

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4706199号  
(P4706199)

(45) 発行日 平成23年6月22日(2011.6.22)

(24) 登録日 平成23年3月25日(2011.3.25)

(51) Int.Cl.		F I	
HO 1 L 27/12	(2006.01)	HO 1 L 27/12	E
HO 1 L 21/02	(2006.01)	HO 1 L 21/265	J
HO 1 L 21/265	(2006.01)	HO 1 L 21/265	G O 2 A
HO 1 L 21/324	(2006.01)	HO 1 L 21/324	X

請求項の数 1 (全 7 頁)

(21) 出願番号	特願2004-211127 (P2004-211127)	(73) 特許権者	302006854 株式会社 S U M C O 東京都港区芝浦一丁目2番1号
(22) 出願日	平成16年7月20日(2004.7.20)	(74) 代理人	100085372 弁理士 須田 正義
(65) 公開番号	特開2006-32752 (P2006-32752A)	(72) 発明者	足立 尚志 東京都港区芝浦一丁目2番1号 三菱住友 シリコン株式会社内
(43) 公開日	平成18年2月2日(2006.2.2)	審査官	萩原 周治
審査請求日	平成18年11月1日(2006.11.1)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 S I M O X 基板の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

酸素イオンを注入したシリコン基板をアルゴンと酸素の混合ガス雰囲気において 1 3 0 0 ~ 1 3 5 0 の埋め込み酸化膜形成熱処理を行うことにより S I M O X 基板を得る S I M O X 基板の製造方法において、

前記酸素イオンが注入されるシリコン基板は、ポイド欠陥又は C O P からなる結晶欠陥密度が  $1 \times 10^5 \text{ cm}^{-3}$  以上でありかつ前記結晶欠陥のサイズ分布の最大頻度が 0 . 1 2  $\mu\text{m}$  以下であって、

前記酸素イオンの注入後であって前記埋め込み酸化膜形成熱処理以前に前記シリコン基板を不活性ガス雰囲気において 1 1 0 0 ~ 1 2 5 0 の温度範囲で 3 0 分 ~ 2 時間の前熱処理を行い、

前記前熱処理後にシリコン基板を 6 0 0 ~ 1 1 0 0 まで不活性ガス雰囲気において降温させた後に、前記アルゴンと酸素の混合ガス雰囲気における埋め込み酸化膜形成熱処理を行うことを特徴とする S I M O X 基板の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、酸素イオンを注入したシリコン基板に熱処理を行うことにより S I M O X 基板を得る S I M O X 基板の製造方法に関するものである。

【背景技術】

## 【 0 0 0 2 】

従来、シリコン酸化物のような絶縁物上に単結晶シリコン層を有するSOI基板としては、SIMOX基板が主として知られている。SIMOX基板は単結晶シリコン基板内部に酸素イオンを注入後、引き続き酸化性雰囲気下の高温熱処理を施すことにより、注入された酸素イオンとシリコン原子を化学反応させて埋め込み酸化膜を形成させるSOI基板である。これらSOI層に形成されたデバイスは、高放射線耐性、ラッチアップ耐性、ショートチャネル効果の抑制および低消費電力動作が可能となるためSOI基板は次世代高機能半導体基板として期待されている。

## 【 0 0 0 3 】

ここで、一般的にチョクラルスキー法によって育成されたシリコン単結晶を加工して得られた鏡面研磨基板は、例えばCOP (Crystal Originated Particle)などの結晶育成時に導入される結晶欠陥がゲート酸化膜耐圧劣化の要因となることが知られている。従って、デバイスメーカーでは結晶欠陥密度を低減させた基板、例えばシリコン・エピタキシャル成長基板や低速引き上げ条件により育成された結晶欠陥を大幅に低減させた基板を使用することでゲート酸化膜の絶縁不良による歩留改善を実施している。

## 【 0 0 0 4 】

SOI基板についても同様であり、SIMOX基板でもCOPもしくはボイド欠陥が基板表面もしくは表面近傍に存在することで最終製品でのSOI層表面上にピンホール欠陥などを誘発させデバイス特性を劣化させる。このSOI層表面上にピンホール欠陥などを誘発させないSIMOX基板の製造方法として窒素を  $1 \times 10^{14} \text{ atoms/cm}^3 \sim 1 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$  含むシリコン単結晶を用いること(例えば、特許文献1参照)が提案されている。このSIMOX基板の製造方法では、窒素を含むシリコン基板に酸素イオン注入し、その後1350で0.5%の酸素ガスを4時間さらに酸素濃度70%で更に4時間熱処理することにより、SOI層表面上に0.3μm以上のサーマルピットと呼ばれる窪みが0個になったと報告されている。

