

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
8. Dezember 2016 (08.12.2016)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2016/193377 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H01L 29/872 (2006.01) *H01L 29/06* (2006.01)

H01L 29/66 (2006.01) *H01L 29/36* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/062507

(22) Internationales Anmeldedatum:
2. Juni 2016 (02.06.2016)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2015 108 728.6 2. Juni 2015 (02.06.2015) DE

(71) Anmelder: **DIOTEC SEMICONDUCTOR AG**
[DE/DE]; Kreuzmattenstrasse 4, 79423 Heitersheim (DE).

(72) Erfinder: **RESCHKE, Michael**; Am Stadtrand 44A,
14478 Potsdam (DE).

(74) Anwalt: **OTTEN, ROTH, DOBLER & PARTNER
MBB**; Grosstobeler Strasse 39, 88276 Berg/Ravensburg
(DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM,
ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST,
SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG,
KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH,
CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE,
IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,
RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: IMPROVED SEMICONDUCTOR ASSEMBLY COMPRISING A SCHOTTKY DIODE

(54) Bezeichnung : VERBESSERTE HALBLEITERANORDNUNG MIT SCHOTTKY-DIODE

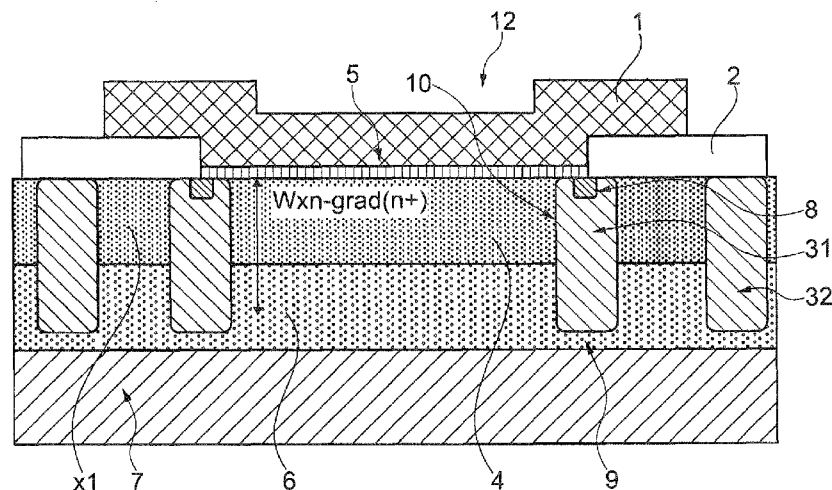


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a semiconductor assembly (12) having a Schottky diode and comprising a guard ring structure, an epitaxial layer (4) and an epitaxial substrate (7). The diode has a diffusion region (31) of the second conductivity type, which region forms a graduated n, p junction with a concentration gradient of a simultaneously diffusing higher-doped layer of the first conductivity type.

(57) Zusammenfassung: Halbleiteranordnung (12) mit einer Schottky-Diode, umfassend eine Schutzringstruktur, eine Epitaxieschicht (4) und ein Epitaxiesubstrat (7). Die Diode weist ein Diffusionsgebiet (31) vom zweiten Leitungstyp auf, das mit einem Konzentrationsgradienten einer simultan diffundierenden höher dotierten Schicht vom ersten Leitungstyp einen grad n, p Übergang bildet.



WO 2016/193377 A1



-
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden
Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls
Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

- 1 -

"Verbesserte Halbleiteranordnung mit Schottky-Diode"

Die Erfindung betrifft eine verbesserte Halbleiteranordnung mit Schottky-Diode, die unter Beibehaltung der elektrischen Daten, eine erhöhte Stromdichte gegenüber bekannten technischen Lösungen aufweist und mit geringem Aufwand produzierbar ist.

Halbleiteranordnungen mit Schottky-Dioden sind aus dem Stand der Technik, beispielsweise aus der US 4 206 540 A1, hinlänglich bekannt. Dabei handelt es sich allgemein um Halbleiterbauelemente, die einen Metall-Halbleiter-Übergang als Grundstruktur aufweisen und deren grundsätzliche elektronische Eigenschaften durch diesen Übergang bestimmt sind.

Im Gegensatz zu ebenfalls gemeinhin bekannten pn-Dioden weisen Halbleiteranordnungen mit Schottky-Dioden diesen gegenüber geringere Schleusenspannungen auf. Weiterhin sind im Allgemeinen aufgrund ausgeprägter Sperrbereiche die erreichbaren Durchbruchspannungen bei solchen Halbleiteranordnungen mit Schottky-Dioden erheblich niedriger als bei pn-Dioden. Üblicherweise wird zur Verbesserung des Durchbruchverhaltens ein Schutzring (engl. „guard ring“) in die Epitaxieschicht eindiffundiert. Ein solcher Schutzring ist beispielsweise in der DE 199 39 484 A1 offenbart.

In aller Regel wird zum Erreichen einer verbesserten Stromergiebigkeit die für die Herstellung des Schottky-Kontaktes erforderliche schwächer dotierte Halbleiterschicht einer ersten Dotierung bzw. eines ersten Leitungstyps auf ein hochdotiertes bzw. höher dotiertes Substrat mit gleicher Dotierung bzw. vom gleichen Leitungstyp aufgebracht.

In herkömmlicher Weise erfolgt eine Begrenzung der maximalen Spannungsbelastung durch den Einbau eines zum Schottky-Übergang parallel liegenden pn-Überganges, der durch Diffusion eines Gebietes vom zweiten Dotierungstyp bzw. zweiten Leitungstyps erfolgt und der den Schottky-Kontakt ringförmig umgibt.

Nachteilig ist hierbei jedoch, dass beim Anlegen einer Reverssurge-Spannung, welche den abgesicherten Spannungsbereich überschreitet eine Zerstörung der Diode möglich ist.

Hierzu ist aus dem Stand der Technik der US 6 177 712 bekannt, dass ein schwach dotierter Schutzring eines zweiten Leitungstyps zur Aufweitung des elektrischen Feldes im kritischen Bereich beiträgt, wodurch der Durchbruch später erfolgt.

Die DE 10 2009 056 603 A1 und die DE 10 2009 018 971 A1 nehmen sich dieser genannten Problematik an und beschreiben Halbleiteranordnungen mit Schottky-Dioden, welche verbesserte Reversstromfestigkeiten aufweisen. Dabei findet insbesondere ein vertikaler p, n(+) Übergang von einem Schutzring vom zweiten Leitungstyp durch die Epitaxieschicht des ersten Leitungstyps in ein höher dotiertes Epitaxiesubstrat vom ersten Leitungstyp, statt. Hierbei erfolgt die Ausbreitung der Raumladungszone in vertikaler Richtung aufgrund eines

quasilinearen Übergangs primär in ein p Gebiet, entsprechend einem Gebiet vom zweiten Leitungstyp.

Weiterhin wird in dem Schutzring oberflächennah eine höher dotierte Anreicherungsschicht vom zweiten Leitungstyp, entsprechend einem p(+) Gebiet, implantiert, um ein laterales Eindringen der Raumladungszone in das Gebiet vom zweiten Leitungstyp, entsprechend p, zu begrenzen.

Hierzu wird bei der DE 10 2009 056 603 A1 ein für die p(+) Implantation erforderliches Bremsoxid eingesetzt, wodurch das Aufbringen einer LTO/CVD-Schicht entfällt.

Bei der DE 10 2009 018 971 A1 wird das elektrische Feld im näheren Oberflächenbereich des diffundierten Gebietes mittels eines Linearisierungsringes aufgeweitet. Dieses zusätzlich eingebrachte Gebiet kann zu einer besseren Potentialhomogenisierung in dem Schutzring mit einer oberhalb des Linearisierungsringes angeordneten Metallschicht verbunden werden, wodurch aufgrund einer Äquilinearisierung des elektrischen Feldes entlang des Gebietes vom zweiten Leitungstyp eine Erhöhung der Stoßstromfestigkeit im Reversbetrieb erreicht wird.

Einerseits weist dieser Stand der Technik jedoch den Nachteil auf, dass die Bauformen der genannten Halbleiteranordnungen mit Schottky-Dioden entweder spezielle und damit einhergehend wirtschaftlich aufwändige Bearbeitungsschritte erfordern, soll eine erhöhte Reversstromfestigkeit bei gleichzeitiger Minimierung des Vorwärtsspannungsabfalls erreicht werden. Andererseits liegen bei diesen Konstruktionen geringere Stromdichten vor, so dass die Bauform entsprechend höher ausfällt, woraus entsprechend höhere Herstellungskosten reduzieren.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine verbesserte Halbleiteranordnung mit Schottky-Diode bereitzustellen, welche eine erhöhte Stromdichte und reduzierte Restströme im Sperrbetrieb aufweist und kostengünstig und kompakt herstellbar ist.

Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, dass in eine Halbleiteranordnung mit einer Schottky-Diode, umfassend eine Schutzringstruktur, eine Epitaxieschicht und ein Epitaxiesubstrat, ein Diffusionsgebiet vom zweiten Leitungstyp mit einem Konzentrationsgradienten ausgebildet ist, das mit einer simultan diffundierenden höher dotierten Schicht vom ersten Leitungstyp einen grad n, p Übergang bildet.

Dies führt zu einer Anhebung der Konzentration im Epitaxiegebiet, einem positiven Konzentrationsgradienten in Richtung des Epitaxiesubstrates und damit einhergehend einer Verringerung des effektiven Bahnwiderstandes. Weiterhin wird die Eindringtiefe des Gebiets vom zweiten Leitungstyp verringert und ein Ausbreiten der Raumladungszone erfolgt aufgeteilt in das Gebiet vom zweiten Leitungstyp, entsprechend p, und ein höher dotiertes gradiertes Gebiet vom ersten Leitungstyp, entsprechend grad n.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung kann vorsehen, dass in das Diffusionsgebiet vom zweiten Leitungstyp 31 ein hochdotiertes Gebiet 8 oberflächennah ausgebildet ist, wobei die laterale Dimensionierung des hochdotierten Gebiets 8 derart ausgebildet ist, dass laterale Begrenzungen der Ausbreitung einer Verarmungszone ausgeschlossen werden.

Es kommt somit nicht zu Begrenzungen der Ausbreitung der Verarmungszone in ein Gebiet vom zweiten Leitungstyp, entsprechend p. Eine maximale Ausbreitung der Verarmungszone in ein höher dotiertes Gebiet vom zweiten Leitungstyp,

entsprechend p(+), wird unterbunden. Differenzen zwischen lateraler und vertikaler Diffusion werden durch die Konstruktion des hochdotierten Gebiets vom zweiten Leitungstyp, entsprechend p(+), ausgeglichen.

Weiterhin kann vorgesehen sein, dass ein Feldring derart außerhalb konzentrisch zu dem Diffusionsgebiet vom zweiten Leitungstyp angeordnet ist, dass ein vertikaler Abstand zwischen dem Feldring und dem Diffusionsgebiet vom zweiten Leitungstyp größer ist als eine aus konstanter Restschichtdicke der Epitaxieschicht und Schichtdicke des gradierten Gebietes zusammengesetzter Schichtdicke.

Es kann zudem vorgesehen sein, dass ein lateraler Querschnitt A der Struktur n, p, p(+), p, n und/oder ein vertikaler Querschnitt B der Struktur p(+), p, n, grad n, n(+) vorliegt.

Eine Weiterbildung der Erfindung kann zudem vorsehen, dass in einem höher dotierten Gebiet vom zweiten Leitungstyp ein weiteres noch höher dotiertes Gebiet vom zweiten Leitungstyp angeordnet ist. In dessen Folge kann vorgesehen sein, dass ein lateraler Querschnitt A der Struktur n, p, p(+), p(++), p(+), p, n und/oder ein vertikaler Querschnitt B der Struktur p(++), p(+), p, grad n, n(+) vorliegt.

Im Weiteren kann die Erfindung derart dargestellt werden, dass eine Halbleiteranordnung eine Schottky-Diode umfasst, die ein Gebiet vom ersten Leitungstyp, ein höher dotiertes Gebiet vom ersten Leitungstyp und wenigstens ein Gebiet vom zweiten Leitungstyp umfasst, in dem ein höher dotiertes Gebiet vom zweiten Leitungstyp angeordnet ist, das Gebiet vom zweiten Leitungstyp zumindest teilweise innerhalb des Gebietes vom ersten Leitungstyp und eines Übergangsgebietes vom ersten Leitungstyp zwischen dem Gebiet vom ersten Leitungstyp und dem

höher dotierten Gebiet vom ersten Leitungstyp angeordnet ist, wobei das Übergangsgebiet einen Konzentrationsgradienten aufweist.

Das Gebiet vom ersten Leitungstyp kann als Epitaxieschicht ausgestaltet sein und insbesondere als n-Epitaxieschicht. Das höher dotierte Gebiet vom ersten Leitungstyp kann als Epitaxiesubstrat ausgestaltet sein. Das Gebiet vom zweiten Leitungstyp kann als Diffusionsgebiet ausgestaltet sein.

In allen Fällen sieht die Erfindung auch vor, dass erster und zweiter Leitungstyp entsprechend umgekehrt verwendet werden können. Ebenso kann das Übergangsgebiet als gradiertes Gebiet ausgebildet sein.

Das Diffusionsgebiet vom zweiten Leitungstyp kann mit einem Konzentrationsgradienten einer simultan diffundierenden höher dotierten Schicht vom ersten Leitungstyp einen n, p Übergang bilden und vorzugsweise einen grad n, p Übergang bilden. Denkbar ist zudem, dass anstelle eines grad n, ein grad n(+), p Übergang gebildet wird.

Weiterhin kann das Gebiet vom zweiten Leitungstyp kontaktfrei zu dem höher dotierten Gebiet vom ersten Leitungstyp angeordnet sein. Im Sinne der Erfindung kann das Gebiet vom zweiten Leitungstyp überwiegend im Gebiet vom ersten Leitungstyp angeordnet sein.

Weiterhin kann die Erfindung vorsehen, dass zumindest in einem Teilbereich des Gebiets vom ersten Leitungstyp zumindest ein Feldring angeordnet ist. Vorteilhaft kann der zumindest eine Feldring konzentrisch zu dem wenigstens einen Gebiet zweiten Leitungstyps angeordnet sein.

Besonders vorteilhaft ist zudem, wenn der zumindest eine Feldring vom zweiten Leitungstyp in einem Abstand zu dem zumindest einen Gebiet vom zweiten Leitungstyp angeordnet ist, der größer oder gleich einer Schichtdicke des Gebiets vom ersten Leitungstyp ist und/oder größer oder gleich einer zusammengesetzten Schichtdicke aus Gebiet vom ersten Leitungstyp und Schichtdicke vom Übergangsgebiet. Die Erfindung kann vorsehen, dass das Gebiet vom ersten Leitungstyp eine im Vergleich zum höher dotierten Gebiet vom ersten Leitungstyp gleiche oder größere Schichtdicke aufweist

Eine erfindungsgemäße Ausgestaltung der Halbleiteranordnung kann vorsehen, dass die effektive Epitaxieschichtdicke zwischen 1-10µm beträgt.

In einer Ausgestaltung weist die Halbleiteranordnung bei einer effektiven Epitaxieschichtdicke von 2 µm und einem spez. Widerstand der Epitaxieschicht von 1 Ohmcm einen Bahnwiderstand von 20 bis 30 mOhm mm² inklusive der Verluste in einem ca. 300µm/3mOhmcm Substrat auf. Bei veränderten Epitaxieschichtdicken können sich die differentiellen Widerstände entsprechend verändern.

Die Erfindung kann auch ein Verfahren zur Herstellung einer Halbleiteranordnung mit einer Schottky-Diode vorsehen, die einen n, p Übergang und vorzugsweise einen grad n, p Übergang aufweist, vorsehen, bei dem zwischen einem Gebiet vom ersten Leitungstyp und einem höher dotierten Gebiet vom ersten Leitungstyp ein Übergangsgebiet vom ersten Leitungstyp mit einem Konzentrationsgradienten eingebracht wird.

Die Erfindung kann weiterhin ein Verfahren vorsehen, bei dem zur Bildung einer Schutzringstruktur ein Diffusionsgebiet vom zweiten Dotierungstyp in ein homogen dotiertes Gebiet bis zu

einem in der Konzentration gradierten Gebiet eines ersten Leitungstyps auf einem hochkonzentrierten Epitaxiesubstrat vom ersten Leitungstyp eingebracht wird.

Vorteilhaft kann bei dem Verfahren wenigstens ein Feldring in zumindest ein Gebiet ersten Leitungstyps eingebracht werden. Der zumindest eine Feldring kann bevorzugt konzentrisch und besonders bevorzugt außerhalb konzentrisch zu einem Schutzring und/oder einem Gebiet vom zweiten Leitungstyp eingebracht werden, derart, dass ein Abstand zwischen Schutzring und/oder Gebiet vom zweiten Leitungstyp und Feldring größer ist als die Schichtdicke des Gebietes vom ersten Leitungstyp oder der Gesamtschichtdicke aus dem Gebiet vom ersten Leitungstyp und dem Gebiet vom ersten Leitungstyp und dem Übergangsbereich. Alle vorgenannten Merkmale, insbesondere die vorteilhaften Ausführungen werden erfindungsgemäß beansprucht und tragen zur Optimierung der Lösung der erfindungsgemäßen Aufgabe bei.

