

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2009-545885
(P2009-545885A)

(43) 公表日 平成21年12月24日(2009.12.24)

(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 M	4 M 1 0 4
HO 1 L 29/872 (2006.01)	HO 1 L 29/48 D	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2009-522856 (P2009-522856)
 (86) (22) 出願日 平成19年7月31日 (2007. 7. 31)
 (85) 翻訳文提出日 平成21年3月25日 (2009. 3. 25)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2007/017135
 (87) 国際公開番号 W02008/016619
 (87) 国際公開日 平成20年2月7日 (2008. 2. 7)
 (31) 優先権主張番号 60/820, 807
 (32) 優先日 平成18年7月31日 (2006. 7. 31)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

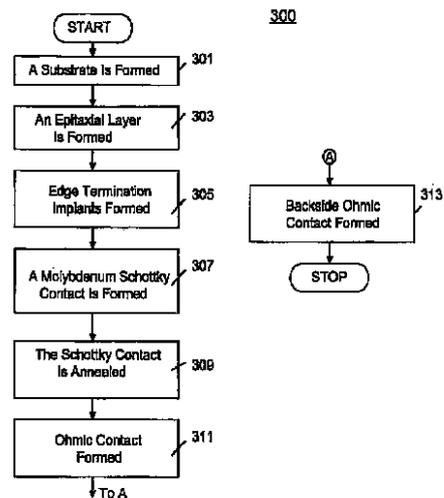
(71) 出願人 503346049
 ヴィシェイーシリコニックス
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95
 054 サンタ・クララ ローレルウッド
 ・ロード 2201
 (74) 代理人 100092783
 弁理士 小林 浩
 (74) 代理人 100095360
 弁理士 片山 英二
 (74) 代理人 100120134
 弁理士 大森 規雄
 (74) 代理人 100104282
 弁理士 鈴木 康仁
 (72) 発明者 リチューリ, ジョバンニ
 イタリア国 ドゥルエント

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 SiCショットキーダイオード用モリブデンバリア金属および製造方法

(57) 【要約】

ダイオードの製造方法を開示する。一実施形態では本方法は、シリコンカーバイド (SiC) のエピタキシャル層上にショットキーコンタクトを形成する工程と、前記ショットキーコンタクトを300 から700 の範囲の温度でアニールする工程とを含む。ショットキーコンタクトは、モリブデン (Mo) 層はモリブデン層により形成される。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ダイオードの製造方法であって、
シリコンカーバイド（SiC）のエピタキシャル層上にショットキーコンタクトを形成する工程であって、前記ショットキーコンタクトがモリブデン（Mo）層を含む工程と、
前記ショットキーコンタクトを 300 から 700 の範囲の温度でアニールする工程と、
を含む方法。

【請求項 2】

前記 Mo を含むショットキーコンタクトを形成する工程が、前記ダイオードに、チタン（Ti）を含むショットキーコンタクトを有する類似のダイオードに比べて、低い順方向電圧が印加された状態でより優れた順方向電流伝導を提供する、請求項 1 に記載の方法。

10

【請求項 3】

前記モリブデン層上方にオーミックコンタクトを形成する工程をさらに含み、前記オーミックコンタクトの形成に用いられる材料が、アルミニウム（Al）、ニッケル（Ni）、チタン（Ti）、タングステン（W）、銅（Co）および金（Au）からなる群より選択される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

前記 SiC のエピタキシャル層内にボロン終端インプラントを形成する工程をさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

20

【請求項 5】

前記 SiC のエピタキシャル層内に裏面リン終端インプラントを形成する工程をさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

前記ボロン終端インプラントが、1550 を超える温度で高温急速熱アニール（HRTA）を用いて形成される、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 7】

前記モリブデン（Mo）層が 500 オングストロームと 2000 オングストロームとの間の厚みを有する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 8】

前記オーミックコンタクトがワイヤボンディングプロセスを用いて形成され、モリブデンバリア金属上に形成されたアルミニウム上層を含み、前記モリブデンバリア金属と前記アルミニウム上層が共に、ショットキーコンタクトアニール工程中に 300 から 700 の範囲の温度を用いてアニールされる、請求項 3 に記載の方法。

30

【請求項 9】

ダイオードの製造方法であって、
基板を形成する工程と、
前記基板上にエピタキシャル層を形成する工程と、
前記エピタキシャル層のエッジ終端領域内にエッジ終端インプラントを形成する工程と、

40

前記エピタキシャル層上にショットキーコンタクトを形成する工程であって、前記ショットキーコンタクトがモリブデン（Mo）層を含む工程と、
前記ショットキーコンタクトを 300 から 700 の範囲の温度でアニールする工程と、
前記ショットキーコンタクト上方にオーミックコンタクト層を形成する工程と、
前記基板の裏面に裏面オーミックコンタクトを形成する工程と、
を含む方法。

【請求項 10】

前記 Mo を含むショットキーコンタクトを形成する工程が、前記ダイオードに、チタン（Ti）を含むショットキーコンタクトを有する類似のダイオードに比べて、低い順方向

50

電圧が印加された状態でより優れた順方向電流伝導を提供する、請求項 9 に記載の方法。

【請求項 1 1】

前記オーミックコンタクトの形成に用いられる材料が、アルミニウム (Al)、ニッケル (Ni)、チタン (Ti)、タングステン (W)、銅 (Co) および金 (Au) からなる群より選択される、請求項 9 に記載の方法。

