

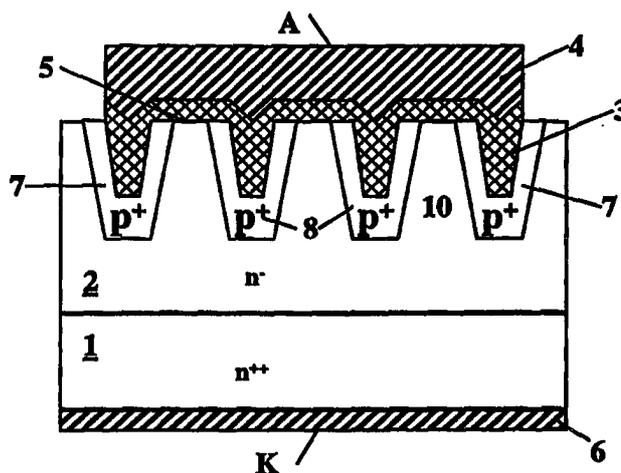
**PCT** WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
 Internationales Büro  
 INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
 INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)



<b>(51) Internationale Patentklassifikation <sup>6</sup> :</b> <b>H01L 29/872, 29/861</b>	<b>A1</b>	<b>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 98/56043</b>  <b>(43) Internationales Veröffentlichungsdatum:</b> 10. Dezember 1998 (10.12.98)
<b>(21) Internationales Aktenzeichen:</b> PCT/EP98/03010 <b>(22) Internationales Anmeldedatum:</b> 22. Mai 1998 (22.05.98)	<b>(81) Bestimmungsstaaten:</b> CN, JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).	
<b>(30) Prioritätsdaten:</b> 197 23 176.4      3. Juni 1997 (03.06.97)      DE	<b>Veröffentlicht</b> <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i>	
<b>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US):</b> DAIMLER-BENZ AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Epplestrasse 225, D-70546 Stuttgart (DE).		
<b>(72) Erfinder; und</b> <b>(75) Erfinder/Anmelder (nur für US):</b> KAMINSKI, Nando [DE/DE]; Frohdörfli 28, CH-5034 Suhr (DE). HELD, Raban [DE/DE]; Rothengrund 14, D-63667 Mömbris (DE).		
<b>(74) Anwalt:</b> MAUTE, Hans-Jürgen; Daimler-Benz Aktiengesellschaft, Intellectual Property Management, Geb. 17/Sedanstrasse 10, D-89077 Ulm (DE).		

**(54) Title:** SEMICONDUCTOR COMPONENT AND METHOD FOR PRODUCING THE SAME

**(54) Bezeichnung:** LEISTUNGSHALBLEITER-BAUELEMENT UND VERFAHREN ZU DESSEN HERSTELLUNG



**(57) Abstract**

The invention relates to a semiconductor component with adjacent Schottky (5) and pn (9) junctions positioned in a drift area (2, 10) of a semiconductor material. The invention also relates to a method for producing said semiconductor component.

**(57) Zusammenfassung**

Die Erfindung betrifft ein Halbleiterbauelement mit benachbarten Schottky- (5) und pn-Übergängen (9), welche in einem Driftgebiet (2, 10) eines Halbleitermaterials angeordnet sind, sowie ein Verfahren zu dessen Herstellung.

**LEDIGLICH ZUR INFORMATION**

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidsschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

Leistungshalbleiter-Bauelement und Verfahren zu dessen Herstellung

5

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Halbleiterbauelement mit alternierend angeordneten Schottky- und pn-Übergängen und zwischen den Schottky- und pn-Übergängen angeordneten niedrigdotierten Driftzonen eines Halbleitermaterials sowie ein Verfahren zur Herstellung eines Bauelements.

Als Bauelemente, die für kleine Betriebsspannungen vorgesehen sind, finden neben pn-Dioden auch Schottky-Dioden Verwendung. Schottky-Dioden zeichnen sich durch geringere Durchlaßspannungen und geringe Schaltverluste aus. Um die am Rand des Schottky-Übergangs auftretenden Feldspitzen zu reduzieren, werden häufig sogen. Schutzringe am Rand des Bauelements vorgesehen. Diese Schutzringe reduzieren die am Rand des Schottky-Übergangs auftretenden Feldspitzen und tragen vorteilhaft zur Erhöhung der Durchbruchspannung des Bauelements bei.

Allerdings steigen mit erhöhter Durchbruchspannung der Diode sowohl die Serienwiderstände im Bauelement als auch die Sperrleckströme, insbesondere bei erhöhten Temperaturen. Dadurch wird der erweiterte Einsatz der an sich technologisch einfachen Schottky-Dioden erschwert.

Ein besonderes Problem stellt die starke Spannungsabhängigkeit des Sperrleckstromes aufgrund der spannungsinduzierten Deformation der energetischen Barriere des Schottky-Übergangs dar. Die Schottky-Barriere wird durch eine angelegte Sperrspannung und das damit verbundene elektrische Feld an der Barriere verkleinert, so daß der Sperrleckstrom stark mit der Sperrspannung ansteigt und bereits vor dem eigentlichen Durchbruch sehr hohe Werte annehmen kann. Zusätzlich zeigen die Sperrströme aufgrund des zugrundeliegenden thermischen Emissionsmechanismus einen exponentiellen Anstieg mit der Temperatur, woraus sich ein unvorteilhaftes Sperrverhalten ergibt.

Schottky-Dioden aus unterschiedlichen Halbleitermaterialien sind bekannt. In der EP 380 340 A2 ist eine Schottky-Diode aus SiC beschrieben, in dem Artikel von L. Wang et al., "High Barrier Height GaN Schottky-Dioden: Pt/GaN and Pd/GaN" in Appl. Phys. Lett. 68(9), 26, Feb. 1996 1267-1269 sind Schottky-Dioden aus GaN offenbart, während Schottky-Dioden aus Diamant aus der DE 42 10 402 A1 bekannt sind.

In der Literatur sind verschiedene Ansätze beschrieben, das Sperrverhalten zu verbessern, z.B. in B.M. Wilamowski, "Schottky Diodes with High Breakdown Voltages", Solid-State Electronics, vol. 26(5), S. 491-493, 1983 und B.J. Baliga, "The Pinch Rectifier: A Low-Forward-Drop High-Speed Power Diode", IEEE Electron Device Letters, EDL-5(6), 1984. 5 Dort wird davon ausgegangen, daß die elektrische Feldstärke am Schottky-Übergang durch eine Abschirmung verringert wird. Das dort beschriebene Bauelement stellt eine sogen. "Merged-pn/Schottky (MPS) Rectifier" dar, bei der innerhalb der Schutzringanordnung alternierend Schottky-Kontakte und hochdotierte pn-Übergänge mit dazwischenliegende n-Driftzonen eines Halbleitermaterials angeordnet sind. Zwar ist das Sperrverhalten dieser 10 Bauelemente verbessert, es treten jedoch verschiedene Nachteile auf.

