



(12) **Veröffentlichung**

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2023/095395**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2
IntPatÜbkG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2022 005 727.0**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2022/030765**
(86) PCT-Anmeldetag: **12.08.2022**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **01.06.2023**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **19.09.2024**

(51) Int Cl.: **H01L 29/872 (2006.01)**
H01L 29/47 (2006.01)
H01L 29/41 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
2021-193059 29.11.2021 JP

(71) Anmelder:
TDK CORPORATION, Tokyo, JP

(74) Vertreter:
Epping Hermann Fischer
Patentanwalts-gesellschaft mbH, 80639 München,
DE

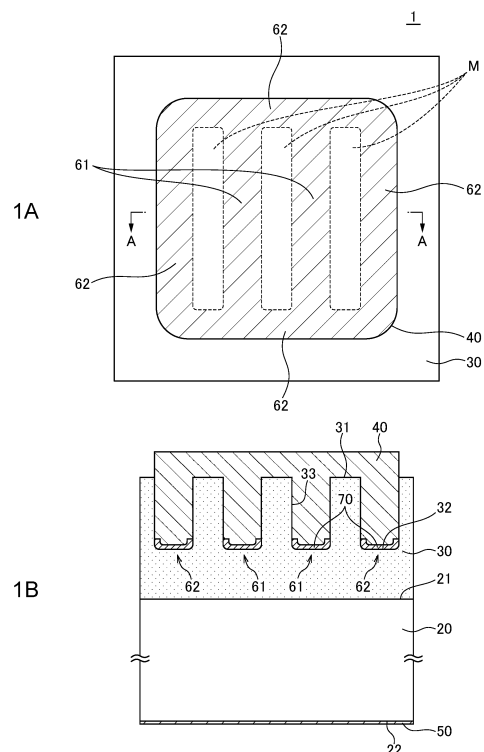
(72) Erfinder:
Arima, Jun, Tokyo, JP; Fujita, Minoru, Tokyo, JP;
Kawasaki, Katsumi, Tokyo, JP; Hirabayashi, Jun,
Tokyo, JP

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Schottky-Barriere-Diode**

(57) Zusammenfassung: Vorgesehen ist eine Schottky-Barriere-Diode unter Verwendung von Galliumoxid, die in der Lage ist, ihren EIN-Widerstand zu verringern und gleichzeitig eine ausreichende Rückwärts-Stehspannung zu gewährleisten. Eine Schottky-Barriere-Diode 1 weist auf: ein Halbleitersubstrat 20, aus Galliumoxid gemacht; eine Driftschicht 30, aus Galliumoxid gemacht, die auf dem Halbleitersubstrat 20 vorgesehen ist; eine Anodenelektrode 40, die in Schottky-Kontakt mit der Driftschicht 30 gebracht ist; und eine Kathodenelektrode 50, die in ohmschen Kontakt mit dem Halbleitersubstrat 20 gebracht ist. Die Driftschicht 30 hat einen Zentralgraben 61, der mit der Anodenelektrode 40 gefüllt ist. Die Unterseite des Zentralgrabens 61 ist mit einem Isolierfilm 70 bedeckt, ohne in Kontakt mit der Anodenelektrode 40 zu stehen. Zumindest ein Teil der Seitenfläche des Zentralgrabens 61 ist in Schottky-Kontakt mit der Anodenelektrode 40 gebracht, ohne mit dem Isolierfilm 70 bedeckt zu sein. Dies kann den EIN-Widerstand verringern, ohne die Verunreinigungskonzentration in der Driftschicht 30 zu erhöhen.



Beschreibung

[Technisches Gebiet]

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Schottky-Barriere-Diode und speziell eine Schottky-Barriere-Diode, die Galliumoxid nutzt.

[Hintergrund]

[0002] Eine Schottky-Barriere-Diode ist ein Gleichrichterelement, das eine Schottky-Barriere nutzt, die durch die Verbindung zwischen Metall und Halbleiter entsteht, und hat eine niedrigere Durchlass-Spannung und eine höhere Schaltgeschwindigkeit als eine normale Diode mit einem PN-Übergang. Daher wird die Schottky-Barriere-Diode manchmal als Schaltelement für ein Leistungsgerät verwendet.

[0003] Wenn die Schottky-Barriere-Diode als Schaltelement für ein Leistungsgerät verwendet wird, muss eine ausreichende Rückwärts-Stehspannung gewährleistet sein, so dass manchmal anstelle von Silizium (Si) Siliziumkarbid (SiC), Galliumnitrid (GaN) oder Galliumoxid (Ga_2O_3) mit einer größeren Bandlücke verwendet wird. Galliumoxid weist darunter eine sehr große Bandlücke (4,8 eV bis 4,9 eV) und ein großes Durchbruchfeld von etwa 8 MV/cm auf, so dass eine Schottky-Barriere-Diode mit Galliumoxid als Schaltelement für ein Leistungsgerät sehr vielversprechend ist. Ein Beispiel für eine Schottky-Barriere-Diode, die Galliumoxid verwendet, ist in Patentedokument 1 beschrieben.

[0004] Bei der in Patentedokument 1 beschriebenen Schottky-Barriere-Diode sind eine Mehrzahl von Gräben in einer Galliumoxid-Schicht gebildet und durch einen Isolierfilm mit einem Teil einer Anodenelektrode gefüllt. Bei dieser Struktur wird beim Anlegen einer Rückwärtsspannung ein zwischen benachbarten Gräben liegender Mesa-Bereich zu einer Verarmungsschicht, so dass ein Kanalbereich einer Driftschicht abgeklemmt wird. So kann ein Leckstrom beim Anlegen der Rückwärtsspannung erheblich reduziert sein.

[Zitierliste]

[Patentedokument]

[0005] [Patentedokument 1] JP 2017-199869 A

[Offenbarung der Erfindung]

[Problem, das durch die Erfindung gelöst werden soll]

[0006] Wenn jedoch in der Driftschicht ein Graben mit einer Innenwand gebildet ist, die mit einer isolierenden Schicht bedeckt ist, erhöht sich der EIN-

Widerstand der Schottky-Barriere-Diode nachteilig. Um den EIN-Widerstand zu verringern, sollte die Verunreinigungskonzentration der Driftschicht erhöht sein; dies verringert jedoch eine Rückwärts-Stehspannung.

[0007] Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist daher die Bereitstellung einer Schottky-Barriere-Diode unter Verwendung von Galliumoxid, die in der Lage ist, den EIN-Widerstand zu verringern und gleichzeitig eine ausreichende Rückwärts-Stehspannung zu gewährleisten.

[Mittel zur Lösung des Problems]

[0008] Eine Schottky-Barriere-Diode gemäß der vorliegenden Erfindung weist auf: ein Halbleitersubstrat, aus Galliumoxid gemacht; eine Driftschicht, aus Galliumoxid gemacht, die auf dem Halbleitersubstrat vorgesehen ist; eine Anodenelektrode, die in Schottky-Kontakt mit der Driftschicht gebracht ist; und eine Kathodenelektrode, die in ohmschen Kontakt mit dem Halbleitersubstrat gebracht ist. Die Driftschicht hat einen Zentralgraben, der mit der Anodenelektrode gefüllt ist. Eine Unterseite des Zentralgrabens ist mit einem Isolierfilm bedeckt, ohne in Kontakt mit der Anodenelektrode zu stehen. Zumindest ein Teil einer Seitenfläche des Zentralgrabens ist in Schottky-Kontakt mit der Anodenelektrode gebracht.

[0009] Erfindungsgemäß ist die in den Zentralgraben gefüllte Anodenelektrode in Schottky-Kontakt mit der Seitenfläche des Zentralgrabens gebracht, so dass der EIN-Widerstand verringert sein kann, ohne die Verunreinigungskonzentration der Driftschicht zu erhöhen.

[0010] Bei der vorliegenden Erfindung kann die Anodenelektrode eine erste Anodenelektrode aufweisen, die in Schottky-Kontakt mit einer Oberseite der Driftschicht gebracht ist, und eine zweite Anodenelektrode, die in Schottky-Kontakt mit der Seitenfläche des Zentralgrabens gebracht ist und aus einem Metallmaterial gemacht ist, das sich von dem der ersten Anodenelektrode unterscheidet. Dies erleichtert die Herstellung einer Anodenelektrode ohne Hohlraum.

[0011] Bei der vorliegenden Erfindung kann die Driftschicht ferner einen äußeren peripheren Graben aufweisen, der mit der Anodenelektrode gefüllt ist und den Zentralgraben umgibt, und eine Unterseite und eine äußere periphere Seitenfläche des äußeren peripheren Grabens können mit einem Isolierfilm bedeckt sein, ohne in Kontakt mit der Anodenelektrode zu stehen. Dies relaxiert ein elektrisches Feld, das am äußeren peripheren Bodenabschnitt des äußeren peripheren Grabens beim Anlegen einer Rückwärtsspannung erzeugt wird. In diesem Fall

kann zumindest ein Teil einer inneren peripheren Seitenfläche des äußeren peripheren Grabens in Schottky-Kontakt mit der Anodenelektrode gebracht sein. Dies vergrößert die Schottky-Kontaktfläche, was eine weitere Verringerung des EIN-Widerstands ermöglicht.

[0012] Bei der vorliegenden Erfindung kann die Driftschicht ferner einen äußeren peripheren Graben aufweisen, der den Zentralgraben umgibt, und der äußere periphere Graben kann mit einem Halbleitermaterial gefüllt sein, das einen Leitfähigkeitstyp aufweist, der dem der Driftschicht entgegengesetzt ist. Bei dieser Konfiguration breitet sich beim Anlegen einer Rückwärtsspannung eine Verarmungsschicht um den äußeren peripheren Graben aus. Dies relaxiert ein elektrisches Feld, das am äußeren peripheren Bodenabschnitt des äußeren peripheren Grabens beim Anlegen einer Rückwärtsspannung erzeugt ist.

[Vorteilhafte Wirkung der Erfindung]

[0013] Wie oben beschrieben, ist gemäß der vorliegenden Erfindung die Seitenfläche des Zentralgrabens in Schottky-Kontakt mit der Anodenelektrode gebracht, so dass der EIN-Widerstand der Schottky-Barriere-Diode mit Galliumoxid verringert sein kann.

[Kurzbeschreibung der Zeichnungen]

Fig. 1A ist eine schematische Draufsicht zur Veranschaulichung der Konfiguration einer Schottky-Barriere-Diode 1 gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. **Fig. 1B** ist eine schematische Querschnitts-Ansicht entlang der Linie A-A in **Fig. 1A** genommen.

Fig. 2A bis **2C** sind schematische Querschnitts-Ansichten zur Erläuterung der Positionen der Innenwände des Zentralgrabens 61 und des Außengrabens 62, die mit dem Isolierfilm 70 bedeckt sind.

Fig. 3 ist eine schematische Querschnitts-Ansicht zur Veranschaulichung der Konfiguration einer Schottky-Barriere-Diode 2 gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 4 ist eine schematische Querschnitts-Ansicht zur Veranschaulichung der Konfiguration einer Schottky-Barriere-Diode 3 gemäß einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 5 ist eine schematische Querschnitts-Ansicht zur Veranschaulichung der Konfiguration einer Schottky-Barriere-Diode 4 gemäß

einer vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 6 ist eine schematische Querschnitts-Ansicht zur Veranschaulichung der Konfiguration einer Schottky-Barriere-Diode 5 gemäß einer fünften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 7 ist eine schematische Querschnitts-Ansicht zur Veranschaulichung der Konfiguration einer Schottky-Barriere-Diode 6 gemäß einer sechsten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 8 ist eine schematische Querschnitts-Ansicht zur Veranschaulichung der Konfiguration einer Schottky-Barriere-Diode 7 gemäß einer siebten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 9A ist eine schematische Draufsicht zur Veranschaulichung der Konfiguration einer Schottky-Barriere-Diode 8 gemäß einer achten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. **Fig. 9B** ist eine schematische Querschnitts-Ansicht entlang der Linie A-A in **Fig. 9A** genommen.

Fig. 10 ist eine schematische Querschnitts-Ansicht, die die Konfiguration einer Schottky-Barriere-Diode 9 gemäß einer neunten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 11 ist eine schematische Querschnitts-Ansicht zur Veranschaulichung der Konfiguration einer Schottky-Barriere-Diode 10 gemäß einer zehnten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 12 ist eine schematische Querschnitts-Ansicht, die die Konfiguration einer Schottky-Barriere-Diode 11 gemäß einer elften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 13A ist eine schematische Draufsicht zur Veranschaulichung der Konfiguration einer Schottky-Barriere-Diode 12 gemäß einer zwölften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. **Fig. 13B** ist eine schematische Querschnitts-Ansicht entlang der Linie A-A in **Fig. 13A** genommen.

Fig. 14A ist eine schematische Draufsicht zur Veranschaulichung der Konfiguration einer Schottky-Barriere-Diode 13 gemäß einer dreizehnten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. **Fig. 14B** ist eine schematische Querschnitts-Ansicht entlang der Linie A-A in **Fig. 14A** genommen.

Fig. 15A ist eine schematische Draufsicht zur Veranschaulichung der Konfiguration einer Schottky-Barriere-Diode 14 gemäß einer vierzehnten Ausführungsform der vorliegenden

Erfindung. **Fig. 15B** ist eine schematische Querschnitts-Ansicht entlang der Linie A-A in **Fig. 15A** genommen.

Fig. 16A ist eine schematische Draufsicht zur Veranschaulichung der Konfiguration einer Schottky-Barriere-Diode 15 gemäß einer fünfzehnten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. **Fig. 16B** ist eine schematische Querschnitts-Ansicht entlang der Linie A-A in **Fig. 16A** genommen.