Die Erfindung sieht zudem ein Verfahren zur Herstellung einer Schottky-Diode vor, wobei in einem ersten Prozessschritt eine Oxidation des Epitaxiewafers, der als Ausgangsprodukt eingesetzt wird, zur Vorbereitung auf den fotolithographischen Prozess und zur Passivierung vor nachfolgenden Hochtemperaturschritten erfolgt.

Es findet hierbei eine Verringerung der Schichtdicke des konstant dotierten Epitaxiegebietes von etwa 0,5 μm auf etwa 0,3 μm statt.

Im nachfolgenden Fotoschritt wird das Oxidfenster zur Implantation vor Bor geöffnet und ein dünnes Oxid vor der Implantation erzeugt.

Hierbei ist wesentlich, dass erheblich geringere Implantationskonzentrationen von einer Dosis von etwa $3 \times 10^{13} / \mu\text{m}^2$ bei einer Energie von 50keV verwendet werden.

Mit der Diffusion des Bors und der Herausbildung eines p, grad n Überganges kommt es zu einer weiteren Verringerung des konstant dotierten Restgebietes auf etwa 0,1 μm bedingt durch zusätzliche Diffusion des Gradienten in Richtung Oberfläche ausgehend vom Substrat.

Im simultanen Diffusionsprozess kommt es sowohl zu einer Diffusion des Bors durch das konstant dotierte Epitaxiegebiet als auch in das gradierte Epitaxiegebiet.

Gleichzeitig kommt es zu einer simultanen Diffusion der Träger aus dem Substrat in der der Bordiffusion entgegengesetzten Richtung.

Weiterhin kommt es zu einer vertikalen Diffusion der Konzentrationsunterschiede (Gradient) im Bahngebiet in Richtung des konstant dotierten Epitaxiegebietes und verringert dieses auf etwa 0,1 μm .

Es schließt sich ein zusätzlicher Fotoschritt mit Borimplantation an, der eine oberflächennahe p(+) Anhebung der Borkonzentration bewirkt. Daran anschließende Aktivierung der Träger erfolgt durch einen kurzzeitigen Temperaturschritt.

Nachfolgend wird mittels Fotoschritt das Kontaktgebiet des Schottky Bereichs geöffnet. Es folgen Metallisierungsschritte zur Erstellung der Schottkybarriere und zur Kontaktmetallisierung.

Die Erfindung sieht zudem ein Verfahren zur Herstellung einer Schottky-Diode vor, ausgehend von einem Ausgangsprodukt, das wenigstens ein n(+)-Substrat, ein gradiertes Epitaxiegebiet und ein konstant dotiertes Epitaxiegebiet umfasst.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist dabei dadurch gekennzeichnet, dass Bor eindiffundiert und ein grad n, p Übergang ausgebildet wird sowie vorzugsweise simultane Diffusionsprozesse erfolgen,

- wobei sowohl eine Diffusion von Bor durch das konstant dotierte Epitaxiegebiet als auch in das gradierte Epitaxiegebiet erfolgt;
- wobei eine vorzugsweise simultane Diffusion aus dem n(+)-Substrat in einer Richtung erfolgt, die der Diffusion von Bor sowohl durch das konstant dotierte Epitaxiegebiet als auch in das gradierte Epitaxiegebiet entgegengesetzt ist und
- wobei eine vertikale Diffusion eines Gradienten im Bahngebiet in einer Richtung erfolgt, die der Diffusion von Bor sowohl durch das konstant dotierte Epitaxiegebiet als auch in das gradierte Epitaxiegebiet entgegengesetzt ist.

Es kann somit eine optimierte Schottky-Diode mit reduziertem Bahnwiderstand bereitgestellt werden. Daraus resultiert, dass die entsprechende Schottky-Diode von geringerer Baugröße gefertigt sein kann. Anwendungsgebiete solcher Schottky-Dioden können dadurch ausgedehnt werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung von Schottky-Dioden mit reduziertem Bahnwiderstand sieht die Reduzierung des konstant dotierten Epitaxiegebietes in wenigstens zwei Schritten vor, wobei ein Schritt eine Oxidation und ein

Schritt zumindest ein vorzugsweise simultaner Diffusionsprozess ist.

Die Erfindung kann vorsehen, dass in einer ersten Verringerung die Schichtdicke des konstant dotierten Epitaxiegebietes von etwa 0,5 μm auf etwa 0,3 μm verringert wird und in einer zweiten Verringerung von etwa 0,3 μm auf etwa 0,1 μm verringert wird.

Weiterhin wird eine Schottky-Diode beansprucht, die nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt ist.

Die Erfindung sieht auch eine Schottky-Diode vor, umfassend Kontaktmetallisierungen, eine Schottkybarriere, ein n(+) Substrat, ein graduiertes Epitaxiegebiet, ein konstant dotiertes Epitaxiegebiet, ein Oxid, ein p(+)-Gebiet und ein p-Gebiet und ist dadurch gekennzeichnet, dass das konstant dotierte Epitaxiegebiet eine Schichtdicke von etwa 0,1 μm aufweist und das graduierte Epitaxiegebiet eine Schichtdicke von etwa 2 μm aufweist.

Eine derartige erfindungsgemäße Schottky-Diode weist einen reduzierten Bahnwiderstand und eine entsprechend erhöhte Stromdichte auf. Entsprechend kann die Baugröße einer solchen Schottky-Diode reduziert werden.

Beispielhaft und keineswegs hierauf beschränkend wird der charakteristische Bahnwiderstand der graduierten Schicht einer Schottky-Diode, die eine Schichtdicke des konstant dotierten Epitaxiegebietes von etwa 0,1 μm aufweist, im Fall der 40V Spannungsklasse auf etwa 15mOhm mm^2 gesenkt.

Zuzüglich des charakteristischen Widerstands des Substrates von etwa 10mOhm mm^2 ergibt sich ein Gesamtwiderstand von etwa

25mOhm mm², der eine Erhöhung der Stromdichte auf etwa 4A/mm² ermöglicht.

Die dominanten Restströme werden durch die Schottkybarriere und durch die Oberflächenkonzentration von etwa 0,1 µm bestimmt.

Das erfindungsgemäße Verfahren bzw. nach diesem Verfahren hergestellte Schottky-Dioden zeichnen sich in vorteilhafter Weise durch niedrigere Sperrströme mittels konstruktiver Maßnahmen durch Profilierung des Konzentrationsverlaufs mit einem oberflächennahen Gebiet konstanter Konzentration von etwa $5 \cdot 10^{18}$ EXP/µm und von etwa 0,5µm Dicke aus.

Weitere Vorteile sind Erreichung höherer effektiver Stromdichten durch Verringerung des Bahnwiderstandes. Diese wird durch Einbringen eines Konzentrationsgradienten erreicht, welcher ausgehend vom Substrat mit einem Gradienten von etwa $3,5 \cdot 10^{18}$ EXP/µm bis zum Erreichen des konstant dotierten Gebietes bei etwa 0,5µm verläuft. Die damit verbundene Reduktion des Bahnwiderstandes ermöglicht eine Erhöhung der Stromdichte zu Referenzbauelementen auf etwa 4A/mm²

Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen gemäß nachfolgend beschriebenen Zeichnungen näher erläutert.

Es zeigt:

Fig. 1 Schematische Schnittansicht der erfindungsgemäßen Halbleiteranordnung mit Schottky-Diode

- Fig. 2 Vergrößerte schematische Schnittansicht der erfindungsgemäßen Halbleiteranordnung mit Schottky-Diode
- Fig. 3 Vergrößerte schematische Schnittansicht einer weiteren Ausführungsform
- Fig. 4 Vergrößerte schematische Schnittansicht einer weiteren Ausführungsform
- Fig. 5 Schematische Schnittansicht eines Ausgangsproduktes zur Herstellung einer erfindungsgemäßen Schottky-Diode
- Fig. 6 Schematische Schnittansicht des in Fig. 5 gezeigten Ausgangsproduktes nach einem ersten Prozessschritt
- Fig. 7 Schematische Schnittansicht gemäß Fig. 6 nach weiteren Prozessschritten
- Fig. 8 Schematische Schnittansicht gemäß Fig. 7 nach weiteren Prozessschritten
- Fig. 9 Schematische Schnittansicht gemäß Fig. 8 nach weiteren Prozessschritten
- Fig. 10 Schematische Schnittansicht gemäß Fig. 9 nach weiteren Prozessschritten
- Fig. 11 Schematische Schnittansicht einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Schottky-Diode, hergestellt gemäß den in Fig. 5 bis Fig. 10 gezeigten Prozessschritten

In Fig. 1 ist eine Ausführungsform der erfindungsgemäßen Halbleiteranordnung 12 mit Schottky-Diode dargestellt. Diese weist eine Metallisierung 1 und ein unterhalb der Metallisierung 1 angeordnetes Oxid 2 auf. Zusätzlich ist eine Barrieremetallschicht 5 vorgesehen. Unterhalb der Barrieremetallschicht 5 sowie des Oxids 2 ist eine Epitaxieschicht 4 angeordnet. Die Epitaxieschicht 4 ist im Ausführungsbeispiel vom ersten Leitungstyp, als n Epitaxieschicht ausgestaltet.

