

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5199544号
(P5199544)

(45) 発行日 平成25年5月15日 (2013.5.15)

(24) 登録日 平成25年2月15日 (2013.2.15)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 L 21/337 (2006.01)

H O 1 L 29/80 C

H O 1 L 27/098 (2006.01)

H O 1 L 29/06 3 O 1 F

H O 1 L 29/808 (2006.01)

H O 1 L 29/06 3 O 1 G

H O 1 L 29/06 (2006.01)

H O 1 L 29/80 V

H O 1 L 21/338 (2006.01)

H O 1 L 29/91 F

請求項の数 24 外国語出願 (全 14 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2006-57044 (P2006-57044)
 (22) 出願日 平成18年3月3日 (2006.3.3)
 (65) 公開番号 特開2006-310782 (P2006-310782A)
 (43) 公開日 平成18年11月9日 (2006.11.9)
 審査請求日 平成18年4月27日 (2006.4.27)
 (31) 優先権主張番号 60/658,789
 (32) 優先日 平成17年3月4日 (2005.3.4)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)
 (31) 優先権主張番号 11/365,291
 (32) 優先日 平成18年3月1日 (2006.3.1)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 509200059
 シリコニクス テクノロジー シー. ブイ
 .
 シンガポール国 ケッペル ビルディング
 O2-OO、92 タムピネス ストリ
 ート 25
 (74) 代理人 100060759
 弁理士 竹沢 莊一
 (74) 代理人 100087893
 弁理士 中馬 典嗣
 (74) 代理人 100086726
 弁理士 森 浩之
 (72) 発明者 ロッサノ カルタ
 イタリア国 10134 トリノ チ ジ
 ャンボネ 55

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 炭化シリコントレンチ装置の終端構造

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

一導電型にドーピングされ、それぞれ表裏である第1の主面と第2の主面とを有する、炭化シリコン基体と、

炭化シリコン基体の前記第1の主面に沿って形成された活性領域と、

前記炭化シリコン基体の前記第1の主面に沿って形成され、かつ前記活性領域を区画する終端領域であって、前記炭化シリコン基体内に形成され側壁および底面を有する終端トレンチが形成された終端領域と、

前記終端トレンチの前記側壁および前記底面に沿って前記炭化シリコン基体内に形成され反対導電型にドーピングされたガードリングと、

前記終端トレンチを被覆するフィールド絶縁体と
 を有する半導体装置であって、

前記終端トレンチ内の前記フィールド絶縁体の下に形成された前記ガードリング上に、導電部が形成され、

前記フィールド絶縁体の上にフィールドプレートが形成されていることを特徴とする半導体装置。

【請求項 2】

前記フィールドプレートは、前記終端トレンチの外側の側壁を越えて延びていることを特徴とする請求項1記載の半導体装置。

【請求項 3】

前記フィールドプレートは、フローティングであることを特徴とする請求項 1 記載の半導体装置。

【請求項 4】

前記フィールド絶縁体は開口を有し、前記フィールドプレートが、前記開口を通じて、前記ガードリングと接触していることを特徴とする請求項 3 記載の半導体装置。

【請求項 5】

前記フィールドプレートは、この半導体装置に設けられた電極と短絡していることを特徴とする請求項 1 記載の半導体装置。

【請求項 6】

前記終端領域には、前記終端トレンチと前記活性領域との間にあって、終端領域と活性領域とを連絡するメサ部が形成されていることを特徴とする請求項 1 記載の半導体装置。

10

【請求項 7】

前記フィールド絶縁体は、前記メサ部の頂面にまで延びていることを特徴とする請求項 6 記載の半導体装置。

【請求項 8】

半導体装置の周縁部に形成された前記終端領域の終端メサ部には、この半導体装置の周縁部に沿って、一導電型にドーピングされた等電位リングが設けられていることを特徴とする請求項 1 記載の半導体装置。

【請求項 9】

前記活性領域には、少なくとも 1 つのトレンチが設けられていることを特徴とする請求項 1 記載の半導体装置。

20

【請求項 10】

前記終端トレンチと、前記活性領域における少なくとも 1 つのトレンチは、ともに、前記炭化シリコン基体の同じ深さにまで延びていることを特徴とする請求項 9 記載の半導体装置。

【請求項 11】

前記導電部は、ドーピングされたポリシリコンから形成されていることを特徴とする請求項 1 記載の半導体装置。

【請求項 12】

前記活性領域に形成される素子は接合型電界効果トランジスタであることを特徴とする請求項 1 記載の半導体装置。

30

【請求項 13】

前記終端トレンチと前記活性領域との間に、複数のゲート電極を互いに接続するためのゲートランナーが形成されていることを特徴とする請求項 1 記載の半導体装置。

【請求項 14】

前記終端領域には、側壁と底面を有する複数の終端トレンチが形成され、隣合う終端トレンチ同士は、メサ部によって互いに隔てられていることを特徴とする請求項 1 記載の半導体装置。

【請求項 15】

前記各終端トレンチの側壁と底面の上には、前記炭化シリコン本体の導電型とは反対導電型にドーピングされたガードリングが形成されていることを特徴とする請求項 14 記載の半導体装置。

