

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5046506号  
(P5046506)

(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

H O 1 L 21/28 (2006.01)

H O 1 L 21/28 A

H O 1 L 21/768 (2006.01)

H O 1 L 21/28 3 O 1 S

H O 1 L 21/3065 (2006.01)

H O 1 L 21/90 C

C 2 3 C 16/14 (2006.01)

H O 1 L 21/302 1 O 1 H

C 2 3 C 16/14

請求項の数 8 (全 48 頁)

(21) 出願番号 特願2005-303940 (P2005-303940)  
 (22) 出願日 平成17年10月19日(2005.10.19)  
 (65) 公開番号 特開2007-115797 (P2007-115797A)  
 (43) 公開日 平成19年5月10日(2007.5.10)  
 審査請求日 平成20年10月3日(2008.10.3)

(73) 特許権者 000219967  
 東京エレクトロン株式会社  
 東京都港区赤坂五丁目3番1号  
 (74) 代理人 100120075  
 弁理士 大山 浩明  
 (72) 発明者 多田 國弘  
 東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放  
 送センター 東京エレクトロン株式会社内  
 (72) 発明者 成嶋 健索  
 東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放  
 送センター 東京エレクトロン株式会社内  
 (72) 発明者 若林 哲  
 東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放  
 送センター 東京エレクトロン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 基板処理装置、基板処理方法、プログラム、プログラムを記録した記録媒体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

被処理基板のシリコン含有表面上にTi合金膜を形成する基板処理装置の基板処理方法であって、

前記シリコン含有表面上の異物をプラズマを用いずに除去する異物除去処理工程と、

前記被処理基板の温度をTiと前記シリコン含有表面との反応が起こらない温度範囲に設定して、前記シリコン含有表面にTi含有原料ガスを供給してTi膜を成膜するTi膜成膜処理工程と、

前記被処理基板を熱処理して前記Ti膜と前記シリコン含有表面とを反応させ、前記シリコン含有表面上に下地との界面が平坦なTi合金膜を形成する合金化処理工程と、  
 を前記被処理基板を大気に露出することなく、前記基板処理装置内で連続して実行し、

前記異物除去処理工程は、

前記被処理基板上に反応ガスを供給し、前記シリコン含有表面上の前記異物と前記反応ガスのガス成分とを化学反応させて生成物を生成するための生成物生成処理工程と、

前記被処理基板を熱処理して前記シリコン含有表面上の前記生成物を昇華除去するための生成物除去処理工程とを連続して実行することを特徴とする基板処理方法。

【請求項2】

前記合金膜は、Tiシリサイド膜であり、

前記合金化処理工程は、前記被処理基板を熱処理して前記Ti膜と前記シリコン含有表面との反応を起こさせることによってTiシリサイド膜を形成するシリサイド形成処理工

10

20

程であることを特徴とする請求項 1 に記載の基板処理方法。

【請求項 3】

前記 Ti 膜成膜処理工程は、前記 Ti 膜の成膜処理を、580 未満の温度範囲で実行し、

前記シリサイド形成処理工程は、前記 Ti 膜の熱処理を、580 以上の温度範囲で実行することを特徴とする請求項 2 に記載の基板処理方法。

【請求項 4】

前記 Ti 膜成膜処理工程は、前記被処理基板上に前記 Ti 含有原料ガスを供給して前記シリコン含有表面上に前記 Ti 膜の吸着反応を生じさせる工程と、還元ガスを供給して前記シリコン含有表面上に吸着した前記 Ti 膜を還元する工程とを複数回繰返すことにより、前記 Ti 膜を成膜することを特徴とする請求項 3 に記載の基板処理方法。

10

【請求項 5】

前記 Ti シリサイド膜上に Ti 含有原料ガスと窒化ガスを供給して、前記 Ti シリサイド膜上に Ti N 膜を成膜する Ti N 膜成膜工程と、を含むことを特徴とする請求項 2 ～ 4 のいずれかに記載の基板処理方法。

【請求項 6】

被処理基板のシリコン含有表面上に Ti シリサイド膜を形成する基板処理装置の基板処理方法であって、

前記シリコン含有表面上の異物をプラズマを用いずに除去する異物除去処理工程と、

前記被処理基板の温度を Ti と前記シリコン含有表面との反応が起こらない温度範囲に設定して、前記シリコン含有表面に Ti 含有原料ガスを供給して Ti 膜を成膜する Ti 膜成膜処理工程と、

20

前記被処理基板を熱処理して前記 Ti 膜と前記シリコン含有表面との珪化反応を起させることによって、準安定なシリサイド相の Ti シリサイド膜を形成する準安定シリサイド相形成処理工程と、

前記被処理基板を熱処理して前記 Ti 膜と前記シリコン含有表面との珪化反応を起させることによって、安定なシリサイド相の Ti シリサイド膜を形成する安定シリサイド相形成処理工程と、

を含み、

前記異物除去処理工程は、前記被処理基板上に反応ガスを供給し、前記シリコン含有表面上の異物と前記反応ガスのガス成分とを化学反応させて生成物を生成するための生成物生成処理工程と、前記被処理基板を熱処理して前記シリコン含有表面上の前記生成物を昇華除去するための生成物除去処理工程とを連続して実行することを特徴とする基板処理方法。

30

【請求項 7】

被処理基板のシリコン含有表面上に Ti シリサイド膜を形成する基板処理装置の基板処理方法をコンピュータに実行させるためのプログラムを記憶した記録媒体であって、

前記基板処理方法は、

前記シリコン含有表面上の異物をプラズマを用いずに除去する異物除去ステップと、

前記被処理基板の温度を Ti と前記シリコン含有表面との反応が起こらない温度範囲に設定して、前記シリコン含有表面に Ti 含有原料ガスを供給して Ti 膜を成膜する Ti 膜成膜処理ステップと、

40

前記被処理基板を熱処理して前記 Ti 膜と前記シリコン含有表面との珪化反応を起させることによって、Ti シリサイド膜を形成するシリサイド形成処理ステップと、を前記基板処理装置内で連続して実行し、

前記異物除去ステップは、前記被処理基板上に反応ガスを供給し、前記シリコン含有表面上の異物と前記反応ガスのガス成分とを化学反応させて生成物を生成するための生成物生成処理工程と、前記被処理基板を熱処理して前記シリコン含有表面上の前記生成物を昇華除去するための生成物除去処理工程とを連続して実行することを特徴とする、プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

50

## 【請求項 8】

被処理基板のシリコン含有表面上にTiシリサイド膜を形成する基板処理装置の基板処理方法をコンピュータに実行させるためのプログラムであって、

前記基板処理方法は、

前記シリコン含有表面上の異物をプラズマを用いずに除去する異物除去ステップと、

前記被処理基板の温度をTiと前記シリコン含有表面との反応が起こらない温度範囲に設定して、前記シリコン含有表面にTi含有原料ガスを供給してTi膜を成膜するTi膜成膜処理ステップと、

前記被処理基板を熱処理して、前記Ti膜と前記シリコン含有表面との珪化反応を起させることによって、Tiシリサイド膜を形成するシリサイド形成処理ステップと、

を前記基板処理装置内で連続して実行し、

前記異物除去ステップは、前記被処理基板上に反応ガスを供給し、前記シリコン含有表面上の異物と前記反応ガスのガス成分とを化学反応させて生成物を生成するための生成物生成処理工程と、前記被処理基板を熱処理して前記シリコン含有表面上の前記生成物を昇華除去するための生成物除去処理工程とを連続して実行することを特徴とする、プログラム。

10

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、例えばSi基板や金属シリサイド層等のSi含有表面上に金属シリサイド膜などの合金膜を形成する基板処理を行う基板処理装置、基板処理方法、プログラム、プログラムを記録した記録媒体に関する。

20

## 【背景技術】

## 【0002】

CMOSトランジスタなどの半導体デバイスでは、配線層と基板、配線層と配線層などの接続構造を有する。具体的には例えば図30に示すようにSi基板(Siウエハ)のp/n不純物拡散層(拡散層)10と接続するコンタクトホール20、上下の配線層間を接続するビアホール30がある。このようなコンタクト20及びビアホール30には、タンゲステンや銅などの金属が埋め込まれ、Si基板や配線層が電氣的に接続される。近年では、この金属の埋め込みに先立って、コンタクト20及びビアホール30にTiN膜またはTi/TiN積層膜などのバリア膜を成膜し、バリア層22、32を形成する。

30

## 【0003】

ところで、最近の半導体デバイスの高集積化に伴って、特にコンタクトホールは口径と深さの比であるアスペクト比が極めて大きくなってきている。このため、上述したようなTiN膜などのバリア層の形成には、ステップカバレッジの良いCVD(化学的蒸着)法が採用されている。

## 【0004】

また、拡散層10とのコンタクト抵抗を下げるためには、例えばバリア層22と拡散層10との間にTiSi(チタンシリサイド)などの材料層を介させて、バリア層22と拡散層10との界面における仕事関数を調節することにより、その仕事関数差に基づくショットキー障壁を低くすることが望ましい。

40

## 【0005】

このような材料層、例えばTiSi膜12の形成にもCVD-Tiが用いられている。例えばTiSi膜12を形成するには、原料ガスとしてTiCl<sub>4</sub>を用いるとともに、還元ガスとしてH<sub>2</sub>ガス等を用いて、温度650程度でTi膜を成膜し、同時にその一部をSi基板と反応させ自己整合的にTiSi膜12を形成していた。

## 【0006】

一方、このようなバリア層形成などの金属成膜処理を施す場合には、良好なコンタクト抵抗を得るために、金属成膜処理に先立ってその金属膜の下地となる下地表面(例えばコンタクトホールの底部に露出するSi表面)に存在する自然酸化膜やコンタクトホールの

50

形成時に導入されたエッチング残渣などの異物を除去する処理が施される。

【 0 0 0 7 】

このような異物の除去は、従来から希フッ酸（ $\text{HF}$ ）などによるウエット洗浄処理によって行われてきた（例えば非特許文献 1 参照）。また、近年では自然酸化膜を除去する装置として水素ガスとアルゴンガスなどを用いて誘導結合プラズマを形成するものも提案されている（例えば特許文献 1，2 参照）。このようなウエット洗浄処理や誘導結合プラズマを形成する処理では、異物除去後に  $\text{Si}$  基板が大気に暴露され、 $\text{Si}$  表面に自然酸化膜が再成長してしまうという問題がある。

【 0 0 0 8 】

このため、近年では、基板処理装置に複数の処理室を設け、ある処理室で誘導結合プラズマを用いたスパッタエッチングによって  $\text{Si}$  基板表面の自然酸化膜などの異物を除去し、その  $\text{Si}$  基板をそのまま真空中で搬送して別の成膜処理室に搬入し、連続的に金属成膜を実行する方法も提案されている。

10

【 0 0 0 9 】

【特許文献 1】特開 2 0 0 2 - 1 2 4 4 8 5 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 0 1 - 2 4 4 2 1 4 号公報

【非特許文献 1】T.Teraji and S.Hara, "Control of interface states at metal/ $6\text{H-SiC}$ (0001) interfaces", Phys. Rev. B70, 035312 (2004).

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

20

【 0 0 1 0 】

しかしながら、半導体デバイスの微細化が一層進むにつれて、例えば上記不純物拡散層 10 の深さも浅くなり、またコンタクトホール 20 のアスペクト比もより一層大きくなる傾向にある。

【 0 0 1 1 】

このため、上述したような従来の異物除去方法では、コンタクトホールの底部に露出する  $\text{Si}$  表面を十分にクリーニングすることは困難であり、例えばコンタクトホールの底部に自然酸化膜が除去されずに一部残ってしまう。

【 0 0 1 2 】

また、上記のプラズマを用いるクリーニング方法では、コンタクトホールの底部を十分にエッチングするために  $\text{Si}$  基板へのバイアス電圧を上げると、イオン衝撃によって浅い拡散層に損傷を生じたり、コンタクトホールの開口部の肩部が削れてコンタクトホールの底部に再度絶縁物が付着してしまったりすることもある。

30

【 0 0 1 3 】

このように、 $\text{Si}$  基板の  $\text{Si}$  表面に自然酸化膜などの異物が一部が残ったり、異物が再付着したりしたまま、その上に金属膜を成膜すると、その異物が  $\text{Si}$  表面との密接な接触を防げる。この状態で、例えば金属と  $\text{Si}$  との珪化反応を進行させるために熱処理温度を上げると、金属と  $\text{Si}$  表面との反応が不均一となるため、その金属と  $\text{Si}$  表面との間に形成される金属シリサイドとその下地の  $\text{Si}$  との界面のラフネスが増大してしまう。さらに、従来のように、金属成膜と同時に下地の  $\text{Si}$  との金属シリサイドを形成させると、珪化反応が制御できず、金属シリサイドとその下地の  $\text{Si}$  との界面のラフネスはさらに増大してしまう。

40

【 0 0 1 4 】

上記のように、金属シリサイドとその下地の  $\text{Si}$  との界面のラフネスが増大すると、拡散層 12 内の所望の位置に界面を形成できなくなって、コンタクト抵抗が上がってしまったり、金属シリサイド層 12 の一部が拡散層 12 を突き抜けて接合リーク電流が増えたり、接合が破壊されたりするなどの問題が生じる。

【 0 0 1 5 】

また、近年では、コンタクトホールを形成する前に、浅い拡散層の高抵抗を補償するため  $\text{CoSi}$  や  $\text{NiSi}$  などの金属シリサイド膜で拡散層をカバーする裏打ち技術が用いら

50

れている。ところが、これらの金属シリサイド膜からなる裏打ち層はSiを含むため、大気に暴露すると、その裏打ち層表面に自然酸化膜が成長してしまう。また、Si表面と同様に良好なコンタクト抵抗を得るためには、コンタクトホール底部に露出する裏打ち層の表面上の異物を除去することが望ましい。さらに、その裏打ち層上に成膜した金属と裏打ち層との合金化反応により形成される合金膜（例えばTi-C膜、Ti-Ni膜など）は均一に合金化されることがより望ましい。

【0016】

そこで、本発明は、このような問題に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、被処理基板（例えばSi基板）において露出するシリコン含有表面に下地との界面がより平坦（フラット）で均一な合金膜を形成することができ、これにより一層低抵抗なコンタクト構造を形成することがきる基板処理装置等を提供することにある。

10

【課題を解決するための手段】

【0017】

上記課題を解決するために、本発明のある観点によれば、被処理基板に所定の処理を施す複数の処理室と、これらの処理室に共通に連結される共通搬送室と、この共通搬送室内に設けられた前記被処理基板を搬送するための搬送機構とを備える真空処理装置を有する基板処理装置であって、前記複数の処理室は、前記被処理基板において露出するシリコン含有表面上の異物を除去する異物除去処理室と、前記被処理基板上に金属含有原料ガスを供給して、前記異物が除去された前記シリコン含有表面上に金属膜を成膜する金属膜成膜処理室と、前記被処理基板を熱処理して前記金属膜と前記シリコン含有表面との反応を起こさせることによって合金膜を形成する合金化処理室とを含むことを特徴とする基板処理装置が提供される。

20

【0018】

この場合、上記異物除去処理室は、前記被処理基板上に励起ガスを供給し、前記シリコン含有表面上の前記異物と前記励起ガスのガス成分とを化学反応させて生成物を生成するための生成物生成処理室と、前記被処理基板を熱処理して前記シリコン含有表面上の前記生成物を昇華除去するための生成物除去処理室との2つの処理室により構成することが好ましい。上記合金膜は、例えば金属シリサイド膜であり、前記合金化処理室は、例えば前記被処理基板を熱処理して前記金属膜と前記シリコン含有表面との反応を起こさせることによって金属シリサイド膜を形成するシリサイド形成処理室である。この場合、上記金属膜成膜処理室は、前記金属膜の成膜処理を、前記金属膜のシリサイド相が形成されない程度の温度範囲（例えば580 未満）で実行し、前記シリサイド形成処理室は、前記金属膜の熱処理を、前記金属膜のシリサイド相が形成される程度の温度範囲（例えば580 以上）で実行することが好ましい。

30

【0019】

上記課題を解決するために、本発明の別の観点によれば、被処理基板のシリコン含有表面上に合金膜を形成する基板処理装置の基板処理方法であって、前記被処理基板において露出するシリコン含有表面上の異物を除去する異物除去処理工程と、前記被処理基板上に金属含有原料ガスを供給して、前記異物が除去された前記シリコン含有表面上に金属膜を成膜する金属膜成膜処理工程と、前記被処理基板を熱処理して前記金属膜と前記シリコン含有表面との反応を起こさせることによって合金膜を形成する合金化処理工程と、を前記基板処理装置内で連続して実行することを特徴とする基板処理方法が提供される。

40

【0020】

この場合、上記異物除去処理工程は、前記被処理基板上に励起ガスを供給し、前記シリコン含有表面上の前記異物と前記励起ガスのガス成分とを化学反応させて生成物を生成するための生成物生成処理工程と、前記被処理基板を熱処理して前記シリコン含有表面上の前記生成物を昇華除去するための生成物除去処理工程とを連続して実行することが好ましい。なお、上記合金膜は、例えば金属シリサイド膜であり、前記合金化処理工程は、例えば前記被処理基板を熱処理して前記金属膜と前記シリコン含有表面との反応を起こさせることによって金属シリサイド膜を形成するシリサイド形成処理工程である。この場合、上

50

記金属膜成膜処理工程は、前記金属膜の成膜処理を、前記金属膜のシリサイド相が形成されない程度の温度範囲（例えば580 未満）で実行し、前記シリサイド形成処理工程は、前記金属膜の熱処理を、前記金属膜のシリサイド相が形成される程度の温度範囲（例えば580 以上）で実行することが好ましい。

#### 【0021】

このような本発明にかかる装置又は方法によれば、基板処理装置内で異物除去処理の後に、金属膜成膜処理、シリサイド形成処理を連続して実行することができるので、金属膜成膜処理前に被処理基板のシリコン含有部分に自然酸化膜が新たに形成されることを防止することができる。このように、被処理基板において露出するシリコン含有表面上の異物を確実に除去することができるので、シリコン含有表面の異物によって金属膜の均一な合金化（例えばシリサイド化）が阻害されることを防止することができるので、シリコン含有表面上に、下地との界面が平坦（フラット）な金属シリサイド膜を形成することができる。これにより一層低抵抗なコンタクトを形成することができる。

#### 【0022】

また、上記金属膜成膜処理は、前記被処理基板上に前記金属含有原料ガスを供給して前記シリコン含有表面上に前記金属膜の吸着反応を生じさせる工程と、還元ガスを供給して前記シリコン含有表面上に吸着した前記金属膜を還元する工程とを複数回繰返すことにより、前記金属膜を成膜することが好ましい。これによれば、異物除去処理によって被処理基板のシリコン含有表面上に異物がない状態で、連続して例えばALD-Ti膜成膜処理を行うことができるため、このALD-Ti膜成膜処理によって原子配列を制御しながらTi膜を堆積させることによって、より平坦で均一な膜を形成できる。さらに、被処理基板を熱処理してTi膜とその下地となるシリコンとの間で珪化反応を起こさせるので、Tiシリサイド膜のシリコン含有表面に対する膜厚均一性を原子レベルで制御できる。また、ALD-Ti膜成膜処理によれば、原子レベルでTi膜の膜厚を自由に制御できるので、ひいてはTiシリサイド膜（チタンシリサイド膜）の膜厚も自由に制御できる。

#### 【0023】

なお、上記シリサイド形成処理室は、前記金属膜を完全に珪化（シリサイド化）することが好ましい。これにより、珪化（シリサイド化）されていない金属膜が残留しないので、低抵抗なコンタクトを形成することができる。また、上記シリコン含有表面は、例えばシリコン又は金属シリサイドからなる。また、上記金属は、例えばTi、Ta、Wから選択されたものである。

#### 【0024】

上記課題を解決するために、本発明の別の観点によれば、被処理基板に所定の処理を施す複数の処理室と、これらの処理室に共通に連結される共通搬送室と、この共通搬送室内に設けられた前記被処理基板を搬送するための搬送機構とを備える真空処理装置を有する基板処理装置であって、前記複数の処理室は、前記被処理基板上に励起ガスを供給し、前記被処理基板において露出するシリコン含有表面上の異物と前記励起ガスのガス成分とを化学反応させて生成物を生成するための生成物生成処理室と、前記被処理基板を熱処理して前記シリコン含有表面上の前記生成物を昇華除去するための生成物除去処理室と、前記被処理基板上に第1金属含有原料ガスを供給して、前記異物が除去された前記シリコン含有表面上に第1金属膜を成膜する第1金属膜成膜処理室と、前記被処理基板を熱処理して前記第1金属膜と前記シリコン含有表面との珪化反応を起こさせることによって、第1金属シリサイド膜を形成する第1金属シリサイド形成処理室と、前記被処理基板上に第2金属含有原料ガスを供給して、前記第1金属シリサイド膜上に第2金属膜を成膜する第2金属膜成膜処理室とを含むことを特徴とする基板処理装置が提供される。

#### 【0025】

上記課題を解決するために、本発明の別の観点によれば、被処理基板のシリコン含有表面上に金属シリサイド膜を形成する基板処理装置の基板処理方法であって、前記被処理基板上に励起ガスを供給し、前記被処理基板において露出するシリコン含有表面上の異物と前記励起ガスのガス成分とを化学反応させて生成物を生成するための生成物生成工程と、

前記被処理基板を熱処理して前記シリコン含有表面上の前記生成物を昇華除去するための生成物除去工程と、前記被処理基板上に第1金属含有原料ガスを供給して、前記異物が除去された前記シリコン含有表面上に第1金属膜を成膜する第1金属膜成膜工程と、前記被処理基板を熱処理して前記第1金属膜と前記シリコン含有表面との珪化反応を起させることによって、第1金属シリサイド膜を形成する第1金属シリサイド形成処理工程と、前記被処理基板上に第2金属含有原料ガスを供給して、前記第1金属シリサイド膜上に第2金属膜を成膜する第2金属膜成膜工程とを含むことを特徴とする基板処理方法が提供される。

#### 【0026】

このような本発明にかかる装置又は方法によれば、基板処理装置内で第2金属膜成膜処理についても、被処理基板を大気に露出することなく、連続して実行することができるので、第2金属膜の密着性もより向上させることができ、強度もより向上させることができる。

#### 【0027】

上記課題を解決するために、本発明の別の観点によれば、被処理基板に所定の処理を施す複数の処理室と、これらの処理室に共通に連結される共通搬送室と、この共通搬送室内に設けられた前記被処理基板を搬送するための搬送機構とを備える真空処理装置を有する基板処理装置であって、前記複数の処理室は、前記被処理基板上に励起ガスを供給し、前記被処理基板において露出するシリコン含有表面上の異物と前記励起ガスのガス成分とを化学反応させて生成物を生成するための生成物生成処理室と、前記被処理基板を熱処理して前記シリコン含有表面上の前記生成物を昇華除去するための生成物除去処理室と、前記被処理基板上にTi含有原料ガスを供給して、前記異物が除去された前記シリコン含有表面上にTi膜を成膜するTi膜成膜処理室と、前記被処理基板を熱処理して前記Ti膜と前記シリコン含有表面との珪化反応を起させることによって、Tiシリサイド膜を形成するTiシリサイド形成処理室とを含むことを特徴とする基板処理装置が提供される。

