

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5045710号
(P5045710)

(45) 発行日 平成24年10月10日(2012.10.10)

(24) 登録日 平成24年7月27日(2012.7.27)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 L 21/322 (2006.01)	HO 1 L 21/322 Y
HO 1 L 21/324 (2006.01)	HO 1 L 21/324 X
C 3 O B 33/02 (2006.01)	C 3 O B 33/02
C 3 O B 29/06 (2006.01)	C 3 O B 29/06 B
	C 3 O B 29/06 5 O 2 H

請求項の数 10 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2009-148059 (P2009-148059)
 (22) 出願日 平成21年6月22日(2009.6.22)
 (62) 分割の表示 特願2001-291145 (P2001-291145)
 の分割
 原出願日 平成13年9月25日(2001.9.25)
 (65) 公開番号 特開2009-212537 (P2009-212537A)
 (43) 公開日 平成21年9月17日(2009.9.17)
 審査請求日 平成21年6月22日(2009.6.22)
 (31) 優先権主張番号 特願2000-360913 (P2000-360913)
 (32) 優先日 平成12年11月28日(2000.11.28)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)
 (31) 優先権主張番号 特願2001-139216 (P2001-139216)
 (32) 優先日 平成13年5月9日(2001.5.9)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(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 100064908
 弁理士 志賀 正武
 (74) 代理人 100108578
 弁理士 高橋 詔男
 (74) 代理人 100108453
 弁理士 村山 靖彦
 (72) 発明者 中田 嘉信
 東京都港区芝浦一丁目2番1号 株式会社
 S U M C O 内
 (72) 発明者 白木 弘幸
 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】 シリコンウェーハの製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

シリコンウェーハを、熱処理を施す反応室内に配置し、 N_2 が分解可能な温度よりも低い分解温度の窒化ガスを含む雰囲気ガスを該反応室内に供給しながら、シリコンウェーハを熱処理し、表面窒化作用により又はその表面に窒化膜を形成して、その内部に新たに空孔を形成する空孔注入熱処理工程を有し、

該空孔注入熱処理工程は、前記窒化ガスを含む雰囲気ガスとして、 $A r$ と $N H_3$ との混合ガスを用い、前記窒化ガスにおける前記 $N H_3$ の濃度を 0.5% 以上又は前記 $N H_3$ の流量を 10 s c c m 以上とし、前記熱処理温度を 1100 から 1150 までの温度、前記熱処理時間を 60 s e c 以下、冷却速度を 33.3 / 秒 ~ 50 / 秒とする処理を行って、ウェーハ保持によるスリップの発生を 0.4 m m 以下とし、前記雰囲気ガスにおける流量を前記 $N H_3 / A r : 2 S L M / 2 S L M$ とすることを特徴とするシリコンウェーハの製造方法。

【請求項2】

請求項1に記載のシリコンウェーハの製造方法において、前記熱処理を、下記手順 (i) ~ (v) で行うことを特徴とするシリコンウェーハの製造方法。

(i) 800 までの昇温を行う前に、 $A r$ のみを雰囲気ガスとして供給し、熱処理炉内の雰囲気ガスを置換して酸素を除去するページ処理を行う。

(i i) 酸素が完全に炉内から除去された状態で、次に、 $A r$ のみを雰囲気ガスとして供給しながら 800 まで昇温する。

(i i i) 次に、 NH_3 を熱処理炉に導入し Ar と NH_3 との混合ガスを雰囲気ガスとして供給しながら、 800 から前記熱処理温度まで急速加熱昇温を行い、該熱処理温度一定で所定時間の熱処理を行う。

(i v) その後 800 まで急冷する。

(v) その後、 800 一定で NH_3 を完全に排出するまで Ar のみを雰囲気ガスとして流量を上げて供給し、排出完了後に再び Ar のみの雰囲気ガス中で降温する。

【請求項 3】

シリコンウェーハを、熱処理を施す反応室内に配置し、 N_2 が分解可能な温度よりも低い分解温度の窒化ガスを含む雰囲気ガスを該反応室内に供給しながら、シリコンウェーハを熱処理し、表面窒化作用により又はその表面に窒化膜を形成して、その内部に新たに空孔を形成する空孔注入熱処理工程を有し、

該空孔注入熱処理工程は、前記窒化ガスを含む雰囲気ガスとして、 Ar と NH_3 との混合ガスを用い、前記窒化ガスにおける前記 NH_3 の濃度を 0.5% 以上又は前記 NH_3 の流量を 10 sccm 以上とし、前記熱処理温度を 1100 から 1150 までの温度、前記熱処理時間を 60 sec 以下、冷却速度を 33.3 / 秒 \sim 50 / 秒とする処理を行って、ウェーハ保持によるスリップの発生を 0.4 mm 以下とし、

前記熱処理を、下記手順 (i) \sim (v) で行うことを特徴とするシリコンウェーハの製造方法。

(i) 800 までの昇温を行う前に、 Ar のみを雰囲気ガスとして供給し、熱処理炉内の雰囲気ガスを置換して酸素を除去するパージ処理を行う。

(i i) 酸素が完全に炉内から除去された状態で、次に、 Ar のみを雰囲気ガスとして供給しながら 800 まで昇温する。

(i i i) 次に、 NH_3 を熱処理炉に導入し Ar と NH_3 との混合ガスを雰囲気ガスとして供給しながら、 800 から前記熱処理温度まで急速加熱昇温を行い、該熱処理温度一定で所定時間の熱処理を行う。

(i v) その後 800 まで急冷する。

(v) その後、 800 一定で NH_3 を完全に排出するまで Ar のみを雰囲気ガスとして流量を上げて供給し、排出完了後に再び Ar のみの雰囲気ガス中で降温する。

【請求項 4】

請求項 1 から 3 のいずれかに記載のシリコンウェーハの製造方法において、前記窒化ガスは、プラズマ化されていることを特徴とするシリコンウェーハの製造方法。

【請求項 5】

請求項 1 から 4 のいずれかに記載のシリコンウェーハの製造方法において、前記空孔注入熱処理工程前に、前記シリコンウェーハ表面の酸化膜を除去又は薄膜化する酸化膜除去工程を有することを特徴とするシリコンウェーハの製造方法。

【請求項 6】

請求項 5 に記載のシリコンウェーハの製造方法において、前記酸化膜除去工程は、前記雰囲気ガスに NH_3 を含む際に少なくとも前記酸化膜を膜厚が 2 nm 未満になるまで除去することを特徴とするシリコンウェーハの製造方法。

【請求項 7】

請求項 5 または 6 に記載のシリコンウェーハの製造方法において、前記酸化膜除去工程は、前記反応室内の雰囲気ガス中に含まれる酸素を除去するパージ処理を行ってから前記窒化ガスを前記反応室内に供給することを特徴とするシリコンウェーハの製造方法。

【請求項 8】

請求項 1 から 7 のいずれかに記載のシリコンウェーハの製造方法において、前記空孔注入熱処理工程後に、該空孔注入熱処理工程よりも低い温度で前記シリコンウェーハを熱処理して表層に無欠陥層を形成すると共に内部の空孔に酸素を析出させる析出処理工程を有することを特徴とするシリコンウェーハの製造方法。

