

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2009-94433  
(P2009-94433A)

(43) 公開日 平成21年4月30日(2009.4.30)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 29/47 (2006.01)	HO 1 L 29/48 D	4M104
HO 1 L 29/872 (2006.01)	HO 1 L 29/48 M	

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2007-266312 (P2007-266312)  
(22) 出願日 平成19年10月12日(2007.10.12)

(出願人による申告)平成19年度独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構委託研究「パワーエレクトロニクスインバータ基盤技術開発事業」産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願

(71) 出願人 301021533  
独立行政法人産業技術総合研究所  
東京都千代田区霞が関1-3-1  
(71) 出願人 000005108  
株式会社日立製作所  
東京都千代田区丸の内一丁目6番6号  
(74) 代理人 100096253  
弁理士 尾身 祐助  
(72) 発明者 木下 明将  
茨城県つくば市東1-1-1  
独立行政法人産業技術総合研究所つくばセンター内

最終頁に続く

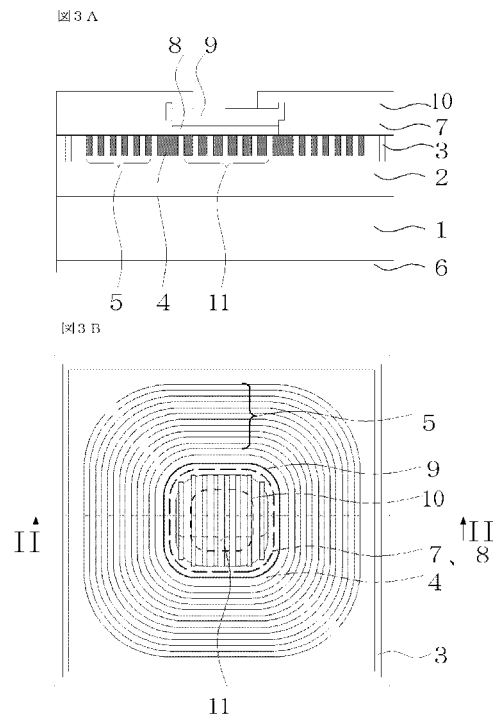
(54) 【発明の名称】炭化珪素装置

(57) 【要約】

【課題】炭化珪素基板との密着性がよく、ショットキーバリアハイトのばらつきが小さいとともに逆方向電圧印加時のリーク電流が少ない炭化珪素ショットキーバリアダイオードを実現することを課題とする。

【解決手段】炭化珪素と金属とのショットキー電極界面が炭化金属と金属シリサイド、金属とシリコンと炭素の3元系化合物又はこれらの混合物であることを特徴とするJBS (Junction Barrier controlled Schottky diode: 接合障壁ショットキーダイオード) 構造の炭化珪素ショットキーバリアダイオードである。

【選択図】図3



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

炭化珪素と金属とのショットキー電極界面が炭化金属と金属シリサイド、金属とシリコンと炭素の3元系化合物又はこれらの混合物であることを特徴とするJBS構造の炭化珪素ショットキーバリアダイオード。

## 【請求項 2】

上記金属としてIVa、Va、VIa族の金属を用いることを特徴とする請求項1に記載のJBS構造の炭化珪素ショットキーバリアダイオード。

## 【請求項 3】

炭化珪素とIVa、Va、VIa族以外の金属とのショットキー電極界面がIVa、Va、VIa族の金属からなる炭化金属とIVa、Va、VIa族以外の金属からなる金属シリサイドであることを特徴とする炭化珪素ショットキーバリアダイオード。

10

## 【請求項 4】

炭化珪素とチタンとのショットキー電極界面が炭化チタンとチタンシリサイド、チタンとシリコンと炭素の3元系化合物( $Ti_xSi_yC_z$ )又はこれらの混合物であることを特徴とするJBS構造の炭化珪素ショットキーバリアダイオード。

## 【請求項 5】

請求項3記載のショットキーバリアダイオードにおいて、ショットキー電極界面が炭化チタンとニッケルシリサイドであることを特徴とする炭化珪素ショットキーバリアダイオード。

