

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2020-172673

(P2020-172673A)

(43) 公開日 令和2年10月22日(2020.10.22)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
C 2 3 C 16/52 (2006.01)	C 2 3 C 16/52	4 K 0 3 0
C 2 3 C 16/455 (2006.01)	C 2 3 C 16/455	

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2019-73679 (P2019-73679)
 (22) 出願日 平成31年4月8日 (2019.4.8)

(71) 出願人 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 100107766
 弁理士 伊東 忠重
 (74) 代理人 100070150
 弁理士 伊東 忠彦
 (72) 発明者 山本 康介
 山梨県韮崎市穂坂町三ツ沢650 東京エ
 レクトロン テクノロジーソリューショ
 ンズ株式会社内
 (72) 発明者 久保 敦史
 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 テクノロジ
 ーソリューションズ株式会社内
 最終頁に続く

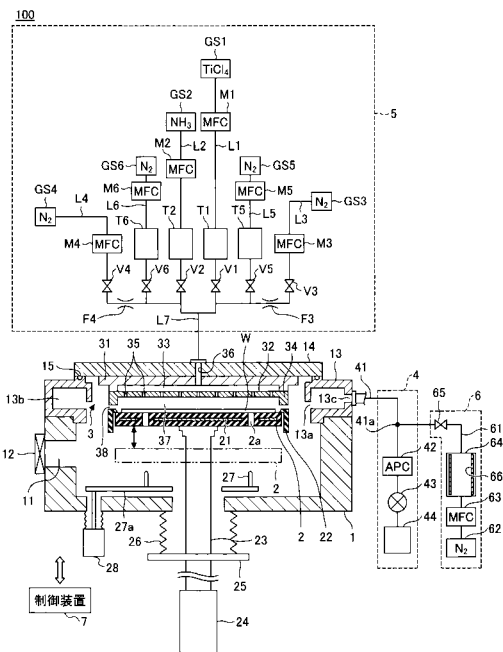
(54) 【発明の名称】 基板処理装置及び基板処理方法

(57) 【要約】

【課題】 圧力を調整する基板処理装置及び基板処理方法を提供する。

【解決手段】 基板を載置する載置台を有する処理容器と、前記基板に処理ガスを供給する処理ガス供給部と、前記処理容器から排気する排気部と、バラストガスを供給することにより、前記排気部の排気量を低下させ、前記処理容器内の圧力を上昇させるバラストガス供給部と、前記バラストガスの温度を制御する温度制御部と、を備える、基板処理装置。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板を載置する載置台を有する処理容器と、
 前記基板に処理ガスを供給する処理ガス供給部と、
 前記処理容器から排気する排気部と、
 バラストガスを供給することにより、前記排気部の排気量を低下させ、前記処理容器内の圧力を上昇させるバラストガス供給部と、
 前記バラストガスの温度を制御する温度制御部と、を備える、基板処理装置。

【請求項 2】

基板を載置する載置台を有する処理容器と、
 前記基板に処理ガスを供給する処理ガス供給部と、
 前記処理容器から排気する排気部と、
 バラストガスを供給することにより、前記排気部の排気量を低下させ、前記処理容器内の圧力を上昇させるバラストガス供給部と、
 前記バラストガスの分子量を制御する分子量制御部と、を備える、基板処理装置。

【請求項 3】

基板を載置する載置台を有する処理容器と、
 前記基板に処理ガスを供給する処理ガス供給部と、
 円環状の排気ダクトと、
 前記排気ダクトから排気する排気部と、
 バラストガスを供給することにより、前記排気部の排気量を低下させ、前記処理容器内の圧力を上昇させるバラストガス供給部と、
 円環状のバラスト供給ダクトと、
 前記バラスト供給ダクトと前記排気ダクトを接続する複数の供給管と、
 複数の前記供給管に設けられ、前記供給管を流れるバラストガスの温度を制御する温度制御部と、を備える、基板処理装置。

【請求項 4】

処理ガスを供給する処理ガス供給工程と、
 前記処理容器内の雰囲気を置換するための置換ガスを供給する置換ガス供給工程と、を交互に複数回行う、
 請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか 1 項に記載の基板処理装置。

【請求項 5】

前記バラストガス供給部は、
 前記処理ガス供給工程においてバラストガスを供給し、
 前記置換ガス供給工程においてバラストガスの供給を停止する、
 請求項 4 に記載の基板処理装置。

【請求項 6】

前記分子量制御部は、
 前記バラストガスの種類を変える、及び/または、複数の前記バラストガスの混合比を変えることで、前記バラストガスの分子量を制御する、
 請求項 2 に記載の基板処理装置。

【請求項 7】

基板を載置する載置台を有する処理容器と、
 前記基板に処理ガスを供給する処理ガス供給部と、
 前記処理容器から排気する排気部と、
 バラストガスを供給することにより、前記排気部の排気量を低下させ、前記処理容器内の圧力を上昇させるバラストガス供給部と、
 前記バラストガスの温度を制御する温度制御部と、を備え、
 前記バラストガスの温度を制御することにより、前記バラストガスを供給した際の前記処理容器内の圧力の上昇量を制御する、基板処理方法。

10

20

30

40

50

【請求項 8】

基板を載置する載置台を有する処理容器と、
 前記基板に処理ガスを供給する処理ガス供給部と、
 前記処理容器から排気する排気部と、
 パラストガスを供給することにより、前記排気部の排気量を低下させ、前記処理容器内の圧力を上昇させるパラストガス供給部と、
 前記パラストガスの分子量を制御する分子量制御部と、を備え、
 前記パラストガスの分子量を制御することにより、前記パラストガスを供給した際の前記処理容器内の圧力の上昇量を制御する、基板処理方法。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本開示は、基板処理装置及び基板処理方法に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体製造における薄膜形成・エッチングプロセスの一つに、真空チャンバを用いたドライプロセスが知られている。また、被処理体の表面形状の微細化・複雑化に伴い、複数のドライプロセスを連続または交互に行うことで所望の処理結果を実現する基板処理装置が知られている。

