



(12) **Veröffentlichung**

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2021/166980**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2
IntPatÜbkG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2021 000 055.1**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2021/006016**
(86) PCT-Anmeldetag: **17.02.2021**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **26.08.2021**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **30.06.2022**

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

H01L 29/739 (2006.01)
H01L 29/78 (2006.01)
H01L 29/861 (2006.01)
H01L 29/868 (2006.01)
H01L 21/336 (2006.01)
H01L 21/331 (2006.01)
H01L 21/324 (2006.01)
H01L 21/326 (2006.01)
H01L 21/265 (2006.01)
H01L 21/322 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
2020-025326 18.02.2020 JP

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

(71) Anmelder:
FUJI ELECTRIC CO., LTD., Kawasaki-shi,
Kanagawa, JP

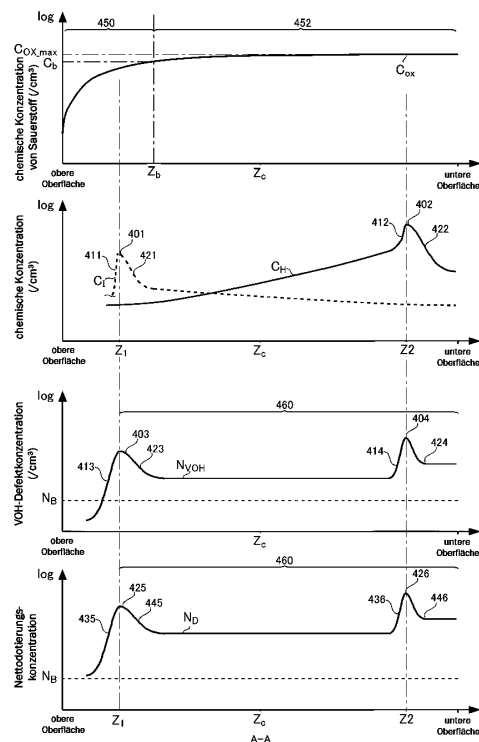
(72) Erfinder:
Kubouchi, Motoyoshi, Kawasaki-shi, Kanagawa,
JP

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Halbleitervorrichtung**

(57) Zusammenfassung: Es wird eine Halbleitervorrichtung bereitgestellt, die Folgendes enthält: ein Halbleitersubstrat, das eine obere Oberfläche und eine untere Oberfläche aufweist und in dem ein Bulk-Donator eines ersten Leitfähigkeitstyps vorgesehen ist; einen Hochkonzentrationsbereich eines ersten Leitfähigkeitstyps, der eine Mittelposition in einer Tiefenrichtung des Halbleitersubstrats enthält und eine Donorkonzentration aufweist, die höher ist als eine Dotierkonzentration der Bulk-Donatoren; und einen Sauerstoffreduktionsbereich an der oberen Oberfläche, der in Kontakt stehend mit der oberen Oberfläche des Halbleitersubstrats im Inneren des Halbleitersubstrats vorgesehen ist und in dem die chemische Konzentration von Sauerstoff bei Annäherung an die obere Oberfläche des Halbleitersubstrats abnimmt. Die chemische Konzentration von Sauerstoff kann einen Hochkonzentrationsbereich aufweisen, in dem die chemische Konzentration von Sauerstoff 50 % oder mehr eines Maximalwerts des Maximalwertbereichs beträgt, ein erster Peak einer chemischen Konzentration der Verunreinigung kann in einem Endabschnitt in der Tiefenrichtung des Hochkonzentrationsbereichs angeordnet sein, und der erste Peak kann in dem Hochkonzentrationsbereich oder auf der oberen Oberfläche des Halbleitersubstrats bezüglich des Hochkonzentrationsbereichs angeordnet sein.



Beschreibung

HINTERGRUND

Technisches Feld

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

Stand der Technik

[0002] Üblicherweise ist es bekannt, dass ein Halbleiterwafer mit Protonen bestrahlt wird, um einen thermischen Prozess auszuführen, um „wasserstoff-induzierte Donatoren aus Kristalldefekten zu erzeugen, die durch Protonenbestrahlung und eingeführte Protonen ausgebildet wurden“ (siehe zum Beispiel Absatz 0061 der Druckschrift 1).

[0003] Druckschrift 1: Japanische Patentanmeldung Veröffentlichung Nr. 2013-153183.

TECHNISCHES PROBLEM

[0004] Die Halbleitervorrichtung weist vorzugsweise eine geringe Schwankung der Donatorkonzentration auf.

ALLGEMEINE OFFENBARUNG

[0005] Um die obigen Probleme zu lösen, ist in einem Aspekt der vorliegenden Erfindung eine Halbleitervorrichtung vorgesehen, die ein Halbleitersubstrat, das eine obere Oberfläche und eine untere Oberfläche aufweist und in dem ein Bulk-Donator eines ersten Leitfähigkeitstyps vorgesehen ist. Die Halbleitervorrichtung kann einen Hochkonzentrationsbereich eines ersten Leitfähigkeitstyps umfassen, der eine Mittelposition in einer Tiefenrichtung des Halbleitersubstrats enthält und eine Donatorkonzentration aufweist, die höher ist als eine Dotierungskonzentration der Bulk-Donatoren. Die Halbleitervorrichtung kann einen Sauerstoffreduktionsbereich an der oberen Oberfläche umfassen, der in Kontakt stehend mit der oberen Oberfläche des Halbleitersubstrats im Inneren des Halbleitersubstrats vorgesehen ist und in dem die chemische Konzentration von Sauerstoff bei Annäherung an die obere Oberfläche des Halbleitersubstrats abnimmt.

[0006] Die Verteilung der chemischen Konzentration von Sauerstoff in der Tiefenrichtung des Halbleitersubstrats kann eine Position enthalten, an der die chemische Konzentration von Sauerstoff einen Maximalwert erreicht und einen Maximalwertbereich aufweist, in dem die chemische Konzentration von Sauerstoff 50 % oder mehr des Maximalwerts beträgt. Der erste Peak, bei dem die Verteilung der chemischen Konzentration der Verunreinigung zu einem Peak wird, kann in einem Endabschnitt des

Hochkonzentrationsbereichs in der Tiefenrichtung angeordnet werden. Der erste Peak kann im Bereich des maximalen Wertes oder auf der oberen Oberfläche des Halbleitersubstrats angeordnet sein, als der Bereich des maximalen Wertes.

[0007] Die Verteilung der chemischen Konzentration der Verunreinigung kann in der Tiefenrichtung eine sich vom ersten Peak zur unteren Oberfläche erstreckende untere Rückseite und eine sich vom ersten Peak zur oberen Oberfläche erstreckende obere Rückseite aufweisen, in der die chemische Konzentration der Verunreinigung steiler abnimmt als die untere Rückseite.

[0008] Der Hochkonzentrationsbereich kann von dem ersten Peak bis zur unteren Oberfläche des Halbleitersubstrats vorgesehen sein.

[0009] Die Verteilung der chemischen Konzentration von Sauerstoff kann einen Peak der Sauerstoffkonzentration aufweisen, bei dem die chemische Konzentration von Sauerstoff einen lokalen Maximalwert aufweist.

[0010] Ein zweiter Peak der chemischen Konzentration von Wasserstoff, der zwischen dem ersten Peak und der unteren Oberfläche angeordnet ist, kann enthalten sein.

[0011] Die Halbleitervorrichtung kann einen Sauerstoffreduktionsbereich an der unteren Oberfläche enthalten, der bezüglich des Sauerstoffreduktionsbereichs an der oberen Oberfläche angeordnet ist und in dem die chemische Konzentration von Sauerstoff bei Annäherung an die untere Oberfläche des Halbleitersubstrats abnimmt. Der zweite Peak der chemischen Konzentration von Wasserstoff kann in dem Sauerstoffreduktionsbereich auf der unteren Oberfläche angeordnet sein.

[0012] Der zweite Peak der chemischen Konzentration von Wasserstoff kann im Bereich des maximalen Wertes angeordnet sein.

[0013] Die Halbleitervorrichtung kann einen Driftbereich eines ersten Leitfähigkeitstyps enthalten, der in dem Halbleitersubstrat vorgesehen ist. Die Halbleitervorrichtung kann einen Dämpferbereich enthalten, der zwischen dem Driftbereich und der unteren Oberfläche angeordnet ist und eine höhere Dotierungskonzentration als der Driftbereich aufweist. Der zweite Peak der chemischen Konzentration von Wasserstoff kann in der Pufferregion angeordnet sein.

[0014] Die Rekombinationszentrumkonzentrationsverteilung in der Tiefenrichtung des Halbleitersubstrats kann einen Peak der Rekombinationskonzentration aufweisen. Der Peak der

Rekombinationskonzentration kann in einem Bereich angeordnet sein, in dem die chemische Konzentration von Sauerstoff 70 % oder mehr des Maximalwerts beträgt.

[0015] Der erste Peak kann in einem Bereich angeordnet sein, in dem die chemische Konzentration von Sauerstoff 70 % oder mehr des Maximalwertes beträgt.

[0016] Der Bulk-Donator kann aus Phosphor oder Antimon hergestellt sein.

[0017] In dem Halbleitersubstrat kann ein Bulk-Akzeptor eines zweiten Leitfähigkeitstyps über den gesamten Bereich verteilt sein.

[0018] Der Bulk-Akzeptor kann aus Bor hergestellt sein.

[0019] Bei der chemischen Konzentration der Verunreinigung kann es sich um eine chemische Konzentration von Wasserstoff handeln.

[0020] Die Halbleitervorrichtung kann einen oder mehrere Schutzringe enthalten, die in Kontakt mit einer oberen Oberfläche des Halbleitersubstrats stehen und einen zweiten Leitfähigkeitstyp aufweisen. Die Halbleitervorrichtung kann einen Kanalstopper (Channel-Stopper) eines ersten Leitfähigkeitstyps oder eines zweiten Leitfähigkeitstyps enthalten, der weiter außerhalb eines äußersten Schutzrings vorgesehen ist, in Kontakt mit der oberen Oberfläche des Halbleitersubstrats steht und eine höhere Dotierungskonzentration als die des Bulk-Donators aufweist. Der Kanalstopper kann Wasserstoff enthalten.

[0021] Wasserstoff kann sich von der unteren Oberfläche des Halbleitersubstrats zum Kanalstopper verteilen.

[0022] In dem Kanalstopper kann ein Peak einer chemischen Konzentration von Wasserstoff vorgesehen sein.

[0023] Es ist zu beachten, dass diese Zusammenfassung nicht notwendigerweise alle notwendigen Merkmale der Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung beschreibt. Die vorliegende Erfindung kann auch eine Unterkombination der oben beschriebenen Merkmale sein.

Figurenliste

Fig. 1 veranschaulicht eine Schnittdarstellung eines Beispiels einer Halbleitervorrichtung 100.

Fig. 2 veranschaulicht ein Beispiel für die Verteilung einer chemischen Konzentration von Sauerstoff (C_{OX}), einer chemischen Konzentration von Sauerstoff (C_I), einer chemischen Kon-

zentration von Wasserstoff (C_H) und einer VOH-Defektkonzentration (N_{VOH}) in einer Tiefenposition, die durch die Linie A-A in **Fig. 1** angegeben ist.

Fig. 3 veranschaulicht ein weiteres Beispiel für die Verteilung der chemischen Konzentration von Sauerstoff (C_{OX}), der chemischen Konzentration von Verunreinigungen (C_I), der chemischen Konzentration von Wasserstoff (C_H) und der VOH-Defektkonzentration (N_{VOH}) in der Tiefenrichtung an der durch die Linie A-A in **Fig. 1** angegebenen Position.

Fig. 4 veranschaulicht ein Diagramm, das ein Beispiel für eine Variation der chemischen Konzentration von Sauerstoff in einem MCZ-Substrat vor und nach dem Sauerstoffausglühen zeigt.

Fig. 5 veranschaulicht ein Diagramm, das ein Beispiel für eine Veränderung der chemischen Konzentration von Sauerstoff in einem FZ-Substrat vor und nach dem Sauerstoffausglühen zeigt.

Fig. 6 veranschaulicht ein Diagramm, das ein Beispiel für die Verteilung einer Rekombinationszentrumkonzentration N_r und einer chemischen Konzentration von Sauerstoff C_{OX} zeigt.

Fig. 7 veranschaulicht ein Diagramm, das die Position eines dritten Peaks 403 beschreibt.

Fig. 8 veranschaulicht ein Beispiel für eine Draufsicht auf die Halbleitervorrichtung 100.

Fig. 9 veranschaulicht eine vergrößerte Ansicht eines Bereichs A in **Fig. 8**.

Fig. 10 veranschaulicht ein Diagramm, das ein Beispiel für einen Querschnitt b-b in **Fig. 9** zeigt.

Fig. 11 veranschaulicht ein Diagramm, das ein Beispiel für einen Querschnitt c-c in **Fig. 8** zeigt.

Fig. 12 veranschaulicht Beispiele für die Verteilung einer Trägerkonzentration N_c , einer chemischen Konzentration von Phosphor C_P , einer VOH-Defektkonzentration N_{VOH} und einer chemischen Konzentration der Verunreinigung C_I entlang der in **Fig. 11** dargestellten Linie d-d.

Fig. 13A veranschaulicht ein Diagramm, das ein weiteres Beispiel für den Querschnitt c-c in **Fig. 8** zeigt.

Fig. 13B veranschaulicht ein Diagramm, das ein weiteres Beispiel für den Querschnitt c-c in **Fig. 8** zeigt.

Fig. 13C veranschaulicht ein Diagramm, das ein weiteres Beispiel für den Querschnitt c-c in **Fig. 8** zeigt.

Fig. 14 veranschaulicht ein Diagramm, das ein weiteres Beispiel für den Querschnitt c-c in **Fig. 8** zeigt.

Fig. 15 veranschaulicht ein Diagramm, das ein weiteres Beispiel für den Querschnitt c-c in **Fig. 8** zeigt.

Fig. 16 veranschaulicht ein Diagramm, das ein weiteres Beispiel für den Querschnitt c-c in **Fig. 8** zeigt.

Fig. 17 veranschaulicht ein Diagramm, das ein weiteres Beispiel für den Querschnitt c-c in **Fig. 8** zeigt.

Fig. 18A veranschaulicht ein Diagramm, das ein weiteres Beispiel für den Querschnitt c-c in **Fig. 8** zeigt.

Fig. 18B veranschaulicht ein Diagramm, das ein weiteres Beispiel für den Querschnitt c-c in **Fig. 8** zeigt.

Fig. 18C veranschaulicht ein Diagramm, das ein weiteres Beispiel für den Querschnitt c-c in **Fig. 8** zeigt.

Fig. 19 veranschaulicht ein Diagramm, das ein weiteres Beispiel für den Querschnitt c-c in **Fig. 8** zeigt.

Fig. 20 veranschaulicht ein Diagramm, das ein weiteres Beispiel für den Querschnitt c-c in **Fig. 8** zeigt.

Fig. 21A veranschaulicht ein Diagramm, das ein weiteres Beispiel für den Querschnitt c-c in **Fig. 8** zeigt.

Fig. 21B veranschaulicht ein Diagramm, das ein weiteres Beispiel für den Querschnitt c-c in **Fig. 8** zeigt.

Fig. 22 veranschaulicht ein Diagramm, das ein Beispiel für ein in **Fig. 20** beschriebenes Verfahren zum Ausbilden eines Hochkonzentrationsbereichs 460 darstellt.

Fig. 23 veranschaulicht ein Diagramm, das ein Beispiel für ein Verfahren zur Bildung des in **Fig. 21A** beschriebenen Hochkonzentrationsbereichs 460 ausbildet.

BESCHREIBUNG VON BEISPIELHAFTEN AUSFÜHRUNGEN

[0024] Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Ausführungsformen der Erfindung beschrieben, wobei die folgenden Ausführungsformen die Erfindung gemäß den Ansprüchen nicht begrenzen. Darüber hinaus sind nicht alle der in den Ausführungsbeispielen beschriebenen Merkmalskombinationen für die erfindungsgemäßen Mittel wesentlich.

[0025] Wie im Folgenden erläutert, wird eine Seite in einer Richtung parallel zu einer Tiefenrichtung eines Halbleitersubstrats als „oben“ und die andere Seite als „unten“ bezeichnet. Eine Oberfläche von zwei Hauptoberflächen eines Substrats, einer Schicht oder eines anderen Elements wird als obere Oberfläche und die andere Oberfläche als untere Oberfläche bezeichnet. „Obere“ und „untere“ Richtungen sind nicht auf eine Richtung der Schwerkraft oder eine Richtung, in der eine Halbleitervorrichtung angebracht ist, begrenzt.

[0026] In der vorliegenden Spezifikation können technische Sachverhalte unter Verwendung orthogonaler Koordinatenachsen mit einer x-Achse, einer y-Achse und einer z-Achse beschrieben werden. Die orthogonalen Koordinatenachsen geben lediglich relative Positionen von Komponenten an und begrenzen keine bestimmte Richtung. Zum Beispiel ist die z-Achse nicht darauf begrenzt, die Richtung der Höhe bezüglich des Bodens anzugeben. Es ist zu beachten, dass eine +z-Achsenrichtung und eine -z-Achsenrichtung einander entgegengesetzte Richtungen sind. Wenn die Richtung der z-Achse ohne Angabe der Vorzeichen beschrieben wird, bedeutet dies, dass die Richtung parallel zur +z-Achse und zur -z-Achse verläuft.

[0027] In der vorliegenden Spezifikation werden orthogonale Achsen, die parallel zur oberen Oberfläche und zur unteren Oberfläche des Halbleitersubstrats verlaufen, als x-Achse und y-Achse bezeichnet. Ferner wird eine Achse senkrecht zur oberen Oberfläche und zur unteren Oberfläche des Halbleitersubstrats als z-Achse bezeichnet. In der vorliegenden Spezifikation kann die Richtung der z-Achse als Tiefenrichtung bezeichnet werden. Ferner kann in der vorliegenden Spezifikation eine Richtung parallel zu der oberen Oberfläche und der unteren Oberfläche des Halbleitersubstrats als horizontale Richtung bezeichnet werden, die eine x-Achsenrichtung und eine y-Achsenrichtung enthält. Wenn in der vorliegenden Spezifikation von einer oberen Oberfläche des Halbleitersubstrats die Rede ist, bezeichnet die obere Oberfläche einen Bereich von der Mitte zur oberen Oberfläche in der Tiefenrichtung des Halbleitersubstrats. Im Falle der Bezugnahme auf eine untere Oberflächenseite des Halbleitersubstrats bezeichnet die untere Oberflächenseite einen Bereich von der Mitte bis zur unteren Oberfläche in der Tiefenrichtung des Halbleitersubstrats.

[0028] In der vorliegenden Spezifikation kann ein Fall, in dem ein Begriff wie „gleich“ oder „gleichmäßig“ verwendet wird, einen Fall enthalten, in dem ein Fehler aufgrund einer Abweichung bei der Herstellung oder dergleichen enthalten ist. Der Fehler liegt z.B. innerhalb einer Toleranz von 10%.

[0029] In der vorliegenden Spezifikation wird ein Leitfähigkeitstyp eines Dotierungsbereichs, in dem eine Dotierung mit einer Verunreinigung durchgeführt wurde, als P Typ oder N Typ beschrieben. In der vorliegenden Spezifikation kann die Verunreinigung insbesondere entweder einen Donator vom N Typ oder einen Akzeptor vom P Typ bedeuten und als Dotierstoff bezeichnet werden. In der vorliegenden Spezifikation bedeutet Dotierung das Einbringen des Donators 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.

[0030] In der vorliegenden Spezifikation bedeutet eine Dotierungskonzentration eine Donator- oder Akzeptorkonzentration in einem thermischen Gleichgewichtszustand. In der vorliegenden Spezifikation bedeutet eine Nettodotierungskonzentration eine Nettokonzentration, die sich aus der Addition der als positive Ionenkonzentration eingestellten Donatorkonzentration und der als negative Ionenkonzentration eingestellten Akzeptorkonzentration ergibt, wobei die Ladungspolaritäten berücksichtigt werden. Wenn zum Beispiel die Donatorkonzentration N_D und die Akzeptorkonzentration N_A ist, wird die Nettodotierungskonzentration an jeder beliebigen Stelle als $N_D - N_A$ angegeben.

[0031] Der Donator hat die Funktion, einem Halbleiter Elektronen zuzuführen. Der Akzeptor hat die Funktion, Elektronen aus dem Halbleiter aufzunehmen. Der Donator 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 Donator, der Elektronen liefert.

[0032] In der vorliegenden Beschreibung steht die Bezeichnung „P+ Typ“ oder „N+ Typ“ für eine höhere Dotierungskonzentration als die des P Typs oder des N Typs und die Bezeichnung „P- Typ“ oder „N- Typ“ für eine niedrigere Dotierungskonzentration als die des P Typs oder des N Typs. Ferner bedeutet die Bezeichnung P++ Typ oder N++ Typ in der Beschreibung eine höhere Dotierungskonzentration als die des P+ Typs oder des N+ Typs.

[0033] Eine chemische Konzentration in der vorliegenden Spezifikation bezeichnet eine atomare Dichte einer Verunreinigung, die unabhängig von einem elektrischen Aktivierungszustand gemessen wird. Die chemische Konzentration (atomare Dichte) kann zum Beispiel durch Sekundärionen-Massenspektrometrie (SIMS) gemessen werden. Die oben beschriebene Nettodotierungskonzentration kann durch Spannungs-Kapazitäts-Profilierung (CV-Profilierung) gemessen werden. Darüber hinaus kann als Nettodotierungskonzentration eine durch das Profiling

des sich ausbreitenden Widerstands (SRP-Verfahren) gemessene Ladungsträgerkonzentration festgelegt werden. Die mit dem CV-Profilierung oder dem SRP-Verfahren gemessene Ladungsträgerkonzentration kann ein Wert in einem thermischen Gleichgewichtszustand sein. Außerdem ist in einem Bereich des N Typs die Donatorkonzentration ausreichend höher als die Akzeptorkonzentration, sodass die Ladungsträgerkonzentration des Bereichs als Donatorkonzentration festgelegt werden kann. In ähnlicher Weise kann in einem Bereich des P Typs die Ladungsträgerkonzentration des Bereichs als die Akzeptorkonzentration eingestellt werden.

[0034] Wenn eine Konzentrationsverteilung des Donators, Akzeptors oder der Netto-Dotierung einen Peak in einem Bereich aufweist, kann ein Wert des Peaks als die Konzentration des Donators, Akzeptors oder der Netto-Dotierung in dem Bereich festgelegt werden. In einem Fall, in dem die Konzentration des Donators, Akzeptors oder der Netto-Dotierung in einem Bereich im Wesentlichen gleichmäßig ist, kann ein durchschnittlicher Wert der Konzentration des Donators, Akzeptors oder der Netto-Dotierung in dem Bereich als die Konzentration des Donators, Akzeptors oder der Netto-Dotierung festgelegt werden.

[0035] Die mit dem SRP-Verfahren gemessene Ladungsträgerkonzentration kann niedriger sein als die Konzentration des Donators oder des Akzeptors. In einem Bereich, in dem ein Strom fließt, wenn ein Ausbreitungswiderstand gemessen wird, kann die Ladungsträgerbeweglichkeit des Halbleitersubstrats niedriger sein als ein Wert in einem kristallinen Zustand. Die Verringerung der Ladungsträgerbeweglichkeit tritt auf, wenn die Ladungsträger aufgrund von Unregelmäßigkeiten (Störungen) in der Kristallstruktur durch einen Gitterdefekt oder ähnliches gestreut werden.

[0036] Die aus der durch die CV-Profilierung oder die SRP-Methode gemessenen Trägerkonzentration berechnete Konzentration des Donators oder Akzeptors kann niedriger sein als die chemische Konzentration eines Elements, das den Donator oder Akzeptor bereitstellt. In einem Silizium-Halbleiter beträgt beispielsweise die Donatorkonzentration von Phosphor oder Arsen als Donator, oder eine Akzeptorkonzentration von Bor, das als Akzeptor dient, etwa 99 % der chemischen Konzentrationen der genannten Stoffe. Andererseits beträgt im Silizium-Halbleiter eine Donatorkonzentration von Wasserstoff, der als Donator dient, etwa 0,1 % bis 10 % einer chemischen Konzentration von Wasserstoff.

[0037] Fig. 1 veranschaulicht eine Schnittansicht, die ein Beispiel einer Halbleitervorrichtung 100 zeigt. Die Halbleitervorrichtung 100 enthält ein Halbleitersubstrat 10. Das Halbleitersubstrat 10 ist ein

Substrat, das aus einem Halbleitermaterial ausgebildet ist. In einem Beispiel ist das Halbleitersubstrat 10 ein Siliziumsubstrat.

[0038] Auf dem Halbleitersubstrat 10 ist mindestens ein Transistorelement, z. B. ein Bipolartransistor mit isoliertem Gate (IGBT), oder ein Diodenelement, z. B. eine Blinddiode (FWD), ausgebildet. In **Fig. 1** sind die einzelnen Elektroden der Halbleitervorrichtung und der Diode sowie jeder innerhalb des Halbleitersubstrats 10 vorgesehene Bereich des Transistorelements und des Diodenelements nicht dargestellt.

[0039] In dem Halbleitersubstrat 10 dieses Beispiels sind durchgängig N-Donatoren angeordnet. Bei dem Bulk-Donator handelt es sich um einen Dotierstoff-Donator, der bei der Herstellung des Ingots, aus dem das Halbleitersubstrat 10 hergestellt wird, im Wesentlichen gleichmäßig in einem Ingot enthalten ist. Der Bulk-Donator ist in diesem Beispiel ein anderes Element als Wasserstoff. Der Bulk-Donator-Dotierstoff ist beispielsweise ein Element der Hauptgruppe V oder der Hauptgruppe VI des Periodensystems und enthält zum Beispiel, aber nicht ausschließlich, Phosphor, Antimon, Arsen, Selen oder Schwefel. Der Hauptdonator in diesem Beispiel ist Phosphor. Der Bulk-Donator ist auch im P Typ-Bereich enthalten. Bei dem Halbleitersubstrat 10 kann es sich um einen aus einem Halbleiterbarren ausgestanzten Wafer oder um einen durch Vereinzeln des Wafers hergestellten Chip handeln. Der Halbleiteringot kann nach einem der folgenden Verfahren hergestellt werden: Czochralski-Verfahren (CZ-Verfahren), Magnetfeld-Czochralski-Verfahren (MCZ-Verfahren) und Float-Zone-Verfahren (FZ-Verfahren).

[0040] Die chemische Konzentration von Sauerstoff in dem nach dem MCZ-Verfahren hergestellten Substrat beträgt zum Beispiel 1×10^{17} bis 7×10^{17} Atome/cm³. Die chemische Konzentration von Sauerstoff in dem nach dem FZ-Verfahren hergestellten Substrat beträgt zum Beispiel 1×10^{15} bis 5×10^{16} Atome/cm³. Die Bulk-Donatoren-Konzentration kann eine chemische Konzentration von Bulk-Donatoren verwenden, die im gesamten Halbleitersubstrat 10 verteilt sind, und kann einen Wert zwischen 90 % und 100 % der chemischen Konzentration haben. In dem Halbleitersubstrat, das mit Dotierstoffen der Hauptgruppe V oder der Hauptgruppe VI des Periodensystems, wie Phosphor, dotiert ist, kann die Bulk-Donatoren-Konzentration 1×10^{11} /cm³ oder mehr und 3×10^{13} /cm³ oder weniger betragen. Die Bulk-Donatoren-Konzentration des mit Dotierstoffen der Hauptgruppe V oder der Hauptgruppe VI des Periodensystems dotierten Halbleitersubstrats beträgt vorzugsweise 1×10^{12} /cm³ oder mehr und 1×10^{13} /cm³ oder weniger. Als Halbleitersubstrat 10 kann ein nicht dotiertes Substrat verwendet werden,

das im Wesentlichen keinen Dotierstoff wie Phosphor enthält. In diesem Fall beträgt die Bulk-Donatoren-Konzentration (N_{B0}) des nichtdotierten Substrats beispielsweise 1×10^{10} /cm³ oder mehr und 5×10^{12} /cm³ oder weniger. Die Bulk-Donatoren-Konzentration (N_{B0}) des nicht dotierten Substrats beträgt vorzugsweise 1×10^{11} /cm³ oder mehr. Die Bulk-Donatoren-Konzentration (N_{B0}) des nicht-dotierten Substrats beträgt vorzugsweise 5×10^{12} /cm³ oder weniger.

[0041] Das Halbleitersubstrat 10 hat eine obere Oberfläche 21 und eine untere Oberfläche 23. Die obere Oberfläche 21 und die untere Oberfläche 23 sind zwei Hauptflächen des Halbleitersubstrats 10. In der Beschreibung werden orthogonale Achsen in der Ebene, die parallel zur oberen Oberfläche 21 und zur unteren Oberfläche 23 verläuft, als x-Achse und y-Achse bezeichnet, und die senkrechte Achse zur oberen Oberfläche 21 und zur unteren Oberfläche 23 wird als z-Achse bezeichnet.

[0042] Ein geladener Teilchenstrahl wird von der unteren Oberfläche 23 in das Halbleitersubstrat 10 in einer vorher festgelegten Tiefenposition Z1 zugeführt. Die Hauptoberfläche des Halbleitersubstrats 10, in die der geladene Teilchenstrahl eingebracht wird, muss nicht auf die untere Oberfläche 23 begrenzt sein und kann auch die obere Oberfläche 21 sein. In der vorliegenden Spezifikation kann der Abstand von der oberen Oberfläche 21 in Richtung der z-Achse als Tiefenposition bezeichnet werden. In der vorliegenden Spezifikation wird die Mittelposition in der Tiefenrichtung des Halbleitersubstrats 10 als Tiefenposition Z_c bezeichnet. Die Tiefenposition Z1 ist eine Position, bei der der Abstand zur oberen Oberfläche 21 in Richtung der z-Achse Z1 beträgt. Die Tiefenposition Z1 ist auf der Seite der oberen Oberfläche 21 des Halbleitersubstrats 10 angeordnet (ein Bereich zwischen der Tiefenposition Z_c und der oberen Oberfläche 21). Das Einbringen des geladenen Teilchenstrahls in die Tiefenposition Z1 bedeutet, dass ein mittlerer Abstand (auch als Bereich bezeichnet) von geladenen Teilchen, die das Innere des Halbleitersubstrats 10 durchdringen, Z1 beträgt. Die geladenen Teilchen werden mit einer Beschleunigungsenergie, die der vorher festgelegten Tiefenposition Z1 entspricht, beschleunigt und in das Halbleitersubstrat 10 eingeführt.

[0043] Ein Bereich, in dem die geladenen Teilchen das Innere des Halbleitersubstrats 10 durchdringen haben, wird als Durchgangsbereich 106 bezeichnet. Im Beispiel von **Fig. 1** ist ein Bereich von der unteren Oberfläche 23 des Halbleitersubstrats 10 bis zur Tiefenposition Z1 der Durchgangsbereich 106. Bei den geladenen Teilchen handelt es sich um Teilchen, die in der Lage sind, Gitterdefekte in dem Durchgangsbereich 106 auszubilden. Bei den geladenen Teilchen handelt es sich z. B. um Wasserstoffionen,

Heliumionen oder Elektronen. Die geladenen Teilchen können auf der gesamten Oberfläche des Halbleitersubstrats 10 in der XY-Ebene oder nur in einem Teilbereich eingebracht werden.

[0044] Das Halbleitersubstrat 10 weist einen ersten Peak 401 der Konzentration der geladenen Teilchen an der Tiefenposition Z1 auf. In diesem Beispiel handelt es sich bei den geladenen Teilchen um Wasserstoff. Das heißt, das Halbleitersubstrat 10 dieses Beispiels weist den ersten Peak 401 in Richtung der chemischen Konzentration von Wasserstoff an der Tiefenposition Z1 auf. Der erste Peak 401 kann ein Peak in der Verteilung der chemischen Konzentration von Helium sein.

[0045] In dem Durchgangsbereich 106, durch den die geladenen Teilchen im Halbleitersubstrat 10 hindurchgegangen sind, werden Gitterdefekte, die hauptsächlich aus Leerstellen wie einatomigen Leerstellen (V) und zweiatomigen Leerstellen (W) bestehen, durch die hindurchgegangenen geladenen Teilchen ausgebildet. Die an die Leerstellen angrenzenden Atome haben lose Bindungen. Gitterdefekte enthalten auch Zwischengitteratome, Versetzungen und dergleichen und können Donatoren und Akzeptoren im weitesten Sinne enthalten. In der vorliegenden Spezifikation werden Gitterdefekte, die hauptsächlich aus Leerstellen bestehen, jedoch als Gitterdefekte vom Typ Leerstellen, Defekte vom Typ Leerstellen oder einfach als Gitterdefekte bezeichnet. Da viele Gitterdefekte durch die Einbringung von geladenen Teilchen in das Halbleitersubstrat 10 ausgebildet werden, kann die Kristallinität des Halbleitersubstrats 10 stark gestört werden. In der vorliegenden Spezifikation kann diese Störung der Kristallinität als Unordnung bezeichnet werden.

[0046] Darüber hinaus ist in dem gesamten Halbleitersubstrat 10 Sauerstoff enthalten. Der Sauerstoff wird bei der Herstellung eines Halbleitersubstrats absichtlich oder unabsichtlich eingebracht. Wasserstoff ist zumindest in einem Teilbereich des Durchgangsbereichs 106 enthalten. Der Wasserstoff kann absichtlich in das Halbleitersubstrat 10 eingebracht werden.

[0047] In diesem Beispiel werden Wasserstoffionen von der unteren Oberfläche 23 in eine Tiefenposition Z2 eingebracht. Bei den Wasserstoffionen in diesem Beispiel handelt es sich um Protonen. Die Hauptoberfläche des Halbleitersubstrats 10, in die Wasserstoffionen implantiert werden, muss nicht auf die untere Oberfläche 23 begrenzt sein, sondern kann auch die obere Oberfläche 21 sein. Das Halbleitersubstrat 10 dieses Beispiels weist einen zweiten Peak 402 der chemischen Konzentration von Wasserstoff an der Tiefenposition Z2 auf. In **Fig. 1** sind der erste Peak 401 und der zweite Peak 402 schematisch durch gestrichelte Linien dargestellt. Die Tie-

fenposition Z2 kann in dem Durchgangsbereich 106 enthalten sein. Die Tiefenposition Z2 ist in diesem Beispiel auf der Seite der unteren Oberfläche 23 des Halbleitersubstrats 10 angeordnet (ein Bereich zwischen der Tiefenposition Z_c und der unteren Oberfläche 23). Es ist zu beachten, dass der an der Tiefenposition Z1 eingebrachte Wasserstoff in den Durchgangsbereich 106 diffundieren kann, oder dass Wasserstoff durch ein anderes Verfahren in den Durchgangsbereich 106 eingebracht werden kann. In diesen Fällen dürfen die Wasserstoffionen nicht in die Tiefenposition Z2 eingebracht werden.

