



(10) **DE 10 2013 219 499 B4** 2020.07.09

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2013 219 499.4**

(22) Anmeldetag: **27.09.2013**

(43) Offenlegungstag: **03.04.2014**

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **09.07.2020**

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

H01L 29/739 (2006.01)

H01L 29/36 (2006.01)

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

(30) Unionspriorität:
2012-220488 02.10.2012 JP

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

(74) Vertreter:
**Prüfer & Partner mbB Patentanwälte
Rechtsanwälte, 81479 München, DE**

(72) Erfinder:
Otsuki, Eiko, Tokyo, JP; Sadamatsu, Koji, Tokyo, JP; Yoshiura, Yasuhiro, Tokyo, JP

(56) Ermittelter Stand der Technik:

US	6 177 713	B1
US	2006 / 0 113 613	A1
JP	2000- 114 550	A
JP	2009- 87 973	A

(54) Bezeichnung: **Halbleitervorrichtung**

(57) Hauptanspruch: Halbleitervorrichtung, die Folgendes umfasst:

ein Halbleitersubstrat (2) von einem ersten Leitfähigkeitstyp mit einer ersten Hauptoberfläche und einer zweiten Hauptoberfläche entgegengesetzt zueinander;

eine Anode (3), die in der ersten Hauptoberfläche des Halbleitersubstrats (2) ausgebildet ist;

einen Schutzring (4), der in der ersten Hauptoberfläche des Halbleitersubstrats (2) und in einem Abstand von einem äußeren Umfang der Anode (3) so ausgebildet ist, dass er die Anode (3) umgibt; und

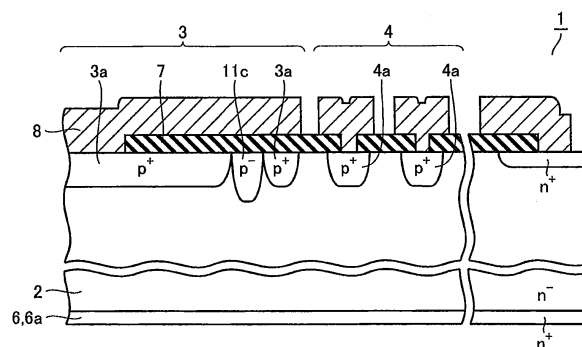
eine Kathode (6) vom ersten Leitfähigkeitstyp, die in der zweiten Hauptoberfläche des Halbleitersubstrats (2) ausgebildet ist,

wobei die Anode (3) in ihrem Endabschnitt, der am äußeren Umfang angeordnet ist, einen Bereich mit relativ hoher Störstellenkonzentration und einen Bereich mit relativ niedriger Störstellenkonzentration umfasst,

wobei im Endabschnitt der Anode (3)

ein erster Störstellenbereich (3a) von einem zweiten Leitfähigkeitstyp mit einer ersten Störstellenkonzentration als einer des Bereichs mit relativ hoher Störstellenkonzentration und des Bereichs mit relativ niedriger Störstellenkonzentration von der ersten Hauptoberfläche des Halbleitersubstrats (2) in eine erste Tiefe ausgebildet ist, und

ein zweiter Störstellenbereich (11a-11f, 12a-12f) vom zweiten Leitfähigkeitstyp mit einer zweiten Störstellenkonzentration, die von der ersten Störstellenkonzentration verschieden ist, als anderer des Bereichs mit relativ hoher Störstellenkonzentration ...



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Halbleitervorrichtung und insbesondere auf eine Leistungshalbleitervorrichtung mit hoher Durchbruchspannung, die eine Diode aufweist.

[0002] Heutzutage werden Inverter in jenen Gebieten wie z. B. dem Gebiet der industriellen Leistungseinheiten verwendet. Für den Inverter wird gewöhnlich eine kommerzielle Leistungsversorgung (Wechselspannungsversorgung) verwendet. Folglich umfasst der Inverter eine Umsetzereinheit, die zuerst eine Wechselspannung in eine Gleichspannung umsetzt (Vorwärtsumsetzung), eine Glättungsschaltungseinheit und eine Invertereinheit, die die Gleichspannung in eine Wechselspannung umgesetzt (inverse Umsetzung). Als Hauptleistungsvorrichtung in der Invertereinheit wird hauptsächlich ein Bipolartransistor mit isoliertem Gate (nachstehend als „IGBT“ bezeichnet), der eine Schaltoperation mit einer relativ hohen Geschwindigkeit durchführen kann, angewendet.

[0003] In den meisten Fällen ist die Last des Inverters eine elektrische Induktionsmaschine (Motor, der eine induktive Last ist). Die induktive Last ist mit einem Punkt eines Zwischenpotentials zwischen einem oberen Zweigelement und einem unteren Zweigelement verbunden und elektrischer Strom wird zur induktiven Last sowohl in der positiven als auch negativen Richtung fließen lassen. Um den in der induktiven Last fließenden Strom von dem Ende, mit dem die Last verbunden ist, zur Leistungsversorgung mit einem höheren Potential zurück zu lenken und den Strom von dem Ende, mit dem die Last verbunden ist, zur Masse zu lenken, ist eine Freilaufdiode zum Zirkulieren des Stroms zwischen der induktiven Last und einem geschlossenen Stromkreis der Zweigelemente erforderlich.

[0004] Im Inverter wird der IGBT gewöhnlich als Schaltvorrichtung betrieben, um einen AUS-Zustand und einen EIN-Zustand zu wiederholen, um die Leistungsenergie zu steuern. Hinsichtlich des Schaltens der Inverterschaltung mit einer induktiven Last wird der EIN-Zustand durch einen Einschaltprozess erreicht, während der AUS-Zustand durch einen Ausschaltprozess erreicht wird. Hier bezieht sich der Einschaltprozess auf einen Übergang des IGBT vom AUS-Zustand in den EIN-Zustand, während sich der Ausschaltprozess auf einen Übergang des IGBT vom EIN-Zustand in den AUS-Zustand bezieht. Während sich der IGBT im EIN-Zustand befindet, fließt kein Strom durch die Diode und die Diode befindet sich im AUS-Zustand. Während sich der IGBT im AUS-Zustand befindet, fließt dagegen ein Strom durch die Diode und die Diode befindet sich im EIN-Zustand.

[0005] Im Folgenden werden eine Struktur und eine Operation einer Diode beschrieben. In der Diode ist eine Anode mit einem Diffusionsbereich vom p-Typ in einer Hauptoberfläche eines Halbleitersubstrats vom n-Typ mit niedriger Konzentration ausgebildet. In der anderen Hauptoberfläche des Halbleitersubstrats ist eine Kathode mit einem Bereich vom n⁺-Typ mit hoher Konzentration ausgebildet. Um eine Durchbruchspannung der Diode sicherzustellen, während eine Spannung zwischen der Kathode und der Anode angelegt wird, wird üblicherweise und umfangreich die Diode mit einem Schutzring (Bereich vom p-Typ) verwendet. Der Schutzring ist in einem Abstand vom äußeren Umfang der Anode (Diffusionsbereich vom p-Typ) ausgebildet, so dass der Schutzring die Anode umgibt, und folglich wird ein elektrisches Feld in einem Endabschnitt der Anode, der auf der äußeren Umfangsseite der Anode angeordnet ist, verringert.

[0006] Im EIN-Zustand, in dem eine hohe Spannung in der Durchlassrichtung zwischen der Anode und der Kathode angelegt wird, werden viele Ladungsträger in einem Bereich vom n-Typ (Driftschicht) des Halbleitersubstrats angesammelt. Im AUS-Zustand, in dem eine hohe Spannung in der Sperrrichtung zwischen der Anode und der Kathode (zum Zeitpunkt der Sperrerholung) angelegt wird, werden die in der Driftschicht angesammelten Ladungsträger entladen, so dass ein Sperrrückgewinnungsstrom fließt. Zu diesem Zeitpunkt werden ein großer Strom und eine große Spannung an die Diode angelegt und folglich wird Wärme erzeugt, die von einem großen Leistungsverbrauch begleitet ist. Dies ist eine der Ursachen der Behinderung für das schnelle Schalten.

[0007] Dokumente, die eine Leistungshalbleitervorrichtung mit einer Diode offenbaren, sind beispielsweise JP 2011-514674-A, JP 2000-114550-A, JP 2003-101039-A und JP 07-221326-A.

[0008] US 6 177 713 B1 offenbart eine Freilaufdiode, bei der die Zerstörung eines innersten Feldbegrenzungsringes verhindert wird.

[0009] Hierbei ist das Anodenelektrodenmetall auf der p-dotierten Anodenschicht vom äußeren Rand der Anodenschicht beabstandet. Dadurch wird beim Anlegen einer Spannung in Flussrichtung an die Diode ein über den innersten Feldbegrenzungsring fließender Strom durch den Widerstand der Anodenschicht begrenzt. Als Folge sammeln sich unter dem innersten Feldbegrenzungsring nicht so viele positive Ladungen und ein beim Anlegen einer Sperrspannung zum innersten Feldbegrenzungsring fließender Erholungsstrom kann begrenzt werden.

[0010] JP 2009-087 973 A widmet sich dem gleichen Problem. Dabei wird die Anodenregion in einen inneren und äußeren Bereich unterteilt, wobei für den äußeren Bereich eine höhere durchschnittliche Dotie-

rungskonzentration gewählt wird als für den inneren Bereich.

[0011] US 2006 / 0 113 613 A1 offenbart eine Randbegrenzung einer Dioden- oder Transistorstruktur mit p- Feldebegrenzungsringen in Kombination mit Feldplatten darüber. Insbesondere ist der der Anodenelektrode nächstgelegene Feldebegrenzungsring mit der Anodenelektrode verbunden.

[0012] Die Halbleitervorrichtung weist jedoch das folgende Problem auf. Wenn sich die Diode im EIN-Zustand befindet, werden Ladungsträger nicht nur in einem Bereich der Driftschicht, der untermittelbar unter der Anode liegt, diffundiert und angesammelt, sondern auch in einem Bereich der Driftschicht, der untermittelbar unter dem Schutzring liegt.

[0013] Wenn ein Wechsel vom EIN-Zustand in den AUS-Zustand durchgeführt wird, werden die in der Driftschicht angesammelten Ladungsträger beispielsweise von der Anode oder Kathode entladen und verschwinden letztendlich. Zu diesem Zeitpunkt fließen in den Diffusionsbereich vom p-Typ der Anode sowohl die Ladungsträger (Löcher), die im Bereich der Driftschicht unmittelbar unter der Anode angesammelt sind, als auch die Ladungsträger (Löcher), die im Bereich der Driftschicht unmittelbar unter dem Schutzring angesammelt sind. Insbesondere fließen die Löcher konzentriert in den Endabschnitt der Anode. Daher treten eine Konzentration des elektrischen Feldes und folglich eine Temperaturerhöhung zum Endabschnitt der Anode auf, was zu einer Möglichkeit führt, dass die Diode durchbrochen wird.

[0014] Die vorliegende Erfindung wurde durchgeführt, um das vorstehend beschriebene Problem zu lösen, und eine Aufgabe der Erfindung besteht darin, eine Halbleitervorrichtung zu schaffen, in der die Stromkonzentration im Endabschnitt der Anode unterdrückt wird.

[0015] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch eine Halbleitervorrichtung nach Anspruch 1 gelöst.

[0016] Eine Halbleitervorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung umfasst ein Halbleitersubstrat, eine Anode, einen Schutzring und eine Kathode. Das Halbleitersubstrat weist eine erste Hauptoberfläche und eine zweite Hauptoberfläche entgegengesetzt zueinander auf. Die Anode ist in der ersten Hauptoberfläche des Halbleitersubstrats ausgebildet. Der Schutzring ist in der ersten Hauptoberfläche des Halbleitersubstrats und in einem Abstand von einem äußeren Umfang der Anode so ausgebildet, dass er die Anode umgibt. Die Kathode ist in der zweiten Hauptoberfläche des Halbleitersubstrats ausgebildet. Die Anode umfasst in ihrem Endabschnitt, der am äußeren Umfang angeordnet ist, einen Bereich mit rela-

tiv hoher Störstellenkonzentration und einen Bereich mit relativ niedriger Störstellenkonzentration.

[0017] In der Halbleitervorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung kann die Stromkonzentration im Endabschnitt der Anode der Diode unterdrückt werden.

[0018] Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

[0019] Die vorangehenden und weitere Aufgaben, Merkmale, Aspekte und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden aus der folgenden ausführlichen Beschreibung der vorliegenden Erfindung in Verbindung mit den begleitenden Zeichnungen besser ersichtlich.

[0020] Weitere Merkmale und Zweckmäßigkeiten der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung von Ausführungsformen der Erfindung anhand der Figuren. Von den Figuren zeigen:

Fig. 1 eine Querschnittsansicht einer Leistungshalbleitervorrichtung mit einer Diode in einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 2 eine Querschnittsansicht, die den Fluss von Ladungsträgern zum Erläutern einer EIN-Operation der Halbleitervorrichtung in der ersten Ausführungsform zeigt.

Fig. 3 eine Querschnittsansicht, die den Fluss von Ladungsträgern zum Erläutern einer AUS-Operation der Halbleitervorrichtung in der ersten Ausführungsform zeigt.

Fig. 4 eine Querschnittsansicht einer Leistungshalbleitervorrichtung mit einer Diode in einem Vergleichsbeispiel.

Fig. 5 eine Querschnittsansicht, die das Verhalten von Ladungsträgern zum Erläutern einer AUS-Operation der Leistungshalbleitervorrichtung mit einer Diode im Vergleichsbeispiel zeigt.

Fig. 6 einen Graphen, der jeweilige Änderungen des Stroms, der Spannung und der Temperatur mit der Zeit, wenn die Leistungshalbleitervorrichtung mit einer Diode vom EIN-Zustand in den Aus-Zustand wechselt, im Vergleichsbeispiel zeigt.

Fig. 7 eine Querschnittsansicht, die den Fluss von Ladungsträgern zum Erläutern der Funktion und des Effekts in der ersten Ausführungsform zeigt.

Fig. 8 eine Querschnittsansicht einer Leistungshalbleitervorrichtung mit einer Diode in einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 9 eine Querschnittsansicht, die den Fluss von Ladungsträgern, wenn ein Wechsel vom EIN-Zustand in den AUS-Zustand durchgeführt wird, zum Erläutern der Funktion und des Effekts in der zweiten Ausführungsform zeigt.

Fig. 10 eine Querschnittsansicht einer Leistungshalbleitervorrichtung mit einer Diode in einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 11 eine Querschnittsansicht, die den Fluss von Ladungsträgern, wenn ein Wechsel vom EIN-Zustand in den AUS-Zustand durchgeführt wird, zum Erläutern der Funktion und des Effekts in der dritten Ausführungsform zeigt.

Fig. 12 eine Querschnittsansicht einer Leistungshalbleitervorrichtung mit einer Diode in einer vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 13 eine Querschnittsansicht, die den Fluss von Ladungsträgern, wenn ein Wechsel vom EIN-Zustand in den AUS-Zustand durchgeführt wird, zum Erläutern der Funktion und des Effekts in der vierten Ausführungsform zeigt.

Fig. 14 eine Querschnittsansicht einer Leistungshalbleitervorrichtung mit einer Diode in einer fünften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 15 eine Querschnittsansicht, die den Fluss von Ladungsträgern, wenn ein Wechsel vom EIN-Zustand in den AUS-Zustand durchgeführt wird, zum Erläutern der Funktion und des Effekts in der fünften Ausführungsform zeigt.

Fig. 16 eine Querschnittsansicht einer Leistungshalbleitervorrichtung mit einer Diode in einer sechsten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 17 eine Querschnittsansicht, die den Fluss von Ladungsträgern, wenn ein Wechsel vom EIN-Zustand in den AUS-Zustand durchgeführt wird, zum Erläutern der Funktion und des Effekts in der sechsten Ausführungsform zeigt.

