

明 細 書

発明の名称： クリーニング方法及び成膜装置

技術分野

[0001] 本開示は、クリーニング方法及び成膜装置に関する。

背景技術

[0002] 例えば、特許文献1は、基板に対して原子層エッチング（ALE：Atomic Layer Etching）を行うことにより、基板上の下層を損傷することなく対象膜を1 Åレベルでエッチングすることを提案している。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特表2019-519918号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 本開示は、成膜装置内パーツのダメージを抑制しながらクリーニングすることができる技術を提供する。

課題を解決するための手段

[0005] 本開示の一の態様によれば、成膜用原料ガス供給源と、成膜用反応ガス供給源と、第1クリーニングガス供給源と、第2クリーニングガス供給源と、処理容器内に設けられ、基板を載置し、昇降可能なステージと、処理容器内に設けられ、ステージに対向して処理空間を形成するキャップ部材と、を備える成膜装置のクリーニング方法であり、成膜用原料ガス供給源からの成膜用原料ガスと、成膜用反応ガス供給源からの成膜用反応ガスとを処理空間に供給することにより、基板の上に膜を形成することと、膜を形成した後の基板を搬出し、第1クリーニングガス供給源からの第1クリーニングガスと第2クリーニングガス供給源からの第2クリーニングガスとを交互に処理空間に供給することにより、処理空間内をクリーニングすることと、を有するクリーニング方法が提供される。

発明の効果

[0006] 一の側面によれば、成膜装置内パーツのダメージを抑制しながらクリーニングすることができる。

図面の簡単な説明

- [0007] [図1]一実施形態に係るサイクルクリーニング方法の一例を示す図。
[図2]一実施形態に係る第1及び第2クリーニングガスの化学反応の一例を示す図。
[図3]一実施形態に係る第1及び第2クリーニングガスの組み合わせの一例を示す図。
[図4]一実施形態に係る第1及び第2クリーニングガスの組み合わせの一例を示す図。
[図5]一実施形態に係る第1及び第2クリーニングガスの組み合わせの一例を示す図。
[図6]一実施形態に係る第1及び第2クリーニングガスの組み合わせの一例を示す図。
[図7]一実施形態に係る成膜装置の構成例を示す図。
[図8]一実施形態に係る成膜装置における処理方法の一例を示すフローチャート。
[図9]図8の成膜処理の一例を示すフローチャート。
[図10]図8のクリーニング処理の一例を示すフローチャート。

発明を実施するための形態

[0008] 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。

[0009] [h i g h - k 材料のクリーニング]

成膜装置では成膜処理後、チャンバ内に付着した膜や反応生成物を除去する目的でC I F₃等の既存のクリーニングガスをチャンバ内に供給し、チャンバ内をクリーニングする。しかし、特にh i g h - k 膜を成膜する際はチャ

ンバの内壁温度やステージ温度を500～700℃程度の高温にしないと膜が除去できない。このため、クリーニング中、チャンバやチャンバ内パーツの耐熱温度を超えてしまうという問題が生じる。特に枚葉装置においてC l F₃等の既存のクリーニングガスでh i g h - k材料をドライクリーニングすることは難しい。

[0010] このため、枚葉装置においてh i g h - k材料を成膜する際、事前にチャンバ内をカバーするライナーを取り付けて、パーティクル等が発生した際にはライナーを交換することで対応することも考えられる。しかし、パーティクルが付着したらその都度ライナーを交換しなくてはならず、チャンバを大気解放し、ライナー交換を実施する際の時間的なロスが大きい。また、ライナーを設置しても成膜装置では成膜ガスが回り込みやすいため、ライナーを設置していない箇所にも成膜してしまうことから、ライナーを設置するだけでは生産性及びクリーニング性能の面で不十分である。また、ライナーへのパーティクルの付着量が多い程ライナーの交換タイミングが短くなり、生産性が低下する。

[0011] 近年、A L Eが注目を浴びている。この手法は基板上のL o g i cデバイス向けに原料ガス及び反応ガスを交互に供給し、1サイクルで1 Å程度のエッチングを行う手法であり、例えば基板上の極薄酸化膜やh i g h - k膜をエッチングする。

[0012] [クリーニングする方法]