[0048] Nachdem der Durchgangsbereich 106 im Halbleitersubstrat 10 ausgebildet ist und Wasserstoffionen in das Halbleitersubstrat 10 implantiert wurden, verbinden sich Wasserstoff (H), Leerstellen (V) und Sauerstoff (O) im Halbleitersubstrat 10, und es bilden sich VOH-Defekte. Darüber hinaus diffundiert bei der Wärmebehandlung (in der vorliegenden Spezifikation manchmal auch als Glühen bezeichnet) des Halbleitersubstrats 10 Wasserstoff, was die Bildung von VOH-Defekten fördert. Da Wasserstoff durch Wärmebehandlung nach Ausbilden des Durchgangsbereichs 106 mit den Leerstellen verbunden werden kann, ist es außerdem möglich, die Freisetzung von Wasserstoff nach außen aus dem Halbleitersubstrat 10 zu unterdrücken.

[0049] Der VOH-Defekt fungiert als Donator, der Elektronen liefert. In der vorliegenden Spezifikation können VOH-Defekte einfach als Wasserstoffdonatoren bezeichnet werden. In dem Halbleitersubstrat 10 dieses Beispiels ist ein Wasserstoffdonator in dem Durchgangsbereich 106 ausgebildet. Die Dotierungskonzentration des Wasserstoffdonators ist an jeder Position niedriger als die chemische Konzentration des Wasserstoffs an jeder Position. Was die chemische Konzentration von Wasserstoff betrifft, so kann das Verhältnis zwischen der chemischen Konzentration von Wasserstoff und der Dotierungskonzentration von Wasserstoffdonatoren (VOH-Defekten) einen Wert zwischen 0,1 % und 30 % (d. h. 0,001 oder mehr und 0,3 oder weniger) haben. In diesem Beispiel beträgt das Verhältnis der chemischen Konzentration von Wasserstoff zur Dotierungskonzentration von Wasserstoffdonatoren (VOH-Defekten) 1 % bis 5 %. Es ist zu beachten, dass, sofern nicht anders angegeben, in der vorliegenden Spezifikation VOH-Defekte, die eine ähnliche Verteilung wie die chemische Konzentrationsverteilung von Wasserstoff aufweisen, und VOH-Defekte, die eine ähnliche Verteilung wie die Verteilung von Leerstellen-Defekten in dem Durchgangsbereich 106 aufweisen, auch als Wasserstoff-Donatoren oder Wasserstoff als Donatoren bezeichnet werden.

[0050] Durch Ausbilden eines Wasserstoff-Donators im Durchlassbereich 106 des Halbleitersubstrats

10 kann die Donatorkonzentration im Durchlassbereich 106 gegenüber der Dotierungs-Konzentration des Bulk-Donators (auch einfach als Bulk-Donatorkonzentration bezeichnet) des Bulk-Donators erhöht werden. Normalerweise ist es erforderlich, das Halbleitersubstrat 10 mit einer vorher festgelegten Bulk-Donatoren-Konzentration gemäß den Eigenschaften eines auf dem Halbleitersubstrat 10 auszubildenden Elements, insbesondere einer Nennspannung oder einer Durchschlagspannung, herzustellen. Andererseits kann gemäß der in **Fig. 1** veranschaulichten Halbleitervorrichtung 100 die Donatorkonzentration des Halbleitersubstrats 10 durch Steuerung der Dosiermenge der geladenen Teilchen eingestellt werden. Daher kann die Halbleitervorrichtung 100 unter Verwendung eines Halbleitersubstrats mit einer Bulk-Donatoren-Konzentration hergestellt werden, die nicht den Eigenschaften und dergleichen des Elements entspricht. Die Variation der Bulk-Donatoren-Konzentration während der Herstellung des Halbleitersubstrats 10 ist relativ groß, aber die Dosiermenge der geladenen Teilchen kann mit relativ hoher Präzision gesteuert werden. Daher kann die Konzentration von Gitterdefekten, die durch eingebrachte geladene Teilchen erzeugt werden, ebenfalls mit hoher Präzision gesteuert werden, und die Donatorkonzentration in der Durchgangsregion kann mit hoher Präzision gesteuert werden.

[0051] Die Tiefenposition Z1 kann in einem Bereich angeordnet sein, der die Hälfte der Dicke des Halbleitersubstrats 10 oder weniger in Bezug auf die obere Oberfläche 21 beträgt. Sie kann auch in einem Bereich angeordnet sein, der ein Viertel der Dicke des Halbleitersubstrats 10 oder weniger beträgt. Die Tiefenposition Z2 kann in einem Bereich angeordnet sein, der die Hälfte oder weniger der Dicke des Halbleitersubstrats 10 in Bezug auf die untere Oberfläche 23 beträgt. Sie kann auch in einem Bereich angeordnet sein, der ein Viertel oder weniger der Dicke des Halbleitersubstrats 10 beträgt. Die Tiefenposition Z1 und die Tiefenposition Z2 sind jedoch nicht auf diese Bereiche beschränkt.

[0052] Das Halbleitersubstrat 10 hat einen Sauerstoffreduktionsbereich 450 an der oberen Oberfläche. Der Sauerstoffreduktionsbereich 450 an der oberen Oberfläche ist ein Bereich innerhalb des Halbleitersubstrats 10 und ein Bereich, der in Kontakt mit der oberen Oberfläche 21 des Halbleitersubstrats 10 steht. Der Sauerstoffreduktionsbereich 450 an der oberen Oberfläche ist ein Bereich, in dem die chemische Konzentration von Sauerstoff abnimmt, wenn sich die Tiefenposition der oberen Oberfläche 21 nähert. Der Sauerstoffreduktionsbereich 450 an der oberen Oberfläche kann ein Bereich sein, in dem die chemische Konzentration von Sauerstoff über eine Länge von 3% oder mehr der Substratdicke des Halbleitersubstrats 10 abnimmt, ein Bereich, in dem die chemische Konzentration von Sauerstoff über

eine Länge von 5% oder mehr der Substratdicke abnimmt, oder ein Bereich, in dem die chemische Konzentration von Sauerstoff über eine Länge von 10% oder mehr der Substratdicke abnimmt. Die Substratdicke bezieht sich auf die Dicke des Halbleitersubstrats 10 in der Tiefenrichtung.

[0053] In einem Halbleiterringot oder einem aus dem Ingot herausgeschnittenen Wafer ist im gesamten Substrat Sauerstoff mit einer annähernd gleichmäßigen Konzentration enthalten. Die Variation der chemischen Konzentration von Sauerstoff zwischen den Substraten ist jedoch relativ groß. Wenn die chemische Konzentration von Sauerstoff schwankt, neigt die Konzentration der durch implantierten Wasserstoff ausgebildeten VOH-Defekte dazu, zu variieren.

[0054] In diesem Beispiel wird das Halbleitersubstrat 10 bei einer vorher festgelegten Glühtemperatur und einer vorher festgelegten Glühzeit gegläht. Das Halbleitersubstrat 10 kann im Zustand eines aus einem Ingot herausgeschnittenen Wafers oder im Zustand eines aus einem Wafer herausgeschnittenen Chips gegläht werden. Das Ausglühen wird vorzugsweise vor der Einbringung des geladenen Teilchenstrahls ausgeführt. In der vorliegenden Spezifikation kann das Glühen vor der Einbringung des geladenen Teilchenstrahls als Sauerstoffausglühen bezeichnet werden.

[0055] Beim Sauerstoffausglühen kann die Oberfläche des Halbleitersubstrats 10 einer sauerstoffhaltigen Atmosphäre ausgesetzt werden, oder es kann eine Oxidschicht ausgebildet werden. Die Sauerstoffausglühzeit ist lang genug, um Sauerstoff mit einer der Sauerstoffausglühtemperatur entsprechenden Konzentration einer festen Löslichkeitsgrenze in das Substrat einzubringen. Die Sauerstoffausglühzeit kann eine Stunde oder mehr, zwei Stunden oder mehr oder 10 Stunden oder mehr betragen. Die feste Löslichkeitsgrenze des Sauerstoffs bezieht sich auf eine Grenzkonzentration des Sauerstoffs, der im Substrat gelöst werden kann, und variiert in Abhängigkeit von der Sauerstoffausglühtemperatur. Die Sauerstoffausglühtemperatur liegt beispielsweise bei 1000°C oder höher, ist aber nicht darauf beschränkt. Die Sauerstoffausglühtemperatur kann so eingestellt werden, dass die feste Löslichkeitsgrenze von Sauerstoff ausreichend höher ist als die chemische Konzentration von Sauerstoff in dem Halbleitersubstrat 10 vor dem Sauerstoffausglühen.

[0056] Durch Ausführen eines Sauerstoffausglühens mit einer Sauerstoffausglühzeit, die gleich oder länger als ein bestimmter Wert ist, wird Sauerstoff mit einer chemischen Konzentration, die ungefähr der Grenze der Löslichkeit in festem Zustand entspricht, in das Halbleitersubstrat 10 eingebracht. Daher kann die chemische Konzentration von Sauerstoff im Halbleitersubstrat 10 durch Steuerung der

Sauerstoffausglühtemperatur so geregelt werden, dass die chemische Konzentration von Sauerstoff eine feste Löslichkeitsgrenze hat, die einer gewünschten chemischen Konzentration von Sauerstoff entspricht. Da die Temperatur des Sauerstoffausglühens relativ einfach gesteuert werden kann, lassen sich außerdem die Schwankungen der chemischen Konzentration von Sauerstoff zwischen den Substraten verringern.

[0057] Beim Herausnehmen des Halbleitersubstrats 10 aus der Sauerstoffatmosphäre und bei der Rückführung der Temperatur von der Sauerstoffausglühtemperatur auf Raumtemperatur diffundiert der Sauerstoff in der Nähe der Oberfläche des Halbleitersubstrats 10 aus dem Substrat heraus (in der vorliegenden Spezifikation als Auswärtsdiffusion bezeichnet). Die Auswärtsdiffusion ist umso wahrscheinlicher, je näher sie an der Oberfläche des Halbleitersubstrats 10 stattfindet. Daher ist der Sauerstoffreduktionsbereich 450 an der oberen Oberfläche im Halbleitersubstrat 10 ausgebildet. Es ist zu beachten, dass ein unterer oberflächenseitiger Sauerstoffreduktionsbereich auch in einem Bereich ausgebildet ist, der in Kontakt mit der unteren Oberfläche 23 des Halbleitersubstrats 10 steht. Wenn jedoch die untere Oberfläche 23 des Halbleitersubstrats 10 geschliffen ist, bleibt der Sauerstoffreduktionsbereich auf der unteren Oberflächenseite möglicherweise nicht bestehen.

[0058] Eine solche Verarbeitung kann Schwankungen in der chemischen Konzentration von Sauerstoff im Halbleitersubstrat 10 verringern. Daher kann die Konzentration von VOH-Defekten und die Donorkonzentration des Halbleitersubstrats 10 leicht kontrolliert werden.

[0059] Fig. 2 veranschaulicht ein Beispiel für die Verteilung der chemischen Konzentration von Sauerstoff (C_{OX}), der chemischen Konzentration von Verunreinigungen (C_I), der chemischen Konzentration von Wasserstoff (C_H), der VOH-Defektkonzentration (N_{VOH}) und der Nettodotierungskonzentration (N_D) in der Tiefenposition, die durch die Linie A-A in Fig. 1 angegeben ist. Fig. 2 veranschaulicht jede Verteilung nach Sauerstoffausglühen und Wasserstoffausglühen nach Wasserstoffimplantation.

[0060] In Fig. 2 stellt die horizontale Achse die Tiefenposition von der oberen Oberfläche 21 aus dar, und die vertikale Achse stellt jede Konzentration pro Volumeneinheit auf einer logarithmischen Achse dar. Die chemische Konzentration in Fig. 2 wird zum Beispiel mit einem SIMS-Verfahren gemessen. In Fig. 2 ist eine Bulk-Donatoren-Konzentration N_B durch eine gestrichelte Linie dargestellt. Die Bulk-Donatoren-Konzentration N_B kann im gesamten Halbleitersubstrat 10 gleichmäßig sein. Bei dem Halbleitersubstrat

10 dieses Beispiels handelt es sich um ein MCZ-Substrat.

[0061] Die Verteilung der chemischen Konzentration von Sauerstoff C_{OX} hat den Sauerstoffreduktionsbereich 450 an der oberen Oberfläche. Wie oben beschrieben, wird der Sauerstoff in der Nähe der oberen Oberfläche 21 durch Ausführen des Sauerstoffausglühens nach außen diffundiert. In diesem Beispiel wird die untere Oberfläche 23 des Halbleitersubstrats 10 nach dem Sauerstoffausglühen geschliffen. Daher ist der Sauerstoffreduktionsbereich auf der unteren Oberfläche 23 des Halbleitersubstrats 10 nicht vorgesehen.

[0062] Im Sauerstoffreduktionsbereich 450 an der oberen Oberfläche kann die Reduktionsrate der chemischen Konzentration von Sauerstoff bezüglich des Einheitsabstands in der Tiefenrichtung zur oberen Oberfläche 21 hin zunehmen. Das heißt, die chemische Konzentration von Sauerstoff kann in Richtung der oberen Oberfläche 21 steiler abnehmen.

[0063] Die Verteilung der chemischen Konzentration von Sauerstoff C_{OX} hat einen Maximalwertbereich 452. Der Maximalwertbereich 452 ist ein Bereich, der eine Position enthält, in der die chemische Konzentration von Sauerstoff C_{OX} einen Maximalwert C_{OXmax} in der Tiefenrichtung erreicht, und ein Bereich, in dem die chemische Konzentration von Sauerstoff C_{OX} gleich oder größer als eine vorher festgelegte Grenzkonzentration C_b ist. Die Grenzkonzentration C_b kann 50 %, 70 %, 80 % oder mehr, 90 % oder mehr oder 100 % des Maximalwerts C_{OXmax} betragen. Der Sauerstoffreduktionsbereich 450 an der oberen Oberfläche ist in diesem Beispiel zwischen dem Maximalwertbereich 452 und der oberen Oberfläche 21 angeordnet. Die Tiefenposition einer Grenze zwischen dem Sauerstoffreduktionsbereich 450 an der oberen Oberfläche und dem Maximalwertbereich 452 wird als Z_b definiert. Der Maximalwertbereich 452 ist in diesem Beispiel von der Tiefenposition Z_b bis zur unteren Oberfläche 23 vorgesehen.

[0064] Der maximale Wert C_{OXmax} kann 3×10^{15} Atome/cm³ oder mehr und 2×10^{18} Atome/cm³ oder weniger betragen. Der maximale Wert C_{OXmax} kann 1×10^{16} Atome/cm³ oder mehr, oder 1×10^{17} Atome/cm³ oder mehr betragen. Der maximale Wert C_{OXmax} kann 1×10^{18} Atome/cm³ oder weniger, oder 1×10^{17} Atome/cm³ oder weniger betragen.

[0065] Die chemische Konzentration der Verunreinigung C_I hat einen ersten Peak 401 an der Tiefenposition Z_1 . In diesem Beispiel ist die Verunreinigung Wasserstoff. Die Verteilung der chemischen Konzentration der Verunreinigung C_I hat eine obere Rückseite 411, in der die chemische Konzentration der Verunreinigung C_I von dem ersten Peak 401 zur

oberen Oberfläche 21 hin abnimmt, und eine untere Rückseite 421, in der die chemische Konzentration der Verunreinigung C_I von dem ersten Peak 401 zur unteren Oberfläche 23 hin abnimmt. Wie in **Fig. 1** beschrieben, werden Verunreinigungen (in diesem Beispiel Wasserstoff) von der unteren Oberfläche 23 in die Tiefenposition Z1 eingebracht. Daher kann die chemische Konzentration der Verunreinigung C_I der oberen Rückseite 411 steiler abnehmen als die der unteren Rückseite 421. Die untere Rückseite 421 kann von dem ersten Peak 401 bis zur unteren Oberfläche 23 vorgesehen sein. Bei der chemischen Konzentration der Verunreinigung C_I kann es sich um eine chemische Konzentration von Wasserstoff handeln, die von der unteren Oberfläche 23 des Halbleitersubstrats 10 in die Tiefenposition Z1 eingebracht wird. Der erste Peak 401 kann in dem Sauerstoffreduktionsbereich 450 an der oberen Oberfläche angeordnet sein. Die Tiefenposition Z1 des ersten Peaks 401 kann näher an der oberen Oberfläche 21 angeordnet sein als die Tiefenposition Z_C . Die Tiefenposition Z1 des ersten Peaks 401 kann näher an der oberen Oberfläche 21 angeordnet sein als die Tiefenposition Zb.

[0066] Eine chemische Konzentration von Wasserstoff C_H dieses Beispiels weist einen zweiten Peak 402 auf, der in der Tiefenposition Z2 zwischen dem ersten Peak 401 und der unteren Oberfläche 23 angeordnet ist. Der zweite Peak 402 dieses Beispiels ist im Maximalwertbereich 452 angeordnet. Der Wert der chemischen Konzentration des zweiten Peaks 402 kann größer sein als der Wert der chemischen Konzentration des ersten Peaks 401. Dadurch wird die Diffusion von Wasserstoff in den Durchgangsbereich 106 erleichtert. Der Wert des zweiten Peaks 402 kann das Zweifache oder mehr, das Fünffache oder mehr, das Zehnfache oder mehr oder das Hundertfache oder mehr des Wertes des ersten Peaks 401 betragen.

[0067] Die Verteilung der chemischen Konzentration von Wasserstoff C_H hat eine obere Rückseite 412, in der die chemische Konzentration von Wasserstoff C_H von dem zweiten Peak 402 in Richtung der oberen Oberfläche 21 abnimmt, und eine untere Rückseite 422, in der die chemische Konzentration von Wasserstoff C_H von dem zweiten Peak 402 in Richtung der unteren Oberfläche 23 abnimmt. Wie in **Fig. 1** beschrieben, werden Wasserstoffionen von der unteren Oberfläche 23 bis zur Tiefenposition Z2 eingebracht. Daher kann die chemische Konzentration von Wasserstoff C_H an der oberen Rückseite 412 steiler abnehmen als an der unteren Rückseite 422. Da jedoch durch die Wärmebehandlung des Halbleitersubstrats 10 Wasserstoff vom zweiten Peak 402 in Richtung des ersten Peaks 401 diffundiert, kann die obere Rückseite 412 einen Abschnitt aufweisen, der geringer abnimmt als die untere Rückseite 422. An jeder Position zwischen dem ers-

ten Peak 401 und dem zweiten Peak 402 kann Wasserstoff mit einer chemischen Konzentration von mindestens dem Zehnfachen der Bulk-Donatoren-Konzentration N_B , Wasserstoff mit einer chemischen Konzentration von mindestens dem Hundertfachen der Bulk-Donatoren-Konzentration N_E oder Wasserstoff mit einer chemischen Konzentration von mindestens dem Zweihundertfachen der Bulk-Donatoren-Konzentration N_B vorhanden sein.

[0068] Die Verteilung der VOH-Defektkonzentration N_{VOH} dieses Beispiels hat den dritten Peak 403 an der Tiefenposition Z1. In der Tiefenposition Z1 werden viele Defekte durch die Einbringung des geladenen Teilchenstrahls ausgebildet. Daher ist es wahrscheinlich, dass in der Tiefenposition Z1 viele VOH-Defekte ausgebildet werden. Die Verteilung der VOH-Defektkonzentration N_{VOH} dieses Beispiels hat einen vierten Peak 404 an der Tiefenposition Z2. In der Tiefenposition Z2 werden viele Defekte durch die Implantation von Wasserstoffionen ausgebildet. Daher ist es wahrscheinlich, dass viele VOH-Defekte an der Tiefenposition Z2 ausgebildet werden.

[0069] Die Verteilung der VOH-Defektkonzentration N_{VOH} hat eine obere Rückseite 413, in der die VOH-Defektkonzentration N_{VOH} vom dritten Peak 403 in Richtung der oberen Oberfläche 21 abnimmt, und eine untere Rückseite 423, in der die VOH-Defektkonzentration N_{VOH} vom dritten Peak 403 in Richtung der unteren Oberfläche 23 abnimmt. Die VOH-Defektkonzentration N_{VOH} der oberen Rückseite 413 kann steiler abnehmen als die der unteren Rückseite 423.

[0070] Die Verteilung der VOH-Defektkonzentration N_{VOH} hat eine obere Rückseite 414, in der die VOH-Defektkonzentration N_{VOH} vom vierten Peak 404 in Richtung der oberen Oberfläche 21 abnimmt, und eine untere Rückseite 424, in der die VOH-Defektkonzentration N_{VOH} vom vierten Peak 404 in Richtung der unteren Oberfläche 23 abnimmt. Die VOH-Defektkonzentration N_{VOH} der oberen Rückseite 414 kann steiler abnehmen als die der unteren Rückseite 424.

[0071] Die Nettodotierungskonzentration N_D dieses Beispiels ist eine Konzentration, die sich aus der Addition der Bulk-Donatoren-Konzentration N_B und der VOH-Defektkonzentration N_{VOH} ergibt. Da die Bulk-Donatoren-Konzentration N_B im gesamten Halbleitersubstrat 10 annähernd konstant ist, ähnelt die Form der Verteilung der Nettodotierungskonzentration N_D der Form der Verteilung der VOH-Defektkonzentration N_{VOH} .

[0072] Die Verteilung der Nettodotierungskonzentration N_D dieses Beispiels hat einen fünften Peak 425 an der Tiefenposition Z1. Darüber hinaus weist

die Verteilung der Nettodotierungskonzentration N_D dieses Beispiels einen sechsten Peak 426 an der Tiefenposition Z2 auf. Die Verteilung der Nettodotierungskonzentration N_D hat eine obere Rückseite 435, in der die Nettodotierungskonzentration N_D vom fünften Peak 425 in Richtung der oberen Oberfläche 21 abnimmt, und eine untere Rückseite 445, in der die Nettodotierungskonzentration N_D vom fünften Peak 425 in Richtung der unteren Oberfläche 23 abnimmt. Die Nettodotierungskonzentration N_D der oberen Rückseite 435 kann steiler abnehmen als die der unteren Rückseite 445.

[0073] Die Verteilung der Nettodotierungskonzentration N_D hat eine obere Rückseite 436, in der die Nettodotierungskonzentration N_D vom sechsten Peak 426 in Richtung der oberen Oberfläche 21 abnimmt, und eine untere Rückseite 446, in der die Nettodotierungskonzentration N_D vom sechsten Peak 426 in Richtung der unteren Oberfläche 23 abnimmt. Die Nettodotierungskonzentration N_D der oberen Rückseite 436 kann steiler abnehmen als die der unteren Rückseite 446.

[0074] Es ist zu beachten, dass die Positionen der Scheitelpunkte des ersten Peaks 401, des dritten Peaks 403 und des fünften Peaks 425 nicht unbedingt miteinander übereinstimmen müssen. In ähnlicher Weise müssen die Positionen der Scheitelpunkte des zweiten Peaks 402, des vierten Peaks 404 und des sechsten Peaks 426 nicht unbedingt zusammenfallen. Wenn der Scheitelpunkt des anderen Peaks innerhalb der Halbwertsbreite (FWHM) des einen Peaks angeordnet ist, können die beiden Peaks an der gleichen Position vorgesehen sein.

[0075] Da VOH-Defekte in dem Durchgangsbereich 106 ausgebildet werden, ist die Donatorkonzentration in dem Durchgangsbereich 106 höher als die Bulk-Donatoren-Konzentration N_B . In der vorliegenden Spezifikation wird ein Bereich, der VOH-Defekte enthält und eine höhere Donatoren-Konzentration als die Bulk-Donatoren-Konzentration N_B aufweist, als Hochkonzentrationsbereich 460 bezeichnet. Der Hochkonzentrationsbereich 460 enthält die Tiefenposition Z_c des Halbleitersubstrats 10 und ist über eine vorher festgelegte Länge in der Tiefenrichtung vorgesehen. Die Länge des Hochkonzentrationsbereichs 460 in der Tiefenrichtung kann 50 % oder mehr, 60 % oder mehr, 70 % oder mehr, 80 % oder mehr oder 90 % oder mehr der Substratdicke betragen. Der Hochkonzentrationsbereich 460 ist in diesem Beispiel von dem ersten Peak 401 bis zur unteren Oberfläche 23 vorgesehen.

[0076] Darüber hinaus kann der Hochkonzentrationsbereich 460 auch oberhalb des ersten Peaks 401 vorgesehen sein. Der erste Peak 401 hat eine vorher festgelegte Halbwertsbreite in der Tiefenrichtung. Daher bilden sich auch oberhalb des ersten

Peaks 401 Leerstellen, und es entsteht der Bereich hoher Konzentration 460. Der Hochkonzentrationsbereich 460 oberhalb des ersten Peaks 401 weist jedoch eine geringere Breite in der Tiefenrichtung auf als der Hochkonzentrationsbereich 460 unterhalb des ersten Peaks 401.

[0077] Der Hochkonzentrationsbereich 460 kann ein Bereich sein, in dem die VOH-Defektkonzentration N_{VOH} höher ist als die Bulk-Donatoren-Konzentration N_B . Infolgedessen kann selbst in einem Fall, in dem die Bulk-Donatoren-Konzentration N_B schwankt, die Schwankung der Donatorkonzentration durch die VOH-Defektkonzentration N_{VOH} unterdrückt werden, die mit hoher Präzision gesteuert werden kann. Die VOH-Defektkonzentration N_{VOH} kann das Zweifache oder mehr, das Fünffache oder mehr oder das Zehnfache oder mehr der Bulk-Donatoren-Konzentration N_B betragen.

[0078] Wie in **Fig. 2** veranschaulicht, ist der erste Peak 401 an einem Endabschnitt des Hochkonzentrationsbereichs 460 auf der oberen Oberfläche 21 angeordnet. Der erste Peak 401 kann im Maximalwertbereich 452 oder auf der oberen Oberfläche 21 bezüglich des Maximalwertbereichs 452 angeordnet sein. Der erste Peak 401 ist in diesem Beispiel im Sauerstoffreduktionsbereich 450 an der oberen Oberfläche angeordnet. Dadurch kann der Hochkonzentrationsbereich 460 in einem größeren Bereich in der Tiefenrichtung ausgebildet werden. Daher kann die Donatorkonzentration des Halbleitersubstrats 10 mit hoher Präzision in einem größeren Bereich gesteuert werden.

[0079] Der erste Peak 401 kann in einem Bereich angeordnet werden, in dem die chemische Konzentration von Sauerstoff C_{OX} 10 % oder mehr, 30 % oder mehr, 50 % oder mehr, 70 % oder mehr oder 90 % oder mehr des maximalen Wertes C_{OXmax} beträgt. Wenn die chemische Konzentration von Sauerstoff C_{OX} klein ist, nimmt die Variation der chemischen Konzentration von Sauerstoff C_{OX} bezüglich der Positionsabweichung in der Tiefenrichtung zu. Durch Anordnen des ersten Peaks 401 in dem Bereich, in dem die chemische Konzentration von Sauerstoff C_{OX} gleich oder größer als ein vorher festgelegter Wert ist, ist es möglich, die Variation in der Größe des dritten Peaks 403 in einem Fall zu unterdrücken, in dem die Tiefenposition des ersten Peaks 401 verschoben ist. Daher können Schwankungen in den Eigenschaften der Halbleitervorrichtung 100 unterdrückt werden.

[0080] **Fig. 3** veranschaulicht ein weiteres Beispiel für die Verteilung der chemischen Konzentration von Sauerstoff (C_{OX}), der chemischen Konzentration von Verunreinigungen (C_I), der chemischen Konzentration von Wasserstoff (C_H), der VOH-Defektkonzentration (N_{VOH}) und der Nettodotierungskon-

zentration (N_D) in der Tiefenrichtung an der durch die Linie A-A in **Fig. 1** angegebenen Position. **Fig. 3** veranschaulicht jede Verteilung nach der Wärmebehandlung. In diesem Beispiel unterscheidet sich die chemische Konzentration von Sauerstoff C_{OX} von der des Beispiels in **Fig. 2**. Die anderen Konzentrationsverteilungen entsprechen denen des Beispiels in **Fig. 2**. Das Halbleitersubstrat 10 dieses Beispiels ist zum Beispiel ein FZ-Substrat.

[0081] Die chemische Konzentration von Sauerstoff C_{OX} dieses Beispiels weist einen Sauerstoffkonzentrationspeak 405 auf, der den lokalen Maximalwert C_{OXmax} in einer Tiefenposition Z_p angibt. Der Bereich des lokalen Maximalwerts C_{OXmax} kann dem Bereich des Maximalwerts C_{OXmax} in **Fig. 2** ähnlich sein. Die Verteilung der chemischen Konzentration von Sauerstoff C_{OX} dieses Beispiels weist zusätzlich zu dem in **Fig. 2** veranschaulichten Maximalwertbereich 452 und dem Sauerstoffreduktionsbereich 450 an der oberen Oberfläche einen Sauerstoffreduktionsbereich 454 an der unteren Oberfläche auf. Der Sauerstoffreduktionsbereich 454 an der unteren Oberfläche ist ein Bereich, der in Kontakt mit der unteren Oberfläche 23 steht und in dem die chemische Konzentration von Sauerstoff C_{OX} zur unteren Oberfläche 23 hin abnimmt. Der Maximalwertbereich 452 ist zwischen dem Sauerstoffreduktionsbereich 450 an der oberen Oberfläche und dem Sauerstoffreduktionsbereich 454 an der unteren Oberfläche angeordnet.

[0082] Der Sauerstoffreduktionsbereich 454 an der unteren Oberfläche kann ein Bereich sein, in dem die chemische Konzentration von Sauerstoff C_{OX} im Vergleich zum Sauerstoffreduktionsbereich 450 an der oberen Oberfläche allmählich abnimmt. Der Sauerstoffreduktionsbereich 454 an der unteren Oberfläche kann länger sein als der Sauerstoffreduktionsbereich 450 an der oberen Oberfläche in der Tiefenrichtung. Dadurch kann die Schwankung der chemischen Konzentration von Sauerstoff C_{OX} im Halbleitersubstrat 10 im Vergleich zu dem Fall, dass der Sauerstoffreduktionsbereich 450 an der oberen Oberfläche lang ist, relativ geringgehalten werden. Die Länge des Sauerstoffreduktionsbereichs 454 an der unteren Oberfläche in der Tiefenrichtung kann 30 % oder mehr, 40 % oder mehr oder 50 % oder mehr der Substratdicke betragen. Der zweite Peak 402 und der vierte Peak 404 dieses Beispiels sind in dem Sauerstoffreduktionsbereich 454 an der unteren Oberfläche angeordnet.

[0083] Auch in diesem Beispiel kann der erste Peak 401 in dem Sauerstoffreduktionsbereich 450 an der oberen Oberfläche angeordnet sein. Die Tiefenposition Z_1 des ersten Peaks 401 kann näher an der oberen Oberfläche 21 angeordnet sein als die Tiefenposition Z_c . Die Tiefenposition Z_1 des ersten Peaks 401 kann näher an der oberen Oberfläche 21 angeordnet

sein als die Tiefenposition Z_p . Die Tiefenposition Z_1 des ersten Peaks 401 kann näher an der oberen Oberfläche 21 angeordnet sein als die Tiefenposition Z_b . Die Tiefenposition Z_1 des ersten Peaks 401 kann zwischen der Tiefenposition Z_p und der Tiefenposition Z_b angeordnet sein.

[0084] **Fig. 4** veranschaulicht ein Diagramm, das ein Beispiel für eine Veränderung der chemischen Konzentration von Sauerstoff im MCZ-Substrat vor und nach dem Sauerstoffausglühen zeigt. Vor dem Sauerstoffausglühen weist das MCZ-Substrat eine relativ hohe chemische Konzentration von Sauerstoff CMCZ auf. Die chemische Konzentration von Sauerstoff CMCZ liegt zum Beispiel über der Grenze der festen Löslichkeit bei der Sauerstoffausglühtemperatur. Wenn ein solches Substrat einem Sauerstoffausglühen unterzogen wird, diffundiert der Sauerstoff im Substrat nach außen, und die chemische Konzentration von Sauerstoff C_{OX} des Substrats entspricht in etwa der Grenze der Löslichkeit im festen Zustand. Da jedoch die Diffusion nach außen in der Nähe der oberen Oberfläche 21 des Halbleitersubstrats 10 gefördert wird, nimmt die chemische Konzentration von Sauerstoff C_{OX} ab, wenn man sich der oberen Oberfläche 21 nähert. Es ist zu beachten, dass die untere Oberfläche 23 des Halbleitersubstrats 10 in diesem Beispiel nach dem Sauerstoffausglühen geschliffen wird. Daher ist die chemische Konzentration von Sauerstoff C_{OX} an der unteren Oberfläche 23 annähernd konstant.

[0085] **Fig. 5** veranschaulicht ein Diagramm, das ein Beispiel für eine Veränderung der Verteilung der chemischen Konzentration von Sauerstoff auf dem FZ-Substrat vor und nach dem Sauerstoffausglühen zeigt. Vor dem Sauerstoffausglühen weist das FZ-Substrat eine relativ niedrige chemische Konzentration von Sauerstoff C_{FZ} auf. Die chemische Konzentration von Sauerstoff C_{FZ} liegt zum Beispiel unter der Grenze der festen Löslichkeit bei der Sauerstoffausglühtemperatur. Wenn ein solches Substrat einem Sauerstoffausglühen unterzogen wird, wird Sauerstoff in das Substrat eingebracht, und in einem Bereich, in dem der Abstand von der oberen Oberfläche 21 des Halbleitersubstrats 10 gering ist, wird die chemische Konzentration von Sauerstoff C_{OX} im Substrat ungefähr gleich der Grenze der Löslichkeit im Festkörper. In einem Bereich, in dem der Abstand von der oberen Oberfläche 21 groß ist, ist es schwierig, Sauerstoff einzubringen, sodass die chemische Konzentration von Sauerstoff C_{OX} mit zunehmendem Abstand von der oberen Oberfläche 21 allmählich abnimmt. Da die Diffusion nach außen in der Nähe der oberen Oberfläche 21 des Halbleitersubstrats 10 verstärkt wird, nimmt die chemische Konzentration von Sauerstoff C_{OX} mit der Annäherung an die obere Oberfläche 21 ab. Daher kann die chemische Konzentration von Sauerstoff C_{OX} einen Sauerstoffkonzentrationspeak 405 aufweisen. Es ist zu beach-

ten, dass die untere Oberfläche 23 des Halbleitersubstrats 10 in diesem Beispiel nach dem Sauerstoffausglühen geschliffen wird. Daher weist die chemische Konzentration von Sauerstoff C_{OX} auf der Seite der unteren Oberfläche 23 keinen Peak auf und nimmt allmählich und monoton zur unteren Oberfläche 23 hin ab.

