



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 102 32 425 B4** 2007.03.29

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **102 32 425.5**
(22) Anmeldetag: **17.07.2002**
(43) Offenlegungstag: **13.03.2003**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **29.03.2007**

(51) Int Cl.⁸: **H01L 29/417** (2006.01)
H01L 29/47 (2006.01)
H01L 29/861 (2006.01)

Innerhalb von drei 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. 2 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
P 2001-251367 22.08.2001 JP

(73) Patentinhaber:
Mitsubishi Denki K.K., Tokyo, JP

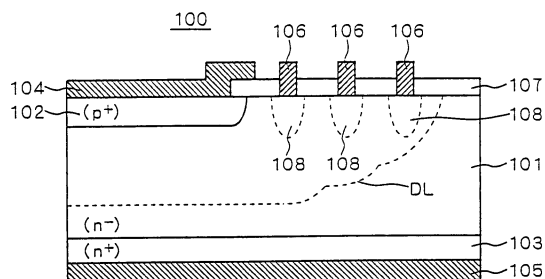
(74) Vertreter:
Meissner, Bolte & Partner GbR, 80538 München

(72) Erfinder:
**Satoh, Katsumi, Tokio/Tokyo, JP; Suekawa,
Eisuke, Tokio/Tokyo, JP**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:
US 49 01 120
US 48 27 324
US 40 24 564
US 37 60 241
**US 6501145 B1 (vorveröffentlicht als DE 197 23 176
C1);**

(54) Bezeichnung: **Halbleiterelement**

(57) Hauptanspruch: Halbleiterelement enthaltend:
eine zu Grunde liegende Halbleiterschicht mit einem Gebiet, in welchem ein pn-Übergang ausgebildet wird, wobei ein Ende des pn-Übergangs eine Hauptoberfläche der zu Grunde liegenden Halbleiterschicht erreicht; und
mindestens eine Schottky-Metallschicht (106), die wie ein Ring um die Hauptoberfläche der zu Grunde liegenden Halbleiterschicht in einem Schottky-Kontakt mit der zu Grunde liegenden Halbleiterschicht ausgeführt ist, und um dieses Gebiet einzuschließen,
dadurch gekennzeichnet, dass
die mindestens eine Schottky-Metallschicht (106) mit der Halbleiterschicht zur Ausbildung einer Verarmungsregion (108) in Kontakt tritt, wobei die Verarmungsregion (108) eine Tiefe aufweist, die gleich oder größer einer Tiefe eines Hauptübergangs des pn-Übergangs in der Hauptoberfläche ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Halbleiterelement, insbesondere ein Halbleiterelement, das eine hohe Durchbruchspannung erfordert.

[0002] Beschreibung eines herkömmlichen Ausführungsbeispiels nach dem Stand der Technik.

[0003] Es ist wichtig, dass ein Halbleiterelement, das eine hohe Spannung mittels eines pn-Übergangs absperrt, eine elektrische Feldstärke an einer Übergangsoberfläche, die sich in Kontakt mit einer Substanz, die eine verschiedene Dielektrizitätskonstante aufweist, unterstützen, und damit eine Durchbruchspannung in vergleichbarer Höhe mit einer Feldstärke im Übergang innerhalb des Siliziumsubstrates realisieren muss.

[0004] Aus diesem Grund wird eine Feldbegrenzungsringstruktur, eine SIPOS (Semi-Insulating Polycrystalline Silicon) Struktur und eine vergleichbare Struktur üblicherweise als eine Übergangsbeendigungsprozessstruktur verwendet.

SIPOS Struktur

[0005] [Fig. 13](#) zeigt eine Schnittstruktur einer Siliziumdiode **80**, die eine SIPOS Struktur als eine Übergangsbeendigungsprozessstruktur aufweist.

[0006] Wie in [Fig. 13](#) gezeigt, umfasst die Siliziumdiode **80** eine p-Typ-Dotierungsschicht **202**, die als eine Arbeitsregion der Diode fungiert und eine p-Typ Dotierung in einer relativ hohen Konzentration (p^+) beinhaltet, und eine p-Typ-Dotierungsschicht **208**, die einen überlappenden Teil mit einem Kanteil der p-Typ Dotierungsschicht **202** aufweist und die p-Typ Dotierung, in horizontaler, zu einem äußeren peripheren Teil ausgedehnten Richtung in einer relativ niedrigen Konzentration (p^-) in einer der Hauptoberflächen eines Siliziumsubstrates **201**, das eine n-Typ Dotierung in einer relativ niedrigen Konzentration (n^-) enthält, einschließt. Die p-Typ Dotierungsschicht **208** weist eine dreistufige Gestalt auf. Die Stufen überlappen einander und haben eine solche Form, dass eine Übergangstiefe und eine Konzentration zur äußeren Peripherie hin reduziert werden. Die p-Typ Dotierungsschicht **208** dient dabei dazu, die p-Typ Dotierungsschicht **202** auf einer Ebene zu umgeben.

[0007] Eine maximale Tiefe der p-Typ-Dotierungsschicht **208** ist beispielsweise 20 μm in einem Element, das eine Durchbruchspannung von 1,2 kV aufweist und 70 μm in einem Element, das eine Durchbruchspannung von 5 kV aufweist. Im allgemeinen hat die p-Typ Dotierungsschicht **202** eine Tiefe von 5 bis 40 μm .

[0008] Eine Anodenelektrode **204** ist auf der p-Typ Dotierungsschicht **202** angeordnet und ein SIPOS Film **206** ist von einem oberen Teil der p-Typ Dotierungsschicht **208** bis zu einem oberen Teil des äußeren peripheren Teils angeordnet und ein Siliziumnitritfilm (Si_3N_4) **207** ist auf dem SIPOS Film **206** aufgebracht.

[0009] Der SIPOS Film **206** weist eine Dicke von 500 μm auf und enthält beispielsweise 10% Sauerstoff. Weiterhin weist der Siliziumnitritfilm **207** eine Dicke von 150 nm auf.

[0010] Eine n-Typ Dotierungsschicht **203**, die eine n-Typ Dotierung in einer relativ hohen Konzentration (n^+) aufweist, ist auf der anderen Hauptoberfläche des Siliziumsubstrates **201** angeordnet und eine Kathodenelektrode **205** ist auf der n-Typ Dotierungsschicht **203** aufgebracht. Somit ist die p-Typ Dotierungsschicht **208**, die die dreistufige Form aufweist, dazu ausgeführt, um das Operationsgebiet der Diode zu umgeben. Damit wird eine Verarmungsschicht DL während des Betriebs des Gerätes so ausgedehnt, dass ein elektrisches Feld eines p-n Übergangsteils aufgebaut wird und eine Durchbruchsspannung bereitgestellt wird.

[0011] In dem Fall, in welchem eine Rückspannung an die Siliziumdiode **80** angelegt wird, fließt ein Strom zu dem SIPOS Film **206**, so daß der SIPOS Film **206** eine elektrische Feldverteilung des Halbleitersubstrates **201** stabilisiert.

[0012] Weiterhin fungiert der Siliziumnitritfilm **207** als ein Schutzfilm und trägt dabei zum stabilen Aufrechterhalten der Durchbruchsspannung bei.

[0013] Im folgenden wird eine Methode zum Aufbau der p-Typ Dotierungsschicht **208** unter Bezug auf [Fig. 14](#) beschrieben. Wie [Fig. 14](#) zu entnehmen ist, ist die p-Typ Dotierungsschicht **202** in einer beiden Hauptoberflächen des Siliziumsubstrates **201** ausgebildet und eine Fotolackmaske RM wird dann darüber gelegt, um schablonenhaft die Hauptoberfläche des Siliziumsubstrates **201** zu bedecken.

[0014] Die Fotolackmaske RM besitzt solch eine Schablonenform, dass eine Öffnung OP1 ein großes Gebiet, welches einem Gebiet der tiefsten Diffusionsschicht in der dreistufigen p-Typ Dotierungsschicht **208** entspricht, bereitgestellt wird, während eine Mehrzahl von Öffnungen OP2 auf zwei anderen Diffusionsschichten angeordnet sind und die Zahl der Öffnungen OP2 verringert ist, wenn eine Diffusionstiefe reduziert wird.

[0015] Bei Verwendung einer Photolackmaske RM, die solch eine Struktur aufweist, als eine Ionenimplantationsmaske kann eine effektive Implantationsmenge für jede Diffusionsschicht geändert werden

und die p-Typ-Dotierungsschicht **208**, die die dreistufige Form aufweist, kann durch thermische Diffusion im Anschluss an die Ionenimplantation erzeugt werden.

Feldebegrenzungsringstruktur

[0016] Im folgenden wird eine Schnittstruktur einer Siliziumcarbiddiode **90**, die eine Feldebegrenzungsringstruktur als eine Übergangsbeendigungsprozessstruktur aufweist, in Bezug auf [Fig. 15](#) erläutert.

[0017] Weil Siliziumcarbid eine größere Energielücke zwischen Bändern als diejenige von Silizium aufweist, weist dieses eine größere thermische Stabilität auf, sodass ein Siliziumcarbidelement bei einer hohen Temperatur von 1000 K (Kelvin) oder weniger betrieben werden kann. Zusätzlich dazu weist Siliziumcarbid eine hohe thermische Leitfähigkeit auf. Damit kann ein Siliziumcarbidelement bei einer hohen Dichte bereitgestellt werden.