Fig. 17A ist eine schematische Draufsicht zur Veranschaulichung der Konfiguration einer Schottky-Barriere-Diode 16 gemäß einer sechzehnten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. **Fig. 17B** ist eine schematische Querschnitts-Ansicht entlang der Linie A-A in **Fig. 17A** genommen.

Fig. 18 ist ein Diagramm, das die Simulationsergebnisse der Beispiele zeigt.

[Art der Durchführung der Erfindung]

[0014] Nachfolgend werden bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen im Einzelnen beschrieben.

<Erste Ausführungsform>

[0015] **Fig. 1A** ist eine schematische Draufsicht zur Veranschaulichung der Konfiguration einer Schottky-Barriere-Diode 1 gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. **Fig. 1B** ist eine schematische Querschnitts-Ansicht entlang der Linie A-A in **Fig. 1A** genommen.

[0016] Wie in **Fig. 1A** und **1B** dargestellt, weist die Schottky-Barriere-Diode 1 gemäß der ersten Ausführungsform ein Halbleitersubstrat 20 und eine Driftschicht 30 auf, die beide aus Galliumoxid ($\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$) gemacht sind. Das Halbleitersubstrat 20 und die Driftschicht 30 sind jeweils mit Silizium (Si) oder Zinn (Sn) als n-Typ Dotierstoff versehen. Die Konzentration des Dotierstoffs ist im Halbleitersubstrat 20 höher als in der Driftschicht 30, wodurch das Halbleitersubstrat 20 und die Driftschicht 30 als n^+ Schicht bzw. als n-Schicht fungieren.

[0017] Das Halbleitersubstrat 20 ist durch Schneiden eines Bulk-Kristalls erhalten, der mit Hilfe eines Schmelzwachstumsverfahrens gebildet wurde, und hat eine Dicke von etwa 250 μm . Die Flächengröße des Halbleitersubstrats 20 ist nicht speziell begrenzt und ist im Allgemeinen in Abhängigkeit von der in dem Element fließenden Strommenge ausgewählt. Wenn beispielsweise der maximale Durchlassstrom etwa 20 A beträgt, kann die Flächengröße auf etwa 2,4 mm \times 2,4 mm festgelegt sein.

[0018] Das Halbleitersubstrat 20 hat eine Oberseite 21, die sich im montierten Zustand auf der Oberseite befindet, und eine Rückseite 22, die sich im montierten Zustand gegenüber der Oberseite 21 auf der Unterseite befindet. Die Driftschicht 30 ist auf der gesamten Oberseite 21 ausgebildet. Die Driftschicht 30 ist ein dünner Film, der durch epitaktisches Aufwachsen von Galliumoxid auf der Oberseite 21 des Halbleitersubstrats 20 unter Verwendung eines reaktiven Sputterverfahrens, eines PLD-Verfahrens, eines MBE-Verfahrens, eines MOCVD-Verfahrens oder eines HVPE-Verfahrens erhalten wird. Die Filmdicke der Driftschicht 30 ist nicht speziell begrenzt und wird im Allgemeinen in Abhängigkeit von der Rückwärts-Stehspannung des Elements gewählt. Um beispielsweise eine Stehspannung von etwa 600 V zu gewährleisten, kann die Dicke des Films auf etwa 7 μm festgelegt sein.

[0019] Auf einer Oberseite 31 der Driftschicht 30 ist eine Anodenelektrode 40 ausgebildet, die in Schottky-Kontakt mit der Driftschicht 30 gebracht ist. Die Anodenelektrode 40 ist aus einem Metall wie Platin (Pt), Palladium (Pd), Gold (Au), Nickel (Ni), Molybdän (Mo) oder Kupfer (Cu) gebildet. Die Anodenelektrode 40 kann eine mehrschichtige Struktur aus verschiedenen metallischen Filmen aufweisen, wie Pt/Au, Pt/Al, Pd/Au, Pd/Al, Pt/Ti/Au oder Pd/Ti/Au. Andererseits ist auf der Rückseite 22 des Halbleitersubstrats 20 eine Kathodenelektrode 50 ausgebildet, die in ohmschen Kontakt mit dem Halbleitersubstrat 20 gebracht ist. Die Kathodenelektrode 50 ist aus einem Metall wie Titan (Ti) gebildet. Die Kathodenelektrode 50 kann eine Mehrschichtstruktur aus verschiedenen metallischen Filmen, wie Ti/Au oder Ti/Al, aufweisen.

[0020] In der vorliegenden Ausführungsform sind in der Driftschicht 30 ein zentraler Graben 61 und ein äußerer peripherer Graben 62 ausgebildet. Der Zentralgraben 61 und der äußere periphere Graben 62 sind jeweils an einer Position ausgebildet, die in der Draufsicht die Anodenelektrode 40 überlappt, und sind jeweils mit dem gleichen Metallmaterial gefüllt wie die Anodenelektrode 40. Der Zentralgraben 61 liegt sandwichartig zwischen einem Mesa-Bereich M, der einen Teil der Driftschicht 30 bildet. Der äußere periphere Graben 62 umgibt den Mesa-Bereich M und den Zentralgraben 61 ringförmig. Der zentrale und der äußere periphere Graben 61 und 62 müssen nicht vollständig voneinander getrennt sein, sondern können, wie in **Fig. 1A** dargestellt, miteinander verbunden sein. Die Tiefen der zentralen und äußeren peripheren Gräben 61 und 62 können gleich oder unterschiedlich sein. Der Mesa-Bereich M bildet einen Teil der Driftschicht 30, der durch die mittleren und äußeren peripheren Gräben 61 und 62 unterteilt ist und zu einer Verarmungsschicht wird, wenn eine Rückwärtsspannung zwischen den Anoden- und Kathodenelektroden 40

und 50 angelegt wird. Dadurch wird ein Kanalbereich der Driftschicht 30 abgeklemmt, so dass ein Leckstrom beim Anlegen der Rückwärtsspannung erheblich reduziert ist.

[0021] Eine Unterseite 32 der Innenwand jedes der mittleren und äußeren peripheren Gräben 61 und 62 ist mit einem Isolierfilm 70 bedeckt, während eine Seitenfläche 33 der Innenwand jedes der mittleren und äußeren peripheren Gräben 61 und 62 nicht damit bedeckt ist. Dementsprechend steht die Unterseite 32 der mittleren und äußeren peripheren Gräben 61 und 62 nicht in Kontakt mit der Anodenelektrode 40, während die Seitenfläche 33 der mittleren und äußeren peripheren Gräben 61 und 62 in Schottky-Kontakt mit der Anodenelektrode 40 gebracht ist, ohne mit dem Isolierfilm 70 bedeckt zu sein. Dadurch können die Driftschicht 30 und die Anodenelektrode 40 nicht nur an der Oberseite 31 der Driftschicht 30, sondern auch an der Seitenfläche 33 des mittleren und des äußeren peripheren Grabens 61 und 62 in Schottky-Kontakt miteinander gebracht sein, so dass der EIN-Widerstand der Schottky-Barriere-Diode 1 im Vergleich zu dem Fall abnimmt, dass die gesamte Innenwand des mittleren und des äußeren peripheren Grabens 61 und 62 mit dem Isolierfilm 70 bedeckt ist. Außerdem kann die Dotierstoffkonzentration der Driftschicht 30 auf etwa $3 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ reduziert sein, wodurch eine Verringerung der Rückwärts-Stehspannung verhindert wird. Das Material des Isolierfilms 70 ist vorzugsweise ein Isoliermaterial mit einer hohen Dielektrizitätskonstante, wie HfO_2 oder Al_2O_3 . Dies verbessert die Wirkung der Stehspannung.

[0022] Wie in **Fig. 2A** dargestellt, müssen, wenn die Unterseite 32 sowohl des mittleren als auch des äußeren peripheren Grabens 61 und 62 horizontal ist und ein Abschnitt zwischen der horizontalen Unterseite 32 und der vertikalen Seitenfläche 33 eine gekrümmte Fläche 34 ist, die Unterseite 32 und die gekrümmte Fläche 34 mit dem Isolierfilm 70 bedeckt sein. Wenn die Unterseite 32 des mittleren und des äußeren peripheren Grabens 61 und 62 vollständig gekrümmt ist, muss die gesamte gekrümmte Unterseite 32 mit dem Isolierfilm 70 bedeckt sein, wie in **Fig. 2B** dargestellt. Wenn die Bodenfläche 32 des mittleren und des äußeren peripheren Grabens 61 und 62 horizontal ist und ein rechtwinkliger Eckabschnitt 35 zwischen der horizontalen Unterseite 32 und der vertikalen Seitenfläche 33 vorhanden ist, müssen die Bodenfläche 32 und der Eckabschnitt 35 mit dem Isolierfilm 70 bedeckt sein, wie in **Fig. 2C** dargestellt.

[0023] Wie oben beschrieben, ist in der Schottky-Barriere-Diode 1 gemäß der vorliegenden Ausführungsform die Anodenelektrode 40 in Schottky-Kontakt mit der Seitenfläche 33 sowohl des mittleren als auch des äußeren peripheren Grabens 61 und 62

gebracht, wodurch es möglich ist, den EIN-Widerstand zu verringern, verglichen damit, dass die gesamte Innenwand sowohl des mittleren als auch des äußeren peripheren Grabens 61 und 62 mit dem Isolierfilm 70 bedeckt ist.

<Zweite Ausführungsform>

[0024] **Fig. 3** ist eine schematische Querschnitts-Ansicht zur Veranschaulichung der Konfiguration einer Schottky-Barriere-Diode 2 gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0025] Wie in **Fig. 3** dargestellt, unterscheidet sich die Schottky-Barriere-Diode 2 gemäß der zweiten Ausführungsform von der Schottky-Barriere-Diode 1 gemäß der ersten Ausführungsform dadurch, dass ein Teil der Seitenfläche 33 sowohl des Zentralgrabens als auch des äußeren peripheren Grabens 61 und 62, der sich in der Nähe der Unterseite 32 befindet, mit dem Isolierfilm 70 bedeckt ist. Andere grundlegende Konfigurationen sind die gleichen wie die der Schottky-Barriere-Diode 1 gemäß der ersten Ausführungsform, so dass die gleichen Bezugszeichen für die gleichen Elemente verwendet werden und eine überlappende Beschreibung entfällt. In der vorliegenden Ausführungsform kann eine Tiefe T der Anodenelektrode 40, d. h. der Bereich, in dem die Anodenelektrode 40 die Seitenfläche 33 jedes der mittleren und äußeren peripheren Gräben 61 und 62 kontaktiert, in Abhängigkeit von der Höhenposition des Isolierfilms 70 eingestellt sein.

<Dritte Ausführungsform>

[0026] **Fig. 4** ist eine schematische Querschnitts-Ansicht zur Veranschaulichung der Konfiguration einer Schottky-Barriere-Diode 3 gemäß einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0027] Wie in **Fig. 4** dargestellt, unterscheidet sich die Schottky-Barriere-Diode 3 gemäß der dritten Ausführungsform von der Schottky-Barriere-Diode 2 gemäß der zweiten Ausführungsform dadurch, dass der Isolierfilm 70 eine im Wesentlichen flache Oberseite hat und in den unteren Teil jedes der zentralen und äußeren peripheren Gräben 61 und 62 gefüllt ist. Andere grundlegende Konfigurationen sind die gleichen wie die der Schottky-Barriere-Diode 2 gemäß der zweiten Ausführungsform, so dass die gleichen Bezugszeichen für die gleichen Elemente verwendet werden und eine überlappende Beschreibung entfällt. Wenn ein Teil der Seitenfläche 33 jedes der mittleren und äußeren peripheren Gräben 61 und 62, der sich in der Nähe der Bodenfläche 32 befindet, mit dem Isolierfilm 70 bedeckt ist, kann der gesamte Bodenabschnitt jedes der mittleren und äußeren peripheren Gräben 61 und 62 mit dem Isolierfilm 70 gefüllt sein.

<Vierte Ausführungsform>

[0028] Fig. 5 ist eine schematische Querschnitts-Ansicht zur Veranschaulichung der Konfiguration einer Schottky-Barriere-Diode 4 gemäß einer vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0029] Wie in Fig. 5 dargestellt, unterscheidet sich die Schottky-Barriere-Diode 4 gemäß der vierten Ausführungsform von der Schottky-Barriere-Diode 1 gemäß der ersten Ausführungsform dadurch, dass der äußere periphere Graben 62 breiter als der Zentralgraben 61 ist. Andere grundlegende Konfigurationen sind die gleichen wie die der Schottky-Barriere-Diode 1 gemäß der ersten Ausführungsform, so dass die gleichen Bezugszeichen für die gleichen Elemente verwendet werden und eine überlappende Beschreibung entfällt. Durch die Vergrößerung der Breite des äußeren peripheren Grabens 62 ist es möglich, die Konzentration des elektrischen Feldes in der Nähe des unteren Teils des äußeren peripheren Grabens 62 beim Anlegen einer Rückwärtsspannung zu relaxieren.

<Fünfte Ausführungsform>

[0030] Fig. 6 ist eine schematische Querschnitts-Ansicht zur Veranschaulichung der Konfiguration einer Schottky-Barriere-Diode 5 gemäß einer fünften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0031] Wie in Fig. 6 dargestellt, unterscheidet sich die Schottky-Barriere-Diode 5 gemäß der fünften Ausführungsform von der Schottky-Barriere-Diode 1 gemäß der ersten Ausführungsform dadurch, dass ein Teil der Driftschicht 30, die sich außerhalb des äußeren peripheren Grabens 62 befindet, entfernt ist. Andere grundlegende Konfigurationen sind die gleichen wie die der Schottky-Barriere-Diode 1 gemäß der ersten Ausführungsform, so dass die gleichen Bezugszeichen für die gleichen Elemente verwendet werden und eine überlappende Beschreibung entfällt. In dem Teil der Driftschicht 30, der sich außerhalb des äußeren peripheren Grabens 62 befindet, fließt kaum ein Ein-Strom, so dass die Driftschicht 30 an dieser Stelle wie in der vorliegenden Ausführungsform entfernt sein kann.

