

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3692157号  
(P3692157)

(45) 発行日 平成17年9月7日(2005.9.7)

(24) 登録日 平成17年6月24日(2005.6.24)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

F I

H O 1 L 29/78

H O 1 L 29/78 6 5 5 C

H O 1 L 29/74

H O 1 L 29/78 6 5 5 B

H O 1 L 29/74 F

請求項の数 3 (全 6 頁)

<p>(21) 出願番号 特願平6-305227                  (22) 出願日 平成6年12月8日(1994.12.8)                  (65) 公開番号 特開平7-202180                  (43) 公開日 平成7年8月4日(1995.8.4)                  審査請求日 平成13年6月15日(2001.6.15)                  (31) 優先権主張番号 P4341879.1                  (32) 優先日 平成5年12月8日(1993.12.8)                  (33) 優先権主張国 ドイツ(DE)</p>	<p>(73) 特許権者 390039413                  シーメンス アクチエンゲゼルシャフト                  Siemens Aktiengesellschaft                  ドイツ連邦共和国 D-80333 ミュンヘン ヴィッテルスバッハープラッツ 2                  (74) 代理人 100061815                  弁理士 矢野 敏雄                  (74) 代理人 100094798                  弁理士 山崎 利臣                  (74) 代理人 230100044                  弁護士 ラインハルト・アインゼル</p>
---	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 可制御のパワー半導体素子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

各 1 つの陰極端子 ( K ) とゲート端子 ( G ) を有する陰極側ストラクチャ ( 4 , . . . 8 ) n<sup>-</sup> ベースゾーン ( 1 )、n バッフアゾーン ( 2 )、陽極端子 ( A ) と導電接触されている P エミッタゾーン ( 3 ) がこの順序に設けられている形式の可制御のパワー半導体素子において、n バッフアゾーンが厚さ 20 μm ~ 80 μm および、陽極側の縁におけるドーピング濃度  $8 \times 10^{13} \sim 5 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$  を有し、P エミッタゾーンが厚さ 400 ~ 1000 nm および、陽極側の縁におけるドーピング濃度  $10^{17} \sim 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  を有し、n<sup>-</sup> ベースゾーン ( 1 ) が 10 μs より大きい値の電荷担体寿命を有することを特徴とする可制御のパワー半導体素子。

10

【請求項 2】

可制御のパワー半導体素子が絶縁されたゲート ( IGBT ) を有するバイポーラトランジスタを構成し、陰極側のストラクチャ ( 4 , . . . 6 ) が少なくとも 1 つの n<sup>+</sup> ドーピング領域 ( 5 ) を有し、該 n<sup>+</sup> ドーピング領域 は P<sup>+</sup> ドーピング領域 により n<sup>-</sup> ベースゾーン ( 1 ) から分離されており、少なくとも 1 つのゲート電極がゲート端子 ( G ) と接続されていて、n<sup>+</sup> ドーピング領域 ( 5 ) の一部、P<sup>+</sup> ドーピング領域 ( 6 ) の一部、n<sup>-</sup> ベースゾーン ( 1 ) の一部を橋絡し、ゲート電極がこれらの領域と n<sup>-</sup> ベースゾーンから絶縁層 ( 4 ) により分離されている、請求項 1 記載の可制御のパワー半導体素子。

【請求項 3】

可制御のパワー半導体素子はサイリスタを構成し、陰極側ストラクチャ ( 7 , 8 ) は P ド

20

ーピングゾーン(8)を有し、該Pドーピングゾーンはゲート端子(G)と接続されており、

該Pドーピングゾーン内に $n^+$ ドーピング領域(7)が設けられており、該 $n^+$ ドーピング領域(7)が、陰極端子(K)と導電接続されている電極と、導電接続されている、請求項1記載の可制御の半導体素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】

本発明は請求項1の上位概念に示された可制御のパワー半導体素子に関する。

【0002】

【従来の技術】

この種の可制御の半導体はIEEE - Paper, 5th International Symposium on Power Semiconductor Devices and IC's 書名 "A High Power IGBT Module For Traction Motor Drive" M. Mori 他、著。(287~291ページ)に示されている。例えばIGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)およびサイリスタのような可制御のパワー半導体の場合、例えば $n^+$ バッファゾーンが $n^-$ ベースゾーンとPEミッタとの間に設けられることが多い。何故ならばこれにもとづいて空間電荷ゾーンの制限が可能となりベースが一層短かく形成され、これにより一層小さい順方向抵抗が得られるからである。保持傾向を小さくして降伏電圧を高める目的で、 $n^-$ ベースにおける電荷担体の寿命を例えば白金拡散または電子ビーム照射により短かくされる。しかしこれにより、可制御のパワー半導体素子の遮断の際に、不利に温度に依存するいわゆる電流消滅縁(Tail-Ström)が現われる。

