

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5211550号
(P5211550)

(45) 発行日 平成25年6月12日(2013.6.12)

(24) 登録日 平成25年3月8日(2013.3.8)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 L 21/322 (2006.01)

H O 1 L 21/322

Y

請求項の数 5 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2007-138652 (P2007-138652)
 (22) 出願日 平成19年5月25日(2007.5.25)
 (65) 公開番号 特開2008-294256 (P2008-294256A)
 (43) 公開日 平成20年12月4日(2008.12.4)
 審査請求日 平成22年4月9日(2010.4.9)

(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
 (74) 代理人 110000486
 とこしえ特許業務法人
 (72) 発明者 足立 尚志
 東京都港区芝浦一丁目2番1号 株式会社
 S U M C O 内

審査官 岩本 勉

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 シリコン単結晶ウェーハの製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

チヨクラルスキー法によって育成された単結晶から加工されたシリコンウェーハに熱処理を施して、表面に無欠陥層を形成するとともに前記無欠陥層の直下にゲッタリング層を形成する第1熱処理工程と、

前記熱処理が施されたウェーハ表面を、所定厚さのデバイス活性層を残すように研磨する工程と、

前記研磨されたウェーハを、1100 以上、シリコンの融点以下の温度で熱処理する第2熱処理工程と、を有することを特徴とするシリコン単結晶ウェーハの製造方法。

【請求項 2】

前記第1熱処理工程における熱処理は、複数のシリコンウェーハを治具に搭載して熱処理を施すバッチ式アニール炉の場合には非酸化性ガス雰囲気下であり1000 ~ 1250 で10分~1時間、枚葉式ランプ炉の場合には1100 ~ 1280 で1秒~15分間の熱処理後に10 /秒以上の速度で降温させることを特徴とする請求項1に記載のシリコン単結晶ウェーハの製造方法。

【請求項 3】

前記第1熱処理工程前に使用されるシリコン単結晶ウェーハは、鏡面研磨前のウェーハまたは鏡面研磨されたウェーハであることを特徴とする請求項1または2に記載のシリコン単結晶ウェーハの製造方法。

【請求項 4】

10

20

前記第 1 の熱処理後に形成する無欠陥層の深さが、 $10 \sim 30 \mu\text{m}$ であることを特徴とする請求項 1 ～ 3 の何れかに記載のシリコン単結晶ウェーハの製造方法。

【請求項 5】

前記研磨工程における研磨代が、 $5 \sim 20 \mu\text{m}$ であることを特徴とする請求項 4 に記載のシリコン単結晶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、シリコン単結晶ウェーハの製造方法に関し、特に薄膜デバイスにも適したシリコン単結晶ウェーハの製造方法に関するものである。

10

【背景技術】

【0002】

従来、デバイスプロセスにおける金属汚染をデバイス活性層から除去する手法として、イントリンシック・ゲッターリング手法 (IG) やエクストリンシック・ゲッターリング手法 (EG) が周知である。

【0003】

イントリンシック・ゲッターリングの代表例として、シリコンウェーハ中の酸素原子をウェーハ内部に析出させ、酸素析出物の歪を利用して金属を捕獲する手法がある。また、エクストリンシック・ゲッターリングの代表例として、シリコンウェーハの裏面にポリシリコンを成膜させ、このポリシリコンの粒界に金属を捕獲する手法がある。

20

【0004】

イントリンシック・ゲッターリング能力を有するシリコン単結晶ウェーハを製造する方法として、非酸化性雰囲気にて 1100 以上の高温で熱処理することが知られている。これにより、ウェーハ表面から $15 \sim 30 \mu\text{m}$ の領域の COP (Crystal Originated Particle) が消滅した無欠陥層 (DZ 層 (Denuded Zone)) が形成され、その下に酸素析出核が存在するゲッターリング層が形成される。

【0005】

ところで、半導体デバイスは、近年益々デバイス自体の薄膜化が進み、これにともない上述したゲッターリング層がよりデバイス活性層に近い領域に存在するウェーハが求められている。

30

【0006】

しかしながら、上記従来のイントリンシック・ゲッターリング能力を有するシリコンウェーハの製造方法では、その熱処理によって酸素析出核が存在しない DZ 層がウェーハ表面から $10 \mu\text{m}$ 以上も形成されてしまうので、たとえば $10 \sim 30 \mu\text{m}$ 程度の薄膜デバイスに上述した IG 手法や EG 手法をそのまま適用することができなかった。

