

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7247902号
(P7247902)

(45)発行日 令和5年3月29日(2023.3.29)

(24)登録日 令和5年3月20日(2023.3.20)

(51)国際特許分類 F I
 H 0 1 L 21/205 (2006.01) H 0 1 L 21/205
 C 2 3 C 16/24 (2006.01) C 2 3 C 16/24
 C 2 3 C 16/02 (2006.01) C 2 3 C 16/02

請求項の数 9 (全13頁)

(21)出願番号	特願2020-2741(P2020-2741)	(73)特許権者	000190149 信越半導体株式会社 東京都千代田区大手町二丁目2番1号
(22)出願日	令和2年1月10日(2020.1.10)	(74)代理人	100102532 弁理士 好宮 幹夫
(65)公開番号	特開2021-111696(P2021-111696 A)	(74)代理人	100194881 弁理士 小林 俊弘
(43)公開日	令和3年8月2日(2021.8.2)	(72)発明者	鈴木 克佳 群馬県安中市磯部二丁目13番1号 信 越半導体株式会社 半導体磯部研究所内
審査請求日	令和3年12月21日(2021.12.21)	(72)発明者	鈴木 温 福島県西白河郡西郷村大字小田倉字大平 150番地 信越半導体株式会社 半導体 白河研究所内
		審査官	加藤 芳健

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 エピタキシャルウェーハの製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

シリコンを含むI V族の元素からなるウェーハ上に単結晶シリコン層を形成するエピタキシャルウェーハの製造方法であって、

水素を含む雰囲気中で前記シリコンを含むI V族の元素からなるウェーハ表面の自然酸化膜を除去する工程、

前記自然酸化膜を除去した後に前記ウェーハを酸化して酸素原子層を形成する工程、及び、

前記酸素原子層を形成した後に前記ウェーハ表面に気相成長法により単結晶シリコンをエピタキシャル成長させる工程を含み、

前記酸素原子層の酸素の平面濃度を $4 \times 10^{14} \text{ atoms/cm}^2$ 以下とすることを特徴とするエピタキシャルウェーハの製造方法。

【請求項2】

前記シリコンを含むI V族の元素からなるウェーハとして、単結晶シリコンウェーハを用いることを特徴とする請求項1に記載のエピタキシャルウェーハの製造方法。

【請求項3】

前記自然酸化膜を除去する工程では、前記ウェーハを水素を含む雰囲気中で加熱することにより自然酸化膜を除去することを特徴とする請求項1又は請求項2に記載のエピタキシャルウェーハの製造方法。

【請求項4】

前記自然酸化膜を除去する工程では、前記ウェーハを 800 以上 1250 以下の温度に加熱し、この範囲の温度を 1 秒以上 5 分以下の間保持することにより自然酸化膜を除去することを特徴とする請求項 3 に記載のエピタキシャルウェーハの製造方法。

【請求項 5】

前記自然酸化膜を除去する工程では、水素を含むプラズマを用いることにより自然酸化膜を除去することを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載のエピタキシャルウェーハの製造方法。

【請求項 6】

前記酸素原子層を形成する工程では、酸素を含む雰囲気中で前記ウェーハを酸化することを特徴とする請求項 1 から請求項 5 のいずれか一項に記載のエピタキシャルウェーハの製造方法。

10

【請求項 7】

前記酸素原子層を形成する工程では、大気中で前記ウェーハを酸化することを特徴とする請求項 1 から請求項 6 のいずれか一項に記載のエピタキシャルウェーハの製造方法。

【請求項 8】

前記単結晶シリコンをエピタキシャル成長させる工程では、450 以上 800 以下の温度でエピタキシャル成長を行うことを特徴とする請求項 1 から請求項 7 のいずれか一項に記載のエピタキシャルウェーハの製造方法。

【請求項 9】

前記ウェーハを酸化して酸素原子層を形成する工程と前記単結晶シリコンをエピタキシャル成長させる工程とを交互に複数回行うことを特徴とする請求項 1 から請求項 8 のいずれか一項に記載のエピタキシャルウェーハの製造方法。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、エピタキシャルウェーハの製造方法とエピタキシャルウェーハに関する技術である。