#### 【0028】

このような本発明にかかる装置によれば、被処理基板のシリコン含有表面上に、下地との界面がより平坦（フラット）で均一なTiシリサイド膜を形成することができ、これにより一層低抵抗なコンタクトを形成することができる。

#### 【0029】

上記課題を解決するために、本発明の別の観点によれば、被処理基板に所定の処理を施す複数の処理室と、これらの処理室に共通に連結される共通搬送室と、この共通搬送室内に設けられた前記被処理基板を搬送するための搬送機構とを備える真空処理装置を有する基板処理装置であって、前記複数の処理室は、前記被処理基板上に励起ガスを供給し、前記被処理基板において露出するシリコン含有表面上の異物と前記励起ガスのガス成分とを化学反応させて生成物を生成するための生成物生成処理室と、前記被処理基板を熱処理して前記シリコン含有表面上の前記生成物を昇華除去するための生成物除去処理室と、前記被処理基板上に金属含有原料ガスを供給して、前記異物が除去された前記シリコン含有表面上に金属膜を成膜する金属膜成膜処理室と、前記被処理基板を熱処理して前記金属膜と前記シリコン含有表面との珪化反応を起させることによって、準安定なシリサイド相の金属シリサイド膜を形成する準安定シリサイド相形成処理室と、前記被処理基板を熱処理して前記金属膜と前記シリコン含有表面との珪化反応を起させることによって、安定なシリサイド相の金属シリサイド膜を形成する安定シリサイド相形成処理室とを含むことを特徴とする基板処理装置が提供される。

#### 【0030】

上記課題を解決するために、本発明の別の観点によれば、被処理基板に所定の処理を施す複数の処理室と、これらの処理室に共通に連結される共通搬送室と、この共通搬送室内に設けられた前記被処理基板を搬送するための搬送機構とを備える真空処理装置を有する基板処理装置であって、前記複数の処理室は、前記被処理基板上に励起ガスを供給し、前記被処理基板において露出するシリコン含有表面上の異物と前記励起ガスのガス成分とを

10

20

30

40

50

化学反応させて生成物を生成するための生成物生成処理室と、前記被処理基板を熱処理して前記シリコン含有表面上の前記生成物を昇華除去するための生成物除去処理室と、前記被処理基板上にTi含有原料ガスを供給して、前記異物が除去された前記シリコン含有表面上にTi膜を成膜するTi膜成膜処理室と、前記被処理基板を熱処理して前記Ti膜と前記シリコン含有表面との珪化反応を起させることによって、C49相のTiシリサイド膜を形成するC49相シリサイド形成処理室と、前記被処理基板を熱処理して前記Ti膜と前記シリコン含有表面との珪化反応を起させることによって、C54相のTiシリサイド膜を形成するC54相シリサイド形成処理室とを含むことを特徴とする基板処理装置が提供される。

#### 【0031】

上記課題を解決するために、本発明の別の観点によれば、被処理基板のシリコン含有表面上に金属シリサイド膜を形成する基板処理装置の基板処理方法であって、前記被処理基板上に励起ガスを供給し、前記被処理基板において露出するシリコン含有表面上の異物と励起ガスのガス成分とを化学反応させて生成物を生成するための生成物生成処理工程と、前記被処理基板を熱処理して前記シリコン含有表面上の前記生成物を昇華除去するための生成物除去処理工程と、前記被処理基板上に金属含有原料ガスを供給して、前記異物が除去された前記シリコン含有表面上に金属膜を成膜する金属膜成膜処理工程と、前記被処理基板を熱処理して前記金属膜と前記シリコン含有表面との珪化反応を起させることによって、準安定なシリサイド相の金属シリサイド膜を形成する準安定シリサイド相形成処理工程と、前記被処理基板を熱処理して前記金属膜と前記シリコン含有表面との珪化反応を起させることによって、安定なシリサイド相の金属シリサイド膜を形成する安定シリサイド相形成処理工程とを含むことを特徴とする基板処理方法が提供される。

#### 【0032】

このような本発明にかかる装置又は方法によれば、所望のシリサイド相（例えばC49相、C54相）の結晶構造（所望の比抵抗）を有する金属シリサイド膜（例えばチタンシリサイド膜）を形成することができる。

#### 【0033】

上記課題を解決するために、本発明の別の観点によれば、被処理基板のシリコン含有表面上に金属シリサイド膜を形成する基板処理装置の基板処理方法を実行するプログラムを記憶した記録媒体であって、コンピュータに、前記被処理基板上に励起ガスを供給し、前記被処理基板において露出するシリコン含有表面上の異物と励起ガスのガス成分とを化学反応させて生成物を生成するための生成物生成処理ステップと、前記被処理基板を熱処理して前記シリコン含有表面上の前記生成物を昇華除去するための生成物除去処理ステップと、前記被処理基板上に金属含有原料ガスを供給して、前記異物が除去された前記シリコン含有表面上に金属膜を成膜する金属膜成膜処理ステップと、前記被処理基板を熱処理して前記金属膜と前記シリコン含有表面との珪化反応を起させることによって、金属シリサイド膜を形成するシリサイド形成処理ステップと、を前記基板処理装置内で連続して実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体が提供される。

#### 【0034】

上記課題を解決するために、本発明の別の観点によれば、被処理基板のシリコン含有表面上に金属シリサイド膜を形成する基板処理装置の基板処理方法を実行するプログラムであって、コンピュータに、前記被処理基板上に励起ガスを供給し、前記被処理基板において露出するシリコン含有表面上の前記異物と前記励起ガスのガス成分とを化学反応させて生成物を生成するための生成物生成処理ステップと、前記被処理基板を熱処理して前記シリコン含有表面上の前記生成物を昇華除去するための生成物除去処理ステップと、前記被処理基板上に金属含有原料ガスを供給して、前記異物が除去された前記シリコン含有表面上に金属膜を成膜する金属膜成膜処理ステップと、前記被処理基板を熱処理して、前記金属膜と前記シリコン含有表面との珪化反応を起させることによって、金属シリサイド膜を形成するシリサイド形成処理ステップと、を前記基板処理装置内で連続して実行させるためのプログラムが提供される。



## 【 0 0 3 5 】

このような本発明によれば、異物除去処理（生成物生成処理，生成物除去処理）と，金属膜成膜処理と，シリサイド形成処理とを連続実行することにより，被処理基板における露出するシリコン含有表面上の異物を確実に除去された状態で，金属膜の成膜とシリサイドの形成を行うことができるので，シリコン含有表面上に，下地との界面がよりフラットで均一な金属シリサイド膜を形成することができる。

## 【 0 0 3 6 】

なお，上記基板処理装置は，前記真空処理装置を複数備え，前記各真空処理装置をパス部を介してそれぞれ連結して構成するようにしてもよい。また，本明細書における合金には，成膜した金属（例えばTi）とその下地（例えばシリコン）とを反応させて形成した珪化物（シリサイド），及び成膜した金属（例えばTi）とその下地の金属（例えば金属シリサイド膜）とを反応させて形成した合金（例えばTi-Cu，Ti-Niなど）も含まれる。また，本明細書における異物には，例えばエッチング残渣などのコンタミネーション，パーティクル，自然酸化膜などが含まれる。

## 【発明の効果】

## 【 0 0 3 7 】

以上説明したように本発明によれば，被処理基板のシリコン含有表面に，下地との界面がより平坦（フラット）で均一な金属シリサイド膜を形成することができ，これにより一層低抵抗なコンタクトを形成することができる。

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【 0 0 3 8 】

以下に添付図面を参照しながら，本発明の好適な実施の形態について詳細に説明する。なお，本明細書及び図面において，実質的に同一の機能構成を有する構成要素については，同一の符号を付することにより重複説明を省略する。

## 【 0 0 3 9 】

（第1実施形態にかかる基板処理装置の構成例）

先ず，本発明の第1実施形態にかかる基板処理装置の構成例を図面を参照しながら説明する。図1は本実施形態にかかる基板処理装置の1例を示す概略構成図である。図1に示すように，基板処理装置100は，複数の処理室を接続する共通搬送室を備える，複数の真空処理装置（例えば第1真空処理装置と第2真空処理装置）を連結してなる。

## 【 0 0 4 0 】

第1真空処理装置は，第1共通搬送室102を備える。第1共通搬送室102は，略多角形（例えば変則的な七角形）に構成されている。また，第1共通搬送室102内には，ウエハWを保持する2つのピック118A，118Bを有して屈伸及び旋回可能になされた第1搬送機構118が設けられている。第1共通搬送室102の周囲には，真空引き可能に構成された複数（例えば4つ）の処理室104A～104Dがそれぞれゲートバルブ106A～106Dを介して連結している。第1共通搬送室102とこれに接続される処理室（処理室104A～104D）を備える真空処理装置は第1真空処理装置の1例を構成する。

## 【 0 0 4 1 】

各処理室104A～104Dには被処理基板例えば半導体ウエハ（以下，単に「ウエハ」とも称する。）Wを載置する載置台105A～105Dが設けられている。各処理室104A～104Dはそれぞれ載置台105A～105Dに載置されたウエハWに対して所定の処理を施し得ようになっている。

## 【 0 0 4 2 】

一方，第1真空処理装置は，第2共通搬送室120を備える。第2共通搬送室120も，第1共通搬送室102と同様に略多角形（例えば変則的な七角形）に構成されている。第2共通搬送室120の2つの辺には，各処理室104E，104Fがそれぞれゲートバルブ106E，106Fを介して連結している。なお，第2共通搬送室120とこれに接続される処理室（処理室104E，104F）を備える真空処理装置は第2真空処理装置

の 1 例を構成する。

【 0 0 4 3 】

第 1 共通搬送室 1 0 2 と第 2 共通搬送室 1 2 0 との間には、各共通搬送室 1 0 2 , 1 2 0 を連通すると共にウエハ W を一時的に保持するパス部 1 2 2 が連結されている。第 1 共通搬送室 1 0 2 と第 2 共通搬送室 1 2 0 との間でウエハ W を搬送する際には、このパス部 1 2 2 にウエハ W を一時的に保持するようになっている。第 1 共通搬送室 1 0 2 とパス部 1 2 2 の接合部にはゲートバルブ 1 2 6 が設けられている。このゲートバルブ 1 2 6 を開閉することにより、各共通搬送室 1 0 2 , 1 2 0 間を連通及び遮断が可能となる。

【 0 0 4 4 】

上記各処理室 1 0 4 E , 1 0 4 F 内には、他の処理室 1 0 4 A ~ 1 0 4 D と同様にウエハ W を保持する載置台 1 0 5 E , 1 0 5 F がそれぞれ設けられる。また、第 2 共通搬送室 1 2 0 内には、第 1 共通搬送室 1 0 2 と同様に、2 つのピック 1 2 4 A , 1 2 4 B を有する屈伸及び旋回可能になされた第 2 搬送機構 1 2 4 が設けられている。第 2 共通搬送室 1 2 0 の第 2 搬送機構 1 2 4 は、第 1 共通搬送室 1 0 2 の第 1 搬送機構 1 1 8 の場合と同様な操作でウエハ W を効率的に搬送するようになっている。

【 0 0 4 5 】

第 2 共通搬送室 1 2 0 には、真空引き可能に構成された 2 つのロードロック室 1 0 8 A , 1 0 8 B を介して略長形状の搬入側搬送室 1 1 0 が連結されている。ロードロック室 1 0 8 A , 1 0 8 B と第 2 共通搬送室 1 2 0 及び搬入側搬送室 1 1 0 との連結部にはそれぞれゲートバルブ 1 0 7 A , 1 0 7 B が介在している。

【 0 0 4 6 】

上記搬入側搬送室 1 1 0 には、ウエハ W を複数枚収容できるカセットを載置する例えば 3 つの導入ポート 1 1 2 A ~ 1 1 2 C 及びウエハ W を回転してこの偏心量を光学的に求めて位置合わせを行うオリエンタ 1 1 4 が連結されている。

【 0 0 4 7 】

搬入側搬送室 1 1 0 内には、ウエハ W を保持する 2 つのピック 1 1 6 A , 1 1 6 B を有して屈伸、旋回、昇降及び直線移動可能に構成された搬入側搬送機構 1 1 6 が設けられている。基板処理装置 1 0 0 には、制御部 2 0 0 が接続されており、この制御部 2 0 0 により基板処理装置 1 0 0 の各部が制御されるようになっている。

【 0 0 4 8 】

なお、第 2 共通搬送室 1 2 0 と 2 つのロードロック室の内のいずれか一方、例えばロードロック室 1 0 8 A との連結部の搬送口 1 0 9 A はウエハ W を第 2 共通搬送室 1 2 0 内へ専用に搬入する搬入口として用いられ、他方のロードロック室 1 0 8 B との連結部の搬送口 1 0 9 B はウエハ W を第 2 共通搬送室 1 2 0 から外へ専用に搬出する搬出口として用いられる。

【 0 0 4 9 】

( ウエハ処理の具体例 )

次に、上述した第 1 実施形態にかかる基板処理装置 1 0 0 により実行されるウエハ処理 ( 基板処理方法 ) について説明する。基板処理装置 1 0 0 は、例えば図 2 に示すような膜構造を有する S i ウエハ ( S i 基板 ) 1 6 0 に対して処理を行う。S i ウエハ 1 6 0 は、ベア基板 1 6 2 上に、層間絶縁膜 1 6 4 を形成し、エッチングによりコンタクトホール 1 6 5 を形成し、コンタクトホール 1 6 5 の底部に S i 表面 1 6 3 を露出させたものである。

【 0 0 5 0 】

ここでは、図 2 に示すような S i 表面 1 6 3 上に T i シリサイド膜 ( チタンシリサイド膜 ) を形成する場合を例に挙げる。図 3 は、第 1 実施形態にかかるウエハ処理を説明するための工程図であり、図 4 は図 3 に示す各工程におけるコンタクトホールの底部 ( A 部 ) の膜構造を拡大した模式図である。図 5 は図 4 の比較例として S i ウエハ 1 6 0 のベア基板 1 7 2 が露出する S i 表面に自然酸化膜などの異物 1 7 3 が再度付着した状態で、T i 膜を成膜すると同時に T i シリサイド膜を形成した場合のコンタクトホールの底部の膜構

10

20

30

40

50

造を拡大した模式図である。図5(a)はTiシリサイド膜形成前の状態であって、図4(a)に対応する。図5(b)はTiシリサイド膜形成後の状態であって、図4(c)に対応する。

#### 【0051】

第1実施形態にかかる基板処理装置100は、図2に示すようなSiウエハ160を搬入して、以下に示す処理を連続して実行する。すなわち、図3(a)に示すように、先ずSi表面163上の異物(例えばエッチング残渣などのコンタミネーション、パーティクル、自然酸化膜など)を除去する異物除去処理を行う。これにより、例えばコンタクトホール165の底部(図3(a)に示すA部)は、図4(a)に示すように、自然酸化膜などの異物がないフラットで均一な面となる。

10

#### 【0052】

次いで、Siウエハを大気に露出することなく、Tiシリサイド膜形成処理を基板処理装置100内で連続して行う。さらに、第1実施形態にかかるTiシリサイド膜形成処理では、Ti膜の成膜(Ti膜成膜処理)とTiの珪化(Tiシリサイド形成処理)の2段階に分けて実行する。すなわち、Tiシリサイド膜形成処理では、図3(b)に示すように、先ず自然酸化膜などの異物が除去されたSi表面163上に例えばTiCl<sub>4</sub>等のTi含有原料ガスを供給してTi膜166を成膜するTi膜成膜処理を行う。これにより、例えばコンタクトホール165の底部(図3(b)に示すA部)は、図4(b)に示すように下地との界面(ここではベア基板162のSi表面163)がフラットで均一なTi膜166を成膜することができる。

20

#### 【0053】

続いて、図3(c)に示すように、Siウエハ160を熱処理してTi膜166とその下地(Si)との間で珪化反応(シリサイド化反応)を起させて、Siウエハ160のSi表面163上にTiシリサイド膜を形成するTiシリサイド形成処理を行う。これにより、例えばコンタクトホール165の底部(図3(c)に示すA部)は、図4(c)に示すようにSi(下地)との界面、すなわちベア基板162との界面161がフラットで均一なTiシリサイド膜167を形成することができる。この場合、Ti膜166を成膜した後に珪化するため、Ti膜166が完全に珪化したTiシリサイド膜167を形成することができる。

#### 【0054】

30

次に、図3(d)に示すように、Ti膜166上にさらにTiN膜168を成膜するTiN膜成膜処理を行う。こうして、Siウエハ160のコンタクトホール165内にTi膜166及びTiN膜のバリア膜が形成される。

#### 【0055】

ところで、もし、従来のように基板処理装置100外でSiウエハのSi表面上の異物の除去が行われると、そのSi表面上にTiシリサイド膜を形成するために基板処理装置100内にSiウエハを取込むときにSi表面が大気に露出される。このため、例えば図5(a)に示すように、Tiシリサイド膜形成前に、Siウエハにおいて露出するベア基板172表面には新たに自然酸化膜などの異物173が発生してしまう。

#### 【0056】

40

このようにベア基板172表面に自然酸化膜などの異物173が再度付着した状態でTiシリサイド膜を形成すると、その異物173によってTi膜の均一な珪化(シリサイド化)が阻害され、Si(下地)との界面、すなわちベア基板172とTiシリサイド膜177との界面のラフネスが大きくなるという問題がある。

#### 【0057】

さらに、もし、従来のようにTi膜を成膜すると同時にTiシリサイド膜を形成すると、Ti膜の珪化反応(シリサイド化反応)が急激に進み易く、Tiシリサイド膜177とその下地(Si)との界面のラフネスはさらに大きくなってしまう。このため、Tiシリサイド膜形成後には、図5(b)に示すように、Tiシリサイド膜177とその下地(Si)との界面のラフネスが増大してしまう。

50

## 【 0 0 5 8 】

また、このようにT i 膜の珪化（シリサイド化）が不均一な状態で急激に進むと、T i 膜のすべてを完全に珪化することができず、T i シリサイド膜 1 7 7 上には珪化されていないT i 膜が部分的に残留してしまう虞がある。このように、珪化されていないT i 膜が残留すると、コンタクトの低抵抗化を阻害する要因になる。

## 【 0 0 5 9 】

これに対して、第 1 実施形態では、上述したように基板処理装置 1 0 0 内で異物除去処理を実行した後、S i ウエハを大気に露出することなく基板処理装置 1 0 0 内で連続してT i シリサイド膜形成処理を行う。これにより、図 4（a）に示すようにベア基板 1 6 2 のS i 表面 1 6 3 は異物がなく、極めてフラットで均一な状態で、T i シリサイド膜 1 6 6 を形成することができる。さらにT i シリサイド膜形成処理はT i 膜の成膜とT i 膜の珪化の 2 段階に分けて実行する。これにより、図 4（c）に示すようにT i シリサイド膜形成後には下地（S i）すなわちベア基板 1 6 2 とT i シリサイド膜 1 6 6 との界面 1 6 1 が極めてフラットで均一な状態にすることができる。

10

## 【 0 0 6 0 】

このように、第 1 実施形態によれば、下地（S i）との界面が極めてフラットで膜厚が薄いT i シリサイド膜を形成できるため、より浅い拡散層のコンタクトに適用することができる。すなわち、浅い拡散層のコンタクトに適用しても、その拡散層の底をT i シリサイド膜の一部が突き抜けて接合リーク電流が増えたり、接合が破壊されたりするなどの問題が生じることはない。

20

## 【 0 0 6 1 】

しかも、第 1 実施形態によれば、T i シリサイド膜とその下地（S i）との界面を極めてフラットで均一にすることができるので、ショットキー障壁をより低くすることができる。従って、ショットキー障壁の観点からみて、コンタクト抵抗を低くすることができる。さらに、第 1 実施形態によれば、より膜厚の薄いT i シリサイド膜を形成することができるので、拡散層の表面から浅くて不純物濃度が濃い位置にコンタクトを形成することができる。従って、拡散層の不純物濃度の観点からみても、コンタクト抵抗を低くすることができる。

## 【 0 0 6 2 】

（異物除去処理）

30

以下、上述した各プロセス処理のうち、本発明の主要プロセス処理である異物除去処理、T i シリサイド膜形成処理について、より詳細に説明する。先ず、T i シリサイド膜成膜処理の前工程として行う異物除去処理について説明する。第 1 実施形態では、水成分を用いず且つプラズマを用いない異物除去処理を実行する。この異物除去処理は、例えばS i ウエハに付着した自然酸化膜を含む異物とガス成分とを化学反応させて生成物を生成する生成物生成処理と、S i ウエハ上に生成された生成物を熱処理により除去する生成物除去処理との 2 段階の処理によって構成される。

## 【 0 0 6 3 】

生成物生成処理は例えばC O R（Chemical Oxide Removal）処理であり、生成物除去処理は例えばP H T（Post Heat Treatment）処理である。C O R処理は、S i ウエハ上に付着した異物例えば自然酸化膜などの酸化膜と例えばアンモニア（ $\text{NH}_3$ ）ガス及び弗化水素（ $\text{HF}$ ）ガスなどのガス分子とを化学反応させて生成物（主に（ $\text{NH}_4$ ） $_2$ S i F $_6$ ）を生成する処理である。P H T処理は、C O R処理が施されたS i ウエハを加熱して、C O R処理の化学反応によってS i ウエハ上に生成した生成物を気化（昇華）させてS i ウエハから除去する処理である。

40

## 【 0 0 6 4 】

このように、C O R処理及びP H T処理、特にC O R処理は水成分を用いず且つプラズマを用いずにS i ウエハの自然酸化膜などの異物を除去することができるため、プラズマレスエッチング処理及びドライクリーニング処理（乾燥洗浄処理）に相当する。

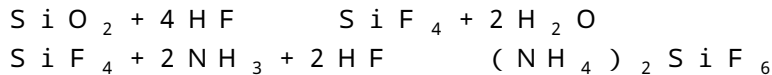
## 【 0 0 6 5 】

50

例えばC O R 処理及びP H T 処理においてアンモニアガス及び弗化水素ガスを反応ガスとして用いることにより，以下の化学反応を利用して自然酸化膜などの異物を除去する。

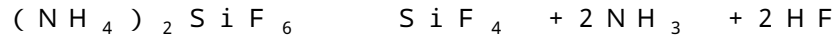
【 0 0 6 6 】

[ C O R 処理の化学反応式 ]



【 0 0 6 7 】

[ P H T 処理の化学反応式 ]