【0007】

なお、デバイス活性層の近くに炭素イオンを注入することで極薄の高密度炭素層を形成することが提案されているが (特許文献 1)、この手法だとデバイスプロセスにおける熱処理により炭素自体が拡散してデバイス活性層に混入し、これがデバイス特性の劣化を引き起こすおそれがある。そのため、特許文献 1 に開示された手法では、炭素イオンを注入した後に $10 \sim 20 \mu\text{m}$ のエピタキシャル層を成長させる必要があった。

40

【0008】

【特許文献 1】特開平 5 - 152304 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

本発明が解決しようとする課題は、薄膜デバイスに対してもゲッターリング効果が有効に発揮されるシリコン単結晶ウェーハの製造方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0010】

50

本発明は、チョクラルスキー法によって育成された単結晶から加工されたシリコンウェーハであって、表面に無欠陥層が形成され、この無欠陥層の直下にゲッターリング層が形成されたウェーハ表面を、所定厚さのデバイス活性層を残すように研磨する工程を有することを特徴とする。

【0011】

より具体的には、チョクラルスキー法によって育成された単結晶から加工されたシリコンウェーハに熱処理を施す第1熱処理工程と、熱処理が施されたウェーハ表面を、所定厚さのデバイス活性層を残すように研磨する工程と、前記研磨されたウェーハを、1100以上、シリコンの融点以下の温度で熱処理する第2熱処理工程と、を有することを特徴とする。

10

【発明の効果】

【0012】

本発明は、まずCZ法により育成されたシリコンウェーハに熱処理を施すことにより、ウェーハ表面から10～30μmの領域にDZ層が形成されるとともに、このDZ層の直下に酸素析出核が存在するゲッターリング層が形成される。

【0013】

そして、このDZ層とゲッターリング層とが形成されたシリコンウェーハの表面を、所定厚さのデバイス活性層が残るように研磨する。これにより、残存したデバイス活性層では良好な電気特性を示す一方で、その直下にゲッターリング源となる安定な酸素析出核が存在するシリコン単結晶ウェーハを得ることができる。また、この後に第2熱処理を施すことで、DZ層の完全性をさらに高めることができる。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0014】

図1は本発明の実施形態に係るシリコン単結晶ウェーハの製造方法を示す工程図、図2は本発明の他の実施形態に係るシリコン単結晶ウェーハの製造方法を示す工程図である。

【0015】

図1に示す本実施形態に係るシリコン単結晶ウェーハの製造方法では、初期格子間酸素濃度が $0.7 \sim 1.8 \times 10^{18} \text{ atoms/cc}$ (ASTM F-121, 1979)となるCZ法条件でシリコンインゴットを育成する。シリコン育成時の酸素濃度が $0.7 \times 10^{18} \text{ atoms/cc}$ に満たないと薄膜デバイス活性層の直下に、ゲッターリング源となる安定な酸素析出物が有効数存在しない。

30

【0016】

次に、シリコンインゴットをウェーハに加工する。このウェーハ加工は特に限定されず、一般的な加工法を採用することができ、ここで最終研磨である鏡面研磨を終了したウェーハを用いることができる。

【0017】

ただし好ましくは、最終研磨である鏡面研磨前のウェーハを使用する。これは、第1熱処理後に鏡面研磨を行うので、このウェーハ加工工程では最終研磨品でなくて良いからである。このウェーハ加工工程において鏡面研磨前までとすることで、熱処理後の研磨だけで足りるので研磨代が少なくなり加工するウェーハ厚もそれだけ薄くできるのでコストダウンを図ることができる。

40

【0018】

ウェーハ加工したのち第1の熱処理を施す。この場合、複数のシリコンウェーハを治具に搭載して熱処理を施すパッチ式アニール炉の場合には、非酸化性ガス雰囲気下で1000から1250で10分から1時間、あるいは酸化雰囲気の場合には1100から1250で10分から4時間の熱処理を施した後にウェーハ内部に酸素析出物を形成するために低温域で熱処理を施す。一方、枚葉式ランプ炉の場合には、非酸化性ガスあるいは窒素含有ガス雰囲気下にて1100から1280で1秒から15分で熱処理した後に、10/秒以上で降温させる。