【0003】

20

特許文献1には、排気管が接続され、基板を収容した処理容器内に、基板を処理するための処理ガスと、処理容器内の雰囲気置換するための置換ガスを交互に供給し、基板の処理を行う基板処理装置であって、処理ガスの供給時に、排気管へパラストガスを導入するパラストガス導入部を備えることを特徴とする基板処理装置が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2018-150612号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

30

【0005】

一の側面では、本開示は、圧力を調整する基板処理装置及び基板処理方法を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記課題を解決するために、一の態様によれば、基板を載置する載置台を有する処理容器と、前記基板に処理ガスを供給する処理ガス供給部と、前記処理容器から排気する排気部と、パラストガスを供給することにより、前記排気部の排気量を低下させ、前記処理容器内の圧力を上昇させるパラストガス供給部と、前記パラストガスの温度を制御する温度制御部と、を備える、基板処理装置が提供される。

【発明の効果】

40

【0007】

一の側面によれば、圧力を調整する基板処理装置及び基板処理方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】第1実施形態に係る基板処理装置の断面模式図の一例。

【図2】第1実施形態に係る基板処理装置におけるガス供給シーケンスの一例。

【図3】圧力上昇量とパラストガス温度の関係を示すグラフの一例。

【図4】第2実施形態に係る基板処理装置の断面模式図の一例。

【図5】第3実施形態に係る基板処理装置の断面模式図の一例。

50

【図6】第3実施形態に係る基板処理装置の一部の斜視図の一例。

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下、図面を参照して本開示を実施するための形態について説明する。各図面において、同一構成部分には同一符号を付し、重複した説明を省略する場合がある。

【0010】

第1実施形態

第1実施形態に係る基板処理装置100の構成の一例について、図1を用いて説明する。図1は、第1実施形態に係る基板処理装置100の断面模式図の一例である。

【0011】

図1に示す基板処理装置100は、基板Wに対して、原料ガスとしての $TiCl_4$ ガス及び還元ガスとしての NH_3 ガスを供給して、基板Wの表面に TiN 膜を成膜するALD (Atomic Layer Deposition) 装置である。

【0012】

図1に示されるように、基板処理装置100は、処理容器1、基板載置台2、シャワーヘッド3、排気部4、処理ガス供給部5、パラストガス供給部6、制御装置7を有する。

【0013】

処理容器1は、アルミニウム等の金属により構成され、略円筒状を有する。処理容器1の側壁には基板Wを搬入又は搬出するための搬入出口11が形成され、搬入出口11はゲートバルブ12で開閉可能となっている。処理容器1の本体の上には、断面が矩形状をなす円環状の排気ダクト13が設けられている。排気ダクト13には、内周面に沿ってスリット13aが形成されている。また、排気ダクト13には、リング状の排気空間13bが形成されている。また、排気ダクト13の外壁には排気口13cが形成されている。排気ダクト13の上面には処理容器1の上部開口を塞ぐように天壁14が設けられている。天壁14と排気ダクト13の間はシールリング15で気密にシールされている。

【0014】

基板載置台2は、処理容器1内で基板Wを水平に支持する。基板載置台2は、基板Wに対応した大きさの円板状をなし、支持部材23に支持されている。基板載置台2は、窒化アルミニウム (AlN) 等のセラミックス材料や、アルミニウムやニッケル基合金等の金属材料で構成されており、内部に基板Wを加熱するためのヒータ21が埋め込まれている。ヒータ21は、ヒータ電源 (図示せず) から給電されて発熱する。そして、基板載置台2の上面のウエハ載置面近傍に設けられた熱電対 (図示せず) の温度信号によりヒータ21の出力を制御することにより、基板Wを所定の温度に制御できるようになっている。

【0015】

基板載置台2には、ウエハ載置面の外周領域、及び基板載置台2の側面を覆うようにアルミナ等のセラミックスからなるカバー部材22が設けられている。

【0016】

支持部材23は、基板載置台2の底面中央から処理容器1の底壁に形成された孔部を貫通して処理容器1の下方に延び、その下端が昇降機構24に接続されている。昇降機構24により基板載置台2が支持部材23を介して、図1で示す処理位置と、その下方の二点鎖線で示すウエハの搬送が可能な搬送位置との間で昇降可能となっている。また、支持部材23の処理容器1の下方には、鏝部25が取り付けられており、処理容器1の底面と鏝部25の間には、処理容器1内の雰囲気を外気と区画し、基板載置台2の昇降動作にともなって伸縮するペローズ26が設けられている。

【0017】

処理容器1の底面近傍には、昇降板27aから上方に突出するように3本 (2本のみ図示) のウエハ支持ピン27が設けられている。ウエハ支持ピン27は、処理容器1の下方に設けられた昇降機構28により昇降板27aを介して昇降可能になっており、搬送位置にある基板載置台2に設けられた貫通孔2aに挿通されて基板載置台2の上面に対して突没可能となっている。このようにウエハ支持ピン27を昇降させることにより、ウエハ搬

10

20

30

40

50

送機構（図示せず）と基板載置台 2 との間で基板 W の受け渡しが行われる。

【0018】

シャワーヘッド 3 は、処理容器 1 内に処理ガスをシャワー状に供給する。シャワーヘッド 3 は、金属製であり、基板載置台 2 に対向するように設けられており、基板載置台 2 とほぼ同じ直径を有する。シャワーヘッド 3 は、処理容器 1 の天壁 1 4 に固定された本体部 3 1 と、本体部 3 1 の下に接続されたシャワープレート 3 2 とを有する。本体部 3 1 とシャワープレート 3 2 との間にはガス拡散空間 3 3 が形成されており、ガス拡散空間 3 3 には、本体部 3 1 及び処理容器 1 の天壁 1 4 の中央を貫通するようにガス導入孔 3 6 が設けられている。シャワープレート 3 2 の周縁部には下方に突出する環状突起部 3 4 が形成され、シャワープレート 3 2 の環状突起部 3 4 の内側の平坦面にはガス吐出孔 3 5 が形成されている。

10

【0019】

基板載置台 2 が処理位置に存在した状態では、シャワープレート 3 2 と基板載置台 2 との間に処理空間 3 7 が形成され、環状突起部 3 4 と基板載置台 2 のカバー部材 2 2 の上面が近接して環状隙間 3 8 が形成される。