Neben dem Verlust von aktiver Fläche für die Schottky-Übergänge ist insbesondere die Injektion von Minoritätsladungsträgern aus dem hochdotierten Halbleitergebiet im Vorwärtsbetrieb der pn-Kontakte nachteilig. Bei einer Vorwärtspolung des MPS-Bauelements fließt der Strom zunächst nur über die Schottky-Bereiche. Bei weiter steigender Vorwärtsspannung geraten dann auch die pn-Übergänge in Durchlaß, wobei Minoritätsladungsträger in das Driftgebiet injiziert werden. Anders als bei Bauelementen, welche nur Schutzringanordnungen aufweisen, ist diese Minoritätsladungsträger-Injektion nicht mehr zu vernachlässigen, da die Ladungsträgerinjektion wie bei reinen pn-Dioden sogar zur Bildung eines Elektron-Loch-Plasmas führen kann. Einerseits sind dann zwar die Durchlaßeigenschaften leicht verbessert, andererseits steigen die Schaltverluste jedoch stark an. 20

In der Literatur sind eine Reihe von Maßnahmen beschrieben, mit denen das Schalt- und Sperrverhalten der MPS-Bauelemente verbessert werden soll. In der US 5,262,669 A ist beschrieben, bei MSP-Bauelementen die pn-Übergänge in geätzten Gräben anzuordnen sowie die Geometrie der pn-Übergänge der Barrierenhöhe des Schottky-Übergangs bzw. der sich am Schottky-Übergang ausbildenden Raumladungszone anzupassen. Die verwendeten Technologien und Anordnungen sind allerdings technologisch sehr aufwendig. Aus diesen Gründen haben MPS-Bauelemente trotz der im Prinzip einfachen Herstelltechnologie und der vorteilhaften Eigenschaften unipolarer Dioden keinerlei praktische Bedeutung. 30

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein MPS-Bauelement anzugeben, bei dem Schaltverluste verbessert sind, ohne aufwendige Technologieschritte zusätzlich anwenden zu müssen. 35

## 3

Die Aufgabe wird durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche gelöst. Weiterführende und vorteilhafte Ausgestaltungen sind den Unteransprüchen und der Beschreibung zu entnehmen.

- 5 Die Erfindung besteht in einer Anordnung aus einem Übergang zwischen Schottky-Metall und Driftgebiet eines Halbleiters sowie einer Abschirmung aus pn-Übergängen, die im wesentlichen in den Übergang eingelagert ist, wobei für die Auswahl der Materialien für Halbleiter und Schottky-Metall ein Mindestunterschied zwischen der energetischen Höhe der Schottky-Barriere und der Energielücke des Halbleitermaterials eingehalten werden  
10 muß.

Vorteilhaft ist, daß die einfache Technologie der MPS-Bauelemente eingesetzt werden kann und sowohl die Sperreigenschaften als auch die Abschaltverluste verbessert sind.

- 15 Besonders vorteilhaft ist es, Halbleiter mit großer Energielücke, insbesondere sogen. 'wide-band-gap' Halbleiter, zu verwenden. Es ist günstig, das Material für den Schottkykontakt so zu wählen, daß eine Mindestbarrierrhöhe nicht unterschritten wird. Die Sperreigenschaften sind damit verbessert.

- 20 In einer bevorzugten Ausführung ist die Driftzone aus Siliziumkarbid gebildet. In einer weiteren Ausführung ist die Driftzone aus Galliumnitrid gebildet. In einer weiteren Ausführung ist die Driftzone aus Aluminiumnitrid gebildet. In einer weiteren Ausführung ist die Driftzone aus Diamant gebildet.

- 25 In einer bevorzugten Ausführung ist auf einem hochdotierten Substratmaterial aus Siliziumkarbid eine Driftzone gleichen Leitfähigkeitstyps mit niedrigerer Dotierung angeordnet. Vorteilhaft ist eine Substratmaterial-Dotierung von größer oder gleich  $10^{18} \text{ cm}^{-3}$  und eine Driftzonen-Dotierung von  $10^{14} \text{ cm}^{-3}$  bis  $10^{17} \text{ cm}^{-3}$ .

- 30 In einer günstigen Ausführung weist das Driftzonengebiet eine Dicke zwischen  $2 \mu\text{m}$  und  $50 \mu\text{m}$  auf.

In einer bevorzugten Ausführung ist der Abstand benachbarter pn-Übergänge zwischen  $0,5 \mu\text{m}$  und  $20 \mu\text{m}$ .

35

In einer weiteren bevorzugten Ausführung sind pn-Übergänge in Gräben, welche in das Innere des Driftgebiets hineingeätzt wurden, angeordnet.

In einer bevorzugten Ausführung sind Schottky-Übergänge benachbart zu den pn-Übergängen im Driftgebiet angeordnet.

5 In einer bevorzugten Ausführung sind die hochdotierten Gebiete im Driftgebiet durch das komplementär dotierte Halbleitermaterial des Driftgebiets gebildet.

In einer weiteren bevorzugten Ausführung sind die hochdotierten Gebiete im Driftgebiet durch unterschiedliches Halbleitermaterial gebildet.

10 In einer günstigen Ausführung ist für p-dotiertes Substratmaterial Aluminium und/oder Bor in das Dotiergebiet eingebracht.

In einer günstigen Ausführung ist für n-dotiertes Substratmaterial Stickstoff und/oder Phosphor in das Dotiergebiet eingebracht.

15

In einer bevorzugten Ausführung sind die Kathode und die Anode auf gegenüberliegenden Oberflächen des Halbleiterbauelements angeordnet.

20 In einer besonders bevorzugten Ausführung sind die Kathode und die Anode auf derselben Oberfläche des Halbleiterbauelements angeordnet, insbesondere umschließt der eine äußere Kontakt den anderen äußeren Kontakt.

In einer bevorzugten Ausführung kontaktiert ein äußerer Kontakt das Driftgebiet im wesentlichen punktuell.

25

In einer weiteren bevorzugten Ausführung ist der Kathode ein hochdotiertes Halbleitergebiet vorgelagert, welches denselben Leitfähigkeitstyp aufweist wie das Driftgebiet des Halbleiters.

30 Besonders günstig ist, daß ein erfindungsgemäßes Bauelement auch als komplementär dotiertes Bauelement ausgeführt sein kann.

35 In einem erfindungsgemäßen Verfahren ist die Herstellung eines erfindungsgemäßen Siliziumkarbid-Bauelements angegeben. In einer bevorzugten Ausführungsart wird eine besonders günstige Temperaturbehandlung durchgeführt. Der Vorteil ist, daß die Oberflächenrauigkeit des Bauelements bei der Temperaturbehandlung nicht verschlechtert wird.

Im folgenden sind die Merkmale, soweit sie für die Erfindung wesentlich sind, eingehend erläutert und anhand von Figuren näher beschrieben. Es zeigen

- Fig. 1 den Verlauf von Kennlinien von erfindungsgemäßen Bauelementen und von Kennlinien verschiedener bekannter Bauelemente,  
5  
Fig. 2 einen Schnitt durch eine Schottky-Diode mit Schutzring nach dem Stand der Technik,  
Fig. 3 einen Schnitt durch ein MPS-Bauelement nach dem Stand der Technik,  
Fig. 4 die Abschaltkennlinie eines erfindungsgemäßen Bauelements im Vergleich zur  
10 Kennlinie einer pn-Diode nach dem Stand der Technik,  
Fig. 5 einen Schnitt durch ein erfindungsgemäßes MPS-Bauelement,  
Fig. 6 einen Schnitt durch ein erfindungsgemäßes MPS-Bauelement.

In Fig. 2 ist ein Schnitt durch eine Schottky-Diode mit Schutzring nach dem Stand der  
15 Technik dargestellt. In der üblichen Anordnung ist auf einem hochdotierten n<sup>+</sup>-Substrat 1 ein niedrigdotiertes n-Halbleitergebiet 2, insbesondere eine epitaktische Schicht, angeordnet. Auf der Oberfläche der Halbleiterschicht 2 ist ein Schottky-Kontakt angeordnet, der aus einer ersten Metallschicht, dem Schottky-Metall 3 und einem zweiten Kontaktierungs-Metallsystem 4 gebildet ist. Zum Halbleiter hin bildet sich der Schottky-Übergang 5.  
20 Der Schottky-Kontakt bildet die Anode A. Auf der der Anode A gegenüberliegenden Seite des Substrates 1 ist ein drittes Kontaktierungs-Metallsystem 6 angeordnet, welches die Kathode K bildet. Unter dem Randbereich der Schottky-Kontakt-Anordnung ist ein hochdotiertes Halbleitergebiet 7 angeordnet mit einem zum Halbleitergebiet 2 komplementären Ladungsträgertyp. Das Halbleitergebiet 2 stellt die Driftzone für Ladungsträger dar. Das  
25 Halbleitergebiet 7 bildet den Schutzring (sogen. 'Guard Ring'), der die sonst am Rand des Schottky-Kontaktes auftretenden elektrischen Feldspitzen reduziert und so dessen Durchbruchsspannung erhöht.