本実施形態では、2種類のクリーニングガスを交互に供給して処理容器内に付着したh i g h - k膜等をクリーニングするクリーニング方法を提供する。h i g h - k膜又は金属膜の成膜後に第1クリーニングガスと第2クリーニングガスとを交互に供給することにより、成膜装置の処理容器内をA L E的にクリーニングする方法（以下、サイクルクリーニングという）を提供する。これによれば、処理容器内パーツのダメージを抑制しながら処理容器内をクリーニングすることができる。

[0013] h i g h - k材料には、アルミナ（A l₂O₃）、酸化ジルコニウム（Z r

O_2 ）、酸化ハフニウム (HfO_2) 等が使用されている。一般的に、これらの材料が成膜装置の処理容器内に付着すると、 ClF_3 等の既存のクリーニングガスでは除去できない。

[0014] 一方、第1クリーニングガスと第2クリーニングガスとの所望の組み合わせでは、第1クリーニングガスと第2クリーニングガスとを交互に供給するサイクルクリーニングにより、処理容器内をクリーニングすることができる。

[0015] 図1は、サイクルクリーニングの一例を示す図である。図1の(a)は、成膜装置に付着したhigh-k材料の一例として、アルミナ膜の対象膜101が示されている。成膜装置にてアルミナ膜を成膜すると、処理容器の内壁や処理容器内パーツにもアルミナ膜や反応生成物が付着する。

[0016] この状態で、処理容器内に第1クリーニングガスとしてHFガス（フッ化水素ガス）を供給すると、図1の(b)に示すように、対象膜101の表面が AlF_3 に改質された改質層102が形成される。このときの化学反応は、 $Al_2O_3 + 6HF \rightarrow 2AlF_3 + 3H_2O$ である。この結果、対象膜101の表面が AlF_3 の改質層102となり、 H_2O が揮発する。

[0017] 次に、第2クリーニングガスとして図2の(a)に示すTMA（トリメチルアルミニウム： $Al(CH_3)_3$ ）ガスを供給すると、 AlF_3 の改質層102がエッチングされる。このとき、図2の(b)に示すように、TMAガスが改質層102の AlF_3 からFを一つ引き抜き、図2の(c)に示す $AlF(CH_3)_2$ となる。 $AlF(CH_3)_2$ は、図1の(d)に示すように揮発する。また、図2の(c)に示すように、Fを一つ引き抜かれた後の改質層102 (AlF_2) にTMAガスの残りの CH_3 が結合し、 $AlF_2(CH_3)$ となる。 $AlF_2(CH_3)$ は、図1の(d)に示すように揮発する。これにより、改質層102の AlF_3 がエッチング（クリーニング）される。

[0018] 別のhigh-k材料として酸化ジルコニウム膜の対象膜101に第1クリーニングガスとしてHFガス（フッ化水素ガス）を供給すると、対象膜101の表面が ZrF_4 に改質された改質層102が形成される。

- [0019] 第2クリーニングガスとして図2の(d)に示すDMAC (ジメチルアルミクロライド: $\text{AlCl}(\text{CH}_3)_2$) ガスを供給すると、 ZrF_4 の改質層102がエッチングされる。このとき、図2の(e)に示すように、DMACガスが改質層102の ZrF_4 からFを一つ引き抜き、図2の(f)に示す $\text{AlF}(\text{CH}_3)_2$ となり揮発する。Fを一つ引き抜かれた後の改質層102 (ZrF_3)にDMACガスの残りのClが結合し、 ZrF_3Cl となり揮発する。これにより、改質層102の ZrF_4 がエッチング(クリーニング)される。
- [0020] 図1の(d)に示す対象膜101の表層の1回のエッチング量 Δ は、原子層レベルで1層分、すなわち1Å前後である。このようなALE的なサイクルクリーニングでは、成膜装置の処理容器内を200℃～250℃程度に制御してエッチングが可能である。よって、バッチ式の成膜装置に限らず、枚葉式の成膜装置においても処理容器内をクリーニングすることができるという利点がある。
- [0021] 処理容器等に付着した膜を所定の厚さまでエッチングするため、HFガスとTMAガスを交互に供給することにより、図1の(a)～(d)を予め設定されたサイクル数だけ繰り返し実行する。これにより、サイクルクリーニングが実行され、繰り返したサイクル数分の厚さの膜がエッチングされ、処理容器内がクリーニングされる。このように、本実施形態のサイクルクリーニングでは、ALE技術を基板上のエッチングではなく、成膜装置の処理容器内に付着したhigh-k膜又は金属膜のクリーニングに利用する。
- [0022] [クリーニングガスの組み合わせ]
- 成膜装置において基板上に形成する膜(クリーニングの対象膜となる)の種類によって、成膜装置をクリーニングする際の第1クリーニングガスと第2クリーニングガスの組み合わせは異なる。
- [0023] 基板上にhigh-k膜の一例としてアルミナ、酸化ハフニウム、酸化ジルコニウム、IGZOの酸化膜のいずれかを成膜する場合、第1クリーニングガスは、フッ素を含むガスである。

