

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6492736号  
(P6492736)

(45) 発行日 平成31年4月3日(2019.4.3)

(24) 登録日 平成31年3月15日(2019.3.15)

(51) Int.Cl.		F I	
<b>C 2 3 C</b> 16/52	<b>(2006.01)</b>	C 2 3 C	16/52
<b>C 2 3 C</b> 16/44	<b>(2006.01)</b>	C 2 3 C	16/44 G
<b>H O 1 L</b> 21/683	<b>(2006.01)</b>	H O 1 L	21/68 N

請求項の数 5 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2015-28939 (P2015-28939)	(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
(22) 出願日	平成27年2月17日(2015.2.17)	(74) 代理人	110002756 特許業務法人弥生特許事務所
(65) 公開番号	特開2016-151042 (P2016-151042A)	(74) 代理人	100091513 弁理士 井上 俊夫
(43) 公開日	平成28年8月22日(2016.8.22)	(72) 発明者	山▲崎▼ 英亮 東京都港区赤坂五丁目3番1号 赤坂B i zタワー 東京エレクトロン株式会社内
審査請求日	平成29年12月19日(2017.12.19)	(72) 発明者	浦野 智也 東京都港区赤坂五丁目3番1号 赤坂B i zタワー 東京エレクトロン株式会社内
		審査官	若土 雅之

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 基板処理装置及び基板処理方法並びに記憶媒体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

真空雰囲気にて基板に処理ガスを供給して処理を行う基板処理装置において、  
真空容器内に設けられた基板の載置台と、  
前記真空容器内に処理ガスを供給するガス供給部と、  
前記真空容器内を真空排気する真空排気部と、  
前記載置台の表面から上方に突出する上昇位置と当該表面の高さと同じかそれよりも低い下降位置との間で昇降し、前記載置台上の基板を保持して昇降させる昇降部材と、  
前記載置台上に載置された基板に薄膜を形成するための成膜用のガスを供給し、次いで薄膜を窒化するための窒化用のガスを供給すると共に真空容器内の設定圧力を第1の圧力に設定する第1のステップと、その後、前記設定圧力を第1の圧力よりも低い第2の圧力に変更する第2のステップと、前記窒化用のガスが、真空容器内に残存している成膜用のガスを消費するのに必要な時間が経過した後から設定圧力を第2の圧力に変更する前までの間、または変更と同時に前記昇降部材により基板を載置台から上昇させる第3のステップと、前記第3のステップの後、前記昇降部材を前記下降位置へ下降させる第4のステップと、を実行するように制御信号を出力する制御部と、を備え、  
前記制御部は、基板が真空容器内に搬入された後、当該基板が真空容器から搬出されるまでの間に第1のステップと第2のステップとを含むシーケンスを複数回繰り返すように制御信号を出力し、  
前記昇降部材は、外部の搬送機構と載置台との間で基板の受け渡しを行うための3本以

10

20

上のピンであり、

前記載置台の表面の算術平均表面粗さは10 μm以上であり、

前記第3のステップにて載置台から上昇した基板の位置は、前記外部の搬送機構との間で基板の受け渡しを行う受け渡し位置よりも低い位置であることを特徴とする基板処理装置。

【請求項2】

前記第2の圧力は、圧力の設定範囲の最小の圧力であることを特徴とする請求項1記載の基板処理装置。

【請求項3】

前記第2の圧力と第1の圧力との圧力差は、100 Pa以上であることを特徴とする請求項1または2に記載の基板処理装置。

【請求項4】

真空雰囲気にて基板に処理ガスを供給して処理を行う基板処理方法において、表面の算術平均表面粗さが10 μm以上である載置台と、外部の搬送機構と載置台との間で基板の受け渡しを行うための3本以上のピンからなる昇降部材と、を用い、

真空容器内に設けられた基板の載置台に基板を載置する工程と、  
前記載置台上に載置された基板に薄膜を形成するための成膜用のガスを供給し、次いで薄膜を窒化するための窒化用のガスを供給すると共に真空容器内の設定圧力を第1の圧力に設定する第1の工程と、

その後、前記設定圧力を第1の圧力よりも低い第2の圧力に変更する第2の工程と、  
前記窒化用のガスが、真空容器内に残存している成膜用のガスを消費するのに必要な時間が経過した後から設定圧力を第2の圧力に変更する前までの間、または変更と同時に前記昇降部材により基板を載置台から上昇させる第3の工程と、

前記第3の工程の後、前記昇降部材を前記載置台の表面の高さと同じかそれよりも低い位置へ下降させる第4の工程と、を含み、

基板が真空容器内に搬入された後、当該基板が真空容器から搬出されるまでの間に第1の工程と第2の工程とを含むシーケンスを複数回繰り返し、

前記第3の工程にて載置台から上昇した基板の位置は、前記外部の搬送機構との間で基板の受け渡しを行う受け渡し位置よりも低い位置であることを特徴とする基板処理方法。

【請求項5】

真空容器内の載置台に載置された基板に対し、真空雰囲気を維持しながら処理ガスを供給して処理を行う基板処理装置に用いられるコンピュータプログラムを記憶する記憶媒体であって、

前記コンピュータプログラムは、請求項4に記載された基板処理方法を実行するようにステップが組み立てられていることを特徴とする記憶媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、真空雰囲気にて基板に処理ガスを供給して処理を行う技術に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体製造工程においては、半導体ウエハ（以下「ウエハ」という）に形成された配線間のコンタクト部の抵抗を低減するために、金属の埋め込みに先立ってホールの内側にTi（チタン）膜を形成し、その表面を窒化处理するプロセスがある。

例えばTi膜はCVD (Chemical vapor deposition)法により形成され、このCVD法では、チャンバ内に設けられた下部電極を兼ねる載置台上にウエハを載置し、チャンバ内を所定の真空度に維持すると共に、上部電極を兼ねるシャワーヘッドから処理ガスを供給する。そして例えばシャワーヘッドに高周波を印加してプラズマを発生させることにより、処理ガスを活性化して化学反応を生じさせ、その反応物をウエハ表面に堆積させて成膜を行っている。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 0 3 】

Ti膜は処理ガスとして例えばTiCl<sub>4</sub>ガスとH<sub>2</sub>ガスをチャンバ内に供給し、これらをプラズマ化して成膜され、その表面の窒化処理はチャンバ内に窒化ガスである例えばNH<sub>3</sub>ガスを供給することにより行われる。

