

(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2006-120761

(P2006-120761A)

(43) 公開日 平成18年5月11日(2006.5.11)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
H O 1 L 29/872 (2006.01)	H O 1 L 29/48 P	4 M 1 O 4
H O 1 L 29/47 (2006.01)	H O 1 L 21/28 3 O 1 B	
H O 1 L 21/28 (2006.01)		

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2004-305334 (P2004-305334)	(71) 出願人	899000046
(22) 出願日	平成16年10月20日 (2004.10.20)		関西ティール・エル・オー株式会社
			京都府京都市下京区中堂寺粟田町93番地
		(74) 代理人	100095670
			弁理士 小林 良平
		(74) 代理人	100077171
			弁理士 竹内 尚恒
		(72) 発明者	冬木 隆
			奈良県生駒市高山町8916-5 奈良
			先端科学技術大学院大学物質創成科学研究
			科内
		(72) 発明者	浦岡 行治
			奈良県生駒市高山町8916-5 奈良
			先端科学技術大学院大学物質創成科学研究
			科内

最終頁に続く

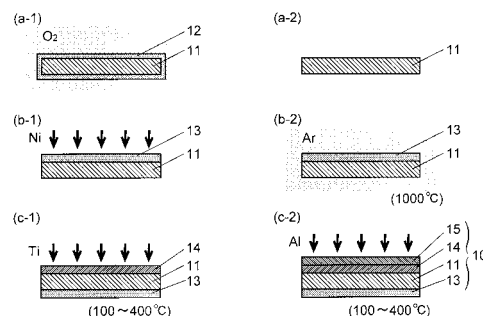
(54) 【発明の名称】 半導体装置製造方法

(57) 【要約】

【課題】 バリアハイトや電流－電圧特性について素子毎のばらつきを小さくすると共に、電流－電圧特性を向上させることができ、更にバリアハイトの値を制御することができる、SiCを用いた半導体装置の製造方法を提供する。

【解決手段】 SiC基板11を400℃以下の所定温度に加熱しつつ、スパッタ法等の方法により該SiC基板11上に金属を堆積することにより金属層14を形成する。この方法により製造されるショットキーダイオードは、従来のSiCを用いたショットキーダイオードよりも半導体層11と金属層14の接合がより理想的な状態に近くなり、それによりバリアハイトや電流－電圧特性について素子毎のばらつきが小さくなると共に、電流－電圧特性が向上する。また、加熱温度によりバリアハイトの値を制御できる。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

SiC基板を400℃以下の所定温度に加熱しつつ、該基板上に金属を堆積することを特徴とする半導体装置製造方法。

【請求項 2】

前記所定温度を所望のバリアハイトに応じて定めることを特徴とする請求項 1 に記載の半導体装置製造方法。

【請求項 3】

前記金属堆積基板を更に100℃～500℃でアニールすることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の半導体装置製造方法。

【請求項 4】

前記金属がTi, Ni, Mo, Auのいずれか 1 種又は 2 種以上の組み合わせを含むものであることを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の半導体装置製造方法。

【請求項 5】

前記金属の堆積をスパッタ法、真空蒸着法、MBE法、抵抗線加熱蒸着法、EB蒸着法のいずれかにより行うことを特徴とする請求項 1 ～ 4 のいずれかに記載の半導体装置製造方法。

【請求項 6】

前記金属を厚さ10nm以上堆積することを特徴とする請求項 1 ～ 5 のいずれかに記載の半導体装置製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は半導体であるSiC（炭化ケイ素）と金属を接合したショットキー接合を有するショットキーダイオードやMESFET（Metal-Semiconductor Field Effect Transistor）等の半導体装置の製造方法に関する。なお、本発明の方法はショットキー接合を有する半導体装置の製造に限定されるものではなく、SiCにオーミック電極を接合する場合にも適用することができる。