【背景技術】

【0002】

固体撮像素子やその他のトランジスタをはじめとした半導体素子を形成するシリコン基板には、重金属をはじめとした素子特性を損なわせたり、劣化させたりする元素をゲッタリングする機能を持つことが求められる。ゲッタリングには、シリコン基板裏面に多結晶シリコン (Poly-Si) 層を持たせたり、プラスト加工によりダメージを持たせた層を形成したり、高濃度ボロンのシリコン基板を利用したり、析出物を形成させたりとさまざまな手法が提案、実用化されている。酸素析出によるゲッタリングは電気陰性度が大きい酸素に対して、イオン化傾向が大きい (電気陰性度が小さい) 金属を取り込むことでゲッタリングする。

30

【0003】

また、素子の活性領域近傍にゲッタリング層を形成する、いわゆる近接ゲッタリングも提案されている。例えば、炭素をイオン注入した基板の上にシリコンをエピタキシャル成長させた基板などがある。ゲッタリングは、ゲッタリングサイト (金属が単元素で存在するよりもサイトで結合やクラスタリングすることで系全体のエネルギーが低下する) まで元素が拡散する必要があり、シリコン中に含まれる金属元素の拡散係数は元素により異なる。また、近年のプロセス低温化によりゲッタリングサイトまで金属が拡散することができなくなることを考慮して、近接ゲッタリングの手法が提案されている。

40

【0004】

近接ゲッタリングに酸素を用いることができれば、非常に有力なゲッタリング層をもったシリコン基板になると考えられる。特に、エピタキシャル層の途中で酸素原子層を有するエピタキシャルウェーハであれば、近年の低温プロセスにおいても確実に金属不純物をゲッタリングすることができる。

50

【 0 0 0 5 】

以上、近接ゲッタリングに酸素を用いることについて、金属不純物をゲッタリングすることを中心に述べてきた。その他の酸素の効果としては、例えば、CVD酸化膜を裏面に形成することでエピタキシャル成長時のオートドーブを防ぐ効果が知られている。

【 0 0 0 6 】

次に、先行技術について言及する。特許文献1に記載されているのは、構造としてはシリコンの上に酸素の薄い層を形成し、さらにシリコンを成長させる方法である。この方法は、ALD(「Atomic layer deposition」、「原子層堆積法」)をベースとした技術である。ALDは対象原子を含む分子を吸着させ、その後分子中の不要な原子(分子)を乖離・脱離させる方法であり、表面結合を利用し、非常に精度よく、

10

【 0 0 0 7 】

特許文献2には、真空加熱などにより形成したシリコン清浄表面上に、自然酸化膜を形成してから酸化膜もしくは別の物質を吸着、堆積させる方法が記載されている。

【 0 0 0 8 】

特許文献3、4は、シリコン基板に酸素原子層を複数導入することで、デバイス特性の改善(移動度向上)が可能になることを示している。

【 0 0 0 9 】

特許文献5は、厚さが5nm以下である原子層の上にSiH₄ガスを用いてエピタキシャル層を形成する方法を示している。また、酸素原子層を酸素ガスにより形成する方法を示している。

20

【 0 0 1 0 】

特許文献6、7は、半導体基板の表面を酸化性気体や酸化性溶液に接触させて酸化膜を形成した後に単結晶シリコンをエピタキシャル成長させる方法が記載されている。

【 0 0 1 1 】

特許文献6の実施例中には、希フッ酸洗浄により自然酸化膜を除去することが記載されている。また、特許文献6の方法では、酸化性ガスを流した後にシリコンの成膜ガスを流す方法が記載されている。

【 0 0 1 2 】

非特許文献1は、HFによる自然酸化膜除去後に大気中で酸化してから、減圧CVDによりアモルファスシリコンを成膜し、その後結晶化熱処理により単結晶シリコンのエピタキシャル層を形成する方法を示している。

30

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 1 3 】

【 文献 】 特開 2014 - 165494 号公報

特開平 05 - 243266 号公報

米国特許第 7,153,763 号明細書

米国特許第 7,265,002 号明細書

特開 2019 - 004050 号公報

特開 2008 - 263025 号公報

特開 2009 - 016637 号公報

40

【 非特許文献 】

【 0 0 1 4 】

【 文献 】 I. Mizushima et al., Jpn. J. Appl. Phys. 39(2000)2147.