【 0 0 6 8 】

上述した化学反応を利用したC O R 処理及びP H T 処理は，以下の特性を有する。なお，P H T 処理においては，N<sub>2</sub> 及びH<sub>2</sub> も若干量発生する。

【 0 0 6 9 】

[ C O R 処理及びP H T 処理の特性 ]

( 1 ) 熱酸化膜の選択比 ( 除去速度 ) が高い。具体的にはC O R 処理及びP H T 処理は，熱酸化膜の選択比が高い一方，ポリシリコンの選択比が低い。従って，熱酸化膜であるS i O<sub>2</sub> 膜からなる絶縁膜の表層やS i O<sub>2</sub> 膜と同様の特性を有する疑似S i O<sub>2</sub> 層又はシリコン表層の自然酸化膜及びウォータマークを効率よく除去することができる。

【 0 0 7 0 】

( 2 ) 表層や疑似S i O<sub>2</sub> 層が除去された絶縁膜の表面における自然酸化膜の成長速度が遅い。具体的にはS i ウエハにウェットエッチング処理を施すことによって露出したS i 表面においては，厚さ3 オングストロームの自然酸化膜の成長時間が略10分であるのに対して，S i ウエハにC O R 処理及びP H T 処理を施すことによって露出したS i 表面においては，厚さ3 オングストロームの自然酸化膜の成長時間は略2時間以上である。従って，C O R 処理及びP H T 処理による洗浄工程では，ウォータマークが新たに発生することはなく，さらに洗浄工程後の時間経過による自然酸化膜の成長も抑制されるので，半導体デバイスの信頼性を向上させることができる。

【 0 0 7 1 】

( 3 ) ドライ環境において反応が進行する。具体的にはC O R 処理において水を反応に用いることはない。またC O R 処理によって水分子が発生したとしても，C O R 処理は略真空状態で行われるため，水分子は気体状態で発生する。従って，水分子が液体状態でS i ウエハに付着することはないので，S i ウエハの表面にウォータマーク等が発生することはない。またP H T 処理は高温下で行われるため，S i ウエハの表面にウォータマーク等が発生することはない。従って，S i ウエハの表面が不動態化 ( passivate ) されて親水性になることがないので，S i ウエハの表面は吸湿することもないため，半導体デバイスの配線信頼性の低下を防止することができる。

【 0 0 7 2 】

( 4 ) 生成物 ( 錯体 ) の生成量は所定時間が経過すると緩和する。具体的には所定時間が経過すると，それ以降はウォータマークをアンモニアガス及び弗化水素ガスの混合気体に暴露し続けても，生成物の生成量は増加しない。また生成物の生成量は，混合気体の圧力，体積流量比等の混合気体のパラメータによって決定される。従って，ウォータマークの除去量の制御を容易に行うことができる。

【 0 0 7 3 】

( 5 ) パーティクルの発生が非常に少ない。具体的には例えば2000枚のS i ウエハに対して自然酸化膜の除去を実行しても，処理室内や処理室の内壁等にパーティクルの付着がほとんど観察されない。従って半導体デバイスにおいてパーティクルを介した配線の短絡等が発生することがなく，半導体デバイスの信頼性を向上させることができる。

【 0 0 7 4 】

このように，第1実施形態では，水成分を用いず且つプラズマを用いない異物除去処理

10

20

30

40

50

を実行することにより、次に連続して行うTi膜成膜処理において膜の密着性、強度を向上させることができる。また、第1実施形態にかかる異物除去処理ではプラズマを用いないため、Ti膜の下地、特にSiウエハの拡散層表面にプラズマ起因のチャージアップダメージを負わせることを防止することができるので、ダメージのない配線加工を行うことができ、良好なコンタクト抵抗を有する膜を成膜することができる。

【0075】

なお、第1実施形態における異物除去処理としては、アルゴンプラズマを用いたドライ洗浄によって自然酸化膜除去を行うものも適用可能である。この場合には、Si基板の拡散層表面がプラズマによりダメージを受けると、不均一にアモルファス化する虞がある。従って、もしその状態でプラズマCVDでTi膜を成膜すると同時にTiシリサイド膜を形成すると、Tiシリサイド膜のTiSi<sub>2</sub>結晶が不均一になってしまう。このような不均一な状態のTiSi<sub>2</sub>結晶は比較的疎に存在するため、比抵抗が高いとともにTiシリサイド膜と下地との接触が不均一となり、コンタクト抵抗が増加してしまう。

10

【0076】

この点、第1実施形態では、プラズマを用いない異物除去処理を前処理として行うので、Si基板の拡散層表面がプラズマによるダメージを受けないため、Tiシリサイド膜のTiSi<sub>2</sub>結晶の均一性をより高めることができ、より低抵抗なコンタクトを形成することができる。

【0077】

また、COR処理及びPHT処理による化学反応過程によってSi基板のSi表面及び界面の原子配列(モホロジー)を制御することで、不必要な界面準位とそこにたまる電荷発生を防止し、界面電荷を精密に制御することができる。すなわち、Tiシリサイド膜とその下地(Si)との平坦な界面を有したオーミック電極をウエハ面内均一に作成することが可能である。このように、フラットで均一なTiシリサイド膜を形成することによって、ショットキー障壁の高さを一定にして界面を均一にすることができるので、局所的な電流の流れを防止することができ、ひいてはこのようなコンタクトを用いて製造されたトランジスタなどのオフ時のリーク電流の発生を防止することができる。

20

【0078】

(Tiシリサイド膜形成処理)

次に、Tiシリサイド膜形成処理について説明する。第1実施形態におけるTiシリサイド膜形成処理は、上述したようにTi膜(第1膜)を成膜するTi膜成膜処理(第1金属膜成膜処理)と、そのTi膜と下地との間で珪化反応を起させてTiシリサイドを形成するTiシリサイド形成処理(第1金属膜シリサイド形成処理)との2段階の処理によって構成される。

30

【0079】

先ず、Ti膜成膜処理について説明する。Ti膜成膜処理では、Siウエハ160において露出するSi表面163上に例えばTiCl<sub>4</sub>等のTi含有原料ガスを供給してTi膜166を成膜する。このTi膜成膜処理では、Ti膜の成膜のみを行い、Tiシリサイドの形成は次に連続するTiシリサイド形成処理によって行う。このため、第1実施形態にかかるTi膜成膜処理では、プロセス温度をTi膜166とその下地(Si)との間で珪化反応が起らない温度範囲に設定して行うことが好ましい。ここでいうTi膜166とその下地(Si)との間で珪化反応が起らない温度範囲というのは、Ti膜の珪化反応によって結晶構造が形成されない温度範囲、具体的にはTi膜のより安定なシリサイド相(例えばTiSi<sub>2</sub>の準安定なC49相、安定なC54相)が形成されない温度範囲である。

40

【0080】

ここで、Ti膜成膜処理において、上述したようなTi膜とその下地(Si)との間で珪化反応が起らない温度範囲について説明する。ここでは、SiウエハにTi膜を成膜する際におけるTi膜の成膜レートとSiウエハの温度(設定温度)との関係に基づいて最適な温度範囲を考察する。具体的には、SiウエハにTi膜を成膜する際に、Ti膜とそ

50

の下地 (S i) との間で珪化反応が起こると, T i 膜の成膜レートが大きくなることを利用する。

【 0 0 8 1 】

図 6 は, S i ウエハの S i 表面上に T i 膜を成膜する際の成膜レートとウエハの設定温度との関係をグラフで示した図である。S i ウエハに T i C l<sub>4</sub> ガスを供給するとともに, H<sub>2</sub> ガスおよび A r ガスを供給してプラズマを発生させて, S i ウエハの設定温度を変えながら所定時間 ( 2 m i n ) ずつ T i 膜の成膜する実験を行い, S i ウエハの設定温度ごとに成膜レートを検出した結果である。なお, 成膜レートは, X R F ( 蛍光分析装置 ) によって検出した膜厚に基づいて算出したものである。

【 0 0 8 2 】

図 6 に示す実験結果によれば, 5 8 0 以上の温度範囲における成膜レートは, 5 0 0 ~ 5 5 0 付近の温度範囲における成膜レートに比して, 大きくなることがわかる。これは, 5 8 0 以上の温度範囲では T i 膜とその下地 ( S i ) との珪化反応が起って, より安定なシリサイド相 (例えば T i S i<sub>2</sub> の C 4 9 相, C 5 4 相) が形成されるためと推察される。従って, S i ウエハの設定温度が略 5 8 0 未満の温度範囲であれば, T i 膜と下地 ( S i ) との反応が起らないので, シリサイド相 (例えば T i S i<sub>2</sub> の C 4 9 相, C 5 4 相) が形成されない。

【 0 0 8 3 】

従って, プロセス温度 (ここでは S i ウエハの温度) を 5 8 0 未満の温度範囲に設定して T i 膜成膜処理を行うことが好ましい。例えば 5 6 5 に設定するのがより好ましい。これにより, 下地 ( S i ) との間で珪化反応が起らずに T i 膜を成膜することができる。

【 0 0 8 4 】

T i 膜成膜処理として, 例えばプラズマ C V D により T i 膜を成膜する C V D - T i 膜成膜処理を行う。この C V D - T i 膜成膜処理は, 図 7 に示すように, 先ず金属原料ガスとしての例えば T i C l<sub>4</sub> ガスの供給と, 還元ガスとしての例えば H<sub>2</sub> ガスの供給と A r ガスの供給と, プラズマ発生とを同時期に行って T i 膜を成膜する成膜工程を行う。その後, 必要に応じて, 後述する T i N 膜成膜処理で T i N 膜を成膜する際の密着性を高める等のため, N H<sub>3</sub> ガスの供給と A r ガスの供給と H<sub>2</sub> ガスの供給とプラズマ発生とを同時期に行って, T i 膜の表面を窒化する窒化工程を行う。

【 0 0 8 5 】

第 1 実施形態では, C V D - T i 膜成膜処理においても, プロセス温度 ( S i ウエハの温度) を従来の 6 5 0 よりも低い 5 8 0 未満の温度範囲に設定して実行する。これにより, T i 膜のシリサイド相 (例えば T i S i<sub>2</sub> の C 4 9 相, C 5 4 相) が形成されずに C V D - T i 膜が成膜され, 後に連続する T i シリサイド形成処理によって T i シリサイド膜を形成させるため, 従来よりも下地 ( S i ) との界面がフラットで均一な T i シリサイド膜を形成することができる。

【 0 0 8 6 】

また, T i 膜成膜処理としては, T i C l<sub>4</sub> ガスを供給して S i ウエハの S i 表面上に T i 膜の吸着反応 ( T i と S i との反応 ) を生じさせる吸着工程と, 還元ガスを供給してシリコン含有表面上に吸着した T i 膜を還元する還元工程とを複数回繰返すことにより, T i 膜を成膜する T i 膜成膜処理, 例えば原子層堆積 ( A L D : Atomic Layered Deposit ion ) の手法を用いた A L D - T i 膜成膜処理を行うこともできる。この場合も, プロセス温度 ( S i ウエハの温度) を 5 8 0 未満の温度範囲に設定する。

【 0 0 8 7 】

このように, T i 膜の吸着工程と還元工程とを分けて複数回繰返して T i 膜を成膜することにより, 膜中の不純物が減るので, 後に連続して行うシリサイド形成処理工程による珪化反応が安定する。これにより, 下地 ( S i ) との界面がさらにフラットで均一な T i 膜を成膜することができる。

【 0 0 8 8 】

10

20

30

40

50

特に、第1実施形態では、COR処理及びPH T処理による異物除去処理によってSiウエハのSi表面に自然酸化膜などの異物が付着していない状態で、連続してALD-Ti膜成膜処理によって原子配列を制御しながら、Ti膜を堆積させることができるので、より平坦で均一な膜を形成できる。さらに、それを熱処理して珪化反応を起させてTiシリサイド膜を形成するのでTiシリサイド膜の下地(Si)に対する膜厚均一性を原子レベルで制御できる。また、ALD-Ti膜成膜処理によれば、原子レベルでTi膜の膜厚を自由に制御できるので、ひいてはTiシリサイド膜の膜厚も自由に制御できる。

#### 【0089】

このようなALD-Ti膜成膜処理の具体例を図8に示す。図8に示すプロセス処理では、先ずTiCl<sub>4</sub>ガスを短時間供給して吸着反応させた後に、Arガスの供給とH<sub>2</sub>ガスの供給とプラズマ生成とを行って還元する工程を複数回繰返すことによってTi膜を成膜する成膜工程を行う。この場合も、その後に、必要に応じて、NH<sub>3</sub>ガスの供給とArガスの供給とH<sub>2</sub>ガスの供給とプラズマ発生とを同時期に行う窒化工程を行う。

#### 【0090】

また、ALD-Ti膜成膜処理の他の例を図9に示す。図9に示すプロセス処理では、TiCl<sub>4</sub>ガスの供給とTiCl<sub>4</sub>ガスの供給とArガスの供給とプラズマ生成を同時期に行ってTiCl<sub>4</sub>ガスを分解(resolution)しながら吸着反応させた後に、H<sub>2</sub>ガスの供給を供給して熱還元する工程を複数回繰返すことによってTi膜を成膜する成膜工程を行う。この場合も、その後に、必要に応じて、NH<sub>3</sub>ガスの供給とArガスの供給とH<sub>2</sub>ガスの供給とプラズマ発生とを同時期に行う窒化工程を行う。

#### 【0091】

さらに、ALD-Ti膜成膜処理のさらに他の例を図10に示す。図10に示すプロセス処理では、TiCl<sub>4</sub>ガスの供給とTiCl<sub>4</sub>ガスの供給とArガスの供給とプラズマ生成を同時期に行ってTiCl<sub>4</sub>ガスを分解(resolution)しながら吸着反応させた後に、H<sub>2</sub>ガスの供給とArガスの供給とプラズマ発生を同時期に行ってプラズマ還元する工程を複数回繰返すことによってTi膜を成膜する成膜工程を行う。この場合も、その後に、必要に応じて、NH<sub>3</sub>ガスの供給とArガスの供給とH<sub>2</sub>ガスの供給とプラズマ発生とを同時期に行う窒化工程を行う。

#### 【0092】

なお、Ti膜成膜処理としては上記の他に、上記580よりもさらに低温の400～450に設定してプラズマCVDによりTi膜を成膜するSFD(Sequential Flow Deposition)-Ti膜成膜処理を実行してもよい。SFD-Ti膜成膜処理は例えば図11に示すように、先ずTiCl<sub>4</sub>ガスの供給とArガスの供給とH<sub>2</sub>ガスの供給とプラズマ発生とを同時期に行ってTiCl<sub>4</sub>ガスの供給を止める工程を複数回繰返すことによってTi膜を成膜する成膜工程を行う。この場合も、その後に、必要に応じて、NH<sub>3</sub>ガスの供給とArガスの供給とH<sub>2</sub>ガスの供給とプラズマ発生とを同時期に行う窒化工程を行う。

#### 【0093】

次に、Ti膜成膜処理の後に連続して行われるTiシリサイド形成処理(アニール処理)について説明する。Tiシリサイド形成処理では、Siウエハを熱処理することにより、Ti膜166とその下地(Si)との珪化反応を起させてTi膜のシリサイド相(例えばTiSi<sub>2</sub>のC49相、C54相)を形成する。これにより、Tiシリサイド膜167が形成される。このため、第1実施形態にかかるTiシリサイド形成処理では、プロセス温度をTi膜166とその下地(Si)との珪化反応が起る温度範囲に設定して行うことが好ましい。ここでいうTi膜166とその下地(Si)との珪化反応が起る温度範囲というのは、Ti膜の珪化反応を起させることによってTiシリサイドの結晶構造が形成される温度範囲、具体的にはTi膜のより安定なシリサイド相(例えばTiSi<sub>2</sub>の準安定なC49相、安定なC54相)が形成される温度範囲である。

#### 【0094】

ここで、Tiシリサイド形成処理において、上述したようなTi膜とその下地(Si)

10

20

30

40

50



との珪化反応が起る温度範囲について説明する。図 6 に示す実験結果によれば、ウエハの設定温度が 580 以上の温度範囲において、Ti 膜と下地 (Si) との間で珪化反応が起って Ti 膜のシリサイド相が形成されることについては既に説明した。ここでは、さらに 580 以上の温度範囲の中で、より安定なシリサイド相 (例えば TiSi<sub>2</sub> の準安定な C49 相, 安定な C54 相) を形成するための最適な温度範囲について、図 12 に示す実験結果に基づいて考察する。

#### 【0095】

図 12 は、Si ウエハの Si 表面上の Ti 膜を熱処理したときのウエハの設定温度と、Ti シリサイド (例えば TiSi<sub>2</sub>) の比抵抗及びこの比抵抗のウエハ面内均一性の関係をグラフに示した図である。図 12 に示す比抵抗のグラフによれば、ウエハの設定温度が高いほど、Ti シリサイドの結晶構造が変化 (相転移) して低抵抗になることがわかる。また、図 12 に示す比抵抗の面内均一性のグラフは、Ti シリサイドの結晶構造の面内分布を表す。例えば 630 付近は C49 相と C54 相とが混じるので比抵抗の面内均一性が高くなっているため、面内分布が生じていることがわかる。

#### 【0096】

この図 12 に示すグラフによれば、580 以上の温度範囲では、590 ~ 610 付近の温度範囲で準安定なシリサイド相である C49 相が形成され、さらに高い 640 ~ 650 付近の温度範囲で安定なシリサイド相であり、より低抵抗な C54 相が形成される。

#### 【0097】

従って、プロセス温度 (ここでは Si ウエハの温度) を 590 ~ 610 の温度範囲 (好ましくは 600) で設定して Ti シリサイド形成処理を行うことにより、準安定なシリサイド相である C49 相の結晶構造を有する、低抵抗な Ti シリサイド膜が形成される。

#### 【0098】

また、プロセス温度 (ここでは Si ウエハの温度) を 640 ~ 650 の温度範囲 (好ましくは 650) で設定して Ti シリサイド形成処理を行うことにより、安定なシリサイド相である C54 相の結晶構造を有する、より低抵抗な Ti シリサイド膜が形成される。このように、Ti シリサイド形成処理では、熱処理を行う際のプロセス温度の設定を変えることによって、所望の結晶構造 (所望の比抵抗) を有する Ti シリサイド膜を形成することができる。

#### 【0099】

なお、第 1 実施形態における Ti シリサイド形成処理によって、C54 相の Ti シリサイド膜を形成するためには、上述したようにプロセス温度を 640 ~ 650 の温度範囲として熱処理を行って一気に C54 相の Ti シリサイド膜を形成してもよいが、2 段階に分けて熱処理を行う 2 段階アニール処理によって形成してもよい。すなわち、まずプロセス温度を 590 ~ 610 の温度範囲 (例えば 600) で設定して熱処理を行うことにより、C49 相の Ti シリサイド膜を形成する (第 1 アニール処理)。続いて、プロセス温度を 640 ~ 650 の温度範囲 (例えば 650) として熱処理を行って相転移させることによって、C54 相の Ti シリサイド膜を形成してもよい。これにより、C54 相の Ti シリサイド膜をより安定して形成することができる。

#### 【0100】

(処理室の構成例)

次に、図 1 に示す基板処理装置 100 における処理室の構成例を説明する。基板処理装置 100 は、Si ウエハ上の自然酸化膜などの異物を水成分を用いず且つプラズマを用いずに除去する異物除去処理と、この異物除去処理が施された Si ウエハの Si 表面上に第 1 金属膜 (例えば Ti 膜) を成膜した上で、第 1 金属膜と下地 (Si) との間で珪化反応を起させて第 1 金属シリサイド膜 (例えば Ti シリサイド膜) を形成する第 1 金属シリサイド膜形成処理 (例えば Ti シリサイド膜形成処理) と、第 1 金属シリサイド膜上に第 2 金属膜 (例えば TiN 膜) を成膜する第 2 金属膜成膜処理 (TiN 膜成膜処理) と、を連

10

20

30

40

50

続して実行可能な構成にすることができる。

【0101】

例えば処理室104A～104Fのうちの少なくとも3つの処理室をそれぞれ異物除去処理室，第1金属シリサイド膜形成処理室，第2金属膜成膜処理室として構成する。このうち異物除去処理については，生成物生成処理（例えばCOR処理）と，生成物除去処理（例えばPHT処理）との2段階の処理によって行う場合には，生成物生成処理室，生成物除去処理室の2つの処理室で構成してもよい。

【0102】

また，第1金属シリサイド膜形成処理については，第1金属膜（例えばTi膜）を成膜する第1金属膜成膜処理（例えばTi膜成膜処理）と，この第1金属膜を珪化させて第1金属シリサイド膜を形成する第1金属シリサイド形成処理（例えばTiシリサイド形成処理）とを別の処理室で行う場合には，第1金属膜成膜処理室，第1金属シリサイド形成処理室の2つの処理室で構成してもよい。このように，基板処理装置100によって実行される処理内容に応じて各処理室104A～104Fの構成が決定される。

【0103】

ここで，例えばコンタクトホールが形成されたSiウエハWを基板処理装置100に導入し，このSiウエハWに対して上述したような異物除去処理としてのCOR処理，PHT処理を連続して実行した後，Ti膜成膜処理，Tiシリサイド形成処理，TiN膜成膜処理を連続して実行する場合の基板処理装置100における処理室の構成例を図13に示す。

【0104】

図13に示す構成例は，第1共通搬送室120に接続される処理室104A，104B，104CをそれぞれTi膜成膜処理室，TiN膜成膜処理室，Tiシリサイド形成処理室として構成し，第2共通搬送室120に接続される処理室104E，104FをそれぞれCOR処理室，PHT処理室として構成したものである。各処理室104A～104C，104E，104Fにおける処理はそれぞれ，後述する制御部200のEC（装置制御部）300に設けられるプログラムデータ記憶手段360に記憶されたプロセス処理プログラム364に基づいて実行される。すなわち，EC300のCPU310はプロセス処理プログラム364から必要な処理プログラムを読み出し，処理データ記憶手段370に記憶されるプロセス処理情報（例えばプロセスレシピ情報）374から必要な情報を読み出して各処理を実行する。なお，制御部200の構成の詳細は後述する。

【0105】

（COR処理室の構成例）

次に，COR処理室の構成例について図面を参照しながら説明する。COR処理室は，例えば図14に示すような励起ガス反応処理室400によって構成される。この励起ガス反応処理室400は，SiウエハWを収容する気密に構成された略円筒状の処理室411を有しており，その中にはウエハWを水平に支持するためのサセプタ412が配置されている。

【0106】

サセプタ412の内部には冷媒流路414が設けられており，冷媒流路414には冷媒供給源416から冷媒が供給されるようになっている。そして，冷媒流路414に冷媒を通流することにより，サセプタ412の温度ひいてはウエハWの温度を例えば常温に制御することが可能である。冷媒の温度および制御温度によっては，サセプタ412内にヒータを設けてもよい。

