

(51) Internationale Patentklassifikation ⁶ : H01L 29/10, 29/24, 29/78	A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 95/24055 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 8. September 1995 (08.09.95)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP95/00679 (22) Internationales Anmeldedatum: 24. Februar 1995 (24.02.95) (30) Prioritätsdaten: 94103325.0 4. März 1994 (04.03.94) EP (34) Länder für die die regionale oder internationale Anmeldung eingereicht worden ist: DE usw. (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D-80333 München (DE). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): MITLEHNER, Heinz [DE/DE]; Danziger Strasse 1A, D-91080 Uttenreuth (DE). STEPHANI, Dietrich [DE/DE]; Hans-Birkmayr-Strasse 5, D-91088 Bubenreuth (DE). TIHANYI, Jenö [DE/DE]; Isarweg 13, D-85551 Kirchheim (DE).	(81) Bestimmungsstaaten: JP, KR, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i>	

(54) Title: SILICON CARBIDE-BASED MIS STRUCTURE WITH HIGH LATCH-UP RESISTANCE

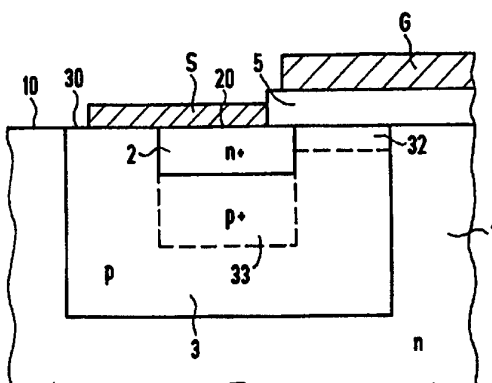
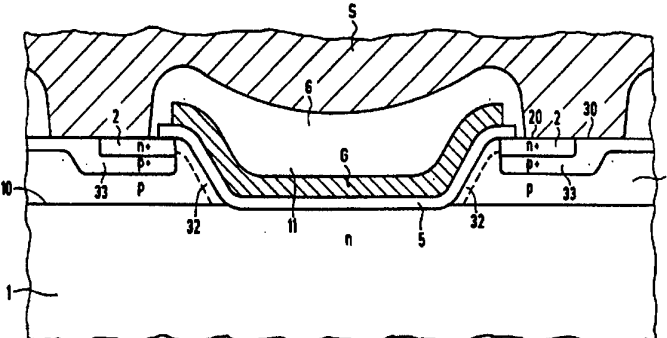
(54) Bezeichnung: MIS-STRUKTUR AUF SILICIUMCARBID-BASIS MIT HOHER LATCH-UP-FESTIGKEIT

(57) Abstract

The MIS structure contains an n-drift region (1), a base region (3) arranged on one surface of the drift region (1), an ion-implanted n⁺ source region (2) in the base region (3), a source electrode (S) short-circuiting the base (3) and source regions (2) and a gate electrode (6) to control the resistance of a channel region (32) of the base region (3) via an insulator region (5). The base region (3) is more highly doped in an ion-implanted p⁺ partial region (33) beneath the entire source region (2) than in the channel region (32).

(57) Zusammenfassung

Die MIS-Struktur enthält ein n-Driftgebiet (1), ein an einer Oberfläche des Driftgebietes (1) angeordnetes Basisgebiet (3), ein in das Basisgebiet (3) ionenimplantiertes n⁺-Sourcegebiet (2), eine Basisgebiet (3) und Sourcegebiet (2) kurzschließende Sourcelektrode (S) und eine Gateelektrode (6) zum Steuern des Widerstandes eines Kanalgebietes (32) des Basisgebietes (3) über ein Isolatorgebiet (5). In einem ionenimplantierten p⁺-Teilgebiet (33) unterhalb des gesamten Sourcegebietes (2) ist das Basisgebiet (3) höher dotiert als im Kanalgebiet (32).

na.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

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

AT	Österreich	GA	Gabon	MR	Mauretanien
AU	Australien	GB	Vereinigtes Königreich	MW	Malawi
BB	Barbados	GE	Georgien	NE	Niger
BE	Belgien	GN	Guinea	NL	Niederlande
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	NZ	Neuseeland
BJ	Benin	IE	Irland	PL	Polen
BR	Brasilien	IT	Italien	PT	Portugal
BY	Belarus	JP	Japan	RO	Rumänien
CA	Kanada	KE	Kenya	RU	Russische Föderation
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KG	Kirgisistan	SD	Sudan
CG	Kongo	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CH	Schweiz	KR	Republik Korea	SI	Slowenien
CI	Côte d'Ivoire	KZ	Kasachstan	SK	Slowakei
CM	Kamerun	LI	Liechtenstein	SN	Senegal
CN	China	LK	Sri Lanka	TD	Tschad
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	TG	Togo
CZ	Tschechische Republik	LV	Lettland	TJ	Tadschikistan
DE	Deutschland	MC	Monaco	TT	Trinidad und Tobago
DK	Dänemark	MD	Republik Moldau	UA	Ukraine
ES	Spanien	MG	Madagaskar	US	Vereinigte Staaten von Amerika
FI	Finnland	ML	Mali	UZ	Usbekistan
FR	Frankreich	MN	Mongolei	VN	Vietnam

Beschreibung

MIS-Struktur auf Siliciumcarbid-Basis mit hoher Latch-up-Festigkeit

5

Die Erfindung betrifft eine MIS-Struktur.

MIS (Metal-Insulator-Semiconductor)-Strukturen bilden die Grundlage für eine Reihe wichtiger Halbleiterbauelemente. Charakteristisch für MIS-Strukturen ist eine über eine Isolatorschicht elektrisch isoliert auf einer Oberfläche eines Halbleiters angeordnete Gateelektrode, an die ein elektrisches Feld angelegt wird zum Steuern des elektrischen Widerstandes eines unterhalb der Gateelektrode liegenden, oberflächennahen Bereichs des Halbleiters (Kanal). Derartige Strukturen werden deshalb oft auch als IG (Insulated Gate)-Strukturen bezeichnet. Der Kanalbereich verbindet zwei weitere, entgegengesetzt zum Kanalbereich dotierte Gebiete des Halbleiters. Eine Gatespannung mit einer dem Leitungstyp des Kanalbereichs entsprechenden Polung, d.h. negativ bei n-Dotierung und positiv bei p-Dotierung, erzeugt eine elektrisch leitfähige Inversionsschicht in dem Kanalbereich. Die Steuerbarkeit des Kanalbereichs einer solchen MIS-Struktur ist abhängig von der angelegten Gatespannung, der Dotierstoffkonzentration im Kanalbereich und auch von der Dicke der Isolatorschicht. Im allgemeinen ist bei einer MIS-Struktur ein als Driftgebiet bezeichnetes erstes Halbleitergebiet vorgesehen, an dessen Oberfläche ein als Basis bezeichnetes zweites Halbleitergebiet eindiffundiert (DMOS-Technik) oder implantiert ist. In diese Basis ist ein drittes Halbleitergebiet eindiffundiert oder implantiert, das als Source bezeichnet wird. Source und Driftgebiet werden vom gleichen Leitungstyp gewählt, üblicherweise dem n-Leitungstyp wegen der höheren Beweglichkeit der Elektronen gegenüber den Löchern. Die Source wird im allgemeinen deutlich höher dotiert wird als das Driftgebiet. Die Basis wird dagegen vom anderen Leitungstyp, also üblicherweise vom p-Leitungstyp, gewählt.

Ein Source- und Driftgebiet verbindender oberflächennaher Bereich der Basis bildet das Kanalgebiet. Im allgemeinen sind in einem Bereich außerhalb des Kanalgebiets die Basis und die Source über eine Sourceelektrode elektrisch kurzgeschlossen, d.h. auf gleiches Potential gelegt. Das Driftgebiet ist im allgemeinen beispielsweise durch epitaktisches Abscheiden auf einem Halbleitersubstrat angeordnet.

Derartige MIS-Strukturen können zu einem MISFET (Metal-Insulator-Semiconductor-Field-Effect-Transistor) oder auch einem IGBT (Insulated-Gate-Bipolar-Transistor) weitergebildet werden, indem ein weiteres, in der Regel hoch dotiertes Halbleitergebiet vorgesehen wird, das als Draingebiet oder kurz Drain bezeichnet wird und mit einer Drainelektrode kontaktiert wird. Zwischen Source und Drain wird die Betriebsspannung des Bauelements angelegt. Das Draingebiet kann entweder an der gleichen Oberfläche des Driftgebiets ausgebildet sein wie die Source (lateraler Aufbau) oder an der entgegengesetzten Seite des Driftgebietes oder des Halbleitersubstrats (vertikaler Aufbau). Ein vertikaler Aufbau ist insbesondere für die Leistungselektronik mit hohen Strömen und hohen Spannungen geeignet, weil das gesamte Volumen des Driftgebietes und gegebenenfalls des Halbleitersubstrats und nicht nur ein oberflächennaher lateraler Bereich des Driftgebietes für den Stromtransport und den Spannungsabfall zur Verfügung steht. Wählt man das Draingebiet vom gleichen Leitungstyp wie das Driftgebiet, also üblicherweise vom n-Leitungstyp, so erhält man einen MISFET. Wählt man hingegen das Draingebiet vom entgegengesetzten Leitungstyp wie das Driftgebiet, so erhält man wegen des zusätzlichen p-n-Übergangs zwischen Draingebiet und Driftgebiet ein bipolares Bauelement, den IGBT (Insulated-Gate-Bipolar-Transistor). Die Source wird hier im Sprachgebrauch auch Emitter und die Drain auch Kollektor des bipolaren Transistors genannt.

35

MIS-Strukturen und damit geformte Bauelemente sind im allgemeinen mit Silicium (Si) als Halbleitermaterial und Silici-

ciumdioxid (SiO_2) für die Isolatorschicht gebildet und werden dann auch als MOS (Metal-Oxide-Semiconductor)-Strukturen bezeichnet. Es sind jedoch auch MIS-Strukturen mit anderen Halbleitermaterialien und anderen Isolatormaterialien be-
5 kannt.