[0018] Weiterhin weist Siliziumcarbid eine Durchbruchfeldstärke auf, welche annähernd zehn mal größer als die von Silizium ist. In einem Störzustand ist daher Siliziumcarbid für ein Gerät verwendbar, das unter einer Bedingung betrieben wird, dass möglicherweise eine hohe Spannung erzeugt wird.

[0019] Andererseits weist die SIPOS-Struktur eine hohe Temperaturabhängigkeit auf. In der Siliziumcarbiddiode, die einen großen Arbeitstemperaturbereich umfasst, besteht daher die Möglichkeit, dass sich ein Spannungsspervermögen bei niedrigen und hohen Temperaturen extrem ändert. Deswegen, ist es nicht vorteilhaft, die SIPOS Struktur auf eine Siliziumcarbiddiode anzuwenden. Aus diesem Grund wird die Feldebegrenzungsringstruktur im allgemeinen an einer Siliziumcarbiddiode angewandt.

[0020] Wie in [Fig. 15](#) gezeigt ist, ist in der Siliziumcarbiddiode **90** einer epitaktischen Schicht **303** vom n-Typ, die eine n-Typ Dotierung in einer relativ niedrigen Konzentration (n-) enthält, an einer der Hauptoberflächen eines Siliziumcarbidsubstrates **301** angeordnet, die eine n-Typ Dotierung in einer relativ hohen Konzentration enthält (n+).

[0021] Die epitaktische n-Typ Schicht **303** weist eine Stufenstruktur auf, die einen Vorsprung PP und ein Basisabsatzteil BP und eine p-Typ Dotierungsschicht **302**, die eine p-Typ Dotierung in einer relativ hohen Konzentration (p+) enthält und als ein Operationsgebiet der Diode dient, aufweist. Die p-Typ Dotierungsschicht **303** ist in eine Oberfläche des Vorsprungs PP eingearbeitet.

[0022] Eine Seitenoberfläche des Vorsprungs PP ist so ausgeführt, dass eine Seitenoberfläche der epitaktischen n-Typ Schicht **303** einen Neigungswinkel

in bezug auf eine pn-Übergangsgrenzfläche der epitaktischen n-Typ Schicht **303** und der p-Typ Dotierungsschicht **302** aufweist. Damit wird eine Schrägstruktur erreicht.

[0023] Ein Siliziumoxidfilm **307** ist von der Seitenoberfläche des Vorsprungs PP, von dem ein Übergangsende des pn-Übergangs einer Oberfläche des Basisabsatzteils BP ausgesetzt ist, angeordnet, wobei das Übergangsende verdeckt ist.

[0024] Darüber hinaus ist der untere Basisabsatzteil BP selektiv mit einer p-Typ Dotierungsschicht **308**, die eine p-Typ Dotierung mit einer relativ niedrigen Konzentration (p-) zum Umgeben des Vorsprungs PP enthält, versehen und bildet damit einen Feldebegrenzungsring aus. Der Feldebegrenzungsring ist in einen Fließzustand (floating state) versetzt.

[0025] Eine Anodenelektrode **304** ist auf der p-Typ Dotierungsschicht **302** angeordnet und eine Kathodenelektrode **305** ist auf der anderen Hauptoberfläche des Siliziumcarbidsubstrates **301** angeordnet.

[0026] Weil der Feldebegrenzungsring **308** dazu ausgeführt ist, um das Operationsgebiet der Diode zu umschließen, kann eine hohe Durchbruchspannung angelegt werden. Im einzelnen wird, wenn eine Rückwandspannung an die Diode **90** angelegt wird, eine Verarmungsschicht um einen Hauptübergang herum ausgebildet. Wenn die Rückwandspannung erhöht wird, dehnt sich die Verarmungsschicht zur äußeren peripheren Seite aus und der Hauptübergang und der feldebegrenzende Ring greifen durch, bevor ein lawinenartiger Durchbruch des Hauptübergangs verursacht wird. Dadurch kann ein maximaler Feldeffekt einer gekrümmten Region des Hauptübergangs unterstützt und eine Durchbruchspannung aufrechterhalten werden.

[0027] Ein Verfahren zum Herstellen einer der Siliziumcarbiddiode **90** wird im folgenden unter Bezugnahme auf die [Fig. 16–Fig. 24](#) beschrieben, die Teildarstellungen des Herstellungsprozesses beinhalten.

[0028] Bei einem in [Fig. 16](#) dargestellten Schritt wird zu Beginn ein Siliziumcarbidsubstrat **301**, das eine n-Typ-Dotierung in einer relativ hohen Konzentration (n+) enthält, vorbereitet, und Siliziumcarbid wird auf eine der beiden Hauptoberflächen mittels einer epitaktischen Wachstumsmethode aufgebracht, um eine epitaktische n-Typ Schicht **303** auszubilden, die eine Dotierungskonzentration von 8×10^{14} enthält ([Fig. 17](#)). Die epitaktische n-Typ Schicht **303** weist eine Dicke von etwa 50 µm auf.

[0029] An einem in [Fig. 18](#) gezeigten Schritt wird daraufhin mittels thermischer Diffusion eine Ionendotierung vom p-Typ in eine Hauptoberfläche der epitaktischen n-Typ Schicht **303** vorgenommen, um eine

p-Typ dotierte Schicht **302** zu erzeugen, die eine p-Typ Dotierung in einer relativ hohen Konzentration (p+) enthält.

[0030] In einem in [Fig. 19](#) gezeigten Schritt wird dann die p-Typ Dotierungsschicht **302**, die auf der äußeren Peripherie der Operationsregion angeordnet ist, unter Verwendung einer photolithographischen Technik und einer anisotropen Ätztechnik entfernt, sodass die p-Typ Dotierungsschicht **302** nur in einem Teil verbleibt, das das Operationsgebiet bildet. Ebenfalls wird ein Teil der epitaktischen n-Typ Schicht **303** mit entfernt, sodass eine Stufenform, die einen Vorsprung PP und ein Basisabsatzteil BP aufweist, geschaffen wird.

[0031] Der Vorsprung PP hat eine Schrägstruktur, in welcher eine Seitenoberfläche von dieser mit einem Neigungswinkel ausgebildet ist und eine Seitenoberfläche der epitaktischen n-Typ Schicht **303** eine Neigung aufweist bezüglich einer pn-Übergangsgrenzfläche der n-typ epitaktischen Schicht **303** und der p-typ dotierte Schicht **303**, die in dem Operationsgebiet verbleibt.

[0032] In einem in [Fig. 20](#) gezeigten Schritt wird sodann eine Widerstandsfolackmaske RM1 über die gesamte Oberfläche aufgebracht und eine Öffnung OP3 geschaffen, um den Vorsprung PP in der Fotoackmaske RM1, der auf dem Basisabsatzteil BP angeordnet ist, wie in [Fig. 21](#) zu umgeben. Eine p-Typ Dotierung wird in eine Hauptoberfläche der epitaktischen n-typ-Schicht **303** über die Öffnung OP3 mittels Ionenimplantation eingebracht, und bildet dabei eine p-typ-Dotierungsschicht **308** aus, die die p-Typ Dotierung in einer relativ niedrigen Konzentration (p-) enthält.

[0033] Nachdem die Widerstandsfolackmaske RM1 entfernt wurde, wird ein Siliziumoxidfilm **307** über die gesamte Oberfläche aufgebracht, wie in [Fig. 22](#) gezeigt.

[0034] In einem Schritt, der in [Fig. 23](#) gezeigt ist, wird dann der Siliziumoxidfilm **307**, entfernt, sodass ein oberer Teil der p-Typ Dotierungsschicht **302**, die als Operationsgebiet dient, als Öffnung OP4 dient. Diesmal wird der Siliziumoxidfilm **307** selektiv entfernt, sodass die seitliche Oberfläche des Vorsprungs PP und des Basisabsatzteils BP zuverlässig mit dem Siliziumoxidfilm **307** bedeckt sind.

[0035] Bei einem in [Fig. 24](#) gezeigten Schritt wird daraufhin eine Anodenelektrode **304** auf die p-Typ Dotierungsschicht **302** an der Öffnung OP4 aufgebracht. Abschließend wird eine Kathodenelektrode **305** auf der anderen Hauptoberfläche des Siliziumcarbidsubstrates **301** aufgebracht. Damit ist die Siliziumcarbiddiode **90**, die in [Fig. 15](#) gezeigt ist, fertiggestellt.

[0036] Obwohl die p-Typ Dotierungsschicht **308** den Feldbegrenzungsring enthält, weist das Siliziumcarbid ein durchbruchselektrisches Feld auf, welches ungefähr zehn mal größer als dasjenige von Silizium ist. Wie aus einer einfachen Rechnung hervorgeht, ist es ausreichend, dass die Zahl der feldbegrenzenden Ringe ein Zehntel derjenigen Ringe beträgt, die im Falle eines aus Silizium ausgeführten Feldbegrenzungsringes notwendig sind.

[0037] Während die SIPOS Struktur oder die Feldbegrenzungsringstruktur für die Übergangsbeendigungsprozessstruktur in dem konventionellen Halbleiterelement wie oben erwähnt angewandt wird, bestehen die folgenden Probleme.

