ist. Wie in **Fig. 11** gezeigt, kann die Halbleitervorrichtung 100 die Durchschlagspannung verbessern, da sie im Vergleich zur Halbleitervorrichtung 200 den Bodenbereich aufweist. **Fig. 12** ist eine Zeichnung, die die IV-Kennlinien des Kollektorstroms und der Kollektorspannung der Halbleitervorrichtung 100 und der Halbleitervorrichtung 300 zeigt, wenn die Gatespannung 15 V (AN-Zustand) beträgt. Wie in **Fig. 12** gezeigt, arbeitet die Halbleitervorrichtung 300 nicht, wenn der aktivseitige Bodenbereich 182 und der umlaufseitige Bodenbereich 184 verbunden sind.

[0104] **Fig. 13** zeigt eine Ansicht vom oberen Ende, die ein Beispiel für eine Halbleitervorrichtung 400 gemäß einer anderen Ausführungsform zeigt. Die Halbleitervorrichtung 400 gemäß **Fig. 13** unterscheidet sich von der Halbleitervorrichtung 100 gemäß **Fig. 2** durch die Anordnung eines Bodenbereichs 190. Die Halbleitervorrichtung 400 gemäß **Fig. 13** unterscheidet sich von der Halbleitervorrichtung 100 gemäß **Fig. 2** dadurch, dass ein umlaufseitig vertiefender Grabenabschnitt 140 vorgesehen ist. Andere Konfigurationen der Halbleitervorrichtung 400 gemäß **Fig. 13** können die gleichen sein wie die der Halbleitervorrichtung 100 gemäß **Fig. 2**.

[0105] **Fig. 13** zeigt den Bodenbereich 190, der im Halbleitersubstrat 10 vorgesehen ist. Der Bodenbereich 190 hat den aktivseitigen Bodenbereich 182 (in **Fig. 13** nicht dargestellt), den umlaufseitigen Bodenbereich 184 (in **Fig. 13** nicht dargestellt) und einen

umlaufseitigen Zwischenbodenbereich, der unten beschrieben wird.

[0106] Der Bodenbereich 190 kann teilweise nicht im aktiven Abschnitt 160 vorgesehen sein. Im vorliegenden Beispiel ist der Bodenbereich 190 nicht teilweise in dem umlaufenden Abschnitt 180 vorgesehen. Der Bereich, in dem der Bodenbereich 190 nicht vorgesehen ist, ist ein bodenloser Bereich 192. Der bodenlose Bereich 192 befindet sich in der gleichen Tiefe wie der Bodenbereich 190 in der Tiefenrichtung des Halbleitersubstrats 10. Der bodenlose Bereich 192 ist mit dem ersten Driftbereich 18 vom ersten Leitfähigkeitstyp versehen. Im vorliegenden Beispiel ist der bodenlose Bereich 192 so vorgesehen, dass er in Kontakt mit dem umlaufseitig vertiefenden Grabenabschnitt 140 steht, der dem Mittelabschnitt 170 in der Arrayrichtung des Grabenabschnitts (X-Achsenrichtung) am nächsten liegt. Durch die Anordnung des bodenlosen Bereichs 192 auf diese Weise kann verhindert werden, dass sich der im Mittelabschnitt 170 vorgesehene Bodenbereich 190 (aktivseitiger Bodenbereich 182) und der im umlaufenden Abschnitt 180 vorgesehene Bodenbereich 190 (umlaufseitiger Bodenbereich 184) in der Erstreckungsrichtung des Grabenabschnitts (Y-Achsenrichtung) verbinden. Es ist zu beachten, dass der bodenlose Bereich 192 teilweise mit dem umlaufseitig vertiefenden Grabenabschnitt 140 überlappt sein kann.

[0107] Der Transistorabschnitt 70 hat mehrere vertiefende Grabenabschnitte, die in einer Arrayrichtung angeordnet sind. Der Grabenabschnitt hat den vertiefenden Grabenabschnitt. Im vorliegenden Beispiel ist der vertiefende Grabenabschnitt im aktiven Abschnitt 160 auf der oberen Oberfläche des Halbleitersubstrats 10 vorgesehen. Der vertiefende Grabenabschnitt in **Fig. 13** ist im umlaufenden Abschnitt 180 vorgesehen. In **Fig. 13** ist der in dem umlaufenden Abschnitt 180 vorgesehene vertiefende Grabenabschnitt der umlaufseitig vertiefende Grabenabschnitt 140. Der umlaufseitig vertiefende Grabenabschnitt 140 kann in dem umlaufenden Wannenbereich 11 vorgesehen sein. Der umlaufseitig vertiefende Grabenabschnitt 140 darf nicht in dem Mittelabschnitt 170 vorgesehen sein. In **Fig. 13** ist der umlaufseitig vertiefende Grabenabschnitt 140 schraffiert dargestellt.

[0108] Der umlaufseitig vertiefende Grabenabschnitt 140 hat einen Graben, eine dielektrische Schicht und einen leitenden Abschnitt, der auf der oberen Oberfläche 21 des Halbleitersubstrats 10 vorgesehen ist. Der umlaufseitig vertiefende Grabenabschnitt 140 kann als Blindgrabenabschnitt dienen. Der leitende Abschnitt des umlaufseitig vertiefenden Grabenabschnitts 140 kann mit der Emitter-Elektrode 52 verbunden sein. Der umlaufseitig vertiefende Grabenabschnitt 140 kann als Gate-Grabenabschnitt

dienen. Der leitende Abschnitt des umlaufseitig vertiefenden Grabenabschnitts 140 kann mit der Gate-Verdrahtung 130 verbunden sein.

[0109] Der umlaufseitig vertiefende Grabenabschnitt 140 kann zwei lineare Abschnitte 49 aufweisen, die sich entlang der Erstreckungsrichtung rechtwinklig zur Arrayrichtung erstrecken (lineare Grabenabschnitte entlang der Erstreckungsrichtung). Der umlaufseitig vertiefende Grabenabschnitt 140 kann einen Randabschnitt 51 aufweisen, der mit den beiden linearen Abschnitten 49 verbunden ist. Vorzugsweise ist zumindest ein Teil des Randabschnitts 51 in einer Ansicht auf das obere Ende in einer gekrümmten Form vorgesehen. Durch die Verbindung zwischen den Enden der beiden linearen Abschnitte 49 in der y-Achsenrichtung durch den Randabschnitt 51 ist es möglich, die elektrische Feldstärke an den Enden der linearen Abschnitte 49 zu reduzieren.

[0110] **Fig. 14** zeigt eine Zeichnung, die ein Beispiel für einen Querschnitt h-h in **Fig. 13** zeigt. Der Querschnitt h-h ist eine X-Z-Ebene, die durch den Emitterbereich 12 des Mittelabschnitts 170 verläuft. Es ist zu beachten, dass die Abmessungen in **Fig. 14** nicht unbedingt mit den Abmessungen in **Fig. 13** übereinstimmen. Im Querschnitt weist die Halbleitervorrichtung 400 des vorliegenden Beispiels das Halbleitersubstrat 10, die dielektrische Zwischenlagenschicht 38, die Emitter-Elektrode 52, die Kollektorelektrode 24 und die Gate-Verdrahtung 130 auf.

[0111] Der umlaufseitig vertiefende Grabenabschnitt 140 ist tiefer als der Bodenbereich 190 ausgebildet. Der umlaufseitig vertiefende Grabenabschnitt 140 kann tiefer als der Gate-Grabenabschnitt 40 ausgebildet sein. Der umlaufseitig vertiefende Grabenabschnitt 140 kann tiefer als der Blindgrabenabschnitt 30 ausgebildet sein. Der umlaufseitig vertiefende Grabenabschnitt 140 kann tiefer als der umlaufende Wannenbereich 11 ausgebildet sein.

[0112] Da im vorliegenden Beispiel der umlaufseitig vertiefende Grabenabschnitt 140 tiefer als der Bodenbereich 190 ausgebildet ist, kann der Bodenbereich 190 geteilt werden. In **Fig. 14** ist der Bodenbereich 190, der näher am Mittelabschnitt 170 als die umlaufseitig vertiefenden Grabenabschnitte 140 in der Arrayrichtung der Grabenabschnitte vorgesehen ist, der aktivseitige Bodenbereich 182. In **Fig. 14** ist der Bodenbereich 190, der zwischen den jeweiligen umlaufseitig vertiefenden Grabenabschnitten 140 in der Arrayrichtung der Grabenabschnitte vorgesehen ist, ein umlaufseitiger Zwischenbodenbereich 186. In **Fig. 14** ist der Bodenbereich 190, der zwischen den umlaufseitig vertiefenden Grabenabschnitten 140 und dem umlaufenden Wannenbereich 11 in der Arrayrichtung der Grabenabschnitte vorgesehen ist, der umlaufseitige Bodenbereich 184. Der umlaufsei-

tig vertiefende Grabenabschnitt 140 ist zwischen dem aktivseitigen Bodenbereich 182 und dem umlaufseitigen Bodenbereich 184 in der Arrayrichtung der Grabenabschnitte im umlaufenden Abschnitt 180 vorgesehen. Der umlaufseitig vertiefende Grabenabschnitt 140 ist tiefer als der aktivseitige Bodenbereich 182 ausgebildet. Der umlaufseitig vertiefende Grabenabschnitt 140 ist tiefer als der umlaufseitige Bodenbereich 184 ausgebildet. Im vorliegenden Beispiel kann der aktivseitige Bodenbereich 182 von dem umlaufseitigen Bodenbereich 184 und dem umlaufseitigen Zwischenbodenbereich 186 getrennt werden, und der aktivseitige Bodenbereich 182 kann elektrisch schwebend bereitgestellt werden. Dementsprechend kann die Steigung der Reverse-Recovery-Spannung verbessert werden. Durch die Bereitstellung des umlaufseitigen Bodenbereichs 184 und des umlaufseitigen Zwischenbodenbereichs 186 kann eine unausgeglichene Durchschlagspannung der Halbleitervorrichtung 400 beseitigt werden.

[0113] Die Verunreinigungskonzentrationen des aktivseitigen Bodenbereichs 182, des umlaufseitigen Bodenbereichs 184 und des umlaufseitigen Zwischenbodenbereichs 186 können gleich sein. Indem die Verunreinigungskonzentrationen des aktivseitigen Bodenbereichs 182, des umlaufseitigen Bodenbereichs 184 und des umlaufseitigen Zwischenbodenbereichs 186 übereinstimmen, kann der Herstellungsprozess vereinheitlicht werden. Die Verunreinigungskonzentrationen des aktivseitigen Bodenbereichs 182, des umlaufseitigen Bodenbereichs 184 und des umlaufseitigen Zwischenbodenbereichs 186 können jeweils unterschiedlich sein. Die Verunreinigungskonzentrationen des aktivseitigen Bodenbereichs 182 und des umlaufseitigen Bodenbereichs 184 können gleich sein, und nur die Verunreinigungskonzentrationen des umlaufseitigen Zwischenbodenbereichs 186 können sich von den anderen unterscheiden.

[0114] Eine Breite W3, in der der umlaufseitig vertiefende Grabenabschnitt 140 in der Arrayrichtung der Grabenabschnitte vorgesehen ist, kann 5 μm oder mehr betragen. Die Breite W3, in der der umlaufseitig vertiefende Grabenabschnitt 140 in der Arrayrichtung der Grabenabschnitte vorgesehen ist, kann der Abstandsbreite W1 der anderen Grabenabschnitte entsprechen oder größer sein als der umlaufseitig vertiefende Grabenabschnitt 140. Die Abstandsbreite W1 der Grabenabschnitte mit Ausnahme des umlaufseitig vertiefenden Grabenabschnitts 140 kann dieselbe sein wie die Abstandsbreite W1 des Grabenabschnitts von **Fig. 3**. Die Breite W3, mit der der umlaufseitig vertiefende Grabenabschnitt 140 in der Arrayrichtung der Grabenabschnitte vorgesehen ist, kann dem Doppelten der Abstandsbreite W1 der anderen Grabenabschnitte entsprechen oder größer

sein als der umlaufseitig vertiefenden Grabenabschnitt 140.

[0115] Eine Abstandsbreite W4 des umlaufseitig vertiefenden Grabenabschnitts 140 kann identisch mit der Abstandsbreite W1 der Grabenabschnitte sein, die nicht zu dem umlaufseitig vertiefenden Grabenabschnitts 140 zählen. Die Abstandsbreite W4 des umlaufseitig vertiefenden Grabenabschnitts 140 ist ein Abstand von einer Mitte des umlaufenden Abschnitts des umlaufseitig vertiefenden Grabenabschnitts 140 zu einer Mitte des leitenden Abschnitts eines benachbarten umlaufseitig vertiefenden Grabenabschnitts 140. Die Abstandsbreite W4 des umlaufseitig vertiefenden Grabenabschnitts 140 kann der Abstandsbreite W1 der anderen Grabenabschnitte entsprechen oder kleiner sein als die des umlaufseitig vertiefenden Grabenabschnitts 140. Indem die Abstandsbreite W4 des umlaufseitig vertiefenden Grabenabschnitts 140 der Abstandsbreite W1 der anderen Grabenabschnitte entspricht oder geringer ist als die des umlaufseitig vertiefenden Grabenabschnitts 140, kann die Durchschlagspannung verbessert werden.

[0116] Im vorliegenden Beispiel ist der umlaufseitig vertiefende Grabenabschnitt 140 tiefer als der umlaufende Wannenbereich 11 ausgebildet. Das heißt, eine Tiefe D1 des umlaufseitig vertiefenden Grabenabschnitts 140 kann einer Tiefe D2 der anderen Grabenabschnitte entsprechen oder größer sein als der umlaufseitig, vertiefende Grabenabschnitt 140. Es ist zu beachten, dass die Durchschlagspannung abnimmt, wenn die Tiefe des umlaufseitig vertiefenden Grabenabschnitts 140 zu tief ist. Dementsprechend ist die Tiefe D1 des umlaufseitig vertiefenden Grabenabschnitts 140 vorzugsweise doppelt so groß wie die Tiefe D2 der anderen Grabenabschnitte oder kleiner als die Tiefe des umlaufseitig vertiefenden Grabenabschnitts 140.

[0117] Es ist zu beachten, dass der umlaufseitige Zwischenbodenbereich 186 nicht vorgesehen sein kann. Das heißt, der bodenlose Bereich 192 kann zwischen den jeweiligen umlaufseitig vertiefenden Grabenabschnitten 140 in der Arrayrichtung der Grabenabschnitte vorgesehen sein. Indem der umlaufseitige Zwischenbodenbereich 186 nicht vorgesehen ist, können der aktivseitige Bodenbereich 182 und der umlaufseitige Bodenbereich 184 leicht getrennt werden.

[0118] **Fig. 15** zeigt eine Zeichnung, die ein Beispiel für einen Querschnitt i-i in **Fig. 13** zeigt. Der Querschnitt i-i ist eine Y-Z-Ebene, die durch den Randabschnitt 41 des Gate-Grabenabschnitts 40 und den Randabschnitt 31 des Blindgrabenabschnitts 30 verläuft. Die Abmessungen in **Fig. 15** stimmen nicht unbedingt mit den Abmessungen in **Fig. 13** überein. Im Querschnitt weist die Halbleitervorrichtung 400

des vorliegenden Beispiels das Halbleitersubstrat 10, die dielektrische Zwischenlagenschicht 38, die Emitter-Elektrode 52, die Kollektorelektrode 24 und die Gate-Verdrahtung 130 auf. **Fig. 15** entspricht **Fig. 4** mit der Ausnahme, dass der bodenlose Bereich 192 mit einer gepunkteten Linie dargestellt ist.