50

【 0 0 1 9 】

第1の熱処理を施すことで、バッチ式炉で熱処理されたシリコンウェーハは表面から10～30μmの領域に、酸素析出物の存在しない無欠陥層(DZ層)が形成されるとともに、このDZ層の直下に酸素析出核が存在するゲッタリング層が形成される。一方、ランプアニール炉を用いて熱処理されたウェーハは高温状態から10 / 秒以上の速度で降温されるため、ウェーハ内部に空孔が凍結される。表面近傍は空孔濃度が低下するのでDZ層が形成されウェーハ内部に凍結された空孔は、後熱処理で酸素析出物の形成を促進することになる。

【 0 0 2 0 】

次に、このDZ層とゲッタリング層とが形成されたシリコンウェーハの表面を、所定厚さのデバイス活性層が残る、あるいはデバイス活性層より僅かに厚みが残るように鏡面研磨する。たとえば、DZ層が30μm、デバイス活性層の膜厚が10μmである場合は、ウェーハ表面からの研磨代を20μmとして鏡面研磨する。この鏡面研磨は、片面研磨だと表面精度の劣化を引き起すので、両面研磨が好ましい。

【 0 0 2 1 】

これにより、ウェーハ表面には10μmのデバイス活性層が形成され、その直下にはゲッタリング層が形成されることになる。そして、デバイス活性層は結晶欠陥が殆ど存在しないDZ層からなるので良好な電気特性を示す一方で、その直下にゲッタリング源となる安定な酸素析出核が存在するので、デバイスプロセスにおいてイントリンシック・ゲッタリング効果を発揮することになる。

【 0 0 2 2 】

本手法に用いるシリコン結晶に関して、結晶育成時に空孔が凝集して0.07～0.2μmサイズのCOP(ポイド欠陥)を含む結晶を使用する場合、第1の熱処理のみでは研磨後のウェーハ表面には第1の熱処理で消滅できなかったCOPが存在している。したがって、DZ層の完全性をさらに高めるために、上記表面研磨工程のあとに、1100～シリコン融点付近(1410)の条件で第2の熱処理を行うこともできる。勿論、COPを形成させない育成条件で得られた結晶からなるウェーハを使用した場合に第2の熱処理を施しても良い。すなわち、COPサイズまで成長していない空孔が凝縮したクラスターの存在は必ず存在すると思われるので、第2の熱処理でクラスターを分解させデバイス特性を向上させることが可能になると予想する。

【 0 0 2 3 】

この第2の熱処理で、ハロゲンランプを熱源としたハロゲンランプ熱処理炉、キセノンランプを熱源としたフラッシュランプ熱処理炉、レーザを熱源としたレーザ熱処理炉、または高温短時間処理可能な抵抗加熱方式の炉などを用いることができる。上記熱処理炉は高温処理が可能のためデバイス活性層内に残存した欠陥を消滅させることができ、かつ短時間処理なので研磨後のDZ幅の変動(増加)がなく所望のデバイス活性層厚を維持できる。

【 0 0 2 4 】

また、上記第2の熱処理に代えて、図2に示すように、表面研磨したウェーハ表面にシリコンエピタキシャル層を成長させることもできる。研磨後のウェーハ表面はDZ層が形成されているので、ここにエピタキシャル層を形成することでデバイス活性層の厚さを調整することができる。

【 0 0 2 5 】

以下の実施例において、CZ法により育成したシリコンウェーハに第1の熱処理を施したのち、この熱処理が施されたウェーハ表面を、所定厚さのデバイス活性層を残すように研磨すると、デバイス活性領域である表層において良好な電気特性を示すとともに、デバイス活性領域の直下にゲッタリング源となり得る酸素析出核が存在することを、比較例とともに確認した。

【 0 0 2 6 】

《基準試料の作製》

10

20

30

40

50

1) 直径200mmのシリコン単結晶インゴット(初期格子間酸素濃度が $1.3 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ (ASTM F-121, 1979), 比抵抗が $10 \cdot \text{cm}$, CZ法)からスライスして最終鏡面加工前の複数枚のシリコンウェーハに、縦型バッチ式熱処理炉を用いて水素ガス雰囲気において1200 × 1時間の第1の熱処理を施した。第1の熱処理前にウェーハのCOP測定を行った結果、 $0.12 \mu\text{m}$ サイズ以下のCOPが面内に50~100個存在していることを確認した。これをサンプル1)とする。

【0027】

2) 上記最終研磨前のシリコンウェーハに枚葉式ランプ炉を用いてアンモニア雰囲気において1170 × 60秒間の処理を施した後に70 / 秒の降温速度でウェーハを冷却した第1の熱処理を施した。これをサンプル2)とする。