[0038] Im einzelnen weist die Leitfähigkeit des SIPOS Films eine große Temperaturabhängigkeit auf und nimmt zu, wenn die Temperatur erhöht wird. Die Leitfähigkeit verändert sich annähernd zweistellig zwischen Raumtemperatur und einer Temperatur von 125°C. Damit verändert sich die Spannungssperwirkung bei Raumtemperatur und der Temperatur von 125°C, und ein Leckstrom nimmt bei der Temperatur von 125°C zu. Demnach erhöht sich die Temperatur weiterhin, und ein Leckstrom nimmt weiterhin zu, mit einem Spannungsabfall [im Original current loss], der durch einen Leckstrom bei einer hohen Temperaturen bewirkt wird. Durch die positive Rückwirkungsfunktion ergibt sich somit die Möglichkeit, dass der Betrieb des Halbleiterelementes unkontrollierbar wird.

[0039] Weiterhin wird die Leitfähigkeit des SIPOS Films durch eine Konzentration von enthaltenem Sauerstoff beeinflusst. Es ist jedoch nicht einfach, die Sauerstoffkonzentration in einer hohen Präzision innerhalb des Herstellungsprozesses zu einzustellen und zu überwachen.

[0040] Andererseits sind die Dotierungskonzentrationen und die Diffusionstiefe des feldbegrenzenden Rings für gewöhnlich von denen des Hauptübergangs in dem Operationsgebiet verschieden. Der Feldbegrenzungsring wird in einem getrennten Herstellungsschritt in Bezug auf die Herstellung des Hauptübergangs erzeugt, sodass ein optimaler Zustand benötigt wird. Dadurch wird der Herstellungsprozess kompliziert und eine Reduzierung der Herstellungskosten kann somit nicht erreicht werden.

Stand der Technik

[0041] Aus der US3760241 ist es bekannt einen Durchbruch eines pn-Übergangs nahe der Oberfläche des Halbleiters zu vermeiden, in dem ein Schottky-Kontakt kreisförmig darum ausgebildet wird. Dazu soll der Abstand zwischen pn-Übergang und Schottky-Kontakt entsprechend gering sein. Aus dieser Schrift sind die Merkmale des Oberbegriffes des An-

spruchs 1 bekannt.

Zusammenfassung der Erfindung.

Aufgabenstellung

[0042] Ausgabe der Erfindung ist es, ein Halbleiterelement anzugeben, dessen Betrieb von einem Unkontrollierbarwerden bewahrt werden kann, um eine hohe Verlässlichkeit zu erreichen, einen Herstellungsprozess in einfacher Weise auszuführen und Herstellungskosten zu reduzieren.

[0043] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Halbleiterelement, welches eine zugrunde liegenden Halbleiterschicht aufweist, die eine Region beinhaltet, in welcher ein PN Übergang ausgebildet wird, der eine Hauptoberfläche der zugrundeliegenden Halbleiterschicht erreicht, und mindestens eine Schottky-Metallschicht, die wie einen Ring um die Hauptoberfläche der zugrundeliegenden Halbleiterschicht ausgebildet ist, aufweist, die in einem Schottky-Kontakt mit der zugrunde liegenden Halbleiterschicht steht, um das Gebiet zu umgeben.

[0044] Die Schottky-Metallschicht ist wie ein Ring auf der Hauptoberfläche der zugrunde liegenden Halbleiterschicht in einem Schottky-Kontakt mit der zugrunde liegenden Halbleiterschicht ausgebildet, um ein Gebiet zu umgeben, in welchem der PN Übergang ausgebildet ist. Damit wird eine Verarmungsregion, die eine sehr niedrige Störstellenkonzentration aufweist, in der Hauptoberfläche der zugrundeliegenden Halbleiterschicht ausgebildet, um solch eine Tiefe aufzuweisen, die meist gleich oder größer als eine Tiefe des Hauptüberganges ist, der einem Teil entspricht, in welchem die Schottky-Metallschicht angeordnet wird. Wenn eine Rückseitenspannung an das Halbleiterelement angelegt wird, wird eine Verarmungsschicht zunächst um den Hauptübergang herum ausgebildet. Wird die Rückseitenspannung erhöht, dehnt sich die Verarmungsschicht zur äußeren peripheren Seite aus und der Hauptübergang und die Verarmungsschicht greifen durch, bevor ein Lawinendurchbruch des Hauptüberganges verursacht wird. Daraus folgend ist die Verarmungsschicht so ausgedehnt, um solch eine Tiefe aufzuweisen, die meist gleich oder größer als die Tiefe des Hauptüberganges ist, sich zur äußeren peripheren Seiten erstreckt und ein maximales elektrisches Feld eines bogenförmigen Teils des Hauptüberganges unterdrückt und eine hohe Durchbruchspannung angelegt werden kann. Im Unterschied zu dem Fall, in welchem ein feldbegrenzender Ring als eine Übergangsbeendigungsprozessstruktur verwendet wird, ist es darüber hinaus nicht notwendig, einen extra dafür vorgesehenen pn-Übergang in der Oberfläche des halbleitenden Substrates auszubilden. Damit können ein Herstellungsverfahren vereinfacht und die Herstellungskosten reduziert werden. Im Unterschied zu

dem Fall, in welchem ein SIPOS Film als die Übergangsbeendigungsprozessstruktur verwendet wird, wird weiterhin eine Komponente, die eine große Temperaturabhängigkeit aufweist, nicht benötigt. Damit kann auch dann, wenn eine Zunahme einer Temperatur eintritt, eine Operation davor bewahrt werden, unkontrollierbar zu werden. Somit ist es möglich, ein Halbleiterelement bereitzustellen, das eine hohe Verlässlichkeit aufweist.

Ausführungsbeispiel

[0045] Diese und andere Objekte, Ausgestaltung Aspekte und Vorteile der hier dargestellten Erfindung sind aus der folgenden detaillierten Beschreibung der Erfindung ersichtlich, wobei diese sich auf die nachfolgenden Figuren beziehen.

Kurzbeschreibung der Figuren.

[0046] [Fig. 1](#) eine Schnittdarstellung einer Struktur eines Halbleiterelementes in Übereinstimmung mit einer Ausführungsform der Erfindung,

[0047] [Fig. 2–Fig. 12](#) Schnittdarstellungen mit einer Darstellung eines Herstellungsprozesses des Halbleiterelementes einer erfindungsgemäßen Ausführungsform,

[0048] [Fig. 13](#) eine Schnittdarstellung einer Struktur eines konventionellen Halbleiterelementes mit Verwendung eines SIPOS Films als eine Übergangsbeendigungsprozessstruktur,

[0049] [Fig. 14](#) eine Schnittdarstellung zur Illustrierung eines Herstellungsprozesses des konventionellen Halbleiterelementes bei Verwendung des SIPOS Films als Übergangsbeendigungsprozessstruktur,

[0050] [Fig. 15](#) eine Schnittdarstellung einer Struktur eines konventionellen Halbleiterelementes mit Verwendung eines Feldbegrenzungsringes als Übergangsbeendigungsprozessstruktur, und

[0051] [Fig. 16–Fig. 24](#) Schnittdarstellungen eines Herstellungsprozesses des konventionellen Halbleiterelementes bei Verwendung des Feldbegrenzungsringes.

BESCHREIBUNG BEVORZUGTER AUSFÜHRUNGSFORMEN

A. Struktur des Elementes

[0052] [Fig. 1](#) zeigt eine Schnittstruktur einer Siliziumdiode **100** in Übereinstimmung mit einer ersten Ausführungsform der Erfindung.

[0053] Wie in [Fig. 1](#) gezeigt, weist die Siliziumdiode **100** eine p-dotierte Schicht **102** (p-type impurity lay-

er), die als eine Operationsregion der Diode dient und eine p-Typ-Dotierung (p^+) in einer relativ hohen Konzentration in einer der Hauptoberflächen des Siliziumsubstrates **101**, das eine n-Typ Dotierung in einer relativ niedrigen Konzentration (n^-) enthält, und eine Mehrzahl von ringförmigen Schottky-Metallschichten **106** auf, die konzentrisch an der Hauptoberfläche des Siliziumsubstrates **101** um ein Gebiet angeordnet sind, in welchem die p-dotierte Schicht **102** mit einer Schicht zwischen dieser ausgebildet ist, um die p-dotierte Schicht **102** einzuschließen.

[0054] Ein Siliziumoxidfilm **107** ist auf der Hauptoberfläche des Siliziumsubstrates **101** um die p-dotierte Schicht **102**, einschließlich der Schottky Metallschichten **106** und einer Anodenelektrode **104** auf der p-dotierten Schicht **102** angeordnet.

[0055] Weiterhin ist eine n-dotierte Schicht **103**, die in eine n-Dotierung in einer relativ hohen Konzentration (n^+) enthält, auf der anderen Hauptoberfläche des Siliziumsubstrats **101** angeordnet, und eine Kathodenelektrode **105** ist auf der n-dotierten Schicht **103** angeordnet. Da das Siliziumsubstrat **101**, die p-dotierte Schicht **102** und die n-dotierte Schicht **103** als Grundschichten der Schottky-Metallschicht **106** wirken, kann eine Schicht, die durch diese Schichten zusammengesetzt ist, als eine zugrundeliegende Halbleiterschicht bezeichnet werden.