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 1 5 】

上記のように、ウェーハ内に酸素の層を形成することで金属不純物をゲッタリングする

50

方法は従来から用いられてきた。しかし、従来の技術では、精度よく酸素の薄い層を得られる一方で装置の構成が複雑であったり、工程数が多くなったりという問題があった。

【0016】

例えば、特許文献1に記載の技術では、ALDでは単結晶シリコンをエピタキシャル成長させることができないため、ALDとCVDの少なくとも2つのチャンバーが必要になり、装置の構成が複雑になるという問題があった。また、酸化をオゾンで行うため、オゾン生成するための特殊な生成器が必要であるという問題があった。

【0017】

また、特許文献5に記載の技術では、SiH₄と酸素が反応して爆発するのを防ぐため、排気システムを分けた2つのチャンバーを用意する必要があるという問題があった。

10

【0018】

また、特許文献6に記載の技術では、本発明者らの検討によれば、希フッ酸洗浄では自然酸化膜の除去が十分でないか、自然酸化膜除去後にすぐに酸化するため、安定的に単結晶シリコンをエピタキシャル成長させることが難しいという問題があった。また、酸化性のガスとシリコンの成膜ガスが反応して爆発するのを防ぐため、安全性に配慮した特別な装置が必要であるという問題があった。

【0019】

非特許文献1に記載の方法では、結晶化する時に熱処理を行う必要があり、プロセスの工程数が多くなるという問題があった。また、アモルファスシリコン中には一般的に多量の水素が含まれるため、結晶化熱処理時に水素起因の欠陥が形成される可能性がある。

20

【0020】

また、従来の技術では、酸素の層を安定的に導入するための記載や、良質な単結晶シリコンのエピタキシャル層を形成するための具体的な記載がないという問題があった。

【0021】

例えば、特許文献2では、転位および積層欠陥を発生させることなくウェーハ表面に単結晶シリコンのエピタキシャル層を形成する方法については何ら記載されていない。

【0022】

また、特許文献3、4では、酸素原子層を複数導入したシリコンウェーハの具体的な成長方法については言及していない。

【0023】

また、特許文献6、7では、酸化性気体や酸化性溶液に接触させる前の自然酸化膜の除去法は記載されていない。

30

【0024】

上述のように、従来の技術では、精度よく酸素の薄い層を得られる一方で、装置の構成が複雑であったり、酸素の層の導入が安定的ではなかったり、良質な単結晶シリコンのエピタキシャル層を得られなかったりといった問題があった。そのため、酸素原子層をエピタキシャル層に安定的かつ簡便に導入することができるエピタキシャルウェーハの製造方法が必要である。

【0025】

本発明は、上記従来技術の問題点に鑑みてなされたものであって、酸素原子層をエピタキシャル層に安定的かつ簡便に導入することができるとともに、良質な単結晶シリコンのエピタキシャル層を有するエピタキシャルウェーハの製造方法及びエピタキシャルウェーハを提供することを目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0026】

本発明は、上記目的を達成するためになされたものであり、シリコンを含むIV族の元素からなるウェーハ上に単結晶シリコン層を形成するエピタキシャルウェーハの製造方法であって、水素を含む雰囲気中で前記シリコンを含むIV族の元素からなるウェーハ表面の自然酸化膜を除去する工程、前記自然酸化膜を除去した後に前記ウェーハを酸化して酸素原子層を形成する工程、及び、前記酸素原子層を形成した後に前記ウェーハ表面に単結晶

50

シリコンをエピタキシャル成長させる工程を含み、前記酸素原子層の酸素の平面濃度を $4 \times 10^{14} \text{ atoms/cm}^2$ 以下とするエピタキシャルウェーハの製造方法を提供する。

【0027】

このようなエピタキシャルウェーハの製造方法によれば、酸素原子層上に転位および積層欠陥を形成することなく、かつ簡便にウェーハ上に単結晶シリコンを成長させることができる。

【0028】

このとき、前記シリコンを含むⅣ族の元素からなるウェーハとして、単結晶シリコンウェーハを用いることが好ましい。

【0029】

このようなエピタキシャルウェーハの製造方法によれば、汎用性が高くなる。

【0030】

このとき、前記自然酸化膜を除去する工程では、前記ウェーハを水素を含む雰囲気で加熱することにより自然酸化膜を除去することが好ましい。

【0031】

このようにして自然酸化膜を除去すれば、より効果的に自然酸化膜を除去することができる。

【0032】

このとき、前記自然酸化膜を除去する工程では、前記ウェーハを 800 以上 1250 以下の温度に加熱し、この範囲の温度を 1 秒以上 5 分以下の間保持することにより自然酸化膜を除去することが好ましい。