Die Halbleiteranordnung 12 mit Schottky-Diode umfasst weiterhin ein hochdotiertes Epitaxiesubstrat 7 vom ersten Leitungstyp. Im Ausführungsbeispiel ist das hochdotierte Epitaxiesubstrat 7 als n(+) Epitaxiesubstrat ausgebildet.

Die Halbleiteranordnung 12 mit Schottky-Diode weist zudem wenigstens ein Diffusionsgebiet 31 vom zweiten Leitungstyp auf, das zudem als Schutzringstruktur ausgestaltet sein kann. Das Diffusionsgebiet 31 dringt vertikal in ein gradiertes Gebiet 6 ein, ohne die Diffusionsfront von n(+) aus dem Epitaxiesubstrat 7 zu erreichen.

Das gradierte Gebiet 6 ist im Ausführungsbeispiel Resultat eines dem Stand der Technik entsprechenden Stufenprofils des Epitaxieprozesses, dessen vertikale Diffusionskomponente zur Konzentrationsanhebung im Gebiet 4 und der Herausbildung des Endzustandes des Gebietes 6 führt, als auch Endpunkt der gegenläufigen Diffusion des Gebietes 31 durch Gebiet 4 in Gebiet 6.

Das Diffusionsgebiet 31 vom zweiten Leitungstyp ist im Ausführungsbeispiel als p Gebiet ausgestaltet. Innerhalb des Diffusionsgebietes 31 ist ein höher dotiertes Gebiet 8 vom zweiten Leitungstyp, im Ausführungsbeispiel entsprechend p(+),

derart eingebracht, dass das von der Barrieremetallschicht 5 überdeckte Gebiet der Epitaxieschicht 4 und des Diffusionsgebietes 31 vom zweiten Leitungstyp leitend verbunden sind.

Dieses höher dotierte Gebiet 8 vom zweiten Leitungstyp ist konstruktiv so ausgebildet, dass eine lateral in das Diffusionsgebiet 31 eindringende Verarmungszone nicht durch das Gebiet 8 vom zweiten Leitungstyp begrenzt wird. Das höher dotierte Gebiet 8 vom zweiten Leitungstyp ist oberflächennah im Diffusionsgebiet 31 vom zweiten Leitungstyp angeordnet. Die Notwendigkeit des höher dotierten Gebietes 8 vom zweiten Leitungstyp ergibt sich insbesondere durch eine Vermeidung von parasitären Barrieren auf bzw. in dem demgegenüber niedriger dotierten Diffusionsgebiet 31 vom zweiten Leitungstyp.

Eine Erhöhung der Stromdichte wird dadurch erreicht, dass ein Diffusionsgebiet 31 vom zweiten Leitungstyp, derart angeordnet wird, dass es in ein simultan eindiffundierendes, höher dotiertes gradiertes Gebiet 6 vom ersten Leitungstyp eindringt, jedoch die Diffusionsfront von $n(+)$ aus dem Epitaxiesubstrat 7 nicht erreicht. Somit liegt kein $p, (n+)$ Übergang sondern ein grad n, p Übergang 9 vor. Ein einstellbarer Konzentrationsgradient des gradierten Gebietes 6 erreicht bei der Simultandiffusion die Epitaxieschicht 4 und erhöht dessen Konzentration graduell, jedoch ohne dessen Oberfläche zu erreichen.

Sperrende Übergänge sind vertikal und lateral gerichtet. Der vertikale Übergang ist dabei vom Diffusionsgebiet 31 vom zweiten Leitungstyp zum gradierten Gebiet 6 vom ersten Leitungstyp gerichtet. Dies entspricht dem genannten grad n, p Übergang 9.

Der laterale Übergang ist vom Diffusionsgebiet 31 vom zweiten Leitungstyp zur Epitaxieschicht 4 vom ersten Leitungstyp gerichtet. Dies entspricht einem p, n Übergang 10.

Die Ausbreitung der Raumladungszone erfolgt in vertikaler Richtung überwiegend in das Diffusionsgebiet 31 vom zweiten Leitungstyp als auch in Richtung des gradierten Gebietes 6 im Sinne einer Linearisierung des p, n Überganges 10. In lateraler Richtung erfolgt die Ausbreitung der Raumladungszone sowohl in das Diffusionsgebiet 31 vom zweiten Leitungstyp als auch in die Epitaxieschicht 4 vom ersten Leitungstyp.

In einem Abstand zu dem Diffusionsgebiet 31 vom zweiten Leitungstyp ist im gezeigten Ausführungsbeispiel zusätzlich zumindest ein Feldring 32 eingebracht, der eine Begrenzung des äußeren elektrischen Feldes bewirkt. Dieser als x_1 bezeichnete Abstand ist im gezeigten Beispiel größer als die Restdicke der Epitaxieschicht $W_{xn-grad}(n+)$. Der Abstand x_1 ist zudem größer als die summierte Schichtdicke der Epitaxieschicht 4 und des gradierten Gebietes 6.

In der Fig. 2 ist eine Darstellung des Diffusionsgebietes 31 vom zweiten Leitungstyp und des Feldringes 32 im Detail gezeigt. Hierbei ist ersichtlich, dass das Einbringen eines oberflächennah angeordneten, höher dotierten Gebietes 8 vom zweiten Leitungstyp in das Diffusionsgebiet 31 vom zweiten Leitungstyp der Vermeidung von parasitären Barrieren auf der Oberfläche des Diffusionsgebietes 31 vom zweiten Leitungstyp und der sich daraus ergebenden Fehlpolungen der Feldplattenmetallisierung oberhalb des Oxides 2 über dem äußeren lateral diffundierten Bereich des Gebietes 31 dient. Zur Verbesserung der Wirkung der äußeren Feldbegrenzung des Gebietes 32 ist ein Erreichen der Feldplattenmetallisierung des Bereiches 32 konstruktiv zu vermeiden. Das Einbringen eines Gebietes 8 in 32 äquivalent zu den Verhältnissen in 31 ist möglich aber nicht zwingend

Die Vermeidung der Feldbegrenzung an der Oberfläche erfolgt durch Festlegung eines als x_2 bezeichneten vertikalen Abstandes zwischen dem Außenumfang des höher dotierten Gebietes 8 vom zweiten Leitungstyp und dem Außenumfang des Diffusionsgebietes 31 vom zweiten Leitungstyp. Der Abstand x_2 ist größer als die sich ausbreitende Raumladungszone im Diffusionsgebiet 31 vom zweiten Leitungstyp. Weiterhin ist in Fig. 2 gezeigt, dass ein lateraler Querschnitt (A) der Struktur $n, p, p(+), p, n$ und ein vertikaler Querschnitt (B) der Struktur $p(+), p, \text{grad } n, n(+)$ vorliegt. Es kann auch vorgesehen sein, dass entweder ein derartiger lateraler Querschnitt A oder ein derartiger vertikaler Querschnitt B vorliegt.

In Fig. 3 und Fig. 4 sind schematisch weitere Ausführungsformen der Erfindung dargestellt. In der Fig. 3 ist dargestellt, wie das höher dotierte Gebiet 8 vom zweiten Leitungstyp derart fluchtend bezogen auf das Oxid 2 und innerhalb des Gebiets 31 vom zweiten Leitungstyp angeordnet ist, dass der Abstand x_2 gemäß obigen Erläuterungen näher definiert wird. Zudem ist in der Fig. 3 ersichtlich, dass der Feldring 32 vom zweiten Leitungstyp kein höher dotiertes Gebiet 8 vom zweiten Leitungstyp aufweist.

Fig. 4 zeigt eine zusätzliche Ausführungsform, bei der in das höher dotierte Gebiet 8 vom zweiten Leitungstyp, entsprechend $p(+)$ ein weiteres, noch höher dotiertes Gebiet 11 vom zweiten Leitungstyp, entsprechend $p(++)$ angeordnet ist.

Dementsprechend kann mit dieser Anordnung ein vertikaler Übergang $p(++)$, $p(+)$, p , $\text{grad } n$, $n(+)$ stattfinden. Überdies kann, wie jedoch nicht gezeigt wird, das Gebiet 8 vom zweiten Leitungstyp entsprechend Fig. 3 angeordnet sein und zusätzlich ein noch höher dotiertes Gebiet vom zweiten Leitungstyp aufweisen.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung einer Schottky-Diode ist in den Fig. 5 bis Fig. 10 schematisch dargestellt.