20

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、炭化珪素半導体装置に関し、特に炭化珪素基板上に形成したショットキーバリアダイオードに関するものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

炭化珪素(SiC)は、シリコン(Si)と比較して、1.バンドギャップが広い、2.絶縁破壊強度が大きい、3.電子の飽和ドリフト速度が大きいなどの優れた物性を有する。したがって、炭化珪素(SiC)を基板材料として用いることにより、シリコン(Si)の限界を超えた高性能の高耐圧な電力用半導体素子が製造できる。

30

また、炭化珪素には、シリコン等の半導体と同様に、金属を表面に堆積させることにより整流特性のあるショットキーバリアダイオードを製造できる。これらの理由から、炭化珪素を基板材料とした高耐圧で低オン抵抗のショットキーバリアダイオードが実現できることが知られている。

## 【0003】

図1Aは、従来の炭化珪素ショットキーバリアダイオードの断面構造図である。1×10<sup>18</sup>cm<sup>-3</sup>の窒素がドーピングされた厚さ300μmの(0001)面を有する高濃度n型炭化珪素基板1表面上に、1.8×10<sup>16</sup>cm<sup>-3</sup>の窒素がドーピングされた厚さ6μmのn型の炭化珪素エピタキシャル層2を持ち、高濃度にリンをドーピングされたチャンネルストッパー3、高濃度のアルミニウムがドーピングされたp型で形成された不純物領域4、さらに電界を分散させるための、アルミニウムがドーピングされたp型で形成された不純物領域5が電界緩和領域4から、周囲に1.5μm間隔で6本持ち、裏面にオーミック電極6、0.5μmの厚さの酸化シリコンで形成された層間絶縁膜である7、ショットキー電極8、アルミニウムで形成された電極パッド9をもつショットキーバリアダイオードである。

40

## 【0004】

図1Bは、そのマスクレイアウト図である。図1BのI-I線にそった断面が図1Aにあたる。チャンネルストッパー3は構造全体を囲むように配置され、ショットキー電極8の形状は角に電界の集中が起こらないように、150μmの曲率を持った正方形をもち、ショッ

50

トキ一電極 8 の周囲は終端構造用の p 型領域 4 と等間隔に 4  $\mu$ m 重なるように配置され、終端構造用の p 型領域 4 と F L R 構造用の p 型領域 5 は等間隔になるように角の曲率を変化させた形状をもち、電極パッド 9 は外部装置との接続のため一部を露出するようにパッシベーション膜 10 が形成されている。

#### 【 0 0 0 5 】

理想的な整流特性を有するダイオードは逆方向電圧を印加したときに電流は流れず、順方向電圧の印加に対しては抵抗を有しない。しかし、一般的に製造されるダイオードは逆方向電圧を印加すると微量の電流（リーク電流）が流れ、順方向にはいくらかの抵抗（オン抵抗）を有する。ショットキー界面を有する装置、例えばショットキーバリアダイオードはショットキーバリア高さが大きいとリーク電流を抑えて耐圧を上げることができるが、オン抵抗が大きくなる。逆にショットキーバリア高さが小さいとオン抵抗が小さくなるが、リーク電流が大きくなる。このように、逆方向電気特性のリーク電流と順方向電気特性のオン抵抗にはトレードオフの関係がある。これらの理由から、ショットキーバリアダイオード製造には用途に応じて金属が選択されるが、製造されたショットキーバリアダイオードのショットキーバリア高さは、半導体の電子親和力と金属の仕事関数によって特徴付けられるため、必ずしも用途に最適なショットキーバリアダイオードを製造することができない。

10

#### 【 0 0 0 6 】

炭化珪素ショットキーバリアダイオードは、炭化珪素基板に金属を堆積するだけで、その整流性を得ることが出来る。しかし、炭化珪素ショットキーバリアダイオードの製造プロセスにより、ショットキー界面に炭素原子が不均一に残留しリーク電流のばらつきなどが顕在化し、製造された炭化珪素ショットキーバリアダイオードは不安定な電気特性を示す。