- [0024] 例えば、基板上にアルミナ膜を成膜する場合、成膜装置をクリーニングする対象膜はアルミナ膜であり、第1クリーニングガスと第2クリーニングガスの組み合わせの一例を図3に示す。
- [0025] 第1クリーニングガスがHFガスのとき、第2クリーニングガスはTMAガス、DMACガス、 $\text{Sn}(\text{acac})_2$ ガス、TMAガスとDMACガスとの混合ガス、又はTMAガスとDMACガスと $\text{Sn}(\text{acac})_2$ ガスと SiCl_4 ガスとの混合ガスのいずれかであってよい。第1クリーニングガスが CHF_3 ガスのとき、第2クリーニングガスはTMAガスであってよい。第1クリーニングガスがHFガスと SF_4 ガスとの混合ガスのとき、第2クリーニングガスは $\text{Sn}(\text{acac})_2$ ガスであってよい。
- [0026] 基板上に酸化ハフニウム膜、酸化ジルコニウム膜、IGZO膜のいずれかを成膜する場合、成膜装置をクリーニングする際の第1クリーニングガスと第2クリーニングガスの組み合わせの一例を図4に示す。
- [0027] 基板上に酸化ハフニウム膜を成膜する場合、第1クリーニングガスがHFガス、第2クリーニングガスはDMACガス、又はDMACガスと TiCl_4 ガスとの混合ガスのいずれかであってよい。第1クリーニングガスがHFガスと XeF_2 ガスと SF_4 ガスとの混合ガスのとき、第2クリーニングガスはDMACガスと TiCl_4 ガスとの混合ガスであってよい。
- [0028] 基板上に酸化ジルコニウム膜を成膜する場合、第1クリーニングガスがHFガス、第2クリーニングガスはDMACガス、DMACガスと TiCl_4 ガスとの混合ガス又はDMACガスとTMAガスと $\text{Sn}(\text{acac})_2$ ガスと SiCl_4 ガスとの混合ガスのいずれかであってよい。第1クリーニングガスが WF_6 ガスのとき、第2クリーニングガスはDMACガスであってよい。
- [0029] 基板上にIGZO膜を成膜する場合、第1クリーニングガスがHFガス、第2クリーニングガスはDMACガスであってよい。
- [0030] 基板上にCo、Cu、Fe、Mo、Niのいずれかの金属膜を成膜する場合、成膜装置をクリーニングする際の第1クリーニングガスと第2クリーニ