<Sechste Ausführungsform>

[0032] Fig. 7 ist eine schematische Querschnitts-Ansicht zur Veranschaulichung der Konfiguration einer Schottky-Barriere-Diode 6 gemäß einer sechsten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0033] Wie in Fig. 7 dargestellt, unterscheidet sich die Schottky-Barriere-Diode 6 gemäß der sechsten Ausführungsform von der Schottky-Barriere-Diode 1 gemäß der ersten Ausführungsform dadurch, dass ein Isolierfilm 71 zwischen der Oberseite 31 des

Teils der Driftschicht 30, der außerhalb des äußeren peripheren Grabens 62 liegt, und der Anodenelektrode 40 vorgesehen ist. Andere grundlegende Konfigurationen sind die gleichen wie die der Schottky-Barriere-Diode 1 gemäß der ersten Ausführungsform, so dass die gleichen Bezugszeichen für die gleichen Elemente verwendet werden und eine überlappende Beschreibung entfällt. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform wird durch das Vorhandensein des Isolierfilms 71 eine sogenannte Feldplattenstruktur erreicht, die eine stärkere Relaxation eines elektrischen Feldes ermöglicht, das an den unteren Teil des äußeren peripheren Grabens 62 angelegt wird. Das Material des Isolierfilms 71 ist vorzugsweise ein Material, das eine hohe Spannungsfestigkeit aufweist, wie SiO_2 oder Al_2O_3 . Dies verbessert die Wirkung der Stehspannung.

<Siebte Ausführungsform>

[0034] Fig. 8 ist eine schematische Querschnitts-Ansicht zur Veranschaulichung der Konfiguration einer Schottky-Barriere-Diode 7 gemäß einer siebten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0035] Wie in Fig. 8 dargestellt, unterscheidet sich die Schottky-Barriere-Diode 7 gemäß der siebten Ausführungsform von der Schottky-Barriere-Diode 1 gemäß der ersten Ausführungsform dadurch, dass eine Anodenelektrode 41, die die Oberseite der Driftschicht 30 bedeckt, und eine Anodenelektrode 42, die in den Zentralgraben und die äußeren peripheren Gräben 61 und 62 gefüllt ist, aus voneinander verschiedenen Metallmaterialien gemacht sind. Andere grundlegende Konfigurationen sind die gleichen wie die der Schottky-Barriere-Diode 1 gemäß der ersten Ausführungsform, so dass die gleichen Bezugszeichen für die gleichen Elemente verwendet werden und eine überlappende Beschreibung entfällt. Eine solche Struktur kann zum Beispiel durch die Herstellung der Anodenelektrode 42 und der Anodenelektrode 41 durch elektrolytische Abscheidung bzw. Aufdampfen erhalten sein. Bei einem solchen Herstellungsverfahren ist es schwierig, einen Hohlraum in der Anodenelektrode 42 zu erzeugen, der in den mittleren und äußeren peripheren Gräben 61 und 62 gefüllt ist.

<Achte Ausführungsform>

[0036] Fig. 9A ist eine schematische Draufsicht zur Veranschaulichung der Konfiguration einer Schottky-Barriere-Diode 8 gemäß einer achten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Fig. 9B ist eine schematische Querschnitts-Ansicht entlang der Linie A-A in Fig. 9A genommen.

[0037] Wie in Fig. 9A und 9B dargestellt, unterscheidet sich die Schottky-Barriere-Diode 8 gemäß der achten Ausführungsform von der Schottky-Barriere-

Diode 1 gemäß der ersten Ausführungsform dadurch, dass die gesamte Innenwand des äußeren peripheren Grabens 62 mit dem Isolierfilm 70 bedeckt ist. Andere grundlegende Konfigurationen sind die gleichen wie die der Schottky-Barriere-Diode 1 gemäß der ersten Ausführungsform, so dass die gleichen Bezugszeichen für die gleichen Elemente verwendet werden und eine überlappende Beschreibung entfällt. In **Fig. 9A** ist ein Teil der Oberfläche des Mesa-Bereichs M, der in Schottky-Kontakt mit der Driftschicht 30 gebracht ist, durch eine gestrichelte Linie gekennzeichnet, während ein Teil der Oberfläche des Mesa-Bereichs M, der mit dem Isolierfilm 70 bedeckt ist, durch eine durchgezogene Linie gekennzeichnet ist. Dadurch kann die Rückwärts-Stehspannung weiter erhöht sein.

<Neunte Ausführungsform>

[0038] **Fig. 10** ist eine schematische Querschnitts-Ansicht, die die Konfiguration einer Schottky-Barriere-Diode 9 gemäß einer neunten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

[0039] Wie in **Fig. 10** dargestellt, unterscheidet sich die Schottky-Barriere-Diode 9 gemäß der neunten Ausführungsform von der Schottky-Barriere-Diode 8 gemäß der achten Ausführungsform dadurch, dass die Höhenposition des Isolierfilms 70, der die Seitenfläche 33 des äußeren peripheren Grabens 62 bedeckt, niedriger ist als bei der Schottky-Barriere-Diode 8 gemäß der achten Ausführungsform, um dadurch einen Teil der Seitenfläche 33 des äußeren peripheren Grabens 62 in Schottky-Kontakt mit der Anodenelektrode 40 zu bringen. Andere grundlegende Konfigurationen sind die gleichen wie die der Schottky-Barriere-Diode 8 gemäß der achten Ausführungsform, so dass die gleichen Bezugszeichen für die gleichen Elemente verwendet werden und eine überlappende Beschreibung entfällt. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform kann der EIN-Widerstand stärker verringert sein als bei der Schottky-Barriere-Diode 8 gemäß der achten Ausführungsform, während die Rückwärts-Stehspannung erhöht ist.

<Zehnte Ausführungsform>

[0040] **Fig. 11** ist eine schematische Querschnitts-Ansicht, die die Konfiguration einer Schottky-Barriere-Diode 10 gemäß einer zehnten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

[0041] Wie in **Fig. 11** dargestellt, unterscheidet sich die Schottky-Barriere-Diode 10 gemäß der zehnten Ausführungsform von der Schottky-Barriere-Diode 8 gemäß der achten Ausführungsform dadurch, dass der Isolierfilm 70 auf einer inneren Seitenfläche 33a, die die Innenseite der Seitenfläche 33 des äußeren peripheren Grabens 62 bildet, entfernt ist.

Eine äußere Seitenfläche 33b, die die äußere Seite der Seitenfläche 33 des äußeren peripheren Grabens 62 bildet, ist vollständig mit dem Isolierfilm 70 bedeckt. Andere grundlegende Konfigurationen sind die gleichen wie die der Schottky-Barriere-Diode 8 gemäß der achten Ausführungsform, so dass die gleichen Bezugszeichen für die gleichen Elemente verwendet werden und eine überlappende Beschreibung entfällt. Auch in der vorliegenden Ausführungsform kann der EIN-Widerstand stärker reduziert sein als bei der Schottky-Barriere-Diode 8 gemäß der achten Ausführungsform, während eine Rückwärts-Stehspannung erhöht ist.

<Elfte Ausführungsform>

[0042] **Fig. 12** ist eine schematische Querschnitts-Ansicht, die die Konfiguration einer Schottky-Barriere-Diode 11 gemäß einer elften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

[0043] Wie in **Fig. 12** dargestellt, unterscheidet sich die Schottky-Barriere-Diode 11 gemäß der elften Ausführungsform von der Schottky-Barriere-Diode 8 gemäß der achten Ausführungsform dadurch, dass die Anodenelektrode 41, die die Oberseite der Driftschicht 30 bedeckt, und die Anodenelektrode 42, die in den Zentralgraben und die äußeren peripheren Gräben 61 und 62 gefüllt ist, aus voneinander verschiedenen Metallmaterialien gemacht sind. Andere grundlegende Konfigurationen sind die gleichen wie die der Schottky-Barriere-Diode 8 gemäß der achten Ausführungsform, so dass die gleichen Bezugszeichen für die gleichen Elemente verwendet werden und eine überlappende Beschreibung entfällt. Eine solche Struktur kann zum Beispiel durch die Herstellung der Anodenelektrode 42 und der Anodenelektrode 41 durch elektrolytische Abscheidung bzw. Aufdampfen erhalten sein. Bei einem solchen Herstellungsverfahren ist es schwierig, einen Hohlraum in der Anodenelektrode 42 zu erzeugen, der in den mittleren und äußeren peripheren Gräben 61 und 62 gefüllt ist.

<Zwölfte Ausführungsform>

[0044] **Fig. 13A** ist eine schematische Draufsicht zur Veranschaulichung der Konfiguration einer Schottky-Barriere-Diode 12 gemäß einer zwölften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. **Fig. 13B** ist eine schematische Querschnitts-Ansicht entlang der Linie A-A in **Fig. 13A** genommen.

[0045] Wie in den **Fig. 13A** und **13B** dargestellt, unterscheidet sich die Schottky-Barriere-Diode 12 gemäß der zwölften Ausführungsform von der Schottky-Barriere-Diode 2 gemäß der zweiten Ausführungsform dadurch, dass in der Driftschicht 30 ein weiterer äußerer peripherer Graben 63 vorgesehen ist, der den äußeren peripheren Graben 62

umgibt, und dass die gesamte Innenwand davon mit dem Isolierfilm 70 bedeckt ist. Der äußere periphere Graben 63 ist unabhängig von dem äußeren peripheren Graben 62 ausgebildet. Andere grundlegende Konfigurationen sind die gleichen wie die der Schottky-Barriere-Diode 1 gemäß der ersten Ausführungsform, so dass dieselben Bezugszeichen für dieselben Elemente verwendet werden und eine überlappende Beschreibung entfällt. In **Fig. 13A** ist ein Teil der Oberfläche des Mesa-Bereichs M, der in Schottky-Kontakt mit der Driftschicht 30 gebracht ist, durch eine gestrichelte Linie gekennzeichnet, während ein Teil der Oberfläche des Mesa-Bereichs M, der mit dem Isolierfilm 70 bedeckt ist, durch eine durchgezogene Linie gekennzeichnet ist. Dadurch, dass der äußere periphere Graben 63 anders als der äußere periphere Graben 62 in der Driftschicht 30 vorgesehen ist und die gesamte Innenwand davon mit dem Isolierfilm 70 bedeckt ist, ist es möglich, die Konzentration des elektrischen Feldes in der Nähe des Bodenteils der mittleren und äußeren peripheren Gräben 61 und 62 beim Anlegen einer Rückwärtsspannung zu relaxieren.

<Dreizehnte Ausführungsform>

[0046] **Fig. 14A** ist eine schematische Draufsicht zur Veranschaulichung der Konfiguration einer Schottky-Barriere-Diode 13 gemäß einer dreizehnten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. **Fig. 14B** ist eine schematische Querschnitts-Ansicht entlang der Linie A-A in **Fig. 14A** genommen.

[0047] Wie in den **Fig. 14A** und **14B** dargestellt, unterscheidet sich die Schottky-Barriere-Diode 13 gemäß der dreizehnten Ausführungsform von der Schottky-Barriere-Diode 12 gemäß der zwölften Ausführungsform dadurch, dass der äußere periphere Graben 63 breiter ist als die mittleren und äußeren peripheren Gräben 61 und 62. Andere grundlegende Konfigurationen sind die gleichen wie die der Schottky-Barriere-Diode 12 gemäß der zwölften Ausführungsform, so dass die gleichen Bezugszeichen für die gleichen Elemente verwendet werden und eine überlappende Beschreibung entfällt. Durch die Vergrößerung der Breite des äußeren peripheren Grabens 63 ist es möglich, die Konzentration des elektrischen Feldes in der Nähe des unteren Teils des äußeren peripheren Grabens 63 beim Anlegen einer Rückwärtsspannung zu relaxieren.

<Vierzehnte Ausführungsform>

[0048] **Fig. 15A** ist eine schematische Draufsicht zur Veranschaulichung der Konfiguration einer Schottky-Barriere-Diode 14 gemäß einer vierzehnten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. **Fig. 15B** ist eine schematische Querschnitts-Ansicht entlang der Linie A-A in **Fig. 15A** genommen.

[0049] Wie in **Fig. 15A** und **15B** dargestellt, unterscheidet sich die Schottky-Barriere-Diode 14 gemäß der vierzehnten Ausführungsform von der Schottky-Barriere-Diode 12 gemäß der zwölften Ausführungsform dadurch, dass der äußere periphere Graben 63 mit einem p-Typ Halbleitermaterial 80 gefüllt ist. Das p-Typ-Halbleitermaterial 80 kontaktiert die Anodenelektrode 40. Andere grundlegende Konfigurationen sind die gleichen wie die der Schottky-Barriere-Diode 12 gemäß der zwölften Ausführungsform, so dass die gleichen Bezugszeichen für die gleichen Elemente verwendet werden und eine überlappende Beschreibung entfällt. Beispiele für das p-Typ Halbleitermaterial 80 schließen Si, GaAs, GaN, SiC, Ge, ZnSe, CdS, InP, SiGe, AlN, BN, AlGaIn, NiO, Cu₂O, Ir₂O₃, Ag₂O ein. Unter diesen ist ein p-Typ Oxid-Halbleiter wie NiO zu bevorzugen, da er frei von Oxidation ist. Durch das Auffüllen des äußeren peripheren Grabens 63 mit dem p-Typ Halbleitermaterial 80 breitet sich beim Anlegen einer Rückwärtsspannung eine Verarmungsschicht um den äußeren peripheren Graben 63 aus. So wird beim Anlegen einer Rückwärtsspannung ein elektrisches Feld, das am äußeren peripheren Bodenabschnitt des äußeren peripheren Grabens 63 erzeugt wird, relaxiert.