【特許文献1】特開平10-64837号公報(特許請求の範囲)

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【 0 0 0 5 】

しかし、窒素を含むシリコン基板に酸素イオン注入して熱処理を行った基板のSOI層表面上には、0.3μm以上のサーマルピットと呼ばれる窪みは0個に等しいけれども、その表面近傍には0.3μm未満のサイズの欠陥が高密度で存在していることが判明した。すなわち、この現象は微量酸素濃度のガス雰囲気では結晶欠陥が消滅しないことを意味しており、上記従来の製造方法では0.3μm未満のサイズの欠陥を消滅させることができないという未だ解決すべき課題が残存していた。

本発明は、SOI層表面上における比較的小さなサイズの欠陥をも消滅し得るSIMOX基板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】

## 【 0 0 0 6 】

請求項1に係る発明は、酸素イオンを注入したシリコン基板をアルゴンと酸素の混合ガス雰囲気において1300~1350の埋め込み酸化膜形成熱処理を行うことによりSIMOX基板を得るSIMOX基板の製造方法の改良である。

その特徴ある点は、酸素イオンが注入されるシリコン基板は、ボイド欠陥又はCOPからなる結晶欠陥密度が  $1 \times 10^5 \text{ cm}^{-3}$  以上でありかつ結晶欠陥のサイズ分布の最大頻度が  $0.12 \mu\text{m}$  以下であって、酸素イオンの注入後であって埋め込み酸化膜形成熱処理前にシリコン基板を不活性ガス雰囲気において1100~1250の温度範囲で30分~2時間の前熱処理を行い、前熱処理後にシリコン基板を600~1100まで不活性ガス雰囲気において降温させた後に、アルゴンと酸素の混合ガス雰囲気における埋め込み酸化膜形成熱処理を行うところにある。

この請求項1に記載されたSIMOX基板の製造方法では、酸素イオンの注入後であっ

10

20

30

40

50

て埋め込み酸化膜形成熱処理以前にシリコン基板に前熱処理を行うことにより、非酸化性ガス雰囲気下での熱処理による結晶欠陥、特にGrown-in欠陥と呼ばれる空洞欠陥の内壁酸化膜を溶解させ、その後内壁酸化膜が除去された空洞欠陥内に格子間シリコン原子の拡散による穴埋め効果により表面近傍のGrown-in欠陥を縮小、消滅させる。このため、 $0.3\ \mu\text{m}$ 未満のサイズの欠陥をも消滅させることができる。

【0007】

また、小サイズの結晶欠陥を有する基板を用いているため、酸素イオン飛程のパラツキが小さくなり、次のステップのアルゴンと酸素の混合ガス雰囲気における熱処理による埋め込み酸化膜のパラツキを小さくすることができる。

【0008】

一般的に、初期段階での非酸化性ガス雰囲気下での1250以下の熱処理完了後に、その温度でアルゴンと酸素の混合ガス雰囲気に切り替えるとシリコン基板表面のマイクロラフネスの劣化が起こるけれども、この請求項1に記載された発明では、前熱処理後にマイクロラフネスの劣化が防止できる温度、具体的には1100以下まで温度を下げるので、著しいラフネスの劣化を防止することができる。