【0107】

また，サセプタ412には，ウエハWを支持して昇降させるための3本のウエハ支持ピン（図示せず）がサセプタ412の表面に対して昇降可能に設けられている。なお，ウエハ支持ピンおよびその昇降機構は後述するTi成膜処理室600に示すもの（図16参照）と同様に構成されている。

【0108】

10

20

30

40

50

処理室 4 1 1 の天壁 4 1 1 a には、シャワーヘッド 4 2 0 が設けられている。シャワーヘッド 4 2 0 は下層部 4 2 1 および上層部 4 2 2 の 2 層構造となっており、これら下層部 4 2 1 および上層部 4 2 2 にはそれぞれ第 1 バッファ空間 4 2 3 および第 2 バッファ空間 4 2 4 を有している。

【 0 1 0 9 】

上層部 4 2 2 の上面は蓋部材 4 2 5 で塞がれており、蓋部材 4 2 5 には  $\text{NH}_3$  ガスを導入する  $\text{NH}_3$  ガス導入部 4 2 6 および  $\text{HF}$  ガスを導入する  $\text{HF}$  ガス導入部 4 2 7 が形成されている。 $\text{NH}_3$  ガス導入部 4 2 6 は第 1 バッファ空間 4 2 3 に接続されており、 $\text{HF}$  ガス導入部 4 2 7 はガス導入路 4 2 7 a を経て第 2 バッファ空間 4 2 4 に接続されている。そして、第 1 バッファ空間 4 2 3 から下方に向けて  $\text{NH}_3$  ガスを吐出する  $\text{NH}_3$  ガス吐出孔 4 2 8、および第 2 バッファ空間 4 2 4 から下方に向けて  $\text{HF}$  ガスを吐出する  $\text{HF}$  ガス吐出孔 4 2 9 が形成されている。

10

【 0 1 1 0 】

上記  $\text{NH}_3$  ガス導入部 4 2 6 には  $\text{NH}_3$  ガスライン 4 3 0 を介して  $\text{NH}_3$  ガス供給源 4 3 2 が接続されており、この  $\text{NH}_3$  ガス供給源 4 3 2 から  $\text{NH}_3$  ガスライン 4 3 0 を経て  $\text{NH}_3$  ガス導入部 4 2 6 に  $\text{NH}_3$  ガスが供給される。一方、上記  $\text{HF}$  ガス導入部 4 2 7 には  $\text{HF}$  ガスライン 4 3 1 を介して  $\text{HF}$  ガス供給源 4 3 3 が接続されており、この  $\text{HF}$  ガス供給源 4 3 3 から  $\text{HF}$  ガスライン 4 3 1 を経て  $\text{HF}$  ガス導入部 4 2 7 に  $\text{HF}$  ガスが供給される。そして、各ガスラインにはマスフローコントローラ 4 3 5 およびマスフローコントローラ 4 3 5 を挟んで 2 つのバルブ 4 3 4 が設けられている。

20

【 0 1 1 1 】

$\text{NH}_3$  ガス導入部 4 2 6 および  $\text{HF}$  ガス導入部 4 2 7 にそれぞれ供給された  $\text{NH}_3$  ガスおよび  $\text{HF}$  ガスは、シャワーヘッド 4 2 0 内で上述のように互いに独立した経路を通して  $\text{NH}_3$  ガス吐出孔 4 2 8 および  $\text{HF}$  ガス吐出孔 4 2 9 から全く独立して処理室 4 1 1 内に供給されるポストミックスタイプとなっている。

【 0 1 1 2 】

処理室 4 1 1 の底壁には、排気管 4 3 6 が接続されており、この排気管 4 3 6 には真空ポンプを含む排気装置 4 3 7 が接続されている。そして排気装置 4 3 7 を作動させることにより処理室 4 1 1 内を所定の真空度まで減圧することができる。

【 0 1 1 3 】

30

また、処理室 4 1 1 の側壁にはゲートバルブ G が設けられており、このゲートバルブ G を開にした状態で S i ウエハ W が隣接する第 2 共通搬送室 1 2 2 との間で搬送されるようになっている。

【 0 1 1 4 】

このように構成される C O R 室 4 0 0 においては、排気装置 4 3 7 により処理室 4 1 1 内を排気して所定の減圧状態にし、ゲートバルブ G を開にして、第 2 搬送装置 1 2 4 により真空状態の第 1 共通搬送室 1 2 2 から処理室 4 1 1 内に S i ウエハ W を挿入し、サセプタ 4 1 2 上に載置する。その後、ゲートバルブ G を閉じる。

【 0 1 1 5 】

ヒータ 4 1 3 および冷媒により S i ウエハ W の温度を所定の温度にした状態で、 $\text{NH}_3$  ガス供給源 4 3 2 および  $\text{HF}$  ガス供給源 4 3 3 から  $\text{NH}_3$  ガスライン 4 3 0 および  $\text{HF}$  ガスライン 4 3 1 およびシャワーヘッド 4 2 0 を介して、 $\text{NH}_3$  ガスおよび  $\text{HF}$  ガスを別個独立に処理室 4 1 1 内に所定流量で導入する。これらガスにより、S i ウエハ W において露出する S i 表面の自然酸化膜に化学的作用が及ぼされ、例えば熱による分解が可能な  $(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$  等が生成される。この処理の後、ゲートバルブ G が開かれ、S i ウエハ W が第 2 搬送装置 1 2 4 により第 2 共通搬送室 1 2 2 へ搬出される。その後、S i ウエハ W は P H T 処理室に搬入されて熱処理されることにより、上記反応成分が分解・揮発して、自然酸化膜が除去される。

40

【 0 1 1 6 】

なお、この励起ガス反応処理室 4 0 0 における処理条件は、例えば圧力が 0 . 6 7 ~ 1

50

33.3 Pa, ウエハ温度が10~30, ガス流量が $\text{NH}_3$ : 10~80 mL/min,  $\text{HF}$ : 10~80 mL/minである。

【0117】

(PHT処理室の構成例)

次に, PHT処理室について図面を参照しながら説明する。PHT処理室は, 例えば図15に示すような熱処理室500によって構成される。この熱処理室500は, ウエハWを収容する気密に構成された略円筒状の処理室511を有しており, 処理室511内にはSiウエハWを載置して加熱するための加熱プレート512が設けられている。

【0118】

加熱プレート522の内部には加熱手段としてのヒータ523が設けられおり, その上に載置されたSiウエハWを加熱するようになっている。ヒータ523にはヒータ電源524が接続されている。

【0119】

また, 加熱プレート522には, SiウエハWを支持して昇降させるための3本のウエハ支持ピン(図示せず)が加熱プレート522の表面に対して突没可能に設けられている。なお, ウエハ支持ピンおよびその昇降機構は後述するTi膜成膜装置600に示すものと同様に構成されている。

【0120】

なお, 上記加熱手段としては, 加熱プレート522内にヒータ523を設けるのみならず, 処理室511の天井にヒータを設けてもよく, さらに側壁にヒータを設けてもよい。また, 加熱手段としてヒータを用いる代わりに, ランプを用いてもよい。

【0121】

処理室511の底壁には, 排気管515が接続されており, この排気管515には真空ポンプを含む排気装置516が接続されている。そして排気装置516を作動させることにより処理室511内を所定の真空度まで減圧することができる。

【0122】

処理室511の側壁には, ガスライン517を介して $\text{N}_2$ ガス供給源518が接続されており, この $\text{N}_2$ ガス供給源518からガスライン517を介して不活性ガスとしての $\text{N}_2$ ガスが処理室511内に導入され, 不活性ガス雰囲気中で熱処理が行われるようになっている。ガスライン517には, マスフローコントローラ520およびそれを挟んで2つのバルブ519が設けられている。なお, 供給される不活性ガスは $\text{N}_2$ ガスに限らず, Arガス等他の不活性ガスであってもよい。

【0123】

また, 上述したゲートバルブGが処理室511の側壁に設けられており, このゲートバルブGを開にした状態でSiウエハWが隣接する第2共通搬送室122との間で搬送されるようになっている。

【0124】

このような熱処理室500においては, 不活性ガスである $\text{N}_2$ ガスを処理室511内に導入した状態でヒータ513によりSiウエハWの温度を100~500程度に加熱して, 上記COR処理室での処理によりSiウエハWのSi表面上に生成された生成物(例えば $(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$ 等)を熱分解し, 昇華させて排気する。こうして, SiウエハWのSi表面上の自然酸化膜などの異物を完全に除去することができる。

【0125】

(Ti膜成膜処理室の構成例)

次に, Ti膜成膜処理室の構成例について図面を参照しながら説明する。Ti膜成膜処理室は, プラズマCVDによりTi膜を成膜する, 例えば図16に示すようなプラズマCVD処理室600によって構成される。このプラズマCVD処理室600は, 気密に構成された略円筒状の処理室611を有している。

【0126】

処理室611の中にはウエハWを水平に支持するためのサセプタ612がその中央下部

10

20

30

40

50

に設けられた円筒状の支持部材 6 1 3 により支持された状態で配置されている。このサセプタ 6 1 2 は A l N 等のセラミックスからなり、その外縁部にはウエハ W をガイドするためのガイドリング 6 1 4 が設けられている。

【 0 1 2 7 】

また、サセプタ 6 1 2 にはヒータ 6 1 5 が埋め込まれており、このヒータ 6 1 5 はヒータ電源 6 1 6 から給電されることによりウエハ W を所定の温度に加熱する。サセプタ 6 1 2 には、下部電極として機能する電極 6 1 8 がヒータ 6 1 5 の上に埋設されている。

【 0 1 2 8 】

処理室 6 1 1 の天壁 6 1 1 a には、絶縁部材 6 1 9 を介してシャワーヘッド 6 2 0 が設けられている。このシャワーヘッド 6 2 0 は、上段ブロック体 6 2 0 a、中段ブロック体 6 2 0 b、下段ブロック体 6 2 0 c で構成されている。下段ブロック体 6 2 0 c の外周近傍には、リング状をなすヒータ 6 5 6 が埋設されており、このヒータ 6 5 6 はヒータ電源 6 5 7 から給電されることにより、シャワーヘッド 6 2 0 を所定温度に加熱することが可能となっている。

【 0 1 2 9 】

下段ブロック体 6 2 0 c にはガスを吐出する吐出孔 6 2 7 と吐出孔 6 2 8 とが交互に形成されている。上段ブロック体 6 2 0 a の上面には、第 1 のガス導入口 6 2 1 と、第 2 のガス導入口 6 2 2 とが形成されている。

【 0 1 3 0 】

上段ブロック体 6 2 0 a の中では、第 1 のガス導入口 6 2 1 から多数のガス通路 6 2 3 が分岐している。中段ブロック体 6 2 0 b にはガス通路 6 2 5 が形成されており、上記ガス通路 6 2 3 が水平に延びる連通路 6 2 3 a を介してこれらガス通路 6 2 5 に連通している。さらにこのガス通路 6 2 5 が下段ブロック体 6 2 0 c の吐出孔 6 2 7 に連通している。

【 0 1 3 1 】

また、上段ブロック体 6 2 0 a の中では、第 2 のガス導入口 6 2 2 から多数のガス通路 6 2 4 が分岐している。中段ブロック体 6 2 0 b にはガス通路 6 2 6 が形成されており、上記ガス通路 6 2 4 がこれらガス通路 6 2 6 に連通している。さらにこのガス通路 6 2 6 が中段ブロック体 6 2 0 b 内に水平に延びる連通路 6 2 6 a に接続されており、この連通路 6 2 6 a が下段ブロック体 6 2 0 c の多数の吐出孔 6 2 8 に連通している。そして、上記第 1 および第 2 のガス導入口 6 2 1、6 2 2 は、それぞれ後述するガス供給機構 6 3 0 のガスライン 6 3 8、6 4 0 に接続されている。

【 0 1 3 2 】

ガス供給機構 6 3 0 は、クリーニングガスである C I F<sub>3</sub> ガスを供給する C I F<sub>3</sub> ガス供給源 6 3 1、T i 化合物ガスである T i C l<sub>4</sub> ガスを供給する T i C l<sub>4</sub> ガス供給源 6 3 2、A r ガスを供給する第 1 の A r ガス供給源 6 3 3、還元ガスである H<sub>2</sub> ガスを供給する H<sub>2</sub> ガス供給源 6 3 4、窒化ガスである N H<sub>3</sub> ガスを供給する N H<sub>3</sub> ガス供給源 6 3 5、A r ガスを供給する第 2 の A r ガス供給源 6 3 6 を有している。

【 0 1 3 3 】

そして、C I F<sub>3</sub> ガス供給源 6 3 1 には C I F<sub>3</sub> ガス供給ライン 6 3 7 が接続されており、T i C l<sub>4</sub> ガス供給源 6 3 2 には T i C l<sub>4</sub> ガス供給ライン 6 3 8 が接続されている。また、第 1 の A r ガス供給源 6 3 3 には第 1 の A r ガス供給ライン 6 3 9 が接続されており、H<sub>2</sub> ガス供給源 6 3 4 には H<sub>2</sub> ガス供給ライン 6 4 0 が接続されている。さらに、N H<sub>3</sub> ガス供給源 6 3 5 には N H<sub>3</sub> ガス供給ライン 6 4 0 a が接続されており、第 2 の A r ガス供給源 6 3 6 には第 2 の A r ガス供給ライン 6 4 0 b が接続されている。

【 0 1 3 4 】

また、図示しないが、N<sub>2</sub> ガス供給源も有している。そして、各ガスラインにはマスフローコントローラ 6 4 2 およびこのマスフローコントローラ 6 4 2 を挟んで 2 つのバルブ 6 4 1 が設けられている。

【 0 1 3 5 】

10

20

30

40

50

上記第1のガス導入口621には $\text{TiCl}_4$ ガス供給源632から延びる $\text{TiCl}_4$ ガス供給ライン638が接続されており、この $\text{TiCl}_4$ ガス供給ライン638には $\text{CIF}_3$ ガス供給源631から延びる $\text{CIF}_3$ ガス供給ライン637および第1のArガス供給源633から延びる第1のArガス供給ライン639が接続されている。

【0136】

また、前記第2のガス導入口622には $\text{H}_2$ ガス供給源634から延びる $\text{H}_2$ ガス供給ライン640が接続されており、この $\text{H}_2$ ガス供給ライン640には、 $\text{NH}_3$ ガス供給源635から延びる $\text{NH}_3$ ガス供給ライン640a、第2のArガス供給源636から延びる第2のArガス供給ライン640bが接続されている。

【0137】

したがって、プロセス時には、 $\text{TiCl}_4$ ガス供給源632からの $\text{TiCl}_4$ ガスが第1のArガス供給源633からのArガスとともに $\text{TiCl}_4$ ガス供給ライン638を介してシャワーヘッド620の第1のガス導入口621からシャワーヘッド620内に至り、ガス通路623、625を経て吐出孔627から処理室611内へ吐出される。

【0138】

一方、 $\text{H}_2$ ガス供給源634からの $\text{H}_2$ ガスが第2のArガス供給源636からのArガスとともに $\text{H}_2$ ガス供給ライン640を介してシャワーヘッド620の第2のガス導入口622からシャワーヘッド620内に至り、ガス通路624、626を経て吐出孔628から処理室611内へ吐出される。

【0139】

このように、シャワーヘッド620は、 $\text{TiCl}_4$ ガスと $\text{H}_2$ ガスとが全く独立して処理室611内に供給されるポストミックスタイプとなっており、これらは吐出後に混合され反応が生じる。

【0140】

シャワーヘッド620には、整合器659を介して高周波電源644が接続されており、成膜の際にこの高周波電源644からシャワーヘッド620に、例えば450kHzの高周波電力が供給されることにより、シャワーヘッド620および電極618の間に高周波電界が生じ、処理室611内に供給された成膜ガスをプラズマ化し、Ti膜を成膜するようになっている。

【0141】

処理室611の底壁611bの中央部には円形の穴645が形成されており、底壁611bにはこの穴645を覆うように下方に向けて突出する排気室646が設けられている。排気室646の側面には排気管647が接続されており、この排気管647には排気装置648が接続されている。そしてこの排気装置648を作動させることにより処理室611内を所定の真空度まで減圧することが可能となっている。

【0142】

サセプタ612には、SiウエハWを支持して昇降させるための3本（2本のみ図示）のウエハ支持ピン649がサセプタ612の表面に対して突没可能に設けられ、これらウエハ支持ピン649は支持板650に固定されている。そして、ウエハ支持ピン649は、エアシリンダ等の駆動機構651により支持板650を介して昇降される。

【0143】

処理室611の側壁には、第1共通搬送室102との間でSiウエハWの搬入出を行うための搬入出口652と、この搬入出口652を開閉するゲートバルブGとが設けられている。

【0144】

このように構成される処理室611において、Ti膜の成膜を行う際には、先ず、排気装置648により処理室611内を排気して所定の真空状態とし、ヒータ615によりサセプタ612を所定温度に加熱するとともに、ヒータ656によりシャワーヘッド620を所定温度に加熱する。

【0145】

10

20

30

40

50

この状態で高周波電源 6 4 4 からシャワーヘッド 6 2 0 に高周波電力を印加しつつ、 $TiCl_4$  ガス供給源 6 3 2，第 1 の Ar ガス供給源 6 3 3 から第 1 のガス導入口 6 2 1 へ  $TiCl_4$  ガスおよび Ar ガスを供給し、 $H_2$  ガス供給源 6 3 4，第 2 の Ar ガス供給源 6 3 6 から第 2 のガス導入口 6 2 2 へ  $H_2$  ガスおよび Ar ガスを供給し、それぞれガス吐出孔 6 2 7，6 2 8 から吐出する。

【0146】

これにより処理室 6 1 1 内にこれらガスのプラズマを生成させ、処理室 6 1 1 の内壁およびシャワーヘッド 6 2 0 等の処理室内部材のプリコート処理を行っておく。この際のガス流量は、例えば  $TiCl_4$  ガス：0.001～0.02 L/min， $H_2$  ガス：1.5～4 L/min，Ar ガス：0.3～1.6 L/min 程度である。これにより、Siウエハ W 上に Ti 膜を成膜する際に、Siウエハ W の温度変化を略一定にすることができる。

10

【0147】

このようなプリコート処理が終了後、 $TiCl_4$  ガス、 $H_2$  ガスの供給および高周波電源 6 4 4 からシャワーヘッド 6 2 0 を介して第 1 の Ar ガス供給源 6 3 3，第 2 の Ar ガス供給源 6 3 6 からそれぞれ Ar ガスを徐々に流量を増加させて処理室 6 1 1 内に導入（ランプアップ）し、ヒータ 6 1 5 により処理室 6 1 1 内を予備加熱する。

【0148】

この予備加熱を、例えば 15 秒間行った後、Ar ガスの供給を停止し、排気装置 6 4 8 により処理室 6 1 1 内を急激に真空排気して引き切り状態とし、ゲートバルブ G を開にして真空状態の第 1 共通搬送室 1 0 2 から搬入出口 6 5 2 を介して Siウエハ W を処理室 6 1 1 内へ搬入して、サセプタ 6 1 2 上に Siウエハ W を載置する。

20

【0149】

次いで、第 1 の Ar ガス供給源 6 3 3，第 2 の Ar ガス供給源 6 3 7， $H_2$  ガス供給源 6 3 2 からそれぞれシャワーヘッド 6 2 0 を介して Ar ガス、 $H_2$  ガスを、処理室 6 1 1 内が所定の圧力になるまで徐々に流量を増加させて導入し（ランプアップ）、処理室 6 1 1 内のガス圧が徐々に上昇するようにして Siウエハ W の反りを抑制する。これらガスの最終的な好ましい流量範囲は、例えば Ar ガス：0.3～3 L/min， $H_2$  ガス：1.5～6 L/min である。この状態で所定時間保持して、ウエハ W に対して予備加熱を行う。この予備加熱は、例えば 14 秒間実施される。また、この際の圧力は、好ましくは 260～1333 Pa，例えば 667 Pa である。

30

【0150】

ウエハ W に対する予備加熱の終了後、第 1 の Ar ガス供給源 6 3 3，第 2 の Ar ガス供給源 6 3 6， $H_2$  ガス供給源 6 3 4 から供給される Ar ガス、 $H_2$  ガスの流量を維持したまま、 $TiCl_4$  ガスを好ましくは 0.001～0.02 L/min の流量でプリフローを行う。このプリフローは、例えば 15 秒間実施される。

【0151】

次に、成膜に先立って高周波電源 6 4 4 からシャワーヘッド 6 2 0 に高周波電力を印加して、処理室 6 1 1 内にプラズマを生成する（プリプラズマ）。この際の高周波電源 6 4 4 のパワーは、好ましくは 300～2000 W，例えば 800 W である。

40

【0152】

そして、ガス流量、圧力、高周波電力を同じに保ったまま、 $TiCl_4$  ガスを処理室 6 1 1 側に切り換え、Ar ガス、 $N_2$  ガス、 $TiCl_4$  ガスのプラズマを生成することにより、所定の厚さの Ti 膜が成膜される。Ti 膜を成膜する際の Siウエハ W の加熱温度は、上述したように、Ti 膜とその下地である Si 表面との間で珪化反応が起こらない範囲、例えば 580 以下に設定することがこのましい。こうして、珪化反応が抑制されつつ、Si 表面上に Ti 膜の薄膜が成膜される。

【0153】

このような Ti 膜の成膜後、 $TiCl_4$  ガスの供給および高周波電源 6 4 4 からシャワーヘッド 6 2 0 への給電を停止し、他のガスである Ar ガスと  $H_2$  ガスを流したまま成膜

50

後処理を行う。この成膜後処理は、例えば2秒間実施される。その後、 $H_2$ ガスの流量を低下させ、 $Ar$ ガス流量を維持して、処理室611内のパージを、例えば4秒間行う。

【0154】

その後、同一処理室内で連続して、成膜した $Ti$ 膜の表面を窒化させる窒化処理を行う。このような窒化処理を行うのは、 $Ti$ 膜の表面を窒化することにより、次の $TiN$ 成膜時の $Ti$ 膜のエッチングを防止して、 $Ti$ 膜の部分での膜剥がれを生じ難くするためである。

【0155】

このような窒化処理としては、例えば $Ar$ ガスと $H_2$ ガスの流量を維持したまま、 $NH_3$ ガスを好ましくは $0.5 \sim 3 \text{ L/min}$ 、例えば $1.5 \text{ L/min}$ の流量で所定時間流し、その後、ガスの供給を維持したまま高周波電源644からシャワーヘッド620に高周波電力を供給して、これらのガスのプラズマにより実施される。所定時間経過後、高周波電源644からシャワーヘッド620への給電を中止し、ガス流量および真空度を徐々に減じて、 $Ti$ 成膜処理を終了する。その後、 $Si$ ウエハ $W$ は $Ti$ シリサイド形成処理室に搬入されて熱処理されることにより、上記 $Ti$ 膜と $Si$ 表面との間で珪化反応が起こり、 $Si$ 表面上に $Ti$ シリサイド膜が形成される。

【0156】

( $Ti$ シリサイド形成処理室)