40

【請求項 16】

前記フィールド絶縁体は、前記複数の終端トレンチを被覆していることを特徴とする請求項 15 記載の半導体装置。

【請求項 17】

前記フィールド絶縁体の上には、フィールドプレートが形成されていることを特徴とする請求項 16 記載の半導体装置。

【請求項 18】

前記フィールド絶縁体の下に位置する終端トレンチに形成された前記ガードリング上に

50

、導電部が形成されていることを特徴とする請求項 1 7 記載の半導体装置。

【請求項 1 9】

前記導電部は、ドーピングされたポリシリコンから形成されていることを特徴とする請求項 1 8 記載の半導体装置。

【請求項 2 0】

前記終端領域には、前記終端領域と前記活性領域とを連絡するリンクメサ部が形成されていることを特徴とする請求項 1 6 記載の半導体装置。

【請求項 2 1】

半導体装置の周縁部に形成された前記終端領域の終端メサ部には、この半導体装置の周縁部に沿って、一導電型にドーピングされた等電位リングが設けられていることを特徴とする請求項 1 6 記載の半導体装置。

10

【請求項 2 2】

前記活性領域には、少なくとも 1 つのトレンチが設けられていることを特徴とする請求項 1 4 記載の半導体装置。

【請求項 2 3】

前記各終端トレンチと、前記活性領域における少なくとも 1 つのトレンチは、ともに、前記炭化シリコン基体の同じ深さにまで延びていることを特徴とする請求項 2 2 記載の半導体装置。

【請求項 2 4】

前記活性領域に形成される素子は接合型電界効果トランジスタであることを特徴とする請求項 1 4 記載の半導体装置。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本願については、米国仮特許出願第 6 0 / 6 5 8 7 8 9 号（発明の名称：「炭化シリコントレンチ装置の終端構造」）、発明者：ロッサーノ・カルタおよびローラ・ベッレモ）に基づく優先権を主張するとともに、本願明細書においては、上記米国仮特許出願の内容を組み入れてある。

本発明は、半導体装置の終端構造に係り、より詳しくは、炭化シリコン製半導体装置におけるトレンチ形終端構造に関する。

30

【背景技術】

【0002】

ハイパワーデバイスにおいては、炭化シリコン（SiC）を用いるのが一般的となっている。例えば、SiC 半導体装置にトレンチを設けて、JFET トランジスタ（接合型電界効果トランジスタ）や JBS（ショットキバリア接合型）整流素子のようなトレンチ形の新型半導体装置を製造することが行われており、これらの SiC を用いるハイパワートレンチ形半導体装置においては、ブロッキング特性の効率を高めるために、その終端構造が主要な関心の的となっている。

【0003】

多くの学術文献や特許文献によれば、トレンチ形 SiC 半導体装置においては、JTE プレーナ形の終端構造を用いたり、終端に、フィールドプレートやガードリングを用いたりしている。

40

【0004】

しかし、トレンチ形の半導体装置においては、トレンチの底部にシリコンの空乏層をエピタキシャル成長させるようになっているため、プレーナ形終端構造では、ブロッキング特性が、非効率なものとなる。

【0005】

ガードリングは、シリコン半導体装置においては周知となっているが、SiC 半導体装置においては、ガードリング同士の間隔を最適にするのが困難であるため、さほど普及していない。文献によれば、ガードリングを用いても、理想的なブレークダウン電圧の 5 0

50

%程度しか達成できていない。

【0006】

JTE（電界集中緩和構造）は、半導体装置の終端におけるブロッキング特性を効率的にするものとして知られているが、このJTEを用いる場合には、ガードリングやフィールドプレートを用いる場合に比べて、製造プロセスが非常に複雑となる。

【0007】

したがって、従来のSiC半導体装置の短所を解消しうるトレンチ形パワーSiCデバイス用の終端構造が求められている。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0008】

本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであり、ブロッキング特性が効率的で、かつ複雑でないプロセスによって製造することができる炭化シリコントレンチ装置の終端構造を提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明によれば、活性領域と、この活性領域を区画する終端領域とを有する炭化シリコン基板からなる半導体装置が提供される。活性領域は、基板の深さ方向に延びる1つまたは複数のトレンチを有する。活性領域は、トランジスタや整流器（ダイオード）等として活用される。

20

【0010】

本発明の好ましい実施形態に係る半導体装置は、接合型電界効果トランジスタである。本発明に係る半導体装置は、接合型電界効果トランジスタの場合、複数のゲート電極を互いに接続するために活性領域の外周部を取り囲むゲートランナーを備える。

【0011】

終端領域は、半導体装置の周縁に沿って延び、活性領域、および、存在する場合には、ゲートランナーを取り囲むトレンチ形をなしている。終端領域は、好ましくは活性領域におけるトレンチと同じ深さを有する単一のトレンチによって形成することもできる。終端領域は、終端トレンチの内側の側壁に沿って延び、かつ終端領域と活性領域とを連絡させるリンクメサ（台地）部をも含む。

30

【0012】

基板には、終端トレンチの側壁と底面に沿って、ガードリングを構成するインプラント部が設けられる。終端領域の各隅には、導電部が形成される。フィールド絶縁膜は、リンクメサ部の頂面に沿って延びつつ、終端トレンチの表面全体を覆うことにより、終端トレンチを外部から絶縁して、浮動トレンチとしている。

