(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 11 2024 000 109 T5** 2025.06.05

(12) # Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2024/185313**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜbkG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2024 000 109.2**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2024/001519**
(86) PCT-Anmeldetag: **19.01.2024**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **12.09.2024**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung in deutscher Übersetzung: **05.06.2025**

(51) Int Cl.: ***H10D 12/00*** (2025.01)
H10D 12/01 (2025.01)

(30) Unionspriorität:
2023-034677 07.03.2023 JP

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

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

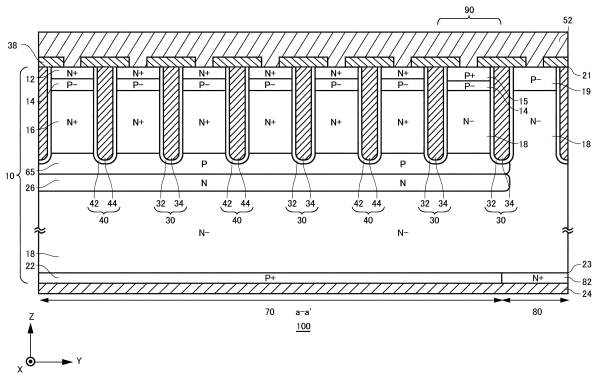
(72) Erfinder:
Komiyama, Norihiro, Kawasaki-shi, Kanagawa, JP; Noguchi, Seiji, Kawasaki-shi, Kanagawa, JP; Sakurai, Yosuke, Kawasaki-shi, Kanagawa, JP; Hamasaki, Ryutaro, Kawasaki-shi, Kanagawa, JP

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **HALBLEITERVORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUM HERSTELLEN EINER HALBLEITERVORRICHTUNG**

(57) Zusammenfassung: Bereitgestellt wird eine Halbleitervorrichtung, umfassend einen Transistorabschnitt und einen Diodenabschnitt. Die Halbleitervorrichtung umfasst: eine Vielzahl von Grabenabschnitten, die auf einer Frontfläche eines Halbleitersubstrats angeordnet sind und einen Gatter-Grabenabschnitt umfassen; einen Driftbereich eines ersten Leitfähigkeitstyps, der in dem Halbleitersubstrat angeordnet ist; einen Basisbereich eines zweiten Leitfähigkeitstyps, der über dem Driftbereich angeordnet ist; einen Emitterbereich des ersten Leitfähigkeitstyps, der über dem Basisbereich angeordnet ist und eine höhere Dotierungskonzentration als der Driftbereich aufweist; einen ersten Sammelbereich des ersten Leitfähigkeitstyps, der unter dem Basisbereich angeordnet ist und eine höhere Dotierungskonzentration als der Driftbereich aufweist; einen Grabenbodenbereich des zweiten Leitfähigkeitstyps, der unter dem ersten Sammelbereich angeordnet ist und eine höhere Dotierungskonzentration als der Basisbereich aufweist; und einen zweiten Sammelbereich des ersten Leitfähigkeitstyps, der an einer tieferen Position als der Grabenbodenbereich in Tiefenrichtung des Halbleitersubstrats angeordnet ist und eine höhere Dotierungskonzentration als der Driftbereich aufweist.



Beschreibung

HINTERGRUND

1. TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Halbleitervorrichtung und ein Verfahren zum Herstellen der Halbleitervorrichtung.

2. STAND DER TECHNIK

[0002] Das Patentdokument 1 beschreibt „... kann ferner einen elektrisch potentialfreien Grenzbereich105 des zweiten Leitfähigkeitstyps umfassen (im Folgenden auch einfach als „Grenzbereich“ bezeichnet)".

Dokumente des Stands der Technik

Patentdokumente

Patentdokument 1: Japanische Offenlegungsschrift Nr. 2019-91892

Patentdokument 2: Japanisches Patent Nr. 6472714

Patentdokument 3: Japanisches Patent Nr. 5707681

TECHNISCHE AUFGABE

[0003] Es ist wünschenswert, eine Gatterschwingung und eine Armkurzschluss-Schwingung zu unterdrücken, während ein Durchlassleistungsverlust einer Halbleitervorrichtung reduziert wird.

ALLGEMEINE OFFENBARUNG

[0004] Ein erster Aspekt der vorliegenden Erfindung stellt eine Halbleitervorrichtung bereit, die einen Transistorabschnitt und einen Diodenabschnitt umfasst. Die Halbleitervorrichtung umfasst: eine Vielzahl von Grabenabschnitten, die auf einer Frontfläche eines Halbleitersubstrats angeordnet sind und einen Gatter-Grabenabschnitt umfassen; einen Driftbereich eines ersten Leitfähigkeitstyps, der in dem Halbleitersubstrat angeordnet ist; einen Basisbereich eines zweiten Leitfähigkeitstyps, der über dem Driftbereich angeordnet ist; einen Emitterbereich des ersten Leitfähigkeitstyps, der über dem Basisbereich angeordnet ist und eine höhere Dotierungskonzentration als der Driftbereich aufweist; einen ersten Sammelbereich des ersten Leitfähigkeitstyps, der unter dem Basisbereich angeordnet ist und eine höhere Dotierungskonzentration als der Driftbereich aufweist; einen Grabenbodenbereich des zweiten Leitfähigkeitstyps, der unter dem ersten Sammelbereich angeordnet ist und eine höhere Dotierungskonzentration als der Basisbereich aufweist; und einen zweiten Sammelbereich des ersten Leitfähigkeitstyps, der an einer tieferen Position als der Grabenbodenbereich in Tiefenrichtung des Halbleitersubstrats angeordnet ist und eine höhere Dotierungskonzentration als der Driftbereich aufweist.

[0005] In der Halbleitervorrichtung kann ein oberes Ende des Grabenbodenbereichs ein unteres Ende des ersten Sammelbereichs berühren.

[0006] In der Halbleitervorrichtung gemäß der vorstehenden Offenbarung kann ein unteres Ende des Grabenbodenbereichs ein oberes Ende des zweiten Sammelbereichs berühren.

[0007] In der Halbleitervorrichtung gemäß der vorstehenden Offenbarung kann der Grabenbodenbereich so angeordnet sein, dass er sich von einem unteren Ende eines Grabenabschnitts der Vielzahl von Grabenabschnitten zu einem unteren Ende eines anderen gegenüberliegenden Grabenabschnitts der Vielzahl von Grabenabschnitten in Grabenanordnungsrichtung der Vielzahl von Grabenabschnitten erstreckt.

[0008] In der Halbleitervorrichtung gemäß der vorstehenden Offenbarung kann eine Dicke des Grabenbodenbereichs in Tiefenrichtung des Halbleitersubstrats gleich groß wie oder größer als 20 % und gleich groß wie oder kleiner als 100 % einer Grabentiefe der Vielzahl von Grabenabschnitten sein.

[0009] In der Halbleitervorrichtung gemäß der vorstehenden Offenbarung kann eine Dicke des Grabenbodenbereichs in Tiefenrichtung des Halbleitersubstrats 1µm oder größer und 5 µm oder kleiner sein.

[0010] In der Halbleitervorrichtung gemäß der vorstehenden Offenbarung kann der Grabenbodenbereich aufweisen: erste Bereiche, die unter der Vielzahl von Grabenabschnitten angeordnet sind; und zweite Bereiche, die unter Mesaabschnitten angeordnet sind, die zwischen der Vielzahl von Grabenabschnitten angeordnet sind, und eine Dotierungskonzentration in den ersten Bereichen kann höher sein als eine Dotierungskonzentration in den zweiten Bereichen.

[0011] In der Halbleitervorrichtung gemäß der vorstehenden Offenbarung kann der Grabenbodenbereich aufweisen: erste Bereiche, die unter der Vielzahl von Grabenabschnitten angeordnet sind; und zweite Bereiche, die unter Mesaabschnitten angeordnet sind, die zwischen der Vielzahl von Grabenabschnitten angeordnet sind, und eine Dotierungskonzentration in den ersten Bereichen kann die gleiche sein wie eine Dotierungskonzentration in den zweiten Bereichen.

[0012] Die Halbleitervorrichtung nach einer der vorstehenden Beschreibungen kann einen Ladungsträger-Durchgangsbereich des ersten Leitfähigkeitstyps aufweisen, der keinen Grabenbodenbereich unter dem ersten Sammelbereich aufweist.

[0013] Bei der Halbleitervorrichtung gemäß der vorstehenden Offenbarung kann der zweite Sammelbereich einen abstehenden Teil aufweisen, der sich von unter dem Grabenbodenbereich über einen Endabschnitt des Grabenbodenbereichs hinaus zu einer Außenseite des Grabenbodenbereichs in Grabenanordnungsrichtung der Vielzahl von Grabenabschnitten hin erstreckt.

[0014] Bei der Halbleitervorrichtung gemäß der vorstehenden Offenbarung kann eine Dotierungskonzentration im ersten Sammelbereich ein Profil aufweisen, in dem ein Bereich mit einer Dotierungskonzentration gleich groß wie oder größer als 50 % einer maximalen Dotierungskonzentration im ersten Sammelbereich eine Dicke einnimmt, die gleich groß wie oder größer als 60 % und gleich groß wie oder kleiner als 100 % einer Dicke des ersten Sammelbereichs in Tiefenrichtung des Halbleitersubstrats ist.

[0015] Bei der Halbleitervorrichtung gemäß der vorstehenden Offenbarung kann eine Dotierungskonzentration im ersten Sammelbereich eine oder mehrere Peaks der Dotierungskonzentration in Tiefenrichtung des Halbleitersubstrats aufweisen.

[0016] Bei der Halbleitervorrichtung gemäß der vorstehenden Offenbarung kann in Tiefenrichtung des Halbleitersubstrats der Bereich mit der Dotierungskonzentration gleich groß wie oder größer als 50 % der maximalen Dotierungskonzentration im ersten Sammelbereich eine Dicke von 1µm oder größer und 4 µm oder kleiner aufweisen.

[0017] Ein zweiter Aspekt der vorliegenden Erfindung stellt ein Verfahren zum Herstellen einer Halbleitervorrichtung mit einem Driftbereich eines ersten Leitfähigkeitstyps bereit. Das Verfahren umfasst: Bilden einer Vielzahl von Grabenabschnitten auf einer Frontfläche eines Halbleitersubstrats; Bilden eines Basisbereichs eines zweiten Leitfähigkeitstyps, der über dem Driftbereich angeordnet ist; Bilden, über dem Basisbereich, eines Emitterbereichs des ersten Leitfähigkeitstyps mit einer höheren Dotierungskonzentration als der Driftbereich; Bilden eines ersten Sammelbereichs des ersten Leitfähigkeitstyps mit einer höheren Dotierungskonzentration als der Driftbereich durch Ionenimplantieren von Dotierstoffen von einer Frontflächenseite des Halbleitersubstrats; Bilden, unter dem ersten Sammelbereich, eines Grabenbodenbereichs des zweiten Leitfähigkeitstyps mit einer höheren Dotierungskonzentration als der Basisbereich durch Ionenimplantieren von Dotierstoffen von der Frontflächenseite des Halbleitersubstrats; und Bilden, an einer tieferen Position als der Grabenbodenbereich in Tiefenrichtung des Halbleitersubstrats, eines zweiten Sammelbereichs des ersten Leitfähigkeitstyps mit einer höheren Dotierungskonzentration als der Driftbereich durch Ionenimplantieren von Dotierstoffen von der Frontflächenseite des Halbleitersubstrats.

[0018] Im Verfahren zum Herstellen einer Halbleitervorrichtung kann das Bilden des ersten Sammelbereichs das Implantieren von Dotierstoffen in Seitenwände der Vielzahl von Grabenabschnitten über Öffnungen der Vielzahl von Grabenabschnitten aus einer Richtung mit einer vorgegebenen Neigung in Bezug auf die Tiefenrichtung des Halbleitersubstrats aufweisen.

[0019] Im Verfahren zum Herstellen einer Halbleitervorrichtung nach einer der vorstehenden Beschreibungen kann das Bilden des Grabenbodenbereichs das Implantieren von Dotierstoffen in Bodenabschnitte der

Vielzahl von Grabenabschnitten über Öffnungen der Vielzahl von Grabenabschnitten in Tiefenrichtung des Halbleitersubstrats aufweisen.

[0020] Im Verfahren zum Herstellen einer Halbleitervorrichtung nach einer der vorstehenden Beschreibungen kann das Bilden des zweiten Sammelbereichs das Implantieren von Dotierstoffen in Bodenabschnitte der Vielzahl von Grabenabschnitten über Öffnungen der Vielzahl von Grabenabschnitten aus einer Richtung mit einer vorgegebenen Neigung in Bezug auf die Tiefenrichtung des Halbleitersubstrats aufweisen.

[0021] Das Verfahren zum Herstellen einer Halbleitervorrichtung nach einer der vorstehenden Beschreibungen kann das Bilden des ersten Sammelbereichs und das Implantieren eines Ions zum Bilden des zweiten Sammelbereichs beinhalten, wobei das Implantieren des Ions aufweist: Bilden des ersten Sammelbereichs durch Implantieren von Dotierstoffen in Seitenwände der Vielzahl von Grabenabschnitten über Öffnungen der Vielzahl von Grabenabschnitten; und Bilden des zweiten Sammelbereichs durch Implantieren der Dotierstoffe in Bodenabschnitte der Vielzahl von Grabenabschnitten über die Öffnungen der Vielzahl von Grabenabschnitten.

[0022] Im Verfahren zum Herstellen einer Halbleitervorrichtung nach einer der vorstehenden Beschreibungen kann das Bilden des zweiten Sammelbereichs, das Bilden des Grabenbodenbereichs und das Bilden des ersten Sammelbereichs vor dem Bilden der Vielzahl von Grabenabschnitten durchgeführt werden.

[0023] Es ist zu beachten, dass der Zusammenfassungsabschnitt nicht notwendigerweise alle notwendigen Merkmale der Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung beschreibt. Darüber hinaus kann die vorliegende Erfindung auch eine Unterkombination der vorstehend beschriebenen Merkmale sein.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Fig. 1 illustriert ein Beispiel einer Draufsicht einer Halbleitervorrichtung 100.

Fig. 2 illustriert ein Beispiel eines Querschnitts der Halbleitervorrichtung 100.

Fig. 3 illustriert ein Beispiel eines Profils der Dotierungskonzentration, das einen flachen Bereich umfasst.

Fig. 4A illustriert ein abgewandeltes Beispiel eines Querschnitts der Halbleitervorrichtung 100.

Fig. 4B illustriert ein abgewandeltes Beispiel eines Querschnitts der Halbleitervorrichtung 100.

Fig. 5 illustriert ein abgewandeltes Beispiel eines Querschnitts der Halbleitervorrichtung 100.

Fig. 6A ist ein Flussdiagramm, das ein Beispiel eines Vorgangs zum Herstellen der Halbleitervorrichtung 100 zeigt.

Fig. 6B illustriert ein Beispiel eines Vorgangs zum Herstellen der Halbleitervorrichtung 100.

Fig. 7A ist ein Flussdiagramm, das ein abgewandeltes Beispiel eines Vorgangs zum Herstellen der Halbleitervorrichtung 100 zeigt.

Fig. 7B illustriert ein abgewandeltes Beispiel eines Vorgangs zum Herstellen der Halbleitervorrichtung 100.

BESCHREIBUNG BEISPIELHAFTER AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0024] Nachfolgend wird die vorliegende Erfindung durch Ausführungsbeispiele der Erfindung beschrieben, aber die folgenden Ausführungsbeispiele beschränken die Erfindung gemäß den Ansprüchen nicht. Darüber hinaus sind nicht alle Kombinationen von Merkmalen, die in den Ausführungsbeispielen beschrieben sind, wesentlich für eine Lösung der Erfindung.

[0025] In der vorliegenden Beschreibung wird eine Seite in einer Richtung parallel zu einer Tiefenrichtung eines Halbleitersubstrats als „obere“ bezeichnet und eine andere Seite wird als „untere“ bezeichnet. Eine Fläche von zwei Hauptflächen eines Substrats, einer Schicht oder eines anderen Elements wird als obere Fläche bezeichnet und eine andere Fläche wird als untere Fläche bezeichnet. „Obere“, „untere“, „vordere“ und „hintere“ Richtungen sind nicht auf eine Richtung der Schwerkraft oder eine Richtung einer Befestigung an dem Substrat oder dergleichen beschränkt, wenn eine Halbleitervorrichtung montiert wird.