窒化処理が終了した後はチャンバ内からNH<sub>3</sub>ガスを排出するためチャンバ内の圧力が低下するが、このときにウエハが載置台表面において移動するウエハ滑り現象の発生が認められている。この現象が起こると、載置台表面に堆積していた薄膜がウエハの滑りによる擦れにより剥離して、パーティクルが発生するおそれがある。

## 【 0 0 0 4 】

プラズマ処理を行うプロセスでは、プラズマ発生時の異常放電を抑制するために金属製のメカチャックを用いることができず、400度以上のプロセスでは、耐熱温度を越えてしまうことから静電チャックを用いることができないため、チャックを用いてウエハの滑りを抑制することはできない。

また本発明者らはTi膜の成膜処理と窒化処理とを複数回繰り返すことによって膜厚の増加を図ることを検討している。この場合にはチャンバからNH<sub>3</sub>ガスを排出する度に滑り現象が発生するおそれがあり、パーティクルの問題に加えて、膜厚の面内均一性の悪化も懸念される。

## 【 0 0 0 5 】

特許文献1には、載置台表面の周縁部にウエハをガイドするためのガイドリングを設ける構成が記載されている。この構成によれば、成膜処理中に滑り現象が発生したとしてもウエハの移動範囲が規制されるため、外部の搬送機構との間においてウエハの受け渡しを行うことができる。しかしながらウエハが滑ってガイドリングに接触すると、ガイドリングに堆積していた薄膜が剥離してパーティクルが発生するおそれがある。またウエハが滑ってガイドリングに近付き過ぎると、成膜ガスの濃度分布に偏りが生じて膜厚の面内均一性が悪化したり、ウエハ裏面のコンタミネーションが部分的に増加する懸念がある。

## 【 0 0 0 6 】

特許文献2には、ウエハを載置台から所定距離分離隔するように上昇させた状態で窒素ガスをプラズマ化して窒化処理を行う例が記載されている。この例では、ウエハ裏面側周縁部分をプラズマに接触させることにより、ウエハ表面の周縁部において窒化に寄与する活性種を増加させ、ウエハの中央部と周縁部との窒素導入量差を小さくして、面内均一性の高い窒化処理を実現している。しかしながらこの例においては、処理中の載置台上のウエハの滑りについては考慮されていないため、本発明の課題を解決することは困難である。

## 【 先行技術文献 】

## 【 特許文献 】

## 【 0 0 0 7 】

【特許文献1】特開2012-72475号公報：段落0020、図1等

【特許文献2】再公表2009-8474号公報：段落0038、0043～0046等

## 【 発明の概要 】

## 【 発明が解決しようとする課題 】

## 【 0 0 0 8 】

本発明はこのような事情に鑑みてなされたものであり、その目的は、真空雰囲気にて基板に処理ガスを供給して処理を行うにあたり、圧力変動に伴う載置台上の基板の滑りを抑制する技術を提供することにある。

## 【 課題を解決するための手段 】

## 【 0 0 0 9 】

このため本発明の基板処理装置は、

真空雰囲気にて基板に処理ガスを供給して処理を行う基板処理装置において、

真空容器内に設けられた基板の載置台と、

前記真空容器内に処理ガスを供給するガス供給部と、

10

20

30

40

50

前記真空容器内を真空排気する真空排気部と、  
 前記載置台の表面から上方に突出する上昇位置と当該表面の高さと同じかそれよりも低い下降位置との間で昇降し、前記載置台上の基板を保持して昇降させる昇降部材と、  
 前記載置台上に載置された基板に薄膜を形成するための成膜用のガスを供給し、次いで薄膜を窒化するための窒化用のガスを供給すると共に真空容器内の設定圧力を第1の圧力に設定する第1のステップと、その後、前記設定圧力を第1の圧力よりも低い第2の圧力に変更する第2のステップと、前記窒化用のガスが、真空容器内に残存している成膜用のガスを消費するのに必要な時間が経過した後から設定圧力を第2の圧力に変更する前までの間、または変更と同時に前記昇降部材により基板を載置台から上昇させる第3のステップと、前記第3のステップの後、前記昇降部材を前記下降位置へ下降させる第4のステップと、を実行するように制御信号を出力する制御部と、を備え、

10

前記制御部は、基板が真空容器内に搬入された後、当該基板が真空容器から搬出されるまでの間に第1のステップと第2のステップとを含むシーケンスを複数回繰り返すように制御信号を出力し、

前記昇降部材は、外部の搬送機構と載置台との間で基板の受け渡しを行うための3本以上のピンであり、

前記載置台の表面の算術平均表面粗さは10 μm以上であり、

前記第3のステップにて載置台から上昇した基板の位置は、前記外部の搬送機構との間で基板の受け渡しを行う受け渡し位置よりも低い位置であることを特徴とする。

【0010】

20

本発明の基板処理方法は、  
 真空雰囲気にて基板に処理ガスを供給して処理を行う基板処理方法において、  
表面の算術平均表面粗さが10 μm以上である載置台と、外部の搬送機構と載置台との間で基板の受け渡しを行うための3本以上のピンからなる昇降部材と、を用い、

真空容器内に設けられた基板の載置台に基板を載置する工程と、  
 前記載置台上に載置された基板に薄膜を形成するための成膜用のガスを供給し、次いで薄膜を窒化するための窒化用のガスを供給すると共に真空容器内の設定圧力を第1の圧力に設定する第1の工程と、

その後、前記設定圧力を第1の圧力よりも低い第2の圧力に変更する第2の工程と、  
前記窒化用のガスが、真空容器内に残存している成膜用のガスを消費するのに必要な時間が経過した後から設定圧力を第2の圧力に変更する前までの間、または変更と同時に前記昇降部材により基板を載置台から上昇させる第3の工程と、

30

前記第3の工程の後、前記昇降部材を前記載置台の表面の高さと同じかそれよりも低い位置へ下降させる第4の工程と、を含み、

基板が真空容器内に搬入された後、当該基板が真空容器から搬出されるまでの間に第1の工程と第2の工程とを含むシーケンスを複数回繰り返し、

前記第3の工程にて載置台から上昇した基板の位置は、前記外部の搬送機構との間で基板の受け渡しを行う受け渡し位置よりも低い位置であることを特徴とする。

40

【0011】

本発明の記憶媒体は、  
 真空容器内の載置台に載置された基板に対し、真空雰囲気を維持しながら処理ガスを供給して処理を行う基板処理装置に用いられるコンピュータプログラムを記憶する記憶媒体であって、