【0013】

終端トレンチにおけるフィールド絶縁膜の一部には、終端トレンチの一部を占め、かつ終端トレンチの外側の側壁を越えて延びるフィールドプレートを形成するのが好ましい。フィールドプレートは、必須の要素ではないが、早期のブレイクダウンを防止するのに役立つため、設ける方が好ましい。

40

【0014】

本発明の一実施形態においては、フィールドプレートは、フィールド絶縁膜によって、終端トレンチから絶縁され、かつ半導体装置の電極と短絡される。

【0015】

また、他の実施形態においては、フィールドプレートは、電極とは短絡されず、浮動フィールドプレートとされる。この場合、フィールドプレートは、フィールド絶縁膜に設けられた開口を介して、ガードリングと接触する。

【0016】

終端領域には、チャンネルストップパとして、等電位リング（EQR）を設けることができる。

50

【0017】

また、終端領域は、好ましくは活性領域におけるトレンチと同じ深さをもつ複数の終端トレンチから構成することもできる。

【0018】

終端領域は、終端領域と活性領域とを連絡するリンクメサ部を含むのが好ましい。

【0019】

各終端トレンチの側壁と底面には、複数のガードリングとなるインプラント部が形成される。また、各終端トレンチには、この終端トレンチの一部を占める導電部が形成される。

【0020】

フィールド絶縁膜は、各終端トレンチを被覆して、各終端トレンチの間に位置する終端メサ部の頂面、およびリンクメサ部の頂面にまで延びる。この結果、終端トレンチは、外部との接触を絶たれ、浮動トレンチとなる。

【0021】

終端領域におけるフィールド絶縁膜の上には、フィールドプレートを形成するのが好ましい。また、この場合、終端領域には、等電位リングを形成することができる。

【0022】

終端トレンチは、活性領域におけるトレンチと概ね同じ深さを有するため、エピタキシャルシリコンの空乏層は、活性領域におけるトレンチと概ね同じ深さから成長し、終端トレンチと協働することによって、所定のブロッキング条件の下で空乏層を拡げる。

【0023】

さらに、本発明に係る終端トレンチの製造プロセスは、活性領域の製造プロセスと類似している。したがって、製造コストが余計にかかったり、製造プロセスが複雑になったりすることはない。

【発明の効果】

【0024】

本発明によれば、ブロッキング特性が効率的で、かつ複雑でないプロセスによって製造することができる炭化シリコントレンチ装置の終端構造が得られる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0025】

本発明の特徴と効果は、添付の図面を参照して行う以下の説明から明らかになると思う。

【0026】

図1Aと図1Bは、それぞれ、本発明の一実施形態に係るトレンチ形SiC半導体装置100の平面図と、図1Aにおける1B-1B線に沿った断面図である（図1Bに示す各要素の大きさは、1つの例であり、図1Aにおける各要素を一定の倍率で拡大したものではない。）

【0027】

半導体装置100は、本発明に係るトレンチ形の終端領域150を有している。この終端領域150は、高電圧を遮断する半導体装置に好適である。半導体装置100は、炭化シリコン製JFETトランジスタである。トレンチ形の終端領域150は、JFETトランジスタのみに適用しうるものではなく、整流器（ダイオード）、およびJFETトランジスタ以外のトランジスタを含む、炭化シリコン製の他の半導体装置にも適用することができる。

【0028】

図1Bに示すように、半導体装置100は、炭化シリコンからなる本体（N型にドーピングしたもの）102を有する。本体102は、基板103、エピタキシャル成長させた緩衝部104、およびエピタキシャル成長させたドリフト層105からなっている。ドリフト層105のドーピング濃度は、約 $7 \times 10^{15} \text{cm}^{-3}$ である。

【0029】

本体102の表面には、活性領域110と、この活性領域110を取り囲むように半導体装置100

10

20

30

40

50

の周縁に沿って延びる終端領域150とが形成されている。活性領域110と終端領域150の間には、ゲートランナー130が位置している。

【0030】

活性領域110は、本体102の頂面からドリフト層105にかけて延びる複数のトレンチ形ゲート112を備えている。トレンチ形ゲート112の隣合う各対の間には、中央メサ部116が設けられている。各中央メサ部116の頂面には、ソース電極107となる公知の接触用金属層（アルミニウム等からなる）が形成されている。

【0031】

ソース電極107の下方には、ソース電極107およびドリフト層105とそれぞれオーミック接合するN+型の高ドーブ部118が形成されている。高ドーブ部118は、リンによって、約 $2 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ の濃度にドーブされている。また、高ドーブ部118の厚さは、約 $0.5 \mu\text{m}$ である。

10

【0032】

各ゲートトレンチ112は、ゲートトレンチの側壁と底部に沿ってドリフト層105内に形成されたP+型のインプラント部114を有している。このインプラント部114のドーピング濃度と厚さは、ゲートトレンチの側壁に沿う箇所と、底部に沿う箇所とで異なる。すなわち、インプラント部114は、ゲートトレンチの底部に沿って、約 $1 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ のドーピング濃度と、約 $0.65 \mu\text{m}$ の厚さを有し、他方、ゲートトレンチの側壁に沿って、約 $5 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ のドーピング濃度と、約 $0.3 \mu\text{m}$ の厚さを有している。