【請求項 1 2】

SiC の前記エピタキシャル層内にボロン (B) 終端インプラントを形成する工程をさらに含む、請求項 9 に記載の方法。

【請求項 1 3】

SiC の前記エピタキシャル層内に裏面リン (P) インプラントを形成する工程をさらに含む、請求項 9 に記載の方法。

10

【請求項 1 4】

前記ボロン (B) 終端インプラントが、高温急速熱アニール活性化 (HTRTA) により形成される、請求項 1 2 に記載の方法。

【請求項 1 5】

前記モリブデン (Mo) 層が 500 オングストロームと 2000 オングストロームとの間の厚みを有する、請求項 9 に記載の方法。

【請求項 1 6】

前記オーミックコンタクトがワイヤボンディングプロセスを用いて形成され、モリブデンバリア金属上に形成されたアルミニウム上層を含み、前記モリブデンバリア金属と前記アルミニウム上層が共に、ショットキーコンタクトアニール工程中に 300 から 700 の範囲の温度を用いてアニールされる、請求項 1 1 に記載の方法。

20

【請求項 1 7】

ショットキーダイオードであって、
 基板と、
 前記基板に隣接して且つ前記基板上方に設けられたエピタキシャル層と、
 前記エピタキシャル層の終端領域内に形成されたエッジ終端インプラントと、
 前記エピタキシャル層上に形成されたショットキーコンタクトであって、モリブデン層を含むショットキーコンタクトと、
 前記ショットキーコンタクト上方に形成されたオーミックコンタクトと、
 前記基板の裏面に形成された裏面オーミックコンタクトと、
 を含むショットキーダイオード。

30

【請求項 1 8】

チタンにより形成されたショットキーコンタクトを含む類似のダイオードに比べて、低い順方向電圧が印加された状態でより優れた順方向電流伝導を提供する、請求項 1 7 に記載のダイオード。

【請求項 1 9】

前記モリブデン層上方に設けられたオーミックコンタクトをさらに含み、前記オーミックコンタクトの形成に用いられる材料が、アルミニウム (Al)、ニッケル (Ni)、チタン (Ti)、タングステン (W)、銅 (Co) および金 (Au) からなる群より選択される、請求項 1 7 に記載のダイオード。

40

【請求項 2 0】

SiC の前記エピタキシャル層内にボロン (B) 終端インプラントをさらに含む、請求項 1 7 に記載のダイオード。

【請求項 2 1】

SiC の前記エピタキシャル層内に裏面リン (P) 終端インプラントをさらに含む、請求項 1 7 に記載のダイオード。

【請求項 2 2】

前記ボロン (B) 終端インプラントが、1550 を超える温度で高温急速熱アニール (HTRTA) を用いて形成された、請求項 2 0 に記載のダイオード。

50

【請求項 2 3】

前記モリブデン (M o) 層が 5 0 0 オングストロームと 2 0 0 0 オングストロームとの間の厚みを有する、請求項 1 7 に記載のダイオード。

【請求項 2 4】

前記オーミックコンタクトがワイヤボンディングプロセスを用いて形成され、モリブデンバリア金属上に形成されたアルミニウム上層を含み、前記モリブデンバリア金属と前記アルミニウム上層が共に、ショットキーコンタクトアニール工程中に 3 0 0 から 7 0 0 の範囲の温度を用いてアニールされた、請求項 1 9 に記載のダイオード。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】**

10

【0001】

本発明は、モリブデンショットキーバリアコンタクトを有するシリコンカーバイド (S i C) ショットキーダイオードに関する。

【背景技術】**【0002】**

本出願は 2 0 0 6 年 7 月 3 1 日に提出された同時係属中の米国仮特許出願第 6 0 / 8 2 0 , 8 0 7 号および 2 0 0 7 年 7 月に提出された米国仮特許出願第 X X / X X X , X X X 号に基づく優先権を主張する。上記出願を参考のためここに援用する。

【0003】

ダイオードは、電流の流れる方向を制限する電子部品である。より具体的にはダイオードは、電流が一方の方向に流れることを許容するが反対方向に流れることを阻止する。従ってダイオードは、機械的逆止弁の電子版と考えることができる。電流が一方向のみに流れることを必要とする回路は、典型的には 1 以上のダイオードを含む。

20

【0004】

ショットキーダイオードは p n 接合ではなく、金属と半導体とのコンタクトから形成されるダイオードである。ショットキーダイオードは、標準的な p n 接合ダイオードよりも低い順方向電圧降下を有する。ショットキーダイオードの接合容量は概して p n 接合ダイオードのそれよりもはるかに低い。接合容量が低いために、ミキサおよび検出器などの高速回路および無線周波数 (R F) デバイスに対する切り換え速度が速く安定性が高い。さらにショットキーダイオードは、高電圧用途にも用いることができる。

30

【0005】

高電圧用途での使用のために、ショットキーダイオード製造者は、優れた電力損失低減特性を有するデバイスを提供しようとしている。このようなダイオードの性能を評価するために製造者が用いるパラメータは、順方向電流伝導特性および逆方向電圧遮断特性を含む。順方向電流伝導が優れており遮断電圧が高いデバイスは、高電圧低損失用途にとって理想的である。このようなデバイスを上手く製造することに対する問題点としては、デバイスの製造に用いる材料の固有の特性およびこれらの材料が有し得る物理的欠陥などがある。

