



(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2011 088 624.9**
(22) Anmeldetag: **14.12.2011**
(43) Offenlegungstag: **26.07.2012**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **02.06.2016**

(51) Int Cl.: **H01L 29/739 (2006.01)**
H01L 21/331 (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:
2011-012325 **24.01.2011** **JP**

(73) Patentinhaber:
Mitsubishi Electric Corp., Tokyo, JP

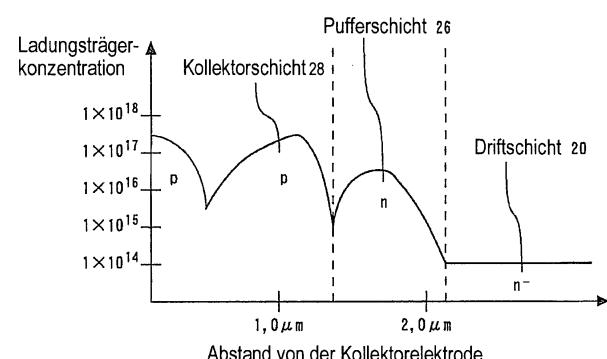
(74) Vertreter:
Prüfer & Partner mbB Patentanwälte
Rechtsanwalt, 81479 München, DE

(72) Erfinder:
Honda, Shigeto, Tokyo, JP

(56) Ermittelter Stand der Technik:
DE 41 12 905 A1
DE 10 2006 002 438 A1
US 2008 / 0 093 623 A1
EP 2 242 107 A1

(54) Bezeichnung: **Halbleitervorrichtung und Verfahren zum Herstellen einer Halbleitervorrichtung**

(57) Hauptanspruch: Halbleitervorrichtung, die umfasst:
ein Halbleitersubstrat (10) mit einer Kollektorschicht (28), in
der die Ladungsträgerkonzentration in einer Ladungsträger-
konzentrationsspitzenposition maximiert ist, die 1 µm oder
mehr von einer Oberfläche des Halbleitersubstrats (10) ent-
fernt liegt; und
eine Kollektorelektrode (14), die in Kontakt mit einer Ober-
fläche der Kollektorschicht (28) ausgebildet ist.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Halbleitervorrichtung mit einem Halbleitersubstrat mit einer darauf ausgebildeten Kollektorschicht und auf ein Verfahren zur Herstellung einer solchen Halbleitervorrichtung.

[0002] JP 2004-311481 A offenbart eine Halbleitervorrichtung mit einer Kollektorschicht, die mit einer Kollektorelektrode in Kontakt steht. Die Kollektorschicht weist ein Ladungsträgerkonzentrationsprofil oder eine Ladungsträgerkonzentrationsverteilung mit einem Spitzenwert in einer Position nahe der Kollektorelektrode auf und die Kollektorschicht und die Kollektorelektrode stehen miteinander in ohmschem Kontakt. Es sollte beachtet werden, dass der Begriff "Ladungsträgerkonzentrationsspitzenposition" nachstehend zur Bezugnahme auf eine Position verwendet wird, in der ein Ladungsträgerkonzentrationsprofil einen Spitzenwert aufweist.

[0003] US 2008/0093623 A1 beschreibt einen IGBT mit einem Halbleitersubstrat, das einen n⁻-Basisbereich enthält. An der einen Oberfläche sind p-Basisbereiche und n⁺-Emitterbereiche gebildet, an der anderen Oberfläche sind p⁺-Kollektorbereiche gebildet. In einem Teil der anderen Oberfläche sind ein n⁺-Kollektorkurzschlussbereich und ein vergrabener p⁺-Halbleiterbereich gebildet. Die p⁺-Kollektorbereiche werden durch Diffusion eines Dotierstoffs wie z. B. Bor in das Halbleitersubstrat gebildet.

[0004] DE 41 12 905 A1 beschreibt einen Leitfähigkeitsmodulations-MOSFET, mit einem Halbleitersubstrat, das eine n⁻-Schicht enthält. An der einen Seite sind Basis- und Emitterbereiche gebildet, an der andren Seite eine p-Kollektorschicht. Die Kollektorschicht wird gebildet durch Eintreibdiffusion eines Dotierstoffs wie z. B. Bor, Aluminium oder Gallium in die n⁻-Schicht.

[0005] DE 10 2006 002 438 A1 beschreibt eine Halbleitervorrichtung und ein Verfahren zu ihrer Herstellung. Das Herstellungsverfahren enthält die Schritte: thermische Diffusion eines p-Dotierstoffs in beide Seiten eines Halbleitersubstrats, Bilden mehrerer Gebiete, die einen IGBT strukturieren, auf einer Seite des Halbleitersubstrats, Entfernen eines Abschnitts des p-Gebiets auf der anderen Seite des Halbleitersubstrats durch Polieren, Ablagern einer Kollektorelektrode auf dem polierten Gebiet.

[0006] Um den Schaltverlust einer Halbleitervorrichtung zu verringern, ist es bekannte Praxis, das Niveau der Ladungsträgerkonzentration in der Ladungsträgerkonzentrationsspitzenposition in der Kollektorschicht zu verringern. Dies bedeutet jedoch, dass die Ladungsträgerkonzentration in der Ladungsträgerkonzentrationsspitzenposition

wahrscheinlicher durch eine Verunreinigung in der Herstellungsatmosphäre beeinflusst wird. Es wurde festgestellt, dass die Ladungsträgerkonzentration in der Ladungsträgerkonzentrationsspitzenposition durch eine Verunreinigung in der Herstellungsatmosphäre in einem solchen Umfang beeinflusst wurde, dass die hergestellten Halbleitervorrichtungen nicht die gewünschten Eigenschaften aufwiesen oder in den Eigenschaften verändert waren.

[0007] Die vorliegende Erfindung wurde gemacht, um die obigen Probleme zu lösen. Daher ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Halbleitervorrichtung zu schaffen, in der das Niveau der Ladungsträgerkonzentration in der Ladungsträgerkonzentrationsspitzenposition in der Kollektorschicht verringert ist, während verhindert wird, dass die Ladungsträgerkonzentration durch eine Verunreinigung in der Herstellungsatmosphäre beeinflusst wird. Eine weitere Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein Verfahren zur Herstellung einer solchen Halbleitervorrichtung zu schaffen.

[0008] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch eine Halbleitervorrichtung nach Anspruch 1 und ein Verfahren nach Anspruch 7 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

[0009] Weitere Merkmale und Zweckmäßigkeitkeiten der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung von Ausführungsformen der Erfindung anhand der Figuren. Von den Figuren zeigen:

[0010] Fig. 1 eine Querschnittsansicht einer Halbleitervorrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0011] Fig. 2 ein Diagramm, das die Ladungsträgerkonzentration entlang der gestrichelten Linie II-II' von Fig. 1 zeigt;

[0012] Fig. 3 ein Diagramm, das eine Veränderung des Ladungsträgerkonzentrationsprofils der Halbleitervorrichtung der ersten Ausführungsform zeigt;

[0013] Fig. 4 eine Querschnittsansicht einer Halbleitervorrichtung gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0014] Fig. 5 ein Diagramm, das die Ladungsträgerkonzentration entlang der gestrichelten Linie V-V' von Fig. 4 zeigt;

[0015] Fig. 6 einen Ablaufplan, der ein Verfahren zur Herstellung einer Halbleitervorrichtung gemäß einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0016] **Fig.** 7 eine Querschnittsansicht, die die Oberflächenstruktur zeigt, die auf der Oberfläche des Halbleitersubstrats ausgebildet ist;

[0017] **Fig.** 8 eine Querschnittsansicht, die das Halbleitersubstrat zeigt, nachdem seine untere Oberfläche geätzt wurde;

[0018] **Fig.** 9 eine Querschnittsansicht, die die Pufferschicht vom n-Typ zeigt, die auf der unteren Oberfläche des Halbleitersubstrats ausgebildet ist;

[0019] **Fig.** 10 eine Querschnittsansicht, die die Kollektorschicht vom p-Typ zeigt, die auf der unteren Oberfläche des Halbleitersubstrats ausgebildet ist;

[0020] **Fig.** 11 ein Diagramm, das die Ladungsträgerkonzentration entlang der gestrichelten Linie XI-XI' von **Fig.** 10 zeigt;

[0021] **Fig.** 12 eine Querschnittsansicht, die die Kollektorschicht vom p-Typ zeigt, nachdem der Abschnitt der Schicht weggeätzt wurde;

[0022] **Fig.** 13 ein Diagramm, das die Ladungsträgerkonzentration entlang der gestrichelten Linie XIII-XIII' von **Fig.** 12 zeigt; und

[0023] **Fig.** 14 eine Querschnittsansicht, die die ausgebildete Kollektorelektrode zeigt.

