

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4238357号  
(P4238357)

(45) 発行日 平成21年3月18日(2009.3.18)

(24) 登録日 平成21年1月9日(2009.1.9)

(51) Int.Cl.		F I	
HO 1 L	21/205 (2006.01)	HO 1 L	21/205
C 2 3 C	16/42 (2006.01)	C 2 3 C	16/42
C 3 O B	29/36 (2006.01)	C 3 O B	29/36 A
HO 1 L	29/16 (2006.01)	HO 1 L	29/16
HO 1 L	29/861 (2006.01)	HO 1 L	29/91 F
請求項の数 8 (全 8 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2003-295413 (P2003-295413)  
 (22) 出願日 平成15年8月19日(2003.8.19)  
 (65) 公開番号 特開2005-64383 (P2005-64383A)  
 (43) 公開日 平成17年3月10日(2005.3.10)  
 審査請求日 平成17年3月15日(2005.3.15)

前置審査

(73) 特許権者 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  
 (72) 発明者 児島 一聡  
 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  
 (72) 発明者 黒田 悟史  
 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  
 (72) 発明者 奥村 元  
 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

審査官 藤原 敬士

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 炭化珪素エピタキシャルウエハ、同ウエハの製造方法及び同ウエハ上に作製された半導体装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

下記数1面から下記数2方向に0°超1°未満オフされ、かつその表面が1400 ~ 1600 の水素ガスとプロパンガスの混合ガスにより清浄化されて、該表面のステップの高さが1nm以下とされた、4Hの結晶構造を持つ炭化珪素基板の該数1面上に炭化珪素膜が形成されていることを特徴とする炭化珪素エピタキシャルウエハ。

【数1】

$(000\bar{1})C$

【数2】

$[11\bar{2}0]$

【請求項2】

オフ角が0.5°であることを特徴とする請求項1に記載の炭化珪素エピタキシャルウエハ。

【請求項3】

前記数1面から前記数2方向に0°超1°未満オフし、4Hの結晶構造を持つ炭化珪素基板の表面を、1400 ~ 1600 の水素ガスとプロパンガスの混合ガスにより清浄化し、その表面のステップの高さを1nm以下とした後、該数1面上に炭化珪素をエピタキシャル成長させることを特徴とする請求項1または2に記載の炭化珪素エピタキシャル

ウエハの製造方法。

【請求項 4】

炭化珪素をエピタキシャル成長させるに際して、シランとプロパンの原料ガスを用いることを特徴とする請求項 3 に記載の炭化珪素エピタキシャルウエハの製造方法。

【請求項 5】

炭化珪素をエピタキシャル成長させるに際して、成長圧力を 250 m b a r 以下で成長させることを特徴とする請求項 3 または 4 に記載の炭化珪素エピタキシャルウエハの製造方法。

【請求項 6】

炭化珪素をエピタキシャル成長させるに際して、C と S i の組成比が 1 以下である原料ガスを用いることを特徴とする請求項 3 ~ 5 のいずれかに記載の炭化珪素エピタキシャルウエハの製造方法。

10

【請求項 7】

請求項 3 ~ 6 のいずれかに記載のエピタキシャル成長によって製造された炭化珪素エピタキシャルウエハ。

【請求項 8】

請求項 7 に記載の炭化珪素エピタキシャルウエハ上に作製されたことを特徴とする半導体装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

20

【0001】

本発明は、炭化珪素の結晶成長により得られた高品質な炭化珪素 ( S i C ) エピタキシャルウエハ、同ウエハの製造方法及び同ウエハ上に作製された半導体装置に関する。

【背景技術】

【0002】

S i C は多種の結晶構造を持つために、S i C { 0 0 0 1 } 面のエピタキシャル成長では異なる結晶構造を持つ S i C がエピタキシャル成長させた部分に容易に混入する。

また、ステップバンチングや 2 次元核形成により成長表面の平坦性が失われてしまう。そのため、平坦且つ単一の結晶構造を持つエピタキシャルウエハを作製するためには、従来のエピタキシャルウエハ作製技術では、{ 0 0 0 1 } 面を数 2 方向に 3 ° ~ 8 ° 傾けた S i C 基板 ( オフ基板 ) を用いて、その基板上に気相化学成長法 ( C V D 法 ) を用いてエ