[0056] Bei einer solchen Struktur tritt die Schottky-Metallschicht **106** in einen Schottky-Kontakt mit dem Siliziumsubstrat **101**, um eine Verarmungsregion **108** auszubilden, die eine sehr geringe Störstellenkonzentration bis zu einer solchen Tiefe aufweist, die nahezu gleich oder größer als die Tiefe eines Hauptüberganges in der Hauptoberfläche des Siliziumsubstrates **101** ist.

[0057] Wenn eine Rückwärtsvorspannung an die Diode **100** angelegt wird, bildet sich die Verarmungsschicht als erstes um den Hauptübergang aus. Wird die Rückwärtsvorspannung erhöht, dehnt sich die Verarmungsschicht zur äußeren peripheren Seite aus wobei der Hauptübergang und die Verarmungsschicht **108** durchgreifen, bevor ein Lawinendurchbruch des Hauptüberganges verursacht wird. Wie in [Fig. 1](#) gezeigt, dehnt sich damit eine Verarmungsschicht DL aus, die eine Tiefe, die nahezu gleich oder größer als die Tiefe des Hauptüberganges ist. Diese wird zur äußeren peripheren Seite ausgedehnt, so dass ein maximales elektrisches Feld eines kurvenförmigen Teils des Hauptüberganges unterdrückt wird.

B. Herstellungsverfahren

[0058] Ein Verfahren zur Herstellung der Siliziumdiode **100** wird im folgenden unter Bezug auf die Schnittdarstellungen der [Fig. 2](#) bis [Fig. 12](#), die in einer fortlaufenden Reihenfolge den Herstellungspro-

zess zeigen, dargestellt.

[0059] Zunächst wird ein Siliziumsubstrat **101**, das eine n-Dotierung in einer relativ niedrigen Konzentration (n^-) enthält, in einem in [Fig. 2](#) gezeigten Schritt präpariert mit einer Fotolackmaske RM11 auf einer gesamten Hauptoberfläche des Siliziumsubstrates **101** wie in [Fig. 3](#) gezeigt, beschichtet.

[0060] Als ein in [Fig. 4](#) gezeigter Schritt wird die Fotolackmaske RM11 entsprechend mit einem Anteil, der als Operationsgebiet vorgesehen ist, selektiv entfernt, um eine dem Operationsgebiet entsprechende offene Stelle OP11 zu erzeugen. Wie in [Fig. 5](#) gezeigt, wird eine p-Typ-Dotierung in die Hauptoberfläche des Siliziumsubstrates **101** über die offene Stelle OP11 durch eine Ionenimplantation vorgenommen und diffundiert thermisch ein. Dadurch wird eine p-Typ Dotierungsschicht **102**, die eine p-Typ Dotierung in einer relativ hohen Konzentration beinhaltet (p^+) im Operationsgebiet ausgebildet. Die Konzentration der p-Typ Implantationsschicht **102** ist durch den Optimierungsspielraum der dynamischen Eigenschaften der Diode **100** festgelegt und kann nicht allgemein definiert werden. Eine Oberflächenkonzentration reicht von $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ bis $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$.

[0061] Nachdem die Fotolackmaske RM11 entfernt wurde, wird eine n-Typ Dotierungs-Ionenart auf die andere Hauptoberfläche des Siliziumsubstrates **101** implantiert, wobei diese thermisch eindiffundiert, um eine n-Typ Dotierungsschicht **103**, die eine n-Typ Dotierung in einer relativ hohen Konzentration (n^+) enthält, auszubilden, wie in [Fig. 6](#) gezeigt. Eine Grenzfläche der p-Typ Dotierungsschicht **103** und des Siliziumsubstrates **101** bildet einen pn-Übergang und ein Ende von diesem erreicht somit die Hauptoberfläche des Siliziumsubstrates **101**.

[0062] Als ein in [Fig. 7](#) dargestellter Schritt wird dann ein Siliziumoxidfilm **107** beispielsweise mittels einer CVD Aufdampfmethode (chemical vapor deposition) über die gesamte Hauptoberfläche an der Seite aufgebracht, auf welcher die p-Typ Dotierungsschicht **102** ausgebildet wurde.

[0063] Als ein nächster in [Fig. 8](#) dargestellter Schritt wird der Siliziumoxidfilm **107** selektiv unter Verwendung einer fotolithografischen Technik und einer anisotropen Ätztechnik entfernt, um eine Öffnung OP12 auf der p-Typ-Dotierungsschicht **102** für eine für ein Operationsgebiet und eine Vielzahl von ringförmigen Öffnungen OP13 zu schaffen, die die offene Stelle OP12 konzentrisch umgeben.

[0064] An einem in [Fig. 9](#) gezeigten Schritt wird die Öffnung OP13 aufgefüllt, und eine Mehrzahl von ringförmigen Schottky-Metallschichten **106**, die einen Schottky-Kontakt mit dem Siliziumsubstrat **101** ausbilden, werden beispielsweise durch eine Aufdampf-

methode ausgebildet. Im einzelnen wird die Schottky-Metallschicht **106** über die gesamte Oberfläche ausgebildet und dann selektiv unter Verwendung der photolithographischen Technik und der anisotropen Ätztechnik entfernt, sodass die Schottky-Metallschicht **106** nur auf dem oberen Teil der Öffnung OP13 verbleibt. Titan (Ti) oder Platin (Pt) wird als Material für die Schottky-Metallschicht **106** verwendet.

[0065] An einem in [Fig. 10](#) gezeigten Schritt wird im Anschluss daran die Öffnung OP12 ausgefüllt und eine Anodenelektrode **104** über die gesamte Oberfläche, einschließlich einer Region in welcher die Schottky-Metallschicht **106** ausgebildet wurde, mittels der Aufdampfmethode aufgebracht.

[0066] In einem in [Fig. 11](#) gezeigten Schritt wird dann die Anodenelektrode **104** selektiv unter Verwendung der photolithographischen Technik und der anisotropen Ätztechnik in der Weise entfernt, dass die Anodenelektrode **104** nur an der Öffnung OP12 und dem Siliziumoxidfilm **107** nahe der Umgebung einer Kantenstelle der Öffnung OP12 verbleibt.

[0067] Wie in [Fig. 12](#) gezeigt, wird schließlich eine Kathodenelektrode **105** auf die n-Typ dotierte Schicht **103** beispielsweise mittels der Aufdampfmethode aufgebracht. Damit ist die Siliziumdiode **100** fertiggestellt. Aluminium (Al) oder ein derartiges Material wird als Material für die Anodenelektrode **104**, und eine Abscheide-Multi-Schicht in einer Zusammensetzung aus Aluminium, Titan, Nickel und Gold oder derartigen Materialien für die Kathodenelektrode **105** verwendet.

[0068] Jede der ringförmigen Schottky-Metallschichten **106** hat die Funktion, eine Durchbruchspannung von einigen hundert Volt in dem Siliziumsubstrat **101** aufrechtzuerhalten. Wenn eine Mehrzahl von Schottky-Metallschichten **106** vorhanden ist, wird deswegen ein höheres Sperrvermögen bei einer höheren Spannung ermöglicht.

[0069] Zusätzlich dazu sind die Anodenelektroden **104** und die Schottky-Metallschicht **106** voneinander durch einen Isolationsfilm, beispielsweise den Siliziumoxidfilm **107**, elektrisch isoliert, sodass ein Leckstrom zwischen einer Kathode und einer Anode reduziert werden kann.

[0070] Weiterhin sind die Schottky-Metallschichten **106** voneinander durch einen Isolationsfilm, beispielsweise den Siliziumoxidfilm **107**, elektrisch isoliert und eine Stirnseite der Verarmungsregion **108** ist mit dem Isolationsfilm, beispielsweise dem Siliziumoxidfilm **107** bedeckt, um nicht der Hauptoberfläche des Siliziumsubstrates **101** ausgesetzt zu sein. Daraus folgt, dass der Leckstrom zwischen der Kathode und der Anode reduziert werden kann.

[0071] Anstatt den Siliziumoxidfilm **107** kann ein kalt isolierender Film, beispielsweise als ein Siliciumnitridfilm (Si_3N_4) verwendet werden. Durch Verwenden des isolierenden Films und des halb isolierenden Films kann das Siliziumsubstrat **101** von externen Einflüssen geschützt werden.

C Funktionsweise und Effekt

[0072] Wie oben beschrieben wurde, wird in dem erfindungsgemäßen Halbleiterelement die Verarmungsregion **108**, die durch den Schottky-Kontakt der Schottky-Metallschicht **106** gebildet wird, und die wie ein Ring zum Umgeben des Operationsgebietes und des Siliziumsubstrats **101** ausgeführt ist, für eine Übergangsbeendigungsprozessstruktur verwendet.

[0073] In Übereinstimmung damit ist es nicht notwendig, einen besonderen pn-Übergang in der Oberfläche des Halbleitersubstrates auszubilden, im Unterschied zu dem Fall, in welchem ein feldbegrenzender Ring als die Übergangsbeendigungsprozessstruktur verwendet wird. Dadurch kann ein Herstellungsverfahren vereinfacht und die Herstellungskosten reduziert werden.

[0074] Im Unterschied zu dem Fall, in welchem ein SIPOS Film als die Übergangsbeendigungsprozessstruktur verwendet wird, wird darüber hinaus eine Komponente, die eine große Temperaturabhängigkeit aufweist, nicht verwendet. Deswegen kann, selbst dann wenn eine Temperaturerhöhung erzeugt wird, ein Betrieb davor bewahrt werden, unkontrollierbar zu werden. Somit wird ein Halbleiterelement bereitgestellt, das eine hohe Verlässlichkeit aufweist.