Erste Ausführungsform

[0024] **Fig.** 1 ist eine Querschnittsansicht einer Halbleitervorrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Die Halbleitervorrichtung der ersten Ausführungsform ist ein IGBT (Bipolartransistor mit isoliertem Gate) mit einer LPT-Struktur (leichten Durchgriffstruktur). Diese Halbleitervorrichtung umfasst ein Halbleitersubstrat **10**, das aus Silizium ausgebildet ist. Eine Oberflächenstruktur **12** ist auf der oberen Oberfläche des Halbleitersubstrats **10** ausgebildet. Eine Kollektorelektrode **14** ist auf der unteren Oberfläche des Halbleitersubstrats **10** ausgebildet.

[0025] Zuerst wird das Halbleitersubstrat **10** beschrieben. Das Halbleitersubstrat **10** umfasst eine n-Driftschicht **20**. Auf der Oberseite der n-Driftschicht **20** sind eine Basisschicht **22** vom p-Typ und eine Emitterschicht **24** vom n-Typ ausgebildet, die mit der Basisschicht **22** vom p-Typ bedeckt ist. Andererseits ist eine Pufferschicht **26** vom n-Typ auf der Unterseite der n-Driftschicht **20** ausgebildet. Ferner ist eine Kollektorschicht **28** vom p-Typ in Kontakt mit der Pufferschicht **26** vom n-Typ ausgebildet. Die Kollektorschicht **28** vom p-Typ ist in der unteren Oberfläche des Halbleitersubstrats **10** und in Kontakt mit der Kollektorelektrode **14** angeordnet. Mit anderen Worten, die Kollektorelektrode **14** ist in Kontakt mit der

unteren Oberfläche der Kollektorschicht **28** vom p-Typ ausgebildet. Es sollte beachtet werden, dass das Dotierungsmaterial in der n-Driftschicht **20** und in der Pufferschicht **26** vom n-Typ P ist und das Dotierungsmaterial in der Kollektorschicht **28** vom p-Typ B ist.

[0026] Als nächstes wird die Oberflächenstruktur **12** beschrieben. Die Oberflächenstruktur **12** umfasst einen Isolationsfilm **40** und eine Gateelektrode **42**. Der Isolationsfilm **40** ist ausgebildet, um die Gateelektrode **42** vom Halbleitersubstrat **10** zu isolieren. Eine Emitterelektrode **44** ist so ausgebildet, dass sie den Isolationsfilm **40** bedeckt.

[0027] **Fig.** 2 ist ein Diagramm, das die Ladungsträgerkonzentration entlang der gestrichelten Linie II-II' von **Fig.** 1 zeigt. Die Ladungsträgerkonzentration in der ganzen n-Driftschicht **20** ist gleichmäßig und gleich $1,0 \times 10^{14}$ [Atome/cm³]. Das Ladungsträgerkonzentrationsprofil in der Pufferschicht **26** vom n-Typ weist einen Spitzenwert in einer Position (oder Ladungsträgerkonzentrationsspitzenposition) ungefähr auf halbem Wege durch die Dicke der Schicht auf. Die Ladungsträgerkonzentration in der Ladungsträgerkonzentrationsspitzenposition in der Pufferschicht **26** vom n-Typ ist ungefähr $5,0 \times 10^{16}$ [Atome/cm³].

[0028] Die Kollektorschicht **28** vom p-Typ weist eine Dicke von ungefähr 1,4 µm auf. Das Ladungsträgerkonzentrationsprofil in der Kollektorschicht **28** vom p-Typ weist einen maximalen Punkt (Spitze) in einer Position (oder Ladungsträgerkonzentrationsspitzenposition) 1 µm oder mehr von der Kollektorelektrode **14** entfernt auf. Das heißt, die Ladungsträgerkonzentrationsspitzenposition, in der die Ladungsträgerkonzentration in der Kollektorschicht **28** vom p-Typ maximiert ist, liegt 1 µm oder mehr von der unteren Oberfläche der Schicht entfernt. Die Ladungsträgerkonzentration in der Ladungsträgerkonzentrationsspitzenposition in der Kollektorschicht **28** vom p-Typ ist ungefähr $2,0 \times 10^{17}$ [Atome/cm³].

[0029] Folglich ist das Niveau der Ladungsträgerkonzentration in der Ladungsträgerkonzentrations spitzenposition in der Kollektorschicht **28** vom p-Typ verringert. Dies bedeutet jedoch, dass die Ladungsträgerkonzentration in der Ladungsträgerkonzentrationsspitzenposition wahrscheinlicher durch eine Verunreinigung in der Herstellungsatmosphäre beeinflusst wird. Wenn beispielsweise eine Konzentration von Bor von $1,0 \times 10^{12}$ [Atome/cm²] in eine Tiefe von ungefähr 0,1 µm von der Oberfläche des Halbleitersubstrats aufgrund einer Verunreinigung in der Herstellungsatmosphäre diffundiert ist, erreicht die Spitzenkonzentration von verunreinigendem Bor im Halbleitersubstrat $1,0 \times 10^{17}$ [Atome/cm³]. Es sollte beachtet werden, dass diese Diffusion hauptsächlich durch den Ausheilungsprozess gefördert wird. Wenn sich diese Verunreinigung bis zur Ladungsträgerkonzen-

trationsspitzenposition erstreckt, ist es nicht möglich, die Ladungsträgerkonzentration in dieser Position auf das gewünschte Niveau einzustellen.

[0030] Die Halbleitervorrichtung der ersten Ausführungsform ist jedoch so konstruiert, dass der Einfluss der Verunreinigung in der Herstellungsatmosphäre auf die Ladungsträgerkonzentration in der Ladungsträgerkonzentrationsspitzenposition verringert wird. Insbesondere liegt die Ladungsträgerkonzentrationsspitzenposition in der Kollektorschicht **28** vom p-Typ 1 µm oder mehr von der Kollektorelektrode **14** entfernt. Bei der Herstellung der Halbleitervorrichtung beeinflusst diese Verunreinigung daher unwahrscheinlich die Ladungsträgerkonzentrationsspitzenposition in der Kollektorschicht **28** vom p-Typ, selbst wenn die Kollektorschicht **28** vom p-Typ einer Verunreinigung in der Herstellungsatmosphäre ausgesetzt wird, bevor die Kollektorelektrode **14** darauf ausgebildet wird.

[0031] Folglich ist es möglich, das Niveau der Ladungsträgerkonzentration in der Ladungsträgerkonzentrationsspitzenposition in der Kollektorschicht **28** vom p-Typ zu verringern und dadurch den Schaltverlust der Halbleitervorrichtung zu verringern, während verhindert wird, dass die Ladungsträgerkonzentration durch eine Verunreinigung in der Herstellungsatmosphäre beeinflusst wird. Da die Ladungsträgerkonzentration in der Ladungsträgerkonzentrationsspitzenposition in der Kollektorschicht **28** vom p-Typ genau gesteuert werden kann, kann ferner die Vice (sat)-Eoff-Ausgleichskurve über einen breiteren Bereich eingestellt werden. Diese Vorteile dienen zum Erhöhen der Herstellungsausbeute der Halbleitervorrichtung.