Fig. 18 eine Querschnittsansicht einer Leistungshalbleitervorrichtung mit einer Diode in einer siebten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 19 eine Querschnittsansicht, die den Fluss von Ladungsträgern, wenn ein Wechsel vom EIN-Zustand in den AUS-Zustand durchgeführt wird, zum Erläutern der Funktion und des Effekts in der siebten Ausführungsform zeigt.

Fig. 20 eine Querschnittsansicht einer Leistungshalbleitervorrichtung mit einer Diode in einer achten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 21 eine Querschnittsansicht, die den Fluss von Ladungsträgern, wenn ein Wechsel vom EIN-Zustand in den AUS-Zustand durchgeführt wird, zum Erläutern der Funktion und des Effekts in der achten Ausführungsform zeigt.

Fig. 22 eine Querschnittsansicht einer Leistungshalbleitervorrichtung mit einer Diode in einer neunten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 23 eine Querschnittsansicht, die den Fluss von Ladungsträgern, wenn ein Wechsel vom EIN-Zustand in den AUS-Zustand durchgeführt wird, zum Erläutern der Funktion und des Effekts in der neunten Ausführungsform zeigt.

Fig. 24 eine Querschnittsansicht einer Leistungshalbleitervorrichtung mit einer Diode in einer zehnten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 25 eine Querschnittsansicht, die den Fluss von Ladungsträgern, wenn ein Wechsel vom EIN-Zustand in den AUS-Zustand durchgeführt wird, zum Erläutern der Funktion und des Effekts in der zehnten Ausführungsform zeigt.

Fig. 26 eine Querschnittsansicht einer Leistungshalbleitervorrichtung mit einer Diode in einer elften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 27 eine Querschnittsansicht, die den Fluss von Ladungsträgern, wenn ein Wechsel vom EIN-Zustand in den AUS-Zustand durchgeführt wird, zum Erläutern der Funktion und des Effekts in der elften Ausführungsform zeigt.

Fig. 28 eine Querschnittsansicht einer Leistungshalbleitervorrichtung mit einer Diode in einer zwölften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 29 eine Querschnittsansicht, die den Fluss von Ladungsträgern, wenn ein Wechsel vom EIN-Zustand in den AUS-Zustand durchgeführt wird, zum Erläutern der Funktion und des Effekts in der zwölften Ausführungsform zeigt.

Erste Ausführungsform

[0021] Eine Leistungshalbleitervorrichtung mit einer Diode in einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird beschrieben. Wie in **Fig. 1** gezeigt, umfasst die Halbleitervorrichtung **1** ein Halbleitersubstrat **2** vom n-Typ mit niedriger Konzentration mit einer Hauptoberfläche, in der eine Anode **3** der Diode ausgebildet ist. In einem Abstand vom äußeren Umfang der Anode **3** ist ein Schutzring **4** so ausgebildet, dass er die Anode **3** umgibt. Die Anode **3** umfasst einen Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ, einen Bereich **11a** vom p-Typ und eine Anodenelektrode **8**. Der Schutzring **4** umfasst einen Bereich **4a** vom p⁺-

Typ. Unterdessen ist in der anderen Hauptoberfläche des Halbleitersubstrats **2** eine Kathode **6** ausgebildet. Die Kathode **6** umfasst einen Bereich **6a** vom n⁺-Typ mit hoher Konzentration.

[0022] Die Struktur der Anode **3** wird genauer beschrieben. Der Bereich **11a** vom p⁻-Typ ist in einem Endabschnitt der Anode **3** ausgebildet. Der Endabschnitt ist auf der äußeren Umfangsseite der Anode **3** angeordnet. Der Bereich **11a** vom p⁻-Typ ist als Bereich mit relativ hohem elektrischem Widerstand ausgebildet, der zwischen die Diffusionsbereiche **3a** vom p⁺-Typ eingefügt ist. Der Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ und der Bereich **11a** vom p⁻-Typ sind von der einen Hauptoberfläche in dieselbe Tiefe ausgebildet. Hier soll dieselbe Tiefe nicht exakt dieselbe Tiefe bedeuten, sondern umfasst eine Herstellungstoleranz. Überdies ist die Oberfläche des Bereichs **11a** vom p⁻-Typ mit einem Isolationsfilm **7** bedeckt.

[0023] Der Bereich **11a** vom p⁻-Typ weist eine Störstellenkonzentration auf, die niedriger festgelegt ist als die Störstellenkonzentration des Diffusionsbereichs **3a** vom p⁺-Typ. Der Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ weist eine Störstellenkonzentration beispielsweise in der Größenordnung von $1 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ bis $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ auf. Der Bereich **11a** vom p⁻-Typ weist eine Störstellenkonzentration beispielsweise in der Größenordnung von $1 \times 10^{14}/\text{cm}^3$ bis $1 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ auf. Es sollte beachtet werden, dass das Halbleitersubstrat **2** vom n⁻-Typ mit niedriger Konzentration eine Störstellenkonzentration beispielsweise in der Größenordnung von $1 \times 10^{13}/\text{cm}^3$ bis $1 \times 10^{14}/\text{cm}^3$ aufweist. Überdies weist der Bereich **6a** vom n⁺-Typ mit hoher Konzentration eine Störstellenkonzentration beispielsweise in der Größenordnung von $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ bis $1 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ auf.

[0024] Im Folgenden wird eine Operation der vorstehend beschriebenen Halbleitervorrichtung beschrieben. In einer Diode einer Inverterschaltung treten ein EIN-Zustand und ein AUS-Zustand abwechselnd wiederholt in Reaktion auf eine Schaltoperation des IGBT auf. Wenn sich der IGBT im EIN-Zustand befindet, befindet sich die Diode im AUS-Zustand. Wenn sich der IGBT im AUS-Zustand befindet, befindet sich die Diode im EIN-Zustand.

[0025] Im EIN-Zustand, in dem eine hohe Spannung in der Durchlassrichtung zwischen der Anode **3** und der Kathode **6** der Diode angelegt wird, werden viele Ladungsträger, wie in **Fig. 2** gezeigt, in einem Bereich vom n⁻-Typ (Driftschicht) des Halbleitersubstrats **2** angesammelt. Löcher werden nämlich vom Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ in Richtung der Driftschicht des Halbleitersubstrats **2** injiziert und Elektronen werden vom Bereich **6a** vom n⁺-Typ mit hoher Konzentration in Richtung der Driftschicht des Halbleitersubstrats **2** injiziert.

[0026] Dann verursacht das Anlegen einer hohen Spannung in der Sperrrichtung zwischen der Anode **3** und der Kathode **6** der Diode, dass die Diode vom EIN-Zustand in den AUS-Zustand wechselt. Wie in **Fig. 3** gezeigt, werden, wenn die Diode vom EIN-Zustand in den AUS-Zustand umgeschaltet werden soll, von den in der Driftschicht im EIN-Zustand angesammelten Ladungsträgern Elektronen von der Kathode **6** entladen und Löcher werden von der Anode **3** entladen. Ein Teil der Elektronen und ein Teil der Löcher werden rekombiniert, so dass sie verschwinden, und die injizierten Ladungsträger verschwinden letztendlich, was den AUS-Zustand verursacht.

[0027] Im Endabschnitt der Anode **3** der Halbleitervorrichtung **1**, wie vorstehend beschrieben, ist ein Bereich **11a** vom p⁻-Typ mit relativ niedriger Störstellenkonzentration ausgebildet. Folglich kann die Konzentration des elektrischen Feldes im Endabschnitt der Anode **3** abgeschwächt werden. Dies wird in Verbindung mit einer Halbleitervorrichtung eines Vergleichsbeispiels beschrieben.

[0028] Die Halbleitervorrichtung des Vergleichsbeispiels weist eine ähnliche Struktur zur vorstehend beschriebenen Halbleitervorrichtung auf, außer dass die Anode keinen Bereich **11a** vom p⁻-Typ mit einer anderen Störstellenkonzentration als die Störstellenkonzentration des Diffusionsbereichs **3a** vom p⁺-Typ aufweist.

[0029] Wie in **Fig. 4** gezeigt, umfasst eine Halbleitervorrichtung **101** ein Halbleitersubstrat **102** mit einer Hauptoberfläche, in der eine Anode **103** einer Diode ausgebildet ist. In einem Abstand vom äußeren Umfang der Anode **103** ist ein Schutzring **104** so ausgebildet, dass er die Anode **103** umgibt. Die Anode **103** umfasst einen Diffusionsbereich **103a** vom p⁺-Typ. Der Schutzring **104** umfasst einen Bereich **104a** vom p⁺-Typ. Unterdessen ist in der anderen Hauptoberfläche des Halbleitersubstrats **102** eine Kathode **106** ausgebildet. Die Kathode **106** umfasst einen Bereich **106a** vom n⁺-Typ mit hoher Konzentration.

[0030] Im Folgenden wird eine Operation der Halbleitervorrichtung im Vergleichsbeispiel beschrieben. Im EIN-Zustand, in dem eine hohe Spannung in der Durchlassrichtung zwischen der Anode **103** und der Kathode **106** der Diode angelegt wird, werden Löcher vom Diffusionsbereich **103a** vom p⁺-Typ in Richtung eines Bereichs vom n⁻-Typ (Driftschicht) des Halbleitersubstrats **102** injiziert und Elektronen werden vom Bereich **106a** vom n⁺-Typ mit hoher Konzentration in Richtung der Driftschicht des Halbleitersubstrats **102** injiziert.

[0031] Dann verursacht das Anlegen einer hohen Spannung in der Sperrrichtung zwischen der Anode **103** und der Kathode **106** der Diode, dass die Diode vom EIN-Zustand in den AUS-Zustand wechselt.

Zu diesem Zeitpunkt werden von den Ladungsträgern, die im EIN-Zustand in der Driftschicht angesammelt wurden, Elektronen von der Kathode **106** entladen und Löcher werden von der Anode **103** entladen. Folglich verschwinden die injizierten Ladungsträger letztendlich.

[0032] Zu diesem Zeitpunkt fließen in den Diffusionsbereich **103a** vom p⁺-Typ der Anode **103** sowohl die Ladungsträger (Löcher), die in der Driftschicht unmittelbar unter der Anode **103** angesammelt sind, als auch die Ladungsträger (Löcher), die in der Driftschicht unmittelbar unter dem Schutzring **104** angesammelt sind (Sperrerholungsstrom). Daher konzentriert sich der Strom insbesondere in einem Endabschnitt (gestrichelter Kasten **115**) des Diffusionsbereichs **103a** vom p⁺-Typ, der in der direkten Nähe des Schutzrings **104** angeordnet ist.

[0033] Hier sind jeweilige Änderungen des in der Diode fließenden Stroms, der an die Diode angelegten Spannung und der Temperatur der Diode mit der Zeit, wenn die Diode vom EIN-Zustand in den AUS-Zustand wechselt, in **Fig. 6** gezeigt. Wie in **Fig. 6** gezeigt, fließt ein Sperrerholungsstrom (Erholungsstrom) in der Diode, wenn die Diode vom EIN-Zustand in den AUS-Zustand wechselt (siehe durchgezogene Linie im Graphen). Zu diesem Zeitpunkt fließen Ladungsträger (Löcher) konzentriert in den Endabschnitt (gestrichelter Kasten **115**) des Diffusionsbereichs **103a** vom p⁺-Typ. Aufgrund dessen konzentriert sich ein elektrisches Feld im Endabschnitt der Anode, was verursacht, dass die Temperatur der Diode nachteilig ansteigt (siehe die Linie mit abwechselnd langen und kurzen Strichen im Graphen). Folglich entsteht eine Möglichkeit eines Durchbruchs der Diode.

[0034] Im Gegensatz zur Halbleitervorrichtung des Vergleichsbeispiels umfasst die vorstehend beschriebene Halbleitervorrichtung der vorliegenden Ausführungsform einen Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ und einen Bereich **11a** vom p⁻-Typ, die im Endabschnitt der Anode **3** ausgebildet sind. Die Störstellenkonzentration des Bereichs **11a** vom p⁻-Typ ist niedriger als die Störstellenkonzentration des Diffusionsbereichs **3a** vom p⁺-Typ und der Bereich **11a** vom p⁻-Typ ist als Bereich mit einem höheren elektrischen Widerstand als der Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ so ausgebildet, dass der Bereich **11a** vom p⁻-Typ zwischen die Diffusionsbereiche **3a** vom p⁺-Typ eingefügt ist. Überdies ist der Bereich **11a** vom p⁻-Typ von einer Hauptoberfläche in dieselbe Tiefe wie der Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ ausgebildet.

[0035] Wenn die Diode vom EIN-Zustand in den AUS-Zustand wechselt, fließt folglich ein Strom konzentriert in mindestens zwei verteilte Bereiche (gestrichelte Kästen **15a**, **15b**) in der Anode **3**, wie in **Fig. 7** gezeigt. Da die Bereiche, in die der Strom konzen-

triert fließt, verteilt sind, wird die Konzentration des elektrischen Feldes abgeschwächt. Folglich wird eine Temperaturerhöhung der Diode unterdrückt und es kann verhindert werden, dass die Diode durchbrochen wird.

Zweite Ausführungsform

[0036] Eine Leistungshalbleitervorrichtung mit einer Diode in einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird beschrieben.

[0037] Wie in **Fig. 8** gezeigt, umfasst eine Anode **3** einen Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ und einen Bereich **12a** vom p⁺⁺-Typ. Der Bereich **12a** vom p⁺⁺-Typ ist als Bereich mit relativ niedrigem elektrischem Widerstand in einem Endabschnitt der Anode **3** ausgebildet. Der Bereich **12a** vom p⁺⁺-Typ ist so angeordnet, dass er zwischen den Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ, der auf der Seite des Schutzrings **4** angeordnet ist, und den Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ, der auf der entgegengesetzten Seite zur Seite des Schutzrings **4** angeordnet ist, eingefügt ist.

[0038] Der Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ und der Bereich **12a** vom p⁺⁺-Typ sind von einer Hauptoberfläche in dieselbe Tiefe ausgebildet. Hier soll dieselbe Tiefe nicht exakt dieselbe Tiefe bedeuten, sondern umfasst eine Herstellungstoleranz. Der Bereich **12a** vom p⁺⁺-Typ weist eine Störstellenkonzentration auf, die höher festgelegt ist als die Störstellenkonzentration des Diffusionsbereichs **3a** vom p⁺-Typ. Der Bereich **12a** vom p⁺⁺-Typ weist eine Störstellenkonzentration beispielsweise in der Größenordnung von $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ bis $1 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ auf. Andere Merkmale als die vorstehend beschriebenen sind ähnlich zu jenen der in **Fig. 1** gezeigten Halbleitervorrichtung. Daher sind dieselben Komponenten mit denselben Bezugszeichen bezeichnet und deren Beschreibung wird nicht wiederholt.

[0039] Im Folgenden wird eine Operation der vorstehend beschriebenen Halbleitervorrichtung kurz beschrieben. Wenn sich die Diode im EIN-Zustand befindet, werden Löcher vom Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ in Richtung eines Bereichs vom n⁻-Typ (Driftschicht) des Halbleitersubstrats **2** injiziert und Elektronen werden vom Bereich **6a** vom n⁺-Typ mit hoher Konzentration in Richtung der Driftschicht des Halbleitersubstrats **2** injiziert. Wenn dagegen die Diode vom EIN-Zustand in den AUS-Zustand umgeschaltet werden soll, werden von den Ladungsträgern, die in der Driftschicht im EIN-Zustand angesammelt wurden, Elektronen von der Kathode **6** entladen und Löcher werden von der Anode **3** entladen, was den AUS-Zustand verursacht.