ングガスの組み合わせの一例を図5に示す。

- [0031] 上記金属膜のいずれかを成膜する場合、第1クリーニングガスは、酸素を含むガス又は塩素を含むガスである。
- [0032] 基板上にC o膜を成膜する場合、第1クリーニングガスがC l₂ガスのとき、第2クリーニングガスはH h f a cガスとH a c a cガスとの混合ガスであってよい。第1クリーニングガスがO₂ガスのとき、第2クリーニングガスはH f a cガスであってよい。
- [0033] 基板上にC u膜を成膜する場合、第1クリーニングガスはO₃ガス、第2クリーニングガスはH f a cガスであってよい。
- [0034] 基板上にF e膜を成膜する場合、第1クリーニングガスはC l₂ガス、第2クリーニングガスはH a c a cガスであってよい。
- [0035] 基板上にM o膜を成膜する場合、第1クリーニングガスはO₃ガス、第2クリーニングガスはB C l₃ガスであってよい。
- [0036] 基板上にN i膜を成膜する場合、第1クリーニングガスはO₂ガス、第2クリーニングガスはH h f a cガスであってよい。
- [0037] 図6は、一実施形態に係る第1クリーニングガス及び第2クリーニングガスの組み合わせの一例を示す図である。図6は、第1クリーニングガスにH Fガス又は酸素を含むガス（O₂、O₃、N O₂）を使用した場合の第2クリーニングガスの代表例とその化学式等を示す。
- [0038] 第1クリーニングガスにH Fガスを使用した場合、第2クリーニングガスの一例としてT M Aガスの化学式を（a）に示し、D M A Cガスの化学式を（b）に示す。また、第1クリーニングガスにH Fガスを使用した場合、第2クリーニングガスの一例としてT i C l₄ガスの化学式を（c）に示し、S i C l₄ガスの化学式を（d）に示し、S n（a c a c）₂ガスの化学式を（e）に示す。
- [0039] 第1クリーニングガスに酸素を含むガス（O₂、O₃、N O₂）を使用した場合、第2クリーニングガスの一例としてH f a cガスの化学式を（f）に示す。

- [0040] 第1クリーニングガスに酸素を含むガス（ O_2 、 O_3 、 NO_2 ）を使用した場合、第2クリーニングガスにH f a c ガスを用いると、処理容器内の酸化物のエッチングや成膜原料のプリカーサを供給するガスラインの配管クリーニングを行うことができる。
- [0041] 更に、図6には、各ガスの沸点、蒸気圧等が示されている。後述する成膜装置のガスラインにガスを一時的に貯留するフィルタンクが設けられている場合、フィルタンクにある圧力以上のガスが貯留されることにより、貯留されたガスのある圧力以上で処理容器内に供給することができる。これにより、高速にクリーニングガスを供給でき、複数のクリーニングガスを交互に供給するサイクルクリーニングを高速に行うことができる。よって、蒸気圧が低いガスは、サイクルクリーニングには向かない。
- [0042] 例えば、TMAは、沸点の $127^{\circ}C$ で蒸気圧が 760 Torr であり、 $20^{\circ}C$ で蒸気圧が 9 Torr である。よって、TMAを $40^{\circ}C\sim 50^{\circ}C$ 程度まで加熱すると 100 Torr 程度の蒸気圧のTMAが得られる。このため、TMAの温度を沸点の $127^{\circ}C$ まで上げなくても、TMAを蒸気圧が $100\text{ Torr}\sim 200\text{ Torr}$ の状態にすることができる。
- [0043] 同様に、DMACは、沸点の $183^{\circ}C$ で蒸気圧が 760 Torr であり、 $60^{\circ}C$ で蒸気圧が 79 Torr である。よって、DMACを $65^{\circ}C\sim 70^{\circ}C$ 程度で加熱すると 100 Torr 程度の蒸気圧のDMACが得られる。このため、DMACの温度を沸点の $183^{\circ}C$ まで上げなくても、DMACを蒸気圧が $100\text{ Torr}\sim 200\text{ Torr}$ の状態にすることができる。
- [0044] 成膜装置のガスラインに設けられたフィルタンクから貯留したガスを高速に処理容器内に供給するためには、高い蒸気圧が必要である。沸点が $127^{\circ}C$ のTMAガスや $183^{\circ}C$ のDMACガスの場合、液体のTMAやDMACを $100^{\circ}C$ 程度に加熱してガス状態にすれば、蒸気圧が 100 Torr 程度になることが予想される。このようにしてTMAやDMACをガス状態にして、ある程度高い蒸気圧で一時的にフィルタンクに貯留して、ある程度大量のガスを高速に供給する（フィルフローという）。これにより高速なガス置

換が可能になる。

[0045] 図6に示す TiCl_4 、 SiCl_4 、 $\text{Sn}(\text{acac})_2$ 、 Hf ac も同様にガス状態にして、ある程度高い蒸気圧で一時的にフィルタンクに貯留して、ある程度大量のガスを高速に供給するフィルフローを実現できる。