【0033】

20

各ゲートトレンチ112の底部には、金属電極と接触するためのゲート電極108が形成されている。ゲート電極108は、例えば、約 $1 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$ の濃度でホウ素をドーブされたP型のポリシリコンから形成することができる。ゲート電極108は、中央メサ部116を形成することとなっているゲートトレンチの側壁からは離間されている。

【0034】

本体102の底面には、ドレーン電極106となる公知の接触用金属層が形成されている。

【0035】

図1Aに示すように、ゲートランナー130は、活性領域110を取り囲んで延び、複数のゲート電極108を互いに接続している。なお、ゲートランナー130以外の構成要素も、各ゲート電極と接触することにより、複数のゲート電極を互いに接続するために用いることができる。

30

【0036】

一方、ゲートランナー130を必要としない装置構造も可能である。当業者であれば、例えば、半導体装置が整流器の場合には、ゲートランナー130が存在しないことは理解できると思う。ゲートランナー130が存在しない場合には、活性領域110は、終端領域150と直接接続される。

【0037】

図1Bに示すように、ゲートランナー130は、本体102の頂面からドリフト層105にまで延びる単一の間中トレンチ132を有している。中間トレンチ132は、ゲートトレンチ112と概ね同じ深さまで、ドリフト層105の中へ延びている。

40

【0038】

ゲートランナー130は、中間トレンチ132と、活性領域の最も外側のゲートトレンチ112bとの間に、内側メサ部138を有している。内側メサ部138の頂面からドリフト層105にかけて、N+型高濃度ドーブ部146が形成されている。ドーブ部146は、例えば、リンによって、約 $2 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ の濃度にドーブされている。また、このドーブ部146の厚さは、約 $0.5 \mu\text{m}$ である。

【0039】

ドリフト層105の内部には、トレンチの側壁に沿って、P+型のインプラント部134が形成されている。このインプラント部134は、トレンチの側壁と底部に沿って、インプラント部114と同じドーピング濃度および厚さを有している。

50

【 0 0 4 0 】

中間トレンチ132の各隅には、側壁と底部の一部に沿って、導電部136が形成されている。導電部136は、約 $1 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$ の濃度でホウ素をドーピングされたP型のポリシリコンから形成することができる。

【 0 0 4 1 】

以下に説明するように、中間トレンチ132の底面と、導電部136の頂面および側面を覆って、二酸化シリコン(SiO₂)から形成された絶縁層140が形成され、この絶縁層140は、内側メサ部138の頂面に形成されたドーピング部146の上にまで延びている。

【 0 0 4 2 】

図1Bに示す絶縁層140は、終端領域150におけるフィールド絶縁膜162の一部をなし、フィールド絶縁膜162と等しい厚さを有している。絶縁層140には、中間トレンチ132の底面まで通ずる開口142が形成され、インプラント部134が露出している。開口142には、アルミニウム等の金属製ゲート電極144が形成され、ゲート電極108と接している。

10

【 0 0 4 3 】

図1Aに示すように、ゲートランナー130は、半導体装置100のゲート接触部109と接している。ゲート接触部109は、ゲートパッド109d、および複数のゲートフィンガー109a~109cからなっている。ゲートパッド109dとゲートフィンガー109a~109cは、図示のような立体形状と立体配置を有するため、ゲート接触部109の接触面積は大きくなり、ゲート抵抗は減少する。

【 0 0 4 4 】

チャンネル（高ドーピング部）118は、各中央メサ部116に形成されている。

20

【 0 0 4 5 】

上述のJFETトランジスタ（半導体装置100）は、概ね、次のように働く。トランジスタを作動させると、ゲート接触部109とソース電極107の間のバイアス電圧が変化し、チャンネル118が狭まって、ドレイン電極106とソース電極107の間に電流が流れるのが阻止される。一方、トランジスタを停止させると、チャンネル118が拡がり、チャンネル118に沿って、両電極間に垂直方向の伝導電流が流れる。

【 0 0 4 6 】

図1Aに示す終端領域150は、半導体装置100の周縁に沿って延び、ゲートランナー130と活性領域110を包囲している。図1Bに示すように、終端領域150には、本体102の頂面からドリフト層105の内部まで延びている終端トレンチ152が形成されている。終端トレンチ152は、ドリフト層105内において、活性領域110におけるゲートトレンチ112と同じ深さにまで延びている。

30

【 0 0 4 7 】

ゲートトレンチと終端トレンチの深さは、約2μmである。終端トレンチ152の幅は、約5~100μmであり、半導体装置100のブロッキング特性に影響を与えることはない。また、当業者ならば、終端トレンチ152の幅を狭くすると、半導体装置100の大きさを変えることなく、活性領域110の面積を大きくできることは理解できると思う。

【 0 0 4 8 】

終端領域150は、終端メサ部166とリンクメサ部164とを有している。終端メサ部166は、終端トレンチの外側の側壁152bを形成しつつ、半導体装置100の周縁に沿って延びている。リンクメサ部164は、終端トレンチ152の内側の側壁152aを形成し、終端トレンチと活性領域の間に位置して、終端領域150と活性領域とを連絡している。