次に、 $Ti$ シリサイド形成処理室の構成例について説明する。 $Ti$ シリサイド形成処理室は、 $PH$ 処理室と同様の例えば図15に示すような熱処理室500によって構成される。このような $Ti$ シリサイド形成処理室においては、上記 $Ti$ 膜成膜処理室において $Ti$ 膜が成膜された $Si$ ウエハを搬入して、不活性ガスである $N_2$ ガスを処理室511内に導入した状態でヒータ513により $Si$ ウエハ $W$ の温度を、上記温度範囲( $Ti$ 膜の珪化反応が起って $Ti$ シリサイドが形成される温度範囲)で設定した温度で加熱する。これにより、 $Si$ 表面上に、 $Ti$ 膜が完全に珪化した $Ti$ シリサイド膜を形成することができる。

【0157】

なお、上記 $Ti$ 膜成膜処理と $Ti$ シリサイド形成処理を、1つの $Ti$ シリサイド膜形成処理室内で、ガスの切り換えおよびプラズマ生成の $ON/OFF$ 等を行うことにより連続的に実施してもよい。この場合には、効率的な処理が可能となり、また $Ti$ シリサイド形成処理室は不要となる。

【0158】

( $TiN$ 膜成膜処理室の構成例)

次に、 $TiN$ 膜成膜処理室の構成例について図面を参照しながら説明する。 $TiN$ 膜成膜処理室は、プラズマ $CV$ Dにより $TiN$ 膜を成膜する、例えば図17に示すようなプラズマ $CV$ D処理室700によって構成される。このプラズマ $CV$ D処理室700は、プラズマ生成手段およびシャワーヘッドを加熱する手段が存在せず、ガス供給機構のガス系が多少異なる以外は、図16に示すプラズマ $CV$ D処理室600とほぼ同様の構成であるため、ガス供給機構以外の構成要素は、図16と同一符号を付すことにより重複説明を省略する。

【0159】

ガス供給機構730は、クリーニングガスである $ClF_3$ ガスを供給する $ClF_3$ ガス供給源731、 $Ti$ 化合物ガスである $TiCl_4$ ガスを供給する $TiCl_4$ ガス供給源732、 $N_2$ ガスを供給する第1の $N_2$ ガス供給源733、窒化ガスである $NH_3$ ガスを供給する $NH_3$ ガス供給源734、 $N_2$ ガスを供給する第2の $N_2$ ガス供給源735を備える。

【0160】

そして、 $ClF_3$ ガス供給源731には $ClF_3$ ガス供給ライン736が接続されており、 $TiCl_4$ ガス供給源732には $TiCl_4$ ガス供給ライン737が接続されている。また、第1の $N_2$ ガス供給源733には第1の $N_2$ ガス供給ライン738が接続されて



おり、 $\text{NH}_3$  ガス供給源 734 には  $\text{NH}_3$  ガス供給ライン 739 が接続されている。さらに第 2 の  $\text{N}_2$  ガス供給源 735 には第 2 の  $\text{N}_2$  ガス供給ライン 740 が接続されている。

【0161】

また、図示しないが Ar ガス供給源も有している。そして、各ガス供給ラインにはマスフローコントローラ 742 およびマスフローコントローラ 742 を挟んで 2 つのバルブ 741 が設けられている。

【0162】

シャワーヘッド 620 の第 1 のガス導入口 621 には  $\text{TiCl}_4$  ガス供給源 732 から延びる  $\text{TiCl}_4$  ガス供給ライン 737 が接続されており、この  $\text{TiCl}_4$  ガス供給ライン 737 には  $\text{CIF}_3$  ガス供給源 731 から延びる  $\text{CIF}_3$  ガス供給ライン 736 および第 1 の  $\text{N}_2$  ガス供給源 733 から延びる第 1 の  $\text{N}_2$  ガス供給ライン 738 が接続されている。

10

【0163】

また、第 2 のガス導入口 622 には  $\text{NH}_3$  ガス供給源 734 から延びる  $\text{NH}_3$  ガス供給ライン 739 が接続されており、この  $\text{NH}_3$  ガス供給ライン 739 には、第 2 の  $\text{N}_2$  ガス供給源 735 から延びる第 2 の  $\text{N}_2$  ガス供給ライン 740 が接続されている。

【0164】

したがって、プロセス時には、 $\text{TiCl}_4$  ガス供給源 732 からの  $\text{TiCl}_4$  ガスが第 1 の  $\text{N}_2$  ガス供給源 733 からの  $\text{N}_2$  ガスとともに  $\text{TiCl}_4$  ガス供給ライン 737 を介してシャワーヘッド 620 の第 1 のガス導入口 621 からシャワーヘッド 620 内に至り、ガス通路 623、625 を経て吐出孔 627 から処理室 611 内へ吐出される。

20

【0165】

一方、 $\text{NH}_3$  ガス供給源 734 からの窒化ガスである  $\text{NH}_3$  ガスが第 2 の  $\text{N}_2$  ガス供給源 735 からの  $\text{N}_2$  ガスとともに  $\text{NH}_3$  ガス供給ライン 739 を介してシャワーヘッド 620 の第 2 のガス導入口 622 からシャワーヘッド 620 内に至り、ガス通路 624、626 を経て吐出孔 628 から処理室 611 内へ吐出される。

【0166】

このように構成される処理室 611 において、 $\text{TiN}$  膜成膜を行う際には、まず、処理室 611 内を排気装置 648 により引き切り状態とし、第 1 および第 2 の  $\text{N}_2$  ガス供給源 733 および 735 から  $\text{N}_2$  ガスをシャワーヘッド 620 を介して処理室 611 内に導入しつつ、ヒータ 615 により処理室 611 内を予備加熱する。

30

【0167】

温度が安定した時点で、第 1 の  $\text{N}_2$  ガス供給源 733、 $\text{NH}_3$  ガス供給源 734 および  $\text{TiCl}_4$  ガス供給源 732 からそれぞれ  $\text{N}_2$  ガス、 $\text{NH}_3$  ガスおよび  $\text{TiCl}_4$  ガスをシャワーヘッド 620 を介して所定流量で導入し、処理室内圧力を所定値に維持しつつプリフローを行う。

【0168】

そして、ガス流量および圧力を同じに保ったまま、ヒータ 615 による加熱により処理室 611 の内壁、排気室 646 の内壁およびシャワーヘッド 620 等の処理室内付表面に  $\text{TiN}$  膜をプリコートする。これにより、 $\text{Si}$  ウエハ W 上に  $\text{TiN}$  膜を成膜する際に、 $\text{Si}$  ウエハ W の温度変化を略一定にすることができる。

40

【0169】

このようなプリコート処理が終了後、 $\text{NH}_3$  ガスおよび  $\text{TiCl}_4$  ガスを停止し、第 1 の  $\text{N}_2$  ガス供給源 733 および第 2 の  $\text{N}_2$  ガス供給源 735 から  $\text{N}_2$  ガスをパージガスとして処理室 611 内に供給して処理室 611 内のパージを行い、その後、必要に応じて  $\text{N}_2$  ガスおよび  $\text{NH}_3$  ガスを流し、成膜した  $\text{TiN}$  薄膜の表面の窒化処理を行う。これにより、 $\text{TiN}$  膜が脱  $\text{Cl}$  され、膜中の残留塩素を低減することができ、膜を安定化させることができる。

【0170】

その後、排気装置 648 により処理室 611 内を急激に真空排気して引き切り状態とし

50

、ゲートバルブGを開にして、真空状態の第1共通搬送室102から第1搬送装置118により搬入出口652を介してウエハWを処理室611内へ搬入し、サセプタ612上にSiウエハWを配置する。

【0171】

そして、第1のN<sub>2</sub>ガス供給源733、第2のN<sub>2</sub>ガス供給源735、NH<sub>3</sub>ガス供給源734からシャワーヘッド620を介してN<sub>2</sub>ガスおよびNH<sub>3</sub>ガスを、処理室611内が所定の圧力になるまで徐々に上昇するように導入する。これらガスの最終的な流量は、第1のN<sub>2</sub>ガス供給源733および第2のN<sub>2</sub>ガス供給源735からのN<sub>2</sub>ガスが、好ましくはそれぞれ0.05~3L/min、NH<sub>3</sub>ガスが好ましくは0.005~0.3L/minであり、処理室内圧力は40~670Pa程度である。この状態で所定時間保持して、ウエハWを例えば300~500 で予備加熱する。この予備加熱は、例えば30秒間実施される。この場合、NH<sub>3</sub>ガス流量をN<sub>2</sub>ガスよりも低い分圧で加熱するので、例えば下地膜が酸化されている場合等は、インキュベーションに効果がある。

10

【0172】

SiウエハWに対する予備加熱の終了後、第1のN<sub>2</sub>ガス供給源733および第2のN<sub>2</sub>ガス供給源735から供給されるN<sub>2</sub>ガスの流量を維持したまま、TiCl<sub>4</sub>ガス供給源732からTiCl<sub>4</sub>ガスを好ましくは0.01~0.08L/minの流量でプリフローを行う。このプリフローは、例えば15秒間実施される。

【0173】

そして、第1のN<sub>2</sub>ガス供給源733および第2のN<sub>2</sub>ガス供給源735からパージガスとしてのN<sub>2</sub>ガスを処理室611内に導入して処理室611内のパージを例えば6秒間行う。この際の第1のN<sub>2</sub>ガス供給源733および第2のN<sub>2</sub>ガス供給源735からのN<sub>2</sub>ガス流量は、例えばそれぞれ1L/mhである。一方、処理室611内のパージとともに、NH<sub>3</sub>ガスの流量を好ましくは0.01~0.08L/minとしてプリフローを行う。

20

【0174】

その後、N<sub>2</sub>ガスの流量を例えば0.17L/minに減じ、ガス流量が安定した時点で、TiN膜の成膜を開始する。まず、TiCl<sub>4</sub>ガス、NH<sub>3</sub>ガスを、第1のN<sub>2</sub>ガス供給源733および第2のN<sub>2</sub>ガス供給源735からのN<sub>2</sub>ガスにキャリアさせて処理室611内に供給する。この際に、SiウエハWはヒータ615により加熱されているから、熱CVDによりTiN膜が成膜される(第1ステップ)。この第1ステップは、例えば16秒間実施される。

30

【0175】

その後、TiCl<sub>4</sub>ガスおよびNH<sub>3</sub>ガスを停止し、第1のN<sub>2</sub>ガス供給源733および第2のN<sub>2</sub>ガス供給源735からのN<sub>2</sub>ガスの流量を、例えばそれぞれ1L/minに増加して、パージガスとして処理室611内に導入し、処理室611内のパージを行う。その後、NH<sub>3</sub>ガスを第2のN<sub>2</sub>ガス供給源735からのN<sub>2</sub>ガスにキャリアさせて処理室611内に導入し、N<sub>2</sub>ガスおよびNH<sub>3</sub>ガスによるTiN膜のアニールおよび窒化処理である第2ステップを行う。この第2ステップは、例えば5秒間実施される。

【0176】

以上のTiCl<sub>4</sub>ガスのプリフローから第2ステップまでを1サイクルとして複数サイクル、好ましくは3サイクル以上、例えば12~24回程度繰り返す。このときのガスの切換は、バルブを切換えることにより行われる。このようにして、所定の厚さのTiN膜が成膜される。TiN膜を成膜する際のSiウエハWの加熱温度は、300~500 が好ましく、例えば450 程度である。

40

【0177】

上記第1ステップおよび第2ステップを交互に繰り返す交互的なガスフローによりTiN膜を成膜することにより、第1ステップで成膜されたTiN膜が第2ステップのアニールにより効率的に脱Clされ、膜中の残留塩素を著しく低くすることができ、低温成膜であっても残留塩素が少なく比抵抗の小さい良質のTiN膜を成膜することができる。

50

## 【0178】

これにより、TiN膜のクラックの発生を抑制することができ、Ti膜との密着性が向上し、その結果、TiN膜の膜剥がれを有効に防止することができる。また、TiN膜の膜厚を3～50nm、好ましくは5～20nmとすることで、コンタクト抵抗が低くかつバリア性にも優れたTiN膜を得ることができる。

## 【0179】

(ウエハ搬送処理の具体例)

## 【0180】

ここで、図13に示すように構成された基板処理装置100のウエハ搬送処理について説明する。図13では、第2共通搬送室120内ではSiウエハWは処理室104E、104Fの順に処理されてパス部122に收容される。そして、第1共通搬送室102内では、SiウエハWはパス部122から処理室104A、104C、104Bの順に搬送されて処理される。このため、SiウエハWの搬送経路は図13に示す実線矢印のようになる。

10

## 【0181】

このようなウエハ搬送処理は、制御部200のEC(装置制御部)300に設けられる後述のプログラムデータ記憶手段360に記憶された搬送処理プログラム362に基づいて実行される。すなわち、EC300のCPU310は処理データ記憶手段370に記憶される搬送処理情報(例えば搬送経路情報)372から必要な情報を読み出して搬送処理プログラム362を実行することによって、SiウエハWの搬送処理を実行する。

20

## 【0182】

ここでは一例として中央の導入ポート112Bに設置したカセット(キャリアも含む)から例えばコンタクトホールが形成された、処理前のSiウエハWが取り出されるものとし、また2つのロードロック室108A、108Bのうちのいずれか一方のロードロック室、例えばロードロック室108Aを、処理前のSiウエハWの搬入用に用い、他方のロードロック室108Bを処理済のSiウエハWの搬出用に用いる。今、各処理室104A～104C、104E、104F内にはそれぞれウエハWが收容されてそれぞれの処理が終了しているか、又はほぼ終了しかけているものとする。

## 【0183】

まず、搬入側搬送室110内の搬送処理について説明する。ロードロック室108B内には、処理室104Dでの処理が終了した処理済のSiウエハWが收容されているものとする。この処理済のSiウエハWは、搬入側搬送機構116により搬送経路X11に示すように中央の導入ポート112Bへ搬送して收容される。

30

## 【0184】

また、中央の導入ポート112Bに收容されている処理前のSiウエハWは、搬入側搬送機構116により搬送経路X12に示すようにオリエンタ114へ搬送され、ここでSiウエハWの位置合わせをした後に、再度搬入側搬送機構116により搬送経路X13に示すように位置合わせ後のSiウエハWを他方のロードロック室108A内へ收容し、待機させておく。以上の操作が、SiウエハWの処理が進む毎に繰り返し行われる。

## 【0185】

次に、第2共通搬送室120内のウエハWの搬送処理について説明する。まず第2搬送機構124によりパス部122に收容されている処理室104Bにて処理済のSiウエハWを取りに行き、搬送経路Z11に示すようにこれを空き状態のロードロック室108B内に置く。

40

## 【0186】

次いで、第2搬送機構124により処理室104Fにて処理済のウエハWを取りに行き、搬送経路Z12に示すようにこれを空き状態のパス部122内に置く。続いて、第2搬送機構124により処理室104Eにて処理済のウエハWを取りに行き、搬送経路Z13に示すようにこれを空き状態の処理室104F内へ搬入して置き、処理室104F内での処理を開始する。

50

## 【 0 1 8 7 】

次いで、ロードロック室 1 0 8 A 内で待機していた処理前の S i ウエハ W を第 2 搬送機構 1 2 4 によって取りに行き、搬送経路 Z 1 4 に示すようにこれを上記空き状態の処理室 1 0 4 E 内へ搬入して置き、この処理室 1 0 4 E 内での処理を開始する。

## 【 0 1 8 8 】

次に、第 1 共通搬送室 1 0 2 内の S i ウエハ W の搬送処理について説明する。先ず第 1 搬送機構 1 1 8 により処理室 1 0 4 B に収容されている処理済の S i ウエハ W を取りに行き、搬送経路 Y 1 1 に示すようにこれを空き状態のパス部 1 2 2 に置く。

## 【 0 1 8 9 】

次いで、第 1 搬送機構 1 1 8 により処理室 1 0 4 C 内に収容されている処理済の S i ウエハ W を取りに行き、搬送経路 Y 1 2 に示すようにこれを空き状態の処理室 1 0 4 B 内へ搬入して置き、処理室 1 0 4 B 内での処理を開始する。続いて、第 1 搬送機構 1 1 8 により処理室 1 0 4 A 内に収容されている処理済の S i ウエハ W を取りに行き、搬送経路 Y 1 3 に示すようにこれを空き状態の処理室 1 0 4 C 内へ搬入して置き、処理室 1 0 4 C 内での処理を開始する。

## 【 0 1 9 0 】

次に、第 2 共通搬送室 1 2 0 からパス部 1 2 2 内に搬送された S i ウエハ W を第 1 搬送機構 1 1 8 によって取りに行き、搬送経路 Y 1 4 に示すようにこれを上記空き状態の処理室 1 0 4 A 内へ搬入して置き、この処理室 1 0 4 A 内での処理を開始する。

## 【 0 1 9 1 】

なお、S i ウエハ W の搬出入の際には、各ゲートバルブ 1 0 6 A ~ 1 0 6 C , 1 0 6 E , 1 0 6 F , 1 0 7 A , 1 0 7 B , 1 2 6 のうち、S i ウエハ W の搬出入に必要なゲートバルブを開閉操作する。そして、各処理室 1 0 4 E , 1 0 4 F , 1 0 4 A , 1 0 4 C , 1 0 4 B にて処理が行われ、S i ウエハ W の処理が完了する毎に上記した操作が繰り返し行われることになる。こうして、コンタクトホールが形成された処理前の S i ウエハ W に対して C O R 処理、P H T 処理、T i 膜成膜処理、T i シリサイド形成処理、T i N 膜成膜処理が連続して施される。

## 【 0 1 9 2 】

これにより、S i ウエハ W の S i 表面上には、下地 ( S i ) との界面が非常にフラットで均一な T i シリサイドを形成することができる。また、膜の密着性、強度が向上するのみならず、S i ウエハ W の下地 ( S i ) にプラズマ起因のチャージアップダメージを負わせることを防止することができるので、ダメージのない配線加工を行うことができ、良好なコンタクト抵抗を有する膜を成膜することができる。

## 【 0 1 9 3 】

なお、上記各処理室 1 0 4 A ~ 1 0 4 F の構成は図 1 3 に示すものに限られるものではない。例えば各処理室 1 0 4 A ~ 1 0 4 F のうちのどの処理室を C O R 処理室、P H T 処理室、T i 膜成膜処理室、T i シリサイド形成処理室、T i N 膜成膜処理室として構成してもよい。従って、S i ウエハの搬送順序も、各処理室 1 0 4 A ~ 1 0 4 F のうちの C O R 処理室、P H T 処理室、T i 膜成膜処理室、T i シリサイド形成処理室、T i N 膜成膜処理室の順に搬送すれば、必ずしも各処理室 1 0 4 A ~ 1 0 4 F の順でなくてもよい。

## 【 0 1 9 4 】

また、第 1 実施形態では T i シリサイド形成処理室を 1 つ設けた場合について説明したが、これに限定されるものではなく、T i シリサイド形成処理室をプロセス温度に応じて複数設けるようにしてもよい。例えばプロセス温度を 5 9 0 ~ 6 1 0 の温度範囲で設定して熱処理を行って、準安定なシリサイド相である C 4 9 相の T i シリサイド膜を形成するための C 4 9 相 T i シリサイド形成処理室 ( 準安定シリサイド相形成処理室 ) と、例えばプロセス温度を 6 4 0 ~ 6 5 0 の温度範囲として熱処理を行って、安定なシリサイド相である C 5 4 相の T i シリサイド膜を形成するための C 5 4 相 T i シリサイド形成処理室 ( 安定シリサイド相形成処理室 ) の 2 つにより構成してもよい。

## 【 0 1 9 5 】

この場合、例えば図 18 に示すように、基板処理装置 100 の処理室 104 C を C 4 9 相 T i シリサイド形成処理室で構成し、処理室 104 D を C 5 4 相 T i シリサイド形成処理室で構成するようにしてもよい。図 18 に示す構成の基板処理装置 100 において、例えば上述した 2 段階アニール処理を行う場合には、図 18 に示すような搬送経路によって搬送処理を行う。図 18 に示す搬入側搬送室 110 における搬送経路 X 2 1 ~ X 2 3 , 第 2 共通搬送室 120 における搬送経路 Z 2 1 ~ Z 2 4 は、図 13 に示す搬入側搬送室 110 における搬送経路 X 1 1 ~ X 2 3 , 第 2 共通搬送室 120 における搬送経路 Z 1 1 ~ Z 1 4 と同様であるため、第 1 共通搬送室 102 内の S i ウエハ W の搬送処理について説明する。

#### 【 0 1 9 6 】

10

先ず第 1 搬送機構 118 により処理室 104 B に収容されている処理済の S i ウエハ W を取りに行き、搬送経路 Y 2 1 に示すようにこれを空き状態のパス部 122 に置く。

#### 【 0 1 9 7 】

次いで、第 1 搬送機構 118 により処理室 104 D 内に収容されている処理済の S i ウエハ W を取りに行き、搬送経路 Y 2 2 に示すようにこれを空き状態の処理室 104 B 内へ搬入して置き、処理室 104 B 内での処理を開始する。

#### 【 0 1 9 8 】

次いで、第 1 搬送機構 118 により処理室 104 C 内に収容されている処理済の S i ウエハ W を取りに行き、搬送経路 Y 2 3 に示すようにこれを空き状態の処理室 104 D 内へ搬入して置き、処理室 104 D 内での処理を開始する。続いて、第 1 搬送機構 118 により処理室 104 A 内に収容されている処理済の S i ウエハ W を取りに行き、搬送経路 Y 2 4 に示すようにこれを空き状態の処理室 104 C 内へ搬入して置き、処理室 104 C 内での処理を開始する。

20

#### 【 0 1 9 9 】

次に、第 2 共通搬送室 120 からパス部 122 内に搬送された S i ウエハ W を第 1 搬送機構 118 によって取りに行き、搬送経路 Y 2 5 に示すようにこれを上記空き状態の処理室 104 A 内へ搬入して置き、この処理室 104 A 内での処理を開始する。

#### 【 0 2 0 0 】

なお、S i ウエハ W の搬出入の際には、各ゲートバルブ 106 A ~ 106 F , 107 A , 107 B , 126 のうち、S i ウエハ W の搬出入に必要なゲートバルブを開閉操作する。そして、各処理室 104 E , 104 F , 104 A , 104 C , 104 D , 104 B にて処理が行われ、S i ウエハ W の処理が完了する毎に上記した操作が繰り返し行われることになる。こうして、コンタクトホールが形成された処理前の S i ウエハ W に対して C O R 処理、P H T 処理、T i 膜成膜処理、C 4 9 相 T i シリサイド形成処理、C 5 4 相 T i シリサイド形成処理、T i N 膜成膜処理が連続して施される。これにより、S i ウエハ W の S i 表面上には、下地 ( S i ) との界面が非常にフラットで均一な C 5 4 相 T i シリサイドを形成することができる。

30

#### 【 0 2 0 1 】

( 制御部の構成例 )