[0046] これにより、第1クリーニングガス及び第2クリーニングガスを高速に切り替え、交互に供給することにより、高速サイクルクリーニングが可能になる。フィルフローにより、第1クリーニングガスと第2クリーニングガスを交互に繰り返し供給するときの1サイクル当たりの時間を2秒以下にすることができる。例えば、フィルフローを用いたサイクルクリーニングでは、1サイクルは、0.5秒～1秒である。つまり、0.5秒～1秒で1Åエッチング（クリーニング）することができ、最大で1秒間で2Åエッチングできる。1秒間で2Åエッチングすると、1時間で7200Å、2時間で1.4μmの膜をエッチングにより除去できる。

[0047] [成膜装置]

次に、図7を参照して一実施形態に係るクリーニング方法を実行する成膜装置の構成例について説明する。図7は、一実施形態に係る成膜装置の構成例を示す図である。

[0048] 成膜装置100は、ウェハ等の基板Wに対して、成膜用原料ガスの一例である $\text{Zr}(\text{C}_5\text{H}_5)_2$ （ $\text{Zr}(\text{Cp})_2$ ）ガス及び成膜用反応ガスの一例である O_3 ガスを供給して、基板Wの上にhigh-k膜の一例である酸化ジルコニウム膜を成膜する。酸化ジルコニウムは、 ZrO 、 ZrO_2 を含んでもよい。成膜装置100は、例えば、ALD（Atomic Layer Deposition）装置等により構成される。

[0049] 成膜装置100は、処理容器1、ステージ2、シャワーヘッド3、排気部4、ガス供給部5、制御装置6を有する。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の外壁には排気口１３ｂ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。区画部材１６は、ステージ２及びカバー部材２２が成膜処理位置へと上昇した際、処理容器１の内部を上下に区画する。図７のステージ２及びカバー部材２２は、成膜処理位置である。

[0050] ステージ２は、処理容器１内で基板Ｗを水平に支持し、昇降可能に設けられている。ステージ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。ステージ２は、窒化アルミニウム（ＡＩＮ）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、ステージ２の上面（基板載置面）の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って基板Ｗを所定の温度に制御する。

[0051] ステージ２には、基板載置面の外周領域、及びステージ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。支持部材２３は、ステージ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によりステージ２が支持部材２３を介して、図７にて二点鎖線で示す基板Ｗの搬送が可能な搬送位置と、図７にて実線で示す成膜処理位置と、成膜処理位置よりも若干高い位置のクリーニング処理位置（図示せず）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、ステージ２の昇降動作にともなって伸縮するベローズ２６が設けられている。

- [0052] 処理容器 1 の底面近傍には、昇降板 2 7 a から上方に突出するように 3 本（2 本のみ図示）の基板支持ピン 2 7 が設けられている。基板支持ピン 2 7 は、処理容器 1 の下方に設けられた昇降機構 2 8 により昇降板 2 7 a を介して昇降可能になっており、ステージ 2 に設けられた貫通孔 2 a に挿通されてステージ 2 の上面に対して突没可能となっている。このように基板支持ピン 2 7 を昇降させることにより、基板搬送機構（図示せず）とステージ 2 との間で基板 W の受け渡しが行われる。
- [0053] 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、ステージ 2 に対向するように設けられており、ステージ 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 の下に接続されたキャップ部材 3 2 とを有する。本体部 3 1 とキャップ部材 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。キャップ部材 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、キャップ部材 3 2 の環状突起部 3 4 の内側の平坦面にはガス孔 3 5 が形成されている。キャップ部材 3 2 とステージ 2 とは対向して処理空間 3 7 を形成し、ガス導入孔 3 6 は、成膜用原料ガスと成膜用反応ガスとを処理空間 3 7 に供給する。
- [0054] 本体部 3 1 の内部にはガス経路 3 1 a が形成されている。ガス経路 3 1 a は、環状突起部 3 4 の外周よりも外側まで伸び、下向きに開口する複数のガス孔 3 1 a 1 に連通する。ガス経路 3 1 a は、放射状に形成されてもよいし、円形に形成されてもよい。ガス経路 3 1 a は、ガス導入孔 3 6 に連通せず、クリーニングガスを処理空間 3 7 よりも外側の領域（処理空間外領域）3 9 に供給する経路となる。処理空間外領域 3 9 は、排気ダクト 1 3 の内部の環状空間を含む。
- [0055] ステージ 2 が成膜処理位置に存在した状態では、キャップ部材 3 2 とステージ 2 との間に処理空間 3 7 が形成され、環状突起部 3 4 の下面とステージ