40

【 0 0 4 9 】

図1Bに示すように、ゲートランナー130が存在する場合、リンクメサ部164は、中間トレンチ132の外側の側壁を形成する。反対に、ゲートランナー130が存在しない場合、リンクメサ部164は、活性領域110の最も外側にあるゲートトレンチ112bの外側の側壁を形成する。

【 0 0 5 0 】

リンクメサ部164の幅は、ポテンシャルが、終端領域150に沿って正確に拡散するように

50

定めなければならない。例えば、必要なブロッキング電圧が約 600 V の場合、リンクメサ部164の幅は、約 2 μm とするのが好ましい。リンクメサ部164の幅は、要求されるブロッキング電圧と、本体102の立体形状に応じて、約 1 ~ 4 μm の範囲で設定する。

【0051】

ドリフト層105には、終端トレンチ152の側壁と底面に沿って、P+型のインプラント部が形成され、P - N 接合と複数のガードリング154を形成しつつ、終端トレンチ152を包囲している。

【0052】

終端トレンチ152の側壁と底面に沿って形成されるガードリング154は、ゲートトレンチ112に沿って形成されるインプラント部114と同じドーピング濃度および厚さを有する。

10

【0053】

中間トレンチ132の隅部における底面および側壁の一部に、複数の導電部156が形成されている。この導電部156は、p 型ドーパポリシリコンであってもよく、例えば、導電部136を形成したときの残留物から形成されているので、導電部136と同じドーピング濃度を有している。一般には、導電部156は必要とされないが、もし存在していた場合でも、半導体装置のブロッキング特性に影響を及ぼすことはない。

【0054】

終端領域150には、二酸化シリコンからなるフィールド絶縁膜162が形成されている。フィールド絶縁膜162は、終端トレンチ152の底面、および導電部156の側面と頂面を覆って、リンクメサ部164の頂面、および終端メサ部166の頂面の一部にまで延びるように蒸着されている。

20

【0055】

フィールド絶縁膜162は、本実施形態のように、ゲートランナー130が存在する場合には、絶縁層140と一体化され、終端トレンチ152の表面全体を覆うことにより、終端トレンチ152を、外部から絶縁して、浮動トレンチとしている。フィールド絶縁膜162の厚さは、半導体装置に要求されるブロッキング電圧に応じたものとする。例えば、要求されるブロッキング電圧が 600 V の場合には、フィールド絶縁膜162の厚さは、1 μm 程度が好ましい。

【0056】

終端領域150には、フィールド絶縁膜162の上に、フィールドプレート160が形成されている。フィールドプレート160は、終端トレンチ152の一部を占め、終端トレンチの外側の側壁152bを越えて、終端メサ部166にまで延びている。フィールドプレート160は、アルミニウム製であるが、他の金属も用いることができる。フィールドプレート160は、必ずしも設けなければならないものではないが、終端領域150に沿って空乏領域を拡げる上では有用なものである。

30

【0057】

より詳しくいうと、フィールドプレート160が存在しない場合、ポテンシャルラインが終端トレンチ152の外側の側壁152bに密集し、局所的に高電界が生じて、ブレイクダウンにつながる可能性がある。フィールドプレート160は、終端領域に沿って、ポテンシャルを拡げる。終端領域にフィールドプレートが存在すると、ブレイクダウン電圧が約 8 ~ 10 % 上昇する。フィールドプレート160の幅は、5 μm 以上が好ましく、要求されるブレイクダウン電圧に応じて拡げるのがよい。

40

【0058】

フィールドプレート160は、フィールド絶縁膜162によって、終端トレンチ152から絶縁され、かつソース電極またはゲート電極と短絡しているため、フィールドプレートは、ソース電極またはゲート電極と等電位である。なお、フィールドプレート160は、ソース電極またはゲート電極と短絡させず、浮動フィールドプレートとすることもできる。フィールドプレート160は、フィールド絶縁膜162に形成された開口を介して、ガードリング154と接続している。この開口は、フィールドプレート160とガードリング154とを接続するために、半導体装置の各隅に設けるのが好ましい。

50

【 0 0 5 9 】

ドリフト層105の表面には、半導体装置100の周縁における終端メサ部166に沿って、終端領域150の終端部となる高濃度N+型ドーブ部158が形成されている。このドーブ部158は、リンによって $2 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ の濃度にドーピングされている。また、ドーブ部158の厚さは、約 $0.5 \mu\text{m}$ である。ドーブ部158は、等電位リング（EQR）、すなわちチャネルストップパとして働く。炭化シリコン半導体装置におけるドーブ部158のチャネルストップ機能は、シリコン半導体装置におけるほど重要ではなく、等電位リングは必ずしも必要ではない。

【 0 0 6 0 】

当業者ならば、ここに記載したリンクメサ部164の幅、フィールド絶縁膜162の厚さ、およびフィールドプレート160の厚さを変えることによって、この終端領域を、ブロッキング電圧が600V以外の半導体装置にも適用させうることは理解できると思う。

【 0 0 6 1 】

図2は、本発明のもう1つの実施形態に係る半導体装置200の一部を示す側面図である（この図は、例示のためのものであり、各構成要素の縮尺は、均等ではない）。半導体装置200は、終端領域250を有している。半導体装置200は、炭化シリコンJFETトランジスタであり、終端の構成を除いて、図1Aと図1Bに示す半導体装置と類似している。