【0006】

シリコンカーバイド (S i C) は、臨界電界が高いために、高電圧低損失パワー半導体デバイスにとって期待できる材料として出現した。さらに S i C を用いるショットキーバリアダイオード (S B D) が現在市販されている。しかしこれらのデバイスの性能は、S i C が有する可能性のある理想的な性能に比べて低い。より具体的には、現在入手可能な S i C - S B D は、S i C が有する可能性のある優れた性能 (高電圧、高電流容量および低損失) を完全には実現しない。さらに現在入手可能な S i C - S B D は、高電圧デバイスの S i C エピ層において性能を劣化させる欠点を有する。

40

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0007】**

従って向上した順方向電流伝導および逆方向電圧遮断容量を有するショットキーダイオ

50

ードを提供する方法が必要である。本発明は、この必要性を満たす方法を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0008】

チタンおよびその他の使用可能なショットキーコンタクト材料に比べて、順方向電流伝導および逆方向電圧遮断性能を向上させるモリブデンショットキーコンタクトを開示する。さらにモリブデンショットキーコンタクトは、チタン(Ti)またはニッケル(Ni)のショットキーコンタクトを用いたSiCショットキーダイオードに比べて、高温でより優れたデバイス動作安定性を提供し、より高いアニール温度の使用を可能にする。

【0009】

さらに、ダイオードの製造方法を開示する。本方法は、シリコンカーバイド(SiC)のエピタキシャル層上にショットキーコンタクトを形成する工程と、ショットキーコンタクトを300から700の範囲の温度でアニールする工程とを含む。ショットキーコンタクトはモリブデン(Mo)層により形成される。

10

【0010】

開示するダイオード製造方法の一部として、基板を形成し、基板上にエピタキシャル層を形成し、エピタキシャル層の終端領域内にエッジ終端インプラントを形成する。さらに、エピタキシャル層上にショットキーコンタクトを形成し、ショットキーコンタクトを600を超える温度でアニールする。その後、ショットキーコンタクト上方にアルミニウム(Al)コンタクトを形成する。ショットキーコンタクトはモリブデン(Mo)層により形成される。

20

【0011】

さらに開示するのは、本明細書に記載するプロセスにより製造されるショットキーダイオードである。一実施形態において、ショットキーダイオードは、基板と、基板に隣接して且つ基板上方に設けられたエピタキシャル層と、エピタキシャル層の終端領域内に形成された電界リングと、エピタキシャル層上に形成されたショットキーコンタクトとを含む。ショットキーコンタクトは、モリブデン層により形成される。ショットキーコンタクト上方にアルミニウム層が形成される。

【0012】

一実施形態では、高電圧SiC-SBDでのパワー損失低減にとって優れた特性(例えば、ショットキーバリア高さ=1.2~1.3eVおよび理想係数<1.1)を有する、高温(>600)アニールされたモリブデン(Mo)ショットキーコンタクトが開示される。ショットキーバリア高さは、金属と半導体との界面における電位の差異を示す。このパラメータは、デバイスの順方向電圧および漏れ電流の判定にとって重要である。理想係数は、界面の質の測定値を表す。概して理想係数は1から2であり、本明細書に開示するモリブデンショットキーコンタクトなどの高質界面の場合、このパラメータは1.1未満である。

30

【0013】

一実施形態では、本明細書に開示するようなショットキーコンタクトを含む4H-SiC接合バリアショットキーダイオードなどの電子パワーデバイスを、直径3インチの4H-SiCウエハ上に製造してもよい。ショットキー金属コンタクトは、スパッタリングにより、或いはより好適にはTi、MoおよびNiの電子線および熱蒸発によって得られ得る。

40

【0014】

一実施形態では、開示するショットキーダイオードは、室温で77から400°Kの範囲において1000Vまでの遮断電圧を呈する。一実施形態では、ショットキーダイオードの特性を、電流-電圧測定値および容量-電圧測定値を参照して評価した。様々な設計におけるショットキーバリア高さ(SBH)、理想係数、および逆方向漏れ電流を測定し、上手く動作しなかったデバイスの構造に関する形態学的研究を高解像度走査電子顕微鏡を用いて行った。

【0015】

50

一実施形態では、ショットキーバリアとしてMoを有するショットキーバリアダイオードは、標準的なTi金属処理で得られるものに似た遮断電圧を示すが、これよりも高さバリア値が低い。バリア値が低いと、図2Aに示すように順方向伝導性能がよくなり、さらに図2Bに示すように逆方向または遮断電圧性能もよくなる。さらに、接合バリアショットキーダイオードは、ショットキーバリアに対する電界強度を制限し、従ってショットキーバリアの低下および逆方向電流をも制限する。

【0016】

本発明の上記および他の利点は、図面に示す好ましい実施形態についての以下の詳細な説明を読むことにより当業者には確実に明らかになる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1A】図1Aは、一実施形態により製造されたシリコンカーバイド(SiC)ショットキーバリアダイオード(SBD)の一部分の断面を示すブロック図である。

【図1B】図1Bは、一実施形態によって製造された完成したSiC-SBDの断面図である。

【図2A】図2Aは、一実施形態によるモリブデン(Mo)ショットキーコンタクトを有するショットキーダイオードの順方向伝導特性を、チタン(Ti)ショットキーコンタクトを有するショットキーダイオードと比べて示すグラフである。