【背景技術】

【0002】

ショットキー接合は、半導体と金属を接合したものであって、両者の仕事関数の差に起因して電位障壁が生じることにより、半導体から金属にキャリアを移動させる方向（順方向）に電圧を印加した時には電流が流れ、金属から半導体にキャリアを移動させる方向（逆方向）に電圧を印加した時には電流が流れないという整流作用を有するものである。なお、半導体と金属を接合したものであっても、その種類（仕事関数）によっては整流作用が生じず、そのような接合はショットキー接合には該当しない。ショットキー接合した半導体－金属接合体は整流作用を有するため、ダイオード（ショットキーダイオード）として用いることができる。また、上記半導体をチャネル、上記金属をゲート電極とする電界効果トランジスタ（MESFET）を形成することができる。

【0003】

近年、半導体としてSiCを用いたショットキーダイオードが、その耐熱性及び耐圧性の点から注目されている。SiCショットキーダイオードは、現在はディスクリットデバイスとして使用されているが、将来は高集積回路の基本素子となるものと期待されている。

【0004】

従来、SiCショットキーダイオードは、スパッタ法や真空蒸着法を用いて、SiCの基板上に金属を堆積することにより製造されていた。しかし、単にSiC基板上に金属を堆積しただけでは、電位障壁の高さ（バリアハイト）や電流－電圧特性が素子毎にばらつくという問題があった。これは、SiCと金属の接合の状態が素子毎に異なり、それによりSiC及び金属の仕事関数が敏感に変化することに起因すると考えられる。バリアハイトの高さはシ

10

20

30

40

50

ットキーダイオードの用途に応じて定められるものであるため、それがばらつくことは避けなければならない。また、ショットキーダイオードの電流－電圧特性は、電圧が0から順方向に大きくなるに従って電流が急激に増大する、即ち電流－電圧曲線の傾きが大きい、ことが望ましい。しかし、現在製造されているSiCショットキーダイオードは、一般のショットキーダイオードと比較してこの傾きが小さく、また、そのばらつきが大きいことが指摘されている。。

【0005】

バリアハイトのばらつき、或いは電流－電圧曲線の傾きのばらつきを小さくするため、従来はSiC基板上に金属を堆積した後にアニールを行っていた。例えば、非特許文献1には、スパッタ法によりSiC基板上にTi（チタン）を堆積した後に500℃でアニールすることが記載されている。 10

【0006】

一方、特許文献1には、ショットキー電極（金属）の耐熱性を高めることを目的に、SiC基板を500～800℃という高温に加熱した状態で該基板上に金属を気相成長法により堆積することが記載されている。

【0007】

【特許文献1】特開2000-106444号公報（[0011]～[0021]、[0032]）

【非特許文献1】D. Defives他5名、「不均一なTi/4H-SiCショットキー接合の電気的性質」、マテリアルス・サイエンス・アンド・エンジニアリング、（スイス）、1999年、B61-62巻、395-401ページ（D. Defives et al., "Electrical characterization of inhomogeneous Ti/4H-SiC Schottky contacts," Materials Science and Engineering, 1999, Vol. B61-62, pp. 395-401） 20

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

将来、SiCショットキーダイオードを集積回路化する場合には、その接合部分の製造工程ができるだけ単純化されていることが望まれる。現在のように金属の堆積工程とは別にアニール工程を行わなければならないとすると、多層積層が必要とされる集積回路製造の大きな障害となる。

【0009】

また、ショットキーダイオードに限らずあらゆる電子デバイスは、その特性を任意に設定できることが要望される。この点に関して、従来のSiCショットキーダイオード等は、バリアハイト等の特性を所望の値に設定することが難しいという問題があった。上記特許文献1及び非特許文献1は、これらの点に関しては特に開示するところがない。 30

【0010】

本発明が解決しようとする課題は、単純な工程でありながら、バリアハイトや電流－電圧特性について素子毎のばらつきを小さくすることができると共に、電流－電圧特性を上させることができ、更にバリアハイトの値を制御することができる、SiCを用いた半導体装置の製造方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0011】

上記課題を解決するために成された本発明に係る半導体装置製造方法は、SiC基板を400℃以下の所定温度に加熱しつつ、該基板上に金属を堆積することを特徴とする。 40

【0012】

これにより、半導体であるSiCと金属を接合した半導体装置が得られる。このような半導体装置には、ショットキーダイオードやMESFET等がある。ショットキーダイオードの場合、金属層の厚さは10nm以上とすることが望ましい。