[0032] Es sollte beachtet werden, dass die Verringerung des Ladungsträgerkonzentrationsniveaus in der Ladungsträgerkonzentrationsspitzenposition in der Kollektorschicht **28** vom p-Typ hinsichtlich der Operationsgeschwindigkeit der Halbleitervorrichtung besonders vorteilhaft ist. Insbesondere ist die Halbleitervorrichtung zu einer Operation mit hoher Geschwindigkeit in der Lage, wenn die Ladungsträgerkonzentration in der Ladungsträgerkonzentrationsspitzenposition in der Kollektorschicht **28** vom p-Typ $1,0 \times 10^{18}$ [Atome/cm³] oder weniger ist.

[0033] Fig. 3 ist ein Diagramm, das eine Variation des Ladungsträgerkonzentrationsprofils der Halbleitervorrichtung der ersten Ausführungsform zeigt. Dieses Ladungsträgerkonzentrationsprofil unterscheidet sich von jenem der ersten Ausführungsform darin, dass das Ladungsträgerkonzentrationsprofil in der Kollektorschicht vom p-Typ einen zweiten Spitzenwert in einer Position nahe der Kollektorelektrode auf der Kollektorschicht vom p-Typ aufweist. Diese Position wird hier als "zweite Ladungsträgerkonzentrationsspitzenposition" bezeichnet und die

vorstehend in Verbindung mit der ersten Ausführungsform beschriebene Ladungsträgerkonzentrationsspitzenposition, die 1 µm oder mehr von der Kollektorelektrode **14** entfernt angeordnet ist, wird hier als "erste Ladungsträgerkonzentrationsspitzenposition" bezeichnet. Die Ladungsträgerkonzentration in der zweiten Ladungsträgerkonzentrationsspitzenposition ist niedriger als jene in der ersten Ladungsträgerkonzentrationsspitzenposition. In dieser Variation weist der Abschnitt der Kollektorschicht vom p-Typ in Kontakt mit der Kollektorelektrode eine höhere Ladungsträgerkonzentration als in der ersten Ausführungsform auf, da die zweite Ladungsträgerkonzentrationsspitzenposition (in der das Ladungsträgerkonzentrationsprofil in der Kollektorschicht vom p-Typ die zweithöchste Spitze aufweist) unmittelbar in der Nähe der Kollektorelektrode angeordnet ist. Dies verringert den Kontaktwiderstand zwischen der Kollektorschicht vom p-Typ und der Kollektorelektrode. Da die erste Ladungsträgerkonzentrationsspitzenposition (in der die Ladungsträgerkonzentration in der Kollektorschicht vom p-Typ am höchsten ist) 1 µm oder mehr von der Kollektorelektrode entfernt angeordnet ist, ist es bei der Herstellung der Halbleitervorrichtung möglich, den Einfluss der Verunreinigung in der Herstellungsatmosphäre auf die Ladungsträgerkonzentration in der ersten Ladungsträgerkonzentrationsspitzenposition zu verringern.

[0034] Obwohl in dieser Variation die zweite Ladungsträgerkonzentrationsspitzenposition in der Kollektorschicht vom p-Typ nahe der Kollektorelektrode angeordnet ist, ist die vorliegende Erfindung selbstverständlich nicht auf diese spezielle Anordnung begrenzt. Der Kontaktwiderstand zwischen der Kollektorschicht vom p-Typ und der Kollektorelektrode kann verringert werden, wenn die zweite Ladungsträgerkonzentrationsspitzenposition in der Kollektorschicht vom p-Typ irgendwo zwischen der ersten Ladungsträgerkonzentrationsspitzenposition und der Kollektorelektrode angeordnet ist.

[0035] In der Halbleitervorrichtung der ersten Ausführungsform kann der Leitfähigkeitstyp jeder Schicht umgekehrt werden. Die erste Ausführungsform ist ferner nicht auf irgendeinen speziellen Typ oder irgendeine spezielle Struktur von Halbleitervorrichtung begrenzt, da die Ausführungsform auf eine beliebige Halbleitervorrichtung angewendet werden kann, in der die Kollektorelektrode in Kontakt mit der Kollektorschicht vom p-Typ ausgebildet ist, ohne die Vorteile der vorliegenden Erfindung zu opfern.

[0036] Obwohl in der ersten Ausführungsform das Halbleitersubstrat **10** aus Silizium ausgebildet ist, kann es selbstverständlich aus einem Halbleiter mit breiter Bandlücke mit breiterer Bandlücke als Silizium ausgebildet sein. Beispiele von Halbleitern mit breiter Bandlücke umfassen Siliziumcarbid, Materialien auf Galliumnitridbasis und Diamant.

Zweite Ausführungsform

[0037] **Fig. 4** ist eine Querschnittsansicht einer Halbleitervorrichtung gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Die Halbleitervorrichtung der zweiten Ausführungsform unterscheidet sich von jener der ersten Ausführungsform darin, dass die Pufferschicht vom n-Typ weggelassen ist. **Fig. 5** ist ein Diagramm, das die Ladungsträgerkonzentration entlang der gestrichelten Linie V-V' von **Fig. 4** zeigt. Auch in dieser Halbleitervorrichtung (die nicht mit einer Pufferschicht vom n-Typ versehen ist), liegt die Ladungsträgerkonzentrationsspitzenposition in der Kollektorschicht **28** vom p-Typ 1 µm oder mehr von der Kollektorelektrode **14** entfernt, um die vorstehend beschriebenen Vorteile der vorliegenden Erfindung zu erreichen.

Dritte Ausführungsform

[0038] **Fig. 6** ist ein Ablaufplan, der ein Verfahren zur Herstellung einer Halbleitervorrichtung gemäß einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt. Das Verfahren zur Herstellung einer Halbleitervorrichtung gemäß der dritten Ausführungsform wird mit Bezug auf **Fig. 6** beschrieben. Zuerst wird eine Oberflächenstruktur **12** auf der Oberfläche eines Halbleitersubstrats **80** ausgebildet (Schritt **60**). **Fig. 7** ist eine Querschnittsansicht, die die auf der Oberfläche des Halbleitersubstrats **80** in Schritt **60** ausgebildete Oberflächenstruktur **12** zeigt. Die Details der Oberflächenstruktur **12** wurden bereits vorstehend beschrieben.

[0039] Als nächstes wird die untere Oberfläche des Halbleitersubstrats **80** geätzt (Schritt **62**). **Fig. 8** ist eine Querschnittsansicht, die das Halbleitersubstrat **80** zeigt, nachdem seine untere Oberfläche geätzt wurde. Dieses Ätzen verringert die Dicke der n-Driftschicht **82** auf die gewünschte Dicke. Es sollte beachtet werden, dass die n-Driftschicht **82** durch Schleifen anstelle von Ätzen verdünnt werden kann.

[0040] Eine Pufferschicht **84** vom n-Typ wird dann auf der unteren Oberfläche des Halbleitersubstrats **80** ausgebildet (Schritt **64**). **Fig. 9** ist eine Querschnittsansicht, die die Pufferschicht **84** vom n-Typ zeigt, die auf der unteren Oberfläche des Halbleitersubstrats **80** ausgebildet ist. Die Pufferschicht **84** vom n-Typ wird durch zuerst Ionenimplantation in der unteren Oberfläche des Substrats mit einem Dotierungsmaterial vom n-Typ wie z. B. P und dann Aktivieren des Dotierungsmaterials durch Laserausheilung ausgebildet.

