



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2005 026 408 B3 2007.02.01**

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2005 026 408.5**

(22) Anmeldetag: **08.06.2005**

(43) Offenlegungstag: –

(45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **01.02.2007**

(51) Int Cl.⁸: **H01L 21/328 (2006.01)**

H01L 21/324 (2006.01)

H01L 21/265 (2006.01)

H01L 29/74 (2006.01)

H01L 29/739 (2006.01)

H01L 29/861 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 2 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Infineon Technologies AG, 81669 München, DE

(74) Vertreter:
Westphal, Mussnug & Partner, 80336 München

(72) Erfinder:
Schulze, Hans-Joachim, Dr., 85521 Ottobrunn, DE;
Niedernostheide, Franz-Josef, Dr., 48157 Münster, DE;
Mauder, Anton, Dr., 83059 Kolbermoor, DE;
Barthelmess, Reiner, Dr., 59494 Soest, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:
DE 102 43 758 A1
DE 100 48 165 A1
US 50 75 751 A
US 45 17 582 A

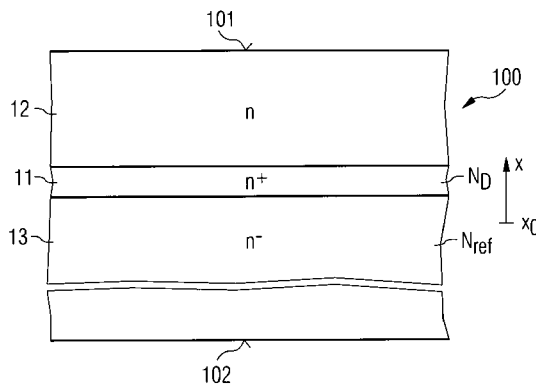
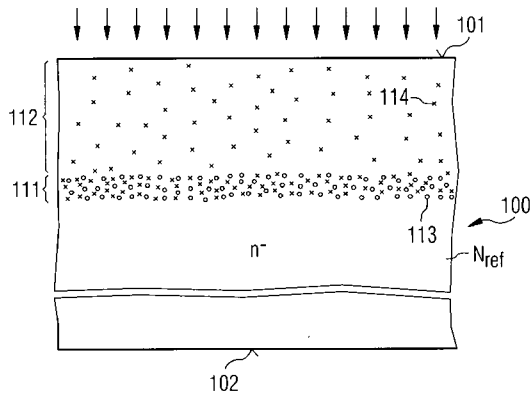
(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Herstellung einer Stopppzone in einem Halbleiterkörper und Halbleiterbauelement mit einer Stopppzone**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer vergrabenen Stopppzone in einem Halbleiterkörper (100) und ein Halbleiterbauelement mit einer Stopppzone. Das Verfahren umfasst die Verfahrensschritte aufweist:

Bereitstellen eines Halbleiterkörpers (100) der eine erste und eine zweite Seite (101, 102) und eine Grunddotierung eines ersten Leitungstyps aufweist,

Bestrahlen des Halbleiterkörpers (100) über eine der Seiten (101, 102) mit Protonen, wodurch Protonen in einen abstand zu der Bestrahlungsseite (101) gelegenen ersten Bereich (111) des Halbleiterkörpers (100) eingebracht werden,

Durchführen eines Temperaturprozesses, bei dem der Halbleiterkörper (100) für eine vorgegebene Zeitdauer auf eine vorgegebene Temperatur aufgeheizt wird, wobei die Temperatur und die Dauer so gewählt sind, dass wasserstoffinduzierte Donatoren sowohl in dem ersten Bereich (111) also auch in einem sich an den ersten Bereich (111) in Richtung der Bestrahlungsseite (101) anschließenden zweiten Bereich (112) erzeugt werden.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Stoppzone bzw. Feldstoppzone in einem Halbleiterkörper und ein Halbleiterbauelement mit einer Stoppzone.

[0002] Es ist bekannt, bei bipolaren Leistungsbaulementen, wie beispielsweise Leistungsdioden, Leistungsthyristoren oder Leistungs-IGBT, die eine vergleichsweise schwach dotierte Basiszone besitzen, eine höher als die Basiszone dotierte Stoppzone in der Basiszone vorzusehen. Diese Stoppzone dient bei sperrendem Bauelement zur Begrenzung des sich in der Basiszone ausbreitenden elektrischen Feldes und verhindert ein Durchgreifen des elektrischen Feldes zu einer sich an die Basiszone anschließenden stärker dotierten Emitterzone. Ein Leistungsbaulement mit einer solchen Stoppzone ist beispielsweise in der DE 100 48 165 A1 beschrieben.

Stand der Technik

[0003] Die US 4,517,582 beschreibt ein vertikales Leistungsbaulement mit einer Stoppzone, die in einer Basiszone beabstandet zu einer Emitterzone angeordnet ist. Zwischen der Stoppzone und der Emitterzone ist eine Zwischenzone angeordnet, in welcher die Dotierungskonzentration ausgehend von der Stoppzone in Richtung der Emitterzone bis auf das Niveau der Dotierungskonzentration der Basiszone abnimmt.

[0004] Die US 5,075,751 beschreibt ein vertikales Halbleiterbauelement mit einer Anodenzone und einer Kathodenzone, zwischen denen eine, beispielsweise durch Protonenimplantation hervorgerufene, Defektzone im Halbleiterkristallgitter vorgesehen ist. Diese Defektzone dient zur Einstellung der Ladungsträgerlebensdauer in dem Bauelement.

[0005] Ein Verfahren zur Herstellung einer n-dotierten Stoppzone in einem Halbleiterkörper ist in der DE 102 43 758 A1 beschrieben. Bei diesem Verfahren werden Protonen in den Bereich des Halbleiterkörpers eingestrahlt, in dem die Stoppzone erzeugt werden soll. An diesen Bestrahlungsschritt schließt sich ein Temperaturverfahren an, bei dem der Halbleiterkörper für eine Zeitdauer zwischen einer Minute und 250 Minuten auf Temperaturen zwischen 250°C und 550°C aufgeheizt wird, um wasserstoffinduzierte Donatoren zu erzeugen.

[0006] Beim Abschalten von bipolaren Leistungsbaulementen ist es grundsätzlich vorteilhaft, wenn der zeitliche Gradient des in der Basiszone fließenden Stromes gegen Ende der Abschaltphase möglichst gering ist, wenn der in der Basiszone fließende Strom also möglichst sanft abnimmt. Spannungen, die während des Abschaltvorgangs in Zuleitungen zu

dem Bauelement an unvermeidlich vorhandenen parasitären Streuinduktivitäten induziert werden, können dadurch minimiert werden.

Aufgabenstellung

[0007] Ziel der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren zur Herstellung einer Stoppzone, die ein sanftes Abschaltverhalten gewährleistet, sowie ein Halbleiterbauelement mit einer solchen, ein sanftes Abschaltverhalten gewährleistenden Stoppzone zur Verfügung zu stellen.

