

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7252884号
(P7252884)

(45)発行日 令和5年4月5日(2023.4.5)

(24)登録日 令和5年3月28日(2023.3.28)

(51)国際特許分類		F I			
H 0 1 L	21/26	(2006.01)	H 0 1 L	21/26	F
C 3 0 B	29/06	(2006.01)	C 3 0 B	29/06	B
C 3 0 B	33/02	(2006.01)	C 3 0 B	33/02	

請求項の数 4 (全12頁)

(21)出願番号	特願2019-220429(P2019-220429)	(73)特許権者	312007423 グローバルウェーハズ・ジャパン株式会社 新潟県北蒲原郡聖籠町東港六丁目861番地の5
(22)出願日	令和1年12月5日(2019.12.5)	(74)代理人	100101878 弁理士 木下 茂
(65)公開番号	特開2021-90006(P2021-90006A)	(74)代理人	100187506 弁理士 澤田 優子
(43)公開日	令和3年6月10日(2021.6.10)	(72)発明者	斉藤 広幸 新潟県北蒲原郡聖籠町東港六丁目861番地の5 グローバルウェーハズ・ジャパン株式会社内
審査請求日	令和4年6月13日(2022.6.13)	(72)発明者	須藤 治生 新潟県北蒲原郡聖籠町東港六丁目861番地の5 最終頁に続く

(54)【発明の名称】 シリコンウェーハの熱処理方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

シリコンウェーハに急速昇降温熱処理を施すことによりウェーハ表面部に無欠陥層を形成するシリコンウェーハの熱処理方法において、

シリコンウェーハの酸素濃度を $[O_i]$ ($\times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$) とし、前記シリコンウェーハの窒素濃度を $[N]$ ($\times 10^{14} \text{ atoms/cm}^3$) とし、急速昇降温熱処理での最高到達温度を A () としたとき、

前記ウェーハ表面部に形成される無欠陥層の厚さの予測値 B (μm) は、

$$B = -6.131 \times [N] - 173.392 \times [O_i] - 0.938 \times A + 1578 \dots (1)$$

により求められ、

前記式(1)の予測値 B に、無欠陥層の厚さの目標値を代入することにより求められた最高到達温度 A を用いて急速昇降温熱処理を施すことを特徴とするシリコンウェーハの熱処理方法。

【請求項2】

前記式(1)の酸素濃度 $[O_i]$ と窒素濃度 $[N]$ とに代入する値は、急速昇降温熱処理を施すシリコンウェーハと同一のシリコン単結晶から得られた他のシリコンウェーハの急速昇降温熱処理前の測定値であることを特徴とする請求項1に記載されたシリコンウェーハの熱処理方法。

【請求項3】

前記急速昇降温熱処理における前記最高到達温度 A は、1300 以上 1350 以下であることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載されたシリコンウェーハの熱処理方法。

【請求項 4】

前記急速昇降温熱処理において、

前記最高到達温度 A で 30 sec 以上の熱処理を行うことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 のいずれかに記載されたシリコンウェーハの熱処理方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、シリコンウェーハの熱処理方法に関し、特にチョクラルスキー法（CZ法）により育成されたシリコン単結晶からスライスされたシリコンウェーハに対して急速昇降温熱処理（RTP）を行い、無欠陥層（DZ層：Denuded Zone層）の厚さを制御するシリコンウェーハの熱処理方法に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体デバイスを形成するための基板としてシリコンウェーハが用いられている。このシリコンウェーハの表面近傍（表面部）はデバイス活性領域となり、この領域には、COP（Crystal Originated Particle）、BMD（Bulk Micro Defect）核等の結晶欠陥が存在しないことが要求される。

従来、表面部に結晶欠陥が存在しないシリコンウェーハを得るには、例えば特許文献 1 に開示されるように、チョクラルスキー法（CZ法）によりシリコン単結晶を引き上げる際、結晶引上速度 v と単結晶内の引上軸方向の温度勾配の平均値 G との比（ v/G 値）を制御することにより無欠陥の単結晶シリコンインゴットを育成し、これをスライスして得ることができる。

【0003】

しかしながら、無欠陥の単結晶シリコンインゴットを育成するには、結晶の育成速度（引上速度 v ）を低速に制御しなければならないため、長時間を要し、製造単価が高くなるという課題があった。