In einem ersten Prozessschritt erfolgt zunächst eine Oxidation eines Epitaxiewafers, der als Ausgangsprodukt 108 (siehe Fig. 5) eingesetzt wird, zur Vorbereitung auf nachfolgenden fotolithographischen Prozess und zur Passivierung vor nachfolgenden Hochtemperaturschritten.

Das Ausgangsprodukt 108 umfasst ein n(+) Substrat 102, ein gradiertes Epitaxiegebiet 103 (im Ausführungsbeispiel etwa $3,5 \cdot 10^{15}/\mu\text{m}$) und ein konstant dotiertes Epitaxiegebiet 104, das im Ausführungsbeispiel eine Schichtdicke von etwa $0,5 \mu\text{m}$ aufweist.

Im gezeigten Ausführungsbeispiel ist exemplarisch die 40V Spannungsklasse beschrieben. Es findet hierbei eine Verringerung der Schichtdicke des konstant dotierten Epitaxiegebietes 104 von etwa $0,5 \mu\text{m}$ (Fig. 5) auf etwa $0,3 \mu\text{m}$ statt (siehe Fig. 6).

Im nachfolgenden Fotoschritt wird das Oxid 105 bzw. Oxidfenster zur Implantation vor Bor geöffnet und ein Oxid vor der Implantation erzeugt (siehe Fig. 7).

Im erfindungsgemäßen Verfahren werden erheblich geringere Implantationskonzentrationen von einer Dosis von etwa $3 \cdot 10^{13} / \mu\text{m}$ bei einer Energie von 50keV verwendet.

Mit der Diffusion des Bors und der Herausbildung eines p, grad n Überganges kommt es zu einer weiteren Verringerung des konstant dotierten Epitaxiegebietes 104 bedingt durch zusätzliche Diffusion des Gradienten in Richtung Oberfläche 109 ausgehend vom Substrat 102.

Im simultanen Diffusionsprozess kommt es sowohl zu einer Diffusion des Bors durch das konstant dotierte Epitaxiegebiet 104 als auch in das gradierte Epitaxiegebiet 103.

Gleichzeitig kommt es zu einer simultanen Diffusion der Träger aus dem Substrat 102 in der, der Bordiffusion entgegengesetzten Richtung.

Hierbei kann es sich beispielsweise um Diffusion von Arsen handeln.

Weiterhin kommt es zu einer vertikalen Diffusion der Konzentrationsunterschiede (Gradient) im Bahngebiet in Richtung des konstant dotierten Gebietes 104 (siehe Fig. 8).

Es schließt sich ein zusätzlicher Fotoschritt mit Borimplantation an (siehe Fig. 9), der eine oberflächennahe $p(+)$ Anhebung der Borkonzentration bewirkt. Diese ist aus Sicherheitsgründen notwendig, um sowohl den Kontakt von p (somit $p, p(+)$) zur energetischen Abführung der Avalanche ströme im ESD Fall zu garantieren. Dies kann durch hochdosierte Bor- oder BF_2 Implantation erfolgen.

Daran anschließende Aktivierung der Träger erfolgt durch einen kurzzeitigen Temperaturschritt, der keinen wesentlichen Einfluss auf die vorhergehenden Dotierungsprofile hat.

Nachfolgend wird mittels Fotoschritt das Kontaktgebiet des Schottky Bereichs geöffnet (siehe Fig. 10). Es folgen weitere Metallisierungsschritte zur Erstellung der Schottkybarriere 110 sowie zur Kontaktmetallisierung. Somit wird die in Fig. 11 dargestellte Schottky-Diode 100 erhalten, die erfindungsgemäß beansprucht wird, wobei angegebene Werte als exemplarisch und keinesfalls als bindend zu betrachten sind.

Die in Fig. 11 schematisch dargestellte erfindungsgemäße Schottky-Diode 100 umfasst Kontaktmetallisierungen 101, 101a, eine Schottkybarriere 110, ein n(+) Substrat 102 (Gradient etwa $1 \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-3}$), ein gradiertes Epitaxiegebiet 103, ein konstant dotiertes Epitaxiegebiet 104, ein Oxid 105, ein p(+)-Gebiet 107 sowie ein p-Gebiet 106.

Das konstant dotierte Epitaxiegebiet 104 weist hierbei eine Schichtdicke von etwa $0,1 \text{ } \mu\text{m}$ auf, das gradierte Epitaxiegebiet 103 (Gradient etwa $3,5 \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-3}$) weist eine Schichtdicke von etwa $2 \text{ } \mu\text{m}$ auf.

Beispielhaft weist eine erfindungsgemäße Schottky-Diode 100 in der Spannungsklasse 40V einen verringerten charakteristischen Bahnwiderstand auf, der etwa $25 \text{ m}\Omega \text{ mm}^2$ beträgt. Eine vergleichbare Schottky-Diode aus dem Stand der Technik weist einen Bahnwiderstand von etwa $40 \text{ m}\Omega \text{ mm}^2$ auf.

Im Sinne der Erfindung sind die Begriffe Schottky-Diode und Halbleiteranordnung mit Schottky-Diode als äquivalent aufzufassen.

Bezugszeichenliste:

- 1 Metallisierung
- 2 Oxid
- 3 p(+),n Übergang
- 4 Epitaxieschicht
- 5 Barrieremetallschicht
- 6 graduiertes Gebiet
- 7 Epitaxiesubstrat
- 8 höher dotiertes Gebiet vom zweiten Leitungstyp
- 9 grad n, p Übergang
- 10 p, n Übergang
- 11 höher dotiertes Gebiet (p(++))
- 12 Halbleiteranordnung
- 31 Diffusionsgebiet
- 32 Feldring
- x1 vertikaler Abstand zwischen 31 und 32
- x2 vertikaler Abstand zwischen Außenumfang von 8 und Außenumfang von 31
- A lateraler Querschnitt
- B vertikaler Querschnitt
- 100 Schottky-Diode
- 101 Kontaktmetallisierung
- 101a Kontaktmetallisierung
- 102 n(+) Substrat
- 103 graduiertes Epitaxiegebiet
- 104 konstant dotiertes Epitaxiegebiet
- 105 Oxid
- 106 p-Gebiet
- 107 p(+)-Gebiet
- 108 Ausgangsprodukt
- 109 Oberfläche
- 110 Schottkybarriere

Ansprüche:

- 1) Halbleiteranordnung (12) mit einer Schottky-Diode, umfassend eine Schutzringstruktur, eine Epitaxieschicht (4) und ein Epitaxiesubstrat (7), dadurch gekennzeichnet, dass ein Diffusionsgebiet (31) vom zweiten Leitungstyp ausgebildet ist, das mit einem Konzentrationsgradienten einer simultan diffundierenden höher dotierten Schicht vom ersten Leitungstyp einen grad n, p Übergang bildet.
- 2) Halbleiteranordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in das Diffusionsgebiet (31) vom zweiten Leitungstyp ein höher dotiertes Gebiet (8) vom zweiten Leitungstyp oberflächennah ausgebildet ist, wobei die laterale Dimensionierung des hochdotierten Gebiets (8) derart ausgebildet ist, dass laterale Begrenzungen der Ausbreitung einer Verarmungszone ausgeschlossen werden.
- 3) Halbleiteranordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Feldring (32) derart außerhalb konzentrisch zu einem Diffusionsgebiet (31) vom zweiten Leitungstyp angeordnet ist, dass ein vertikaler Abstand zwischen dem Feldring (32) und dem Diffusionsgebiet (31) vom zweiten Leitungstyp größer ist als eine aus konstanter Restschichtdicke einer Epitaxieschicht (4) und Schichtdicke eines gradierten Gebietes (6) zusammengesetzter Schichtdicke.
- 4) Halbleiteranordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein lateraler Querschnitt (A) der Struktur n, p, p(+), p, n und/oder ein vertikaler Querschnitt (B) der Struktur p(+), p, grad n, n(+) vorliegt.
- 5) Verfahren zur Herstellung einer Schottky-Diode ausgehend von einem Ausgangsprodukt(108), das wenigstens ein n(+)

Substrat (102), ein gradiertes Epitaxiegebiet (103) und ein konstant dotiertes Epitaxiegebiet (104) umfasst,

dadurch gekennzeichnet, dass

Bor eindiffundiert und ein grad n, p Übergang ausgebildet wird sowie vorzugsweise simultane Diffusionsprozesse erfolgen,

- wobei sowohl eine Diffusion von Bor durch das konstant dotierte Epitaxiegebiet (104) als auch in das gradierte Epitaxiegebiet (103) erfolgt;
- wobei eine vorzugsweise simultane Diffusion aus dem n(+)-Substrat (102) in einer Richtung erfolgt, die der Diffusion von Bor sowohl durch das konstant dotierte Epitaxiegebiet (104) als auch in das gradierte Epitaxiegebiet (103) entgegengesetzt ist und
- wobei eine vertikale Diffusion eines Gradienten im Bahngebiet in einer Richtung erfolgt, die der Diffusion von Bor sowohl durch das konstant dotierte Epitaxiegebiet (104) als auch in das gradierte Epitaxiegebiet (103) entgegengesetzt ist.