[0008] Dieses Ziel wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und durch ein Halbleiterbauelement mit den Merkmalen des Anspruchs 8 erreicht. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0009] Bei dem Verfahren zur Herstellung einer vergrabenen Stoppzone ist vorgesehen, einen Halbleiterkörper mit einer Grunddotierung eines ersten Leitungstyps, der eine erste und eine zweite Seite aufweist, bereitzustellen und den Halbleiterkörper über eine der Seiten mit Protonen zu bestrahlen, wodurch Protonen in einen beabstandet zu der Bestrahlungsseite gelegenen ersten Bereich des Halbleiterkörpers eingebracht werden. Anschließend wird ein Temperaturprozess durchgeführt, bei dem der Halbleiterkörper für eine vorgegebene Zeitdauer auf eine vorgegebene Temperatur aufgeheizt wird. Die Temperatur und die Zeitdauer dieses Temperaturprozesses, der nachfolgend auch als Ausheilprozess bezeichnet ist, sind dabei so gewählt, dass wasserstoffinduzierte Donatoren sowohl in dem ersten Bereich als auch in einem sich an den ersten Bereich in Richtung der Bestrahlungsseite anschließenden zweiten Bereich erzeugt werden.

[0010] Die Temperatur während dieses Temperaturprozesses beträgt zwischen 200°C und 550°C bei einer Zeitdauer zwischen zwei Stunden und 20 Stunden. Die Zeitdauer des Temperaturprozesses beträgt vorzugsweise zwischen 2,5 Stunden und 12 Stunden, die Temperatur beträgt vorzugsweise zwischen 400°C und 500°C.

[0011] Der Abstand des ersten Bereiches des Halbleiterkörpers, in welchen die Protonen eingebracht werden, von der Bestrahlungsseite ist abhängig von der Bestrahlungsenergie, mit welcher die Protonen eingebracht werden. Der Abstand des Bereiches zu der Bestrahlungsseite, der der Tiefe der späteren Stoppzone ausgehend von dieser Seite entspricht, beträgt zwischen etwa 5% und etwa 40%, vorzugsweise zwischen 10% und 15% der gesamten Dicke des Halbleiterkörpers. Die Dicke des Halbleiterkörpers beeinflusst dabei die Spannungsfestigkeit, also die zulässige Sperrspannung des Bauelements. Bei Silizium als Material des Halbleiterkörpers sollte diese

Dicke zwischen etwa 6 µm und etwa 20 µm, vorzugsweise etwa 11 µm, pro 100V gewünschter Sperrspannung betragen. Für ein beispielhaftes Bauelement mit 13kV Sperrvermögen beträgt eine typische Dicke somit etwa 1500 µm und eine typische Eindringtiefe des Feldstopps etwa 150–250 µm.

[0012] Die Protonen hinterlassen auf ihrem Weg von der Bestrahlungsseite bis in den ersten Bereich Bestrahlungsdefekte in dem Halbleiterkörper.

[0013] Während des Ausheilprozesses diffundieren die Protonen aus dem ersten Bereich, so dass wasserstoffinduzierte Donatoren, zu deren Bildung zum einen die bestrahlungsbedingten Defekte und zum anderen Wasserstoff notwendig sind, auch in dem zwischen der Bestrahlungsseite und dem ersten Bereich gelegenen zweiten Bereich erzeugt werden. Die Dotierungskonzentration der wasserstoffinduzierten Donatoren in dem zweiten Bereich ist dabei abhängig von der Protonenkonzentration, die durch die Diffusion von Protonen aus dem ersten Bereich in Richtung der Bestrahlungsseite erreicht wird. Die aus der Diffusion der Protonen und deren Wechselwirkung mit den Defekten resultierende Donatorkonzentration im zweiten Bereich ist üblicherweise wesentlich geringer als die Donatorkonzentration die durch das Bestrahlungs- bzw. Implantationsverfahren in dem ersten Bereich erreicht wird.

[0014] Die Protonenkonzentration in dem zweiten Bereich ist insbesondere abhängig von der Dauer des Ausheilprozesses und auch von der während des Ausheilprozesses angewendeten Temperatur. Während bei Ausheiltemperaturen von 400°C und höher bereits eine Zeitdauer im Bereich von zwei Stunden ausreichend sein kann um eine nennenswerte Dotierungskonzentration in dem zweiten Bereich zu erreichen, müssen bei niedrigeren Ausheiltemperaturen oder großen Implantationsenergien, die zu einer großen vertikalen Ausdehnung des zweiten Bereiches führen, entsprechend längere Ausheildauern angewendet werden. In dem Bereich des Halbleiterkörpers, der sich an den ersten Bereich auf der der zweiten Seite zugewandten Seite anschließt, tritt keine protoneninduzierte Erhöhung der Grunddotierung auf, da hier keine bestrahlungsbedingten Defekte vorhanden sind und somit ein wesentlicher Bestandteil fehlt, der für die Donatorbildung verantwortlich ist.

[0015] Durch das erfindungsgemäße Verfahren lässt sich eine zweistufige Feldstoppzone erzeugen, die im ersten Bereich stärker als im zweiten Bereich dotiert ist und bei der die Dotierungskonzentration in beiden Bereichen höher als die Grunddotierung des Halbleiterkörpers ist. In einem fertigen Leistungsbaulement, das eine solche Stoppzone aufweist, schließt sich an den schwächer dotierten zweiten Bereich der Stoppzone eine Emitterzone an, die je nach Bauelement n-dotiert oder p-dotiert sein kann. Der

sich an diese Emitterzone anschließende und höher als die Grunddotierung des Halbleiterkörpers dotierte zweite Bereich der Stoppzone bildet während des Abschaltvorganges eines solchen Leistungsbaulementes ein "Plasmareservoir" an Ladungsträgern, so dass während des gesamten Abschaltvorganges ausreichend Ladungsträger zur Verfügung stehen, um den Stromgradienten auch in der Endphase des Abschaltvorganges hinreichend niedrig zu halten. Hierzu sollte der schwächer dotierte zweite Bereich eine ausreichende vertikale Ausdehnung aufweisen. Die Ausdehnung beträgt typischerweise zwischen 4% und etwa 35%, vorzugsweise zwischen 8% und 14% der gesamten Dicke des Halbleiterkörpers.

[0016] Die vorliegende Erfindung wird nachfolgend anhand von Figuren näher erläutert.

[0017] **Fig. 1** veranschaulicht ein erfindungsgemäßes Verfahren zur Herstellung einer zweistufigen Stoppzone in einem Halbleiterkörper.

[0018] **Fig. 2** veranschaulicht den Dotierungsverlauf in dem Halbleiterkörper in **Fig. 1** nach Abschluss des Verfahrens.

[0019] **Fig. 3** zeigt schematisch einen Querschnitt durch eine Leistungsdiode, die eine erfindungsgemäße Stoppzone aufweist.