30

ピタキシャルウエハが作製される ( 特許文献 1 参照 ) 。

【特許文献 1】米国特許第 4 , 9 1 2 , 0 6 4 号

【0003】

【数 2】

$$\{11\bar{2}0\}$$

【0004】

S i C は、{ 0 0 0 1 } 方向に伸びる結晶欠陥と { 0 0 0 1 } 方向とは垂直な方向に伸びる結晶欠陥が存在している。そのため、上記特許文献 1 に記載されている技術に基いてエピタキシャルウエハを作製すると、基板中に存在する両方の結晶欠陥がエピタキシャル成長させた部分にまで伝播するために、ウエハ中の欠陥を低減することが困難である。この様子を図 1 a に示す。

40

【0005】

また、S i C のエピタキシャルウエハ作製においては ( 0 0 0 1 ) S i 面がエピタキシャル成長に用いられる。しかしながら、( 0 0 0 1 ) S i 面はオフ基板の角度が小さくなるに従い、エピタキシャル成長時にステップバンチングや 2 次元核形成が生じ、エピタキシャル成長表面の平坦性が失われてしまう。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

50

## 【0006】

以上の問題に鑑み、本発明の目的は、SiCエピタキシャルウエハ中の結晶欠陥を低減しながら表面の平坦性の高いエピタキシャルウエハを作製する方法、これによって得られたSiCエピタキシャルウエハ、及び同ウエハ上に作製された半導体装置を提供することにある。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0007】

本発明者は、SiC基板の{0001}面からのオフ角を調整し、また成長圧力及び原料ガスの組成比を制御することによって上記の欠陥を低減できることを見だし、本発明を完成させた。

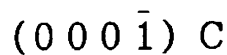
10

## 【0008】

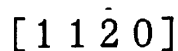
すなわち、この出願は、以下の発明を提供するものである。

1 下記数1面から下記数2方向に $0^\circ$ 超 $1^\circ$ 未満オフされ、かつその表面が1400～1600の水素ガスとプロパンガスの混合ガスにより清浄化されて、該表面のステップの高さが1nm以下とされた、4Hの結晶構造を持つ炭化珪素基板の該数1面上に炭化珪素膜が形成されていることを特徴とする炭化珪素エピタキシャルウエハ。

## 【数1】



## 【数2】



20

2 オフ角が $0.5^\circ$ であることを特徴とする請求項1または2に記載の炭化珪素エピタキシャルウエハ。

3 前記数1面から前記数2方向に $0^\circ$ 超 $1^\circ$ 未満オフし、4Hの結晶構造を持つ炭化珪素基板の表面を、1400～1600の水素ガスとプロパンガスの混合ガスにより清浄化し、その表面のステップの高さを1nm以下とした後、該数1面上に炭化珪素をエピタキシャル成長させることを特徴とする1または2に記載の炭化珪素エピタキシャルウエハの製造方法。

4 炭化珪素をエピタキシャル成長させるに際して、シランとプロパンの原料ガスを用いることを特徴とする3に記載の炭化珪素エピタキシャルウエハの製造方法。

30

5 炭化珪素をエピタキシャル成長させるに際して、成長圧力を250mbar以下で成長させることを特徴とする4または5に記載の炭化珪素エピタキシャルウエハの製造方法。

6 炭化珪素をエピタキシャル成長させるに際して、CとSiの組成比が1以下である原料ガスを用いることを特徴とする4～6のいずれかに記載の炭化珪素エピタキシャルウエハの製造方法。

7 3～6のいずれかに記載のエピタキシャル成長によって製造された炭化珪素エピタキシャルウエハ。

8 7に記載の炭化珪素エピタキシャルウエハ上に作製されたことを特徴とする半導体装置。

40

## 【発明の効果】

## 【0009】

本発明によると、SiCエピタキシャルウエハ中の結晶欠陥を低減しながら表面の平坦性の高いエピタキシャルウエハを作製できるという優れた効果を有する。

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0010】

本発明では、上記のように{0001}面からのオフ角が $0^\circ$ 超 $1^\circ$ 未満のSiC基板すなわち、傾きが $1^\circ$ 未満のSiC基板を用いてエピタキシャルウエハを作製することによって、図1bに示すように、基板中に存在する{0001}方向とは垂直な方向に伸び

