

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5157075号
(P5157075)

(45) 発行日 平成25年3月6日(2013.3.6)

(24) 登録日 平成24年12月21日(2012.12.21)

(51) Int.Cl.		F I		
HO 1 L 21/02	(2006.01)	HO 1 L 27/12		E
HO 1 L 27/12	(2006.01)	HO 1 L 21/265		J
HO 1 L 21/265	(2006.01)	HO 1 L 21/265		H

請求項の数 5 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2006-85340 (P2006-85340)	(73) 特許権者	302006854 株式会社 S U M C O
(22) 出願日	平成18年3月27日 (2006.3.27)		東京都港区芝浦一丁目2番1号
(65) 公開番号	特開2007-266055 (P2007-266055A)	(74) 代理人	100147485 弁理士 杉村 憲司
(43) 公開日	平成19年10月11日 (2007.10.11)	(74) 代理人	100072051 弁理士 杉村 興作
審査請求日	平成20年12月16日 (2008.12.16)	(74) 代理人	100107227 弁理士 藤谷 史朗
		(74) 代理人	100114292 弁理士 来間 清志
		(72) 発明者	村上 義男 東京都港区芝浦一丁目2番1号 株式会社 S U M C O 内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 S I M O X ウェーハの製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

酸素イオン注入工程および高温アニール工程を有するSIMOXウェーハの製造方法において、

該酸素イオン注入に先立ち、ウェーハの表面に酸化膜を形成し、ついで該酸化膜の外周を、エッジエッチング等によって除去し、該酸素イオン注入工程における電荷の接触ピンからの流れを向上させた上で、該酸化膜を通して酸素イオン注入を行うことを特徴とするSIMOXウェーハの製造方法。

【請求項 2】

前記酸素イオン注入後に、酸化膜の一部または全部をエッチングすることにより、該酸化膜上に付着したパーティクルを除去することを特徴とする請求項 1 記載のSIMOXウェーハの製造方法。

【請求項 3】

前記酸素イオン注入後に、酸化膜を少なくとも完全には除去せず、後続の高温アニール工程において保護膜として利用することを特徴とする請求項 1 記載のSIMOXウェーハの製造方法。

【請求項 4】

前記酸化膜が、酸素または水蒸気を用いた酸化処理、あるいはシランまたはジクロルシランと酸素を用いたCVD処理により形成されたことを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載のSIMOXウェーハの製造方法。

10

20

【請求項5】

前記酸化膜の厚みが、5～100nmであることを特徴とする請求項1～4のいずれかに記載のSIMOXウェーハの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、高速、低消費電力なSOI (Silicon on Insulator) デバイスを形成するための埋め込み酸化膜 (Buried Oxide : BOX) を有する薄膜SOIウェーハに関するものであり、より詳細には、ウェーハ表面に酸素イオンをイオン注入により打ち込んだ後、高温でアニールをすることにより埋め込み酸化膜を形成した、SIMOX (Separation by Implanted Oxygen) ウェーハの製造方法に関するものである。 10

【背景技術】

【0002】

薄膜SOIウェーハの製造方法としては、従来から、酸素注入時におけるドーズ量が高い、いわゆる高ドーズSIMOX法と、この高ドーズSIMOX法に比べて一桁程度低いドーズ量で酸素イオンを注入した後、高酸素雰囲気下でアニールを行う、いわゆる低ドーズSIMOX法の2種類が知られている。

【0003】

さらに、近年では、低ドーズSIMOX法において、最後の酸素イオン注入を、室温付近で低ドーズ量で行うことによりアモルファス層を形成し、より低ドーズでのBOX形成を可能にした、いわゆるMLD (Modified Low Dose) 法が開発され、ウェーハの量産に貢献している。 20

【0004】

高ドーズSIMOX法は、典型的には、酸素イオンを、加速エネルギー：150keV、ドーズ量： $1.5 \times 10^{18} \text{cm}^{-2}$ 超え、基板温度：500 程度の条件で注入し、その後、1300 超えの温度で、酸素を0.5～2%含むアルゴン (Ar) あるいは窒素 (N_2) 雰囲気中で、4～8時間程度のアニールを行う方法である (例えば非特許文献1)。

しかしながら、この高ドーズSIMOX法は、注入時間が極めて長く、スループットが悪いことその他、SOI層の転位密度が $1 \times 10^5 \sim 1 \times 10^7 \text{cm}^{-2}$ と極めて高いという問題があった。