[0020] **Fig. 4** zeigt schematisch einen Querschnitt durch einen IGBT, der eine erfindungsgemäße Stoppzone aufweist.

[0021] **Fig. 5** zeigt schematisch einen Querschnitt durch einen Leistungsthyristor, der eine erfindungsgemäße Stoppzone aufweist.

[0022] **Fig. 6** zeigt für einen Halbleiterkörper die Abhängigkeit des Abstands zu der Bestrahlungsseite eines Protonen aufweisenden ersten Bereiches und der Standardabweichung der Tiefenverteilung von der Teilchenenergie bei Silizium als Halbleitermaterial.

[0023] In den Figuren bezeichnen, sofern nicht anders angegeben, gleiche Bezugszeichen gleiche Bauelementbereiche mit gleicher Bedeutung.

Ausführungsbeispiel

[0024] Das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung einer zweistufigen Feldstoppzone wird nachfolgend anhand der **Fig. 1a** und **Fig. 1b** erläutert.

[0025] Bezug nehmend auf **Fig. 1a** wird ein Halbleiterkörper **100** bereitgestellt, der beispielsweise aus Silizium besteht und der eine Grunddotierung aufweist. Der Halbleiterkörper **100** weist eine erste Seite **101** und eine zweite Seite **102** auf und wird über eine

der beiden Seiten, in dem Beispiel die erste Seite **101**, mit Protonen bestrahlt. Die Protonen werden während des Bestrahlungsschrittes in einen beabstandet zu der Bestrahlungsseite **101** angeordneten ersten Bereich des Halbleiterkörpers **100** eingebracht. Ein Abstand dieses ersten Bereiches **111** von der Bestrahlungsseite **101** ist abhängig von der Bestrahlungsenergie, mit welcher die Protonenbestrahlung erfolgt. Auch die Abmessungen dieses ersten Bereiches **111** in der vertikalen Richtung sind von der Bestrahlungsenergie abhängig. Dabei gilt, dass die Abmessungen dieses ersten Bereiches **111** in der vertikalen Richtung umso größer sind, je höher die Bestrahlungsenergie ist, je weiter die Protonen also in den Halbleiterkörper **100** eindringen. Das Maximum der Protonenkonzentration in dem ersten Bereich **111** liegt nach Abschluss des Bestrahlungsschrittes in vertikaler Richtung etwa in der Mitte dieses Bereiches **111**.

[0026] In [Fig. 6](#) ist die Eindringtiefe (in μm) der Protonen ausgehend von der Bestrahlungsseite **101** abhängig von der Bestrahlungsenergie (in MeV) aufgetragen bei Verwendung von Silizium als Halbleitermaterial aufgetragen. Die Standardabweichung der Eindringtiefe ist in [Fig. 6](#) in herkömmlicher Weise durch senkrechte Striche über jeweiligen Werten der Bestrahlungsenergie aufgetragen. Wie aus der Kurve ersichtlich ist, lassen sich bei Bestrahlungsenergien von ca. 6 MeV Eindringtiefen der Protonen bis zu 300 μm erreichen. Die Eindringtiefen für kleinere Bestrahlungsenergien sind entsprechend geringer.

[0027] In einem zwischen der Bestrahlungsseite **101** und dem ersten Bereich **111** gelegenen zweiten Bereich **112** des Halbleiterkörpers **100** hinterlassen die Protonen Bestrahlungsdefekte in dem Kristallgitter des Halbleiterkörpers. Diese Defekte sind in [Fig. 1a](#) schematisch als Kreuze dargestellt und mit dem Bezugszeichen **114** bezeichnet. In das Kristallgitter eingebrachte Protonen in dem ersten Bereich **111** sind schematisch durch Kreise dargestellt und mit dem Bezugszeichen **113** bezeichnet. Bestrahlungsdefekte sind selbstverständlich auch in dem ersten Bereich **111** vorhanden, bis in den die Protonen vordringen. Die Konzentration an Bestrahlungsdefekten ist in diesem Bereich höher als die Konzentration der eingebrachten Protonen.

[0028] An den Bestrahlungsschritt schließt sich ein Temperaturprozess bzw. Ausheilprozess an, bei dem der Halbleiterkörper **100** für eine Zeitdauer zwischen zwei Stunden und 20 Stunden, vorzugsweise zwischen 2,5 Stunden und 12 Stunden, auf eine Temperatur zwischen 200°C und 550°C, vorzugsweise zwischen 400°C und 500°C, aufgeheizt wird. Während dieses zwei Stunden oder länger, vorzugsweise 2,5 Stunden und länger, dauernden Temperaturprozess diffundieren Protonen aus dem ersten Bereich **111** in nennenswertem Umfang aus diesem ersten Bereich

111 aus. Des Weiteren werden während des Ausheilprozesses in dem ersten Bereich **111** wasserstoffinduzierte Donatoren durch die während des Bestrahlungsprozesses eingebrachten Protonen gebildet. Die in Richtung der Bestrahlungsseite **101** diffundierenden Protonen führen während des Ausheilprozesses ebenfalls zur Erzeugung wasserstoffinduzierter Donatoren in dem zwischen dem ersten Bereich **111** und der Bestrahlungsseite **101** angeordneten zweiten Bereich **112**, wobei an dieser Erzeugung wasserstoffinduzierter Donatoren in dem zweiten Bereich **112** die aus dem ersten Bereich in Richtung der Bestrahlungsseite **101** diffundierenden Protonen und die in dem zweiten Bereich durch die vorherige Protonenbestrahlung hervorgerufenen Bestrahlungsdefekte beteiligt sind. Während des Temperaturschrittes diffundieren Protonen aus dem ersten Bereich **111** auch in Richtung der der Bestrahlungsseite gegenüberliegenden Seite **102** aus. In dem sich in dieser Richtung an den ersten Halbleiterbereich **111** anschließenden Bereich des Halbleiterkörpers entstehen allerdings keine wasserstoffinduzierten Donatoren, da dort keine zur Bildung solcher Donatoren erforderlichen Bestrahlungsdefekte vorhanden sind.

[0029] [Fig. 1b](#) zeigt den Halbleiterkörper **100** nach Abschluss des Ausheilprozesses. Mit dem Bezugszeichen **11** ist dabei eine hochdotierte n-dotierte erste Halbleiterzone bezeichnet, die im ersten Bereich **111** des Halbleiterkörpers **100** angeordnet ist. Mit dem Bezugszeichen **12** ist eine schwächer als die erste Zone **11** dotierte zweite Halbleiterzone **12** bezeichnet, die im zweiten Bereich **112** des Halbleiterkörpers **100** angeordnet ist.