【0013】

本発明では、SiC基板上に金属を堆積する際にSiC基板を400℃以下に加熱することにより、得られるショットキーダイオードは該加熱を行わない場合よりもバリアハイトや電流 50

ー電圧特性における素子毎のばらつきが小さくなる。また、電流ー電圧特性曲線の傾きがより大きくなる。その理由は特定されていないが、例えば基板表面に吸着していた水分が該加熱により蒸発することでSiCと金属の界面が清浄になることが理由の1つとして考えられる。

【0014】

なお、上記加熱温度を400℃よりも高くすると、却って素子毎のばらつきが大きくなったり、電流ー電圧特性曲線の立ち上がりが鈍くなったりする。これは、高い温度（エネルギー）によりSiCと金属の界面にダメージが与えられるためであると推測される。

【0015】

また、この加熱温度とバリアハイトの間には相関がある。例えば、金属にTiを用いた場合には、400℃以下の温度範囲においては加熱温度を高くするほどバリアハイトが高くなる。これを利用すると、適切な温度で加熱を行うことにより、需要者の要望に応じたバリアハイトを有する半導体装置を製造することができるようになる。所望のバリアハイトを得るための加熱温度は、予め簡単な予備実験により求めておくことができる。

【0016】

本発明に係る方法は、金属を堆積する際にSiC基板を400℃以下に加熱するという点にその特徴があり、それにより上記のような種々の効果が得られる。従って、その後にアニールを行うか否かは、このような効果に何ら影響をもたらすものではなく、半導体装置の製造工程を簡略化する必要があるときはアニールを省略すればよいし、半導体装置の特性を更に向上させる必要があるときはアニールを行えばよい。アニール温度は、従来より行われている方法と同程度の温度（100℃～500℃）でよい。

【0017】

本発明においては、金属には例えばTi, Ni, Mo, Auのうちのいずれか1種又は2種以上を組み合わせたもの、あるいはこれらのうちのいずれか1種又は2種以上と他の金属を組み合わせたものを用いることができる。これらの金属とSiCを接合することにより、ショットキー接合を得ることができる。なお、用いる金属によってはショットキー接合にならないこともあるが、その場合には、接合された金属を通常の電極として用いることができ、本発明の方法によりバリアハイトを低くすることで金属ーSiC間の接触抵抗を小さくすることができる。

【0018】

金属を堆積する方法にはスパッタ法、真空蒸着法、MBE(分子ビームエピタキシャル)法、抵抗線加熱蒸着法、EB(電子ビーム)蒸着法、等を用いることができる。また、金属を堆積する際には、真空度を高く、即ち圧力を低く（例えば10Pa以下に）することが望ましい。

【発明の効果】

【0019】

本発明により、得られる半導体装置のバリアハイトや電流ー電圧特性における素子毎のばらつきを小さくすることができる。これにより、半導体装置を製造する際の歩留まりが向上する。また、電流ー電圧特性曲線の傾きがより大きくなり、整流特性が向上する。

【0020】

更に、加熱温度を調節することによりバリアハイトを制御することができるため、需要者の求めるバリアハイトを有する半導体装置をオーダーメイドで製造することができる。

【実施例】

【0021】

本発明に係る半導体装置製造方法の一実施例として、SiCを半導体層とするショットキーダイオードの製造方法について図1を用いて説明する。まず、エピタキシャル成長をさせたn型4H-SiC半導体から成るSiC基板11の表面を洗浄する。本実施例では、まずRCA法による洗浄を行い、次に酸素ガス中でSiC基板11を加熱することにより表面に酸化膜12を形成した(a-1)後、酸化膜12を除去する(a-2)ことにより、清浄な表面を有するSiC基板11を得た。次に、SiC基板11の一方の面に電極（オーミック電極）を形成する。

10

20

30

40

50

本実施例では、このオーミック電極としてNi電極層13を用いた。このNi電極層13は、SiC基板11を加熱することなく、SiC基板11の表面に抵抗線加熱蒸着法によりNiを堆積し(b-1)、次に基板をArガス中・1000℃でアニールする(b-2)ことにより形成した。