[0086] In jedem der in **Fig. 4** und **Fig. 5** veranschaulichten Beispiele kann die chemische Konzentration von Sauerstoff im Halbleitersubstrat 10 durch die Temperatur des Sauerstoffausglühens o.ä. gesteuert werden, auch wenn die ursprüngliche chemische Konzentration von Sauerstoff unterschiedlich ist. Daher ist es möglich, Schwankungen in der VOH-Defektkonzentration zu reduzieren.

[0087] **Fig. 6** veranschaulicht ein Diagramm, das ein Beispiel für die Verteilung der Rekombinationszentrumkonzentration N_r und der chemischen Konzentration von Sauerstoff C_{OX} zeigt. Die chemische Konzentration von Sauerstoff C_{OX} ist die gleiche wie im Beispiel, das in **Fig. 2** oder **Fig. 3** veranschaulicht ist. In **Fig. 6** ist die Umgebung der oberen Oberfläche 21 vergrößert und in der in **Fig. 3** veranschaulichten Verteilung der chemischen Konzentration von Sauerstoff C_{OX} dargestellt.

[0088] In der Halbleitervorrichtung 100 kann ein Rekombinationszentrum, wie z. B. ein Defekt, ausgebildet werden, um die Lebensdauer der Ladungsträger zu regulieren. Zum Beispiel kann das Rekombinationszentrum durch die Implantation geladener Teilchen wie Wasserstoff, Helium oder eines Elektronenstrahls in das Halbleitersubstrat 10 ausgebildet werden. In diesem Beispiel weist die Rekombinationszentrumkonzentration N_r einen Rekombinationszentrumpeak 406 an der Tiefenposition Z_r auf. Als Beispiel ist ein Verfahren zur Berechnung der Leerstellenkonzentration mit einer bekannten Berechnungssoftware oder einem Tool bekannt (siehe z. B. <http://www.srim.org/>). Ferner kann die Position des lokalen Minimalwerts der spezifischen Widerstandsverteilung in Richtung der Tiefenposition des Halbleitersubstrats 10 als Position des Rekombinationszentrumpeak 406 festgelegt werden.

[0089] Der Rekombinationszentrumpeak 406 kann in einem Bereich ausgebildet werden, in dem die chemische Konzentration von Sauerstoff C_{OX} auf der Seite der oberen Oberfläche 21 des Halbleitersubstrats 10 70 % oder mehr beträgt. Der Rekombinationszentrumpeak 406 kann mit Wasserstoff kombiniert werden, um einen VOH-Defekt auszubilden. Wenn die chemische Konzentration von Sauerstoff C_{OX} stark schwankt, neigt die Konzentration des Rekombinationszentrums dazu, zu variieren, und es wird schwierig, die Lebensdauer des Trägers genau einzustellen. Da in diesem Beispiel der Rekombinationszentrumpeak 406 in einem Bereich angeordnet

ist, in dem die Konzentration der chemischen Konzentration von Sauerstoff C_{OX} relativ stabil ist, kann die Konzentration des Rekombinationszentrums leicht gesteuert und die Lebensdauer des Trägers genau eingestellt werden. Der Rekombinationszentrumpeak 406 kann in einem Bereich ausgebildet werden, in dem die chemische Konzentration von Sauerstoff C_{OX} 80 % oder mehr des maximalen Wertes C_{OXmax} beträgt, oder er kann in einem Bereich angeordnet werden, in dem die chemische Konzentration von Sauerstoff C_{OX} 90 % oder mehr beträgt.

[0090] Die Tiefenposition Z_r kann die gleiche Position sein wie die Tiefenposition Z_1 , in die der geladene Teilchenstrahl eingesetzt wird. Das heißt, die Trägerlebensdauer kann durch das Einbringen des geladenen Teilchenstrahls in die Tiefenposition Z_1 eingestellt werden. Außerdem kann die Tiefenposition Z_r eine Position in der Nähe der Tiefenposition Z_1 und näher an der Implantationsoberfläche des geladenen Teilchenstrahls (in diesem Beispiel die untere Oberfläche 23) sein als die Tiefenposition Z_1 . Handelt es sich bei den in die Tiefenposition Z_1 implantierten geladenen Teilchen um Wasserstoffionen, werden Rekombinationszentren in der Nähe der Tiefenposition Z_1 mit Wasserstoff kombiniert und bilden VOH-Defekte aus. Daher nimmt die Konzentration der Rekombinationszentren an der Tiefenposition Z_1 ab, und die Tiefenposition Z_r verschiebt sich in Richtung der Implantationsfläche der Wasserstoffionen (in diesem Beispiel die untere Fläche 23). Der Abstand zwischen der Tiefenposition Z_1 und der Tiefenposition Z_r kann 5 pm oder weniger, 3 pm oder weniger, oder 1 pm oder weniger betragen.

[0091] In einem anderen Beispiel kann die Tiefenposition Z_r eine andere Position als die Tiefenposition Z_1 sein. In diesem Fall wird der geladene Teilchenstrahl nicht nur in die Tiefenposition Z_1 , sondern auch in die Tiefenposition Z_r eingebracht. Die Implantation des geladenen Teilchenstrahls in die Tiefenposition Z_r kann nach einer Wasserstoffglühung zur Diffusion des in die Tiefenposition Z_2 eingebrachten Wasserstoffs ausgeführt werden.

[0092] **Fig. 7** veranschaulicht ein Diagramm zur Beschreibung der Position des dritten Peaks 403. In **Fig. 7** ist eine Modifikation der Position des dritten Peaks 403 als dritte Peaks 403-1, 403-2 und 403-3 veranschaulicht. Jeder der dritten Peaks 403 ist in dem Halbleitersubstrat 10 vorgesehen. Der dritte Peak 403-1 ist zwischen dem Sauerstoffkonzentrationspeak 405 und der Grenzposition Z_b angeordnet. Die Grenzposition Z_b ist eine Grenzposition zwischen dem Maximalwertbereich 452 der chemischen Konzentration von Sauerstoff C_{OX} und dem Sauerstoffreduktionsbereich 450 an der oberen Oberfläche. Dies ermöglicht es, den Hochkonzentrationsbereich 460 (siehe **Fig. 2** und **Fig. 3**) länglich

auszubilden und Schwankungen im Wert des dritten Peaks 403 zu unterdrücken.

[0093] Der dritte Peak 403-2 gemäß einem anderen Beispiel ist im Sauerstoffreduktionsbereich 450 an der oberen Oberfläche angeordnet. In diesem Fall kann der Hochkonzentrationsbereich 460 noch länger ausgebildet werden. Der dritte Peak 403-3 gemäß einem weiteren Beispiel ist zwischen dem Sauerstoffkonzentrationspeak 405 und der Tiefenposition Z_c angeordnet. In diesem Fall kann der dritte Peak 403-3 in einem Bereich angeordnet werden, in dem die Variation der chemischen Konzentration von Sauerstoff C_{ox} relativ allmählich erfolgt. Der dritte Peak 403-3 kann im Maximalwertbereich 452 angeordnet werden.

[0094] Fig. 8 veranschaulicht ein Beispiel für eine Draufsicht auf die Halbleitervorrichtung 100. Fig. 8 veranschaulicht eine Position, in der jedes Element auf die obere Oberfläche des Halbleitersubstrats 10 projiziert wird. In Fig. 8 sind nur einige Elemente der Halbleitervorrichtung 100 veranschaulicht, und einige Elemente sind weggelassen.

[0095] Die Halbleitervorrichtung 100 enthält das Halbleitersubstrat 10, das unter Bezugnahme auf Fig. 1 bis Fig. 7 beschrieben ist. Das Halbleitersubstrat 10 weist in der Draufsicht eine Stirnseite 102 auf. Wenn in der vorliegenden Spezifikation lediglich von der Draufsicht die Rede ist, bedeutet dies, dass das Halbleitersubstrat 10 von einer Seite der oberen Oberfläche aus betrachtet wird. Das Halbleitersubstrat 10 dieses Beispiels weist in der Draufsicht zwei unterschiedliche Endseiten 102 auf, die einander gegenüberliegen. In Fig. 1 sind die x-Achse und die y-Achse parallel zu einer der Endseiten 102. Darüber hinaus steht die z-Achse senkrecht zur oberen Oberfläche des Halbleitersubstrats 10.

[0096] Das Halbleitersubstrat 10 ist mit einem aktiven Abschnitt 160 vorgesehen. Der aktive Abschnitt 160 ist ein Bereich, in dem ein Hauptstrom in der Tiefenrichtung zwischen der oberen Oberfläche und einer unteren Oberfläche des Halbleitersubstrats 10 fließt, wenn die Halbleitervorrichtung 100 in Betrieb ist. Oberhalb des aktiven Abschnitts 160 ist eine Emitter-Elektrode vorgesehen, die jedoch in Fig. 8 weggelassen ist.

[0097] Der aktive Abschnitt 160 ist mit mindestens einem Transistorabschnitt 70, der ein Transistorelement wie einen IGBT enthält, und einem Diodenabschnitt 80, der ein Diodenelement wie eine Blinddiode (FWD) enthält, versehen. In dem Beispiel von Fig. 8 sind der Transistorabschnitt 70 und der Diodenabschnitt 80 abwechselnd entlang einer vorher festgelegten Richtung (in diesem Beispiel die x-Achsenrichtung) auf der oberen Oberfläche des Halbleitersubstrats 10 angeordnet. Der aktive Abschnitt 160

kann in einem anderen Beispiel mit nur einem der Transistorabschnitte 70 und dem Diodenabschnitt 80 vorgesehen sein.

[0098] In Fig. 8 ist ein Bereich, in dem der Transistorabschnitt 70 angeordnet ist, durch das Symbol „I“ gekennzeichnet, und ein Bereich, in dem der Diodenabschnitt 80 angeordnet ist, durch das Symbol „F“ gekennzeichnet. In der vorliegenden Spezifikation kann eine Richtung senkrecht zur Array-Richtung in einer Ansicht von oben als eine sich erstreckende Richtung bezeichnet werden (y-Achsenrichtung in Fig. 8). Jeder der Transistorabschnitte 70 und der Diodenabschnitte 80 kann eine Längslänge in Erstreckungsrichtung haben. Mit anderen Worten, die Länge jedes der Transistorabschnitte 70 in der y-Achsenrichtung ist größer als die Breite in der x-Achsenrichtung. In ähnlicher Weise ist die Länge jedes Diodenabschnitts 80 in der y-Achsenrichtung größer als die Breite in der x-Achsenrichtung. Die Richtung, in der sich der Transistorabschnitt 70 und der Diodenabschnitt 80 erstrecken, und die Längsrichtung jedes Grabenabschnitts, die später beschrieben wird, können gleich sein.

[0099] Jeder der Diodenabschnitte 80 enthält einen Kathodenbereich vom Typ N+ in einem Bereich, der mit der unteren Oberfläche des Halbleitersubstrats 10 in Kontakt steht. In der vorliegenden Spezifikation wird ein Bereich, in dem der Kathodenbereich vorgesehen ist, als Diodenabschnitt 80 bezeichnet. Mit anderen Worten, der Diodenabschnitt 80 ist ein Bereich, der sich in der Ansicht vom oberen Ende mit dem Kathodenbereich überlappt. Auf der unteren Oberfläche des Halbleitersubstrats 10 kann in einem anderen Bereich als dem Kathodenbereich ein Kollektorbereich vom P+ Typ vorgesehen sein. Gemäß der Beschreibung kann der Diodenabschnitt 80 auch einen Erweiterungsbereich 81 enthalten, in dem sich der Diodenabschnitt 80 in Richtung der y-Achsenrichtung zu einer Gate-Verdrahtung (Gate-Runner) erstreckt. Der Kollektorbereich ist an einer unteren Oberfläche des Erweiterungsbereichs 81 vorgesehen.

[0100] Der Transistorabschnitt 70 weist den Kollektorbereich des P+ Typs in einem Bereich auf, der in Kontakt mit der unteren Oberfläche des Halbleitersubstrats 10 steht. Ferner sind in dem Transistorabschnitt 70 ein Emitterbereich vom p Typ, ein Basisbereich vom p Typ und eine Gate-Struktur mit einem leitenden Gate-Bereich und einer dielektrischen Gate-Schicht periodisch auf der oberen Oberfläche des Halbleitersubstrats 10 angeordnet.

[0101] Die Halbleitervorrichtung 100 kann eine oder mehrere Kontaktstellen oberhalb des Halbleitersubstrats 10 aufweisen. Die Halbleitervorrichtung 100 dieses Beispiels weist eine Gate-Kontaktstelle 112 auf. Die Halbleitervorrichtung 100 kann eine

Kontaktstelle wie eine Anodenkontaktstelle, eine Kathodenkontaktstelle und eine Stromdetektionskontaktstelle aufweisen. Jede Kontaktstelle ist in einem Bereich nahe der Endseite 102 angeordnet. Der Bereich nahe der Endseite 102 bezieht sich auf einen Bereich zwischen der Endseite 102 und der Emitter-Elektrode in der Draufsicht. Bei der Implementierung der Halbleitervorrichtung 100 kann jede Kontaktstelle über eine Verdrahtung, wie z. B. einen Draht, mit einer externen Schaltung verbunden sein.

[0102] An die Gate-Kontaktstelle 112 wird ein Gate-Potential angelegt. Die Gate-Kontaktstelle 112 ist elektrisch mit dem leitenden Abschnitt des Gate-Grabenabschnitts des aktiven Abschnitts 160 verbunden. Die Halbleitervorrichtung 100 enthält eine Gate-Verdrahtung (Gate-Runner), die die Gate-Kontaktstelle 112 und den Gate-Grabenabschnitt miteinander verbindet. In **Fig. 8** ist die Gate-Verdrahtung mit diagonalen Linien schraffiert dargestellt.

[0103] Die Gate-Verdrahtung dieses Beispiels hat eine außen umlaufende Gate-Verdrahtung 130 und eine aktivseitige Gate-Verdrahtung 131. Die außen umlaufende Gate-Verdrahtung 130 ist in der Draufsicht zwischen dem aktiven Abschnitt 160 und der Stirnseite 102 des Halbleitersubstrats 10 angeordnet. Die außen umlaufende Gate-Verdrahtung 130 dieses Beispiels umschließt in der Draufsicht den aktiven Abschnitt 160. Ein von der außen umlaufenden Gate-Verdrahtung 130 in der Draufsicht eingeschlossener Bereich kann der aktive Abschnitt 160 sein. Die außen umlaufende Gate-Verdrahtung 130 ist mit der Gate-Kontaktstelle 112 verbunden. Die außen umlaufende Gate-Verdrahtung 130 ist oberhalb des Halbleitersubstrats 10 angeordnet. Die außen umlaufende Gate-Verdrahtung 130 kann eine Metallverdrahtung sein, die Aluminium enthält.

[0104] Die aktivseitige Gate-Verdrahtung 131 ist in dem aktiven Abschnitt 160 vorgesehen. Durch die Bereitstellung der aktivseitigen Gate-Verdrahtung 131 im aktiven Abschnitt 160 ist es möglich, eine Variation der Verdrahtungslänge von der Gate-Kontaktstelle 112 in jedem Bereich des Halbleitersubstrats 10 zu reduzieren.

[0105] Die aktivseitige Gate-Verdrahtung 131 ist mit dem Gate-Grabenabschnitt des aktiven Abschnitts 160 verbunden. Die aktivseitige Gate-Verdrahtung 131 ist oberhalb des Halbleitersubstrats 10 angeordnet. Die aktivseitige Gate-Verdrahtung 131 kann eine Verdrahtung sein, die aus einem mit einer Verunreinigung dotierten Halbleiter wie Polysilizium ausgebildet ist.

[0106] Die aktivseitige Gate-Verdrahtung 131 kann mit der außen umlaufenden Gate-Verdrahtung 130 verbunden sein. Die aktivseitige Gate-Verdrahtung 131 ist in diesem Beispiel so vorgesehen, dass sie

sich in der x-Achsenrichtung erstreckt, um den aktiven Abschnitt 160 von einer außen umlaufenden Gate-Verdrahtung zur anderen außen umlaufenden Gate-Verdrahtung im Wesentlichen in der Mitte der y-Achsenrichtung zu kreuzen. Wenn der aktive Abschnitt 160 durch die aktivseitige Gate-Verdrahtung 131 geteilt ist, können der Transistorabschnitt 70 und der Diodenabschnitt 80 abwechselnd in der x-Achsenrichtung in jedem geteilten Bereich angeordnet sein.

[0107] Ferner kann die Halbleitervorrichtung 100 einen Temperaturerfassungsabschnitt (nicht gezeigt) enthalten, der eine PN-Übergangsdiode aus Polysilizium oder dergleichen ist, und einen Stromerfassungsabschnitt (nicht gezeigt), der einen Betrieb des Transistorabschnitts simuliert, der im aktiven Abschnitt 160 vorgesehen ist.

[0108] Die Halbleitervorrichtung 100 des vorliegenden Beispiels enthält einen Kantenabschlussstrukturabschnitt 90 zwischen dem aktiven Abschnitt 160 und der Endseite 102. Der Kantenabschlussstrukturabschnitt 90 dieses Beispiels ist zwischen der außen umlaufenden Gate-Verdrahtung 130 und der Endseite 102 angeordnet. Der Kantenabschlussstrukturabschnitt 90 reduziert eine elektrische Feldstärke auf der oberen Oberfläche des Halbleitersubstrats 10. Der Kantenabschlussstrukturabschnitt 90 enthält eine Mehrzahl von Schutzringen 92. Der Schutzring 92 ist ein Bereich vom Typ P, der in Kontakt mit der oberen Oberfläche des Halbleitersubstrats 10 steht. Der Schutzring 92 kann den aktiven Abschnitt 160 in der Ansicht von oben umschließen. Die Mehrzahl der Schutzringe 92 ist in vorher festgelegten Abständen zwischen der außen umlaufenden Gate-Verdrahtung 130 und der Stirnseite 102 angeordnet. Der auf der Außenseite angeordnete Schutzring 92 kann den auf der Innenseite angeordneten Schutzring 92 mit einem umschließen. Die Außenseite bezieht sich auf eine Seite nahe der Endseite 102, und die Innenseite bezieht sich auf eine Seite nahe der außen umlaufenden Gate-Verdrahtung 130. Durch das Vorsehen der Mehrzahl von Schutzringen 92 kann die Verarmungsschicht auf der oberen Oberfläche des aktiven Abschnitts 160 nach außen erstreckt werden, und die Durchschlagsspannung der Halbleitervorrichtung 100 kann verbessert werden. Der Kantenabschlussstrukturabschnitt 90 kann ferner mindestens eines von einer Feldplatte und einem RESURF enthalten, die ringförmig vorgesehen sind und den aktiven Abschnitt 160 umschließen.

[0109] **Fig. 9** veranschaulicht eine vergrößerte Ansicht eines Bereichs A in **Fig. 8**. Der Bereich A ist ein Bereich, der den Transistorabschnitt 70, den Diodenabschnitt 80 und die aktivseitige Gate-Verdrahtung 131 enthält. Die Halbleitervorrichtung 100 dieses Beispiels enthält einen Gate-Grabenabschnitt 40, einen Blind-Grabenabschnitt 30, einen Wannens-

bereich 11, einen Emitterbereich 12, einen Basisbereich 14 und einen Kontaktbereich 15, die innerhalb der oberen Oberfläche des Halbleitersubstrats 10 vorgesehen sind. Jeder der Gate-Grabenabschnitte 40 und der Blind-Grabenabschnitt 30 ist ein Beispiel für einen Grabenabschnitt. Ferner enthält die Halbleitervorrichtung 100 dieses Beispiels eine Emitter-Elektrode 52 und die aktivseitige Gate-Verdrahtung 131, die oberhalb der oberen Oberfläche des Halbleitersubstrats 10 vorgesehen sind. Die Emitter-Elektrode 52 und die aktivseitige Gate-Verdrahtung 131 sind isoliert voneinander vorgesehen.

[0110] Zwischen der Emitter-Elektrode 52 und der aktivseitigen Gate-Verdrahtung 131 und der oberen Oberfläche des Halbleitersubstrats 10 ist eine dielektrische Zwischenschicht vorgesehen, die in **Fig. 9** jedoch nicht dargestellt ist. In der dielektrischen Zwischenschicht dieses Beispiels ist ein Kontaktdurchgang 54 vorgesehen, das durch die dielektrische Zwischenschicht verläuft. In **Fig. 9** ist jeder Kontaktdurchgang 54 mit diagonalen Linien schraffiert.

[0111] Die Emitter-Elektrode 52 ist an der Oberseite des Gate-Grabenabschnitts 40, des Blind-Grabenabschnitts 30, des Wannensbereichs 11, des Emitterbereichs 12, des Basisbereichs 14 und des Kontaktbereichs 15 vorgesehen. Die Emitter-Elektrode 52 ist über den Kontaktdurchgang 54 mit dem Emitterbereich 12, dem Kontaktbereich 15 und dem Basisbereich 14 auf der oberen Oberfläche des Halbleitersubstrats 10 in Kontakt. Darüber hinaus ist die Emitter-Elektrode 52 über den in der dielektrischen Zwischenschicht vorgesehenen Kontaktdurchgang mit einem leitenden Blind-Grabenabschnitt im Blind-Grabenabschnitt 30 verbunden. Die Emitter-Elektrode 52 kann mit dem Blind-Leiterabschnitt des Blind-Grabenabschnitts 30 an einer Kante des Blind-Grabenabschnitts 30 in der y-Achsenrichtung verbunden sein.

[0112] Die aktivseitige Gate-Verdrahtung 131 ist mit dem Gate-Grabenabschnitt 40 über den in der dielektrischen Zwischenschicht vorgesehenen Kontaktdurchgang verbunden. Die aktivseitige Gate-Verdrahtung 131 kann mit einem leitenden Gate-Abschnitt des Gate-Grabenabschnitts 40 an einem Randabschnitt 41 des Gate-Grabenabschnitts 40 in der y-Achsenrichtung verbunden sein. Die aktivseitige Gate-Verdrahtung 131 ist nicht mit dem leitenden Blind-Grabenabschnitt 30 verbunden.

[0113] Die Emitter-Elektrode 52 ist aus einem Material ausgebildet, das ein Metall enthält. **Fig. 9** veranschaulicht einen Bereich, in dem die Emitter-Elektrode 52 vorgesehen ist. Zum Beispiel ist zumindest ein Teilbereich der Emitter-Elektrode 52 aus Aluminium oder einer Aluminium-Silizium-Legierung ausgebildet, zum Beispiel einer Metalllegierung wie

AlSi oder AlSiCu. Die Emitter-Elektrode 52 kann unterhalb eines aus Aluminium oder dergleichen gebildeten Bereichs ein aus Titan, einer Titanverbindung oder dergleichen gebildetes Sperrmetall aufweisen. Ferner kann ein Stopfen, der durch Einbetten von Wolfram oder ähnlichem ausgebildet ist, um in Kontakt mit dem Barrieremetall und Aluminium oder ähnlichem zu sein, im Kontaktdurchgang enthalten sein.

[0114] Der Wannensbereich 11 ist überlappend mit der aktivseitigen Gate-Verdrahtung 131 vorgesehen. Der Wannensbereich 11 ist so vorgesehen, dass er sich mit einer vorher festgelegten Breite auch in einem Bereich erstreckt, der die aktivseitige Gate-Verdrahtung 131 nicht überlappt. Der Wannensbereich 11 ist in diesem Beispiel von einem Ende des Kontaktdurchgangs 54 in y-Achsenrichtung zur Seite der aktivseitigen Gate-Verdrahtung 131 hin vorgesehen. Der Wannensbereich 11 ist ein Bereich des zweiten Leitfähigkeitstyps, in dem die Dotierungskonzentration höher ist als im Basisbereich 14. Der Basisbereich 14 dieses Beispiels ist ein P- Typ, und der Wannensbereich 11 ist ein P+ Typ.

[0115] Sowohl der Transistorabschnitt 70 als auch der Diodenabschnitt 80 enthalten eine Mehrzahl von Grabenabschnitten, die in der Array-Richtung angeordnet sind. In dem Transistorabschnitt 70 dieses Beispiels sind ein oder mehrere Gate-Grabenabschnitte 40 und ein oder mehrere Blind-Grabenabschnitte 30 abwechselnd in der Richtung des Arrays vorgesehen. In dem Diodenabschnitt 80 dieses Beispiels ist die Mehrzahl der Blind-Grabenabschnitte 30 entlang der Array-Richtung vorgesehen. In dem Diodenabschnitt 80 dieses Beispiels ist der Gate-Grabenabschnitt 40 nicht vorgesehen.

[0116] Der Gate-Grabenabschnitt 40 dieses Beispiels kann zwei lineare Abschnitte 39 aufweisen, die sich entlang der Erstreckungsrichtung senkrecht zur Array-Richtung 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. 9** ist die y-Achsenrichtung.

[0117] Zumindest ein Teil des Randabschnitts 41 ist in einer Ansicht auf das obere Ende vorzugsweise in einer gekrümmten Form vorgesehen. Durch die Verbindung zwischen den Endabschnitten der beiden linearen Abschnitte 39 in y-Achsenrichtung durch den Randabschnitt 41 ist es möglich, die elektrische Feldstärke an den Endabschnitten der linearen Abschnitte 39 zu reduzieren.

[0118] In dem Transistorabschnitt 70 sind die Blind-Grabenabschnitte 30 zwischen den jeweiligen linearen Abschnitten 39 der Gate-Grabenabschnitte 40 vorgesehen. Zwischen den jeweiligen linearen

Abschnitten 39 kann ein Blind-Grabenabschnitt 30 oder eine Mehrzahl von Blind-Grabenabschnitten 30 vorgesehen sein. Der Blind-Grabenabschnitt 30 kann eine lineare Form haben, die sich in der Erstreckungsrichtung erstreckt, oder er kann lineare Abschnitte 29 und einen Randabschnitt 31 ähnlich dem Gate-Grabenabschnitt 40 haben. Die in **Fig. 9** veranschaulichte Halbleitervorrichtung 100 enthält sowohl den linearen Blind-Grabenabschnitt 30 ohne den Randabschnitt 31 als auch den Blind-Grabenabschnitt 30 mit dem Randabschnitt 31.

[0119] Eine Diffusionstiefe des Wannensbereichs 11 kann tiefer sein als die Tiefe des Gate-Grabenabschnitts 40 und des Blind-Grabenabschnitts 30. Die Endabschnitte in y-Achsenrichtung des Gate-Grabenabschnitts 40 und des Blind-Grabenabschnitts 30 sind im Wannensbereich 11 in einer Draufsicht vorgesehen. Mit anderen Worten, der Boden in der Tiefenrichtung jedes Grabenabschnitts ist mit dem Wannensbereich 11 am Endabschnitt in der y-Achsenrichtung jedes Grabenabschnitts bedeckt. Mit dieser Anordnung kann die Stärke des elektrischen Feldes auf dem Boden jedes Grabenabschnitts reduziert werden.

[0120] Ein Mesa-Abschnitt ist zwischen den jeweiligen Grabenabschnitten in Richtung des Arrays vorgesehen. Der Mesa-Abschnitt bezieht sich auf einen Bereich, der zwischen den Grabenabschnitten innerhalb des Halbleitersubstrats 10 liegt. Ein Beispiel: Ein oberes Ende des Mesa-Abschnitts ist die obere Oberfläche des Halbleitersubstrats 10. Die Tiefenposition des unteren Endes des Mesa-Abschnitts ist die gleiche wie die Tiefenposition des unteren Endes des Grabenabschnitts. Der Mesa-Abschnitt ist in diesem Beispiel vorgesehen, der sich in Richtung der y-Achse entlang des Grabenabschnitts auf der oberen Oberfläche des Halbleitersubstrats 10 erstreckt. In diesem Beispiel ist ein Mesa-Abschnitt 60 im Transistorabschnitt 70 vorgesehen, und ein Mesa-Abschnitt 61 ist im Diodenabschnitt 80 vorgesehen. Wenn in der vorliegenden Spezifikation einfach von „Mesa-Abschnitt“ die Rede ist, bezieht sich der Abschnitt auf den Mesa-Abschnitt 60 und den Mesa-Abschnitt 61.

[0121] Jeder Mesa-Abschnitt ist mit dem Basisbereich 14 versehen. In dem Mesa-Abschnitt ist ein Bereich, der der aktivseitigen Gate-Verdrahtung 131 am nächsten angeordnet ist, in dem Basisbereich 14, der auf der oberen Oberfläche des Halbleitersubstrats 10 freiliegt, ein Basisbereich 14-e. In **Fig. 9** ist der Basisbereich 14-e, der an einem Endabschnitt jedes Mesa-Abschnitts in der Erstreckungsrichtung angeordnet ist, veranschaulicht, aber der Basisbereich 14-e ist auch am anderen Endabschnitt jedes Mesa-Abschnitts angeordnet. Jeder Mesa-Abschnitt kann mit mindestens einem Emitterbereich 12 eines ersten Leitfähigkeitstyps

und einem Kontaktbereich 15 eines zweiten Leitfähigkeitstyps in einem Bereich vorgesehen sein, der in der Draufsicht zwischen den Basisbereichen 14-e liegt. Der Emitterbereich 12 dieses Beispiels ist ein N +Typ, und der Kontaktbereich 15 ist ein P+ Typ. Der Emitterbereich 12 und der Kontaktbereich 15 können zwischen dem Basisbereich 14 und der oberen Oberfläche des Halbleitersubstrats 10 in der Tiefenrichtung vorgesehen sein.

[0122] Der Mesa-Abschnitt 60 des Transistorabschnitts 70 hat den Emitterbereich 12, der auf der oberen Oberfläche des Halbleitersubstrats 10 freiliegt. Der Emitterbereich 12 ist in Kontakt mit dem Gate-Grabenabschnitt 40 vorgesehen. Der mit dem Gate-Grabenabschnitt 40 in Kontakt stehende Mesa-Abschnitt 60 kann mit dem auf der oberen Oberfläche des Halbleitersubstrats 10 freiliegenden Kontaktbereich 15 vorgesehen sein.

[0123] Sowohl der Kontaktbereich 15 als auch der Emitterbereich 12 im Mesa-Abschnitt 60 sind von einem Grabenabschnitt zum anderen Grabenabschnitt in der x-Achsenrichtung vorgesehen. In einem Beispiel sind der Kontaktbereich 15 und der Emitterbereich 12 im Mesa-Abschnitt 60 abwechselnd entlang der Richtung, in der sich der Grabenabschnitt erstreckt (die y-Achsenrichtung), angeordnet.

[0124] In einem anderen Beispiel können der Kontaktbereich 15 und der Emitterbereich 12 in dem Mesa-Abschnitt 60 streifenförmig entlang der Richtung des Grabenabschnitts (der y-Achsenrichtung) vorgesehen sein. Zum Beispiel ist der Emitterbereich 12 in einem Bereich in Kontakt mit dem Grabenabschnitt vorgesehen, und der Kontaktbereich 15 ist in einem Bereich vorgesehen, der zwischen den Emitterbereichen 12 liegt.

[0125] Der Mesa-Abschnitt 61 des Diodenabschnitts 80 ist nicht mit dem Emitterbereich 12 vorgesehen. Der Basisbereich 14 und der Kontaktbereich 15 können auf einer oberen Oberfläche des Mesa-Abschnitts 61 vorgesehen sein. In dem Bereich, der zwischen den Basisbereichen 14-e auf der oberen Oberfläche des Mesa-Abschnitts 61 liegt, kann der Kontaktbereich 15 in Kontakt mit jedem Basisbereich 14-e vorgesehen sein. Der Basisbereich 14 kann in einem Bereich vorgesehen sein, der zwischen den Kontaktbereichen 15 auf der oberen Oberfläche des Mesa-Abschnitts 61 eingeschlossen ist. Der Basisbereich 14 kann in dem gesamten Bereich angeordnet sein, der zwischen den Kontaktbereichen 15 eingeschlossen ist.

[0126] Der Kontaktdurchgang 54 ist oberhalb jedes Mesa-Abschnitts vorgesehen. Der Kontaktdurchgang 54 ist in dem Bereich angeordnet, der sich zwischen den Basisbereichen 14-e befindet. Der Kon-

taktdurchgang 54 ist in diesem Beispiel oberhalb der jeweiligen Bereiche des Kontaktbereichs 15, des Basisbereichs 14 und des Emitterbereichs 12 vorgesehen. Der Kontaktdurchgang 54 ist nicht in Bereichen vorgesehen, die dem Basisbereich 14-e und dem Wannbereich 11 entsprechen. Der Kontaktdurchgang 54 kann in der Mitte des Mesa-Abschnitts 60 in der Richtung des Arrays (der x-Achsenrichtung) angeordnet sein.

[0127] In dem Diodenabschnitt 80 ist ein Kathodenbereich 82 des N+ Typs in einem Bereich vorgesehen, der in direktem Kontakt mit der unteren Oberfläche des Halbleitersubstrats 10 steht. Auf der unteren Oberfläche des Halbleitersubstrats 10 kann ein Kollektorbereich des P+ Typs 22 in einem Bereich vorgesehen sein, in dem der Kathodenbereich 82 nicht vorgesehen ist. In **Fig. 9** ist die Grenze zwischen dem Kathodenbereich 82 und dem Kollektorbereich 22 durch eine gestrichelte Linie gekennzeichnet.

[0128] Der Kathodenbereich 82 ist in der y-Achsenrichtung getrennt vom Wannbereich 11 angeordnet. Bei dieser Einrichtung ist der Abstand zwischen dem P Typ-Bereich (dem Wannbereich 11), der eine relativ hohe Dotierungskonzentration aufweist und bis zur Tiefenlage ausgebildet ist, und dem Kathodenbereich 82 gewährleistet, sodass die Durchschlagspannung verbessert werden kann. Der Endabschnitt in y-Achsenrichtung des Kathodenbereichs 82 ist bei diesem Beispiel weiter vom Wannbereich 11 angeordnet als der Endabschnitt in y-Achsenrichtung des Kontaktdurchgangs 54. In einem anderen Beispiel kann der Endabschnitt in der y-Achsenrichtung des Kathodenbereichs 82 zwischen dem Wannbereich 11 und dem Kontaktdurchgang 54 angeordnet sein.

[0129] **Fig. 10** veranschaulicht ein Diagramm, das ein Beispiel für einen Querschnitt b-b in **Fig. 9** zeigt. Der Querschnitt b-b ist eine XZ-Ebene, die durch den Emitterbereich 12 und den Kathodenbereich 82 verläuft. Die Halbleitervorrichtung 100 dieses Beispiels enthält das Halbleitersubstrat 10, die dielektrische Zwischenschicht 38, die Emitter-Elektrode 52 und die Kollektorelektrode 24 im Querschnitt. Die dielektrische Zwischenschicht 38 ist auf der oberen Oberfläche des Halbleitersubstrats 10 vorgesehen. Die dielektrische Zwischenschicht 38 ist eine Schicht, die mindestens eine Schicht aus einer dielektrischen Schicht, wie z. B. Silikatglas, dem eine Verunreinigung, wie z. B. Bor oder Phosphor, zugesetzt ist, eine thermische Oxidschicht und andere dielektrische Schichten enthält. Die dielektrische Zwischenschicht 38 ist mit dem in **Fig. 9** beschriebenen Kontaktdurchgang 54 versehen.