【請求項 9】

請求項 1 から 8 のいずれかに記載のシリコンウェーハの製造方法において、前記冷却速度

10

20

30

40

50

が 33.3 / 秒又は 50 / 秒であることを特徴とするシリコンウェーハの製造方法。

【請求項 10】

請求項 1 から 9 のいずれかに記載のシリコンウェーハの製造方法において、前記シリコンウェーハとして、シリコン単結晶インゴット内での格子間シリコン型点欠陥が支配的に存在する領域を〔I〕とし、空孔型点欠陥が支配的に存在する領域を〔V〕とし、格子間シリコン型点欠陥の凝集体及び空孔型点欠陥の凝集体が存在しないパーフェクト領域を〔P〕とするときに、パーフェクト領域〔P〕からなるインゴットから切り出された点欠陥の凝集体が存在しないシリコンウェーハを用いることを特徴とするシリコンウェーハの製造方法。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は、シリコンウェーハを雰囲気ガス中で熱処理して内部に空孔を形成し、さらに熱処理して表層に D Z (Denuded Zone) 層を形成するシリコンウェーハの製造方法及びこの方法で製造されたシリコンウェーハに関する。

【背景技術】

【0002】

C Z (チヨクラルスキー) 法で引上成長されたシリコン単結晶を加工して作製されたシリコンウェーハは、酸素不純物を多く含んでおり、この酸素不純物は転位や欠陥等を生じさせる酸素析出物(BMD: Bulk Micro Defect)となる。この酸素析出物がデバイスが形成される表面にある場合、リーク電流増大や酸化膜耐圧低下等の原因になって半導体デバイスの特性に大きな影響を及ぼす。

20

【0003】

このため、従来、シリコンウェーハ表面に対し、1250 以上の高温で短時間の急速加熱・急冷の熱処理(RTA: Rapid Thermal Annealing)を所定の雰囲気ガス中で施し、内部に高濃度の熱平衡の原子空孔(Vacancy: 以下、単に空孔と称す)を形成し、急冷により凍結するとともに、この後の熱処理で表面において空孔を外方拡散させることにより D Z 層(無欠陥層)を均一に形成する方法が用いられている(例えば、特許文献 1 に記載の技術)。そして、上記 D Z 層形成後に、上記温度より低温で熱処理を施すことで、内部の欠陥層として酸素析出核を形成・安定化してゲッタリング効果を有する BMD 層を形成する工程が採用されている。

30

【0004】

また、他の従来技術(例えば、特許文献 2 に記載の技術)として、先ず酸素雰囲気下で熱処理を行い、続けて非酸化性雰囲気下で熱処理を行うことで表面層での D Z と内部での BMD 形成を行っている。なお、従来、空孔形成のための熱処理においては、雰囲気ガスとして N₂ (窒素)が主に用いられている。すなわち、高温で N₂ が分解され、シリコンウェーハ表面に Si_xN_y (窒化膜)が形成されることにより、空孔を注入するものである。

【先行技術文献】

【特許文献】

40

【0005】

【特許文献 1】国際公開第 98 / 38675 号パンフレット

【特許文献 2】国際公開第 98 / 45507 号パンフレット

【特許文献 3】特開平 1 - 1393 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、上記シリコンウェーハの熱処理技術では、以下のような課題が残されている。従来は、例えば空孔形成のための熱処理を施す際に、表面を酸化膜で覆い、N₂ を主とした雰囲気ガス中で熱処理が行われるが、この場合、十分な熱処理効果を得るために

50

1250 以上かつ10sec以上の熱処理が必要であった。このため、シリコンウェーハには、高温の熱処理により、サセプタ又は支持ピン等と接触する部分からスリップが発生してしまい、割れ等の原因になる不都合があった。また、熱処理前のシリコンウェーハ表面は、少なからず酸化されて自然酸化膜が形成されているが、上記熱処理が施されるため表面の自然酸化膜が高温で昇華してしまい、表面が荒れるという不都合があった。

【0007】

本発明は、前述の課題に鑑みてなされたもので、熱処理の低温化又は短時間化を図りスリップの発生を抑制することができると共に、良好な表面ラフネスが得られるシリコンウェーハの製造方法及びシリコンウェーハを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明は、前記課題を解決するために以下の構成を採用した。

すなわち、本発明のシリコンウェーハの製造方法は、該空孔注入熱処理工程は、前記窒化ガスを含む雰囲気ガスとして、ArとNH₃との混合ガスを用い、前記窒化ガスにおける前記NH₃の濃度を0.5%以上又は前記NH₃の流量を10sccm以上とし、前記熱処理温度を1100 から1150 までの温度、前記熱処理時間を60sec以下、冷却速度を33.3 /秒~50 /秒とする処理を行って、ウェーハ保持によるスリップの発生を0.4mm以下とし、前記雰囲気ガスにおける流量を前記NH₃/Ar:2SLM/2SLMとすることを特徴とする。

本発明は、シリコンウェーハを、熱処理を施す反応室内に配置し、N₂が分解可能な温度よりも低い分解温度の窒化ガスを含む雰囲気ガスを該反応室内に供給しながら、シリコンウェーハを熱処理し、表面窒化作用により又はその表面に窒化膜を形成して、その内部に新たに空孔を形成する空孔注入熱処理工程を有し、

該空孔注入熱処理工程は、前記窒化ガスを含む雰囲気ガスとして、ArとNH₃との混合ガスを用い、前記窒化ガスにおける前記NH₃の濃度を0.5%以上又は前記NH₃の流量を10sccm以上とし、前記熱処理温度を1100 から1150 までの温度、前記熱処理時間を60sec以下、冷却速度を33.3 /秒~50 /秒とする処理を行って、ウェーハ保持によるスリップの発生を0.4mm以下とし、

前記熱処理を、下記手順(i)~(v)で行うことを特徴とする。

(i)800 までの昇温を行う前に、Arのみを雰囲気ガスとして供給し、熱処理炉内の雰囲気ガスを置換して酸素を除去するパージ処理を行う。

(ii)酸素が完全に炉内から除去された状態で、次に、Arのみを雰囲気ガスとして供給しながら800 まで昇温する。

(iii)次に、NH₃を熱処理炉に導入しArとNH₃との混合ガスを雰囲気ガスとして供給しながら、800 から前記熱処理温度まで急速加熱昇温を行い、該熱処理温度一定で所定時間の熱処理を行う。

(iv)その後800 まで急冷する。

(v)その後、800 一定でNH₃を完全に排出するまでArのみを雰囲気ガスとして流量を上げて供給し、排出完了後に再びArのみの雰囲気ガス中で降温する。

本発明は上記のシリコンウェーハの製造方法において、前記窒化ガスは、プラズマ化されていることができる。

本発明は、上記のいずれかに記載のシリコンウェーハの製造方法において、前記空孔注入熱処理工程前に、前記シリコンウェーハ表面の酸化膜を除去又は薄膜化する酸化膜除去工程を有することができる。

本発明は、上記のいずれかに記載のシリコンウェーハの製造方法において、前記酸化膜除去工程は、前記雰囲気ガスにNH₃を含む際に少なくとも前記酸化膜を膜厚が2nm未満になるまで除去することができる。

本発明は、上記のいずれかに記載のシリコンウェーハの製造方法において、前記酸化膜除去工程は、前記反応室内の雰囲気ガス中に含まれる酸素を除去するパージ処理を行ってから前記窒化ガスを前記反応室内に供給することができる。