【発明の効果】

【0009】

本発明のSIMOX基板の製造方法では、酸素イオンの注入後であって埋め込み酸化膜形成熱処理以前にシリコン基板を不活性ガス雰囲気において1100～1250の温度範囲で30分～2時間の前熱処理を行うため、非酸化性ガス雰囲気下での熱処理による結晶欠陥、特にGrown-in欠陥と呼ばれる空洞欠陥の内壁酸化膜を溶解させ、その後内壁酸化膜が除去された空洞欠陥内に格子間シリコン原子の拡散による穴埋め効果により表面近傍のGrown-in欠陥を縮小、消滅させる。この場合、酸素イオンが注入されるシリコン基板におけるボイド欠陥又はCOPからなる結晶欠陥密度が $1 \times 10^5\ \text{cm}^{-3}$ 以上でありかつその結晶欠陥のサイズ分布の最大頻度が $0.12\ \mu\text{m}$ 以下であるならば、小サイズの結晶欠陥を有す基板を用いることになって酸素イオン飛程のパラツキが小さくなり、次のステップのアルゴンと酸素の混合ガス雰囲気における熱処理による埋め込み酸化膜のパラツキを小さくすることができる。一方、初期段階での非酸化性ガス雰囲気下での1250以下の熱処理完了後に、その温度でアルゴンと酸素の混合ガス雰囲気に切り替えるとシリコン基板表面のマイクロラフネスの劣化が起こるけれども、前熱処理後にマイクロラフネスの劣化が防止できる温度、具体的には1100以下まで温度を下げれば、著しいラフネスの劣化を防止することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

次に本発明を実施するための最良の形態を図面に基づいて説明する。

本発明は、酸素イオンを注入したシリコン基板をアルゴンと酸素の混合ガス雰囲気において1300～1350の熱処理を行うことによりSIMOX基板を得るSIMOX基板の製造方法である。そして、酸素イオンの注入後であってその熱処理以前にシリコン基板を不活性ガス若しくは還元性ガス又は不活性ガスと還元性ガスとの混合ガス雰囲気において1000から1280の温度範囲で5分～4時間の前熱処理を行うことを特徴とする。酸化膜を形成するために酸素イオンを注入し、その後従来から行われているアルゴンと酸素の混合ガス雰囲気における熱処理の前段処理として、不活性ガス若しくは還元性ガス又は不活性ガスと還元性ガスとの混合ガス雰囲気において熱処理を加えることによりピット発生起因である小さな結晶欠陥を消滅させる。そして、非酸化性ガス雰囲気下での熱処理による結晶欠陥、特にGrown-in欠陥と呼ばれる空洞欠陥の内壁酸化膜を溶解させ、その後内壁酸化膜が除去された空洞欠陥内に格子間シリコン原子の拡散による穴埋め効果により表面近傍のGrown-in欠陥を縮小、消滅させる。このとき、同時にイオン注入で付着したシリコン系もしくはシリカ系パーティクルも低減または消滅させることが出来るので最終SIMOX基板上のピットを更に低減させることが可能になる。

【0011】

10

20

30

40

50

ここで、不活性ガスとしては、アルゴンガス、ヘリウムガス等が挙げられ、還元性ガスとしては、水素ガスが挙げられる。不活性ガスと還元性ガスの混合ガス雰囲気としては、例えば水素ガスとアルゴンガスの混合ガス雰囲気、又はヘリウムガスと水素ガスの混合ガス雰囲気が挙げられる。その場合の混合割合は特に限定されない。

#### 【0012】

また、前熱処理における温度範囲が1000 から1280 であり、その前熱処理の時間が5分～4時間の範囲であるのは、非酸化性ガス雰囲気下での熱処理による結晶欠陥、特にGrown-in欠陥と呼ばれる空洞欠陥の内壁酸化膜を溶解させ、その後内壁酸化膜が除去された空洞欠陥内に格子間シリコン原子の拡散による穴埋め効果により表面近傍のGrown-in欠陥を縮小、消滅させる必要があるからである。その前熱処理の温度が1000度未満であると結晶欠陥を消滅させることが困難になり、その温度が1280 を越えるとシリコン表面のシリコン原子の昇華が激しくなりシリコン基板表面のラフネスが劣化する不具合がある。ここで好ましい温度範囲は1100～1250 である。また、その前熱処理の時間が5分未満であると結晶欠陥を十分に消滅させることが困難になり、その時間が4時間を超えるとシリコン原子の昇華やイオン注入された酸素イオンの外方拡散により埋め込み酸化膜の品質を劣化させる不具合がある。ここで前熱処理の好ましい時間は30分～2時間である。