【非特許文献1】「K. Izumi et al. Electron. Lett. (UK) vol. 14 (1978) p. 593」 30

【0005】

また、低ドーズSIMOX法は、上記した高ドーズSIMOX法の欠点を改善したもので、典型的には、酸素イオンを、加速エネルギー：150keV超え、ドーズ量： $4 \times 10^{17} \sim 1 \times 10^{18} \text{cm}^{-2}$ 、基板温度：400～600 程度の条件で注入し、その後のアニールを、1300 超えの温度で、30～60%の酸素を含むアルゴン雰囲気下で行い、このアニール工程における酸素の内部酸化 (Internal Thermal Oxidation : 略して「ITOX」ともいう) によって、埋め込み酸化膜 (BOX) を厚膜化すると共に、貫通転位密度を低減するなど、大幅な品質向上を実現させている (例えば非特許文献2)。

【非特許文献2】「S. Nakashima et al. Proc. IEEE int. SOI Conf. (1994) p. 71～72」 40

【0006】

さらに、MLD法は、低ドーズSIMOX法の改良版として開発されたもので、従来の高温 (400～650) での酸素注入後に、さらに室温で1桁低いドーズ量の酸素注入を行い、アモルファス層を埋め込み酸化膜 (BOX) 表面に形成する方法である (例えば非特許文献3および特許文献1)。

この方法によると、 $1.5 \times 10^{17} \sim 6 \times 10^{17} \text{cm}^{-2}$ という広い低ドーズ量範囲で、連続なBOX成長が可能であり、また、その後のITOXプロセスにおいても、従来のITOXの1.5倍の速度で内部酸化が可能になった。その結果、BOX膜は、熱酸化膜に極めて近くなり、大幅な品質の改善が達成された。通常、このMLD法では、SOI層中の酸素量を下げするために、ITOX工程の後に、5～10時間程度、酸素を0.5～2%含むAr雰囲気中においてアニールを行うのが一般的である。 50

【非特許文献3】「O.W.Holland et al. Appl.Phys.Lett.(USA)vol. 69 (1996) p.574」

【特許文献1】米国特許第5930643号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

上述したとおり、高ドーズSIMOX法、低ドーズSIMOX法およびMLD法いずれの方法においても、SIMOXプロセスは、大別して、イオン注入によって酸素イオンを150keV超程度のエネルギーで、 $1.5 \times 10^{17} \sim 1 \times 10^{18} \text{cm}^{-2}$ 程度のドーズ量だけ注入する工程と、注入された酸素イオンによってできたシリコン中のダメージを回復し、平坦な埋め込み酸化膜（BOX）を形成するための高温アニール工程の2つの工程からなる。

10

そして、これらのSIMOXプロセスは、すべてベア（酸化膜等が無い）なシリコンウェーハに酸素イオン注入を行い、さらに洗浄後にベアなシリコンを高温でアニールすることにより形成されている。

【0008】

しかしながら、SIMOXプロセスのような、比較的高温（350～500℃）で、高いドーズ量（ $2 \times 10^{17} \sim 1 \times 10^{18} \text{cm}^{-2}$ ）の注入工程においては、多数のパーティクルがシリコンの表面に付着し、表面欠陥の原因となることが知られている。

さらには、酸素イオン注入後、埋め込み酸化膜（BOX）を形成するための高温アニール工程においても、チューブやポート、ホルダー等の部材からパーティクルが発生して、ベアなシリコン表面に付着し、やはり表面欠陥の原因となることが明らかになった。

20

【0009】

本発明は、上記の問題を有利に解決するもので、酸素イオンの注入工程においてはもとより、高温アニール工程においても、シリコン表面へのパーティクルの付着を効果的に抑制して、従来に比し、パーティクルに起因した表面欠陥の発生を大幅に低減したSIMOXウェーハの製造方法を提案することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

さて、発明者らは、上記の目的を達成すべく鋭意検討を重ねたところ、酸素イオンの注入に先立ち、ウェーハの表面に適当な厚みの酸化膜を形成し、この酸化膜を通して酸素イオン注入を行うことにより、この工程でウェーハに付着するパーティクルのシリコン表面への直接の接触を効果的に防止できること、またかかる酸化膜を酸素イオン注入後も除去せず、後続の高温アニール工程において保護膜として利用することにより、アニール工程におけるパーティクルのシリコン表面への直接の接触も併せて防止できることの知見を得た。