10

20

30

40

50

本発明は、上記のいずれかに記載のシリコンウェーハの製造方法において、前記空孔注入熱処理工程後に、該空孔注入熱処理工程よりも低い温度で前記シリコンウェーハを熱処理して表層に無欠陥層を形成すると共に内部の空孔に酸素を析出させる析出処理工程を有することができる。

本発明は、上記のいずれかに記載のシリコンウェーハの製造方法において、前記窒化ガスを含む雰囲気ガスとして、ArとNH₃との混合ガスを用いることができる。

本発明は、上記のいずれかに記載のシリコンウェーハの製造方法において、前記熱処理を、下記手順(i)~(v)で行うことを特徴とするシリコンウェーハの製造方法。

(i) 800 までの昇温を行う前に、Arのみを雰囲気ガスとして供給し、熱処理炉内の雰囲気ガスを置換して酸素を除去するパージ処理を行う。

(ii) 酸素が完全に炉内から除去された状態で、次に、Arのみを雰囲気ガスとして供給しながら800 まで昇温する。

(iii) 次に、NH₃を熱処理炉に導入しArとNH₃との混合ガスを雰囲気ガスとして供給しながら、800 から前記熱処理温度まで急速加熱昇温を行い、該熱処理温度一定で所定時間の熱処理を行う。

(iv) その後800 まで急冷する。

(v) その後、800 一定でNH₃を完全に排出するまでArのみを雰囲気ガスとして流量を上げて供給し、排出完了後に再びArのみの雰囲気ガス中で降温する。

本発明は、上記のいずれかに記載のシリコンウェーハの製造方法において、前記冷却速度が33.3 /秒又は50 /秒であることができる。

本発明は、上記のいずれかに記載のシリコンウェーハの製造方法において、前記雰囲気ガスにおける流量を前記NH₃/Ar:2SLM/2SLMとすることができる。

本発明は、上記のいずれかに記載のシリコンウェーハの製造方法において、前記シリコンウェーハとして、シリコン単結晶インゴット内での格子間シリコン型点欠陥が支配的に存在する領域を〔I〕とし、空孔型点欠陥が支配的に存在する領域を〔V〕とし、格子間シリコン型点欠陥の凝集体及び空孔型点欠陥の凝集体が存在しないパーフェクト領域を〔P〕とするときに、パーフェクト領域〔P〕からなるインゴットから切り出された点欠陥の凝集体が存在しないシリコンウェーハを用いることができる。

本発明のシリコンウェーハは、上記のいずれかに記載のシリコンウェーハの製造方法により作製されたことを特徴とする。

【0009】

本発明は、前記課題を解決するために以下の構成を採用することができる。すなわち、本発明のシリコンウェーハの製造方法は、雰囲気ガス中でシリコンウェーハを熱処理して内部に新たに空孔を形成する熱処理工程を有し、該熱処理工程の前記雰囲気ガスは、N₂が分解可能な温度よりも低い分解温度の窒化ガスを含むことを特徴とする。

【0010】

このシリコンウェーハの製造方法では、熱処理工程の雰囲気ガスが、N₂が分解可能な温度よりも低い分解温度の窒化ガス、例えばNH₃、NO、N₂O、N₂O₂、ヒドラジン又はジメチルヒドラジン等を含むので、N₂の場合よりも低い熱処理温度又は短い熱処理時間でも窒化ガスが分解されてシリコンウェーハ表面を窒化（窒化膜を形成）し、内部に空孔を注入することができ、熱処理時のスリップ発生を抑制することができる。

【0011】

また、本発明のシリコンウェーハの製造方法は、前記窒化ガスが、NH₃（アンモニア）を含むことが好ましい。すなわち、このシリコンウェーハの製造方法では、NH₃を含んだ窒化ガスを用いることにより、NH₃が分解して生じたH（水素）がシリコンウェーハ表面の自然酸化膜等を除去するクリーニング効果を有しているため、さらに表面の窒化及び空孔の注入が促進される。また、NH₃には酸化膜を窒化させる効果があり、空孔の注入が促進される。なお、上記NH₃によるクリーニング効果は、水素の還元性によるも

10

20

30

40

50

のであり、自然酸化膜の高温時における単なる蒸発（昇華）とは異なるものである。

【0012】

また、本発明のシリコンウェーハの製造方法は、前記窒化ガスにおける前記 NH_3 の濃度を0.5%以上又は NH_3 の流量を10sccm以上にする技術が採用される。すなわち、このシリコンウェーハの製造方法では、窒化ガスにおける NH_3 の濃度を0.5%以上又は NH_3 の流量を10sccm以上にするので、このガス条件では窒化反応が反応律速であり、この条件の窒化ガスを含んでいればウェーハ表面に形成される窒化膜厚は同じであり、ウェーハ面内で均一な空孔注入が可能になる。

【0013】

また、本発明のシリコンウェーハの製造方法は、前記窒化ガスがプラズマ化されていることが好ましい。すなわち、このシリコンウェーハの製造方法では、窒化ガスがプラズマ化されていることにより、活性化された窒化ガスとなって、さらに表面の窒化及び空孔の注入が促進される。

【0014】

また、本発明のシリコンウェーハの製造方法は、前記熱処理の温度が、900 から1200 までの温度であり、前記熱処理の時間が、60sec（秒）以下の時間であることが好ましい。すなわち、このシリコンウェーハの製造方法では、上記範囲の熱処理温度及び熱処理時間であることにより、スリップの発生を抑制すると共に十分に空孔を注入でき、適量のBMD層を得ることができる。また、後述するように、1200 以下の温度で熱処理するため、結晶中に形成される格子間Siが少なく、表面の窒化膜により注入される空孔が格子間Siと対消滅せず、注入効率を高めることができる。

【0015】

また、本発明のシリコンウェーハの製造方法は、前記熱処理工程前に、前記シリコンウェーハ表面の酸化膜を除去又は薄膜化する酸化膜除去工程を有することが好ましい。すなわち、このシリコンウェーハの製造方法は、熱処理工程前に、シリコンウェーハ表面の酸化膜を除去又は薄膜化する酸化膜除去工程を有するので、ウェーハ表面の自然酸化膜等の酸化膜が完全に除去又はほとんど除去された状態でRTA処理されることになり、窒化ガスによるウェーハ表面の窒化及び空孔注入が酸化膜により妨げられることを防ぐことができ、効果的な空孔注入が可能になる。

【0016】

さらに、本発明のシリコンウェーハの製造方法は、前記酸化膜除去工程において、前記雰囲気ガスに NH_3 を含む際に少なくとも前記酸化膜を膜厚が2nm未満になるまで除去することが好ましい。本発明者らは、後述するように、酸化膜が2nm以上表面に形成されていると、上記熱処理条件（熱処理の温度が、900 から1200 までの温度であり、熱処理の時間が、60sec（秒）以下の時間）内で十分に酸化膜を完全に除去したり酸窒化膜化できず、上記窒化ガスによる空孔注入効果を十分に得ることができないことを見出した。すなわち、このシリコンウェーハの製造方法では、酸化膜除去工程において、雰囲気ガスに NH_3 を含む際に少なくとも酸化膜を膜厚が2nm未満になるまで除去するので、後述するように、残った酸化膜を十分酸窒化膜化することができ、十分に空孔を注入する効果を得ることができる。