【0033】

自然酸化膜を除去する工程において、このような温度範囲と時間にすることで、より安定的に自然酸化膜を除去することができる。

【0034】

このとき、前記自然酸化膜を除去する工程では、水素を含むプラズマを用いることにより自然酸化膜を除去することが好ましい。

【0035】

このようにして自然酸化膜を除去すれば、より効果的に自然酸化膜を除去することができる。

【0036】

このとき、前記酸素原子層を形成する工程では、酸素を含む雰囲気の前記ウェーハを酸化することが好ましい。

【0037】

酸素原子層を形成する工程において、このような環境にすることで、特殊な設備を準備することなくより簡単にウェーハを酸化することができる。

【0038】

このとき、前記酸素原子層を形成する工程では、大気中で前記ウェーハを酸化することが好ましい。

【0039】

酸素原子層を形成する工程において、このような環境とすることで、特殊な設備を準備することなく、より簡単にウェーハを酸化することができる。

【0040】

このとき、前記単結晶シリコンをエピタキシャル成長させる工程では、 450 以上 800 以下の温度でエピタキシャル成長を行うことが好ましい。

【0041】

単結晶シリコンをエピタキシャル成長させる工程において、このような温度範囲とすることで、より安定して欠陥を発生させることなくエピタキシャル成長させることができる。

【0042】

このとき、前記ウェーハを酸化して酸素原子層を形成する工程と前記単結晶シリコンを

10

20

30

40

50

エピタキシャル成長させる工程とを交互に複数回行うことが好ましい。

【0043】

このように酸素原子層を複数層設けることで、酸素原子層が一つである場合よりもゲッターリング効果をさらに高めることができる。

【0044】

また、本発明は、シリコンを含むⅣ族の元素からなるウェーハ上に単結晶シリコン層を有するエピタキシャルウェーハであって、前記単結晶シリコン層と前記シリコンを含むⅣ族の元素からなるウェーハとの間に酸素原子層を有し、前記酸素原子層の酸素の平面濃度が $4 \times 10^{14} \text{ atoms/cm}^2$ 以下であるエピタキシャルウェーハを提供する。

【0045】

このようなウェーハであれば、デバイス領域の近傍に非常に有力なゲッターリング層を有することができるので、近年の低温プロセスにおいても確実に金属不純物をゲッターリングすることができるものとなる。さらに、良質な単結晶シリコンのエピタキシャル層を有するエピタキシャルウェーハとなる。

【発明の効果】

【0046】

以上のように、本発明のエピタキシャルウェーハの製造方法によれば、酸素原子層をエピタキシャル層に近接して安定的かつ簡便に導入することが可能となる。また、酸素原子層による近接ゲッターリング効果を有し、良質な単結晶シリコンのエピタキシャル層を有する近接ゲッターリング基板を提供することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0047】

【図1 - A】本発明のエピタキシャルウェーハを示した図である。

【図1 - B】ウェーハ上に酸素原子層と単結晶シリコン層を交互に複数積層させた本発明のエピタキシャルウェーハを示した図である。

【図2】本発明のエピタキシャルウェーハの製造方法のフローを示した図である。

【図3】実施例1と比較例1におけるシリコン基板の断面の透過電子顕微鏡像を示した図である。

【図4】比較例2におけるシリコン基板の断面の透過電子顕微鏡像を示した図である。

【発明を実施するための形態】

【0048】

以下、本発明を詳細に説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。

【0049】

上述のように、特殊な装置や、複雑なプロセスが必要なく、また、酸素原子層をエピタキシャル層に安定的に導入するとともに、良質な単結晶シリコンのエピタキシャル層を有するエピタキシャルウェーハの製造方法及びエピタキシャルウェーハが求められていた。

【0050】

本発明者らは、上記課題について鋭意検討を重ねた結果、シリコンを含むⅣ族の元素からなるウェーハ上に単結晶シリコン層を形成するエピタキシャルウェーハの製造方法であって、水素を含む雰囲気の前記シリコンを含むⅣ族の元素からなるウェーハ表面の自然酸化膜を除去する工程、前記自然酸化膜を除去した後に前記ウェーハを酸化して酸素原子層を形成する工程、及び、前記酸素原子層を形成した後に前記ウェーハ表面に単結晶シリコンをエピタキシャル成長させる工程を含み、前記酸素原子層の酸素の平面濃度を $4 \times 10^{14} \text{ atoms/cm}^2$ 以下とするエピタキシャルウェーハの製造方法により、酸素原子層上に転位および積層欠陥を形成することなく、酸素原子層をエピタキシャル層に安定的かつ簡便に導入することが可能となることを見出し、本発明を完成した。