[0130] Die Emitter-Elektrode 52 ist auf der Oberseite der dielektrischen Zwischenschicht 38 vorgesehen.

Die Emitter-Elektrode 52 steht über den Kontaktdurchgang 54 der dielektrischen Zwischenschicht 38 in Kontakt mit einer oberen Oberfläche 21 des Halbleitersubstrats 10. Die Kollektorelektrode 24 ist auf einer unteren Oberfläche 23 des Halbleitersubstrats 10 vorgesehen. Die Emitter-Elektrode 52 und die Kollektorelektrode 24 bestehen aus einem metallischen Material wie z. B. Aluminium. In der Beschreibung wird die Richtung, in der die Emitter-Elektrode 52 mit der Kollektorelektrode 24 verbunden ist (die z-Achsenrichtung), als Tiefenrichtung bezeichnet.

[0131] Das Halbleitersubstrat 10 weist einen Bulk-Dotierungsbereich 18 vom N- Typ auf. Der Bulk-Dotierungsbereich 18 ist ein Bereich, in dem die Dotierungskonzentration des Bulk-Dotierungsbereichs 18 mit der Donatorkonzentration des Bulk-Donators übereinstimmt. Der Bulk-Dotierungsbereich 18 ist sowohl im Transistorabschnitt 70 als auch im Diodenabschnitt 80 vorgesehen.

[0132] In dem Mesa-Abschnitt 60 des Transistorabschnitts 70 sind ein Emitterbereich 12 vom N+ Typ und ein Basisbereich 14 vom P- Typ in der Reihenfolge von einer Seite der oberen Oberfläche 21 des Halbleitersubstrats 10 vorgesehen. Der Bulk-Dotierungsbereich 18 ist unterhalb des Basisbereichs 14 vorgesehen. Der Mesa-Abschnitt 60 kann mit einem Akkumulationsbereich 16 vom N+ Typ versehen sein. Der Akkumulationsbereich 16 ist zwischen dem Basisbereich 14 und dem Bulk-Dotierungsbereich 18 angeordnet.

[0133] Der Emitterbereich 12 liegt auf der oberen Oberfläche 21 des Halbleitersubstrats 10 frei und ist in Kontakt mit dem Gate-Grabenabschnitt 40 versehen. Der Emitterbereich 12 kann mit den Grabenabschnitten auf beiden Seiten des Mesa-Abschnitts 60 in Kontakt sein. Der Emitterbereich 12 weist eine höhere Dotierungskonzentration auf als der Bulk-Dotierungsbereich 18.

[0134] Der Basisbereich 14 ist unterhalb des Emitterbereichs 12 vorgesehen. Der Basisbereich 14 dieses Beispiels ist in Kontakt mit dem Emitterbereich 12 vorgesehen. Der Basisbereich 14 kann in Kontakt mit den Grabenabschnitten auf beiden Seiten des Mesa-Abschnitts 60 sein.

[0135] Der Akkumulationsbereich 16 ist unterhalb des Basisbereichs 14 vorgesehen. Der Akkumulationsbereich 16 ist ein N+ Typ-Bereich mit einer höheren Dotierungskonzentration als der Bulk-Dotierungsbereich 18. Durch das Vorsehen des Hochkonzentrations-Akkumulationsbereichs 16 zwischen dem Bulk-Dotierungsbereich 18 und dem Basisbereich 14 kann der Implantationsverstärkungseffekt (IE-Effekt) des Trägers verbessert und die EIN-Spannung reduziert werden. Der Akkumulationsbereich 16 kann vorgesehen sein, um eine ganze untere

Oberfläche des Basisbereichs 14 in jedem Mesa-Abschnitt 60 zu bedecken.

[0136] Der Mesa-Abschnitt 61 des Diodenabschnitts 80 ist mit dem Basisbereich 14 vom P- Typ in Kontakt mit der oberen Oberfläche 21 des Halbleitersubstrats 10 vorgesehen. Der Bulk-Dotierungsbereich 18 ist unterhalb des Basisbereichs 14 vorgesehen. In dem Mesa-Abschnitt 61 kann der Akkumulationsbereich 16 unterhalb des Basisbereichs 14 vorgesehen sein.

[0137] Sowohl im Transistorabschnitt 70 als auch im Diodenabschnitt 80 kann auf der unteren Oberfläche 23 bezüglich des Bulk-Dotierungsbereichs 18 und des Hochkonzentrationsbereichs 460 ein N+ Pufferbereich 20 vorgesehen sein. Die Dotierungskonzentration des Pufferbereichs 20 ist höher als die Dotierungskonzentration des Bulk-Dotierungsbereichs 18. Der Pufferbereich 20 hat einen oder mehrere Peaks der Donatorenkonzentration mit höheren Donatorenkonzentrationen als der Bulk-Dotierungsbereich 18. Die Mehrzahl der Peaks der Donatorkonzentration sind an unterschiedlichen Positionen in der Tiefenrichtung des Halbleitersubstrats 10 angeordnet. Bei dem Donatorkonzentrationspeak des Dämpferbereichs 20 kann es sich beispielsweise um einen Konzentrationspeak von Wasserstoff (Proton) oder Phosphor handeln. Der Pufferbereich 20 kann den zweiten Peak 402 der chemischen Konzentration von Wasserstoff enthalten (siehe **Fig. 2** und dergleichen). Der Pufferbereich 20 kann als Feldstopperschicht fungieren, die verhindert, dass eine Verarmungsschicht, die sich vom unteren Ende des Basisbereichs 14 aus erweitert, den Kollektorbereich vom P+ Typ 22 und den Kathodenbereich 82 vom N+ Typ 82 erreicht.

[0138] In dem Transistorabschnitt 70 ist der Kollektorbereich des P+ Typs 22 unterhalb des Dämpfers 20 vorgesehen. Eine Akzeptorkonzentration des Kollektorbereichs 22 ist höher als eine Akzeptorkonzentration des Basisbereichs 14. Der Kollektorbereich 22 kann einen Akzeptor enthalten, der mit einem Akzeptor des Basisbereichs 14 identisch oder davon verschieden ist. Der Akzeptor des Kollektorbereichs 22 ist z.B. Bor.

[0139] Unterhalb des Dämpfers 20 im Diodenabschnitt 80 ist der Kathodenbereich 82 vom N+ Typ vorgesehen. Die Donatorkonzentration des Kathodenbereichs 82 ist höher als die Donatorkonzentration des Bulk-Dotierungsbereichs 18. Ein Donator des Kathodenbereichs 82 ist zum Beispiel Wasserstoff oder Phosphor. Es ist zu beachten, dass ein Element, das als Donator und Akzeptor in jedem Bereich dient, nicht auf das oben beschriebene Beispiel begrenzt ist. Der Kollektorbereich 22 und der Kathodenbereich 82 liegen auf der unteren Oberfläche 23 des Halbleitersubstrats 10 frei und sind mit der Kollektorelektrode 24 verbunden. Die Kollektorelektrode

24 kann mit der gesamten unteren Oberfläche 23 des Halbleitersubstrats 10 in Kontakt sein. Die Emitter-Elektrode 52 und die Kollektorelektrode 24 sind aus einem metallischen Material wie z.B. Aluminium ausgebildet.

[0140] Ein oder mehrere Gate-Grabenabschnitte 40 und ein oder mehrere Blind-Grabenabschnitte 30 sind auf der Seite der oberen Oberfläche 21 des Halbleitersubstrats 10 vorgesehen. Jeder Grabenabschnitt durchdringt den Basisbereich 14 von der oberen Oberfläche 21 des Halbleitersubstrats 10 aus, um den Bulk-Dotierungsbereich 18 zu erreichen. In dem Bereich, in dem mindestens einer der Emitterbereiche 12, der Kontaktbereich 15 und der Akkumulationsbereich 16 vorgesehen ist, dringt jeder Grabenabschnitt auch in diese Dotierungsbereiche ein und erreicht den Bulk-Dotierungsbereich 18. Die Konfiguration des Grabenabschnitts, der den Dotierungsbereich durchdringt, ist nicht auf diejenige begrenzt, die in der Reihenfolge des Ausbildens des Dotierungsbereichs und des anschließenden Ausbildens des Grabenabschnitts hergestellt wird. Die Konfiguration des Grabenabschnitts, der den Dotierungsbereich durchdringt, enthält eine Konfiguration des Dotierungsbereichs, der zwischen den Grabenabschnitten nach dem Ausbilden des Grabenabschnitts ausgebildet wird.

[0141] Wie oben beschrieben, ist der Transistorabschnitt 70 mit dem Gate-Grabenabschnitt 40 und dem Blind-Grabenabschnitt 30 vorgesehen. In dem Diodenabschnitt 80 ist der Blind-Grabenabschnitt 30 vorgesehen, und der Gate-Grabenabschnitt 40 ist nicht vorgesehen. Die Grenze in x-Achsenrichtung zwischen dem Diodenabschnitt 80 und dem Transistorabschnitt 70 ist in diesem Beispiel die Grenze zwischen dem Kathodenbereich 82 und dem Kollektorbereich 22.

[0142] Der Gate-Grabenabschnitt 40 enthält einen Gate-Graben, der in der oberen Oberfläche 21 des Halbleitersubstrats 10 vorgesehen ist, eine dielektrische Gateschicht 42 und einen leitenden Gate-Abschnitt 44. Die dielektrische Gateschicht 42 ist vorgesehen, um die Innenwand des Gate-Grabens zu bedecken. Die dielektrische Gateschicht 42 kann durch Oxidieren oder Nitrieren eines Halbleiters auf der Innenwand des Gate-Grabens ausgebildet werden. Der leitende Gate-Abschnitt 44 ist im Inneren der dielektrischen Gateschicht 42 im Gate-Graben vorgesehen. Das heißt, die dielektrische Gateschicht 42 isoliert den leitenden Gate-Abschnitt 44 vom Halbleitersubstrat 10. Der leitende Gate-Abschnitt 44 ist aus einem leitenden Material wie Polysilizium ausgebildet.

[0143] Der leitende Gate-Abschnitt 44 kann länger als der Basisbereich 14 in der Tiefenrichtung vorgesehen sein. Der Gate-Grabenabschnitt 40 ist im

Querschnitt von der dielektrischen Zwischenschicht 38 auf der oberen Oberfläche 21 des Halbleitersubstrats 10 bedeckt. Der leitende Gate-Abschnitt 44 ist elektrisch mit der Gate-Verdrahtung verbunden. Wenn eine vorher festgelegte Gate-Spannung an den Gate-Leiterabschnitt 44 angelegt wird, wird ein Kanal durch eine Elektroneninversionsschicht in einer Oberflächenschicht des Basisbereichs 14 an einer Grenze in Kontakt mit dem Gate-Grabenabschnitt 40 ausgebildet.

[0144] Die Blind-Grabenabschnitte 30 können die gleiche Struktur wie die Gate-Grabenabschnitte 40 im Querschnitt aufweisen. Der Blind-Grabenabschnitt 30 enthält einen Blind-Graben, der in der oberen Oberfläche 21 des Halbleitersubstrats 10 vorgesehen ist, eine dielektrische Blindschicht 32 und einen leitenden Blindabschnitt 34. Der leitende Blindabschnitt 34 kann mit einer anderen Elektrode als der Kontaktstelle verbunden sein. Beispielsweise kann der leitende Blindabschnitt 34 mit einer (nicht gezeigten) Dummy-Kontaktstelle verbunden sein, die mit einer externen Schaltung verbunden ist, die sich von der Gate-Kontaktstelle unterscheidet, und es kann eine andere Steuerung als die des leitenden Gate-Abschnitts 44 ausgeführt werden. Der leitende Blindabschnitt 34 kann elektrisch mit der Emitter-Elektrode 52 verbunden sein. Die dielektrische Blindschicht 32 ist vorgesehen und bedeckt eine Innenwand des Dummy-Grabens. Der leitende Blindabschnitt 34 ist in dem Blindgraben vorgesehen und befindet sich innerhalb der dielektrischen Blindschicht 32. Die dielektrische Blindschicht 32 isoliert den leitenden Blindabschnitt 34 vom Halbleitersubstrat 10. Der leitende Blindabschnitt 34 kann aus demselben Material wie der leitende Gate-Abschnitt 44 ausgebildet sein. Zum Beispiel ist der leitende Blindabschnitt 34 aus einem leitenden Material wie Polysilizium oder ähnlichem ausgebildet. Der leitende Blindabschnitt 34 kann die gleiche Länge wie der leitende Gate-Abschnitt 44 in der Tiefenrichtung haben.

[0145] Der Gate-Grabenabschnitt 40 und der Blind-Grabenabschnitt 30 dieses Beispiels sind mit der dielektrischen Zwischenschicht 38 auf der oberen Oberfläche 21 des Halbleitersubstrats 10 bedeckt. Es ist zu beachten, dass die Unterseiten des Blind-Grabenabschnitts 30 und des Gate-Grabenabschnitts 40 in einer gekrümmten Oberflächenform (eine gekrümmte Linienform im Querschnitt) konvex nach unten ausgebildet sein können.

[0146] Das Halbleitersubstrat 10 weist Verteilungen der chemischen Konzentration von Sauerstoff (C_{OX}), der chemischen Konzentration von Verunreinigungen (C_I), der chemischen Konzentration von Wasserstoff (C_H) und der VOH-Defektkonzentration (N_{VOH}) auf, die den in **Fig. 1** bis **Fig. 6** beschriebenen Beispielen entsprechen. In **Fig. 10** ist der erste Peak 401 durch ein Kreuz gekennzeichnet, und der Hochkonzentrationsbereich 460 ist mit diagonalen Linien

schraffiert. Der Dämpferbereich 20, der Kathodenbereich 82 und der Kollektorbereich 22 können ebenfalls in dem Hochkonzentrationsbereich 460 enthalten sein, aber die diagonale Linie ist in **Fig. 10** weggelassen. Der Hochkonzentrationsbereich 460 kann von dem ersten Peak 401 bis zur unteren Oberfläche 23 vorgesehen sein.

[0147] Wie oben beschrieben, enthält der Hochkonzentrationsbereich 460 VOH-Defekte. Der Bulk-Dotierungsbereich 18 und der Hochkonzentrationsbereich 460 können zusammen als Driftbereich 19 bezeichnet werden. Der Driftbereich 19 kann ein Bereich sein, in dem sich eine Verarmungsschicht erweitert, wenn eine Spannung an die Halbleitervorrichtung 100 angelegt wird, und der die Hälfte oder mehr der angelegten Spannung trägt.

[0148] **Fig. 11** veranschaulicht ein Diagramm, das ein Beispiel für einen Querschnitt c-c in **Fig. 8** zeigt. Der Querschnitt c-c ist eine XZ-Ebene, die durch den Kantenabschlussstrukturabschnitt 90, den Transistorabschnitt 70 und den Diodenabschnitt 80 verläuft. Die Strukturen des Transistorabschnitts 70 und des Diodenabschnitts 80 sind die gleichen wie die des Transistorabschnitts 70 und des Diodenabschnitts 80, die in **Fig. 9** und **Fig. 10** beschrieben sind. In **Fig. 11** sind die Strukturen des Gate-Grabenabschnitts 40 und des Blind-Grabenabschnitts 30 in vereinfachter Form veranschaulicht.

[0149] In dem Halbleitersubstrat 10 ist der Wannbereich 11 zwischen dem Kantenabschlussstrukturabschnitt 90 und dem Transistorabschnitt 70 vorgesehen. Der Wannbereich 11 ist ein Bereich vom P + Typ, der in Kontakt mit der oberen Oberfläche 21 des Halbleitersubstrats 10 steht. Der Wannbereich 11 kann bis zu einer Position vorgesehen sein, die tiefer liegt als die unteren Enden des Gate-Grabenabschnitts 40 und des Blind-Grabenabschnitts 30. Ein Teil des Gate-Grabenabschnitts 40 und ein Teil des Blind-Grabenabschnitts 30 können innerhalb des Wannbereichs 11 angeordnet sein.

[0150] Eine dielektrische Zwischenschicht 38, die den Wannbereich 11 abdeckt, kann auf der oberen Oberfläche 21 des Halbleitersubstrats 10 vorgesehen sein. Oberhalb der dielektrischen Zwischenschicht 38 sind Elektroden und Verdrahtungen wie die Emitter-Elektrode 52 und die außen umlaufende Gate-Verdrahtung 130 vorgesehen. Die Emitter-Elektrode 52 ist vorgesehen, die sich von oberhalb des aktiven Abschnitts 160 bis oberhalb des Wannbereichs 11 erstreckt. Die Emitter-Elektrode 52 kann mit dem Wannbereich 11 über einen in der dielektrischen Zwischenschicht 38 vorgesehenen Kontaktdurchgang verbunden werden.

[0151] Die außen umlaufende Gate-Verdrahtung 130 ist zwischen der Emitter-Elektrode 52 und dem Kantenabschlussstrukturabschnitt 90 angeordnet. Obwohl die Emitter-Elektrode 52 und die außen umlaufende Gate-Verdrahtung 130 getrennt voneinander angeordnet sind, ist in **Fig. 11** kein Spalt zwischen der Emitter-Elektrode 52 und der äußeren umlaufenden Gate-Verdrahtung vorhanden. Die außen umlaufende Gate-Verdrahtung 130 ist durch die dielektrische Zwischenschicht 38 elektrisch von dem Wannbereich 11 isoliert.

[0152] Der Kantenabschlussstrukturabschnitt 90 ist mit einer Mehrzahl von Schutzringen 92, einer Mehrzahl von zweiten Hochkonzentrationsbereichen 202, einer Mehrzahl von Feldplatten 94 und einem Kanalstopper 174 versehen. Darüber hinaus sind der erste Peak 401 und der Hochkonzentrationsbereich 460 auch in mindestens einem Teil des Kantenabschlussstrukturabschnitts 90 vorgesehen. Der Hochkonzentrationsbereich 460 kann unterhalb des Schutzrings 92 vorgesehen sein. Der erste Peak 401 und der Hochkonzentrationsbereich 460 des Kantenabschlussstrukturabschnitts 90 können durchgehend mit dem ersten Peak 401 und dem Hochkonzentrationsbereich 460 des Transistorabschnitts 70 und des Diodenabschnitts 80 vorgesehen sein. Der erste Peak 401 und der Hochkonzentrationsbereich 460 können über den gesamten Kantenabschlussstrukturabschnitt 90 in der x-Achsenrichtung vorgesehen sein.

[0153] Der erste Peak 401 dieses Beispiels ist, wie später beschrieben wird, unterhalb des zweiten Hochkonzentrationsbereichs 202 vorgesehen (d.h. an einer Position, die von der oberen Oberfläche 21 aus gesehen, tiefer angeordnet ist als der zweite Hochkonzentrationsbereich 202). Der erste Peak 401 kann an einer Position angeordnet sein, die tiefer liegt als das untere Ende des Schutzrings 92. Das heißt, der erste Peak 401 kann zwischen dem unteren Ende des Schutzrings 92 und der unteren Oberfläche 23 des Halbleitersubstrats 10 angeordnet sein. Der erste Peak 401 kann an einer Stelle angeordnet werden, die tiefer liegt als das untere Ende des Wannbereichs 11. Der erste Peak 401 kann an einer Position angeordnet sein, die tiefer liegt als das untere Ende des Grabenabschnitts.

[0154] Obwohl der in **Fig. 11** veranschaulichte Hochkonzentrationsbereich 460 nicht in Kontakt mit dem Schutzring 92 steht, kann der Hochkonzentrationsbereich 460 in Kontakt mit dem unteren Ende des Schutzrings 92 sein. Der Hochkonzentrationsbereich 460 kann bis zwischen die beiden Schutzringe 92 vorgesehen sein. Der Hochkonzentrationsbereich 460 kann mit dem Wannbereich 11 in Kontakt stehen oder nicht. Der Hochkonzentrationsbereich 460 kann in Kontakt mit dem Grabenabschnitt stehen oder nicht. Der Hochkonzentrationsbereich 460

kann unterhalb des zweiten Hochkonzentrationsbereichs 202 vorgesehen sein.

[0155] Der Hochkonzentrationsbereich 460 kann in Kontakt mit dem Wannbereich 11 sein. Der Hochkonzentrationsbereich 460 kann in Kontakt mit dem Grabenabschnitt stehen. Der Hochkonzentrationsbereich 460 kann nicht in Kontakt mit dem Emitterbereich 12, dem Basisbereich 14 und dem Akkumulationsbereich 16 stehen. In einem anderen Beispiel kann der Hochkonzentrationsbereich 460 in Kontakt mit dem Akkumulationsbereich 16 stehen. Der Hochkonzentrationsbereich 460 kann in Kontakt mit dem Basisbereich 14 stehen. Der Hochkonzentrationsbereich 460 kann nicht in Kontakt mit dem Kanalstopper 174 stehen oder in Kontakt mit diesem stehen.

[0156] Die Hochkonzentrationsbereiche 460 können im gesamten Kantenabschlussstrukturabschnitt 90 in der Tiefenrichtung die gleiche oder eine unterschiedliche Länge aufweisen. In dem Hochkonzentrationsbereich 460 können der Kantenabschlussstrukturabschnitt 90 und der aktive Abschnitt 160 gleiche oder unterschiedliche Längen in der Tiefenrichtung aufweisen.

[0157] In dem Kantenabschlussstrukturabschnitt 90 kann ein Kollektorbereich 22 in einem Bereich vorgesehen sein, der mit der unteren Oberfläche 23 in Kontakt steht. Jeder Schutzring 92 kann vorgesehen sein, um den aktiven Abschnitt 160 in der oberen Oberfläche 21 zu umschließen. Die Mehrzahl der Schutzringe 92 kann die Funktion haben, die im aktiven Abschnitt 160 erzeugte Verarmungsschicht auf die Außenseite des Halbleitersubstrats 10 zu erweitern. Dadurch kann die Stärke des elektrischen Feldes innerhalb des Halbleitersubstrats 10 verhindert werden, und die Durchschlagspannung der Halbleitervorrichtung 100 kann verbessert werden.

[0158] Der Schutzring 92 dieses Beispiels ist ein Halbleiterbereich vom Typ P+, der durch die Implantation von Ionen in der Nähe der oberen Oberfläche 21 ausgebildet wird. Der Schutzring 92 kann durch selektives Implantieren eines Dotierstoffs vom P Typ, wie z. B. Bor, von der oberen Oberfläche 21 des Halbleitersubstrats 10 und Ausführen einer Wärmebehandlung ausgebildet werden. Die Tiefe des unteren Abschnitts des Schutzrings 92 kann tiefer sein als die Tiefe der unteren Abschnitte des Gate-Grabenabschnitts 40 und des Blind-Grabenabschnitts 30. Die Tiefe des unteren Abschnitts des Schutzrings 92 kann gleich oder verschieden von der Tiefe des unteren Abschnitts des Wannbereichs 11 sein.

[0159] Die obere Oberfläche des Schutzrings 92 ist mit der dielektrischen Zwischenschicht 38 bedeckt. Die Feldplatte 94 ist aus einem Metall wie Aluminium oder einem leitfähigen Material wie Polysilizium aus-

gebildet. Die Feldplatte 94 kann aus einer Aluminium-Silizium-Legierung ausgebildet sein, zum Beispiel aus einer Metalllegierung wie AlSi oder AlSiCu. Die Feldplatte 94 kann aus demselben Material wie die außen umlaufende Gate-Verdrahtung 130 oder die Emitter-Elektrode 52 ausgebildet sein. Die Feldplatte 94 ist auf der dielektrischen Zwischenschicht 38 vorgesehen. Die Feldplatte 94 dieses Beispiels ist mit dem Schutzring 92 über ein vorgesehenes Durchgangsloch in der dielektrischen Zwischenschicht 38 verbunden.

[0160] Der Kanalstopper 174 ist ein Bereich vom N oder P Typ, der weiter außerhalb des äußersten Schutzrings 92 angeordnet ist und der oberen Oberfläche 21 des Halbleitersubstrats 10 ausgesetzt ist. Es ist zu beachten, dass sich der Begriff „außerhalb“ auf eine Seite bezieht, auf der der Abstand zum aktiven Abschnitt 160 in einer Ansicht vom oberen Ende her zunimmt. Das heißt, der äußerste Schutzring 92 bezieht sich auf den Schutzring 92, der in der x-Achsenrichtung am weitesten vom aktiven Abschnitt 160 entfernt ist. Der Kanalstopper 174 dieses Beispiels ist so vorgesehen, dass er an der oberen Oberfläche 21 und der Seitenwand in der Nähe der Stirnseite 102 des Halbleitersubstrats 10 anliegt. Der Kanalstopper 174 ist ein N Typ-Bereich mit einer höheren Dotierungskonzentration als die des Bulk-Dotierungsbereichs 18. Die Dotierungskonzentration des Kanalstoppers 174 kann höher sein als die Dotierungskonzentration des Hochkonzentrationsbereichs 460. Der Kanalstopper 174 hat die Aufgabe, die im aktiven Abschnitt 160 erzeugte Verarmungsschicht in der Nähe der Endseite 102 des Halbleitersubstrats 10 abzuschließen. Es ist zu beachten, dass, obwohl zumindest ein Teil der Feldplatte 94, der außen umlaufenden Gate-Verdrahtung 130 und der Emitter-Elektrode 52 mit einer Schutzschicht wie einer Polyimid- oder Nitrid-Schicht bedeckt ist, die Schutzschicht in den Zeichnungen der vorliegenden Spezifikation weggelassen werden kann.

[0161] Der zweite Hochkonzentrationsbereich 202 ist ein N Typ-Bereich mit einer Donatorkonzentration, die höher ist als die Dotierungskonzentration des Bulk-Donators. Der zweite Hochkonzentrationsbereich 202 ist zwischen zwei benachbarten Schutzringen 92 vorgesehen. Der zweite Hochkonzentrationsbereich 202 kann in Kontakt mit der oberen Oberfläche 21 des Halbleitersubstrats 10 stehen. Der zweite Hochkonzentrationsbereich 202 ist bei diesem Beispiel in einem Bereich vorgesehen, der flacher als das untere Ende des Schutzrings 92 von der oberen Oberfläche 21 ist. In einem anderen Beispiel kann der zweite Hochkonzentrationsbereich 202 in einer Position vorgesehen sein, die tiefer liegt als das untere Ende des Schutzrings 92. Der zweite Hochkonzentrationsbereich 202 kann auch zwischen dem Wannbereich 11 und dem Schutzring 92 vorgesehen sein.

[0162] Der zweite Hochkonzentrationsbereich 202 kann durch Einbringen eines Donators von der oberen Oberfläche 21 des Halbleitersubstrats 10 unter Verwendung der Feldplatte 94 als Maske und Ausführen einer Wärmebehandlung ausgebildet werden. In diesem Fall wird zumindest ein Teil des zweiten Hochkonzentrationsbereichs 202 in einem Bereich ausgebildet, der nicht von der Feldplatte 94 bedeckt ist. Zumindest ein Teil des zweiten Hochkonzentrationsbereichs 202 überlappt in diesem Beispiel die Feldplatte 94 in Richtung der z-Achse nicht. Der in den zweiten Hochkonzentrationsbereich 202 einzusetzende Donator kann Phosphor, Wasserstoff oder ein anderer Donator sein. In einem Fall, in dem der zweite Hochkonzentrationsbereich 202 tief ausgebildet ist, kann der Donator in eine Mehrzahl von Tiefenpositionen eingesetzt werden, indem die Beschleunigungsenergie des Donators variiert wird.

[0163] In einem anderen Beispiel kann der zweite Hochkonzentrationsbereich 202 durch Einbringen des Donators von der oberen Oberfläche 21 des Halbleitersubstrats 10 aus gebildet werden, ohne dass die Feldplatte 94 als Maske verwendet und eine Wärmebehandlung ausgeführt wird. In diesem Fall wird Bor durch selektives Einbringen von Ionen zum P-Dotierstoff, und der Schutzring wird durch Wärmebehandlung ausgebildet. Danach wird Phosphor durch Einbringen von Ionen zum N-Dotierstoff, und der zweite Hochkonzentrationsbereich 202 wird durch Wärmebehandlung ausgebildet. Die Temperatur der Wärmebehandlung nach dem Einbringen des Dotierstoffs vom Typ P ist höher als die Temperatur der Wärmebehandlung nach dem Einbringen des Dotierstoffs vom Typ N. Die Dosiermenge bei der Ionenimplantation des Dotierstoffs vom Typ N kann geringer sein als die Dosiermenge des Dotierstoffs vom Typ P. In diesem Fall kann die Ionenimplantation des N Typ Dotierstoffs auch in den den Schutzring ausbildenden Bereich oder selektiv eingebracht werden, um den den Schutzring ausbildenden Bereich zu vermeiden.

[0164] Im Beispiel von **Fig. 11** sind der zweite Hochkonzentrationsbereich 202 und der Hochkonzentrationsbereich 460 in Richtung der z-Achse voneinander angeordnet. Zwischen dem zweiten Hochkonzentrationsbereich 202 und dem Hochkonzentrationsbereich 460 kann ein Bereich mit der gleichen Donatoren-Konzentration wie die Bulk-Donatoren-Konzentration vorgesehen sein.

[0165] Es ist zu beachten, dass bei einer Wärmebehandlung bei hoher Temperatur über einen längeren Zeitraum nach dem Einbringen des Wasserstoffs der Wasserstoffdonator nicht mehr vorhanden ist oder die Funktion zur Anpassung der Lebensdauer am ersten Peak 401 nicht mehr gegeben ist. Daher ist es vorteilhaft, dass die Einbringung von Wasserstoff und die Wärmebehandlung am Ende des Herstel-

lungsschritts der Halbleitervorrichtung 100 ausgeführt werden. Zum Beispiel kann durch das Einbringen von Wasserstoff nach dem Ausbilden einer schützenden Schicht über der Feldplatte 94 oder dergleichen das Entweichen der Wasserstoffdonatoren unterdrückt werden.

[0166] Wenn die Dotierungskonzentration auf der oberen Oberfläche 21 des Kantenabschlußstrukturabschnitts 90 variiert, variiert auch der Grad der Erweiterung der Verarmungsschicht in dem Kantenabschlußstrukturabschnitt 90. In einem Fall, in dem der zweite Hochkonzentrationsbereich 202 und der Hochkonzentrationsbereich 460 nicht vorgesehen sind, nimmt der Bulk-Dotierungsbereich 18 der Bulk-Donatoren-Konzentration einen großen Bereich an der oberen Oberfläche 21 des Kantenabschlußstrukturabschnitts 90 ein. Da die Bulk-Donatoren-Konzentration die Konzentration des Donators ist, die zum Zeitpunkt der Herstellung des Halbleitersubstrats 10 enthalten ist, ist das Auftreten von Abweichungen relativ wahrscheinlich.

[0167] Andererseits werden der zweite Hochkonzentrationsbereich 202 und der Hochkonzentrationsbereich 460 durch die Einbringung von Ionen oder Ähnlichem ausgebildet. Da die Konzentration der eingesetzten Ionen relativ leicht zu kontrollieren ist, ist die Variation der Donatorkonzentration zwischen dem zweiten Hochkonzentrationsbereich 202 und dem Hochkonzentrationsbereich 460 relativ gering. Durch das Vorsehen des zweiten Hochkonzentrationsbereichs 202 und des Hochkonzentrationsbereichs 460 ist es daher möglich, die Schwankung des Ausdehnungsgrads in der x-Achsenrichtung der Verarmungsschicht, die sich von unterhalb des Wannenbereichs 11 zum Kantenabschlußstrukturabschnitt 90 erstreckt, zu verringern, und es ist auch möglich, die Schwankung der Durchschlagsspannung der Halbleitervorrichtung 100 zu verringern. Darüber hinaus kann durch Vorsehen des zweiten Hochkonzentrationsbereichs 202 und des Hochkonzentrationsbereichs 460 verhindert werden, dass sich die Verarmungsschicht im Kantenabschlußstrukturabschnitt 90 zu sehr in x-Achsenrichtung erweitert.

[0168] Fig. 12 veranschaulicht die Verteilungsbeispiele der Trägerkonzentration N_c , der chemischen Konzentration des Phosphors C_P , der VOH-Defektkonzentration N_{VOH} und der chemischen Konzentration der Verunreinigung C_I entlang der in Fig. 11 dargestellten d-d-Linie. Bei der Verunreinigung in diesem Beispiel handelt es sich um Wasserstoff. Das heißt, die chemische Konzentration der Verunreinigung C_I ist eine chemische Konzentration von Wasserstoff. Die d-d-Linie verläuft durch den zweiten Hochkonzentrationsbereich 202, den Bulk-Dotierungsbereich 18, den Hochkonzentrationsbereich 460, den Dämpferbereich 20 und den Kollektorbereich 22 im Kantenabschlußstrukturabschnitt 90.

Die Verteilung der Ladungsträgerkonzentration kann dieselbe sein wie die Verteilung der Nettodotierungskonzentration.

[0169] In diesem Beispiel ist der Massendonator Phosphor. Darüber hinaus wird der zweite Hochkonzentrationsbereich 202 durch Einbringen von Phosphor von der oberen Oberfläche 21 des Halbleitersubstrats 10 ausgebildet. In diesem Beispiel ist die Bulk-Donatoren-Konzentration N_B . Die Bulk-Donatoren-Konzentration ist in der Tiefe im Wesentlichen gleichmäßig. Als Bulk-Donatoren-Konzentration kann ein Mindestwert der Konzentration der über das Halbleitersubstrat 10 verteilten Donatoren verwendet werden. Zum Beispiel kann in einem Fall, in dem Phosphor über das gesamte Halbleitersubstrat 10 verteilt ist, die Bulk-Donatoren-Konzentration der Mindestwert der Phosphorkonzentration im Halbleitersubstrat 10 sein.

[0170] Die Phosphorkonzentrationsverteilung im zweiten Hochkonzentrationsbereich 202 weist einen Peak 318 auf, bei dem die Phosphorkonzentration einen lokalen Maximalwert erreicht. Die Tiefenposition des Peaks 318 der Phosphorkonzentration entspricht der Implantationsposition des Phosphors. Die chemische Konzentration von Wasserstoff in dem Hochkonzentrationsbereich 460 hat einen lokalen Maximalwert am ersten Peak 401.