Fig. 3 zeigt eine Weiterbildung der Anordnung aus Fig. 2 in Form eines Schnitts durch ein  
30 übliches MPS-Bauelement nach dem Stand der Technik. In der Anordnung werden durch eine Abschirmung unter dem Schottky-Kontakt die Feldspitzen weiter verringert. Die Abschirmung besteht aus einem Gitter von hochdotierten Halbleitergebieten 8, welche wie der Schutzring 7 einen zur Halbleiterschicht 2 komplementären Ladungsträgertyp aufweisen. In der Figur 3 wird die Abschirmanordnung 7 durch p-Gebiete gebildet. Im wesentlichen bildet sich eine Anordnung mit alternierend angeordneten Schottky-Übergängen 5 und pn-Übergängen 9 mit dazwischenliegenden Driftzonen 10 des Halbleitergebiets 2.  
35

Wird an diese Anordnung eine Sperrspannung zwischen Anode A und Kathode K angelegt, so dehnt sich die Raumladungszone mit steigender Spannung nicht nur vom Schottky-Übergang, sondern auch von den Halbleitergebieten der Abschirmanordnung 8 her aus. Bei entsprechender üblicher Dimensionierung werden die Schottky-Bereiche zwischen den p-Gebieten 8 von deren Raumladungszonen abgeschnürt, so daß die elektrische Feldstärke am Schottky-Übergang 5 kaum weiter ansteigt. Die Anordnung entspricht in etwa einer Kaskode aus Schottky-Diode und einem sogen. 'Static Induction Transistor'.

Diese Struktur weist an sich bereits die vorteilhafte Reduktion der starken Spannungsabhängigkeit des Sperrstromes auf und bewirkt bereits eine verbesserte Sperrfähigkeit des MPS-Bauelements. Gleichzeitig ist die technologische Umsetzung der Struktur sehr einfach. Insbesondere lassen sich bei Standard-Dioden eine Abschirmanordnung 8 in Form eines Gitters oder anderer geeigneter Geometrien, insbesondere Streifen und Punkte, in einem Technologieschritt zusammen mit dem Schutzring 7 und gegebenenfalls auch mit mehreren sogen. Feldringen herstellen. Es entsteht kein zusätzlicher technologischer Aufwand.

Ein Nachteil der bekannten Struktur liegt darin, daß aktive Schottky-Fläche verloren geht. Ein sehr großer Nachteil besteht darin, daß bei Vorwärtsbetrieb des Bauelements Minoritätsladungsträger aus den Abschirmgebieten 7 in die Driftzone des Halbleitergebiets 2 zu injizieren. Bei einer Vorwärtspolung des MPS-Bauelements fließt der Strom zunächst nur über die Schottky-Bereiche. Bei weiter ansteigender Vorwärtsspannung geraten dann auch die pn-Übergänge 9 in Durchlaß, wobei Minoritätsladungsträger in das Driftgebiet 2 und 10 injiziert werden. Aufgrund des relativ großen Flächenanteils der Abschirmanordnung 8, insbesondere der p+-Gebiete, ist diese Injektion anders als bei den Schottky-Dioden mit Schutzring 7 nicht mehr vernachlässigbar.

Dieser Vorgang kann sogar bis zur Bildung eines Elektron-Loch-Plasmas im Driftgebiet des Halbleitergebiets 2 führen, was zwar die Durchlaßeigenschaften leicht verbessert, jedoch erhebliche Schaltverluste des Bauelements verursacht.

Erfindungsgemäß wird bei der Auswahl des Halbleitermaterials und des Schottky-Materials eine Materialkombination gewählt, bei der sichergestellt ist, daß die Differenz aus Größe der energetischen Bandlücke im elektronischen Anregungsspektrum des Halbleiters und der energetischen Höhe der Schottky-Barriere im spannungslosen Zustand des Bauelements größer oder gleich einem vorgegebenen Energiewert, bevorzugt mindestens 0,8 eV, besonders bevorzugt mindestens 1 eV beträgt. Vereinfacht kann man annehmen, daß bei einem pn-Übergang eine um den Differenzwert  $\Delta U$  höhere Spannung als bei einem Schott-

ky-Kontakt notwendig ist, um denselben Strom  $I_0$  fließen zu lassen. Der Differenzwert  $\Delta U$  bei einem erfindungsgemäßen MPS-Bauelement kann vereinfacht als die Spannungsdifferenz zwischen dem bei einer ersten Spannung einsetzenden Gesamtstrom  $I_0$  und dem bei einer zweiten, höheren Spannung einsetzenden Injektionsstrom in derselben Höhe wie  $I_0$  interpretiert werden.

Der Zusammenhang zwischen den Energiewerten und der Spannungsdifferenz  $\Delta U$  ergibt sich zu  $\Delta U = (E_{\text{gap}} - \phi_{\text{barrier}})/q_0 + k$ , wobei  $E_{\text{gap}}$  die Energielücke des Halbleiters,  $\phi_{\text{barrier}}$  die Höhe der Schottky-Barriere,  $q_0$  die Elementarladungskonstante und  $k$  eine Konstante darstellt, die durch die effektive Richardson-Konstante, die Temperatur, den Ladungsträgerzustandsdichten, den Ladungsträgerbeweglichkeiten, den Ladungsträgerlebensdauern, den Dotierungen und dem Flächenverhältnis von Schottky-Übergang zu pn-Übergangsfläche abhängt. Für übliche Werte der Parameter bei vergleichbaren Bauelementen ist  $k$  im Bereich von einigen 10 mV bis zu wenigen 100 mV und damit im wesentlichen vernachlässigbar. Die Schottky-Barriere  $\phi_{\text{barrier}}$  wird bevorzugt aus der Vorwärtskennlinie der Diode in an sich bekannter Weise bestimmt.

Die Absolutwerte von Bandlücke  $E_{\text{gap}}$  und Schottky-Barriere  $\phi_{\text{barrier}}$  sind für die Spannungsdifferenz  $\Delta U$  nicht sehr erheblich. Da die Schaltverluste um so geringer sind, je größer die Spannungsdifferenz  $\Delta U$  ist, ist es zweckmäßig, geeignete Halbleiter-Schottky-Materialkombinationen auszuwählen.

Bevorzugt sind als Halbleitermaterial solche mit großer Bandlücke  $E_{\text{gap}}$  geeignet, besonders bevorzugt die verschiedenen Polytypen des Siliziumkarbids, Galliumnitrid, Aluminiumnitrid und Diamant. Bei der Wahl des optimalen Schottky-Kontaktmaterials ist darauf zu achten, daß einerseits die Schottky-Barriere  $\phi_{\text{barrier}}$  klein genug ist, um einen möglichst großen Energieunterschied zwischen Bandlücke  $E_{\text{gap}}$  und Schottky-Barrierenhöhe  $\phi_{\text{barrier}}$  zu erzielen, andererseits die Schottky-Barriere groß genug ist, um günstige Sperreigenschaften zu erzielen. Besonders günstig ist es, die Schottky-Barrierenhöhe  $\phi_{\text{barrier}}$  größer als 0,5 eV, besonders bevorzugt größer als 0,8 eV zu wählen. Zweckmäßig ist eine Schottky-Barrierenhöhe  $\phi_{\text{barrier}}$  geringer als 2 eV. Das erfindungsgemäße Bauelement ist damit besonders gut für den Einsatz im Bereich hoher Sperrspannungen geeignet, bevorzugt für den Bereich größer 200 V, besonders bevorzugt größer 600 V.