[0040] Im Endabschnitt der Anode **3** in der vorstehend beschriebenen Halbleitervorrichtung sind der Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ und der Bereich

12a vom p^{++} -Typ ausgebildet. Der Bereich **12a** vom p^{++} -Typ weist eine höhere Störstellenkonzentration auf als der Diffusionsbereich **3a** vom p^+ -Typ und ist als Bereich mit einem niedrigeren elektrischen Widerstand als der Diffusionsbereich **3a** vom p^+ -Typ so ausgebildet, dass der Bereich **12a** vom p^{++} -Typ zwischen die Diffusionsbereiche **3a** vom p^+ -Typ eingefügt ist. Überdies sind der Bereich **12a** vom p^{++} -Typ und der Diffusionsbereich **3a** vom p^+ -Typ von einer Hauptoberfläche in dieselbe Tiefe ausgebildet. Im Endabschnitt der Anode **3** der Diode sind nämlich ein Bereich (Bereich **12a** vom p^{++} -Typ) mit relativ niedrigem elektrischem Widerstand und ein Bereich (Diffusionsbereich **3a** vom p^+ -Typ) mit relativ hohem elektrischem Widerstand angeordnet.

[0041] Wenn die Diode vom EIN-Zustand in den AUS-Zustand wechselt, fließt folglich ein Strom konzentriert in mindestens zwei verteilte Bereiche (gestrichelte Kästen **15a**, **15b**) in der Anode **3**, wie in **Fig. 9** gezeigt. Da die Bereiche, in die der Strom konzentriert fließt, verteilt sind, wird die Konzentration des elektrischen Feldes abgeschwächt. Folglich wird eine Temperaturerhöhung der Diode unterdrückt und es kann verhindert werden, dass die Diode durchbrochen wird.

Dritte Ausführungsform

[0042] Eine Leistungshalbleitervorrichtung mit einer Diode in einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird beschrieben.

[0043] Wie in **Fig. 10** gezeigt, umfasst die Anode **3** einen Diffusionsbereich **3a** vom p^+ -Typ und einen Bereich **11b** vom p^- -Typ. Der Bereich **11b** vom p^- -Typ ist als Bereich mit relativ hohem elektrischem Widerstand in einem Endabschnitt der Anode **3** ausgebildet. Der Bereich **11b** vom p^- -Typ ist von einer Hauptoberfläche so ausgebildet, dass er sich in einen Bereich erstreckt, der flacher ist als der Diffusionsbereich **3a** vom p^+ -Typ, so dass die Querseite und Unterseite des Bereichs **11b** vom p^- -Typ vom Diffusionsbereich **3a** vom p^+ -Typ umgeben sind. Andere Merkmale als die vorstehend beschriebenen sind zu jenen der in **Fig. 1** gezeigten Halbleitervorrichtung ähnlich. Daher sind dieselben Komponenten mit denselben Bezugszeichen bezeichnet und deren Beschreibung wird nicht wiederholt.

[0044] Im Folgenden wird eine Operation der vorstehend beschriebenen Halbleitervorrichtung kurz beschrieben. Wenn sich die Diode im EIN-Zustand befindet, werden Löcher vom Diffusionsbereich **3a** vom p^+ -Typ in Richtung eines Bereichs vom n -Typ (Driftschicht) des Halbleitersubstrats **2** injiziert und Elektronen werden vom Bereich **6a** vom n^+ -Typ mit hoher Konzentration in Richtung der Driftschicht des Halbleitersubstrats **2** injiziert. Wenn dagegen die Diode vom EIN-Zustand in den AUS-Zustand umgeschal-

tet werden soll, werden von den Ladungsträgern, die in der Driftschicht im EIN-Zustand angesammelt wurden, Elektronen von der Kathode **6** entladen und Löcher werden von der Anode **3** entladen, was den AUS-Zustand verursacht.

[0045] Im Endabschnitt der Anode **3** in der vorstehend beschriebenen Halbleitervorrichtung sind ein Diffusionsbereich **3a** vom p^+ -Typ und ein Bereich **11b** vom p^- -Typ ausgebildet. Der Bereich **11b** vom p^- -Typ weist eine niedrigere Störstellenkonzentration auf als der Diffusionsbereich **3a** vom p^+ -Typ. Der Bereich **11b** vom p^- -Typ ist als Bereich mit einem höheren elektrischen Widerstand als der Diffusionsbereich **3a** vom p^+ -Typ von einer Hauptoberfläche so ausgebildet, dass er sich in einem flacheren Bereich erstreckt als der Diffusionsbereich **3a** vom p^+ -Typ, so dass seine Unterseite und Querseite vom Diffusionsbereich **3a** vom p^+ -Typ umgeben sind. Im Endabschnitt der Anode **3** der Diode sind nämlich ein Bereich (Diffusionsbereich **3a** vom p^+ -Typ) mit relativ niedrigem elektrischem Widerstand und ein Bereich (Bereich **11b** vom p^- -Typ) mit relativ hohem elektrischem Widerstand angeordnet.

[0046] Wenn die Diode vom EIN-Zustand in den AUS-Zustand wechselt, fließt ein Strom folglich konzentriert in mindestens zwei verteilte Bereiche (gestrichelte Kästen **15a**, **15b**) in der Anode **3**, wie in **Fig. 11** gezeigt. Da die Bereiche, in die der Strom konzentriert fließt, verteilt sind, wird die Konzentration des elektrischen Feldes abgeschwächt. Folglich wird eine Temperaturerhöhung der Diode unterdrückt und es kann verhindert werden, dass die Diode durchbrochen wird.

Vierte Ausführungsform

[0047] Eine Leistungshalbleitervorrichtung mit einer Diode in einer vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird beschrieben.

[0048] Wie in **Fig. 12** gezeigt, umfasst die Anode **3** einen Diffusionsbereich **3a** vom p^+ -Typ und einen Bereich **12b** vom p^{++} -Typ. Der Bereich **12b** vom p^{++} -Typ ist als Bereich mit relativ niedrigem elektrischem Widerstand in einem Endabschnitt der Anode **3** ausgebildet. Der Bereich **12b** vom p^{++} -Typ ist von einer Hauptoberfläche so ausgebildet, dass er sich in einen Bereich erstreckt, der flacher ist als der Diffusionsbereich **3a** vom p^+ -Typ, so dass die Querseite und Unterseite des Bereichs **12b** vom p^{++} -Typ vom Diffusionsbereich **3a** vom p^+ -Typ umgeben sind. Andere Merkmale als die vorstehend beschriebenen sind zu jenen der in **Fig. 1** gezeigten Halbleitervorrichtung ähnlich. Daher sind dieselben Komponenten mit denselben Bezugszeichen bezeichnet und deren Beschreibung wird nicht wiederholt.

[0049] Im Folgenden wird eine Operation der vorstehend beschriebenen Halbleitervorrichtung kurz beschrieben. Wenn sich die Diode im EIN-Zustand befindet, werden Löcher vom Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ in Richtung eines Bereichs vom n-Typ (Driftschicht) des Halbleitersubstrats **2** injiziert und Elektronen werden vom Bereich **6a** vom n⁺-Typ mit hoher Konzentration in Richtung der Driftschicht des Halbleitersubstrats **2** injiziert. Wenn dagegen die Diode vom EIN-Zustand in den AUS-Zustand umgeschaltet werden soll, werden von den Ladungsträgern, die in der Driftschicht im EIN-Zustand angesammelt wurden, Elektronen von der Kathode **6** entladen und Löcher werden von der Anode **3** entladen, was den AUS-Zustand verursacht.

[0050] Im Endabschnitt der Anode **3** in der vorstehend beschriebenen Halbleitervorrichtung sind ein Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ und ein Bereich **12b** vom p⁺⁺-Typ ausgebildet. Der Bereich **12b** vom p⁺⁺-Typ weist eine höhere Störstellenkonzentration auf als der Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ. Der Bereich **12b** vom p⁺⁺-Typ ist als Bereich mit einem niedrigeren elektrischen Widerstand als der Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ von einer Hauptoberfläche so ausgebildet, so dass er sich in einen Bereich erstreckt, der flacher ist als der Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ, so dass die Unterseite und Querseite des Bereichs **12b** vom p⁺⁺-Typ vom Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ umgeben sind. Im Endabschnitt der Anode **3** der Diode sind nämlich ein Bereich (Bereich **12b** vom p⁺⁺-Typ) mit relativ niedrigem elektrischem Widerstand und ein Bereich (Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ) mit relativ hohem elektrischem Widerstand angeordnet.

[0051] Wenn die Diode vom EIN-Zustand in den AUS-Zustand wechselt, fließt folglich ein Strom konzentriert in mindestens zwei verteilte Bereiche (gestrichelte Kästen **15a**, **15b**) in der Anode **3**, wie in **Fig. 13** gezeigt. Da die Bereiche, in die der Strom konzentriert fließt, verteilt sind, wird die Konzentration des elektrischen Feldes abgeschwächt. Folglich wird eine Temperaturerhöhung der Diode unterdrückt und es kann verhindert werden, dass die Diode durchbrochen wird.

Fünfte Ausführungsform

[0052] Eine Leistungshalbleitervorrichtung mit einer Diode in einer fünften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird beschrieben.

[0053] Wie in **Fig. 14** gezeigt, umfasst die Anode **3** einen Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ und einen Bereich **11c** vom p-Typ. Der Bereich **11c** vom p-Typ ist als Bereich mit relativ hohem elektrischem Widerstand in einem Endabschnitt der Anode **3** ausgebildet. Der Bereich **11c** vom p-Typ ist so angeordnet, dass er zwischen den Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-

Typ, der auf der Seite des Schutzrings **4** angeordnet ist, und den Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ, der auf der entgegengesetzten Seite zur Seite des Schutzrings **4** angeordnet ist, eingefügt ist.

[0054] Der Bereich **11c** vom p-Typ ist von einer Hauptoberfläche so ausgebildet, dass er sich in einen tieferen Bereich als der Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ erstreckt, so dass der Bereich **11c** vom p-Typ in einem größeren Ausmaß nach unten vorsteht als der Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ. Andere Merkmale als die vorstehend beschriebenen sind zu jenen der in **Fig. 1** gezeigten Halbleitervorrichtung ähnlich. Daher sind dieselben Komponenten mit denselben Bezugszeichen bezeichnet und deren Beschreibung wird nicht wiederholt.

[0055] Im Folgenden wird eine Operation der vorstehend beschriebenen Halbleitervorrichtung kurz beschrieben. Wenn sich die Diode im EIN-Zustand befindet, werden Löcher vom Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ in Richtung eines Bereichs vom n-Typ (Driftschicht) des Halbleitersubstrats **2** injiziert und Elektronen werden vom Bereich **6a** vom n⁺-Typ mit hoher Konzentration in Richtung der Driftschicht des Halbleitersubstrats **2** injiziert. Wenn dagegen die Diode vom EIN-Zustand in den AUS-Zustand umgeschaltet werden soll, werden von den Ladungsträgern, die in der Driftschicht im EIN-Zustand angesammelt wurden, Elektronen von der Kathode **6** entladen und Löcher werden von der Anode **3** entladen, was den AUS-Zustand verursacht.

[0056] Im Endabschnitt der Anode **3** in der vorstehend beschriebenen Halbleitervorrichtung sind der Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ und der Bereich **11c** vom p-Typ ausgebildet. Der Bereich **11c** vom p-Typ weist eine niedrigere Störstellenkonzentration auf als der Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ. Der Bereich **11c** vom p-Typ ist als Bereich mit einem höheren elektrischen Widerstand als der Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ ausgebildet, so dass der Bereich **11c** vom p-Typ in einem größeren Ausmaß nach unten vorsteht als der Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ. Im Endabschnitt der Anode **3** der Diode sind nämlich ein Bereich (Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ) mit relativ niedrigem elektrischem Widerstand und ein Bereich (Bereich **11c** vom p-Typ) mit relativ hohem elektrischem Widerstand angeordnet.

[0057] Wenn die Diode vom EIN-Zustand in den AUS-Zustand wechselt, fließt folglich ein Strom konzentriert in mindestens zwei verteilte Bereiche (gestrichelte Kästen **15a**, **15b**) in der Anode **3**, wie in **Fig. 15** gezeigt. Da die Bereiche, in die der Strom konzentriert fließt, verteilt sind, wird die Konzentration des elektrischen Feldes abgeschwächt. Folglich wird eine Temperaturerhöhung der Diode unterdrückt und es kann verhindert werden, dass die Diode durchbrochen wird.

[0058] Im vorstehend beschriebenen Endabschnitt der Anode **3** ist überdies ein Bereich **11c** vom p-Typ ausgebildet, der eine Durchlassspannung (VF) der Diode beeinflusst. Die Durchlassspannung ist ein Spannungsabfall zwischen der Anode und der Kathode der Diode, wenn ein Durchlassstrom fließt. Da die Störstellenkonzentration des Bereichs **11c** vom p-Typ verringert ist, nimmt die Durchlassspannung gewöhnlich zu.

[0059] In der vorstehend beschriebenen Halbleitervorrichtung ist der Bereich **11c** vom p-Typ von einer Hauptoberfläche so ausgebildet, dass er sich in einen tieferen Bereich als der Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ erstreckt. Daher ist es unnötig, die Störstellenkonzentration des Bereichs **11c** vom p-Typ übermäßig zu verringern, um zu ermöglichen, dass der Strom im AUS-Zustand zerstreut wird, und folglich kann eine Erhöhung der Durchlassspannung immer noch unterdrückt werden.

Sechste Ausführungsform

[0060] Eine Leistungshalbleitervorrichtung mit einer Diode in einer sechsten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird beschrieben.

[0061] Wie in **Fig. 16** gezeigt, umfasst die Anode **3** einen Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ und einen Bereich **12c** vom p⁺⁺-Typ. Der Bereich **12c** vom p⁺⁺-Typ ist als Bereich mit relativ niedrigem elektrischem Widerstand in einem Endabschnitt der Anode **3** ausgebildet. Der Bereich **12c** vom p⁺⁺-Typ ist von einer Hauptoberfläche so ausgebildet, dass er sich in einen Bereich erstreckt, der tiefer ist als der Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ, so dass der Bereich **12c** vom p⁺⁺-Typ in einem größeren Ausmaß als der Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ nach unten vorsteht. Andere Merkmale als die vorstehend beschriebenen sind zu jenen der in **Fig. 1** gezeigten Halbleitervorrichtung ähnlich. Daher sind dieselben Komponenten mit denselben Bezugszeichen bezeichnet und deren Beschreibung wird nicht wiederholt.

[0062] Im Folgenden wird eine Operation der vorstehend beschriebenen Halbleitervorrichtung kurz beschrieben. Wenn sich die Diode im EIN-Zustand befindet, werden Löcher vom Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ in Richtung eines Bereichs vom n-Typ (Driftschicht) des Halbleitersubstrats **2** injiziert und Elektronen werden vom Bereich **6a** vom n-Typ mit hoher Konzentration in Richtung der Driftschicht des Halbleitersubstrats **2** injiziert. Wenn die Diode dagegen vom EIN-Zustand in den AUS-Zustand umgeschaltet werden soll, werden von den Ladungsträgern, die in der Driftschicht im EIN-Zustand angesammelt wurden, Elektronen von der Kathode **6** entladen und Löcher werden von der Anode **3** entladen, was den AUS-Zustand verursacht.

[0063] Im Endabschnitt der Anode **3** in der vorstehend beschriebenen Halbleitervorrichtung sind ein Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ und ein Bereich **12c** vom p⁺⁺-Typ ausgebildet. Der Bereich **12c** vom p⁺⁺-Typ weist eine höhere Störstellenkonzentration auf als der Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ. Der Bereich **12c** vom p⁺⁺-Typ ist als Bereich mit einem niedrigeren elektrischen Widerstand als der Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ von einer Hauptoberfläche so ausgebildet, dass er sich in einen Bereich erstreckt, der tiefer ist als der Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ, so dass der Bereich **12c** vom p⁺⁺-Typ sich in einem größeren Ausmaß nach unten erstreckt als der Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ. Im Endabschnitt der Anode **3** der Diode sind nämlich ein Bereich (Bereich **12c** vom p⁺⁺-Typ) mit relativ niedrigem elektrischem Widerstand und ein Bereich (Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ) mit relativ hohem elektrischem Widerstand angeordnet.