30

本発明は、上記の知見に立脚するものである。

【0011】

すなわち、本発明の要旨構成は次のとおりである。

（1）酸素イオン注入工程および高温アニール工程を有するSIMOXウェーハの製造方法において、

該酸素イオン注入に先立ち、ウェーハの表面に酸化膜を形成し、ついで該酸化膜の外周を、エッジエッチング等によって除去し、該酸素イオン注入工程における電荷の接触ピンからの流れを向上させた上で、該酸化膜を通して酸素イオン注入を行うことを特徴とするSIMOXウェーハの製造方法。

40

【0012】

（2）前記酸素イオン注入後に、酸化膜の一部または全部をエッチングすることにより、該酸化膜上に付着したパーティクルを除去することを特徴とする上記（1）記載のSIMOXウェーハの製造方法。

【0013】

（3）前記酸素イオン注入後に、酸化膜を少なくとも完全には除去せず、後続の高温アニール工程において保護膜として利用することを特徴とする上記（1）記載のSIMOXウェー

50

八の製造方法。

【0014】

(4) 前記酸化膜が、酸素または水蒸気を用いた酸化処理、あるいはシランまたはジクロルシランと酸素を用いたCVD処理により形成されたことを特徴とする上記(1)~(3)のいずれかに記載のSIMOXウェーハの製造方法。

【0015】

(5) 前記酸化膜の厚みが、5~100nmであることを特徴とする上記(1)~(4)のいずれかに記載のSIMOXウェーハの製造方法。

【発明の効果】

【0017】

本発明によれば、SIMOXプロセスにおける酸素イオン注入工程、さらには高温アニール工程においても、ウェーハに付着するパーティクルのシリコン表面への直接の接触を効果的に阻止することができ、その結果、パーティクルに起因した表面欠陥の発生を従来に比べて大幅に低減することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

以下、図面を参照しつつ本発明を具体的に説明する。

SIMOXプロセスにおける酸素イオン注入工程では、ウェーハのホルダー部分や回転系、ビームライン、搬送系などから、少なからずパーティクルが発生する。このパーティクルは、各部材の材料であるシリコン、シリコン酸化物およびカーボンなどが中心である。

従来、図1(a)に示すように、かようなパーティクル1が、ウェーハ2のベアシリコン表面に付着していると、酸素イオン注入によるBOX膜3の形成時の温度上昇によって、図1(b)に示すように、シリコン表面に焼き付き、最終製品におけるパーティクル欠陥の原因となる可能性が高かった。また、かようなシリコン表面に焼き付いたパーティクル1は、図1(c)に示すようにアニール時に形成された酸化膜4のエッチング時に、酸化膜4と共に除去されたとしても、図1(d)に示すように、穴状の痕跡5として残り、これが表面欠陥となる。

【0019】

これに対し、本発明に従い、図2(a)に示すように、酸素イオンの注入に先立って、シリコン表面に酸化膜(以下、この酸化膜を、アニール時に形成される酸化膜4と区別するためにスクリーンオキサイドと呼ぶ)6を形成しておき、このスクリーンオキサイド6を通過させて酸素イオン注入を行うと、注入中にパーティクル1が発生したとしても、図2(b)に示すように、このパーティクル1は直接シリコン表面に付着せず、スクリーンオキサイド6の表面に付着することになるから、図2(c)に示すように、アニール中にこのパーティクル1がシリコン表面に焼き付くことはなく、従って、注入後にこのスクリーンオキサイド6を酸化膜4もろともHF等でエッチングすれば、このスクリーンオキサイド6と共にパーティクル1も同時に除去されるので、図2(d)に示すように、シリコン表面はベアな状態に保持されるのである。

【0020】

さらに、このスクリーンオキサイドを、酸素イオン注入後に完全には除去せず、高温アニール工程まで残しておけば、高温アニールプロセス中のパーティクルに対する保護膜としても有効に寄与する。高温アニールプロセスにおいても、特にプロセスの初期の表面酸化膜が形成されていない段階でベアシリコン表面に付着したパーティクルは、その後の高温プロセスで表面に焼き付き、最終製品の表面欠陥の原因となる可能性が高いと考えられる。

なお、このスクリーンオキサイドおよびアニール時に形成された酸化膜は、最終的にはすべて除去されるため、アニール中に付着したパーティクルも酸化膜とともに有効に除去することができる。