<Fünfzehnte Ausführungsform>

[0050] **Fig. 16A** ist eine schematische Draufsicht zur Veranschaulichung der Konfiguration einer Schottky-Barriere-Diode 15 gemäß einer fünfzehnten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. **Fig. 16B** ist eine schematische Querschnitts-Ansicht entlang der Linie A-A in **Fig. 16A** genommen.

[0051] Wie in **Fig. 16A** und **16B** dargestellt, unterscheidet sich die Schottky-Barriere-Diode 15 gemäß der fünfzehnten Ausführungsform von der Schottky-Barriere-Diode 1 gemäß der dreizehnten Ausführungsform dadurch, dass die Oberseite 31 der außerhalb des äußeren peripheren Grabens 63 angeordneten Driftschicht 30, die äußere Seitenfläche 33b des äußeren peripheren Grabens 63 und eine äußere Seitenfläche 32b des äußeren peripheren Grabens 63 mit dem Isolierfilm 71 bedeckt sind. Eine innere periphere Seitenfläche 32a des äußeren peripheren Grabens 63 ist durch den Isolierfilm 70 mit der Anodenelektrode 40 bedeckt. Die innere periphere Seitenfläche 33a des äußeren peripheren Grabens 63 ist an ihrem unteren Teil nahe der Bodenfläche 32 mit dem Isolierfilm 70 bedeckt und kontaktiert die Anodenelektrode 40 an ihrem oberen Teil. Andere grundlegende Konfigurationen sind die gleichen wie die der Schottky-Barriere-Diode 13 gemäß der dreizehnten Ausführungsform, so dass die gleichen Bezugszeichen für die gleichen Elemente verwendet werden und eine überlappende Beschreibung entfällt. Die Isolierfilme 70 und 71 können aus denselben oder unterschiedlichen Isoliermaterialien

gemacht sein. Mit der obigen Konfiguration kann der EIN-Widerstand stärker reduziert sein als bei der Schottky-Barriere-Diode 13 gemäß der dreizehnten Ausführungsform, während die Rückwärts-Stehspannung erhöht ist.

<Sechzehnte Ausführungsform>

[0052] Fig. 17A ist eine schematische Draufsicht zur Veranschaulichung der Konfiguration einer Schottky-Barriere-Diode 16 gemäß einer sechzehnten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Fig. 17B ist eine schematische Querschnitts-Ansicht entlang der Linie A-A in Fig. 17A genommen.

[0053] Wie in den Fig. 17A und 17B dargestellt, unterscheidet sich die Schottky-Barriere-Diode 16 gemäß der sechzehnten Ausführungsform von der Schottky-Barriere-Diode 15 gemäß der fünfzehnten Ausführungsform dadurch, dass ein Teil der Driftschicht 30, die sich außerhalb des äußeren peripheren Grabens 63 befindet, entfernt ist. Andere grundlegende Konfigurationen sind die gleichen wie die der Schottky-Barriere-Diode 15 gemäß der fünfzehnten Ausführungsform, so dass dieselben Bezugszeichen für dieselben Elemente verwendet werden und eine überlappende Beschreibung entfällt. In dem Teil der Driftschicht 30, der sich außerhalb des äußeren peripheren Grabens 63 befindet, fließt kaum ein Einstrom, so dass die Driftschicht 30 an dieser Stelle wie in der vorliegenden Ausführungsform entfernt sein kann.

[0054] Während die bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung beschrieben wurde, ist die vorliegende Offenbarung nicht auf die obige Ausführungsform beschränkt, und verschiedene Modifikationen können im Rahmen der vorliegenden Offenbarung vorgenommen werden, und alle derartigen Modifikationen sind in der vorliegenden Offenbarung enthalten.

[BEISPIELE]

<Beispiel 1>

[0055] Es wurde ein Simulationsmodell angenommen, das dieselbe Struktur wie die in Fig. 3 dargestellte Schottky-Barriere-Diode 2 aufweist, und es wurde ein Widerstandswert simuliert, bei dem eine Durchlass-Spannung zwischen der Anodenelektrode 40 und der Kathodenelektrode 50 angelegt war. Die Dotierstoffkonzentration des Halbleitersubstrats 20 wurde auf $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ und die Dotierstoffkonzentration der Driftschicht 30 auf $3 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ festgelegt. Die Dicke der Driftschicht 30 wurde auf $7 \mu\text{m}$ festgelegt. Die Tiefen des Zentralgrabens und des äußeren peripheren Grabens 61 und 62 wurden beide auf $3 \mu\text{m}$ festgelegt. Die Breite des Zentralgrabens und des äußeren peripheren Grabens 61 und 62 in dem

in Fig. 3 dargestellten Querschnitt und die Breite der Oberseite 31 der Driftschicht 30 (d. h. die Breite des Mesa-Bereichs M) wurden beide auf $1,5 \mu\text{m}$ festgelegt. Der Krümmungsradius der gekrümmten Oberfläche 34 zwischen der flachen Unterseite 32 und der flachen Seitenfläche 33 jedes der zentralen und äußeren peripheren Gräben 61 und 62 wurde auf $0,05 \mu\text{m}$ festgelegt. Als Isolierfilm 70 wurde ein HfO_2 Film mit einer Dicke von 50 nm verwendet. Die Anodenelektrode 40 wurde aus Ni gemacht, und die Kathodenelektrode 50 wurde aus einem laminierten Film aus Ti und Au gebildet. Dann wurde die Simulation durchgeführt, wobei die Tiefe T der Anodenelektrode 40, die die Seitenfläche 33 des mittleren und äußeren peripheren Grabens 61 und 62 kontaktiert, als Variable verwendet wurde.

[0056] Das Simulationsergebnis ist in Fig. 18 dargestellt. Das Diagramm in Fig. 18 zeigt, dass der EIN-Widerstand mit zunehmender Tiefe T der Anodenelektrode 40, die die Seitenfläche 33 des Zentralgrabens und des äußeren peripheren Grabens 61 und 62 kontaktiert, abnimmt. Die Rückwärts-Stehspannung betrug $7,5 \text{ MV/cm}$, unabhängig von der Tiefe T.

[Bezugszeichenliste]

1-16	Schottky-Barriere-Diode
20	Halbleitersubstrat
21	Oberseite des Halbleitersubstrats
22	Rückseite des Halbleitersubstrats
30	Driftschicht
31	Oberseite der Driftschicht
32	Unterseite der Driftschicht
32a	innere Seitenfläche der Unterseite des Grabens
32b	äußere Seitenfläche der Unterseite des Grabens
33	Seitenfläche des Grabens
33a	innere Seitenfläche des Grabens
33b	äußere Seitenfläche des Grabens
34	gekrümmte Oberfläche des Grabens
35	Eckabschnitt des Grabens
40-42	Anodenelektrode
50	Kathodenelektrode
61	Zentralgraben
62, 63	äußerer peripherer Graben
70, 71	Isolierfilm
80	Halbleitermaterial

M

Mesa-Bereich

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 2017199869 A [0005]

Patentansprüche

1. Eine Schottky-Barriere-Diode, umfassend:
ein Halbleitersubstrat, aus Galliumoxid gemacht;
eine Driftschicht, aus Galliumoxid gemacht, die auf dem Halbleitersubstrat vorgesehen ist;
eine Anodenelektrode, die in Schottky-Kontakt mit der Driftschicht gebracht ist; und
eine Kathodenelektrode, die in ohmschen Kontakt mit dem Halbleitersubstrat gebracht ist,
wobei die Driftschicht einen Zentralgraben aufweist, der mit der Anodenelektrode gefüllt ist,
wobei eine Unterseite des Zentralgrabens mit einem Isolierfilm bedeckt ist, ohne mit der Anodenelektrode in Kontakt zu stehen, und
wobei mindestens ein Teil einer Seitenfläche des Zentralgrabens in Schottky-Kontakt mit der Anodenelektrode gebracht ist.

2. Die Schottky-Barriere-Diode nach Anspruch 1, wobei die Anodenelektrode einschließt, eine erste Anodenelektrode, die in Schottky-Kontakt mit einer Oberseite der Driftschicht gebracht ist, und eine zweite Anodenelektrode, die in Schottky-Kontakt mit der Seitenfläche des Zentralgrabens gebracht ist und aus einem Metallmaterial gemacht ist, das sich von dem der ersten Anodenelektrode unterscheidet.

3. Die Schottky-Barriere-Diode nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Driftschicht ferner einen äußeren peripheren Graben aufweist, der mit der Anodenelektrode gefüllt ist und den Zentralgraben umgibt, und wobei eine Unterseite und eine äußere periphere Seitenfläche des äußeren peripheren Grabens mit einem Isolierfilm bedeckt ist, ohne in Kontakt mit der Anodenelektrode zu stehen.

4. Die Schottky-Barriere-Diode nach Anspruch 3, wobei mindestens ein Teil einer inneren peripheren Seitenfläche des äußeren peripheren Grabens in Schottky-Kontakt mit der Anodenelektrode gebracht ist.

5. Die Schottky-Barriere-Diode nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Driftschicht ferner einen äußeren peripheren Graben aufweist, der den Zentralgraben umgibt, und wobei der äußere periphere Graben mit einem Halbleitermaterial gefüllt ist, das einen Leitfähigkeitstyp aufweist, der demjenigen der Driftschicht entgegengesetzt ist.