D. Variante

[0075] Während die Siliziumdiode **100**, die auf dem Siliziumsubstrat **101** ausgebildet wurde, in Übereinstimmung mit einer erfindungsgemäßen Ausführungsform dargestellt wurde, kann eine Diode unter Verwendung eines Siliziumcarbidsubstrates anstelle des Siliziumsubstrates **101** hergestellt werden.

[0076] Um ein Spannungssperrvermögen mit der Siliziumcarbiddiode zu erreichen, wird der feldbegrenzende Ring für die Übergangs- und Beendigungsprozessstruktur wie bereits beschrieben verwendet. Um den feldbegrenzenden Ring auf dem Siliziumcarbidsubstrat zu erzeugen, werden auch hier Ionen in das Siliziumcarbidsubstrat implantiert, das im Unterschied zum Siliziumsubstrat in einem hohen Temperaturzustand gehalten wird, und Aktivierung und thermische Diffusion werden bei Temperaturen von 1000 und mehreren 100 Grad ausgeführt. Wenn die erfindungsgemäße Struktur aufgetragen wird, wird die Schottky Metallschicht wie ein Ring über die Hauptoberfläche des Siliziumcarbidsubstrates bereitgestellt. Damit kann die Herstellungsmethode verein-

facht werden, und eine Siliziumcarbiddiode, die ein Hochspannungssperrvermögen aufweist, wird in einer einfachen Weise zur Verfügung gestellt.

[0077] Während die Diode als ein Beispiel für ein Halbleiterelement in der oberen Beschreibung verwendet wurde, ist die hier dargestellte Erfindung nicht auf die Diode beschränkt, sondern kann für alle Halbleiterelemente, beispielsweise einen MOS-Transistor oder einen IGBT (insulated gate bipolar transistor) verwendet werden. Kurz gesagt, in dem Fall, in welchem eine Basisschicht eine Emitterschicht, eine Kollektorschicht und eine Quelle-Senke-Schicht oder derartiges in einer Hauptoberfläche einer zugrundeliegenden Halbleiterschicht ausgebildet wird, wird eine Verarmungsschicht, die von einem Hauptübergang gebildet wird, zur äußeren peripheren Seite ausgedehnt, ein maximales elektrisches Feld eines gekrümmten Teils des Hauptübergangs kann unterdrückt werden und eine Durchbruchsspannung kann gesteigert werden, wenn eine ringförmige Schottky-Metallschicht auf der Hauptoberfläche der zugrundeliegenden Halbleiterschicht um ein Gebiet herum angeordnet ist, in welchem die Schichten ausgebildet sind.

[0078] Obwohl die Erfindung in Einzelheiten dargestellt und beschrieben wurde, ist die hier dargestellte Beschreibung in allen Aspekten illustrativ und nicht beschränkend. Es ist verständlich, dass verschiedene Modifizierungen und Variationen ausgeführt werden können, ohne vom Blickwinkel der Erfindung hinwegzuführen.

Patentansprüche

1. Halbleiterelement enthaltend:

eine zu Grunde liegende Halbleiterschicht mit einem Gebiet, in welchem ein pn-Übergang ausgebildet wird, wobei ein Ende des pn-Übergangs eine Hauptoberfläche der zu Grunde liegenden Halbleiterschicht erreicht; und
mindestens eine Schottky-Metallschicht (106), die wie ein Ring um die Hauptoberfläche der zu Grunde liegenden Halbleiterschicht in einem Schottky-Kontakt mit der zu Grunde liegenden Halbleiterschicht ausgeführt ist, und um dieses Gebiet einzuschließen, **dadurch gekennzeichnet**, dass die mindestens eine Schottky-Metallschicht (106) mit der Halbleiterschicht zur Ausbildung einer Verarmungsregion (108) in Kontakt tritt, wobei die Verarmungsregion (108) eine Tiefe aufweist, die gleich oder größer einer Tiefe eines Hauptübergangs des pn-Übergangs in der Hauptoberfläche ist.

2. Halbleiterelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine Schottky-Metallschicht aus einer Vielzahl von Schottky-Metallschichten besteht, wobei diese Vielzahl der Schottky-Metallschichten konzentrisch mit einem Abstand

zwischen diesen ausgeführt sind.

3. Halbleiterelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die zu Grunde liegende Halbleiterschicht enthält: eine erste Halbleiterschicht (101); und eine zweite Halbleiterschicht mit einem anderen Leitfähigkeitstyp, der in einer Hauptoberfläche der ersten Halbleiterschicht ist, wobei der pn-Übergang durch eine Grenzfläche der ersten Halbleiterschicht und der zweiten Halbleiterschicht gebildet wird, eine Hauptelektrode (104), die in Kontakt mit der Oberfläche der zweiten Halbleiterschicht ausgeführt ist, die zu der Hauptoberfläche der ersten Halbleiterschicht ausgerichtet ist und zu welcher ein Hauptstrom des Halbleitergerätes fließt; und ein isolierender Film (107) und ein halbisolierender Film an der Hauptoberfläche der ersten Halbleiterschicht zwischen der Hauptelektrode und mindestens einer Schottky-Metallschicht (106).

4. Halbleiterelement nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine Schottky-Metallschicht eine Vielzahl von Schottky-Metallschichten ist, wobei diese Vielzahl der Schottky-Metallschichten konzentrisch mit einem zwischen diesen ausgebildeten Abstand angeordnet ist, und der isolierende Film und der halbisolierende Film ebenfalls an der Hauptoberfläche der ersten Halbleiterschicht zwischen den Schottky-Metallschichten angeordnet ist.

5. Halbleiterelement nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Halbleiterschicht vom Typ einer n-Halbleiterschicht ist, die zweite Halbleiterschicht vom Typ einer p-Halbleiterschicht ist, und die Hauptelektrode eine Anode ist, das Halbleiterelement weiterhin umfaßt: eine Kathode (105), die auf einer Hauptoberfläche gegenüber der Hauptoberfläche der ersten Halbleiterschicht angeordnet ist.

6. Halbleiterelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die zugrundeliegende Halbleiterschicht durch eine Siliziumkarbidschicht zusammengesetzt ist.