前記課題を解決するため、近年では、単結晶シリコンインゴットを高速育成し、スライスしたシリコンウェーハに対して高温での熱処理を施し、ウェーハ表面部に無欠陥層（DZ層：Denuded Zone層）を形成する方法が多く採用されている。

【0004】

例えば、特許文献 2 には、不活性ガス或いは還元性ガスの雰囲気中において、1100 以上の高温下で、1 分以上の熱処理を施すことにより、ウェーハ表面部の固溶酸素を外方拡散させ、COP や BMD 核等を消滅させる方法が開示されている。

【0005】

或いは、特許文献 3 に開示されるように、シリコンウェーハに対して、1150 以上の高温で秒単位（数秒～60 秒）の急速昇降温熱処理（RTP（Rapid Thermal Process）処理）を施し、デバイス活性領域となるウェーハの表面部に無欠陥層を形成する方法が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【文献】特開平 8 - 330316 号公報
特開 2001 - 284362 号公報
特表 2001 - 509319 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

10

20

30

40

50

ところで、高速育成した単結晶インゴットをスライスしたシリコンウェーハに対し高温の熱処理を行い表面部のポイド欠陥を消去する方法において、例えば特許文献2に開示された方法では、1100以上の温度で1~2時間の熱処理を行っている。

しかしながら、温度が1200付近の高温で長時間の熱処理になると、炉体の影響により汚染する、或いは、ウェーハ周端部に接触するウェーハ支持部からスリップ転位が発生し、ウェーハが塑性変形する等の不具合が発生する虞があった。

また、特許文献3に開示されるように数秒~60秒といった短時間の急速昇降温熱処理を行う方法にあっては、特許文献2記載の発明は有する課題(炉体からの汚染、スリップ転位)の発生は抑制されるものの、使用するサンプルによって無欠陥層の厚さが大きくばらつき、均質な無欠陥層の製品を製造することが困難であるという課題があった。

10

【0008】

前記したような事情のもと、本願発明者は、前記課題を解決するために鋭意研究を行い、RTP処理後の初期酸素濃度、初期窒素濃度、及び最高到達温度の相互の関係により、無欠陥層の厚さが求まることを知見し本発明をするに至った。

本発明の目的は、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部に無欠陥層を形成するシリコンウェーハの熱処理方法において、形成される前記無欠陥層の厚さを均一に制御することのできるシリコンウェーハの熱処理方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

前記課題を解決するためになされた、本発明に係るシリコンウェーハの熱処理方法は、シリコンウェーハに急速昇降温熱処理を施すことによりウェーハ表面部に無欠陥層を形成するシリコンウェーハの熱処理方法において、シリコンウェーハの酸素濃度を $[O_i]$ ($\times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$)とし、前記シリコンウェーハの窒素濃度を $[N]$ ($\times 10^{14} \text{ atoms/cm}^3$)とし、急速昇降温熱処理での最高到達温度を A ()としたとき、前記ウェーハ表面部に形成される無欠陥層の厚さの予測値 B (μm)は、 $B = -6.131 \times [N] - 173.392 \times [O_i] - 0.938 \times A + 1578 \dots (1)$ により求められ、前記式(1)の予測値 B に、無欠陥層の厚さの目標値を代入することにより求められた最高到達温度 A を用いて急速昇降温熱処理を施すことに特徴を有する。

20

尚、前記式(1)の酸素濃度 $[O_i]$ と窒素濃度 $[N]$ とに代入する値は、急速昇降温熱処理を施すシリコンウェーハと同一のシリコン単結晶から得られた他のシリコンウェーハの急速昇降温熱処理前の測定値であることが望ましい。

30

また、前記急速昇降温熱処理における前記最高到達温度 A は、1300以上1350以下であることが望ましい。

また、前記急速昇降温熱処理において、前記最高到達温度 A で30sec以上の熱処理を行うことが望ましい。

【0010】

このような熱処理方法によれば、短時間の急速昇降温熱処理により、炉体からの汚染やスリップ転位の発生を防止してシリコンウェーハの表層に無欠陥層を形成することができ、シリコンウェーハの酸素濃度と窒素濃度、及び目標とするウェーハ表面部の無欠陥層の厚さから、関係式に基づき急速熱処理工程での最高到達温度を決定し、その最高到達温度で急速熱処理を行うことにより目標とする無欠陥層の厚さを得ることができる。