【図2B】図2Bは、一実施形態によるMoショットキーコンタクトを有するショットキーダイオードの逆バイアス特性を、Tiショットキーコンタクトを有するショットキーダイオードと比べて示すグラフである。

【図3】図3は、一実施形態によってSiCショットキーダイオードを製造するプロセスの一例において実施される工程を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0018】

本発明およびそのさらなる利点は、添付の図面を参照し以下の記載を読むことにより、最もよく理解することができる。

【0019】

図面において、同様のエレメントには同様の参照符号を付す。

【0020】

本発明を、添付の図面に示す様々な実施形態に照らして詳細に説明する。以下の説明では、本発明の徹底的な理解を可能にするために具体的な詳細事項を述べる。しかし本発明は本明細書に記載する実施の詳細な点の一部がなくても実施可能であることは当業者には明らかである。さらに本発明を必要以上に不明瞭にしないために、周知の動作は詳細に記載しない。

【0021】

(本発明の一実施形態によるSiCショットキーダイオード用モリブデンバリア金属および製造方法)

図1Aは、本発明の一実施形態によって製造されたシリコンカーバイド(SiC)ショットキーバリアダイオード(SBD)100の断面図である。一実施形態では、チタン(Ti)およびその他の材料よりも順方向電流伝導性能および逆方向電圧遮断性能を向上させるモリブデン(Mo)ショットキーコンタクトを用いる。さらにMoショットキーコンタクトは、チタン(Ti)またはニッケル(Ni)ショットキーコンタクトを用いたSiCショットキーダイオードに比べて、高温でより優れた動作安定性を提供し、より高いアニール温度の使用を可能にする。

【0022】

図1Aに示す実施形態ではSiC-SBD100は、シリコンカーバイド(SiC)基板10と、SiCエピタキシャル層11と、エッジ終端インプラント12と、パッシベーション層13と、モリブデン(Mo)コンタクト14と、オーミックコンタクト15と、裏面オーミックコンタクト16とを含む。一実施形態では、パッシベーション層13は二

10

20

30

40

50

酸化ケイ素 (SiO_2) で形成されてもよく、オーミックコンタクト 15 はアルミニウム (Al) で形成されてもよく、オーミックコンタクト 16 はニッケル (Ni) で形成されてもよい。他の実施形態では、本明細書に記載する以外の材料を用いて SiC - SBD 100 の 1 以上の構造を形成してもよい。

【0023】

図 1 A に示すように、 SiC 基板 10 上に高質 SiC エピタキシャル堆積層 (例えば SiC エピタキシャル層 11) が形成されており、エッジ終端の拡散を用いて SiC エピタキシャル層 11 内にエッジ終端インプラント 12 (例えば電界リング) が形成されている。一実施形態では、エッジ終端インプラント 12 の一部分がパッシベーション層 13 で覆われている。一実施形態では、 Mo コンタクト 14 が高温で形成され、オーミックコンタクト 15 に接する。裏面オーミックコンタクト 16 は基板 10 の裏面に形成される。

10

【0024】

動作は以下の通りである。オーミック層 15 および裏面オーミックコンタクト 16 によって表される端子間に正電圧が印加されると、図 1 A に参照符号 17 で示すように順方向電流伝導がトリガされる。逆に、オーミック層 15 および裏面オーミックコンタクト 16 によって表される端子間に逆電圧が印加されると、 SiC - SBD 100 には逆バイアスがかかり電流伝導は停止する。デバイスの動作中、本明細書に記載する Mo コンタクトは、 SiC - SBD 100 の全寿命期間に亘って Ti よりも安定したショットキーバリアを提供するということが理解されるはずである。

20

【0025】

(製造プロセス)

一実施形態ではまず、 SiC 基板 (例えば図 1 A に示す 10) と SiC エピタキシャル層 (例えば図 1 A に示す 11) とを含む調製済みウエハを、 H_2SO_4 : H_2O_2 : H_2O の 4 : 1.5 : 1.5 (容量比) 溶液を 90 で 10 分間用い、 H_2O_2 : HCL : H_2O の 4 : 1.5 : 1.5 (容量比) 溶液を 75 で 10 分間用いて予備クリーニングしてもよい。その後、 SiC エピタキシャル層 11 の表面に第 1 のフォトレジストマスクを適用する前に、低熱酸化 (LTO) テトラエチルオルトシリケート (TEOS) 化合物を厚み 1 ミクロンまで堆積してもよい。その後、反応性イオンエッチング (RIE) により酸化物エッチングを行ってもよい。

30

【0026】

次に、 H_2SO_4 : H_2O_2 の 100 : 6 溶液を 140 で 15 分間用いてフォトレジストストリップを行ってもよい。その後、第 2 のフォトレジストマスクを適用してもよく、その後、6 : 1 バッファ化学溶液を用いて、この構造物にバッファ酸化物エッチング (B.O.E.) を施してもよい。上記の操作により、エッジ終端インプラント (例えば図 1 A に示す 12) 用の半導体構造物が調製される。従ってその後エッジ終端インプラントが形成され得る。