Ein in Siliciumcarbid (SiC) als Halbleitermaterial gebildeter lateraler MOSFET umfaßt ein durch Ionenimplantation an der Oberfläche eines SiC-Substrats gebildetes Sourcegebiet und
10 ein an derselben Oberfläche lateral zum Sourcegebiet versetztes Draingebiet, das ebenfalls durch Ionenimplantation im SiC-Substrat gebildet ist. Eine Basis ist jedoch nicht vorgesehen. Vielmehr ist das SiC-Substrat selbst entgegengesetzt zu Source und Drain dotiert. Der zwischen Source und Drain
15 angeordnete Kanalbereich ist mit dem SiC-Substrat gebildet und von einer über eine Isolatorschicht aus Siliciumdioxid elektrisch vom SiC-Substrat isolierten Gateelektrode steuerbar. Source- und Draingebiet sind jeweils über eine Source- bzw. eine Drainelektrode kontaktiert (WO 89/04056).

20 Ein weiterer lateraler SiC-MOS-FET umfaßt eine erste, auf einem Siliciumsubstrat epitaktisch aufgewachsene, n-leitende β -SiC-Schicht, eine zweite, mit Bor p-dotierte SiC-Schicht, die epitaktisch auf der ersten SiC-Schicht aufgewachsen ist
25 und ein Sourcegebiet und ein Draingebiet, die jeweils durch Ionenimplantation von Stickstoff in die zweite SiC-Schicht erzeugt sind und damit n-dotiert sind. Auf der p-dotierten, zweiten SiC-Schicht ist zwischen Source und Drain eine Oxidschicht und darauf eine Gateelektrode angeordnet (Patent Abstract of Japan, Vol. 15, No. 165 (E-1061), 25. April 1991 &
30 JP-A-03-034 573).

Ein bekannter vertikaler SiC-Trench-MOSFET umfaßt eine erste n-leitende SiC-Epitaxieschicht auf einem n-leitenden Sub-
35 strat, eine auf der n-leitenden SiC-Schicht angeordnete zweite, p-leitende SiC-Epitaxieschicht, ein in der Oberfläche dieser zweiten, p-leitenden SiC-Schicht ionenimplantiertes

und n-leitendes Sourcegebiet. Durch das n-leitende Sourcegebiet und die zweite, p-leitende SiC-Schicht ist ein Graben (Trench) geätzt, der bis hinunter zur ersten SiC-Schicht reicht. Der Graben ist mit einer Oxidschicht überzogen und
5 danach mit einem Gatematerial gefüllt. Auf der vom Gate abgewandten Seite des n-leitenden Substrats ist eine Drainelektrode angeordnet. Die zweite, p-leitende SiC-Schicht ist als Basisgebiet vorgesehen (*Patent Abstracts of Japan, Vol. 17, No. 6 (E-1302), 7. Januar 1993 & JP-A-04-239 778*).

10

Ein gleich aufgebauter vertikaler Trench-MOSFET auf SiC-Basis ist aus *US 5,170,231* bekannt. Bei diesem weiteren bekannten SiC-Trench-MOSFET ist die als Basisgebiet vorgesehene zweite SiC-Epitaxieschicht während des epitaktischen Wachstums mit
15 Aluminium dotiert. Das n-leitende Substrat besteht aus SiC.

MIS-Strukturen mit eindiffundierter Basis und darin eindiffundierter Source sind in SiC praktisch nicht zu verwirklichen, weil Diffusionsprozesse in SiC nicht oder nur schwer
20 möglich sind.

Beim Design von MIS-Strukturen sind eine Vielzahl von unterschiedlichen technologischen und physikalischen Randbedingungen zu beachten, die einander beeinflussen können. Solche
25 Randbedingungen sind insbesondere eine möglichst niedrig einstellbare Durchlaßspannung zwischen Source und Drain, d.h. ein möglichst kleiner Widerstand des stromführenden Kanalgebiets im Durchlaßfall, eine möglichst niedrig einstellbare Schwellspannung an der Gateelektrode zum Aufsteuern des
30 Kanalgebiets und die Unterdrückung parasitärer bipolarer Effekte, die durch Minoritätsträger verursacht werden. Im Falle eines Einsatzes der MIS-Struktur bei hohen Spannungen sollte die MIS-Struktur zudem eine hohe Durchbruchfestigkeit im Sperrfall aufweisen.

35

Ein besonderes Problem ist der sogenannte Latch-up-Effekt, der zu den parasitären bipolaren Effekten gehört. Ein Latch-

up kann bei zu hohen Strömen im Durchlaßbetrieb (statisches Latch-up) oder beim An- und Abschalten der Source-Drain-Spannung (dynamisches Latch-up) auftreten, wenn der von Source-, Basis- und Driftgebiet in der MIS-Struktur gebildete n-p-n- oder p-n-p-Transistor aufgesteuert wird und die Steuerbarkeit des Stromes im Kanalbereich durch die Gatespannung dadurch teilweise oder ganz verloren geht. Es wird dabei ein Strom bzw. beim An- oder Abschalten ein Verschiebestrom von Ladungsträgern vom p-n-Übergang zwischen Driftgebiet und Basis zur mit der Basis kontaktierten Sourceelectrode erzeugt. Dabei müssen diese Ladungsträger den elektrischen Bahnwiderstand in der Basis überwinden, der am größten ist für Ladungsträger, die durch einen Bereich der Basis unterhalb des gesamten Sourcegebietes hindurchwandern. Damit ist auch der Spannungsabfall $\Delta U = R \cdot I$, der gleich dem Produkt aus lateralem Bahnwiderstand R und dem Strom I der Ladungsträger ist, für diese Ladungsträger am größten. Um ein Latch-up zu vermeiden, muß dieser Spannungsabfall ΔU kleiner sein als die Barrierenspannung (Built-in-Spannung) des p-n-Übergangs zwischen Source und Basis.

Zur Vermeidung des Latch-up-Effekts ist bei MIS-Strukturen auf Siliciumbasis bekannt, das p-dotierte Basisgebiet in einem Teilgebiet unterhalb des n-dotierten Sourcegebietes stärker zu dotieren. Damit wird der laterale Bahnwiderstand in diesem p⁺-dotierten Teilgebiet des Basisgebietes herabgesetzt. Beim Herstellen dieses höher dotierten Teilgebietes der Basis sollte vermieden werden, daß auch das Kanalgebiet der Basis höher dotiert wird, um die Schwellspannung (threshold voltage) am Gate nicht zu erhöhen.

Bei aus DE-C-27 03 877, EP-A-0 481 153 oder Patent Abstracts of Japan, Vol. 10, No. 42 (E-382), 19. Februar 1986 & JP-A-60-196 975 bekannten vertikalen Silicium-MOSFETs sowie einem aus B.J. Baliga, "Modern Power Devices", 1987, John Wiley + Sons, New York, Seiten 368 bis 371 bekannten vertikalen Silicium-IGBT erstreckt sich das höherdotierte p⁺-Teilgebiet

der Basis nur unter einem Teil der Source. Bei den beiden MOSFETs ist das p⁺-Teilgebiet durch Ionenimplantation erzeugt, bei dem zuletzt genannten IGBT dagegen durch Diffusion. An einer vom Kanalgebiet der Basis abgewandten Seite sind das Sourcegebiet und das höherdotierte p⁺-Teilgebiet der Basis über eine Source-Elektrode jeweils kurzgeschlossen. Bei dem aus der DE-C-27 03 877 bekannten Silicium-MOSFET ist ferner das Basisgebiet in einem Übergangsbereich zum Driftgebiet höher dotiert. Der Übergangsbereich umgibt das Sourcegebiet wannenförmig und tritt unter einem Winkel an die Oberfläche des Driftgebietes.

Es sind auch in Silicium gebildete vertikale MOSFETs (FR-A-2 559 958, Patent Abstracts of Japan, Vol. 12, No. 375 (E-666), 7. Oktober 1988 & JP-A-63 122 277, Proceedings of the 3rd International Symposium on Power Semiconductor Devices and ICS ISPSD '91, Seiten 195 bis 197) und vertikale IGBTs (Patent Abstracts of Japan, Vol. 17, No. 356 (E-1394), 6. Juli 1993 & JP-A-05 055 583, Proceedings of the 3rd International Symposium on Power Semiconductor Devices and ICs ISPSD '91, Seiten 211 bis 214) bekannt, bei denen sich das durch Ionenimplantation von Bor höherdotierte p⁺-Teilgebiet der p-Basis unterhalb des gesamten Sourcegebietes erstreckt.

Aus Patent Abstracts of Japan, Vol. 10, No. 158 (E-409), 6. Juni 1986, ist ferner ein vertikaler, ebenfalls in Silicium gebildeter MOSFET bekannt, bei dem ein p-Basisgebiet in einem Übergangsbereich zu einem n-dotierten Driftgebiet höher dotiert ist. Durch das höher dotierte p⁺-Übergangsbereich der Basis wird die Durchbruchfestigkeit des MOSFET erhöht.

Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, eine MIS-Struktur anzugeben mit

- (i) einer niedrigen statischen und dynamischen Verlustleistung im Nennbetrieb

- (ii) Eignung für Sperrspannungen von wenigstens etwa 200 V bis mindestens etwa 5000 V
- (iii) einer hohen Latch-up-Festigkeit und
- (iv) einer hohen Robustheit auch bei Temperaturen von 200°C und mehr, insbesondere bezüglich der Durchlaß- und Sperreigenschaften im Kanalgebiet.