[0041] Eine Kollektorschicht **86** vom p-Typ wird dann ausgebildet (Schritt **66**). **Fig. 10** ist eine Querschnittsansicht, die die Kollektorschicht **86** vom p-Typ zeigt, die auf der unteren Oberfläche des Halbleitersubstrats ausgebildet ist. Die Kollektorschicht **86** vom p-

Typ wird durch zuerst Ionenimplantation in der unteren Oberfläche des Halbleitersubstrats **80** mit einem Dotierungsmaterial vom p-Typ wie z. B. B und dann Aktivieren des Dotierungsmaterials durch Laserausheilung ausgebildet. **Fig. 11** ist ein Diagramm, das die Ladungsträgerkonzentration entlang der gestrichelten Linie XI-XI' von **Fig. 10** zeigt. Die Ladungsträgerkonzentrationsspitzenposition in der Kollektorschicht **86** vom p-Typ liegt 1,0 µm oder mehr von der Außenseite der Schicht (d. h. von der Position XI' in **Fig. 10**) entfernt. Es sollte beachtet werden, dass die Ladungsträgerkonzentrationsverteilung von **Fig. 11** dieselbe wie die in **Fig. 2** gezeigte ist.

[0042] Ein Abschnitt der Kollektorschicht **86** vom p-Typ wird dann geätzt (Schritt **68**). **Fig. 12** ist eine Querschnittsansicht, die die Kollektorschicht **86** vom p-Typ zeigt, nachdem der Abschnitt der Schicht weggeätzt wurde. **Fig. 13** ist ein Diagramm, das die Ladungsträgerkonzentration entlang der gestrichelten Linie XIII-XIII' von **Fig. 12** zeigt. In Schritt **68** wird der Abschnitt der Kollektorschicht **86** vom p-Typ weggeätzt, um die Ladungsträgerkonzentrationsspitzenposition in der Kollektorschicht **86** vom p-Typ der Umgebungsatmosphäre auszusetzen.

[0043] Dann wird eine Kollektorelektrode **88** ausgebildet (Schritt **70**). **Fig. 14** ist eine Querschnittsansicht, die die ausgebildete Kollektorelektrode **88** zeigt. Die Kollektorelektrode **88** wird in Kontakt mit der Kollektorschicht **86** vom p-Typ durch Sputtern usw. ausgebildet. Das Verfahren zur Herstellung einer Halbleitervorrichtung gemäß der dritten Ausführungsform umfasst die obigen Schritte.

[0044] Gemäß dem Halbleitervorrichtungs-Herstellungsverfahren der dritten Ausführungsform liegt, wenn die Kollektorschicht **86** vom p-Typ durch Ausheilen ausgebildet wird (in Schritt **66**), die Ladungsträgerkonzentrationsspitzenposition in der Kollektorschicht **86** vom p-Typ 1 µm oder mehr von der unteren Oberfläche des Halbleitersubstrats **80** (d. h. der unteren Oberfläche der Kollektorschicht **86** vom p-Typ) entfernt. Dies verhindert, dass die Ladungsträgerkonzentration in der Ladungsträgerkonzentrationsspitzenposition in der Kollektorschicht **86** vom p-Typ durch eine Verunreinigung in der Herstellungsatmosphäre beeinflusst wird. Wenn ein Abschnitt der Kollektorschicht **86** vom p-Typ weggeätzt wird (in Schritt **68**), wird ferner das Ätzen gestoppt, wenn die Ladungsträgerkonzentrationsspitzenposition in der Kollektorschicht **86** vom p-Typ der Umgebungsatmosphäre ausgesetzt wurde. Folglich kann die Kollektorelektrode in Schritt **70** unmittelbar in der Nähe der Ladungsträgerkonzentrationsspitzenposition in der Kollektorschicht **86** vom p-Typ ausgebildet werden, um den Kontaktwiderstand zwischen der Kollektorschicht **86** vom p-Typ und der Kollektorelektrode zu verringern. Da der Abschnitt der Kollektorschicht **86** vom p-Typ, der in Schritt **68** weggeätzt wird, eine re-

lativ niedrige Ladungsträgerkonzentration aufweist, führt ferner die Entfernung dieses Abschnitts zu einem verringerten Betriebswiderstand der Halbleitervorrichtung.

[0045] Das Halbleitervorrichtungs-Herstellungsverfahren der dritten Ausführungsform ist dadurch gekennzeichnet, dass dem Schritt **66**, in dem die Kollektorschicht durch Ionenimplantation und Ausheilen ausgebildet wird, Schritt **68** folgt, in dem der Abschnitt der Kollektorschicht, der während des Ausheilungsprozesses der Umgebungsatmosphäre ausgesetzt wurde, weggeätzt wird. Dieses Merkmal macht es möglich, das Niveau der Ladungsträgerkonzentration in der Ladungsträgerkonzentrationsspitzenposition in der Kollektorschicht zu verringern und dadurch den Schaltverlust der Halbleitervorrichtung zu verringern, während verhindert wird, dass die Ladungsträgerkonzentration in der Ladungsträgerkonzentrationsspitzenposition durch eine Verunreinigung in der Herstellungsatmosphäre beeinflusst wird. Es ist auch möglich, den Widerstand der Halbleitervorrichtung zu verringern. Die obige Ausheilung kann durch Erhitzen des Tisches anstatt durch Laserausheilung durchgeführt werden. Ferner ist die dritte Ausführungsform für zumindest Änderungen empfänglich, die dieselben wie jene sind, die an der ersten Ausführungsform vorgenommen werden können, oder diesen entsprechen.

[0046] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird eine Halbleitervorrichtung geschaffen, in der die Ladungsträgerkonzentrationsspitzenposition in der Kollektorschicht in einem relativ großen Abstand von der Außenseite der Kollektorschicht liegt, so dass das Niveau der Ladungsträgerkonzentration in der Ladungsträgerkonzentrationsspitzenposition verringert werden kann, während verhindert wird, dass die Ladungsträgerkonzentration durch eine Verunreinigung in der Herstellungsatmosphäre beeinflusst wird.

Patentansprüche

1. Halbleitervorrichtung, die umfasst:
ein Halbleitersubstrat (**10**) mit einer Kollektorschicht (**28**), in der die Ladungsträgerkonzentration in einer Ladungsträgerkonzentrationsspitzenposition maximiert ist, die 1 µm oder mehr von einer Oberfläche des Halbleitersubstrats (**10**) entfernt liegt; und
eine Kollektorelektrode (**14**), die in Kontakt mit einer Oberfläche der Kollektorschicht (**28**) ausgebildet ist.

2. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ladungsträgerkonzentration in der Ladungsträgerkonzentrationsspitzenposition 1×10^{18} [Atome/cm³] oder weniger ist.

3. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kollektorschicht (**28**) eine zweite Ladungsträgerkonzentra-

tionsspitzenposition zwischen der Ladungsträgerkonzentrationsspitzenposition und der Kollektorelektrode (**14**) umfasst, wobei die Ladungsträgerkonzentration in der zweiten Ladungsträgerkonzentrationsspitzenposition niedriger ist als jene in der Ladungsträgerkonzentrationsspitzenposition.

4. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zweite Ladungsträgerkonzentrationsspitzenposition in der Kollektorschicht (**28**) unmittelbar an der Kollektorelektrode (**14**) angeordnet ist.

5. Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Halbleitersubstrat (**10**) aus einem Halbleiter mit breiter Bandlücke ausgebildet ist.

6. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Halbleiter mit breiter Bandlücke Siliziumcarbid, ein Material auf Galliumnitridbasis oder Diamant ist.

7. Verfahren zur Herstellung einer Halbleitervorrichtung mit den folgenden Schritten:

Ausbilden einer Oberflächenstruktur (**12**) auf einer oberen Oberfläche eines Halbleitersubstrats (**80**); Ionenimplantieren in einer unteren Oberfläche des Halbleitersubstrats (**80**) mit einem Dotierungsmaterial;

Ausbilden einer Kollektorschicht (**86**) durch Aktivieren des Dotierungsmaterials durch Ausheilen; nach dem Schritt zum Ausbilden der Kollektorschicht (**86**) Ätzen des Abschnitts der Kollektorschicht (**86**), der während der Ausheilung der Umgebungsatmosphäre ausgesetzt war; und

nach dem Ätzschritt Ausbilden einer Kollektorelektrode (**88**) in Kontakt mit der Kollektorschicht (**86**), wobei in dem Schritt zum Ausbilden der Kollektorschicht (**86**) eine Ladungsträgerkonzentrationsspitzenposition, in der die Ladungsträgerkonzentration in der Kollektorschicht (**86**) maximiert ist, 1 µm oder mehr von der unteren Oberfläche des Halbleitersubstrats (**80**) entfernt liegt; und
das Ätzen in der Ladungsträgerkonzentrationsspitzenposition gestoppt wird.