【0020】

排気部 4 は、処理容器 1 の内部を排気する。排気部 4 は、排気ライン 4 1 と、圧力調整部（APC：Auto Pressure Controller）4 2 と、バルブ 4 3 と、真空ポンプ 4 4 と、を有する。排気ライン 4 1 の一端は排気ダクト 1 3 の排気口 1 3 c に接続され、他端は真空ポンプ 4 4 の吸入ポートに接続される。排気ダクト 1 3 と真空ポンプ 4 4 との間には、上流側から順に、圧力調整部 4 2、バルブ 4 3 が設けられる。圧力調整部 4 2 は、排気経路のコンダクタンスを調整して処理空間 3 7 の圧力を調整する。バルブ 4 3 は、排気ライン 4 1 の開閉を切り替える。処理に際して、処理空間 3 7 内のガスは、環状隙間 3 8、スリット 1 3 a を介して排気ダクト 1 3 の排気空間 1 3 b に至り、排気ダクト 1 3 の排気口 1 3 c から排気部 4 の真空ポンプ 4 4 により排気ライン 4 1 を通って排気される。

20

【0021】

処理ガス供給部 5 は、原料ガス供給ライン L 1、還元ガス供給ライン L 2、第 1 の連続 N₂ ガス供給ライン L 3、第 2 の連続 N₂ ガス供給ライン L 4、第 1 のパージライン L 5、及び第 2 のパージライン L 6 を有する。

【0022】

原料ガス供給ライン L 1 は、金属含有ガス、例えば、TiCl₄ ガスの供給源である原料ガス供給源 GS 1 から延び、合流配管 L 7 に接続されている。合流配管 L 7 は、ガス導入孔 3 6 に接続されている。原料ガス供給ライン L 1 には、原料ガス供給源 GS 1 側から順に、マスフローコントローラ M 1、バッファタンク T 1、及び開閉弁 V 1 が設けられている。マスフローコントローラ M 1 は、原料ガス供給ライン L 1 を流れる TiCl₄ ガスの流量を制御する。バッファタンク T 1 は、TiCl₄ ガスを一時的に貯留し、短時間で必要な TiCl₄ ガスを供給する。開閉弁 V 1 は、原子層堆積（ALD：Atomic Layer Deposition）プロセスの際に TiCl₄ ガスの供給・停止を切り替える。

30

【0023】

還元ガス供給ライン L 2 は、還元ガス（窒素含有ガス）、例えば、NH₃ ガスの供給源である還元ガス供給源 GS 2 から延び、合流配管 L 7 に接続されている。還元ガス供給ライン L 2 には、還元ガス供給源 GS 2 側から順に、マスフローコントローラ M 2、バッファタンク T 2、及び開閉弁 V 2 が設けられている。マスフローコントローラ M 2 は、還元ガス供給ライン L 2 を流れる NH₃ ガスの流量を制御する。バッファタンク T 2 は、NH₃ ガスを一時的に貯留し、短時間で必要な NH₃ ガスを供給する。開閉弁 V 2 は、ALD プロセスの際に NH₃ ガスの供給・停止を切り替える。

40

【0024】

第 1 の連続 N₂ ガス供給ライン L 3 は、N₂ ガスの供給源である N₂ ガス供給源 GS 3 から延び、原料ガス供給ライン L 1 に接続されている。これにより、第 1 の連続 N₂ ガス供給ライン L 3 を介して原料ガス供給ライン L 1 側に N₂ ガスが供給される。第 1 の連続

50

N₂ ガス供給ライン L₃ は、ALD 法による成膜中に N₂ ガスを常時供給し、TiCl₄ ガスのキャリアガスとして機能するとともに、パージガスとしての機能も有する。第 1 の連続 N₂ ガス供給ライン L₃ には、N₂ ガス供給源 GS₃ 側から順に、マスフローコントローラ M₃、開閉弁 V₃、及びオリフィス F₃ が設けられている。マスフローコントローラ M₃ は、第 1 の連続 N₂ ガス供給ライン L₃ を流れる N₂ ガスの流量を制御する。オリフィス F₃ は、バッファタンク T₁、T₅ によって供給される比較的大きい流量のガスが第 1 の連続 N₂ ガス供給ライン L₃ に逆流することを抑制する。

【0025】

第 2 の連続 N₂ ガス供給ライン L₄ は、N₂ ガスの供給源である N₂ ガス供給源 GS₄ から延び、還元ガス供給ライン L₂ に接続されている。これにより、第 2 の連続 N₂ ガス供給ライン L₄ を介して還元ガス供給ライン L₂ 側に N₂ ガスを供給される。第 2 の連続 N₂ ガス供給ライン L₄ は、ALD 法による成膜中に N₂ ガスを常時供給し、NH₃ ガスのキャリアガスとして機能するとともに、パージガスとしての機能も有する。第 2 の連続 N₂ ガス供給ライン L₄ には、N₂ ガス供給源 GS₄ 側から順に、マスフローコントローラ M₄、開閉弁 V₄、及びオリフィス F₄ が設けられている。マスフローコントローラ M₄ は、第 2 の連続 N₂ ガス供給ライン L₄ を流れる N₂ ガスの流量を制御する。オリフィス F₄ は、バッファタンク T₂、T₆ によって供給される比較的大きい流量のガスが第 2 の連続 N₂ ガス供給ライン L₄ に逆流することを抑制する。

10

【0026】

第 1 のパージライン L₅ は、N₂ ガスの供給源である N₂ ガス供給源 GS₅ から延び、第 1 の連続 N₂ ガス供給ライン L₃ に接続されている。これにより、第 1 のパージライン L₅ 及び第 1 の連続 N₂ ガス供給ライン L₃ を介して原料ガス供給ライン L₁ 側に N₂ ガスが供給される。第 1 のパージライン L₅ は、ALD 法による成膜中のパージステップのときのみ N₂ ガスを供給する。第 1 のパージライン L₅ には、N₂ ガス供給源 GS₅ 側から順に、マスフローコントローラ M₅、バッファタンク T₅ 及び開閉弁 V₅ が設けられている。マスフローコントローラ M₅ は、第 1 のパージライン L₅ を流れる N₂ ガスの流量を制御する。バッファタンク T₅ は、N₂ ガスを一時的に貯留し、短時間で必要な N₂ ガスを供給する。開閉弁 V₅ は、ALD プロセスのパージの際に N₂ ガスの供給・停止を切り替える。