Diese Aufgabe wird gemäß der Erfindung gelöst mit den Merkmalen des Anspruchs 1. In einem Basisgebiet eines Leitungstyps an oder in einer Oberfläche eines Driftgebietes des entgegengesetzten Leitungstyps ist ein Sourcegebiet vom gleichen Leitungstyp wie das Driftgebiet angeordnet. Das Basisgebiet weist in einem wenigstens teilweise unterhalb des Sourcegebietes liegenden und unmittelbar an das Sourcegebiet angrenzenden Teilgebiet eine höhere Ladungsträgerkonzentration auf als in einem zwischen Sourcegebiet und Driftgebiet liegenden Kanalgebiet, dem eine Isolatorschicht und eine darauf angeordnete Gateelektrode zum Steuern des Widerstandes des Kanalgebietes zugeordnet sind. Das Driftgebiet, das Basisgebiet und das Sourcegebiet sind jeweils mit dem Halbleitermaterial Siliciumcarbid (SiC) gebildet.

Durch die Verwendung von Siliciumcarbid als Halbleiter für die MIS-Struktur erreicht man eine deutliche Verringerung der Verlustleistung im Nennbetrieb im Vergleich zu Silicium (Teilaufgabe (i)), eine höhere Sperrfähigkeit bei gleichem Volumen als bei Silicium (Teilaufgabe (ii)) sowie eine hohe Robustheit und Betriebssicherheit auch bei hohen Temperaturen von mehr als 200°C, bei denen vergleichbare Silicium-MIS-Strukturen nicht mehr funktionsfähig sind (Teilaufgabe (iv)).

Das höher dotierte Teilgebiet des Basisgebietes unter dem Sourcegebiet gewährleistet die hohe Latch-up-Festigkeit (Teilaufgabe (iii)).

Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der MIS-Struktur gemäß der Erfindung ergeben sich aus den vom Anspruch 1 abhängigen Ansprüchen.

- 5 Die Erfindung wird im folgenden anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert. Dabei wird auf die Zeichnung Bezug genommen, in deren
- 10 FIG.1 eine planare MIS-Struktur mit einem sich unterhalb eines ionenimplantierten n^+ -Sourcegebiets erstreckenden ionenimplantierten p^+ -Teilgebiet eines in einem n -Driftgebiet ionenimplantierten p -Basisgebietes,
- FIG.2 eine solche MIS-Struktur mit einem p^+ -dotierten, an das n -Driftgebiet angrenzenden Übergangsbereich des Basisgebietes,
- 15 FIG.3 Dotierprofile für eine durch dreifache Ionenimplantation hergestellte MIS-Struktur,
- FIG.4 eine MIS-Struktur mit einer epitaktisch aufgewachsenen p -Schicht als Basisgebiet,
- FIG.5 eine als MISFET oder IGBT weitergebildete MIS-Struktur
- 20 und
- FIG.6 eine Trench-MIS-Struktur
- jeweils schematisch dargestellt sind. Einander entsprechende Teile der MIS-Strukturen sind mit denselben Bezugszeichen versehen.

25 In FIG. 1 sind ein Driftgebiet mit 1, eine Oberfläche des Driftgebietes mit 10, ein Sourcegebiet mit 2, eine Oberfläche des Sourcegebietes 2 mit 20, ein Basisgebiet mit 3, eine Oberfläche des Basisgebietes 3 mit 30, ein Kanalgebiet des Basisgebietes 3 mit 32, ein Teilgebiet des Basisgebietes 3 mit 33, ein Isolatorgebiet mit 5, eine Gateelektrode mit G und eine Sourceelektrode mit S bezeichnet. Das Driftgebiet 1 ist ein n -leitendes Halbleitergebiet aus Siliciumcarbid (SiC), vorzugsweise eine epitaktisch aufgewachsene SiC -

30 Schicht, die beispielsweise mit Stickstoff (N) dotiert sein kann. Das Basisgebiet 3 mitsamt seinen beiden zugehörigen Gebieten, dem Kanalgebiet 32 und dem Teilgebiet 33, ist ein

35

p-leitendes Halbleitergebiet aus SiC. Das Sourcegebiet 2 ist ein n-leitendes Halbleitergebiet aus SiC mit einer vorzugsweise höheren Ladungsträgerkonzentration (n^+) als das Driftgebiet 1. Das p-Basisgebiet 3 ist in der Oberfläche 10 des Driftgebietes 1 angeordnet und vorzugsweise durch Ionenimplantation von Dotierstoffatomen als Akzeptoren in das Driftgebiet 1 erzeugt. Das n^+ -Sourcegebiet 2 ist vorzugsweise durch Ionenimplantation von Dotierstoffatomen als Donatoren in dem Basisgebiet 3 erzeugt und ist von dem Driftgebiet 1 durch das Basisgebiet 3 vollständig getrennt. Über dem an der Oberfläche 30 des Basisgebietes 3 angeordneten Kanalgebiet 32 ist das Isolatorgebiet 5 angeordnet, das sich vorzugsweise auch über einen Teil der Oberfläche 20 des Sourcegebietes 2 erstreckt. Auf dem Isolatorgebiet 5 ist die Gateelektrode G angeordnet, die zum Steuern des elektrischen Widerstandes des Kanalgebietes 32 vorgesehen ist. Die Sourceelektrode S ist auf wenigstens einem Teil der nicht von dem Isolatorgebiet 5 bedeckten, freien Oberfläche 20 des Sourcegebietes 2 und auf wenigstens einem freiliegenden Teil der angrenzenden Oberfläche 30 des Basisgebietes 3 angeordnet. Durch die Sourceelektrode S sind das Sourcegebiet 2 und das Basisgebiet 3 somit elektrisch kurzgeschlossen.

In einem von der Oberfläche 20 des Sourcegebietes 2 aus gesehen unterhalb des gesamten Sourcegebietes 2 sich erstreckenden und direkt an das Sourcegebiet 2 angrenzenden Teilgebiet 33 ist das Basisgebiet 3 nun mit einer höheren Ladungsträgerkonzentration (p^+) ausgebildet als zumindestens in seinem Kanalgebiet 32. Dies wird vorzugsweise durch eine Ionenimplantation von zusätzlichen Dotierstoffatomen (Akzeptoren) in dieses Teilgebiet 33 des Basisgebietes 3 unterhalb des Sourcegebietes 2 erreicht. Die Eindringtiefe der Ionen wird dabei durch eine geeignete Wahl der Ionenenergie so eingestellt, daß die Mehrzahl der Ionen in das Teilgebiet 33 gelangt und dort als Akzeptoren die Ladungsträgerkonzentration der Löcher erhöht. In der dargestellten Ausführungsform einer MIS-Struktur kann für die beiden Ionenimplantationen zum Er-

zeugen des p⁺-Teilgebietes 33 bzw. des n⁺-Sourcegebietes 2 jeweils dieselbe Maske zum Abdecken des außerhalb der Oberfläche 20 liegenden Oberflächenbereichs verwendet werden.

- 5 Durch das vorzugsweise implantierte p⁺-Teilgebiet 33 unter dem Sourcegebiet 2 ist der Bahnwiderstand des Basisgebietes 3 in diesem kritischen Bereich verringert. Damit wird eine höhere Latch-up-Festigkeit der MIS-Struktur erreicht. Die Dotierstoffkonzentration (= Dotierung) im p⁺-Teilgebiet 33
- 10 wird abhängig vom Halbleitermaterial und der Dotierung des Sourcegebietes 2 und der daraus resultierenden Built-in-Spannung des p-n-Übergangs zwischen Sourcegebiet 2 und Basisgebiet 3 sowie weiter abhängig von einer an dem p-n-Übergang zwischen Basisgebiet 3 und Driftgebiet 1 im Sperrfall der
- 15 MIS-Struktur anliegenden Spannung gewählt und ist vorzugsweise kleiner als die Dotierung des Sourcegebietes 2. Das Teilgebiet 33 kann auch mit seiner vom Sourcegebiet 2 abgewandten Seite direkt an das Driftgebiet 1 angrenzen.
- 20 In der FIG. 2 ist eine vorteilhafte Weiterbildung der Ausführungsform einer MIS-Struktur gemäß FIG. 1 dargestellt. Neben dem p⁺-Teilgebiet 33 unterhalb des Sourcegebietes 2 weist das Basisgebiet 3 ein weiteres, höher dotiertes Teilgebiet auf, das unmittelbar an das Driftgebiet 1 angrenzt und als Übergangsgebiet 34 bezeichnet ist. In dem Übergangsgebiet 34 ist
- 25 das Basisgebiet 3 stärker p-leitend (p⁺) als in seinem Kanalgebiet 32 und vorzugsweise schwächer p-leitend als in seinem Teilgebiet 33. Die höhere Ladungsträgerkonzentration des Basisgebietes 3 im Übergangsgebiet 34 gewährleistet eine hohe
- 30 Durchbruchfestigkeit an dem p-n-Übergang zwischen dem Übergangsgebiet 34 und dem Driftgebiet 1. Die p⁺-Dotierung des Übergangsgebietes 34 wird vorzugsweise durch eine tiefe Ionenimplantation von Akzeptorionen mit entsprechend hoher Energie in die Oberfläche 30 des Basisgebietes 3 erzeugt. Das
- 35 Übergangsgebiet 34 kann bei einer geeignet gewählten Maskentechnik beispielsweise mit in ihrer Dicke variablen, schrägen Masken auch zumindest an der vom Kanalgebiet 32 entfernten

Seite des Basisgebietes 3 bis an die Oberfläche 30 des Basisgebietes 3 reichen.