Es folgen 8 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

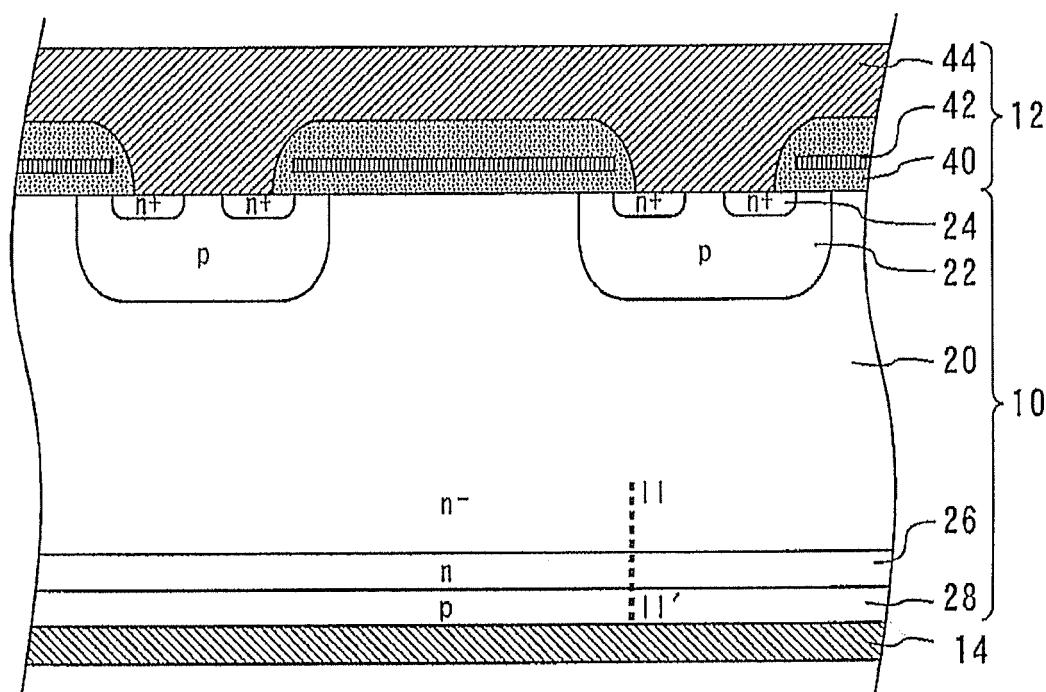


FIG. 1

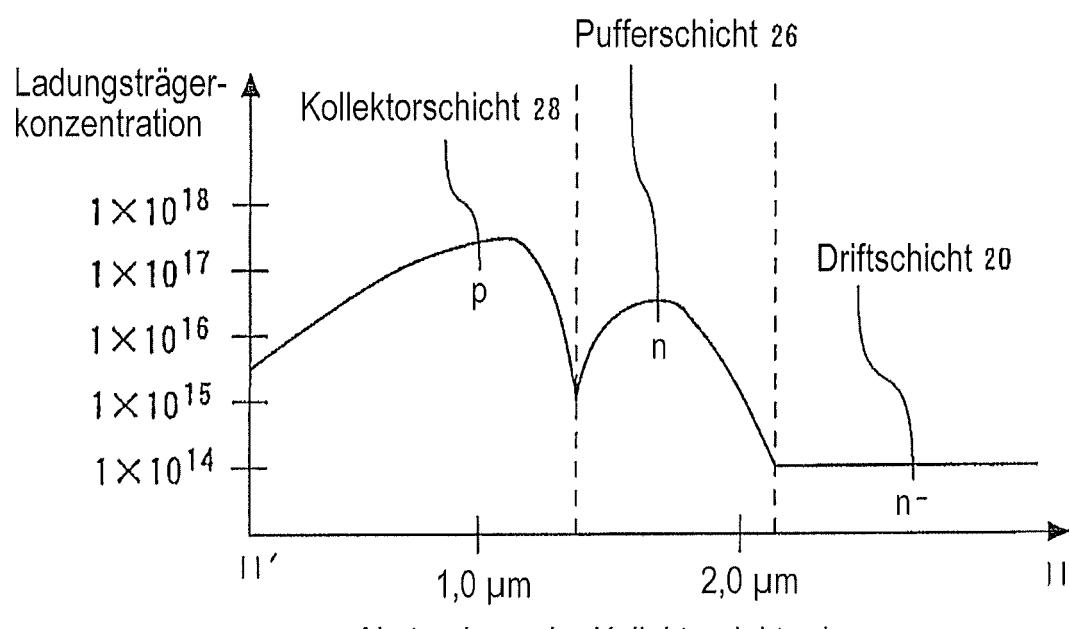
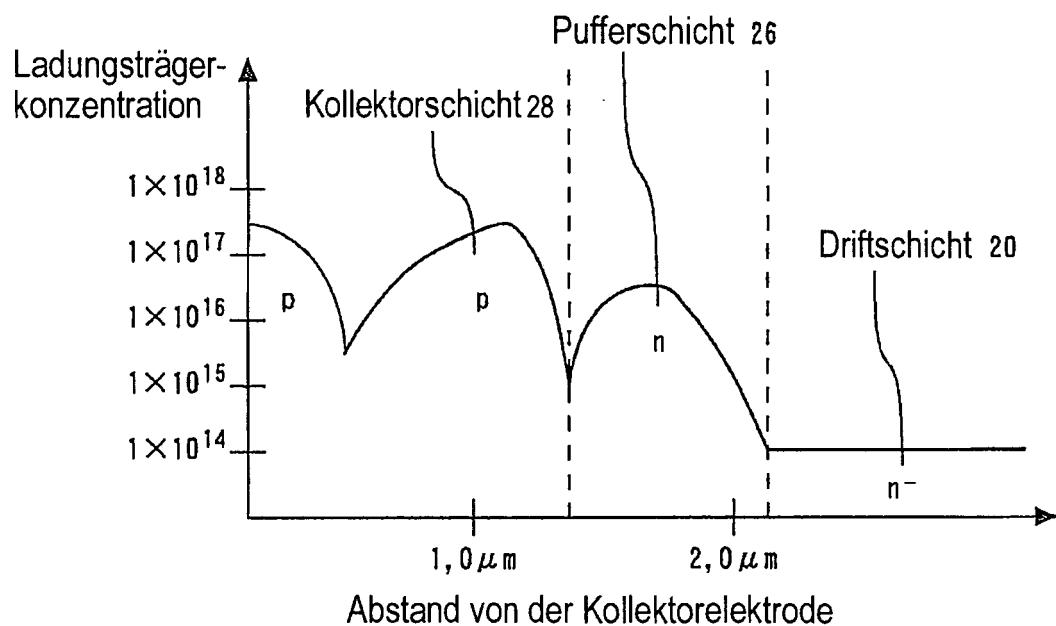
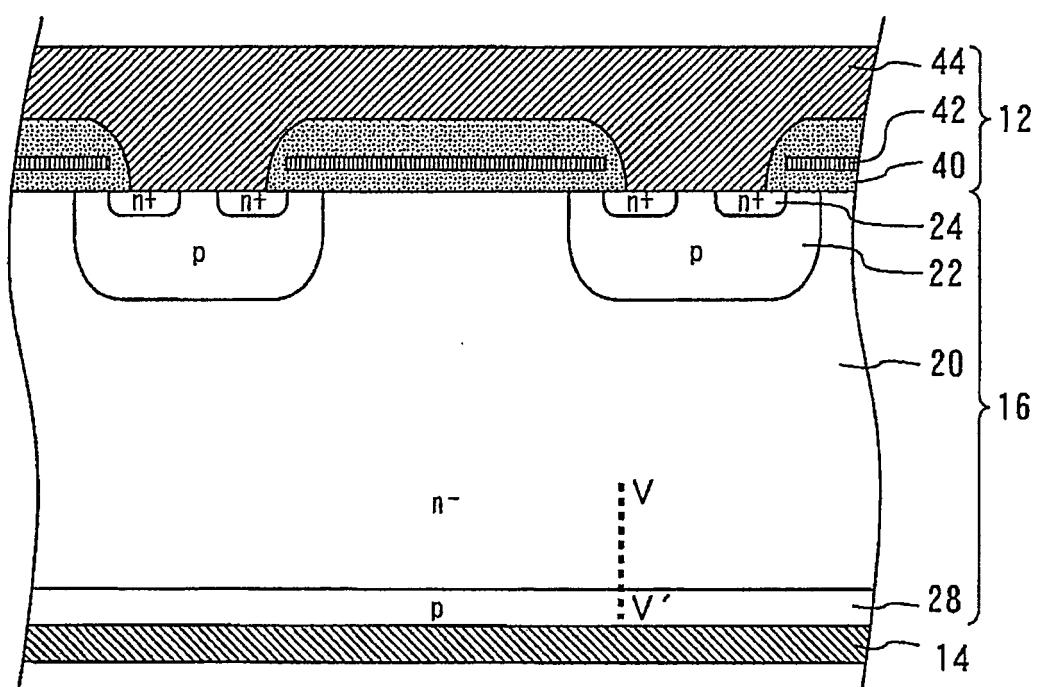