40

即ち、同一のシリコン単結晶から得た他のシリコンウェーハの酸素濃度及び窒素濃度の測定結果を予め得ておき、それを無欠陥層の目標とする厚さとともに関係式に代入して得た最高到達温度で急速熱処理を行うことにより無欠陥層の厚さを均一にすることができる。

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、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部に無欠陥層(DZ層)を形成するシリコンウェーハの熱処理方法において、形成される前記無欠陥層の厚さを均一に制御することのできるシリコンウェーハの熱処理方法を提供することができる。

50

【図面の簡単な説明】**【 0 0 1 2 】**

【図 1】図 1 は、本発明のシリコンウェーハの熱処理方法に用いられる R T P 装置の一例の概要を示す断面図である。

【図 2】図 2 は、本発明のシリコンウェーハの熱処理方法の手順を示すフローである。

【図 3】図 3 は、実施例（実験 1）の結果を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】**【 0 0 1 3 】**

以下、本発明の好適な実施形態について図面を参照して説明する。

図 1 は、本発明のシリコンウェーハの熱処理方法に用いられる R T P 装置の一例の概要を示す断面図である。

10

本発明のシリコンウェーハの熱処理方法に用いられる R T P 装置 1 0 は、図 1 に示すように、雰囲気ガス導入口 2 0 a 及び雰囲気ガス排出口 2 0 b を備えたチャンバ（反応管）2 0 と、チャンバ 2 0 の上部に離間して配置された複数のランプ 3 0 と、チャンバ 2 0 内の反応空間 2 5 にウェーハ W を支持するウェーハ支持部 4 0 とを備える。また、図示しないが、ウェーハ W をその中心軸周りに所定速度で回転させる回転手段を備えている。

【 0 0 1 4 】

ウェーハ支持部 4 0 は、ウェーハ W の外周部を支持する環状のサセプタ 4 0 a と、サセプタ 4 0 a を支持するステージ 4 0 b とを備える。チャンバ 2 0 は、例えば、石英で構成されている。ランプ 3 0 は、例えば、ハロゲンランプで構成されている。サセプタ 4 0 a は、例えば、シリコンで構成されている。ステージ 4 0 b は、例えば、石英で構成されている。

20

【 0 0 1 5 】

図 1 に示す R T P 装置 1 0 を用いてウェーハ W に対し R T P を行う場合は、チャンバ 2 0 に設けられた図示しないウェーハ導入口より、ウェーハ W を反応空間 2 5 内に導入し、ウェーハ支持部 4 0 のサセプタ 4 0 a 上にウェーハ W を支持する。そして、雰囲気ガス導入口 2 0 a から後述する雰囲気ガスを導入すると共に、図示しない回転手段によりウェーハ W を回転させながら、ランプ 3 0 によりウェーハ W 表面に対してランプ照射をすることで行う。

【 0 0 1 6 】

尚、この R T P 装置 1 0 における反応空間 2 5 内の温度制御は、ウェーハ支持部 4 0 のステージ 4 0 b に埋め込まれた複数の放射温度計 5 0 によってウェーハ W の下部のウェーハ径方向におけるウェーハ面内多点（例えば、9 点）の平均温度を測定し、その測定された温度に基づいて複数のハロゲンランプ 3 0 の制御（各ランプの個別の O N - O F F 制御や、発光する光の発光強度の制御等）を行う。

30

【 0 0 1 7 】

次に、本発明に係わるシリコンウェーハの熱処理方法について図面を参照して説明する。本発明に係わるシリコンウェーハの熱処理方法は、チョクラルスキー法により育成したシリコン単結晶インゴットからスライスされたシリコンウェーハに対して、所定の製造条件により R T P を行う。

40

【 0 0 1 8 】

チョクラルスキー法によるシリコン単結晶インゴットの育成は周知の方法にて行う。

すなわち、石英ルツボに充填した多結晶シリコンを加熱してシリコン融液とし、このシリコン融液の液面上方から種結晶を接触させて、種結晶と石英ルツボを回転させながら引上げ、所望の直径まで拡径して直胴部を育成することでシリコン単結晶インゴットを製造する。