20

【0027】

第 2 のパージライン L₆ は、N₂ ガスの供給源である N₂ ガス供給源 GS₆ から延び、第 2 の連続 N₂ ガス供給ライン L₄ に接続されている。これにより、第 2 のパージライン L₆ 及び第 2 の連続 N₂ ガス供給ライン L₄ を介して還元ガス供給ライン L₂ 側に N₂ ガスが供給される。第 2 のパージライン L₆ は、ALD 法による成膜中のパージステップのときのみ N₂ ガスを供給する。第 2 のパージライン L₆ には、N₂ ガス供給源 GS₆ 側から順に、マスフローコントローラ M₆、バッファタンク T₆ 及び開閉弁 V₆ が設けられている。マスフローコントローラ M₆ は、第 2 のパージライン L₆ を流れる N₂ ガスの流量を制御する。バッファタンク T₆ は、N₂ ガスを一時的に貯留し、短時間で必要な N₂ ガスを供給する。開閉弁 V₆ は、ALD プロセスのパージの際に N₂ ガスの供給・停止を切り替える。

30

40

【0028】

バラストガス供給部 6 は、バラストガス供給ライン 6₁ を有する。バラストガス供給ライン 6₁ は、バラストガス供給源 6₂ から延び、排気ライン 4₁ の圧力調整部 4₂ よりも上流側に設けられた合流部 4_{1a} に接続されている。バラストガス供給ライン 6₁ には、バラストガス供給源 6₂ 側から順に、マスフローコントローラ 6₃、バラストガス貯留タンク 6₄、及び開閉弁 6₅ が設けられている。マスフローコントローラ 6₃ は、バラストガス供給ライン 6₁ を流れるバラストガスの流量を制御する。バラストガス貯留タンク 6₄ は、バラストガスを一時的に貯留し、短時間で必要なバラストガスを供給する。開閉弁 6₅ は、ALD プロセスの際にバラストガスの供給・停止を切り替える。排気ライン 4₁ にバラストガスを供給することにより、処理空間 3₇ から排気部 4 への排気量を迅速に低

50

下させることができる。また、バラストガスの供給を停止することにより、処理空間 3 7 から排気部 4 への排気量をバラストガス供給前の状態に迅速に戻すことができる。

【0029】

バラストガスとしては、例えば、処理ガス供給部 5 のキャリアガスである N_2 ガスを用いることができる。

【0030】

また、バラストガス供給部 6 は、バラストガスを加熱するヒータ 6 6 を有している。ヒータ 6 6 は、例えば、バラストガス貯留タンク 6 4 に設けられている。

【0031】

制御装置 7 は、基板処理装置 1 0 0 の各部の動作を制御する。制御装置 7 は、CPU (Central Processing Unit)、ROM (Read Only Memory) 及び RAM (Random Access Memory) を有する。CPU は、RAM 等の記憶領域に格納されたレシピに従って、所望の処理を実行する。レシピには、プロセス条件に対する装置の制御情報が設定されている。制御情報は、例えばガス流量、圧力、温度、プロセス時間であってよい。なお、レシピ及び制御装置 7 が使用するプログラムは、例えばハードディスク、半導体メモリに記憶されてもよい。また、レシピ等は、CD-ROM、DVD等の可搬性のコンピュータにより読み取り可能な記憶媒体に収容された状態で所定の位置にセットされ、読み出されるようにしてもよい。

【0032】

次に、基板処理装置 1 0 0 における金属含有膜の成膜処理について、ALDプロセスにより、基板 W の上に TiN 膜を形成する場合を例に挙げて説明する。図 2 は、第 1 実施形態に係る基板処理装置 1 0 0 におけるガス供給シーケンスの一例を示す図である。

【0033】

まず、基板処理装置 1 0 0 の処理容器 1 内に基板 W を搬入する。具体的には、ヒータ 2 1 により所定温度 (例えば、300 ~ 700) に加熱された基板載置台 2 を搬送位置 (図 1 において二点鎖線で示す。) に下降させた状態でゲートバルブ 1 2 を開く。続いて、搬送アーム (図示せず) により基板 W を、搬入出口 1 1 を介して処理容器 1 内に搬入し、ウエハ支持ピン 2 7 で支持する。搬送アームが搬入出口 1 1 から退避すると、ゲートバルブ 1 2 を閉じる。また、ウエハ支持ピン 2 7 を下降させて、基板 W を基板載置台 2 に載置する。続いて、基板載置台 2 を処理位置 (図 1 において実線で示す。) まで上昇させ、処理容器 1 内を所定の真空度まで減圧する。その後、開閉弁 V 3 , V 4 を開き、開閉弁 V 1 , V 2 , V 5 , V 6 , V 5 を閉じる。これにより、 N_2 ガス供給源 GS 3 , GS 4 から第 1 の連続 N_2 ガス供給ライン L 3 及び第 2 の連続 N_2 ガス供給ライン L 4 を経て N_2 ガスを処理容器 1 内に供給して圧力を上昇させ、基板載置台 2 上の基板 W の温度を安定させる。このとき、バッファタンク T 1 内には、原料ガス供給源 GS 1 から $TiCl_4$ ガスが供給されて、バッファタンク T 1 内の圧力は略一定に維持されている。また、バッファタンク T 5 , T 6 内には、 N_2 ガス供給源 GS 5 , GS 6 から N_2 ガスが供給されて、バッファタンク T 5 , T 6 内の圧力は略一定に維持されている。また、バラストガス貯留タンク 6 4 内には、バラストガス供給源 6 2 からバラストガスが供給されて、バラストガス貯留タンク 6 4 内の圧力は略一定に維持されている。また、バラストガス貯留タンク 6 4 内のバラストガスは、ヒータ 6 6 により、所定の温度に調整 (加熱) されている。