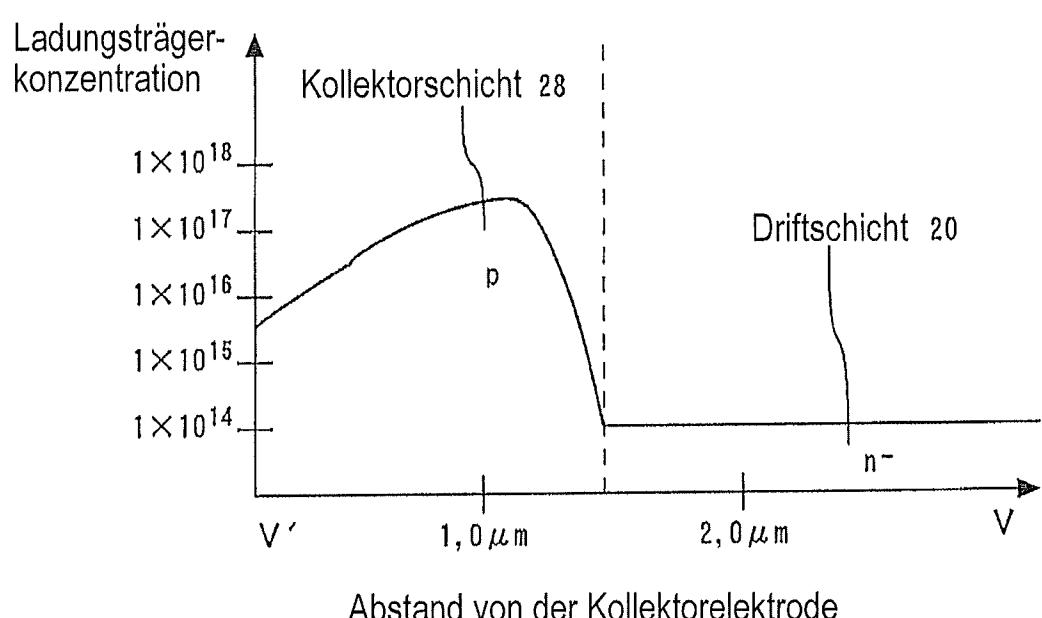
FIG. 2



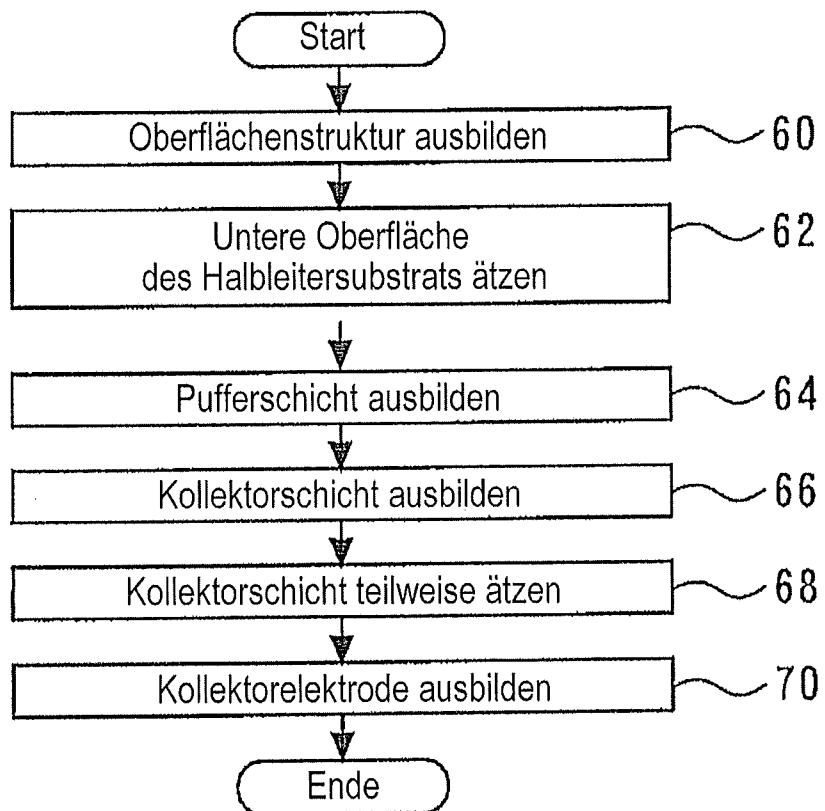
F I G . 3



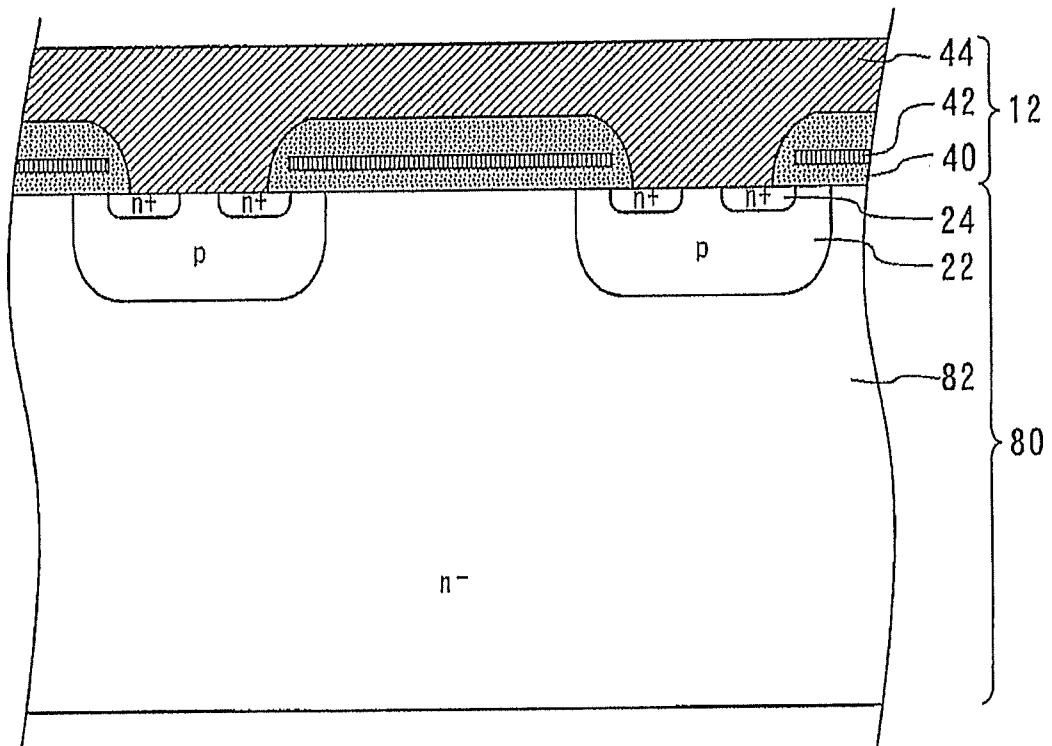
F I G . 4



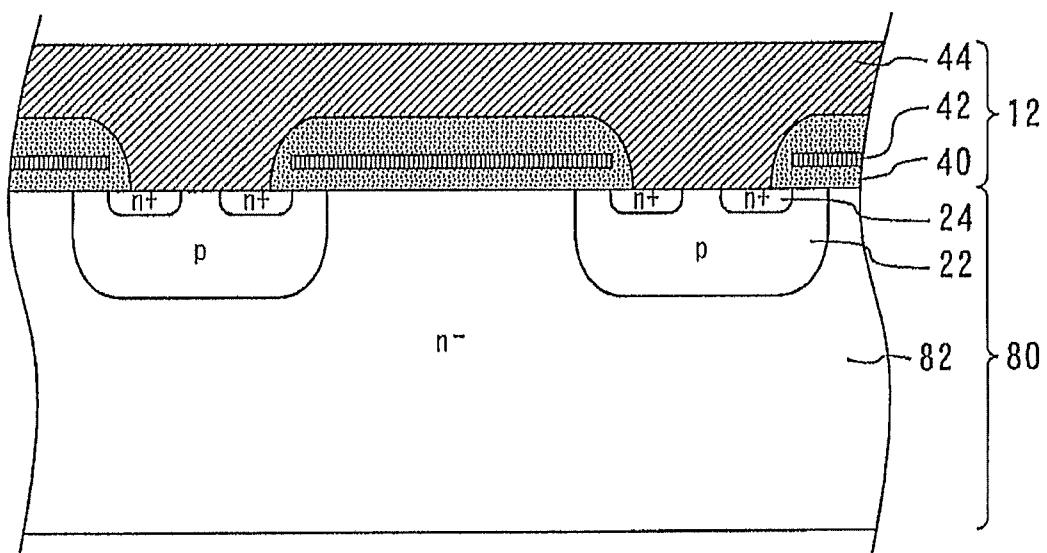
F I G . 5