基板処理装置 100 の制御部 200 の構成例を図面を参照しながら説明する。図 19 は、制御部 ( システムコントローラ ) 200 の構成を示すブロック図である。図 19 に示すように、制御部 200 は、装置制御部 ( E C : Equipment Controller ) 300 と、複数のモジュール制御部 ( M C : Module Controller ) 230 A , 230 B , 230 C ... と、E C 300 と各 M C 230 A , 230 B , 230 C ... とをそれぞれ接続するスイッチングハブ ( H U B ) 220 とを備える。

40

#### 【 0 2 0 2 】

制御部 200 は、E C 300 から例えば L A N ( Local Area Network ) 202 を介して基板処理装置 100 が設置される工場全体の製造工程を管理する M E S ( Manufacturing Execution System ) 204 に接続されている。M E S 204 は例えばコンピュータにより構成される。M E S 204 は、制御部 200 と連携して工場における工程に関するリアル

50

タイム情報を基幹業務システム（図示しない）にフィードバックするとともに，工場全体の負担等を考慮して工程に関する判断を行う。

【 0 2 0 3 】

E C 3 0 0 は，M C 2 3 0 A ， 2 3 0 B ， 2 3 0 C ...を統括して基板処理装置 1 0 0 全体の動作を制御する主制御部（マスタ制御部）を構成する。スイッチングハブ 2 2 0 は，E C 3 0 0 からの制御信号に応じて E C 3 0 0 の接続先としての M C 2 3 0 A ， 2 3 0 B ， 2 3 0 C ...を切替える。

【 0 2 0 4 】

各 M C 2 3 0 A ， 2 3 0 B ， 2 3 0 C ...はそれぞれ，基板処理装置 1 0 0 の第 1 共通搬送室 1 0 2 ，処理室 1 0 4 A ～ 1 0 4 D ，ロードロック室 1 0 8 A ， 1 0 8 B ，搬送室 1 1 0 ，オリエンタ 1 1 4 等の各モジュールの動作を制御する副制御部（スレーブ制御部）を構成する。各 M C 2 3 0 A ， 2 3 0 B ， 2 3 0 C ...はそれぞれ，D I S T (Distribution) ボード 2 3 4 A ， 2 3 4 B ， 2 3 4 C ...によって例えば G H O S T ネットワーク 2 0 6 を介して各 I / O （入出力）モジュール 2 3 6 A ， 2 3 6 B ， 2 3 6 C ...に接続される。G H O S T ネットワーク 2 0 6 は，E C 3 0 0 が有する M C ボードに搭載された G H O S T (General High-Speed Optimum Scalable Transceiver) と称される L S I によって実現されるネットワークである。G H O S T ネットワーク 2 0 6 には最大で 3 1 個の I / O モジュールを接続することができる。なお，G H O S T ネットワーク 2 0 6 では M C がマスタに相当し，I / O モジュールがスレーブに相当する。

【 0 2 0 5 】

各 I / O モジュール 2 3 6 A ， 2 3 6 B ， 2 3 6 C ...はそれぞれ，処理室 1 0 4 A ～ 1 0 4 D などの各モジュールの各構成要素（以下，「エンドデバイス」と称する。）に接続された複数の I / O 部 2 3 8 A ， 2 3 8 B ， 2 3 8 C ...からなり，各エンドデバイスへの制御信号及び各エンドデバイスからの出力信号の伝達を行う。例えば処理室 1 0 4 のエンドデバイスとしては，処理室 1 0 4 内に導入されるガスの流量を制御するマスフローコントローラ，処理室 1 0 4 からの排気を制御する A P C バルブなどが挙げられる。

【 0 2 0 6 】

各 G H O S T ネットワーク 2 0 6 には，I / O 部 2 3 8 A ， 2 3 8 B ， 2 3 8 C ...におけるデジタル信号，アナログ信号，シリアル信号の入出力を制御する I / O ボード（図示しない）も接続される。

【 0 2 0 7 】

ここで，図 1 9 に示す E C 3 0 0 の構成例を図面を参照しながら説明する。図 2 0 は E C 3 0 0 の構成例を示すブロック図である。図 2 0 に示すように，E C 3 0 0 は E C 本体を構成する C P U （中央処理装置） 3 1 0 ，C P U 3 1 0 が行う各種データ処理のために使用されるメモリエリア等を設けた R A M （ランダム・アクセス・メモリ） 3 2 0 ，操作画面や選択画面などを表示する液晶ディスプレイなどで構成される表示手段 3 3 0 ，オペレータによるプロセスレシピの入力や編集など種々のデータの入力及び所定の記憶媒体へのプロセスレシピやプロセス・ログの出力など種々のデータの出力などを行うことができる入出力手段 3 4 0 ，基板処理装置 1 0 0 に漏電等の異常が発生した際に報知する警報器（例えばブザー）などの報知手段 3 5 0 を備える。

【 0 2 0 8 】

また，E C 3 0 0 は，基板処理装置 1 0 0 の種々の処理を実行するための処理プログラムを記憶するプログラムデータ記憶手段 3 6 0 ，処理プログラムを実行するために必要な情報（データ）が記憶される処理データ記憶手段 3 7 0 を備える。プログラムデータ記憶手段 3 6 0 ，処理データ記憶手段 3 7 0 は例えばハードディスク（HDD）などの記憶領域に構築される。C P U 3 1 0 は必要に応じてプログラムデータ記憶手段 3 6 0 ，処理データ記憶手段 3 7 0 から必要なプログラム，データ等を読み出して，各種の処理プログラムを実行する。

【 0 2 0 9 】

上記 C P U 3 1 0 と，R A M 3 2 0 ，表示手段 3 3 0 ，入出力手段 3 4 0 ，報知手段 3

10

20

30

40

50

50, プログラムデータ記憶手段360, 処理データ記憶手段370等とは, 制御バス, データバス等のバスラインにより接続されている。このバスラインには, 上記スイッチングハブ220なども接続されている。

#### 【0210】

ここで, 上述したような構成の制御部200による基板処理装置100の制御例について説明する。各処理室104A~104Dにおいて, 例えばSiウエハWに上述したようなCOR処理, PHT処理, Ti膜成膜処理, Tiシリサイド形成処理, TiN膜成膜処理などのプロセス処理を施す場合には, EC300のCPU310はプログラムデータ記憶手段360のプロセス処理プログラム364から実行する処理プログラムを読み出し, 処理データ記憶手段370のプロセス処理情報374から実行する処理のプロセスレシピの処理情報に基づいて各処理を実行する。

10

#### 【0211】

すなわち, CPU310は, 各処理プログラムに応じてスイッチングハブ220及び処理室104A~104Dを制御するそれぞれのMC230, GHOSTネットワーク206及びI/Oモジュール236におけるI/O部238を介して, 所望のエンドデバイスに制御信号を送信することによって各処理を実行する。

#### 【0212】

このような図19に示す制御部(システムコントローラ)200では, 複数のエンドデバイスがEC300に直接接続されることなく, その複数のエンドデバイスに接続されたI/O部がモジュール化されてI/Oモジュールを構成する。このI/OモジュールはMC及びスイッチングハブ220を介してEC300に接続されるため, 通信系統を簡素化することができる。

20

#### 【0213】

また, EC300のCPU310が送信する制御信号には, 所望のエンドデバイスに接続されたI/O部のアドレス, 及びそのI/O部を含むI/Oモジュールのアドレスが含まれているため, スwitchングハブ220は制御信号におけるI/Oモジュールのアドレスを参照し, MCのGHOSTが制御信号におけるI/O部のアドレスを参照することによって, スwitchングハブ220やMCがCPU310に制御信号の送信先の問い合わせを行う必要を無くすことができ, これにより, 制御信号の円滑な伝達を実現することができる。

30

#### 【0214】

このように, 第1実施形態にかかる基板処理装置100では, Siウエハに付着した自然酸化膜などの異物をプラズマを用いない異物除去処理(例えばCOR処理及びPHT処理)を実行することによって除去した後に, Siウエハを大気に露出することなく連続してTi膜を形成し, その後, 連続してTiシリサイドを形成することができるため, 下地との界面が非常にフラットで均一なTiシリサイド膜を形成することができる。

#### 【0215】

このように, 第1実施形態にかかる方法によれば, SiウエハのSi表面上に下地(Si)との界面が極めてフラットで均一で膜厚が薄いTiシリサイド膜を形成できるため, より浅い拡散層のコンタクトの形成に適用することができる。すなわち, 浅い拡散層のコンタクトの形成に適用しても, その拡散層の底をTiシリサイド膜の一部が突き抜けて接合リーク電流が増えたり, 接合が破壊されたりするなどの問題が生じることはない。しかも, より膜厚の薄いTiシリサイド膜を形成することができるので, Siウエハの拡散層は表面から浅くて不純物濃度が濃い位置にコンタクトを形成することができる。このため, より低抵抗なコンタクトを形成することができる。

40

#### 【0216】

なお, 膜の密着性, 強度を向上させることができるので, 剥がれ難い膜を形成することができる。また, プラズマを用いないで自然酸化膜を除去できるので, ダメージのない配線加工を行うことができ, 良好なコンタクト抵抗を有する膜を成膜することができる。

#### 【0217】

50

(第1実施形態にかかる基板処理装置による効果を確認した実験)

以上説明した第1実施形態にかかる基板処理装置100によるウエハ処理(基板処理方法)の効果を確認した実験結果について図面を参照しながら説明する。ここでは、基板処理装置100により、サンプルのSiウエハ表面にCOR処理及びPH T処理による異物除去処理を実行した。その後、Siウエハを大気に露出することなく、連続して図8に示すALD-Ti膜成膜処理をプロセス温度565で実行してTi膜を成膜した。すなわち、TiCl<sub>4</sub>ガスを短時間供給して吸着反応させた後に、Arガスの供給とH<sub>2</sub>ガスの供給とプラズマ生成とを行って還元する工程を複数回繰返すことによってTi膜を成膜した。

【0218】

10

このときのサンプルの断面の走査型電子顕微鏡(SEM)写真を図21に示す。図21に示すように、第1実施形態にかかるウエハ処理によれば、Siウエハにおいて露出するSi表面に、下地(Si)との界面が非常にフラットで均一で膜厚が薄いTi膜を形成することができた。なお、Ti膜の下側にはTiSi<sub>x</sub>膜が形成されているが、これは低温でも生じる例えばTiSi<sub>3</sub>、TiSi<sub>4</sub>などであり、より安定なシリサイド相であるTiSi<sub>2</sub>が形成されているわけではない。なお、Ti膜の膜厚は19.0nmであり、TiSi<sub>x</sub>膜の膜厚は16.7nmである。従って、Ti膜とTiSi<sub>x</sub>膜を合わせた膜厚は、35.7nmである。

【0219】

その後、さらに連続してTiシリサイド形成処理をプロセス温度600で実行してTi膜を珪化(シリサイド化)してC49相のTiシリサイド膜(TiSi<sub>2</sub>膜)を形成した。このときのサンプルの断面のSEM写真を図22に示す。図22に示すように、第1実施形態にかかるウエハ処理によれば、下地(Si)との界面が非常にフラットで均一で膜厚が薄いC49相のTiシリサイド膜を形成することができた。しかも、Ti膜が完全に珪化(シリサイド化)したTiシリサイド膜(TiSi<sub>2</sub>膜)を形成することができた。なお、図22に示すTiシリサイド膜の膜厚は52.6nmである。

20

【0220】

なお、さらにTiシリサイド形成処理をプロセス温度650で実行してTiシリサイド相を相転移させてC54相のTiシリサイド膜(TiSi<sub>2</sub>膜)を形成した。こうして、得られたTi膜、C49相のTiシリサイド膜、C54相のTiシリサイド膜について

30

【0221】

これに対して、従来のウエハ処理によってTiシリサイド膜を形成した場合の実験結果を比較例として説明する。ここでは、基板処理装置外でサンプルのSiウエハを希フッ酸(DHF)等を利用したウェット洗浄によって自然酸化膜を除去した。そして、洗浄されたサンプルのSiウエハを基板処理装置内に取込んで、TiCl<sub>4</sub>ガスの供給とH<sub>2</sub>ガスの供給とArガスの供給と、プラズマ発生とを同時期に行うCVD-Ti膜処理をプロセス温度650で実行することによって、Ti膜を成膜すると同時にTiシリサイド膜を形成した。このときのサンプルの断面のSEM写真を図24に示す。

40

【0222】

図24に示すように、従来のウエハ処理では、下地(Si)との界面のラフネスが大きいC49相のTiシリサイド膜が形成される。これは、サンプルのSiウエハを基板処理装置内に取込む際に、Siウエハに自然酸化膜などの異物が再度付着し、さらにその状態でTi膜の成膜と珪化を一度に行うため、SiウエハのSi表面上の異物173によってTi膜の均一な珪化が阻害されるとともに、Ti膜の珪化が急激に進んでしまったからであると推察される。

【0223】

50



このような図 2 4 に示す従来の場合に比して、第 1 実施形態にかかるウエハ処理（基板処理方法）により形成された T i シリサイド膜とその下地（S i）との界面は、図 2 2 に示すように非常にフラットで均一になっており、T i シリサイド膜とその下地（S i）との界面の状態が大きく改善されたことがわかる。

#### 【0224】

次に、別の S i ウエハのサンプルを用いて、第 1 実施形態にかかる A L D - T i 膜成膜処理によって形成した T i シリサイド膜と、従来の C V D - T i 膜成膜処理によって形成した T i シリサイド膜とを比較する。第 1 実施形態にかかる A L D - T i 膜成膜処理は、基板処理装置 1 0 0 により、図 8 に示すように T i C l<sub>4</sub> ガスを短時間供給して吸着反応させた後に、A r ガスの供給と H<sub>2</sub> ガスの供給とプラズマ生成とを行って還元する工程を複数回繰返することによって、プロセス温度 5 6 5 で T i 膜を成膜した後、連続してプロセス温度 6 0 0 で T i シリサイド形成処理を行った。このときの T i シリサイド膜の表面の S E M 写真を図 2 5 に示す。第 1 実施形態にかかるウエハ処理によれば、図 2 5 に示すように表面が非常にフラットで均一な T i 膜を形成することができた。

#### 【0225】

これに対して、従来の C V D - T i 膜成膜処理は、T i C l<sub>4</sub> ガスの供給と H<sub>2</sub> ガスの供給と A r ガスの供給と、プラズマ発生とを同時期に行う C V D - T i 膜処理をプロセス温度 6 5 0 で実行することによって、T i 膜を成膜すると同時に T i シリサイド膜を形成した。このときの T i シリサイド膜の表面の S E M 写真を図 2 6 に示す。図 2 6 に示すように、従来のウエハ処理によれば、下地（S i）との界面のラフネスが大きい C 4 9 相の T i シリサイド膜が形成される。

#### 【0226】

このような図 2 6 に示す従来の場合に比して、第 1 実施形態にかかる A L D - T i 膜成膜処理により形成された T i シリサイド膜の表面は、図 2 5 に示すように非常にフラットで均一になっており、T i シリサイド膜の表面の状態も大きく改善されたことがわかる。

#### 【0227】

ここで、上述した第 1 実施形態にかかる A L D - T i 膜成膜処理により形成された T i シリサイド膜の比抵抗と、従来の C V D - T i 膜成膜処理により形成された T i シリサイド膜の比抵抗を測定した結果を図 2 7 に示す。図 2 7 に示すように、第 1 実施形態にかかる A L D - T i 膜成膜処理により形成された T i シリサイド膜の比抵抗は、従来の C V D - T i 膜成膜処理により形成された T i シリサイド膜の比抵抗に比して、略 1 / 2 以上低くなっていることがわかる。これにより、第 1 実施形態によれば、従来に比して、T i シリサイド膜の界面や表面の状態が大きく改善し、これに伴って T i シリサイド膜の抵抗をより一層低くすることができる。

#### 【0228】

（第 2 実施形態にかかる基板処理装置の構成例）

次に、本発明の第 2 実施形態にかかる基板処理装置の構成例を図面を参照しながら説明する。図 2 8 は第 2 実施形態にかかる基板処理装置の 1 例を示す概略構成図である。図 2 8 に示すように、この基板処理装置 1 0 1 は、略多角形状（例えば六角形状）に形成された 1 つ共通搬送室 1 0 2 と、真空引き可能に構成された複数（例えば 4 つ）の処理室 1 0 4 A ~ 1 0 4 D とを備える真空処理装置を有する。図 2 8 に示す基板処理装置 1 0 1 における真空処理装置の構成は、図 1 に示す基板処理装置 1 0 0 における第 1 真空処理装置の構成とほぼ同様である。基板処理装置 1 0 1 は、1 つの真空処理装置を 2 つのロードロック室 1 0 8 A、1 0 8 B を介して搬入側搬送室 1 1 0 に接続させた例である。このような構成の基板処理装置 1 0 1 においても本発明を適用することができる。

#### 【0229】

（処理室の構成例）

次に、図 2 8 に示す基板処理装置 1 0 1 における処理室の構成例を説明する。第 2 実施形態にかかる基板処理装置 1 0 1 においても、S i ウエハの S i 表面上の自然酸化膜などの異物をプラズマを用いない異物除去処理と、この異物除去処理が施された S i 表面上に

Ti膜を形成するTi膜形成処理と、Ti膜と下地(Si)との間で珪化反応を起こさせることによってTiシリサイドを形成するTiシリサイド形成処理を連続して実行するように構成することができる。

#### 【0230】

処理室104A～104Dのうち少なくとも2つの処理室の一方を異物除去処理室として構成し、他方の2つの処理室をそれぞれTi成膜処理室、Tiシリサイド形成処理室として構成する。また、異物除去処理は上述したように複数段階の処理、例えば生成物生成処理(COR処理)と生成物除去処理(例えばPH処理)を連続して実行するようにしてもよい。この場合には処理室104A～104Dのうちの2つの処理室をそれぞれ生成物生成処理室、生成物除去処理室として構成する。

10

#### 【0231】

ここで、基板処理装置101における処理室の構成例を図29に示す。図29に示す構成例は、共通搬送室102に接続される処理室104A、104B、104C、104DをそれぞれCOR処理室、PH処理室、Ti膜成膜処理室、Tiシリサイド形成処理室として構成したものである。

#### 【0232】

(ウエハの搬送処理)

このような図29に示す構成の基板処理装置101におけるウエハWの搬送処理について説明する。ウエハWに対する各処理室104A～104Dにおける処理の順序が上記の順序で行われるので、ウエハWの搬送経路は図29に示す実線矢印のようになる。

20

#### 【0233】

ここでは、一例として中央の導入ポート112Bに設置したカセット(キャリアも含む)から例えばコンタクトホール又はビアホールが形成された処理前ウエハWが取り出されるものとし、また2つのロードロック室108A、108Bのうちのいずれか一方のロードロック室、例えばロードロック室108Aを処理前ウエハWの搬入用に用い、他方のロードロック室108Bを処理済ウエハWの搬出用に用いる。今、各処理室104A～104D内にはそれぞれウエハWが収容されてそれぞれの処理が終了しているか、又はほぼ終了しかけているものとする。

#### 【0234】

まず、図29に示す搬入側搬送室110内のウエハWの搬送処理については、図13に示す場合と同様であるため、その詳細な説明は省略する。この場合、図29に示す搬送経路X31～X33はそれぞれ図13に示す搬送経路X11～X13に相当する。

30

#### 【0235】

次に、共通搬送室102内でのウエハの搬送処理について説明する。まず、搬送機構118により処理室104Dに収容されている処理済のウエハWを取りに行き、搬送経路Y31に示すようにこれを空き状態のロードロック室108B内に置く。次いで、搬送機構118により処理室104C内に収容されている処理済のウエハWを取りに行き、搬送経路Y32に示すようにこれを空き状態の処理室104D内へ搬入して置き、処理室104D内での処理を開始する。

#### 【0236】

続いて、搬送機構118により処理室104Bに収容されている処理済のウエハWを取りに行き、搬送経路Y33に示すようにこれを空き状態の処理室104C内へ搬入して置き、処理室104C内での処理を開始する。次いで、搬送機構118により処理室104A内に収容されている処理済のウエハWを取りに行き、搬送経路Y34に示すようにこれを空き状態の処理室104B内へ搬入して置き、処理室104B内での処理を開始する。

40

#### 【0237】

続いて、ロードロック室108A内で待機していた処理前のウエハWを搬送機構118によって取りに行き、搬送経路Y35に示すようにこれを上記空き状態の処理室104A内へ搬入して置き、この処理室104A内での処理を開始する。なお、ウエハWの搬出の際には、各ゲートバルブ106A～106D、107A、107Bのうち、ウエハWの

50

搬出入に必要なゲートバルブを開閉操作する。そして、各処理室 104A ~ 104D にてウエハ W の処理が完了する毎に上記の操作が繰り返し行われることになる。

【0238】

これにより、Siウエハ W の Si 表面上には、下地 (Si) との界面が非常にフラットで均一な Ti シリサイドを形成することができる。また、膜の密着性、強度が向上するのみならず、Siウエハ W の下地 (Si) にプラズマ起因のチャージアップダメージを負わせることを防止することができるので、ダメージのない配線加工を行うことができ、良好なコンタクト抵抗を有する膜を成膜することができる。

【0239】

なお、上記各処理室 104A ~ 104D の構成は図 29 に示すものに限られるものではない。例えば各処理室 104A ~ 104D のうちのどの処理室を COR 処理室、PHT 処理室、Ti 膜成膜処理室、Ti シリサイド形成処理室として構成してもよい。従って、Siウエハの搬送順序も、各処理室 104A ~ 104D のうちの COR 処理室、PHT 処理室、Ti 膜成膜処理室、Ti シリサイド形成処理室の順に搬送すれば、必ずしも各処理室 104A ~ 104D の順でなくてもよい。

10

【0240】

また、共通搬送室 102 に処理室 104A ~ 104D の他に、別の処理室を追加して接続し、その処理室を Ti N 膜成膜処理室として構成するようにしてもよい。これによれば、Ti シリサイド形成処理が終了した Siウエハを Ti N 膜成膜処理室に搬送して、Ti N 膜成膜処理についても連続して実行することができる。

20

【0241】

上記第 1 又は第 2 実施形態により詳述した本発明については、複数の機器から構成されるシステムに適用しても、1つの機器からなる装置に適用してもよい。上述した実施形態の機能を実現するソフトウェアのプログラムを記憶した記憶媒体等の媒体をシステム或いは装置に供給し、そのシステム或いは装置のコンピュータ（または CPU や MPU）が記憶媒体等の媒体に格納されたプログラムを読み出して実行することによっても、本発明が達成されることは言うまでもない。

【0242】

この場合、記憶媒体等の媒体から読み出されたプログラム自体が上述した実施形態の機能を実現することになり、そのプログラムを記憶した記憶媒体等の媒体は本発明を構成することになる。プログラムを供給するための記憶媒体等の媒体としては、例えば、フロッピー（登録商標）ディスク、ハードディスク、光ディスク、光磁気ディスク、CD-ROM、CD-R、CD-RW、DVD-ROM、DVD-RAM、DVD-RW、DVD+RW、磁気テープ、不揮発性のメモリカード、ROM、或いはネットワークを介したダウンロードなどを用いることができる。