[0171] Die VOH-Defektdichteverteilung kann eine Verteilung sein, die die Verteilung der chemischen Konzentration von Wasserstoff widerspiegelt, oder eine Verteilung, die der Verteilung der chemischen Konzentration von Wasserstoff ähnlich ist. Zum Beispiel können die Positionen der Wendepunkte, wie das lokale Maximum, das lokale Minimum und der Wendepunkt jeder Verteilung ungefähr an der gleichen Tiefenposition angeordnet sein. Ungefähr dieselbe Tiefenposition kann beispielsweise einen Fehler aufweisen, der kleiner ist als die volle Breite beim halben Maximum des ersten Peaks 401.

[0172] Die Trägerkonzentrationsverteilung dieses Beispiels hat einen Peak 408 an der gleichen Tiefenposition wie der erste Peak 401. Im zweiten Hochkonzentrationsbereich 202 befindet sich ein Peak 314 an der gleichen Tiefenposition wie der Phosphorkonzentrationspeak 318. Wenn der Abstand zwischen den Peaks 408 und 314 ausreichend groß ist, ist der Bulk-Dotierungsbereich 18 mit einer Basis-träger-Konzentration N_{00} gemäß der Bulk-Donatoren-Konzentration N_B zwischen den Peaks 314 und 408 vorgesehen.

[0173] Der Hochkonzentrationsbereich 460 kann einen flachen Abschnitt 313 mit einer im Wesentlichen einheitlichen Ladungsträgerkonzentration zwischen dem ersten Peak 401 und dem Dämpferbereich 20 aufweisen. In dem flachen Abschnitt 313

kann die Trägerkonzentration in einem Bereich von einem minimalen Wert N_0 der Trägerkonzentration zwischen dem ersten Peak 401 und dem Dämpferbereich 20 bis zum 2-fachen oder weniger des minimalen Wertes N_0 variieren. In dem flachen Abschnitt 313 kann die Trägerkonzentration in einem Bereich von dem minimalen Wert N_0 oder mehr und dem ein- einhalbfachen oder weniger des minimalen Wertes N_0 variieren, und die Trägerkonzentration kann in einem Bereich von dem minimalen Wert N_0 oder mehr und dem 1,2-fachen oder weniger des minimalen Wertes N_0 variieren. Die Länge des flachen Abschnitts 313 in Richtung der z-Achse kann die Hälfte oder mehr der Länge des Hochkonzentrationsbereichs 460 in Richtung der z-Achse betragen. In dem Hochkonzentrationsbereich 460 kann die Ladungsträgerkonzentration vom Peak 408 zum Dämpferbereich 20 hin allmählich abnehmen.

[0174] Die Verteilung der VOH-Defektkonzentration N_{VOH} kann auch einen flachen Abschnitt 323 in der gleichen Tiefenposition wie der flache Abschnitt 313 aufweisen. In dem flachen Abschnitt 323 kann die VOH-Defektdichte ähnlich wie im flachen Abschnitt 313 in einem Bereich variieren, der von einem minimalen Wert oder mehr der VOH-Defektdichte zwischen dem ersten Peak 401 und dem Dämpferbereich 20 bis zum Zweifachen des minimalen Wertes oder weniger reicht. In dem flachen Abschnitt 323 kann die VOH-Defektdichte in einem Bereich von dem Mindestwert oder mehr bis zum eineinhalbfachen oder weniger des Mindestwerts variieren, und die VOH-Defektdichte kann in einem Bereich von dem Mindestwert oder mehr bis zum 1,2-fachen oder weniger des Mindestwerts variieren. Die Länge des flachen Abschnitts 323 in Richtung der z-Achse kann die Hälfte oder mehr der Länge des Hochkonzentrationsbereichs 460 in Richtung der z-Achse betragen.

[0175] Ein Peak-Wert N_1 der Trägerkonzentration in dem zweiten Hochkonzentrationsbereich 202 ist größer als der Minimalwert N_0 der Trägerkonzentration in dem Hochkonzentrationsbereich 460. Der Peak-Wert N_1 kann das Zweifache oder mehr, das Fünffache oder mehr oder das Zehnfache oder mehr des Minimalwertes N_0 betragen. Der Peak-Wert N_1 kann das Zehnfache oder mehr oder das Hundertfache oder mehr der Basisträgerkonzentration N_{00} betragen.

[0176] Der Dämpferbereich 20 dieses Beispiels weist eine Mehrzahl von Donatorkonzentrationspeaks 407 mit unterschiedlichen Tiefenpositionen auf. Mindestens ein Donatorkonzentrationspeak 407 kann der Konzentrationspeak des Wasserstoffdonators sein. Das heißt, ein Peak der chemischen Konzentration von Wasserstoff kann an der gleichen Tiefenposition wie der Donatorkonzentrationspeak 407 vorgesehen sein. Der Peak der chemischen

Konzentration von Wasserstoff funktioniert wie der in **Fig. 2** beschriebene zweite Peak 402 und dergleichen. Alle Donatorkonzentrationspeaks 407 können Peaks der Wasserstoffdonatorkonzentration sein.

[0177] **Fig. 13A** veranschaulicht ein Diagramm, das ein weiteres Beispiel des Querschnitts C-C in **Fig. 8** zeigt. Die Halbleitervorrichtung 100 dieses Beispiels unterscheidet sich von dem in **Fig. 11** veranschaulichten Beispiel durch den Bereich in der Tiefenrichtung, in dem der Hochkonzentrationsbereich 460 vorgesehen ist. Die Position des ersten Peaks 401 in der Tiefenrichtung kann sich ebenfalls von dem in **Fig. 11** veranschaulichten Beispiel unterscheiden. Andere Strukturen sind die gleichen wie die in dem in **Fig. 11** veranschaulichten Beispiel.

[0178] Der Hochkonzentrationsbereich 460 ist in diesem Beispiel in Kontakt mit dem Schutzring 92. Der Hochkonzentrationsbereich 460 enthält mindestens ein unteres Ende des Schutzrings 92. Der Hochkonzentrationsbereich 460 kann auch zwischen zwei aneinander angrenzenden Schutzringen 92 vorgesehen sein. Der Hochkonzentrationsbereich 460 steht in diesem Beispiel nicht in Kontakt mit dem zweiten Hochkonzentrationsbereich 202. Der Hochkonzentrationsbereich 460 kann an der oberen Oberfläche 21 bezüglich der Bodenfläche des Grabenabschnitts vorgesehen sein. Das heißt, der Hochkonzentrationsbereich 460 kann bis zum Mesa-Abschnitt vorgesehen sein, der zwischen den benachbarten Grabenabschnitten liegt. Der Bulk-Dotierungsbereich 18 der Bulk-Donatoren-Konzentration kann zwischen dem Hochkonzentrationsbereich 460 und dem zweiten Hochkonzentrationsbereich 202 vorgesehen sein.

[0179] Der erste Peak 401 dieses Beispiels ist in Kontakt mit dem Schutzring 92. Das heißt, der erste Peak 401 ist oberhalb des unteren Endes des Schutzrings 92 angeordnet.

[0180] Da der Hochkonzentrationsbereich 460 das untere Ende des Schutzrings 92 abdeckt, ist es gemäß diesem Beispiel möglich, die Schwankungen der Donatorkonzentration in dem Bereich zu reduzieren, in dem sich das elektrische Feld wahrscheinlich konzentriert. Daher kann die Schwankung der Durchschlagspannung weiter reduziert werden.

[0181] **Fig. 13B** veranschaulicht ein Diagramm, das ein weiteres Beispiel für den Querschnitt c-c in **Fig. 8** zeigt. Die Halbleitervorrichtung 100 dieses Beispiels unterscheidet sich von dem in **Fig. 13A** veranschaulichten Beispiel in dem Bereich in Tiefenrichtung, in dem der Hochkonzentrationsbereich 460 vorgesehen ist. Die Position des ersten Peaks 401 in der Tiefenrichtung kann sich ebenfalls von dem in **Fig. 13A** veranschaulichten Beispiel unterscheiden. Andere

Strukturen können mit dem in **Fig. 13A** veranschaulichten Beispiel übereinstimmen.

[0182] Der Kanalstopper 174 des vorliegenden Beispiels enthält Wasserstoff. In diesem Beispiel ist der erste Peak 401 in einer Tiefenposition angeordnet, die den Kanalstopper 174 überlappt. In ähnlicher Weise ist der Peak der chemischen Konzentration von Wasserstoff an einer Position angeordnet, die den Kanalstopper 174 überlappt. Das heißt, der Wasserstoff verteilt sich von der unteren Oberfläche 23 des Halbleitersubstrats 10 bis zu der Tiefenposition, die den Kanalstopper 174 überlappt. Wasserstoff kann in dem Emitterbereich 12, dem Kontaktbereich 15, dem Basisbereich 14 oder dem Akkumulationsbereich 16 enthalten sein. Der erste Peak 401 kann den Emitterbereich 12, den Kontaktbereich 15, den Basisbereich 14 oder den Akkumulationsbereich 16 überlappen.

[0183] Der Hochkonzentrationsbereich 460 ist bis zu der Tiefenposition vorgesehen, die den Kanalstopper 174 überlappt. Der Hochkonzentrationsbereich 460 kann bis zu der oberen Oberfläche 21 des Halbleitersubstrats 10 oder bis zu einer Position unterhalb der oberen Oberfläche 21 vorgesehen sein. In dem von den beiden Schutzringen 92 eingeschlossenen Bereich kann der zweite Hochkonzentrationsbereich 202 zwischen dem Hochkonzentrationsbereich 460 und der oberen Oberfläche 21 vorgesehen sein, und der Bulk-Dotierungsbereich 18 kann vorgesehen sein.

[0184] In einem Bereich unterhalb des Kanalstoppers 174 dieses Beispiels ist der Hochkonzentrationsbereich 460 vorgesehen, und der Bulk-Dotierungsbereich 18 verbleibt nicht. Daher ist es möglich, zu verhindern, dass sich die Verarmungsschicht, die sich in x-Achsenrichtung ausdehnt, auf die Außenseite des Kanalstoppers 174 erstreckt.

[0185] **Fig. 13C** veranschaulicht ein Diagramm, das ein weiteres Beispiel für den Querschnitt c-c in **Fig. 8** zeigt. Die Halbleitervorrichtung 100 dieses Beispiels unterscheidet sich von dem in **Fig. 13A** oder **Fig. 13B** veranschaulichten Beispiel in dem Bereich in Tiefenrichtung, in dem der Hochkonzentrationsbereich 460 vorgesehen ist. Darüber hinaus ist der erste Peak 401 im Halbleitersubstrat 10 nicht vorhanden. Andere Strukturen können die gleichen sein wie die in **Fig. 13A** oder **Fig. 13B** veranschaulichten Beispiele.

[0186] In diesem Beispiel werden Verunreinigungen (Wasserstoff) von der unteren Oberfläche 23 oder der oberen Oberfläche 21 des Halbleitersubstrats 10 eingebracht, um das Halbleitersubstrat 10 zu durchdringen. Das heißt, die Beschleunigungsenergie der Wasserstoffionen wird so eingestellt, dass der Bereich der Wasserstoffionen größer ist als die

Dicke des Halbleitersubstrats 10. Daher ist der erste Peak 401 im Halbleitersubstrat 10 nicht vorgesehen. Zum Zeitpunkt der Wasserstoffioneneinbringung kann ein Absorber, wie später beschrieben wird, ein Abschirmungselement 350 eingesetzt werden oder auch nicht.

[0187] Der Hochkonzentrationsbereich 460 ist von der unteren Oberfläche 23 zur oberen Oberfläche 21 des Halbleitersubstrats 10 ausgebildet. In diesem Beispiel kann der zweite Hochkonzentrationsbereich 202 nicht vorgesehen sein, und der zweite Hochkonzentrationsbereich 202 kann so vorgesehen sein, dass er den Hochkonzentrationsbereich 460 überlappt.

[0188] In einem Bereich unterhalb des Kanalstoppers 174 dieses Beispiels ist der Hochkonzentrationsbereich 460 vorgesehen, und der Bulk-Dotierungsbereich 18 verbleibt nicht. Daher kann unterdrückt werden, dass sich die Verarmungsschicht, die sich in x-Achsenrichtung ausdehnt, auf die Außenseite des Kanalstoppers 174 erstreckt. Da der erste Peak 401 nicht vorhanden ist, kann außerdem der Einfluss auf den Dotierungsbereich (zum Beispiel den Emitterbereich 12, den Basisbereich 14, den Kontaktbereich 15, den Akkumulationsbereich 16, den Wannbereich 11 und den Schutzring 92), der lokal auf der oberen Oberfläche 21 des Halbleitersubstrats 10 vorgesehen ist, reduziert werden.

[0189] **Fig. 14** veranschaulicht ein Diagramm, das ein weiteres Beispiel für den Querschnitt c-c in **Fig. 8** zeigt. Die Halbleitervorrichtung 100 dieses Beispiels unterscheidet sich von dem in **Fig. 11**, **Fig. 13A**, **Fig. 13B** oder **Fig. 13C** veranschaulichten Beispiel in dem Bereich in Tiefenrichtung, in dem der zweite Hochkonzentrationsbereich 202 und der Hochkonzentrationsbereich 460 vorgesehen sind. Andere Strukturen sind die gleichen wie das in **Fig. 11**, **Fig. 13A**, **Fig. 13B** oder **Fig. 13C** veranschaulichte Beispiel.

[0190] Ein Teil des zweiten Hochkonzentrationsbereichs 202 und ein Teil des Hochkonzentrationsbereichs 460 dieses Beispiels sind in demselben Bereich vorgesehen. Das untere Ende des zweiten Hochkonzentrationsbereichs 202 ist innerhalb des Bereichs des Hochkonzentrationsbereichs 460 angeordnet, und das obere Ende des Hochkonzentrationsbereichs 460 ist innerhalb des Bereichs des zweiten Hochkonzentrationsbereichs 202 angeordnet. Bei dieser Konfiguration kann der Bereich der Bulk-Donatoren-Konzentration in dem Kantenabschlussstrukturabschnitt 90 durch Verbinden des zweiten Hochkonzentrationsbereichs 202 und des Hochkonzentrationsbereichs 460 reduziert werden. Daher kann die Variation der Durchschlagspannung weiter reduziert werden.

[0191] Der zweite Hochkonzentrationsbereich 202 kann an einer Position ausgebildet werden, die tiefer liegt als das untere Ende des Schutzrings 92. Dadurch können der zweite Hochkonzentrationsbereich 202 und der Hochkonzentrationsbereich 460 leicht miteinander verbunden werden. In einem anderen Beispiel kann der zweite Hochkonzentrationsbereich 202 bis zu einer Position ausgebildet werden, die flacher ist als das untere Ende des Schutzrings 92. Der erste Peak 401 ist in diesem Beispiel in dem zweiten Hochkonzentrationsbereich 202 angeordnet. Der erste Peak 401 kann an einer Position vorgesehen sein, die in Kontakt mit dem Schutzring 92 steht. Dadurch kann der Hochkonzentrationsbereich 460 bis in die Nähe der oberen Oberfläche 21 ausgebildet werden, und der zweite Hochkonzentrationsbereich 202 und der Hochkonzentrationsbereich 460 können leicht miteinander verbunden werden.

[0192] In dem Kantenabschlußstrukturabschnitt 90 kann der Bulk-Dotierungsbereich 18 mit der Bulk-Donatoren-Konzentration verbleiben oder der zweite Hochkonzentrationsbereich 202 kann ohne den verbleibenden Bulk-Dotierungsbereich 18 vorgesehen werden, weiter außerhalb des äußersten Schutzrings 92. In diesem Beispiel verbleibt der Bulk-Dotierungsbereich nicht. Im Beispiel von **Fig. 14** bedeckt der zweite Hochkonzentrationsbereich 202 einen Teil des unteren Endes des Schutzrings 92 nicht. Wie durch eine gestrichelte Linie in **Fig. 14** angedeutet, kann der zweite Hochkonzentrationsbereich 202 den gesamten Schutzring 92 bedecken.

[0193] **Fig. 15** veranschaulicht ein Diagramm, das ein weiteres Beispiel für den Querschnitt c-c in **Fig. 8** zeigt. In der Halbleitervorrichtung 100 dieses Beispiels unterscheidet sich die Anordnung der Hochkonzentrationsbereiche 460 in mindestens einem Teil des Bereichs 91 des Kantenabschlußstrukturabschnitts 90 von derjenigen des in **Fig. 11**, **Fig. 13A**, **Fig. 13B**, **Fig. 13C** oder **Fig. 14** veranschaulichten Beispiels. In dem Bereich 91 kann ein dritter Hochkonzentrationsbereich 203 anstelle des zweiten Hochkonzentrationsbereichs 202 vorgesehen sein. Der dritte Hochkonzentrationsbereich 203 ist ein Hochkonzentrationsbereich, der in einer tieferen Position als der zweite Hochkonzentrationsbereich 202 ausgebildet ist. Der Bulk-Dotierungsbereich 18, der zweite Hochkonzentrationsbereich 202, der Hochkonzentrationsbereich 460 und der dritte Hochkonzentrationsbereich 203 können in dem Bereich 91 vorgesehen sein. Andere Strukturen sind die gleichen wie das in **Fig. 11**, **Fig. 13A**, **Fig. 13B**, **Fig. 13C**, oder **Fig. 14** veranschaulichte Beispiel.

[0194] Der Hochkonzentrationsbereich 460 in **Fig. 15** ist nicht in dem Bereich 91 vorgesehen, der eine vorher festgelegte Breite in Kontakt mit der Endseite 102 des Halbleitersubstrats 10 in dem Kante-

nabschlußstrukturabschnitt 90 hat. Der Bereich 91 kann einen oder mehrere Schutzringe 92 enthalten. Der Bereich 91 kann mit dem Bulk-Dotierungsbereich 18 der Bulk-Donatoren-Konzentration anstelle des Hochkonzentrationsbereichs 460 vorgesehen sein. Der Hochkonzentrationsbereich 460 darf nicht in dem Kantenabschlußstrukturabschnitt 90 ausgebildet sein. Das äußere Umfangsende des Hochkonzentrationsbereichs 460 kann sich an der inneren Umfangsseite des Schutzrings 92 befinden, der sich am innersten Umfang befindet. In einem anderen Beispiel kann der Hochkonzentrationsbereich 460 auch in dem Bereich 91 vorgesehen sein. Der Hochkonzentrationsbereich 460 im Bereich 91 kann die gleiche, kürzere oder längere Länge in Richtung der z-Achse haben als der Hochkonzentrationsbereich 460, der innerhalb des Bereichs 91 angeordnet ist.

[0195] Der Kantenabschlußstrukturabschnitt 90 innerhalb des Bereichs 91 hat die gleiche Struktur wie das in **Fig. 11**, **Fig. 13A**, **Fig. 13B**, **Fig. 13C** oder **Fig. 14** veranschaulichte Beispiel. Der Kantenabschlußstrukturabschnitt 90 innerhalb des Bereichs 91 enthält einen oder mehrere Schutzringe 92. Wie in **Fig. 11**, **Fig. 13A**, **Fig. 13B**, **Fig. 13C** oder **Fig. 14** veranschaulicht, kann der Hochkonzentrationsbereich 460 in einem Bereich vorgesehen sein, der das untere Ende des Schutzrings 92 enthält, oder er kann in einem Bereich vorgesehen sein, der das untere Ende des Schutzrings 92 nicht enthält.

[0196] Der zweite Hochkonzentrationsbereich 202 kann in dem Bereich 91 vorgesehen sein oder nicht. Alternativ kann anstelle des zweiten Hochkonzentrationsbereichs 202 ein dritter Hochkonzentrationsbereich 203 vom Typ N mit einer höheren Donatoren-Konzentration als der Bulk-Donatoren-Konzentration vorgesehen sein. Die Donatorkonzentration in dem dritten Hochkonzentrationsbereich 203 kann gleich oder verschieden von der Donatorkonzentration in dem zweiten Hochkonzentrationsbereich 202 sein. Der dritte Hochkonzentrationsbereich 203 ist von der oberen Oberfläche 21 des Halbleitersubstrats 10 bis zu einer Position vorgesehen, die tiefer liegt als das untere Ende des zweiten Hochkonzentrationsbereichs 202. Der dritte Hochkonzentrationsbereich 203 kann in diesem Beispiel bis zu einer Position vorgesehen sein, die tiefer liegt als das untere Ende des Schutzrings 92. Der Bulk-Dotierungsbereich 18 ist zwischen dem dritten Hochkonzentrationsbereich 203 und dem Dämpferbereich 20 vorgesehen.

[0197] Der dritte Hochkonzentrationsbereich 203 kann durch Einbringen eines Donators, wie z.B. Phosphor oder Wasserstoff, von der oberen Oberfläche 21 aus ausgebildet werden. Die Implantationstiefe des Donators in dem dritten Hochkonzentrationsbereich 203 kann tiefer sein als die Implantationstiefe des Donators in dem zweiten

Hochkonzentrationsbereich 202. Die Wärmebehandlung für den zweiten Hochkonzentrationsbereich 202 und den dritten Hochkonzentrationsbereich 203 kann einzeln oder gemeinsam ausgeführt werden.

[0198] Fig. 16 veranschaulicht ein Diagramm, das ein weiteres Beispiel für den Querschnitt c-c in Fig. 8 zeigt. Die Halbleitervorrichtung 100 dieses Beispiels unterscheidet sich von der in Fig. 1 bis Fig. 15 beschriebenen Halbleitervorrichtung 100 in dem Bereich in der XY-Ebene, in dem der Hochkonzentrationsbereich 460 vorgesehen ist. Der Bereich in der XY-Ebene, in dem der erste Peak 401 vorgesehen ist, kann sich auch von dem in Fig. 1 bis Fig. 15 beschriebenen Beispiel unterscheiden. Die Struktur mit Ausnahme des Hochkonzentrationsbereichs 460 und des ersten Peaks 401 kann dieselbe sein wie die in Fig. 1 bis Fig. 15 beschriebenen Aspekte. In Fig. 16 ist die Anordnung des Hochkonzentrationsbereichs 460 und des ersten Peaks 401 anders als in dem in Fig. 11 veranschaulichten Beispiel. Darüber hinaus ist in dem in Fig. 16 veranschaulichten Beispiel der zweite Hochkonzentrationsbereich 202 nicht vorgesehen, verglichen mit dem in Fig. 11 veranschaulichten Beispiel. Andere Strukturen sind die gleichen wie die in dem in Fig. 11 veranschaulichten Beispiel.

[0199] Der Hochkonzentrationsbereich 460 dieses Beispiels ist zumindest teilweise in dem Kantenabschlussstrukturabschnitt 90 vorgesehen und liegt in einem Bereich, der den aktiven Abschnitt 160 nicht erreicht. Der Hochkonzentrationsbereich 460 kann nur im Kantenabschlussstrukturabschnitt 90 vorgesehen sein, oder er kann vom Kantenabschlussstrukturabschnitt 90 bis unterhalb des Wannensbereichs 11 vorgesehen sein. Im Beispiel von Fig. 16 ist der Hochkonzentrationsbereich 460 vom Endabschnitt des Halbleitersubstrats 10 in der x-Achsenrichtung bis unterhalb des Wannensbereichs 11 vorgesehen.

[0200] Da in diesem Beispiel der Hochkonzentrationsbereich 460 nicht im aktiven Abschnitt 160 vorgesehen ist, kann eine charakteristische Veränderung des aktiven Abschnitts 160 aufgrund des Vorhandenseins des Hochkonzentrationsbereichs 460 verhindert werden. Da der Hochkonzentrationsbereich 460 im Kantenabschlussstrukturabschnitt 90 vorgesehen ist, kann die Erweiterung der Verarmungsschicht im Kantenabschlussstrukturabschnitt 90 unterdrückt werden, und die Fläche des Kantenabschlussstrukturabschnitts 90 in der XY-Ebene kann reduziert werden.

[0201] Fig. 17 veranschaulicht ein Diagramm, das ein weiteres Beispiel für den Querschnitt c-c in Fig. 8 zeigt. Die Halbleitervorrichtung 100 dieses Beispiels unterscheidet sich von dem in Fig. 16 beschriebenen Beispiel dadurch, dass der zweite

Hochkonzentrationsbereich 202 vorgesehen ist. Andere Strukturen sind die gleichen wie die der Halbleitervorrichtung 100 eines in Fig. 16 beschriebenen Aspekts. Auch in diesem Beispiel ist es möglich, das Erweitern der Verarmungsschicht im Kantenabschlussstrukturabschnitt 90 zu unterdrücken und gleichzeitig die charakteristische Veränderung des aktiven Abschnitts 160 zu verhindern.

[0202] Fig. 18A veranschaulicht ein Diagramm, das ein weiteres Beispiel für den Querschnitt c-c in Fig. 8 zeigt. In der Halbleitervorrichtung 100 dieses Beispiels unterscheiden sich die obere Endposition des Hochkonzentrationsbereichs 460 in Richtung der z-Achse und die Position des ersten Peaks 401 in Richtung der z-Achse von denen in dem unter Bezugnahme auf Fig. 16 oder Fig. 17 beschriebenen Beispiel. Andere Strukturen sind die gleichen wie bei den in Fig. 16 oder Fig. 17 beschriebenen Beispielen. In dem in Fig. 18A veranschaulichten Beispiel ist wie in dem Beispiel von Fig. 17 der zweite Hochkonzentrationsbereich 202 vorgesehen. Die obere Endposition des Hochkonzentrationsbereichs 460 in Richtung der z-Achse und die Position des ersten Peaks 401 in Richtung der z-Achse sind die gleichen wie bei dem in Fig. 13A beschriebenen Beispiel. Auch in diesem Beispiel ist es möglich, das Erweitern der Verarmungsschicht im Kantenabschlussstrukturabschnitt 90 zu unterdrücken und gleichzeitig die charakteristische Veränderung des aktiven Abschnitts 160 zu verhindern.

[0203] Fig. 18B veranschaulicht ein Diagramm, das ein weiteres Beispiel für den Querschnitt c-c in Fig. 8 zeigt. Die Halbleitervorrichtung 100 dieses Beispiels unterscheidet sich von dem in Fig. 18A veranschaulichten Beispiel durch den Bereich in der Tiefenrichtung, in dem der Hochkonzentrationsbereich 460 vorgesehen ist. Die Position des ersten Peaks 401 in der Tiefenrichtung kann sich ebenfalls von dem in Fig. 18A veranschaulichten Beispiel unterscheiden. Andere Strukturen können die gleichen sein wie das in Fig. 18A veranschaulichte Beispiel.

[0204] In diesem Beispiel sind der Bereich, in dem der Hochkonzentrationsbereich 460 vorgesehen ist, und die Tiefenposition, in der der erste Peak 401 vorgesehen ist, ähnlich wie in dem Beispiel von Fig. 13B. Das heißt, der erste Peak 401 dieses Beispiels ist in einer Tiefenposition angeordnet, die den Kanalstopper 174 überlappt. In ähnlicher Weise ist der Peak der chemischen Konzentration von Wasserstoff an einer Position angeordnet, die den Kanalstopper 174 überlappt. Der Hochkonzentrationsbereich 460 dieses Beispiels ist bis zu einer Tiefenposition vorgesehen, die den Kanalstopper 174 überlappt.

[0205] In einem Bereich unterhalb des Kanalstoppers 174 dieses Beispiels ist der Hochkonzentra-

tionsbereich 460 vorgesehen, und der Bulk-Dotierungsbereich 18 verbleibt nicht. Daher ist es möglich, zu verhindern, dass sich die Verarmungsschicht, die sich in der x-Achsenrichtung ausdehnt, auf die Außenseite des Kanalstoppers 174 erstreckt.

[0206] Fig. 18C veranschaulicht ein Diagramm, das ein weiteres Beispiel für den Querschnitt c-c in **Fig. 8** zeigt. Die Halbleitervorrichtung 100 dieses Beispiels unterscheidet sich von dem in **Fig. 18A** oder **Fig. 18B** veranschaulichten Beispiel in dem Bereich in Tiefenrichtung, in dem der Hochkonzentrationsbereich 460 vorgesehen ist. Darüber hinaus ist der erste Peak 401 im Halbleitersubstrat 10 nicht vorhanden. Andere Strukturen können die gleichen sein wie die in **Fig. 18A** oder **Fig. 18B** veranschaulichten Beispiele.

[0207] In diesem Beispiel werden, wie in dem Beispiel von **Fig. 13C**, Verunreinigungen (Wasserstoff) von der unteren Oberfläche 23 des Halbleitersubstrats 10 eingesetzt, um in das Halbleitersubstrat 10 einzudringen. In diesem Beispiel ist der Tiefenbereich, in dem der Hochkonzentrationsbereich 460 vorgesehen ist, ähnlich wie in dem Beispiel von **Fig. 13C**. Das heißt, der Hochkonzentrationsbereich 460 ist von der unteren Oberfläche 23 bis zur oberen Oberfläche 21 des Halbleitersubstrats 10 ausgebildet.

[0208] In einem Bereich unterhalb des Kanalstoppers 174 dieses Beispiels ist der Hochkonzentrationsbereich 460 vorgesehen, und der Bulk-Dotierungsbereich 18 bleibt nicht bestehen. Daher ist es möglich, zu verhindern, dass sich die Verarmungsschicht, die sich in der x-Achsenrichtung ausdehnt, bis zur Außenseite des Kanalstoppers 174 erstreckt. Da der erste Peak 401 nicht vorhanden ist, kann außerdem der Einfluss auf den Dotierungsbereich (zum Beispiel den Wannbereich 11 und den Schutzring 92), der lokal auf der oberen Oberfläche 21 des Halbleitersubstrats 10 vorgesehen ist, reduziert werden.

[0209] Fig. 19 veranschaulicht ein Diagramm, das ein weiteres Beispiel für den Querschnitt c-c in **Fig. 8** zeigt. Die Halbleitervorrichtung 100 dieses Beispiels unterscheidet sich von dem in **Fig. 18A**, **Fig. 18B** oder **Fig. 18C** veranschaulichten Beispiel durch die Struktur des zweiten Hochkonzentrationsbereichs 202. Andere Strukturen sind die gleichen wie die in **Fig. 18A**, **Fig. 18B** oder **Fig. 18C** veranschaulichten Beispiele. Der zweite Hochkonzentrationsbereich 202 dieses Beispiels hat die gleiche Struktur wie das in **Fig. 14** veranschaulichte Beispiel. Auch in diesem Beispiel ist es möglich, das Erweitern der Verarmungsschicht im Kantenabschlussstrukturabschnitt 90 zu unterdrücken und gleichzeitig die charakteristische Veränderung des aktiven Abschnitts 160 zu verhindern.

[0210] Fig. 20 veranschaulicht ein Diagramm, das ein weiteres Beispiel für den Querschnitt c-c in **Fig. 8** zeigt. Die Halbleitervorrichtung 100 dieses Beispiels unterscheidet sich von der in **Fig. 16** bis **Fig. 19** beschriebenen Halbleitervorrichtung 100 dadurch, dass der Hochkonzentrationsbereich 460 eine Mehrzahl von Bereichen mit unterschiedlichen Längen in Richtung der z-Achse aufweist. Die Position des ersten Peaks 401 in Richtung der z-Achse ist ebenfalls in jedem Bereich des Hochkonzentrationsbereichs 460 unterschiedlich. Andere Strukturen sind die gleichen wie in den in **Fig. 16** bis **Fig. 19** beschriebenen Beispielen.

[0211] Der Hochkonzentrationsbereich 460 hat einen inneren Abschnitt und einen äußeren Abschnitt, der außerhalb des inneren Abschnitts vorgesehen ist. Die Außenseite bezieht sich auf eine Seite, die in der XY-Ebene weit vom aktiven Abschnitt 160 entfernt ist. Der äußere Abschnitt hat eine größere Länge in Richtung der z-Achse als der innere Abschnitt. Im Beispiel von **Fig. 20** enthält der Hochkonzentrationsbereich 460 einen Hochkonzentrationsbereich 460-1, einen Hochkonzentrationsbereich 460-2 und einen Hochkonzentrationsbereich 460-3. Der Hochkonzentrationsbereich 460-2 ist außerhalb des Hochkonzentrationsbereichs 460-1 angeordnet und ist in Richtung der z-Achse länger vorgesehen als der Hochkonzentrationsbereich 460-1. Der Hochkonzentrationsbereich 460-3 ist außerhalb des Hochkonzentrationsbereichs 460-2 angeordnet und in Richtung der z-Achse länger als der Hochkonzentrationsbereich 460-2 vorgesehen. Das heißt, wenn der Hochkonzentrationsbereich 460-1 ein Innenbereich ist, sind der Hochkonzentrationsbereich 460-2 und der Hochkonzentrationsbereich 460-3 Außenbereiche. Wenn der Hochkonzentrationsbereich 460-2 ein innerer Bereich ist, ist der Hochkonzentrationsbereich 460-3 ein äußerer Bereich. In diesem Beispiel variiert die Länge jedes Bereichs des Hochkonzentrationsbereichs 460 in Richtung der z-Achse schrittweise.

[0212] Ein oberes Ende jedes Hochkonzentrationsbereichs 460 kann im Driftbereich 19 angeordnet sein. In einem anderen Beispiel kann das obere Ende des Hochkonzentrationsbereichs 460-3 an einer Position angeordnet sein, die den Schutzring 92 oder den Wannbereich 11 überlappt.

[0213] Ein erster Peak 401-2, der in dem Hochkonzentrationsbereich 460-2 enthalten ist, ist an einer Position oberhalb eines ersten Peaks 401-1 vorgesehen, der in dem Hochkonzentrationsbereich 460-1 in Richtung der z-Achse enthalten ist. Ein erster Peak 401-3, der in dem Hochkonzentrationsbereich 460-3 enthalten ist, ist an einer Position oberhalb des ersten Peaks 401-2 vorgesehen, der in dem Hochkonzentrationsbereich 460-2 in der z-Achsenrichtung enthalten ist.

[0214] Gemäß der Halbleitervorrichtung 100 dieses Beispiels kann der Einfluss des Hochkonzentrationsbereichs 460 auf die Eigenschaften des aktiven Abschnitts 160 unterdrückt werden, da der Hochkonzentrationsbereich 460 in der Nähe des aktiven Abschnitts 160 in der z-Achsenrichtung kurz ist. Da der Hochkonzentrationsbereich 460 in der Nähe des aktiven Abschnitts 160 in Richtung der z-Achse lang ist, kann außerdem die Erweiterung der Verarmungsschicht in dem Kantenabschlußstrukturabschnitt 90 unterdrückt werden.

[0215] Fig. 21A veranschaulicht ein Diagramm, das ein weiteres Beispiel für den Querschnitt c-c in Fig. 8 zeigt. Die Halbleitervorrichtung 100 dieses Beispiels unterscheidet sich von der in Fig. 16 bis Fig. 19 beschriebenen Halbleitervorrichtung 100 dadurch, dass der Hochkonzentrationsbereich 460 eine Mehrzahl von Bereichen mit unterschiedlichen Längen in Richtung der z-Achse aufweist. Die Position des ersten Peaks 401 in Richtung der z-Achse ist ebenfalls in jedem Bereich des Hochkonzentrationsbereichs 460 unterschiedlich. Andere Strukturen sind die gleichen wie die in Fig. 16 bis Fig. 19 beschriebenen Beispiele.