20

#### 【 0 0 0 7 】

また、堆積した金属と炭化珪素基板の密着性は必ずしも良いとは限らず、例えば金属堆積後に 400 ~ 600 程度の温度でアニールすることにより、その密着性を確保しようという試みがなされている（非特許文献 1）。例えば、ニッケルなどは 400 程度の温度のアニールでニッケルシリサイド層が形成されることが知られている。しかし、炭化珪素ではニッケルとシリコンが結びつくことにより、炭素原子（又は分子）が単独で界面に残るためにその特性がばらつくことや特性不良を引き起こすことが懸念される。

30

【非特許文献 1】Mater. Sci. Forum, 556-557(2007)873

【非特許文献 2】J. Mater. Res., Vol. 10(1994)668

【非特許文献 3】Microelectronic Engineering 60(2002)269

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

#### 【 0 0 0 8 】

本発明は、炭化珪素基板との密着性がよく、ショットキーバリア高のばらつきが小さいとともに逆方向電圧印加時のリーク電流が少ない炭化珪素ショットキーバリアダイオードを実現することを課題とする。

40

【課題を解決するための手段】

#### 【 0 0 0 9 】

上記課題は次のような手段により解決される。

( 1 ) 炭化珪素と金属とのショットキー電極界面が炭化金属と金属シリサイド、金属とシリコンと炭素の 3 元系化合物又はこれらの混合物であることを特徴とする JBS 構造の炭化珪素ショットキーバリアダイオード。

( 2 ) 上記金属として IVa、Va、VIa 族の金属を用いることを特徴とする ( 1 ) に記載の JBS 構造の炭化珪素ショットキーバリアダイオード。

( 3 ) 炭化珪素と IVa、Va、VIa 族以外の金属とのショットキー電極界面が IVa、Va、VIa 族の金属からなる炭化金属と IVa、Va、VIa 族以外の金属からなる金属シリサイドであることを特徴とする炭化珪素ショットキーバリアダイオード。

50

(4) 炭化珪素とチタンとのショットキー電極界面が炭化チタンとチタンシリサイド、チタンとシリコンと炭素の3元系化合物( $Ti_xSi_yC_z$ )又はこれらの混合物であることを特徴とするJBS構造の炭化珪素ショットキーバリアダイオード。

(5) (3)に記載のショットキーバリアダイオードにおいて、炭化珪素とニッケルとのショットキー電極界面が炭化チタンとニッケルシリサイドであることを特徴とする炭化珪素ショットキーバリアダイオード

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、炭化金属を形成しやすい金属を用いてショットキー界面に炭化金属と金属シリサイドを形成することで、炭化珪素基板との密着性がよく、ショットキーバリアハイトのばらつきが小さい炭化珪素ショットキーバリアダイオードが得られる。しかもJBS構造とすることで逆方向電圧印加時のリーク電流が少ない炭化珪素ショットキーバリアダイオードを実現することができる。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

本発明は、炭化珪素上のショットキー界面を有する装置において、ショットキー界面に密着性を向上するための金属シリサイド層と、特性不良を引き起こす炭素原子を消費するための金属炭化物を同時に有するショットキー界面を有する装置に関するものである。

【0012】

本発明らは、炭化珪素上に堆積したチタンを400以上の温度でアニールすることにより、界面の状態が変化していくとともに、その特性が安定化していくことを見出した。

20

また炭化珪素上にチタンを堆積し400、500、600、700でアニールした後、ショットキーバリアハイトを測定し、X線回折(X-ray Diffraction; XRD)によって結晶構造の変化を調べた。

【0013】

図2は炭化珪素上にチタンを堆積した後のアニール温度とショットキーバリアハイトの関係である。ショットキーバリアハイトはアニール温度が400、500とアニール温度を上げると増加し、600以上では減少することが確認できた。これにより、金属を堆積した後にアニール温度を選択することにより、ショットキーバリアハイトを変化させリーク電流やオン抵抗を制御できることが分かる。特に、アニール温度を上げることによりショットキーバリアハイトのばらつきが小さくなり、特性のばらつきをなくし安定した性能を持つ装置が製造可能であることが確認できる。