[0026] In der vorliegenden Beschreibung können technische Dinge unter Verwendung von orthogonalen Koordinatenachsen einer X-Achse, einer Y-Achse und einer Z-Achse beschrieben werden. Die orthogonalen Koordinatenachsen spezifizieren lediglich relative Positionen von Komponenten und beschränken eine spezifische Richtung nicht. Zum Beispiel ist die Z-Achse nicht darauf beschränkt, die Höhenrichtung in Bezug auf den Boden anzugeben. Es ist anzumerken, dass eine +Z-Achsenrichtung und eine -Z-Achsenrichtung zueinander entgegengesetzte Richtungen sind. Wenn eine Z-Achsenrichtung beschrieben wird, ohne die Zeichen zu beschreiben, bedeutet dies, dass die Richtung parallel zu einer +Z-Achse und einer -Z-Achse ist.

[0027] In der vorliegenden Beschreibung wird eine Fläche parallel zu der oberen Fläche des Halbleitersubstrats als XY-Ebene bezeichnet und eine orthogonale Achse parallel zu der oberen Fläche und der unteren Fläche des Halbleitersubstrats wird als X-Achse und Y-Achse bezeichnet. Zusätzlich wird eine Achse senkrecht zu der oberen Fläche und der unteren Fläche des Halbleitersubstrats als Z-Achse bezeichnet. Die Tiefenrichtung eines Halbleitersubstrats kann als Z-Achse bezeichnet werden. Es ist anzumerken, dass in der vorliegenden Beschreibung ein Fall, in dem das Halbleitersubstrat in der Z-Achsenrichtung betrachtet wird, als Draufsicht bezeichnet wird. Zusätzlich kann in der vorliegenden Beschreibung eine Richtung parallel zu der oberen Fläche und der unteren Fläche des Halbleitersubstrats als horizontale Richtung bezeichnet werden, einschließlich einer X-Achsenrichtung und einer Y-Achsenrichtung.

[0028] Jedes Ausführungsbeispiel zeigt ein Beispiel, bei dem ein erster Leitfähigkeitstyp N-artig ist und ein zweiter Leitfähigkeitstyp P-artig ist, aber der erste Leitfähigkeitstyp P-artig sein kann und der zweite Leitfähigkeitstyp N-artig sein kann. In diesem Fall weisen Leitfähigkeitstypen des Substrats, der Schicht, eines Bereichs und dergleichen in jedem Ausführungsbeispiel jeweils entgegengesetzte Polaritäten auf.

[0029] Ein Fall, in dem ein Begriff wie „derselbe“ oder „gleich“ in der vorliegenden Beschreibung verwendet wird, kann einen Fall umfassen, in dem ein Fehler aufgrund einer Variation bei der Herstellung oder dergleichen enthalten ist. Der Fehler liegt zum Beispiel innerhalb von 10 %.

[0030] In der vorliegenden Beschreibung wird ein Leitfähigkeitstyp eines Dotierungsbereichs, der mit Verunreinigungen dotiert ist, als P-artig oder N-artig beschrieben. In der vorliegenden Beschreibung können die Verunreinigungen insbesondere entweder N-artige Donatoren oder P-artige Akzeptoren bedeuten und können als Dotierstoffe beschrieben werden. In der vorliegenden Beschreibung bedeutet Dotieren, den Donator oder den Akzeptor in das Halbleitersubstrat einzuführen und ihn in einen Halbleiter, der einen N-artigen Leitfähigkeitstyp aufweist, oder einen Halbleiter, der einen P-artigen Leitfähigkeitstyp aufweist, umzuwandeln.

[0031] In der vorliegenden Beschreibung bedeutet eine Dotierungskonzentration eine Konzentration des Donators oder eine Konzentration des Akzeptors in einem thermischen Gleichgewichtszustand.

[0032] In der vorliegenden Beschreibung bedeutet eine P+-artig oder N+-artig eine höhere Dotierungskonzentration als die von P-artig oder N-artig, und P--artig oder N--artig bedeutet eine niedrigere Dotierungskonzentration als P-artig oder N-artig.

[0033] **Fig.** 1 illustriert ein Beispiel einer Draufsicht einer Halbleitervorrichtung 100 im vorliegenden Beispiel. Die Halbleitervorrichtung 100 im vorliegenden Beispiel ist ein Halbleiterchip mit einem Transistorabschnitt 70 und einem Diodenabschnitt 80. Zum Beispiel ist die Halbleitervorrichtung 100 ein rückwärtsleitender IGBT (RC-IGBT). Der Transistorabschnitt 70 im vorliegenden Beispiel umfasst einen Grenzabschnitt 90 in einem Teil, der in direktem Kontakt mit dem Diodenabschnitt 80 steht.

[0034] Der Transistorabschnitt 70 ist ein Bereich, der durch Projizieren eines Kollektorbereichs 22, der auf einer Rückflächenseite eines Halbleitersubstrats 10 angeordnet ist, auf eine obere Fläche des Halbleitersubstrats 10 erhalten wird. Der Kollektorbereich 22 weist einen zweiten Leitfähigkeitstyp auf. Der Kollektorbereich 22 ist beispielsweise P+-artig. Der Transistorabschnitt 70 umfasst einen Transistor wie einen IGBT.

[0035] Der Diodenabschnitt 80 ist ein Bereich, der durch Projizieren eines Kathodenbereichs 82, der auf einer Rückfläche des Halbleitersubstrats 10 angeordnet ist, auf die obere Fläche des Halbleitersubstrats 10 erhalten wird. Der Kathodenbereich 82 weist einen ersten Leitfähigkeitstyp auf. Der Kathodenbereich 82 im vorliegenden Beispiel ist beispielsweise N+-artig. Der Diodenabschnitt 80 umfasst eine Diode, wie beispielsweise eine Freilaufdiode (FWD), die angrenzend an den Transistorabschnitt 70 auf der oberen Fläche des Halbleitersubstrats 10 angeordnet ist.

[0036] Eine Grenze zwischen dem Kollektorbereich 22 und dem Kathodenbereich 82 ist eine Grenze zwischen dem Transistorabschnitt 70 und dem Diodenabschnitt 80. Das heißt, der Kollektorbereich 22 ist im vorliegenden Beispiel unterhalb des Grenzabschnitts 90 angeordnet.

[0037] **Fig.** 1 zeigt einen Bereich um einen Chipendabschnitt, der sich auf einer Randseite der Halbleitervorrichtung 100 befindet, und zeigt keinen anderen Bereich. Ein Randabschlussstrukturabschnitt kann in einem Bereich der Halbleitervorrichtung 100 im vorliegenden Beispiel auf einer negativen Seite in einer Y-Achsenrichtung angeordnet sein. Der Randabschlussstrukturabschnitt reduziert die elektrische Feldstärke auf einer oberen Flächenseite des Halbleitersubstrats 10. Der Randabschlussstrukturabschnitt weist beispielsweise einen Schutzring, eine Feldplatte, einen RESURF und eine Struktur auf, die diese kombiniert. Es ist zu beachten, dass, obwohl das vorliegende Beispiel einen Rand auf der negativen Seite in der Y-Achsenrichtung der Einfachheit halber beschreibt, dasselbe für andere Ränder der Halbleitervorrichtung 100 gilt. Der Randabschlussstrukturabschnitt kann so angeordnet sein, dass er einen aktiven Bereich umschließt, der den Transistorabschnitt 70 und den Diodenabschnitt 80 umfasst.

[0038] Das Halbleitersubstrat 10 kann ein Siliziumsubstrat sein, kann ein Siliziumkarbidsubstrat sein oder kann ein Nitridhalbleitersubstrat wie etwa Galliumnitrid oder dergleichen sein. Das Halbleitersubstrat 10 im vorliegenden Beispiel ist ein Siliziumsubstrat.

[0039] Die Halbleitervorrichtung 100 im vorliegenden Beispiel umfasst an einer Frontfläche 21 des Halbleitersubstrats 10 einen Gatter-Grabenabschnitt 40, einen Dummy-Grabenabschnitt 30, einen Emitterbereich 12, einen Basisbereich 14, einen Kontaktbereich 15, einen Wannenbereich 17 und einen Anodenbereich 19. Die Frontfläche 21 wird später beschrieben. Zusätzlich umfasst die Halbleitervorrichtung 100 im vorliegenden Beispiel eine Emitterelektrode 52 und eine Gatter-Metallschicht 50, die über der Frontfläche 21 des Halbleitersubstrats 10 angeordnet sind.

[0040] Die Emitterelektrode 52 ist über dem Gatter-Grabenabschnitt 40, dem Dummy-Grabenabschnitt 30, dem Emitterbereich 12, dem Basisbereich 14, dem Kontaktbereich 15, dem Wannenbereich 17 und dem Anodenbereich 19 angeordnet. Zusätzlich ist die Gatter-Metallschicht 50 über einem Verbindungsabschnitt 25 und dem Wannenbereich 17 angeordnet.

[0041] Die Emitterelektrode 52 und die Gatter-Metallschicht 50 sind aus einem Metall enthaltenden Material hergestellt. Zumindest ein Teil der Emitterelektrode 52 kann aus Metall wie etwa Aluminium (Al) oder aus einer Metalllegierung wie etwa einer Aluminium-Silizium-Legierung (AlSi) oder einer Aluminium-Silizium-Kupfer-Legierung (AlSiCu) hergestellt sein. Zumindest ein Teil der Gatter-Metallschicht 50 kann aus Metall wie etwa Aluminium (Al) oder aus einer Metalllegierung wie etwa einer Aluminium-Silizium-Legierung (AlSi) oder einer Aluminium-Silizium-Kupfer-Legierung (AlSiCu) hergestellt sein. Die Emitterelektrode 52 und die Gatter-Metallschicht 50 können eine Grenzmetallschicht aus Titan, einer Titanverbindung oder dergleichen unter einem Bereich aus Aluminium oder dergleichen umfassen. Die Emitterelektrode 52 und die Gatter-Metallschicht 50 sind getrennt voneinander angeordnet.

[0042] Die Emitterelektrode 52 und die Gatter-Metallschicht 50 sind mit einem dielektrischen Zwischenschichtfilm 38 über dem Halbleitersubstrat 10 angeordnet. **Fig.** 1 zeigt den dielektrischen Zwischenschichtfilm 38 nicht. Der dielektrische Zwischenschichtfilm 38 umfasst ein Kontaktloch 54, ein Kontaktloch 55 und ein Kontaktloch 56, die durchgehend angeordnet sind.

[0043] Das Kontaktloch 55 verbindet die Gatter-Metallschicht 50 und einen Gatter-Leitungsabschnitt im Transistorabschnitt 70 über den Verbindungsabschnitt 25 elektrisch miteinander. Eine Pfropfenschicht, die aus Wolfram oder dergleichen hergestellt ist, kann innerhalb des Kontaktlochs 55 ausgebildet sein.

[0044] Das Kontaktloch 56 verbindet die Emitterelektrode 52 und einen Dummy-Leitungsabschnitt im Dummy-Grabenabschnitt 30 miteinander. Eine Pfropfenschicht, die aus Wolfram oder dergleichen hergestellt ist, kann innerhalb des Kontaktlochs 56 ausgebildet sein.

[0045] Der Verbindungsabschnitt 25 ist mit einer Metallschicht auf der Frontflächenseite, wie etwa der Emitterelektrode 52 oder der Gatter-Metallschicht 50, verbunden. In einem Beispiel ist der Verbindungsabschnitt 25 zwischen der Gatter-Metallschicht 50 und dem Gatter-Leitungsabschnitt angeordnet. Der Verbindungsabschnitt 25 kann im vorliegenden Beispiel so angeordnet sein, dass er sich in einer X-Achsenrichtung erstreckt, und mit dem Gatter-Leitungsabschnitt elektrisch verbunden sein. Der Verbindungsabschnitt 25 kann auch zwischen der Emitterelektrode 52 und dem Dummy-Leitungsabschnitt angeordnet sein. Der Ver-

bindungsabschnitt 25 ist aus einem leitenden Material hergestellt, wie etwa Polysilizium, das mit einer Verunreinigung dotiert ist. Der Verbindungsabschnitt 25 im vorliegenden Beispiel ist Polysilizium, das mit einer N-artigen (N+-artigen) Verunreinigung dotiert ist. Der Verbindungsabschnitt 25 ist über der Frontfläche 21 des Halbleitersubstrats 10 über einen dielektrischen Film, wie etwa einen Oxidfilm oder dergleichen, angeordnet.

[0046] Gatter-Grabenabschnitte 40 sind Beispiele für eine Vielzahl von Grabenabschnitten, die sich in einer vorgegebenen Erstreckungsrichtung auf einer Seite der Frontfläche 21 des Halbleitersubstrats 10 erstrecken. Die Gatter-Grabenabschnitte 40 sind in einem vorgegebenen Abstand entlang einer vorgegebenen Anordnungsrichtung (der X-Achsenrichtung im vorliegenden Beispiel) angeordnet. Der Gatter-Grabenabschnitt 40 kann im vorliegenden Beispiel zwei Verlängerungsteile 41, die sich entlang einer Erstreckungsrichtung (der Y-Achsenrichtung im vorliegenden Beispiel) parallel zu der Frontfläche 21 des Halbleitersubstrats 10 und senkrecht zu der Anordnungsrichtung erstrecken, und ein Verbindungsteil 43 umfassen, das die beiden Verlängerungsteile 41 miteinander verbindet.

[0047] Mindestens ein Teil des Verbindungsteils 43 ist vorzugsweise in einer gekrümmten Linie ausgebildet. Das Verbinden von Endabschnitten der beiden Verlängerungsteile 41 des Gatter-Grabenabschnitts 40 miteinander kann die elektrische Feldstärke an den Endabschnitten der Verlängerungsteile 41 reduzieren. Im Verbindungsteil 43 des Gatter-Grabenabschnitts 40 kann die Gatter-Metallschicht 50 über den Verbindungsabschnitt 25 mit dem Gatter-Leitungsabschnitt elektrisch verbunden sein.

[0048] Dummy-Grabenabschnitte 30 sind Beispiele für eine Vielzahl von Grabenabschnitten, die sich in einer vorgegebenen Erstreckungsrichtung auf der Seite der Frontfläche 21 des Halbleitersubstrats 10 erstrecken. Der Dummy-Grabenabschnitt 30 ist ein Grabenabschnitt, der mit der Emitterelektrode 52 elektrisch verbunden ist. Ähnlich wie die Gatter-Grabenabschnitte 40 sind die Dummy-Grabenabschnitte 30 in einem vorgegebenen Abstand entlang einer vorgegebenen Anordnungsrichtung (der X-Achsenrichtung im vorliegenden Beispiel) angeordnet. Der Dummy-Grabenabschnitt 30 weist im vorliegenden Beispiel eine I-Form auf der Frontfläche 21 des Halbleitersubstrats 10 auf. Ähnlich wie der Gatter-Grabenabschnitt 40 kann der Dummy-Grabenabschnitt 30 eine U-Form auf der Frontfläche 21 des Halbleitersubstrats 10 aufweisen. Das heißt, der Dummy-Grabenabschnitt 30 kann zwei Verlängerungsteile 31, die sich entlang der Erstreckungsrichtung erstrecken, und ein Verbindungsteil 33 umfassen, das die beiden Verlängerungsteile miteinander verbindet.

[0049] Der Transistorabschnitt 70 im vorliegenden Beispiel weist eine Struktur auf, in der zwei Gatter-Grabenabschnitte 40 und zwei Dummy-Grabenabschnitte 30 wiederholt angeordnet sind. Das heißt, der Transistorabschnitt 70 im vorliegenden Beispiel umfasst die Gatter-Grabenabschnitte 40 und die Dummy-Grabenabschnitte 30 in einem Verhältnis von 1:1. Beispielsweise umfasst der Transistorabschnitt 70 einen Dummy-Grabenabschnitt 30 zwischen zwei Verlängerungsteilen 41.

[0050] Es ist anzumerken, dass das Verhältnis zwischen den Gatter-Grabenabschnitten 40 und den Dummy-Grabenabschnitten 30 nicht auf das im vorliegenden Beispiel beschränkt ist. Das Verhältnis der Gatter-Grabenabschnitte 40 kann größer sein als das Verhältnis der Dummy-Grabenabschnitte 30, oder das Verhältnis der Dummy-Grabenabschnitte 30 kann größer sein als das Verhältnis der Gatter-Grabenabschnitte 40. Das Verhältnis zwischen den Gatter-Grabenabschnitten 40 und den Dummy-Grabenabschnitten 30 kann 2:3 sein oder kann 2:4 sein. Zusätzlich kann der Transistorabschnitt 70 die Dummy-Grabenabschnitte 30 nicht umfassen, wobei alle Grabenabschnitte die Gatter-Grabenabschnitte 40 sind.