【 0 0 1 9 】

こうして得られたシリコン単結晶インゴットは、周知の方法によりシリコンウェーハに加工される。

すなわち、シリコン単結晶インゴットを内周刃又はワイヤソー等によりウェーハ状にス

50

ライスした後、外周部の面取り、ラッピング、エッチング、研磨等の加工工程を経て、シリコンウェーハを製造する（図2のステップS1）。

なお、ここで記載された加工工程は例示的なものであり、本発明は、この加工工程のみに限定されるものではない。

【0020】

次に、製造されたシリコンウェーハに対してRTPを行う。

ここで同一のシリコン単結晶から得られた複数のシリコンウェーハのうち1枚を抜き取り、それを酸素濃度及び窒素濃度の測定に用いる（ステップS2）。

ここで、本発明にあっては、シリコンウェーハの熱処理前の酸素濃度を $[O_i]$ （ $\times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ ）とし、前記シリコンウェーハの熱処理前の窒素濃度を $[N]$ （ $\times 10^{14} \text{ atoms/cm}^3$ ）とし、急速昇降温熱処理での最高到達温度を A （ $^{\circ}\text{C}$ ）としたとき、前記ウェーハ表面部に形成される無欠陥層の厚さの予測値 B （ μm ）は、

$$B = -6.131 \times [N] - 173.392 \times [O_i] - 0.938 \times A + 1578 \dots (1)$$
により求められる。尚、この式（1）の特定については、後述する。

そして、前記式（1）の予測値 B に、無欠陥層の厚さの目標値を代入することにより急速昇降温熱処理での最高到達温度 A を決定する（ステップS3）。

【0021】

具体的に一例を挙げれば、無欠陥層の厚さの目標値が $132.12 \mu\text{m}$ 、一枚目のウェーハの酸素濃度が、 $1.22 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 、窒素濃度が $2.57 \times 10^{14} \text{ atoms/cm}^3$ から、

$132.12 = -6.131 \times [2.57 \times 10^{14}] - 173.392 \times [1.22 \times 10^{18}] - 0.938 \times A + 1578$ となり、この式から A は 1300 となる。

【0022】

尚、前記式（1）を用いて求められた最高到達温度は、 1300 以上 1400 以下が好ましく、特に 1300 以上 1350 以下が望ましい。

最高到達温度が 1300 未満であると、ポイド欠陥が消滅しないため好ましくない。また、最高到達温度が 1400 を超えると、シリコンの融点近傍であるため、塑性変形やシリコンウェーハの表面が粗れるため好ましくない。ポイド欠陥の消滅や塑性変形の抑制等の観点から 1300 以上 1350 以下であることが好ましい。

【0023】

また、最高到達温度での処理時間は 30 sec が好ましく、それは、比較的短時間の熱処理とすることで、炉体からの汚染やサセプタとの接触によるスリップ転位の発生を防止するためである。また、ポイド欠陥を消去するために 30 sec 程度の最高到達温度での熱処理が必要であり、それ以上の長時間の最高到達温度での熱処理になると、ハロゲンランプ30の破損が生じる虞があり好ましくない。

【0024】

尚、前記式（1）は、熱処理後ウェーハの窒素濃度及び酸素濃度が高いと無欠陥層の厚さが薄くなるが、窒素濃度、酸素濃度が低くても最高到達温度が高ければ、空孔の飽和濃度が高くなるため、バルク中空孔密度が高くなり、無欠陥層の厚さが薄くなることを意味している。

【0025】

次いで、図1に示すようなRTP装置10において、所望の温度（例えば、 500 ）で保持されたチャンバ20内に1枚のシリコンウェーハWを設置する（ステップS4）。

チャンバ20内は、雰囲気ガス導入口20aから酸化性ガスを導入し、ポイド欠陥を消去するために、酸化性ガスがウェーハ表面に曝される状態とする（ステップS5）。

【0026】

そして、ハロゲンランプ30によりチャンバ20内を加熱し、例えば 25 /秒の昇温速度とし、前記決定した最高到達温度（例えば 1350 ）で 30 秒間保持した後、 120 /秒で降温して急速昇降温熱処理（RTP）を行う（ステップS6）。