[0119] **Fig. 16** zeigt eine Zeichnung, die ein Beispiel für einen Querschnitt j-j in **Fig. 13** zeigt. Der Querschnitt j-j ist eine Y-Z-Ebene, die durch den linearen Abschnitt 29 des Blindgrabenabschnitts 30 verläuft. Es ist zu beachten, dass die Abmessungen in **Fig. 16** nicht unbedingt mit den Abmessungen in **Fig. 13** übereinstimmen. Im Querschnitt weist die Halbleitervorrichtung 400 im vorliegenden Beispiel das Halbleitersubstrat 10, die dielektrische Zwischenlagenschicht 38, die Emitter-Elektrode 52, die Kollektorelektrode 24 und die Gate-Verdrahtung 130 auf. **Fig. 16** ist identisch mit **Fig. 5**, mit der Ausnahme, dass der bodenlose Bereich 192 mit einer gepunkteten Linie dargestellt ist.

[0120] **Fig. 17** zeigt eine Ansicht vom oberen Ende, die ein Beispiel für eine Halbleitervorrichtung 500 gemäß einer anderen Ausführungsform zeigt. Die Halbleitervorrichtung 500 gemäß **Fig. 17** hat eine andere Struktur des Grabenabschnitts als die Halbleitervorrichtung 400 von **Fig. 13**. Andere Konfigurationen der Halbleitervorrichtung 500 von **Fig. 17** können die gleichen sein wie die der Halbleitervorrichtung 400 gemäß **Fig. 13**.

[0121] Im vorliegenden Beispiel weist jeder Grabenabschnitt keinen Randabschnitt auf. Das heißt, der Gate-Grabenabschnitt 40 kann keinen Randabschnitt 41 aufweisen. Der Gate-Grabenabschnitt 40 kann nur den linearen Abschnitt 39 aufweisen. Der Blindgrabenabschnitt 30 kann ohne Randabschnitt 31 ausgebildet sein. Der Blindgrabenabschnitt 30 kann nur den linearen Abschnitt 29 aufweisen. Der umlaufseitig vertiefende Grabenabschnitt 140 kann ohne Randabschnitt 51 ausgebildet sein. Der umlaufseitig vertiefende Grabenabschnitt 140 kann nur den linearen Abschnitt 49 aufweisen. Da jeder Grabenabschnitt keinen Randabschnitt aufweist, kann der Freiheitsgrad bei der Anordnung der Grabenabschnitte erhöht werden.

[0122] **Fig. 18** zeigt eine Ansicht vom oberen Ende, die ein Beispiel für eine Halbleitervorrichtung 600 gemäß einer anderen Ausführungsform zeigt. Die Halbleitervorrichtung 600 gemäß **Fig. 18** unterscheidet sich von der Halbleitervorrichtung 500 gemäß **Fig. 17** dadurch, dass ein aktivseitig vertiefender Grabenabschnitt 150 vorgesehen ist. Andere Konfigurationen der Halbleitervorrichtung 600 gemäß **Fig. 18** können die gleichen sein wie die der Halbleitervorrichtung 500 gemäß **Fig. 17**.

[0123] Im vorliegenden Beispiel ist der aktivseitig vertiefende Grabenabschnitt 150 ein Vertiefungsgrabenabschnitt, der zumindest teilweise im Mittelabschnitt 170 vorgesehen ist. Der aktivseitig vertiefende Grabenabschnitt 150 kann im umlaufenden Wannenbereich 11 vorgesehen sein. Der aktivseitig vertiefende Grabenabschnitt 150 kann in dem umlaufenden Abschnitt 180 vorgesehen sein. In **Fig. 18** ist der aktivseitig vertiefende Grabenabschnitt 150 ähnlich wie der umlaufseitig vertiefende Grabenabschnitt 140 schraffiert dargestellt.

[0124] Der aktivseitig vertiefende Grabenabschnitt 150 hat einen Grabenabschnitt, eine dielektrische Schicht und einen leitenden Abschnitt, der auf der oberen Oberfläche 21 des Halbleitersubstrats 10 vorgesehen ist. Der aktivseitig vertiefende Grabenabschnitt 150 kann als Blindgrabenabschnitt dienen. Der leitende Abschnitt des aktivseitig vertiefenden Grabenabschnitts 150 kann mit der Emitter-Elektrode 52 verbunden sein. In **Fig. 18** ist der aktivseitig vertiefende Grabenabschnitt 150, der als Blindgrabenabschnitt dient, der aktivseitig vertiefende Grabenabschnitt 150-2. Der aktivseitig vertiefende Grabenabschnitt 150 kann als Gate-Grabenabschnitt dienen. Der leitende Abschnitt des aktivseitig vertiefenden Grabenabschnitts 150 kann mit der Gate-Verdrahtung 130 verbunden sein. In **Fig. 18** ist der aktivseitig vertiefende Grabenabschnitt 150, der als Gate-Grabenabschnitt dient, der aktivseitig vertiefende Grabenabschnitt 150-1. Der aktivseitig vertiefende Grabenabschnitt 150-1 kann in der Erstreckungsrichtung der Grabenabschnitte länger sein als der aktivseitig vertiefende Grabenabschnitt 150-2.

[0125] **Fig. 19** zeigt eine Zeichnung, die ein Beispiel für einen Querschnitt k-k in **Fig. 18** zeigt. Der Querschnitt k-k ist eine X-Z-Ebene, die durch den Emitterbereich 12 des Mittelabschnitts 170 verläuft. Es ist zu beachten, dass die Abmessungen in **Fig. 19** nicht unbedingt mit den Abmessungen in **Fig. 18** übereinstimmen. Im Querschnitt weist die Halbleitervorrichtung 600 des vorliegenden Beispiels das Halbleitersubstrat 10, die dielektrische Zwischenlagenschicht 38, die Emitter-Elektrode 52, die Kollektorelektrode 24 und die Gate-Verdrahtung 130 auf. In **Fig. 19** ist die Veranschaulichung eines Teils der Halbleitervorrichtung 600 weggelassen. Die Beschreibung gemeinsamer Bezugszeichen aus **Fig. 14** wird in **Fig. 19** weggelassen.

[0126] Der aktivseitig vertiefende Grabenabschnitt 150 ist tiefer als der Bodenbereich 190 ausgebildet. In **Fig. 19** ist der aktivseitig vertiefende Grabenabschnitt 150 tiefer als der aktivseitige Bodenbereich 182 ausgebildet. Der aktivseitig vertiefende Grabenabschnitt 150 kann tiefer als der Gate-Grabenabschnitt 40 ausgebildet sein. Der aktivseitig vertiefende Grabenabschnitt 150 kann tiefer als der Blindgrabenabschnitt 30 ausgebildet sein. Der aktiv-

seitig vertiefende Grabenabschnitt 150 kann tiefer als der umlaufende Wannenbereich 11 ausgebildet sein. Der aktivseitig vertiefende Grabenabschnitt 150 kann in der gleichen Tiefe wie der umlaufseitig vertiefende Grabenabschnitt 140 ausgebildet sein.

[0127] Da aktivseitig vertiefende Grabenabschnitt 150 tiefer als der Bodenbereich 190 ausgebildet ist, kann im vorliegenden Beispiel der Bodenbereich 190 geteilt werden. In **Fig. 19** ist der Bodenbereich 190, der zwischen den jeweiligen aktivseitig vertiefenden Grabenabschnitten 150 in der Arrayrichtung der Grabenabschnitte vorgesehen ist, ein aktivseitiger Zwischenbodenbereich 188. Durch die Bereitstellung des aktivseitig vertiefenden Grabenabschnitts 150 im Mittelabschnitt 170 kann der aktivseitige Zwischenbodenbereich 188 im Mittelabschnitt 170 bereitgestellt werden. Daher kann ein Durchtrittsbe-
reich für Elektronen bereitgestellt werden. Dement-
sprechend können die Eigenschaften der Halbleiter-
vorrichtung 600 verbessert werden.

[0128] **Fig. 20** zeigt eine Draufsicht, die ein Beispiel einer Halbleitervorrichtung 700 gemäß einer anderen Ausführungsform zeigt. Die Halbleitervorrichtung 700 gemäß **Fig. 20** unterscheidet sich von der Halbleitervorrichtung 600 gemäß **Fig. 18** dadurch, dass der aktivseitig vertiefende Grabenabschnitt 150 diskret vorgesehen ist. Andere Konfigurationen der Halbleitervorrichtung 700 gemäß **Fig. 20** können die gleichen sein wie die Halbleitervorrichtung 600 gemäß **Fig. 18**.

[0129] Im vorliegenden Beispiel ist der aktivseitig vertiefende Grabenabschnitt diskret im Mittelabschnitt 170 vorgesehen. Das heißt, dass ein Teil des aktivseitig vertiefenden Grabenabschnitts 150 nicht in der Erstreckungsrichtung vorgesehen sein muss. Durch das diskrete Bereitstellen des aktivseitig vertiefenden Grabenabschnitts 150 können der aktivseitige Bodenbereich 182 und der aktivseitige Zwischenbodenbereich 188 fein ausgebildet werden. Es ist zu beachten, dass in einem Bereich, in dem der aktivseitig vertiefende Grabenabschnitt 150 nicht vorgesehen ist, ein Grabenabschnitt mit derselben Tiefe wie der Gate-Grabenabschnitt 40 oder der Blindgrabenabschnitt 30 vorgesehen werden kann.

[0130] **Fig. 21** zeigt eine Zeichnung, die ein Beispiel für einen Querschnitt 1-1 in **Fig. 20** zeigt. Der Querschnitt 1-1 ist eine X-Z-Ebene, die durch den Emitterbereich 12 des Mittelabschnitts 170 verläuft. Der Querschnitt 1-1 ist eine X-Z-Ebene, die nicht durch den aktivseitig vertiefenden Grabenabschnitt 150 verläuft. Es ist zu beachten, dass die Abmessungen in **Fig. 21** nicht unbedingt mit den Abmessungen in **Fig. 20** übereinstimmen. Im Querschnitt weist die Halbleitervorrichtung 700 des vorliegenden Beispiels das Halbleitersubstrat 10, die dielektrische Zwischenlagenschicht 38, die Emitter-Elektrode 52, die

Kollektorelektrode 24 und die Gate-Verdrahtung 130 auf. In **Fig. 21** ist die Veranschaulichung eines Teils der Halbleitervorrichtung 700 weggelassen.

[0131] Im Querschnitt 1-1 ist der aktivseitig vertiefende Grabenabschnitt 150 nicht vorgesehen. Dementsprechend ist im Querschnitt der Mittelabschnitt 170 mit dem aktivseitigen Bodenbereich 182 versehen. Im Querschnitt ist der Mittelabschnitt 170 nicht mit dem aktivseitigen Zwischenbodenbereich 188 versehen.

[0132] **Fig. 22** zeigt eine Ansicht vom oberen Ende, die ein Beispiel für eine Halbleitervorrichtung 800 gemäß einer anderen Ausführungsform zeigt. Die Halbleitervorrichtung 800 gemäß **Fig. 22** unterscheidet sich von der Halbleitervorrichtung 500 gemäß **Fig. 17** dadurch, dass ein aktivseitiger bodenloser Bereich 194 im Mittelabschnitt 170 vorgesehen ist. Andere Konfigurationen der Halbleitervorrichtung 800 von **Fig. 22** können die gleichen sein wie die der Halbleitervorrichtung 500 von **Fig. 17**.

[0133] Der aktivseitige bodenlose Bereich 194 ist der bodenlose Bereich 192, der im Mittelabschnitt 170 vorgesehen ist. In **Fig. 22** ist eine Grenze zwischen dem aktivseitigen bodenlosen Bereich 194 und dem bodenlosen Bereich 192, der nicht der aktivseitige bodenlose Bereich 194 ist, durch eine gestrichelte Linie dargestellt. Der aktivseitige bodenlose Bereich 194 kann vom aktivseitigen Bodenbereich 182 in der Ansicht von oben eingeschlossen sein. Der aktivseitige bodenlose Bereich 194 kann in der Draufsicht vom aktivseitigen Bodenbereich 182 umgeben sein. Der aktivseitige bodenlose Bereich 194 kann mit dem bodenlosen Bereich 192 verbunden sein, der nicht zum aktivseitigen bodenlosen Bereich 194 zählt.

[0134] **Fig. 23** zeigt eine Zeichnung, die ein Beispiel für einen Querschnitt m-m in **Fig. 22** zeigt. Der Querschnitt m-m ist eine X-Z-Ebene, die durch den Emitterbereich 12 des Mittelabschnitts 170 verläuft. Der Querschnitt m-m ist eine X-Z-Ebene, die durch den aktivseitigen bodenlosen Bereich 194 verläuft. Es ist zu beachten, dass die Abmessungen in **Fig. 23** nicht unbedingt mit den Abmessungen in **Fig. 22** übereinstimmen. Im Querschnitt weist die Halbleitervorrichtung 800 des vorliegenden Beispiels das Halbleitersubstrat 10, die dielektrische Zwischenlagenschicht 38, die Emitter-Elektrode 52, die Kollektorelektrode 24 und die Gate-Verdrahtung 130 auf. In **Fig. 23** ist die Veranschaulichung eines Teils der Halbleitervorrichtung 800 weggelassen.

[0135] Der aktivseitige bodenlose Bereich 194 ist in der gleichen Tiefe wie der aktivseitige Bodenbereich 182 in der Tiefenrichtung des Halbleitersubstrats 10 vorgesehen. Durch Bereitstellen des aktivseitigen bodenlosen Bereichs 194 im Mittelabschnitt 170

kann die Anordnung des aktivseitigen Bodenbereichs 182 geändert werden, ohne dass der aktivseitig vertiefende Grabenabschnitt im Mittelabschnitt 170 vorgesehen wird. Der aktivseitige bodenlose Bereich 194 ist mit einem Driftbereich 18 vom ersten Leitfähigkeitstyp versehen.

[0136] Fig. 24 zeigt eine Ansicht vom oberen Ende, die ein Beispiel für eine Halbleitervorrichtung 900 gemäß einer anderen Ausführungsform zeigt. Die Halbleitervorrichtung 900 gemäß Fig. 24 unterscheidet sich von der Halbleitervorrichtung 100 gemäß Fig. 2 durch die Anordnung des Grabenabschnitts. Andere Konfigurationen der Halbleitervorrichtung 900 gemäß Fig. 24 können die gleichen sein wie die der Halbleitervorrichtung 100 gemäß Fig. 2.

[0137] Im vorliegenden Beispiel ist der Grabenabschnitt nicht in der Nähe eines Eckabschnitts 181 des umlaufenden Abschnitts 180 vorgesehen. Der Eckabschnitt 181 ist eine Ecke, die die Enden des umlaufenden Abschnitts 180 miteinander verbindet. In Fig. 24 überlappen sich der Eckabschnitt 181 und der Grabenabschnitt nicht in Erstreckungsrichtung.

[0138] Im vorliegenden Beispiel ist der Randabschnitt 41 des Gate-Grabenabschnitts 40 nicht in dem umlaufenden Wannenbereich 11 vorgesehen. In Fig. 24 ist der Randabschnitt 41 des Gate-Grabenabschnitts 40 in dem umlaufenden Abschnitt 180 vorgesehen. Im vorliegenden Beispiel ist der Randabschnitt 31 des Blindgrabenabschnitts 30 nicht im umlaufenden Wannenbereich 11 vorgesehen. In Fig. 24 ist der Randabschnitt 31 des Blindgrabenabschnitts 30 in dem umlaufenden Abschnitt 180 vorgesehen.

[0139] Fig. 25 zeigt eine Zeichnung, die ein Beispiel für einen Querschnitt n-n in Fig. 24 zeigt. Der Querschnitt n-n ist eine X-Z-Ebene, die durch den Emitterbereich 12 des Mittelabschnitts 170 verläuft. Es ist zu beachten, dass die Abmessungen in Fig. 25 nicht unbedingt mit den Abmessungen in Fig. 24 übereinstimmen. Im Querschnitt weist die Halbleitervorrichtung 900 des vorliegenden Beispiels das Halbleitersubstrat 10, die dielektrische Zwischenlagenschicht 38, die Emitter-Elektrode 52, die Kollektorelektrode 24 und die Gate-Verdrahtung 130 auf. Im Querschnitt ist der umlaufseitige Bodenbereich 184 nicht mit dem Grabenabschnitt versehen. Auch eine solche Konfiguration ermöglicht es, eine unausgewogene Durchschlagspannung zu eliminieren.