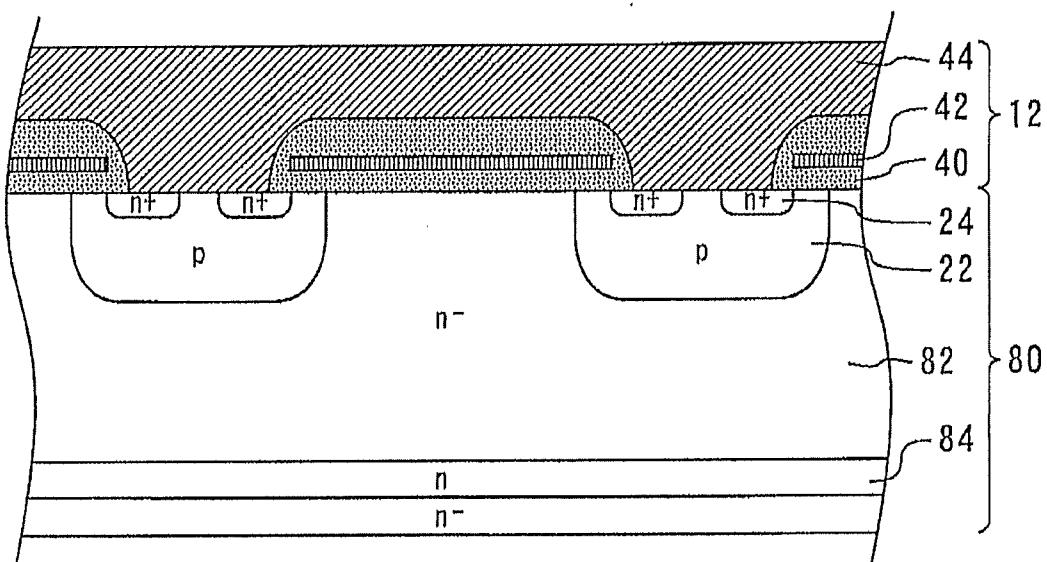
F I G . 6



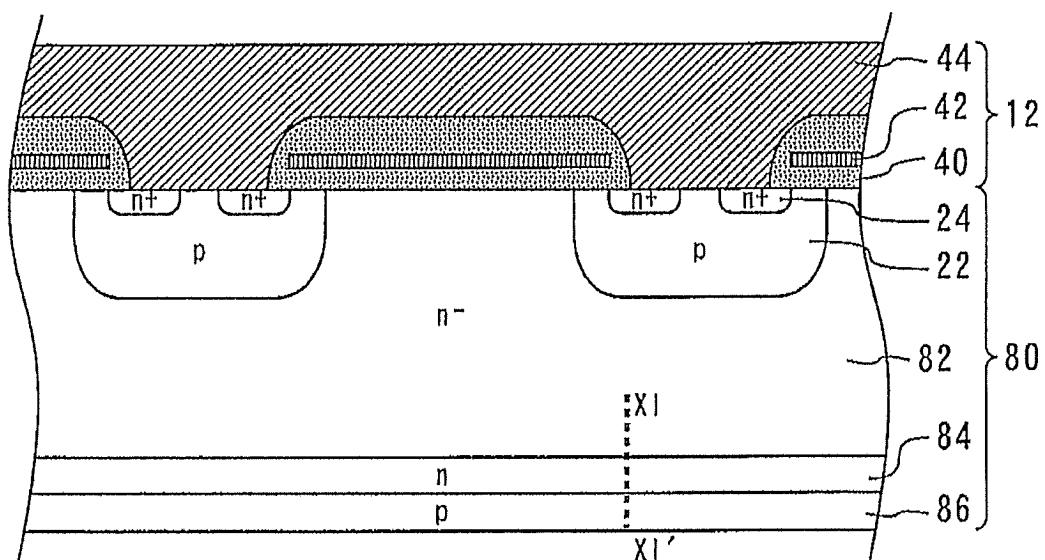
F I G . 7



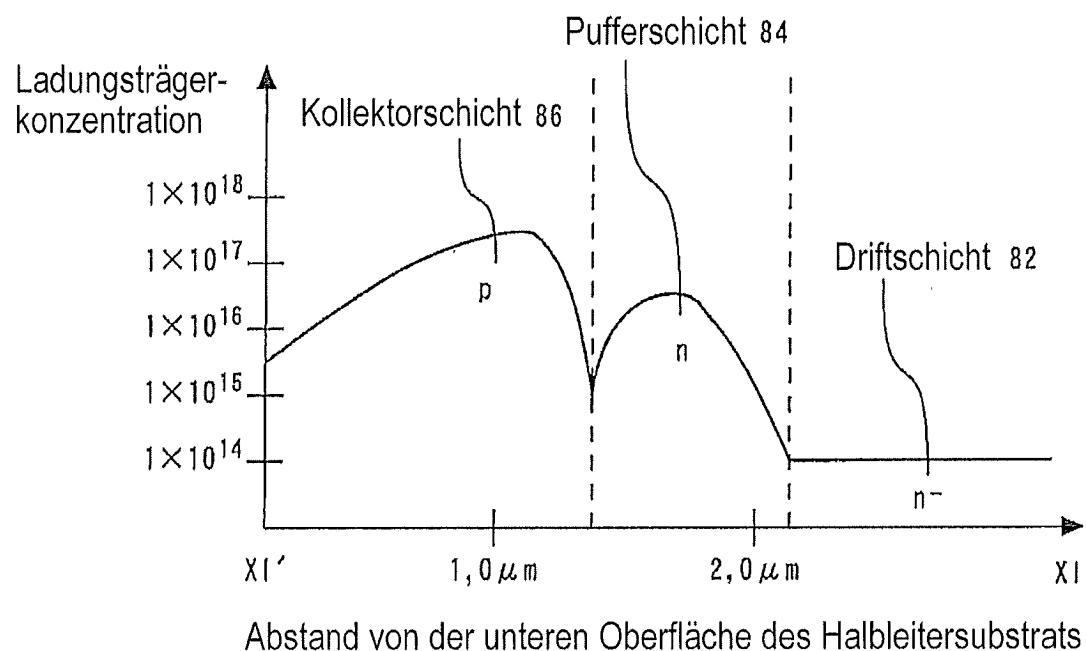
F I G . 8



F I G . 9



F I G . 1 0



F I G . 1 1