Es folgen 14 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1A

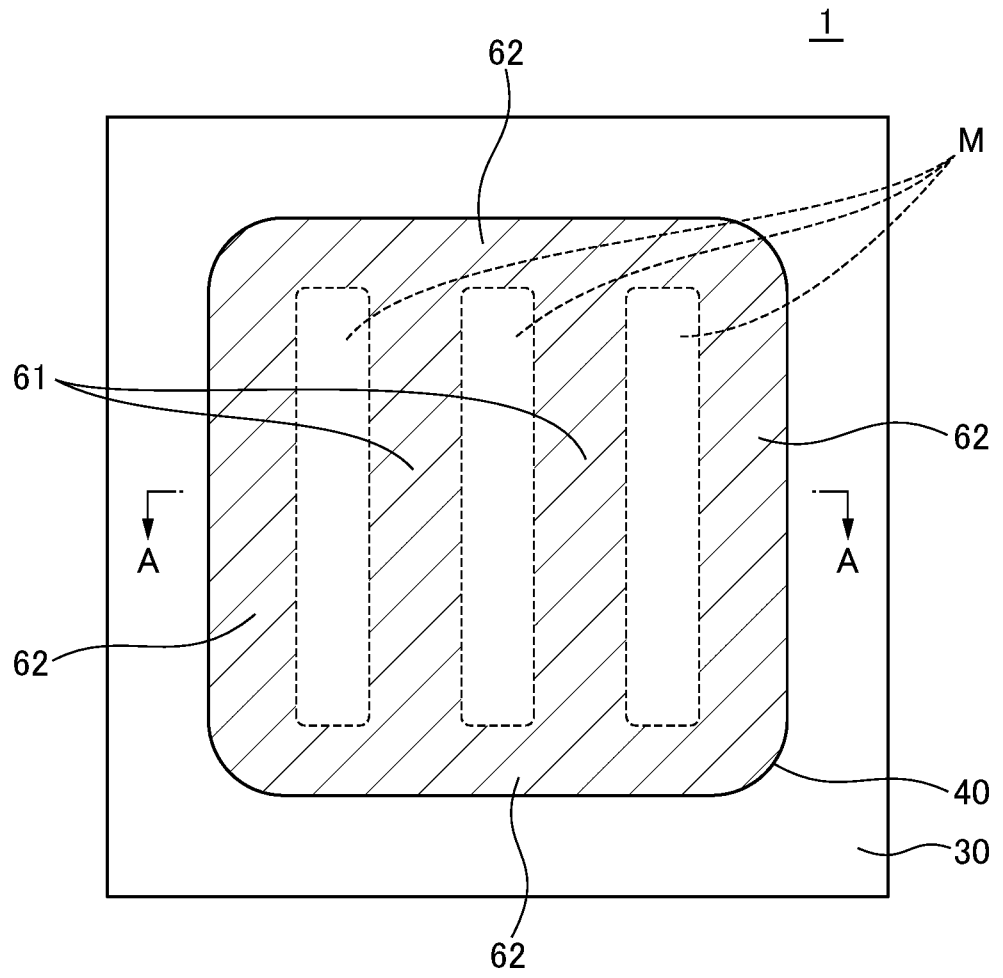
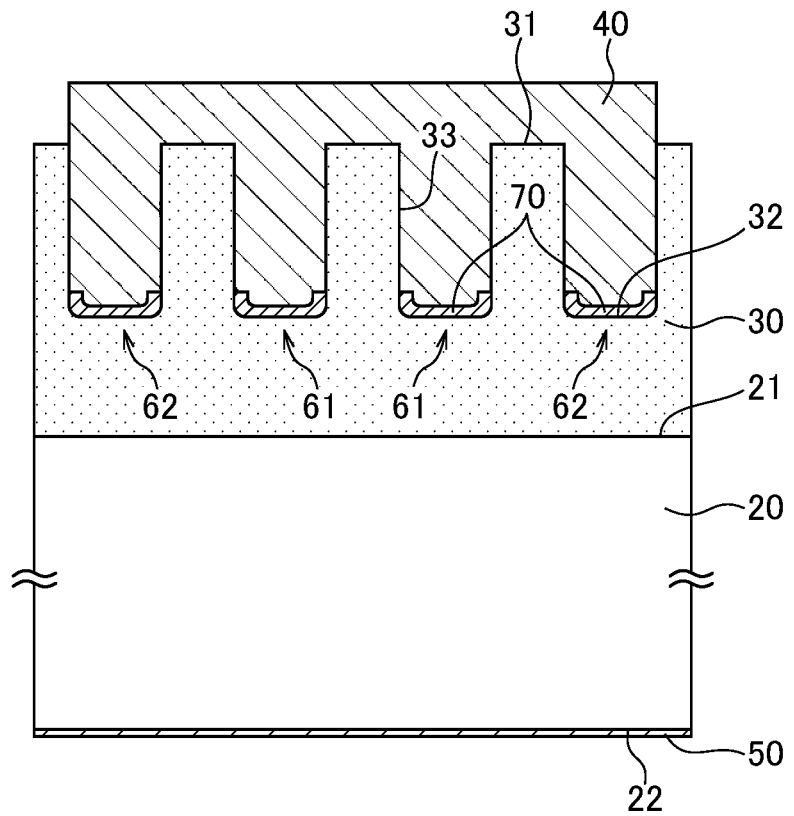
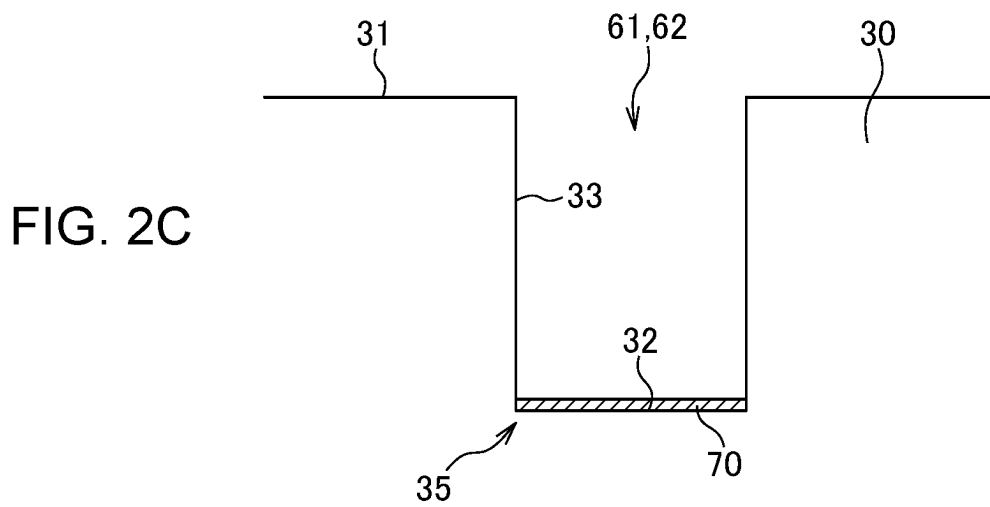
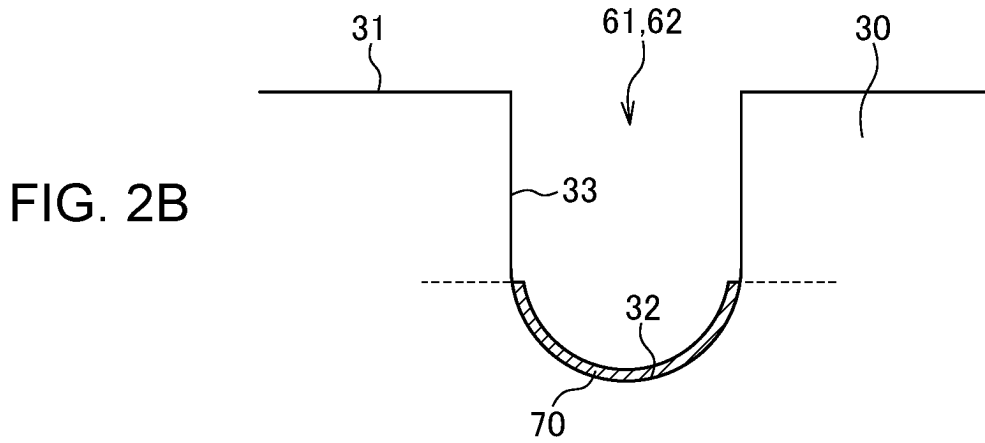
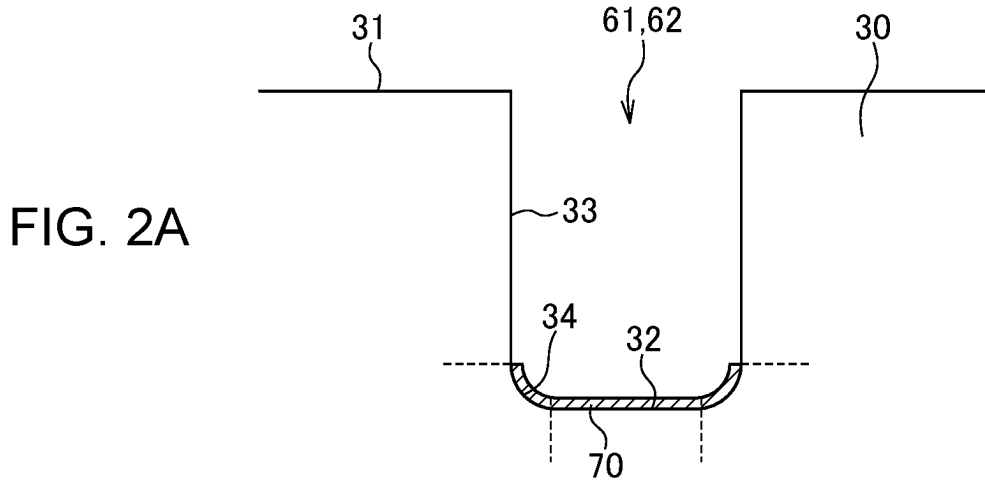