【0022】

Ni電極層13を形成したSiC基板11を加熱しつつ、SiC基板11の表面(Ni電極層13の反対側)にDCスパッタ法を用いてTiを堆積することにより金属層14を形成した(c-1)。本実施例では、この時の加熱温度によるショットキーダイオードの特性の変化を調べる目的で、100℃、200℃及び400℃の3種類の加熱温度でそれぞれ素子を作製した。更に、金属層14を形成した際と同じ温度でSiC基板11を加熱しつつ、金属層14の表面にDCスパッタ法を用いてAlを堆積することによりAl電極層15を形成した(c-2)。これにより、SiC基板(半導体層)11とTiから成る金属層14を接合し、それをNi電極層13及びAl電極層15で挟んだショットキーダイオード10が得られた。 10

【0023】

併せて、上記の方法により得られたショットキーダイオード10を更にアニールしたものも作製した。本実施例では、図2に示すように、ショットキーダイオード10をArガス中・500℃でアニールした。

【0024】

図3～図7を用いて、本実施例により得られたショットキーダイオードの特性について説明する。図3は、図1の方法により金属層14を形成した後にアニールを行うことなく作製された素子について、半導体層11から金属層14に電子が移動するように電圧を印加した際の順方向電流－電圧特性を示す。縦軸は電流であり、(a)では線形スケールで、(b)では対数スケールで、それぞれ表した。ここでは、金属層14形成時の加熱温度が100℃、200℃及び400℃である素子と、比較例として、金属層14の形成時に半導体層11を加熱しない(基板の温度が室温(24℃))素子の例を示した。加熱温度が100℃及び200℃である素子は比較例の素子よりも、電流が急変する電圧領域における電流－電圧曲線の傾き 20
傾きが大きい。このことは、金属層14形成時に加熱を行うことによりショットキーダイオードの特性が向上したことを意味する。加熱温度が400℃である素子の電流－電圧曲線の傾きは比較例の素子よりもわずかに大きい。

【0025】

図4に、順方向電流－電圧特性から熱電子モデルを用いてバリアハイトと理想因子を求めた結果を示す。ここで、理想因子は半導体と金属の接合が理想的な状態からどの程度離れているかを表す指標であり、この値が1に近いほど、電流が急変する電圧領域における電流－電圧曲線の傾きが大きい、即ち接合が理想的な状態に近いことを意味する。また、この図では、各加熱温度毎に複数個の素子についての測定結果を示して素子毎の特性のばらつきを示した。 30

【0026】

図4から、金属層14の形成時に半導体層11を加熱した素子は、加熱を行わなかった素子よりも理想因子が1に近い、即ち接合が理想的な状態に近いことがわかる。また、加熱温度が高くなるに従ってバリアハイトは高くなる。このことは、金属層14形成時の加熱温度によりバリアハイトを制御することができることを示している。更に、加熱を行った素子は加熱を行わなかった素子よりも理想因子及びバリアハイトのばらつきが小さい。即ち、本発明の方法を用いてショットキーダイオードを製造することにより素子の品質のばらつきが小さくなり、歩留まりが向上する。ばらつきが小さいことはバリアハイトの高さを制御する点においても有利である。 40

【0027】

図5に、金属層14の形成後にアニールを行わなかった素子について、図3の測定の時とは逆方向に電圧を印加した際の逆方向電流－電圧特性(リーク電流特性)を測定した結果を示す。金属層14形成時に加熱を行った素子は加熱を行わなかった素子よりもリーク電流が1～2桁小さくなり、ダイオードの整流特性が良好であるといえる。