RTP後、チャンバ20からシリコンウェーハWを取り出し、次のウェーハWの処理を

10

20

30

40

50

行う（ステップ S 7）。

【 0 0 2 7 】

このように本発明に係る実施の形態によれば、短時間の急速昇降温熱処理により、炉体からの汚染やスリップ転位の発生を防止してシリコンウェーハ W の表層に無欠陥層を形成することができ、シリコンウェーハ W の急速昇降温熱処理前の酸素濃度 [O i] と窒素濃度 [N]、及び目標とするウェーハ表面部の無欠陥層の厚さから、関係式 (1) に基づき急速昇降温熱処理での最高到達温度を決定し、その最高到達温度で急速昇降温熱処理を行うことにより目標とする無欠陥層の厚さを得ることができる。

即ち、同一のシリコン単結晶から得た他のシリコンウェーハの急速熱処理前の酸素濃度及び窒素濃度の測定結果を予め得ておき、それを無欠陥層の目標とする厚さとともに関係式に代入して得た最高到達温度で急速熱処理を行うことにより無欠陥層の厚さを均一にすることができる。

10

【 0 0 2 8 】

尚、前記実施の形態においては、RTP装置 10 での熱処理の際、チャンバ 20 内に導入される雰囲気酸化性ガスとしたが、本発明にあつては、それに限定されるものではなく、アルゴンガスや窒素ガスなどの不活性ガスをチャンバ 20 内に導入するようにしてもよい。

【 0 0 2 9 】

(式 の 特 定)

次に、シリコンウェーハの酸素濃度を [O i] ($\times 10^{18}$ atoms / cm³) とし、前記シリコンウェーハの窒素濃度を [N] ($\times 10^{14}$ atoms / cm³) とし、急速昇降温熱処理での最高到達温度を A () としたとき、前記ウェーハ表面部に形成される無欠陥層の厚さの予測値 B (μ m) は、

20

$$B = - 6 . 1 3 1 \times [N] - 1 7 3 . 3 9 2 \times [O i] - 0 . 9 3 8 \times A + 1 5 7 8$$

・・・ (1) となる。この式 (1) は以下に示す実験例から求めた。

また、この式の成立条件は、初期酸素濃度 1 . 1 3 ~ 1 . 4 0 ($\times 10^{18}$ atoms / cm³)、初期窒素濃度 1 . 9 3 ~ 6 . 2 9 9 ($\times 10^{14}$ atoms / cm³)、温度 1 3 0 0 ~ 1 3 5 0 の範囲である。

【 実 施 例 】

【 0 0 3 0 】

本発明に係るシリコンウェーハの熱処理方法について、実施例に基づきさらに説明する。本実施例では、前記実施の形態に基づき、検証実験を行った。

30

【 0 0 3 1 】

(実 験 1)

実験 1 では、図 1 に示した RTP 装置を用い、表 1 に示す条件 (最高到達温度、RTP 前の酸素濃度、RTP 前の窒素濃度) において急速熱処理を行い、式 (1) から得た無欠陥層の厚さと無欠陥層の厚さとを測定し、比較検証した。

【 0 0 3 2 】

(表 1)

40

	最高到達温度 (°C)	RTP 前の酸素濃度 ($\times 10^{18}$ atoms/cm ³)	RTP 前の窒素濃度 ($\times 10^{14}$ atoms/cm ³)
実施例 1	1300	1. 21-1. 23	2. 5-3. 0
実施例 2	1300	1. 11-1. 17	3. 0-4. 0
実施例 3	1300	1. 24-1. 27	4. 0-6. 0
実施例 4	1300	1. 28-1. 33	4. 0-6. 0
実施例 5	1350	1. 21-1. 23	2. 5-3. 0
実施例 6	1350	1. 11-1. 17	3. 0-4. 0
実施例 7	1350	1. 24-1. 27	4. 0-6. 0
実施例 8	1350	1. 28-1. 33	4. 0-6. 0

10

【 0 0 3 3 】

実験 1 の結果を図 3 のグラフに示す。

図 3 のグラフにおいて、縦軸は、式 (1) より得られた無欠陥層の厚さ予測値 (μm) であり、横軸は、RTP 後の無欠陥層の厚さの実測値 (μm) である。

図 3 のグラフに示すように実測値と予測値は略一致し、式 (1) の関係式が正しいことを確認することができた。

(実験 2)

20

実験 2 では、図 1 に示した RTP 装置を用い、最高到達温度を変えて複数回の急速熱処理を行い、式 (1) から得た無欠陥層の厚さ (目標値) と測定した無欠陥層の厚さ (実測値) とを、比較検証した。