【0017】

また、本発明のシリコンウェーハの製造方法は、前記熱処理工程において、前記シリコンウェーハを前記熱処理を施す反応室内に配置し、該反応室内の雰囲気ガス中に含まれる酸素を除去するパージ処理を行ってから前記窒化ガスを含む雰囲気ガスを反応室内に供給することが好ましい。すなわち、このシリコンウェーハの製造方法では、反応室内の雰囲気ガス中に含まれる酸素を除去するパージ処理を行ってから窒化ガスを含む雰囲気ガスを反応室内に供給するので、熱処理中の雰囲気ガスに酸素が含まれず、表面酸化によって空孔注入効果が抑制されることを防ぐことができる。

【0018】

本発明のシリコンウェーハの製造方法は、前記熱処理工程後に、該熱処理工程よりも低

10

20

30

40

50

い温度で前記シリコンウェーハを熱処理して表層に無欠陥層を形成すると共に内部の空孔に酸素を析出させる析出処理工程を有することを特徴とする。すなわち、このシリコンウェーハの製造方法では、熱処理工程後に、該熱処理工程よりも低い温度でシリコンウェーハを熱処理して表層に無欠陥層を形成すると共に内部の空孔に酸素を析出させる析出処理工程を有するので、デバイス形成に好適なDZ層を表層に有する共に近接ゲッタリング効果を有する高BMD密度領域を内部に有する高機能シリコンウェーハを作製することができる。

【0019】

本発明のシリコンウェーハは、熱処理により内部に新たに空孔が形成されたシリコンウェーハであって、上記本発明のシリコンウェーハの製造方法により作製されたことを特徴とする。すなわち、このシリコンウェーハでは、上記本発明のシリコンウェーハの製造方法により作製されているので、スリップの発生が抑制されていると共に、その後の熱処理により表層に十分なDZ層と内部に適度に高いBMD密度とを有した高品質なウェーハが得られる。

10

【0020】

本発明のシリコンウェーハは、熱処理により内部に新たに空孔が形成されたシリコンウェーハであって、前記熱処理時に表面を窒化させたシリコン酸化窒化膜を表面に有することを特徴とする。すなわち、このシリコンウェーハでは、熱処理時に表面を窒化させたシリコン酸化窒化膜、すなわち熱処理時に表面の自然酸化膜等のシリコン酸化膜や酸素を蒸発させずに窒化させて形成したシリコン酸化窒化膜を有するので、表面の窒化によって内部に十分に空孔が注入されていると共に表面荒れが抑制された良好な表面ラフネスを有している。したがって、このシリコンウェーハに対して酸素析出のための熱処理をさらに施せば、内部に高いBMD密度のBMD層を有すると共に表面ラフネスが良好なDZ層を表層に有するウェーハを得ることができる。

20

【0021】

また、本発明のシリコンウェーハは、少なくとも表層に無欠陥層が形成されていると共に内部の前記空孔に酸素が析出されている技術が採用される。すなわち、このシリコンウェーハでは、少なくとも表層に無欠陥層が形成されていると共に内部の空孔に酸素が析出されているので、デバイス形成領域として好適なDZ層を有すると共に、内部に十分なBMD密度のBMD領域を有し、近接ゲッタリング効果を得ることができる。

30

【発明の効果】

【0022】

本発明によれば、以下の効果を奏する。

本発明のシリコンウェーハの製造方法及びシリコンウェーハによれば、熱処理工程の雰囲気ガスが、 N_2 が分解可能な温度よりも低い分解温度の窒化ガスを含むので、 N_2 の場合よりも低い熱処理温度又は短い熱処理時間でも窒化ガスが分解されてシリコンウェーハ表面を窒化し、内部に空孔を注入することができ、熱処理時のスリップ発生を抑制することができると共に、その後の熱処理で十分なDZ層と内部に適度に高いBMD密度とを有した高品質なウェーハを得ることができる。特に、200mmよりも大きい径の300mmのウェーハにおいて、さらに有効である。

40

【0023】

また、本発明のシリコンウェーハによれば、熱処理時に表面を窒化させたシリコン酸化窒化膜を有するので、内部に十分に空孔が注入されていると共に表面荒れが抑制された良好な表面ラフネスを有している。したがって、このシリコンウェーハに対して酸素析出のための熱処理をさらに施せば、内部に高いBMD密度のBMD層を有すると共に表面ラフネスが良好なDZ層を表層に有するウェーハを得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図1】本発明に係るシリコンウェーハの製造方法及びシリコンウェーハの一実施形態における熱処理炉を示す概略的な全体断面図である。

50

【図2】本発明に係るシリコンウェーハの製造方法及びシリコンウェーハの一実施形態における熱処理温度及びガス流量（s l m）のタイムチャートを示すグラフである。

【図3】本発明に係るシリコンウェーハの製造方法及びシリコンウェーハの一実施形態におけるRTA処理後及びその後の酸素析出のための熱処理後のウェーハを示す拡大断面図である。

【図4】本発明に係るシリコンウェーハの製造方法及びシリコンウェーハの一実施形態において、表面にシリコン酸化窒化膜が形成される場合のRTA処理前後及びその後の酸素析出のための熱処理後のウェーハを示す拡大断面図である。

【図5】ボロンコフ理論に基づいた、V/G比が臨界点以上では空孔豊富インゴットが形成され、V/G比が臨界点以下では格子間シリコン豊富インゴットが形成され、パーフェクト領域が第1臨界比（ $(V/G)_1$ ）以上第2臨界比（ $(V/G)_2$ ）以下であることを示す図である。

10

【図6】本発明に係るシリコンウェーハの製造方法及びシリコンウェーハの実施例における熱処理温度とBMD密度との関係を示すグラフである。

【図7】本発明に係るシリコンウェーハの製造方法及びシリコンウェーハの実施例における熱処理温度とDZ幅との関係を示すグラフである。

【図8】本発明に係るシリコンウェーハの製造方法及びシリコンウェーハの実施例における熱処理温度が1100と1150の場合の熱処理温度とBMD密度との関係を示すグラフである。

【図9】本発明に係るシリコンウェーハの製造方法及びシリコンウェーハの従来例及び熱処理温度を変えた場合の実施例におけるスリップ長を示すグラフである。

20

【図10】本発明に係るシリコンウェーハの製造方法及びシリコンウェーハの従来例及びシリコン酸化窒化膜が形成された場合の実施例において、表面から深さ方向の元素分布測定による分析結果を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0025】

以下、本発明に係るシリコンウェーハの製造方法及びシリコンウェーハの一実施形態を、図1から図5に基づいて説明する。

【0026】

図1にあって、符号1はサセプタ、2は反応室を示している。図1は、本発明のシリコンウェーハの製造方法を実施するための枚葉式の熱処理炉を示すものである。該熱処理炉は、図1に示すように、シリコンウェーハWを載置可能な円環状のサセプタ1と、該サセプタ1を内部に収納した反応室2とを備えている。なお、反応室2の外部には、シリコンウェーハWを加熱するランプ（図示略）が配置されている。

30

【0027】

サセプタ1は、シリコンカーバイト等で形成されており、内側に段部1aが設けられ、該段部1a上にシリコンウェーハWの周縁部を載置するようになっている。反応室2には、シリコンウェーハWの表面に雰囲気ガスGを供給する供給口2a及び供給された雰囲気ガスGを排出する排出口2bが設けられている。また、供給口2aは、雰囲気ガスGの供給源（図示略）に接続されている。