[0064] Wenn die Diode vom EIN-Zustand in den AUS-Zustand wechselt, fließt folglich ein Strom konzentriert in mindestens zwei verteilte Bereiche (gestrichelte Kästen **15a, 15b**) in der Anode **3**, wie in **Fig. 17** gezeigt. Da die Bereiche, in die der Strom konzentriert fließt, verteilt sind, wird die Konzentration des elektrischen Feldes abgeschwächt. Folglich wird eine Temperaturerhöhung der Diode unterdrückt und es kann verhindert werden, dass die Diode durchbrochen wird.

[0065] Im vorstehend beschriebenen Endabschnitt der Anode ist überdies der Bereich **12c** vom p⁺⁺-Typ ausgebildet, der einen Sperrerholungsverlust (Erholungsverlust) beeinflusst, der aufgrund des Sperrerholungsstroms verursacht wird. Da die Störstellenkonzentration des Bereichs **12c** vom p⁺⁺-Typ erhöht ist, nimmt gewöhnlich der Erholungsverlust zu.

[0066] In der vorstehend beschriebenen Halbleitervorrichtung ist ein Bereich **12c** vom p⁺⁺-Typ von einer Hauptoberfläche so ausgebildet, dass er sich in einen tieferen Bereich als der Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ erstreckt. Daher ist es unnötig, die Störstellenkonzentration des Bereichs **12c** vom p⁺⁺-Typ übermäßig zu erhöhen, um zu ermöglichen, dass der Strom im AUS-Zustand zerstreut wird, und folglich kann immer noch eine Erhöhung des Erholungsverlusts unterdrückt werden.

Siebte Ausführungsform

[0067] Eine Leistungshalbleitervorrichtung mit einer Diode in einer siebten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird beschrieben.

[0068] Wie in **Fig. 18** gezeigt, umfasst eine Anode **3** einen Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ und einen Bereich **11d** vom p-Typ. Mehrere Bereiche **11d** vom p-Typ sind jeweils als Bereich mit relativ hohem elek-

trischem Widerstand in einem Endabschnitt der Anode **3** ausgebildet. Mehrere Bereiche **11d** vom p-Typ sind jeweils so angeordnet, dass sie zwischen den Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ, der auf der Seite des Schutzrings **4** angeordnet ist, und den Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ, der auf der entgegengesetzten Seite zur Seite des Schutzrings **4** angeordnet ist, eingefügt sind. Andere Merkmale als die vorstehend beschriebenen sind zu jenen der in **Fig. 1** gezeigten Halbleitervorrichtung ähnlich. Daher sind dieselben Komponenten mit denselben Bezugszeichen bezeichnet und deren Beschreibung wird nicht wiederholt.

[0069] Im Folgenden wird eine Operation der vorstehend beschriebenen Halbleitervorrichtung kurz beschrieben. Wenn sich die Diode im EIN-Zustand befindet, werden Löcher vom Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ in Richtung des Bereichs vom n-Typ (Driftschicht) des Halbleitersubstrats **2** injiziert und Elektronen werden vom Bereich **6a** vom n⁺-Typ mit hoher Konzentration in Richtung der Driftschicht des Halbleitersubstrats **2** injiziert. Wenn dagegen die Diode vom EIN-Zustand in den AUS-Zustand umgeschaltet werden soll, werden von den Ladungsträgern, die im EIN-Zustand in der Driftschicht angesammelt wurden, Elektronen von der Kathode **6** entladen und Löcher werden von der Anode **3** entladen, was den AUS-Zustand verursacht.

[0070] Im Endabschnitt der Anode **3** in der vorstehend beschriebenen Halbleitervorrichtung sind ein Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ und mehrere Bereiche **11d** vom p-Typ ausgebildet. Der Bereich **11d** vom p-Typ weist eine niedrigere Störstellenkonzentration auf als der Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ. Mehrere Bereiche **11d** vom p-Typ sind jeweils als Bereich mit einem höheren elektrischen Widerstand als der Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ ausgebildet, so dass der Bereich **11d** vom p-Typ zwischen die Diffusionsbereiche **3a** vom p⁺-Typ eingefügt ist. Im Endabschnitt der Anode **3** der Diode sind nämlich ein Bereich (Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ) mit relativ niedrigem elektrischem Widerstand und mehrere Bereiche (Bereiche **11d** vom p-Typ) mit relativ hohem elektrischem Widerstand angeordnet.

[0071] Wenn die Diode vom EIN-Zustand in den AUS-Zustand wechselt, fließt folglich ein Strom konzentriert in mindestens drei verteilte Bereiche (gestrichelte Kästen **15a**, **15b**, **15c**) in der Anode **3**, wie in **Fig. 19** gezeigt. Da die Bereiche, in die der Strom konzentriert fließt, weiter verteilt sind, wird die Konzentration des elektrischen Feldes weiter abgeschwächt. Folglich wird eine Temperaturerhöhung der Diode unterdrückt und es kann verhindert werden, dass die Diode durchbrochen wird.

Achte Ausführungsform

[0072] Eine Leistungshalbleitervorrichtung mit einer Diode in einer achten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird beschrieben.

[0073] Wie in **Fig. 20** gezeigt, umfasst die Anode **3** einen Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ und einen Bereich **12d** vom p⁺⁺-Typ. Mehrere Bereiche **12d** vom p⁺⁺-Typ sind jeweils als Bereich mit relativ niedrigem elektrischem Widerstand in einem Endabschnitt der Anode **3** ausgebildet. Mehrere Bereiche **12d** vom p⁺⁺-Typ sind jeweils so ausgebildet, dass sie zwischen den Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ, der auf der Seite des Schutzrings **4** angeordnet ist, und den Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ, der auf der entgegengesetzten Seite zur Seite des Schutzrings **4** angeordnet ist, eingefügt sind. Andere Merkmale als die vorstehend beschriebenen sind zu jenen der in **Fig. 1** gezeigten Halbleitervorrichtung ähnlich. Daher sind dieselben Komponenten mit denselben Bezugszeichen bezeichnet und deren Beschreibung wird nicht wiederholt.

[0074] Im Folgenden wird eine Operation der vorstehend beschriebenen Halbleitervorrichtung kurz beschrieben. Wenn sich die Diode im EIN-Zustand befindet, werden Löcher vom Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ in Richtung eines Bereichs vom n-Typ (Driftschicht) des Halbleitersubstrats **2** injiziert und Elektronen werden vom Bereich **6a** vom n⁺-Typ mit hoher Konzentration in Richtung der Driftschicht des Halbleitersubstrats **2** injiziert. Wenn dagegen die Diode vom EIN-Zustand in den AUS-Zustand umgeschaltet werden soll, werden von den Ladungsträgern, die im EIN-Zustand in der Driftschicht angesammelt wurden, Elektronen von der Kathode **6** entladen und Löcher werden von der Anode **3** entladen, was den AUS-Zustand verursacht.

[0075] Im Endabschnitt der Anode in der vorstehend beschriebenen Halbleitervorrichtung sind ein Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ und mehrere Bereiche **12d** vom p⁺⁺-Typ ausgebildet. Der Bereich **12d** vom p⁺⁺-Typ weist eine höhere Störstellenkonzentration auf als der Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ. Mehrere Bereiche **12d** vom p⁺⁺-Typ sind jeweils als Bereich mit einem niedrigeren elektrischen Widerstand als der Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ so ausgebildet, dass sie zwischen die Diffusionsbereiche **3a** vom p⁺-Typ eingefügt sind. Im Endabschnitt der Anode **3** der Diode sind nämlich ein Bereich (Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ) mit relativ hohem elektrischem Widerstand und mehrere Bereiche (Bereiche **12d** vom p⁺⁺-Typ) mit relativ niedrigem elektrischem Widerstand angeordnet.

[0076] Wenn die Diode vom EIN-Zustand in den AUS-Zustand wechselt, fließt folglich ein Strom konzentriert in mindestens drei verteilte Bereiche (ge-

strichelte Kästen **15a**, **15b**, **15c**) in der Anode **3**, wie in **Fig. 21** gezeigt. Da die Bereiche, in die der Strom konzentriert fließt, weiter verteilt sind, wird die Konzentration des elektrischen Feldes weiter abgeschwächt. Folglich wird eine Temperaturerhöhung der Diode unterdrückt und es kann verhindert werden, dass die Diode durchbrochen wird.

Neunte Ausführungsform

[0077] Eine Leistungshalbleitervorrichtung mit einer Diode in einer neunten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird beschrieben.

[0078] Wie in **Fig. 22** gezeigt, umfasst die Anode **3** einen Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ und einen Bereich **11e** vom p⁻-Typ. Mehrere Bereiche **11e** vom p⁻-Typ sind jeweils als Bereich mit relativ hohem elektrischem Widerstand in einem Endabschnitt der Anode **3** ausgebildet. Mehrere Bereiche **11e** vom p⁻-Typ sind jeweils von einer Hauptoberfläche so ausgebildet, dass sie sich in einen Bereich erstrecken, der flacher ist als der Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ, so dass die Querseite und Unterseite des Bereichs **11e** vom p⁻-Typ vom Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ umgeben sind. Andere Merkmale als die vorstehend beschriebenen sind zu jenen der in **Fig. 1** gezeigten Halbleitervorrichtung ähnlich. Daher sind dieselben Komponenten mit denselben Bezugszeichen bezeichnet und deren Beschreibung wird nicht wiederholt.

[0079] Im Folgenden wird eine Operation der vorstehend beschriebenen Halbleitervorrichtung kurz beschrieben. Wenn sich die Diode im EIN-Zustand befindet, werden Löcher vom Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ in Richtung eines Bereichs vom n-Typ (Driftschicht) des Halbleitersubstrats **2** injiziert und Elektronen werden vom Bereich **6a** vom n⁺-Typ mit hoher Konzentration in Richtung der Driftschicht des Halbleitersubstrats **2** injiziert. Wenn dagegen die Diode vom EIN-Zustand in den AUS-Zustand umgeschaltet werden soll, werden von den Ladungsträgern, die im EIN-Zustand in der Driftschicht angesammelt wurden, Elektronen von der Kathode **6** entladen und Löcher werden von der Anode **3** entladen, was den AUS-Zustand verursacht.

[0080] Im Endabschnitt der Anode **3** in der vorstehend beschriebenen Halbleitervorrichtung sind ein Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ und mehrere Bereiche **11e** vom p⁻-Typ ausgebildet. Der Bereich **11e** vom p⁻-Typ weist eine niedrigere Störstellenkonzentration auf als der Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ. Mehrere Bereiche **11e** vom p⁻-Typ sind jeweils als Bereich mit einem höheren elektrischen Widerstand als der Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ so ausgebildet, dass die Unterseite und Querseite des Bereichs **11e** vom p⁻-Typ von Diffusionsbereichen **3a** vom p⁺-Typ umgeben sind. Im Endabschnitt der Anode **3** der Di-

ode sind nämlich ein Bereich (Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ) mit relativ niedrigem elektrischem Widerstand und mehrere Bereiche (Bereiche **11e** vom p⁻-Typ) mit relativ hohem elektrischem Widerstand angeordnet.

[0081] Wenn die Diode vom EIN-Zustand in den AUS-Zustand wechselt, fließt folglich ein Strom konzentriert in mindestens drei verteilte Bereiche (gestrichelte Kästen **15a**, **15b**, **15c**) in der Anode **3**, wie in **Fig. 23** gezeigt. Da die Bereiche, in die der Strom konzentriert fließt, weiter verteilt sind, wird die Konzentration des elektrischen Feldes weiter abgeschwächt. Folglich wird eine Temperaturerhöhung der Diode unterdrückt und es kann verhindert werden, dass die Diode durchbrochen wird.

Zehnte Ausführungsform

[0082] Eine Leistungshalbleitervorrichtung mit einer Diode in einer zehnten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird beschrieben.

[0083] Wie in **Fig. 24** gezeigt, umfasst die Anode **3** einen Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ und einen Bereich **12e** vom p⁺⁺-Typ. Mehrere Bereiche **12e** vom p⁺⁺-Typ sind jeweils als Bereich mit relativ niedrigem elektrischem Widerstand in einem Endabschnitt der Anode **3** ausgebildet. Mehrere Bereiche **12e** vom p⁺⁺-Typ sind jeweils von einer Hauptoberfläche so ausgebildet, dass sie sich in einen Bereich erstrecken, der flacher ist als der Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ, so dass die Querseite und Unterseite des Bereichs **12e** vom p⁺⁺-Typ vom Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ umgeben sind. Andere Merkmale als die vorstehend beschriebenen sind zu jenen der in **Fig. 1** gezeigten Halbleitervorrichtung ähnlich. Daher sind dieselben Komponenten mit denselben Bezugszeichen bezeichnet und deren Beschreibung wird nicht wiederholt.

[0084] Im Folgenden wird eine Operation der vorstehend beschriebenen Halbleitervorrichtung kurz beschrieben. Wenn sich die Diode im EIN-Zustand befindet, werden Löcher vom Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ in Richtung eines Bereichs vom n-Typ (Driftschicht) des Halbleitersubstrats **2** injiziert und Elektronen werden vom Bereich **6a** vom n⁺-Typ mit hoher Konzentration in Richtung der Driftschicht des Halbleitersubstrats **2** injiziert. Wenn dagegen die Diode vom EIN-Zustand in den AUS-Zustand umgeschaltet werden soll, werden von den Ladungsträgern, die im EIN-Zustand in der Driftschicht angesammelt wurden, Elektronen von der Kathode **6** entladen und Löcher werden von der Anode **3** entladen, was den AUS-Zustand verursacht.

[0085] Im Endabschnitt der Anode **3** in der vorstehend beschriebenen Halbleitervorrichtung sind ein Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ und mehrere Berei-

che **12e** vom p^{++} -Typ ausgebildet. Der Bereich **12e** vom p^{++} -Typ weist eine höhere Störstellenkonzentration auf als der Diffusionsbereich **3a** vom p^+ -Typ. Mehrere Bereiche **12e** vom p^{++} -Typ sind jeweils als Bereich mit einem niedrigeren elektrischen Widerstand als der Diffusionsbereich **3a** vom p^+ -Typ so ausgebildet, dass die Unterseite und Querseite der Bereiche **12e** vom p^{++} -Typ vom Diffusionsbereich **3a** vom p^+ -Typ umgeben sind. Im Endabschnitt der Anode **3** der Diode sind nämlich mehrere Bereiche (Bereiche **12e** vom p^{++} -Typ) mit relativ niedrigem elektrischem Widerstand und ein Bereich (Diffusionsbereich **3a** vom p^+ -Typ) mit relativ hohem elektrischem Widerstand angeordnet.

[0086] Wenn die Diode vom EIN-Zustand in den AUS-Zustand wechselt, fließt folglich ein Strom konzentriert in mindestens drei verteilte Bereiche (gestrichelte Kästen **15a**, **15b**, **15c**) in der Anode **3**, wie in **Fig. 25** gezeigt. Da die Bereiche, in die der Strom konzentriert fließt, weiter verteilt sind, wird die Konzentration des elektrischen Feldes weiter abgeschwächt. Folglich wird eine Temperaturerhöhung der Diode unterdrückt und es kann verhindert werden, dass die Diode durchbrochen wird.

Elfte Ausführungsform

[0087] Eine Leistungshalbleitervorrichtung mit einer Diode in einer elften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird beschrieben.

[0088] Wie in **Fig. 26** gezeigt, umfasst die Anode **3** einen Diffusionsbereich **3a** vom p^+ -Typ und einen Bereich **11f** vom p^- -Typ. Mehrere Bereiche **11f** vom p^- -Typ sind jeweils als Bereich mit relativ hohem elektrischem Widerstand in einem Endabschnitt der Anode **3** ausgebildet. Mehrere Bereiche **11f** vom p^- -Typ sind jeweils von einer Hauptoberfläche so ausgebildet, dass sie sich in einen tieferen Bereich erstrecken als der Diffusionsbereich **3a** vom p^+ -Typ, so dass der Bereich **11f** vom p^- -Typ in einem größeren Ausmaß nach unten vorsteht als der Diffusionsbereich **3a** vom p^+ -Typ. Andere Merkmale als die vorstehend beschriebenen sind zu jenen der in **Fig. 1** gezeigten Halbleitervorrichtung ähnlich. Daher sind dieselben Komponenten mit denselben Bezugszeichen bezeichnet und deren Beschreibung wird nicht wiederholt.