[0216] Der Hochkonzentrationsbereich 460 dieses Beispiels unterscheidet sich von dem Hochkonzentrationsbereich 460 von Fig. 20 dadurch, dass die Länge in Richtung der z-Achse allmählich zunimmt, wenn der Abstand zum aktiven Abschnitt 160 zunimmt. Andere Strukturen können die gleichen sein wie in dem Beispiel von Fig. 20. Der erste Peak 401 dieses Beispiels ist auf der Oberseite angeordnet, wenn er sich von dem aktiven Abschnitt 160 entfernt. Auch in diesem Beispiel kann das gesamte obere Ende des Hochkonzentrationsbereichs 460 im Driftbereich 19 angeordnet sein. In anderen Beispielen kann ein Teil des oberen Endes des Hochkonzentrationsbereichs 460 an einer Position angeordnet sein, die den Schutzring 92 oder den Wannbereich 11 überlappt. Auch in diesem Beispiel kann der Einfluss des Hochkonzentrationsbereichs 460 auf die Eigenschaften des aktiven Abschnitts 160 unterdrückt werden. Ferner kann das Erweitern der Verarmungsschicht im Kantenabschlußstrukturabschnitt 90 unterdrückt werden.

[0217] Fig. 21B veranschaulicht ein Diagramm, das ein weiteres Beispiel für den Querschnitt c-c in Fig. 8 zeigt. In der Halbleitervorrichtung 100 dieses Beispiels unterscheiden sich der Tiefenbereich, in dem der Hochkonzentrationsbereich 460 vorgesehen ist, und die Position des ersten Peaks 401 von denen des Beispiels in Fig. 21A. Andere Strukturen sind die gleichen wie in dem Beispiel von Fig. 21A.

[0218] Wie in dem Beispiel von Fig. 21A ist die Tiefenposition des ersten Peaks 401 mit zunehmendem Abstand vom aktiven Abschnitt 160 näher an der

oberen Oberfläche 21. In ähnlicher Weise liegt die Tiefenposition des Peaks der chemischen Konzentration von Wasserstoff mit zunehmendem Abstand vom aktiven Abschnitt 160 näher an der oberen Oberfläche 21. Ein Peak der chemischen Konzentration von Wasserstoff kann an der Position des ersten Peaks 401 vorgesehen sein. In diesem Beispiel überlappt der erste Peak 401 den Kanalstopper 174. Der erste Peak 401 kann sich auch mit einem oder mehreren Schutzringen 92 überlappen. Darüber hinaus können in einem Bereich nahe der Seitenwand des Halbleitersubstrats 10 Wasserstoffionen, die von der unteren Oberfläche 23 eingesetzt werden, in das Halbleitersubstrat 10 eindringen. Der erste Peak 401 ist in dem Bereich, durch den die Wasserstoffionen eindringen, nicht vorgesehen. Zum Beispiel kann beim Kanalstopper 174 der erste Peak 401 nicht in einem Bereich vorgesehen sein, der in Kontakt mit der Seitenwand des Halbleitersubstrats 10 steht.

[0219] Auch in dem Hochkonzentrationsbereich 460 nimmt die Länge in Richtung der z-Achse allmählich zu, wenn der Hochkonzentrationsbereich vom aktiven Abschnitt 160 entfernt ist. Der Hochkonzentrationsbereich 460 ist in diesem Beispiel von der unteren Oberfläche 23 bis zu einer Position ausgebildet, die in Kontakt mit dem Kanalstopper 174 steht oder diesen überlappt. In einem Bereich unterhalb des Kanalstoppers 174 dieses Beispiels ist der Hochkonzentrationsbereich 460 vorgesehen, und der Bulk-Dotierungsbereich 18 verbleibt nicht. Daher ist es möglich, zu verhindern, dass sich die Verarmungsschicht, die sich in der x-Achsenrichtung ausdehnt, bis zur Außenseite des Kanalstoppers 174 erstreckt.

[0220] Fig. 22 veranschaulicht ein Diagramm, das ein Beispiel für ein Verfahren zum Ausbilden des in Fig. 20 beschriebenen Hochkonzentrationsbereichs 460 zeigt. In diesem Beispiel werden Wasserstoffionen von der Seite der unteren Oberfläche 23 abgestrahlt, während das Abschirmungselement 350 unterhalb der unteren Oberfläche 23 des Halbleitersubstrats 10 angeordnet ist. Das Abschirmungselement 350 bedeckt den gesamten aktiven Abschnitt 160 und zumindest einen Teil des Kantenabschlußstrukturabschnitts 90. Das den aktiven Abschnitt 160 bedeckende Abschirmungselement 350 hat eine Dicke, die Wasserstoffionen vollständig abschirmt und das Halbleitersubstrat 10 nicht erreicht.

[0221] Das Abschirmungselement 350, das den Bereich abdeckt, in dem der Hochkonzentrationsbereich 460 vorgesehen werden soll, hat eine Dicke, die der Länge in Richtung der z-Achse jedes Hochkonzentrationsbereichs 460 entspricht. Das heißt, das Abschirmungselement 350 ist in dem Bereich, in dem der Hochkonzentrationsbereich 460 länger ausgebildet ist, dünner. Durch die Verdünnung des

Abschirmungselements 350 gelangen die Wasserstoffionen tief in das Halbleitersubstrat 10, und der Hochkonzentrationsbereich 460 wird lang.

[0222] In dem Abschirmungselement 350 dieses Beispiels wird das Abschirmungselement 350 mit zunehmendem Abstand vom aktiven Abschnitt 160 schrittweise dünner. Das Abschirmungselement 350 kann unterhalb des Hochkonzentrationsbereichs 460-3 vorgesehen sein, muss es aber nicht. In **Fig. 22** ist die Kollektorelektrode 24 vorgesehen, aber die untere Oberfläche 23 kann mit Wasserstoffionen bestrahlt werden, bevor die Kollektorelektrode 24 ausgebildet ist.

[0223] **Fig. 23** veranschaulicht ein Diagramm, das ein Beispiel für ein Verfahren zum Ausbilden des Hochkonzentrationsbereichs 460 aus **Fig. 21A** zeigt. In diesem Beispiel unterscheidet sich die Form des Abschirmungselements 350 von der des Beispiels in **Fig. 22**. Die anderen Bedingungen sind die gleichen wie in dem Beispiel von **Fig. 22**.

[0224] In dem Abschirmungselement 350 dieses Beispiels wird das Abschirmungselement 350 linear oder krummlinig dünner, wenn es sich vom aktiven Abschnitt 160 entfernt. Das Abschirmungselement 350 kann unterhalb des Hochkonzentrationsbereichs 460-3 vorgesehen sein oder nicht.

[0225] In den in **Fig. 16** bis **Fig. 23** veranschaulichten Formen ist der spezifische Widerstand des Hochkonzentrationsbereichs 460 niedriger als der spezifische Widerstand des Driftbereichs 19 im aktiven Abschnitt 160 (dem Transistorabschnitt 70 oder dem Diodenabschnitt 80). Der spezifische Widerstand des Hochkonzentrationsbereichs 460 kann $1/1,5$ oder weniger und $1/10$ oder mehr des spezifischen Widerstands des Driftbereichs 19 des aktiven Abschnitts 160 betragen. Der spezifische Widerstand des Hochkonzentrationsbereichs 460 kann $1/2$ oder weniger des spezifischen Widerstands des Driftbereichs 19 des aktiven Abschnitts 160 betragen. Als spezifischer Widerstand jedes Bereichs kann ein zentraler Wert in Richtung der z-Achse jedes Bereichs verwendet werden, oder es kann ein Durchschnittswert verwendet werden.

[0226] In den in **Fig. 16** bis **Fig. 23** veranschaulichten Formen kann der spezifische Widerstand des Driftbereichs 19 des aktiven Abschnitts 160 einen Wert gemäß der Nennspannung der Halbleitervorrichtung 100 haben. Als Beispiel kann der spezifische Widerstand 20 bis 80 Ωcm betragen, wenn die Nennspannung 600 V beträgt, der spezifische Widerstand kann 40 bis 120 Ωcm betragen, wenn die Nennspannung 1200 V beträgt, der spezifische Widerstand kann 60 bis 200 Ωcm betragen, wenn die Nennspannung 1700 V beträgt, und der spezifi-

sche Widerstand kann 150 bis 450 Ωcm betragen, wenn die Nennspannung 3300 V beträgt.

[0227] In den in **Fig. 1** bis **Fig. 23** veranschaulichten Formen kann das Halbleitersubstrat 10 durchweg mit Bulk-Akzeptoren des zweiten Leitfähigkeitstyps versehen sein. Bei den Bulk-Akzeptoren handelt es sich wie bei den Bulk-Donatoren um Akzeptoren, die bei der Herstellung von Ingots gleichmäßig in diese eingebracht werden. Bei den Bulk-Akzeptoren kann es sich um Bor handeln. Die Bulk-Akzeptor-Konzentration kann niedriger sein als die Bulk-Donatoren-Konzentration. Das heißt, der Ingot ist ein N Typ-Ingot. Als Beispiel liegt die Bulk-Akzeptor-Konzentration zwischen 5×10^{11} ($/\text{cm}^3$) und 9×10^{13} ($/\text{cm}^3$) und die Bulk-Donatoren-Konzentration zwischen 5×10^{12} ($/\text{cm}^3$) und 1×10^{14} ($/\text{cm}^3$). Die Bulk-Akzeptor-Konzentration kann 1 % oder mehr, 10 % oder mehr, oder 50 % oder mehr der Bulk-Donatoren-Konzentration betragen. Die Bulk-Akzeptor-Konzentration kann 99% oder weniger, 95% oder weniger, oder 90% oder weniger der Bulk-Donatoren-Konzentration betragen.

[0228] Das Vorhandensein des Bulk-Akzeptors im gesamten Halbleitersubstrat 10 ermöglicht es, die Nettodotierungskonzentration im Halbleitersubstrat 10 zu verringern, bevor Wasserstoffionen und dergleichen eingesetzt werden. Daher kann der absolute Wert der Variation der Nettodotierungskonzentration des Halbleitersubstrats 10 reduziert werden. Daher kann der spezifische Widerstand durch das Einbringen von Wasserstoffionen leicht eingestellt werden.

[0229] Das in **Fig. 1** bis **Fig. 7** beschriebene Sauerstoffausglühen kann ausgeführt werden, bevor die Strukturen mit Ausnahme des Bulk-Dotierungsbereichs 18 unter den in **Fig. 8** bis **Fig. 23** beschriebenen Strukturen ausgebildet werden. In einem anderen Beispiel kann das Sauerstoffausglühen nach dem Ausbilden jedes Dotierungsbereichs innerhalb des Halbleitersubstrats 10 ausgeführt werden. In diesem Fall können die Schichten wie die dielektrische Zwischenschicht 38 und die dielektrische Gate-schicht 42 jeweils nach dem Sauerstoffausglühen ausgebildet werden. Dementsprechend kann eine Verschlechterung der Eigenschaften der dielektrischen Schicht und dergleichen aufgrund des Sauerstoffausglühens unterdrückt werden.

[0230] Bevor das Sauerstoffausglühen ausgeführt wird, kann ein Dotierstoff vom Typ N, wie z. B. Phosphor, in die obere Oberfläche des Halbleitersubstrats 10 eingesetzt werden. Der Dotierstoff vom Typ N kann selektiv am oberen Ende oder über die gesamte Oberfläche eingebracht werden. Der Dotierstoff vom Typ N kann in einem Bereich eingebracht werden, in dem der dritte Hochkonzentrationsbereich 203 ausgebildet ist. Nach dem Einbrin-

gen des N Dotierstoffs wird das Halbleitersubstrat 10 bei 1100°C oder mehr und 1300°C oder weniger für 20 Stunden oder mehr in einer Sauerstoffatmosphäre geglüht (erstes Glühen). Dadurch kann der Dotierstoff vom Typ N in eine relativ große Tiefe diffundieren. Der Dotierstoff vom Typ N kann diffundieren, bis er den Hochkonzentrationsbereich 460 erreicht. Auf diese Weise kann die Donatorkonzentration des Halbleitersubstrats 10 über die gesamte Tiefenrichtung eingestellt werden. Es ist zu beachten, dass Sauerstoff mit einer Konzentration, die der festen Löslichkeitsgrenze entspricht, durch das erste Ausglühen in das Halbleitersubstrat 10 eingebracht wird.

[0231] Anschließend wird das Halbleitersubstrat 10 bei einer niedrigeren Temperatur als beim ersten Glühen geglüht (zweites Glühen). Das zweite Glühen kann in einer Sauerstoffatmosphäre ausgeführt werden. Die Glühzeit des zweiten Glühens kann kürzer sein als die des ersten Glühens. Zum Beispiel wird das erste Glühen bei 900°C oder mehr und 1000°C oder weniger für 15 Stunden oder weniger ausgeführt. Infolgedessen diffundiert der Sauerstoff im Halbleitersubstrat 10 nach außen, und der Sauerstoffreduktionsbereich 450 an der oberen Oberfläche wird ausgebildet. Nach dem zweiten Ausglühen können die Strukturen mit Ausnahme des dritten Hochkonzentrationsbereichs 203 ausgebildet werden. Das zweite Ausglühen kann in dem Schritt des Ausbildens der Struktur auf der oberen Oberfläche 21 des Halbleitersubstrats 10 enthalten sein.

[0232] Es ist zu beachten, dass die Temperatur des ersten Glühens 1000°C oder weniger betragen kann. In diesem Fall ist es möglich, das Einbringen von Sauerstoff in das Halbleitersubstrat 10 bei dem ersten Glühen zu unterdrücken.

[0233] Obwohl die Beschreibung anhand der Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung erfolgt ist, ist der technische Umfang der vorliegenden Erfindung nicht auf die oben beschriebenen Ausführungsformen begrenzt. Es ist für den Fachmann offensichtlich, dass verschiedene Änderungen und Verbesserungen zu den oben beschriebenen Ausführungsformen hinzugefügt werden können. Es ist auch aus dem Umfang der Ansprüche ersichtlich, dass die Ausführungsformen, die mit solchen Änderungen oder Verbesserungen hinzugefügt werden, im technischen Umfang der vorliegenden Erfindung enthalten sein können.

[0234] Es sollte beachtet werden, dass die Vorgänge, Verfahren, Schritte und Stufen jedes Verfahrens, das von einer Vorrichtung, einem System, einem Programm und einem Verfahren ausgeführt wird, die in den Ansprüchen, der Spezifikation oder den Zeichnungen dargestellt sind, in beliebiger Reihenfolge ausgeführt werden können, solange die

Reihenfolge nicht durch „früher als“, „vor“ oder dergleichen angegeben ist und solange der Ausgang eines früheren Verfahrens nicht in einem späteren Verfahren verwendet wird. Auch wenn in den Ansprüchen, der Spezifikation oder den Zeichnungen der Verfahrensablauf mit Ausdrücken wie „zuerst“ oder „als nächstes“ beschrieben wird, bedeutet dies nicht unbedingt, dass das Verfahren in dieser Reihenfolge ausgeführt werden muss.

Bezugszeichenliste

10	Halbleitersubstrat
11	Wannenbereich
12	Emitterbereich
14	Basisbereich
15	Kontaktbereich
16	Akkumulationsbereich
18	Bulk-Dotierungsbereich
19	Driftbereich
20	Dämpferbereich
21	obere Oberfläche
22	Kollektorbereich
23	untere Oberfläche
24	Kollektorelektrode
29	linearer Abschnitt
30	Blind-Grabenabschnitt
31	Randabschnitt
32	dielektrische Blindschicht
34	leitfähiger Blindabschnitt
38	dielektrische Zwischenschicht
39	linearer Abschnitt
40	Gate-Grabenabschnitt
41	Randabschnitt
42	dielektrische Gateschicht
44	leitender Gateabschnitt
52	Emitter-Elektrode
54	Kontaktdurchgang

60, 61	Mesa-Abschnitt	425	fünfter Peak
70	Transistorabschnitt	426	sechster Peak
80	Diodenabschnitt	435, 436	obere Rückseite
81	Erweiterungsbereich	445, 446	untere Rückseite
82	Kathodenbereich	450	Sauerstoffreduktionsbereich an der oberen Oberfläche
90	Kantenabschlusstrukturabschnitt		
91	Bereich	452	Maximalwertbereich
92	Schutzring	454	Sauerstoffreduktionsbereich an der unteren Oberfläche
94	Feldplatte		
100	Halbleitervorrichtung	460	Hochkonzentrationsbereich
102	Endseite		
106	Durchgangsbereich		
112	Gate-Kontaktstelle		
130	außen umlaufende Gate-Verdrahtung		
131	aktivseitige Gate-Verdrahtung		
160	aktiver Abschnitt		
174	Kanalstopper		
202	zweiter Hochkonzentrationsbereich		
203	dritter Hochkonzentrationsbereich		
313	flacher Abschnitt		
314	Peak		
318	Peak der Phosphorkonzentration		
323	flacher Abschnitt		
350	Abschirmungselement		
401	erster Peak		
402	zweiter Peak		
403	dritter Peak		
404	vierter Peak		
405	Sauerstoffkonzentrationspeak		
406	Rekombinationszentrumpeak		
407	Donatorkonzentrationspeak		
408	Peak		
411, 412, 413, 414	obere Rückseite		
421, 422, 423, 424	untere Rückseite		

ZITATE ENHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Zitierte Patentliteratur

- JP 2013153183 [0003]

Patentansprüche

1. Halbleitervorrichtung, umfassend:
 - ein Halbleitersubstrat, das eine obere Oberfläche und eine untere Oberfläche aufweist und in dem ein Bulk-Donator eines ersten Leitfähigkeitstyps vorgesehen ist;
 - einen Hochkonzentrationsbereich eines ersten Leitfähigkeitstyps, der eine Mittelposition in einer Tiefenrichtung des Halbleitersubstrats enthält und eine Donatorkonzentration aufweist, die höher ist als eine Dotierungskonzentration der Bulk-Donatoren; und
 - einen Sauerstoffreduktionsbereich an der oberen Oberfläche, der in Kontakt stehend mit der oberen Oberfläche des Halbleitersubstrats im Inneren des Halbleitersubstrats vorgesehen ist und in dem die chemische Konzentration von Sauerstoff bei Annäherung an die obere Oberfläche des Halbleitersubstrats abnimmt.
2. Halbleitervorrichtung gemäß Anspruch 1, wobei
 - eine Verteilung der chemischen Konzentration von Sauerstoff in der Tiefenrichtung des Halbleitersubstrats eine Position, in der die chemische Konzentration von Sauerstoff einen maximalen Wert annimmt, und einen Maximalwertbereich aufweist, in dem die chemische Konzentration von Sauerstoff 50 % oder mehr eines Maximalwerts des Maximalwertbereichs beträgt, wobei
 - ein erster Peak in einem Endabschnitt in der Tiefenrichtung des Hochkonzentrationsbereichs angeordnet ist, bei dem eine Verteilung einer chemischen Konzentration der Verunreinigung einen Maximalwert annimmt, und wobei
 - der erste Peak in dem Bereich des maximalen Wertes oder auf der oberen Oberfläche des Halbleitersubstrats bezüglich des Bereichs des maximalen Wertes angeordnet ist.
3. Halbleitervorrichtung gemäß Anspruch 2, wobei die Verteilung der chemischen Konzentration der Verunreinigung in der Tiefenrichtung eine sich vom ersten Peak zur unteren Oberfläche erstreckende untere Rückseite und eine sich vom ersten Peak zur oberen Oberfläche erstreckende obere Rückseite aufweist, in der die chemische Konzentration der Verunreinigung steiler abnimmt als die untere Rückseite.
4. Halbleitervorrichtung gemäß Anspruch 2 oder 3, wobei der Hochkonzentrationsbereich von dem ersten Peak bis zur unteren Oberfläche des Halbleitersubstrats vorgesehen ist.
5. Halbleitervorrichtung gemäß einem der Ansprüche 2 bis 4, wobei die Verteilung der chemischen Konzentration von Sauerstoff einen Peak der Sauerstoffkonzentration aufweist, bei dem die chemische Konzentration von Sauerstoff einen lokalen Maximalwert aufweist.
6. Halbleitervorrichtung gemäß einem der Ansprüche 2 bis 5, umfassend:
 - einen zweiten Peak einer chemischen Konzentration von Wasserstoff, der zwischen dem ersten Peak und der unteren Oberfläche vorgesehen ist.
7. Halbleitervorrichtung gemäß Anspruch 6, ferner umfassend:
 - einen Sauerstoffreduktionsbereich an der unteren Oberfläche, der bezüglich des Sauerstoffreduktionsbereichs an der oberen Oberfläche angeordnet ist und in dem eine chemische Konzentration von Sauerstoff abnimmt, wenn man sich der unteren Oberfläche des Halbleitersubstrats nähert, wobei
 - der zweite Peak der chemischen Konzentration von Wasserstoff in dem unteren oberflächenseitigen Sauerstoffreduktionsbereich angeordnet ist.
8. Halbleitervorrichtung gemäß Anspruch 6, wobei der zweite Peak der chemischen Konzentration von Wasserstoff in dem Maximalwertbereich angeordnet ist.
9. Halbleitervorrichtung gemäß einem der Ansprüche 6 bis 8, ferner umfassend:
 - einen im Halbleitersubstrat vorgesehenen Driftbereich eines ersten Leitfähigkeitstyps; und
 - einen Dämpferbereich, der zwischen dem Driftbereich und der unteren Oberfläche angeordnet ist und eine höhere Dotierungskonzentration als der Driftbereich aufweist, wobei
 - der zweite Peak der chemischen Konzentration von Wasserstoff in der Pufferregion angeordnet ist.
10. Halbleitervorrichtung gemäß Anspruch 5, wobei
 - eine Rekombinationszentrumkonzentrationsverteilung in der Tiefenrichtung des Halbleitersubstrats einen Peak der Rekombinationskonzentration aufweist, und
 - der Peak der Rekombinationskonzentration in einem Bereich angeordnet ist, in dem die chemische Konzentration von Sauerstoff 70% oder mehr des maximalen Wertes beträgt.
11. Halbleitervorrichtung gemäß einem der Ansprüche 2 bis 10, wobei der erste Peak in einem Bereich angeordnet ist, in dem die chemische Konzentration von Sauerstoff 70 % oder mehr des Maximalwerts beträgt.
12. Halbleitervorrichtung gemäß einem der Ansprüche 2 bis 11, wobei die chemische Konzentration der Verunreinigung eine chemische Konzentration von Wasserstoff ist.

13. Halbleitervorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei der Bulk-Donator Phosphor oder Antimon ist.

14. Halbleitervorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 13, wobei ein Bulk-Akzeptor eines zweiten Leitfähigkeitstyps über das gesamte Halbleitersubstrat vorgesehen ist.

15. Halbleitervorrichtung gemäß Anspruch 14, wobei der Bulk-Akzeptor Bor ist.

16. Halbleitervorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 15, ferner umfassend:
einen oder mehrere Schutzringe, die in Kontakt mit der oberen Oberfläche des Halbleitersubstrats stehen und einen zweiten Leitfähigkeitstyp aufweisen; und
einen Kanalstopper eines ersten Leitfähigkeitstyps oder eines zweiten Leitfähigkeitstyps, der weiter außerhalb eines äußersten Schutzrings vorgesehen ist, in Kontakt mit der oberen Oberfläche des Halbleitersubstrats steht und eine höhere Dotierungskonzentration als die des Bulk-Donators aufweist, wobei der Kanalstopper Wasserstoff enthält.

17. Halbleitervorrichtung gemäß Anspruch 16, wobei wobei Wasserstoff von der unteren Oberfläche des Halbleitersubstrats bis zum Kanalstopper zugeführt ist.

18. Halbleitervorrichtung gemäß Anspruch 16 oder 17, wobei ein Peak einer chemischen Konzentration von Wasserstoff in dem Kanalstopper vorgesehen ist.