40

【0028】

雰囲気ガスGは、N₂が分解可能な温度よりも低い分解温度の窒化ガス、例えばNH₃、NO、N₂O、N₂O₂、ヒドラジン、ジメチルヒドラジン等やこれらの混合ガス又はこれらの窒化ガスとAr（アルゴン）、N₂（窒素）、O₂（酸素）、H₂（水素）等との混合ガスである。なお、本実施形態では、NH₃を主とした雰囲気ガスGを用いている。

【0029】

この熱処理炉を用いて雰囲気ガス中でシリコンウェーハWをRTA処理（熱処理）し、内部に新たに空孔を形成する方法、さらにこのウェーハWの表層にDZ層を形成すると共に内部にBMD層を形成する熱処理を施す方法について、以下に説明する。まず、空孔を

50

注入するためのR T A処理を行う前に、シリコンウェーハWの表面に形成されている自然酸化膜や他の処理などによる酸化膜を予め除去又は薄膜化しておくことが好ましい。すなわち、熱処理前のシリコンウェーハWをフッ酸などで洗浄し、表面の酸化膜を予め除去しておく。この場合、少なくとも酸化膜を膜厚が2 nm未満になるまで除去する。なお、自然酸化膜が2 nm未満の膜厚であるときは、後述するように、特に酸化膜除去処理を行わなくても構わない。

【0030】

この熱処理炉によりシリコンウェーハWに熱処理、特にR T A処理（急加熱及び急冷却の熱処理）を施すには、サセプタ1にシリコンウェーハWを載置した後、供給口2aから上記雰囲気ガスGをシリコンウェーハWの表面に供給した状態で、900 から1200 までの範囲の熱処理温度かつ60 sec以下の熱処理時間で、短時間の急速加熱・急冷（例えば、50 /秒の昇温又は降温）の熱処理を行う。なお、この熱処理は、上記熱処理温度での熱処理時間が短時間（1 sec未満）であるスパイクアニールを含むものである。

10

【0031】

この熱処理温度及び熱処理時間の範囲であれば、確実にスリップの発生を抑制すると共に、後述するその後の2段階熱処理により十分なD Z層及びB M D密度を得ることができる。なお、本実施形態では、よりスリップの発生抑制に好適な条件、900 から1180 までの熱処理温度かつ30 sec以下の熱処理時間でR T A処理を行う。

【0032】

なお、上記熱処理では、例えば、図2の(a)(b)に示すように、まず、800 までの昇温を行う前に、Arのみを雰囲気ガスとして高い流量で供給し、熱処理炉内の雰囲気ガスを置換して酸素を除去するパージ処理を行う。酸素が完全に炉内から除去された状態で、次に、Arのみを雰囲気ガスとして所定流量で供給しながら800 まで昇温する。

20

【0033】

次に、NH₃を所定流量で熱処理炉に導入しArとNH₃との混合ガスを雰囲気ガスとして供給しながら、800 から所定の熱処理温度（例えば、1180 ）まで急速加熱昇温を行い、該熱処理温度一定で所定時間の熱処理し、さらにその後800 まで急冷する。その後、800 一定でNH₃を完全に排出するまでArのみを雰囲気ガスとして流量を上げて供給し、排出完了後に再びArのみの雰囲気ガス中で降温する。このように、昇温時の途中から急冷降温時の途中まで上記低分解温度の窒化ガスを雰囲気ガスとして供給している。なお、NH₃の導入時の熱処理温度を熱処理後のパージ時と同じ温度（800 ）としているのは、装置の負担を軽減するためである。

30

【0034】

なお、上記熱処理後、ウェーハWを熱処理炉から取り出すことにより急冷する。この際、上記パージ時の熱処理（800 ）及び取り出し時の急冷効果により、内部の酸素ドナーを消去することができる。上記熱処理により、シリコンウェーハWの表面には、従来に比べて低い熱処理温度でも窒化ガスが十分に分解して表面を窒化、すなわち窒化膜を形成して、図3の(a)に示すように、内部に空孔（Vacancy）Vを十分に注入することができる。

40

【0035】

さらに、上記熱処理（R T A処理）後に該熱処理より低い温度で、空孔Vへの酸素析出を行うために熱処理（例えば、800 4時間の熱処理、N₂/O₂雰囲気）を熱処理炉等で施すことにより、図3の(b)に示すように、表層では、空孔の外方拡散と酸化膜形成に伴う格子間Siの注入による空孔と格子間Siによる対消滅によって表層にD Z層D Zを形成すると共に、酸素析出核の安定を図り、さらに長時間の熱処理（例えば、1000 16時間行う熱処理）を施すことにより、析出物の成長を行い、内部に高B M D密度のB M D層B M Dを形成する。なお、この上記D Z層形成又は酸素析出のための熱処理を特に行わず、その後のデバイス作製工程に伴って行われる熱処理で行っても構わない。

50

【0036】

このように本実施形態では、雰囲気ガスGが、 N_2 が分解可能な温度よりも低い分解温度の NH_3 等の窒化ガスであるので、RTA処理における熱処理温度の低温化を図ることができ、熱処理時のスリップ発生を抑制することができる。また、 NH_3 を主とした雰囲気ガスGを用いることにより、 NH_3 が分解して発生したHがシリコンウェーハW表面の自然酸化膜等を除去するクリーニング効果を有しているため、さらに表面の窒化及び空孔Vの注入が促進される。また、 NH_3 には酸化膜を窒化させる効果があり、空孔Vの注入が促進される。

【0037】

さらに、本実施形態では、900 から1200 までの温度範囲内で熱処理し、この熱処理時間が、60 sec以下の時間であるので、スリップの発生を抑制すると共に十分に空孔Vを注入でき、適量のBMD層を得ることができる。また、従来のように1200

を越えた高温熱処理では、結晶中にフレンケルペアと呼ばれる空孔(Vacancy)と格子間Siとが同時に発生し、RTA処理で注入される空孔が格子間Siと対消滅してしまい、実際に析出に貢献する空孔の密度が低下してしまう。これに対して、本実施形態では、フレンケルペアの発生が少ない低温、すなわち1200 以下で熱処理するため、結晶中に形成される格子間Siが少なく、表面の窒化膜により注入される空孔Vが格子間Siと対消滅せず、注入効率を高めることができると共に従来より深く内部に注入することができる。

【0038】

また、RTA処理前に、シリコンウェーハW表面の酸化膜を除去又は薄膜化するので、ウェーハW表面の自然酸化膜等の酸化膜が完全に除去又はほとんど除去された状態でRTA処理されることになり、窒化ガスによるウェーハW表面の窒化及び空孔注入が酸化膜により妨げられることを防ぐことができ、効果的な空孔注入が可能になる。なお、少なくとも酸化膜を膜厚が2 nm未満になるまで除去するので、残った酸化膜を NH_3 のクリーニング効果又は窒化効果で除去又は酸窒化膜化することができ、十分に空孔Vを注入する効果を得ることができる。

【0039】

さらに、RTA熱処理後に、該熱処理よりも低い温度でシリコンウェーハWを熱処理して表層にDZ層DZを形成すると共に内部の空孔Vに酸素を析出させBMD層BMDを形成するので、デバイス形成に好適なDZ層DZを表層に有する共に近接ゲッタリング効果を有する高BMD密度のBMD層BMDを内部に有する高機能シリコンウェーハを作製することができる。

【0040】

なお、本発明の技術範囲は上記実施の形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲において種々の変更を加えることが可能である。