Vorteilhaft sind insbesondere Kombinationen von Siliziumkarbid als Halbleiter mit Metallen, insbesondere Titan, Aluminium, Palladium, Gold, Silber, Nickel oder mit Kombinationen von Metallen, insbesondere Titan/Aluminium, Titan/Nickel/Silber und dergl. oder mit Siliziden, insbesondere  $\text{TiSi}_2$  oder andere geeignete Metall/Halbleiterkombinationen, welche die Bedingung, daß die Differenz zwischen Bandlücke  $E_{\text{gap}}$  und Schottky-Barrierenhöhe  $\phi_{\text{barrier}}$  größer oder gleich 0,8 eV, besonders bevorzugt 1 eV sein muß, erfüllen.

Wird ein MPS-Bauelement mit der erfindungsgemäßen Materialkombination in Vorwärtsrichtung betrieben, so injizieren die pn-Übergänge 9 erst bei deutlich höheren Flußspannungen Minoritätsladungsträger in das Driftgebiet des Halbleiters. Dies ist in Fig. 1 dargestellt. Im Normalbetrieb der Diode tritt dann nur noch eine vernachlässigbare Injektion auf, so daß keine zusätzlichen Schaltverluste durch das sogen. 'Ausräumen' von Minoritätsladungsträgern aus dem Driftgebiet oder durch eine etwaige Rückstromspitze entstehen. Dies ist in Fig. 4 dargestellt.

In Fig. 1 sind gemessene Kennlinien von erfindungsgemäßen Siliziumkarbid-MPS-Bauelementen mit verschiedenen Abschirmgeometrien M mit Kennlinien anderer Bauelemente, insbesondere Schottky-Dioden S, Schottky-Dioden mit Schutzring G sowie pn-Dioden PN, sowohl in Vorwärts- als auch in Sperrichtung miteinander verglichen. Die vorteilhafte Wirkung der erfindungsgemäßen Anordnung ist deutlich zu erkennen. Bei den erfindungsgemäßen MPS-Bauelementen M fließt in Vorwärtsrichtung bereits bei sehr geringen Spannungen ein hoher Strom, ähnlich wie bei den in Vorwärtsrichtung günstigen Bauelementen S und G, während bei der pn-Diode PN für vergleichbare Ströme deutlich höhere Spannungen angelegt werden müssen. In Sperrichtung ist der Leckstrom der erfindungsgemäßen MPS-Bauelemente M deutlich geringer als bei Schottky-Dioden S und G mit und ohne Schutzring und zeigt ähnlich günstige Sperreigenschaften wie die pn-Diode PN.

In Fig. 4 sind Kennlinien eines erfindungsgemäßen Bauelements aus SiC und eines vergleichbaren Bauelements aus Si dargestellt, welche das Abschaltverhalten der Bauelemente charakterisieren. Die Bauelemente werden von 1A Vorwärtsstrom gegen 500 V Sperrspannung abgeschaltet. Das Si-Bauelement ist eine pn-Diode und zeigt das charakteristisch schlechte Abschaltverhalten. Die Kennlinie des Si-Bauelements fällt steil ab und zeigt einen starken Unterschwinger (reverse recovery) zu hohen negativen Strömen, die wesentlich höher sind als der eigentliche Vorwärtsstrom von 1 A, was darauf zurückzuführen ist, daß aus Driftgebiet des Halbleiters zahlreiche Minoritätsladungsträger entfernt werden müssen. Dies führt zu einem sehr nachteiligen Schaltverhalten mit großen Schaltverlusten dieses Si-Bauelements.

Dagegen sind im Driftgebiet des erfindungsgemäßen Bauelements nur sehr wenige Minoritätsladungsträger vorhanden, da deren Injektion durch die erfindungsgemäße Spannungsdifferenz  $\Delta U$  weitgehend unterbunden ist. Der Strom im Reverse-Recovery-Bereich ist deshalb nur ein Bruchteil des eigentlichen Vorwärtsstromes. Das Abschaltverhalten des erfindungsgemäßen Bauelements ist genauso schnell wie z.B. bei reinen Schottky-Dioden, die für schnelles Schaltverhalten bekannt sind, dagegen sind die Sperrverluste deutlich verbessert. Gegenüber pn-Dioden sind die Schaltverluste erheblich verringert. Das erfindungsgemäße Bauelement weist also einerseits die günstigen Eigenschaften der bekannten Schottky-Dioden wie verringerte Schaltverluste und einfache Technologie, weist aber deutlich geringere Sperrleckströme auf.

Der Vorteil der geringen Schaltverluste bei erhöhter Sperrfestigkeit ist jedoch auch für solche erfindungsgemäßen Bauelemente erfüllt, bei denen das Sperrstromverhalten wegen der besonders großen Energielücke des Halbleiters nicht weiter verbessert ist, solange der Differenzwert zwischen Energielücke und Schottky-Barrierenhöhe mindestens 0,8 eV, bevorzugt mindestens 1 eV beträgt.

Die in den Figuren beschriebenen bevorzugten Ausführungsformen von erfindungsgemäßen MPS-Bauelementen stellen zwar vertikale Bauelemente dar, bei denen die äußeren Anschlüsse der Kathode K und Anode A auf gegenüberliegenden Oberflächen des Halbleiters angeordnet sind. Ein erfindungsgemäßes Bauelement kann jedoch ebenso als laterales Bauelement ausgeführt sein, bei denen die äußeren Kontakte Anode A und Kathode K auf derselben Oberfläche des Halbleiters angeordnet sind, insbesondere kann der eine äußere Kontakt den anderen umschließen, z.B. die Kathode die Anode ringförmig umgeben. In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel kontaktiert ein äußerer Kontakt, insbesondere die Kathode K, das Driftgebiet des Halbleiters nur punktuell.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist der Kathode ein hochdotiertes Halbleitergebiet vorgelagert, welches denselben Leitfähigkeitstyp aufweist wie das Driftgebiet des Halbleiters 2. Dies führt vorteilhaft dazu, daß der Kontakt zwischen Halbleiter und Kathoden-Kontakt verbessert ist und eine etwaige Ausdehnung der Raumladungszone zum Kathoden-Metall  $\delta$  unterbunden wird (sogen. 'punch through').

Die Erfindung gilt ebenso für komplementär dotierte MPS-Bauelemente.

In einer bevorzugten Ausführung wird hochdotiertes, insbesondere mit mehr als  $10^{18} \text{ cm}^{-3}$ , n-leitendes oder p-leitendes Siliziumkarbid, vorzugsweise n-leitendes 4H-Siliziumkarbid, als Substrat 1 verwendet. Die Anordnung ähnelt der in Fig. 3 beschriebenen Anordnung. Auf

das Substrat 1 wird ein Driftgebiet 2 gleichen Ladungstyps wie das Substrat angeordnet, vorzugsweise homoepitaktisch abgeschieden. Die Dicke des Driftgebiets liegt vorzugsweise zwischen 2  $\mu\text{m}$  und 50  $\mu\text{m}$ . Die Dotierung liegt vorzugsweise zwischen etwa  $10^{14}$  und  $10^{17} \text{ cm}^{-3}$ .