40

【0027】

一実施形態では、エッジ終端インプラント (例えば図 1 A に示す 12) は、5 E 13 のドーズ量、80 + 190 KeV の注入エネルギーおよび 4 度の傾斜角を用いて形成されたボロン (B) インプラントを含んでもよい。ボロン (B) インプラントが形成された後、1 E 15 のドーズ量、25 + 80 KeV の注入エネルギーおよび 4 度の傾斜角を用いて裏面リン (P) インプラントを形成してもよく、これによりカソード表面濃度 (例えば図 1 A に示す 12) が上昇する。2 次的イオン質量分析 (SIMS) ツールを用いてインプラントの元素分析および同位体分析を行うことができる。

40

【0028】

その後、 H_2SO_4 : H_2O_2 の 100 : 6 溶液を 140 の温度で 15 分間用いてフォトレジストストリップを行ってもよい。その後、6 : 1 溶液を用いてバッファ酸化物エッチング (B.O.E.) をもう一度施してもよい。得られた構造物を、 H_2SO_4 : H_2O_2 : H_2O の 4 : 1.5 : 1.5 (容量比) 溶液を 90 で 10 分間用い、 H_2O_2 : HCL : H_2O の 4 : 1.5 : 1.5 (容量比) 溶液を 75 で 10 分間用いて

50

予備クリーニングしてもよい。次に、エッジ終端インプラント（例えば図1Aに示す12）をアニールしてもよく、これにより1550よりも高い温度（SiCエピタキシャル層11内に注入されたイオンを活性化するため）の高温急速終端アニール（HTRTA）を用いて、注入されたドーパントが活性化される。一実施形態ではHTRTAを用いることにより、SiC材料の劣化が防止される。SiC材料が劣化すると、完成したデバイスの性能も劣化し得る。

【0029】

その後、 $H_2SO_4 : H_2O_2 : H_2O$ の4 : 1.5 : 1.5（容量比）溶液を90で10分間用い、 $H_2O_2 : HCl : H_2O$ の4 : 1.5 : 1.5（容量比）溶液を75で10分間用いて、さらなる予備クリーニング操作を行ってもよい。光沢のある表面を提供するために、低熱酸化（LTO）TEOSを堆積してもよい。その後、犠牲酸化を行ってもよく、その後酸化物ストリップを行ってもよい。

10

【0030】

その後、 $H_2SO_4 : H_2O_2 : H_2O$ の4 : 1.5 : 1.5（容量比）溶液を90で10分間用い、 $H_2O_2 : HCl : H_2O$ の4 : 1.5 : 1.5（容量比）溶液を75で10分間用いて、予備クリーニング操作を行ってもよい。次に、低熱酸化（LTO）TEOSを厚み1ミクロンまで堆積してもよい（これにより、終端インプラントエリアにTEOSが形成されている状態でパッシベーションが行われる）。その後、TEOS酸化を行ってもよい。一実施形態ではTEOS酸化の結果、電気特性が向上する。これらのプロセスにより酸化物界面が小さく維持されるからである。

20

【0031】

次に、材料を除去して金属堆積用半導体構造物を調製する（コンタクト用開口を提供する）操作を行ってもよい。これらの操作は、フォトレジストマスク（第3）の形成と、B・O・E・酸化物エッチングを行うこと（6 : 1バッファ化学溶液を用いる）と、フォトレジストストリップを行うこと（ $H_2SO_4 : H_2O_2$ の100 : 6溶液を140で15分間用いる）と、予備クリーニング操作を行うこと（ $H_2SO_4 : H_2O_2 : H_2O$ の容量比4 : 1.5 : 1.5溶液を90で10分間用い、 $H_2O_2 : HCl : H_2O$ の容量比4 : 1.5 : 1.5溶液を75で10分間用いる）と、B・O・E・クリーニングを行うこととを含む。選択された薄膜金属層（例えばNiまたはNi-Alなど）を用いてカソードエリア上に裏面オーミックコンタクトを形成してもよく、その後800 ~ 1000の範囲の温度でアニールを行ってもよい。これにより、コンタクト抵抗が低減する。

30

【0032】

上記の操作を行った後、コンタクト開口にモリブデンショットキーバリア（例えば図1Aに示すモリブデンショットキーコンタクト14）を形成してもよく、モリブデンショットキーバリア（例えばコンタクト）上方にオーミック（例えばニッケル（Ni）、金（Au）、銅（Cu）など）前面金属コンタクト（例えば図1Aに示す15）を形成してもよい。一実施形態では、モリブデンショットキーバリア（例えばコンタクト）を厚み500オングストローム ~ 2000オングストロームまで成長させてもよい。一実施形態では、前面オーミックコンタクト（例えば図1Aに示す15）を厚み4ミクロンまで成長させることができる。一実施形態では、標準的ワイヤボンディングプロセスを用いて、オーミック前面金属コンタクトを形成してもよい。他の実施形態では、他のプロセスを用いることができる。その後、300 ~ 700の範囲の温度を用いて金属焼結（高温アニール）を行ってもよい。他の実施形態では、600を越える（例えば800）温度を用いて金属焼結を行ってもよい。

40

【0033】

次に、フォトレジストマスク（第4）を適用してもよい。その後、金属エッチングを行ってもよく（デバイス規定のため）、フォトレジストストリップを行ってもよい。その後、コンタクト金属を予備クリーニングしてもよい。これらの操作の後に、アモルファスシリコン堆積（例えば1900オングストローム）とポリイミドパッシベーション（電気特