[0030] [Fig. 2](#) zeigt beispielhaft den Dotierungsverlauf in vertikaler Richtung des Halbleiterkörpers **100**. Der Dotierungsverlauf ist in dem Beispiel ausgehend von einer vertikalen Position x_0 , an welcher der Halbleiterkörper **100** seine Grunddotierung aufweist, in Richtung der Bestrahlungsseite **101** aufgetragen. Die Grunddotierung des Halbleiterkörpers **100** wird nachfolgend mit N_{ref} bezeichnet, während N_D die Dotierungskonzentration in den ersten und zweiten Halbleiterzonen **11**, **12** bezeichnet. In [Fig. 2](#) ist die Dotierungskonzentration N_D in den ersten und zweiten Halbleiterzonen **11**, **12** im Verhältnis zu der Grunddotierung N_{ref} aufgetragen. Die Dotierungskonzentration besitzt in der ersten Halbleiterzone **11** ausgehend von dem die Grunddotierung aufweisenden Halbleiterbereich **13** einen in etwa parabelförmigen Verlauf mit einer maximalen Dotierungskonzentration, die in vertikaler Richtung in etwa in der Mitte der ersten Halbleiterzone **11** liegt. Aufgrund der während des langen Ausheilprozesses stattgefundenen Diffusion von Protonen in Richtung der Bestrahlungsseite **101** nimmt die Dotierungskonzentration in der zweiten Halbleiterzone **12** ausgehend von der ersten Halbleiterzone **11** in Richtung der Bestrahlungsseite **101** in dem Beispiel linear ab. Bei sehr langen Ausheil dau-

ern kann allerdings ein Dotierungsverlauf in der zweiten Halbleiterzone **12** erreicht werden, bei dem die Dotierungskonzentration überall in der zweiten Halbleiterzone **12** annähernd konstant ist oder in der Nähe der Vorderseite **101** sogar wieder ansteigt.

[0031] Die Dotierungskonzentration in der zweiten Halbleiterzone **12** ist wesentlich niedriger als die maximale Dotierungskonzentration in der ersten Halbleiterzone **11**. Diese Dotierungskonzentration in der zweiten Halbleiterzone **12** beträgt bei dem in [Fig. 2](#) dargestellten Dotierungsverlauf weniger als 20% der maximalen Dotierungskonzentration in der ersten Halbleiterzone **11**. Die Dotierungskonzentration in der zweiten Halbleiterzone **12** ist jedoch wesentlich höher als die Grunddotierung und beträgt in dem Beispiel etwa das 20-fache der Grunddotierung.

[0032] Das zuvor erläuterte erfindungsgemäße Verfahren eignet sich zur Herstellung zweistufiger Stoppzonen in beliebigen bipolaren vertikalen Leistungsbauelementen, was nachfolgend anhand der [Fig. 3](#) bis [Fig. 5](#) erläutert wird.

[0033] [Fig. 3](#) zeigt ein als Leistungsdiode ausgebildetes Halbleiterbauelement. Die Diode ist in einem Halbleiterkörper **100** integriert und weist eine n-dotierte Basiszone **13** auf, deren Dotierungskonzentration einer Grunddotierung des Halbleiterkörpers **100** entspricht. An diese Basiszone **13** schließt sich die stark n-dotierte erste Halbleiterzone **11** an, die eine Stoppzone bzw. einen ersten Stoppzonenabschnitt bildet. Die schwächer als die erste Halbleiterzone **11** dotierte zweite Halbleiterzone **12**, die sich an die erste Halbleiterzone **11** anschließt, bildet einen Zwischenzone bzw. einen zweiten Stoppzonenabschnitt **12**. Dieser zweite Stoppzonenabschnitt **12** ist zwischen einer ersten Seite **101** und dem ersten Stoppzonenabschnitt **11** des Halbleiterkörpers angeordnet. Der Halbleiterkörper **11** weist im Bereich dieser ersten Seite **101** einen sehr stark n-dotierten Halbleiterabschnitt **14** auf, der den n-Emitter der Leistungsdiode bildet. Die Donatorkonzentration in diesem den n-Emitter bildenden Halbleiterabschnitt **14** ist erheblich höher als in der den ersten Stoppzonenabschnitt bildenden ersten Halbleiterzone **11**. Der n-Emitter **14** ist durch eine erste Metallisierung **21** kontaktiert, die eine Kathode K der Leistungsdiode bildet.

[0034] Im Bereich einer der ersten Seite **101** gegenüberliegenden Seite des Halbleiterkörpers **100** weist der Halbleiterkörper **100** einen p-dotierten Halbleiterabschnitt **15** auf, der den p-Emitter der Leistungsdiode bildet und der durch eine zweite Metallisierung **22** kontaktiert ist. Diese zweite Metallisierung bildet die Anode A der Leistungsdiode.

[0035] Der stärker dotierte erste Stoppzonenabschnitt **11** bewirkt in bekannter Weise bei sperrendem Bauelement, also dann, wenn eine negative Span-

nung zwischen Anode A und Kathode K anliegt, und wenn sich ausgehend von der p-Basis **15** ein elektrisches Feld in der Basis **13** ausbreitet, dass dieses elektrische Feld bis an den n-Emitter **14** durchgreifen kann und bei Dioden vorzugsweise und bei IGBTs bzw. Thyristoren notwendigerweise bereits im Bereich des zweiten Stoppzonenabschnitts **12** endet.

[0036] Die Vorteile des stärker als die n-Basis **13** jedoch schwächer als der erste Stoppzonenabschnitt **11** dotierten zweiten Stoppzonenabschnitts **12** ergeben sich bei Abschalten des zuvor im leitenden Zustand betriebenen Bauelements, wie nachfolgend erläutert wird. Zur leitenden Ansteuerung der Leistungsdiode wird eine positive Spannung zwischen Anode A und Kathode K angelegt. Wird diese Spannung auf einen negativen Wert abgesenkt, so wird die Diode in den Sperrbetrieb kommutiert. Während des leitenden Zustandes ist in der Basis **13** und in den ersten und zweiten Stoppzonenabschnitten **11**, **12** ein Ladungsträgerplasma vorhanden, das während des Abschaltvorganges zunächst in der Basiszone **13** abgebaut wird. Der zweite Stoppzonenabschnitt **12**, der höher als die Basiszone **13** dotiert ist, bewirkt, dass auch gegen Ende des Abschaltvorganges vor dem n-Emitter **14** ein hinreichend großes Plasmareservoir vorhanden ist, um den Gradienten des Stromflusses durch die Diode auch in der Endphase des Abschaltvorganges hinreichend niedrig zu halten und dadurch ein sanftes Abschaltverhalten der Leistungsdiode zu erzielen.