【0034】

続いて、 $TiCl_4$ ガスと NH_3 ガスとを用いた ALD プロセスにより TiN 膜を成膜する。

【0035】

ALD プロセスは、 $TiCl_4$ 供給工程 S 1 0 1、第 1 のパージ工程 S 1 0 2、 NH_3 供給工程 S 1 0 3、及び第 2 のパージ工程 S 1 0 4 を所定サイクル繰り返し、基板 W の上に所望の膜厚の TiN 膜を形成するプロセスである。

【0036】

$TiCl_4$ 供給工程 S 1 0 1 は、 $TiCl_4$ ガスを処理空間 3 7 に供給する工程である

。TiCl₄供給工程S101では、まず、開閉弁V3，V4を開いた状態で、N₂ガス供給源GS3，GS4から、第1の連続N₂ガス供給ラインL3及び第2の連続N₂ガス供給ラインL4を経てN₂ガス（連続N₂ガス）を供給し続ける。また、開閉弁V1を開くことにより、原料ガス供給源GS1から原料ガス供給ラインL1を経てTiCl₄ガスを処理容器1内の処理空間37に供給する。このとき、TiCl₄ガスは、バッファタンクT1に一旦貯留された後に処理容器1内に供給される。これにより、基板Wの表面にTiCl₄ガスが吸着される。

【0037】

また、TiCl₄供給工程S101では、開閉弁65を開くことにより、バラストガス供給源62からバラストガス供給ライン61を経てバラストガスを排気ライン41の合流部41aに供給する。このとき、バラストガスは、バラストガス貯留タンク64に一旦貯留され、所定の温度に調整（加熱）された後に合流部41aに供給される。このように、TiCl₄ガスを処理空間37に供給する際に、合流部41aへバラストガスを供給することにより、処理空間37から排気部4への排気量を迅速に低下させることができる。したがって、バッファタンクT1からのTiCl₄ガスの流量が大きくなるとも、バラストガスの導入をしない場合に比べ、処理空間37内におけるTiCl₄ガスの分圧を迅速に高くすることができる。

10

【0038】

第1のパージ工程S102は、処理空間37の余剰のTiCl₄ガス等をパージする工程である。第1のパージ工程S102では、第1の連続N₂ガス供給ラインL3及び第2の連続N₂ガス供給ラインL4を介してのN₂ガス（連続N₂ガス）の供給を継続した状態で、開閉弁V1を閉じてTiCl₄ガスの供給を停止する。また、開閉弁V5，V6を開く。これにより、N₂ガス供給源GS5，GS6から第1のパージラインL5及び第2のパージラインL6を経てN₂ガスを処理容器1内の処理空間37に供給する。このとき、N₂ガスは、バッファタンクT5，T6に一旦貯留された後に処理容器1内に供給されるので、比較的大きい流量を供給することができる。これにより、処理空間37の余剰のTiCl₄ガス等をパージする。

20

【0039】

また、第1のパージ工程S102では、開閉弁65を閉じてバラストガスの供給を停止することにより、処理空間37から排気部4への排気量をバラストガス供給前の状態に迅速に戻すことができる。したがって、処理空間37のTiCl₄ガス等を速やかにパージして、N₂ガス雰囲気置換することができる。

30

【0040】

NH₃供給工程S103は、NH₃ガスを処理空間37に供給する工程である。NH₃供給工程S103では、第1の連続N₂ガス供給ラインL3及び第2の連続N₂ガス供給ラインL4を介してのN₂ガス（連続N₂ガス）の供給を継続した状態で、開閉弁V2を開く。これにより、還元ガス供給源GS2から還元ガス供給ラインL2を経てNH₃ガスを処理空間37に供給する。このとき、NH₃ガスは、バッファタンクT2に一旦貯留された後に処理容器1内に供給される。これにより、基板W上に吸着したTiCl₄が還元される。このときのNH₃ガスの流量は、十分に還元反応が生じる量とすることができる。

40

【0041】

また、NH₃供給工程S103では、開閉弁65を開くことにより、バラストガス供給源62からバラストガス供給ライン61を経てバラストガスを排気ライン41の合流部41aに供給する。このとき、バラストガスは、バラストガス貯留タンク64に一旦貯留され、所定の温度に調整（加熱）された後に合流部41aに供給される。このように、TiCl₄ガスを処理空間37に供給する際に、合流部41aへバラストガスを供給することにより、処理空間37から排気部4への排気量を迅速に低下させることができる。したがって、バッファタンクT2からのNH₃ガスの流量が大きくなるとも、バラストガスの導入をしない場合に比べ、処理空間37内におけるNH₃ガスの分圧を迅速に高くすること

50

ができる。

【 0 0 4 2 】

第 2 のパージ工程 S 1 0 4 は、処理空間 3 7 の余剰の NH_3 ガスをパージする工程である。第 2 の N_2 ガスを供給する工程では、第 1 の連続 N_2 ガス供給ライン L 3 及び第 2 の連続 N_2 ガス供給ライン L 4 を介しての N_2 ガス（連続 N_2 ガス）の供給を継続した状態で、開閉弁 V 2 を閉じて NH_3 ガスの供給を停止する。また、開閉弁 V 5 , V 6 を開く。これにより、 N_2 ガス供給源 G S 5 , G S 6 から第 1 のパージライン L 5 及び第 2 のパージライン L 6 を経て N_2 ガスを処理容器 1 内の処理空間 3 7 に供給する。このとき、 N_2 ガスは、バッファタンク T 5 , T 6 に一旦貯留された後に処理容器 1 内に供給されるので、比較的大きい流量を供給することができる。これにより、処理空間 3 7 の余剰の NH_3 ガス等をパージする。

10

【 0 0 4 3 】

また、第 2 のパージ工程 S 1 0 4 では、開閉弁 6 5 を閉じてバラストガスの供給を停止することにより、処理空間 3 7 から排気部 4 への排気量をバラストガス供給前の状態に迅速に戻すことができる。したがって、処理空間 3 7 の NH_3 ガス等を速やかにパージして、 N_2 ガス雰囲気置換することができる。