50

る欠陥がエピタキシャル成長させた部分に伝播することを抑制し、エピタキシャルウエハ中の結晶欠陥を低減させることができる。

【0011】

特に、エピタキシャルウエハ表面の平坦性を高めるために、上記エピタキシャル成長を数1面に対して行うことが望ましい。

また、成長圧力を250 mbar以下に制御し、且つ原料ガスのCとSiの組成比を1以下になるように原料ガスの流量を制御すること、すなわち、数1面を用いながら成長圧力を250 mbar以下、原料ガスのCとSiの組成比を1以下に制御することによりステップバンチングや2次元核形成による成長表面の平坦性の劣化を抑制し、エピタキシャルウエハ表面の平坦性が高く、且つ結晶欠陥を低減させたウエハを作製することができる。

10

【0012】

【数1】

$(000\bar{1})C$

【0013】

【数1】

$(000\bar{1})C$

【0014】

20

図4(下記実施例の写真を援用)に、5時間の成長を行ったエピタキシャルウエハの表面を示すが、数1面を用いることによりステップバンチングや2次元核形成による表面の荒れはなく、平坦な表面が形成される。

図5aに、比較のために従来法によるSiC基板とエピタキシャルウエハにおける欠陥を示すが、SiC基板中には白点で見える $\{0001\}$ 方向に伸びる結晶欠陥の他に、線状に見える $\{0001\}$ 方向とは垂直な方向に伸びる結晶欠陥が存在する。

また、エピタキシャルウエハ中の白点で見える欠陥は、SiC基板中に存在していた $\{0001\}$ 方向に伸びる結晶欠陥がそのまま引き継がれたものである。

【0015】

【数1】

$(000\bar{1})C$

30

【0016】

しかし、本発明では、図5b(下記実施例の写真を援用)に示すように、SiC基板中に存在していた線状の欠陥がエピタキシャルウエハ中では、ほとんど見えなくなり、欠陥が低減する。このように、本発明を用いることによりSiCエピタキシャルウエハ中の結晶欠陥を低減しながら表面の平坦性の高いエピタキシャルウエハを作製することが可能である。

【0017】

また、本発明はSiC基板の歩留まりの向上が可能である。一般に、SiCのインゴットは $\{0001\}$ 方向に成長して作製される。このインゴットから8°オフのSiC基板を切り出す場合、直径75 mm(3インチ)のインゴットであれば、図6aに示すような切代が出ることになる。

40

一方、本発明によりSiC基板のオフ角が1°未満でエピタキシャル成長が可能になると図6bのようにSiC基板を切り出す際の切代がほとんど出なくなり、歩留まりが向上する。

【0018】

さらに、本発明により作製したエピタキシャルウエハ上にpinダイオードを作製することにより、本半導体装置の順方向電圧印加時の長期信頼性を改善することができる。

オフ基板上に作製したSiCのPinダイオードではエピタキシャルウエハ中に $\{00$

50

0 1 } 方向とは垂直な方向に伸びる結晶欠陥の存在により、長時間にわたって順方向に電圧を印加すると順方向の電流が減少してしまう。

しかし、本発明により作製したエピタキシャルウエハでは、上記の通りエピタキシャルウエハにおける { 0 0 0 1 } 方向とは垂直な方向に伸びる結晶欠陥が低減しているために、長時間にわたって順方向に電圧を印加しても順方向の電流が減少せず、高い信頼性を得ることができるという著しい効果がある。

【 0 0 1 9 】

また、本発明により作製したエピタキシャルウエハ上に M O S F E T を作製することにより、本半導体装置のチャンネル抵抗を低減することができる。

すなわち、従来の 3 ° ~ 8 ° のオフ角を持ったエピタキシャルウエハ上に作製した M O S F E T に比較して、本発明により作製したエピタキシャルウエハ上に作製した M O S F E T では酸化膜/半導体界面の乱れを小さくすることが可能である。