In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform ist die MIS-
5 Struktur mittels dreier nacheinander erfolgreicher Ionenimplan-
tationsschritte hergestellt. In einem ersten Implantations-
schritt wird in einem die Oberfläche 30 des Basisgebietes 3
definierenden Teilbereich der Oberfläche 10 des Driftgebietes
1 das Basisgebiet 3 erzeugt. Durch ein geeignet eingestelltes
10 Dotierprofil in Abhängigkeit von der Tiefe t von der Oberflä-
che 10 kann das Basisgebiet 3 vorzugsweise an seiner Oberflä-
che 30 zumindest in einem als Kanalgebiet 32 vorgesehenen Ge-
biet mit einer niedrigeren Dotierung ausgebildet werden als
in seinem Übergangsbereich 34 zum Driftgebiet 1. Nun wird in
15 einem zweiten Implantationsschritt in einem die Oberfläche 20
des Sourcegebietes 2 definierenden Teilbereich der Oberfläche
30 des Basisgebietes 3 das Teilgebiet 33 erzeugt. Das Dotier-
profil und die Energie der Ionen werden dabei so eingestellt,
daß das Teilgebiet 33 höher dotiert ist als das Kanalgebiet
20 32. In demselben Oberflächenbereich wie beim zweiten Implan-
tationsschritt wird schließlich in einem dritten Implan-
tationsschritt das Sourcegebiet 2 an der Oberfläche 20 erzeugt.
Das Dotierprofil bei diesem dritten Implantationsschritt ist
durch ein wegen der gewünschten hohen Dotierung des Source-
25 gebietes 2 hohes Maximum unmittelbar an der Oberfläche 20 ge-
prägt und fällt zum darunterliegenden Teilgebiet 33 des Ba-
sisgebietes 3 hin ab. Die Dotierprofile des zweiten und des
dritten Implantationsschrittes werden so aufeinander abge-
stimmt, daß das hoch dotierte Sourcegebiet 2 unmittelbar in
30 das hoch dotierte Teilgebiet 33 übergeht.

Die Reihenfolge der drei Implantationsschritte kann natürlich
auch beliebig vertauscht werden.

35 In der FIG. 3 ist ein Ausführungsbeispiel für die Dotierpro-
file bei einer solchen dreifach implantierten MIS-Struktur in
einer Ausführungsform gemäß FIG. 2 gezeigt. Es ist die Teil-

chenzahl N der Dotierstoffatome pro cm^3 über der von der Oberfläche 10 des Driftgebietes 1 aus gemessenen Tiefe t entlang eines durch Sourcegebiet 2, Basisgebiet 3 und Driftgebiet 1 verlaufenden Schnittes senkrecht zur Oberfläche 10 und damit zur Oberfläche 20 aufgetragen.

Die n -Grunddotierung des Driftgebietes 1 ist mit n_1 bezeichnet und ist über die gesamte Tiefe t im wesentlichen konstant. Die beim ersten Implantationsschritt eingebrachte p -Dotierung für das Basisgebiet 3 ist mit p_1 bezeichnet. Die Dotierung $p_1 = p_1(t)$ in Abhängigkeit von der Tiefe t ist durch ein Maximum (Peak) zwischen einer Tiefe $t = t_{33}$ und einer Tiefe $t = t_{34}$ und einen flachen Verlauf an der Oberfläche zwischen $t = 0$ und einer Tiefe $t = t_{32}$ gekennzeichnet. Zwischen $t = t_{32}$ und dem Maximum steigt die Dotierung $p_1(t)$ kontinuierlich an und fällt zwischen dem Maximum und der Tiefe t_{34} vergleichsweise rasch ab. Bei der Tiefe $t = t_{34}$ unterschreitet die Dotierung $p_1(t)$ die Grunddotierung n_1 des Driftgebietes 1. Die Tiefe t_{34} definiert somit die Grenze des Basisgebietes 3 zum Driftgebiet 1. Durch einen Tiefenbereich um das Maximum der Dotierung $p_1(t)$ ist das höher dotierte p^+ -Übergangsgebiet 34 des Basisgebietes 3 definiert. Es wird jedoch darauf hingewiesen, daß die in den Figuren dargestellten Begrenzungen des Übergangsgebietes 34 oder auch des Teilgebietes 33 des Basisgebietes 3 nur ungefähre Grenzen darstellen. Die bei einem zweiten Implantationsschritt eingebrachte, weitere p -Dotierung für das Basisgebiet 3 ist mit p_2 bezeichnet. Als Funktion $p_2(t)$ der Tiefe t zeigt diese Dotierung p_2 ein ausgeprägtes Maximum zwischen einer Tiefe $t = t_2$ und der Tiefe t_{33} . Bei der Tiefe $t = t_{33}$ stimmen die Dotierungen p_1 und p_2 überein, d.h. $p_1(t_{33}) = p_2(t_{33})$, und bei größeren Tiefen $t > t_{33}$ liegt die zweite Dotierung p_2 deutlich unter der ersten Dotierung p_1 . Für das Sourcegebiet 2 wird in einem dritten Implantationsschritt eine mit n_2 bezeichnete n -Dotierung eingebracht. Diese dritte Dotierung $n_2(t)$ ist in einem Tiefenbereich zwischen $t = 0$ und $t = t_2$ größer als die Summe der beiden p -Dotierungen p_1 und p_2 , ist

bei der Tiefe $t = t_2$ nur noch gleich der Dotierung p_2 , d.h. $n_2(t_2) = p_2(t_2)$, und nimmt für größere Tiefen $t > t_2$ weiter ab. Damit ergibt sich ein hochdotiertes n^+ -Sourcegebiet 2 der Tiefe t_2 .

5

Bei einem in der FIG. 2 nicht dargestellten, senkrecht zur Oberfläche 30 des Basisgebietes 3 durch das Kanalgebiet verlaufenden Schnitt ergibt sich in dieser Ausführungsform ein Dotierungsprofil, das sich aus der Grunddotierung n_1 des Driftgebietes 2 und ferner nur noch der ersten p-Dotierung p_1 zusammensetzt. Im Kanalgebiet 32 ist die Dotierung durch die vorzugsweise weitgehend konstante Dotierung p_1 bestimmt, die für $0 \leq t \leq t_{32}$ vorzugsweise deutlich größer als die Grunddotierung n_1 eingestellt ist. Die einzustellende Tiefe t_{32} des Kanalgebiets 32 ist dabei abhängig von der an der Gateelektrode G angelegten Gatespannung, der Dicke des Isolatorgebietes 5 und der Größe der Dotierung p_1 .

Die maximale Höhe der einzelnen Dotierungen n_1 , n_2 , p_1 und p_2 richtet sich nach den gewünschten Eigenschaften der MIS-Struktur. Im allgemeinen wird das Maximum der Dotierung n_2 für das Sourcegebiet 2 größer gewählt als die beiden Maxima der beiden p-Dotierungen p_1 und p_2 für das Basisgebiet 3. Vorzugsweise wird auch das Maximum der ersten p-Dotierung p_1 für das Übergangsgebiet 34 niedriger gewählt als das Maximum der zweiten p-Dotierung p_2 für das Teilgebiet 33 des Basisgebietes 3. Typische Werte der maximalen Dotierung sind für die n-Dotierung n_2 zwischen 10^{18} cm^{-3} und 10^{21} cm^{-3} , für die erste p-Dotierung p_1 zwischen 10^{16} cm^{-3} und 10^{18} cm^{-3} und die zweite p-Dotierung p_2 zwischen 10^{17} cm^{-3} und 10^{19} cm^{-3} . Die Grunddotierung n_1 wird im allgemeinen zwischen 10^{13} cm^{-3} und $5 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ eingestellt. Die Tiefe t_{32} des Kanalgebietes 32 beträgt im allgemeinen zwischen 0,1 und 1 μm , die Tiefe t_2 des Sourcegebietes 2 im allgemeinen um 0,5 μm , die Tiefe t_{33} des Teilgebietes 33 im allgemeinen zwischen 0,5 μm und 1 μm und die Tiefe t_{34} des Übergangsgebietes 34 im allgemeinen

zwischen 1 μm und 3 μm . Es können allerdings auch kleinere oder größere Tiefen eingestellt werden.

Die Energien für die Ionenimplantationen werden vorzugsweise
5 zwischen 300 keV und 2 MeV eingestellt.

Die Ionenimplantation ist ein besonders geeignetes Verfahren zum Dotieren von SiC, da Diffusionsprozesse in SiC praktisch nicht möglich sind.

10

Das Basisgebiet 3 kann in einer weiteren Ausführungsform auch epitaktisch auf dem Driftgebiet 1 aufgewachsen sein. Eine solche Ausführungsform ist in FIG. 4 dargestellt. In das epitaktisch aufgewachsene Basisgebiet 3 sind durch Ionenimplantation ein Sourcegebiet 2 und ein darunterliegendes Teilgebiet 33 eingebracht. Das Sourcegebiet 2 ist vorzugsweise zusammenhängend, in seinem inneren Bereich ist jedoch durch einen Ätzprozeß ein bis zum Teilgebiet 33 des Basisgebietes 3 hinunterreichendes Kontaktloch 9 erzeugt. Vorzugsweise ist
15 das Sourcegebiet 2 als rotationssymmetrischer Ring ausgebildet. Das Sourcegebiet 2 und das Teilgebiet 33 des Basisgebietes 3 sind über eine sich von der Oberfläche des Sourcegebietes 2 vorzugsweise durch das ganze Kontaktloch 9 sich erstreckende Sourceelektrode S elektrisch miteinander kontak-
20 tiert. Da sich das hoch dotierte Teilgebiet 33 des Basisgebietes 3 bis zur Sourceelektrode S erstreckt, weist diese Ausführungsform einer MIS-Struktur wegen des besonders niedrigen Bahnwiderstandes des Basisgebietes 3 eine besonders hohe Latch-up-Festigkeit auf. Vorzugsweise ist das Basis-
30 gebiet 3 rings um das Sourcegebiet 2 so strukturiert, daß seine Oberfläche 30 dort wenigstens teilweise schräg bis zum Driftgebiet 1 verläuft. Auf der Oberfläche 30 des Basisgebietes 3 ist eine aus Isolatorgebiet 5 und Gateelektrode G gebildete Gatestruktur angeordnet. Das durch die Gateelektrode
35 G steuerbare Kanalgebiet 32 unter diesem Bereich der Oberfläche 30 verläuft dann ebenfalls wenigstens teilweise schräg.

Die Länge des Kanalgebiets 32 hängt somit auch von der Dicke der das Basisgebiet 3 bildenden Epitaxieschicht ab.