【 0 0 4 4 】

以下、これらの工程を所定サイクル繰り返すことにより、基板 W の上に所望の膜厚の TiN 膜を形成する。

【 0 0 4 5 】

ここで、TiCl₄ 供給工程 S 1 0 1、 NH_3 供給工程 S 1 0 3 におけるバラストガスの供給と、処理空間 3 7 の圧力上昇量との関係について説明する。

20

【 0 0 4 6 】

処理空間 3 7 の圧力上昇量 p は、以下の式 (1) の関係を有する。ここで、 p は処理空間 3 7 の圧力上昇量 [Pa] を示し、 $m_{ballast}$ はバラストガスの質量流量 [kg · s⁻¹] を示し、 M はバラストガスの分子量 [kg · mol⁻¹] を示し、 T はバラストガスの温度 [K]、 R は気体定数 [J · mol⁻¹ · K⁻¹]、 S_p は真空ポンプ 4 4 の排気速度 [m³ · s⁻¹] を示す。

【 0 0 4 7 】

【 数 1 】

30

$$\Delta p = \frac{RTm_{ballast}}{MS_p} \quad \dots(1)$$

【 0 0 4 8 】

式 (1) をバラストガス温度 T で微分すると、以下の式 (2) の関係が得られる。

40

【 0 0 4 9 】

【 数 2 】

$$\frac{\partial(\Delta p)}{\partial T} = \frac{Rm_{ballast}}{MS_p} \quad \dots(2)$$

50

【0050】

式(2)に示すように、圧力上昇量 p はバラストガス温度 T (絶対温度)の増加率に比例する。このため、バラストガス温度 T を調整することにより、処理空間37の圧力上昇量 p を調整することができる。即ち、制御装置7は、ヒータ66を制御してバラストガス供給部6から供給されるバラストガス温度 T を制御することにより、処理空間37の圧力上昇量 p を調整することができる。

【0051】

ここで、バラストガス温度 T の温度を変えながら、処理空間37の圧力上昇量 p のシミュレーションを行った。図3は、圧力上昇量 p とバラストガス温度 T の関係を示すグラフの一例である。図3に示すように、バラストガス温度 T の上昇に依存して圧力上昇量 p も上昇することが確認できた。また、図3に示すように、バラストガス温度 T の変化量(例えば、200 500)に対して、圧力上昇量 p の変化量(例えば、225 Pa 275 Pa)は小さくなっている。このため、バラストガス温度 T の制御可能な分解能に対して、圧力上昇量 p を微細に調整することができる。即ち、処理空間37の圧力を高精度に制御(調整)することができる。

10

【0052】

以上、第1実施形態に係る基板処理装置100によれば、バラストガスの供給・停止を制御することにより、処理空間37の圧力を高速で制御することができる。ここで、複数のドライプロセスを連続または交互に行うことで所望の処理結果を実現する基板処理装置において、プロセス圧力は、重要なパラメータの一つである。このため、プロセス圧力(処理空間37の圧力)を高速かつ高精度に変更・調整可能な基板処理装置が求められている。例えば、マスフローコントローラ63を制御してバラストガスの流量を調整することにより圧力上昇量 p を調整する場合、幅広いプロセス圧力帯に対して安定的に圧力上昇量 p の微調整を施すことは困難であった。これに対し、第1実施形態に係る基板処理装置100によれば、バラストガスの温度 T を制御することにより、圧力上昇量 p を高精度に制御(調整)することができる。

20

【0053】

第2実施形態

第2実施形態に係る基板処理装置200の構成の一例について、図4を用いて説明する。図4は、第2実施形態に係る基板処理装置200の断面模式図の一例である。第2実施形態に係る基板処理装置200は、第1実施形態に係る基板処理装置100と比較して、バラストガス供給部6Aの構成が異なっている。その他の構成は同様であり、重複する説明は省略する。

30

【0054】

バラストガス供給部6Aは、バラストガス供給ライン61Aを有する。バラストガス供給ライン61Aの一方側は、排気ライン41の圧力調整部42よりも上流側に設けられた合流部41aに接続されている。バラストガス供給ライン61Aの他方側は、バラストガス貯留タンク64よりも上流側の合流部61bで分岐しており、バラストガス供給源62A~62Cに接続されている。バラストガス供給源62A~62Cと合流部61bの間には、それぞれマスフローコントローラ63A~63Cが設けられている。合流部61bと合流部41aとの間には、バラストガス貯留タンク64、及び開閉弁65が設けられている。

40

【0055】

ここで、 $TiCl_4$ 供給工程S101、 NH_3 供給工程S103におけるバラストガスの供給と、処理空間37の圧力上昇量との関係について説明する。

【0056】

式(1)をバラストガス分子量 M で微分すると、以下の式(3)の関係が得られる。

【0057】

【数 3】

$$\frac{\partial(\Delta p)}{\partial M} = -\frac{Rm_{ballast}}{M^2 S_p} \quad \dots(3)$$

【0058】

10

ここで、バラストガスの質量流量 $m_{ballast}$ を一定とする場合、バラストガスの分子量が軽いほど体積流量が増える。このため、バラストガス温度 T を調整することにより、処理空間 37 の圧力上昇量 p を調整することができる。即ち、バラストガスのガス種を変更する（バラストガスの分子量を変更する）ことにより、処理空間 37 の圧力上昇量 p を調整することができる。

【0059】

以上、第 2 実施形態に係る基板処理装置 200 によれば、バラストガスの供給・停止を制御することにより、処理空間 37 の圧力を高速で制御することができる。また、第 2 実施形態に係る基板処理装置 200 によれば、バラストガスの分子量を変更することにより、圧力上昇量 p を制御（変更）することができる。

20

【0060】

ここで、バラストガスの分子量の変更は、バラストガスのガス種を変更してもよい。例えば、マスフローコントローラ 63A ~ 63C のうち、いずれかの弁を全開とし、その他の弁を全閉とすることにより、バラストガス貯留タンク 64 に貯留されるバラストガスのガス種を変更する。例えば、バラストガスを N_2 ガスから NH_3 ガスに変更することにより、圧力上昇量 p を 1.75 倍にすることができる。また、例えば、バラストガスを N_2 ガスから H_2 ガスに変更することにより、圧力上昇量 p を 1.4 倍にすることができる。これにより、バラストガスのガス種を変更することで、開閉弁 65 を開弁した際（ $TiCl_4$ 供給工程 S101、 NH_3 供給工程 S103）と、閉弁した際（第 1 のパージ工程 S102、第 2 のパージ工程 S104）閉じた際の排気量の差を変更することができる。