また、熱処理後のウェーハにおいて、ポイド、析出核が消滅したかを観察した。

表 2 に具体的条件 (最高到達温度、処理時間、RTP 前の酸素濃度、RTP 前の窒素濃度) を示す。

【 0 0 3 4 】

尚、表 2 に示すように、実施例 9 での最高到達温度は 1 3 0 0 、窒素濃度は 2 . 6 ($\times 1 0 ^ { 1 8 } \text{ a t o m s } / \text{ c m } ^ { 3 }$)、酸素濃度は 1 . 2 2 ($\times 1 0 ^ { 1 8 } \text{ a t o m s } / \text{ c m } ^ { 3 }$)、無欠陥層の目標値は 1 3 2 μm である。

30

また、実施例 1 0 での最高到達温度は 1 3 5 0 、窒素濃度は 2 . 6 ($\times 1 0 ^ { 1 8 } \text{ a t o m s } / \text{ c m } ^ { 3 }$)、酸素濃度は 1 . 2 3 ($\times 1 0 ^ { 1 8 } \text{ a t o m s } / \text{ c m } ^ { 3 }$)、無欠陥層の目標値は 8 3 μm である。

【 0 0 3 5 】

一方、比較例 1 での最高到達温度は 1 2 5 0 、窒素濃度は 2 . 6 ($\times 1 0 ^ { 1 8 } \text{ a t o m s } / \text{ c m } ^ { 3 }$)、酸素濃度は 1 . 2 7 ($\times 1 0 ^ { 1 8 } \text{ a t o m s } / \text{ c m } ^ { 3 }$)、無欠陥層の目標値は 1 2 4 μm である。また、比較例 2 での最高到達温度は 1 2 9 0 、窒素濃度は 2 . 6 ($\times 1 0 ^ { 1 8 } \text{ a t o m s } / \text{ c m } ^ { 3 }$)、酸素濃度は 1 . 2 2 ($\times 1 0 ^ { 1 8 } \text{ a t o m s } / \text{ c m } ^ { 3 }$)、無欠陥層の目標値は 1 4 1 μm である。また、比較例 3 での最高到達温度は 1 3 6 0 、窒素濃度は 2 . 6 ($\times 1 0 ^ { 1 8 } \text{ a t o m s } / \text{ c m } ^ { 3 }$)、酸素濃度は 1 . 2 3 ($\times 1 0 ^ { 1 8 } \text{ a t o m s } / \text{ c m } ^ { 3 }$)、無欠陥層の目標値は 7 4 μm である。また、比較例 4 での最高到達温度は 1 4 0 0 、窒素濃度は 2 . 6 ($\times 1 0 ^ { 1 8 } \text{ a t o m s } / \text{ c m } ^ { 3 }$)、酸素濃度は 1 . 2 2 ($\times 1 0 ^ { 1 8 } \text{ a t o m s } / \text{ c m } ^ { 3 }$)、無欠陥層の目標値は 3 9 μm である。

40

また、全ての実施例、比較例において最高到達温度での処理時間は 3 0 s e c とした。

【 0 0 3 6 】

(表 2)

50

	最高到達 温度 (°C)	時間 (sec)	窒素濃度 ($\times 10^{18}$ atoms/cm ³)	酸素濃度 ($\times 10^{14}$ atoms/cm ³)	無欠陥層 目標値 (μ m)	無欠陥層 実測値 (μ m)	備考
比較例 1	1250	30	2.6	1.27	124	16	ポイド、析出 核消滅しない
比較例 2	1290	30	2.6	1.22	141	未実施	ポイド消滅 しない
実施例 9	1300	30	2.6	1.22	132	154	OK
実施例 10	1350	30	2.6	1.23	83	78	OK
比較例 3	1360	30	2.6	1.23	74	測定不可	表面粗れ 発生
比較例 4	1400	30	2.6	1.22	39	測定不可	装置上 熱処理不可

10

【0037】

実験 2 の結果を表 2 に示す。表 2 には、熱処理後における無欠陥層の目標値に対する無欠陥層の実測値を示す。

実施例 1 では、無欠陥層の目標値 132 μ m に対し測定値は 154 μ m となり、実施例 2 では、無欠陥層の目標値 83 μ m に対し測定値は 78 μ m となり、いずれも近似した結果を得ることができた。また、無欠陥層においてポイド、析出核の消滅を確認することができた。