[0051] Der Wannenbereich 17 ist ein Bereich des zweiten Leitfähigkeitstyps, der näher an der Frontfläche 21 des Halbleitersubstrats 10 angeordnet ist als ein später beschriebener Driftbereich 18. Der Wannenbereich 17 ist ein Beispiel für einen Wannenbereich, der auf einer Seite eines Umfangs des aktiven Bereichs angeordnet ist. Der Wannenbereich 17 ist beispielsweise P+-artig. Der Wannenbereich 17 ist innerhalb eines vorgegebenen Bereichs von einem Endabschnitt eines aktiven Bereichs auf einer Seite ausgebildet, auf der die Gatter-Metallschicht 50 angeordnet ist. Eine Diffusionstiefe des Wannenbereichs 17 kann größer sein als Tiefen des Gatter-Grabenabschnitts 40 und des Dummy-Grabenabschnitts 30. Teile des Gatter-Grabenabschnitts 40 und des Dummy-Grabenabschnitts 30 auf einer Seite der Gatter-Metallschicht 50 sind im Wannenbereich 17 ausgebildet. Böden von Enden des Gatter-Grabenabschnitts 40 und des Dummy-Grabenabschnitts 30 in der Erstreckungsrichtung können mit dem Wannenbereich 17 bedeckt sein.

[0052] Das Kontaktloch 54 ist über dem Emitterbereich 12 und dem Kontaktbereich 15 im Transistorabschnitt 70 ausgebildet. Das Kontaktloch 54 ist nicht über Wannenbereichen 17 angeordnet, die an beiden Enden in Y-Achsenrichtung angeordnet sind. Auf diese Weise sind ein oder mehrere Kontaktlöcher 54 im

dielektrischen Zwischenschichtfilm ausgebildet. Das eine oder die mehreren Kontaktlöcher 54 können so angeordnet sein, dass sie sich in der Erstreckungsrichtung erstrecken.

[0053] Ein Mesaabschnitt 71 ist ein Mesaabschnitt, der in direktem Kontakt mit dem Grabenabschnitt in einer Ebene parallel zur Frontfläche 21 des Halbleitersubstrats 10 angeordnet ist. Der Mesaabschnitt kann ein Teil des Halbleitersubstrats 10 sein, der zwischen zwei zueinander benachbarten Grabenabschnitten angeordnet ist, und kann ein Teil von der Frontfläche 21 des Halbleitersubstrats 10 bis zu einer Tiefe eines untersten Bodenabschnitts jedes Grabenabschnitts sein. Ein Verlängerungsteil jedes Grabenabschnitts kann als ein Grabenabschnitt definiert sein. Das heißt, ein Bereich, der zwischen zwei Verlängerungsteilen angeordnet ist, kann als ein Mesaabschnitt definiert sein.

[0054] Der Mesaabschnitt 71 ist in direktem Kontakt mit dem Dummy-Grabenabschnitt 30 und/oder dem Gatter-Grabenabschnitt 40 im Transistorabschnitt 70 angeordnet. Der Mesaabschnitt 71 umfasst an der Frontfläche 21 des Halbleitersubstrats 10 den Wannenbereich 17, den Emitterbereich 12, den Basisbereich 14 und den Kontaktbereich 15. Im Mesaabschnitt 71 sind der Emitterbereich 12 und der Kontaktbereich 15 abwechselnd in der Erstreckungsrichtung angeordnet.

[0055] Der Basisbereich 14 ist ein Bereich des zweiten Leitfähigkeitstyps, der auf der Frontflächenseite 21 des Halbleitersubstrats 10 angeordnet ist. Der Basisbereich 14 ist beispielsweise P-artig. Die Basisbereiche 14 können in beiden Endabschnitten des Mesaabschnitts 71 und eines Mesaabschnitts 81 in Y-Achsenrichtung an der Frontfläche 21 des Halbleitersubstrats 10 angeordnet sein. Es ist zu beachten, dass **Fig.** 1 nur einen Endabschnitt der Basisbereiche 14 in Y-Achsenrichtung zeigt.

[0056] Der Emitterbereich 12 ist ein Bereich des ersten Leitfähigkeitstyps mit einer höheren Dotierungskonzentration als der Driftbereich 18. Der Emitterbereich 12 ist im vorliegenden Beispiel beispielsweise N+-artig. Ein Beispiel für einen Dotierstoff im Emitterbereich 12 ist Arsen (As). Der Emitterbereich 12 ist in Kontakt mit dem Gatter-Grabenabschnitt 40 auf der Frontfläche 21 im Mesaabschnitt 71 angeordnet. Der Emitterbereich 12 kann so angeordnet sein, dass er sich in X-Achsenrichtung von einem zum anderen der beiden Grabenabschnitte erstreckt, die den Mesaabschnitt 71 zwischen sich einschließen. Der Emitterbereich 12 ist auch unter dem Kontaktloch 54 angeordnet.

[0057] Zusätzlich kann der Emitterbereich 12 den Dummy-Grabenabschnitt 30 berühren oder nicht. Der Emitterbereich 12 berührt im vorliegenden Beispiel den Dummy-Grabenabschnitt 30.

[0058] Der Kontaktbereich 15 ist ein Bereich des zweiten Leitfähigkeitstyps, der über dem Basisbereich 14 angeordnet ist und eine höhere Dotierungskonzentration als der Basisbereich 14 aufweist. Der Kontaktbereich 15 ist im vorliegenden Beispiel beispielsweise P+-artig. Der Kontaktbereich 15 ist im vorliegenden Beispiel auf der Frontfläche 21 im Mesaabschnitt 71 angeordnet. Der Kontaktbereich 15 kann so angeordnet sein, dass er sich in X-Achsenrichtung von einem zum anderen der beiden Grabenabschnitte erstreckt, die den Mesaabschnitt 71 zwischen sich einschließen.

[0059] Der Kontaktbereich 15 kann den Gatter-Grabenabschnitt 40 oder den Dummy-Grabenabschnitt 30 berühren oder nicht. Der Kontaktbereich 15 berührt im vorliegenden Beispiel den Dummy-Grabenabschnitt 30 und den Gatter-Grabenabschnitt 40. Der Kontaktbereich 15 ist auch unter dem Kontaktloch 54 angeordnet.

[0060] In Tiefenrichtung des Halbleitersubstrats 10 kann eine Dicke des Kontaktbereichs 15 größer als eine Dicke des Emitterbereichs 12 sein. Ein unteres Ende des Kontaktbereichs 15 kann an einer tieferen Position als ein unteres Ende des Emitterbereichs 12 angeordnet sein.

[0061] Der Mesaabschnitt 81 ist in einem Bereich angeordnet, der zwischen zueinander benachbarten Dummy-Grabenabschnitten 30 in dem Diodenabschnitt 80 angeordnet ist. Der Mesaabschnitt 81 umfasst den Anodenbereich 19 auf der Frontfläche 21 des Halbleitersubstrats 10. Der Mesaabschnitt 81 umfasst im vorliegenden Beispiel den Anodenbereich 19 und den Wannenbereich 17 auf der negativen Seite in der Y-Achsenrichtung.

[0062] Der Anodenbereich 19 ist ein Bereich des zweiten Leitfähigkeitstyps, der auf der Frontflächenseite 21 des Halbleitersubstrats 10 angeordnet ist. Eine Dotierungskonzentration im Anodenbereich 19 kann niedriger sein als eine Dotierungskonzentration im Basisbereich 14. Der Anodenbereich 19 ist im vorliegenden Beispiel beispielsweise P--artig. Der Anodenbereich 19 ist im vorliegenden Beispiel auf der Frontfläche 21 im Mesa-

abschnitt 81 angeordnet. Der Anodenbereich 19 kann so angeordnet sein, dass er sich in X-Achsenrichtung von einem zum anderen der beiden Dummy-Grabenabschnitte 30 erstreckt, die den Mesaabschnitt 81 zwischen sich einschließen. Der Anodenbereich 19 kann den Dummy-Grabenabschnitt 30 berühren oder nicht. Der Anodenbereich 19 berührt im vorliegenden Beispiel den Dummy-Grabenabschnitt 30.

[0063] Der Grenzabschnitt 90 ist ein Bereich, der im Transistorabschnitt 70 angeordnet ist und in direktem Kontakt mit dem Diodenabschnitt 80 steht. Der Grenzabschnitt 90 kann den Emitterbereich 12 nicht umfassen. In einem Beispiel sind Grabenabschnitte im Grenzabschnitt 90 Dummy-Grabenabschnitte 30. Der Grenzabschnitt 90 ist im vorliegenden Beispiel so angeordnet, dass sich die Dummy-Grabenabschnitte 30 an ihren beiden Enden in der X-Achsenrichtung befinden. Im Grenzabschnitt 90 kann mindestens einer der Dummy-Grabenabschnitte 30 auf ein Potential eingestellt werden, das sich von einem Gatter-Potential unterscheidet.

[0064] Ein Mesaabschnitt 91 ist im Grenzabschnitt 90 angeordnet. Der Mesaabschnitt 91 umfasst den Kontaktbereich 15 auf der Frontfläche 21 des Halbleitersubstrats 10. Der Mesaabschnitt 91 umfasst im vorliegenden Beispiel den Basisbereich 14 und den Wannenbereich 17 auf der negativen Seite in der Y-Achsenrichtung.

[0065] **Fig.** 2 zeigt ein Beispiel eines Querschnitts a-a' in **Fig.** 1. Der Querschnitt a-a' ist eine XZ-Ebene, die durch den Emitterbereich 12 im Transistorabschnitt 70 verläuft. Die Halbleitervorrichtung 100 im vorliegenden Beispiel weist im Querschnitt a-a' das Halbleitersubstrat 10 mit dem Emitterbereich 12, dem Basisbereich 14, dem Kontaktbereich 15, einem ersten Sammelbereich 16, dem Driftbereich 18, dem Anodenbereich 19, einem Grabenbodenbereich 65, einem zweiten Sammelbereich 26, dem Kollektorbereich 22 und dem Kathodenbereich 82; den dielektrischen Zwischenschichtfilm 38; die Emitterelektrode 52; und eine Kollektorelektrode 24 auf. Die Kollektorelektrode 24 ist ein Beispiel einer Metallschicht auf der Rückflächenseite, die in Kontakt mit einer Rückfläche 23 des Halbleitersubstrats 10 angeordnet ist. Die Emitterelektrode 52 ist über dem Halbleitersubstrat 10 und dem dielektrischen Zwischenschichtfilm 38 ausgebildet.

[0066] Der Driftbereich 18 ist ein Bereich eines ersten Leitfähigkeitstyps, der im Halbleitersubstrat 10 angeordnet ist. Der Driftbereich 18 ist im vorliegenden Beispiel beispielsweise N--artig. Der Driftbereich 18 kann ein Bereich des Halbleitersubstrats 10 sein, in dem kein anderer Dotierungsbereich gebildet ist. Das heißt, eine Dotierungskonzentration im Driftbereich 18 kann eine Dotierungskonzentration im Halbleitersubstrat 10 sein.

[0067] Der erste Sammelbereich 16 ist ein Bereich des ersten Leitfähigkeitstyps, der unter dem Basisbereich 14 im Halbleitersubstrat 10 angeordnet ist. Eine Dotierungskonzentration im ersten Sammelbereich 16 ist höher als die Dotierungskonzentration im Driftbereich 18. Der erste Sammelbereich 16 im vorliegenden Beispiel ist beispielsweise N+-artig. Die Dotierungskonzentration im ersten Sammelbereich 16 kann $4{,}0\times10^{15}$ cm^{-3} oder höher sein und kann $1{,}0\times10^{17}$ cm^{-3} oder niedriger sein.

[0068] Der erste Sammelbereich 16 kann im Transistorabschnitt 70 angeordnet sein und kann nicht im Diodenabschnitt 80 und im Grenzabschnitt 90 angeordnet sein. Der erste Sammelbereich 16 kann auch im Grenzabschnitt 90 angeordnet sein. Der erste Sammelbereich 16 kann sowohl im Transistorabschnitt 70 als auch im Diodenabschnitt 80 angeordnet sein. Das Vorsehen des ersten Sammelbereichs 16 kann einen Ladungsträger-Injektionsverstärkungseffekt (IE-Effekt) erhöhen und eine Durchlassspannung des Transistorabschnitts 70 reduzieren.

[0069] Der erste Sammelbereich 16 kann einen oder mehrere Peaks der Dotierungskonzentration aufweisen. In einer Tiefenrichtung des Halbleitersubstrats 10 kann der erste Sammelbereich 16 einen Peak der Dotierungskonzentration aufweisen oder kann eine Vielzahl von Peaks der Dotierungskonzentration aufweisen. Die Dotierungskonzentration im ersten Sammelbereich 16 kann ein Profil aufweisen, das einen flachen Bereich umfasst. Das Profil, das den flachen Bereich umfasst, wird später beschrieben.

[0070] Eine Dicke des ersten Sammelbereichs 16 in Tiefenrichtung des Halbleitersubstrats 10 kann größer als eine Dicke des später beschriebenen Grabenbodenbereichs 65 sein oder kann größer als eine Dicke des zweiten Sammelbereichs 26 sein. Die Dicke des ersten Sammelbereichs 16 kann gleich groß wie oder größer als 20 % und gleich groß wie oder kleiner als 80 % einer Grabentiefe einer Vielzahl von Grabenabschnitten sein. Ein Bereich mit einer Dotierungskonzentration gleich groß wie oder größer als 50 % einer maximalen Dotierungskonzentration im ersten Sammelbereich 16 kann eine Dicke von 1µm oder größer und 4 µm oder kleiner aufweisen.

[0071] Der Grabenbodenbereich 65 ist ein Bereich eines zweiten Leitfähigkeitstyps, der unter dem ersten Sammelbereich 16 angeordnet ist. Eine Dotierungskonzentration im Grabenbodenbereich 65 ist im vorliegenden Beispiel höher als die Dotierungskonzentration im Basisbereich 14. Der Grabenbodenbereich 65 im vorliegenden Beispiel ist beispielsweise P-artig. Die Dotierungskonzentration im Grabenbodenbereich 65 kann $1{,}0\times10^{14}$ cm^{-3} oder höher sein und kann $1{,}0\times10^{16}$ cm^{-3} oder niedriger sein.

[0072] Der Grabenbodenbereich 65 im vorliegenden Beispiel ist so angeordnet, dass sein oberes Ende ein unteres Ende des ersten Sammelbereichs 16 berührt. Das obere Ende des Grabenbodenbereichs 65 kann das untere Ende des ersten Sammelbereichs 16 nicht berühren.

[0073] Der Grabenbodenbereich 65 im vorliegenden Beispiel ist so angeordnet, dass sein unteres Ende ein oberes Ende des zweiten Sammelbereichs 26 berührt. Das untere Ende des Grabenbodenbereichs 65 kann das obere Ende des zweiten Sammelbereichs 26 nicht berühren.

[0074] Der Grabenbodenbereich 65 im vorliegenden Beispiel kann so angeordnet sein, dass er sich von einem unteren Ende eines Grabenabschnitts der Vielzahl von Grabenabschnitten zu einem unteren Ende eines anderen gegenüberliegenden Grabenabschnitts der Vielzahl von Grabenabschnitten in Grabenanordnungsrichtung der Vielzahl von Grabenabschnitten erstreckt. Der Grabenbodenbereich 65 kann so angeordnet sein, dass er sich von einem unteren Ende eines Grabenabschnitts der Vielzahl von Grabenabschnitten über ein unteres Ende eines anderen gegenüberliegenden Grabenabschnitts der Vielzahl von Grabenabschnitten hinaus zu einem unteren Ende eines Grabenabschnitts erstreckt, der an den anderen gegenüberliegenden Grabenabschnitt der Vielzahl von Grabenabschnitten angrenzt. Das heißt, der Grabenbodenbereich 65 kann so angeordnet sein, dass er sich über untere Enden einer Vielzahl von Grabenabschnitten hinaus erstreckt, deren Anzahl zwei oder mehr beträgt.

[0075] Die Dicke des Grabenbodenbereichs 65 in Tiefenrichtung des Halbleitersubstrats 10 kann größer als die Dicke des später beschriebenen zweiten Sammelbereichs 26 sein. Die Dicke des Grabenbodenbereichs 65 in Tiefenrichtung des Halbleitersubstrats 10 kann gleich groß wie oder größer als 20 % und gleich groß wie oder kleiner als 100 % der Grabentiefe der Vielzahl von Grabenabschnitten sein. Die Dicke des Grabenbodenbereichs 65 in Tiefenrichtung des Halbleitersubstrats 10 kann 1µm oder größer und 5 µm oder kleiner sein.