【0051】

また、本発明者らは、シリコンを含むⅣ族の元素からなるウェーハ上に単結晶シリコン層を有するエピタキシャルウェーハであって、前記単結晶シリコン層と前記シリコンを含むⅣ族の元素からなるウェーハとの間に酸素原子層を有し、前記酸素原子層の酸素の

10

20

30

40

50

平面濃度が $4 \times 10^{14} \text{ atoms/cm}^2$ 以下であるエピタキシャルウェーハにより、デバイス領域の近傍に非常に有力なゲッタリング層を有することで、近年の低温プロセスにおいても確実に金属不純物をゲッタリングすることができるとともに、良質な単結晶シリコンのエピタキシャル層を有するものとなることを見出し、本発明を完成した。

【0052】

以下、図面を参照して説明する。

【0053】

図1 - Aは、本発明のエピタキシャルウェーハを示した図である。本発明のエピタキシャルウェーハ10は、シリコンを含むIV族の元素からなるウェーハ1上に単結晶シリコン層3を有し、単結晶シリコン層3とシリコンを含むIV族の元素からなるウェーハ1との間に酸素原子層2を有しているエピタキシャルウェーハである。

10

【0054】

ここで、本発明のエピタキシャルウェーハ10が有している酸素原子層2の酸素の平面濃度は $4 \times 10^{14} \text{ atoms/cm}^2$ 以下である。このような範囲のエピタキシャルウェーハであれば、単結晶シリコンのエピタキシャル層の積層欠陥が少ないものとなる。なお、酸素の平面濃度の下限値はなく、0よりも大きければよい。

【0055】

本発明では、シリコンを含むIV族の元素からなるウェーハ1であれば特に限定はされないが、例えば、単結晶シリコン、SiGe、SiGeCを用いることができる。

【0056】

ここで、ウェーハ1がどのように製造されたものであってもよい。例えば、チョクラルスキー法(Czochralski Method:以下CZ法という)により製造されたウェーハを用いても良いし、フローティングゾーン法(Floating Zone Method:以下FZ法という)により製造されたウェーハを用いても良い。また、CZ法又はFZ法により製造された単結晶シリコンウェーハ上にシリコンを含むIV族の元素をエピタキシャル成長させたウェーハを用いても良い。

20

【0057】

また、図1 - Bは、ウェーハ上に酸素原子層と単結晶シリコン層を交互に複数積層させた本発明のエピタキシャルウェーハを示した図である。図1 - Bに示すように、本発明は、シリコンを含むIV族の元素からなるウェーハ1上に酸素原子層2と単結晶シリコン層3を交互に繰り返し積層させたものであってもよい。このとき最上面は単結晶シリコン層である。

30

【0058】

ここで、酸素原子層における酸素の平面濃度はSIMS(Secondary Ion Mass Spectrometry)により測定することができる。酸化層を含むSiをSIMSで測定すると、Siの酸化層が形成されている深さにピークが形成される。ピーク付近において1回のスパッタリングによる体積濃度と深さの積を積算することで酸素の平面濃度を求めることができる。

【0059】

図2は、本発明のエピタキシャルウェーハの製造方法のフローを示した図である。S11はシリコンを含むIV族の元素からなるウェーハを準備する工程、S12は水素を含む雰囲気中で自然酸化膜を除去する工程、S13は酸素原子層を形成する工程、S14は単結晶シリコンをエピタキシャル成長させる工程をそれぞれ示している。

40

【0060】

本発明では、シリコンを含むIV族の元素からなるウェーハとして、例えば、単結晶シリコン、SiGe、SiGeCを用いることができる。

【0061】

ここで、ウェーハの製造方法は特に限定されない。CZ法により製造されたウェーハを用いても良いし、FZ法により製造されたウェーハを用いても良い。また、CZ法又はFZ法により製造された単結晶シリコンウェーハ上にシリコンを含むIV族の元素をエピタ