[0089] Im Folgenden wird eine Operation der vorstehend beschriebenen Halbleitervorrichtung kurz beschrieben. Wenn sich die Diode im EIN-Zustand befindet, werden Löcher vom Diffusionsbereich **3a** vom p^+ -Typ in Richtung eines Bereichs vom n -Typ (Driftschicht) des Halbleitersubstrats **2** injiziert und Elektronen werden vom Bereich **6a** vom n^+ -Typ mit hoher Konzentration in Richtung der Driftschicht des Halbleitersubstrats **2** injiziert. Wenn die Diode dagegen vom Ein-Zustand in den AUS-Zustand umgeschal-

tet werden soll, werden von den Ladungsträgern, die im EIN-Zustand in der Driftschicht angesammelt wurden, Elektronen von der Kathode **6** entladen und Löcher werden von der Anode **3** entladen, was den AUS-Zustand verursacht.

[0090] Im Endabschnitt der Anode **3** in der vorstehend beschriebenen Halbleitervorrichtung sind ein Diffusionsbereich **3a** vom p^+ -Typ und mehrere Bereiche **11f** vom p^- -Typ ausgebildet. Der Bereich **11f** vom p^- -Typ weist eine niedrigere Störstellenkonzentration als der Diffusionsbereich **3a** vom p^+ -Typ auf. Mehrere Bereiche **11f** vom p^- -Typ sind jeweils als Bereich mit einem höheren elektrischen Widerstand als der Diffusionsbereich **3a** vom p^+ -Typ ausgebildet, so dass der Bereich **11f** vom p^- -Typ in einem größeren Ausmaß nach unten vorsteht als der Diffusionsbereich **3a** vom p^+ -Typ. Im Endabschnitt der Anode **3** der Diode sind nämlich ein Bereich (Diffusionsbereich **3a** vom p^+ -Typ) mit relativ niedrigem elektrischem Widerstand und mehrere Bereiche (Bereiche **11f** vom p^- -Typ) mit relativ hohem elektrischem Widerstand angeordnet.

[0091] Wenn die Diode vom EIN-Zustand in den AUS-Zustand wechselt, fließt folglich ein Strom konzentriert in mindestens drei verteilte Bereiche (gestrichelte Kästen **15a**, **15b**, **15c**) in der Anode **3**, wie in **Fig. 27** gezeigt. Da die Bereiche, in die der Strom konzentriert fließt, weiter verteilt sind, wird die Konzentration des elektrischen Feldes weiter abgeschwächt. Folglich wird eine Temperaturerhöhung der Diode unterdrückt und es kann verhindert werden, dass die Diode durchbrochen wird.

Zwölfte Ausführungsform

[0092] Eine Leistungshalbleitervorrichtung mit einer Diode in einer zwölften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird beschrieben.

[0093] Wie in **Fig. 28** gezeigt, umfasst die Anode **3** einen Diffusionsbereich **3a** vom p^+ -Typ und einen Bereich **12f** vom p^{++} -Typ. Mehrere Bereiche **12f** vom p^{++} -Typ sind jeweils als Bereich mit relativ niedrigem elektrischem Widerstand in einem Endabschnitt der Anode **3** ausgebildet. Mehrere Bereiche **12f** vom p^{++} -Typ sind jeweils von einer Hauptoberfläche so ausgebildet, dass sie sich in einen tieferen Bereich erstrecken als der Diffusionsbereich **3a** vom p^+ -Typ, so dass der Bereich **12f** vom p^{++} -Typ in einem größeren Ausmaß nach unten vorsteht als der Diffusionsbereich **3a** vom p^+ -Typ. Andere Merkmale als die vorstehend beschriebenen sind zu jenen der in **Fig. 1** gezeigten Halbleitervorrichtung ähnlich. Daher sind dieselben Komponenten mit denselben Bezugszeichen bezeichnet und deren Beschreibung wird nicht wiederholt.

[0094] Im Folgenden wird eine Operation der vorstehend beschriebenen Halbleitervorrichtung kurz beschrieben. Wenn sich die Diode im EIN-Zustand befindet, werden Löcher vom Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ in Richtung eines Bereichs vom n-Typ (Driftschicht) des Halbleitersubstrats **2** injiziert und Elektronen werden vom Bereich **6a** vom n⁺-Typ mit hoher Konzentration in Richtung der Driftschicht des Halbleitersubstrats **2** injiziert. Wenn dagegen die Diode vom EIN-Zustand in den AUS-Zustand umgeschaltet werden soll, werden von den Ladungsträgern, die im EIN-zustand in der Driftschicht angesammelt wurden, Elektronen von der Kathode **6** entladen und Löcher werden von der Anode **3** entladen, was den AUS-Zustand verursacht.

[0095] Im Endabschnitt der Anode **3** in der vorstehend beschriebenen Halbleitervorrichtung sind ein Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ und mehrere Bereiche **12f** vom p⁺⁺-Typ ausgebildet. Der Bereich **12f** vom p⁺⁺-Typ weist eine höhere Störstellenkonzentration als der Bereich **3a** vom p⁺-Typ auf. Mehrere Bereiche **12f** vom p⁺⁺-Typ sind jeweils so ausgebildet, dass sie in einem größeren Ausmaß nach unten vorstehen als der Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ. Im Endabschnitt der Anode **3** der Diode sind nämlich mehrere Bereiche (Bereiche **12f** vom p⁺⁺-Typ) mit relativ niedrigem elektrischem Widerstand und ein Bereich (Diffusionsbereich **3a** vom p⁺-Typ) mit relativ hohem elektrischem Widerstand angeordnet.

[0096] Wenn die Diode vom EIN-Zustand in den AUS-Zustand wechselt, fließt folglich ein Strom konzentriert in mindestens drei verteilte Bereiche (gestrichelte Kästen **15a**, **15b**, **15c**) in der Anode **3**, wie in **Fig. 29** gezeigt. Da die Bereiche, in die der Strom konzentriert fließt, weiter verteilt sind, wird die Konzentration des elektrischen Feldes weiter abgeschwächt. Folglich wird eine Temperaturerhöhung der Diode unterdrückt und es kann verhindert werden, dass die Diode durchbrochen wird.

[0097] Hinsichtlich der vorstehend beschriebenen Ausführungsformen wurde beschrieben, dass Bereiche **11a** bis **11f** vom p-Typ oder Bereiche **12a** bis **12f** vom p⁺⁺-Typ jeweils von einer Hauptoberfläche des Halbleitersubstrats in eine vorbestimmte Tiefe im Endabschnitt der Anode **3** ausgebildet sind. Solange Bereiche, in die der Strom konzentriert fließt, wenn die Diode vom EIN-Zustand in den AUS-Zustand wechselt, verteilt sein können, ist die vorliegende Erfindung nicht auf jede der vorstehend beschriebenen Konfigurationen begrenzt.

[0098] Die vorliegende Erfindung wird effektiv für eine Leistungshalbleitervorrichtung mit einer Diode verwendet.

Patentansprüche

1. Halbleitervorrichtung, die Folgendes umfasst:
ein Halbleitersubstrat (2) von einem ersten Leitfähigkeitstyp mit einer ersten Hauptoberfläche und einer zweiten Hauptoberfläche entgegengesetzt zueinander;
eine Anode (3), die in der ersten Hauptoberfläche des Halbleitersubstrats (2) ausgebildet ist;
einen Schutzring (4), der in der ersten Hauptoberfläche des Halbleitersubstrats (2) und in einem Abstand von einem äußeren Umfang der Anode (3) so ausgebildet ist, dass er die Anode (3) umgibt; und
eine Kathode (6) vom ersten Leitfähigkeitstyp, die in der zweiten Hauptoberfläche des Halbleitersubstrats (2) ausgebildet ist,
wobei die Anode (3) in ihrem Endabschnitt, der am äußeren Umfang angeordnet ist, einen Bereich mit relativ hoher Störstellenkonzentration und einen Bereich mit relativ niedriger Störstellenkonzentration umfasst,
wobei im Endabschnitt der Anode (3)
ein erster Störstellenbereich (3a) von einem zweiten Leitfähigkeitstyp mit einer ersten Störstellenkonzentration als einer des Bereichs mit relativ hoher Störstellenkonzentration und des Bereichs mit relativ niedriger Störstellenkonzentration von der ersten Hauptoberfläche des Halbleitersubstrats (2) in eine erste Tiefe ausgebildet ist, und
ein zweiter Störstellenbereich (11a-11f, 12a-12f) vom zweiten Leitfähigkeitstyp mit einer zweiten Störstellenkonzentration, die von der ersten Störstellenkonzentration verschieden ist, als anderer des Bereichs mit relativ hoher Störstellenkonzentration und des Bereichs mit relativ niedriger Störstellenkonzentration von der ersten Hauptoberfläche des Halbleitersubstrats (2) in eine zweite Tiefe ausgebildet ist,
wobei die zweite Tiefe tiefer ist als die erste Tiefe, und
der zweite Störstellenbereich (11c, 12c) so ausgebildet ist, dass er in einem größeren Ausmaß nach unten vorsteht als der erste Störstellenbereich (3a) und
wobei die zweite Störstellenkonzentration niedriger ist als die erste Störstellenkonzentration.

2. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass
mehrere der zweiten Störstellenbereiche (11d, 12d) ausgebildet sind,
mehrere der zweiten Störstellenbereiche (11d, 12d) entlang einer Richtung voneinander beabstandet sind, die die Anode (3) und den Schutzring (4) verbindet, und
mehrere der zweiten Störstellenbereiche (11d, 12d) jeweils so ausgebildet sind, dass sie zwischen die ersten Störstellenbereiche (3a) eingefügt sind.