前記コンピュータプログラムは、前記基板処理方法を実行するようにステップが組み込まれていることを特徴とする。

50

## 【発明の効果】

## 【0012】

本発明によれば、真空雰囲気にて基板に処理ガスを供給して処理を行うにあたり、載置台上に載置された基板に処理ガスを供給すると共に真空容器内の設定圧力を第1の圧力に設定し、その後前記設定圧力を第1の圧力よりも低い第2の圧力に変更している。そして前記設定圧力を変更する前または変更と同時に昇降部材により基板を載置台から上昇させている。

第1の圧力から第2の圧力に設定圧力を変更したときに、載置台表面と基板との間に入り込んだ処理ガスが排出され、この処理ガスの流れが載置台表面の基板に作用する。設定圧力を変更するときに昇降部材により基板を載置台から上昇させると、前記基板が前記処理ガスの流れの影響を受けにくくなり、処理中における載置台上の基板の滑りを抑制することができる。

10

## 【図面の簡単な説明】

## 【0013】

【図1】本発明の実施形態にかかる基板処理装置を示す縦断面図である。

【図2】本発明の実施形態にかかる基板処理装置を示す縦断面図である。

【図3】本発明の実施形態にかかる基板処理装置を示す縦断面図である。

【図4】本発明の実施形態にかかる基板処理装置を示す縦断面図である。

【図5】基板処理装置において実施される成膜処理の一例を示す工程図である。

【図6】評価試験の結果を示す特性図である。

20

【図7】評価試験の結果を示す特性図である。

【図8】評価試験の結果を示す特性図である。

## 【発明を実施するための形態】

## 【0014】

以下、本発明の実施形態にかかる基板処理装置の構成例について、図1を参照しながら説明する。この基板処理装置は例えばTi膜をプラズマCVDによって成膜する処理を実施するものであり、気密な略円筒状の真空容器2を備えている。

真空容器2の底壁の中央部には下方に向けて突出する例えば円筒状の排気室21が形成され、排気室21には例えば側面に排気路22が接続されている。この排気路22には例えばバタフライバルブからなる圧力調整バルブなどを備えた圧力調整部23を介して真空排気部24が接続され、真空容器2内が所定の真空圧力まで減圧できるように構成されている。また真空容器2の側面には、図示しない搬送室との間でウエハWの搬入出を行うための搬送口25が形成され、この搬送口25はゲートバルブ26により開閉自在に構成されている。

30

## 【0015】

真空容器2内にはウエハWを略水平に保持するための載置台3が設けられており、この載置台3は例えば円筒状の支持部材31により下面中央を支持された状態で配置されている。載置台3は、例えば窒化アルミニウム(AlN)等のセラミックスから構成されると共に、その表面は例えばニッケル(Ni)等により被覆されている。載置台3の表面の算術平均表面粗さは例えば10μm以上に設定され、載置台3表面の周縁部にはウエハWをガイドするためのガイドリング32が設けられている。載置台3として、例えば窒化アルミニウム単体のセラミックスを用いることもできるし、載置台全体をニッケルのような金属材料により構成してもよい。

40

## 【0016】

算術平均表面粗さ(以下「平均表面粗さRa」という)とは、粗さ曲線からその平均線の方に基準長さlだけを抜き取り、基準長さlの平均線の方にX軸を、縦倍率の方にY軸を取って、基準長さlの平均線から測定曲線までの偏差の絶対値を合計し、平均した値である。粗さ曲線を $y = f(x)$ で表すと、次式により求められる。

$$Ra = \frac{1}{l} \int_0^l |f(x)| dx$$

## 【 0 0 1 7 】

また載置台 3 には例えば接地された下部電極 3 3 が埋設されると共に、この下部電極 3 3 の下方には加熱機構 3 4 が埋め込まれており、後述する制御部 1 0 0 からの制御信号に基づいて、図示しない電源部から給電されることによってウエハ W が設定温度例えば 4 0 0 度以上の温度に加熱されるようになっている。なお載置台 3 全体を金属により構成した場合には、載置台全体が下部電極として作用するため、必ずしも下部電極 3 3 を埋設する必要はない。

10

さらに載置台 3 には、載置台 3 上のウエハ W を保持して昇降させるための昇降部材をなす 3 本以上例えば 3 本の昇降ピン 4 1 が設けられている。これら昇降ピン 4 1 は例えばアルミナ (  $Al_2O_3$  ) 等のセラミックスや石英により構成されている。昇降ピン 4 1 の下端は共通の支持板 4 2 に取り付けられ、この支持板 4 2 は昇降軸 4 3 を介して真空容器 2 の外部に設けられた例えばエアシリンダよりなる昇降機構 4 4 に接続されている。

## 【 0 0 1 8 】

例えば昇降機構 4 4 は排気室 2 1 の下部に設置され、排気室 2 1 の下面に形成された昇降軸 4 3 用の開口部 2 1 1 と昇降機構 4 4 との間にはベローズ体 4 5 が設けられている。なお支持板 4 2 は載置台 3 の支持部材 3 1 と干渉せずに昇降できる形状に設定されている。

20

こうして昇降ピン 4 1 は昇降機構 4 4 により、載置台 3 の表面から上方に突出する上昇位置と、載置台 3 の表面の高さと同じかそれよりも低い下降位置との間で昇降自在に構成される。

## 【 0 0 1 9 】

上昇位置としては、例えば外部の搬送機構との間でウエハ W の受け渡しを行うときの受け渡し位置 ( 図 2 に示す位置 ) と、後述するように真空容器 2 内の設定圧力が変更される時にウエハ W を載置台 3 表面から上昇させる位置 ( 図 4 に示す位置 ) がある。以下では図 2 に示す位置を受け渡し位置、図 4 に示す位置を上昇位置として説明を続ける。下降位置は、図 1 及び図 3 に示すようにウエハ W が載置台 3 に載置されているときの位置である。