[0037] Wesentlich für ein solches sanftes Abschaltverhalten ist, dass die Dotierungskonzentration in dem zweiten Stoppzonenabschnitt **12** höher als in der Basiszone ist, wobei diese Dotierungskonzentration vorzugsweise mehr als doppelt so hoch, Idealerweise mehr als zehnmal so hoch wie die Dotierungskonzentration der Basiszone ist. Darüber hinaus muss die Dotierungskonzentration in dem zweiten Stoppzonenabschnitt **12** geringer als die Dotierungskonzentration in dem ersten Stoppzonenabschnitt **11** sein. Die Dotierungskonzentration des zweiten Stoppzonenabschnitts **12** beträgt dabei mehr als 5% der maximalen Dotierungskonzentration in dem ersten Stoppzonenabschnitt **11**, beträgt jedoch weniger als 50% der maximalen Dotierungskonzentration in dem ersten Stoppzonenabschnitt **11**.

[0038] [Fig. 4](#) veranschaulicht die Anwendung einer zweistufigen Stoppzone mit einem stärker dotierten Stoppzonenabschnitt **11** und einem schwächer als der erste Stoppzonenabschnitt jedoch stärker als eine Basiszone **13** dotierten Stoppzonenabschnitt **12** auf einen IGBT. Das Bezugszeichen **31** bezeichnet bei diesem IGBT einen im Bereich der ersten Seite **101** des Halbleiterkörpers **100** angeordneten p-Emitter, der durch eine erste Metallisierung **36**, die nachfolgend als Kathode bezeichnet ist, kontaktiert ist. Das Bezugszeichen **13** bezeichnet, wie bereits bei

der Diode in [Fig. 3](#) die n-Basis des IGBT.

Bezugszeichenliste

[0039] Im Bereich einer zweiten Seite **102** des Halbleiterkörpers **100**, die in dem Beispiel die sogenannte Vorderseite bildet, ist ein Zellenfeld vorhanden, das mehrere p-Basiszonen **32** umfasst, in welchen jeweils n-Emitterzonen **33** angeordnet sind. Zur Ausbildung leitender Kanäle in den p-Basiszonen **32** zwischen den n-Emitterzonen **33** und der n-Basis **13** ist eine Gate-Elektrode **34** vorhanden, die mittels einer Gate-Isolationsschicht **35** isoliert gegenüber dem Halbleiterkörper **100** angeordnet ist. Die n-Emitterzonen **33** sind in grundsätzlich bekannter Weise durch eine zweite Metallisierung **37** kontaktiert, die die Emittierelektrode des IGBT bildet.

[0040] Das Konzept einer zweistufigen Feldstoppzone ist Bezug nehmend auf [Fig. 5](#) auch auf einen Leistungsthyristor anwendbar. Mit dem Bezugszeichen **13** ist in [Fig. 5](#) die n-Basis diese Thyristors bezeichnet, die Bezugszeichen **11** und **12** bezeichnen, wie bereits bei den Bauelementen der [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#), den ersten und zweiten Stoppzonenabschnitt der zweistufigen Stoppzone. Im Bereich der ersten Seite **101** des Halbleiterkörpers **100**, die in dem Beispiel die Rückseite des Thyristors bildet, ist eine p-dotierte Halbleiterzone **41** vorhanden, die den p-Emitter bildet, und die durch eine Metallisierung **46**, die nachfolgend als Kathode K bezeichnet ist, kontaktiert ist.

[0041] Im Bereich einer der ersten Seite **101** gegenüberliegenden Seite **102** weist der Halbleiterkörper **100** bei dem Thyristor eine p-Dotierung **42** auf, die die p-Basis des Bauelements bildet. In dieser p-Basis **42** ist eine n-Emitterzone **43** angeordnet, die durch eine zweite Metallisierung **47**, die eine Emittierelektrode bildet, kontaktiert ist. Der n-Emitter **43** bildet den Hauptemitter des Thyristor und ist durch sogenannte Emitterkurzschlüsse **47** unterbrochen. Im Bereich dieser Emitterkurzschlüsse reicht die p-Basis bis an die Elektrode **47**. Das Bauelement kann in lateraler Richtung symmetrisch zu einer Achse A-A ausgebildet sein und kann in einem sogenannten Zentralbereich eine BOD-Struktur (BOD = Break Over Diode) aufweisen, die dadurch gebildet ist, dass die p-Basis im Zentralbereich stark gekrümmte Abschnitte aufweist. Zwischen der BOD-Struktur und dem n-Hauptemitter **43** können außerdem Verstärkungsstrukturen vorhanden sein, die jeweils einen in die p-Basis eingebetteten Hilfsemmitter **44** und eine den Hilfsemmitter **44** und die p-Basis **42** kontaktierende Hilfselektrode aufweisen. Diese Strukturen werden auch als Amplifying-Gate-Strukturen bezeichnet.

11	erste Halbleiterzone, erster Stoppzonenabschnitt
12	zweite Halbleiterzone, zweiter Stoppzonenabschnitt
13	Halbleiterzone mit Grunddotierung, Basiszone
14	n-Emitter
15	p-Emitter
21, 22	Elektroden
31	p-Emitter
32	p-Basis
33	n-Emitter
34	Gate-Elektrode
35	Isolationsschicht, Gate-Isolation
36, 37	Elektroden
41	p-Emitter
42	p-Basis
43	n-Emitter
44	Hilfsemmitter
45	Abschnitt der p-Basis im Bereich einer BOD-Struktur
46, 47	Elektroden
48	Gate-Elektrode
100	Halbleiterkörper
101	erste Seite, Vorderseite
102	zweite Seite, Rückseite
111	erster Bereich des Halbleiterkörpers
112	zweiter Bereich des Halbleiterkörpers
113	Protonen im ersten Bereich des Halbleiterkörpers
114	Defekte im zweiten Bereich des Halbleiterkörpers
A	Anode
A-A	Achse
E	Emitter
G	Gate
K	Kathode
x_0	vertikale Position
N_{ref}	Grunddotierungskonzentration
N_D	Dotierungskonzentration in der ersten oder zweiten Stoppzone

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer vergrabenen Stoppzone in einem Halbleiterkörper (**100**), das folgende Verfahrensschritte aufweist:
 - Bereitstellen eines Halbleiterkörpers (**100**) der eine erste und eine zweite Seite (**101, 102**) und eine Grunddotierung eines ersten Leitungstyps aufweist,
 - Bestrahlen des Halbleiterkörpers (**100**) über eine der Seiten (**101, 102**) mit Protonen, wodurch Protonen in einen beabstandet zu der Bestrahlungsseite (**101**) gelegenen ersten Bereich (**111**) des Halbleiterkörpers (**100**) eingebracht werden,
 - Durchführen eines Temperaturprozesses, bei dem der Halbleiterkörper (**100**) für eine vorgegebene Zeitdauer auf eine vorgegebene Temperatur aufgeheizt

wird, wobei die Temperatur und die Dauer so gewählt sind, dass wasserstoffinduzierte Donatoren sowohl in dem ersten Bereich (111) also auch in einem sich an dem ersten Bereich (111) in Richtung der Bestrahlungsseite (101) anschließenden zweiten Bereich (112) erzeugt werden und dass die Dotierungskonzentration in dem zweiten Bereich (112) größer als 5% der maximalen Dotierungskonzentration in dem ersten Bereich und kleiner als 50% der maximalen Dotierungskonzentration in dem ersten Bereich ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Temperatur zwischen 200°C und 550°C und die Dauer zwischen 2 Stunden und 20 Stunden beträgt.