20

【0038】

一方、比較例 1 では、無欠陥層の目標値 124 μ m に対し測定値は 16 μ m となり、大きく差異が生じた。また、無欠陥層においてポイド、析出核は消滅しなかった。

比較例 2 では、無欠陥層の目標値 141 μ m に設定したが、ポイドは消滅しなかった。

比較例 3 では、ウェーハの表面粗れが発生し、無欠陥層の膜厚測定が不可能であった。

比較例 4 では、1400 の最高到達温度での熱処理が装置上不可能であり、実施できなかった。

【0039】

表 2 に示す結果より、本発明における急速昇降温熱処理の最高到達温度の範囲は、1300 以上 1350 以下の範囲が望ましいことを確認することができた。

30

【0040】

(実験 3)

実験 3 では、図 1 に示した RTP 装置を用い、実験 1、2 で確認した好ましい最高到達温度 1300 において、熱処理時間を変化させ、その好ましい時間について検証した。結果として、式(1)から得た無欠陥層の厚さ(目標値)と測定した無欠陥層の厚さ(実測値)とを、比較検証した。また、熱処理後のウェーハにおいて、ポイド、析出核が消滅したかを観察した。

表 3 に具体的条件(最高到達温度、処理時間、RTP 前の酸素濃度、RTP 前の窒素濃度)を示す。

40

【0041】

(表 3)

50

	最高到達 温度 (°C)	時間 (sec)	窒素濃度 ($\times 10^{18}$ atoms/cm ³)	酸素濃度 ($\times 10^{14}$ atoms/cm ³)	無欠陥層 目標値 (μ m)	無欠陥層 実測値 (μ m)	備考
比較例5	1300	7	2.8	1.0	168	64	ポイド、析出 核消滅しない
比較例6	1300	15	2.7	1.27	120	19	ポイド、析出 核消滅しない
実施例9	1300	30	2.6	1.22	132	154	OK
実施例11	1300	30	5.23	1.28	104	108	OK
実施例12	1300	35	5.23	1.28	104	112	OK
実施例13	1300	40	5.23	1.28	104	116	OK

【0042】

尚、表3には、最高到達温度が1300であった実施例9(実験2で実施)を比較のため含めている。

また、実施例11での最高到達温度は1300、処理時間は30sec、窒素濃度は5.23($\times 10^{18}$ atoms/cm³)、酸素濃度は1.28($\times 10^{14}$ atoms/cm³)、無欠陥層の目標値は104 μ mである。

実施例12での最高到達温度は1300、処理時間は35sec、窒素濃度は5.23($\times 10^{18}$ atoms/cm³)、酸素濃度は1.28($\times 10^{14}$ atoms/cm³)、無欠陥層の目標値は104 μ mである。

実施例13での最高到達温度は1300、処理時間は40sec、窒素濃度は5.23($\times 10^{18}$ atoms/cm³)、酸素濃度は1.28($\times 10^{14}$ atoms/cm³)、無欠陥層の目標値は104 μ mである。

【0043】

一方、比較例5での最高到達温度は1300、処理時間は7sec、窒素濃度は2.8($\times 10^{18}$ atoms/cm³)、酸素濃度は1.0($\times 10^{14}$ atoms/cm³)、無欠陥層の目標値は168 μ mである。

比較例6での最高到達温度は1300、処理時間は15sec、窒素濃度は2.7($\times 10^{18}$ atoms/cm³)、酸素濃度は1.27($\times 10^{14}$ atoms/cm³)、無欠陥層の目標値は120 μ mである。

【0044】

実験3の結果を表3に示す。表3には、熱処理後における無欠陥層の目標値に対する無欠陥層の実測値を示す。

実施例11では、無欠陥層の目標値104 μ mに対し測定値は108 μ mとなり、近似した結果を得ることができた。また、無欠陥層においてポイド、析出核の消滅を確認することができた。

実施例12では、無欠陥層の目標値104 μ mに対し測定値は112 μ mとなり、近似した結果を得ることができた。また、無欠陥層においてポイド、析出核の消滅を確認することができた。

実施例13では、無欠陥層の目標値104 μ mに対し測定値は116 μ mとなり、近似した結果を得ることができた。また、無欠陥層においてポイド、析出核の消滅を確認することができた。