FIG. 1B





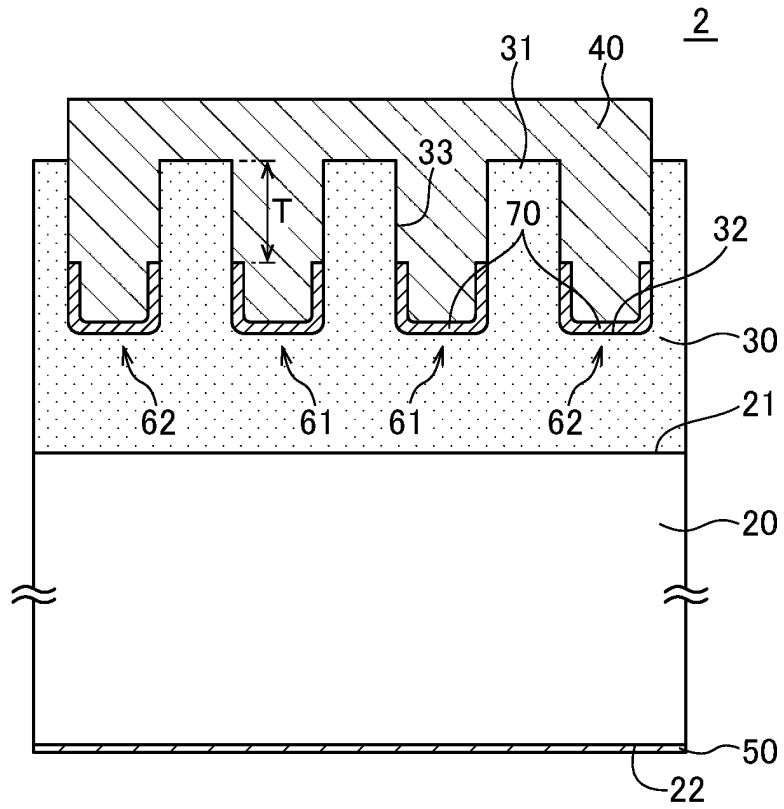


FIG. 3

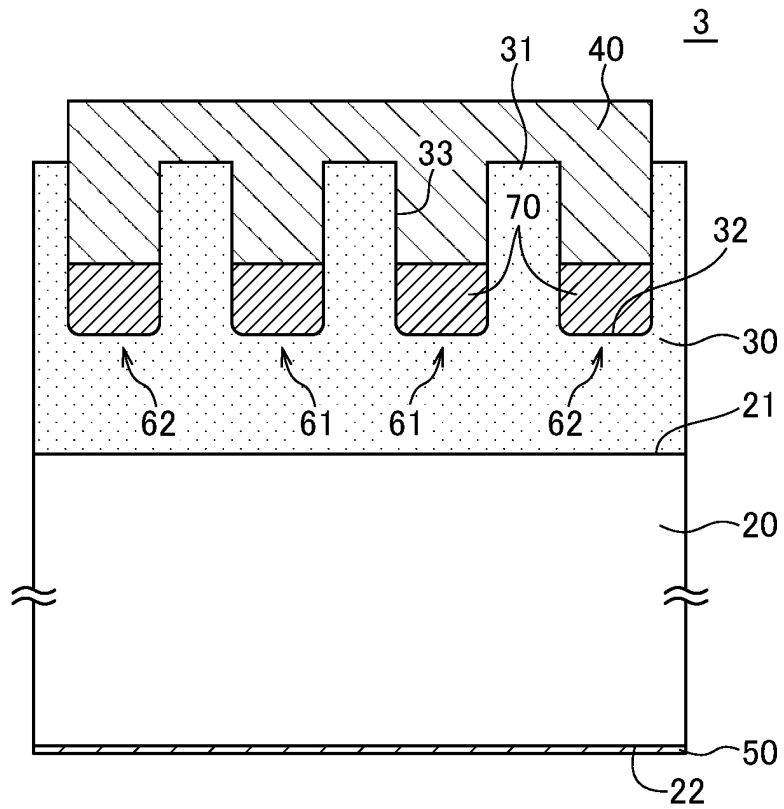


FIG. 4

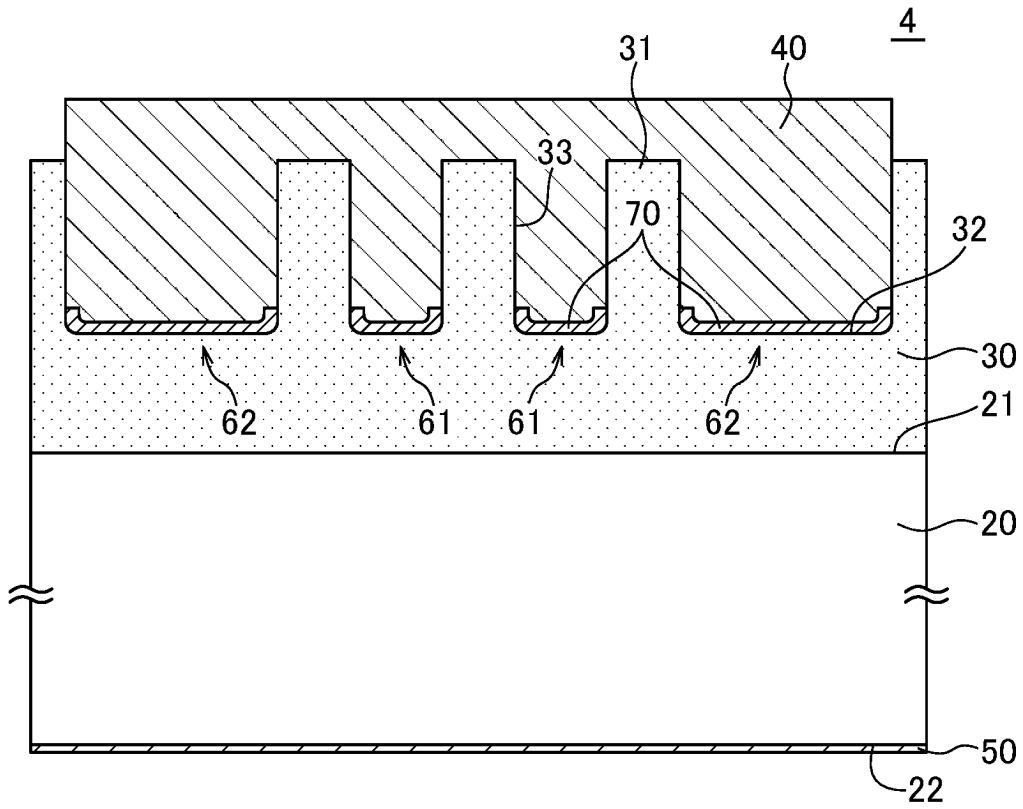


FIG. 5

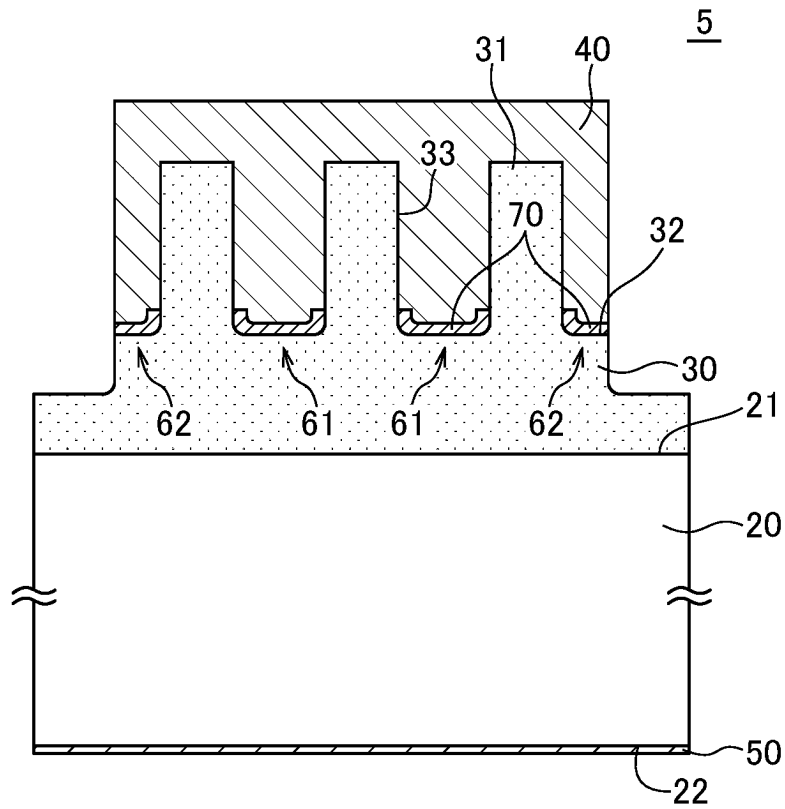


FIG. 6

FIG. 9A

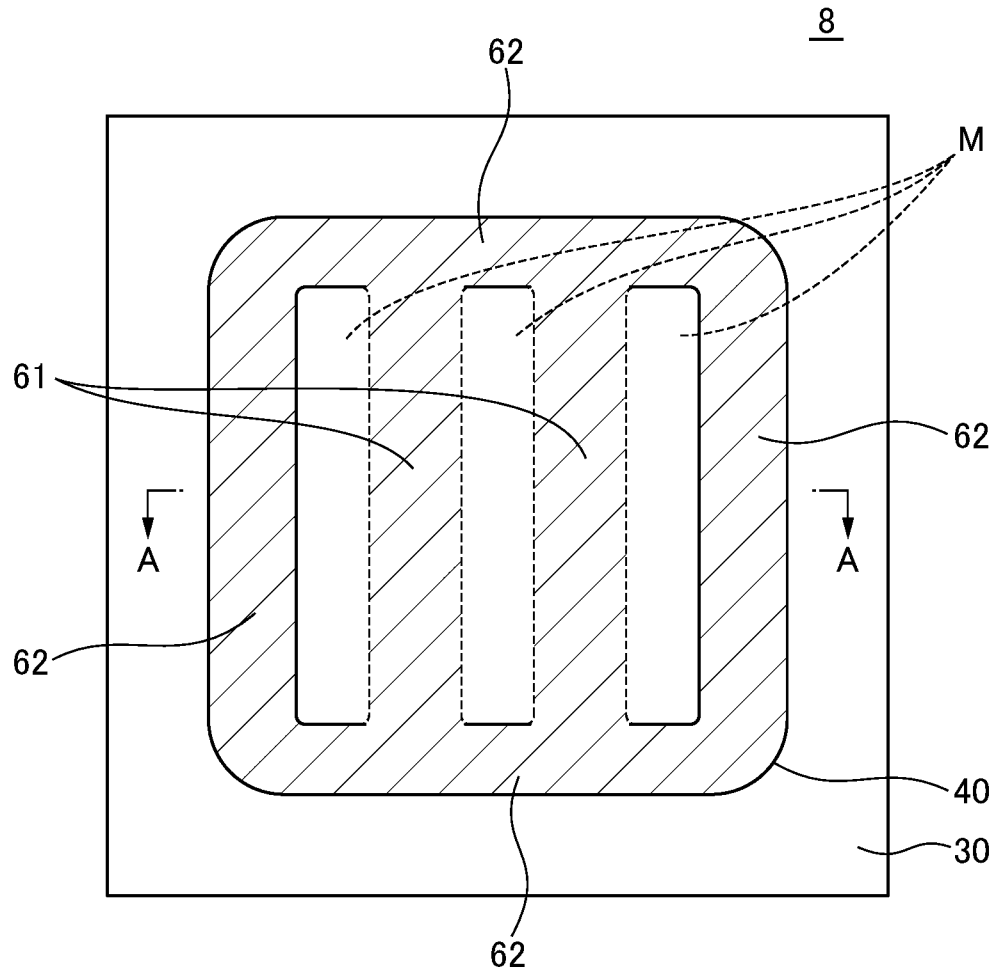
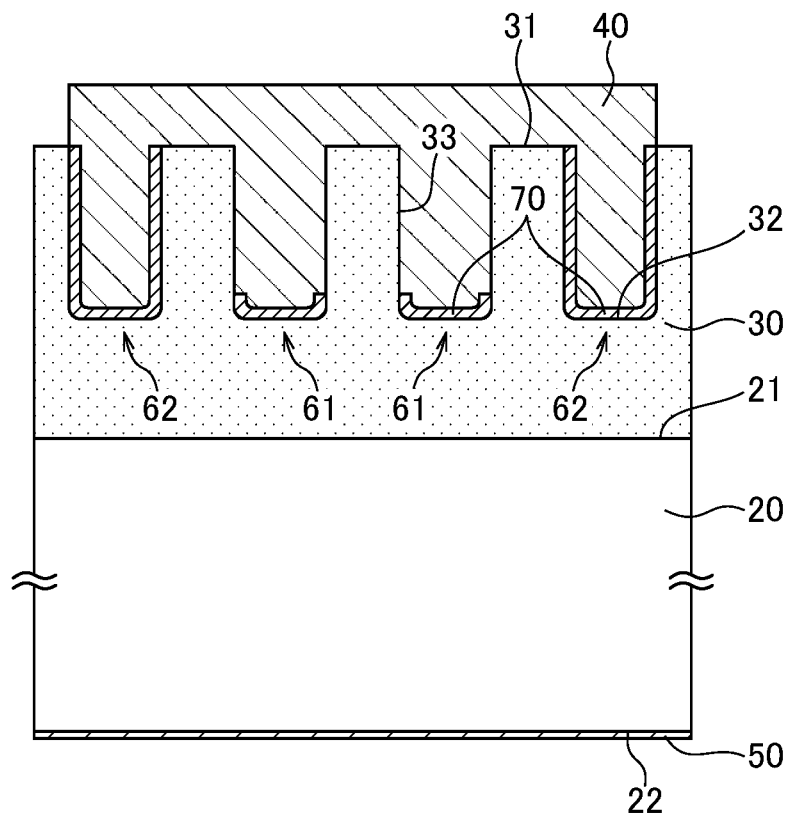