Es folgen 15 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG.1

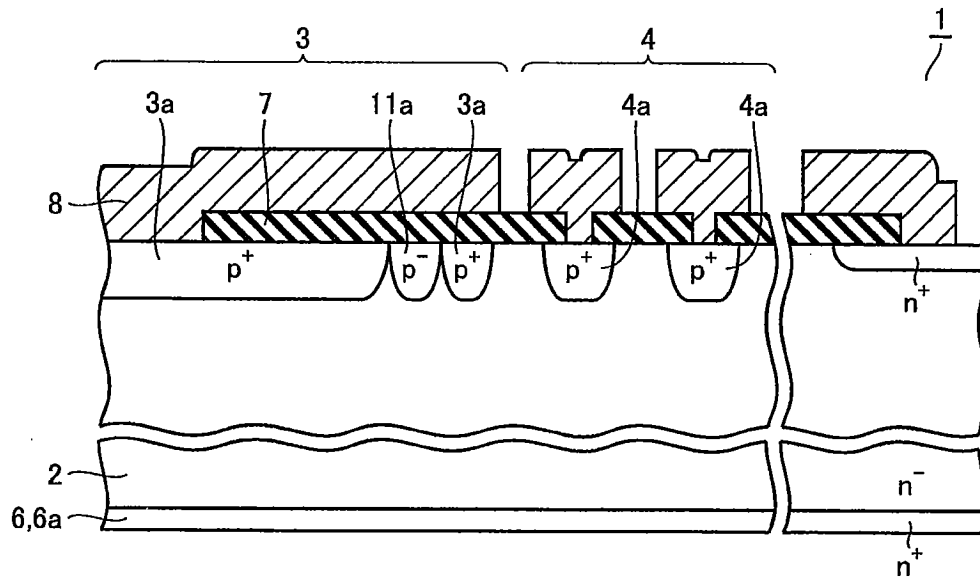


FIG.2

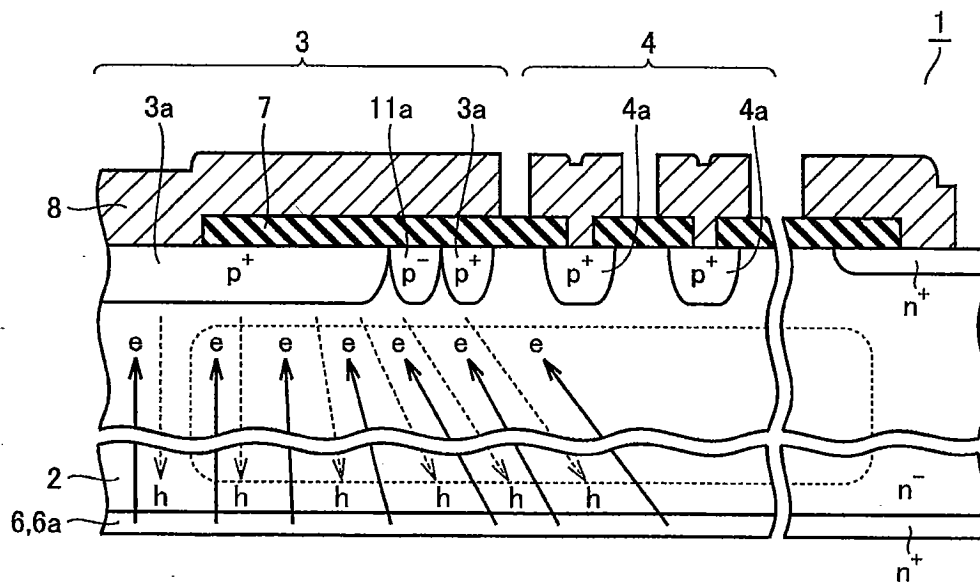


FIG.3

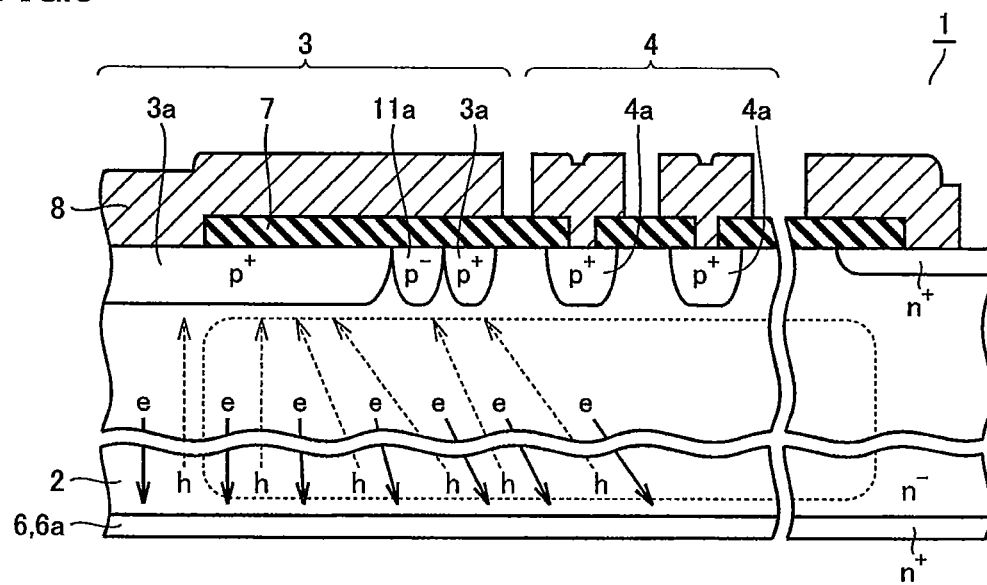


FIG.4

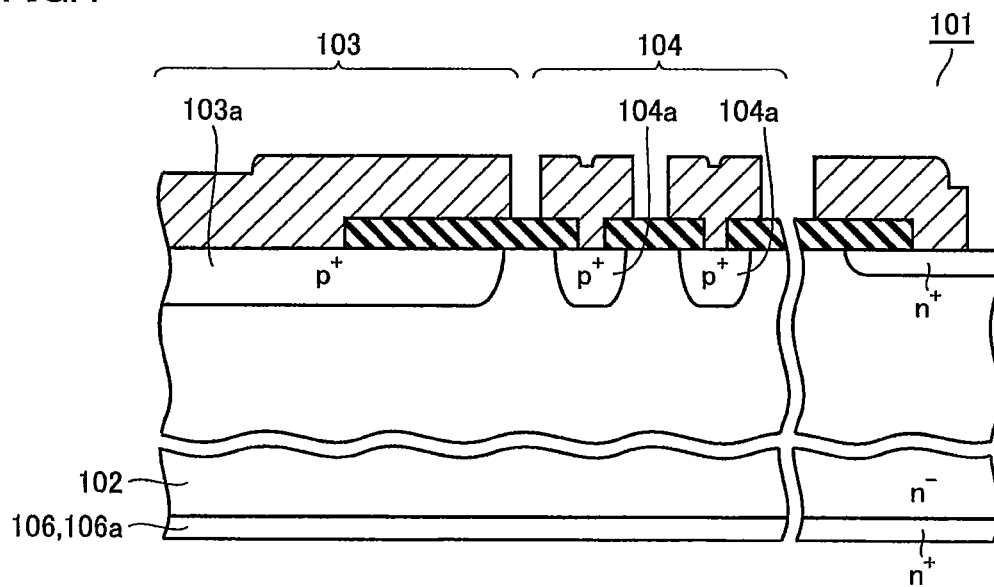


FIG.5

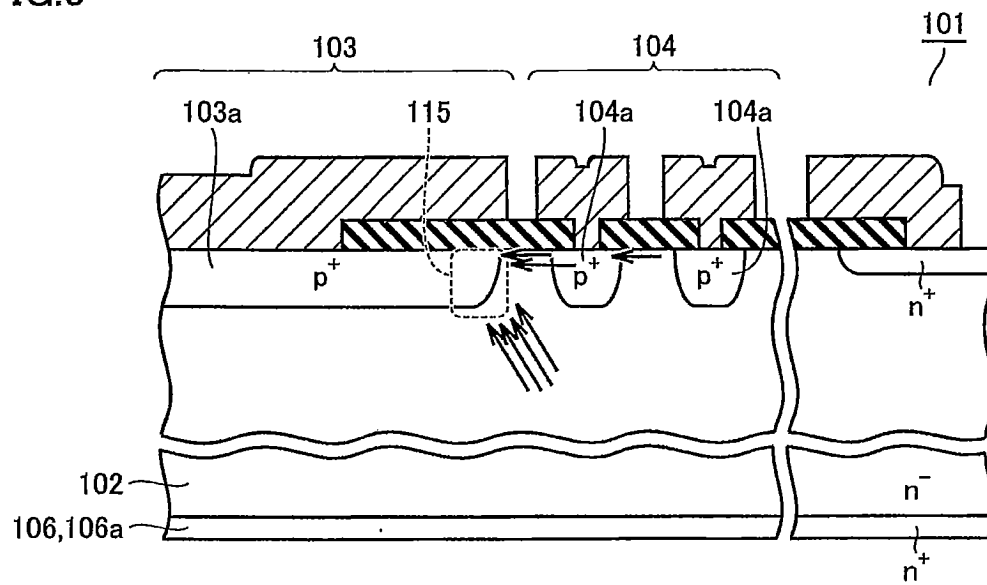


FIG.6

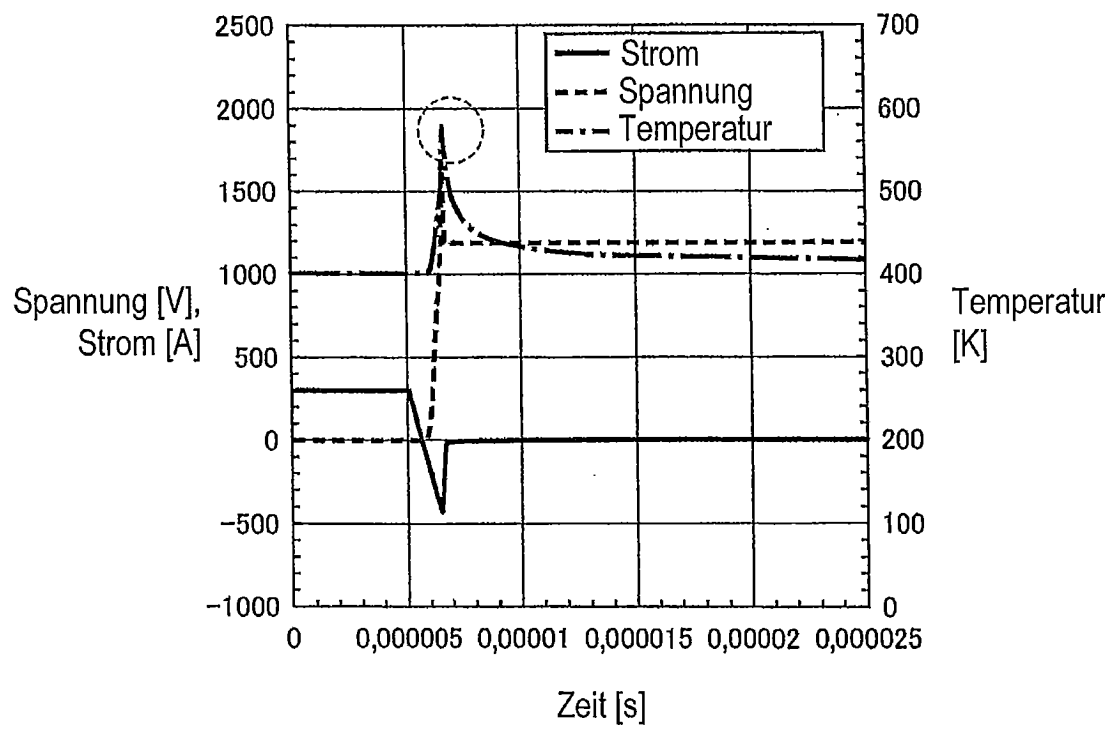


FIG.7

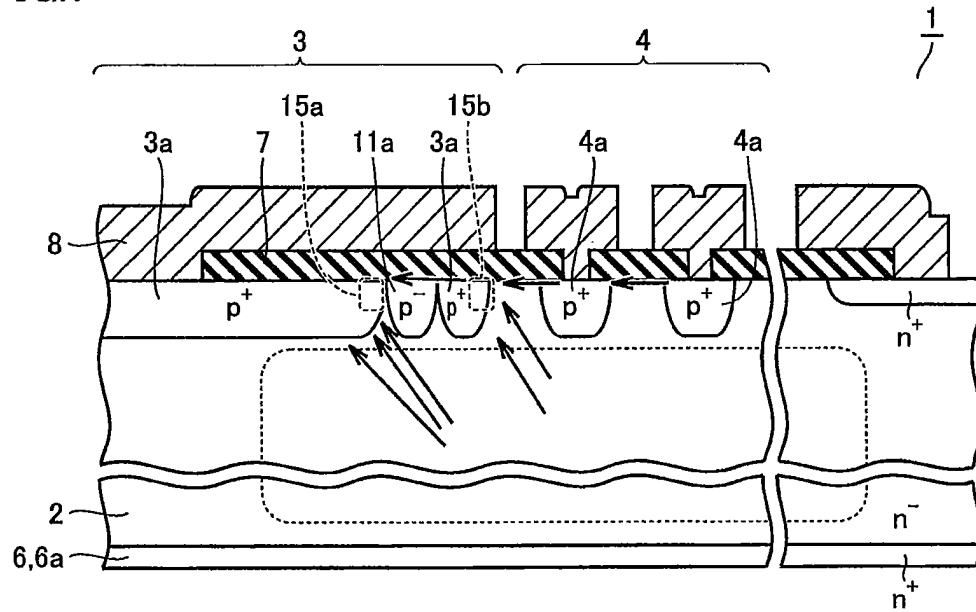


FIG.8

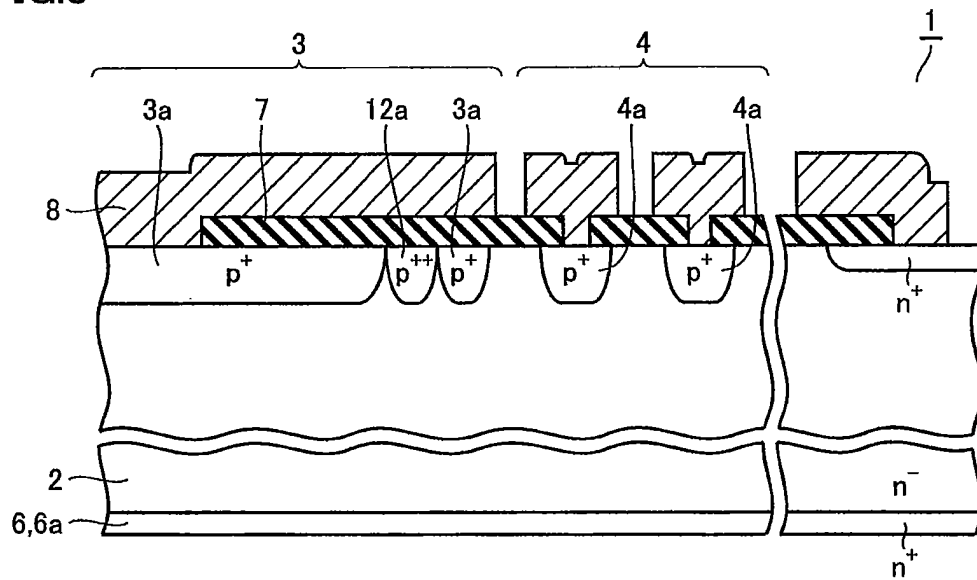


FIG.9

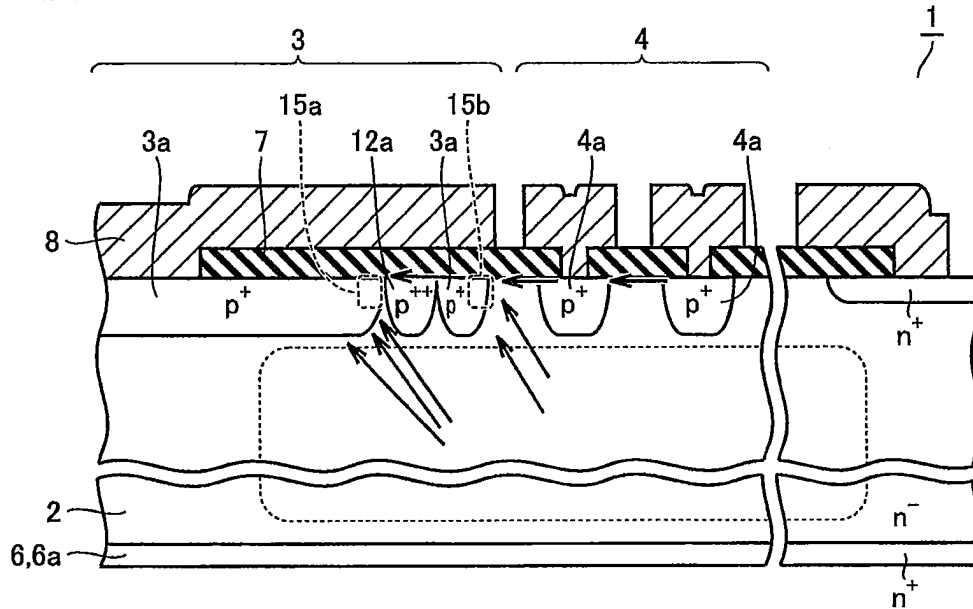