50

性の安定化および遮断能力の向上のため)とを行ってもよい。

【0034】

その後、第5のフォトリソマスクを適用し、続いてアモルファスシリコンエッチングと高温でのポリイミド硬化とを行ってもよい。最後に、コンタクト金属の予備クリーニングおよび裏面強化金属処理操作を行ってもよい(これにより、例えば裏面オーミックコンタクト16を形成する)。一実施形態では、裏面オーミックコンタクト16の形成に用いる材料は、チタン(Ti)(1000オングストローム)、ニッケル(Ni)(4000オングストローム)および銀(Ag)(6000オングストローム)を含むがこれらに限られない。他の実施形態では、他の金属および厚みを選択してもよい。

【0035】

図1Bは、図1Aに示すデバイスの実施形態として完成したデバイスの別の断面図であって、さらなる詳細な点を示す図である。図1Bに示されているが図1Aには示されていないコンポーネントは、上記のように形成したアモルファスシリコン層18およびポリイミド層19を含む。

【0036】

(特性)

図2Aおよび図2Bは、 1mm^2 のモリブデン(Mo)ショットキーコンタクトエリアを有し400でアニールされた、一実施形態によるSiC-SBDの電流-電圧特性を示す。重要なことであるが、これらのグラフは、モリブデン(Mo)ショットキーコンタクトを有するSiC-SBDが、チタン(Ti)ショットキーコンタクトを有するSiC-SBDに比べて、順方向電圧が低い状態でより優れた順方向電流伝導を提供するというを示している。図2Aおよび図2Bの特性を有するSBDは、 1.5mcm^2 のオーダーであると計算されたRTで特定のオン抵抗(R_{on})を示し、600Vを越える破壊電圧(V_b)を示した。

【0037】

図1Aに示すような高温アニールされたMo-SiC-SBDは、 V_b^2/R_{on} を用いて評価することができる。この値は概して、SiC-SBD用の性能指数として用いられる。高性能SiC-SBDは、より性能の低いSiC-SBDよりも高い V_b^2/R_{on} 値を有する。評価した本発明の実施形態の V_b^2/R_{on} 値は、 1mm^2 のショットキーコンタクトエリアを有するデバイスの場合で $1898\text{MW}/\text{cm}^2$ であった。

【0038】

以下の表1は、Mo、TiおよびNiショットキーコンタクト層を異なる温度で用いた実験結果を示す。

【0039】

【表1】

ショットキーコンタクト	IVからのバリア高さ(eV)	理想係数	CVからのバリア高さ(eV)	ND(cm^{-3})	Ir@600V
Mo	0.91	1.07	1.10	1.32E+16	1000 μA
Mo	0.97	1.05	1.15	1.74E+16	1000 μA
Mo	1.10	1.05	1.21	1.26E+16	100 μA
Ti	0.85	1.04	0.91	1.12E+16	100 μA
Ti	1.20	1.03	1.21	9.85E+15	20 μA
Ni	1.45	1.10	1.65	9.91E+15	100 μA
Ni	1.52	1.12	1.72	1.16E+16	50 μA

【0040】

例示の実施形態では、高電圧SiC-SBDでの電力損失低減にとって優れた特性(ショットキーバリア高さ=1.2~1.3eVおよび理想係数<1.1)を有する、高温(>600)アニールされたモリブデン(Mo)ショットキーコンタクトが提供される。ショットキーバリア高さは、金属と半導体との界面における電位の差異を示す。このパラ

10

20

30

40

50

メータは、デバイスの順方向電圧および漏れ電流の判定にとって重要である。理想係数は、界面の質の測定値を表す。概して理想係数は1から2であり、高質界面の場合、このパラメータは1.1未満である。

【0041】

一実施形態では、本明細書に開示するようなショットキーバリア(SB)を含む4H-SiC接合バリアショットキー(JBS)ダイオードなどの電子パワーデバイスを、直径3インチの4H-SiCウエハ上に製造してもよい。ショットキー金属コンタクトは、Ti、MoおよびNiの熱および電子線蒸発によって得られ得る。

【0042】

一実施形態では、開示するショットキーダイオードは、室温で77から400°Kの範囲において1000Vまでの遮断電圧を示す。一実施形態では、ショットキーダイオードの特性を、電流-電圧測定値および容量-電圧測定値を参照して評価した。様々な設計におけるショットキーバリア高さ(SBH)、理想係数、および逆方向漏れ電流を測定し、上手く動作しなかったデバイスの構造に関する形態学的研究を高解像度走査電子顕微鏡を用いて行った。

10

【0043】

一実施形態では、ショットキーバリアとしてMoを有するショットキーバリアダイオードは、標準的なTi金属処理で得られるものに似た遮断電圧を示すが、これよりも高さバリア値が低い。バリア値が低いと、図2Aに示すように順方向伝導性能がよくなり、さらに図2Bに示すように逆方向または遮断電圧性能もよくなる。

20

【0044】

接合バリアショットキー(JBS)ダイオードは、ショットキーバリアに対する電界強度を制限し、従ってショットキーバリアの低下および逆方向電流をも制限する。

【0045】

(一実施形態によるSiCショットキーダイオードの製造方法)

図3は、本発明の一実施形態によりシリコンカーバイド(SiC)ショットキーダイオードを製造するプロセスの一例において実施される工程のフローチャートである。フローチャートには具体的な工程を開示するが、これらの工程は一例である。他の様々な工程およびフローチャートに開示する工程の変形例を実施するに十分適した様々な実施形態がある。フローチャートに示す工程は、様々な実施形態の範囲内で様々な方法で実施可能であることが理解されるはずである。