30

## 【 0 0 2 0 】

真空容器 2 の天壁 2 7 には、絶縁部材 2 8 を介して上部電極をなすガス供給部 5 が設けられている。このガス供給部 5 には整合器 5 1 1 を介して高周波電源部 5 1 が接続されており、高周波電源部 5 1 からガス供給部 5 に例えば 4 5 0 k H z の高周波 ( R F ) を供給することにより、ガス供給部 5 をなす上部電極と下部電極 3 3 との間に高周波電界が生じるように構成されている。

ガス供給部 5 は中空状のガス供給室 5 2 を備え、ガス供給室 5 2 の下面には、真空容器 2 内へ処理ガスを分散供給するための多数の孔 5 3 が例えば均等に配置されている。またガス供給部 5 における例えばガス供給室 5 2 の上方側には加熱機構 5 4 が埋設されており、後述する制御部 1 0 0 からの制御信号に基づいて、図示しない電源部から加熱機構 5 4 に給電されることによって設定温度に加熱されるようになっている。

40

## 【 0 0 2 1 】

ガス供給室 5 2 にはガス供給路 6 が設けられ、このガス供給路 6 の上流側には、複数のガス供給源 6 1 ~ 6 4 が接続されている。この例では、ガス供給源 6 1 は T i 化合物ガスである T i C l <sub>4</sub> ガスの供給源、ガス供給源 6 2 は還元ガスである水素 ( H <sub>2</sub> ) ガスの供給源、ガス供給源 6 3 は窒化用のガスであるアンモニア ( N H <sub>3</sub> ) ガスの供給源、ガス供給源 6 4 はアルゴン ( A r ) ガスの供給源である。この実施形態では、T i C l <sub>4</sub> ガス及び H <sub>2</sub> ガスが成膜用のガスに相当し、これら成膜用のガス及び窒化用のガスを処理ガスと称している。

## 【 0 0 2 2 】

50

これらのガス供給源 6 1 ~ 6 4 は、夫々バルブ V 1 ~ V 4 及びマスフローコントローラ M 1 ~ M 4 を備えた供給路 6 1 1、6 2 1、6 3 1、6 4 1 により共通のガス供給路 6 に接続されている。これらバルブ V 1 ~ V 4、マスフローコントローラ M 1 ~ M 4 は、後述の制御部 1 0 0 からの制御信号によってガス流量及び給断の制御を行うことができるように構成されている。

#### 【 0 0 2 3 】

基板処理装置は、装置全体の動作のコントロールを行うためのコンピュータからなる制御部 1 0 0 を備えており、この制御部 1 0 0 には後述の成膜処理を実行するプログラムを格納するプログラム格納部 1 0 1 が設けられている。プログラムとは、処理レシピ等のソフトウェアを含む意味である。このプログラムは、装置の各部に制御信号を送信して動作を制御するものであり、後述の各処理が実行されるようにステップ群が組まれている。当該プログラムは、ハードディスク、コンパクトディスク、光磁気ディスク、メモ리카ード、フレキシブルディスクなどの記憶媒体から制御部 1 0 0 内にインストールされる。またプログラム格納部 1 0 1 には、後述する第 1 のステップと、第 2 のステップと、第 3 のステップとを実行する制御信号を出力するプログラムと、第 1 のステップと第 2 のステップとを含むシーケンスを複数回繰り返すように制御信号を出力するプログラムとが格納されている。

10

#### 【 0 0 2 4 】

第 1 のステップとは、載置台 3 上に載置されたウエハ W に処理ガスを供給すると共に真空容器 2 の設定圧力を第 1 の圧力に設定するステップであり、第 2 のステップとは、第 1 のステップの後、真空容器 2 の設定圧力を第 1 の圧力よりも低い第 2 の圧力に変更するステップである。また第 3 のステップとは、第 1 のステップの後、真空容器 2 の設定圧力を変更すると同時に昇降ピン 4 1 によりウエハ W を載置台 3 から上昇させるステップである。

20

#### 【 0 0 2 5 】

続いてこの基板処理装置にて実施される成膜処理について図 2 ~ 図 5 を参照して説明する。図 5 は、T i C l<sub>4</sub> ガス等の処理ガス、真空容器 2 内の設定圧力及び昇降ピン 4 1 の高さ位置について、成膜処理の経過と共に模式的に示したものである。このため横軸は時間を示すものであるが、実際の処理時間に関係なく、便宜上区画して記載している。処理ガスに関しては、真空容器 2 内に供給している状態を「ON」、供給を停止している状態を「OFF」としている。設定圧力については、第 1 の圧力と、第 2 の圧力のみを記載しており、T i C l<sub>4</sub> ガス導入時や搬出時等の圧力については記載を省略している。昇降ピン 4 1 の高さ位置については、受け渡し位置と、上昇位置と、下降位置との 3 つの高さ位置としている。

30

#### 【 0 0 2 6 】

先ず図 2 に示すように、図示しない外部の搬送機構により真空容器 2 内にウエハ W を搬入してから、昇降ピン 4 1 を受け渡し位置まで上昇させることにより、外部の搬送機構からウエハ W を昇降ピン 4 1 上に受け取る。次いで搬送機構を退出させてから、昇降ピン 4 1 を図 3 に示す下降位置まで下降させることにより、ウエハ W を載置台 3 上に載置する。一方、真空容器 2 では外部の搬送機構が退出すると、ゲートバルブ 2 6 が閉じられ、既述の第 1 のステップが実行される。

40

#### 【 0 0 2 7 】

載置台 3 及びガス供給部 4 は加熱機構 3 4、5 4 により加熱されており、ウエハ W は載置台 3 上に載置されることで 4 0 0 度以上の温度に加熱される。例えばウエハ W の処理温度は 4 5 0 度である。また真空容器 2 内は真空排気部 2 4 によって設定圧力に設定さる。そして図 3 及び図 5 に示すように、成膜用のガスとして T i C l<sub>4</sub> ガス、A r ガス及び H<sub>2</sub> ガスをガス供給部 5 を介して真空容器 2 内に供給すると共に、高周波電源部 5 1 からガス供給部 5 に高周波を供給する。これによりガス供給部 5 をなす上部電極と下部電極 3 3 とにより平行平板電極が形成されるため、容量結合プラズマが発生する。こうして T i C l<sub>4</sub> ガスと H<sub>2</sub> ガスとが活性化されて反応し、ウエハ W 表面に T i 膜が成膜される。