【0003】

【発明の解決すべき課題】

本発明の課題は、遮断の際に、実質的に温度に依存しない電流消滅縁の現われる、低い順方向電圧と高い降伏電圧を有するパワー半導体素子を提供することである。

【0004】

【課題を解決するための手段】

この課題は本発明の請求項1の特徴部分の構成により解決されている。

【0005】

【発明の効果】

本発明の利点は、 $n$ バッファ層が設けられているにもかかわらず、例えば白金拡散または電子ビーム照射による電荷担体の寿命の低下が必要とされず、さらにこの可制御のパワー半導体素子を広い電流と電圧範囲のために簡単に製造可能となる。

【0006】

請求項2と3の構成により本発明のパワー半導体素子の有利な構成が可能となる。

【0007】

次に本発明の実施例を図面を用いて説明する。

【0008】

【実施例】

図1に本発明による、IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)の形式の可制御のパワー半導体素子が示されている。この半導体素子においては陰極側ストラクチャ4...6、 $n^-$ ベースゾーン1、 $n$ バッファゾーン2とPEミッタゾーン3がこの順に設けられている。陰極側ストラクチャ4...6は次のように構成されている。即ち少なくとも1つの $n^+$ ドーピング領域5が $P^+$ ドーピング領域により $n^-$ ベースゾーン1から分離されており、さらに $P^+$ ドーピング領域6が陰極端子Kと接触接続されており、ならびにゲート端子Gと接続されている少なくとも1つのゲート電極が、 $n^+$ ドーピング領域5の一部、 $P^+$ ドーピング領域6の一部、および $n^-$ ベース

10

20

30

40

50

ゾーン1の一部を被う。この場合、ゲート電極はn<sup>-</sup>ベースゾーンのこの領域から絶縁層4により分離されている。Pエミッタゾーン3は陽極端子Aと導電接続されている。

【0009】

陰極側のストラクチャに関する寸法とドーピング濃度は従来のIGBTのそれらに相応する。

【0010】

n<sup>-</sup>ベースゾーン1の厚さは通常のように約100 μm/kVに選定され、さらにドーピング濃度は代表的には $8 \times 10^{12} \sim 10^{14} \text{ cm}^{-3}$ である。代表的な遮断電圧値3kVの場合、n<sup>-</sup>ベースの長さは、したがって実質的にサブストレートの厚さも約300 μmである。

10

【0011】

本発明によるIGBTの場合、nバッファゾーン2は約20~80 μmの厚さを有し、さらに陽極側の縁においてドーピング濃度 $8 \times 10^{13} \sim 5 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$ を有する。Pエミッタ3は、400~1000 nmの厚さ、代表的には600 nmを有する公知の素子と比較して著しく平らに構成されていて、さらに陽極側の縁においてドーピング濃度 $10^{17} \sim 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ を有する。

【0012】

n<sup>-</sup>ベースゾーン1の電荷担体の寿命はいずれの場合も10 μsecより大きく、代表的な値として約80 μsecを有する、何故ならば付加的な再結合中心が設けられていないからである。この場合、電荷担体の寿命の増加は電荷担体密度へほとんど影響しない、何故ならばこの電荷担体密度は既に高いレベルに設けられているからである。

20

【0013】

この場合、nバッファゾーン2のドーピングは、これが平らなPエミッタ3の注入特性へ著しくわずかな影響しか影響を与えない位に、低く選定されている。エミッタ3のドーピング材料の量は、エミッタ3においては電荷担体の再結合が行なわれず、金属接触部において行なわれるように、低く選定されている。その結果、層2と3の間の閾値電圧は、公知のパワー半導体素子とは異なり、温度に依存せずさらに電荷担体の寿命が著しく長く選定可能になる。これにより本発明の半導体素子は温度変化に対して実質的に感応しなくなり、電流消滅縁が温度にほとんど依存しなくなる。しかしnバッファゾーン2のこのドーピングは、空間電荷ゾーンの、Pエミッタ迄のいわゆる進入が回避されるのに十分である。これにより、著しく高い遮断電圧の場合もn<sup>-</sup>ベースにおけるオーム損失がわずかになる、何故ならばバッファ層2にもとづいてベースの長さを短かくできるからである。

30

【0014】

図2に本発明によればサイリスタの形式のパワー半導体素子が示されている。この半導体素子は陰極側のストラクチャ7, 8だけが、図1に示された本発明によるパワー半導体素子とは異なる。陰極側のストラクチャ8はゲート端子と接続されているPドーピングゾーンから成り、この中へn<sup>+</sup>ドーピング領域7が設けられている。n<sup>+</sup>ドーピング領域7は、陰極端子Kと導電接続されている電極と接触接続されている。

【0015】

本発明による可制御のパワー半導体エレメントの本発明による製造法を説明する目的で、図3に製造過程の中間物が示されている。これは順にn<sup>-</sup>ドーピングゾーン1, n<sup>-</sup>ドーピングゾーン2 および支持層9から成る。通常は層1, 2 と9はシリコンから成り、支持層9はドーピングされないかまたは任意のドーピング度を有することができる。代表的には層1 と2 は合計で約300 μmであり、支持層も同じく約300 μmの厚さである。