[0076] Der zweite Sammelbereich 26 ist ein Bereich des ersten Leitfähigkeitstyps, der an einer tieferen Position als der Grabenbodenbereich 65 in Tiefenrichtung des Halbleitersubstrats 10 angeordnet ist. Eine Dotierungskonzentration im zweiten Sammelbereich 26 kann niedriger als die Dotierungskonzentration im ersten Sammelbereich 16 sein. Die Dotierungskonzentration im zweiten Sammelbereich 26 kann $5{,}0\times10^{14}$ cm^{-3} oder höher sein und kann $1{,}0\times10^{17}$ cm^{-3} oder niedriger sein.

[0077] Die Dotierungskonzentration im zweiten Sammelbereich 26 ist im vorliegenden Beispiel höher als die Dotierungskonzentration im Driftbereich 18. Der zweite Sammelbereich 26 im vorliegenden Beispiel ist beispielsweise N-artig. Obwohl Einzelheiten später beschrieben werden, kann das Vorsehen des zweiten Sammelbereichs 26 die Dicke des Grabenbodenbereichs 65 steuern.

[0078] Die Kollektorelektrode 24 ist auf der Rückfläche 23 des Halbleitersubstrats 10 gebildet. Die Kollektorelektrode 24 ist aus einem leitenden Material hergestellt, wie etwa Metall. Die Kollektorelektrode 24 kann aus einem leitenden Material hergestellt sein, das dem der Emitterelektrode 52 und der Gatter-Metallschicht 50 entspricht oder sich von diesen unterscheidet.

[0079] Der Gatter-Grabenabschnitt 40 umfasst einen Gatter-Graben, einen dielektrischen Gatterfilm 42 und einen Gatter-Leitungsabschnitt 44, die auf der Frontfläche 21 gebildet sind. Der dielektrische Gatterfilm 42 ist so gebildet, dass er eine Innenwand des Gatter-Grabens bedeckt. Der dielektrische Gatterfilm 42 kann durch Oxidieren oder Nitrieren eines Halbleiters auf der Innenwand des Gatter-Grabens gebildet werden. Der Gatter-Leitungsabschnitt 44 ist weiter innen als der dielektrische Gatterfilm 42 innerhalb des Gatter-Grabens gebildet. Der dielektrische Gatterfilm 42 isoliert den Gatter-Leitungsabschnitt 44 und das Halbleitersubstrat 10 voneinander. Der Gatter-Leitungsabschnitt 44 ist aus einem leitenden Material hergestellt, wie etwa Polysilizium. Der Gatter-Grabenabschnitt 40 ist mit dem dielektrischen Zwischenschichtfilm 38 auf der Frontfläche 21 bedeckt.

[0080] In der Tiefenrichtung des Halbleitersubstrats 10 umfasst der Gatter-Leitungsabschnitt 44 einen Bereich, der einem benachbarten Basisbereich 14 gegenüberliegt, wobei der dielektrische Gatterfilm 42 auf

einer Mesaabschnittsseite 71 dazwischen angeordnet ist. Als Reaktion auf das Anlegen einer vorgegebenen Spannung an den Gatter-Leitungsabschnitt 44 wird ein Kanal durch eine Elektroneninversionsschicht in einer Oberflächenschicht des Basisbereichs 14 gebildet, die mit dem Gatter-Graben in Kontakt steht und eine Grenzfläche zwischen dem Basisbereich 14 und dem Gatter-Graben ist.

[0081] Der Dummy-Grabenabschnitt 30 kann die gleiche Struktur wie der Gatter-Grabenabschnitt 40 aufweisen. Der Dummy-Grabenabschnitt 30 umfasst einen Dummy-Graben, einen dielektrischen Dummyfilm 32 und einen Dummy-Leitungsabschnitt 34, die auf der Frontflächenseite 21 gebildet sind. Der dielektrische Dummyfilm 32 ist so gebildet, dass er eine Innenwand des Dummy-Grabens bedeckt. Der Dummy-Leitungsabschnitt 34 ist innerhalb des Dummy-Grabens gebildet und weiter innen als der dielektrische Dummyfilm 32 gebildet. Der dielektrische Dummyfilm 32 isoliert den Dummy-Leitungsabschnitt 34 und das Halbleitersubstrat 10 voneinander. Der Dummy-Grabenabschnitt 30 ist mit dem dielektrischen Zwischenschichtfilm 38 auf der Frontfläche 21 bedeckt.

[0082] Der dielektrische Zwischenschichtfilm 38 ist auf der Frontfläche 21 angeordnet. Die Emitterelektrode 52 ist über dem dielektrischen Zwischenschichtfilm 38 angeordnet. Der dielektrische Zwischenschichtfilm 38 kann mit einem oder mehreren Grabenkontaktabschnitten versehen sein, um die Emitterelektrode 52 und das Halbleitersubstrat 10 elektrisch miteinander zu verbinden. In ähnlicher Weise können das Kontaktloch 55 und das Kontaktloch 56 einen Grabenkontaktabschnitt umfassen, der durch den dielektrischen Zwischenschichtfilm 38 durchgehend angeordnet ist.

[0083] **Fig.** 3 illustriert ein Beispiel eines Profils der Dotierungskonzentration, das einen flachen Bereich umfasst. In der vorliegenden Beschreibung bedeutet eine Dotierungskonzentration im ersten Sammelbereich 16 mit dem Profil der Dotierungskonzentration, das den flachen Bereich umfasst, dass ein Bereich mit einer Dotierungskonzentration gleich groß wie oder größer als 50 % einer maximalen Dotierungskonzentration im ersten Sammelbereich 16 eine Dicke einnimmt, die gleich groß wie oder größer als 60 % und gleich groß wie oder kleiner als 100 % einer Dicke des ersten Sammelbereichs 16 in Tiefenrichtung des Halbleitersubstrats 10 ist.

[0084] In **Fig.** 3 gibt eine gestrichelte Linie eine Dotierungskonzentration eines Dotierstoffs eines ersten Leitfähigkeitstyps an und ist durch ein Symbol Cn angegeben. Eine strichpunktierte Linie gibt eine Dotierungskonzentration eines Dotierstoffs eines zweiten Leitfähigkeitstyps an und ist durch ein Symbol Cp angegeben. Eine durchgezogene Linie gibt eine tatsächliche Dotierungskonzentration an, die aus einer Summe von Cn und Cp erhalten wird, und ist durch ein Symbol C angegeben.

[0085] In **Fig.** 3 ist eine durch D_1 angegebene Position eine Position eines oberen Endes des ersten Sammelbereichs 16. In **Fig.** 3 ist eine durch D_3 angegebene Position eine Position eines unteren Endes des ersten Sammelbereichs 16. In einem Beispiel liegt die Dotierungskonzentration im ersten Sammelbereich 16 bei einem Maximalwert Pmax an der Position D_1.

[0086] In **Fig.** 3 ist eine durch D_2 angegebene Position eine Position, an der die Dotierungskonzentration 50 % der maximalen Dotierungskonzentration im ersten Sammelbereich 16 beträgt. In einem Beispiel gilt, wenn das Profil der Dotierungskonzentration den flachen Bereich umfasst, ein Vergleichsausdruck, der im nachstehend beschriebenen Ausdruck 1 gezeigt ist. Die Dotierungskonzentration im ersten Sammelbereich 16 mit dem Profil der Dotierungskonzentration, das den flachen Bereich umfasst, kann eine Abnahme der Klemmfestigkeitsfähigkeit unterdrücken.

$$0.6 \leq \frac{D_2 - D_1}{D_3 - D_1} \leq 1 \qquad \text{(Ausdruck 1)}$$

[0087] **Fig.** 4A zeigt ein abgewandeltes Beispiel des Querschnitts a-a' in **Fig.** 1. Das in **Fig.** 4A gezeigte abgewandelte Beispiel unterscheidet sich von einem in **Fig.** 2 gezeigten Ausführungsbeispiel dadurch, dass ein Ladungsträger-Durchgangsbereich 66 und ein abstehender Teil 67 vorgesehen sind.

[0088] Der Ladungsträger-Durchgangsbereich 66 ist ein Bereich eines ersten Leitfähigkeitstyps, der keinen Grabenbodenbereich 65 unter dem ersten Sammelbereich 16 aufweist. Der Ladungsträger-Durchgangsbereich 66 kann ein Bereich sein, in dem der Driftbereich 18 ohne zusätzliches implantiertes Ion belassen wurde. Das heißt, eine Dotierungskonzentration im Ladungsträger-Durchgangsbereich 66 kann die gleiche sein wie eine Dotierungskonzentration im Driftbereich 18. Das Vorsehen des Ladungsträger-Durchgangsbereichs 66 kann eine elektronische Grenze verringern und einen Durchlassleistungsverlust Eon reduzieren.

[0089] Der Grabenbodenbereich 65 kann in einem Mesaabschnitt in dem Bereich vorgesehen sein, der den Ladungsträger-Durchgangsbereich 66 aufweist. Zusätzlich kann der erste Sammelbereich 16 in dem Mesaabschnitt in dem Bereich vorgesehen sein, der den Ladungsträger-Durchgangsbereich 66 aufweist.

[0090] Der abstehende Teil 67 ist ein Teil des zweiten Sammelbereichs 26, der von unter dem Grabenbodenbereich 65 über einen Endabschnitt des Grabenbodenbereichs 65 hinaus zu einer Außenseite des Grabenbodenbereichs 65 in Grabenanordnungsrichtung einer Vielzahl von Grabenabschnitten hin absteht. Das Vorsehen des abstehenden Teils 67 kann eine Dicke des Grabenbodenbereichs 65 zuverlässig steuern.

[0091] In der Grabenanordnungsrichtung der Vielzahl von Grabenabschnitten wird ein Abstand zwischen einem äußeren Endabschnitt des Grabenbodenbereichs 65 und einem äußeren Endabschnitt des zweiten Sammelbereichs 26 als eine Breite W67 des abstehenden Teils bezeichnet. Die Breite W67 kann größer als 0 und gleich groß wie oder kleiner als eine Breite zwischen zueinander benachbarten Gräben sein. Die Breite W67 kann gleich groß wie oder größer als eine Breite zwischen zueinander benachbarten Gräben sein.

[0092] **Fig.** 4B zeigt ein abgewandeltes Beispiel des Querschnitts a-a' in **Fig.** 1. Das in **Fig.** 4B gezeigte abgewandelte Beispiel unterscheidet sich von dem in **Fig.** 2 gezeigten Ausführungsbeispiel dadurch, dass der Driftbereich 18 zwischen dem Basisbereich 14 und dem Grabenbodenbereich 65 vorgesehen ist.

[0093] Bei dem in **Fig.** 4B gezeigten abgewandelten Beispiel weist eine Dotierungskonzentration im ersten Sammelbereich 16 einen Peak der Dotierungskonzentration auf. Die Dotierungskonzentration im ersten Sammelbereich 16 kann eine Vielzahl von Peaks der Dotierungskonzentration aufweisen. Die Dotierungskonzentration im ersten Sammelbereich 16 kann ein Profil aufweisen, das einen flachen Bereich umfasst.

[0094] **Fig.** 5 illustriert ein Beispiel einer Umgebung eines Mesaabschnitts 71 im Transistorabschnitt 70 im vorliegenden Beispiel. Bei dem in **Fig.** 5 gezeigten Beispiel umfasst der Grabenbodenbereich 65 erste Bereiche 65a, die unter einer Vielzahl von Grabenabschnitten angeordnet sind, und zweite Bereiche 65b, die unter Mesaabschnitten 71 angeordnet sind, die zwischen der Vielzahl von Grabenabschnitten angeordnet sind.

[0095] Der Grabenbodenbereich 65 kann eine Dotierungskonzentrationsverteilung in Grabenanordnungsrichtung der Vielzahl von Grabenabschnitten aufweisen. Eine Dotierungskonzentration in den ersten Bereichen 65a kann höher sein als eine Dotierungskonzentration in den zweiten Bereichen 65b. In der vorliegenden Beschreibung kann die Dotierungskonzentration in den ersten Bereichen 65a eine durchschnittliche Dotierungskonzentration im Grabenbodenbereich 65 unter der Vielzahl von Grabenabschnitten sein. Die ersten Bereiche 65a und die zweiten Bereiche 65b können eine gleiche Dotierungskonzentration aufweisen.

[0096] **Fig.** 6A ist ein Flussdiagramm, das ein Beispiel eines Vorgangs zum Herstellen der Halbleitervorrichtung 100 zeigt. Das vorliegende Beispiel zeigt ein Beispiel des Flussdiagramms des Vorgangs zum Herstellen der Halbleitervorrichtung 100 und ist nicht darauf beschränkt. In einem Schritt S100 wird der Driftbereich 18 im Halbleitersubstrat 10 ausgebildet. Ein Schritt zum Ausbilden des Driftbereichs 18 im Halbleitersubstrat 10 wird in der vorliegenden Beschreibung nicht ausführlich beschrieben, da der Driftbereich mit einem herkömmlichen, vom Fachmann verwendeten Verfahren ausgebildet werden kann.

[0097] In einem Schritt S110 wird eine Vielzahl von Grabenabschnitten auf der Frontfläche 21 des Halbleitersubstrats 10 ausgebildet. Dies bildet einen Bodenabschnitt 61, eine Seitenwand 62 und eine Öffnung 63 eines Grabenabschnitts. Der Bodenabschnitt 61, die Seitenwand 62 und die Öffnung 63 werden später beschrieben.

[0098] In einem Schritt S120 wird eine Maske 64 auf der Frontfläche 21 des Halbleitersubstrats 10 ausgebildet. Die Maske 64 kann eine beliebige Maske wie etwa ein Fotolack sein.

[0099] In einem Schritt S130 werden der erste Sammelbereich 16 und der zweite Sammelbereich 26 durch Ionenimplantieren von Dotierstoffen von der Frontflächenseite 21 des Halbleitersubstrats 10 ausgebildet. Die implantierten Dotierstoffe können Phosphor sein.

[0100] Im Schritt S130 können die Dotierstoffe aus einer Richtung mit einer vorgegebenen Neigung in Bezug auf eine Tiefenrichtung des Halbleitersubstrats 10 ionenimplantiert werden. Ein Schritt des Bildens des ersten Sammelbereichs 16 kann einen Schritt des Implantierens von Dotierstoffen in Seitenwände 62 der Vielzahl von Grabenabschnitten über Öffnungen 63 der Vielzahl von Grabenabschnitten aus einer Richtung mit einer vorgegebenen Neigung in Bezug auf die Tiefenrichtung des Halbleitersubstrats 10 beinhalten. Ein Schritt

des Bildens des zweiten Sammelbereichs 26 kann einen Schritt des Implantierens von Dotierstoffen in Bodenabschnitte 61 der Vielzahl von Grabenabschnitten über die Öffnungen 63 der Vielzahl von Grabenabschnitten aus einer Richtung mit einer vorgegebenen Neigung in Bezug auf die Tiefenrichtung des Halbleitersubstrats 10 beinhalten. Die vorgegebene Neigung, wenn die Dotierstoffe ionenimplantiert werden, ist nicht besonders begrenzt, solange sie in einem Winkel liegt, der eine Dotierstoffbestrahlung sowohl auf den Bodenabschnitt 61 als auch auf die Seitenwand 62 des Grabenabschnitts ermöglicht.

[0101] In einem Schritt S140 wird der Grabenbodenbereich 65 durch Ionenimplantieren von Dotierstoffen von der Frontflächenseite 21 des Halbleitersubstrats 10 ausgebildet. Die implantierten Dotierstoffe können Bor oder Aluminium sein.

[0102] Im Schritt S140 kann ein Schritt des Bildens des Grabenbodenbereichs 65 einen Schritt des Implantierens von Dotierstoffen in die Bodenabschnitte 61 der Vielzahl von Grabenabschnitten über die Öffnungen 63 der Vielzahl von Grabenabschnitten in Tiefenrichtung des Halbleitersubstrats 10 beinhalten. Dies ermöglicht das Implantieren der Dotierstoffe nahe dem Bodenabschnitt 61 des Grabenabschnitts und das Bilden des Grabenbodenbereichs 65.

[0103] Der Schritt S130 und der Schritt S140 können in umgekehrter Reihenfolge durchgeführt werden. Das heißt, in der vorstehenden Beschreibung werden als ein Beispiel zuerst der erste Sammelbereich 16 und der zweite Sammelbereich 26 gebildet, und dann wird der Grabenbodenbereich 65 gebildet, aber der Grabenbodenbereich 65 kann zuerst gebildet werden, und dann können der erste Sammelbereich 16 und der zweite Sammelbereich 26 gebildet werden.