【0045】

一方、比較例5では、無欠陥層の目標値168 μ mに対し測定値は64 μ mとなり、大きく差異が生じた。また、無欠陥層においてポイド、析出核は消滅しなかった。

比較例6では、無欠陥層の目標値120 μ mに対し測定値は19 μ mとなり、大きく差

10

20

30

40

50

異が生じた。また、無欠陥層においてボイド、析出核は消滅しなかった。

【 0 0 4 6 】

表 3 に示す結果より、本発明における急速昇降温熱処理の処理時間は、30 sec 以上が望ましいことを確認することができた。

【符号の説明】

【 0 0 4 7 】

1 0	R T P 装置	
2 0	チャンバ (反応管)	
2 0 a	雰囲気ガス導入口	
2 0 b	雰囲気ガス排出口	10
2 5	反応空間	
3 0	ランプ	
4 0	ウェーハ支持部	
4 0 b	ステージ	
5 0	放射温度計	
W	ウェーハ	

20

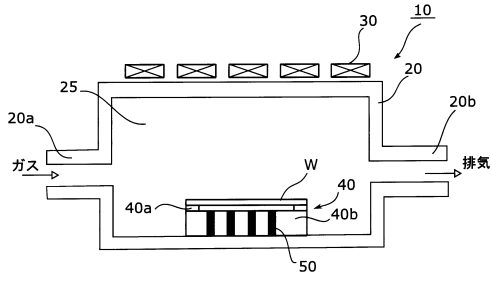
30

40

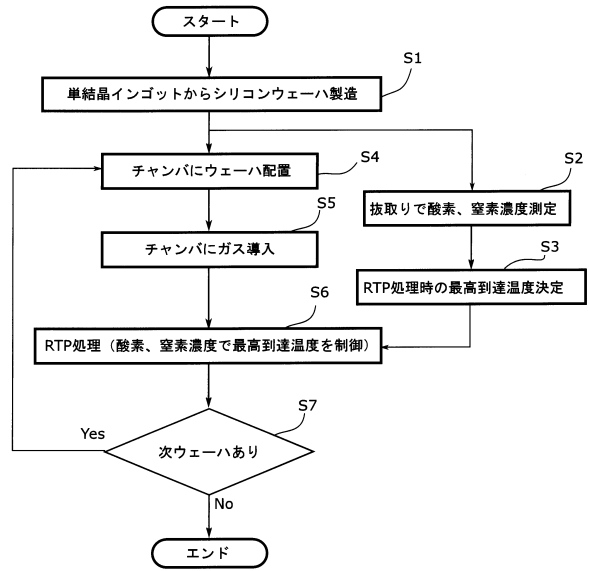
50

【図面】

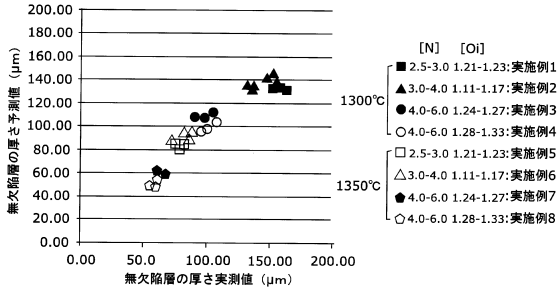
【図1】



【図2】



【図3】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- 番地の5 グローバルウェーハズ・ジャパン株式会社内
- (72)発明者 前田 進
新潟県北蒲原郡聖籠町東港六丁目8 6 1番地の5 グローバルウェーハズ・ジャパン株式会社内
- (72)発明者 松村 尚
新潟県北蒲原郡聖籠町東港六丁目8 6 1番地の5 グローバルウェーハズ・ジャパン株式会社内
- (72)発明者 小野塚 健
新潟県北蒲原郡聖籠町東港六丁目8 6 1番地の5 グローバルウェーハズ・ジャパン株式会社内
- 審査官 鈴木 智之
- (56)参考文献 特開2004 - 111732 (JP, A)
特開2012 - 015298 (JP, A)
特開2013 - 163598 (JP, A)
特開2004 - 153083 (JP, A)
特開2005 - 311200 (JP, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
H01L 21 / 26
C30B 29 / 06
C30B 33 / 02