5

In das Driftgebiet 2 werden im wesentlichen in oberflächennahen Bereichen Dotierstoffatome strukturiert eingebracht. Driftgebiet 10 und Dotiergebiete 7, 8 wechseln sich ab. Für ein p-Typ-Driftgebiet ist vorzugsweise Aluminium oder Bor, für ein n-Typ-Driftgebiet ist vorzugsweise Stickstoff oder Phosphor zu wählen. Die entstehenden Gebiete 7 und 8 sind vom dem Ladungsträgertyp der Driftzone 10 entgegengesetzten Ladungsträgertyp und bilden pn-Übergänge 9.

10

Das Einbringen der strukturierten Dotierstoffe in die Oberfläche des Driftgebiets 2 kann mittels Diffusion oder vorzugsweise mittels Ionenimplantationstechniken erfolgen. Der Abstand der Dotiergebiete 7 und 8 kann so optimiert werden, daß sich etwaige Ruheraumladungszonen benachbarter pn-Übergänge 9 nicht berühren. Dadurch wird erreicht, daß der Ladungsträgerdurchlaß in Vorwärtsrichtung nicht behindert wird. Andererseits müssen die pn-Übergänge 9 so dicht beieinander liegen, daß bei anliegender Sperrspannung am Bauelement der Bereich zwischen benachbarten pn-Übergängen 9 durch sich mit steigender Sperrspannung ausbreitender Raumladungszonen im Gebiet 10 sicher abgeschnürt wird.

15

20

Der optimale Abstand zwischen den pn-Übergängen 9 hängt neben der Dotierung und dem Halbleitermaterial auch von der Geometrie der pn-Abschirmung 8 ab, welche insbesondere eins Streifen-, Gitter-, Ring-, Spiral-, Hexagonal- oder Punktstruktur aufweisen kann.

25

Vorzugsweise liegt der Abstand zwischen benachbarten pn-Übergängen zwischen 0,5  $\mu\text{m}$  und 20  $\mu\text{m}$ .

30

Auf das Einbringen der Abschirmung erfolgt vorzugsweise eine Temperaturbehandlung, insbesondere zwischen 1400°C und 1700°C, die etwaige Implantationsschäden ausheilt, den Dotierstoff tiefer eintreibt und thermisch aktiviert. Besonders bevorzugt ist, eine mehrstufige Temperaturbehandlung durchzuführen, wie sie in den Anmeldungen DE 196 33 183 und DE 196 33 184 für die Temperaturbehandlung von Halbleiterbauelementen mit flüchtigen, insbesondere sublimierenden Komponenten, insbesondere Siliziumkarbid, offenbart ist. Das Verfahren besteht darin, daß die Temperaturbehandlung so ausgeführt wird, daß das Bauelement für einen begrenzten Zeitraum erst bei einer Temperatur zwischen 500°C und 1500°C und anschließend bei einer Temperatur von mehr als 1500°C

35

- gehalten wird. Besonders vorteilhaft ist, während der Temperaturbehandlung in unmittelbarer Nachbarschaft des Bauelements Silizium, insbesondere in einem etwaigen Ausheiliegel, in dem das Bauelement während der Temperaturbehandlung lagert, beizugeben. Der ganz besondere Vorteil dabei ist, daß die Oberfläche des MPS-Bauelements trotz der hohen
- 5 Temperatur im eigentlichen Ausheilschritt durch einen vorangehenden Konditionierungsschritt glatt bleibt. Anschließend wird die Metallisierung für Vorderseite (Schottky-Metall) und Rückseite (Ohmscher Kontakt) abgeschieden, strukturiert und bei Bedarf thermisch behandelt.
- 10 In Fig. 5 ist ein erfindungsgemäßes Bauelement dargestellt, bei dem vor dem Einbringen der Dotierung für die Abschirmung an den Stellen, an denen die Abschirmung eingebracht werden soll, Ätzgruben in die Driftzone 2 eingeätzt sind. Dies hat den Vorteil, daß die pn-Übergänge weit in das Driftgebiet 2 hineinreichen, wodurch sich die Abschnürung der Schottkybereiche verbessert.
- 15 In einer weiteren bevorzugten Anordnung, welche in Fig. 6 dargestellt ist, ist nach dem Einbringen der Abschirmzonen 8 eine Epitaxieschicht aufgebracht, die denselben Leitfähigkeitstyp wie das Driftgebiet 2 aufweist. Dies hat zur Folge, daß die Abschirmzonen 8 vergraben sind. Die Abschirmzonen werden anschließend wieder freigelegt, insbesondere frei-
- 20 geätzt, und erst dann metallisiert. Auf diese Weise wird vorteilhaft die aktive Schottky-Fläche um die Seitenflächen der Ätzung vergrößert, was den Flächenverlust durch die Abschirmzonen 8 mindestens kompensiert, insbesondere überkompensiert.

Patentansprüche

1. Halbleiterbauelement mit äußeren Kontakten als Anode und Kathode mit in oberflächennahen Bereichen alternierend angeordneten Schottky- und pn-Übergängen und  
5 zwischen den Schottky- und pn-Übergängen angeordneten niedrigdotierten Driftzonen eines Halbleitermaterials,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
daß die Energiedifferenz ( $E_{\text{gap}} - \phi_{\text{barrier}}$ ) zwischen der Bandlücke ( $E_{\text{gap}}$ ) im elektronischen  
10 Anregungsspektrum des Driftzonen-Halbleiters (2) und der energetischen Höhe ( $\phi_{\text{barrier}}$ ) der Schottky-Barriere (5) im spannungslosen Zustand des Halbleiterbauelements mindestens 0,8 eV ist.
2. Halbleiterbauelement nach Anspruch 1,  
15 dadurch gekennzeichnet,  
daß die Energiedifferenz ( $E_{\text{gap}} - \phi_{\text{barrier}}$ ) mindestens 1 eV ist.
3. Halbleiterbauelement nach Anspruch 1 oder 2,  
dadurch gekennzeichnet,  
20 daß die Bandlücke ( $E_{\text{gap}}$ ) größer als 1,5 eV ist.
4. Halbleiterbauelement nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die energetische Höhe der Schottky-Barriere ( $\phi_{\text{barrier}}$ ) kleiner als 2 eV ist.  
25
5. Halbleiterbauelement nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die energetische Höhe der Schottky-Barriere ( $\phi_{\text{barrier}}$ ) größer als 0,5 eV ist.
- 30 6. Halbleiterbauelement nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß das Halbleitermaterial der Driftzonen (2, 10) aus Siliziumkarbid gebildet ist.
- 35 7. Halbleiterbauelement nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß das Halbleitermaterial der Driftzonen (2, 10) aus Galliumnitrid gebildet ist.

8. Halbleiterbauelement nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Halbleitermaterial der Driftzonen (2, 10) aus Aluminiumnitrid gebildet ist.
- 5
9. Halbleiterbauelement nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Halbleitermaterial der Driftzonen (2, 10) aus Diamant gebildet ist.
- 10
10. Halbleiterbauelement nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß auf einem hochdotierten Substratmaterial (1) aus Siliziumkarbid eine Driftzone (2, 10) gleichen Leitfähigkeitstyps mit niedrigerer Dotierung angeordnet ist.
- 15
11. Halbleiterbauelement nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Substratmaterial (1) mit einer Dotierung von größer oder gleich  $10^{18} \text{ cm}^{-3}$  dotiert ist.
- 20
12. Halbleiterbauelement nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Driftzonengebiet (2) mit einer Dotierung von  $10^{14} \text{ cm}^{-3}$  bis  $10^{17} \text{ cm}^{-3}$  dotiert ist.
- 25
13. Halbleiterbauelement nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Driftzonengebiet (2) eine Dicke zwischen  $2 \mu\text{m}$  und  $50 \mu\text{m}$  aufweist.
- 30
14. Halbleiterbauelement nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand benachbarter pn-Übergänge (9) zwischen  $0,5 \mu\text{m}$  und  $20 \mu\text{m}$  liegt.
- 35
15. Halbleiterbauelement nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß pn-Übergänge (9) in in das Innere des Driftgebiets (2) hineingeätzte Gräben angeordnet sind.