[0140] Fig. 26 zeigt eine Zeichnung, die ein Beispiel für einen Querschnitt o-o in Fig. 24 zeigt. Der Querschnitt o-o ist eine Y-Z-Ebene, die durch den Randabschnitt 41 des Gate-Grabenabschnitts 40 und den Randabschnitt 31 des Blindgrabenabschnitts 30 verläuft. Es ist zu beachten, dass die Abmessungen in Fig. 26 nicht unbedingt mit den Abmessungen in

Fig. 24 übereinstimmen. Im Querschnitt weist die Halbleitervorrichtung 900 des vorliegenden Beispiels das Halbleitersubstrat 10, die dielektrische Zwischenlagenschicht 38, die Emitter-Elektrode 52, die Kollektorelektrode 24 und die Gate-Verdrahtung 130 auf. Im Querschnitt ist der umlaufseitige Bodenbereich 184 mit dem Gate-Grabenabschnitt 40 und dem Blindgrabenabschnitt 30 versehen.

[0141] Fig. 27 zeigt eine Zeichnung, die ein Beispiel für einen Querschnitt p-p in Fig. 24 zeigt. Der Querschnitt p-p ist eine Y-Z-Ebene, die durch den linearen Abschnitt 29 des Blindgrabenabschnitts 30 verläuft. Es ist zu beachten, dass die Abmessungen in Fig. 27 nicht unbedingt mit den Abmessungen in Fig. 24 übereinstimmen. Im Querschnitt weist die Halbleitervorrichtung 900 des vorliegenden Beispiels das Halbleitersubstrat 10, die dielektrische Zwischenlagenschicht 38, die Emitter-Elektrode 52, die Kollektorelektrode 24 und die Gate-Verdrahtung 130 auf. Im Querschnitt ist der umlaufseitige Bodenbereich 184 mit dem Blindgrabenabschnitt 30 versehen. Der Blindgrabenabschnitt 30 und der umlaufende Wannenbereich 11 sind getrennt voneinander vorgesehen.

[0142] Fig. 28 zeigt eine Zeichnung, die ein weiteres Beispiel für den Querschnitt n-n in Fig. 24 zeigt. Fig. 28 unterscheidet sich von Fig. 25 dadurch, dass der umlaufseitige Bodenbereich 184 breiter ist als der aktivseitige Bodenbereich 182 in Tiefenrichtung des Halbleitersubstrats 10. Andere Konfigurationen gemäß Fig. 28 können die gleichen sein wie die gemäß Fig. 25. Im vorliegenden Beispiel ist der umlaufseitige Bodenbereich 184 an der unteren Oberfläche 23 breiter als der aktivseitige Bodenbereich 182 und hat etwa die gleiche Tiefe wie der umlaufende Wannenbereich 11. Indem der umlaufseitige Bodenbereich 184 breiter ist als der aktivseitige Bodenbereich 182, kann die Verteilung des elektrischen Feldes reguliert werden. Der aktivseitige Bodenbereich 182 kann breiter als der umlaufseitige Bodenbereich 184 vorgesehen sein.

[0143] Während die vorliegende Erfindung oben anhand der Ausführungsformen beschrieben wurde, ist der technische Umfang der vorliegenden Erfindung nicht auf den Umfang gemäß den oben beschriebenen Ausführungsformen begrenzt. Es ist für den Fachmann offensichtlich, dass verschiedene Änderungen oder Verbesserungen an den oben beschriebenen Ausführungsformen hinzugefügt werden können. Es ist auch aus der Beschreibung des Umfangs der Ansprüche ersichtlich, dass die mit solchen Änderungen oder Verbesserungen hinzugefügten Ausführungsformen in den technischen Umfang der vorliegenden Erfindung fallen können.

[0144] Es ist zu beachten, dass die Vorgänge, Prozeduren, Schritte und Stufen jedes Verfahrens, das

von einer Vorrichtung, einem System, einem Programm und einem Verfahren durchgeführt wird, die im Geltungsbereich der Ansprüche, der Beschreibung oder der Zeichnungen dargestellt sind, in beliebiger Reihenfolge durchgeführt werden können, solange die Reihenfolge nicht durch „vor“, „zunächst“ oder dergleichen angegeben ist und solange das Ergebnis eines früheren Verfahrens nicht in einem späteren Verfahren verwendet wird. Selbst wenn der Arbeitsablauf im Rahmen der Ansprüche, der Beschreibung oder der Zeichnungen mit Ausdrücken wie „zuerst“ oder „als nächstes“ beschrieben wird, bedeutet dies nicht notwendigerweise, dass das Verfahren in dieser Reihenfolge durchgeführt werden muss.

Bezugszeichenliste

10	Halbleitersubstrat,	54	Kontaktloch,
11	umlaufender Wannenbereich,	56	Kontaktloch,
12	Emitterbereich,	60	Mesa-Abschnitt,
14	Basisbereich,	70	Transistorabschnitt,
15	Kontaktbereich,	90	Kantenabschlusstrukturabschnitt,
16	Akkumulationsbereich,	92	Schutzring,
18	Driftbereich,	100	Halbleitervorrichtung,
20	Dämpferbereich,	130	Gate-Verdrahtung (Gate-Runner),
21	obere Oberfläche,	140	umlaufseitig vertiefender Grabenabschnitt,
22	Kollektorbereich,	150	aktivseitig vertiefender Grabenabschnitt,
23	untere Oberfläche,	160	aktiver Abschnitt,
24	Kollektorelektrode,	162	Stirnseite,
29	linearer Abschnitt,	164	Gate-Kontaktstelle,
30	Blindgrabenabschnitt,	170	Mittelabschnitt,
31	Randabschnitt,	180	umlaufender Abschnitt,
32	dielektrische Blindschicht,	181	Eckabschnitt,
34	leitfähiger Blindabschnitt,	182	aktivseitiger Bodenbereich,
36	Blindpolysilizium,	184	umlaufseitiger Bodenbereich,
38	dielektrische Zwischenlagenschicht,	186	umlaufseitiger Zwischenbodenbereich,
39	linearer Abschnitt,	188	aktivseitiger Zwischenbodenbereich,
40	Gate-Grabenabschnitt,	190	Bodenbereich,
41	Randabschnitt,	192	bodenloser Bereich,
42	dielektrische Gateschicht,	194	aktivseitiger bodenloser Bereich,
44	leitfähiger Gateabschnitt,	200	Halbleitervorrichtung,
46	Gate-Polysilizium,	300	Halbleitervorrichtung,
49	linearer Abschnitt,	400	Halbleitervorrichtung,
51	Randabschnitt,	500	Halbleitervorrichtung,
52	Emitter-Elektrode,	600	Halbleitervorrichtung,
		700	Halbleitervorrichtung,
		800	Halbleitervorrichtung,
		900	Halbleitervorrichtung

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

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

Zitierte Patentliteratur

- JP 201991892 [0002]
- JP 2019110288 [0002]

Patentansprüche

1. Halbleitervorrichtung, die ein Halbleitersubstrat umfasst, wobei das Halbleitersubstrat, umfassend:

einen aktiven Abschnitt;

einen umlaufenden Wannenbereich eines zweiten Leitfähigkeitstyps, der den aktiven Abschnitt in einer Draufsicht umgibt; und

einen Grabenabschnitt, der in dem aktiven Abschnitt auf einer oberen Oberfläche des Halbleitersubstrats vorgesehen ist, wobei der aktive Abschnitt, umfassend:

einen Mittelabschnitt mit einem Emitterbereich eines ersten Leitfähigkeitstyps; und

einen umlaufenden Abschnitt, der den Mittelabschnitt umgibt, wobei der Mittelabschnitt einen aktivseitigen Bodenbereich des zweiten Leitfähigkeitstyps enthält, der über Böden von mindestens zwei Grabenabschnitten vorgesehen ist, wobei der umlaufende Abschnitt einen umlaufseitigen Bodenbereich des zweiten Leitfähigkeitstyps enthält, der elektrisch mit dem umlaufenden Wannenbereich verbunden ist, dem aktivseitigen Bodenbereich gegenüberliegt und am Boden des Grabenabschnitts vorgesehen ist, und wobei der aktivseitige Bodenbereich und der umlaufseitige Bodenbereich getrennt voneinander vorgesehen sind.

2. Halbleitervorrichtung gemäß Anspruch 1, wobei der aktivseitige Bodenbereich auch in dem umlaufenden Abschnitt vorgesehen ist.

3. Halbleitervorrichtung gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei der aktivseitige Bodenbereich elektrisch schwebend ist.

4. Halbleitervorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei der Grabenabschnitt in einer Ansicht vom oberen Ende in einem Streifenmuster vorgesehen ist.

5. Halbleitervorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der umlaufseitige Bodenbereich an der Unterseite des Grabenabschnitts endet.

6. Halbleitervorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei der aktivseitige Bodenbereich am Boden des Grabenabschnitts endet.

7. Halbleitervorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei Verunreinigungskonzentrationen des aktivseitigen Bodenbereichs und des umlaufseitigen Bodenbereichs identisch sind.

8. Halbleitervorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei eine Verunreinigungskonzentration des umlaufseitigen Bodenbereichs größer

ist als eine Verunreinigungskonzentration des aktivseitigen Bodenbereichs.

9. Halbleitervorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei eine Verunreinigungskonzentration des umlaufenden Wannenbereichs größer ist als die Verunreinigungskonzentration des umlaufseitigen Bodenbereichs.

10. Halbleitervorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei in einer Tiefenrichtung des Halbleitersubstrats der aktivseitige Bodenbereich und der umlaufseitige Bodenbereich in der gleichen Tiefe vorgesehen sind.

11. Halbleitervorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei in einer Tiefenrichtung des Halbleitersubstrats der umlaufseitige Bodenbereich breiter als der aktivseitige Bodenbereich ist.

12. Halbleitervorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei ein Abstand in einer Arrayrichtung des Grabenabschnitts des aktivseitigen Bodenbereichs und des umlaufseitigen Bodenbereichs einer Abstandsbreite des Grabenabschnitts oder mehr und dem Zwanzigfachen oder weniger der Abstandsbreite des Grabenabschnitts entspricht.

13. Halbleitervorrichtung gemäß Anspruch 12, wobei der Abstand in der Arrayrichtung des aktivseitigen Bodenbereichs und des umlaufseitigen Bodenbereichs 2 pm oder mehr und 40 µm oder weniger beträgt.

14. Halbleitervorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 13, wobei der Grabenabschnitt, umfassend:

einen Gate-Grabenabschnitt; und

einen Blindgrabenabschnitt, wobei

der Gate-Grabenabschnitt zwischen dem aktivseitigen Bodenbereich und dem umlaufseitigen Bodenbereich in einer Tiefenrichtung des Halbleitersubstrats vorgesehen ist.

15. Halbleitervorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 14, wobei der umlaufseitige Bodenbereich in einem Bereich vorgesehen ist, der das Fünffache oder weniger einer Abstandsbreite des Grabenabschnitts vom umlaufenden Wannenbereich aus in einer Arrayrichtung des Grabenabschnitts beträgt.

16. Halbleitervorrichtung gemäß Anspruch 15, wobei ein Abstand in der Arrayrichtung des aktivseitigen Bodenbereichs und des umlaufseitigen Bodenbereichs größer ist als eine Breite, in der der umlaufseitige Bodenbereich vorgesehen ist.

17. Halbleitervorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der Grabenabschnitt einen umlaufseitig vertiefenden Grabenabschnitt umfasst, der zwischen dem aktivseitigen Bodenbereich und dem umlaufseitigen Bodenbereich in einer Arrayrichtung des Grabenabschnitts in dem umlaufenden Abschnitt vorgesehen ist, und tiefer als der aktivseitige Bodenbereich und der umlaufseitige Bodenbereich ausgebildet ist.

18. Halbleitervorrichtung gemäß Anspruch 17, wobei der Grabenabschnitt einen aktivseitig vertiefenden Grabenabschnitt umfasst, der zumindest teilweise in dem Mittelabschnitt vorgesehen ist und tiefer als der aktivseitige Bodenbereich ausgebildet ist.

19. Halbleitervorrichtung gemäß Anspruch 17, wobei der Mittelabschnitt einen aktivseitigen bodenlosen Bereich des ersten Leitfähigkeitstyps umfasst, der in einer Draufsicht von dem aktivseitigen Bodenbereich eingeschlossen ist und in einer Tiefenrichtung des Halbleitersubstrats in derselben Tiefe wie der aktivseitige Bodenbereich vorgesehen ist.

Geänderte Ansprüche (Art. 19(1) PCT-Änderungen)

1. Halbleitervorrichtung, die ein Halbleitersubstrat umfasst, wobei das Halbleitersubstrat, umfassend:
 - einen aktiven Abschnitt;
 - einen umlaufenden Wannenbereich eines zweiten Leitfähigkeitstyps, der den aktiven Abschnitt in einer Draufsicht umgibt; und
 - einen Grabenabschnitt, der in dem aktiven Abschnitt auf einer oberen Oberfläche des Halbleitersubstrats vorgesehen ist, wobei der aktive Abschnitt, umfassend:
 - einen Mittelabschnitt mit einem Emitterbereich eines ersten Leitfähigkeitstyps; und
 - einen umlaufenden Abschnitt, der den Mittelabschnitt umgibt, wobei der Mittelabschnitt einen aktivseitigen Bodenbereich des zweiten Leitfähigkeitstyps enthält, der über Böden von mindestens zwei Grabenabschnitten vorgesehen ist, wobei
 - der umlaufende Abschnitt einen umlaufseitigen Bodenbereich des zweiten Leitfähigkeitstyps enthält, der elektrisch mit dem umlaufenden Wannenbereich verbunden ist, dem aktivseitigen Bodenbereich gegenüberliegt und am Boden des Grabenabschnitts vorgesehen ist, wobei
 - der aktivseitige Bodenbereich und der umlaufseitige Bodenbereich getrennt voneinander vorgesehen sind, und wobei
 - eine obere Oberfläche des umlaufseitigen Bodenbereichs näher an einer unteren Oberfläche des Halbleitersubstrats als an der oberen Oberfläche des Halbleitersubstrats in einer Tiefenrichtung des Halbleitersubstrats vorgesehen ist.
2. Halbleitervorrichtung gemäß Anspruch 1, wobei der aktivseitige Bodenbereich auch in dem umlaufenden Abschnitt vorgesehen ist.
3. Halbleitervorrichtung gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei der aktivseitige Bodenbereich elektrisch schwebend ist.
4. Halbleitervorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei der Grabenabschnitt in einer Ansicht vom oberen Ende in einem Streifenmuster vorgesehen ist.
5. Halbleitervorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der umlaufseitige Bodenbereich an der Unterseite des Grabenabschnitts endet.
6. Halbleitervorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei der aktivseitige Bodenbereich am Boden des Grabenabschnitts endet.
7. Halbleitervorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei Verunreinigungskonzentrationen des aktivseitigen Bodenbereichs und des umlaufseitigen Bodenbereichs identisch sind.

8. Halbleitervorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei eine Verunreinigungskonzentration des umlaufseitigen Bodenbereichs größer ist als eine Verunreinigungskonzentration des aktivseitigen Bodenbereichs.

9. Halbleitervorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei eine Verunreinigungskonzentration des umlaufenden Wannenbereichs größer ist als die Verunreinigungskonzentration des umlaufseitigen Bodenbereichs.

10. Halbleitervorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei in einer Tiefenrichtung des Halbleitersubstrats der aktivseitige Bodenbereich und der umlaufseitige Bodenbereich in der gleichen Tiefe vorgesehen sind.

11. Halbleitervorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei in einer Tiefenrichtung des Halbleitersubstrats der umlaufseitige Bodenbereich breiter als der aktivseitige Bodenbereich ist.

12. Halbleitervorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei ein Abstand in einer Arrayrichtung des Grabenabschnitts des aktivseitigen Bodenbereichs und des umlaufseitigen Bodenbereichs einer Abstandsbreite des Grabenabschnitts oder mehr und dem Zwanzigfachen oder weniger der Abstandsbreite des Grabenabschnitts entspricht.

13. Halbleitervorrichtung gemäß Anspruch 12, wobei der Abstand in der Arrayrichtung des aktivseitigen Bodenbereichs und des umlaufseitigen Bodenbereichs 2 pm oder mehr und 40 µm oder weniger beträgt.

14. Halbleitervorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 13, wobei der Grabenabschnitt, umfassend:

- einen Gate-Grabenabschnitt; und
- einen Blindgrabenabschnitt, wobei
 - der Gate-Grabenabschnitt zwischen dem aktivseitigen Bodenbereich und dem umlaufseitigen Bodenbereich in einer Tiefenrichtung des Halbleitersubstrats vorgesehen ist.

15. Halbleitervorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 14, wobei der umlaufseitige Bodenbereich in einem Bereich vorgesehen ist, der das Fünffache oder weniger einer Abstandsbreite des Grabenabschnitts vom umlaufenden Wannenbereich aus in einer Arrayrichtung des Grabenabschnitts beträgt.

16. Halbleitervorrichtung gemäß Anspruch 15, wobei ein Abstand in der Arrayrichtung des aktivseitigen Bodenbereichs und des umlaufseitigen Bodenbereichs größer ist als eine Breite, in der der umlaufseitige Bodenbereich vorgesehen ist.

17. Halbleitervorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der Grabenabschnitt einen umlaufseitig vertiefenden Grabenabschnitt umfasst, der zwischen dem aktivseitigen Bodenbereich und dem umlaufseitigen Bodenbereich in einer Arrayrichtung des Grabenabschnitts in dem umlaufenden Abschnitt vorgesehen ist, und tiefer als der aktivseitige Bodenbereich und der umlaufseitige Bodenbereich ausgebildet ist.

18. Halbleitervorrichtung gemäß Anspruch 17, wobei der Grabenabschnitt einen aktivseitig vertiefenden Grabenabschnitt umfasst, der zumindest teilweise in dem Mittelabschnitt vorgesehen ist und tiefer als der aktivseitige Bodenbereich ausgebildet ist.

19. Halbleitervorrichtung gemäß Anspruch 17, wobei der Mittelabschnitt einen aktivseitigen bodenlosen Bereich des ersten Leitfähigkeitstyps umfasst, der in einer Draufsicht von dem aktivseitigen Bodenbereich eingeschlossen ist und in einer Tiefenrichtung des Halbleitersubstrats in derselben Tiefe wie der aktivseitige Bodenbereich vorgesehen ist.

20. Halbleitervorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 19, ferner umfassend: einen Kantenabschlussstrukturabschnitt, der den aktiven Abschnitt in einer Draufsicht umgibt, wobei der Kantenabschlussstrukturabschnitt einen Bereich des zweiten Leitfähigkeitstyps umfasst.