3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem die Dauer zwischen 2,5 Stunden und 12 Stunden beträgt.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, bei dem die Temperatur zwischen 400°C und 500°C beträgt.

5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei der die Bestrahlungsenergie der Protonen so gewählt wird, dass der Abstand des ersten Bereiches (111) zu der Bestrahlungsseite zwischen 1 und 250 µm beträgt.

6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem die Bestrahlungsenergie der Protonen abhängig von einer Dicke des Halbleiterkörpers (100) so gewählt wird, dass der Abstand des ersten Bereiches (111) zu der Bestrahlungsseite zwischen 5% und 40% der Dicke des Halbleiterkörpers (100) beträgt.

7. Verfahren nach Anspruch 6, bei dem die Bestrahlungsenergie so gewählt ist, dass der Abstand des ersten Bereiches (111) zu der Bestrahlungsseite zwischen 10% und 15% der Dicke des Halbleiterkörpers (100) beträgt.

8. Halbleiterbauelement, das folgende Merkmale aufweist:

- einen Halbleiterkörper (100) mit einer ersten und einer zweiten Seite (101, 102),
 - eine im Bereich einer der Seiten angeordnete Emitterzone (14; 31; 41),
 - eine in einer vertikalen Richtung des Halbleiterkörpers beabstandet zu der Emitterzone (14; 31; 41) angeordnete Stoppzone (11) eines ersten Leitungstyps,
 - eine zwischen der Stoppzone (11) und der Emitterzone (14; 31; 41) angeordnete Zwischenzone (12) des ersten Leitungstyps,
 - eine sich an die Stoppzone (11) anschließende Basiszone (13) des ersten Leitungstyps, die schwächer als die Stoppzone (11) und die Zwischenzone (12) dotiert ist,
- dadurch gekennzeichnet, dass die Dotierungskonzentration in der Zwischenzone (12) größer als 5% der maximalen Dotierungskon-

zentration in der Stoppzone (11) und kleiner als 50% der maximalen Dotierungskonzentration in der Stoppzone (11) ist.

9. Halbleiterbauelement nach Anspruch 8, bei dem die Dotierungskonzentration der Zwischenzone (12) mehr als doppelt so hoch ist wie die Dotierungskonzentration in der Basiszone (13).

10. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 8 oder 9, bei dem ein Abstand der Stoppzone (11) zu der einen Seite zwischen 5% und 40% der Dicke des Halbleiterkörpers (100) beträgt.

11. Halbleiterbauelement nach Anspruch 10, bei dem ein Abstand der Stoppzone (11) zu der einen Seite zwischen 10% und 15% der Dicke des Halbleiterkörpers (100) beträgt.

12. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 8 bis 11, bei dem eine Abmessung der Zwischenzone (12) in einer vertikalen Richtung des Halbleiterkörpers (100) zwischen 4% und 35% der Dicke des Halbleiterkörpers (100) beträgt.

13. Halbleiterbauelement nach Anspruch 12, bei dem die Abmessung der Zwischenzone (12) in der vertikalen Richtung des Halbleiterkörpers (100) zwischen 4% und 35% der Dicke des Halbleiterkörpers (100) beträgt.

14. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 8 bis 13, bei dem die Stoppzone (11) und die Zwischenzone (12) wasserstoffinduzierte Donatoren aufweisen.

15. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 8 bis 14, bei dem die Emitterzone (14) vom gleichen Leitungstyp wie die Stoppzone (11) und die Zwischenzone (12) ist.

16. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 8 bis 14, bei dem die Emitterzone (31; 41) komplementär zu der Stoppzone (11) und der Zwischenzone (12) dotiert ist.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