16. Halbleiterbauelement nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß Schottky-Übergänge benachbart zu den pn-Übergängen (9) im Driftgebiet (2, 10) eingebracht sind.

5

17. Halbleiterbauelement nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in das Driftgebiet (2, 10) eingebrachte Dotiergebiete (7, 8) durch das komplementär dotierte Halbleitermaterial des Driftgebiets (2, 10) gebildet sind.

10

18. Halbleiterbauelement nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Dotiergebiete (7, 8) und das Driftgebiet (2, 10) durch unterschiedliches Halbleitermaterial gebildet sind.

15

19. Halbleiterbauelement nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß für p-dotiertes Substratmaterial (1) Aluminium und/oder Bor in das Driftgebiet (7, 8) eingebracht ist.

20

20. Halbleiterbauelement nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß für n-dotiertes Substratmaterial (1) Stickstoff und/oder Phosphor in das Driftgebiet (7, 8) eingebracht ist.

25

21. Halbleiterbauelement nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Kathode (K) und die Anode (A) auf gegenüberliegenden Oberflächen des Halbleiterbauelements angeordnet sind.

30

22. Halbleiterbauelement nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Kathode (K) und die Anode (A) auf derselben Oberfläche des Halbleiterbauelements angeordnet sind.

35

23. Halbleiterbauelement nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß der eine äußere Kontakt (K, A) den anderen äußeren Kontakt (A, K) umschließt.

dadurch gekennzeichnet,  
daß der eine äußere Kontakt (K, A) den anderen äußeren Kontakt (A, K) umschließt.

24. Halbleiterbauelement nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche,  
5 dadurch gekennzeichnet,  
daß ein äußerer Kontakt (A, K) das Driftgebiet (2, 10) im wesentlichen punktuell kontaktiert.
25. Halbleiterbauelement nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche,  
10 dadurch gekennzeichnet,  
daß der Kathode ein hochdotiertes Halbleitergebiet vorgelagert ist, welches denselben Leitfähigkeitstyp aufweist wie das Driftgebiet des Halbleiters (2, 10).
26. Halbleiterbauelement nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche,  
15 dadurch gekennzeichnet,  
daß das Halbleiterbauelement vom komplementären Dotierungstyp ist.
27. Verfahren zur Herstellung eines Halbleiterbauelements nach Anspruch 1 oder einem  
20 der folgenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß auf ein mit einem ersten Dotierstoff von mindestens  $10^{18} \text{ cm}^{-3}$  dotiertes Siliziumkarbidsubstrat eine mit einem zweiten Dotierstoff desselben Ladungsträgertyps im Bereich von zwischen  $10^{14}$  und  $10^{17} \text{ cm}^{-3}$  dotierte Siliziumkarbid-Schicht homoepitaktisch abgeschieden wird, worauf in die vom Substrat entfernt angeordnete Oberfläche  
25 der Siliziumkarbid-schicht ein dritter Dotierstoff des komplementären Ladungsträgertyps strukturiert mittels Diffusion und/oder Ionenimplantation zur Bildung von pn-Übergängen eingebracht wird, anschließend das Bauelement einer ersten Temperaturbehandlung zwischen  $1400^\circ\text{C}$  und  $1700^\circ\text{C}$  unterzogen wird, nach der Temperaturbehandlung eine erste metallische Schicht auf der implantierten Oberfläche zur Bildung eines Schottky-Kontaktes und eine zweite metallischen Schicht zur Bildung eines  
30 ohmschen Kontaktes aufgebracht und die erste und zweite Schicht anschließend strukturiert wird.
28. Verfahren nach Anspruch 27,  
35 dadurch gekennzeichnet,  
daß das Bauelement einer abschließenden zweiten Temperaturbehandlung unterzogen wird.

29. Verfahren nach Anspruch 27 oder 28,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die erste Temperaturbehandlung so ausgeführt wird, daß das Bauelement für einen begrenzten Zeitraum bei einer Temperatur zwischen 500°C und 1500°C und anschließend das Bauelement bei einer Temperatur von mehr als 1500°C weiterbehandelt wird.
- 5
30. Verfahren nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche 27 bis 29,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß während der ersten Temperaturbehandlung das Bauelement in unmittelbarer Nachbarschaft von elementarem Silizium erhitzt wird.
- 10