[0104] In einem Schritt S150 werden der Emitterbereich 12, der Kontaktbereich 15 und der Basisbereich 14 im Halbleitersubstrat 10 gebildet. Vorstehend beschriebene Bereiche werden in der vorliegenden Beschreibung nicht ausführlich beschrieben, da sie mit einem herkömmlichen, vom Fachmann verwendeten Verfahren ausgebildet werden können.

[0105] **Fig.** 6B illustriert ein Beispiel eines Vorgangs zum Herstellen der Halbleitervorrichtung 100. **Fig.** 6B illustriert einen YZ-Querschnitt des Halbleitersubstrats 10 in jedem Schritt in **Fig.** 6A.

[0106] Der Schritt S130 kann einen Schritt S131 und einen Schritt S132 beinhalten, in denen Dotierstoffe diagonal von oben rechts bzw. diagonal von oben links in **Fig.** 6B ionenimplantiert werden. Eine Beschleunigungsspannung für die Ionenimplantation in dem Schritt S130 kann 0,1 MeV oder höher sein und kann 2,6 MeV oder niedriger sein.

[0107] Im Schritt S131 können die Dotierstoffe aus einer Richtung mit einer vorgegebenen Neigung in Bezug auf die Tiefenrichtung des Halbleitersubstrats 10 ionenimplantiert werden. Im Schritt S131 werden erste Ionenimplantierbereiche 116 an den Seitenwänden 62 der Vielzahl von Grabenabschnitten über die Öffnungen 63 der Vielzahl von Grabenabschnitten gebildet. Ein erster Ionenimplantierbereich 116 ist ein Bereich, der durch Temperverarbeitung zum ersten Sammelbereich 16 wird.

[0108] Im Schritt S132 können die Dotierstoffe aus einer Richtung mit einer vorgegebenen Neigung in Bezug auf die Tiefenrichtung des Halbleitersubstrats 10 ionenimplantiert werden. Im Schritt S132 werden erste Ionenimplantierbereiche 116 an anderen Seitenwänden 62 der Vielzahl von Grabenabschnitten über die Öffnungen 63 der Vielzahl von Grabenabschnitten gebildet.

[0109] Sowohl im Schritt S131 als auch im Schritt S132 können Dotierstoffe in die Bodenabschnitte 61 der Vielzahl von Grabenabschnitten über die Öffnungen 63 der Vielzahl von Grabenabschnitten aus einer Richtung mit einer vorgegebenen Neigung in Bezug auf die Tiefenrichtung des Halbleitersubstrats 10 ionenimplantiert werden. Im Schritt S131 und im Schritt S132 werden zweite Ionenimplantierbereiche 126 unter den Bodenabschnitten 61 der Vielzahl von Grabenabschnitten gebildet. Ein zweiter Ionenimplantierbereich 126 ist ein Bereich, der durch Temperverarbeitung zum zweiten Sammelbereich 26 wird.

[0110] Im Schritt S130 können ein Schritt des Bildens der ersten Ionenimplantierbereiche 116 und ein Schritt des Bildens der zweiten Ionenimplantierbereiche 126 gleichzeitig oder getrennt durchgeführt werden. In einem in **Fig.** 6B gezeigten Ausführungsbeispiel werden sie gleichzeitig durch einen Ionenimplantierschritt gebildet. Das heißt, in **Fig.** 6B wird der erste Sammelbereich 16 durch Implantieren der Dotierstoffe in die Seitenwände 62 der Vielzahl von Grabenabschnitten über die Öffnungen 63 der Vielzahl von Grabenabschnitten gebildet, und der zweite Sammelbereich 26 wird durch Implantieren der Dotierstoffe in die Boden-

abschnitte 61 der Vielzahl von Grabenabschnitten über die Öffnungen 63 der Vielzahl von Grabenabschnitten gebildet.

[0111] Im Schritt S130 kann eine Dotierungskonzentrationsverteilung, die ein flaches Profil umfasst, durch Implantieren der Dotierstoffe in die Seitenwände 62 der Vielzahl von Grabenabschnitten über die Öffnungen 63 der Vielzahl von Grabenabschnitten gebildet werden. Zusätzlich kann das Implantieren der Dotierstoffe in die Bodenabschnitte 61 der Vielzahl von Grabenabschnitten über die Öffnungen 63 der Vielzahl von Grabenabschnitten den zweiten Ionenimplantierbereich 126 an einer Position bilden, die sich unter dem Bodenabschnitt 61 des Grabenabschnitts befindet und tiefer als eine Position eines Bereichs ist, in dem ein Grabenbodenimplantierbereich 165 gebildet wird.

[0112] Im Schritt S140 werden die Dotierstoffe von der Seite der Frontfläche 21 des Halbleitersubstrats 10 über die Öffnungen 63 der Vielzahl von Grabenabschnitten in die Bodenabschnitte 61 der Vielzahl von Grabenabschnitten implantiert, um Grabenbodenimplantierbereiche 165 zu bilden. Der Grabenbodenimplantierbereich 165 ist ein Bereich, der durch Temperverarbeitung zum Grabenbodenbereich 65 wird.

[0113] Die Temperverarbeitung am ersten Ionenimplantierbereich 116, am zweiten Ionenimplantierbereich 126 und am Grabenbodenimplantierbereich 165 kann zu jedem Zeitpunkt durchgeführt werden. In einem Beispiel wird die Temperverarbeitung nach dem Schritt S140 durchgeführt. Die Temperverarbeitung kann zwischen dem Schritt S130 und dem Schritt S140 durchgeführt werden.

[0114] Im vorliegenden Beispiel werden im Schritt S140 die Dotierstoffe über dem zweiten Ionenimplantierbereich 126 implantiert. Dies ermöglicht es, eine thermische Diffusion in Tiefenrichtung des Grabenbodenimplantierbereichs 165 während der Temperverarbeitung zu unterdrücken und eine Dicke des Grabenbodenbereichs 65 in Tiefenrichtung des Halbleitersubstrats 10 zu steuern. Das heißt, eine Position eines unteren Endes des Grabenbodenbereichs 65 ist durch den zweiten Sammelbereich 26 begrenzt, so dass die Dicke des Grabenbodenbereichs 65 so gesteuert werden kann, dass sie kleiner ist als in einem Fall, in dem der zweite Sammelbereich 26 nicht vorgesehen ist.

[0115] Die Halbleitervorrichtung 100 im vorliegenden Beispiel umfasst den zweiten Sammelbereich 26, so dass die Dicke des Grabenbodenbereichs 65 kleiner ist als in einem Vergleichsbeispiel, in dem der zweite Sammelbereich 26 nicht vorgesehen ist. Ein Effekt des dünnen Ausbildens des Grabenbodenbereichs 65 wird unter Bezugnahme auf Tabelle 1 und Tabelle 2 beschrieben.

[0116] Tabelle 1 zeigt das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein einer Einschaltschwingung im Vergleichsbeispiel und in jedem Ausführungsbeispiel. Hier unterscheiden sich die Ausführungsbeispiele 1 bis 3 in einem Implantationswinkel, in dem die Dotierstoffe im Schritt S130 implantiert werden. Der Implantationswinkel ist im Ausführungsbeispiel 1 der kleinste, im Ausführungsbeispiel 3 der größte und liegt im Ausführungsbeispiel 2 zwischen dem kleinsten und dem größten.

[0117] Wie in Tabelle 1 gezeigt, wurde im Vergleichsbeispiel, in dem der zweite Sammelbereich 26 nicht vorgesehen war und die Dicke des Grabenbodenbereichs 65 groß war, eine Gatterschwingung für alle mit einem relativen Wert eines Gatterwiderstands von 10 oder größer beobachtet. Andererseits wurde in den Ausführungsbeispielen 1 bis 3, in denen die Dicke des Grabenbodenbereichs 65 aufgrund der Bildung des zweiten Sammelbereichs 26 kleiner war als im Vergleichsbeispiel, die Gatterschwingung für keinen getesteten Gatterwiderstandswert beobachtet.

(Tabelle 1)

		Vergleichsbeispiel	Ausführungsbeispiel 1	Ausführungsbeispiel 2	Ausführungsbeispiel 3
Gatterwiderstand [Relativwert]	1	abwesend	abwesend	abwesend	abwesend
	10	vorhanden	abwesend	abwesend	abwesend
	20	vorhanden	abwesend	abwesend	abwesend
	30	vorhanden	abwesend	abwesend	abwesend
	60	vorhanden	abwesend	abwesend	abwesend

[0118] Tabelle 2 zeigt das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein einer Armkurzschluss-Schwingung im Vergleichsbeispiel und in jedem Ausführungsbeispiel. Wie in Tabelle 2 gezeigt, wurde im Vergleichsbeispiel, in dem der zweite Sammelbereich 26 nicht vorgesehen war und die Dicke des Grabenbodenbereichs 65 groß war, die Armkurzschluss-Schwingung für jede getestete Leistungsquellenspannung beobachtet. Andererseits wurde in den Ausführungsbeispielen 1 bis 3, in denen die Dicke des Grabenbodenbereichs 65 aufgrund der Bildung des zweiten Sammelbereichs 26 kleiner war als im Vergleichsbeispiel, nur eine geringe Armkurzschluss-Schwingung im Ausführungsbeispiel 3 beobachtet, wenn die Leistungsquellenspannung 500 V betrug, und die Armkurzschluss-Schwingung wurde in den anderen Ausführungsbeispielen nicht beobachtet.

(Tabelle 2)

		Vergleichsbeispiel	Ausführungsbeispiel 1	Ausführungsbeispiel 2	Ausführungsbeispiel 3
Versorgungsspannung [V]	500	vorhanden	abwesend	abwesend	vorhanden
	600	vorhanden	abwesend	abwesend	abwesend
	700	vorhanden	abwesend	abwesend	abwesend
	800	vorhanden	abwesend	abwesend	abwesend

[0119] Wie in Tabelle 1 und Tabelle 2 gezeigt, kann die Halbleitervorrichtung 100 im vorliegenden Beispiel die Gatterschwingung und die Armkurzschluss-Schwingung unterdrücken, indem der zweite Sammelbereich 26 gebildet wird, um die Dicke des Grabenbodenbereichs 65 so zu steuern, dass sie kleiner ist als im Vergleichsbeispiel. Zusätzlich kann das Bilden des Grabenbodenbereichs 65 einen Durchlassleistungsverlust Eon reduzieren.

[0120] **Fig.** 7A ist ein Flussdiagramm, das ein abgewandeltes Beispiel eines Vorgangs zum Herstellen der Halbleitervorrichtung 100 zeigt. Bei dem in **Fig.** 7A gezeigten abgewandelten Beispiel werden Bereiche in einer Reihenfolge gebildet, die sich von der des in **Fig.** 6A gezeigten Beispiels unterscheidet. Im Folgenden werden Unterschiede zu dem in **Fig.** 6A gezeigten Beispiel beschrieben.

[0121] In einem Schritt S210 wird der zweite Sammelbereich 26 ausgebildet. Ähnlich wie bei dem in **Fig.** 6A gezeigten Beispiel kann der erste Sammelbereich 16 gleichzeitig ausgebildet werden. Eine Beschleunigungsspannung für die Ionenimplantation beim Bilden des zweiten Sammelbereichs 26 kann 8,0 MeV oder höher sein und kann 10,0 MeV oder niedriger sein.

[0122] In einem Schritt S220 wird der Grabenbodenbereich 65 ausgebildet. Der Grabenbodenbereich 65 wird näher an der Frontfläche 21 des Halbleitersubstrats 10 ausgebildet als der zweite Sammelbereich 26. Eine Beschleunigungsspannung für die Ionenimplantation beim Bilden des Grabenbodenbereichs 65 kann niedriger sein als die Beschleunigungsspannung für die Ionenimplantation beim Bilden des zweiten Sammelbereichs 26. Die Beschleunigungsspannung für die Ionenimplantation beim Bilden des Grabenbodenbereichs 65 kann 3,0 MeV oder höher sein und kann 5,0 MeV oder niedriger sein.

[0123] In einem Schritt S230 wird der erste Sammelbereich 16 ausgebildet. Der erste Sammelbereich 16 wird näher an der Frontfläche 21 des Halbleitersubstrats 10 ausgebildet als der Grabenbodenbereich 65. Der erste Sammelbereich 16 kann durch einmaliges Durchführen einer Ionenimplantation ausgebildet werden oder kann durch mehrmaliges Durchführen einer Ionenimplantation ausgebildet werden. Wenn der erste Sammelbereich 16 durch mehrmaliges Durchführen der Ionenimplantation ausgebildet wird, kann eine Dotierungskonzentration im ersten Sammelbereich 16 ein Profil aufweisen, das einen flachen Bereich umfasst.

[0124] Im Schritt S230 kann eine Beschleunigungsspannung für die Ionenimplantation beim Bilden des ersten Sammelbereichs 16 niedriger sein als die Beschleunigungsspannung für die Ionenimplantation beim Bilden des Grabenbodenbereichs 65. Die Beschleunigungsspannung für die Ionenimplantation beim Bilden des ersten Sammelbereichs 16 kann 2,0 MeV oder höher sein und kann 4,0 MeV oder niedriger sein.

[0125] In einem Schritt S240 wird eine Vielzahl von Grabenabschnitten auf der Frontfläche 21 des Halbleitersubstrats 10 ausgebildet. Das heißt, bei dem in **Fig.** 7A gezeigten abgewandelten Beispiel werden ein Schritt des Bildens des zweiten Sammelbereichs 26, ein Schritt des Bildens des Grabenbodenbereichs 65 und ein Schritt des Bildens des ersten Sammelbereichs 16 vor einem Schritt des Bildens der Vielzahl von Grabenab-

schnitten durchgeführt. Dies ermöglicht es, Konzentrationsverteilungen im zweiten Sammelbereich 26, im Grabenbodenbereich 65 und im ersten Sammelbereich 16 in Grabenanordnungsrichtung zu vergleichmäßigen und eine Variation der Eigenschaften der Halbleitervorrichtung 100 zu reduzieren.

[0126] **Fig.** 7B illustriert ein abgewandeltes Beispiel eines Vorgangs zum Herstellen der Halbleitervorrichtung 100. **Fig.** 7B illustriert einen YZ-Querschnitt des Halbleitersubstrats 10 in jedem Schritt in **Fig.** 7A.

[0127] Im Schritt S210 wird der zweite Ionenimplantierbereich 126 durch Ionenimplantieren von Dotierstoffen von der Frontflächenseite 21, auf der der Driftbereich 18 ausgebildet ist, des Halbleitersubstrats 10 ausgebildet. Der zweite Ionenimplantierbereich 126 ist ein Bereich, der durch Temperverarbeitung zum zweiten Sammelbereich 26 wird.

[0128] Im Schritt S220 wird der Grabenbodenimplantierbereich 165 durch Ionenimplantieren von Dotierstoffen von der Frontflächenseite 21 des Halbleitersubstrats 10 ausgebildet. Der Grabenbodenimplantierbereich 165 ist ein Bereich, der durch Temperverarbeitung zum Grabenbodenbereich 65 wird. Im Schritt S220 kann das Verringern der Beschleunigungsspannung während der Ionenimplantation als im Schritt S210 den Grabenbodenimplantierbereich 165 näher an der Frontfläche 21 des Halbleitersubstrats 10 ausbilden als der zweite Ionenimplantierbereich 126.

[0129] Im Schritt S230 wird der erste Ionenimplantierbereich 116 durch Ionenimplantieren von Dotierstoffen von der Frontflächenseite 21 des Halbleitersubstrats 10 ausgebildet. Der erste Ionenimplantierbereich 116 ist ein Bereich, der durch Temperverarbeitung zum ersten Sammelbereich 16 wird. Die zum Ausbilden des ersten Ionenimplantierbereichs 116 verwendeten Dotierstoffe können die gleichen wie die zum Ausbilden des zweiten Ionenimplantierbereichs 126 verwendeten Dotierstoffe sein oder sich von diesen unterscheiden. **Fig.** 7B zeigt ein Beispiel, bei dem der erste Ionenimplantierbereich 116 durch einmaliges Durchführen einer Ionenimplantation ausgebildet wird.

[0130] In einem Schritt S240 wird eine Vielzahl von Grabenabschnitten auf der Frontfläche 21 des Halbleitersubstrats 10 ausgebildet. Jeder der Vielzahl von Grabenabschnitten umfasst jeweils den Bodenabschnitt 61, die Seitenwand 62 und die Öffnung 63. Jeder der Vielzahl von Grabenabschnitten wird so ausgebildet, dass sich der Bodenabschnitt 61 in dem Grabenbodenimplantierbereich 165 befindet.