Die FIG. 5 zeigt eine zu einem MISFET oder einem IGBT weitergebildete Ausführungsform einer MIS-Struktur. Es sind an einer Oberfläche 10 eines Driftgebietes 1 vorzugsweise mehrere Basisgebiete 3 mit darin implantierten Sourcegebieten 2 angeordnet, von denen in FIG. 5 nur zwei dargestellt sind. Unterhalb jedes Sourcegebietes 2 ist ein höher dotiertes Teilgebiet 33 des Basisgebietes 3 angeordnet. Innerhalb jedes Sourcegebietes 2 ist ein Kontaktloch 9 erzeugt, das bis zum Teilgebiet 33 hinunterreicht. Vorzugsweise ist die Tiefe t_H des Kontaktloches 9 größer als die Tiefe t_2 des Sourcegebietes 2. Die im Kontaktloch 9 freigelegte Oberfläche des Teilgebietes 33 des Basisgebietes 3 ist über eine Sourceelektrode S mit der Oberfläche 20 des Sourcegebietes 2 kontaktiert. Die Sourceelektrode S ist der besseren Übersichtlichkeit halber nur bei dem rechts liegenden Sourcegebiet 2 dargestellt.

Anstelle eines einzigen zusammenhängenden Sourcegebietes 2 können in jedem Basisgebiet 3 auch jeweils zwei vorzugsweise streifenförmige Sourcegebiete 2 vorgesehen sein, die dann vorzugsweise durch das Kontaktloch 9 voneinander getrennt sind. Auf einem Sourcegebiet 2 und Driftgebiet 1 jeweils verbindenden Kanalgebiet 32, das bei einem zusammenhängenden, ringförmigen Sourcegebiet 2 vorzugsweise ebenfalls ein zusammenhängendes Gebiet rings um das Sourcegebiet 2 ist, ist über ein Isolatorgebiet 5 jeweils eine Gateelektrode G angeordnet zum Steuern des Kanalgebiets 32 in seinem elektrischen Widerstand. Zwei unmittelbar benachbarten Basisgebieten 3 ist dabei vorzugsweise eine gemeinsame Gateelektrode G zugeordnet. Das Driftgebiet 1 ist vorzugsweise als epitaktisch aufgewachsene Schicht auf einem Substrat 8 angeordnet. Das Substrat 8 ist mit einem und vorzugsweise demselben Halbleitermaterial wie das Driftgebiet 1 gebildet und vorzugsweise höher dotiert als das Driftgebiet 1.

- An einer vom Driftgebiet 1 abgewandten Oberfläche des Substrats 8 ist eine Drainelektrode D angeordnet. Zwischen dieser Drainelektrode D und den Sourceelektroden S wird die Betriebsspannung für das MIS-Bauelement angelegt. Ein solcher vertikaler Aufbau mit einem im Betrieb im wesentlichen vertikal durch das Driftgebiet 1 und das Substrat 8 fließenden Strom ist besonders für eine Anwendung in der Leistungselektronik mit hohen Strömen und Spannungen geeignet.
- 5
- 10 In einer als MISFET vorgesehenen Ausführungsform dieser MIS-Struktur ist das Substrat 8 vom gleichen Leitungstyp wie das Driftgebiet 1 gewählt, also n-leitend bei n-leitendem Driftgebiet 1 und p-leitend bei p-leitendem Driftgebiet 1.
- 15 In einer als IGBT vorgesehenen Ausführungsform der MIS-Struktur ist das Substrat 8 hingegen vom entgegengesetzten Leitungstyp wie das Driftgebiet 1 gewählt, also p-leitend bei n-leitendem Driftgebiet 1 und n-leitend bei p-leitendem Driftgebiet 1. Zwischen der dann als Kollektor des IGBT vorgesehenen Drainelektrode D und den als Emitter des IGBT vorgesehenen Sourceelektroden S sind bei diesem IGBT drei statt nur zwei p-n-Übergänge wie beim MISFET angeordnet. Dadurch tragen zum Stromtransport im Durchlaßfall beide Ladungsträgertypen, also Löcher und Elektronen, bei (bipolares Bauelement).
- 20
- 25 In einer nicht dargestellten, weiteren Ausführungsform einer MIS-Struktur kann als Driftgebiet 1 ein Halbleitersubstrat vorgesehen sein. Eine Drainelektrode kann in diesem Fall auch an einer von der Oberfläche des Driftgebietes mit Basisgebiet und Sourcegebiet abgewandten Oberfläche des Driftgebietes angeordnet sein.
- 30
- 35 Die Drainelektrode kann in einer weiteren, ebenfalls nicht dargestellten Ausführungsform einer MIS-Struktur auch an derselben Oberfläche des Driftgebietes wie die Sourceelektrode angeordnet sein. Man erhält so einen lateralen Aufbau mit lateral zueinander versetzten Source und Drain.

Schließlich ist in einer vorteilhaften Ausführungsform das mit der Drainelektrode kontaktierte Halbleitergebiet, sei es das Driftgebiet 1 oder das Substrat 8, wenigstens in einem
5 Draingebiet unter dieser Drainelektrode höher dotiert. Dieses Draingebiet ist vorzugsweise ebenfalls durch Ionenimplantation von entsprechenden Donator- oder Akzeptoratomen erzeugt. Durch eine entsprechende Wahl des Leitungstyps des Draingebiets kann man wieder entweder einen lateralen oder vertikalen MISFET oder IGBT erhalten.
10

In FIG. 6 ist nun eine Ausführungsform einer Trench-MIS-Struktur gezeigt. Auf der Oberfläche 10 des n-dotierten Driftgebiets 1 ist das p-dotierte Basisgebiet 3 angeordnet.
15 Das Driftgebiet 1 ist vorzugsweise wieder eine Epitaxialschicht. Das Basisgebiet 3 ist vorzugsweise epitaktisch auf dem Driftgebiet 1 aufgewachsen, kann aber auch durch Ionenimplantation erzeugt sein. In dem Basisgebiet 3 ist wenigstens ein Sourcegebiet 2 implantiert. Das höher dotierte Teilgebiet 33 des Basisgebiets 3 unter dem Sourcegebiet 2 erstreckt sich vorzugsweise bis zur Oberfläche 30 des Basisgebiets 3 neben dem Sourcegebiet 2. Durch das Basisgebiet 3 ist eine Ausnehmung 11 beispielsweise durch Ionenätzen erzeugt, die bis hinunter in das Driftgebiet 1 reicht. Auf der
20 Oberfläche dieser Ausnehmung 11 ist eine Isolatorschicht als Isolatorgebiet 5 angeordnet, vorzugsweise eine dünne thermische Oxidschicht, die bis zum Sourcegebiet 2 reicht. Auf dem Isolatorgebiet 5 ist die Gateelektrode G angeordnet, die beispielsweise aus Metall oder Polysilicium besteht. Die Gateelektrode G ist nun mit einer weiteren Isolatorschicht 6
25 überzogen (buried-gate). In dieser Isolatorschicht 6 sind im Bereich des Sourcegebiets 2 Fenster erzeugt. Durch diese Fenster sind das Sourcegebiet 2 und das Teilgebiet 33 des Basisgebiets 3 über die auf der Isolatorschicht 6 abgeschiedene Sourceelektrode S kontaktiert. Das Kanalgebiet 32 des Basisgebiets 3 verläuft entlang der seitlichen Wände der Ausneh-
30
35

mung 11. Die Ausnehmung 11 kann insbesondere V-förmig oder U-förmig sein.

Anders als in den bisher beschriebenen Ausführungsformen der
5 MIS-Struktur kann sich das höher dotierte Teilgebiet 33 des
Basisgebietes 3 auch nur unter einem Teil des Sourcegebietes
2 erstrecken. Die Latch-up-Festigkeit wird auch bei einem nur
teilweise unterhalb des Sourcegebietes 2 angeordneten höher-
dotierten Teilgebiet 33 des Basisgebiets 3 erhöht. Die Dimen-
10 sionierung des Teilgebiets 33 wird dann der erforderlichen
Latch-up-Festigkeit angepaßt.

Bei allen Ausführungsformen können die Leitungstypen der ein-
zelnen Halbleitergebiete der MIS-Struktur vertauscht werden,
15 d.h. statt der n-dotierten Gebiete p-dotierte Gebiete und
gleichzeitig statt der p-dotierten Gebiete n-dotierte Gebiete
vorgesehen werden. Der Typ der Dotierung ist dann insbeson-
dere auch bei den einzelnen Dotierschritten durch Ionenim-
plantation gerade komplementär zu den beschriebenen Ausfüh-
20 rungsformen zu wählen.

Als Dotierstoffe kommen prinzipiell alle für Siliciumcarbid
(SiC) geeigneten Akzeptor- oder Donatormaterialien in Frage,
beispielsweise zur p-Dotierung Bor (B) oder Aluminium (Al)
25 und zur n-Dotierung Stickstoff (N).

Für die Gateelektrode G und das Isolatorgebiet 5 kommen prin-
zipiell alle gängigen Materialien in Frage. Vorzugsweise wird
jedoch als Isolatormaterial für das Isolatorgebiet 5 Sili-
30 ciumdioxid (SiO_2) gewählt, das vorzugsweise durch thermische
Oxidation oder auch durch einen CVD-Prozeß aufgebracht werden
kann.

Das p^+ -Teilgebiet 33 des Basisgebietes 3 unter dem Source-
35 gebiet 2 ist in einer besonders vorteilhaften Ausführungsform
mit Aluminium (Al) dotiert. Die Aluminiumdotierung dieses
Teilgebiets 33 des Basisgebiets 3 sichert über einen weiten

Temperaturbereich einen geringen lateralen Bahnwiderstand des Basisgebiets 3 unter dem Sourcegebiet 2. Aluminium hat in SiC ein flacheres Akzeptorniveau als Bor und ist stärker ionisiert. Mit Aluminium als Akzeptor kann eine etwa 10 mal höhere Leitfähigkeit in SiC erreicht werden als mit Bor. In den Ausführungsformen, in denen das höher dotierte Teilgebiet 33 des Basisgebietes 3 sich bis zur Sourceelektrode S erstreckt, wird mit der Aluminiumdotierung auch ein besonders guter Kontakt zwischen Basisgebiet 3 und Sourceelektrode S hergestellt.