10

【0028】

この第1の熱処理が施されたサンプル1)の中から1枚のウェーハを抜き取り、これを基準試料として劈開し、ライトエッチング(light etching)液により2分間の選択エッチングを実施した。

【0029】

サンプル2)から1枚のウェーハを抜き取り800、4時間+1000、8時間で熱処理を行うことで酸素析出物を成長させ、これを基準試料として劈開し、ライトエッチング(light etching)液により2分間の選択エッチングを実施した。

【0030】

この基準試料のウェーハの断面を光学顕微鏡で観察した結果、サンプル1)のDZ層は平均で $15 \mu\text{m}$ 、このDZ層の直下に存在する酸素析出物(BMD)密度は 5.0×10^5 個/ cm^2 であった。サンプル2)のDZ層は平均 $20 \mu\text{m}$ 、このDZ層直下に存在する酸素析出物密度は 10.0×10^5 個/ cm^2 であった。

20

【0031】

《実施例1, 実施例2, 比較例2》

上記第1の熱処理が施された残りのウェーハを3グループに分け、それぞれのグループのウェーハ表面を、Aグループは $20 \mu\text{m}$ 、Bグループは $10 \mu\text{m}$ 、Cグループは $5 \mu\text{m}$ の研磨代で鏡面研磨を行った。

【0032】

$20 \mu\text{m}$ の研磨代で鏡面研磨を施したサンプル1)のAグループの中の1枚を比較例1の試料とし、劈開後にライトエッチング液により2分間の選択エッチングを実施した。この比較例1のウェーハの断面を光学顕微鏡で観察した結果、DZ層は平均で $0 \mu\text{m}$ 、この直下に存在する酸素析出物(BMD)密度は 5.0×10^5 個/ cm^2 であった。サンプル2)は800、4時間+1000、8時間で熱処理を行い、これを基準試料として研磨後のDZ層、酸素析出物密度を観察した結果、DZ層は平均で $2.0 \mu\text{m}$ 、酸素析出物密度は 10.0×10^5 個/ cm^2 であった。

30

【0033】

一方、 $10 \mu\text{m}$ の研磨代で鏡面研磨を施したBグループの中のサンプル1)の1枚を実施例1の試料とし、劈開後にライトエッチング液により2分間の選択エッチングを実施した。この実施例1のウェーハの断面を光学顕微鏡で観察した結果、サンプル1)のDZ層は平均で $4.8 \mu\text{m}$ 、このDZ層の直下に存在する酸素析出物(BMD)密度は 5.0×10^5 個/ cm^2 であった。

40

【0034】

同様にサンプル2)の試料1枚を800、4時間+1000、8時間で熱処理を行い $10 \mu\text{m}$ 研磨した結果、DZ層が $11.0 \mu\text{m}$ 、酸素析出物密度は 23×10^5 個/ cm^2 であった。

【0035】

また、 $5 \mu\text{m}$ の研磨代で鏡面研磨を施したCグループの中の1枚を実施例2の試料とし、劈開後にライトエッチング液により2分間の選択エッチングを実施した。この実施例2のサンプル1)のウェーハの断面を電子顕微鏡で観察した結果、DZ層は平均で 11.4μ

50

m、このDZ層の直下に存在する酸素析出物(BMD)密度は 4.0×10^5 個/cm²であった。同様にサンプル2)の試料1枚を800、4時間+1000、8時間で熱処理を行い5μm研磨した結果、DZ層が16.0μm、酸素析出物密度は 2.0×10^5 個/cm²であった。

【0036】

【表1】

サンプル1の結果

	研磨代 (μm)	残存DZ幅 (μm)	酸素析出物密度 ($\times 10^5/\text{cm}^2$)	評価
実施例1	10	4.8	5.0	良好
実施例2	5	11.4	4.0	良好
比較例1	20	0	5.0	不良

10

サンプル2の結果

	研磨代 (μm)	残存DZ幅 (μm)	酸素析出物密度 ($\times 10^5/\text{cm}^2$)	評価
実施例1	10	11.0	23.0	良好
実施例2	5	16.0	20.0	良好
比較例1	20	2.0	10.0	良好

20

表1に示す結果から、第1の熱処理を施したのち、所定厚さのDZ層が残るようにウェーハ表面を鏡面研磨すると、ウェーハ表面には極薄のデバイス活性層が形成され、その直下には酸素析出核を有するゲッタリング層が形成されることが確認された。