6) Verfahren nach Anspruch 5 dadurch gekennzeichnet, dass die Schichtdicke des konstant dotierten Epitaxiegebietes (104) von etwa 0,3 μm auf etwa 0,1 μm verringert wird.

7) Schottky-Diode (100), dadurch gekennzeichnet, dass die Schottky-Diode (100) gemäß Verfahren nach Anspruch 5 hergestellt ist.

8) Schottky-Diode (100), wenigstens umfassend Kontaktmetallisierungen (101, 101a), eine Schottkybarriere (110), ein n(+)-Substrat (102), ein gradiertes Epitaxiegebiet (103), ein konstant dotiertes Epitaxiegebiet (104), ein Oxid (105), ein p(+)-Gebiet (107) und ein p-Gebiet (106),

dadurch gekennzeichnet, dass

das konstant dotierte Epitaxiegebiet (104) eine Schichtdicke von etwa 0,1 μm aufweist und das gradierte Epitaxiegebiet (103) eine Schichtdicke von etwa 2 μm aufweist.

1/5

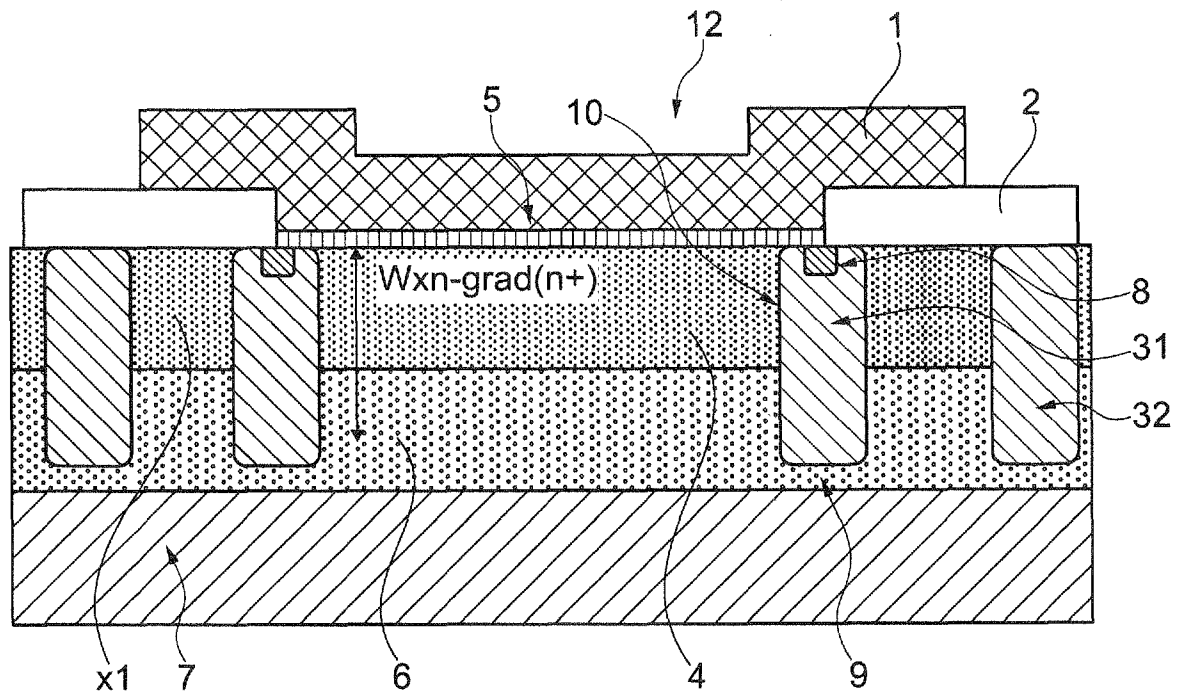


Fig. 1

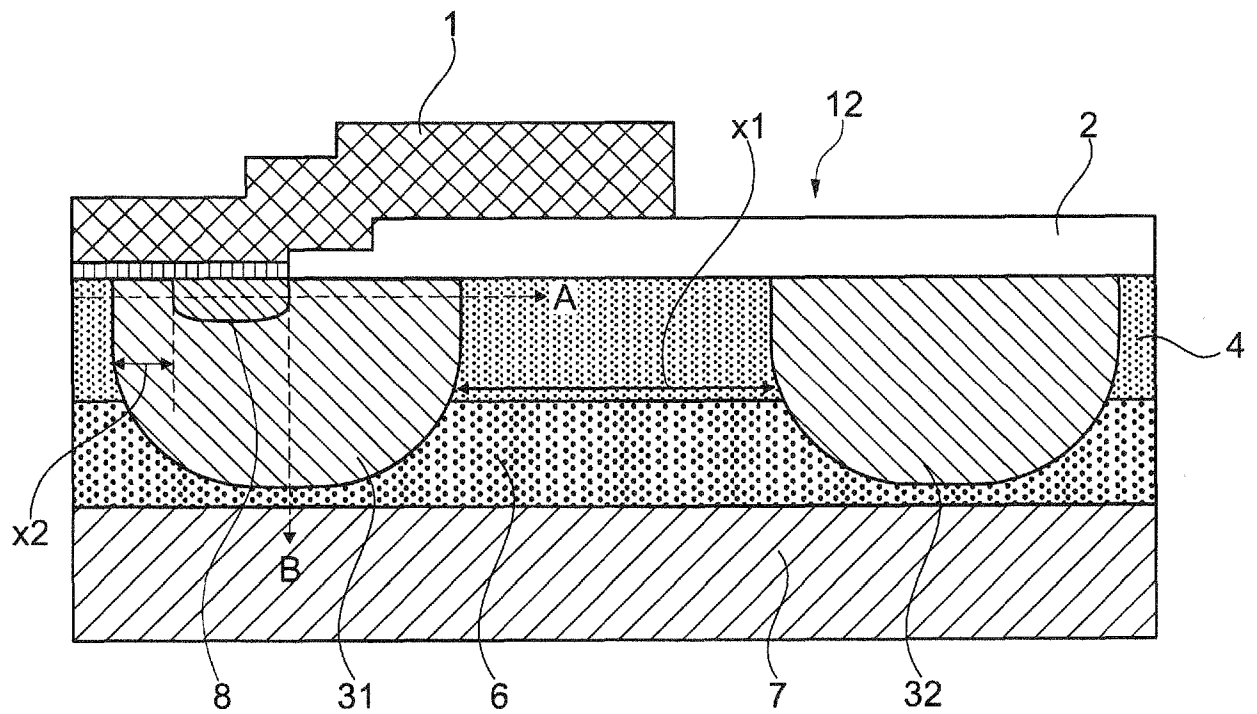


Fig. 2

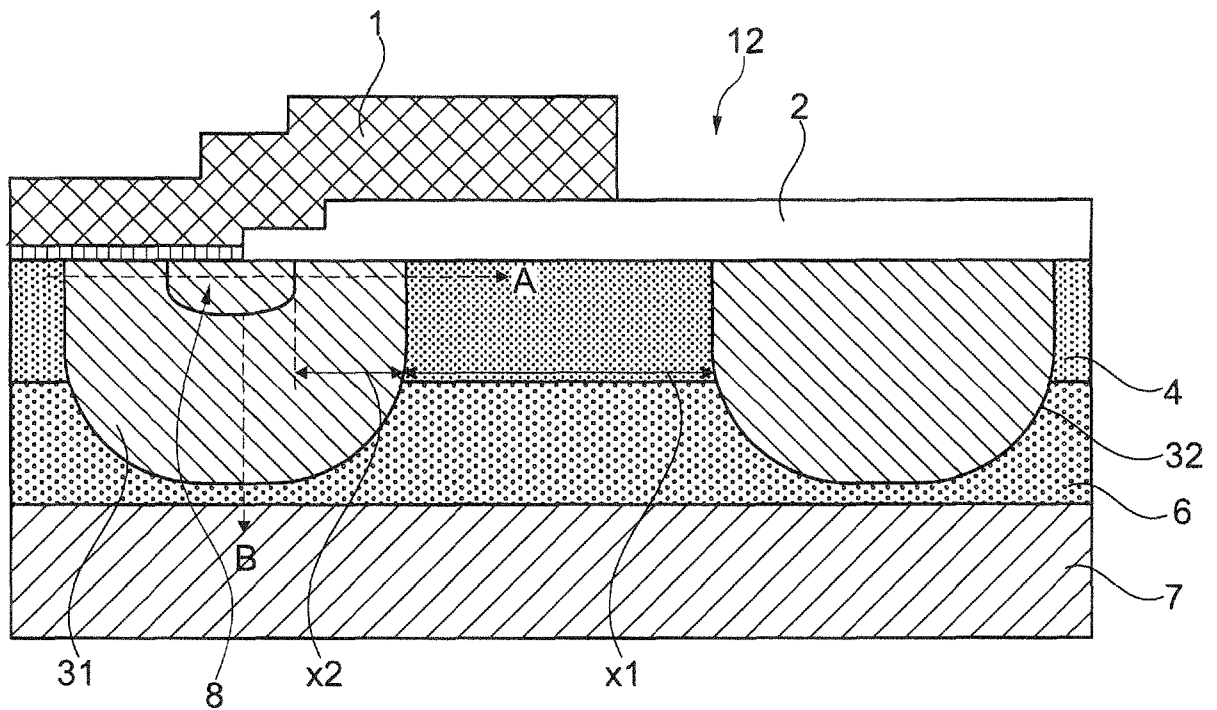


Fig. 3

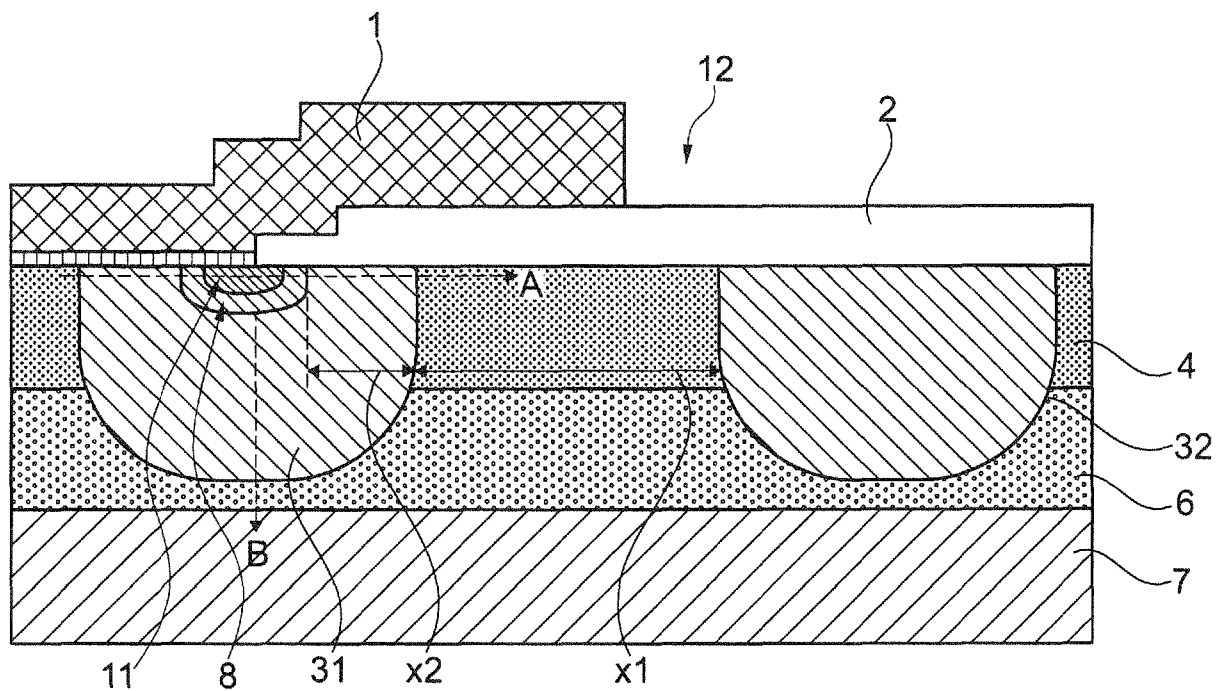


Fig. 4

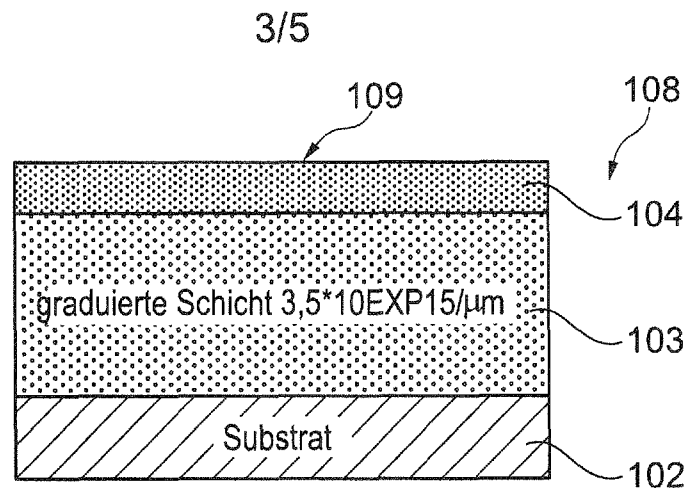


Fig. 5

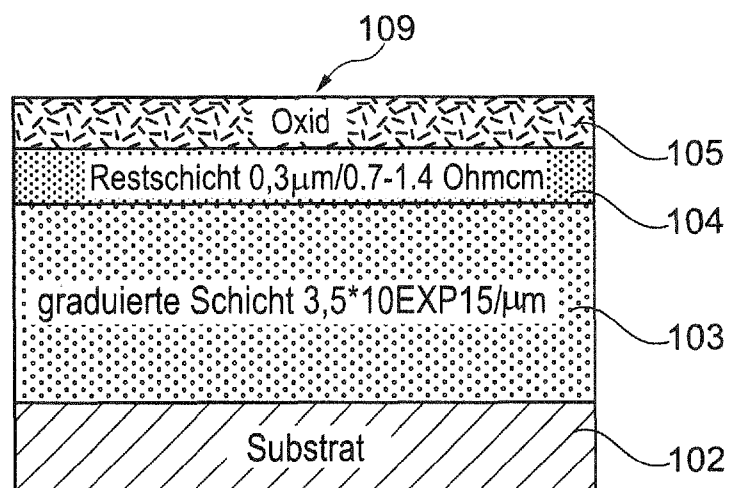


Fig. 6

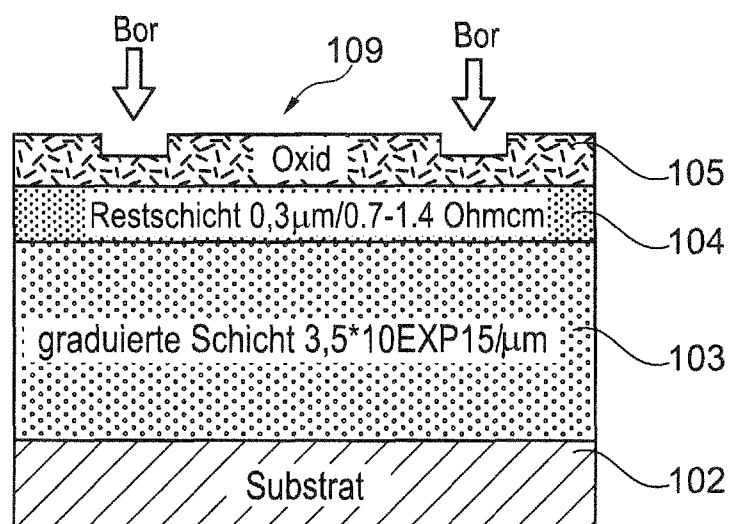


Fig. 7

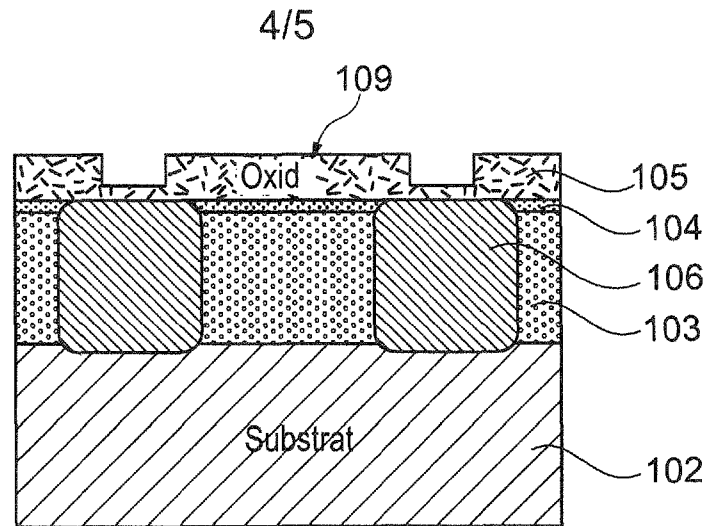


Fig. 8

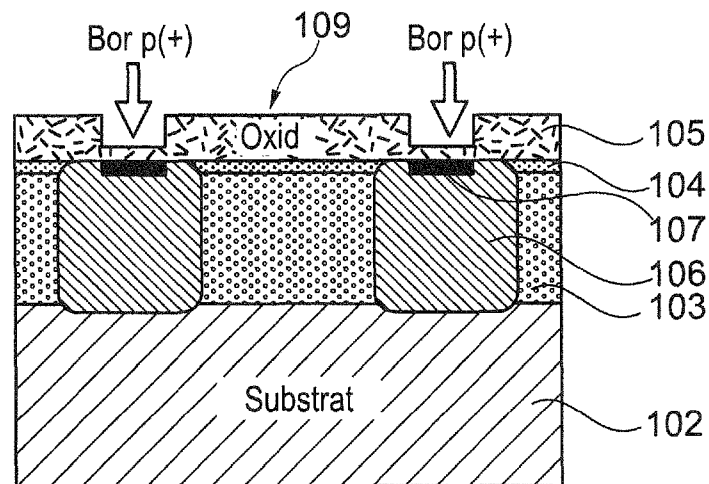


Fig. 9

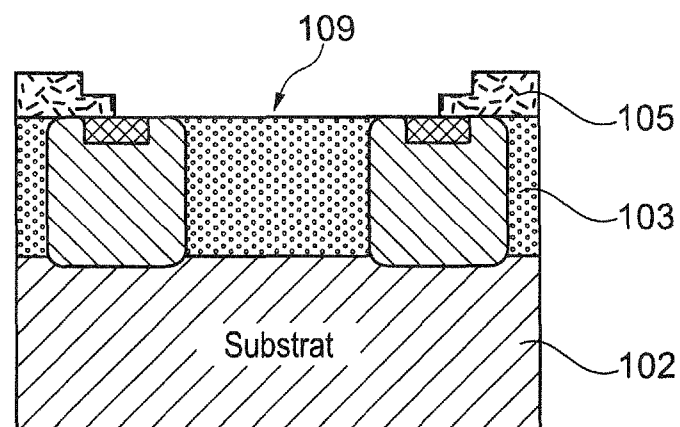


Fig. 10

5/5

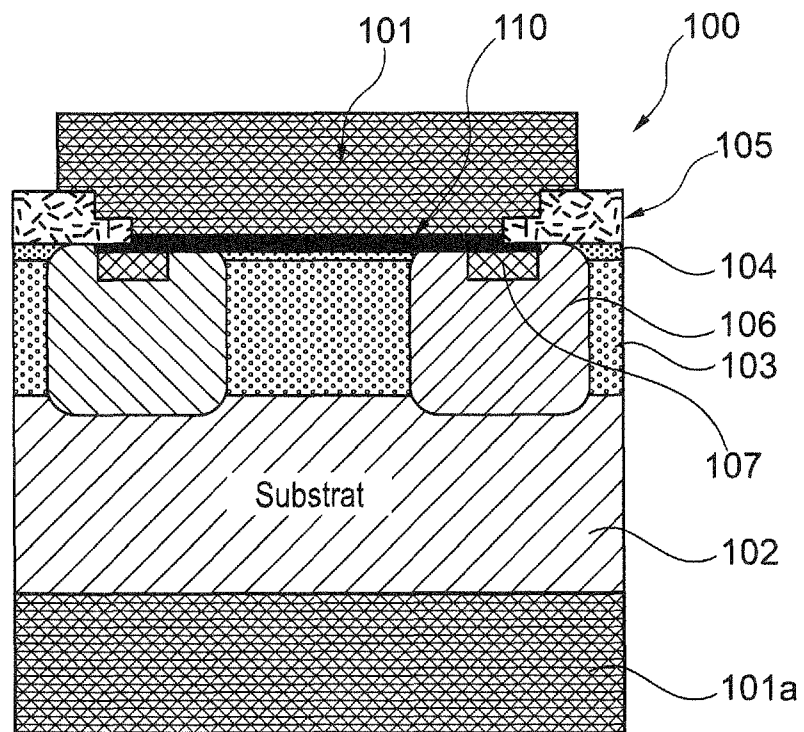


Fig. 11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/062507

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H01L29/872 H01L29/66 H01L29/06 H01L29/36
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2009/256197 A1 (NAKAZAWA YOSHITO [JP] ET AL) 15 October 2009 (2009-10-15)	1,2,5,7
Y	paragraph [0094] - paragraph [0225];	4
A	figures 5,6,7,9,10,30-37,47	3,6,8

X	US 2015/034970 A1 (AKETA MASATOSHI [JP] ET AL) 5 February 2015 (2015-02-05)	1,7
Y	paragraph [0083]; figure 2	2,4
A		3,6,8