10

#### 【0013】

また、酸素イオンが注入されるシリコン基板は、ポイド欠陥又はCOPからなる結晶欠陥密度が $1 \times 10^5 \text{ cm}^{-3}$ 以上でありかつ結晶欠陥のサイズ分布の最大頻度が $0.12 \mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。すなわち、小サイズの結晶欠陥を有する基板を用いれば、酸素イオン飛程のバラツキが小さくなり、次のステップのアルゴンと酸素の混合ガス雰囲気における熱処理による埋め込み酸化膜のバラツキを小さくすることができる。ここで、結晶欠陥密度が $1 \times 10^5 \text{ cm}^{-3}$ 以上であることを必要とするのは、結晶欠陥密度が $1 \times 10^5 \text{ cm}^{-3}$ 未満であると結晶欠陥サイズが大きくなり前熱処理での欠陥消滅が難しいからであり、好ましい欠陥密度は $1 \times 10^5 \text{ cm}^{-3} \sim 1 \times 10^7 \text{ cm}^{-3}$ である。また、結晶欠陥のサイズ分布の最大頻度が $0.12 \mu\text{m}$ 以下であることを必要とするのは、その最大頻度が $0.12 \mu\text{m}$ を越えると結晶欠陥を十分に消滅させることが困難になるからであり、その最大頻度は $0.07 \mu\text{m}$ 以下であることが更に好ましい。

20

#### 【0014】

一方、初期段階での非酸化性ガス雰囲気下での1250 以下の熱処理完了後に、その温度でアルゴンと酸素の混合ガス雰囲気に切り替えるとシリコン基板表面のマイクロラフネスの劣化が起こることが知られている。このため、前熱処理後にシリコン基板を600～1100 まで不活性ガス若しくは還元性ガス又は不活性ガスと還元性ガスとの混合ガス雰囲気において降温させた後に、アルゴンと酸素の混合ガス雰囲気における熱処理を行うことが好ましい。即ち、マイクロラフネスの劣化が防止できる温度、具体的には1100 以下まで温度を下げ、酸化性ガス導入による埋め込み酸化膜形成熱処理を施せば通常SIMOX品と同等レベルのラフネスが得られる。

30

#### 【実施例】

#### 【0015】

##### <参考例>

開始材料として直径200mmのチョクラルスキー法によって育成されたシリコン単結晶を加工して得られた以下の3種類の基板を準備した。即ち、(1)結晶欠陥サイズピークが $0.13 \sim 0.15 \mu\text{m}$ で最大密度 $0.5 \times 10^4 \text{ cm}^{-2}$ を有する基板、(2)結晶欠陥サイズピークが $0.09 \sim 0.12 \mu\text{m}$ で最大密度 $1.0 \times 10^5 \text{ cm}^{-2}$ を有する基板、(3)結晶欠陥サイズピークが $0.05 \sim 0.07 \mu\text{m}$ で最大密度 $1.0 \times 10^7 \text{ cm}^{-2}$ を有する基板を準備した。

40

#### 【0016】

これら3種類の基板のそれぞれに注入エネルギー180KeV、ドーズ量 $4.0 \times 10^{17} \text{ cm}^{-2}$ になるように酸素イオン注入を実施した。次に、図1に記載したように、Arガ

50

ス100%雰囲気下で700 投入後、1150 まで昇温し、その後1時間保持した後、1%酸素雰囲気 - アルゴンガススペースで1350 まで昇温、その後4時間保持させた後に70%酸素雰囲気 で更に4時間保持を行い700 まで降温させた。その後、HF水溶液で表面酸化膜を除去した後、SC-1洗浄を通して最終SIMOX製品にした。これらのSIMOX基板を参考例とした。

【0017】

<実施例1>

参考例における3種類の基板と同一の基板をそれぞれ準備した。これら3種類の基板のそれぞれに参考例と同一の条件で酸素イオン注入を実施した。次に、図2に記載したように、Arガス100%雰囲気下で700 投入後、1150 まで昇温、その後1時間保持した後に1000 まで降温させた。その後、1%酸素雰囲気 - アルゴンガススペースで1350 まで昇温、その後4時間保持させた後に70%酸素雰囲気 で更に4時間保持を行い700 まで降温させた。その後、HF水溶液で表面酸化膜を除去した後、SC-1洗浄を通して最終SIMOX製品にした。これらのSIMOX基板を実施例1とした。