その結果、チャンネル移動度が大きくなり本半導体装置のチャンネル抵抗を低減することができる。

以下、実施例により、本発明を更に詳細に説明する。

【実施例】

【 0 0 2 0 】

本実施例の、一連の成長プロセスの概念図を図 2 に示す。結晶成長用基板として数 1 面から数 2 方向に 0 . 5 ° 傾いた 4 H - S i C 基板を使用した。

この基板を横型の気相化学成長装置 ( C V D 装置 ) の反応管内に設置したのち、反応管内に水素ガスを 4 0 s l m 流しながらその反応管内の圧力を 2 5 0 m b a r に制御した。

この状態で高周波加熱により S i C 基板を加熱し、 1 5 0 0 ° C からプロパンガスを 3 . 3 3 s c c m 流しながら、 1 6 0 0 ° C まで加熱した。 1 6 0 0 ° C まで加熱後、その状態を 3 分間維持し、 S i C 基板表面を清浄化した。

【 0 0 2 1 】

【数 1】

( 0 0 0  $\bar{1}$  ) C

【 0 0 2 2 】

【数 2】

[ 1 1  $\bar{2}$  0 ]

【 0 0 2 3 】

図 3 に、清浄化した S i C 基板表面の原子間力顕微鏡像を示す。図 3 a は平面像で、ステップが規則正しく並んでいる。その高さは図 3 b の断面像から 0 . 7 n m である。

このような清浄表面作製後、シランガスを 6 . 6 7 s c c m 、プロパンガスを 1 . 3 3 4 s c c m 導入することにより原料ガスの C と S i の組成比を 0 . 6 に制御して、本 S i C 基板上にエピタキシャル成長を行い、エピタキシャルウエハを作製した。

【 0 0 2 4 】

図 4 に、5 時間の成長を行ったエピタキシャルウエハの表面を示す。数 1 面を用いることによりステップバンチングや 2 次元核形成による表面の荒れはなく、平坦な表面が形成された。

また、本実施例により得られたエピタキシャルウエハは、図 5 b に示すように、 S i C 基板中に存在していた線状の欠陥がエピタキシャルウエハ中では、ほとんど見えなくなっており、欠陥が低減していた。

【 0 0 2 5 】

【数 1】

( 0 0 0  $\bar{1}$  ) C

【 0 0 2 6 】

10

20

30

40

50

上記から明らかなように、本発明を用いることによりSiCエピタキシャルウエハ中の結晶欠陥を低減しながら表面の平坦性の高いエピタキシャルウエハを作製することが可能であることが確認できた。

【産業上の利用可能性】

【0027】

本発明によると、SiCエピタキシャルウエハ中の結晶欠陥を低減しながら表面の平坦性の高いエピタキシャルウエハを作製することが可能であり、SiC基板を切り出す際の切り代がほとんど出なくなり、歩留まりが向上する。また、長時間にわたって順方向に電圧を印加しても順方向の電流が減少せず、高い信頼性を得ることができるという著しい効果があり、さらにエピタキシャルウエハ上に作製したMOSFETでは酸化膜/半導体界面の乱れを小さくすることが可能であり、チャンネル移動度が大きくなるので半導体装置のチャンネル抵抗を低減することができるという優れた効果があるので、半導体装置等の材料として極めて有用である。