Es folgen 8 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

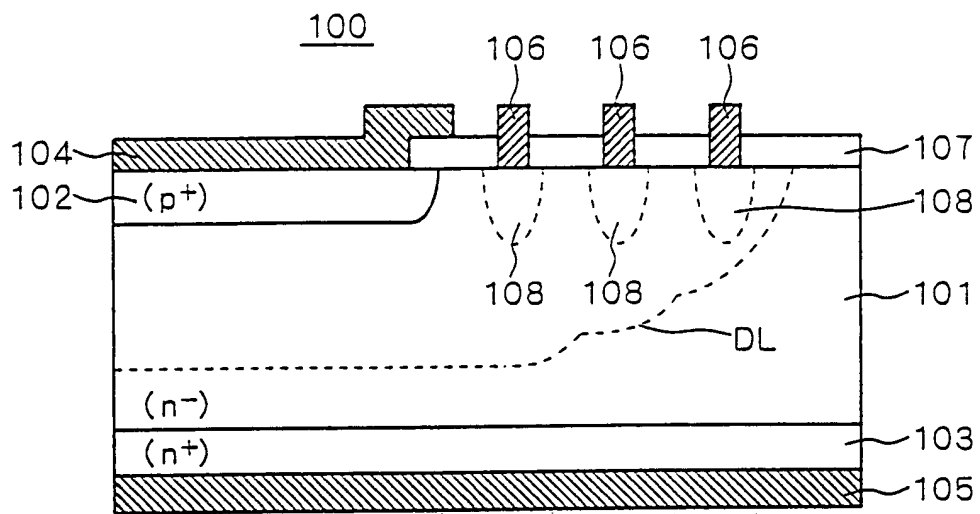


FIG. 2

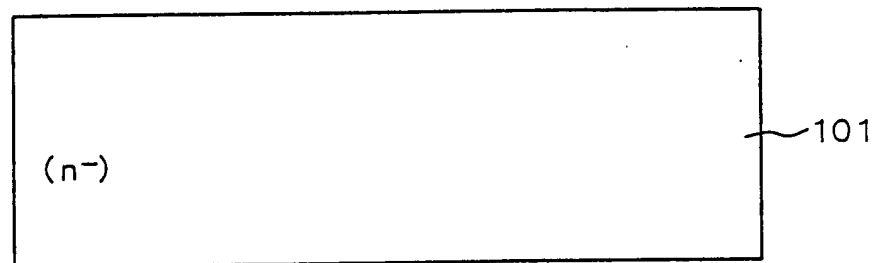
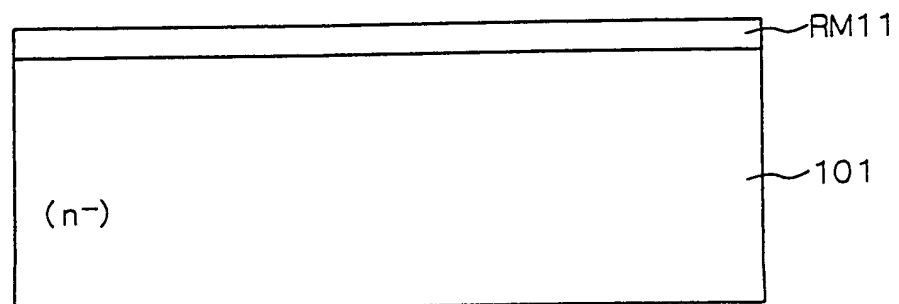
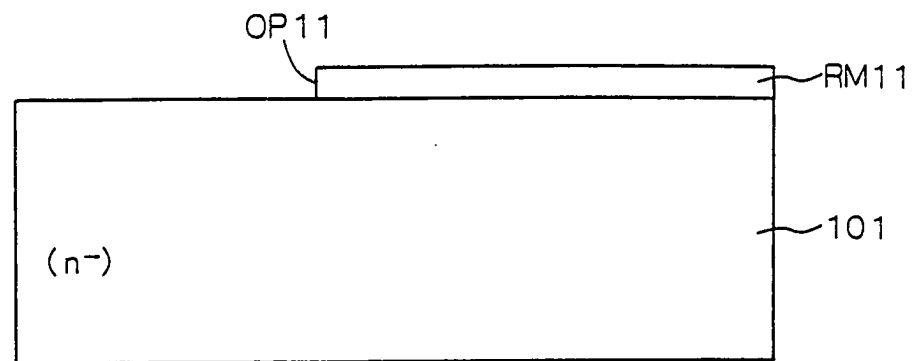


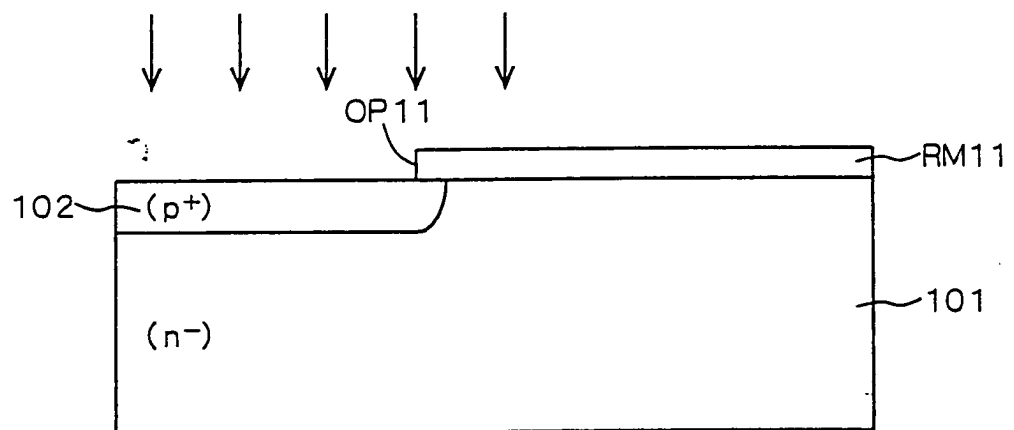
FIG. 3



$F / G.$ 4



F / G. 5



F / G. 6

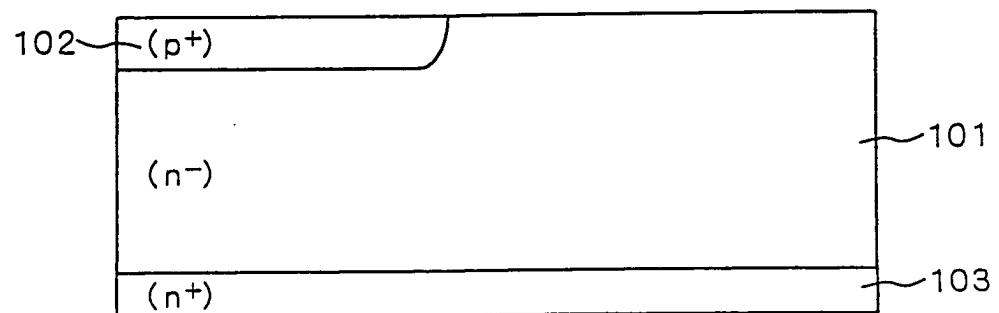


FIG. 7

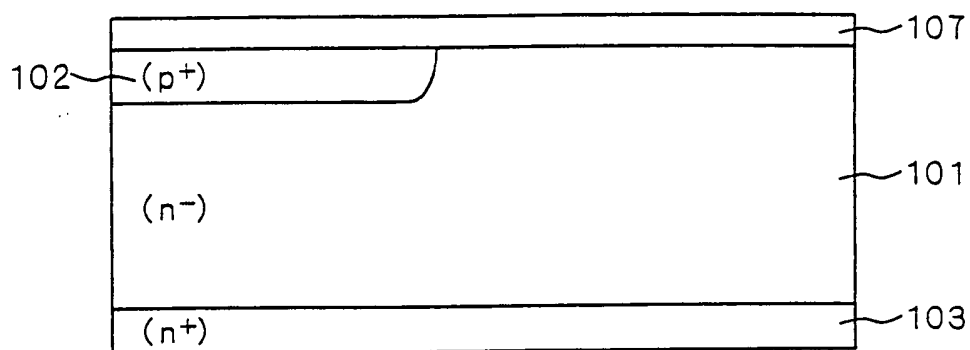


FIG. 8

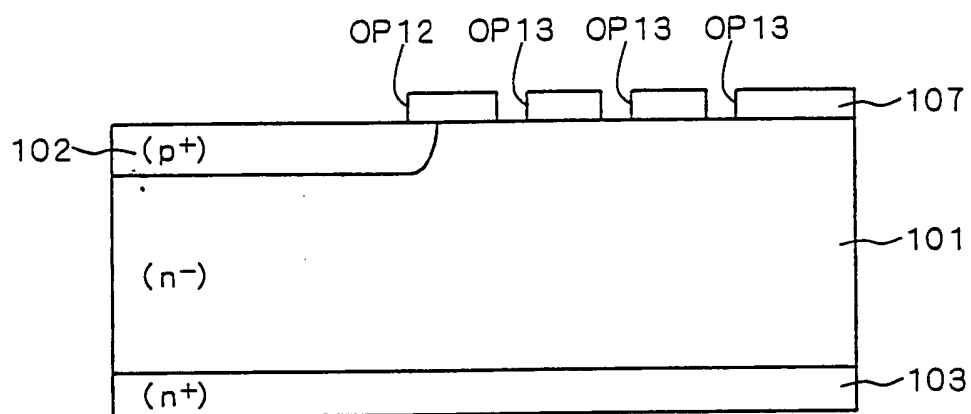
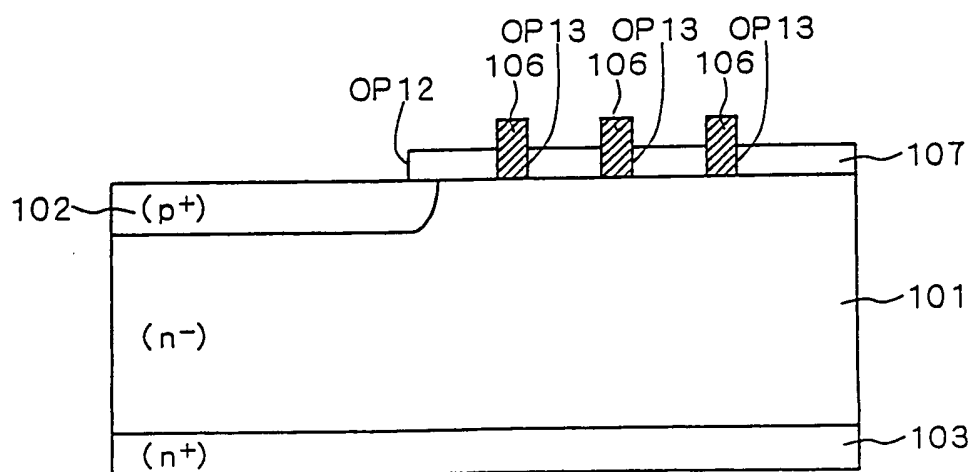
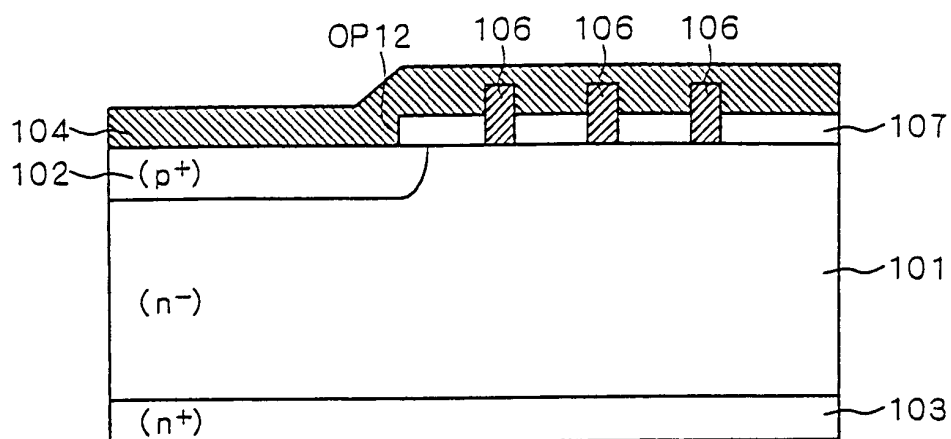