30

【0061】

また、図 4 に示すように、バラストガス貯留タンク 64 に貯留され、排気部 4 に供給されるバラストガスを混合ガスとし、マスフローコントローラ 63A ~ 63C を制御して混合ガス（バラストガス）の混合比を調整することにより、平均分子量を調整して、圧力上昇量 p を調整してもよい。

【0062】

第 3 実施形態

第 3 実施形態に係る基板処理装置 300 の構成の一例について、図 5 及び図 6 を用いて説明する。図 5 は、第 3 実施形態に係る基板処理装置 300 の断面模式図の一例である。図 6 は、第 3 実施形態に係る基板処理装置 300 の一部の斜視図の一例である。なお、図 6 において、排気部 4、処理ガス供給部 5、バラストガス供給部 6、制御装置 7 等は、省略して図示している。

40

【0063】

第 3 実施形態に係る基板処理装置 300 は、第 1 実施形態に係る基板処理装置 100 と比較して、バラストガス供給部 6B の構成が異なっている。その他の構成は同様であり、重複する説明は省略する。バラストガス供給ライン 61 は、円環状のバラスト供給ダクト 67 と接続されている。円環状のバラスト供給ダクト 67 と排気ダクト 13 とは、所定の間隔において複数の供給管 68 で接続されている。また、各供給管 68 には、それぞれヒータ 66 が設けられている。

【0064】

50

排気ダクト 1 3 の排気空間 1 3 b にバラストガスを供給することにより、処理空間 3 7 から排気部 4 への排気量を迅速に低下させることができる。また、バラストガスの供給を停止することにより、処理空間 3 7 から排気部 4 への排気量をバラストガス供給前の状態に迅速に戻すことができる。

【 0 0 6 5 】

また、各供給管 6 8 に設けられたヒータ 6 6 を制御することにより、排気ダクト 1 3 の排気空間 1 3 b における圧力の周方向の圧力分布を調整することができる。これにより、処理空間 3 7 の周方向の圧力分布を調整することができる。

【 0 0 6 6 】

以上、第 3 実施形態に係る基板処理装置 3 0 0 によれば、バラストガスの供給・停止を制御することにより、処理空間 3 7 の圧力を高速で制御することができる。また、第 3 実施形態に係る基板処理装置 3 0 0 によれば、圧力の周方向の圧力分布を調整することができる。

10

【 0 0 6 7 】

以上、基板処理装置 1 0 0 の実施形態等について説明したが、本開示は上記実施形態等に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載された本開示の要旨の範囲内において、種々の変形、改良が可能である。

【 0 0 6 8 】

基板処理装置 1 0 0 は、TiN 膜を成膜する ALD 装置である場合を例に説明したが、これに限られるものではなく、熱 ALD 装置、プラズマ ALD 装置、熱 CVD (Chemical Vapor Deposition) 装置、プラズマ CVD 装置等であってもよい。また、基板処理装置 1 0 0 は、成膜装置に限られず、エッチング装置であってもよい。即ち、処理空間 3 7 内の圧力を調整して基板 W に処理を施す基板処理装置に幅広く適用することができる。

20

【 符号の説明 】

【 0 0 6 9 】

- 1 処理容器
- 2 基板載置台
- 3 シャワーヘッド
- 4 排気部
- 5 処理ガス供給部
- 6 バラストガス供給部
- 7 制御装置
- 1 3 排気ダクト
- 1 3 a スリット
- 1 3 b 排気空間
- 1 3 c 排気口
- 4 1 排気ライン
- 4 1 a 合流部
- 4 2 圧力調整部
- 4 3 バルブ
- 4 4 真空ポンプ
- 6 1 , 6 1 A , 6 1 B バラストガス供給ライン
- 6 2 , 6 2 A ~ 6 2 C バラストガス供給源
- 6 3 マスフローコントローラ
- 6 3 A ~ 6 3 C マスフローコントローラ (分子量制御部)
- 6 4 バラストガス貯留タンク
- 6 5 開閉弁
- 6 6 ヒータ (温度制御部)
- 6 7 バラスト供給ダクト
- 6 8 供給管