FIG.10

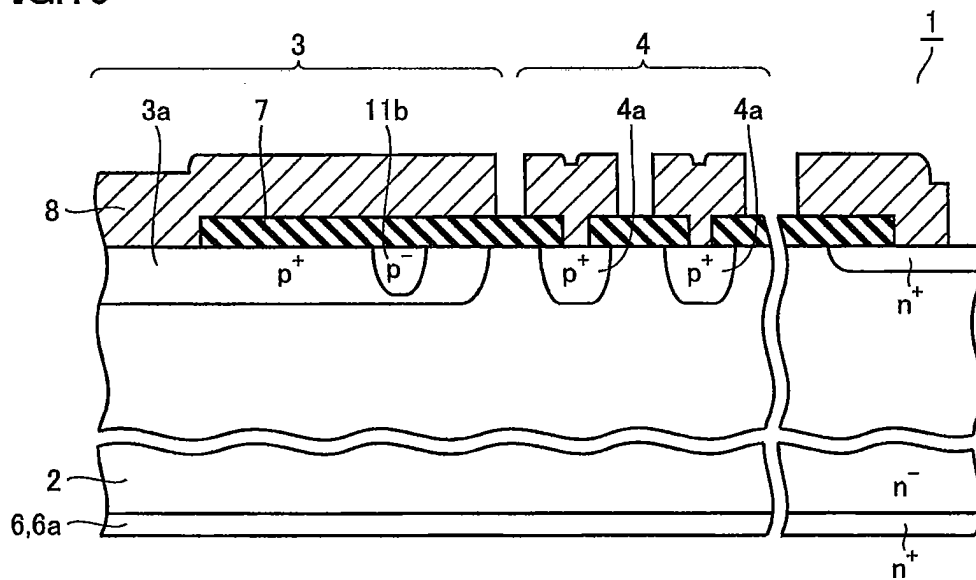


FIG.11

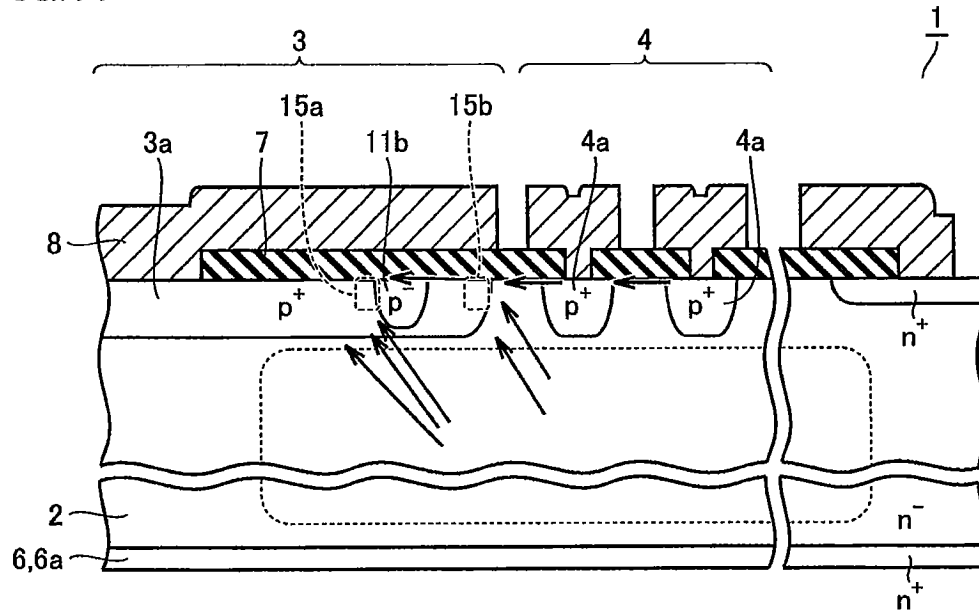


FIG.12

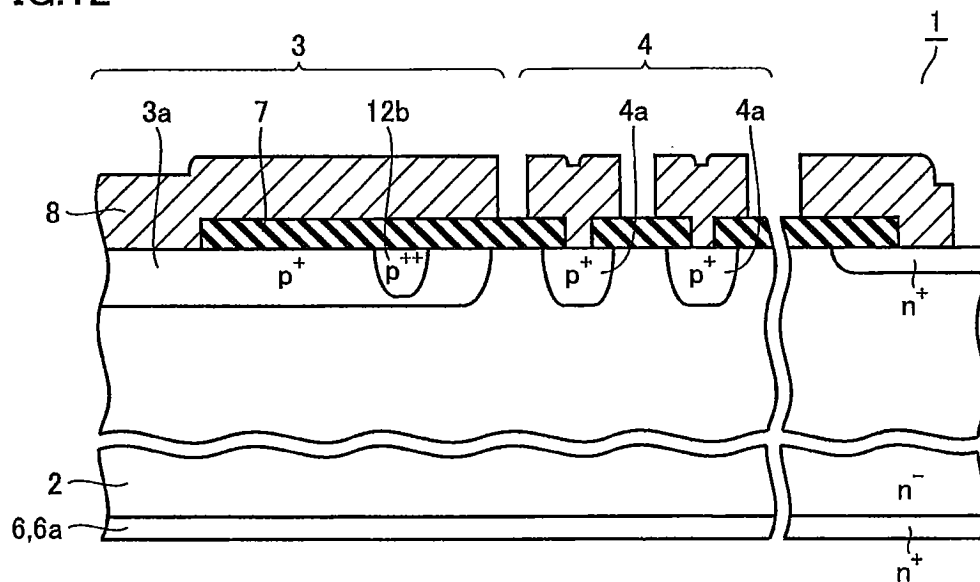


FIG.13

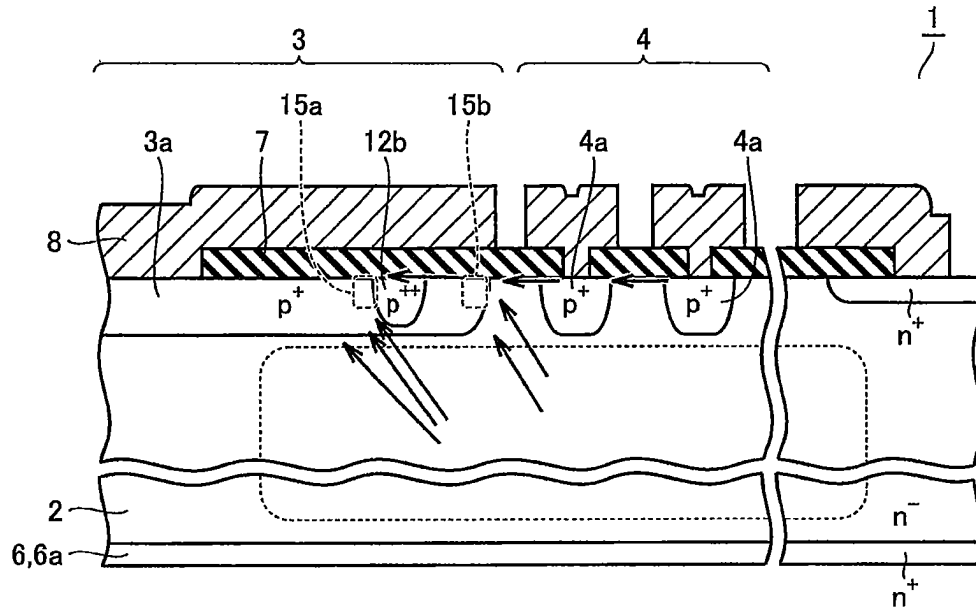


FIG.14

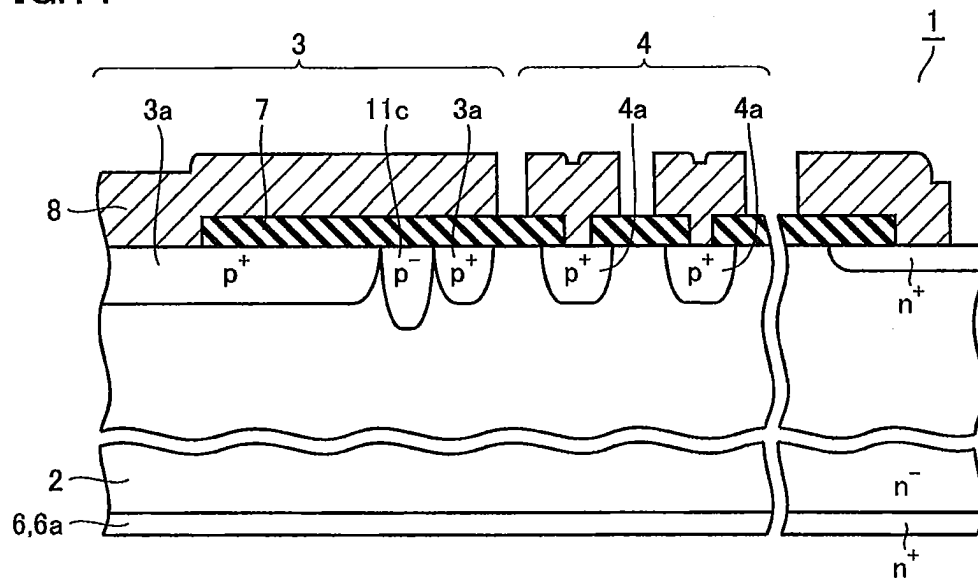


FIG.15

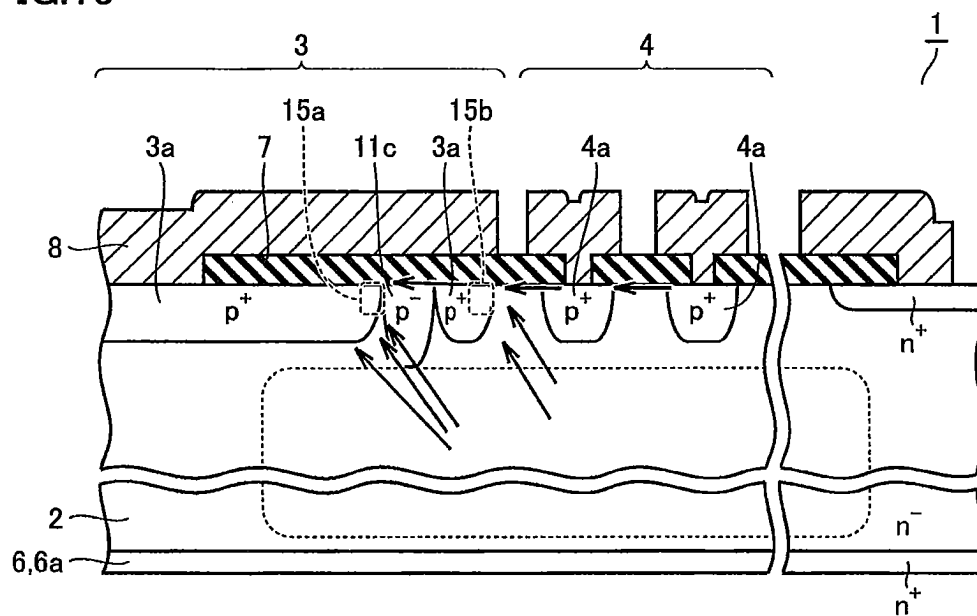


FIG.16

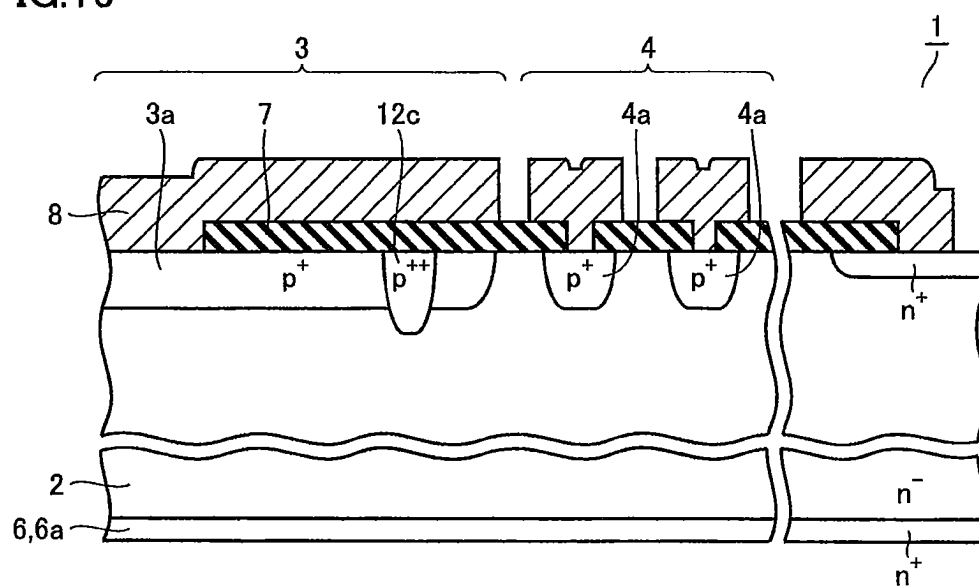


FIG.17

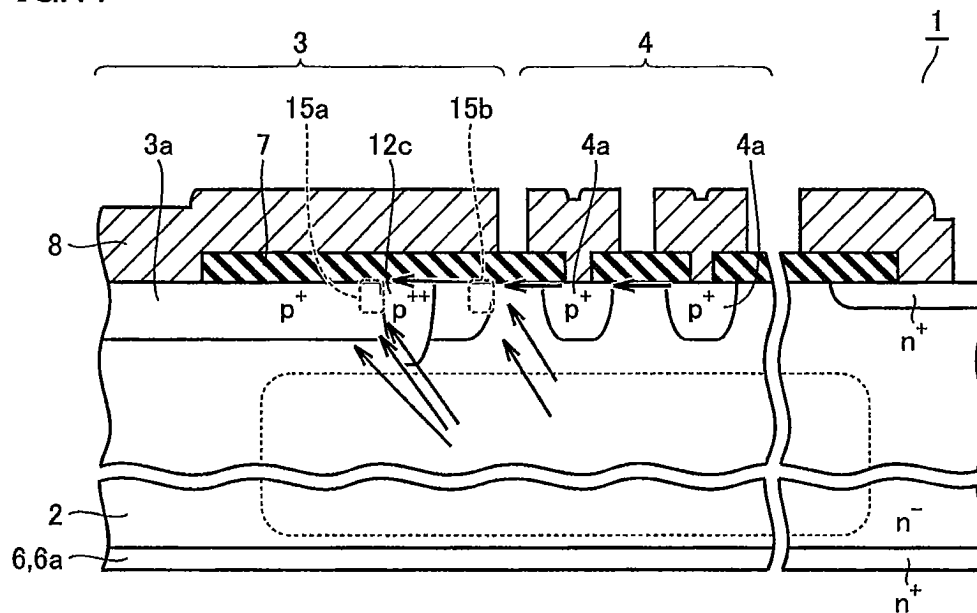


FIG.18

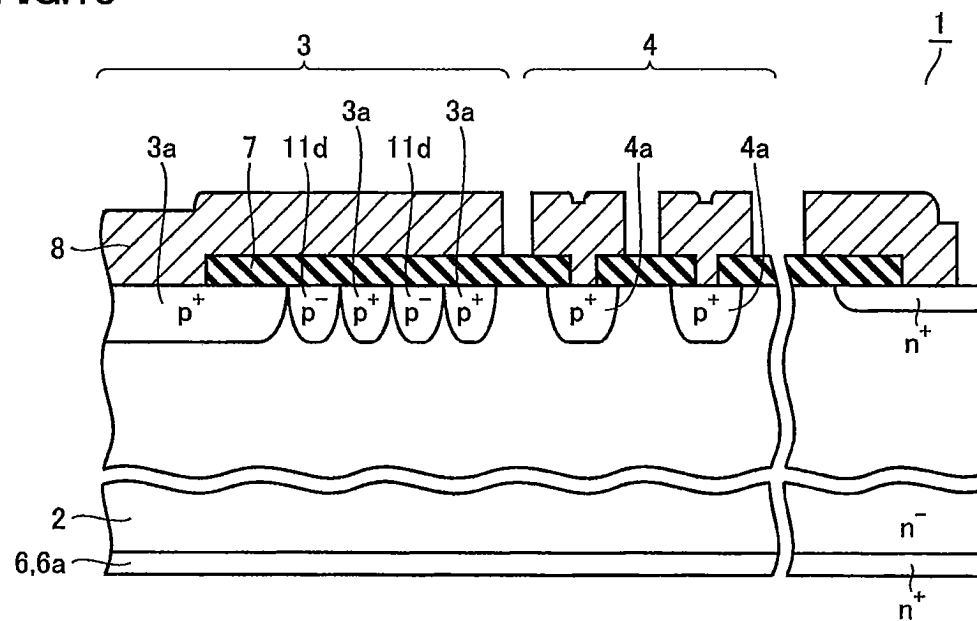


FIG.19