Y	EP 2 259 326 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP [JP]) 8 December 2010 (2010-12-08)	2,4
	paragraphs [0004], [0005], [0037], [0049]; figures 2,8	

A	JP 2000 036607 A (SANYO ELECTRIC CO) 2 February 2000 (2000-02-02)	1-8
	paragraph [0018]; figure 1	

	-/-	



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

29 September 2016

Date of mailing of the international search report

14/10/2016

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Diaz Alvarez, C

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2016/062507

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2009/134405 A1 (OTA CHIHARU [JP] ET AL) 28 May 2009 (2009-05-28) figure 7	3
A	----- JP 2011 129738 A (NIPPON INTER ELECTRONICS CORP) 30 June 2011 (2011-06-30) the whole document -----	1-8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/062507

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2009256197 A1	15-10-2009	JP 5530602 B2	25-06-2014
		JP 2009253139 A	29-10-2009
		US 2009256197 A1	15-10-2009
		US 2011266617 A1	03-11-2011

US 2015034970 A1	05-02-2015	CN 103534810 A	22-01-2014
		JP 2016066813 A	28-04-2016
		US 2015034970 A1	05-02-2015
		US 2015311278 A1	29-10-2015
		WO 2012157679 A1	22-11-2012

EP 2259326 A1	08-12-2010	CN 101978502 A	16-02-2011
		EP 2259326 A1	08-12-2010
		JP 5361861 B2	04-12-2013
		KR 20100129301 A	08-12-2010
		US 2011001209 A1	06-01-2011
		WO 2009116444 A1	24-09-2009

JP 2000036607 A	02-02-2000	JP 3588257 B2	10-11-2004
		JP 2000036607 A	02-02-2000

US 2009134405 A1	28-05-2009	JP 2009130266 A	11-06-2009
		US 2009134405 A1	28-05-2009

JP 2011129738 A	30-06-2011	JP 5149266 B2	20-02-2013
		JP 2011129738 A	30-06-2011

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. H01L29/872 H01L29/66 H01L29/06 H01L29/36 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) H01L		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2009/256197 A1 (NAKAZAWA YOSHITO [JP] ET AL) 15. Oktober 2009 (2009-10-15)	1,2,5,7