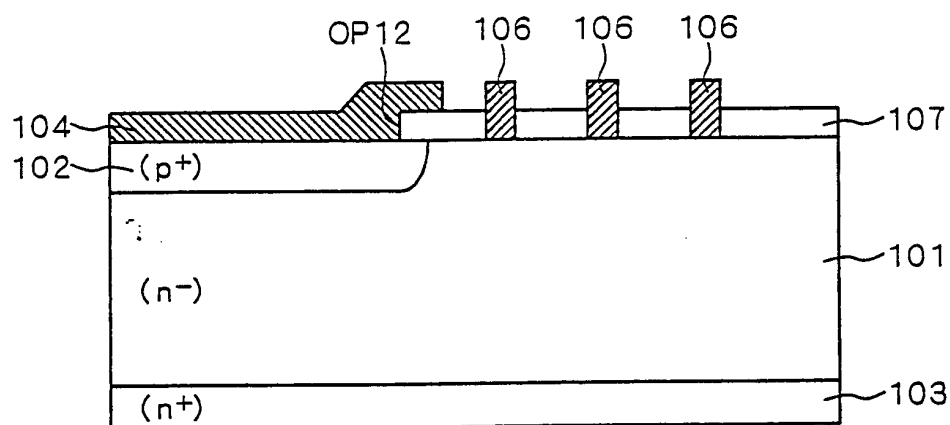
FIG. 9



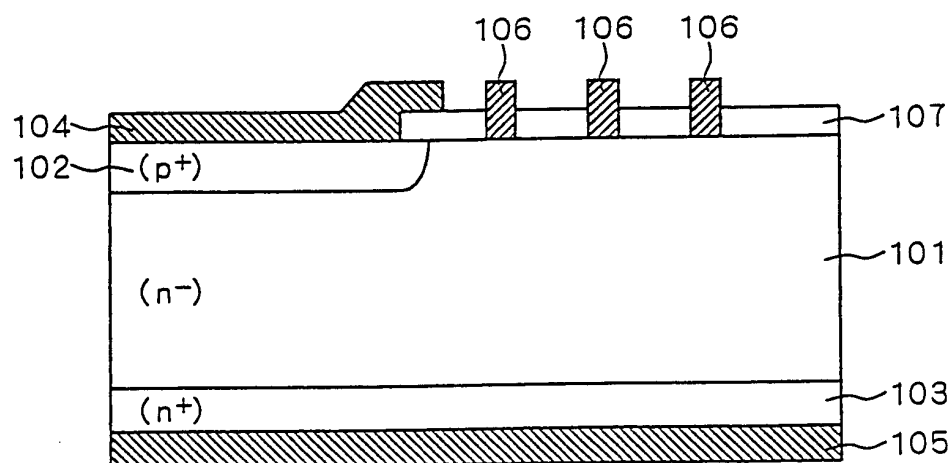
$F/G. 10$



$F/G.$ 11



F I G. 12



F / G. 13 (Stand der Technik)

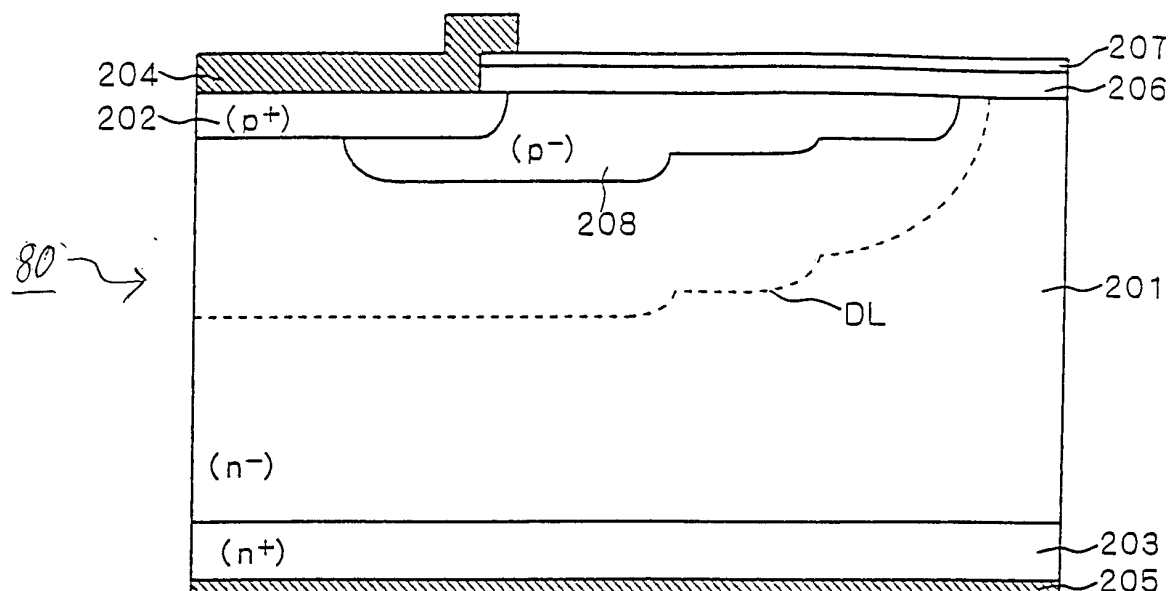


FIG. 14 (Stand der Technik)

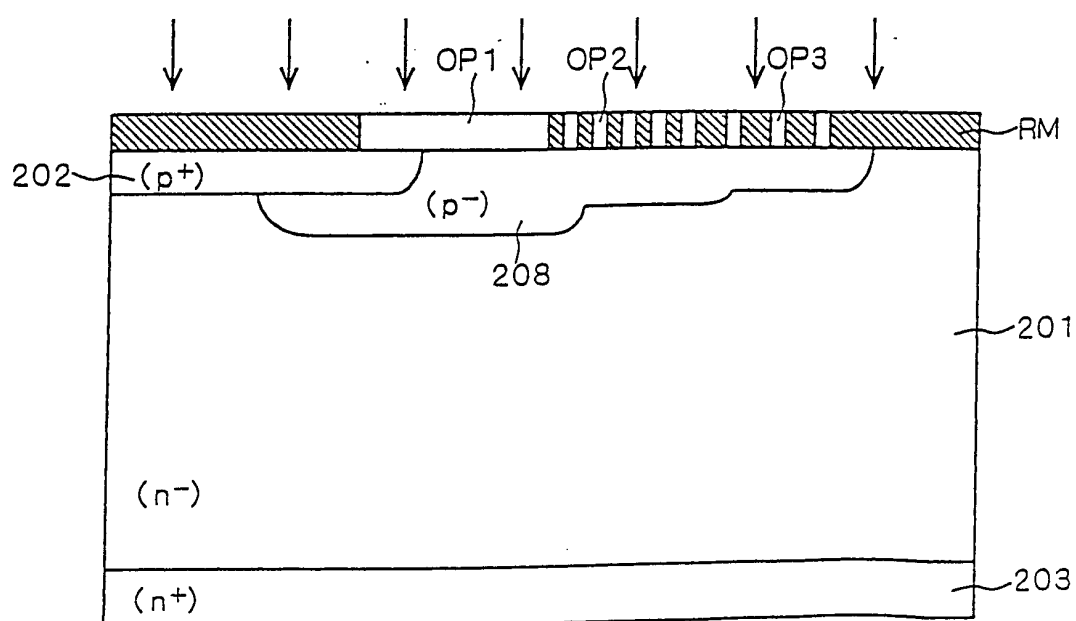


FIG. 15 (Stand der Technik)

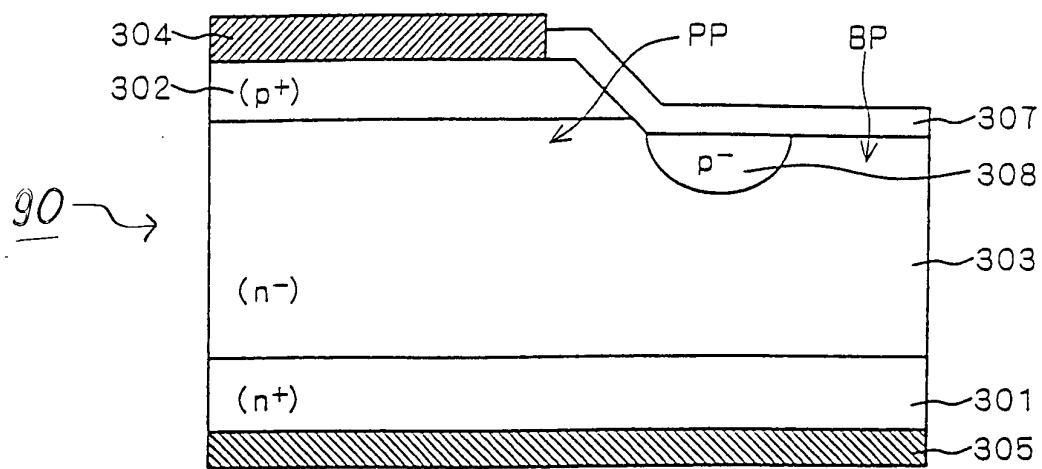


FIG. 16 (Stand der Technik)



FIG. 17 (Stand der Technik)