50

キシヤル成長させたウェーハを用いても良い。

【0062】

特に、前記シリコンを含むⅣ族の元素からなるウェーハとして、単結晶シリコンウェーハを用いることが好ましい。

【0063】

このように、シリコンを含むⅣ族の元素からなるウェーハとして、単結晶シリコンウェーハを用いることで汎用性が高くなる。このとき、シリコンウェーハとしては、イオン注入及び熱処理が施されたウェーハを用いてもよい。

【0064】

本発明に係る水素を含む雰囲気中で自然酸化膜を除去する工程S12は、水素を含む還元性のドライプロセスで自然酸化膜を除去する工程である。本発明者らの検討によれば、従来のHF及びBHFなどのウェットプロセスでは、自然酸化膜の除去が十分でないか、もしくは自然酸化膜の除去後にすぐに酸化するため、安定的に単結晶シリコンをエピタキシャル成長させることができない。

10

【0065】

前記自然酸化膜を除去する工程では、前記ウェーハを水素を含む雰囲気中で加熱することにより自然酸化膜を除去することが好ましく、さらに、前記ウェーハを800以上1250以下の温度に加熱し、この範囲の温度を1秒以上5分以下の間保持することにより自然酸化膜を除去することがより好ましい。

【0066】

これにより、より安定的に自然酸化膜を除去することができる。

20

【0067】

前記自然酸化膜を除去する工程では、さらに水素を含むプラズマを用いることにより自然酸化膜を除去することも好ましい。

【0068】

このように、水素を含むプラズマを用いることにより自然酸化膜を除去する場合には、水素を含む雰囲気中で加熱することにより自然酸化膜を除去する場合と比べて低温で自然酸化膜を除去することができる。そのため、特に耐熱性が低いGe及びSnがウェーハに含まれる場合に有効である。例えば、SiGeの場合にはGeの比率が高くなるほど耐熱温度が低下する。

30

【0069】

なお、水素を含むプラズマを用いることにより自然酸化膜を除去する場合には、ウェーハは室温で自然酸化膜を除去しても良いし、加熱して自然酸化膜を除去しても良い。

【0070】

酸素原子層を形成する工程S13において、酸素原子層の酸素の平面濃度は 4×10^{14} atoms/cm²以下とする。このような範囲にすることで、エピタキシャル層中に欠陥が形成されない。これは、酸化量(酸素原子層の酸素の平面濃度)が少ない場合には基板の結晶性が保たれるためである。したがって、酸素の平面濃度の下限値はなく、0よりも大きければよい。酸化量が多い場合には、エピタキシャル層は多結晶シリコンまたはアモルファスシリコンになる。本発明者らの検討によれば、酸素原子層の酸素の平面濃度が 4×10^{14} atoms/cm²を超えると欠陥が形成されたり、アモルファスシリコンが形成されたりする。

40

【0071】

ウェーハを酸化する方法はいくつかあるが、本発明では、例えば、ウェーハを酸素に暴露する時間を調節することで、所望の酸素の平面濃度を有する酸素原子層を形成することができる。

【0072】

前記酸素原子層を形成する工程では、酸素を含む雰囲気中で前記ウェーハを酸化することが好ましい。

【0073】

50

このような環境でウェーハを酸化させれば、特殊な設備を準備する必要がなく、簡単にウェーハを酸化させることができる。また、酸素濃度が100%の雰囲気で行っても良いし、窒素、アルゴン、ヘリウム、ネオン、クリプトン、キセノンなどの不活性ガスと酸素を混ぜた雰囲気で行っても良い。不活性ガスと酸素を混ぜることで、安全に取り扱うことができるようになる。また、ウェーハの酸化は室温で行っても良いし、加熱して行っても良い。

【0074】

この場合、大気中で前記ウェーハを酸化することが好ましい。

【0075】

酸素原子層を形成する工程を、このような環境とすることで、特殊な設備を準備することなく簡単に酸化することができる。

10

【0076】

単結晶シリコンをエピタキシャル成長させる工程S14において、単結晶シリコンのエピタキシャル成長に使うガスとして、例えば、モノシラン及びジシランを使うことができる。キャリアガスとして窒素及び水素を使用しても良い。また、チャンバーの圧力は気相反応が生じない圧力であればよい。