【0028】

次に、金属層 1 4 の形成後に 500℃ の温度でアニールを行った素子について順方向電圧－電流測定を行った結果を図 6 に示す。縦軸の電流は、(a)では線形スケールで、(b)では対数スケールで、それぞれ表した。このような順方向電圧－電流測定を同じ加熱温度（100℃及び200℃）で得られた複数の素子に対して行い、バリアハイトと理想因子を求めた結果を図 7 に示す。この図には併せて、アニールを行わなかった素子のバリアハイトと理想因子を求めた結果（図 4 と同じもの）も示した。図 7 から、アニールを行うことにより理想因子が 1 に近づく、即ち接合が理想的な状態に近づくことがわかる。また、バリアハイトはアニールを行うことにより高くなっている。従って、バリアハイトが高い素子を作製する場合にはアニールを行うことが望ましい。バリアハイトが小さい素子を作製する場合には、製造工程を簡略化したいときにはアニールを省略すればよいし、接合をより理想的な状態に近づけたいときにはアニールを行えばよい。

10

【図面の簡単な説明】

【0029】

【図 1】本発明に係る半導体装置製造方法の一実施例を示す断面図。

【図 2】本発明に係る半導体装置製造方法の他の実施例を示す断面図。

【図 3】本実施例により得られたショットキーダイオード（アニールなし）の順方向電流－電圧特性を示すグラフ。

【図 4】本実施例により得られたショットキーダイオード（アニールなし）の理想因子及びバリアハイトを示すグラフ。

【図 5】本実施例により得られたショットキーダイオード（アニールなし）の逆方向電流－電圧特性を示すグラフ。

20

【図 6】本実施例により得られたショットキーダイオード（アニールあり）の順方向電流－電圧特性を示すグラフ。

【図 7】本実施例により得られたショットキーダイオード（アニールあり及びアニールなし）の理想因子及びバリアハイトを示すグラフ。