[0131] In der vorstehenden Beschreibung werden in **Fig.** 7A und **Fig.** 7B die Bereiche in der Reihenfolge des zweiten Ionenimplantierbereichs 126, des Grabenbodenimplantierbereichs 165 und des ersten Ionenimplantierbereichs 116 ausgebildet, aber die vorliegende Erfindung ist nicht darauf beschränkt. Das heißt, der Schritt S210, der Schritt S220 und der Schritt S230 können in beliebiger Reihenfolge ausgeführt werden, und die Bereiche können in der Reihenfolge des zweiten Ionenimplantierbereichs 126, des ersten Ionenimplantierbereichs 116 und des Grabenbodenimplantierbereichs 165 ausgebildet werden. In den abgewandelten Beispielen, die in **Fig.** 7A und **Fig.** 7B gezeigt sind, besteht keine Notwendigkeit, die Maske 64 auf der Frontfläche 21 des Halbleitersubstrats 10 auszubilden, was eine Kostenreduzierung im Vergleich zu den Beispielen, die in **Fig.** 6A und **Fig.** 6B gezeigt sind, ermöglicht.

[0132] Obwohl die vorliegende Erfindung anhand der Ausführungsbeispiele beschrieben wurde, ist der technische Umfang der vorliegenden Erfindung nicht auf die vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiele beschränkt. Es ist für den Fachmann offensichtlich, dass verschiedene Änderungen oder Verbesserungen an den vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispielen vorgenommen werden können. Es ist auch aus der Beschreibung der Ansprüche offensichtlich, dass Ausführungsbeispiele, die mit solchen Änderungen oder Verbesserungen hinzugefügt wurden, in den technischen Umfang der vorliegenden Erfindung aufgenommen werden können.

[0133] Es ist zu beachten, dass die Operationen, Prozeduren, Schritte und Stufen jedes Prozesses, der durch eine Vorrichtung, ein System, ein Programm und ein Verfahren durchgeführt wird, die in den Ansprüchen, Ausführungsbeispielen oder Diagrammen gezeigt sind, in einer beliebigen Reihenfolge durchgeführt werden können, solange die Reihenfolge nicht durch „vor“, „vorher“ oder dergleichen angegeben ist und solange die Ausgabe von einem vorherigen Prozess nicht in einem späteren Prozess verwendet wird. Selbst wenn der Operationsablauf durch Verwenden von Ausdrücken wie „zuerst“ oder „als nächstes“ im Umfang der Ansprüche, der Beschreibung oder der Zeichnungen beschrieben ist, bedeutet dies nicht notwendigerweise, dass der Prozess in dieser Reihenfolge durchgeführt werden muss.

BEZUGSZEICHENLISTE

10	Halbleitersubstrat
12	Emitterbereich
14	Basisbereich
15	Kontaktbereich
16	erster Sammelbereich
17	Wannenbereich
18	Driftbereich
19	Anodenbereich
21	Frontfläche
22	Kollektorbereich
23	Rückfläche
24	Kollektorelektrode
25	Verbindungsabschnitt
26	zweiter Sammelbereich
30	Dummy-Grabenabschnitt
31	Verlängerungsteil
32	dielektrischer Dummyfilm
33	Verbindungsteil
34	Dummy-Leitungsabschnitt
38	dielektrischer Zwischenschichtfilm
40	Gatter-Grabenabschnitt
41	Verlängerungsteil
42	dielektrischer Gatterfilm
43	Verbindungsteil
44	Gatter-Leitungsabschnitt
50	Gatter-Metallschicht
52	Emitterelektrode
54	Kontaktloch
55	Kontaktloch
56	Kontaktloch
61	Bodenabschnitt
62	Seitenwand
63	Öffnung
64	Maske
65	Grabenbodenbereich
66	Ladungsträger-Durchgangsbereich
67	abstehender Teil
70	Transistorabschnitt
71	Mesaabschnitt

80	Diodenabschnitt
81	Mesaabschnitt
82	Kathodenbereich
90	Grenzabschnitt
91	Mesaabschnitt
100	Halbleitervorrichtung
116	erster Ionenimplantierbereich
126	zweiter Ionenimplantierbereich
und 165	Grabenbodenimplantierbereich.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

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

Zitierte Patentliteratur

- JP 2019-91892 [0002]
- JP 6472714 [0002]
- JP 5707681 [0002]

Patentansprüche

1. Halbleitervorrichtung, die einen Transistorabschnitt und einen Diodenabschnitt umfasst, wobei die Halbleitervorrichtung umfasst:
eine Vielzahl von Grabenabschnitten, die auf einer Frontfläche eines Halbleitersubstrats angeordnet sind und einen Gatter-Grabenabschnitt umfassen;
einen Driftbereich eines ersten Leitfähigkeitstyps, der im Halbleitersubstrat angeordnet ist;
einen Basisbereich eines zweiten Leitfähigkeitstyps, der über dem Driftbereich angeordnet ist;
einen Emitterbereich des ersten Leitfähigkeitstyps, der über dem Basisbereich angeordnet ist und eine höhere Dotierungskonzentration als der Driftbereich aufweist;
einen ersten Sammelbereich des ersten Leitfähigkeitstyps, der unter dem Basisbereich angeordnet ist und eine höhere Dotierungskonzentration als der Driftbereich aufweist;
einen Grabenbodenbereich des zweiten Leitfähigkeitstyps, der unter dem ersten Sammelbereich angeordnet ist und eine höhere Dotierungskonzentration als der Basisbereich aufweist; und
einen zweiten Sammelbereich des ersten Leitfähigkeitstyps, der an einer tieferen Position als der Grabenbodenbereich in Tiefenrichtung des Halbleitersubstrats angeordnet ist und eine höhere Dotierungskonzentration als der Driftbereich aufweist.

2. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 1, wobei ein oberes Ende des Grabenbodenbereichs ein unteres Ende des ersten Sammelbereichs berührt.

3. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 1, wobei ein unteres Ende des Grabenbodenbereichs ein oberes Ende des zweiten Sammelbereichs berührt.

4. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 1, wobei der Grabenbodenbereich so angeordnet ist, dass er sich von einem unteren Ende eines Grabenabschnitts der Vielzahl von Grabenabschnitten zu einem unteren Ende eines anderen gegenüberliegenden Grabenabschnitts der Vielzahl von Grabenabschnitten in Grabenanordnungsrichtung der Vielzahl von Grabenabschnitten erstreckt.

5. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 1, wobei eine Dicke des Grabenbodenbereichs in Tiefenrichtung des Halbleitersubstrats gleich groß wie oder größer als 20 % und gleich groß wie oder kleiner als 100 % einer Grabentiefe der Vielzahl von Grabenabschnitten ist.

6. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 1, wobei eine Dicke des Grabenbodenbereichs in Tiefenrichtung des Halbleitersubstrats 1 µm oder größer und 5 µm oder kleiner ist.

7. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 1, wobei der Grabenbodenbereich aufweist:
erste Bereiche, die unter der Vielzahl von Grabenabschnitten angeordnet sind; und
zweite Bereiche, die unter Mesaabschnitten angeordnet sind, die zwischen der Vielzahl von Grabenabschnitten angeordnet sind, und
eine Dotierungskonzentration in den ersten Bereichen höher ist als eine Dotierungskonzentration in den zweiten Bereichen.

8. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 1, wobei der Grabenbodenbereich aufweist:
erste Bereiche, die unter der Vielzahl von Grabenabschnitten angeordnet sind; und
zweite Bereiche, die unter Mesaabschnitten angeordnet sind, die zwischen der Vielzahl von Grabenabschnitten angeordnet sind, und
eine Dotierungskonzentration in den ersten Bereichen die gleiche ist wie eine Dotierungskonzentration in den zweiten Bereichen.

9. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 1, umfassend einen Ladungsträger-Durchgangsbereich des ersten Leitfähigkeitstyps, der keinen Grabenbodenbereich unter dem ersten Sammelbereich aufweist.

10. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 1, wobei der zweite Sammelbereich einen abstehenden Teil aufweist, der von unter dem Grabenbodenbereich über einen Endabschnitt des Grabenbodenbereichs hinaus zu einer Außenseite des Grabenbodenbereichs in Grabenanordnungsrichtung der Vielzahl von Grabenabschnitten hin absteht.

11. Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei eine Dotierungskonzentration im ersten Sammelbereich ein Profil aufweist, in dem ein Bereich mit einer Dotierungskonzentration gleich groß

wie oder größer als 50 % einer maximalen Dotierungskonzentration im ersten Sammelbereich eine Dicke einnimmt, die gleich groß wie oder größer als 60 % und gleich groß wie oder kleiner als 100 % einer Dicke des ersten Sammelbereichs in Tiefenrichtung des Halbleitersubstrats ist.

12. Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei eine Dotierungskonzentration im ersten Sammelbereich eine oder mehrere Peaks der Dotierungskonzentration in Tiefenrichtung des Halbleitersubstrats aufweist.

13. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 11, wobei in Tiefenrichtung des Halbleitersubstrats der Bereich mit der Dotierungskonzentration gleich groß wie oder größer als 50 % der maximalen Dotierungskonzentration im ersten Sammelbereich eine Dicke von 1µm oder größer und 4 µm oder kleiner aufweist.

14. Verfahren zum Herstellen einer Halbleitervorrichtung mit einem Driftbereich eines ersten Leitfähigkeitstyps, wobei das Verfahren umfasst:
Bilden einer Vielzahl von Grabenabschnitten auf einer Frontfläche eines Halbleitersubstrats;
Bilden eines Basisbereichs eines zweiten Leitfähigkeitstyps, der über dem Driftbereich angeordnet ist;
Bilden, über dem Basisbereich, eines Emitterbereichs des ersten Leitfähigkeitstyps mit einer höheren Dotierungskonzentration als der Driftbereich;
Bilden eines ersten Sammelbereichs des ersten Leitfähigkeitstyps mit einer höheren Dotierungskonzentration als der Driftbereich durch Ionenimplantieren von Dotierstoffen von einer Frontflächenseite des Halbleitersubstrats;
Bilden, unter dem ersten Sammelbereich, eines Grabenbodenbereichs des zweiten Leitfähigkeitstyps mit einer höheren Dotierungskonzentration als der Basisbereich durch Ionenimplantieren von Dotierstoffen von der Frontflächenseite des Halbleitersubstrats; und
Bilden, an einer tieferen Position als der Grabenbodenbereich in Tiefenrichtung des Halbleitersubstrats, eines zweiten Sammelbereichs des ersten Leitfähigkeitstyps mit einer höheren Dotierungskonzentration als der Driftbereich durch Ionenimplantieren von Dotierstoffen von der Frontflächenseite des Halbleitersubstrats.

15. Verfahren zum Herstellen einer Halbleitervorrichtung nach Anspruch 14, wobei das Bilden des ersten Sammelbereichs das Implantieren von Dotierstoffen in Seitenwände der Vielzahl von Grabenabschnitten über Öffnungen der Vielzahl von Grabenabschnitten aus einer Richtung mit einer vorgegebenen Neigung in Bezug auf die Tiefenrichtung des Halbleitersubstrats aufweist.

16. Verfahren zum Herstellen einer Halbleitervorrichtung nach Anspruch 14, wobei das Bilden des Grabenbodenbereichs das Implantieren von Dotierstoffen in Bodenabschnitte der Vielzahl von Grabenabschnitten über Öffnungen der Vielzahl von Grabenabschnitten in Tiefenrichtung des Halbleitersubstrats aufweist.

17. Verfahren zum Herstellen einer Halbleitervorrichtung nach Anspruch 14, wobei das Bilden des zweiten Sammelbereichs das Implantieren von Dotierstoffen in Bodenabschnitte der Vielzahl von Grabenabschnitten über Öffnungen der Vielzahl von Grabenabschnitten aus einer Richtung mit einer vorgegebenen Neigung in Bezug auf die Tiefenrichtung des Halbleitersubstrats aufweist.

18. Verfahren zum Herstellen einer Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 17, umfassend
das Bilden des ersten Sammelbereichs und das Implantieren eines Ions, um den zweiten Sammelbereich zu bilden, wobei
das Implantieren des Ions aufweist: Bilden des ersten Sammelbereichs durch Implantieren von Dotierstoffen in Seitenwände der Vielzahl von Grabenabschnitten über Öffnungen der Vielzahl von Grabenabschnitten; und Bilden des zweiten Sammelbereichs durch Implantieren der Dotierstoffe in Bodenabschnitte der Vielzahl von Grabenabschnitten über die Öffnungen der Vielzahl von Grabenabschnitten.

19. Verfahren zum Herstellen einer Halbleitervorrichtung nach Anspruch 14, wobei das Bilden des zweiten Sammelbereichs, das Bilden des Grabenbodenbereichs und das Bilden des ersten Sammelbereichs vor dem Bilden der Vielzahl von Grabenabschnitten durchgeführt werden.