Es folgen 28 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

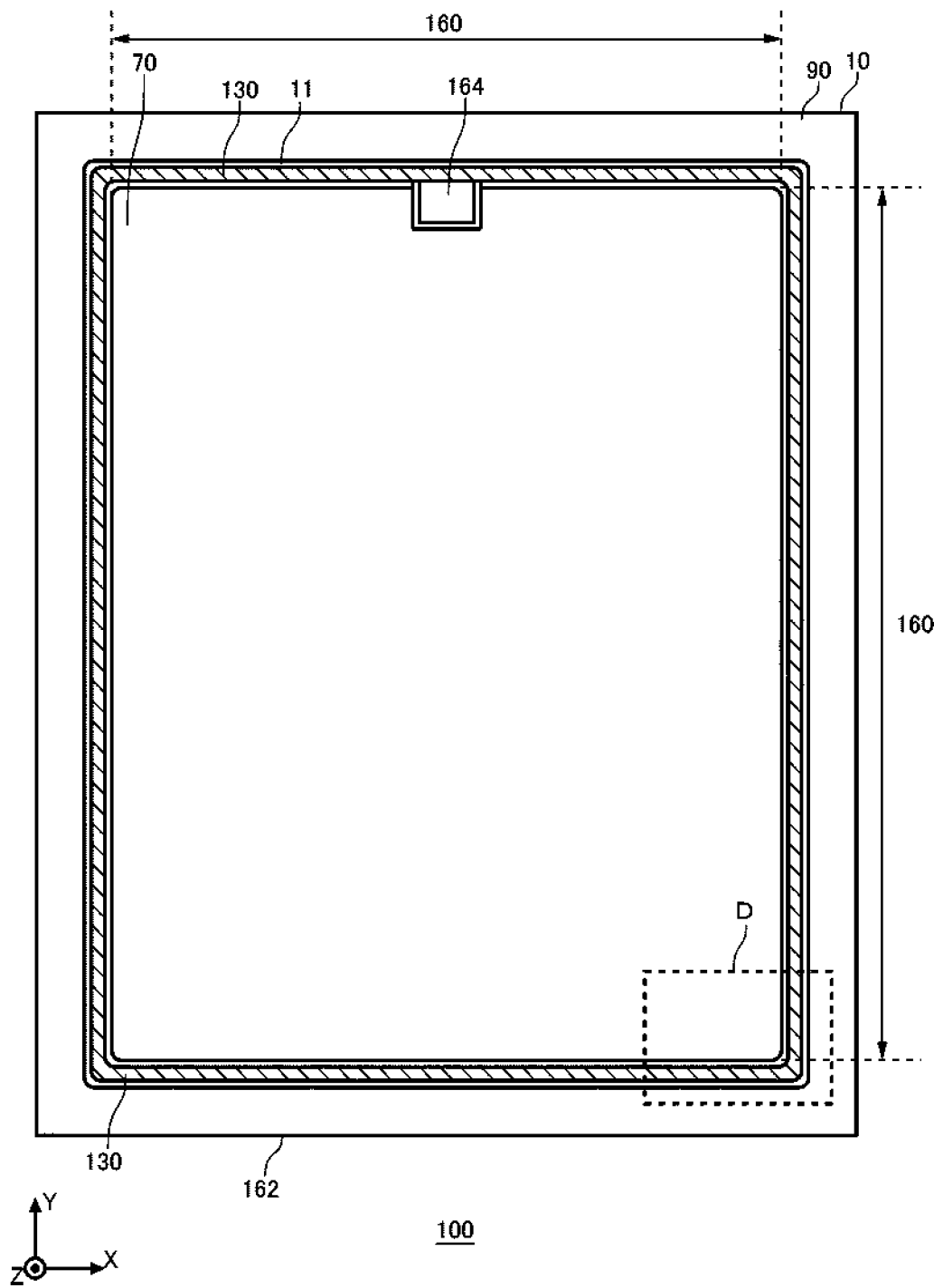


Fig. 1

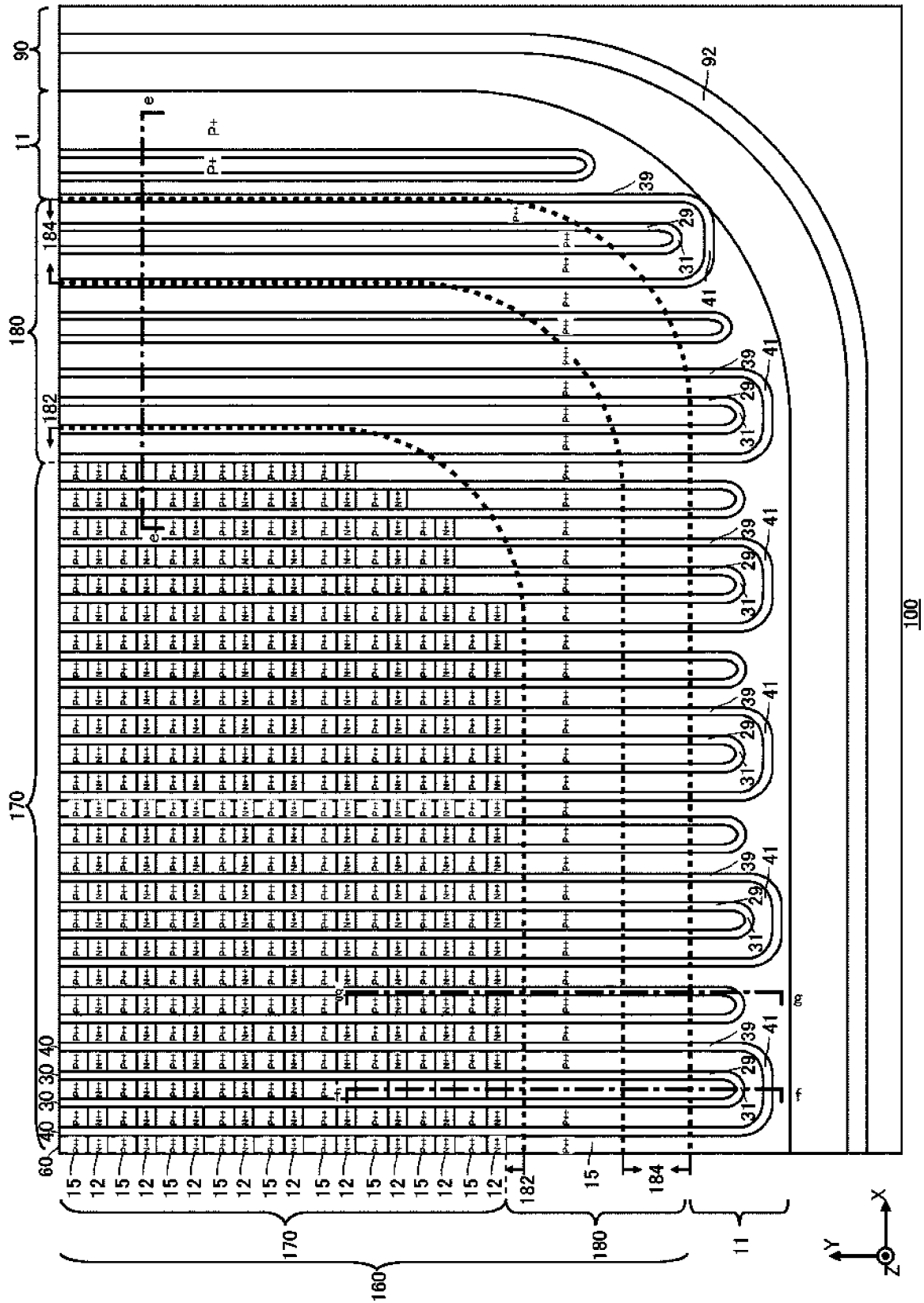


Fig. 2

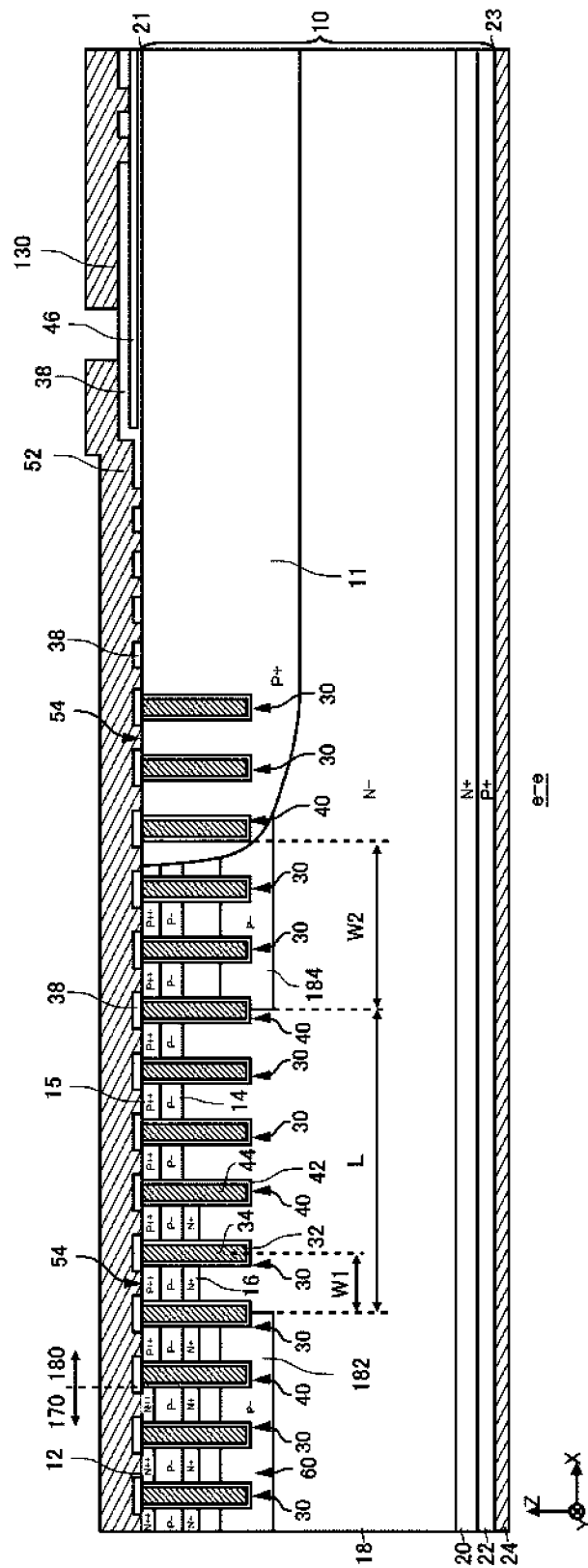


Fig. 3

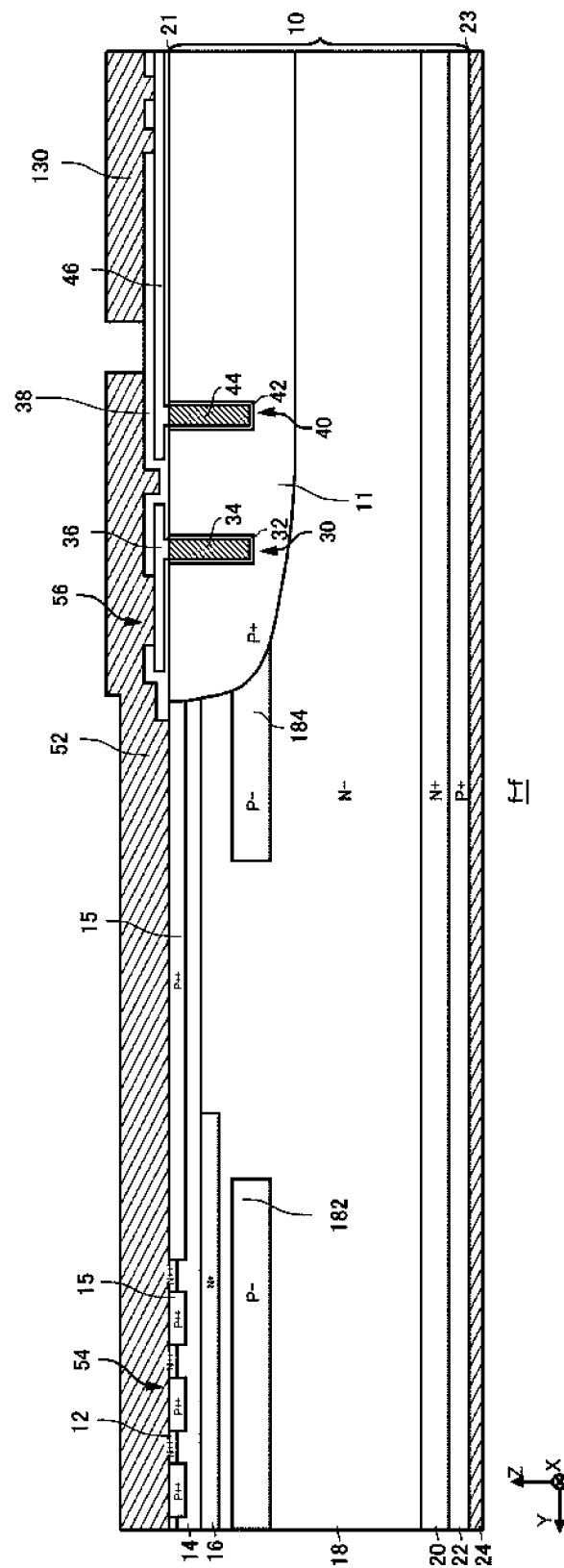


Fig. 4

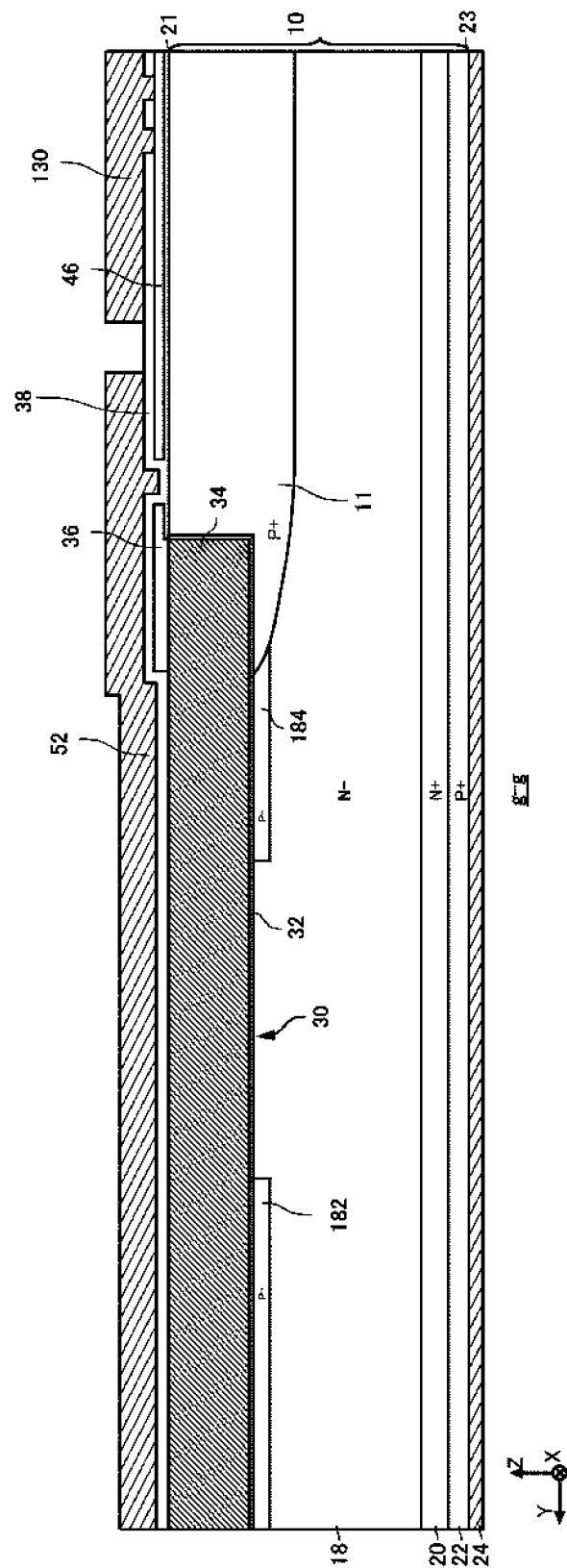


Fig. 5

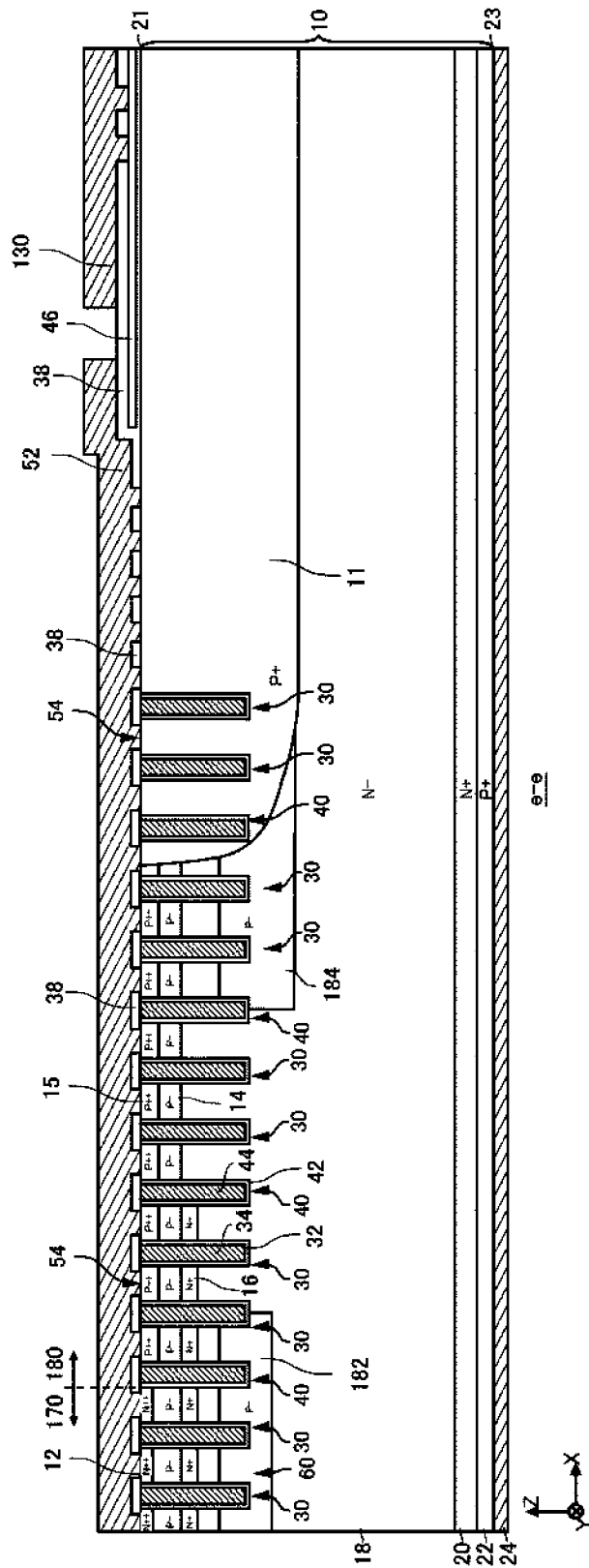