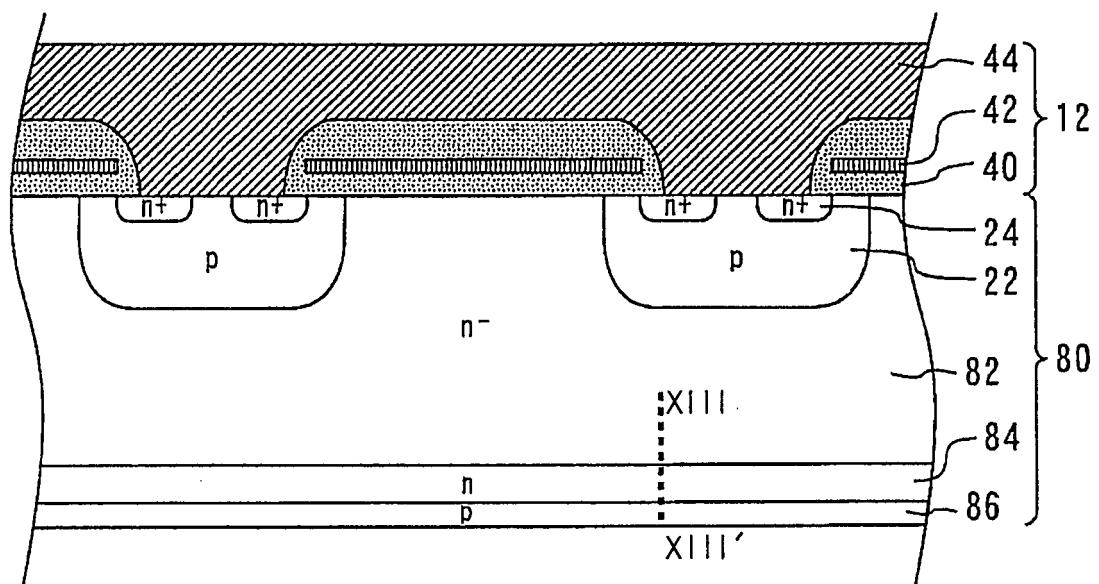
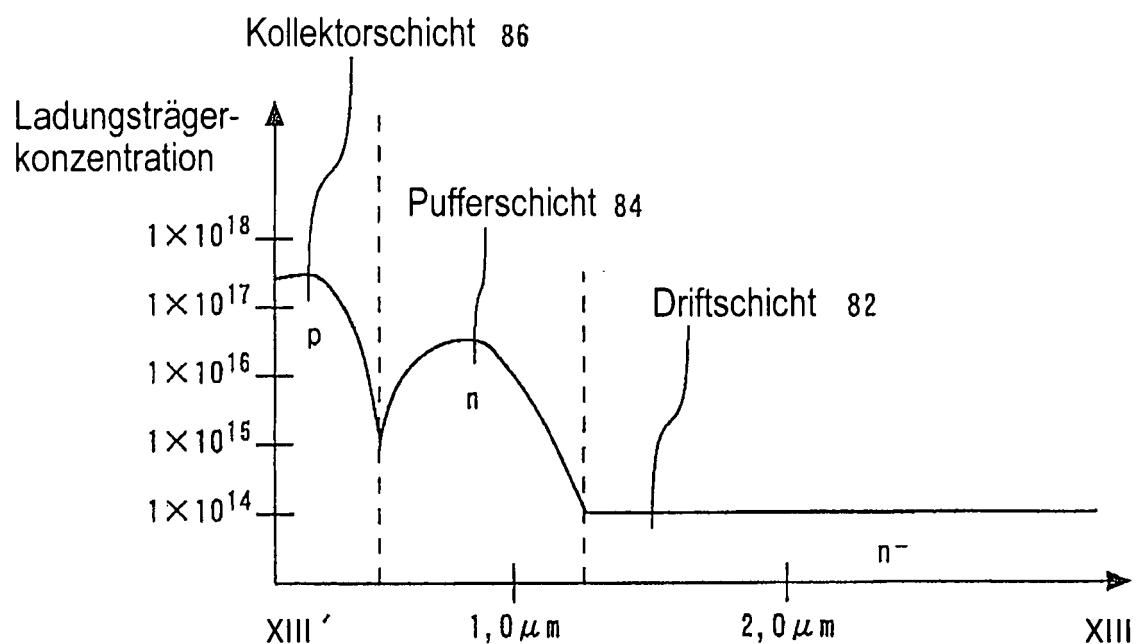
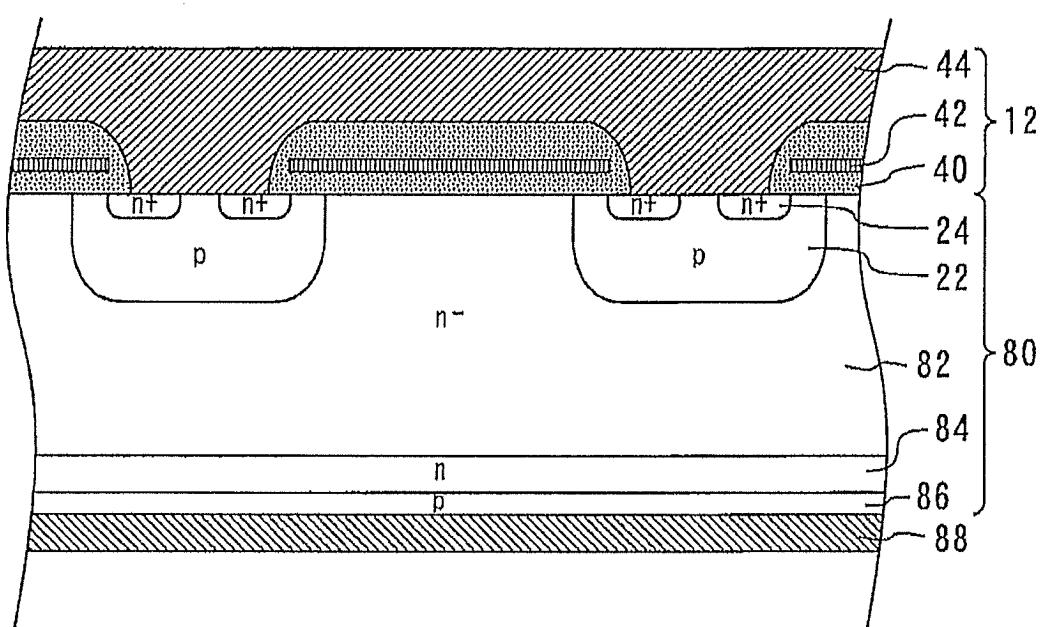


FIG. 12



Abstand von der unteren Oberfläche des Halbleitersubstrats

FIG. 13



F I G. 1 4