FIG. 9B



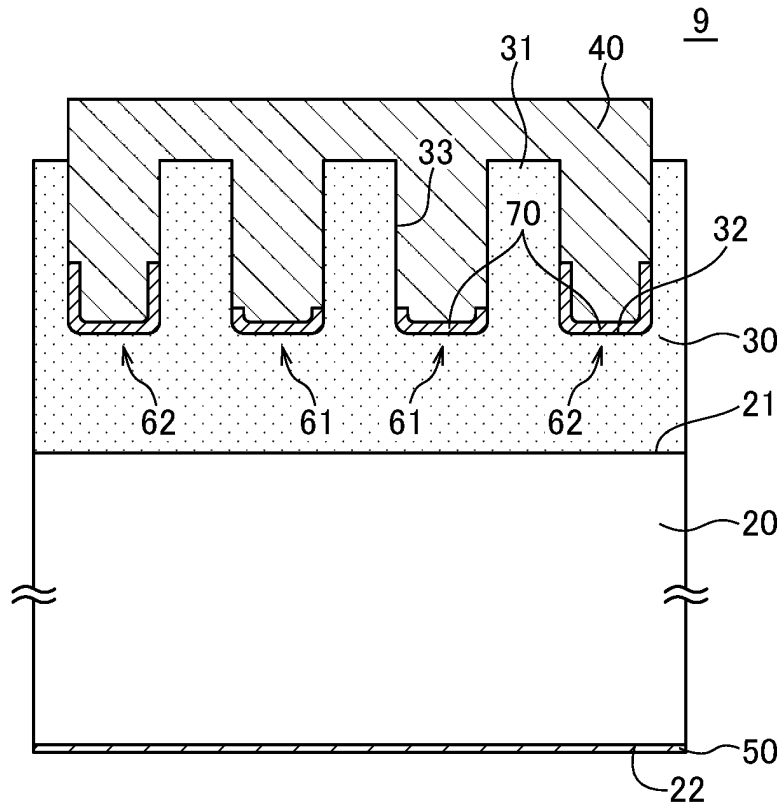


FIG. 10

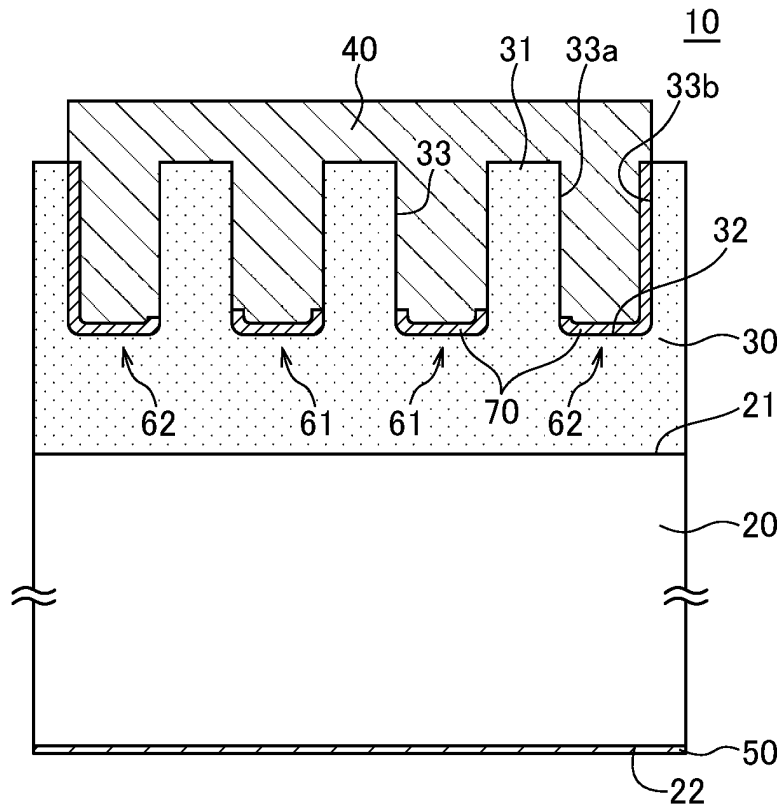


FIG. 11

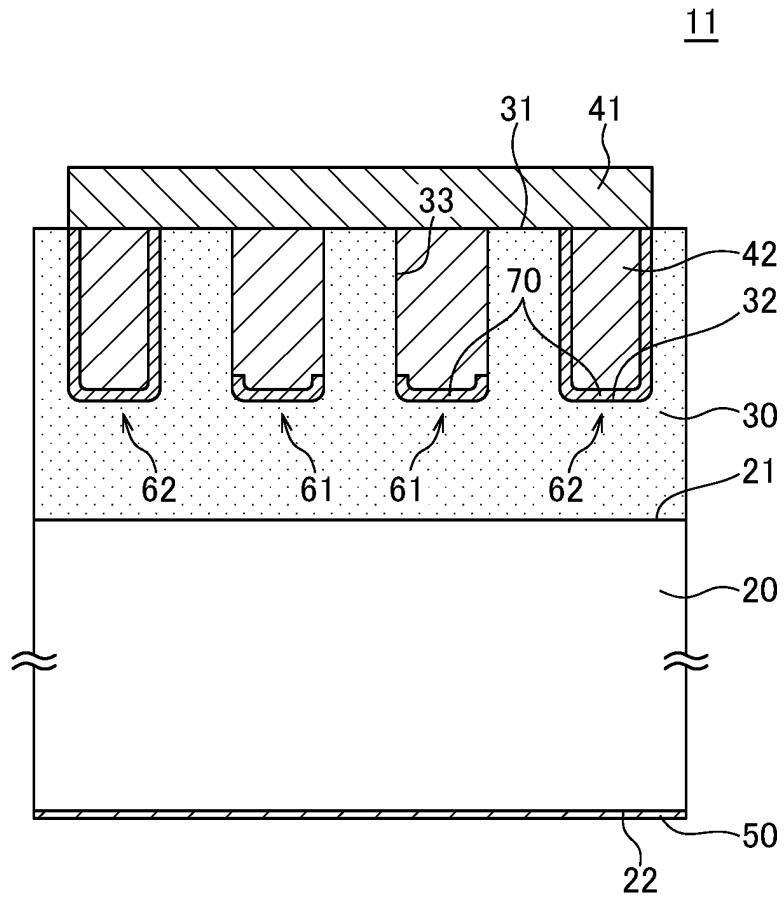


FIG. 12

FIG. 13A

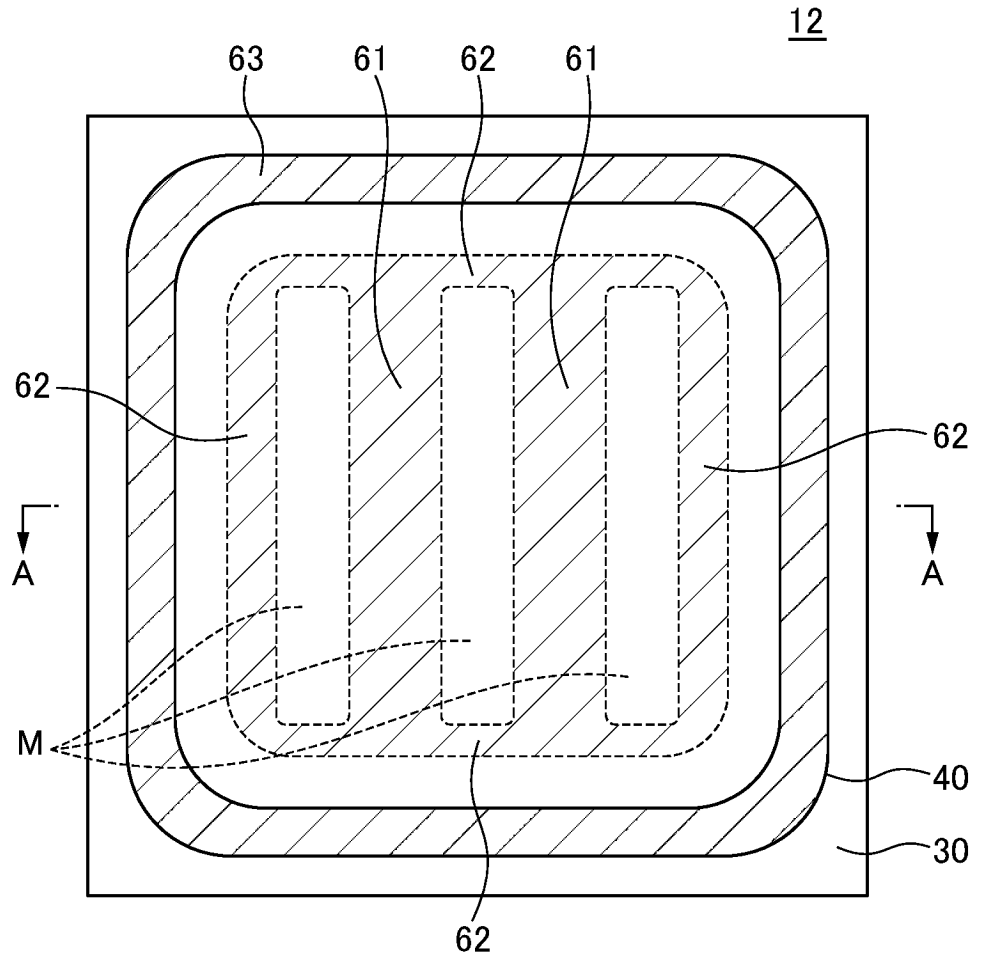


FIG. 13B

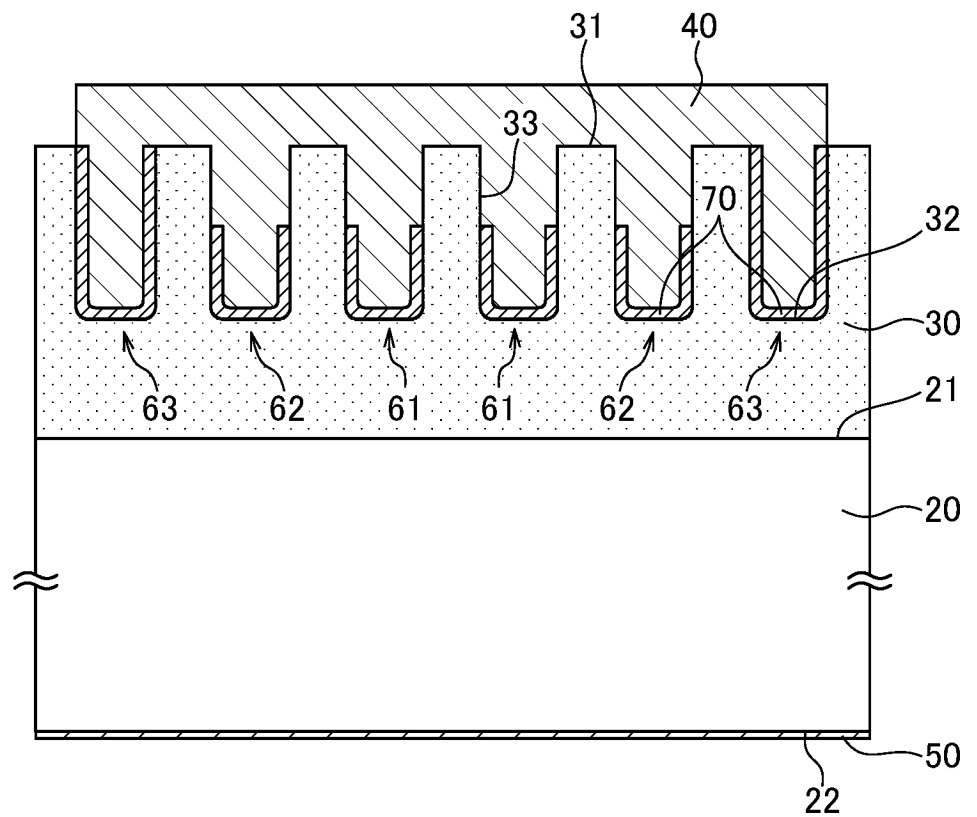


FIG. 14A

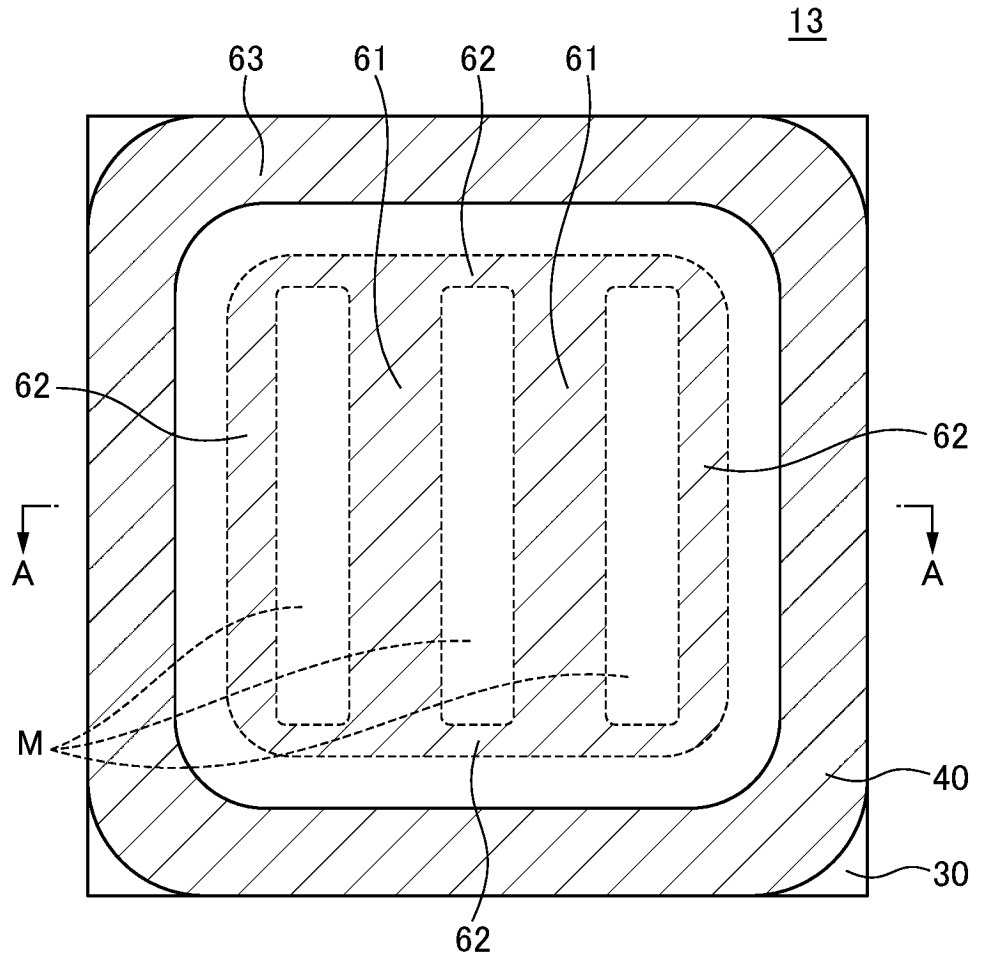
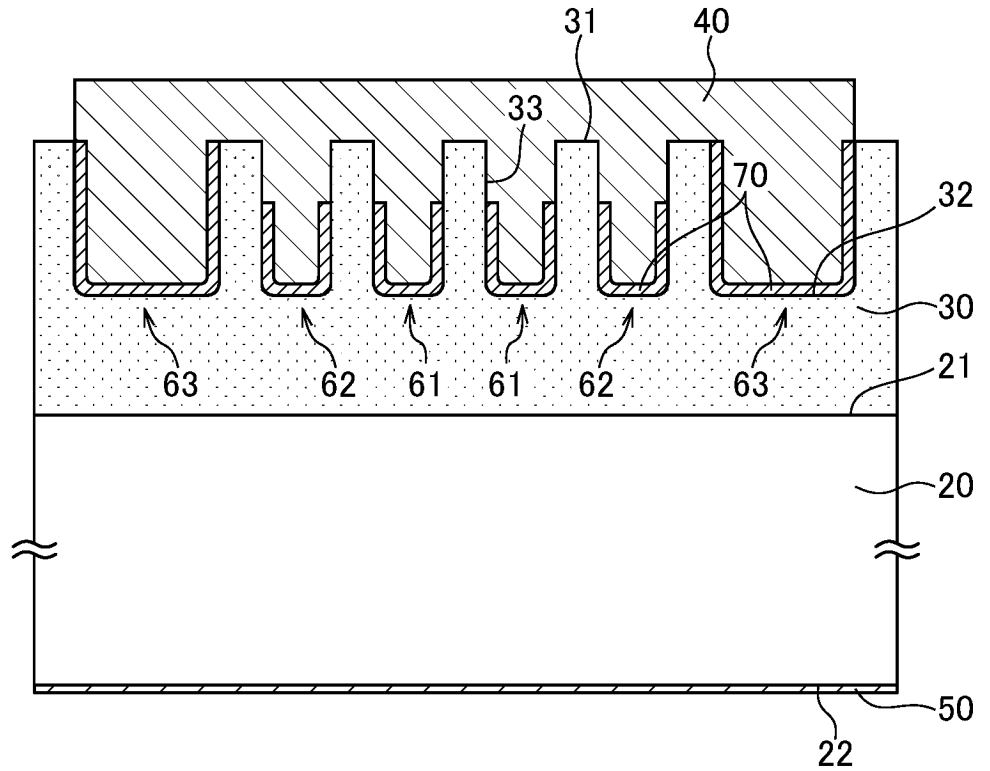