30

【0014】

XRDによる測定ではアニール温度の上昇とともにチタンのピークが消えることが確認された。これは、アニール温度の上昇とともに、界面でチタンと炭化珪素の反応が進行していったためである。非特許文献2によると、アニール温度700で炭化チタン( $TiC$ )とチタンシリサイド( $Ti_5Si_3$ )が形成されていることが報告されており、炭素原子はショットキー界面には存在しない。また、1000のアニールでチタンとシリコンと炭素の3元系化合物 $Ti_3SiC_2$ が形成されることが報告されている(非特許文献3)。従って、図2に示したアニール温度の上昇に伴いショットキーバリアハイトのばらつきが小さくなっていったのは、特性不良を起こす懸念があるとして挙げた炭素原子がチタンと反応することで消費されたためである。特性劣化を引き起こす炭素原子を消費することで、リーク電流やオン抵抗のばらつきをなくし安定化が実現する。

40

【0015】

すなわち、界面の炭素原子を金属と反応させることで炭化金属とし、同時に形成される金属シリサイド層にてショットキーバリアハイトを制御するショットキーバリアダイオードは、その特性を安定化させる効果がある。

IVa、Va、VIa族の金属は、炭化物を形成しやすい金属であるとされている(特開2000-208438号公報)。これらの金属を用いることで、同様の効果が得られると考えられる。

【0016】

50

ところが、炭化金属を形成しやすい金属として、チタンを選択した場合には、チタンを堆積した後の熱処理によって形成されたショットキーバリアハイトは、600以上では処理温度の上昇とともに小さくなることが図2に示したように確認されている。その結果、逆方向電圧印加時のリーク電流が大きくなるため素子耐圧が著しく低下する。そのため、チタンを選択した場合にはJBS構造でショットキーバリアダイオードを作製して、逆方向電圧印加時のリーク電流を低減させることが望ましい。ショットキー界面を形成する物質によりショットキーバリアハイトの値が変化するため、目的に応じてJBS構造等のショットキー界面を有する装置とする必要がある。

【0017】

JBS構造のようなショットキー界面を有する装置であれば本発明の効果は得られる。特に、図2で示されているように、ばらつきを抑えるために高温でアニールしてもショットキーバリアハイトが小さくなる場合は、リーク電流を抑えるためにJBS構造が有効である。

10

ショットキー電極8がチタンシリサイドと炭化チタンで形成されていることから、形成されたショットキー界面に特性劣化を起こすと懸念される炭素原子が存在せず、特性の安定したショットキーバリアダイオードを提供することができる。

【0018】

図3Bは、本発明の実施例として示した炭化珪素JBS構造のマスキレイアウト図の一例である。図3BのII-II線にそった断面が図3Aにあたる。

従来例として示した図1の炭化珪素ショットキーバリアダイオード構造の低濃度第一導電型のエピタキシャル層2表面のショットキー電極領域に、例えば高濃度のアルミニウムがドーピングされた幅2 $\mu\text{m}$ の幅が2 $\mu\text{m}$ の間隔を持ってストライプ状に配置されているp型の領域11が形成されている。

20

ショットキー電極8がチタンシリサイドと炭化チタンで形成されていることから、特性劣化を起こすと懸念される炭素原子が存在せず、特性の安定したショットキーバリアダイオードを提供することができる。

【0019】

図4のA~Fは、本発明の実施例に示したJBS構造のダイオードの製造工程を示した断面構造図である。

図4Aにおいて、 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ の窒素がドーピングされた厚さ300 $\mu\text{m}$ の(0001)面を有する高濃度n型基板1表面上には、 $1.8 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ の窒素がドーピングされた厚さ6 $\mu\text{m}$ の低濃度n型ドリフト層2が堆積される。