【符号の説明】

【0030】

1 0 …ショットキーダイオード

1 1 …SiC基板（半導体層）

1 2 …酸化膜

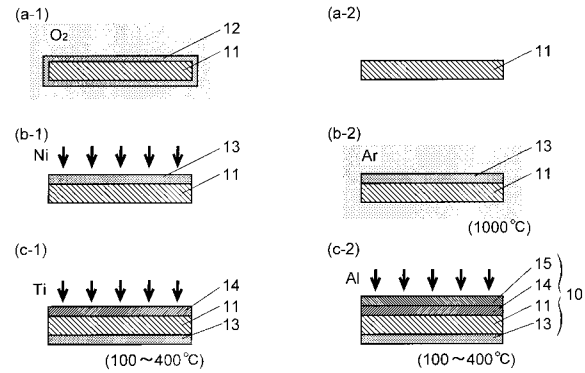
1 3 …Ni電極層

1 4 …金属層

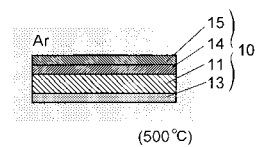
1 5 …Al電極層

30

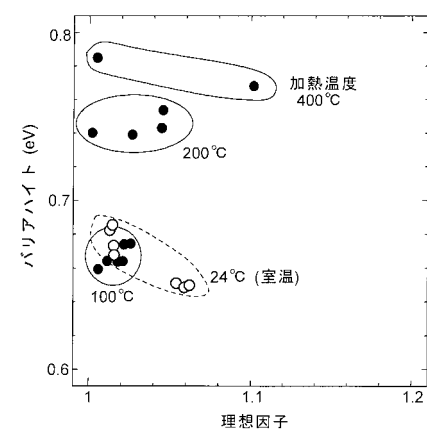
【図 1】



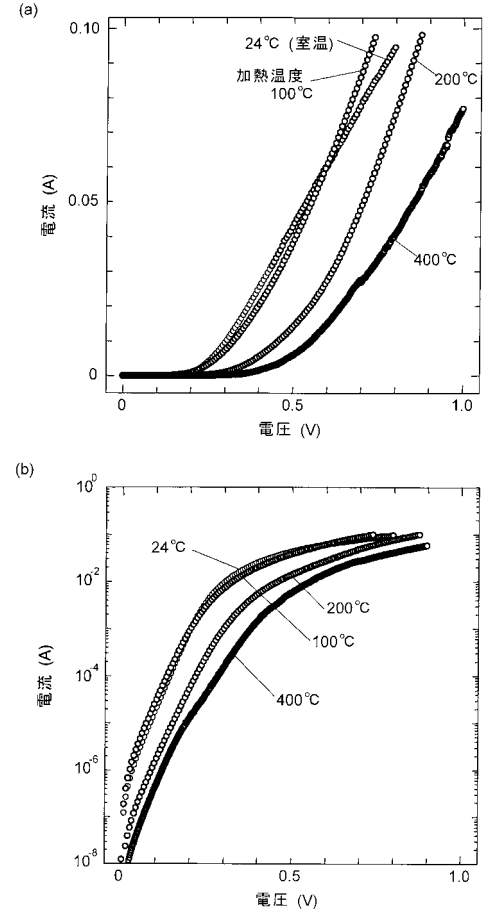
【図 2】



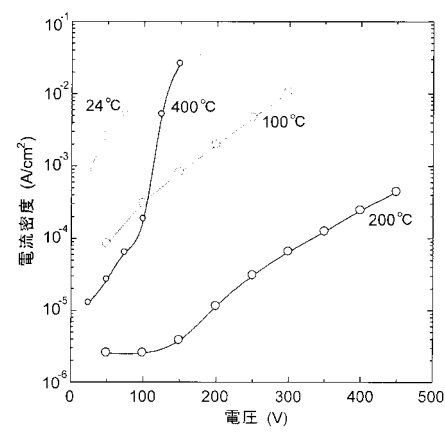
【図 4】



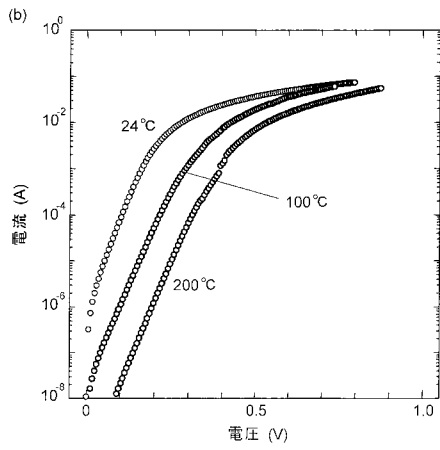
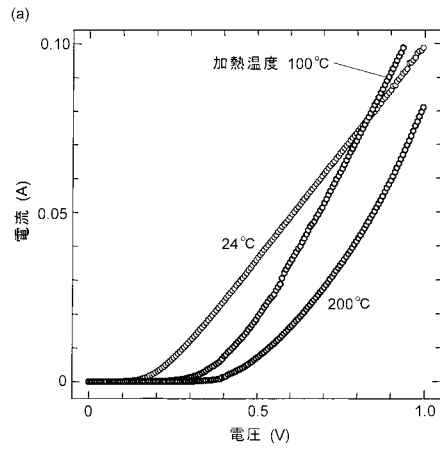
【図 3】



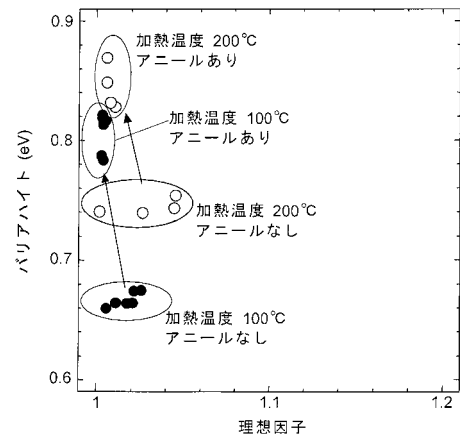
【図 5】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

(72)発明者 畑山 智亮
奈良県生駒市高山町8 9 1 6-5 奈良先端科学技術大学院大学物質創成科学研究科内

(72)発明者 矢野 裕司
奈良県生駒市高山町8 9 1 6-5 奈良先端科学技術大学院大学物質創成科学研究科内

(72)発明者 山本 幸枝
奈良県生駒市高山町8 9 1 6-5 奈良先端科学技術大学院大学物質創成科学研究科内

Fターム(参考) 4M104 AA03 BB05 BB09 BB14 BB16 CC01 CC03 DD23 DD79 FF02
FF13 GG03 GG12 HH20