40

【0016】

パワー半導体素子における通常の値の直径を有するディスクは、この厚さにおいて良好には処理できないため、支持層9(支持ウエハ)を有するバッファ層2 は両方の層の間の接触面10においていわゆる“直接ウエハ-ボンディング”により接続される。

【0017】

50

このための詳細なデータは「Japanese Journal of Applied Physics, 第27巻, No12, 11, 1988, L2364 - L2366」に示されている。

【0018】

本発明による可制御のパワー半導体素子の製造において、 $n^-$ ドーピングシリコンサブストレート1 から成るディスクが出発材料として用いられる。 $n$ バッファ層2 はエピタキシャル成長により、または例えばりん原子の $n^-$ サブストレートへの拡散化により生成される。続いて図3に示されている様に、 $n^-$ ドーピングシリコンサブストレートから成るディスクと別のディスク9 - これは支持体サブストレートとして用いられる - との接続が行なわれる。接続されたディスク1 と9は十分な厚さを有し、そのため次の工程ステップへそれぞれの陰極側ストラクチャの生成のために案内できる。それぞれの陰極側のストラクチャの生成は、公知の様に例えば拡散により行なわれる。この別のディスクは支持体サブストレートとしてだけ用いられるため、この別のディスクは陰極側のストラクチャの生成後は切削により除去される。切削工程の後に、表面特性の改善の目的でエッチングステップが後続する。最後に、切削され必要に応じてエッチングされた表面から、注入によりPエミッタゾーン3が生成される。この注入は公知の様な行なわれる。

10

【0019】

図4に遮断後の0 ~ 5  $\mu$ secの間の時間間隔における負荷電流Iの時間経過がダイヤグラムで示されている。電流経過11..14が記入されている。曲線11は温度 $T = 300$  Kにおける対比される従来のパワー半導体素子に相応し、曲線12は温度 $T = 400$  Kにおける対比される従来のパワー半導体素子に相応する。曲線13は温度 $T = 300$  Kにおける本発明によるパワー半導体素子に相応し曲線14は温度 $T = 400$  Kにおける本発明による半導体素子に、相応する。明瞭に示されている様に、曲線13と14は曲線11と12よりも著しく迅速に値ゼロへ消滅する。さらに曲線13と14は、曲線11と12と比較して、実質的に同一である、即ち温度には依存しない。曲線12においては著しく緩慢な電流消滅が生じており、消滅の開始そのものが曲線11の場合よりも遅く行なわれる。

20

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明による、IGBTの形式のパワー半導体素子の断面図である。

【図2】 本発明による、サイリスタの形式のパワー半導体素子の断面図である。

30

【図3】 本発明によるパワー半導体素子の製造の際の中間段階製品の断面図である。

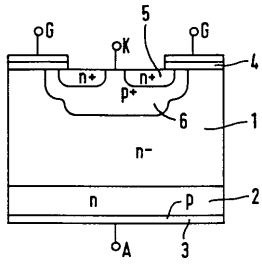
【図4】 本発明によるパワー半導体素子と公知の半導体素子の、2つの相異なる温度における電流/時間ダイヤグラム図である。

【符号の説明】

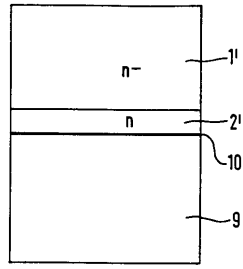
- 1  $n^-$  ベースゾーン
- 2  $n$  バッファゾーン
- 3 Pエミッタゾーン
- 4 絶縁層
- 5  $n^+$  ドーピング領域
- 6  $P^+$  ドーピング領域
- 7  $n^+$  ドーピング領域
- 9 支持層
- 10 接触接続面

40

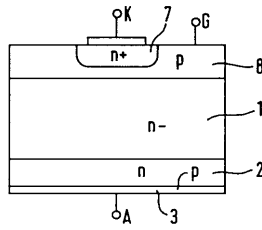
【 図 1 】



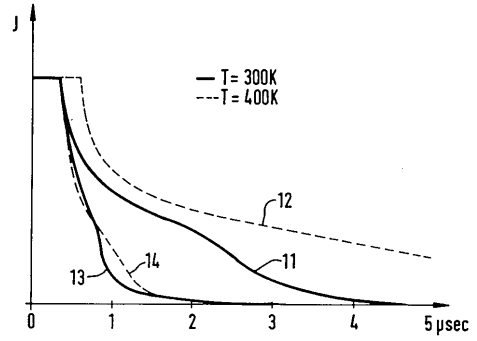
【 図 3 】



【 図 2 】



【 図 4 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 ハイน์リッヒ ブルンナー

ドイツ連邦共和国 ミュンヘン ケラーシュトラッセ 14 - 86

(72)発明者 ヨルク ツェー ゲルステンマイアー

ドイツ連邦共和国 ミュンヘン ネーダーリンガーシュトラッセ 32

審査官 安田 雅彦

(56)参考文献 特開平05 - 041524 (JP, A)

特開平02 - 007569 (JP, A)

特開平03 - 135072 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl.<sup>7</sup>, DB名)

H01L 29/78

H01L 21/336

H01L 29/74

H01L 21/332