30

【0046】

工程301で、基板を形成する。一実施形態では、基板はSiCで形成される。工程303で、基板上にエピタキシャル層を形成する。一実施形態では、エピタキシャル層はSiC(高質)で形成される。

【0047】

工程305で、エピタキシャル層の終端領域内に終端インプラントを形成する。一実施形態では、エッジ終端拡散によって電界リングが形成される。その後、選択された薄膜金属層(例えばNiまたはNi-Alなど)を用いてカソードエリア上に裏面オーミックコンタクトを形成してもよく、その後800~1000の範囲の温度でアニールを行ってもよい。これにより、コンタクト抵抗が低減する。

40

【0048】

工程307で、エピタキシャル層上にショットキーコンタクトを形成する。一実施形態では、ショットキーコンタクトはモリブデン層を含む。

【0049】

工程309で、ショットキーコンタクトを300から700の範囲の温度でアニールする。工程311で、ショットキーコンタクト上方にオーミックコンタクトを形成する。一実施形態では、オーミックコンタクトはアルミニウム、銅または金を含んでもよいがこれらに限られない。工程313で、基板の裏面にオーミックコンタクトを形成する。

【0050】

50

例示の実施形態に照らしてダイオードの製造方法を開示する。一実施形態では本方法は、シリコンカーバイド（SiC）のエピタキシャル層上にショットキーコンタクトを形成することと、ショットキーコンタクトを300から700の範囲の温度でアニールすることを含む。ショットキーコンタクトはモリブデン層により形成される。

【0051】

上記ではコンポーネントおよびプロセスの多くを簡便のため単数で記載したが、当業者であれば、本発明の技術は複数のコンポーネントおよびプロセスの反復を用いても実施可能であることを理解する。さらに特定の実施形態に照らして本発明を示し説明してきたが、当業者であれば、本発明の思想および範囲から逸脱することなく、開示した実施形態の形態および詳細な点に変更可能であることを理解する。例えば、本発明の実施形態には様々なコンポーネントが採用可能であり、上記に記載したものに限られない。従って、本発明はその真の思想および範囲内に含まれるすべての変形および均等物を含むと解釈すべきである。