【0041】

例えば、上記実施形態では、熱処理温度を従来よりも下げたが、従来用いられていた雰囲気ガスの N_2 と同様の高い熱処理温度であっても、 N_2 よりも短い熱処理時間に行うことができ、この場合でも熱処理温度を下げた場合と同様に、スリップを大幅に低減することができる。また、プラズマ化した上記窒化ガスを雰囲気ガスとしてもよい。この場合、上記窒化ガスがプラズマ化して活性化されているため、さらに表面の窒化及び空孔の注入が促進される。

【0042】

また、雰囲気ガスが三種類以上の混合ガスである場合は、そのうちの一種類以上が NH_3 等の窒化ガスであればよい。また、雰囲気ガスが二種類以上の混合ガスである場合は、含まれる窒化ガスは0.5%以上又は10 sccm以上で絶対量の少ない方の量とされることが好ましい。すなわち、この範囲での窒化反応は反応律速であり、この最低限以上の窒化性のガスを含んでいれば、ウェーハ表面に形成される窒化膜厚は同じであり、その結果、導入される原子空孔濃度は同じで、析出量は同じである。なお、これ以下の0.05

10

20

30

40

50

%以上0.5%未満、又は1sccmを越えて10sccm以下の範囲では、窒化膜厚は同一温度及び時間であれば、窒素の分圧により、窒化量が変化する。したがって、この領域は、拡散律速であり、窒素量により析出量をコントロールすることができる。

【0043】

また、上記雰囲気ガスの圧力は、減圧、常圧又は加圧のいずれの状態でもよい。また、上記実施形態によりウェーハ表面に形成される窒化膜、酸窒化膜（シリコン酸化窒化膜）は、 Si_3N_4 を代表とする Si_xN_y である。また、酸化膜を窒化した場合には、 Si_2N_2O を代表とする $Si_2N_xO_{4-1.5x}$ が形成される。すなわち、シリコン酸化窒化膜が形成される。このシリコン酸化窒化膜は、自然酸化膜、ケミカル酸化膜又は熱酸化膜を窒化させたものである。

10

【0044】

また、これらの窒化膜は、さらに膜中に水素が含まれていても構わない。なお、上記実施形態では、熱処理前のシリコンウェーハ表面に自然酸化膜が形成されている場合があるが、自然酸化膜程度の酸化膜であれば上述したように NH_3 等のクリーニング効果や酸化膜の窒化により十分な空孔注入効果を得ることができる。

【0045】

しかしながら、 NH_3 等の上記窒化ガスによる熱処理前に酸素を含む雰囲気ガス等で熱処理をして自然酸化膜よりも厚い酸化膜がシリコンウェーハ表面に形成されていると、 NH_3 等の表面窒化作用による空孔注入効果を十分に得ることができない。これは、表面の酸化膜が厚いため、 NH_3 等の雰囲気ガスで熱処理しても良好な空孔注入効果が可能な窒化膜（酸窒化膜を含む）が Si 表面に形成できないためである。

20

【0046】

したがって、本実施形態における NH_3 等の上記窒化ガスによる熱処理前に、自然酸化膜より厚い酸化膜をシリコンウェーハに積極的に形成したり、当該熱処理前に酸素を含む雰囲気ガス中で熱処理するような処理工程を行うことは好ましくない。また、本実施形態において、 NH_3 等の上記窒化ガスを反応室に供給する前に、雰囲気ガス中に含まれる酸素を除去するパージ処理工程を行うことが好ましい。

【0047】

なお、上記RTA処理により上記シリコン酸化窒化膜が形成される場合について、図4を参照して以下に説明する。熱処理前のシリコンウェーハWには、図4の(a)に示すように、表面に自然酸化膜（シリコン酸化膜）SOが形成されており、特に酸化膜除去処理を施していない。この状態で、上述したRTA処理を行い、表面の自然酸化膜SO及びシリコンが NH_3 により窒化されると、図4の(b)に示すように、内部に空孔Vが注入されると共に表面にシリコン酸化窒化膜SNOが形成される。

30

【0048】

このシリコンウェーハでは、熱処理時に表面を窒化させた酸窒化膜、すなわち熱処理時に表面の自然酸化膜SOを窒化させて形成したシリコン酸化窒化膜SNOを有するので、表面の窒化によって内部に十分に空孔Vが注入されていると共に表面荒れが抑制された良好な表面ラフネスを有している。したがって、このシリコンウェーハに対して酸素析出のための熱処理をさらに施せば、図4の(c)に示すように、内部に高いBMD密度のBMD層BMDを有すると共に表面ラフネスが良好なDZ層DZを表層に有するウェーハを得ることができる。

40

【0049】

また、上記実施形態では、通常のCZ法により引上成長されたインゴットからスライスされたシリコンウェーハを用いたが、他のCZ法により引上成長されたインゴットからのシリコンウェーハを採用しても構わない。例えば、上記シリコンウェーハとして、シリコン単結晶インゴット内での格子間シリコン型点欠陥が支配的に存在する領域を〔I〕とし、空孔型点欠陥が支配的に存在する領域を〔V〕とし、格子間シリコン型点欠陥の凝集体及び空孔型点欠陥の凝集体が存在しないパーフェクト領域を〔P〕とするときに、パーフェクト領域〔P〕からなるインゴットから切り出された点欠陥の凝集体が存在しないシリ

50

コンウェーハを用いてもよい。なお、空孔型点欠陥は、一つのシリコン原子がシリコン結晶格子で正常な一つから離脱した空孔による欠陥であり、また、格子間シリコン点欠陥は、原子がシリコン結晶の格子点以外の位置（インターstitialサイト）にある場合の欠陥をいう。

【0050】

すなわち、このパーフェクト領域〔P〕からなるシリコンウェーハは、例えば特許文献3に提案されているように、CZ法によりホットゾーン内のシリコン融液からインゴットをポロンコフ(Voronkov)理論に基づいた引上速度プロファイルで引き上げられ、このインゴットをスライスして作製される。このインゴットは、引上速度を V (mm/分)とし、ルツボ中のシリコン融液とインゴットとの界面近傍におけるインゴット鉛直方向の温度勾配を G (/mm) とするとき、熱酸化処理をした際にリング状に発生するOSF (Oxidation Induced Stacking Fault; 酸素誘起積層欠陥) がウェーハ中心部で消滅するように、 V/G (mm²/分・) の値を決めて作られる。

10

【0051】

上記ポロンコフ理論では、図5に示すように、 V/G を横軸にとり、空孔型点欠陥濃度と格子間シリコン型欠陥濃度を同一の縦軸にとって、 V/G と点欠陥濃度との関係を図式的に表現し、空孔領域と格子間シリコン領域の境界が V/G によって決定されることを説明している。より詳しくは、 V/G 比が臨界点以上では空孔型点欠陥濃度が優勢なインゴットが形成される反面、 V/G 比が臨界点以上では格子間シリコン型点欠陥濃度が優勢なインゴットが形成される。図5において、〔I〕は格子間シリコン型点欠陥が支配的であって、格子間シリコン点欠陥が存在する領域 ($(V/G)_1$ 以下) を示し、〔V〕はインゴット内での空孔型点欠陥が支配的であって、空孔型点欠陥の凝集体が存在する領域 ($(V/G)_2$ 以下) を示し、〔P〕は空孔型点欠陥の凝集体及び格子間シリコン型点欠陥の凝集体が存在しないパーフェクト領域 ($(V/G)_1 \sim (V/G)_2$) を示す。領域〔P〕に隣接する領域〔V〕にはOSF核を形成する領域〔OSF〕 ($(V/G)_2 \sim (V/G)_3$) が存在する。