30

【0243】

なお、コンピュータが読み出したプログラムを実行することにより、上述した実施形態の機能が実現されるだけでなく、そのプログラムの指示に基づき、コンピュータ上で稼動している OS などが実際の処理の一部または全部を行い、その処理によって上述した実施形態の機能が実現される場合も、本発明に含まれる。

40

【0244】

さらに、記憶媒体等の媒体から読み出されたプログラムが、コンピュータに挿入された機能拡張ボードやコンピュータに接続された機能拡張ユニットに備わるメモリに書き込まれた後、そのプログラムの指示に基づき、その機能拡張ボードや機能拡張ユニットに備わる CPU などが実際の処理の一部または全部を行い、その処理によって上述した実施形態の機能が実現される場合も、本発明に含まれる。

【0245】

以上、添付図面を参照しながら本発明の好適な実施形態について説明したが、本発明は係る例に限定されないことは言うまでもない。当業者であれば、特許請求の範囲に記載された範疇内において、各種の変更例または修正例に想到し得ることは明らかであり、それ

50

らについても当然に本発明の技術的範囲に属するものと了解される。

【0246】

例えば、上記実施形態においては、Si含有表面としてSiウエハのSi表面上に合金膜であるTiSi<sub>2</sub>膜を形成する場合について説明したが、これに限られるものではなく、Si含有表面としてSiウエハ上に形成されたポリシリコン(poly-Si)上に合金膜を形成するようにしてもよく、また金属シリサイド膜上に合金膜を形成するようにしてもよい。例えばCoSiやNiSiなどの金属シリサイド膜からなる裏打ち層で拡散層をカバーする場合には、その裏打ち層(金属シリサイド膜)を下地としてその上に合金膜(例えばTi-C膜、Ti-Ni膜など)を形成するようにしてもよい。

【0247】

また、上記実施形態においては、金属含有原料ガスとしてTiCl<sub>4</sub>ガスを用いた場合を例に挙げて説明したが、これに限定されるものではなく、Ti含有原料ガスならばどのようなものでもよい。例えば有機チタンとしてTDMA(ジメチルアミノチタニウム)、DEAT(ジエチルアミノチタン)等を用いることもできる。

【0248】

さらにまた、上記実施形態においては、金属含有原料ガスとしてTi含有原料ガスを用いてチタンシリサイド膜を形成する場合を例にとって説明したが、これに限定されず、例えば、Ni、Co、Pt、Mo、Ta、Hf、Zr等の金属含有原料ガスを用いてこれら金属のシリサイド膜を形成する場合にも同様な効果を得ることができる。

【産業上の利用可能性】

【0249】

本発明は、例えばSiウエハの表面や金属シリサイド層等のSi含有表面上に金属シリサイド膜を形成する基板処理を行う基板処理装置、基板処理方法、プログラム、プログラムを記録した記録媒体に適用可能である。

【図面の簡単な説明】

【0250】

【図1】本発明の第1実施形態にかかる基板処理装置の構成例を示す断面図である。

【図2】同実施形態におけるSiウエハの膜構造の具体例を示す模式図である。

【図3】同実施形態にかかるウエハ処理を説明するための工程図である。

【図4】図3に示す各工程におけるコンタクトホール底部(A部)の膜構造を拡大した模式図である。

【図5】図4の比較例についてのコンタクトホール底部(A部)の膜構造を拡大した模式図である。

【図6】SiウエハのSi表面上にTi膜を成膜する際の成膜レートとウエハの設定温度との関係をグラフで示した図である。

【図7】Ti膜成膜処理の具体例としてのCVD-Ti膜成膜処理におけるガス供給態様の1例を示す図である。

【図8】Ti膜成膜処理の具体例としてのALD-Ti膜成膜処理におけるガス供給態様の1例を示す図である。

【図9】Ti膜成膜処理の具体例としてのALD-Ti膜成膜処理におけるガス供給態様の他の例を示す図である。

【図10】Ti膜成膜処理の具体例としてのALD-Ti膜成膜処理におけるガス供給態様のさらに他の例を示す図である。

【図11】Ti膜成膜処理の具体例としてのSFD-Ti膜成膜処理におけるガス供給態様の1例を示す図である。

【図12】SiウエハのSi表面上のTi膜を熱処理したときのウエハの設定温度と、Tiシリサイドの比抵抗及びこの比抵抗のウエハ面内均一性の関係をグラフに示した図である。

【図13】図1に示す基板処理装置における処理室の構成例を示す図である。

【図14】同実施形態にかかるCOR処理室の構成例を示す断面図である。

10

20

30

40

50

【図 15】同実施形態にかかる P H T 処理室の構成例を示す断面図である。  
 【図 16】同実施形態にかかる T i 膜成膜処理室の構成例を示す断面図である。  
 【図 17】同実施形態にかかる T i N 膜成膜処理室の構成例を示す断面図である。  
 【図 18】図 1 に示す基板処理装置における処理室の他の構成例を示す図である。  
 【図 19】図 1 に示す制御部（システムコントローラ）の構成例を示すブロック図である。

【図 20】同実施形態における E C（装置制御部）の構成例を示すブロック図である。  
 【図 21】本実施形態にかかるウエハ処理によって形成された T i 膜の断面の走査型電子顕微鏡（S E M）写真を示す図である。

【図 22】本実施形態にかかるウエハ処理によって形成された C 4 9 相 T i シリサイド膜（T i S i<sub>2</sub> 膜）の断面の走査型電子顕微鏡（S E M）写真を示す図である。 10

【図 23】本実施形態にかかるウエハ処理によって形成された T i 膜，C 4 9 相 T i シリサイド膜（T i S i<sub>2</sub> 膜），C 5 4 相 T i シリサイド膜（T i S i<sub>2</sub> 膜）の X 線回折プロファイルを示す図である。

【図 24】従来のウエハ処理によって形成された C 4 9 相 T i シリサイド膜（T i S i<sub>2</sub> 膜）の断面の走査型電子顕微鏡（S E M）写真を示す図である。

【図 25】本実施形態にかかるウエハ処理によって形成された C 4 9 相 T i シリサイド膜（T i S i<sub>2</sub> 膜）の表面の走査型電子顕微鏡（S E M）写真を示す図である。

【図 26】従来のウエハ処理によって形成された C 4 9 相 T i シリサイド膜（T i S i<sub>2</sub> 膜）の表面の走査型電子顕微鏡（S E M）写真を示す図である。 20

【図 27】本実施形態にかかる A L D - T i 膜成膜処理により形成された T i シリサイド膜の比抵抗と，従来の C V D - T i 膜成膜処理により形成された T i シリサイド膜の比抵抗との測定結果を示す図である。

【図 28】本発明の第 2 実施形態にかかる基板処理装置の構成例を示す断面図である。

【図 29】図 28 に示す基板処理装置における処理室の構成例を示す図である。

【図 30】半導体デバイスの配線構造を示す模式図である。

【符号の説明】

【0251】

100, 101 基板処理装置

102 第 1 共通搬送室 30

104 (104A ~ 104F) 処理室

105 (105A ~ 105F) 載置台

106A ~ 106F ゲートバルブ

107A, 107B ゲートバルブ

108 (108A, 108B) ロードロック室

109 (109A, 109B) 搬送口

110 搬入側搬送室

112 (112A ~ 112C) 導入ポート

112B 導入ポート

114 オリエンタ 40

116 搬入側搬送機構

116A, 116B ピック

118 第 1 搬送機構

118A, 118B ピック

120 第 2 共通搬送室

122 パス部

124 第 2 搬送機構

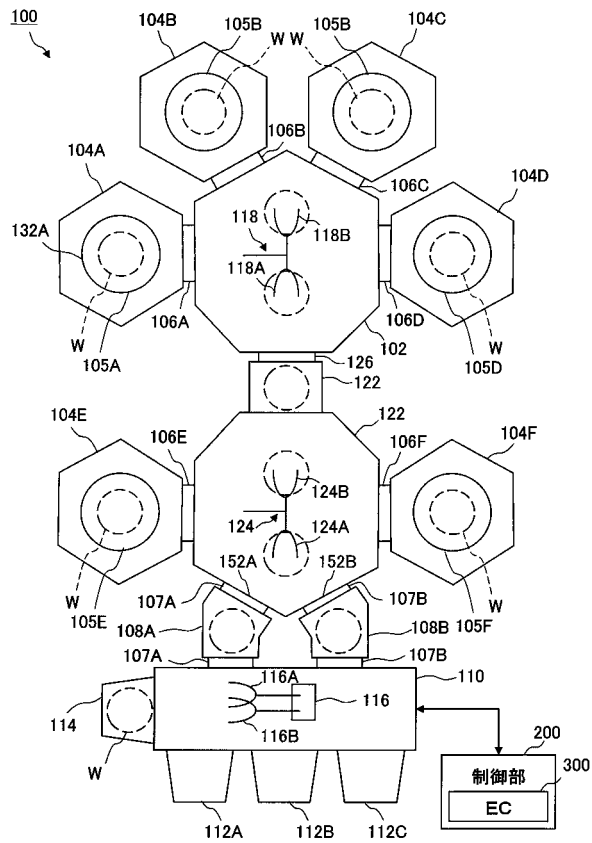
124A, 124B ピック

126 ゲートバルブ

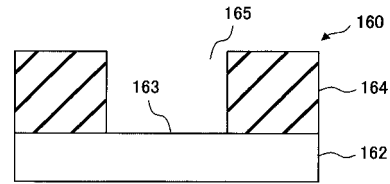
160 S i ウエハ（シリコンウエハ） 50

1 6 1	界面	
1 6 2	ベア基板	
1 6 3	S i 表面	
1 6 4	層間絶縁膜	
1 6 5	コンタクトホール	
1 6 6	T i シリサイド膜 ( チタンシリサイド膜 )	
1 7 2	ベア基板	
1 7 3	異物	
1 7 7	T i シリサイド膜	
2 0 0	制御部 ( システムコントローラ )	10
3 0 0	E C ( 装置制御部 )	
3 1 0	C P U	
3 2 0	R A M	
3 3 0	表示手段	
3 4 0	入出力手段	
3 5 0	報知手段	
3 6 0	プログラムデータ記憶手段	
3 6 2	搬送処理プログラム	
3 6 4	プロセス処理プログラム	
3 7 0	処理データ記憶手段	20
3 7 4	プロセス処理情報	
4 0 0	励起ガス反応処理室	
5 0 0	熱処理室	
6 0 0	プラズマ C V D 処理室	
7 0 0	プラズマ C V D 処理室	
W	ウエハ ( S i ウエハ )	