【 0 0 6 2 】

図2は、図1Bと同様の断面図である（図1Aおよび図1B、ならびに図2において、同一の構成要素には同一の符号を付してある）。当業者ならば、ここではJFETトランジスタを取り上げて説明しているが、終端領域250は、整流器、およびJFETトランジスタを含む、他の炭化シリコン製トレンチ形半導体装置にも適用しうることは理解できると思う。

【 0 0 6 3 】

半導体装置200は、活性領域110、ゲートランナー（またはゲートバス）230、および終端領域250を含む、炭化シリコンからなる本体102を有している。活性領域110は、先の実施形態で説明したものと同一である。ゲートランナー230は、先の実施形態におけるゲートランナー130と類似しており、活性領域110の周縁に沿って延び、各ゲート電極108を、共通のゲート接触部109に接続している。

【 0 0 6 4 】

半導体装置が整流器の場合には、ゲート電極108を共通のゲート接触部109と接続するため、ゲートランナー230以外の要素を用いることもでき、この場合には、ゲートランナー230は不要である。ゲートランナー230が存在しない場合には、活性領域110は、終端領域250に直接連絡される。

【 0 0 6 5 】

ゲートランナー230は、ゲートトレンチ112と同じ深さまでドリフト層105内に延びている単一の間中トレンチ232を有している。また、ゲートランナー230は、中間トレンチ232と、活性領域110の最も外側のゲートトレンチ112bとの間に、内側メサ部238を有している。

【 0 0 6 6 】

内側メサ部238の頂面には、高濃度のN+型ドーブ部246が形成されている。このドーブ部246は、リンによって $2 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ の濃度にドーピングされている。また、ドーブ部246の厚さは、約 $0.5 \mu\text{m}$ である。

【 0 0 6 7 】

中間トレンチ132のドリフト層105には、中間トレンチ132の側壁と底面に沿って、P+型のインプラント部234が形成されている。インプラント部234のドーピング濃度と厚さは、ゲートトレンチ112に形成されるインプラント部114と同様に、トレンチの側壁に沿う箇所と底部に沿う箇所とで異なっている。

【 0 0 6 8 】

中間トレンチ232の底部と側壁を覆って、二酸化シリコンからなる絶縁層240が形成され

10

20

30

40

50

ており、この絶縁層240は、内側メサ部238まで延びている。先の実施形態と同様に、絶縁層240は、終端領域150におけるフィールド絶縁膜262の一部をなし、フィールド絶縁膜262と等しい厚さを有している。

【0069】

絶縁層240には、中間トレンチ232の底面にまで通ずる開口242が形成され、インプラント部234が露出している。開口242には、アルミニウム等の金属製ゲート電極244が形成され、ゲート電極108と接している。

【0070】

終端領域250は、先の実施形態における終端領域150と類似している。終端領域250は、半導体装置200の周縁に沿って延び、ゲートランナー230と活性領域110を包囲している。

10

【0071】

図2に示すように、終端領域250は、本体102の頂面からドリフト層105まで延びる複数の終端トレンチ252a~252iを有している。隣合う終端トレンチは、中間メサ部264によって、互いに離間されている。終端トレンチ252a~252iは、活性領域110におけるゲートトレンチ125と同じ深さまで延びている。終端トレンチとゲートトレンチの深さは、約2 μm である。終端トレンチの幅は、種々の寸法とすることができ、半導体装置のブロッキング性能に影響を与えることはない。終端トレンチの幅は、用いられる公知の技術によって決定されるが、例えば約3 μm とすることができ。

【0072】

終端トレンチの数は、所望のブロッキング電圧、および中間メサ部264の幅に応じて、種々のものとされる。各中間メサ部264の幅は、互いに同じであっても、異なってもよい。

20

【0073】

終端領域250は、終端メサ部266とリンクメサ部263を有している。終端メサ部266は、最も外側の終端トレンチ252iの外側の側壁を形成しており、半導体装置200の周縁に沿って延びている。リンクメサ部263は、最も内側の終端トレンチ252aの内側の側壁を形成しており、終端トレンチと活性領域の間に位置して、終端領域250と活性領域110とを連絡している。

【0074】

図2に示すように、ゲートランナー130が存在する場合、リンクメサ部263は、中間トレンチ232の外側の側壁を形成する。反対に、ゲートランナー230が存在しない場合、リンクメサ部263は、活性領域110の最も外側にあるゲートトレンチ112bの外側の側壁を形成する。

30

【0075】

リンクメサ部263の幅は、ポテンシャルが、終端領域250に沿って正確に拡散するように定めなければならない。例えば、必要なブロッキング電圧が約600Vの場合、リンクメサ部263の幅は約2 μm とするのが好ましい。リンクメサ部263の幅は、要求されるブロッキング電圧と、本体102の立体形状に応じて、約1~4 μm の範囲で設定する。

【0076】

ドリフト層105には、終端トレンチ252a~252bの側壁と底面に沿って、P+型のインプラント部が形成され、P-N接合と複数のガードリング254を形成しつつ、終端トレンチ252a~252bを包囲している。

40

【0077】

先の実施形態と同様に、終端トレンチの側壁と底面に沿って形成されるガードリング254は、ゲートトレンチ112に沿って形成されるインプラント部114と同じドーピング濃度および厚さを有する。