【0021】

ここに、スクリーンオキサイドの膜厚は、酸素イオン注入中のスパッタリングによって

10

20

30

40

50

減少するため、5 nm以上とするのが好ましい。また、注入エネルギーを上げれば、スクリーンオキシドの膜厚を厚くすることができるが、実際の注入エネルギーおよびその後のアニールプロセスを考慮すると、100nm以下とすることが望ましい。

【0022】

また、スクリーンオキシドの形成方法としては、ケミカルオキシドやゾルゲル法なども考えられるが、スクリーンオキシドの品質の観点からは、通常の酸化法またはCVD法 (Chemical Vapor Deposition) による酸化膜形成方法が有利に適合する。

【0023】

さらに、スクリーンオキシドを形成する場合、シリコン表面が絶縁膜で覆われることになるため、イオン注入中のチャージアップの問題が懸念される。その場合には、ウェーハをホルダーに保持する部分は、ウェーハの外周エッジ部分であるため、この部分をHF等の溶液を用いてエッチングし、この外周エッジ部分の絶縁膜のみ外周から数mm除去することが望ましい。

10

すなわち、図3に示すように、ウェーハ2の全周にわたって、外周から数mmのみスクリーンオキシド6が除去されていることが好ましい。

かくすることにより、酸素イオン注入工程における電荷が、接触ピンから有効に流れるようになり、イオン注入中におけるチャージアップの問題が解消される。

【0024】

参考のため、本発明に従うSIMOXプロセスの代表的なフローチャートを図4に示す。

【実施例1】

20

【0025】

以下、本発明を、MLD法によるSIMOXプロセスに適用した場合について述べる。

酸素イオンの注入は、まず、加速エネルギー：170keV、ドーズ量： $2.5 \times 10^{17} \text{cm}^{-2}$ 、基板温度：400 の条件で行い、その後、室温で、ドーズ量： $2.5 \times 10^{15} \text{cm}^{-2}$ のイオン注入を行った。ついで、1320 、10時間のITOXプロセスの後に、1350 、10~20時間のアニールプロセスを、Ar雰囲気（酸素含有量：4%）中で行った。

かくして得られたウェーハのパーティクル欠陥について調べた結果を表1に示す。

【0026】

表1中、No. 1~5は、従来法に従って行った比較例、またNo. 6~10は、酸素イオン注入に先立ち、ウェーハの表面にスクリーンオキシドを形成し、このスクリーンオキシドを通してイオン注入を行った参考例である。No.11は、図3に示したような手法により、スクリーンオキシドの外周(3mm)をエッジエッチングによって除去し、酸素イオン注入工程における電荷の接触ピンからの流れを向上させた発明例である。参考例および発明例については、イオン注入後、スクリーンオキシドの一部または全部をエッチングにより除去した。また、形成したスクリーンオキシドの厚みおよび酸素イオン注入後のスクリーンオキシドの除去割合は、表1に併記したとおりである。

30

なお、パーティクル欠陥は、SP1を用いて、 $>0.16 \mu\text{m}$ 、 $>0.5 \mu\text{m}$ 、すなわちパーティクルサイズが $0.16 \mu\text{m}$ 以上および $0.5 \mu\text{m}$ 以上のもののウェーハ面内における個数で評価した。

【0027】

【 表 1 】

No.	スクリーンオキシサイドの厚み (nm)	水素イオン注入後のスクリーンオキシサイドの除去割合 (%)	>0.16um (/wfr)	>0.5um (/wfr)	備考
1	—	—	76	24	比較例1
2	—	—	146	30	比較例2
3	—	—	130	34	比較例3
4	—	—	90	20	比較例4
5	—	—	180	21	比較例5
6	50	100	32	5	参考例1
7	60	50	19	8	参考例2
8	70	35	13	3	参考例3
9	80	30	24	4	参考例4
10	100	25	27	7	参考例5
11	100	25	20	5	発明例1

【 0 0 2 8 】

同表から明らかなように、本発明のSIMOXプロセスを用いることによって、パーティクルレベルを大幅に低減することができた。

【 0 0 2 9 】

また、表 1 中、No.11の発明例では、イオン注入中におけるチャージアップの問題は全く生じなかった。

【 0 0 3 0 】

また、上記した比較例、参考例および発明例について、SOIウェーハの典型的な欠陥であるHF欠陥およびDivot欠陥の密度についても調査した。

なお、HF欠陥は、cm²当たりの発生個数で、またDivot欠陥は、欠陥をSEMで観察してピ

10

20

30

40

50

ットが埋め込み酸化膜まで到達しているものの個数で評価した。

得られた結果を表2に示す。

【0031】

【表2】

No.	HF欠陥(cm ⁻²)	Divot (/wfr)
1	0.03	20
2	0.05	30
3	0.04	21
4	0.03	15
5	0.05	19
6	0.015	5
7	0.01	3
8	0.005	1
9	0.01	2
10	0.01	4
11	0.01	2