30

【0020】

前記炭化珪素基板に、チャンネルストップ用のn型領域3を形成するために図4Bにおいてリンを注入する。図4Cにおいて、終端構造用のp型領域4とFLR構造用のp型領域5とJBS構造用のp型領域11を形成するためにアルミニウムを注入する。チャンネルストップ用のn型領域3を形成するために注入されたリンと終端構造用のp型領域4とFLR構造用のp型領域5とJBS構造用のp型領域11を形成するために注入されたアルミニウムを活性化するために、Ar雰囲気中において1650で240秒間の活性化を行う。

40

【0021】

図4Dにおいて、前記炭化珪素基板裏面にオーミック電極6を形成する。前記炭化珪素基板上に、層間絶縁膜7を形成し、ショットキー電極を形成する部分に、例えばチタンを真空中で蒸着し、例えばチタンシリサイドと炭化チタンからなるショットキー電極8を形成するために、例えばアルゴン雰囲気中で500で5分間の処理を行う。ショットキー電極8の終端部分は、ショットキーバリアダイオードを高耐圧素子として動作させるために、ショットキー電極8の端とp型領域4が重なるようにする。

【0022】

図4Eにおいて、ショットキー電極を外部装置と接続するためのパッドとしてアルミニウム電極9を形成する。図4Fにおいて、表面に高電圧による放電を防ぐためのパッシベ

50

ーション膜 10 としてプラズマCVD法で形成されたシリコン窒化膜を堆積する。

【0023】

以上、本発明の実施例を詳述したが、本発明は前記実施例に限定されるものではない。そして、本発明の趣旨を逸脱することがなければ、種々の設計変更を行うことが可能である。

【0024】

本実施例では、炭化珪素(0001)面基板上の炭化珪素に製造されたショットキーバリアダイオードの構造について説明したが、(000-1)面基板にも、同様に適用できる。また、炭化珪素基板上に製造されたショットキーバリアダイオードのショットキー界面を形成する金属をチタンを例として説明したが、チタンに限らずシリコンと化合してシリサイドを形成し炭化物を形成しやすいIVa、Va、VIa族金属であれば同様に適用できる。また、電界緩和構造としてp型で形成された不純物領域4、p型で形成された不純物領域5は、フローティングリミッティングリング(FLR)構造を構造例としてあげたが、ジャンクションターミネーションエクステンション(JTE)構造、フローティングプレート構造等のような電界緩和構造でも本発明の効果は得られることはいうまでもない。また、n型の炭化珪素基板にp型の電界緩和領域を形成した構造を構造例としてあげたが、p型の炭化珪素基板にn型の電界緩和領域を形成した構造等のような異なる伝導型を利用した構造でも本発明の効果は得られることはいうまでもない。

10

【0025】

次に例えば炭化珪素基板上に1層目として炭化金属を形成しにくいニッケルを、2層目として炭化珪素を形成しやすいチタンを蒸着し、1000 でアニールすることで、ショットキー界面にはニッケルシリサイド層とともに、炭化チタンが同時に界面に存在することが、オージェ分析により確認されている。このように、炭化金属を形成しにくい金属を利用する場合でも、炭化金属を形成しやすい金属と合金又は混合物又は層状に堆積した構造から反応させることにより特性劣化を引き起こすと懸念される炭素原子は界面において炭化チタンの形態を取り、ショットキーバリアダイオードの特性が安定化する。

20

【0026】

さらにニッケル以外のIVa、Va、VIa族金属以外の金属でも、IVa、Va、VIa族金属との合金又は混合物又は層状に堆積した構造を用いて反応させることにより、炭素原子が炭化金属又は金属とシリコンと炭素の3元系化合物を形成して炭素原子のない安定したショットキー界面を形成するため、IVa、Va、VIa族金属を用いてシリサイド又は炭化金属又は金属とシリコンと炭素の3元系化合物を形成した構造やIVa、Va、VIa族金属とIVa、Va、VIa族金属以外の金属の組み合わせによりシリサイド層又は炭化金属又は金属とシリコンと炭素の3元系化合物を形成した構造でも本発明の効果は得られることはいうまでもない。