【0078】

終端トレンチ252a~252bのそれぞれにおいて、この終端トレンチ252a~252bの一部を占めるように、導電部256が形成されている。この導電部256は、ここでは、ホウ素によりP型にドーピングされたポリシリコンであり、濃度は、約 $1 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$ である。先の実施形態

50

における終端トレンチ152と同様に、終端トレンチ252a～252bは、外部から絶縁されており、上述のような浮動トレンチとなっている。導電部256は、二酸化シリコンのような酸化物を含む他の材料から形成することもできる。

【0079】

終端領域250には、二酸化シリコンからなるフィールド絶縁膜262が形成されている。このフィールド絶縁膜262は、各終端トレンチ252a～252bの残余の露出部分を覆いつつ、リンクメサ部263の頂面、中間メサ部264の頂面、および終端メサ部266の頂面の一部にまで延びている。また、フィールド絶縁膜262は、本実施形態のように、ゲートランナー230が存在する場合には、絶縁層140と一体化され、終端トレンチ252a～252bの表面全体を覆うことにより、終端トレンチ252a～252bを、外部から絶縁して、浮動トレンチとしている。

10

【0080】

フィールド絶縁膜262の厚さは、半導体装置に要求されるブロッキング電圧に応じて、5000オングストローム～数ミクロンの範囲で設定する。要求されるブロッキング電圧が600Vの場合には、フィールド絶縁膜262の厚さは、1μm程度が好ましい。

【0081】

終端領域150と同様に、終端領域250におけるフィールド絶縁膜262の頂面にも、フィールドプレート（図2には示していない）が形成されている。フィールドプレートは、終端領域250の一部に沿って、最も外側の終端トレンチ252iの外側の側壁を越え、終端メサ部266にまで延びている。この実施形態におけるフィールドプレートは、アルミニウム製であるが、他の金属も用いることができる。フィールドプレートは、必ずしも設けなければならないものではないが、ブレークダウン電圧を大きくする上では有用なものである。

20

【0082】

フィールドプレートと同様に、終端領域250におけるフィールドプレートも、フィールド絶縁膜262によって、終端トレンチ252a～252bから絶縁され、かつソース電極またはゲート電極と短絡している。

【0083】

半導体装置200の周縁部における終端メサ部266に沿って、終端領域250の終端となる高濃度N+型ドーパ部258が形成されている。このドーパ部258は、チャンネルストップパとして働く。また、ドーパ部258は、リンによって $2 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ の濃度にドーピングされており、厚さは、約0.5μmである。

30

【0084】

終端領域250と同様に、当業者ならば、ここに記載したリンクメサ部263の幅、フィールド絶縁膜262の厚さ、および終端トレンチ252a～252bの数を変えることによって、終端領域250を、ブロッキング電圧が600V以外の半導体装置にも適用させることは理解できと思う。

【0085】

以上、本発明を特定の実施形態に即して説明してきたが、当業者ならば、他に多くの設計変更を想起しうと思う。本発明の技術的範囲は、ここで説明した実施形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲の記載に基づいて定められるものである。