Fig. 6

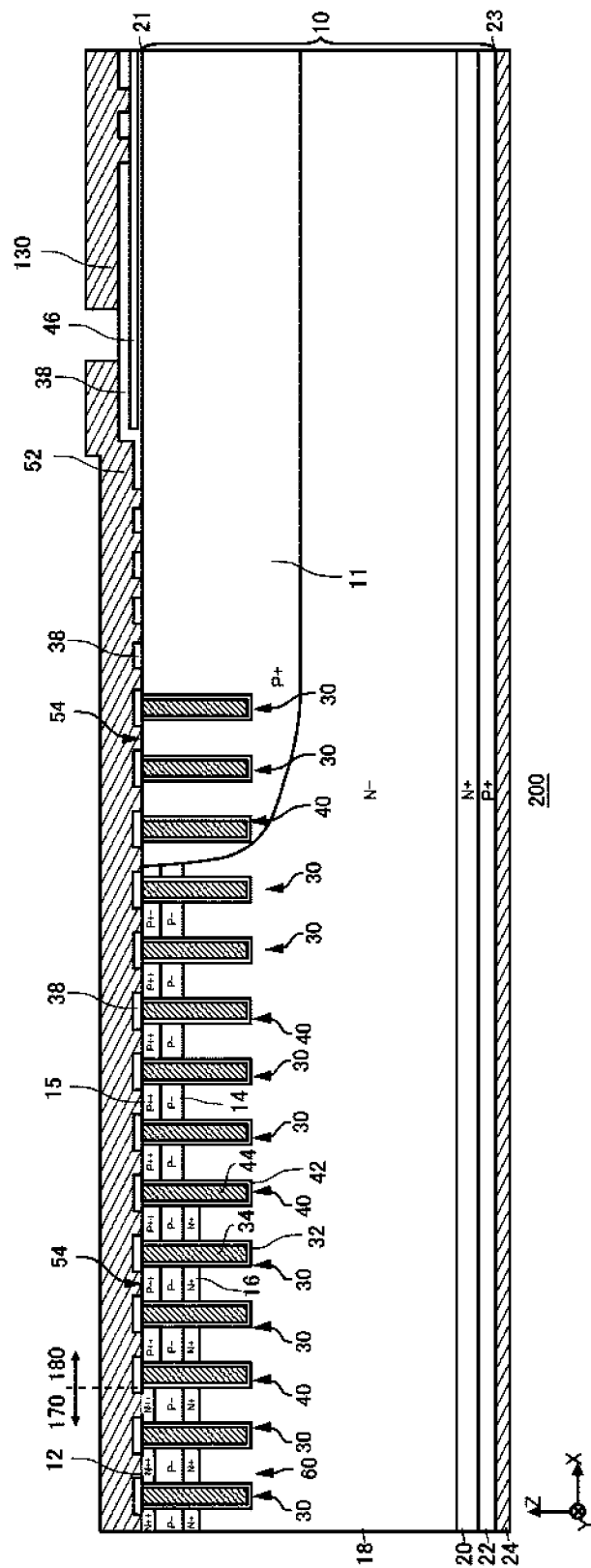


Fig. 7

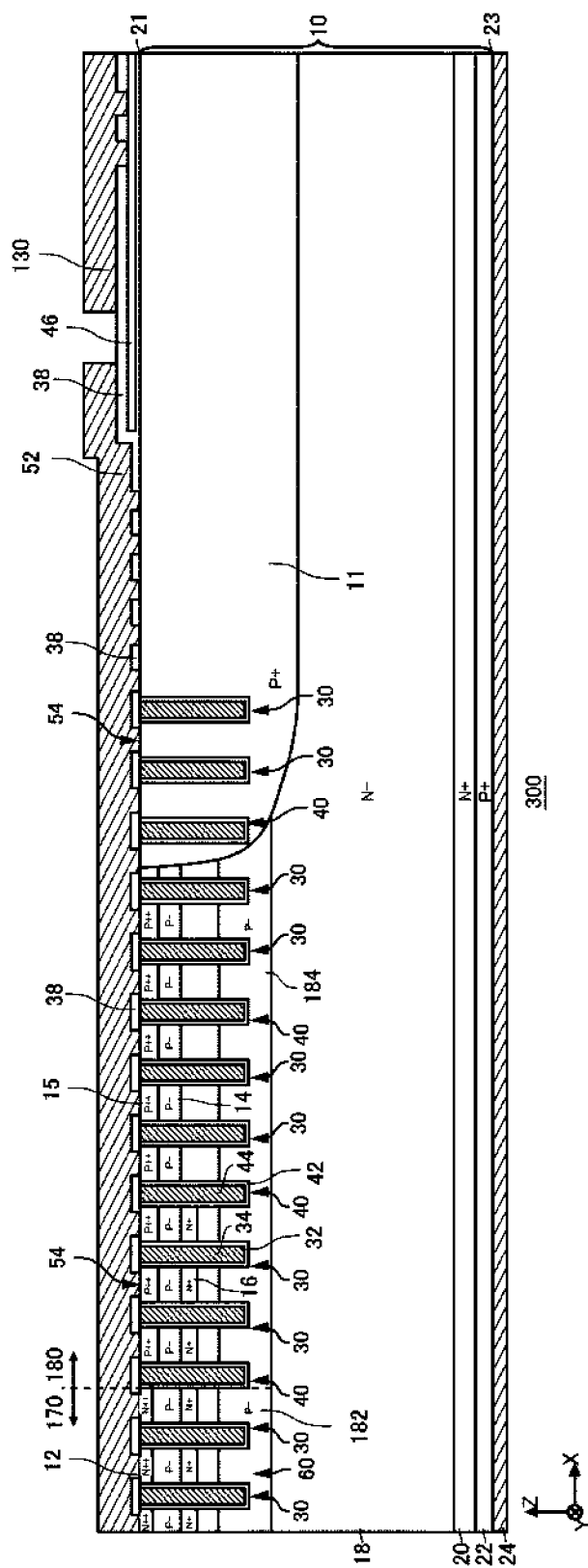


Fig. 8

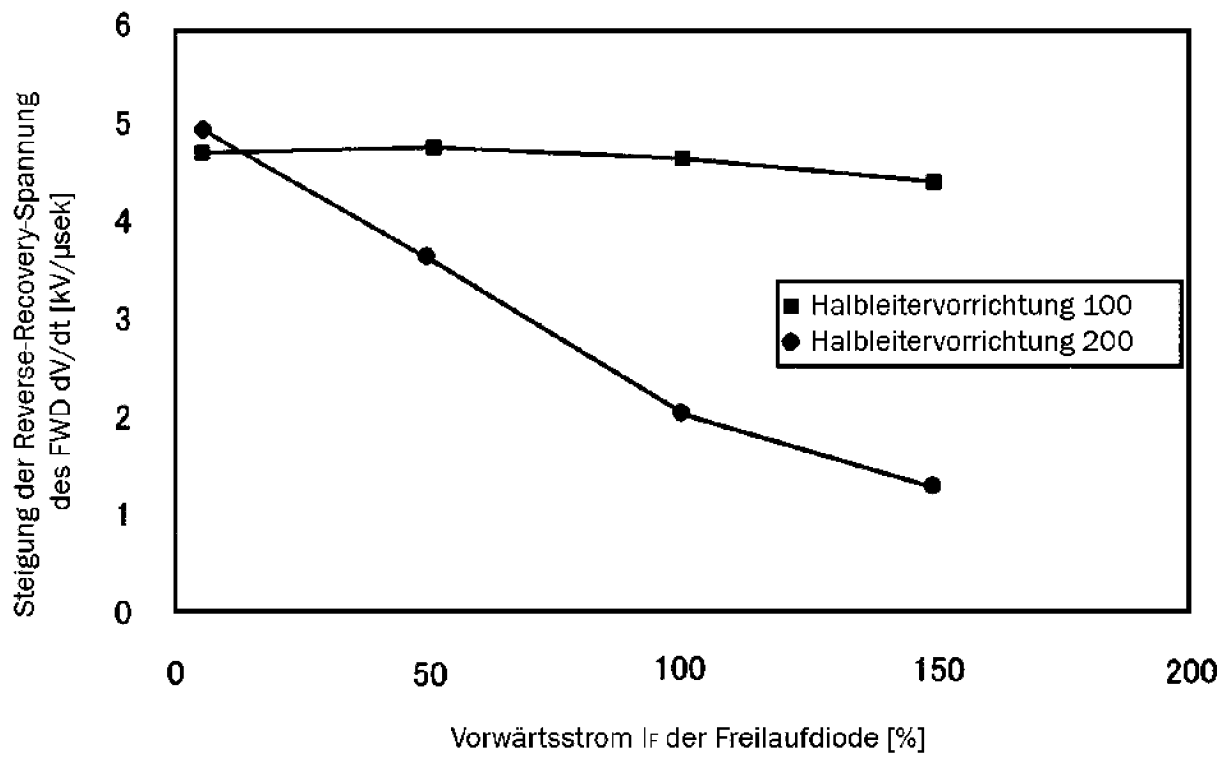


Fig. 9

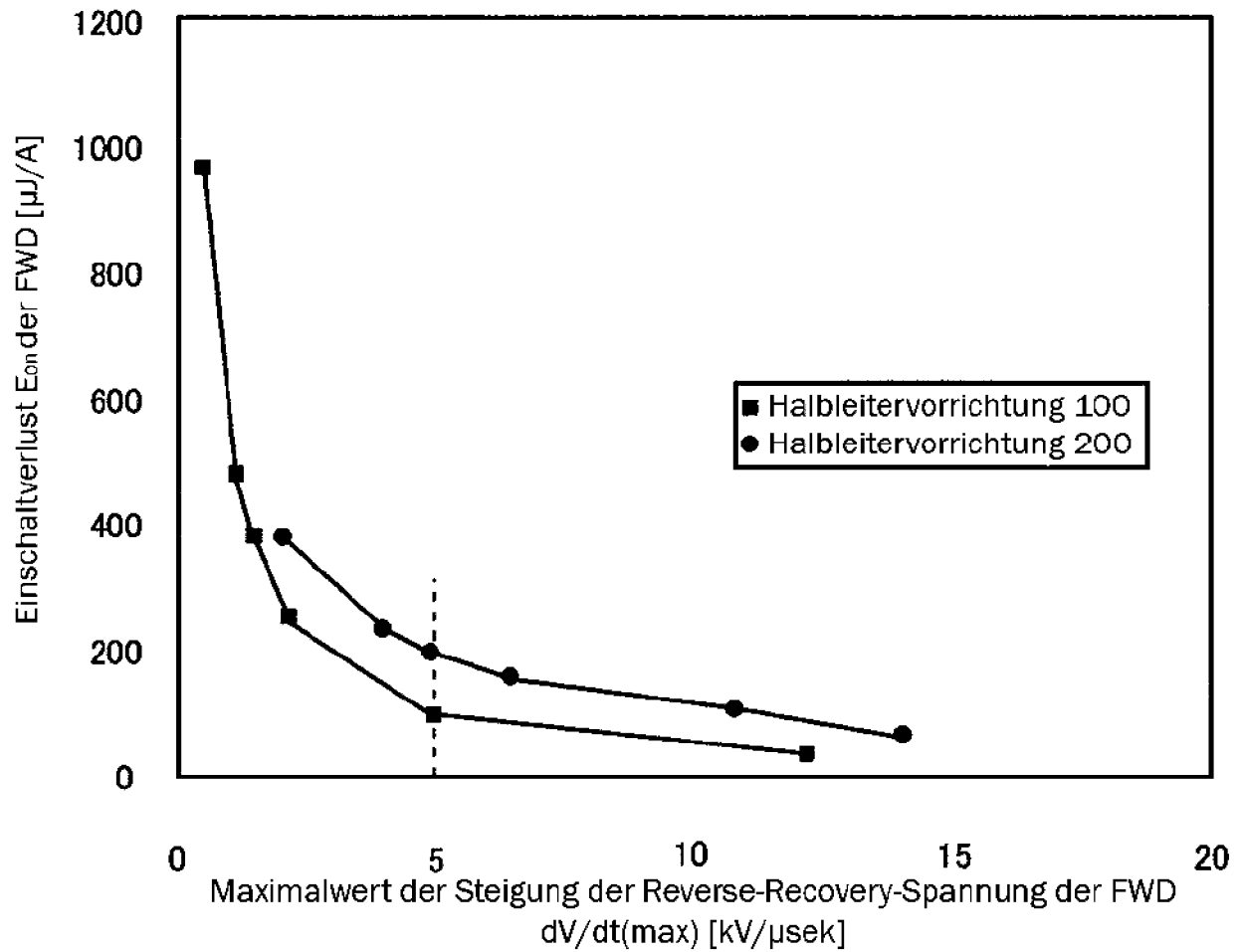


Fig. 10

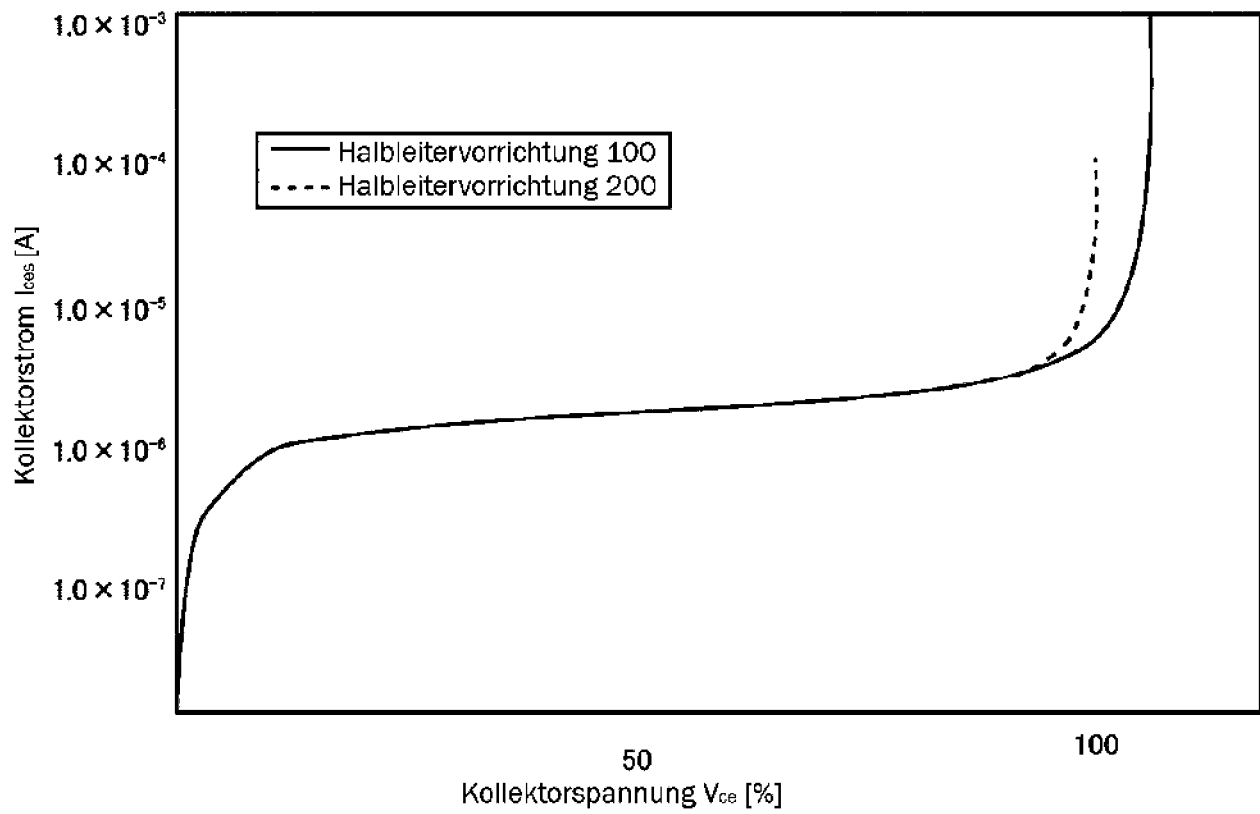


Fig. 11

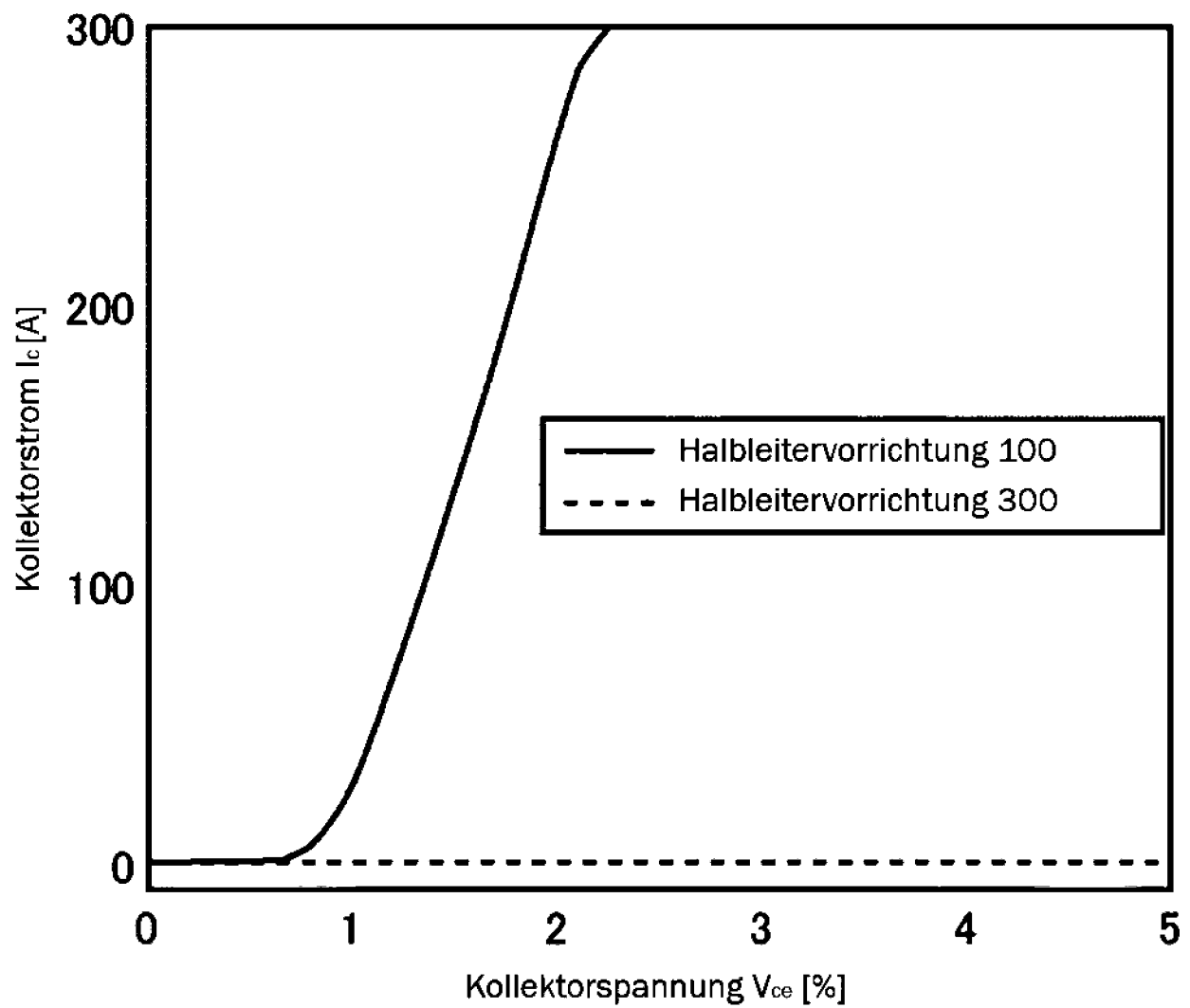


Fig. 12



Fig. 13