FIG 1a

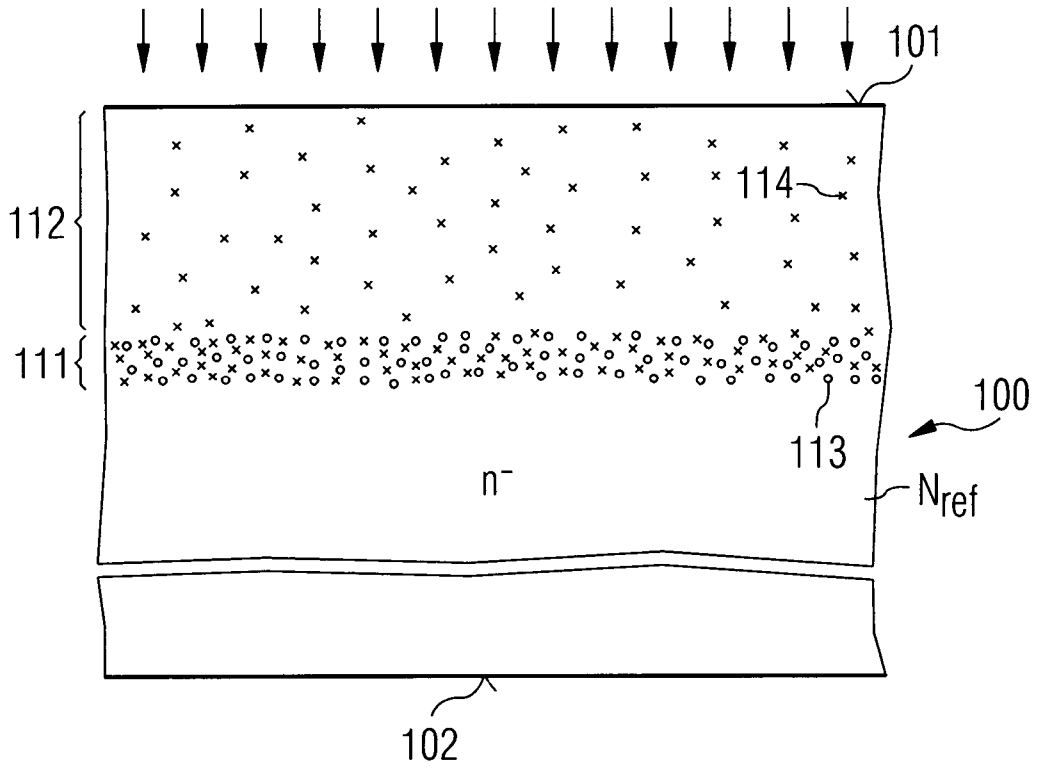


FIG 1b

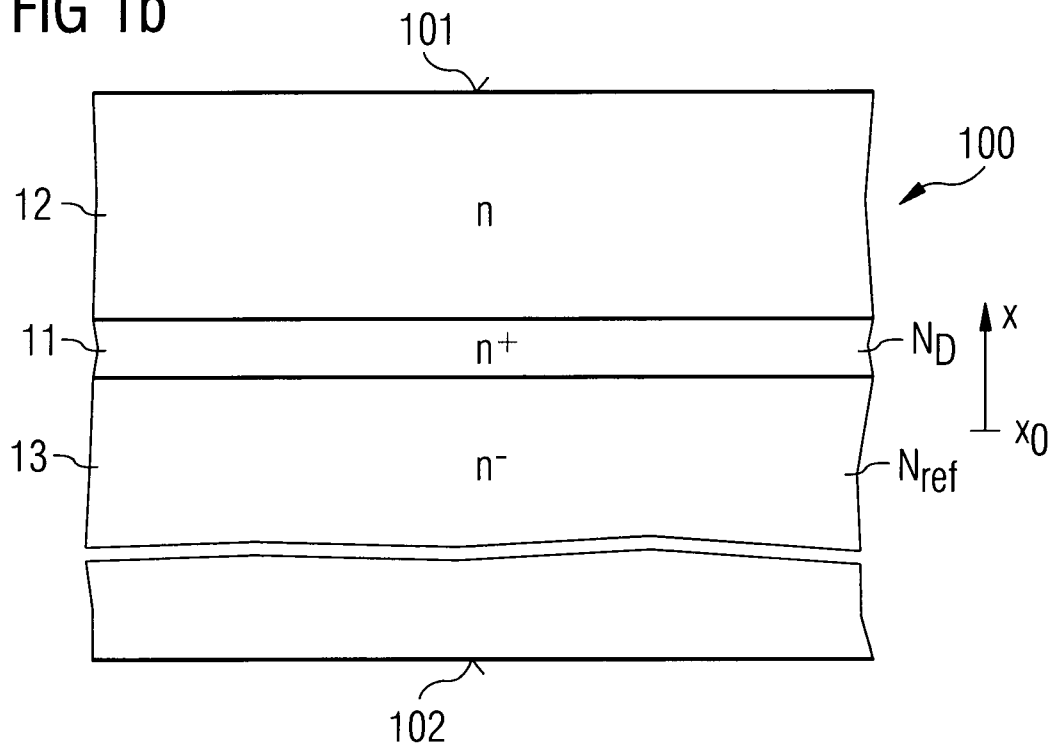


FIG 2

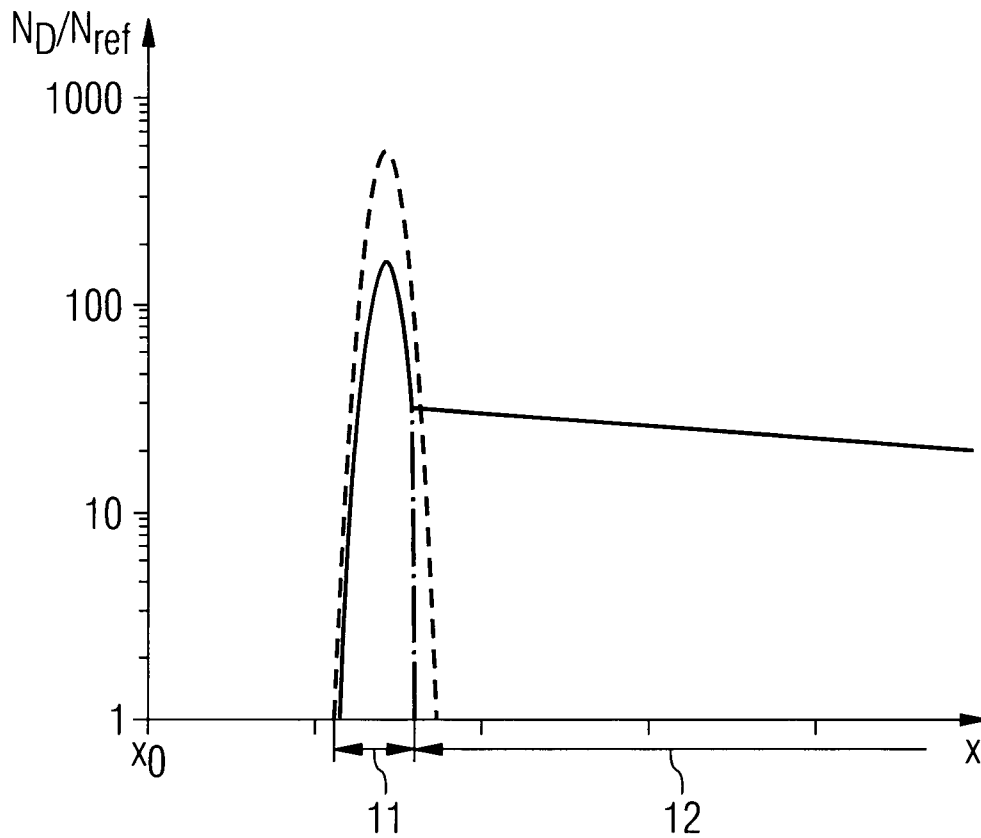


FIG 6

Protonenverteilung (Reichweite +/- Standardabweichung) abhängig von der Teilchenenergie