Es folgen 10 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

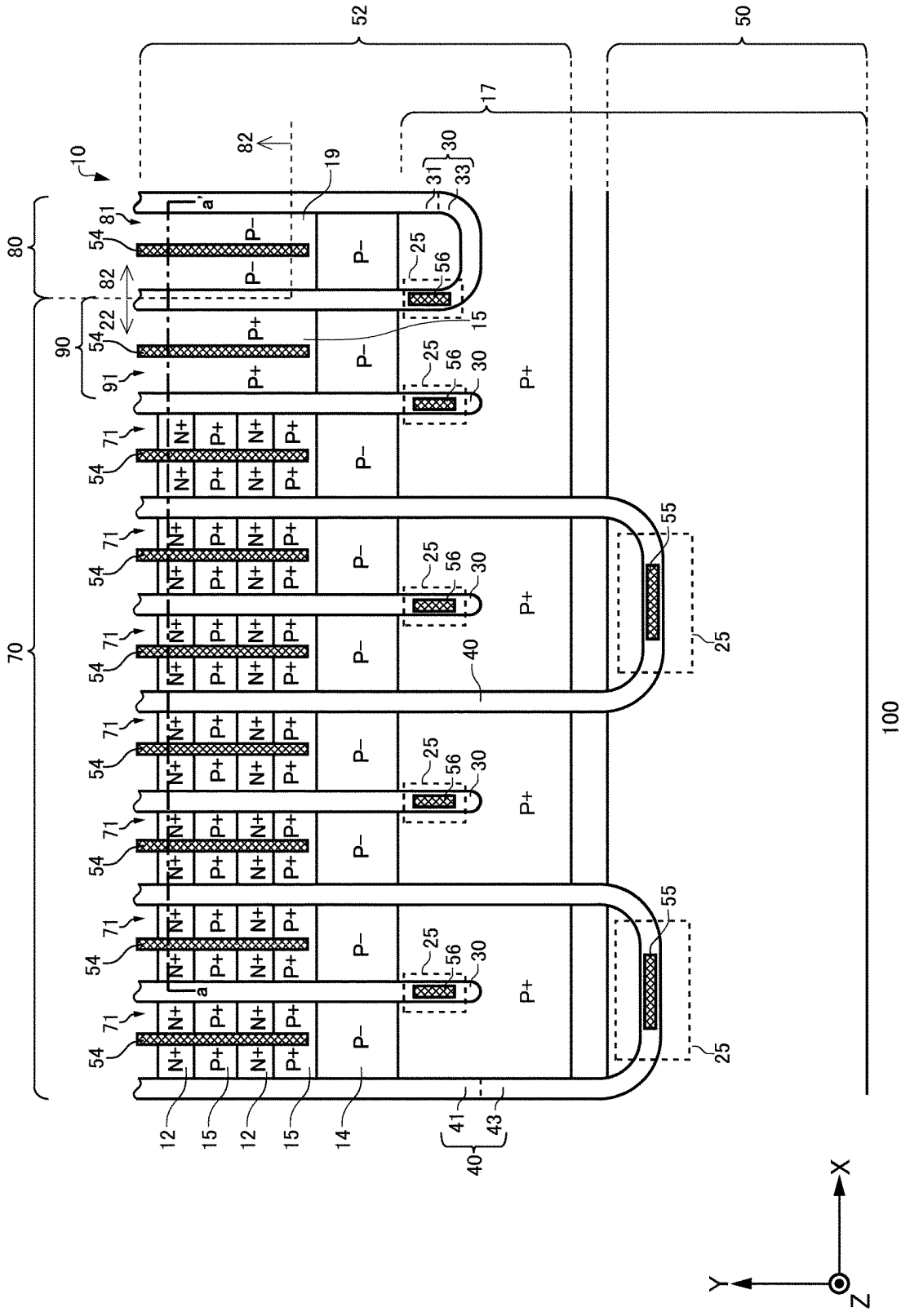


FIG.1

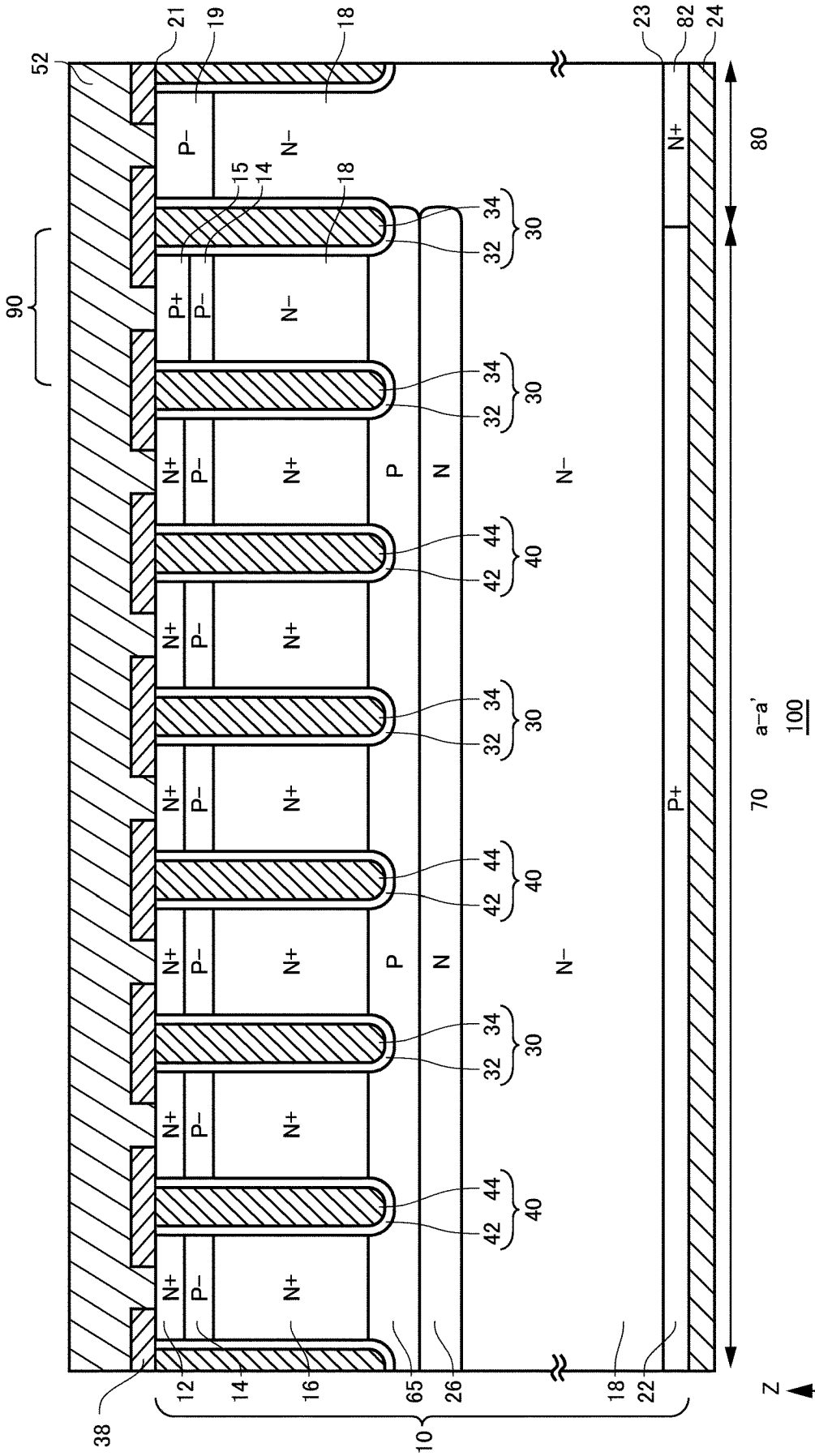

52
21
19
18
23
82
24
80
90
P–
N–
15
14
18
34
32
30
P+
P–
N–
N+
P–
N+
P
N
N–
44
42
40
N+
P–
N+
P+
70
a–a'
100
12
14
16
65
26
18
22
38
10
Y
Z
X