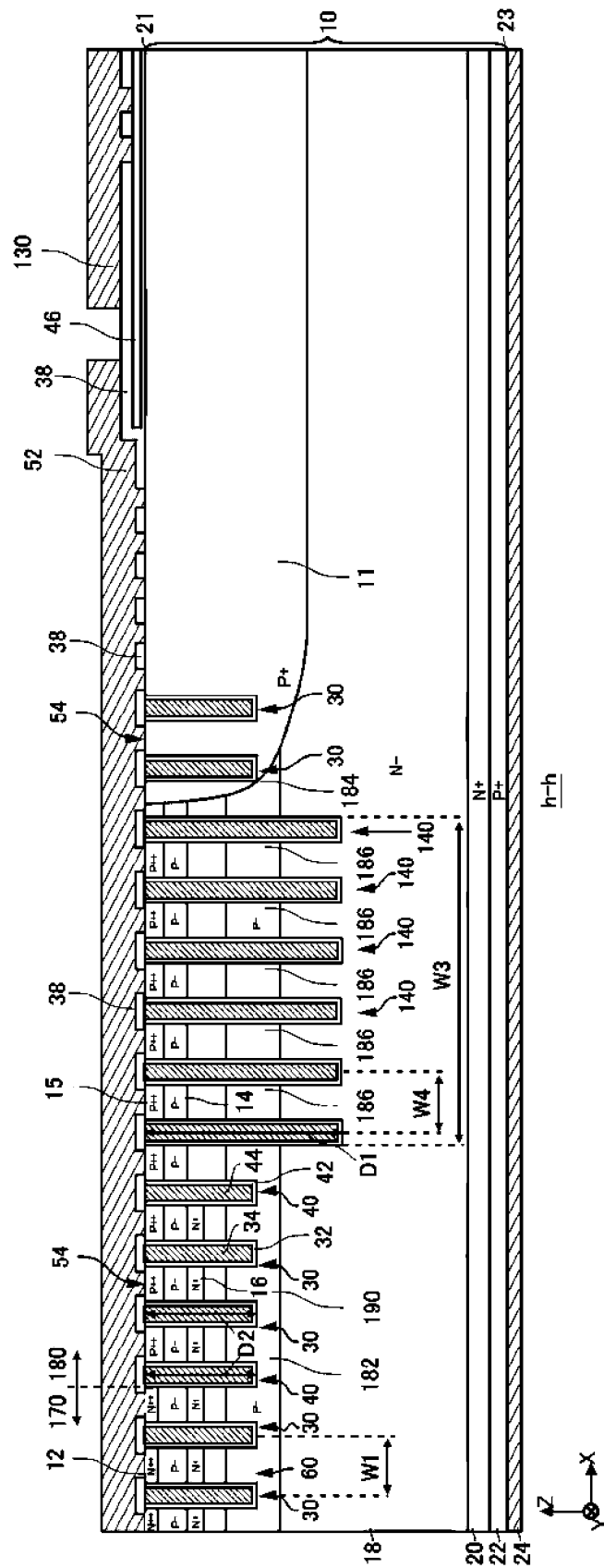


Fig. 14

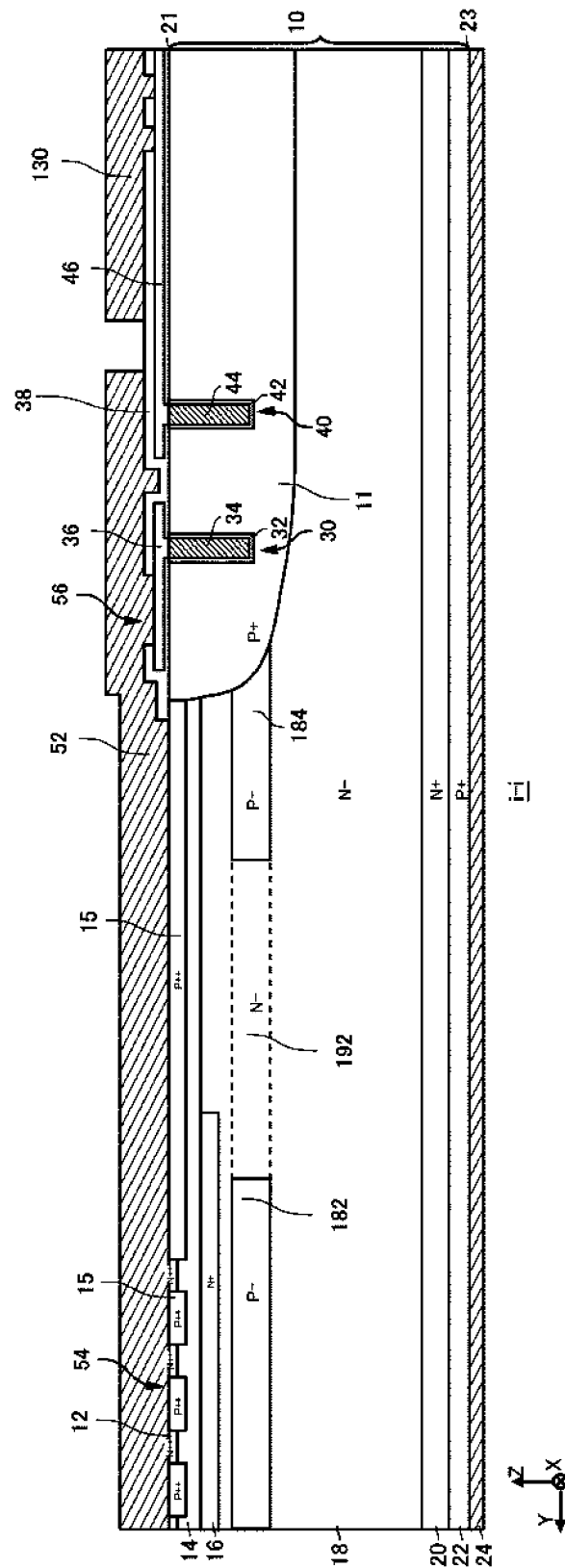


Fig. 15

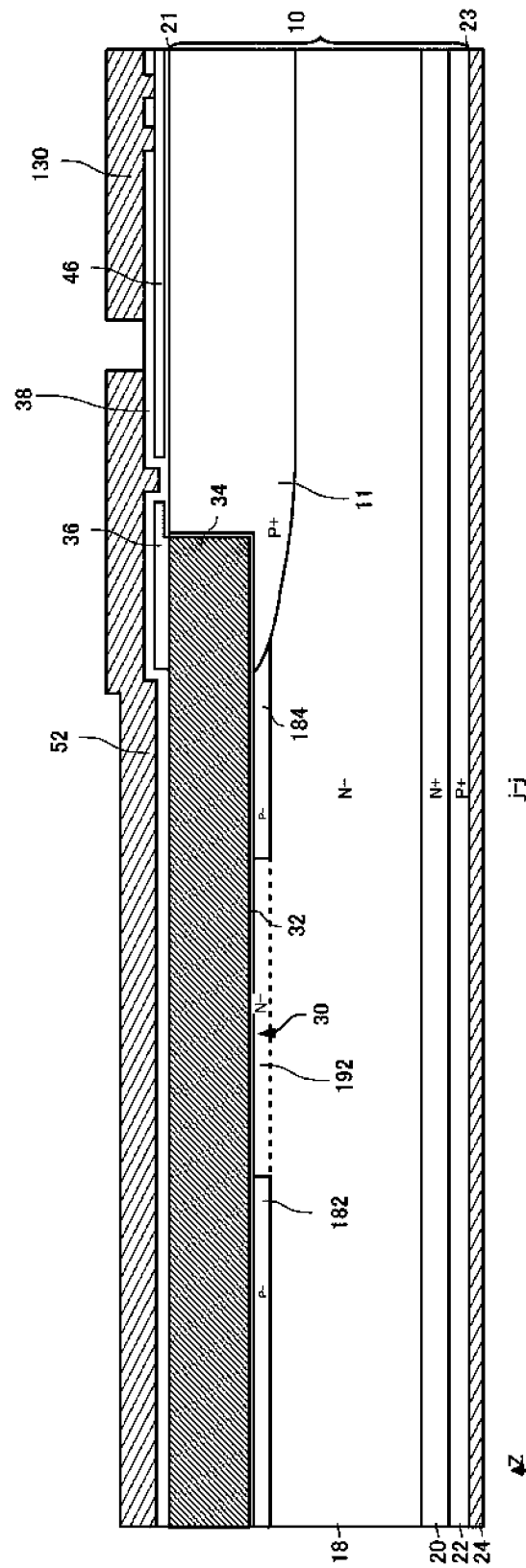


Fig. 16

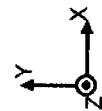


Fig. 17

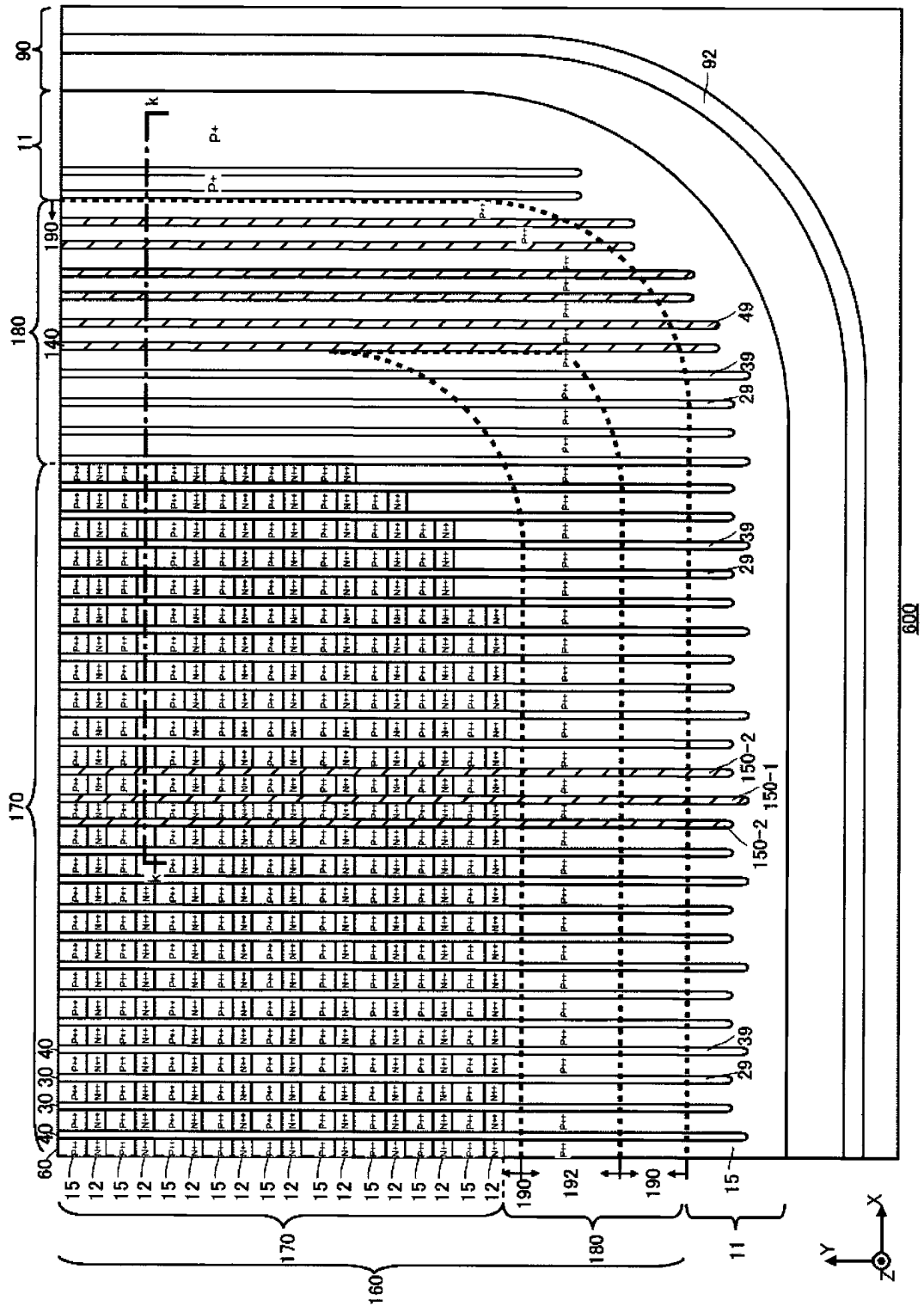


Fig. 18

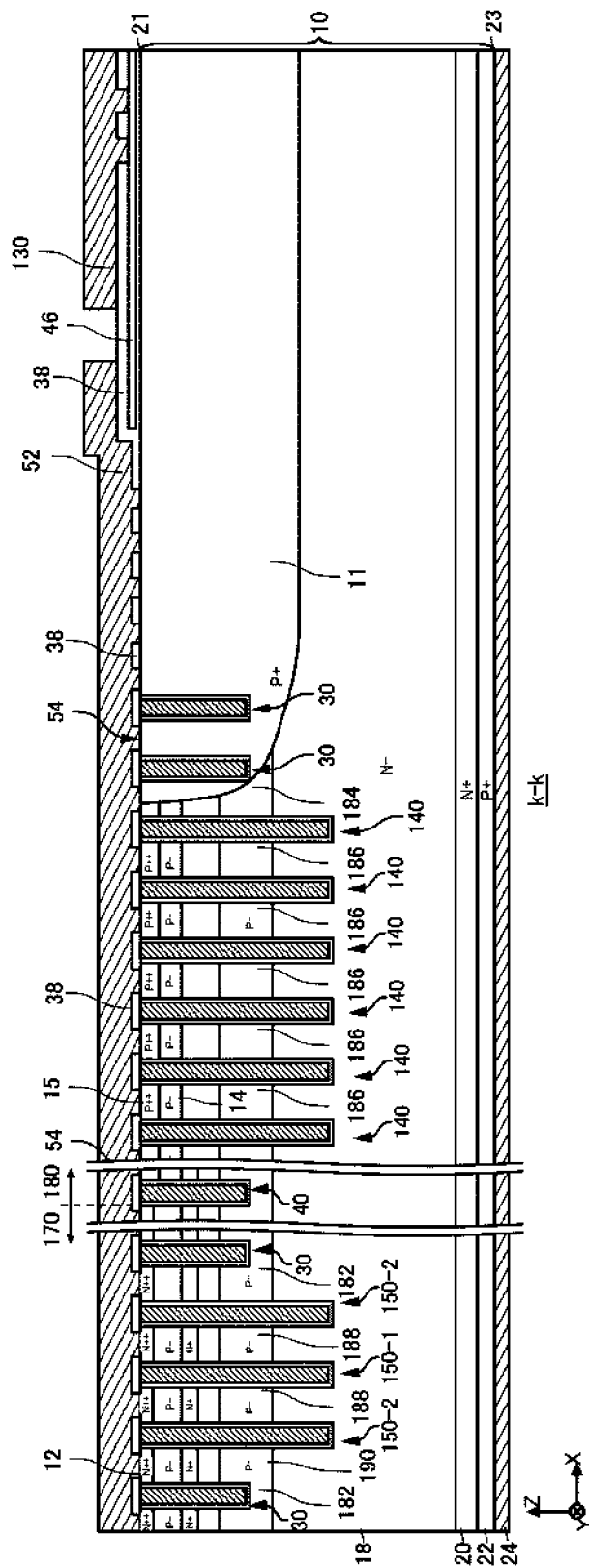


Fig. 19

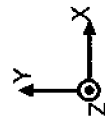


Fig. 20