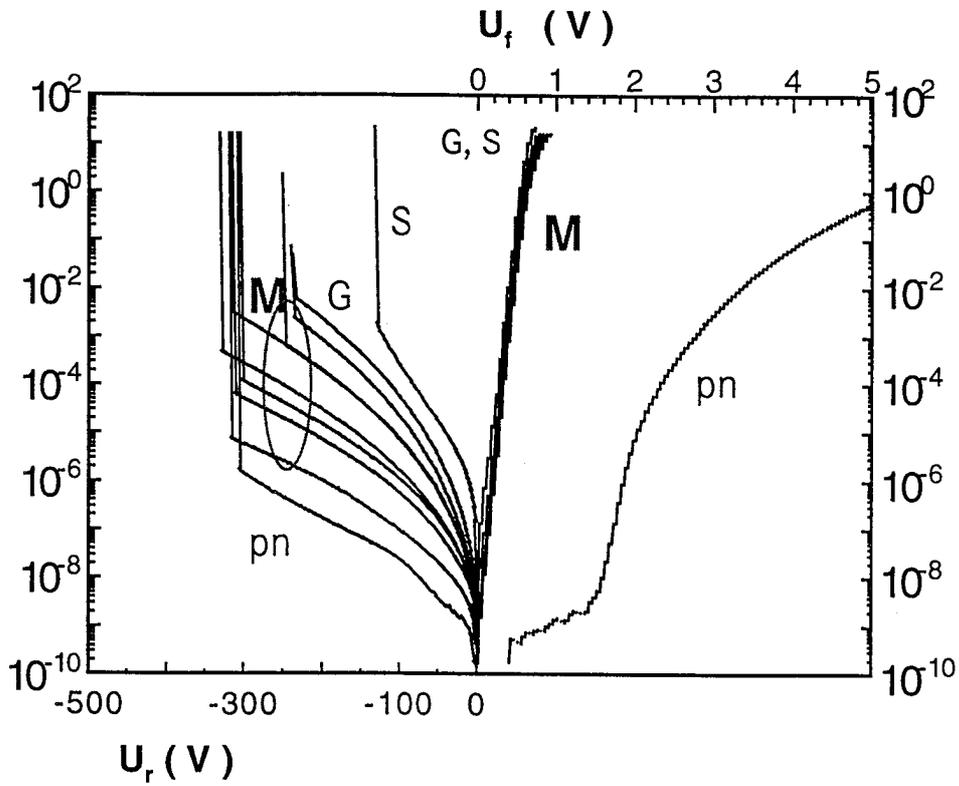


Fig. 1

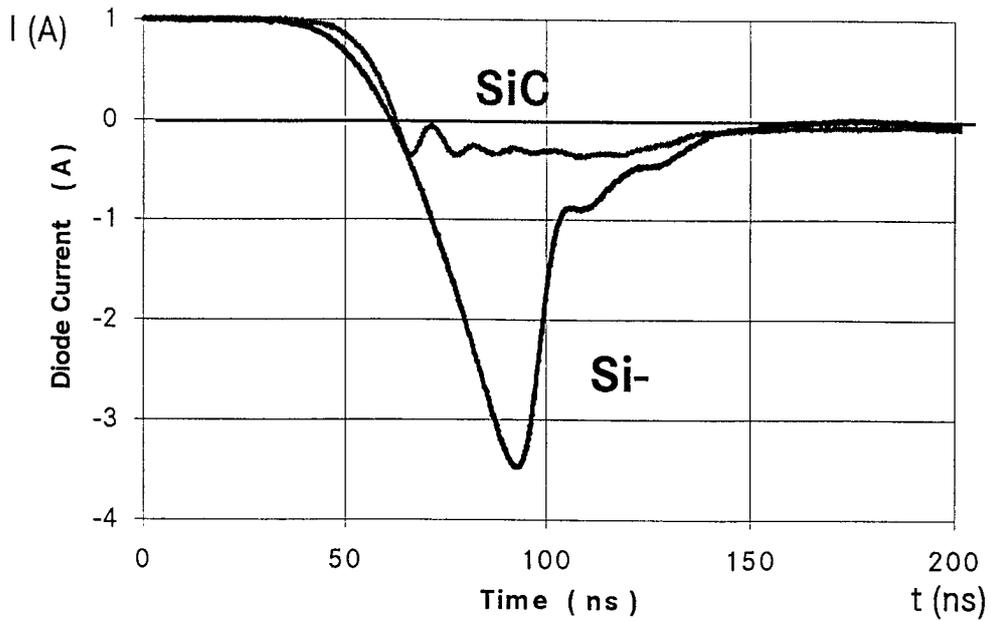


Fig. 4

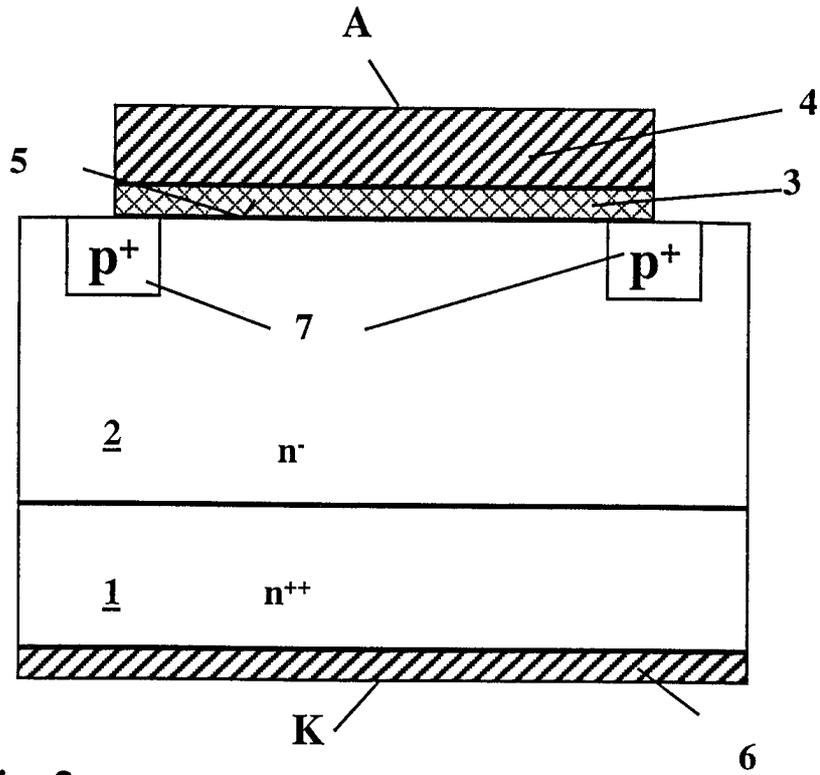


Fig. 2

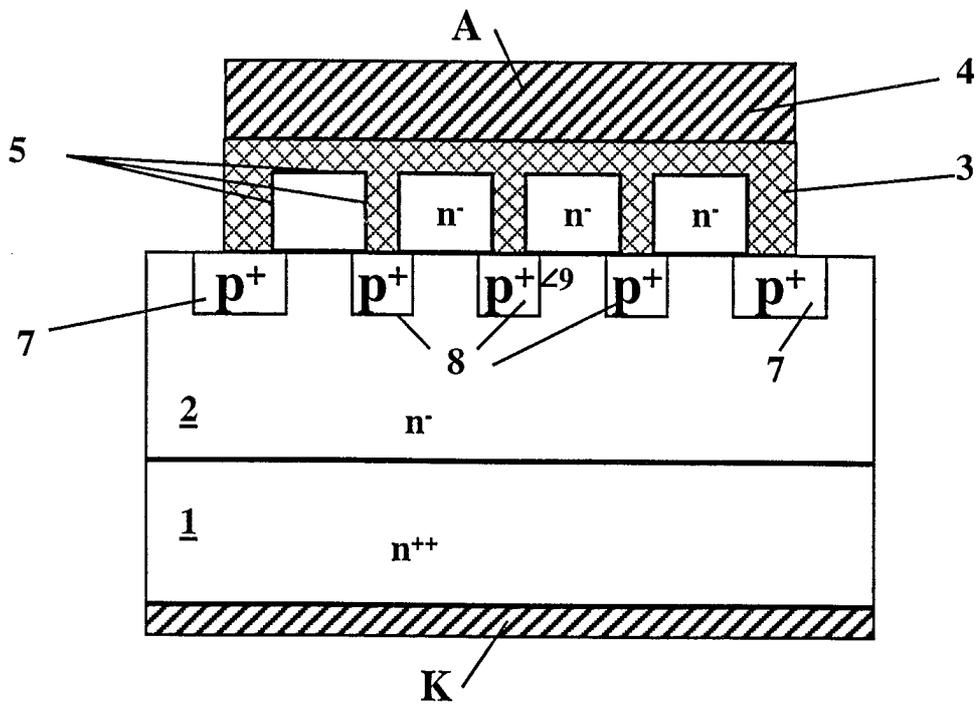


Fig.3

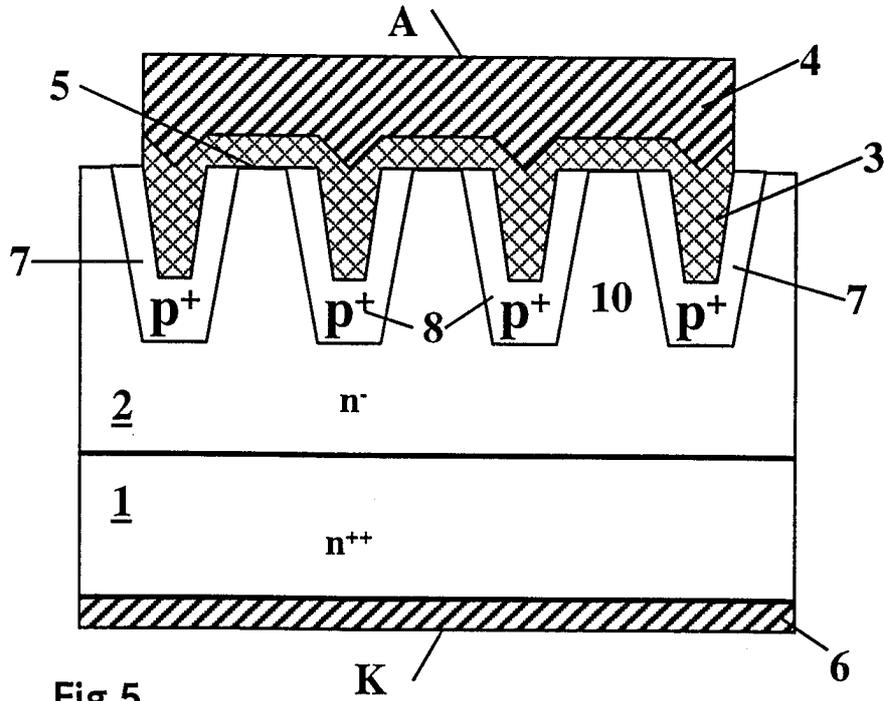


Fig.5

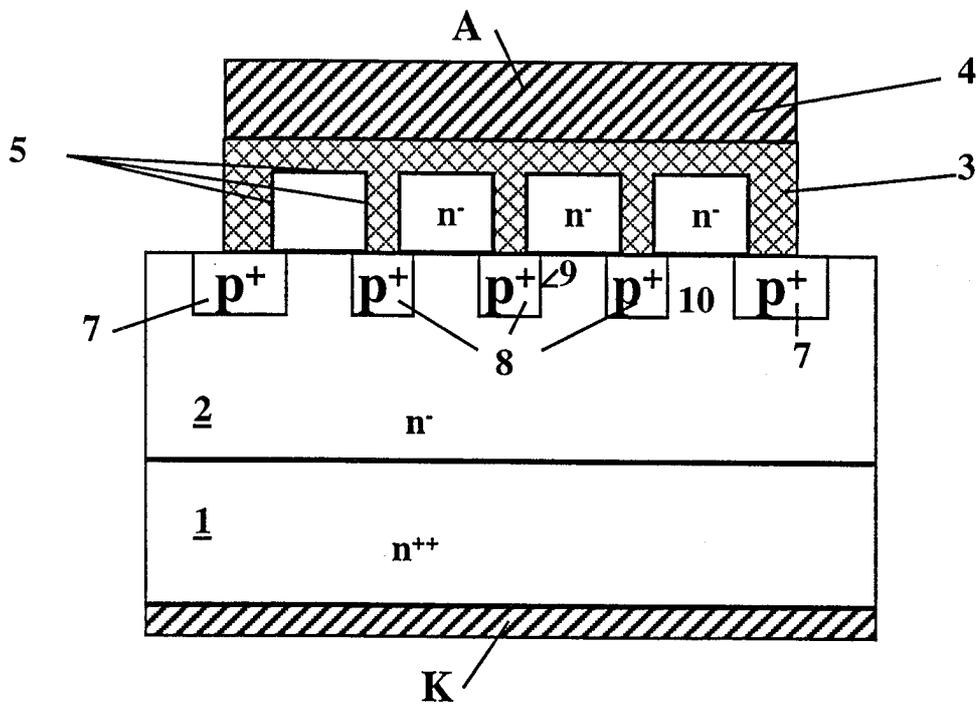


Fig.6

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 98/03010

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
 IPC 6 H01L29/872 H01L29/861

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)  
 IPC 6 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 practical, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	ITOH A ET AL: "EXCELLENT REVERSE BLOCKING CHARACTERISTICS OF HIGH-VOLTAGE 4H-SIC SCHOTTKY RECTIFIERS WITH BORON-IMPLANTED EDGE TERMINATION" IEEE ELECTRON DEVICE LETTERS, vol. 17, no. 3, 1 March 1996, pages 139-141, XP000584756 see the whole document	1, 2, 4-6, 10, 13, 17, 19-21
X	DE 295 04 629 U (FUJI ELECTRIC CO., LTD) 29 June 1995 see the whole document	1, 2, 4-6, 10, 17, 19-21
A	US 5 262 669 A (WAKATABE ET AL.) 16 November 1993 cited in the application see the whole document	1

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in 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 document 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

17 September 1998

Date of mailing of the international search report

25/09/1998

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Baillet, B

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 98/03010

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	MOHAMMAD S N ET AL: "NEAR-IDEAL PLATINUM-GAN SCHOTTKY DIODES" ELECTRONICS LETTERS, vol. 32, no. 6, 14 March 1996, page 598/599 XP000593659 see the whole document ---	1,2,4,5, 7,10,12
A	DE 42 10 402 A (KABUSHIKI KAISHA KOBE SEIKO SHO) 1 October 1992 cited in the application see the whole document ---	1,9
A	RAO M V ET AL: "AL AND N ION IMPLANTATIONS IN 6H-SIC" INSTITUTE OF PHYSICS CONFERENCE SERIES, 18 September 1995, pages 521-524, XP002047800 see the whole document ---	27-30
P,A	DE 196 33 183 A (DAIMLER BENZ AKTIENGESELLSCHAFT) 19 February 1998 cited in the application see the whole document -----	27-30

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 98/03010

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 29504629 U	29-06-1995	JP 8097441 A US 5789311 A	12-04-1996 04-08-1998
US 5262669 A	16-11-1993	JP 4321274 A JP 5075098 A	11-11-1992 26-03-1993
DE 4210402 A	01-10-1992	JP 4302172 A GB 2254732 A,B US 5352908 A	26-10-1992 14-10-1992 04-10-1994