FIG. 14B



14

FIG. 15A

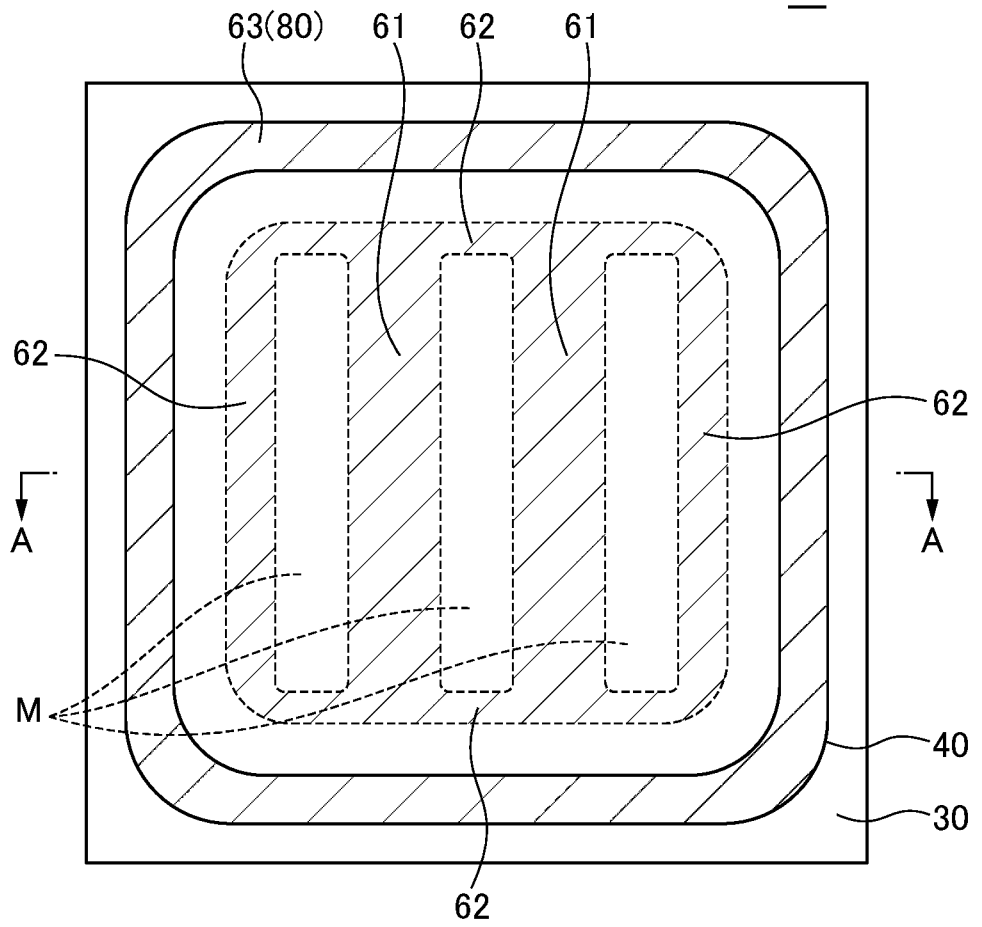


FIG. 15B

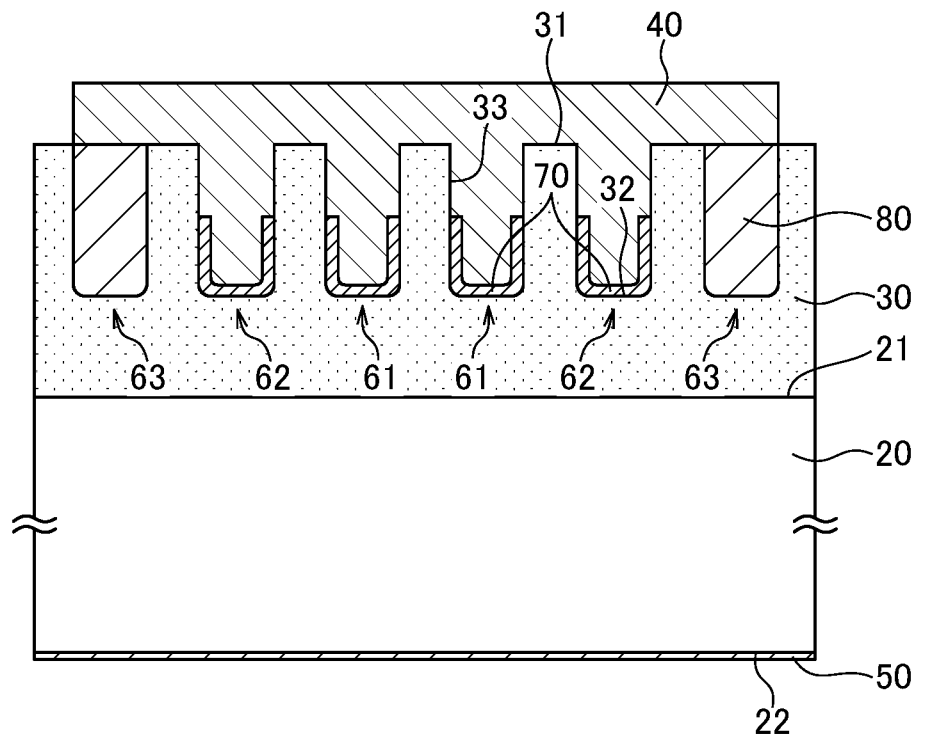


FIG. 16A

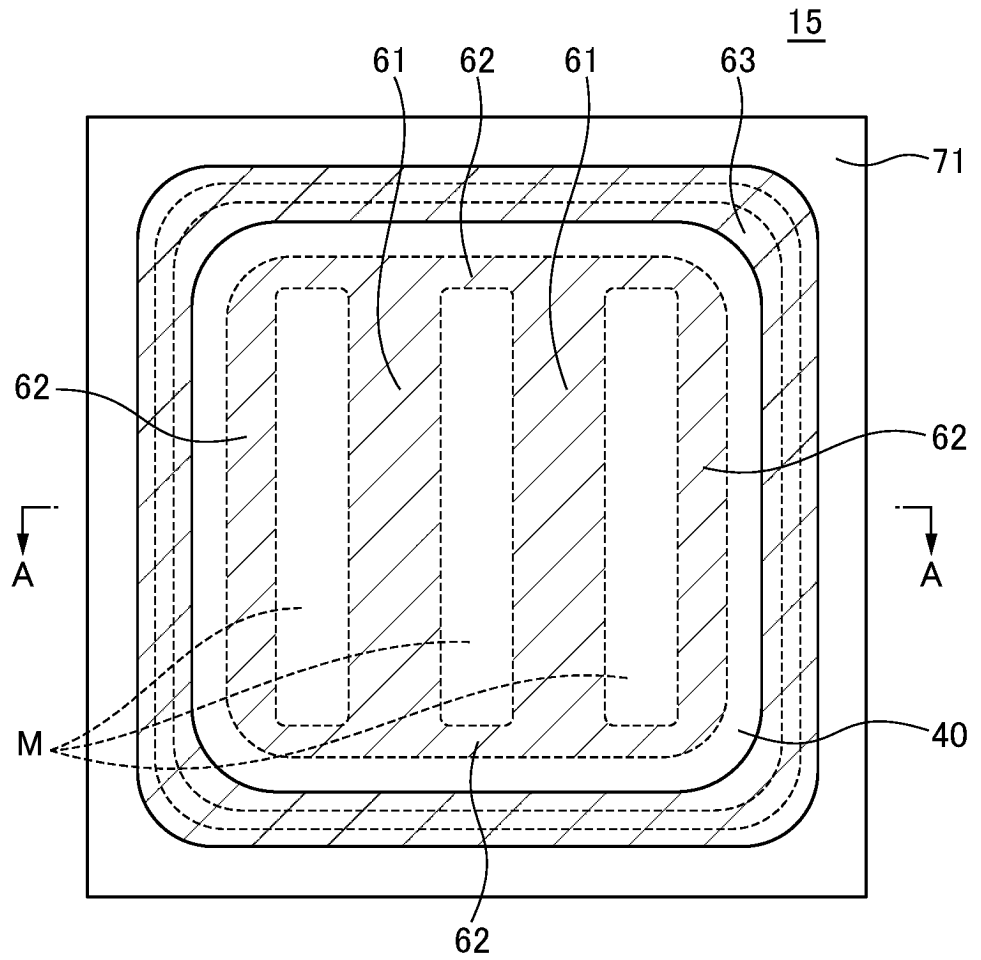


FIG. 16B

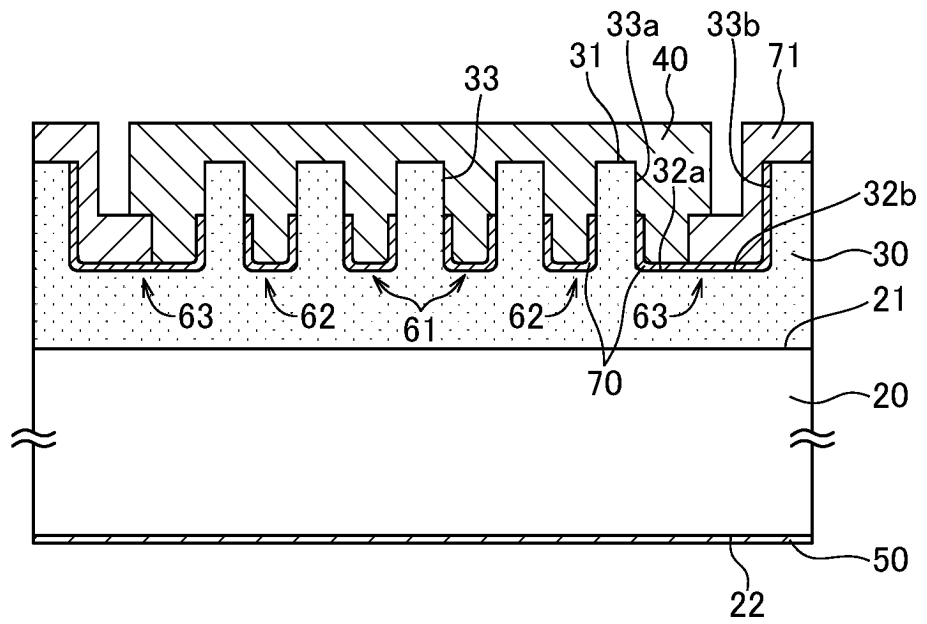


FIG. 17A

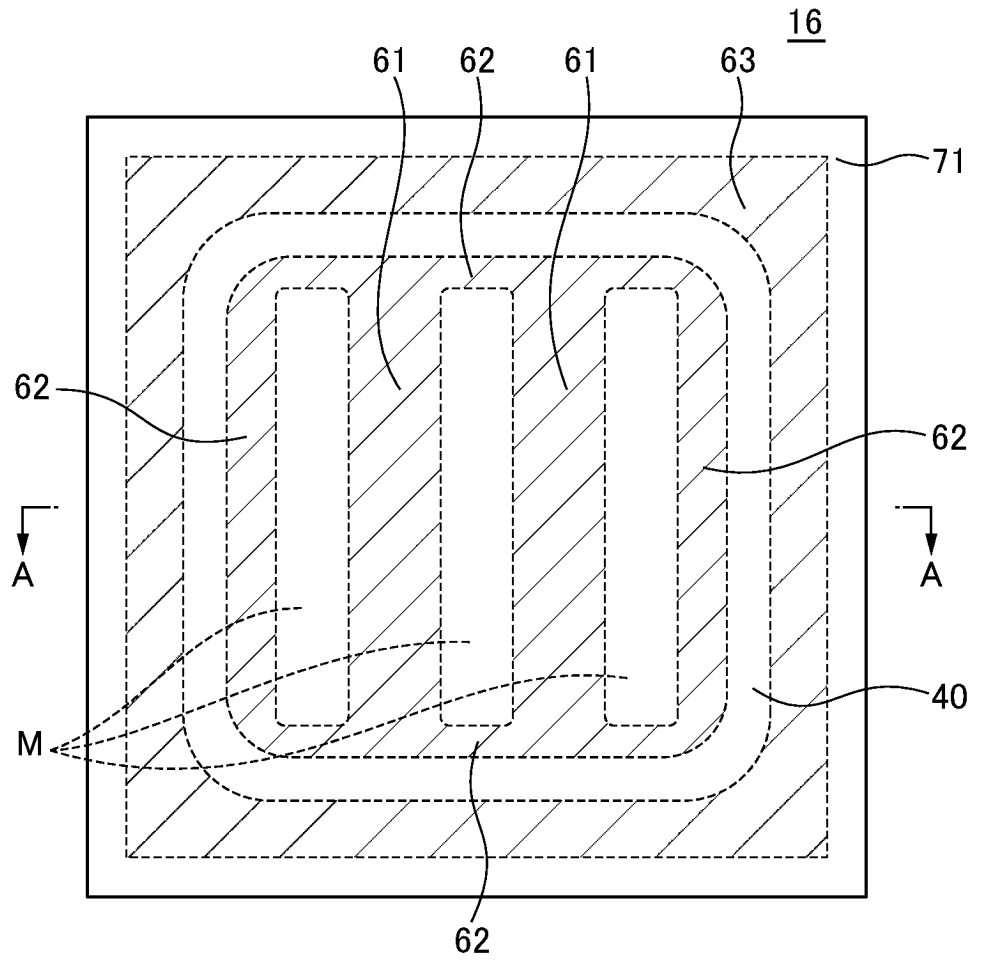
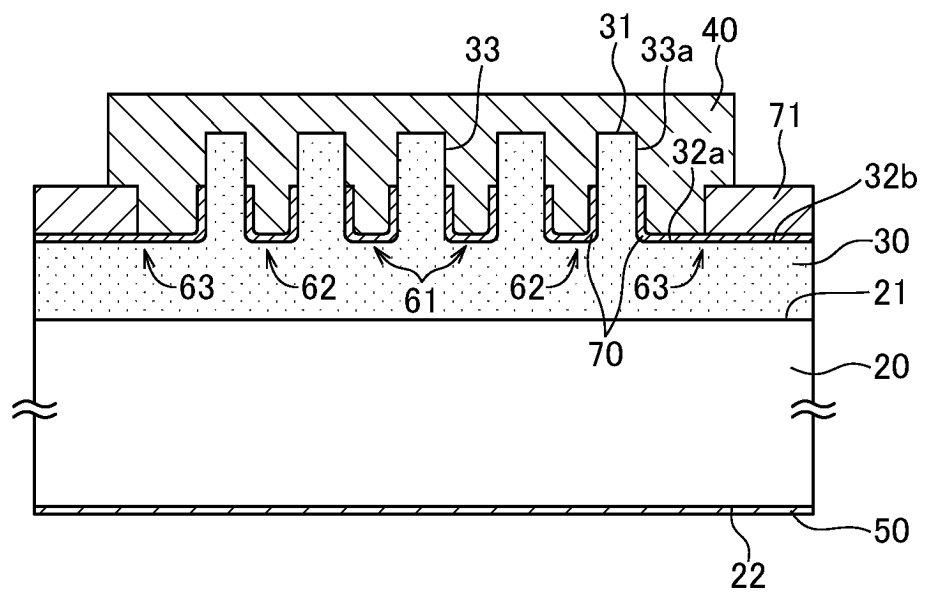


FIG. 17B



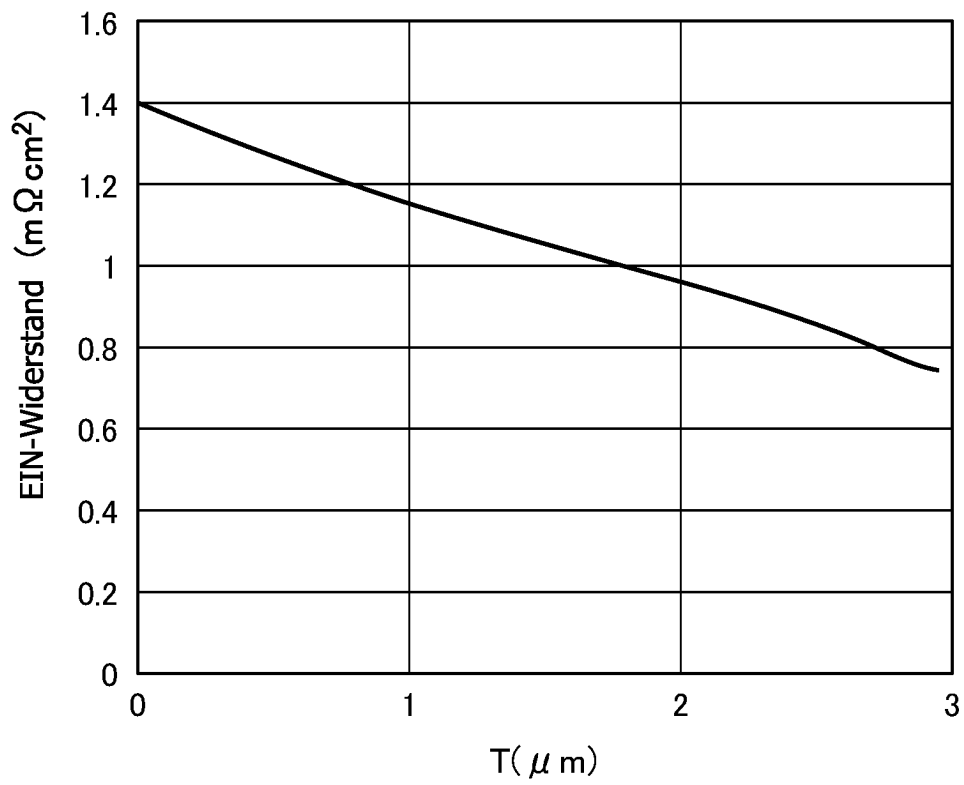


FIG. 18