10

【0018】

<比較例1>

参考例における3種類の基板と同一の基板をそれぞれ準備した。これら3種類の基板のそれぞれに参考例と同一の条件で酸素イオン注入を実施した。次に、図3に記載したように、700 投入後1%酸素雰囲気 - アルゴンガススペースで1350 まで昇温、その後4時間保持させた後に70%酸素雰囲気 で更に4時間保持を行い700 まで降温させた。その後、HF水溶液で表面酸化膜を除去した後、SC-1洗浄を通して最終SIMOX製品にした。これらのSIMOX基板を比較例1とした。

20

【0019】

<評価試験及び評価>

参考例、実施例1及び比較例1における(1)から(3)の基板を表面欠陥検出装置にてそれぞれ観察した。その結果は以下の通りであった。

比較例1では、既に開始基板でCOPが発生している領域(基板中央部に密集)と同位置にピットが観察された。当然の如く結晶欠陥密度の高い基板(3)ほどピット密度も高くなりSIMOX製品表面に約10個/cm<sup>2</sup>以上存在していた。更に、表面ヘイズレベルを測定したが全てのサンプルで約1~4ppbの値を示していた。

30

【0020】

これに対して、参考例では、基板(1)から(3)の全てが0.3~0.5個/cm<sup>2</sup>のピット数であったがヘイズレベルを測定した結果、全てのサンプルでヘイズレベルは熱処理炉内で約1ppb~1020ppbの範囲でばらついていた。そして、特にポート下側に行くほどヘイズ劣化が観察された。

また、実施例1では、基板(1)から(3)の全てが0.3~0.5個/cm<sup>2</sup>のピット数、かつヘイズレベルを測定した結果、全てのサンプルでヘイズレベルは約1~5ppbの範囲であり従来SIMOX品と同等であることがわかった。

以上の結果からすると、本発明により低コスト基板を使用したSIMOX基板の品質は高価な基板を使用したSIMOX基板品質と同等レベルになることがわかる。

40

【図面の簡単な説明】

【0021】

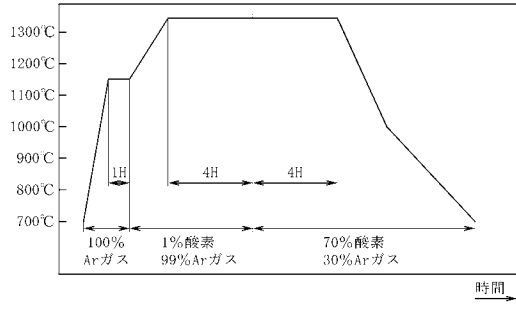
【図1】参考例における温度条件を示す図である。

【図2】実施例1における温度条件を示す図である。

【図3】比較例1における温度条件を示す図である。

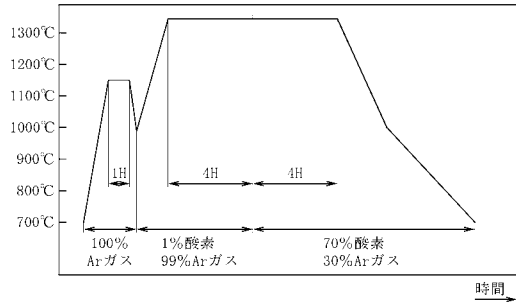
【図1】

参考例



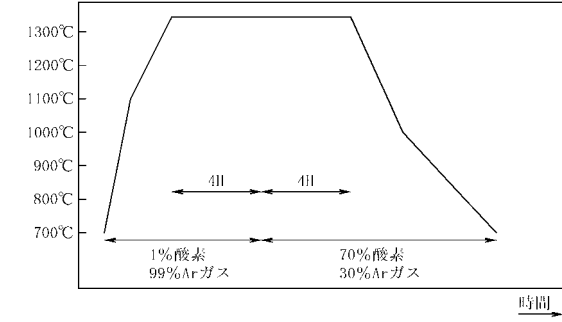
【図2】

実施例1



【図3】

比較例1



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平11-040512(JP,A)  
特開平10-098047(JP,A)  
特開平05-335301(JP,A)  
特開平11-220019(JP,A)  
特開平01-072533(JP,A)  
特開平07-193072(JP,A)  
特開2001-223220(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 27/12  
H01L 21/02  
H01L 21/26 - 21/268  
H01L 21/322 - 21/326