【0077】

前記単結晶シリコンをエピタキシャル成長させる工程では、450 以上800 以下の温度でエピタキシャル成長を行うことが好ましい。

【0078】

20

単結晶シリコンをエピタキシャル成長させる工程において、このような温度範囲とすることで、エピタキシャル層に転位及び積層欠陥が形成されるのをより有効に防止できる。温度が高いほどエピタキシャル成長レートは高くなるため、高温で成膜することで厚いエピタキシャル層を短時間で形成することができる。一方で、薄いエピタキシャル層を形成したい場合には低温で成膜すればよい。このように、成長温度を変えることで目的とする厚さのエピタキシャル層を容易に得ることができる。また、ウェーハに耐熱性が低いGe及びSnを含む場合には、結晶性が低下するのを防ぐために低温で成膜することが望ましい。

【0079】

また、エピタキシャル成長装置として、バッチ式を使用しても良いし、枚葉式を使用しても良い。

30

【0080】

また、ウェーハを酸化して酸素原子層を形成する工程と単結晶シリコンをエピタキシャル成長させる工程とを交互に複数回行うこともできる。

【0081】

このように酸素原子層を複数層設けることで、酸素原子層が一つである場合よりもゲッタリング効果を高めることができる。

【0082】

以上のように、本発明のエピタキシャルウェーハの製造方法によれば、酸素原子層をエピタキシャル層に近接して安定的かつ簡便に導入することが可能となる。さらに、良質な単結晶シリコンのエピタキシャル層を有するエピタキシャルウェーハとなる。

40

【実施例】

【0083】

以下、実施例を挙げて本発明について詳細に説明するが、これは本発明を限定するものではない。

【0084】

(実施例1)

以下のような導電型、直径、結晶面方位である単結晶シリコンウェーハを準備した。

基板の導電型 : p型

直径 : 300mm

50

結晶面方位 : (1 0 0)

【 0 0 8 5 】

準備した単結晶シリコンウェーハの自然酸化膜を除去するために水素ベークを行った。温度は 1 0 0 0 とし、時間は 1 分とした。その後、大気中に 4 時間から 6 時間放置して、酸素原子層を形成した。

【 0 0 8 6 】

次に、大気中で酸素原子層を形成した単結晶シリコンウェーハ表面に、単結晶シリコンを 5 8 0 の温度でエピタキシャル成長を行った。

【 0 0 8 7 】

エピタキシャル成長を行ったウェーハの酸素原子層における酸素の平面濃度を SIMS により測定し、結晶性を評価するために断面 TEM (Transmission Electron Microscopy) 観察を行った。図 3 に観察結果を示す。図 3 に示すように、酸素原子層の酸素の平面濃度が $1.4 \times 10^{14} \text{ atoms/cm}^2$ 、 $2.8 \times 10^{14} \text{ atoms/cm}^2$ 、 $4.0 \times 10^{14} \text{ atoms/cm}^2$ の場合、即ち $4 \times 10^{14} \text{ atoms/cm}^2$ 以下の場合では、エピタキシャル層に転位及び積層欠陥が形成されることなく単結晶シリコン層が形成できている。

10

【 0 0 8 8 】

(比較例 1)

酸素原子層の形成において、大気中に放置した時間を 7 時間としたこと以外は実施例 1 と同じ条件でエピタキシャルウェーハの製造及び評価を行った。

20

【 0 0 8 9 】

図 3 に示すように、酸素原子層の酸素の平面濃度が $4.8 \times 10^{14} \text{ atoms/cm}^2$ の場合、即ち $4 \times 10^{14} \text{ atoms/cm}^2$ を超える場合では欠陥が形成されている。

【 0 0 9 0 】

(比較例 2)

実施例 1 及び比較例 1 と同じ単結晶シリコンウェーハを準備し、HF 洗浄によるウェットプロセスでの自然酸化膜の除去を行った後、大気中に 5 時間放置して酸素原子層の形成を行った。次に、5 8 0 の温度で単結晶シリコンウェーハ表面へのエピタキシャル成長を行った。

【 0 0 9 1 】

エピタキシャル成長を行ったウェーハの酸素原子層における酸素の平面濃度を SIMS により測定し、結晶性を評価するために断面 TEM 観察を行った。図 4 に観察結果を示す。酸素原子層の酸素の平面濃度が $1.8 \times 10^{15} \text{ atoms/cm}^2$ となっており、図 4 に示したように、酸素原子層の上には単結晶シリコンではなくアモルファスシリコンが成膜されており、単結晶シリコンは形成できなかった。なお、このようなウェーハについて成膜後に熱処理を行うとポリシリコンとなる。