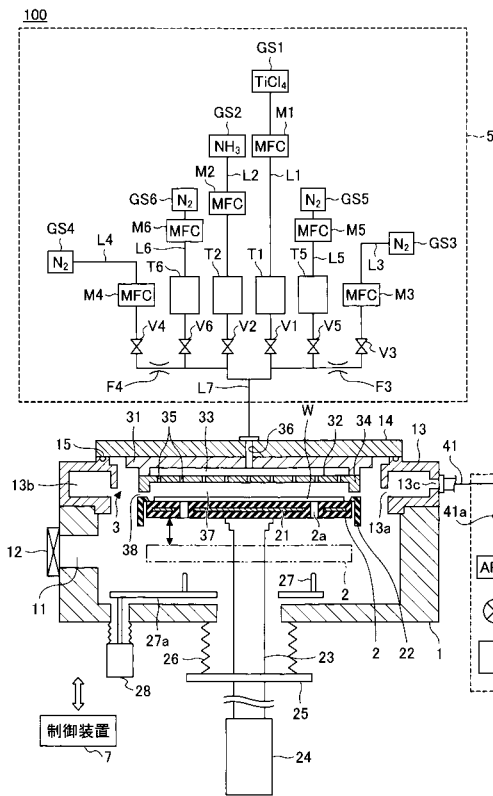
30

40

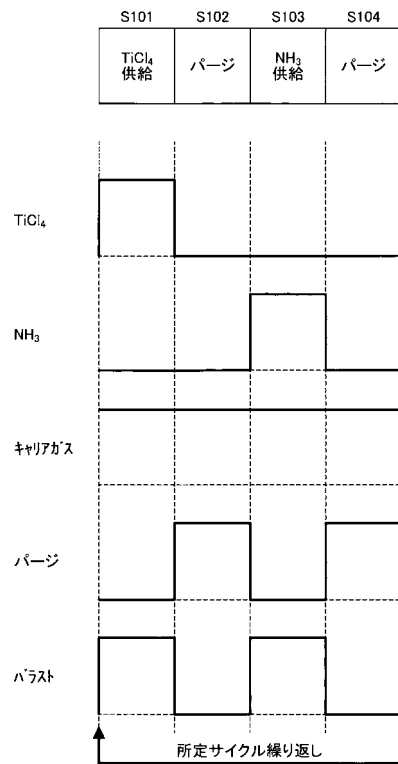
50

100, 200, 300 基板処理装置
W 基板

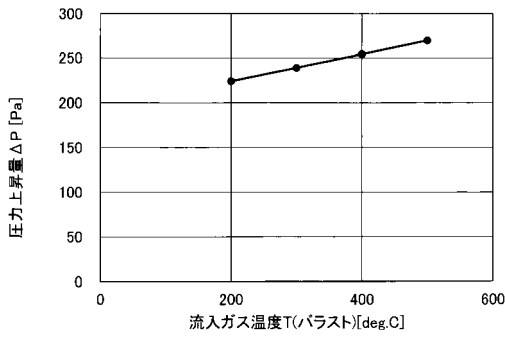
【図1】



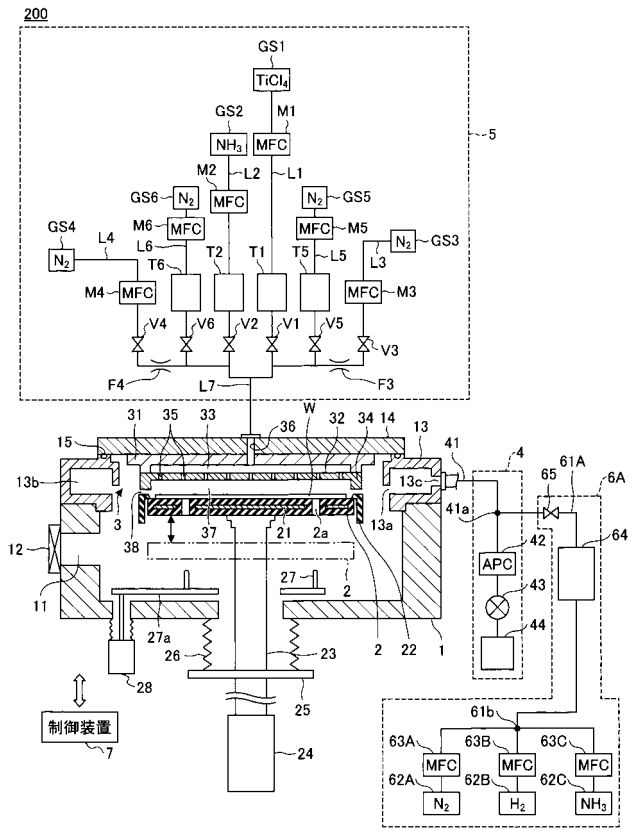
【図2】



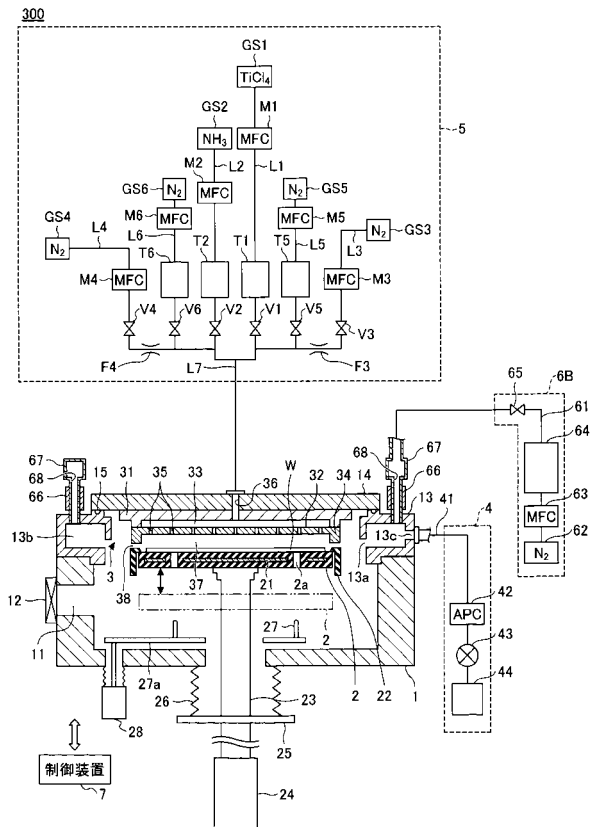
【図3】



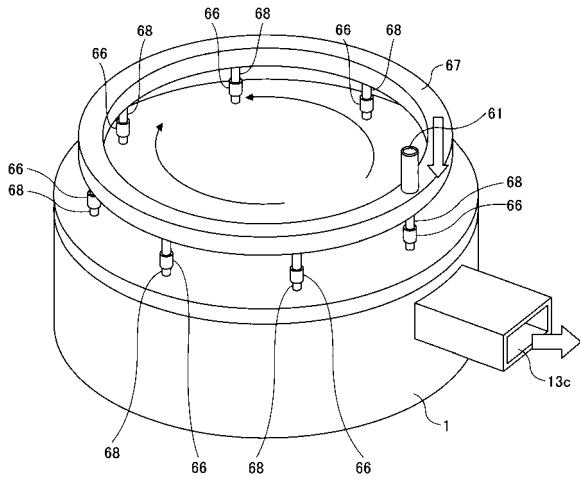
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 鈴木 歩太

山梨県韮崎市穂坂町三ツ沢650 東京エレクトロン テクノロジーソリューションズ株式会社内

(72)発明者 大倉 成幸

山梨県韮崎市穂坂町三ツ沢650 東京エレクトロン テクノロジーソリューションズ株式会社内

Fターム(参考) 4K030 AA03 AA13 AA18 BA18 BA38 CA04 CA12 EA03 EA12 FA10

HA01 JA09 LA15