Das Kanalgebiet 32 des Basisgebiets 3 wird vorzugsweise mit Bor (B) p-dotiert. Die Dotierung ist dabei vorzugsweise deutlich geringer als im Teilgebiet 33. Mit der niedrigen Bor-dotierung im Kanalgebiet 32 erreicht man eine niedrige Schwellspannung der MIS-Struktur. Ein besonderer Vorteil von Bor als Dotierstoff für das Kanalgebiet 32 ist seine chemische Verträglichkeit mit einem insbesondere thermisch erzeugten Oxid für das Isolatorgebiet 5, so daß keine chemischen Reaktionen mit dem Oxid stattfinden. In den Ausführungsformen mit dem höher dotierten Übergangsbereich 34 des Basisgebiets 3 wird auch das Übergangsbereich 34 vorzugsweise mit Bor dotiert. Die in SiC tiefen Akzeptorniveaus des Bor werden in dem Übergangsbereich 34 im Sperrfall vollständig ionisiert und gewährleisten die hohe Sperrfähigkeit der MIS-Struktur.

Das Sourcegebiet 2 ist nun vorzugsweise mit Stickstoff (N) dotiert. Die vorzugsweise weitgehend homogene und hohe Stickstoffdotierung für das Sourcegebiet 2 ermöglicht einen niedrigen Source-Kontaktwiderstand, der unter $10^{-4} \Omega \text{ cm}^2$ liegen kann, und zugleich einen niedrigen Sourcebahnwiderstand in SiC.

Die Dotierung des Basisgebiets 3 mit Bor, des Teilgebiets 33 des Basisgebiets 3 mit Aluminium und des Sourcegebiets 2 mit Stickstoff wird in einer besonders vorteilhaften Ausführungsform durch Dreifachimplantation mit vorzugsweise gemäß FIG. 3

eingestellten Dotierprofilen erzeugt. Die in FIG. 3 mit n_2 bezeichnete Dotierung entspricht dann der Stickstoffdotierung, die mit p_1 bezeichnete Dotierung der Bordotierung und die mit p_2 bezeichnete Dotierung der Aluminiumdotierung.

Patentansprüche

1. Metall-Isolator-Halbleiter (MIS)-Struktur mit
 - a) wenigstens einem Driftgebiet (1),
 - 5 b) wenigstens einem an oder in einer Oberfläche (10) des Driftgebietes (1) angeordneten Basisgebiet (3),
 - c) wenigstens einem Sourcegebiet (2), das durch das Basisgebiet (3) vom Driftgebiet (1) getrennt ist,
 - 10 d) wenigstens einer Sourceelektrode (S), über die das Sourcegebiet (2) und das Basisgebiet (3) elektrisch miteinander kontaktiert sind,
 - e) wenigstens einem das Sourcegebiet (2) und das Driftgebiet (1) verbindenden Kanalgebiet (32) des Basisgebiets (3) und
 - 15 f) wenigstens einer Gateelektrode (G) zum Steuern des elektrischen Widerstandes des Kanalgebietes (32) über ein zwischen Kanalgebiet (32) und Gateelektrode (G) angeordnetes Isolatorgebiet (5),
wobei
 - g) das Driftgebiet (1) und das Sourcegebiet (2) jeweils mit
20 Siliciumcarbid (SiC) eines Leitungstyps und das Basisgebiet (3) mit Siliciumcarbid (SiC) vom entgegengesetzten Leitungstyp gebildet sind und
 - h) in dem Basisgebiet (3) wenigstens ein sich wenigstens
25 teilweise unterhalb des Sourcegebietes (2) erstreckendes und unmittelbar an das Sourcegebiet (2) angrenzendes Teilgebiet (33) vorgesehen ist, das eine höhere Ladungsträgerkonzentration aufweist als das Kanalgebiet (32) des Basisgebietes (3).
- 30 2. MIS-Struktur nach Anspruch 1, bei der das genannte Teilgebiet (33) des Basisgebietes (3) sich unterhalb des gesamten Sourcegebietes (2) erstreckt.
- 35 3. MIS-Struktur nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, bei der das genannte Teilgebiet (33) des Basisgebiets (3) sich bis zur Sourceelektrode (S) erstreckt.

4. MIS-Struktur nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei der das genannte Teilgebiet (33) des Basisgebietes (3) durch Ionenimplantation von Dotierstoffteilchen erzeugt ist.
- 5 5. MIS-Struktur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der das genannte Teilgebiet (33) des Basisgebietes (3) mit Aluminium (Al) dotiert ist.
- 10 6. MIS-Struktur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der wenigstens das Kanalgebiet (32) des Basisgebietes (3) mit Bor (B) dotiert ist.
- 15 7. MIS-Struktur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der das Basisgebiet (3) in einem an das Driftgebiet (1) angrenzenden Übergangsgebiet (34) eine höhere Ladungsträgerkonzentration aufweist als in seinem Kanalgebiet (32).
- 20 8. MIS-Struktur nach Anspruch 7, bei der das Übergangsgebiet (34) des Basisgebiets (3) durch Ionenimplantation von Dotierstoffteilchen in das Basisgebiet (3) erzeugt ist.
- 25 9. MIS-Struktur nach Anspruch 7 oder Anspruch 8, bei der das Übergangsgebiet (34) des Basisgebietes (3) mit Bor (B) dotiert ist.
- 30 10. MIS-Struktur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der das Sourcegebiet (2) durch Ionenimplantation von Dotierstoffteilchen in das Basisgebiet (3) erzeugt ist.
- 35 11. MIS-Struktur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der das Sourcegebiet (2) mit Stickstoff (N) dotiert ist.
12. MIS-Struktur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der das Driftgebiet (1) an einer von seiner Oberfläche (10) abgewandten Seite auf einem Halbleitersubstrat (8) angeordnet ist.

13. MIS-Struktur nach Anspruch 12, bei der das Halbleitersubstrat (8) eine höhere Ladungsträgerkonzentration aufweist als das Driftgebiet (1).
- 5 14. MIS-Struktur nach Anspruch 12 oder Anspruch 13, bei der das Halbleitersubstrat (8) vom gleichen Leitungstyp ist wie das Driftgebiet.
- 10 15. MIS-Struktur nach Anspruch 12 oder Anspruch 13, bei der das Halbleitersubstrat (8) vom entgegengesetzten Leitungstyp ist wie das Driftgebiet (1).
- 15 16. MIS-Struktur nach einem der Ansprüche 12 bis 15, bei der an einer von dem Driftgebiet (1) abgewandten Oberfläche des Halbleitersubstrats (8) eine Drainelektrode (D) angeordnet ist.
- 20 17. MIS-Struktur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der das Isolatorgebiet (5) mit einem Oxid gebildet ist.
18. MIS-Struktur nach Anspruch 17, bei der das Oxid des Isolatorgebiets (5) thermisch erzeugt ist.