50

## 【0028】

続いて図5に示すようにTiCl<sub>4</sub>ガス、Arガス及びH<sub>2</sub>ガスの供給を停止すると共に、ガス供給部5への高周波の供給を停止し、真空容器2内を排気して真空容器2内からTiCl<sub>4</sub>、Arガス及びH<sub>2</sub>ガスを排出する。

次いで真空容器2内を第1の圧力に設定し、真空容器2内にNH<sub>3</sub>ガス、Arガス及びH<sub>2</sub>ガスを供給して、Ti膜の表面を窒化処理を行う。第1の圧力はTiCl<sub>4</sub>ガス及びH<sub>2</sub>ガスを真空容器2内に供給するときの設定圧力よりも高い圧力であり、例えば400Paである。このNH<sub>3</sub>ガスの供給により、Ti膜が窒化されて、その表面にTiN(チタンナイトライド)膜が形成される。またArガス及びH<sub>2</sub>ガスは、NH<sub>3</sub>ガスのキャリアガスとして、ウエハ上に均一に原料ガスを供給するために、更にはNH<sub>3</sub>ガスの分圧調整のために供給される。この例では、NH<sub>3</sub>ガスによる窒化処理はプラズマを発生させずに行っているが、NH<sub>3</sub>ガスをプラズマ化して行ってもよい。

10

## 【0029】

こうして窒化処理を行った後、例えば図5に示すようにNH<sub>3</sub>ガスの供給を停止してNH<sub>3</sub>ガスを排出し、真空容器2の設定圧力を第1の圧力よりも低い第2の圧力に変更する第2のステップを実行する。この第2の圧力とは、第1の圧力よりも100Pa以上低い圧力であって、いわゆる引き切りの状態であり、例えば圧力調整部23にて設定される圧力の設定範囲の最小の圧力である。この時の圧力は例えば150Paである。この例では処理レシピに基づいて制御部100から出力される制御信号により圧力調整部23によって第2の圧力に設定される。なお第2の圧力は圧力調整部23に含まれる圧力調整バルブの開度を最大に調節した状態であってもよい。

20

## 【0030】

さらに第1のステップの後、真空容器2の設定圧力を変更すると同時に昇降ピン41によりウエハWを載置台3から上昇させる第3のステップを実行する。第3のステップでは昇降ピン41が上昇位置まで上昇されるが、この上昇位置とはウエハWが昇降ピン41により載置台3表面から十分に持ち上げられた位置であればよい。例えばウエハ下面と載置台3表面との距離が0.5mm以上離れていればよく、ウエハの受け渡し位置と同じ高さ位置であってもよい。

## 【0031】

次いで真空容器2内を第2の圧力に設定したまま、Arガス及びH<sub>2</sub>ガスの供給を停止して、真空容器2内の排気を所定時間続けた後、1回目の成膜処理を終了する。この後2回目のTi膜の成膜処理と窒化処理、及び3回目のTi膜の成膜処理と窒化処理と、を実行し、第1のステップと第2のステップとを含むシーケンスを複数回この例では3回繰り返す。2回目及び3回目の成膜処理のシーケンス及びプロセス条件は1回目の成膜処理と同様である。

30

## 【0032】

2回目の成膜処理は、例えば図5に示すように、1回目の成膜処理を終了した後、昇降ピン41を下降位置まで下ろして既述の第1のステップを実行する。つまりTiCl<sub>4</sub>ガス、Arガス及びH<sub>2</sub>ガスを供給すると共に、真空容器2内にプラズマを生成し、ウエハW表面にTi膜を成膜する。次いでTiCl<sub>4</sub>ガス、Arガス及びH<sub>2</sub>ガスを排出した後、真空容器2内を第1の圧力に設定し、NH<sub>3</sub>ガス、Arガス及びH<sub>2</sub>ガスを供給して、Ti膜の表面を窒化する。第1のステップの後、NH<sub>3</sub>ガスの供給を停止し、真空容器2の設定圧力を第1の圧力よりも低い第2の圧力に変更する第2のステップと、真空容器2の設定圧力を変更すると同時に昇降ピン41によりウエハWを載置台3から上昇させる第3のステップを実行する。次いで真空容器2内を第2の圧力に設定したまま、Arガス及びH<sub>2</sub>ガスの供給を停止して、真空容器2内の排気を所定時間続けた後、2回目の成膜処理を終了する。この後3回目のTi膜の成膜処理及び窒化処理についても同様に行う。

40

## 【0033】

3回目の成膜処理を終了した後、即ち、3回目の成膜処理において真空容器2内を第2の圧力に設定したままArガス及びH<sub>2</sub>ガスの供給を停止して真空容器2内の排気を所定

50

時間続けた後、真空容器 2 内の設定圧力をウエハ W の搬出時の圧力に設定する。そして昇降ピン 4 1 を受け渡し位置まで上昇させてから、ゲートバルブ 2 6 を開いて外部の搬送機構を進入させ、次いで昇降ピン 4 1 を下降させることにより搬送機構にウエハ W を受け渡し、真空容器 2 からウエハ W を搬出する。

【 0 0 3 4 】

上述の実施形態によれば、真空容器 2 の設定圧力を第 1 の圧力よりも低い第 2 の圧力へ変更すると同時に昇降ピン 4 1 によりウエハ W を載置台 3 から上昇させているので、圧力変動による載置台 3 上のウエハ W の滑りを抑えることができる。

真空容器 2 内の設定圧力が第 1 の圧力から第 2 の圧力に減圧されると、載置台 3 の表面とウエハ W との間に入り込んだ処理ガス排出され、この処理ガスの流れが載置台 3 表面のウエハ W に作用してウエハ W の滑りを発生させる。

10

【 0 0 3 5 】

これに対し、本実施形態のように設定圧力を変更するときに昇降ピン 4 1 によりウエハ W を載置台 3 から上昇させると、ウエハ W は昇降ピン 4 1 の先端に点接触している状態になる。このため載置台 3 に面接触により支持されている場合に比べて支持点に加わる荷重が大きくなって静止摩擦力が増大するので、ウエハ W が動き始めるときに大きな力が必要となる。従って圧力変動によりウエハ W にある程度の力が加わっても、載置台 3 上のウエハ W の滑りを抑制することができる。