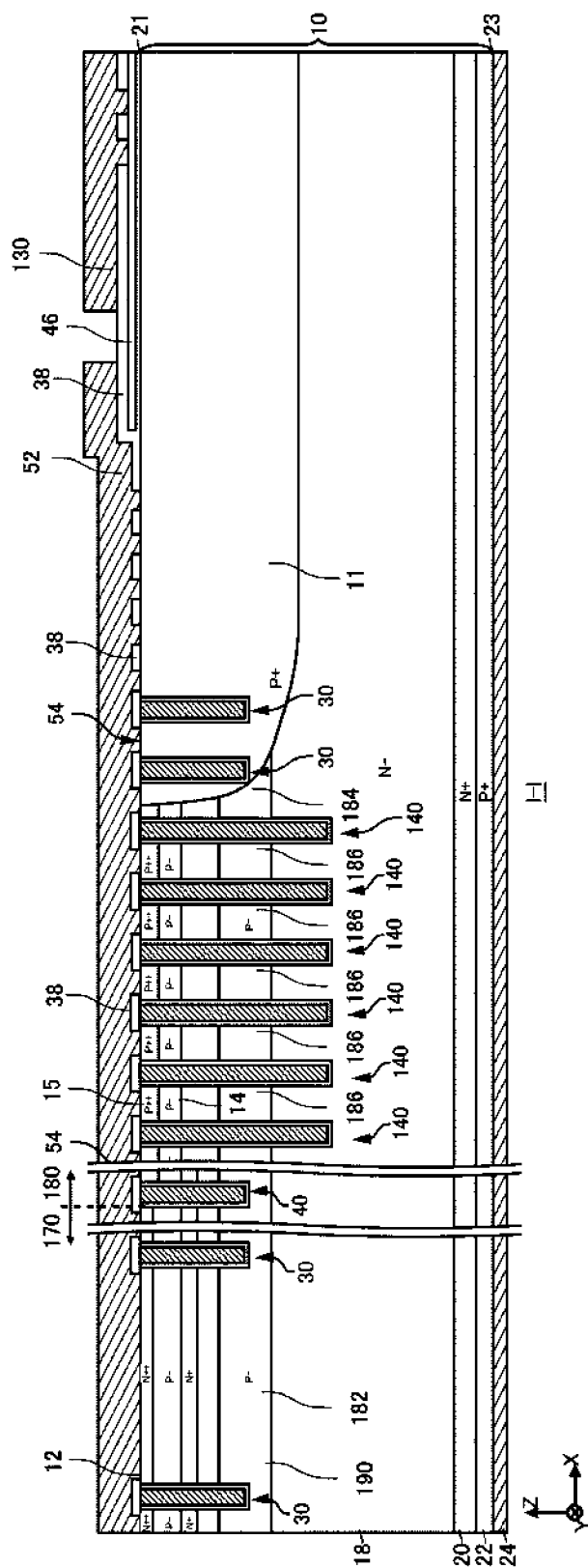


Fig. 21

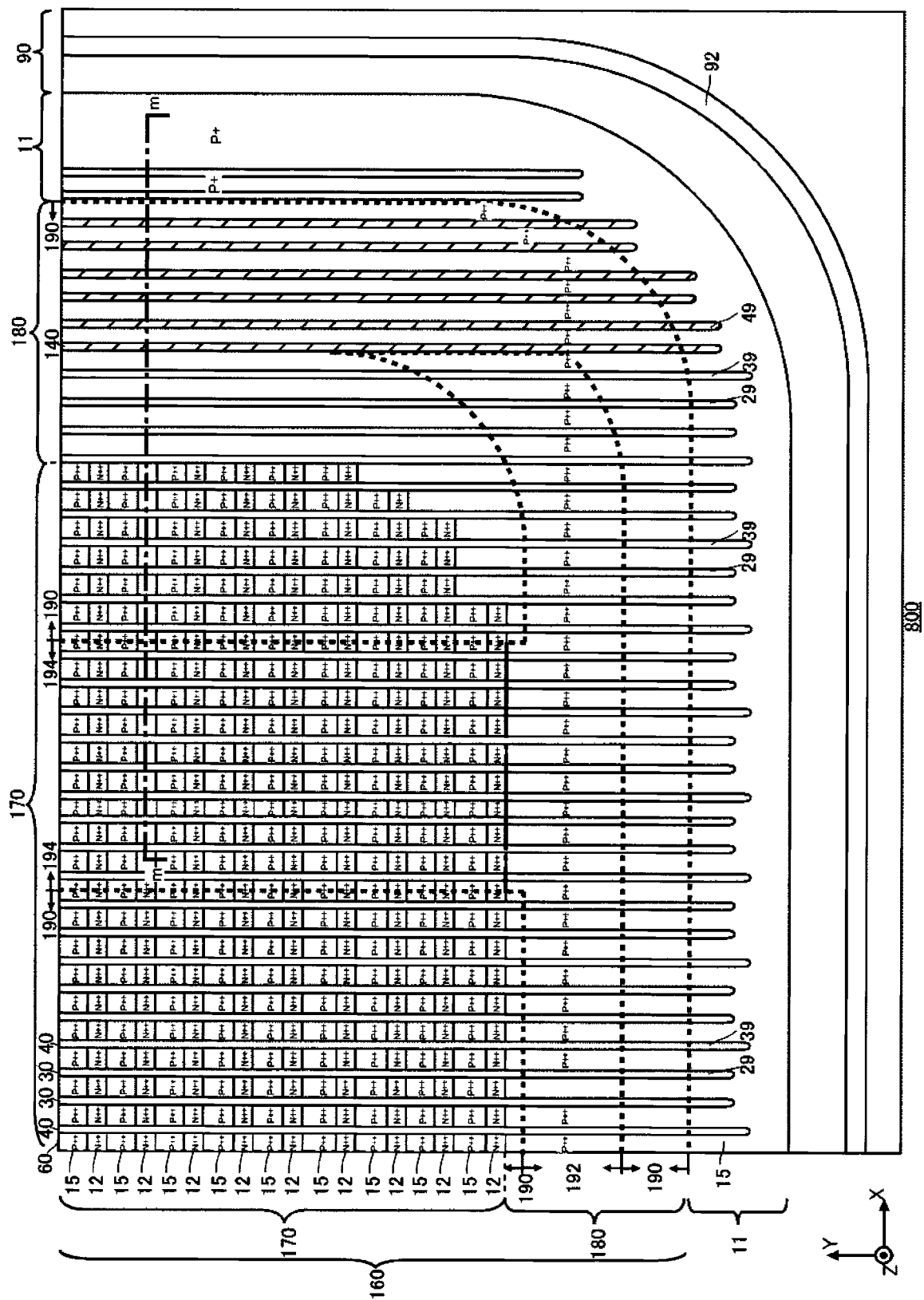


Fig. 22

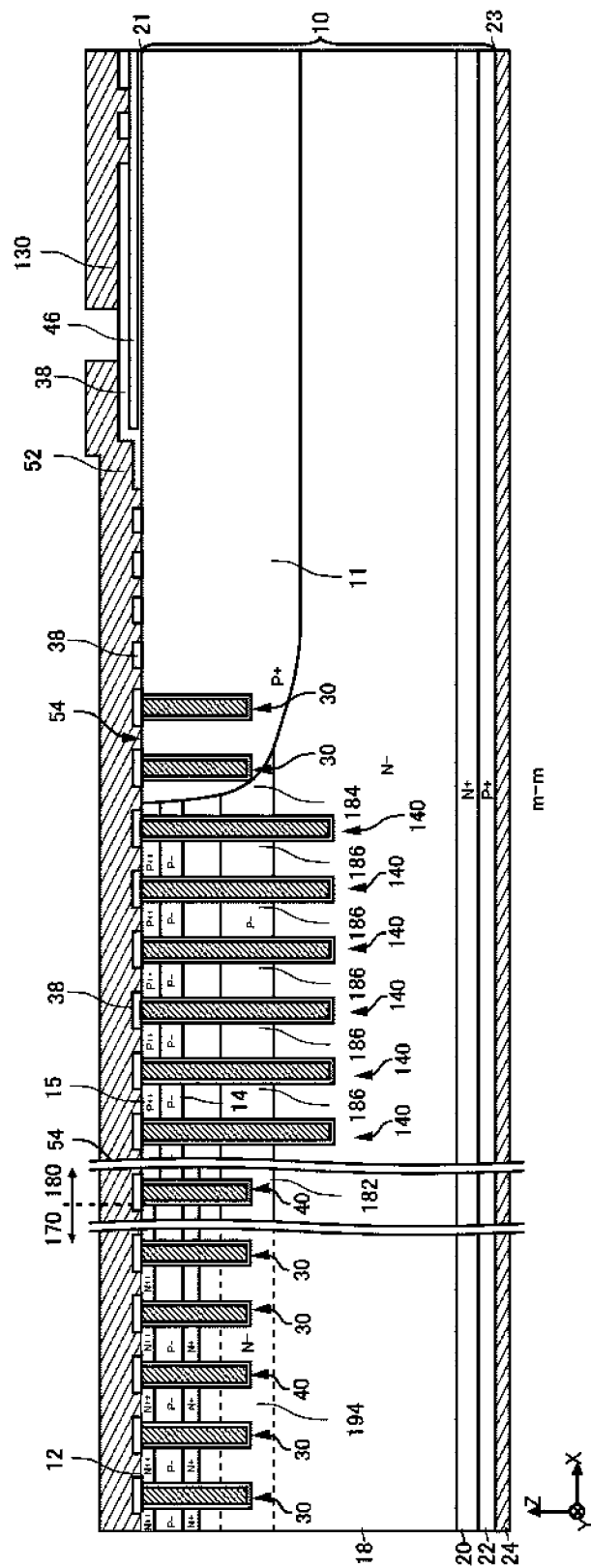


Fig. 23



Fig. 24

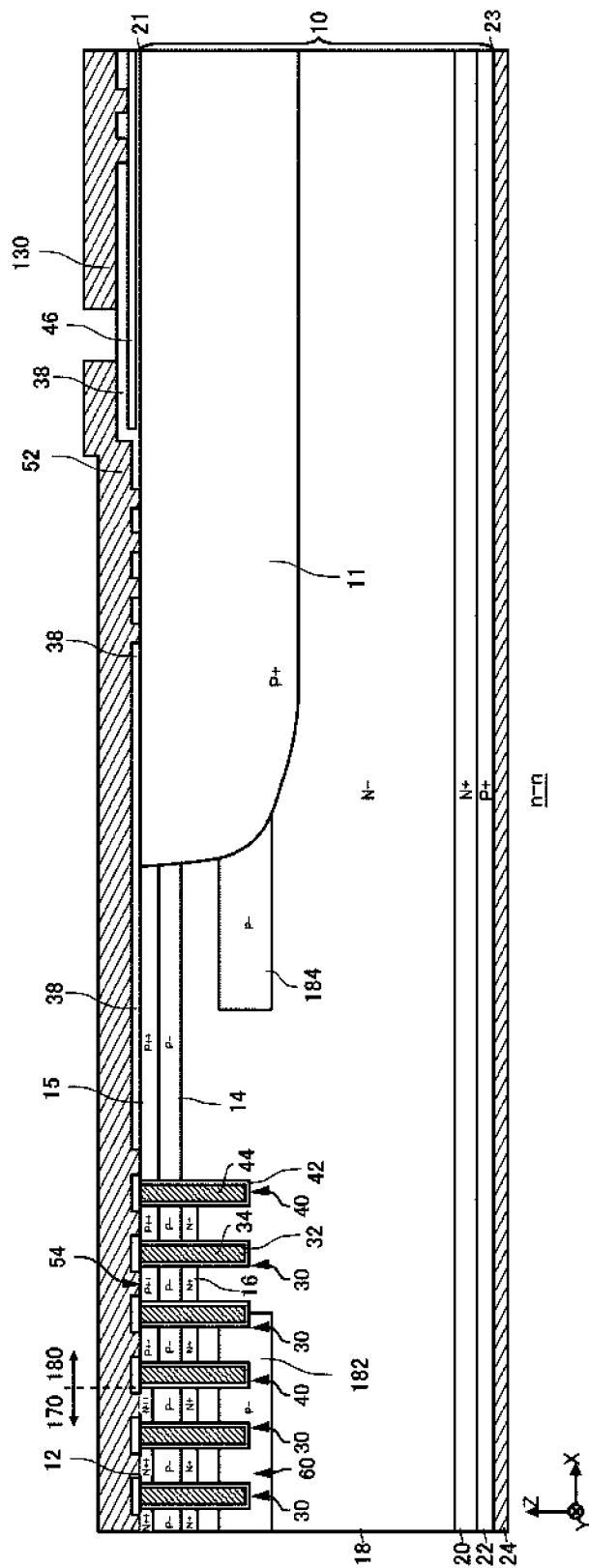


Fig. 25

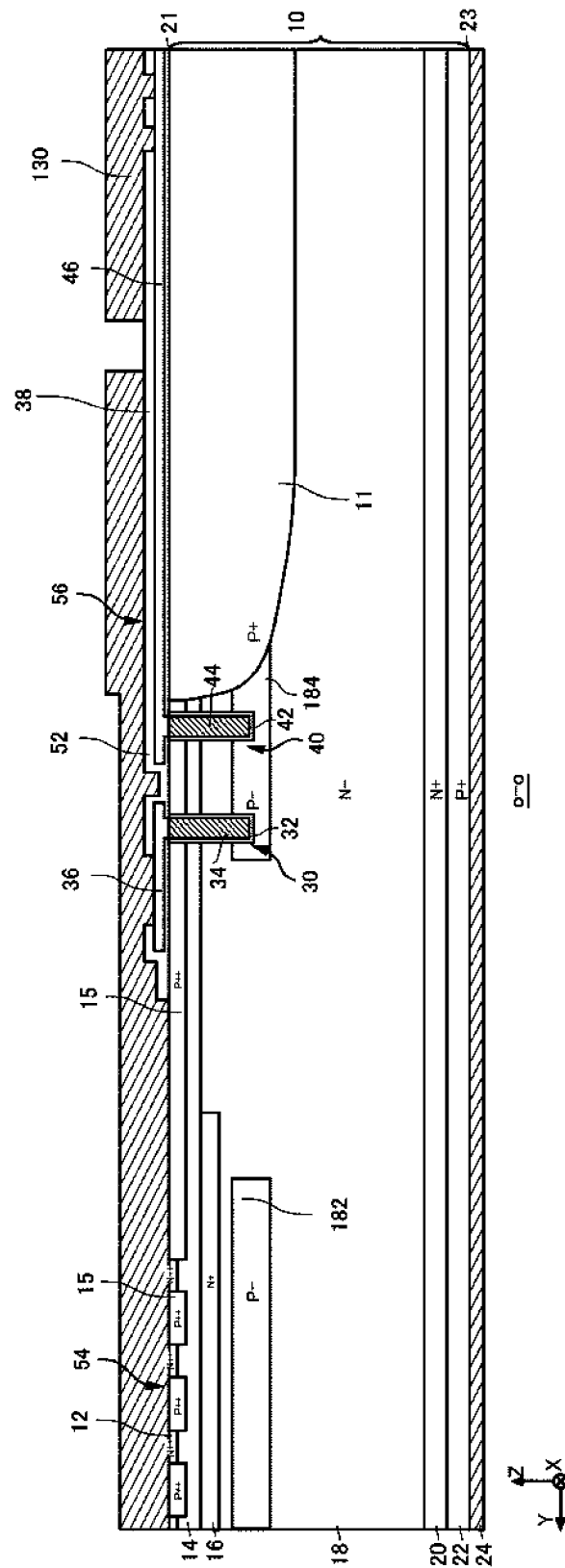


Fig. 26

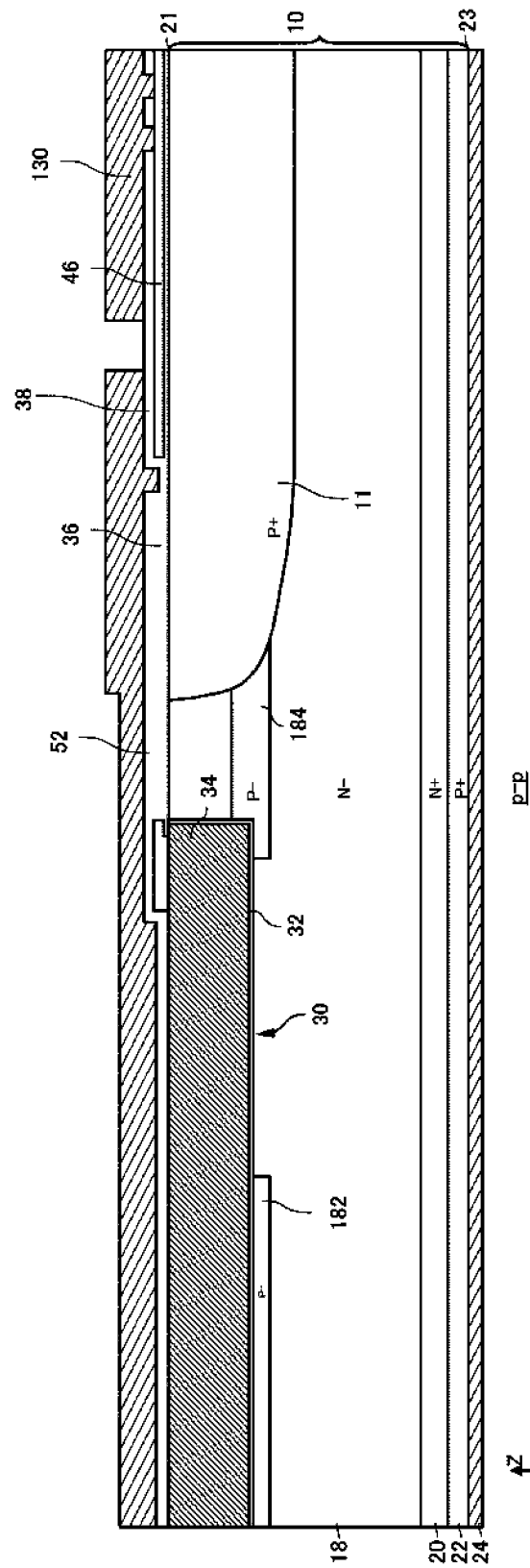


Fig. 27

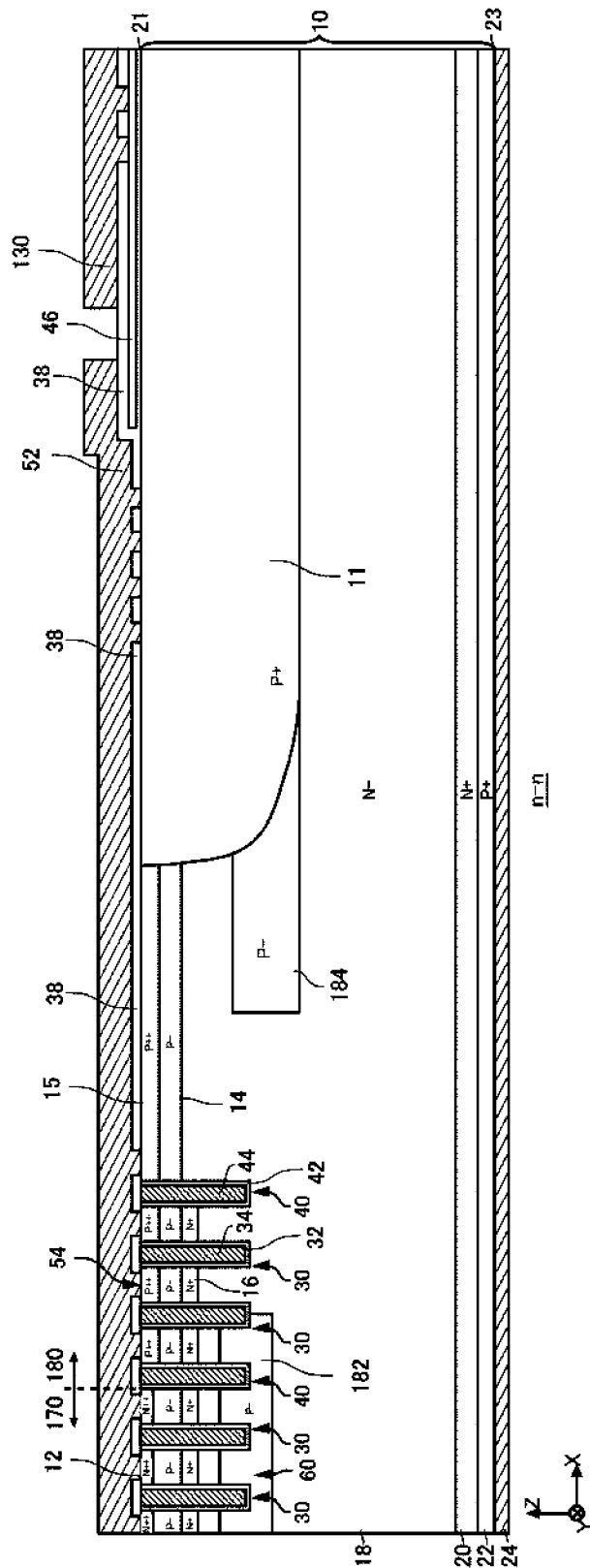


Fig. 28