1/4

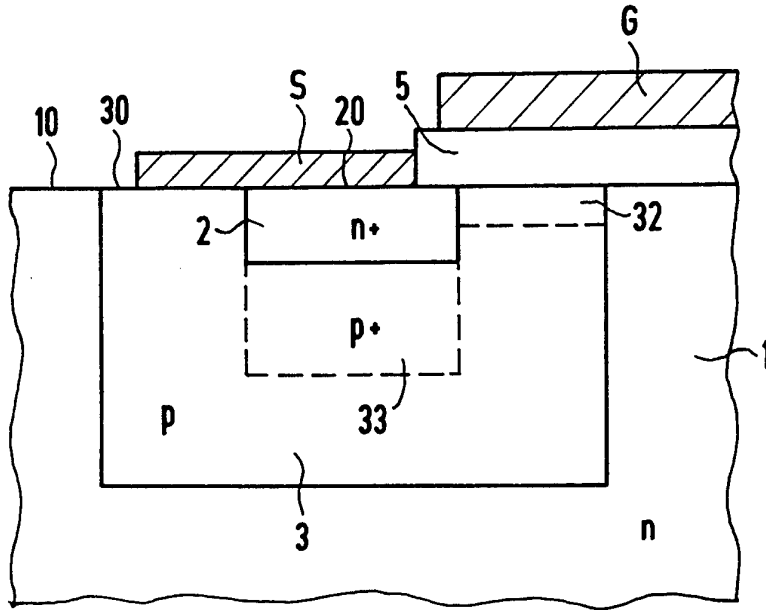


FIG 1

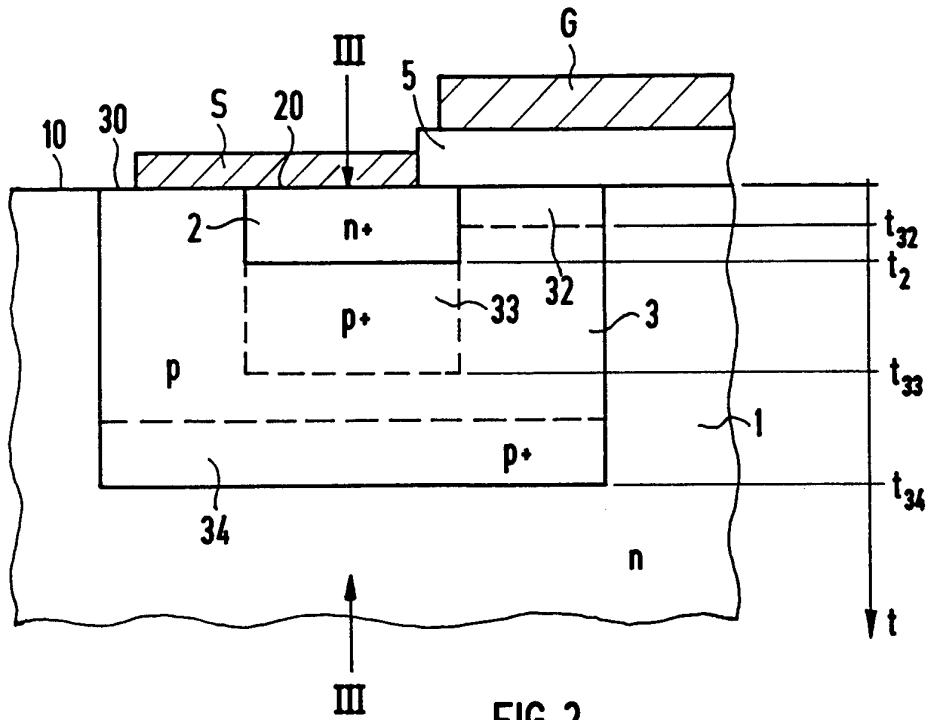


FIG 2

2/4

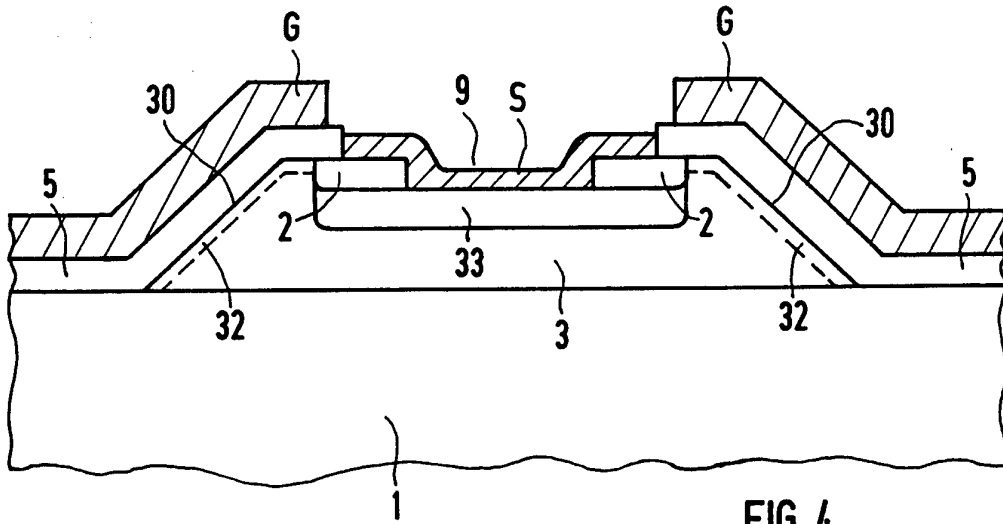


FIG 4

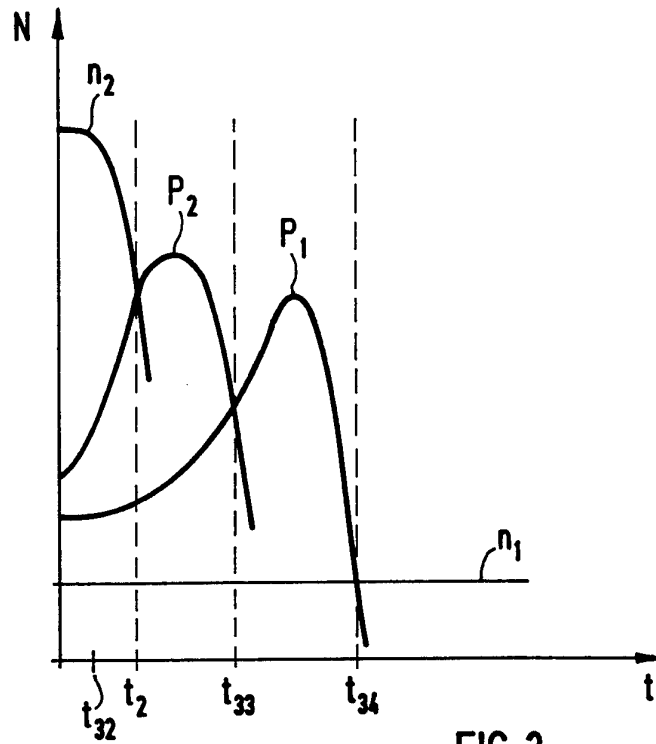


FIG 3

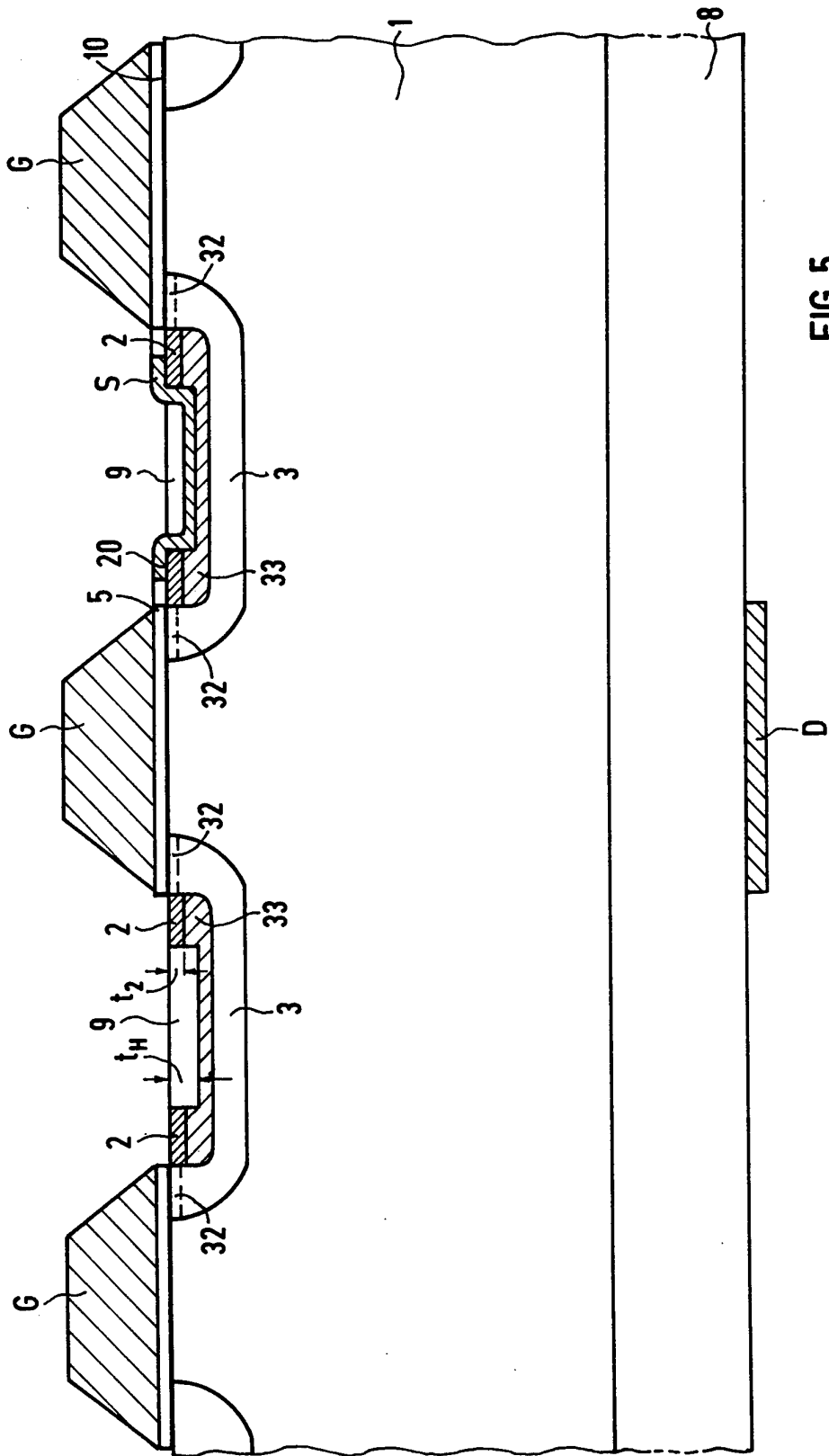


FIG 5

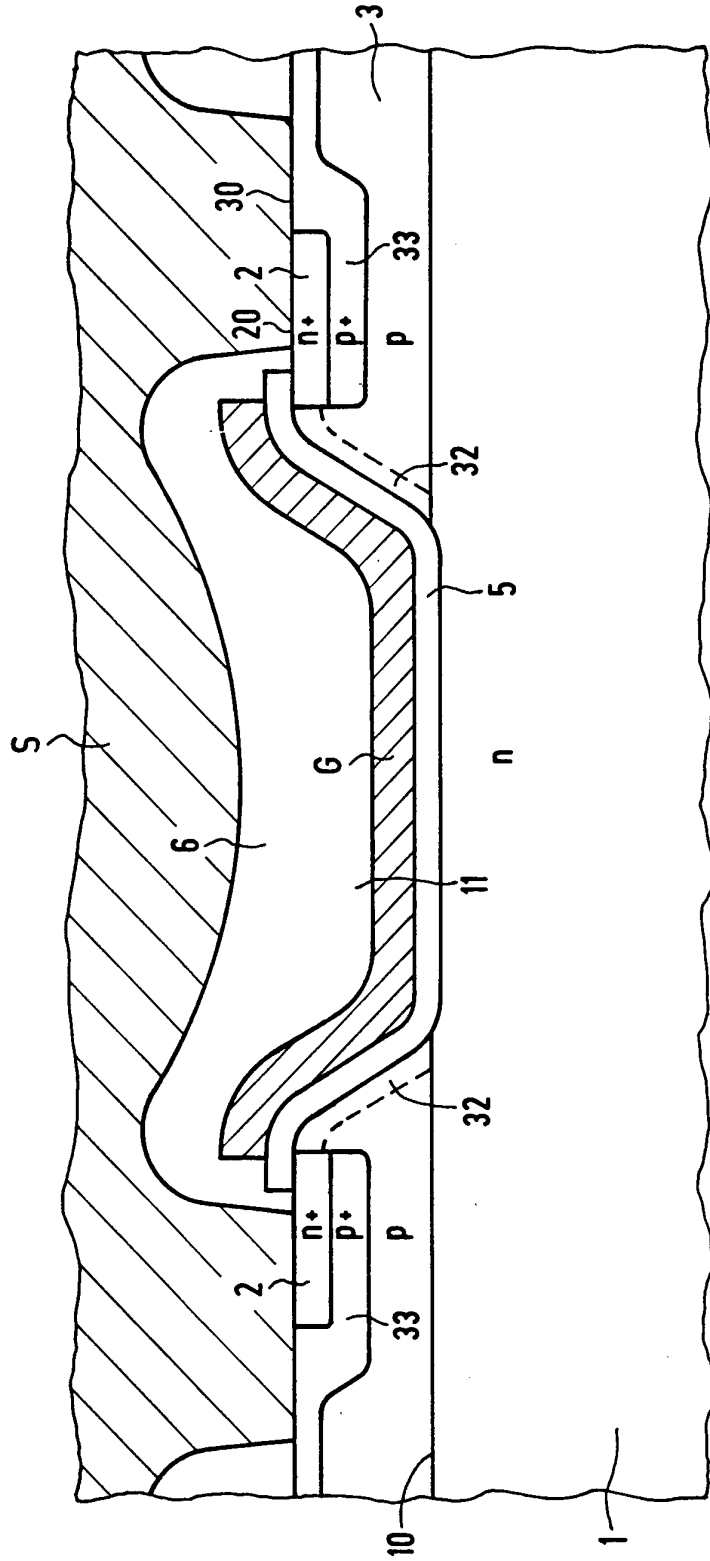


FIG 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intern: il Application No
PCT/EP 95/00679

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 6 H01L29/10 H01L29/24 H01L29/78

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.
Y	EP,A,0 481 153 (CONSORZIO PER LA RICERCA SULLA MICROELECTRONICA NEL MEZZOGIORNO) 22 April 1992 see the whole document ---	1-4, 10, 12-14, 17, 18
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 17 no. 6 (E-1302) ,7 January 1993 & JP,A,04 239778 (FUJI ELECTRIC CO LTD) 27 August 1992, see abstract ---	1-4, 10, 12-14, 17, 18
A	US,A,5 170 231 (FUJII ET AL) 8 December 1992 see column 10, line 40 - column 11, line 43; figure 4 ---	1, 5
-/--		

Further documents are listed in the continuation of box C. Patent family members are listed in annex.

- * Special categories of cited documents :
- | | |
|--|--|
| <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"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)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> | <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"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.</p> <p>"&" document member of the same patent family</p> |
|--|--|

Date of the actual completion of the international search 9 May 1995	Date of mailing of the international search report 17. 05. 95
--	---

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 Mimoun, B
--	--

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intern: il Application No
PCT/EP 95/00679

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	FR,A,2 559 958 (RCA CORPORATION) 23 August 1985 see abstract; figure 2 ---	1,2,4, 12-15
A	PROCEEDINGS OF THE 3RD INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON POWER SEMICONDUCTOR DEVICES AND ICS ISPSD 91, page 195 A. PREUSSGER 'STP - A NEW SMART POWER TECHNOLOGY WITH A FULLY SELF ALIGNED DMOS CELL' ---	1-4,6, 12-14
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 15 no. 165 (E-1061) ,25 April 1991 & JP,A,03 034573 (SHARP CORP) 14 February 1991, see abstract ---	6,10,11, 17,18
A	PROCEEDINGS OF THE 3RD INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON POWER SEMICONDUCTOR DEVICES AND ICS ISPSD 91, page 211 S. ERÄNEN ET AL 'THE VERTICAL IGBT WITH AN IMPLANTED BURIED LAQYER' see the whole document ---	1,7-9
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 17 no. 356 (E-1394) ,6 July 1993 & JP,A,05 055583 (SANYO ELECTRIC CO LTD) 5 March 1993, see abstract ---	1-3,7,8, 10
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 10 no. 42 (E-382) ,19 February 1986 & JP,A,60 196975 (NISSAN JIDOSHA KK) 5 October 1985, see abstract ---	1,7
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 10 no. 158 (E-409) ,6 June 1986 & JP,A,61 013667 (TOSHIBA K.K.) 21 January 1986, see abstract ---	1,7
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 12 no. 375 (E-666) ,7 October 1988 & JP,A,63 122277 (FUJI ELECTRIC CO LTD) 26 May 1988, see abstract ---	1,2
1 A	US,A,5 124 779 (SHARP KABUSHIKI KAISHA) 23 June 1992 see column 5, line 12 - line 55 ---	5,10,11, 17,18
	-/--	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intern. Application No
PCT/EP 95/00679

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP,A,0 296 997 (SGS-THOMSON MICROELECTRONICS S.A.) 28 December 1988 see abstract; figures -----	16

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Intern: d Application No

PCT/EP 95/00679

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP-A-0481153	22-04-92	JP-A- 6112493	22-04-94
		US-A- 5382538	17-01-95
US-A-5170231	08-12-92	JP-A- 4029368	31-01-92
FR-A-2559958	23-08-85	US-A- 4587713	13-05-86
		DE-A- 3505393	29-08-85
		GB-A, B 2154794	11-09-85