FIG.2

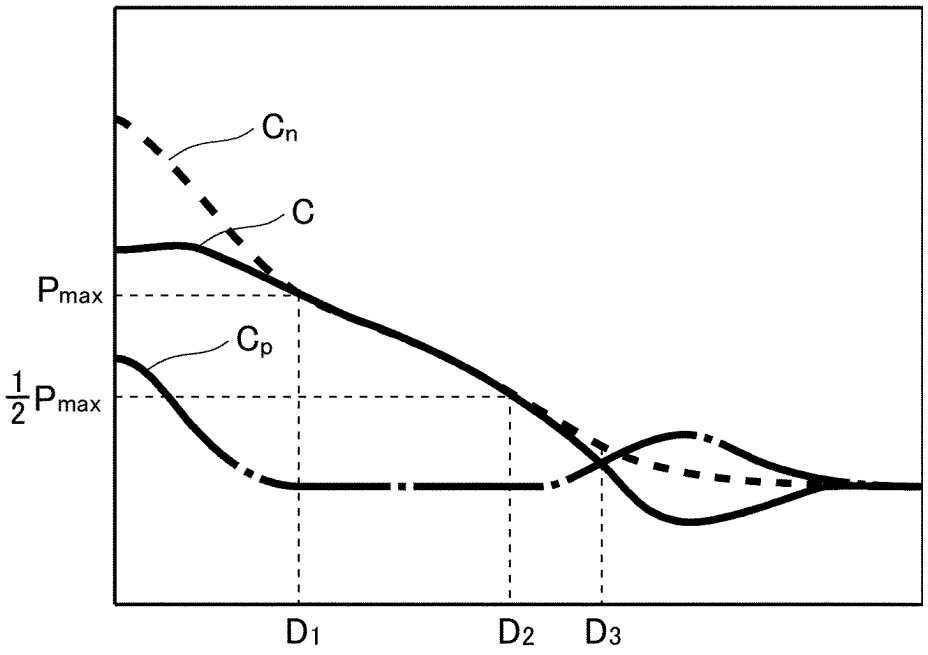


FIG.3

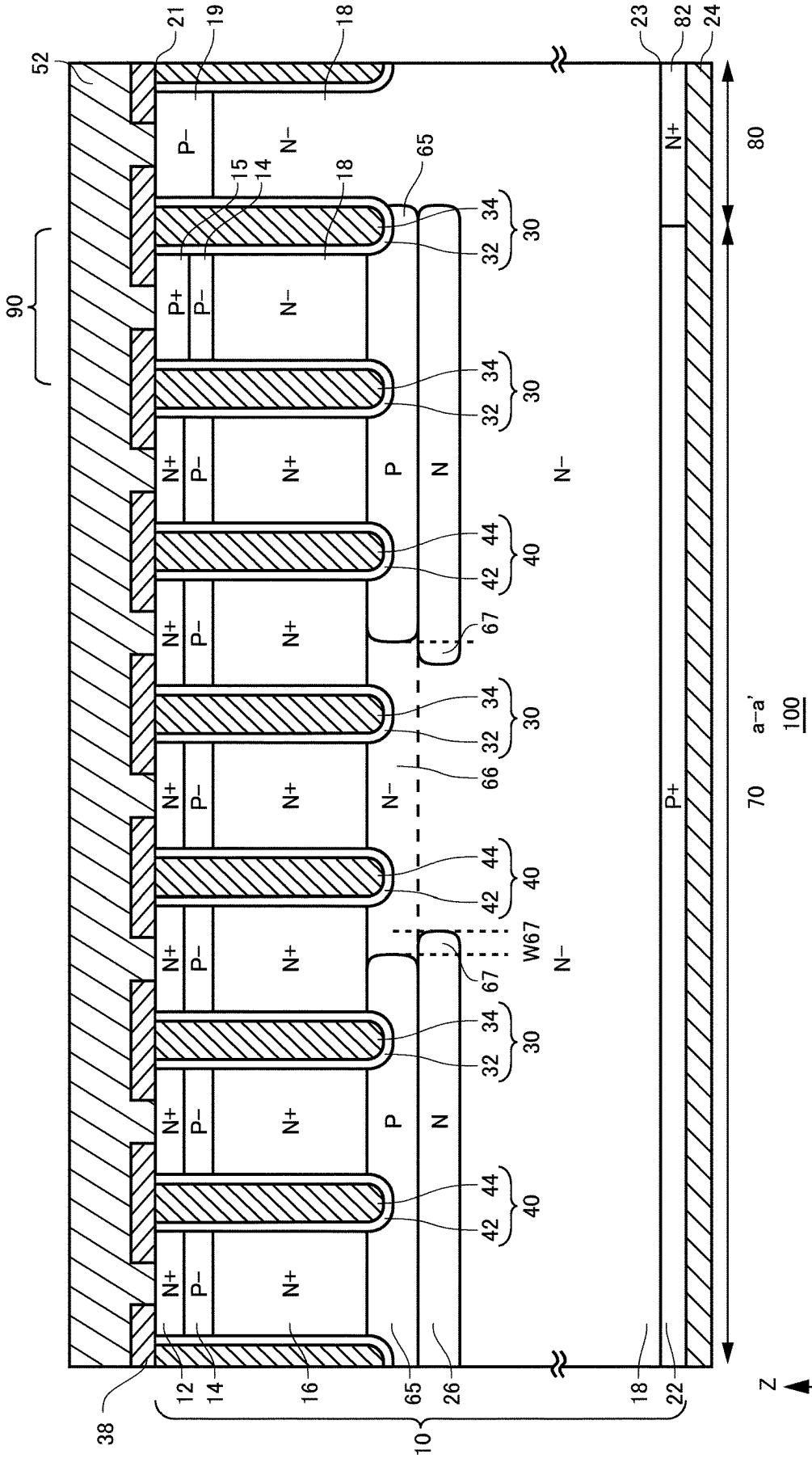

52
21
19
18
23
82
24
80
90
P−
N−
15
14
65
34
32
30
P+
N+
P
N
44
42
40
67
66
W67
70
a−a'
100
12
16
26
22
38
10
Y
Z
X

FIG.4A

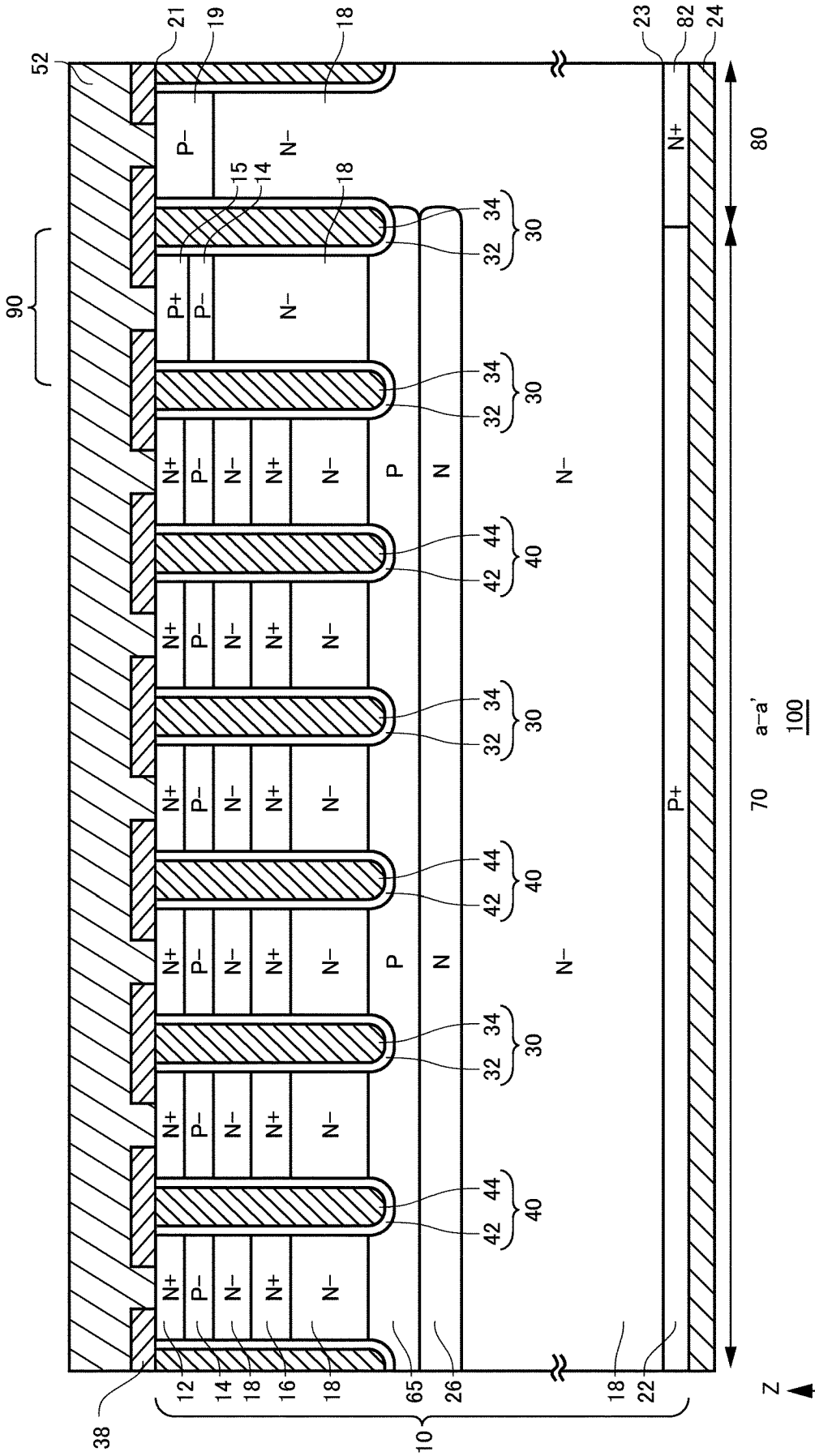

52
21
19
18
23
82
24
80
90
P−
N−
15
14
18
34
32
30
P+
N+
P
N
44
42
40
70
a−a'
100
65
26
22
38
10
12
16
Y
Z
X

FIG.4B

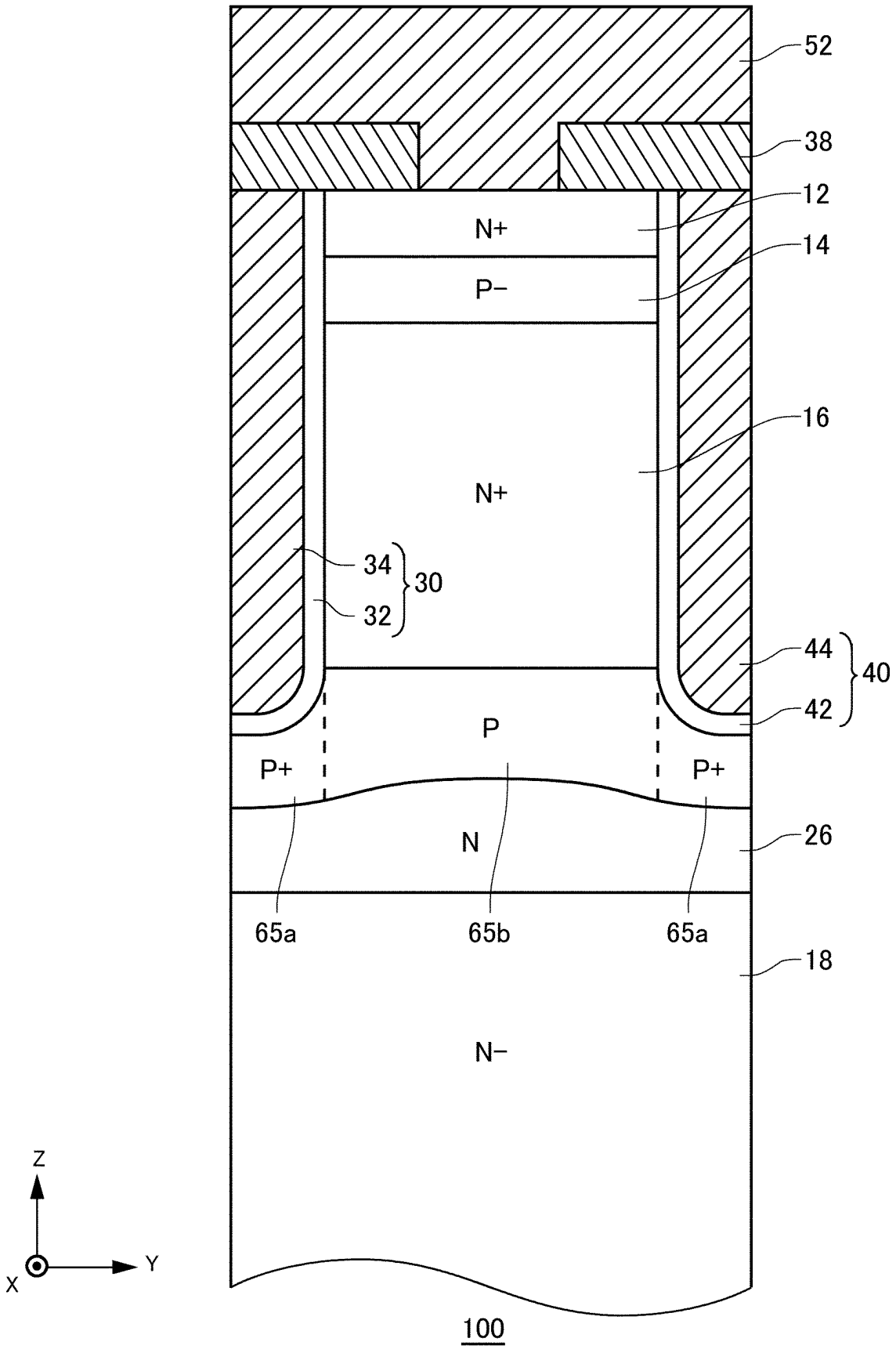


FIG.5

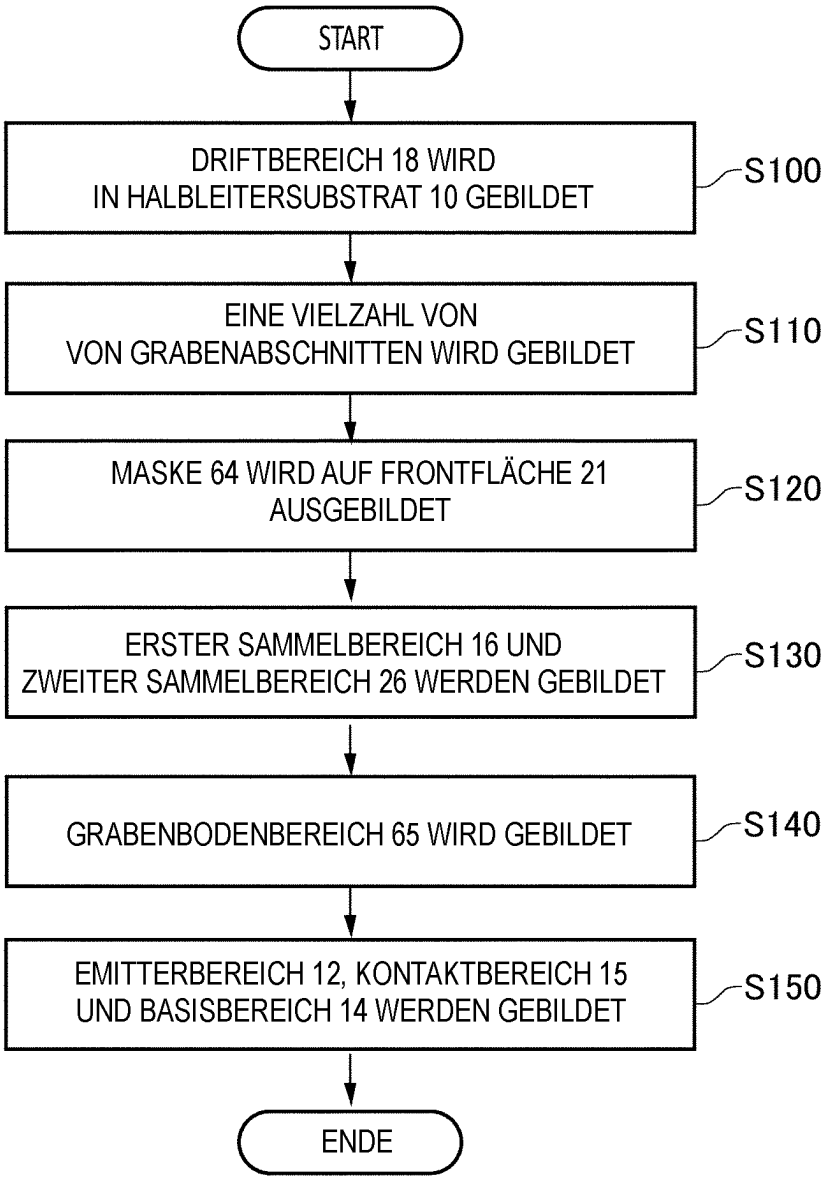

START
DRIFTBEREICH 18 WIRD IN HALBLEITERSUBSTRAT 10 GEBILDET
S100
EINE VIELZAHL VON VON GRABENABSCHNITTEN WIRD GEBILDET
S110
MASKE 64 WIRD AUF FRONTFLÄCHE 21 AUSGEBILDET
S120
ERSTER SAMMELBEREICH 16 UND ZWEITER SAMMELBEREICH 26 WERDEN GEBILDET
S130
GRABENBODENBEREICH 65 WIRD GEBILDET
S140
EMITTERBEREICH 12, KONTAKTBEREICH 15 UND BASISBEREICH 14 WERDEN GEBILDET
S150
ENDE

FIG.6A

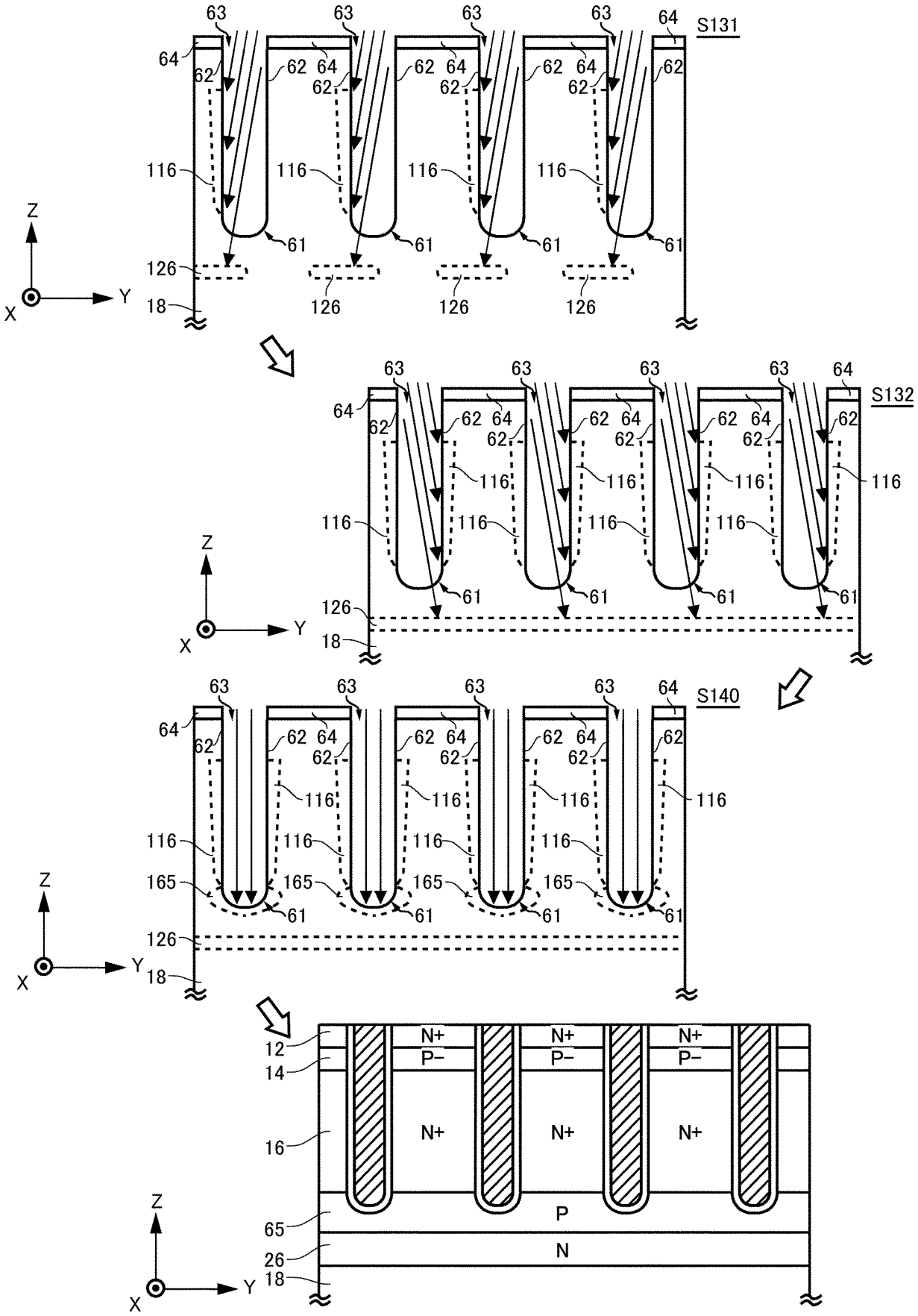


FIG.6B

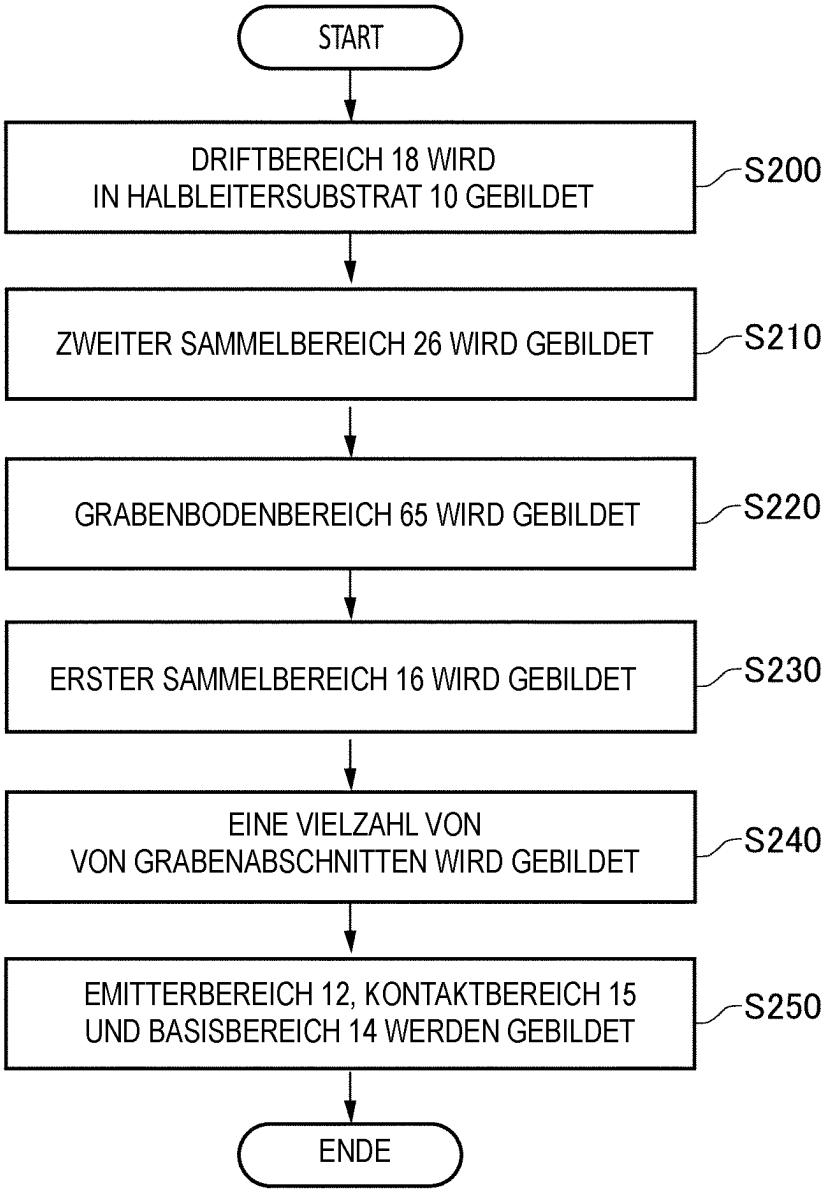

START
DRIFTBEREICH 18 WIRD IN HALBLEITERSUBSTRAT 10 GEBILDET
S200
ZWEITER SAMMELBEREICH 26 WIRD GEBILDET
S210
GRABENBODENBEREICH 65 WIRD GEBILDET
S220
ERSTER SAMMELBEREICH 16 WIRD GEBILDET
S230
EINE VIELZAHL VON VON GRABENABSCHNITTEN WIRD GEBILDET
S240
EMITTERBEREICH 12, KONTAKTBEREICH 15 UND BASISBEREICH 14 WERDEN GEBILDET
S250
ENDE

FIG. 7A

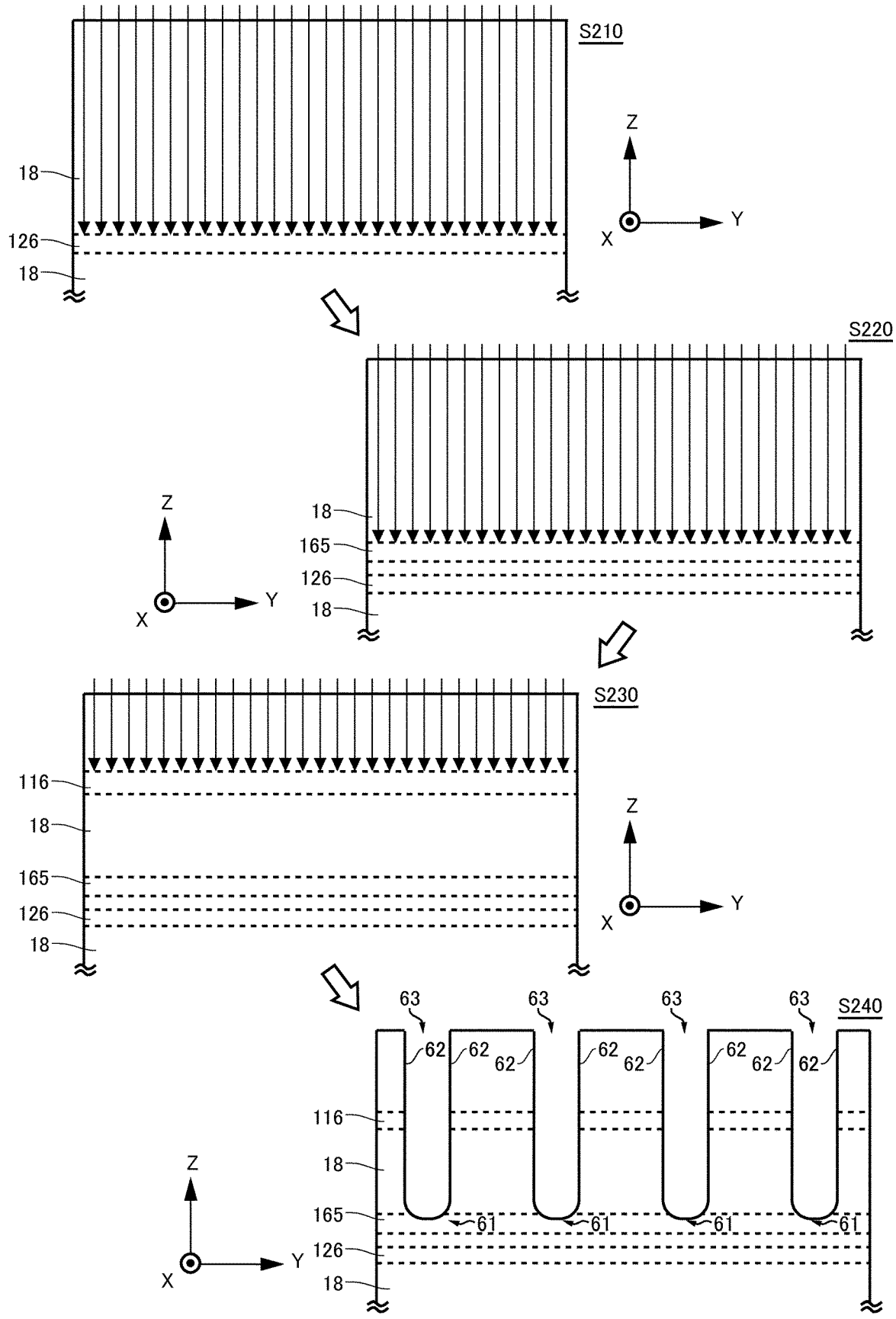

S210
18
126
18
Z
Y
X
S220
18
165
126
18
Z
Y
X
S230
116
18
165
126
18
Z
Y
X
S240
63
62
61
116
18
165
126
18
Z
Y
X

FIG.7B