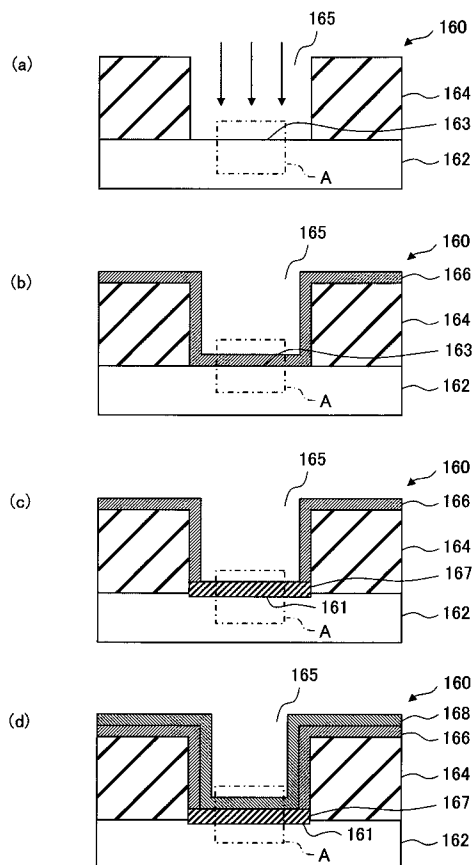
【図 1】



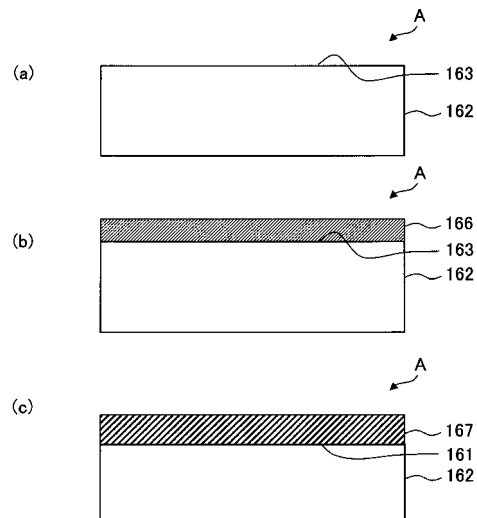
【図 2】



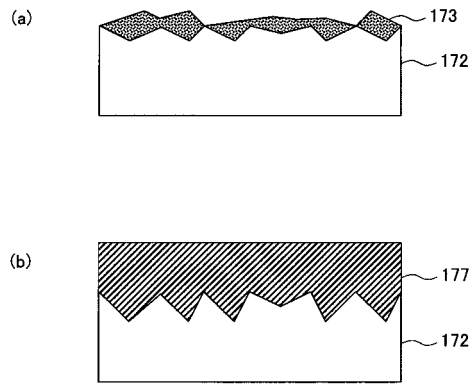
【図 3】



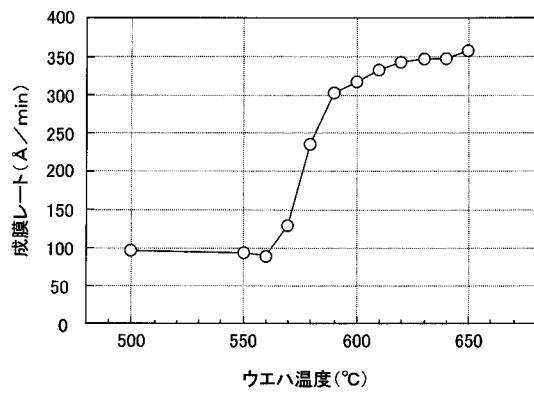
【図 4】



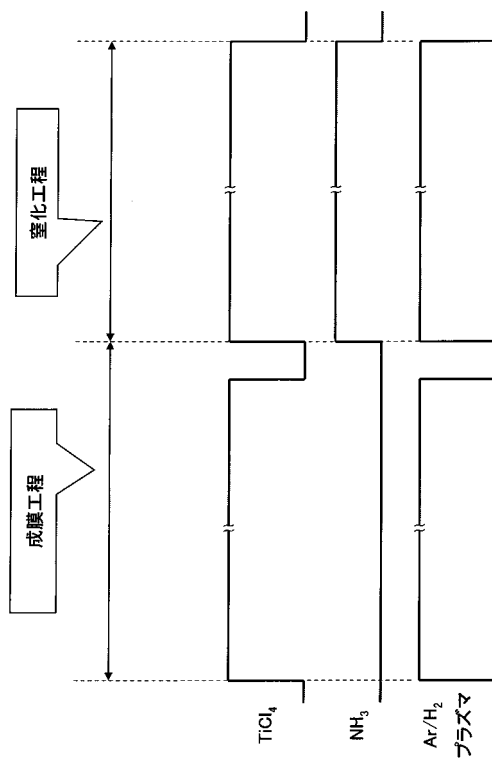
【図 5】



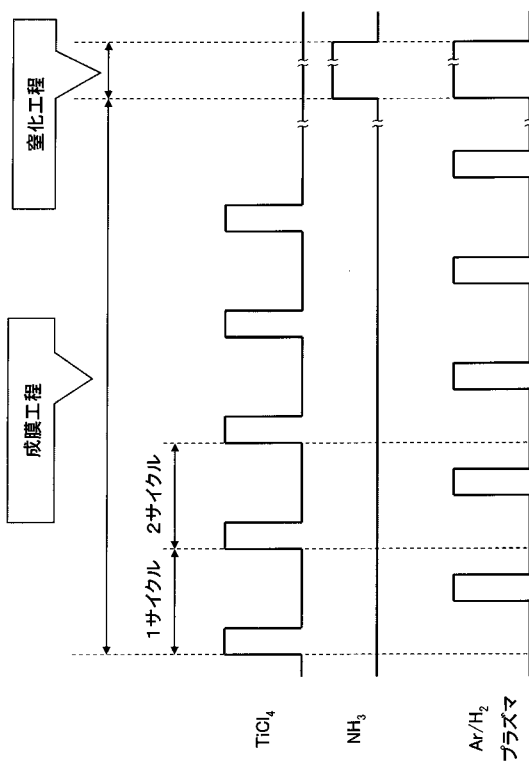
【図 6】



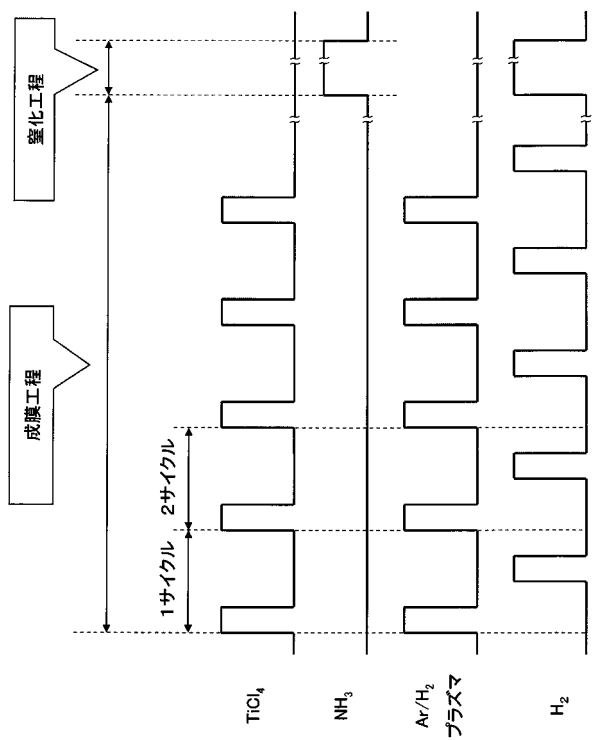
【図 7】



【図 8】

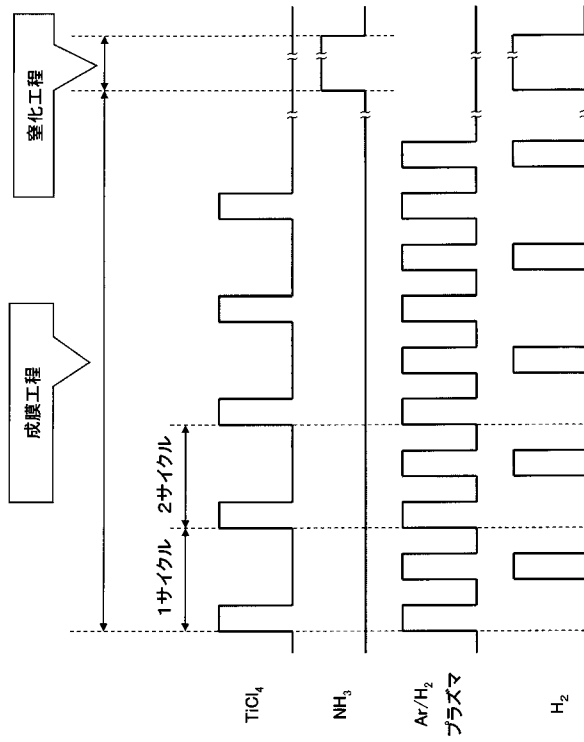


【図 9】

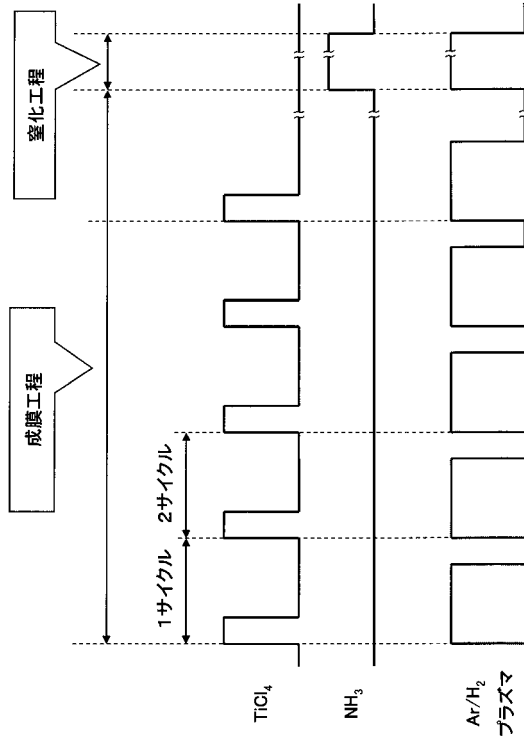




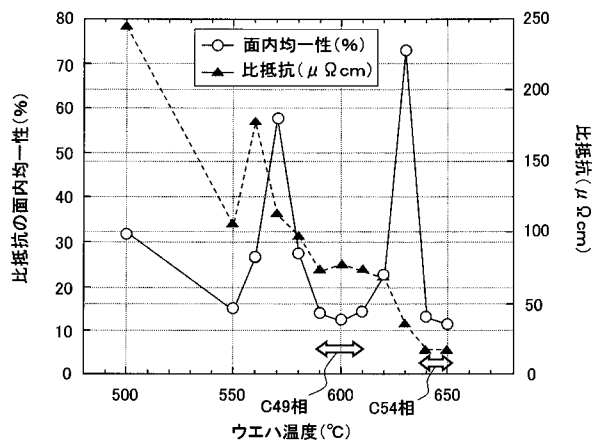
【図10】



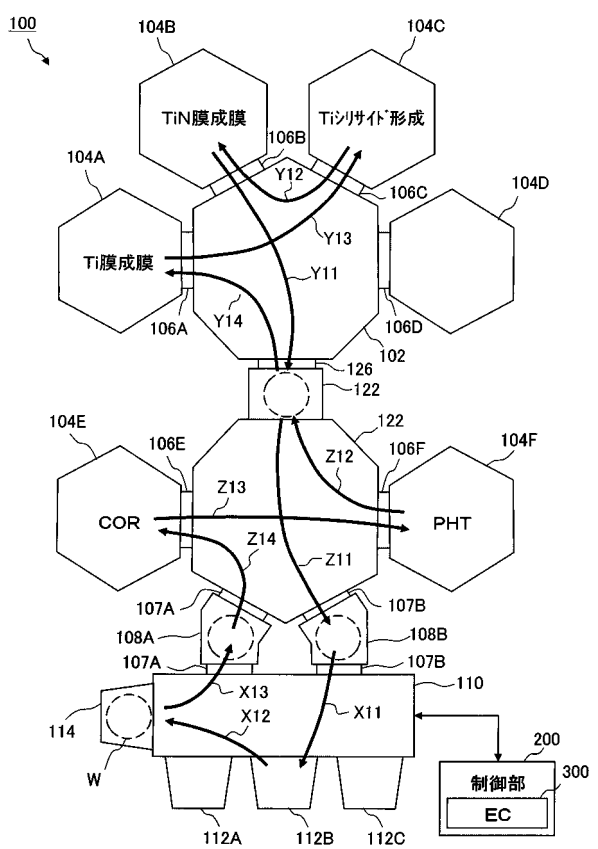
【図11】



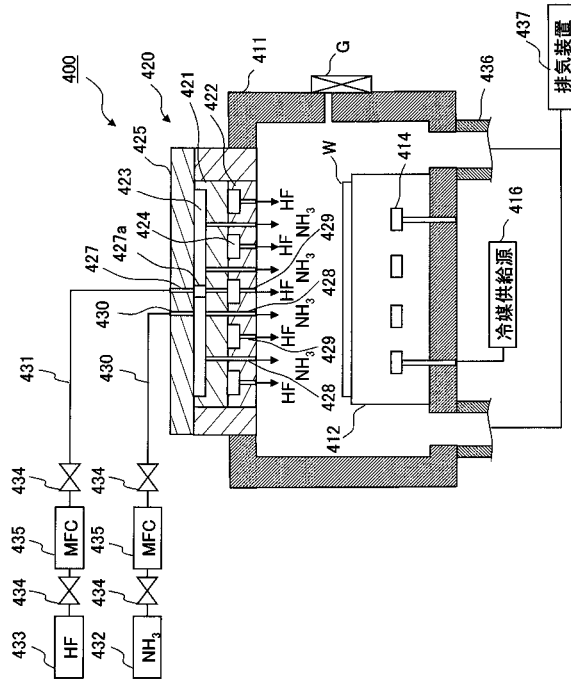
【図12】



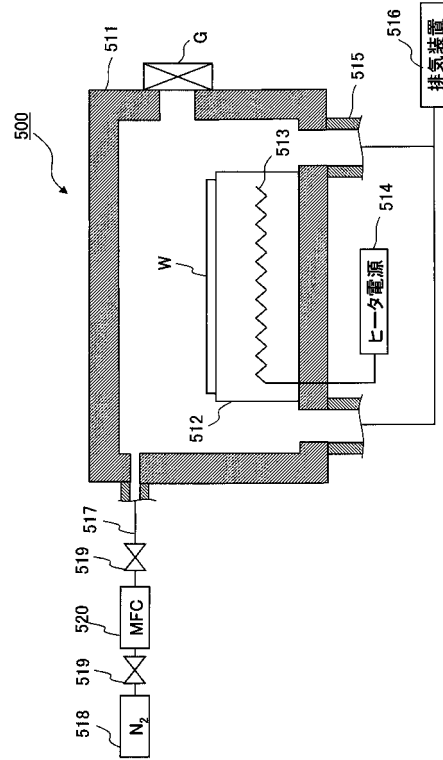
【図13】



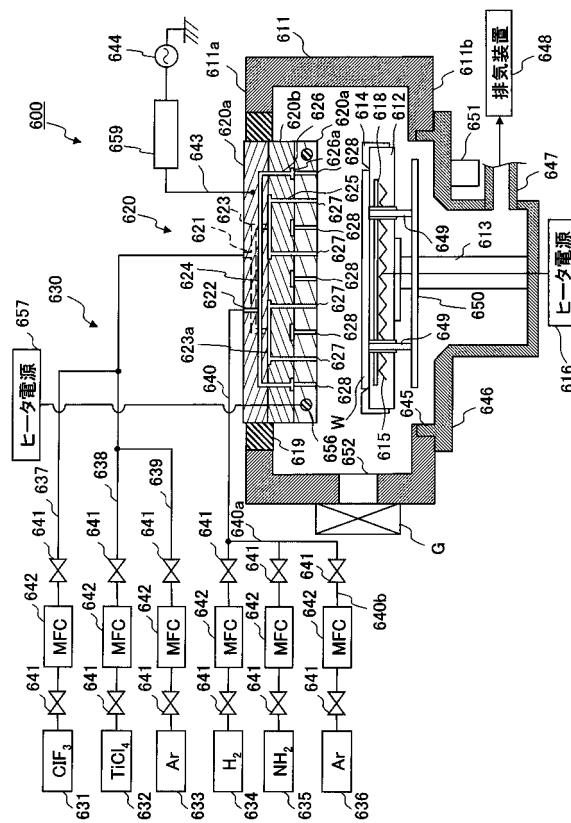
【図 14】



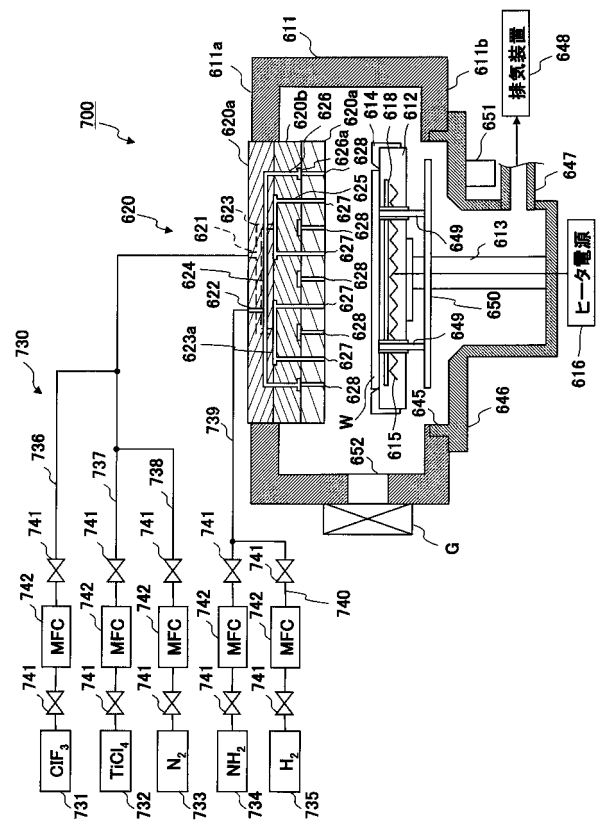
【図 15】



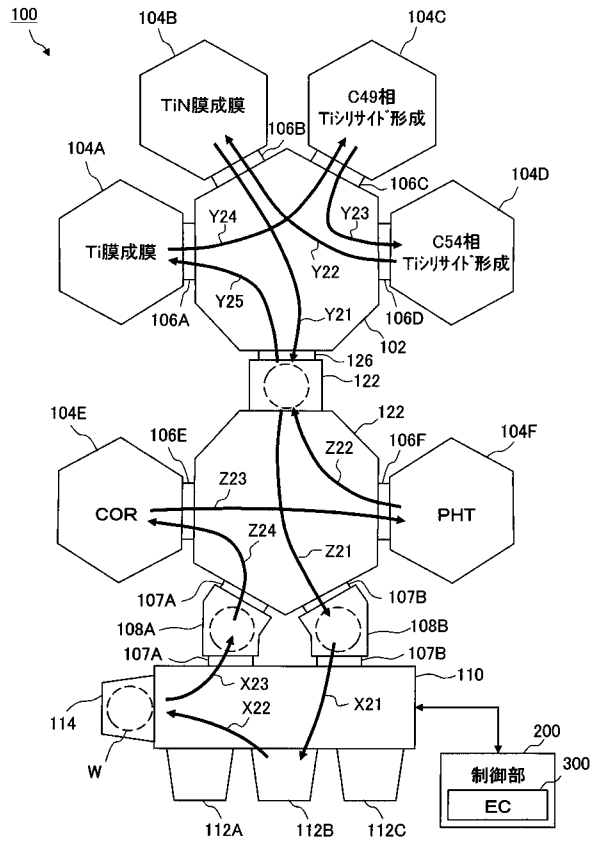
【図 16】



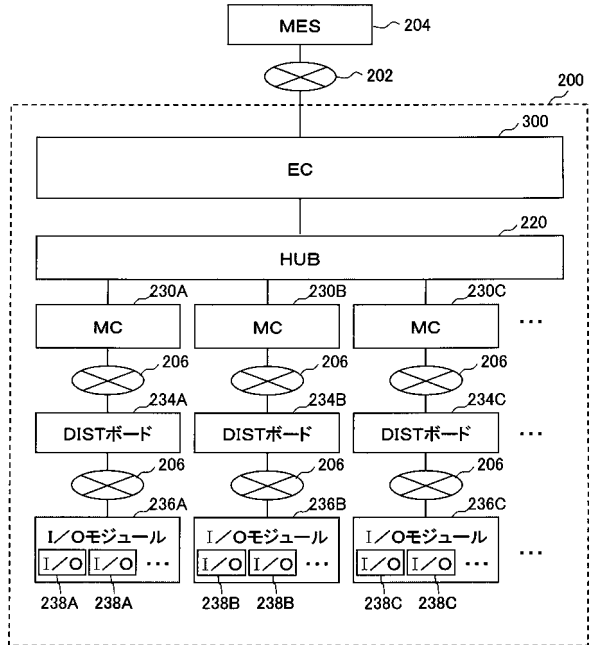
【図 17】



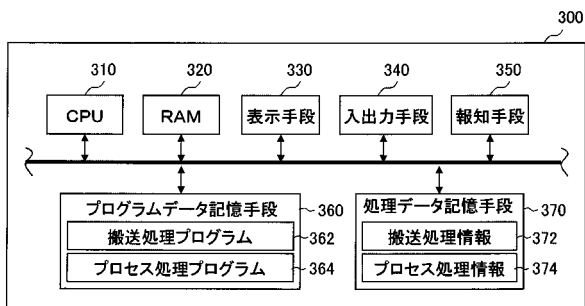
【図18】



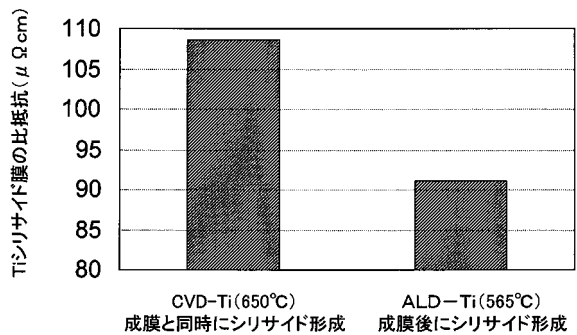
【図19】



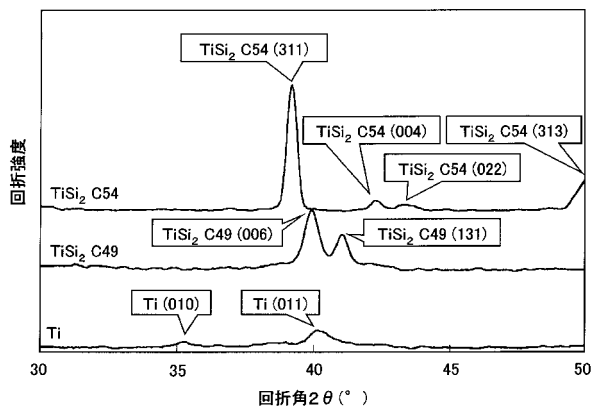
【図20】



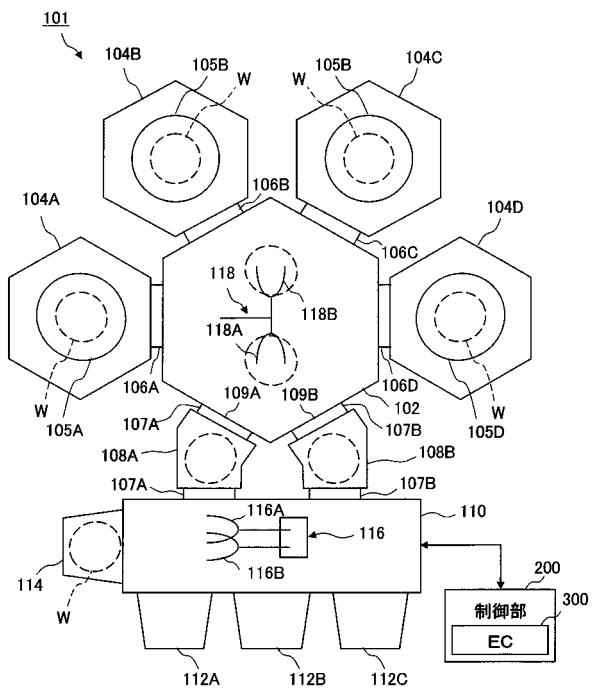
【図27】



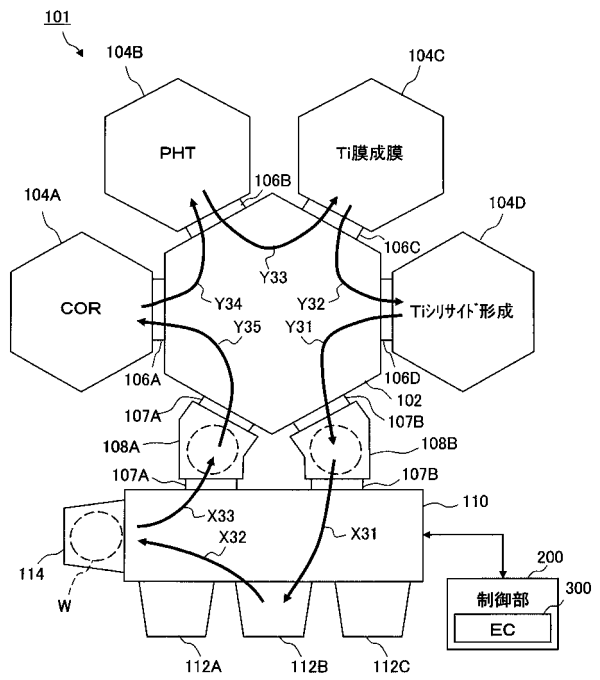
【図23】



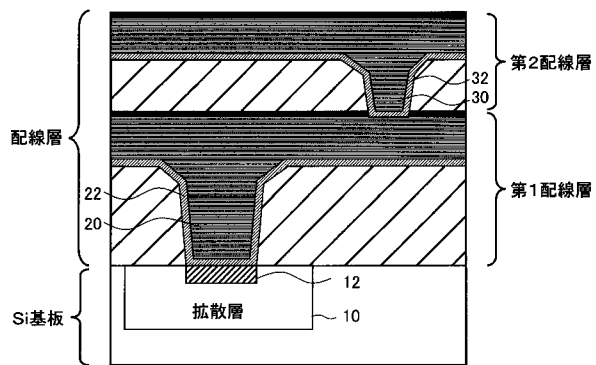
【図28】



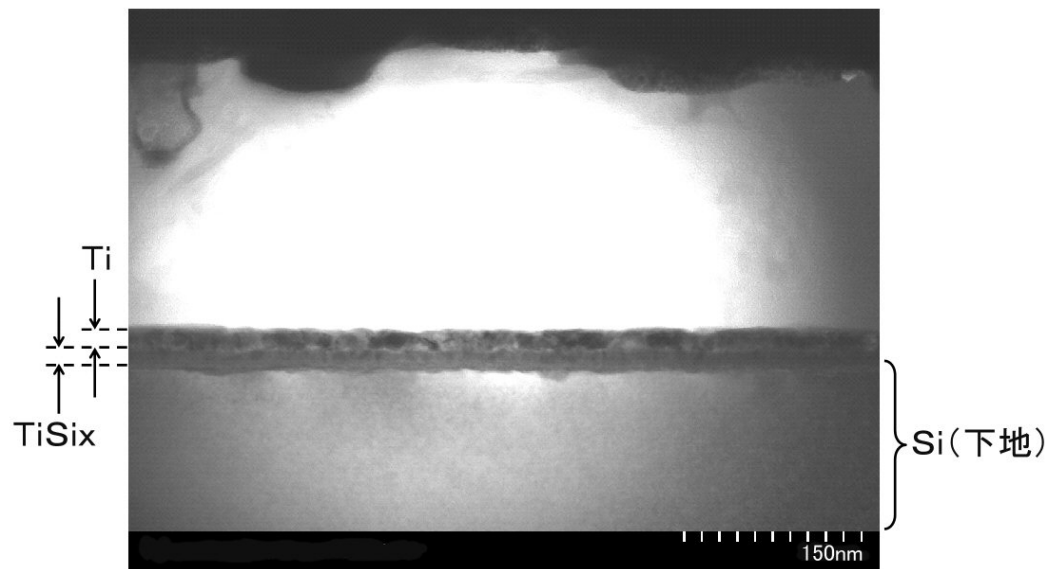
【図29】



【図30】



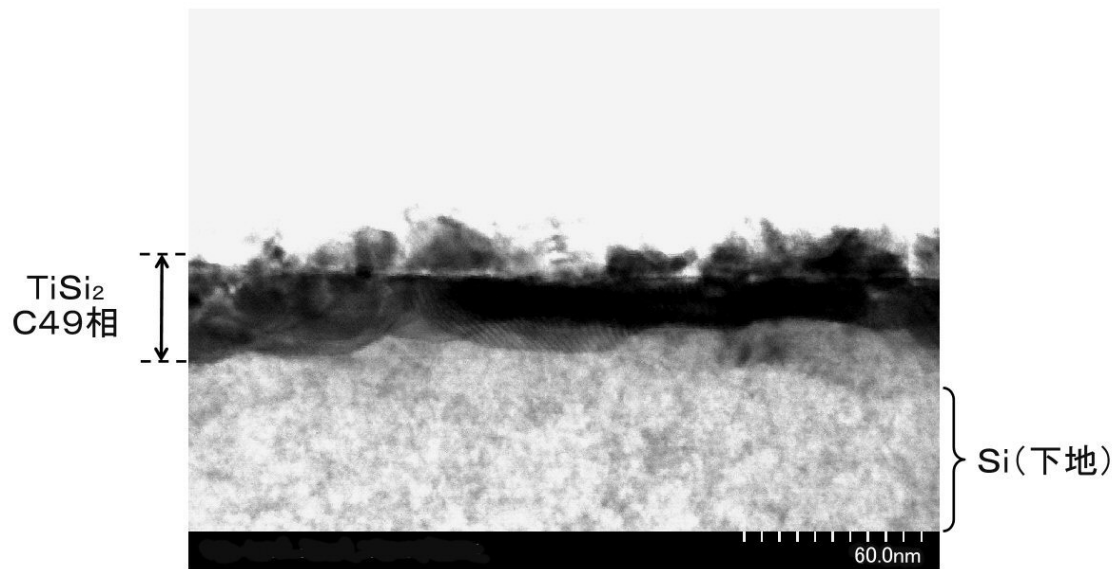
【図 2 1】



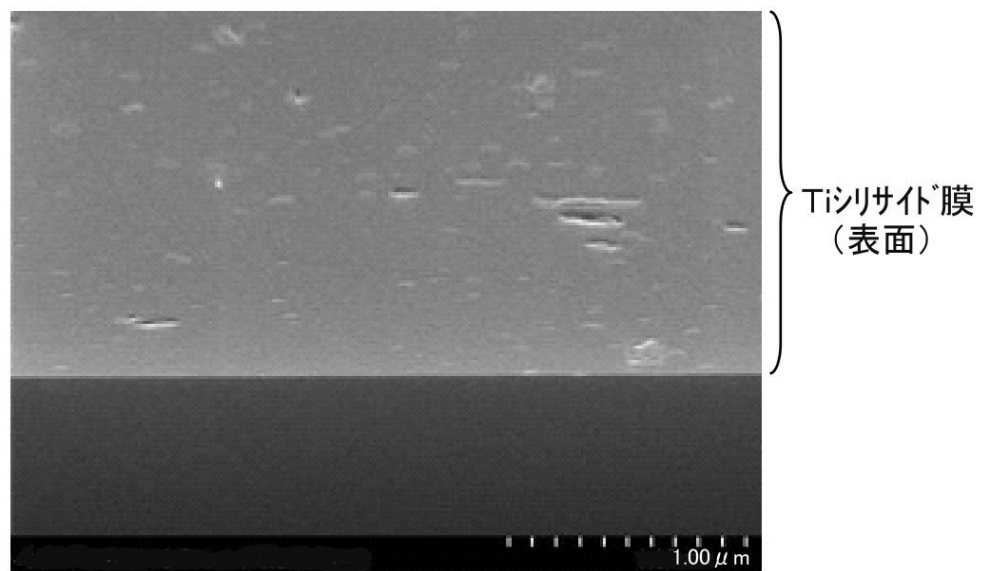
【図 2 2】



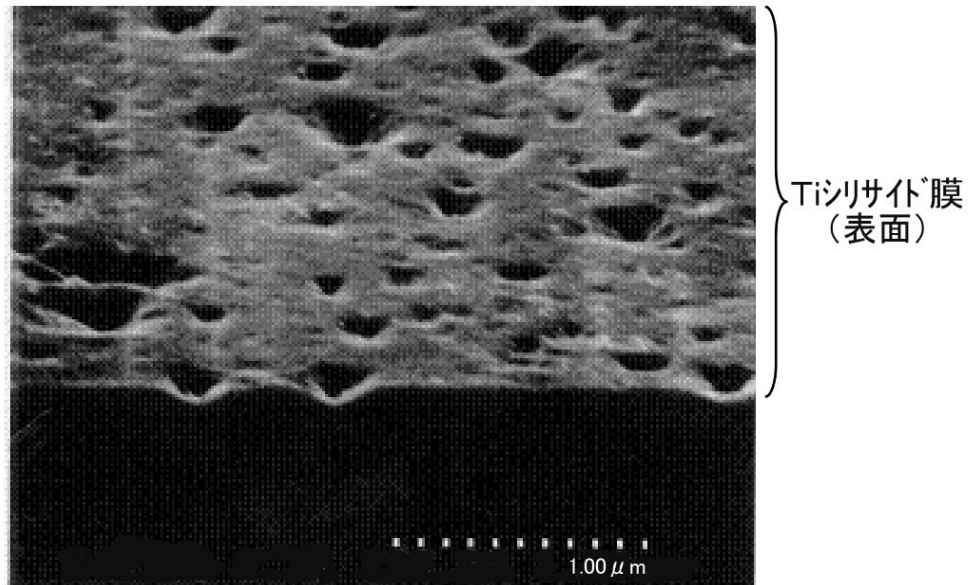
【図 24】



【図 25】



【図 26】



---

フロントページの続き

(72)発明者 山内 晋

東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放送センター 東京エレクトロン株式会社内

審査官 安田 雅彦

(56)参考文献 特開2002-016018(JP,A)

特開平11-145078(JP,A)

特開平04-296021(JP,A)

特開2004-343094(JP,A)

特開2005-248231(JP,A)

特開平10-012723(JP,A)

特開2005-244244(JP,A)

特開2005-039185(JP,A)

特開平05-006880(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/28

H01L 21/768

H01L 21/3065

H01L 21/3205