		JP-C- 1878094	07-10-94
		JP-B- 6001838	05-01-94
		JP-A- 60202967	14-10-85
US-A- 4837606	06-06-89		
US-A-5124779	23-06-92	JP-A- 3133176	06-06-91
EP-A-296997	28-12-88	FR-A- 2616966	23-12-88
		DE-A- 3873839	24-09-92
		JP-A- 1020666	24-01-89
		US-A- 4890142	26-12-89

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internales Aktenzeichen

PCT/EP 95/00679

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 IPK 6 H01L29/10 H01L29/24 H01L29/78

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchiertes 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*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	EP,A,0 481 153 (CONSORZIO PER LA RICERCA SULLA MICROELECTRONICA NEL MEZZOGIORNO) 22.April 1992 siehe das ganze Dokument ---	1-4, 10, 12-14, 17, 18
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 17 no. 6 (E-1302), 7. Januar 1993 & JP,A,04 239778 (FUJI ELECTRIC CO LTD) 27. August 1992, siehe Zusammenfassung ---	1-4, 10, 12-14, 17, 18
A	US,A,5 170 231 (FUJII ET AL) 8. Dezember 1992 siehe Spalte 10, Zeile 40 - Spalte 11, Zeile 43; Abbildung 4 ---	1, 5
	-/--	

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* 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 9. Mai 1995	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts 17. 05. 95
Name und Postanschrift der Internationale Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+ 31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter Mimoun, B

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	FR,A,2 559 958 (RCA CORPORATION) 23.August 1985 siehe Zusammenfassung; Abbildung 2 ---	1,2,4, 12-15
A	PROCEEDINGS OF THE 3RD INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON POWER SEMICONDUCTOR DEVICES AND ICS ISPSD 91, Seite 195 A. PREUSSGER 'STP - A NEW SMART POWER TECHNOLOGY WITH A FULLY SELF ALIGNED DMOS CELL' ---	1-4,6, 12-14
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 15 no. 165 (E-1061) ,25.April 1991 & JP,A,03 034573 (SHARP CORP) 14.Februar 1991, siehe Zusammenfassung ---	6,10,11, 17,18
A	PROCEEDINGS OF THE 3RD INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON POWER SEMICONDUCTOR DEVICES AND ICS ISPSD 91, Seite 211 S. ERÄNEN ET AL 'THE VERTICAL IGBT WITH AN IMPLANTED BURIED LAQYER' siehe das ganze Dokument ---	1,7-9
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 17 no. 356 (E-1394) ,6.Juli 1993 & JP,A,05 055583 (SANYO ELECTRIC CO LTD) 5.März 1993, siehe Zusammenfassung ---	1-3,7,8, 10
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 10 no. 42 (E-382) ,19.Februar 1986 & JP,A,60 196975 (NISSAN JIDOSHA KK) 5.Oktober 1985, siehe Zusammenfassung ---	1,7
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 10 no. 158 (E-409) ,6.Juni 1986 & JP,A,61 013667 (TOSHIBA K.K.) 21.Januar 1986, siehe Zusammenfassung ---	1,7
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 12 no. 375 (E-666) ,7.Oktober 1988 & JP,A,63 122277 (FUJI ELECTRIC CO LTD) 26.Mai 1988, siehe Zusammenfassung ---	1,2
1 A	US,A,5 124 779 (SHARP KABUSHIKI KAISHA) 23.Juni 1992 siehe Spalte 5, Zeile 12 - Zeile 55 ---	5,10,11, 17,18

	-/--	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Intern: les Aktenzeichen
PCT/EP 95/00679

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP,A,0 296 997 (SGS-THOMSON MICROELECTRONICS S.A.) 28.Dezember 1988 siehe Zusammenfassung; Abbildungen -----	16

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Intern: les Aktenzeichen

PCT/EP 95/00679

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP-A-0481153	22-04-92	JP-A- 6112493	22-04-94
		US-A- 5382538	17-01-95

US-A-5170231	08-12-92	JP-A- 4029368	31-01-92

FR-A-2559958	23-08-85	US-A- 4587713	13-05-86
		DE-A- 3505393	29-08-85
		GB-A, B 2154794	11-09-85
		JP-C- 1878094	07-10-94
		JP-B- 6001838	05-01-94
		JP-A- 60202967	14-10-85
		US-A- 4837606	06-06-89

US-A-5124779	23-06-92	JP-A- 3133176	06-06-91

EP-A-296997	28-12-88	FR-A- 2616966	23-12-88
		DE-A- 3873839	24-09-92
		JP-A- 1020666	24-01-89
		US-A- 4890142	26-12-89