Y	Absatz [0094] - Absatz [0225]; Abbildungen	4
A	5,6,7,9,10,30-37,47	3,6,8

X	US 2015/034970 A1 (AKETA MASATOSHI [JP] ET AL) 5. Februar 2015 (2015-02-05)	1,7
Y	Absatz [0083]; Abbildung 2	2,4
A		3,6,8

Y	EP 2 259 326 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP [JP]) 8. Dezember 2010 (2010-12-08)	2,4
	Absätze [0004], [0005], [0037], [0049]; Abbildungen 2,8	

A	JP 2000 036607 A (SANYO ELECTRIC CO) 2. Februar 2000 (2000-02-02)	1-8
	Absatz [0018]; Abbildung 1	

	-/-	
☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
29. September 2016		14/10/2016
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Diaz Alvarez, C

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 2009/134405 A1 (OTA CHIHARU [JP] ET AL) 28. Mai 2009 (2009-05-28) Abbildung 7	3
A	----- JP 2011 129738 A (NIPPON INTER ELECTRONICS CORP) 30. Juni 2011 (2011-06-30) das ganze Dokument -----	1-8

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/062507

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 2009256197	A1	15-10-2009	JP	5530602 B2	25-06-2014
			JP	2009253139 A	29-10-2009
			US	2009256197 A1	15-10-2009
			US	2011266617 A1	03-11-2011

US 2015034970	A1	05-02-2015	CN	103534810 A	22-01-2014
			JP	2016066813 A	28-04-2016
			US	2015034970 A1	05-02-2015
			US	2015311278 A1	29-10-2015
			WO	2012157679 A1	22-11-2012

EP 2259326	A1	08-12-2010	CN	101978502 A	16-02-2011
			EP	2259326 A1	08-12-2010
			JP	5361861 B2	04-12-2013
			KR	20100129301 A	08-12-2010
			US	2011001209 A1	06-01-2011
			WO	2009116444 A1	24-09-2009

JP 2000036607	A	02-02-2000	JP	3588257 B2	10-11-2004
			JP	2000036607 A	02-02-2000

US 2009134405	A1	28-05-2009	JP	2009130266 A	11-06-2009
			US	2009134405 A1	28-05-2009

JP 2011129738	A	30-06-2011	JP	5149266 B2	20-02-2013
			JP	2011129738 A	30-06-2011