10

【図1A】

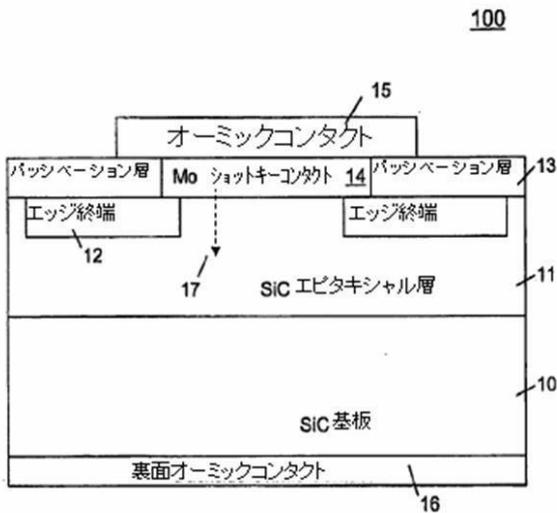


Figure1A

【 図 1 B 】

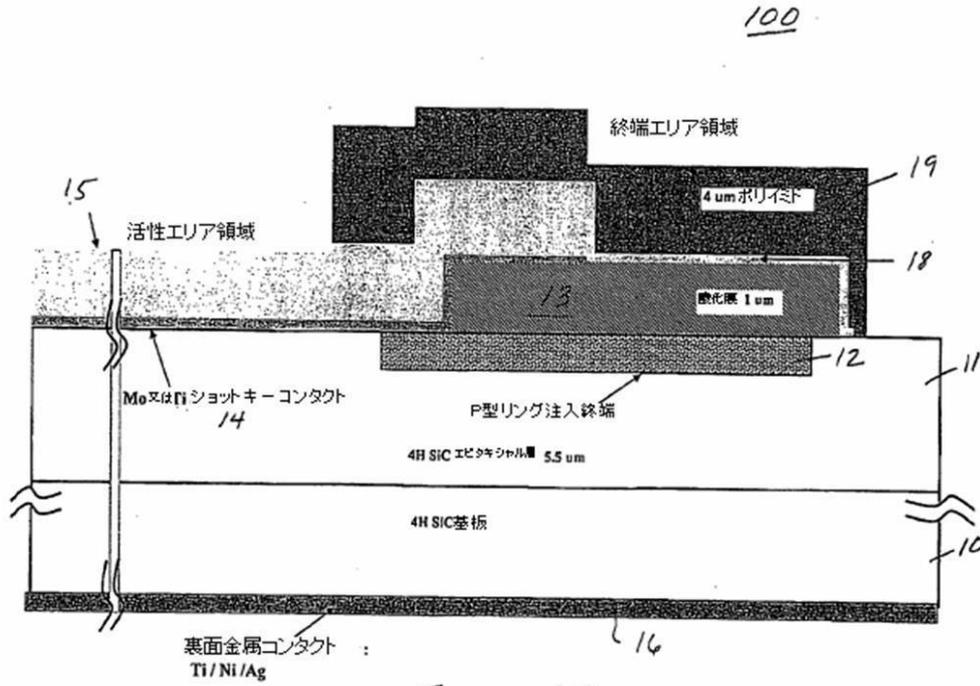


Figure 1B

【 図 2 A 】

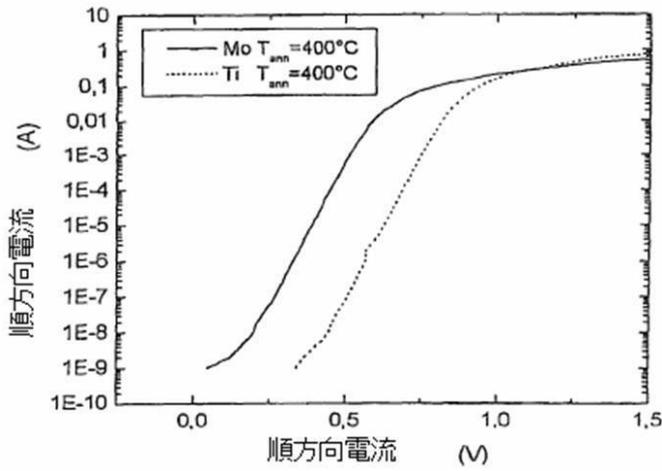


Figure 2A

【 図 2 B 】

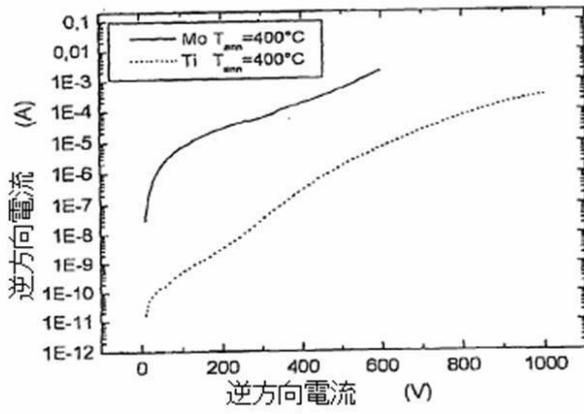


Figure 2B

【 図 3 】

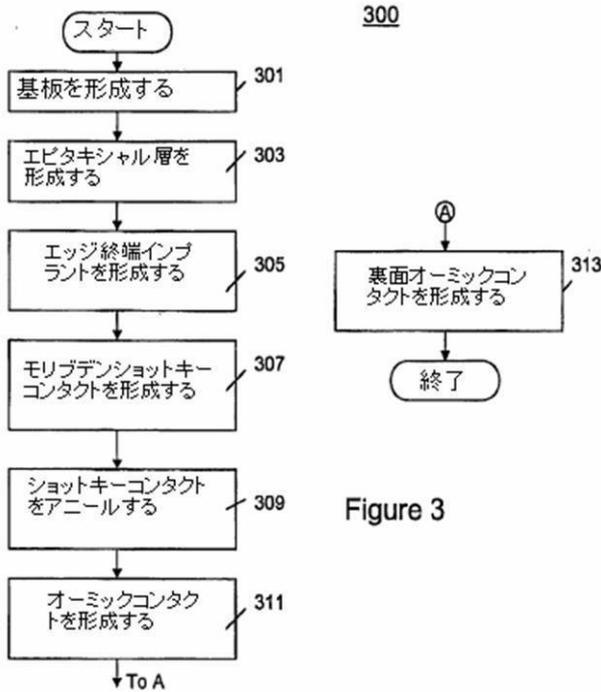


Figure 3

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US2007/017135
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>H01L 29/872(2006.01)i</i>		
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 8 : H01L 29/872		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Korean Utility models and applications for Utility models since 1975 Japanese Utility models and application for Utility models since 1975		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) e-KIPASS(KIPO internal) : "silicon carbide", "molybdenum", "Schottky contact", "diode", "annealing"		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6,150,246 A (Parsons) 21 November 2000 See the abstract, column 3, line 65-column 6 line 37, claim 1, and figures 1-7	1-25
A	US 6,949,454 B2 (Swanson et al.) 27 September 2005 See the abstract, column 2, line 40-column 6, line 60, and figures 1-8	1-25
A	US 5,384,470 A (Tachibana et al.) 24 January 1995 See the abstract, column 3, line 1-column 4, line 54, and figures 1-4	1-25
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent 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 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 12 DECEMBER 2007 (12.12.2007)		Date of mailing of the international search report 12 DECEMBER 2007 (12.12.2007)
Name and mailing address of the ISA/KR  Korean Intellectual Property Office 920 Dunsan-dong, Seo-gu, Daejeon 302-701, Republic of Korea Facsimile No. 82-42-472-7140		Authorized officer PARK, Keun Yong Telephone No. 82-42-481-8508 

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family membersInternational application No.
PCT/US2007/017135

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US06150246 A	21.11.2000	US2002024050AA US6150246A US6388272B1 US6388272BA	28.02.2002 21.11.2000 14.05.2002 14.05.2002
US06949454 B2	27.09.2005	US2005077590A1 US2005077590AA US6949454BB	14.04.2005 14.04.2005 27.09.2005
US05384470 A	24.01.1995	US5384470A	24.01.1995

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW

Fターム(参考) 4M104 AA03 BB02 BB04 BB05 BB08 BB09 BB14 BB16 BB18 CC03
DD79 EE06 EE18 FF02 FF13 FF35 GG03