DE 19633183 A	19-02-1998	WO 9808246 A	26-02-1998

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
 IPK 6 H01L29/872 H01L29/861

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
 IPK 6 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)

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie <sup>2</sup>	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	ITOH A ET AL: "EXCELLENT REVERSE BLOCKING CHARACTERISTICS OF HIGH-VOLTAGE 4H-SIC SCHOTTKY RECTIFIERS WITH BORON-IMPLANTED EDGE TERMINATION" IEEE ELECTRON DEVICE LETTERS, Bd. 17, Nr. 3, 1. März 1996, Seiten 139-141, XP000584756 siehe das ganze Dokument ----	1,2,4-6, 10,13, 17,19-21
X	DE 295 04 629 U (FUJI ELECTRIC CO., LTD) 29. Juni 1995  siehe das ganze Dokument ----	1,2,4-6, 10,17, 19-21
A	US 5 262 669 A (WAKATABE ET AL.) 16. November 1993 in der Anmeldung erwähnt siehe das ganze Dokument ----	1
-/--		

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

<sup>2</sup> Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, 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 anderen 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

17. September 1998

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

25/09/1998

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
 Europäisches Patentamt, P. B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Baillet, B

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	MOHAMMAD S N ET AL: "NEAR-IDEAL PLATINUM-GAN SCHOTTKY DIODES" ELECTRONICS LETTERS, Bd. 32, Nr. 6, 14. März 1996, Seite 598/599 XP000593659 siehe das ganze Dokument ----	1,2,4,5, 7,10,12
A	DE 42 10 402 A (KABUSHIKI KAISHA KOBE SEIKO SHO) 1. Oktober 1992 in der Anmeldung erwähnt siehe das ganze Dokument ----	1,9
A	RAO M V ET AL: "AL AND N ION IMPLANTATIONS IN 6H-SIC" INSTITUTE OF PHYSICS CONFERENCE SERIES, 18. September 1995, Seiten 521-524, XP002047800 siehe das ganze Dokument ----	27-30
P,A	DE 196 33 183 A (DAIMLER BENZ AKTIENGESELLSCHAFT) 19. Februar 1998 in der Anmeldung erwähnt siehe das ganze Dokument -----	27-30

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichung, ... die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 98/03010

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 29504629 U	29-06-1995	JP 8097441 A US 5789311 A	12-04-1996 04-08-1998
US 5262669 A	16-11-1993	JP 4321274 A JP 5075098 A	11-11-1992 26-03-1993
DE 4210402 A	01-10-1992	JP 4302172 A GB 2254732 A,B US 5352908 A	26-10-1992 14-10-1992 04-10-1994
DE 19633183 A	19-02-1998	WO 9808246 A	26-02-1998