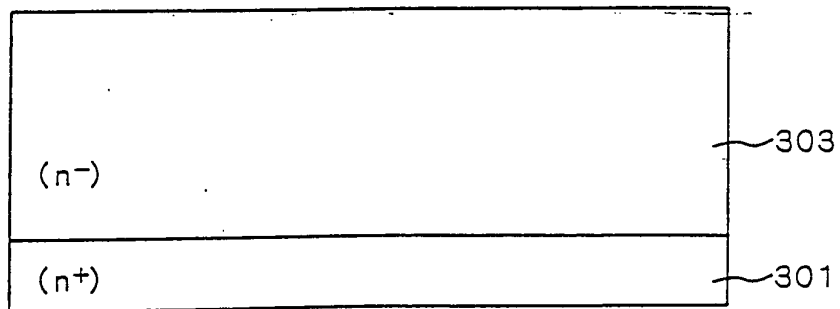


FIG. 18 (Stand der Technik)

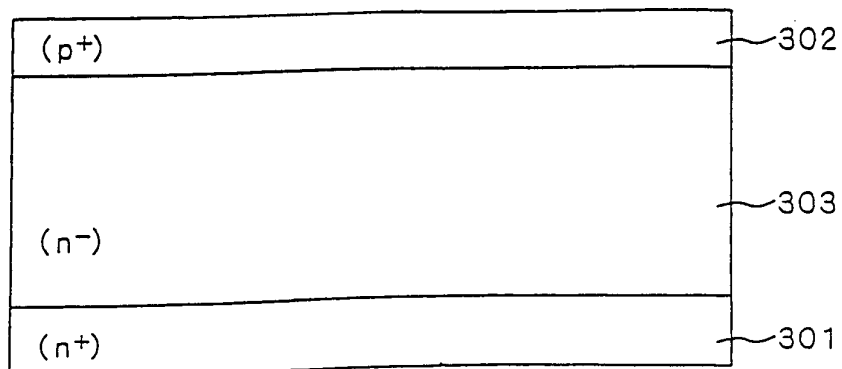


FIG. 19 (Stand der Technik)

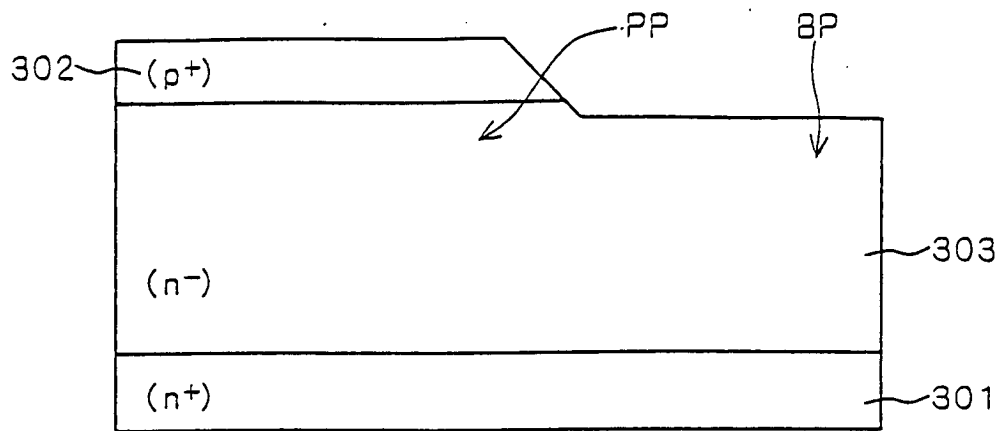


FIG. 20 (Stand der Technik)

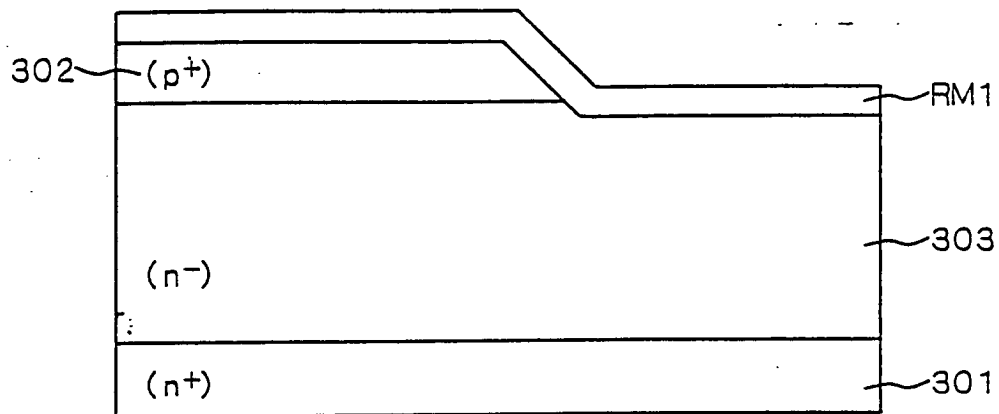


FIG. 21 (Stand der Technik)

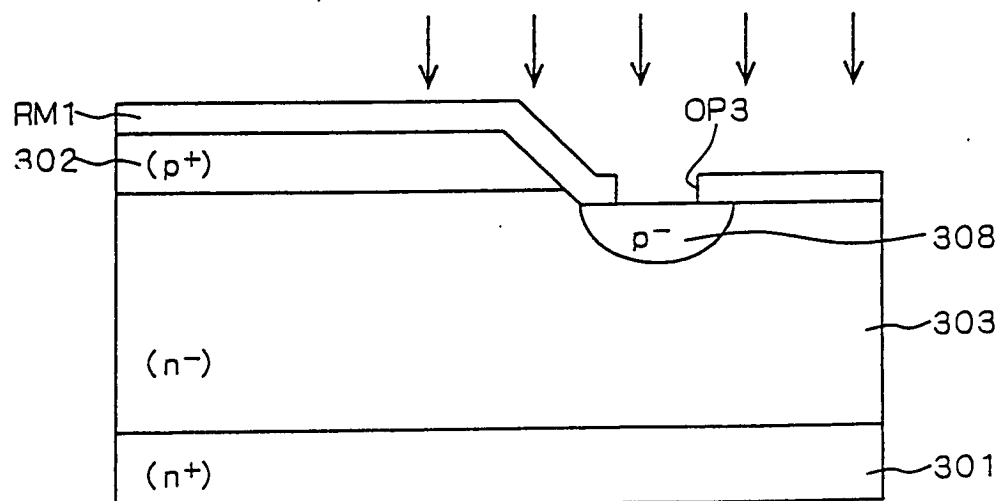


FIG. 22 (Stand der Technik)

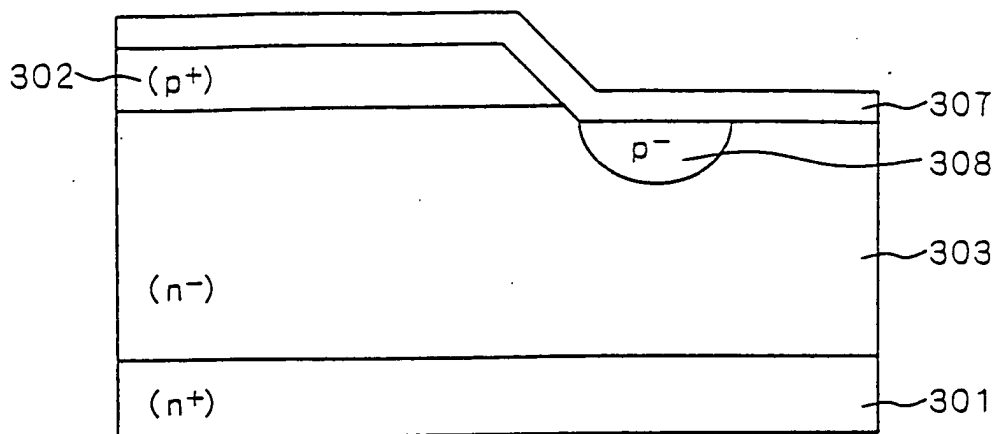


FIG. 23 (Stand der Technik)

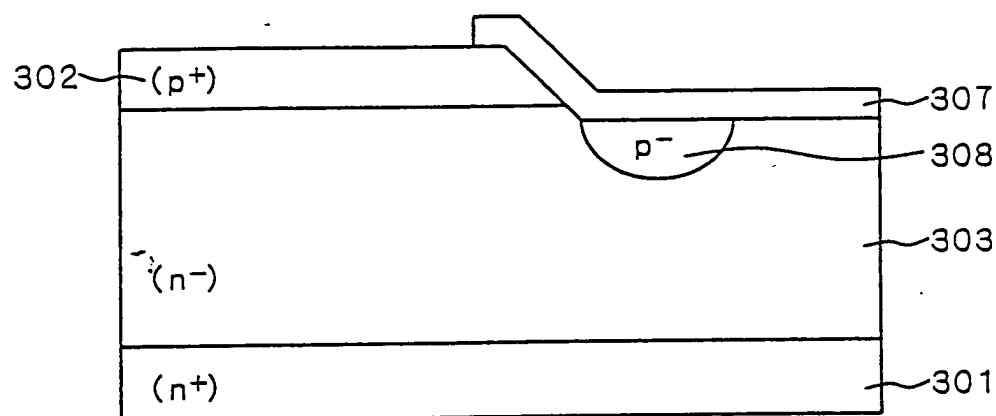


FIG. 24 (Stand der Technik)