【 0 0 3 6 】

言い換えれば設定圧力を変更するときに昇降ピン 4 1 によりウエハ W を載置台 3 から持ち上げると、ウエハ W が処理ガスの流れの作用を受けにくくなり、載置台 3 上のウエハ W の滑りが抑制される。さらにウエハ W を載置台 3 から持ち上げるときの持ち上げ量を大きくすると、載置台 3 とウエハ W 裏面との間の空間が大きくなるので、より処理ガスの流れの影響が弱くなる。このようなウエハ W の滑り抑制方法は、設定圧力の変更時だけでなく、処理ガスの流量を大幅に変更する時に用いてもよい。

20

【 0 0 3 7 】

このようにウエハ W の滑りが抑制できることから、載置台 3 上のウエハ W の滑りが要因となるパーティクルの発生が防止される。またウエハ W が滑ってガイドリング 3 2 に近付き過ぎることが抑えられるため、成膜ガスの濃度分布の偏りを抑制して膜厚の面内均一性の悪化が抑えられると共に、ウエハ W 裏面のコンタミネーションが部分的に増加することも抑制される。

30

【 0 0 3 8 】

さらに上述の実施形態では成膜処理を複数回繰り返して実施しているので、面内均一性を確保した状態で T i 膜の膜厚を増加することができる。本発明者らは、T i 膜の厚膜化を図るにあたり、1 回の成膜処理で処理時間を長くした場合、上述の処理に比べて膜厚の面内均一性が劣り、膜厚が増加しにくいことを把握している。この理由は、1 回の成膜処理を長く行う場合には、反応生成物が真空容器 2 の内壁に付着し、H<sub>2</sub> ガスがそれら反応生成物によって消費されてしまうためと推察される。これに対して成膜処理を複数回繰り返す場合には、各回の T i 膜の成膜処理の間に N H<sub>3</sub> ガスを供給することによって、反応生成物による H<sub>2</sub> ガスの消費が抑えられるため、膜厚の面内均一性の劣化が抑えられると共に厚膜化を図ることができる。

40

【 0 0 3 9 】

成膜処理を複数回実施するときには、第 1 の圧力から第 2 の圧力への圧力変動が繰り返されるが、昇降ピン 4 1 によるウエハ W の上昇によってウエハ W の滑りが抑制されているため、膜厚の面内均一性の低下が抑えられる。つまり載置台 3 上のウエハ W が滑ると、成膜処理毎にウエハ W に供給されるガス濃度の面内分布が変化してしまうため、膜厚の面内均一性が低下するが、ウエハ W の滑りを抑制していることから、このような事態が発生するおそれがない。

【 0 0 4 0 】

さらに載置台 3 の表面の平均表面粗さ R a を 1 0 μ m 以上に設定することにより、より

50

圧力変動時のウエハWの滑りを抑制することができる。このように平均表面粗さRaを10 $\mu$ m以上に設定することにより、ウエハWに対する静止摩擦力が大きくなり、ウエハWを動かし始めるときに大きな力が必要となる。

真空容器2内の圧力を第1の圧力から第2の圧力に変更するときの他に、真空容器2内にTiCl<sub>4</sub>ガス及びH<sub>2</sub>ガスを導入し、次いでこれらガスを排出するときや、NH<sub>3</sub>ガスを導入するとき等、真空容器2内の圧力が変動するときがあり、この圧力変動時にウエハWが滑るおそれがある。またウエハWを昇降ピン41により持ち上げる際にウエハWに加わる衝撃力によってもウエハWが滑るおそれがある。従って載置台3の表面を粗くすることにより、ウエハWに何らかの力が作用した場合に載置台3上のウエハWの滑りを抑えることができる。上述の基板処理装置のように高温のプラズマ処理を行うプロセスでは、金属製のメカチャックや静電チャックを用いることができないため、本発明の手法で、処理中のウエハの滑りを抑制することは有効である。

10

#### 【0041】

ここで昇降ピン41によりウエハWを上昇させるタイミングについて説明する。先ず成膜用のガスを供給するときにはウエハは載置台3上に載置する必要がある。成膜用のガスを供給するときにウエハを載置台3から浮上させると、成膜用のガスをプラズマ化する際に異常放電が発生しやすい上、ウエハ裏面にも膜が成膜され、パーティクルの発生原因となるからである。

また窒化用のガスの供給から所定時間の間は、ウエハを載置台3上に載置する必要がある。窒化用のガスは、載置台3表面とウエハ裏面との間に入り込んだ成膜用のガスや真空容器2内に付着している成膜用のガスを消費する役割も果たすため、窒化用のガスの供給が不十分な状態でウエハを載置台3から浮上させると、ウエハの裏面側に成膜用のガスが入り込み、ウエハ裏面を汚染するからである。

20

#### 【0042】

従って昇降ピン41によりウエハWを載置台3から上昇させる第3のステップは、第1のステップの後、設定圧力を第1の圧力から第2の圧力に変更する前であってもよく、「第1のステップの後」には第1のステップの終了直前の場合も含まれる。上述の成膜処理を例にすると、NH<sub>3</sub>ガスを真空容器2内に供給し、所定時間経過後に昇降ピン41を上昇位置まで上昇させ、次いでNH<sub>3</sub>ガスの供給を停止して、設定圧力を第1の圧力から第2の圧力に変更するようにしてもよい。NH<sub>3</sub>ガスを供給してから所定時間とは、NH<sub>3</sub>ガスにより載置台3とウエハWとの間に入り込んだTiCl<sub>4</sub>ガスとH<sub>2</sub>ガスや真空容器2内に付着したTiCl<sub>4</sub>ガスとH<sub>2</sub>ガスを消費するために必要な時間である。

30

#### 【0043】

以上においては、載置台を例えば真空容器の外部に設けられた昇降機構により昇降自在に設けると共に、昇降部材である昇降ピンの高さ位置を固定して設けるようにしてもよい。従って昇降部材が載置台の表面から上方に突出する上昇位置と当該表面の高さと同じかそれよりも低い下降位置との間で昇降するとは、載置台に対して相対的に昇降する場合も含まれる。さらに昇降部材と、外部の搬送機構と載置台との間で基板の受け渡しを行うための昇降ピンと、を別個に設けるようにしてもよい。