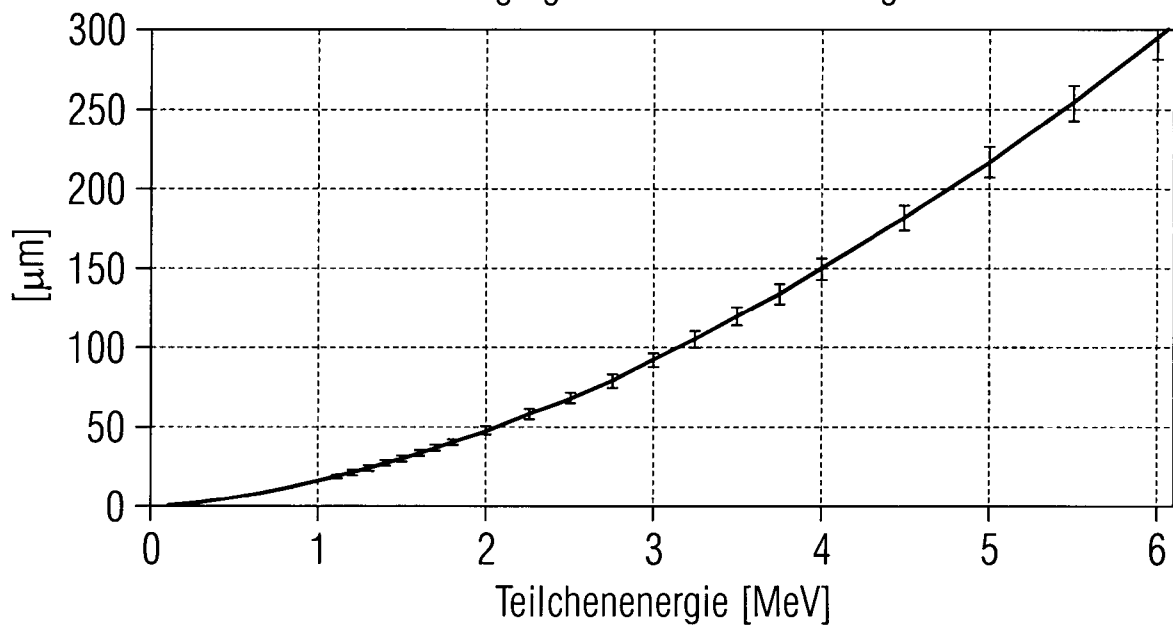


FIG 4

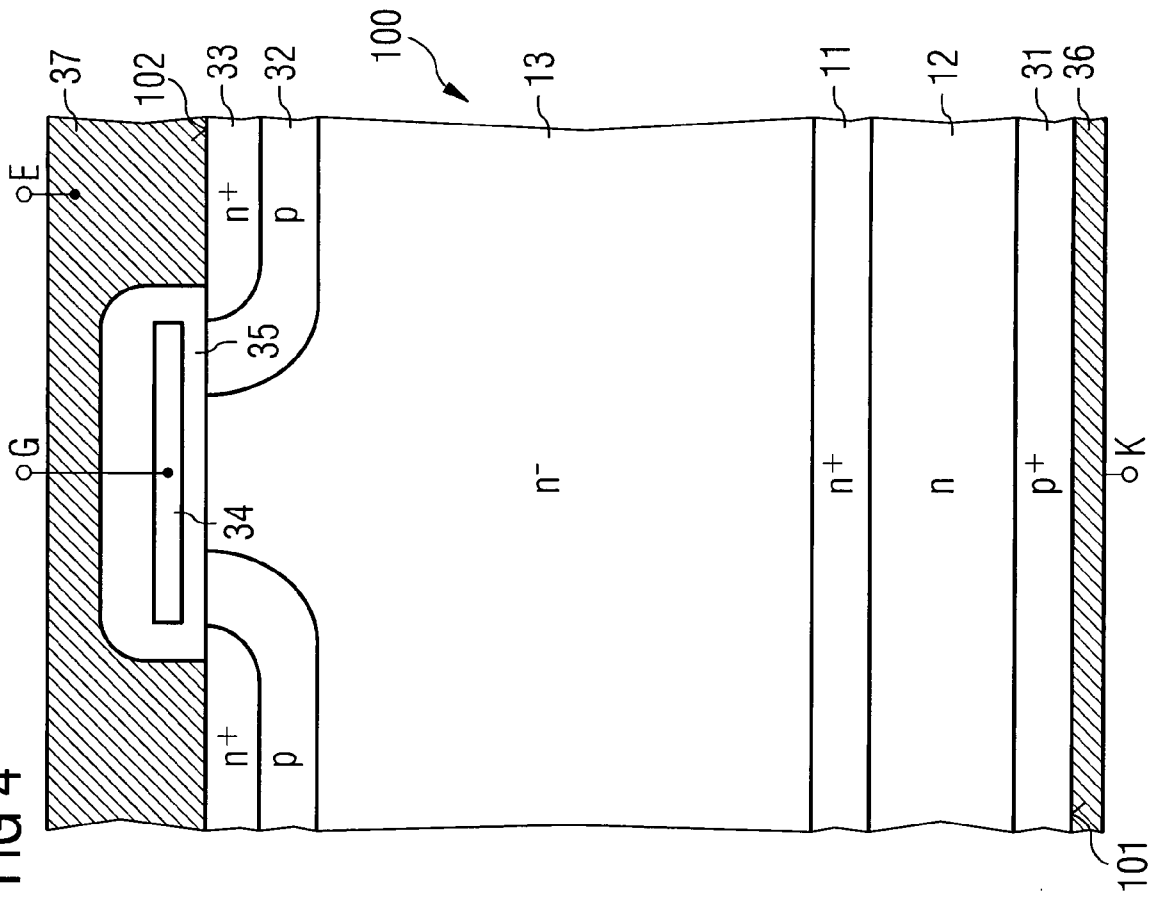


FIG 3

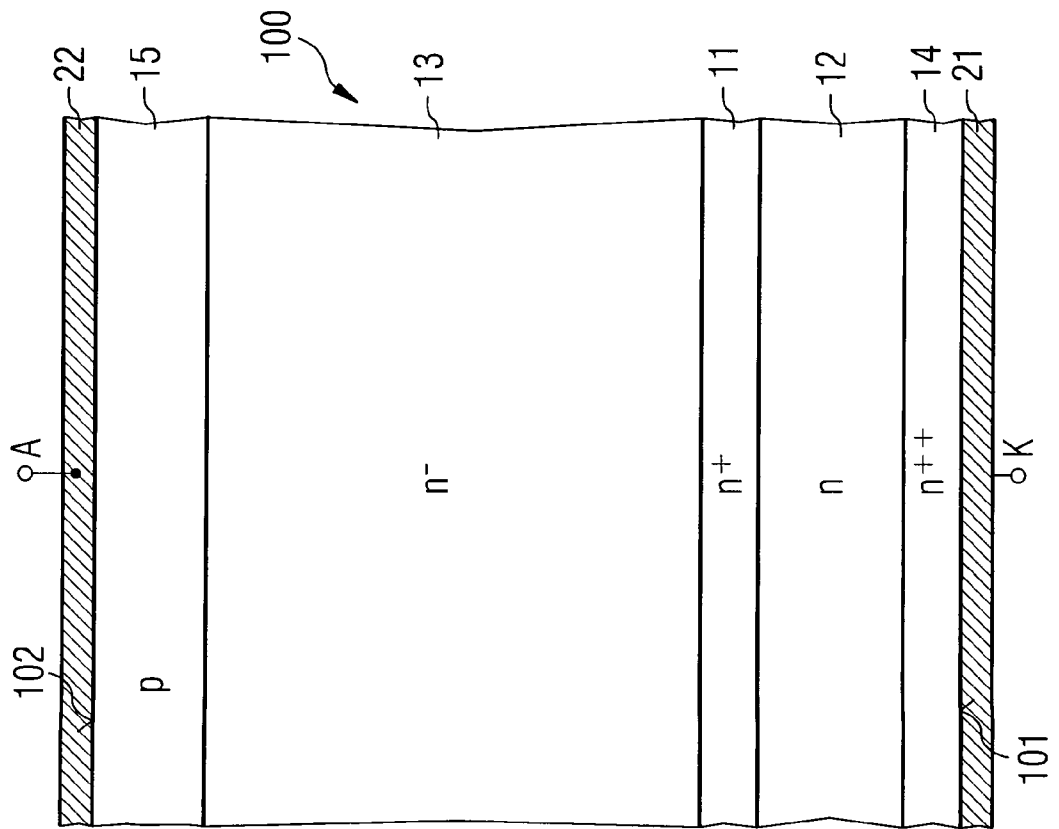


FIG 5