10

20

【0032】

同表に示したとおり、本発明に従えば、これらのSOIに特有の欠陥も大幅に減少できることが明らかになった。

【0033】

なお、実施例では、本発明をMLD法によるSIMOXプロセスに適用した場合について主に説明したが、その他、高ドーズSIMOX法および低ドーズSIMOX法によるSIMOXプロセスに適用した場合についても、同様の効果が得られることが確かめられている。

【0034】

上述したとおり、本発明によって、最終的なSOI表面のパーティクルレベルが、大幅に改善されることが明らかになったが、併せて、ウェーハ裏面にもスクリーンオキサイドを存在させた状態で高温アニールを行った場合には、高温アニール時に裏面のベア面が直接ウェーハホルダーに接触することがなくなったため、ウェーハ裏面で懸念された傷の発生が大幅に減少するという付加的な効果も得られた。

30

【図面の簡単な説明】

【0035】

【図1】従来法に従うSIMOXプロセスにおけるパーティクルの挙動を説明した図である。

【図2】本発明に従うSIMOXプロセスにおけるパーティクルの挙動を説明した図である。

【図3】酸素イオン注入工程における電荷の接触ピンからの流れを向上させる要領を示した図である。

40

【図4】本発明に従うSIMOXプロセスの代表的なフローチャートを示した図である。

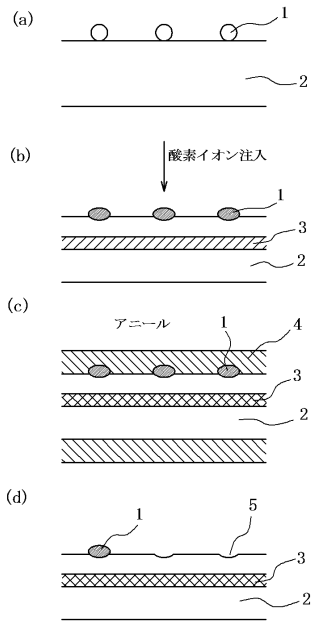
【符号の説明】

【0036】

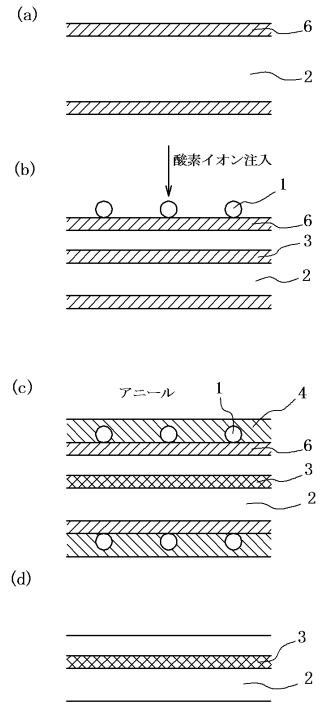
- 1 パーティクル
- 2 ウェーハ
- 3 BOX膜
- 4 アニール時に形成された酸化膜
- 5 穴状の痕跡
- 6 スクリーンオキサイド

50

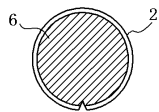
【図1】



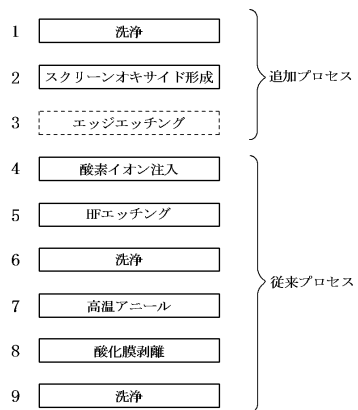
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(72)発明者 中井 哲弥
東京都港区芝浦一丁目2番1号 株式会社SUMCO内

審査官 綿引 隆

(56)参考文献 特開平07-193204(JP,A)
特開平10-041241(JP,A)
特開平04-000737(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 21/02
H01L 21/265
H01L 27/12