#### 【0044】

また基板に対する処理はCVD処理に限らず、ALD(Atomic Layer Deposition)処理であってもよいし、エッチング処理であってもよい。さらに処理温度が400度以下のプロセスや、真空容器内にプラズマを発生させないプロセスにも適用できる。

40

さらに基板が真空容器内に搬入された後、当該基板が真空容器から搬出されるまでの間に既述の第1のステップと第2のステップとを含むシーケンスを複数回繰り返す場合において、夫々の処理が同じ処理であることには限られない。例えば1回目の処理における第1のステップと第2のステップと、2回目の処理における第1のステップと第2のステップとは、互いに処理ガスや第1の圧力及び第2の圧力が異なるものであってもよい。

#### 【実施例】

#### 【0045】

50

本発明に関連して行われた評価試験について説明する。上述の基板処理装置の載置台表面の平均表面粗さ  $R_a$  を  $10 \mu\text{m}$  とし、図 5 に示すシーケンスで  $Ti$  膜を形成したときのウエハ  $W$  の滑り量を評価した（実施例 1）。処理ガスの種類、第 1 の圧力及び第 2 の圧力、第 3 のステップにおける昇降ピン 4 1 の上昇位置については既述の通りである。またウエハ  $W$  の滑り量については、図 5 に示すシーケンスにて 3 回目の成膜処理が終了し、ウエハ  $W$  を真空容器 2 から搬出した後のタイミングにおいて、処理容器 2 に連結された図示しない搬送容器に設置されている位置センサによって評価している。この位置センサによって、ウエハ  $W$  の中心位置を測定することによって、載置台 3 に移載することでウエハ  $W$  の中心位置がどれだけずれたかについて評価した。なお、載置台 3 に載置する前のウエハ  $W$  の中心位置は真空容器 2 に搬入する前に予め位置センサにより測定している。評価したウエハ  $W$  の枚数は約 400 枚である。

10

## 【0046】

また載置台表面の表面粗さ  $R_a$  を  $2 \mu\text{m}$  とし、図 5 に示すシーケンスで  $Ti$  膜を形成したとき（実施例 2）についても同様の評価を行った。さらにまた載置台表面の表面粗さ  $R_a$  を  $2 \mu\text{m}$  とし、第 3 のステップにて昇降ピン 4 1 によりウエハ  $W$  を持ち上げずに載置台 3 上にウエハ  $W$  を載置したまま  $NH_3$  ガスを排出したとき（比較例 1）についても同様に評価した。

## 【0047】

この結果について、実施例 1 については図 6、実施例 2 については図 7、比較例 1 については図 8 に、実際のデータの一部を模式化して夫々示す。図 6 ~ 図 8 中、横軸は X 方向のずれ量（mm）、縦軸は Y 方向のずれ量（mm）を夫々示している。X 方向及び Y 方向のずれ量が共に 0 の位置が載置台 3 表面の中心位置であり、ウエハの中心の位置がプロットされている。

20

## 【0048】

比較例 1 と実施例 2 との比較により、比較例 1 では、ずれ量が  $1 \text{mm}$  以上の大幅な滑りが多発しているのに対し、実施例 2 ではずれ量がかなり小さくなることが認められた。これにより真空容器 2 内の設定圧力を第 1 の圧力から第 2 の圧力に変更するとき昇降ピン 4 1 によりウエハ  $W$  を持ち上げることによって、成膜処理全体において載置台 3 上のウエハ  $W$  の滑りが抑えられることが認められ、本発明の効果が確認された。

## 【0049】

30

さらに実施例 1 と実施例 2 との比較により、実施例 1 では実施例 2 よりもずれ量が大幅に小さく、ウエハのずれ量は  $0.5 \text{mm}$  以内に納まっていることが認められた。これにより載置台 3 表面の表面粗さ  $R_a$  を  $10 \mu\text{m}$  に設定することによって、載置台 3 上のウエハ  $W$  の滑りがさらに抑えられることが確認された。従って真空容器 2 内の設定圧力を第 1 の圧力から第 2 の圧力に変更するときの圧力変動以外の圧力変動や、昇降ピン 4 1 によりウエハ  $W$  を持ち上げるときの発生するウエハ  $W$  の滑りを効果的に抑制できることが理解できる。

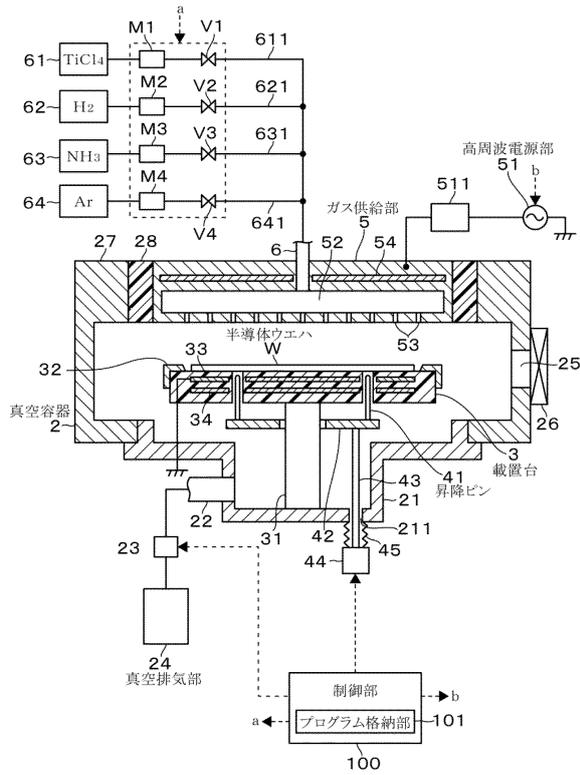
## 【符号の説明】

## 【0050】

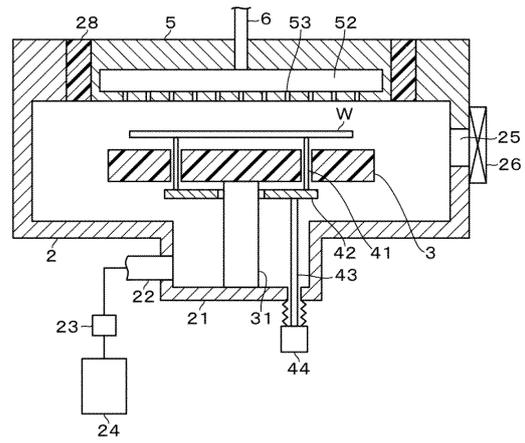
2	真空容器
2 4	真空排気部
3	載置台
4 1	昇降ピン
4 4	昇降機構
5	ガス供給部
1 0 0	制御部