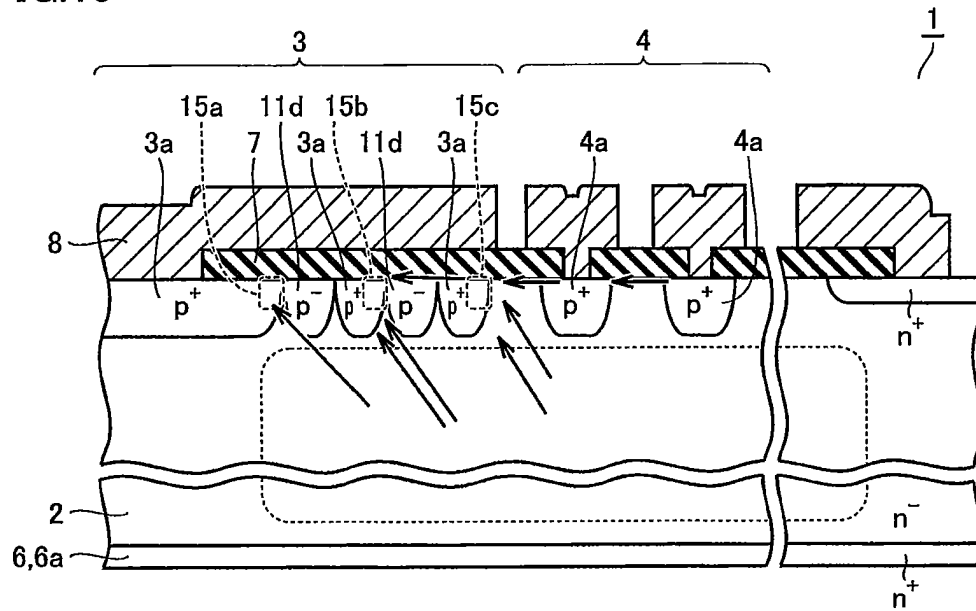


FIG.20

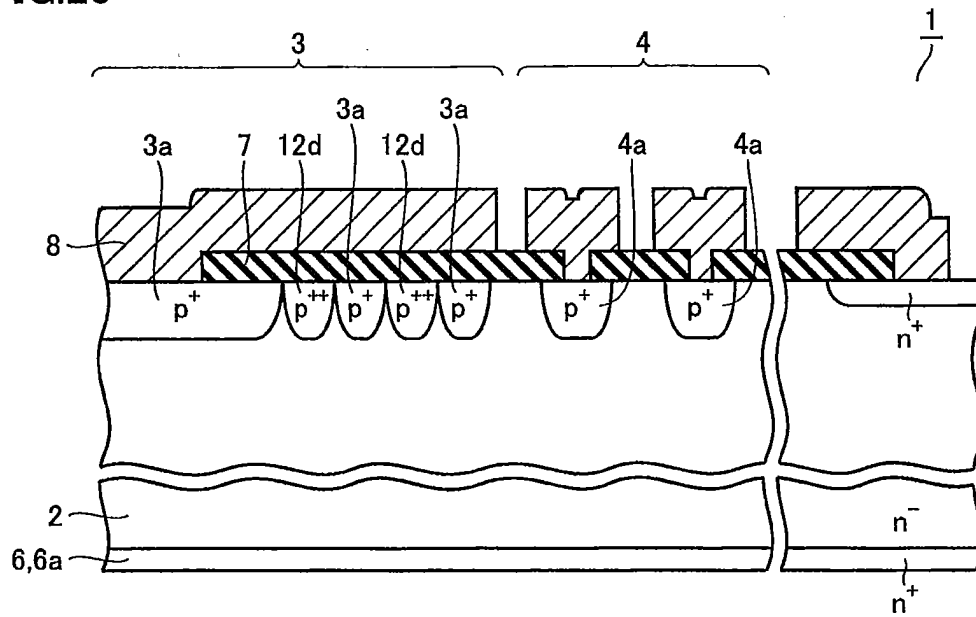


FIG.21

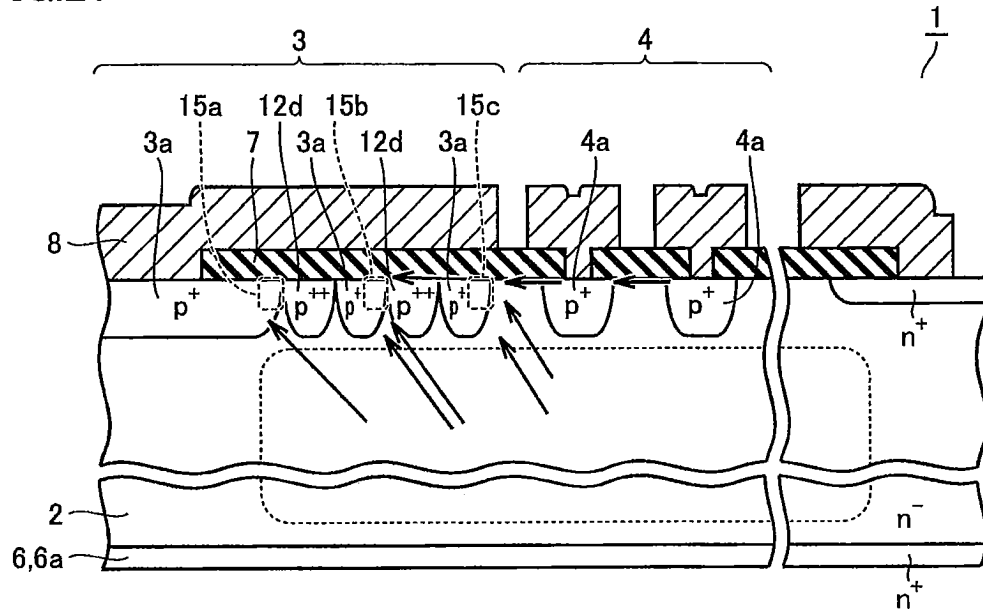


FIG.22

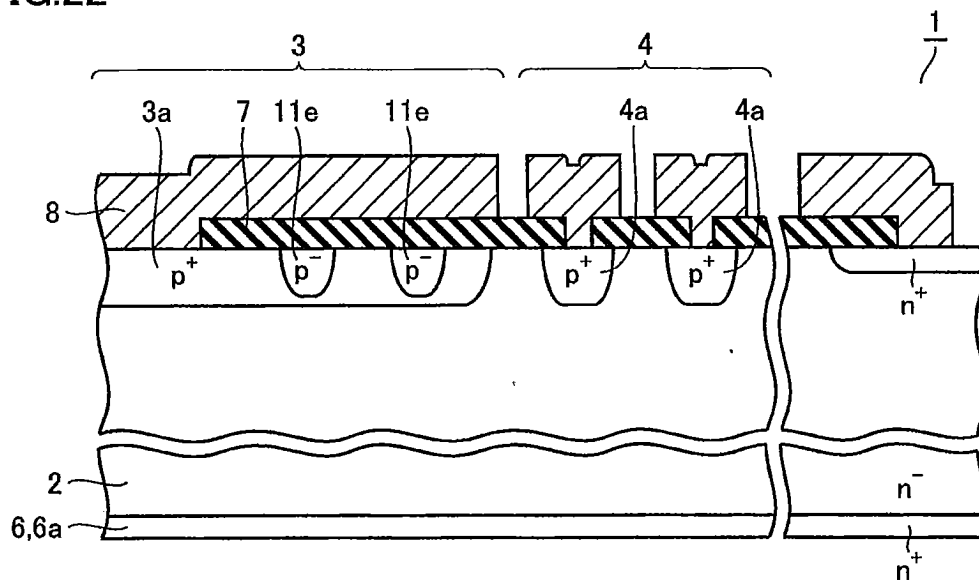


FIG.23

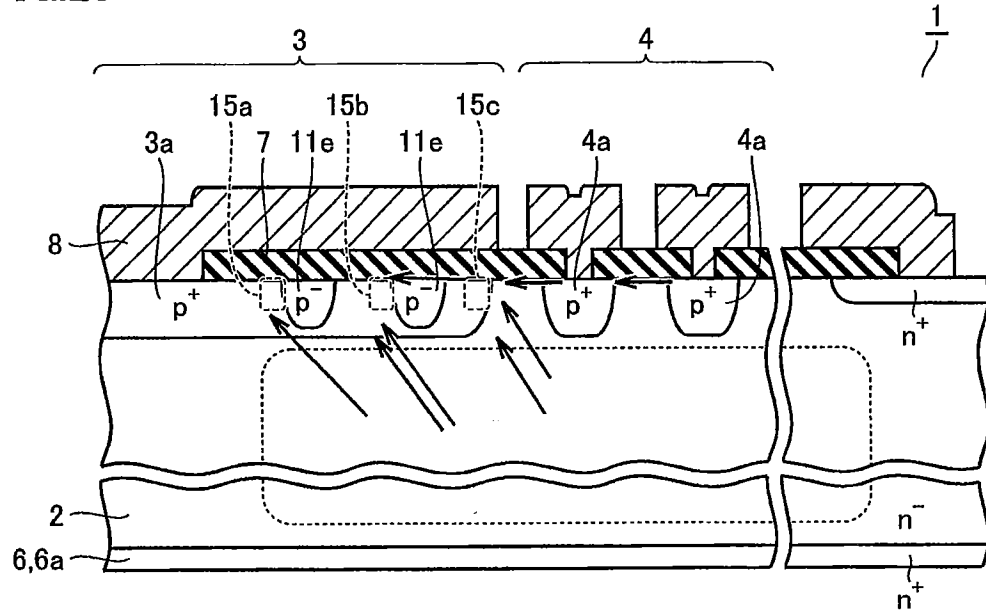


FIG.24

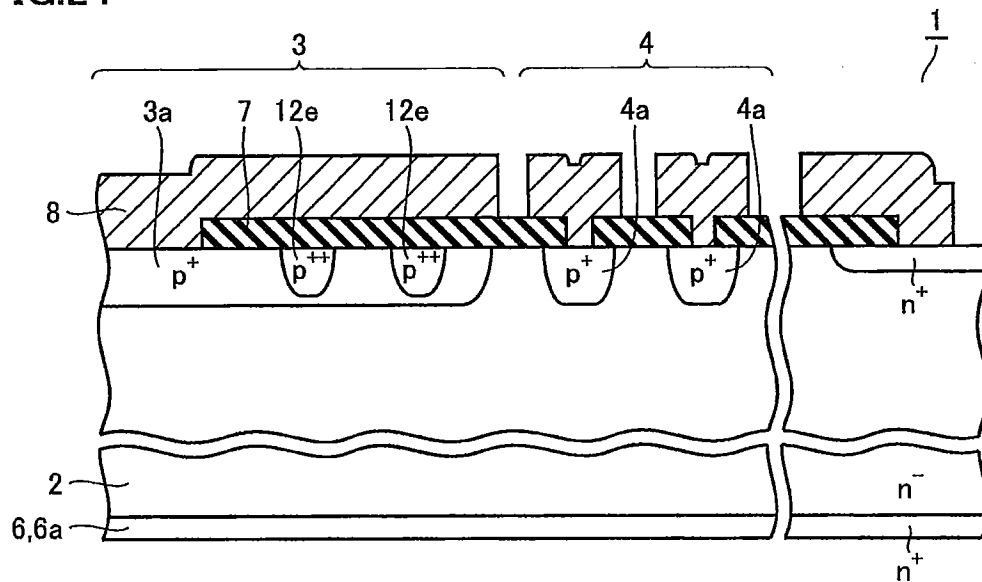


FIG.25

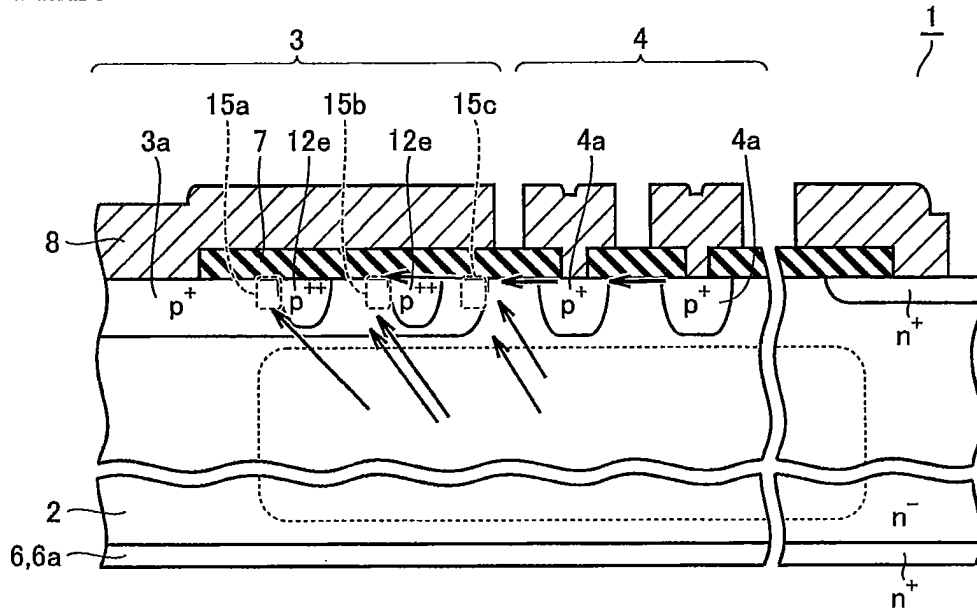


FIG.26

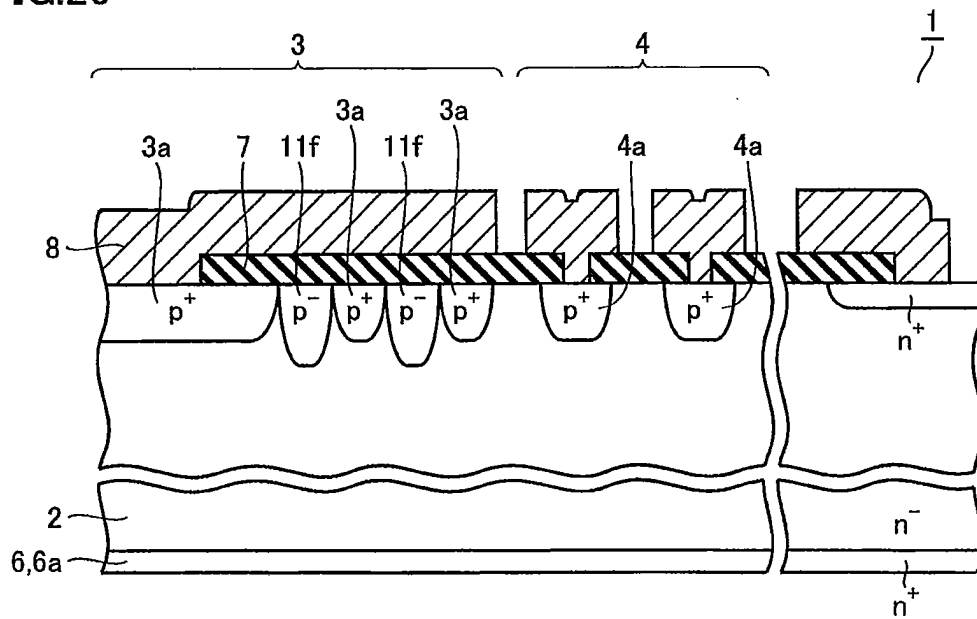


FIG.27

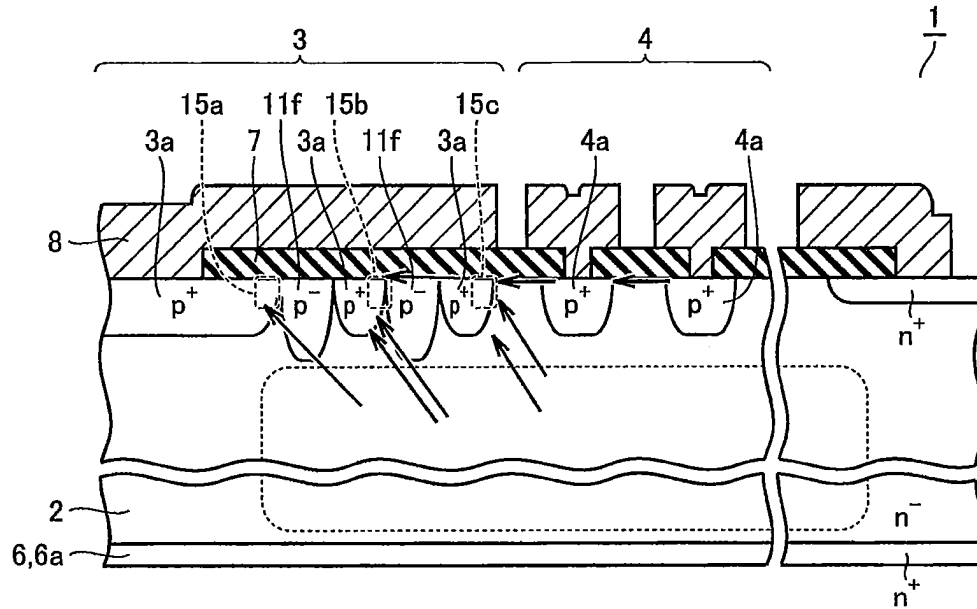


FIG.28

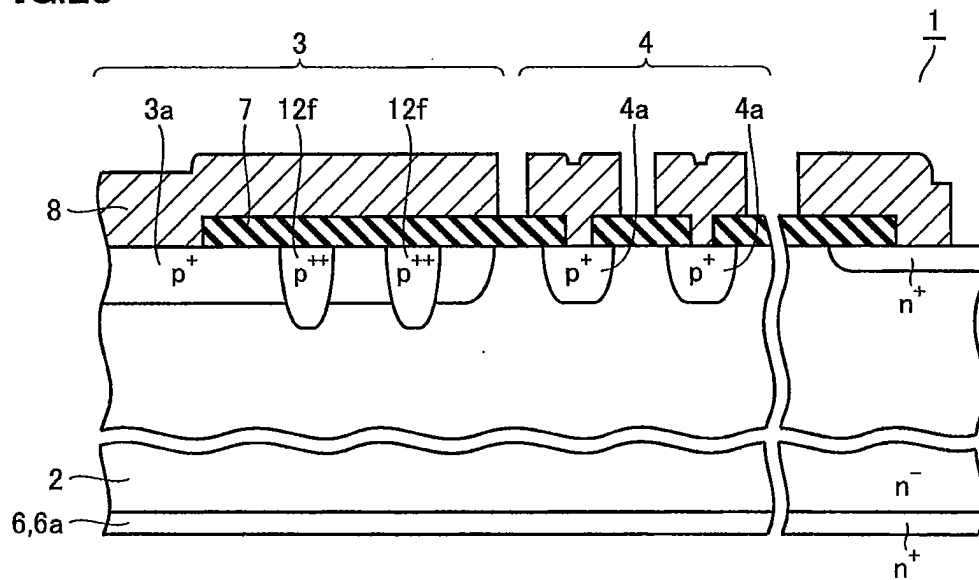


FIG.29