【図面の簡単な説明】

【0028】

【図1】ウエハ中の欠陥の発生と低減化の様子を説明する図であり、1a：オフウエハを、1b：ゼロオフウエハを示す図である。

【図2】本発明の成長プロセスの概略説明図である。

【図3】SiC基板の清浄化面の原子間力顕微鏡像を示す図であり、3a：平面像、3b：断面像を示す。

【図4】本発明を用いて作製したエピタキシャルウエハの表面図である。

【図5】本発明を用いて作製したエピタキシャルウエハ中の結晶欠陥低減の例を示すX線回折写真であり、5a：SiC基板を、5b：エピタキシャルウエハをそれぞれ示す。

【図6】本発明のSiC基板の歩留まり向上の説明図である。

【符号の説明】

【0029】

- (1) {0001} 方向に伸びる結晶欠陥
- (2) {0001} 方向とは垂直な方向に伸びる結晶欠陥
- (3) 切り代

【 図 1 】

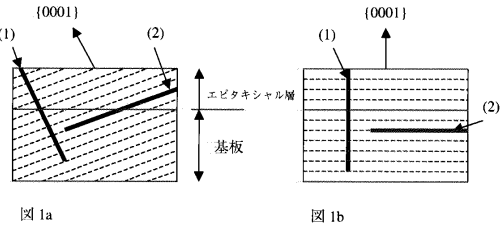
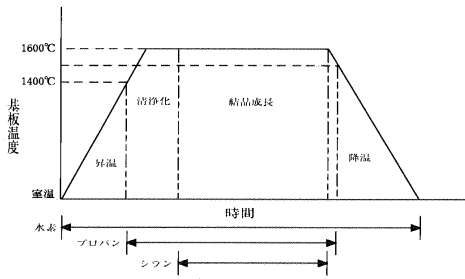


図 1a

図 1b

【 図 2 】



【 図 3 】

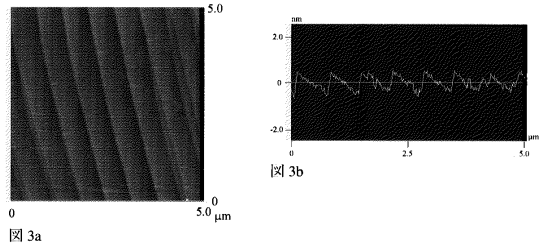
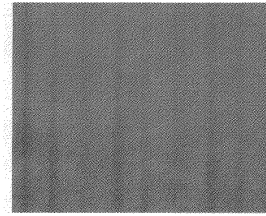


図 3a

図 3b

【 図 4 】



【 図 5 】

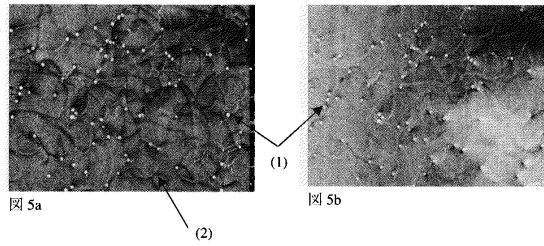


図 5a

図 5b

【 図 6 】

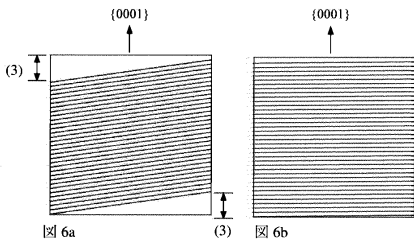


図 6a

図 6b

## フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
 H 0 1 L 29/78 (2006.01) H 0 1 L 29/78 3 0 1 B

- (56)参考文献 特開平11-162850(JP,A)  
 特開平10-261615(JP,A)  
 米国特許第04912064(US,A)  
 特開2003-137694(JP,A)  
 特表2003-502857(JP,A)  
 H. Matsunami, T. Kimoto, Step-controlled epitaxial growth of SiC: high quality homoepitaxy, Materials Science and Engineering, Elsevier Science S.A., 1997年, R20, 125~166頁  
 S. Nakazawa, T. Kimoto, K. Hashimoto, H. Matsunami, High-purity 4H-SiC epitaxial growth by hot-wall chemical vapor deposition, J. Crystal Growth, Elsevier Science B.V., 2002年, 第237-239巻, 1213~1218頁  
 C. Hallin, F. Owman, P. Martensson, A. Ellison, A. Konstantinov, O. Kordina, E. Janzen, In situ substrate preparation for high-quality SiC chemical vapor deposition, J. Crystal Growth, Elsevier Science B.V., 1997年, 第181巻, 1997年

## (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 0 1 L 21/205  
 C 2 3 C 16/42  
 C 3 0 B 29/36  
 H 0 1 L 29/16  
 H 0 1 L 29/78  
 H 0 1 L 29/861