40

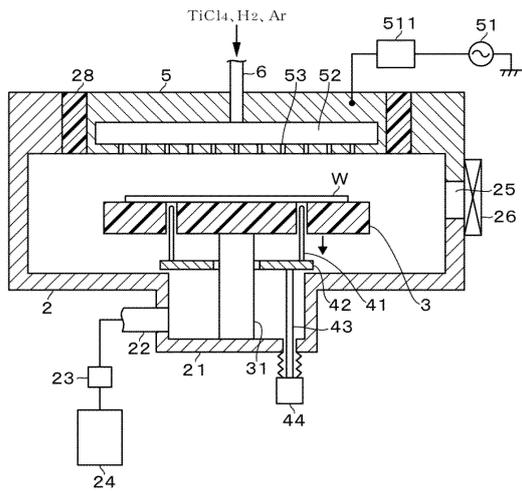
【図1】



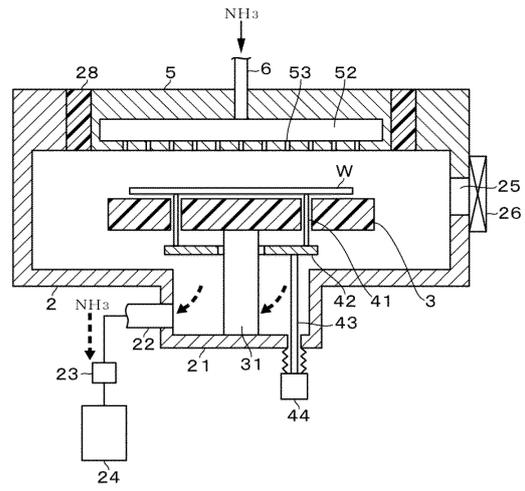
【図2】



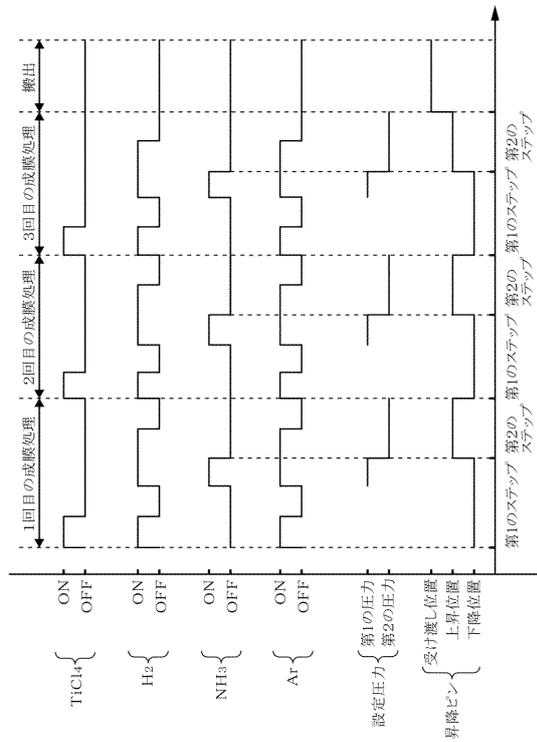
【図3】



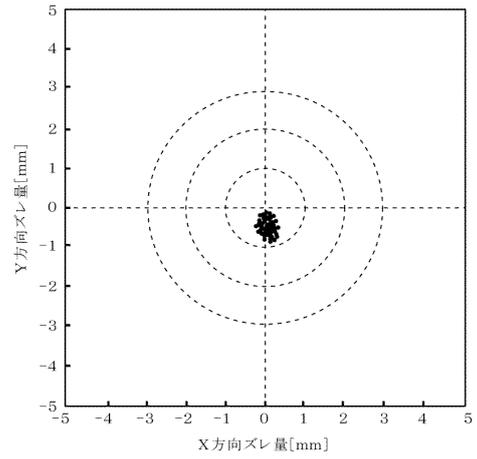
【図4】



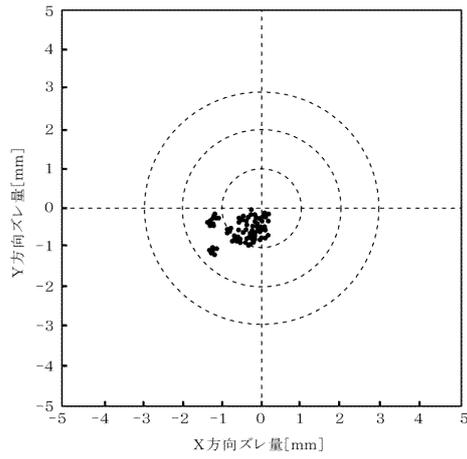
【 図 5 】



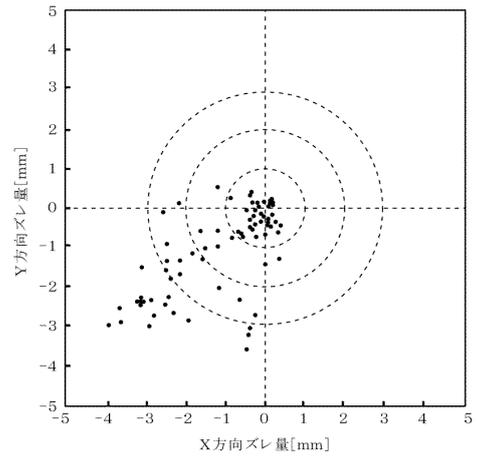
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



## フロントページの続き

- (56)参考文献 韓国公開特許第10-2001-0056697(KR,A)  
国際公開第2009/008474(WO,A1)  
特開2003-306772(JP,A)  
特開2013-139609(JP,A)  
特開平09-064021(JP,A)  
特開平11-012738(JP,A)  
特開2008-198843(JP,A)  
特開2010-272709(JP,A)  
特開平09-082655(JP,A)  
特開平11-069855(JP,A)

## (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C23C 16/00 - 16/56  
H01L 21/205  
H01L 21/31  
H01L 21/365  
H01L 21/469  
H01L 21/67 - 21/683  
H01L 21/86