30

【 0 0 9 2 】

なお、本発明は、上記実施形態に限定されるものではない。上記実施形態は例示であり、本発明の特許請求の範囲に記載された技術的思想と実質的に同一な構成を有し、同様な作用効果を奏するものは、いかなるものであっても本発明の技術的範囲に包含される。

40

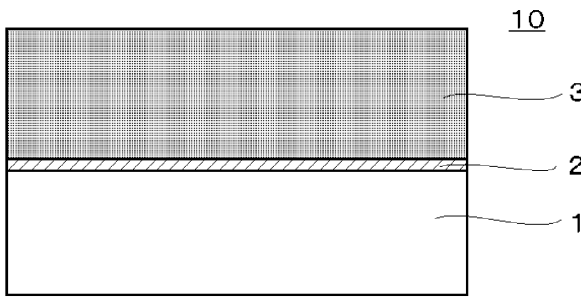
【 符号の説明 】

【 0 0 9 3 】

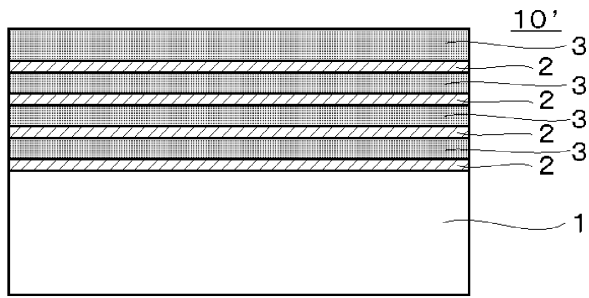
- 1 ... シリコンを含む I V 族の元素からなるウェーハ、
- 2 ... 酸素原子層、
- 3 ... 単結晶シリコン層、
- 1 0、1 0 ' ... エピタキシャルウェーハ。

【図面】

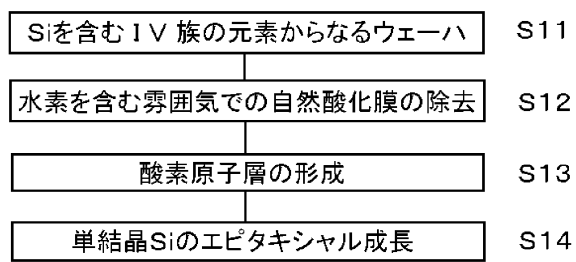
【図 1 - A】



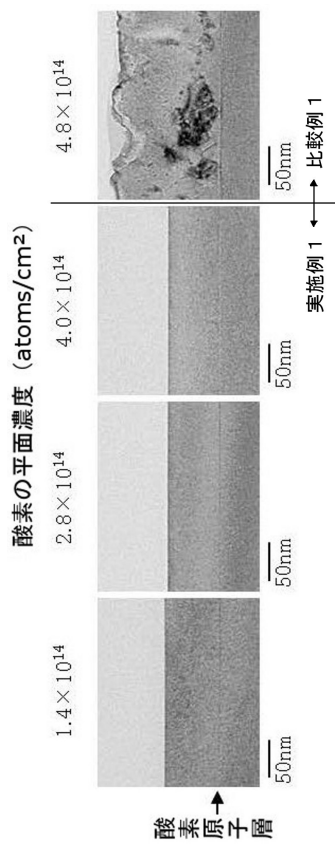
【図 1 - B】



【図 2】



【図 3】



10

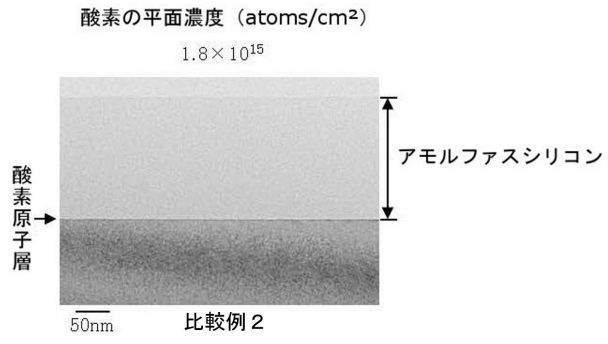
20

30

40

50

【 図 4 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2000-323689(JP,A)
特開2005-109521(JP,A)
特開2019-117890(JP,A)
特開2019-004050(JP,A)

- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
H01L 21/205
C23C 16/24
C23C 16/02