20

【0052】

したがって、シリコンウェーハに供されるインゴットの引上速度プロファイルは、インゴットがホットゾーン内のシリコン融液から引き上げられるとき、温度勾配に対する引上速度の比 (V/G) が格子間シリコン型点欠陥の凝集体の発生を防止する第1臨界比 ($(V/G)_1$) 以上であって、空孔型点欠陥の凝集体をインゴットの中央にある空孔型点欠陥が支配的に存在する領域内に制限する第2臨界比 ($(V/G)_2$) 以下に維持されるように決められる。

30

【0053】

この引上速度のプロファイルは、実験的に基準インゴットを軸方向にスライスすることやシミュレーションによって上記ポロンコフ理論に基づいて決定される。

【0054】

このようにパーフェクト領域〔P〕で作製されたシリコンウェーハは、OSF、COP等を有しない無欠陥のウェーハとなるものであるが、逆にIG効果が低いため、上記実施形態による熱処理を施せば、十分に高密度なBMD層を内部に形成でき、近接ゲッターリング効果を備えることができる。

40

【0055】

なお、COP等の点欠陥の凝集体が検出方法によって検出感度、検出下限値が異なる値を示すことがある。そのため、本明細書において、「点欠陥の凝集体が存在しない」の意味は、鏡面加工されたシリコン単結晶を無攪拌セコエッチングを施した後に光学顕微鏡により、観察面積とエッチング取り代との積を検査体積として観察した際に、フローパターン(空孔型欠陥)及び転位クラスタ(格子間シリコン型点欠陥)の各凝集体が $1 \times 10^{-3} \text{ cm}^3$ の検査体積に対して1個欠陥が検出された場合を検出下限値 (1×10^3 個/ cm^3) とするとき、点欠陥の凝集体の数が上記検出下限値以下であることをいう。

【実施例】

50

【0056】

次に、本発明に係るシリコンウェーハの製造方法及びシリコンウェーハを実施例により具体的に説明する。

【0057】

上記実施形態に基づいて、雰囲気ガスとして $\text{NH}_3 / \text{Ar} : 2 \text{ S L M} / 2 \text{ S L M}$ 、 $\text{NH}_3 / \text{N}_2 : 2 \text{ S L M} / 2 \text{ S L M}$ をそれぞれ実際に流した場合の熱処理温度（アニール温度）とBMD密度との関係を、図6に示す。また、同様に、雰囲気ガスとして $\text{NH}_3 / \text{Ar} : 2 \text{ S L M} / 2 \text{ S L M}$ 、 $\text{NH}_3 / \text{N}_2 : 2 \text{ S L M} / 2 \text{ S L M}$ をそれぞれ実際に流した場合の熱処理温度とDZ幅との関係を、図7に示す。なお、比較として従来と同様に雰囲気ガスとして $\text{N}_2 : 4 \text{ S L M}$ を流した場合も図示しておく。図6及び図7からわかるように、雰囲気ガスとして NH_3 を含んだ本発明の熱処理では、低い熱処理温度でも従来に比べて高いBMD密度が得られていると共に、実用上十分なDZ幅が得られている。

10

【0058】

また、雰囲気ガスとして $\text{NH}_3 / \text{N}_2 : 2 \text{ S L M} / 2 \text{ S L M}$ の条件で熱処理温度を1100と1150とした場合の熱処理時間（アニール時間）とBMD密度との関係を、図8に示す。図8からわかるように、同じ熱処理時間では高温の1150の場合の方が1100の場合よりも、高いBMD密度が得られている。また、その効果の差は、短い熱処理時間ほど顕著となっている。

【0059】

なお、その他種々の条件により実験を行った結果、本発明によれば、従来より低温でも十分なBMD密度が得られると共に、本発明における上記窒化ガスの雰囲気ガス中の流量比を変えてもBMD密度はあまり変化しないことがわかった。さらに、本発明において冷却速度を高めると、より析出が多くなることも判明した。

20

【0060】

また、スリップ長については、低温での熱処理の方が短いと共に、冷却速度が高い方が短くなることがわかった。さらに、アンモニアを含んだ雰囲気ガスとした場合、アンモニアが比較的少ない方が、スリップ長が短くなることがわかった。これは、アンモニアが分解した際に、熱伝導率が比較的高いH（水素）が少なくなるためと考えられる。したがって、比較的低い温度でかつ流量比の少ないアンモニアを含む雰囲気ガスを用いて熱処理を行い、さらに高い冷却速度で冷却すれば、よりスリップが抑制され、十分なBMD密度が得られることができる。図9は、従来方法（ N_2 / Ar 、1220）と本発明（ NH_3 / Ar ）で熱処理温度を下げてスリップの効果を明りょうに示すため、石英のピンでウェーハを保持したときのピン跡からのスリップの長さを示したものである。スリップ長さは、Secoエッチにより13 μm offしたあとの転位ピットの最大間隔を測定したものである。従来方法では3mm伸びていたスリップが、本発明では0.4mm以下となった。1130以下では、ゼロとなっており、スリップが大幅に低減できていることがわかった。

30

【0061】

また、 N_2 / Ar を雰囲気ガスとして用いた従来のRTA処理を施した場合と、上記実施形態に基づいて表面にシリコン酸化窒化膜が形成される場合とについて、実際に表面反応膜の組成をXPSとスパッタリングとを組み合わせた分析法により分析した結果を図10の(a)(b)に示す。この分析結果からもわかるように、従来例の場合は、図10の(a)に示すように、表面でほとんど酸素が検出されておらず、シリコン及び窒素のみしか検出されていないのに対し、本実施形態に基づく実施例では、図10の(b)に示すように、表面で酸素が窒素と同レベルで検出されており、シリコン酸化窒化膜が形成されている。

40

【符号の説明】

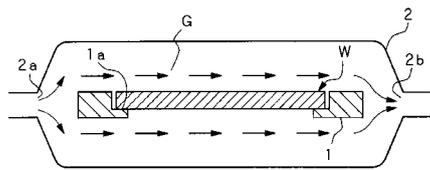
【0062】

- 1 サセプタ
- 2 反応室

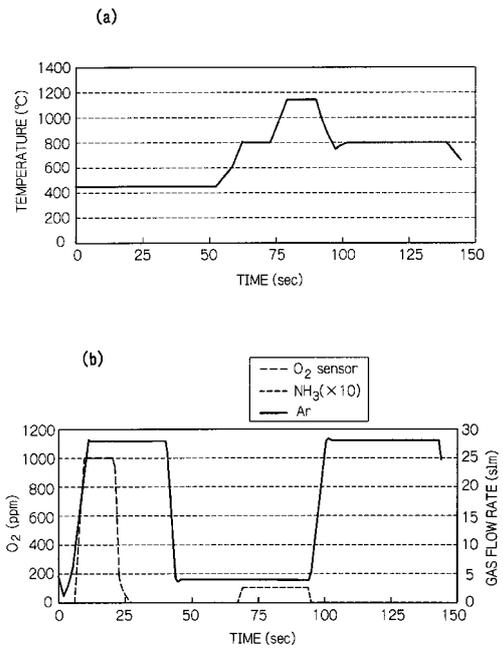
50

- B M D B M D 層
- D Z D Z 層 (無欠陥層)
- G 雰囲気ガス
- S O 自然酸化膜 (シリコン酸化膜)
- S N O シリコン酸化窒化膜
- V 空孔 (Vacancy)
- W シリコンウェーハ