30

【図面の簡単な説明】

【0027】

【図1】従来の炭化珪素ショットキーバリアダイオードを説明するための図面である。

【図2】炭化珪素上にチタンを堆積した後の熱処理温度とショットキーバリアハイトの関係を示す図面である。

【図3】本発明に係る炭化珪素JBS構造のショットキーバリアダイオードを説明するための図面である。

40

【図4】炭化珪素JBS構造のショットキーダイオードの製造工程を説明するための断面図である。

【符号の説明】

【0028】

- 1 高濃度第一導電型炭化珪素基板
- 2 低濃度第一導電型炭化珪素ドリフト層
- 3 第一導電型不純物イオン注入領域
- 4 第二導電型不純物イオン注入領域(終端)
- 5 第二導電型不純物イオン注入領域(FLR)

50

- 6 オーミック電極
- 7 層間絶縁膜
- 8 ショットキー電極
- 9 電極パッド
- 10 パッシベーション膜
- 11 第二導電型不純物イオン注入領域 ( J B S )

【 図 1 】  
図 1 A

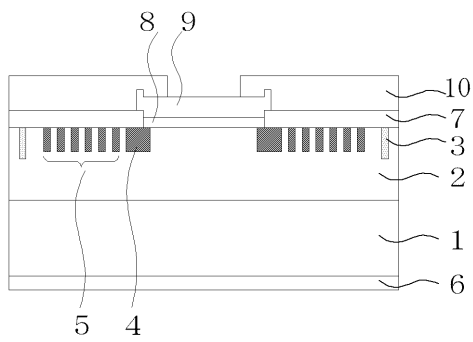
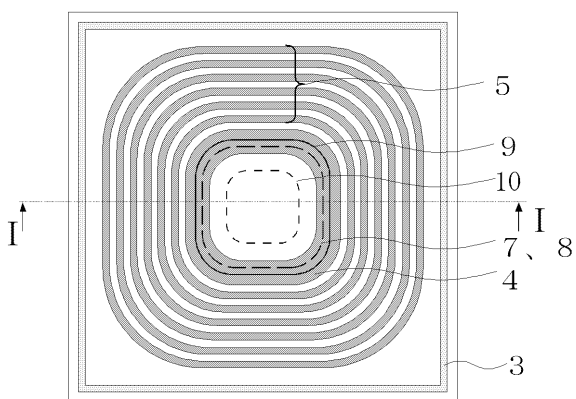
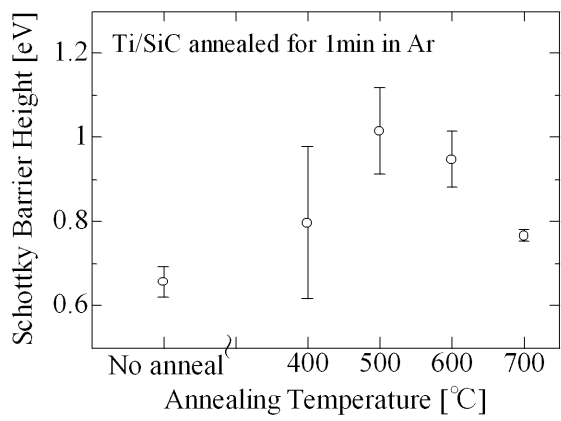


図 1 B



【 図 2 】





## フロントページの続き

- (72)発明者 大柳 孝純  
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
所内 株式会社日立製作所中央研究
- (72)発明者 福田 憲司  
茨城県つくば市東1-1-1  
ンター内 独立行政法人産業技術総合研究所つくばセ
- (72)発明者 八尾 勉  
茨城県つくば市東1-1-1  
ンター内 独立行政法人産業技術総合研究所つくばセ
- Fターム(参考) 4M104 AA03 BB21 BB25 BB34 CC03 DD34 DD79 DD84 FF32 FF35  
GG03 HH08 HH20