Es folgen 28 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

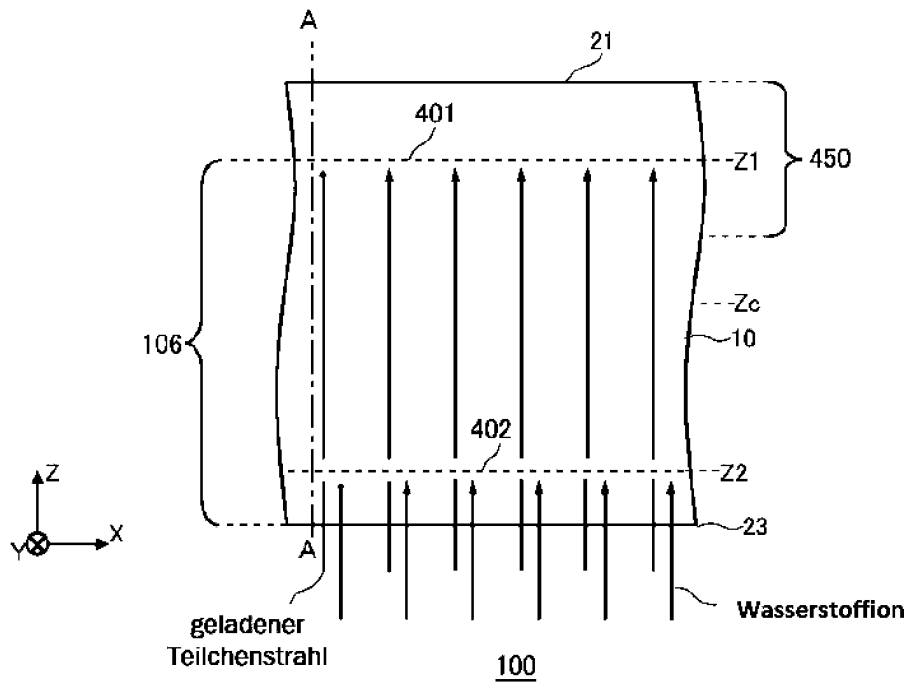


FIG. 1

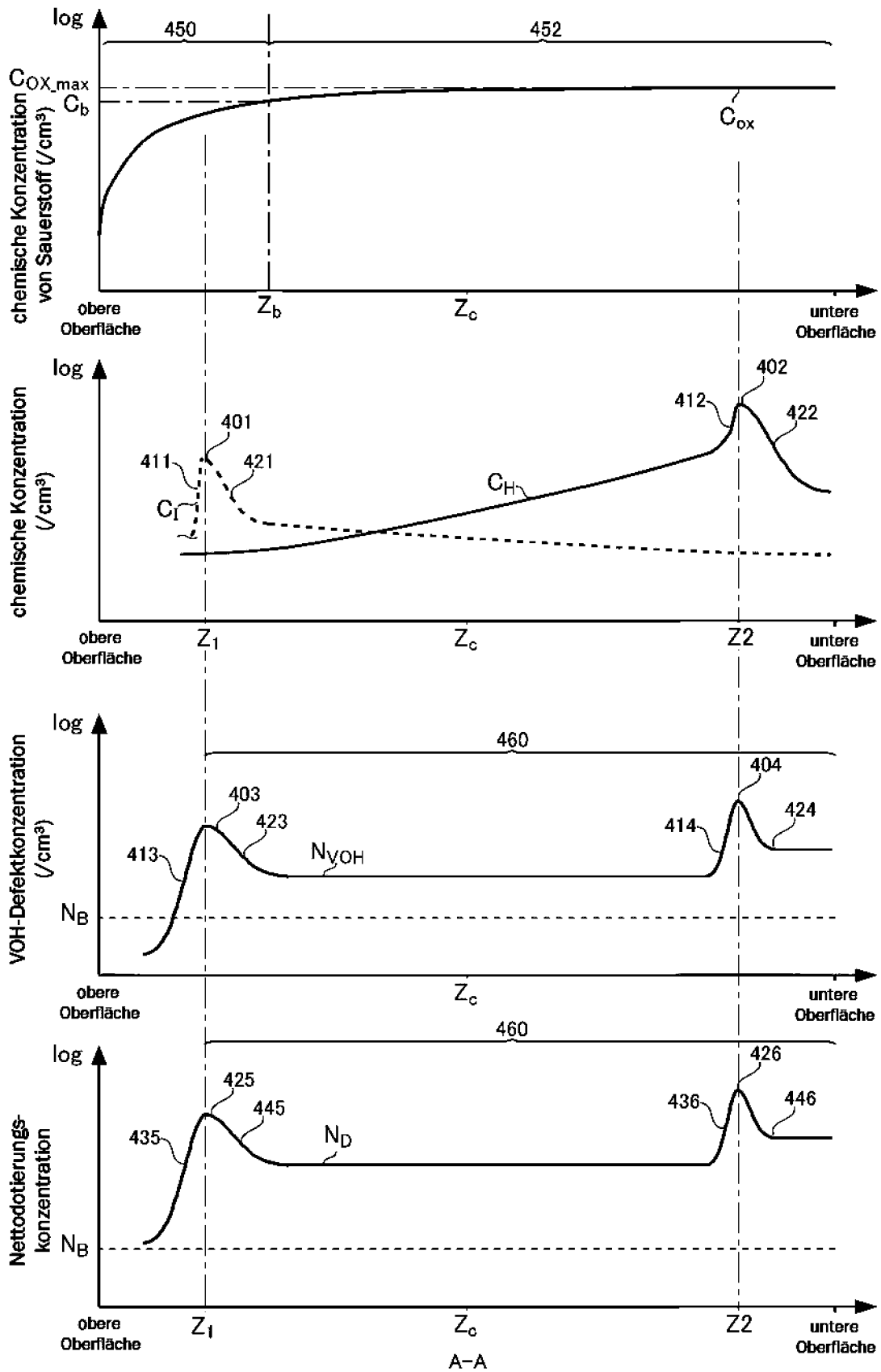


FIG. 2

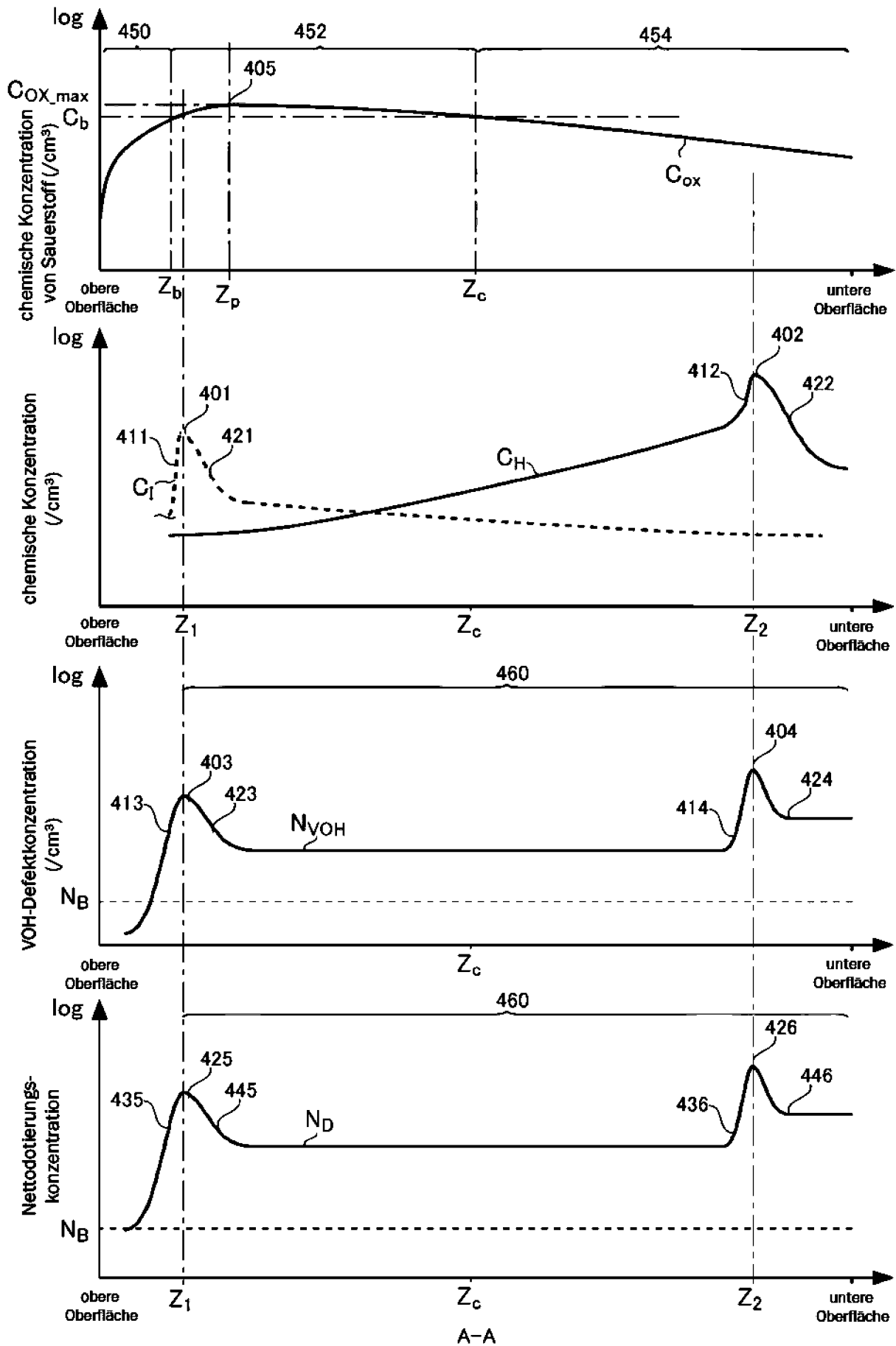


FIG. 3

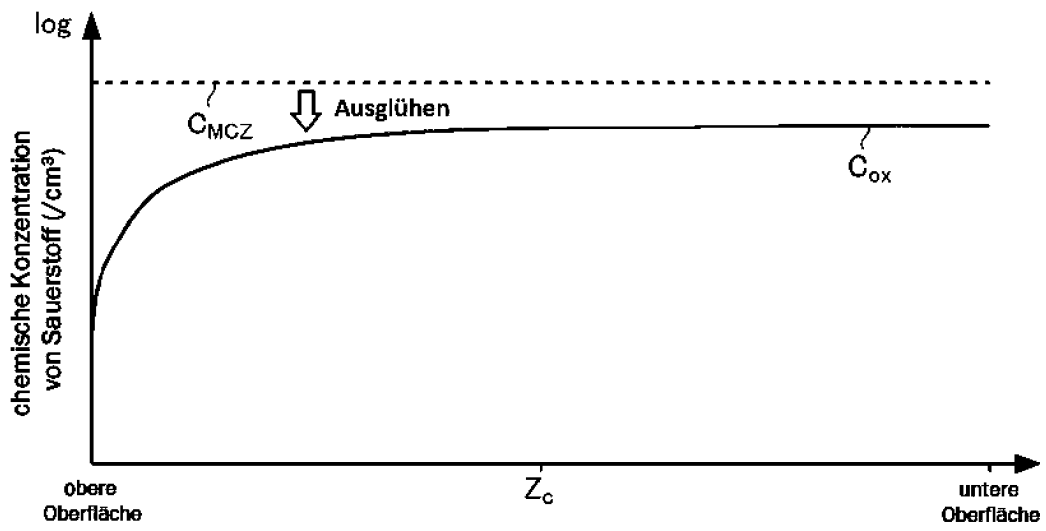


FIG. 4

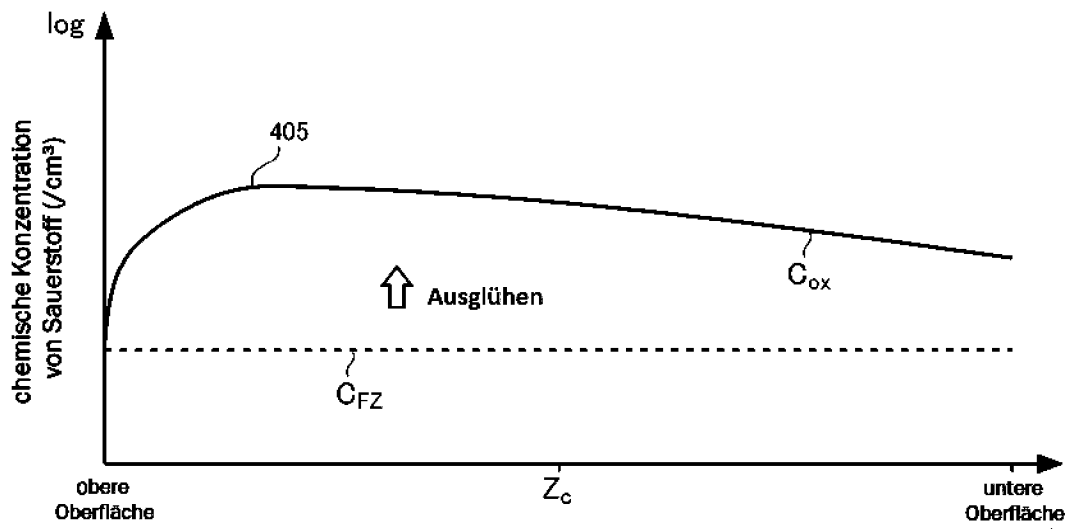


FIG. 5

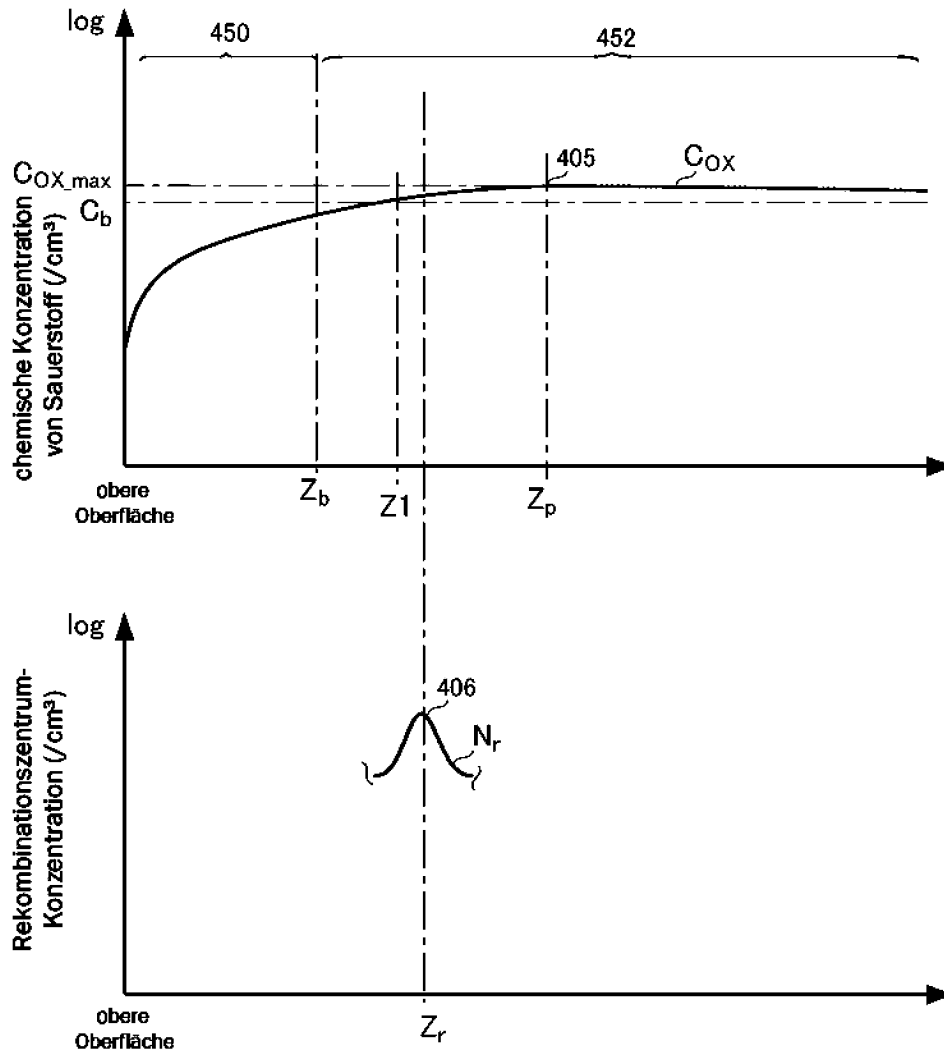


FIG. 6

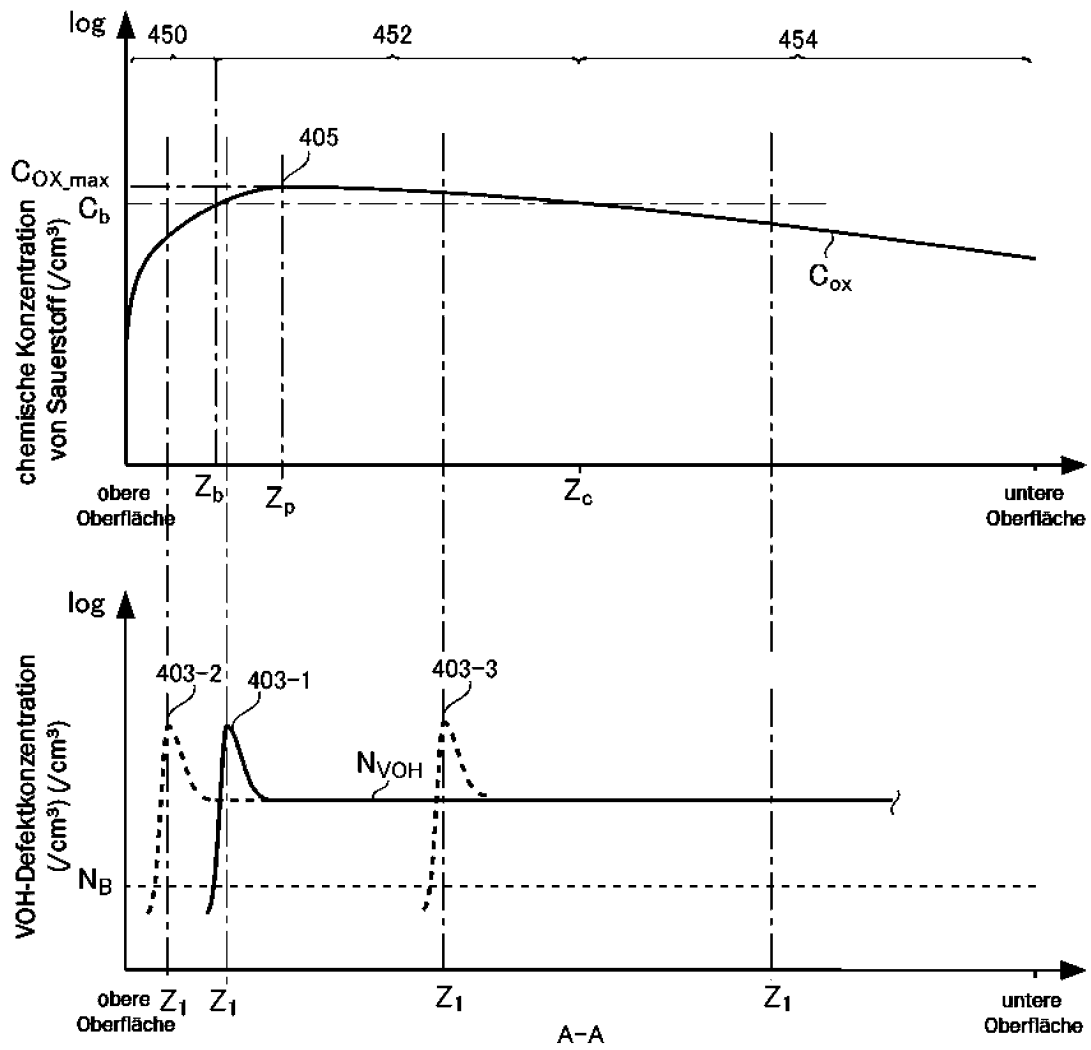
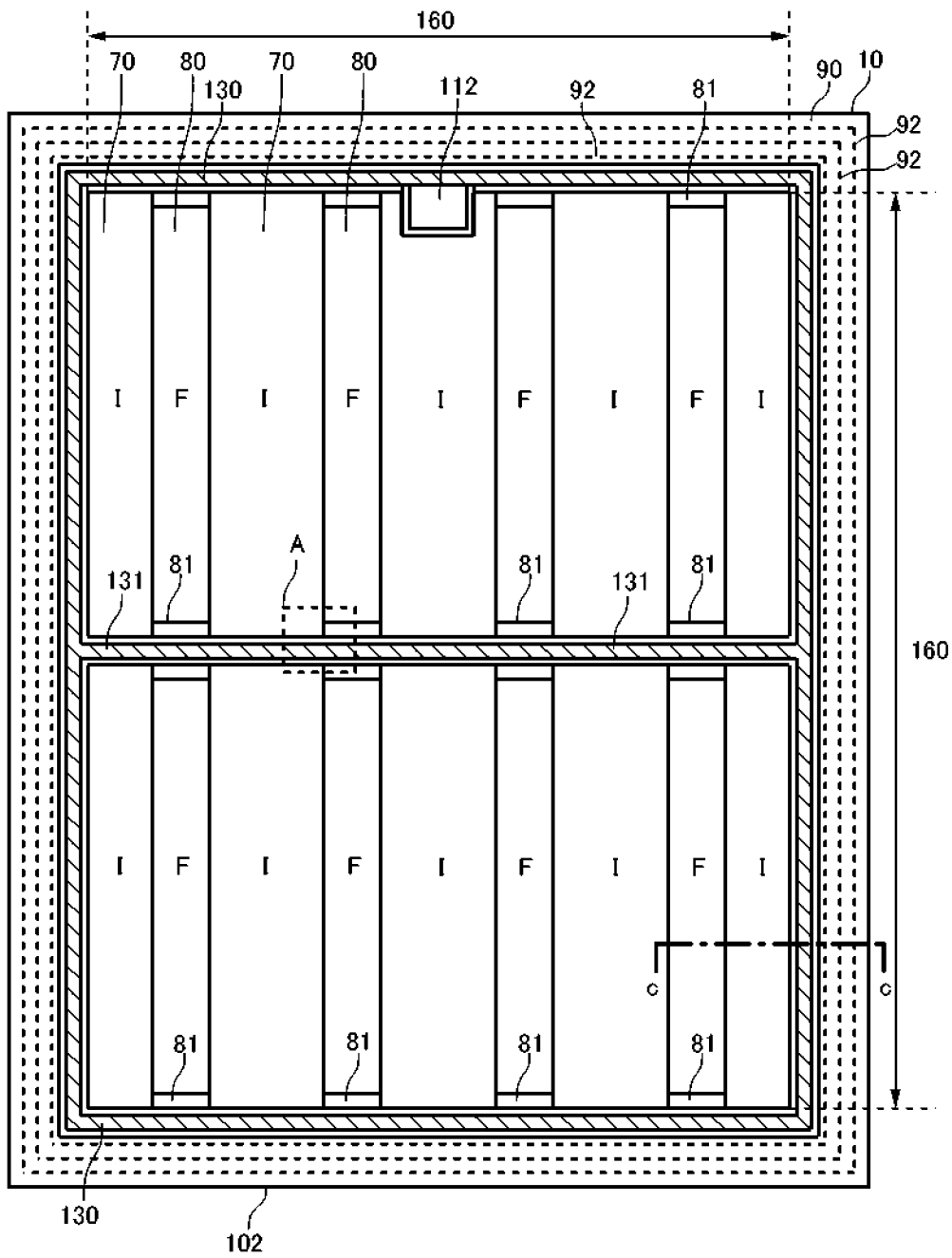