【図面の簡単な説明】

40

【0086】

【図1A】本発明の一実施形態に係る半導体装置の平面図である。

【図1B】図1Aにおける1B-1B線に沿った断面図である。

【図2】図1Aに示す半導体装置における他の終端領域を側方から見た断面図である。

【符号の説明】

【0087】

100 トレンチ形SiC半導体装置

102 本体

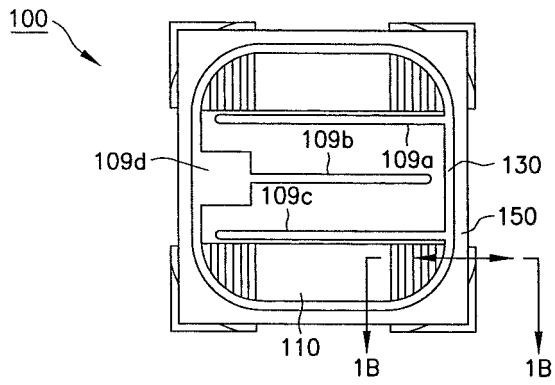
103 基板

104 緩衝部

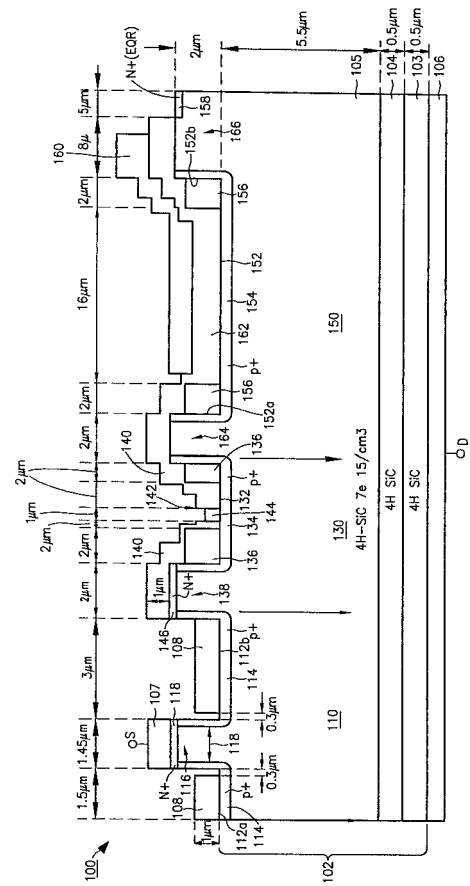
50

105	ドリフト層	
106	接触用金属層	
107	ソース電極	
108	ゲート電極	
109	ゲート接触部	
109d	ゲートパッド	
109a ~ 109c	ゲートフィンガー	
110	活性領域	
112	ゲート	
114	インプラント部	10
116	中央メサ部	
118	チャネル	
130	ゲートランナー	
132	中間トレンチ	
134	インプラント部	
136	導電部	
138	内側メサ部	
140	絶縁層	
142	開口	
144	ゲート電極	20
146	高濃度ドーブ部	
150	終端領域	
152	終端トレンチ	
154	ガードリング	
156	導電部	
158	ドーブ部	
160	フィールドプレート	
162	フィールド絶縁膜	
164	リンクメサ部	
166	終端メサ部	30
200	半導体装置	
230	ゲートランナー	
232	中間トレンチ	
234	インプラント部	
238	内側メサ部	
240	絶縁層	
242	開口	
244	ゲート電極	
246	ドーブ部	
250	終端領域	40
252a ~ 252i	終端トレンチ	
256	導電部	
258	ドーブ部	
262	フィールド絶縁膜	
263	リンクメサ部	
264	中間メサ部	
266	終端メサ部	

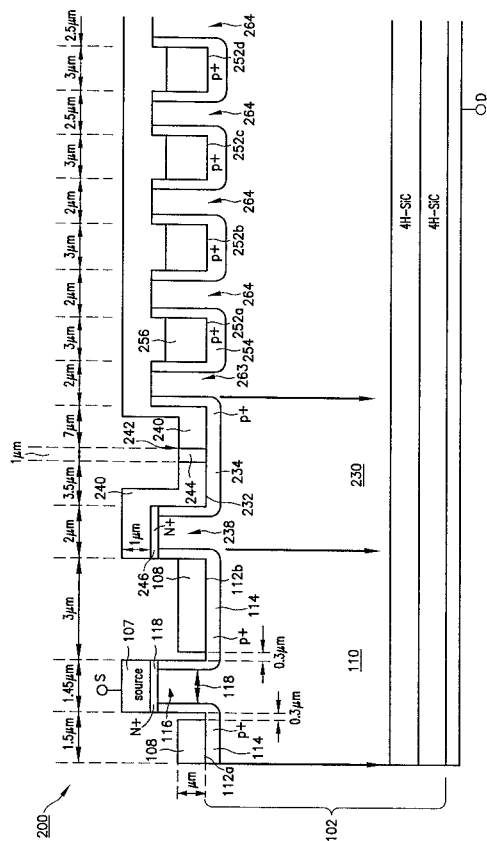
【 図 1 A 】



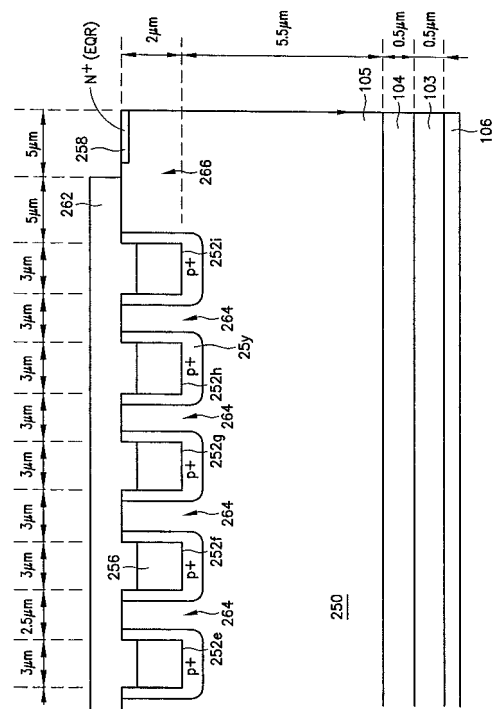
【 図 1 B 】



【 図 2 A 】



【 図 2 B 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I

H 0 1 L 29/812 (2006.01)

H 0 1 L 29/861 (2006.01)

H 0 1 L 29/868 (2006.01)

(72)発明者 ラウラ ベッレモ
イタリア国 1 0 0 8 0 トリノ カナヴェゼ ヴィア プロッソ 2 1 ヴィコ

審査官 小田 浩

(56)参考文献 特開平 0 7 - 3 0 2 8 9 6 (J P , A)
特開平 1 1 - 0 8 7 6 9 0 (J P , A)
特開平 1 1 - 0 8 7 6 9 8 (J P , A)
特開 2 0 0 3 - 2 7 3 1 2 7 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B名)

H 0 1 L 2 1 / 3 3 7
H 0 1 L 2 1 / 3 3 8
H 0 1 L 2 7 / 0 9 8
H 0 1 L 2 9 / 0 6
H 0 1 L 2 9 / 8 0 8
H 0 1 L 2 9 / 8 1 2
H 0 1 L 2 9 / 8 6 1
H 0 1 L 2 9 / 8 6 8