【0037】

《実施例3，実施例4，比較例2》

上記サンプル1)のA，B，Cグループのバッチ式炉で熱処理されたウェーハをそれぞれ2枚ずつ抜き取って、それぞれ比較例2，実施例3，実施例4の試料とし、これら6枚のウェーハについて、気相成長装置を用いて鏡面研磨したウェーハ表面に4μmのシリコンエピタキシャル膜を成長させた。エピタキシャル成長条件は、水素ガス雰囲気中で1170×90秒のベーキングを行ったのち、トリクロロシランガスによりシリコンエピタキシャル膜を成長させた。

【0038】

これら6枚のエピタキシャル膜の表面を顕微鏡で観察し、スタッキングフォルトや結晶転位の有無(欠陥密度)を評価した。

【0039】

30

40

【表 2】

サンプル 1 のみの結果

	研磨代 (μm)	表面欠陥密度 (個/ cm^2)	評価
実施例 3	1 0	0.02	良好
実施例 4	5	0.02	良好
比較例 2	2 0	1.26	良好

10

表 2 の結果から、比較例 2 の試料には、酸素析出物が原因と推察される四角形のスタッキングフォルトや転位が散見されたが、実施例 3 及び 4 の試料ではこのような結晶欠陥はほとんど観察されなかった。

【 0 0 4 0 】

《実施例 5 , 実施例 6 》

上記ランプ熱処理炉で熱処理されたサンプル 2) の B , C グループのウェーハをそれぞれ 1 枚ずつ抜き取って、第 2 の熱処理前に COP の個数を観察したが 0 . 1 2 μm サイズ以下で面内 4 0 個と 8 8 個を確認した。次にそれぞれ実施例 5 , 実施例 6 の試料とし、これら 2 枚のウェーハについて、ハロゲンランプを熱源としたランプ熱処理炉を用いてアルゴン雰囲気下で 1 2 0 0 \times 1 分の第 2 の熱処理を施した。同様に COP の個数を観察したが 0 . 1 2 μm 以下のサイズで面内 5 個と 9 個であることを確認した。

20

【 0 0 4 1 】

【表 3】

サンプル 2 の結果

	研磨代 (μm)	研磨後の COP 数 (面内)	第 2 の熱処理後の COP 数 (面内)	評価
実施例 5	1 0	8 8	9	良好
実施例 6	5	4 0	5	良好

30

これら 2 枚のウェーハを劈開後にライトエッチング液により 2 分間の選択エッチングを実施し、ウェーハ断面を光学顕微鏡で観察した結果、第 2 の熱処理前後で D Z 層の厚さや酸素析出物密度の変化はなかった。

【図面の簡単な説明】

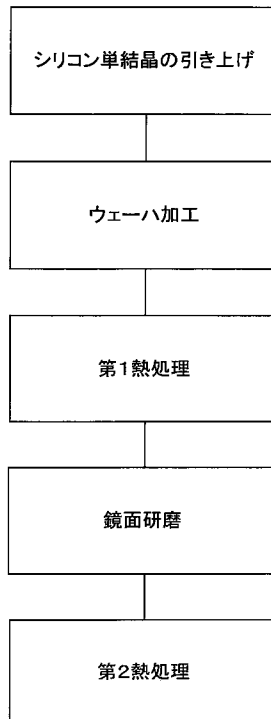
【 0 0 4 2 】

【図 1】本発明の実施形態に係るシリコン単結晶ウェーハの製造方法を示す工程図である。

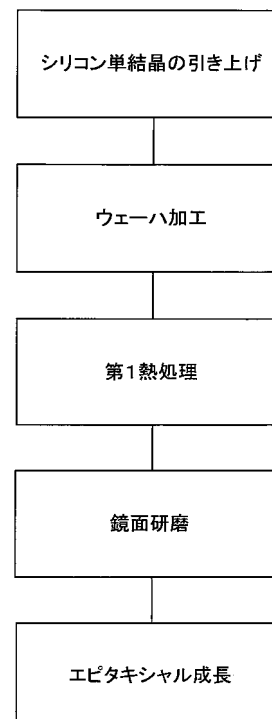
40

【図 2】本発明の他の実施形態に係るシリコン単結晶ウェーハの製造方法を示す工程図である。

【図 1】



【図 2】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2003-257981(JP,A)
特開2004-193354(JP,A)
特開2006-004983(JP,A)
特開昭63-166237(JP,A)
特開昭59-074638(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 21/322