FIG. 7



100

FIG. 8

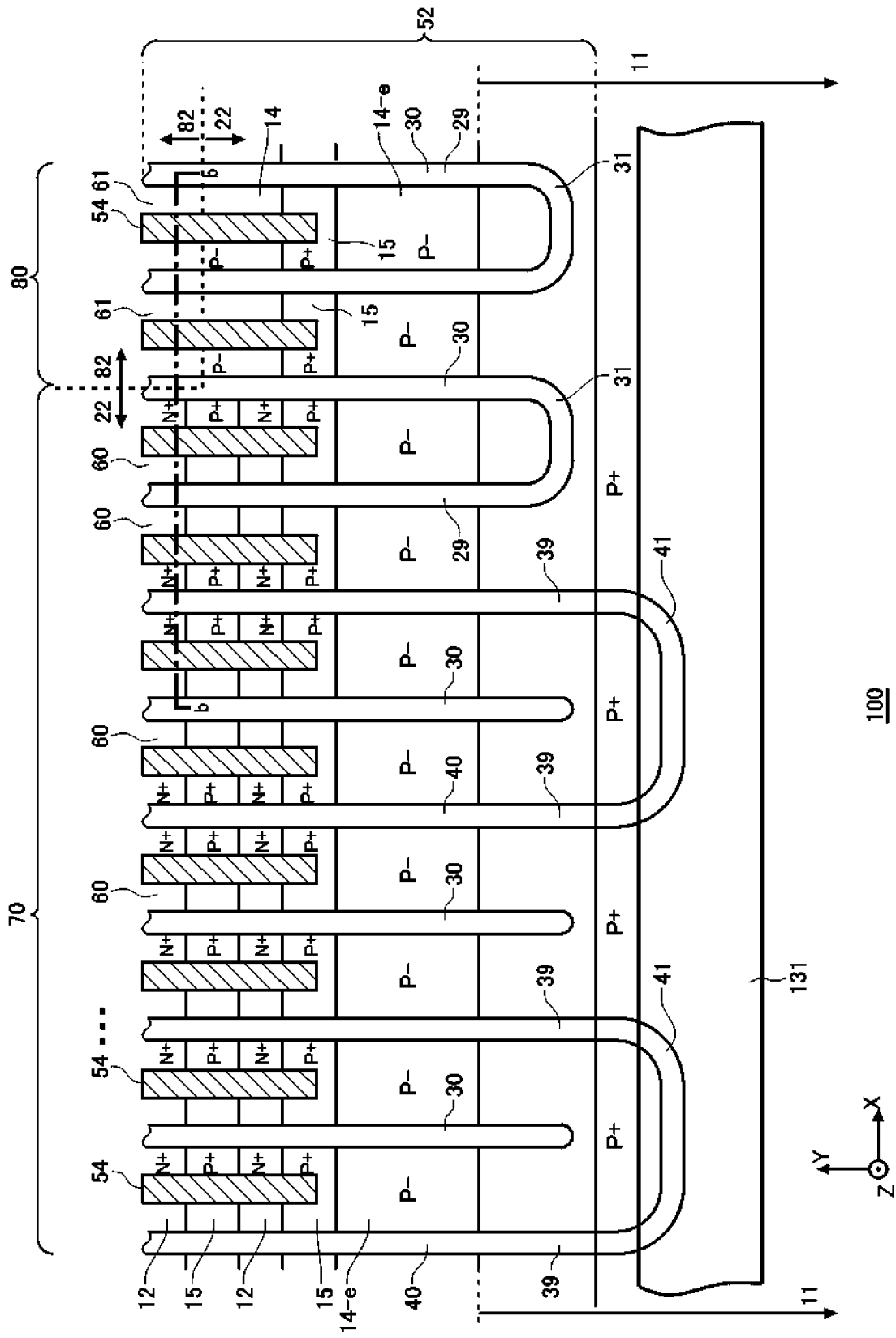


FIG. 9

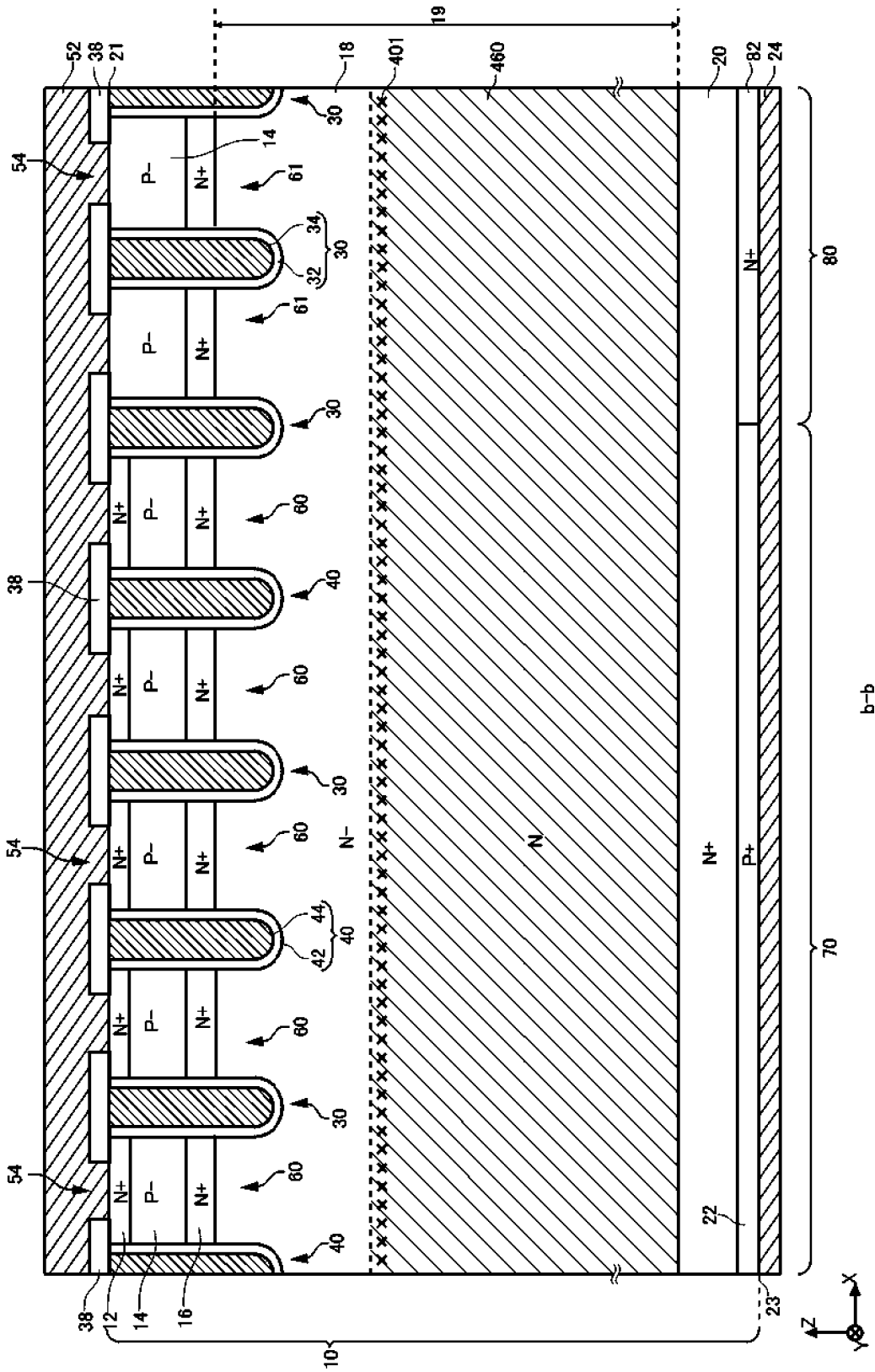


FIG. 10

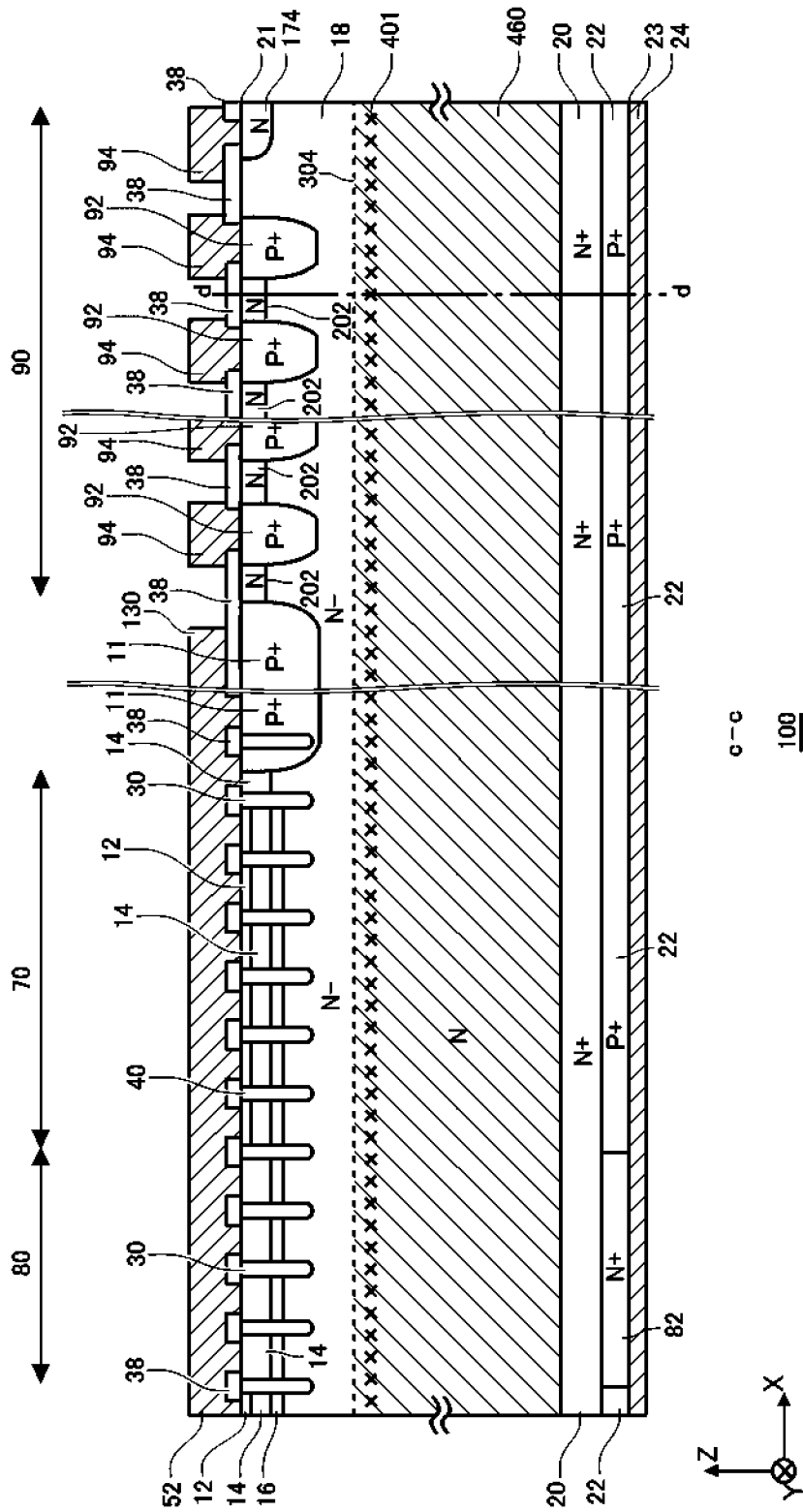


FIG. 11

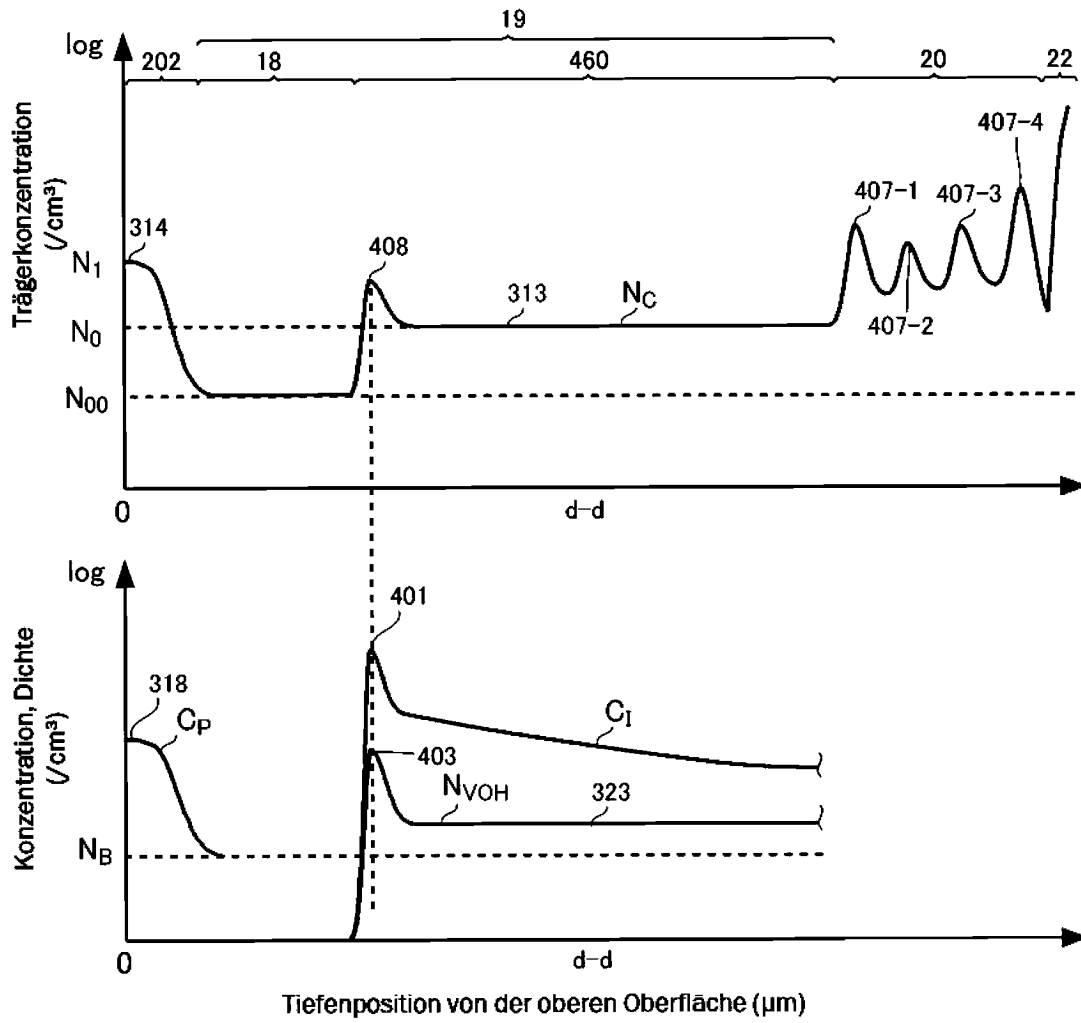


FIG. 12

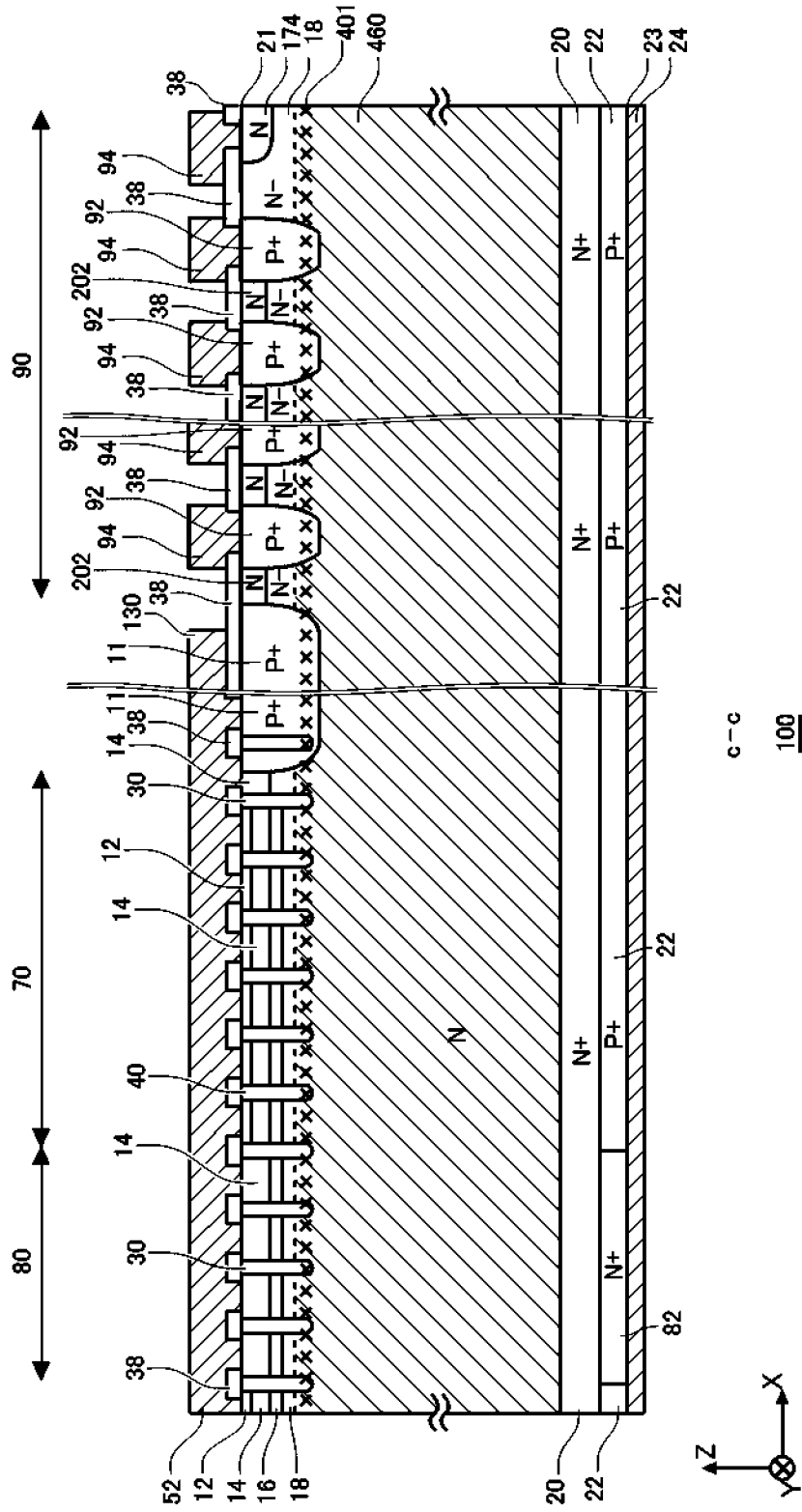


FIG. 13A

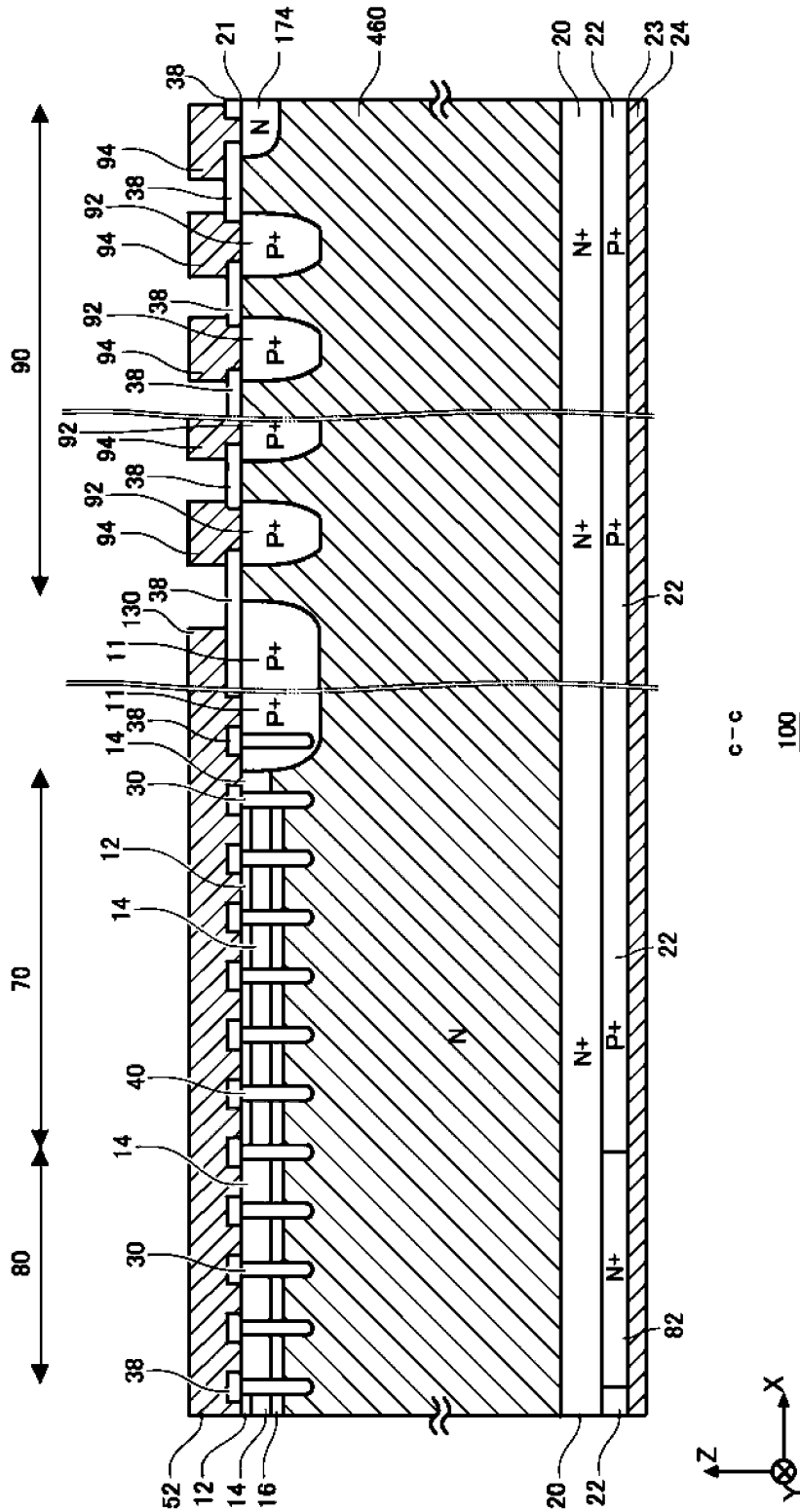


FIG. 13C

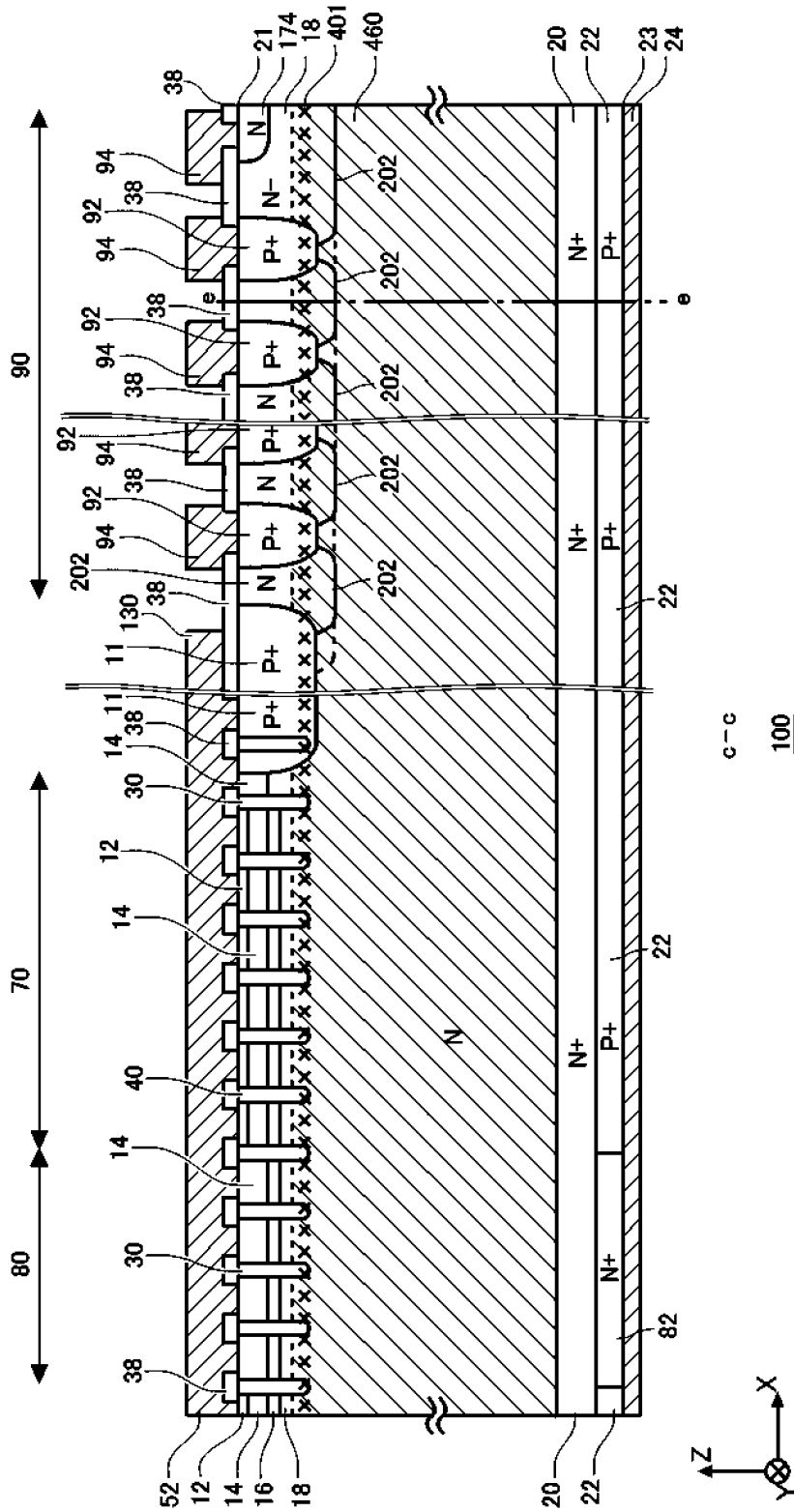


FIG. 14

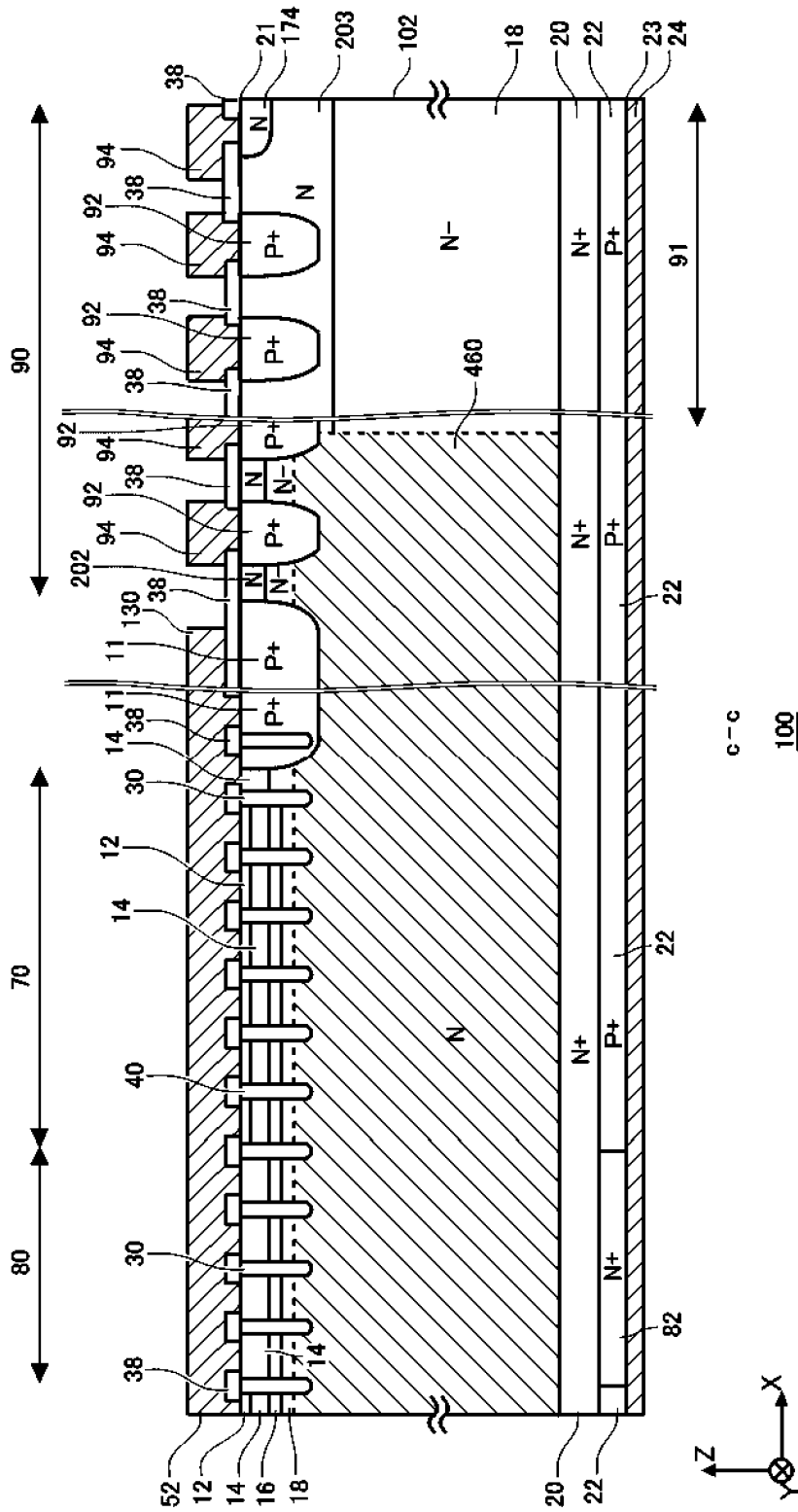


FIG. 15

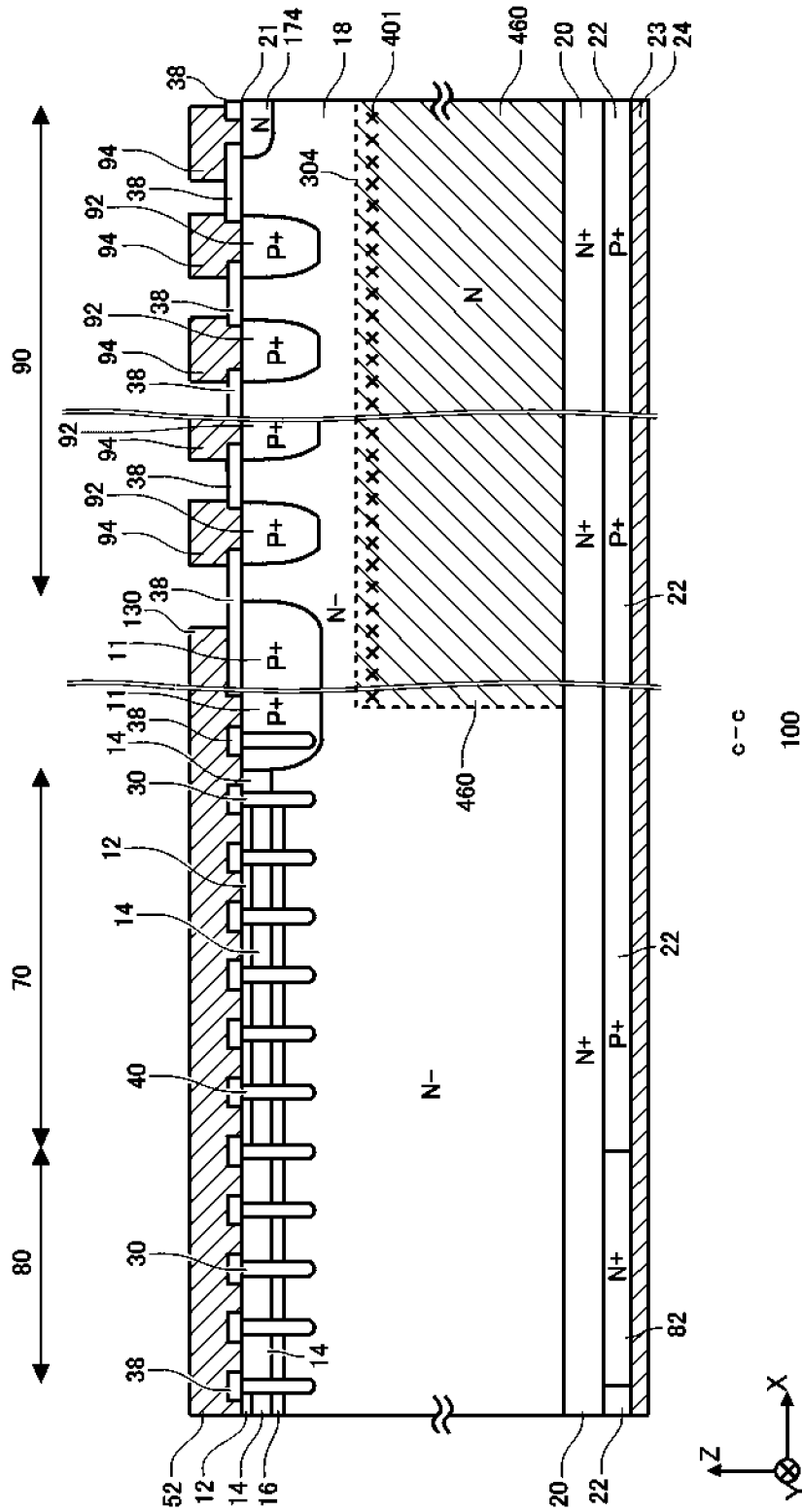


FIG. 16

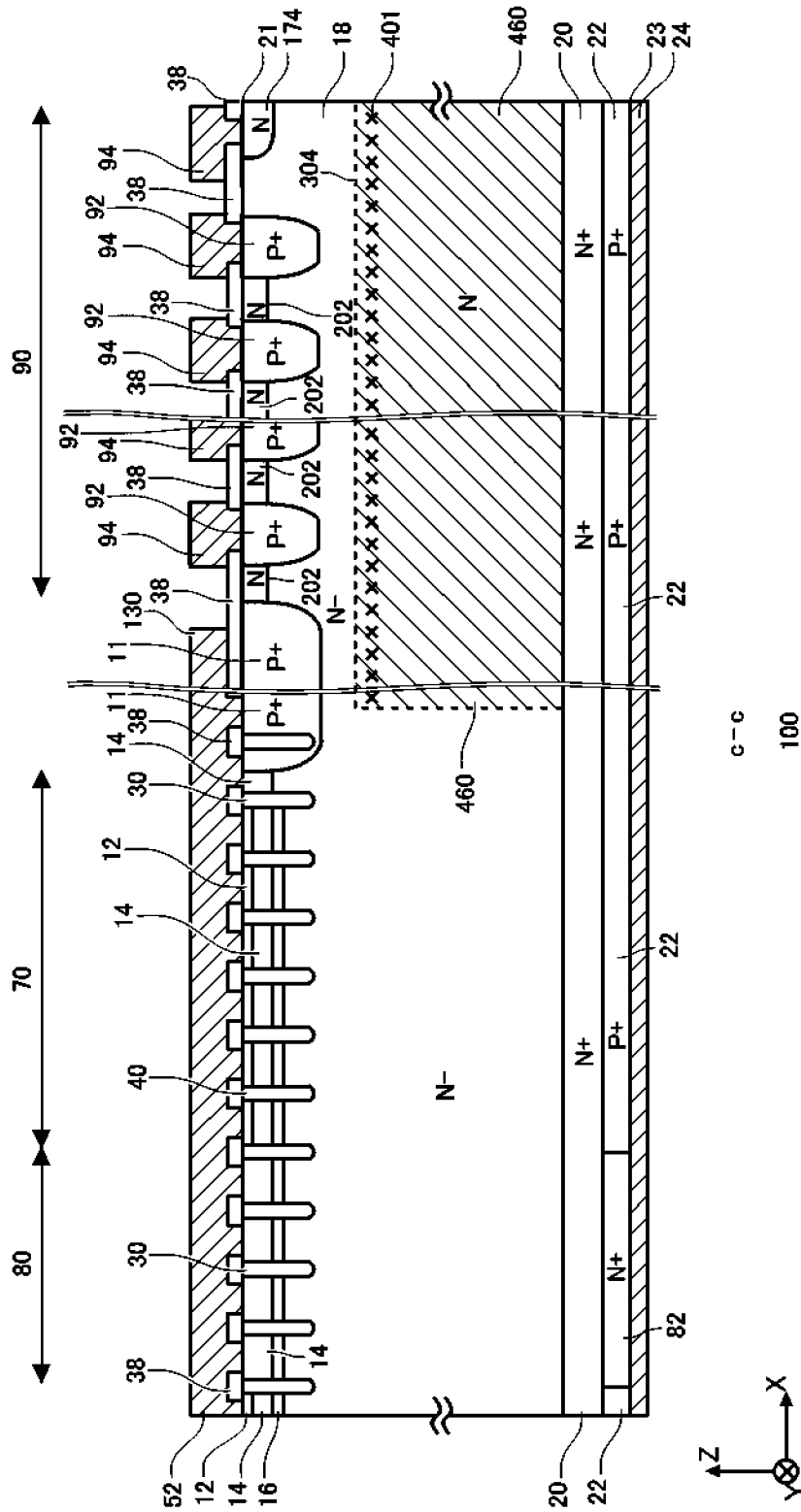


FIG. 17

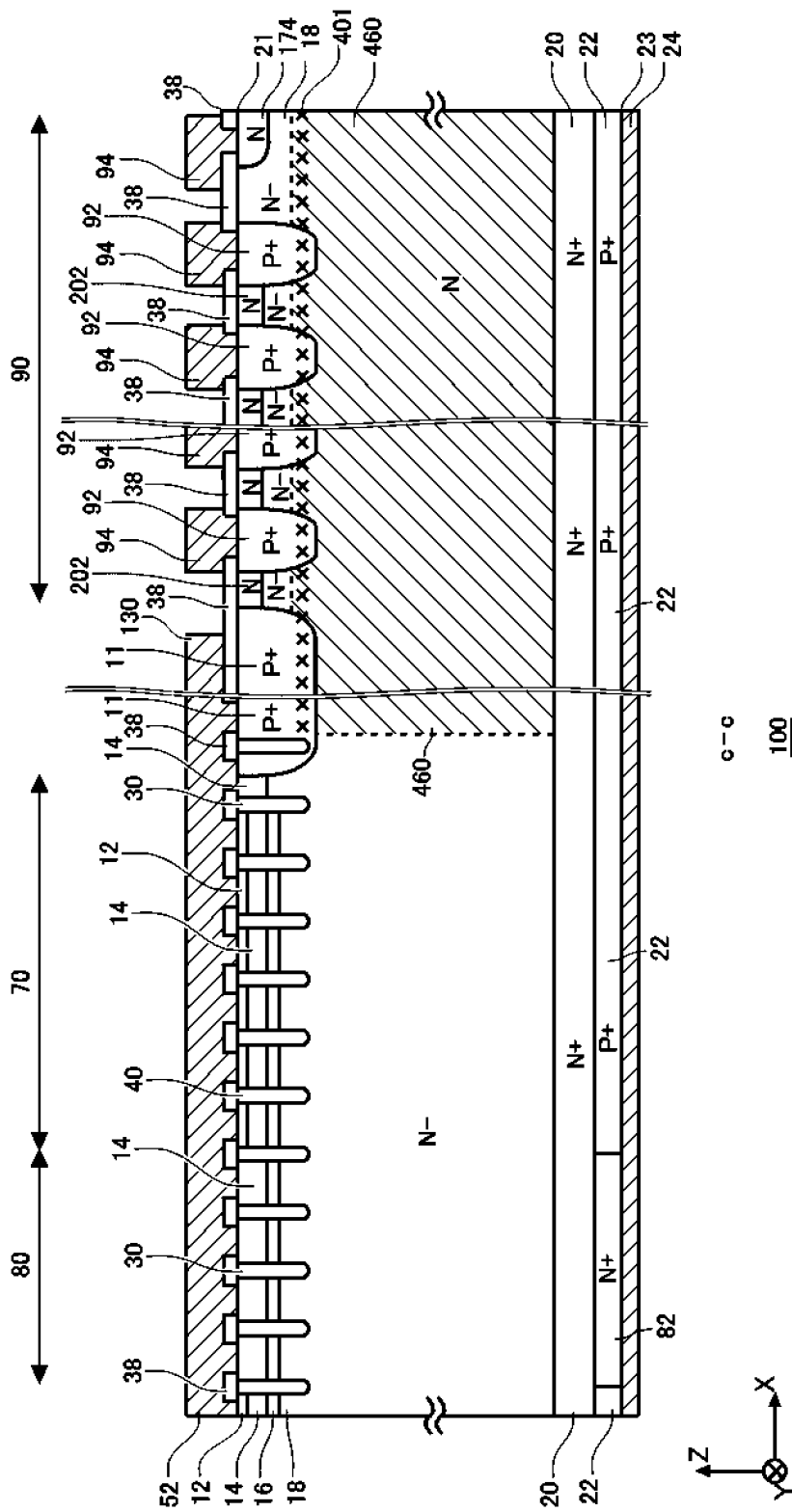


FIG. 18A

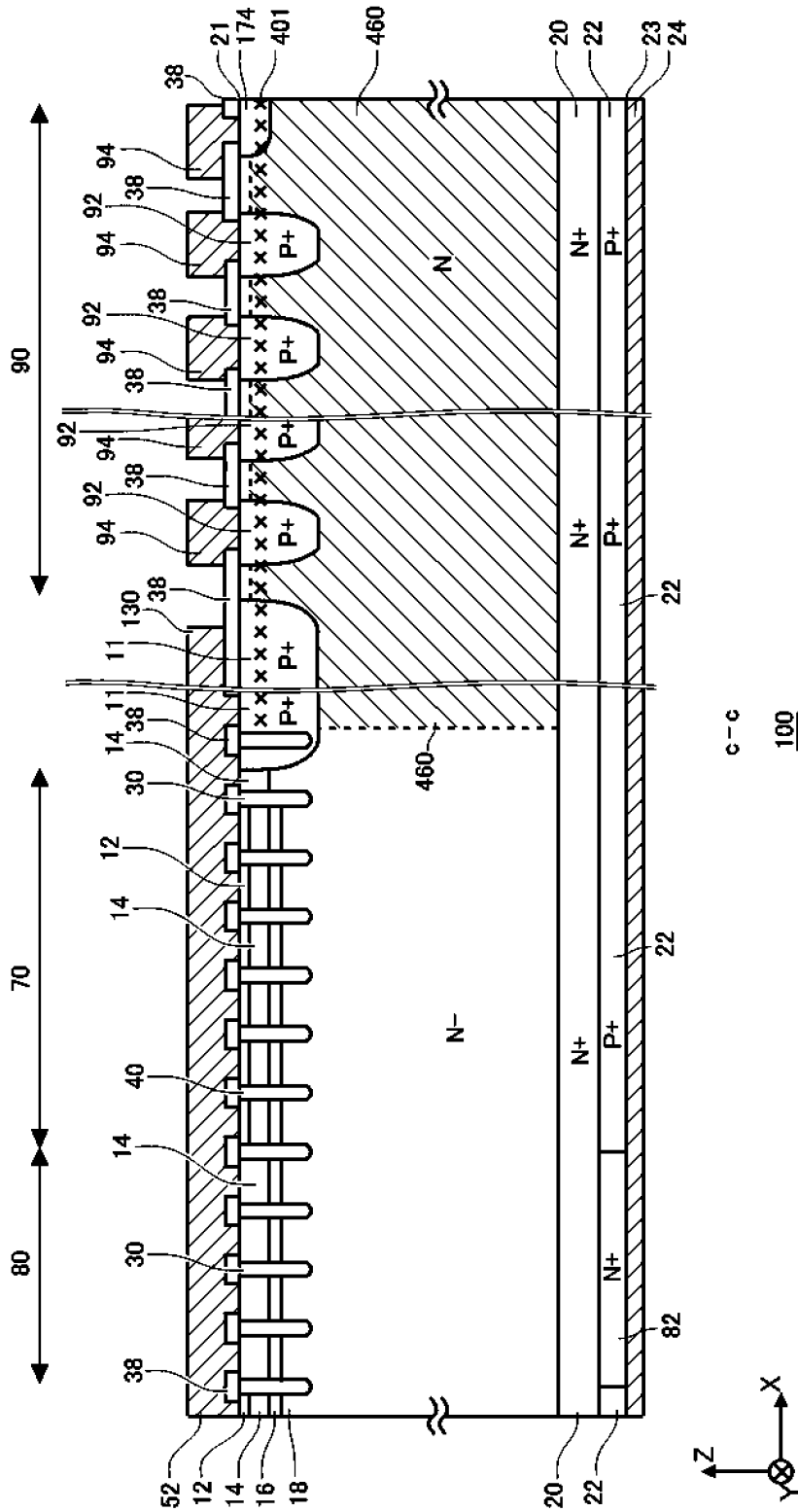


FIG. 18B

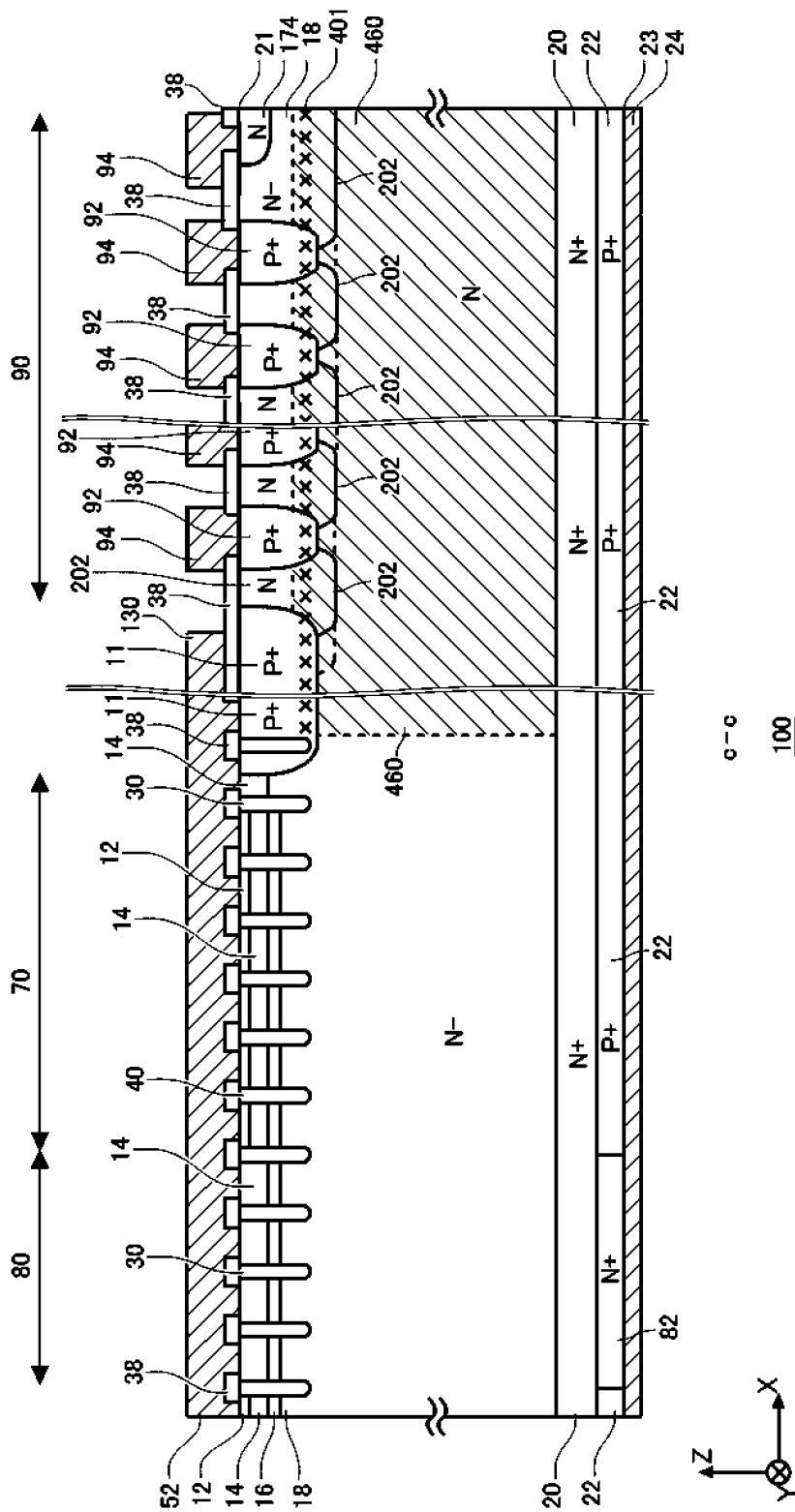


FIG. 19

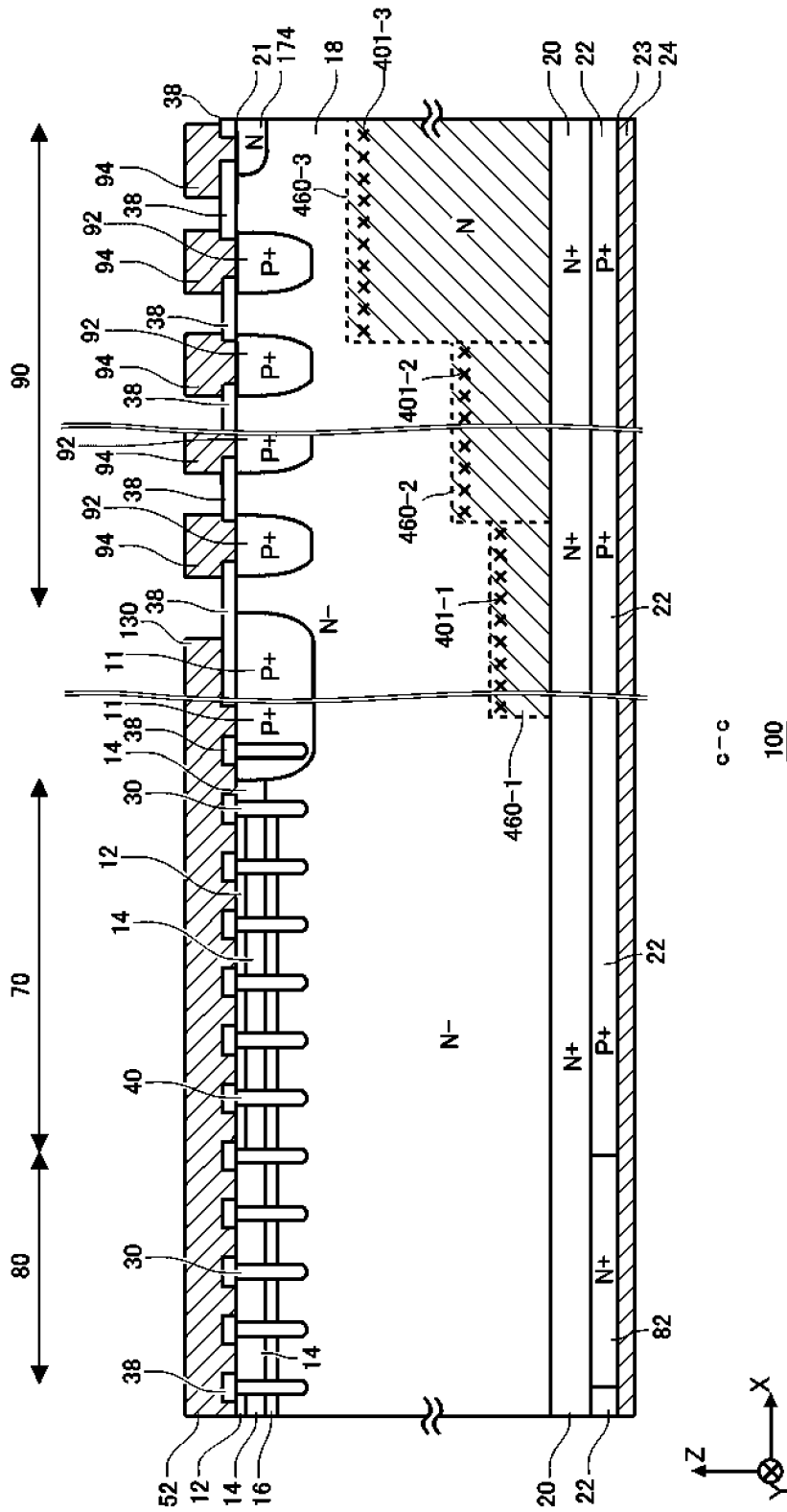


FIG. 20

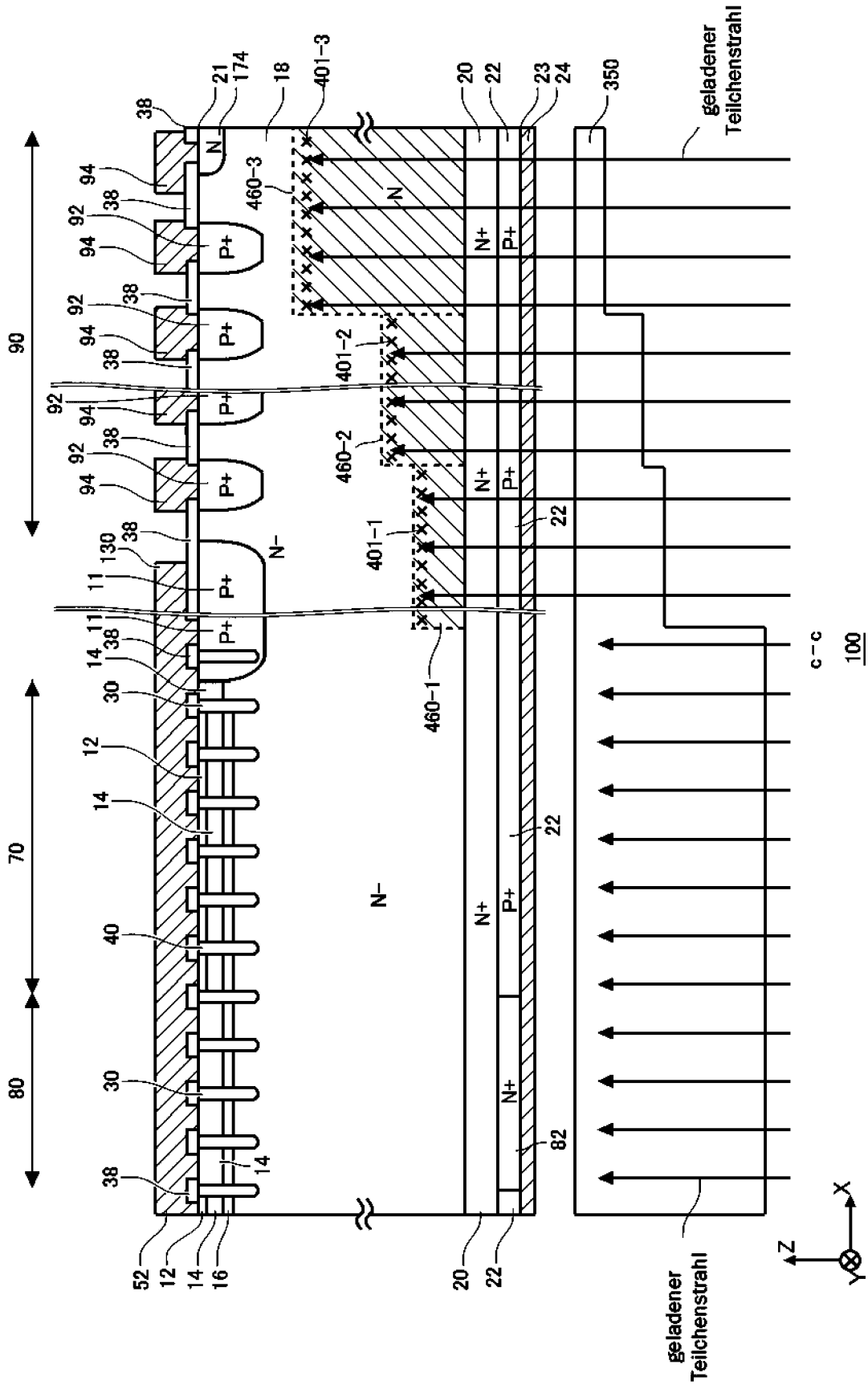


FIG. 22