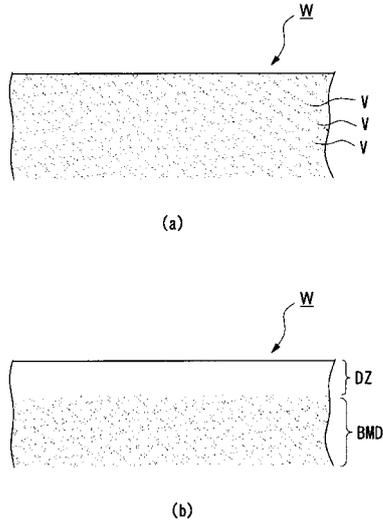
【図 1】



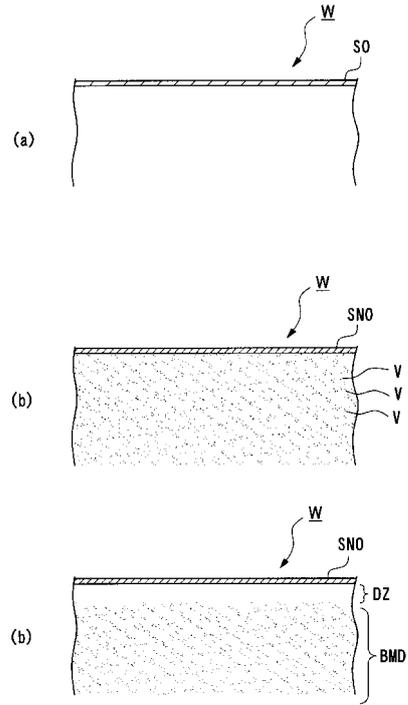
【図 2】



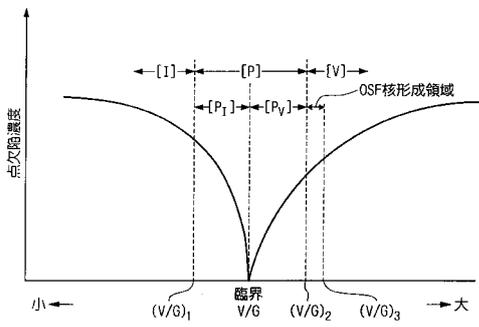
【 図 3 】



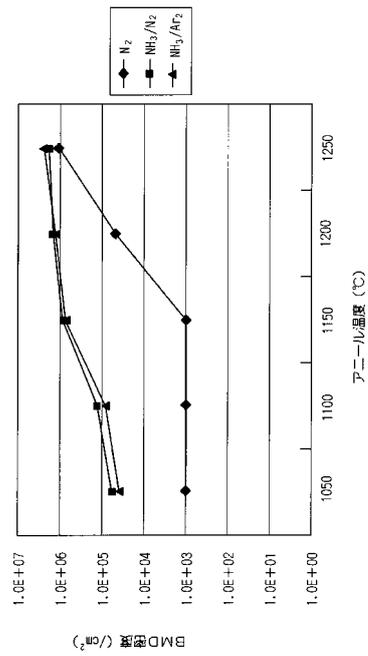
【 図 4 】



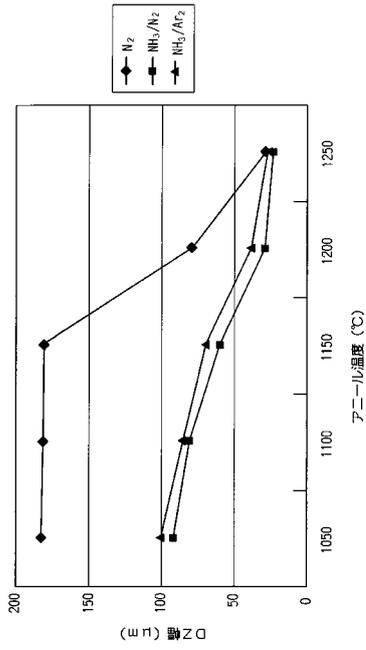
【 図 5 】



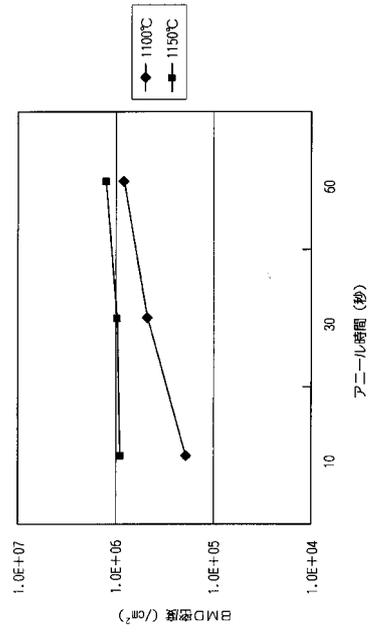
【 図 6 】



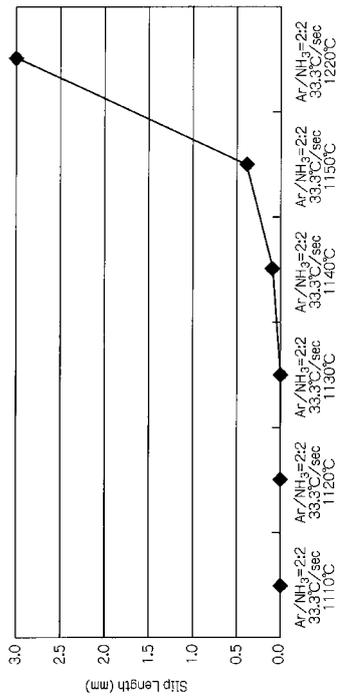
【 図 7 】



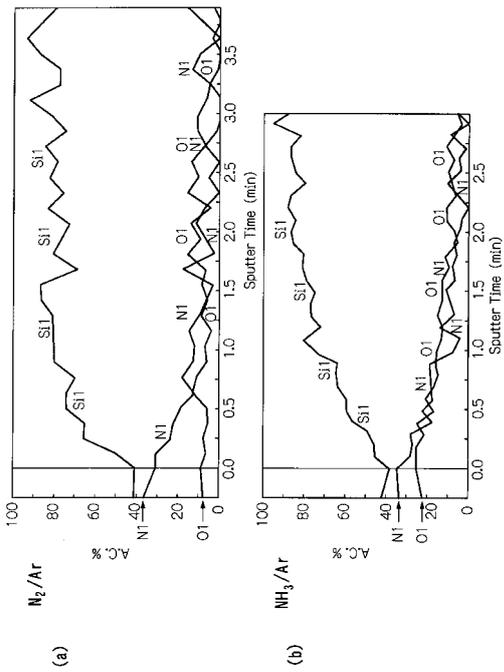
【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 10 】



フロントページの続き

審査官 宮部 裕一

- (56)参考文献 国際公開第00/067299(WO,A1)
特開昭58-164229(JP,A)
国際公開第00/013211(WO,A1)
国際公開第98/038675(WO,A1)
特開平04-022128(JP,A)
特開平11-067781(JP,A)
特開2000-053497(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)

H01L 21/322
C30B 29/06
C30B 33/02
H01L 21/324