2のカバー部材22の上面が近接して環状隙間38が形成される。また、ステージ2が成膜処理位置に存在した状態において、カバー部材22の上面は、区画部材16の上面と同じ位置又はそれよりも上の位置に配置される。ステージ2がクリーニング処理位置に存在した状態において、カバー部材22の上面は、成膜処理位置よりも更に上に配置される。よって、ステージ2がクリーニング処理位置に存在した状態における環状隙間38（ギャップ幅G）は、ステージ2が成膜処理位置に存在した状態におけるギャップ幅Gよりも狭くなる。

[0056] 基板Wの上に膜を形成するとき、ステージ2を所定の高さに固定してもよい。処理空間37内をクリーニングするとき、ステージ2を上昇させる。これにより、処理空間37内をクリーニングするときのギャップ幅Gを、成膜時のギャップ幅Gよりも狭くする。

[0057] 排気部4は、処理容器1の内部を排気する。排気部4は、排気ダクト13の排気口13bに接続された排気配管41と、APC（Auto Pressure Controller）バルブ42と、開閉バルブ43と、真空ポンプ44と、を有する。排気配管41の一端は排気ダクト13の排気口13bに接続され、他端は真空ポンプ44の吸入ポートに接続される。排気ダクト13と真空ポンプ44との間には、上流側から順に、APCバルブ42、開閉バルブ43が設けられる。APCバルブ42は、排気経路のコンダクタンスを調整して処理空間37の圧力を調整する。開閉バルブ43は、排気配管41の開閉を切り替える。処理に際して、区画部材16及びステージ2（カバー部材22）は、処理容器1の内部を、処理空間37を含む上部空間と、ステージ2の裏面側の下部空間と、に区画する。これにより、処理空間37内のガスは、環状隙間38、スリット13aを介して排気ダクト13の内部の環状空間に至り、排気ダクト13の排気口13bから排気部4の真空ポンプ44により排気配管41を通して排気される。なお、下部空間は、図示しないパージガス供給機構によりパージ雰囲気となっている。このため、処理空間37のガスは、下部空間には流入しない。

- [0058] ガス供給部5は、成膜用原料ガス供給ラインL1、成膜用反応ガス供給ラインL2、第1連続N₂ガス供給ラインL3、第1フラッシュパージラインL4を有する。更に、ガス供給部5は、第1クリーニングガスラインL5、第2クリーニングガスラインL6、第2連続N₂ガス供給ラインL7、及び第2フラッシュパージラインL8を有する。
- [0059] 成膜用原料ガス供給ラインL1は、成膜用原料ガス、例えば、Zyald ($(C_5H_5)Zr[N(CH_3)_2]_3$) ガスの供給源である成膜用原料ガス供給源GS1から延び、合流配管L9に接続されている。合流配管L9は、ガス導入孔36に接続されている。成膜用原料ガス供給ラインL1には、原料ガス供給源GS1側から順に、マスフローコントローラM1、バッファタンクT1、及び開閉弁V1が設けられている。マスフローコントローラM1は、成膜用原料ガス供給ラインL1を流れるZyald ($(C_5H_5)Zr[N(CH_3)_2]_3$) ガスの流量を制御する。バッファタンクT1は、Zyaldガスを一時的に貯留し、短時間で必要なZyaldガスを供給する。開閉弁V1は、ALDプロセスの際にZyaldガスの供給・停止を切り替える。
- [0060] 成膜用反応ガス供給ラインL2は、反応ガス、例えば、O₃ガスの供給源である成膜用反応ガス供給源GS2から延び、合流配管L9に接続されている。成膜用反応ガス供給ラインL2には、成膜用反応ガス供給源GS2側から順に、マスフローコントローラM2、バッファタンクT2、及び開閉弁V2が設けられている。マスフローコントローラM2は、成膜用反応ガス供給ラインL2を流れるO₃ガスの流量を制御する。バッファタンクT2は、O₃ガスを一時的に貯留し、短時間で必要なO₃ガスを供給する。開閉弁V2は、ALDプロセスの際にO₃ガスの供給・停止を切り替える。
- [0061] 第1連続N₂ガス供給ラインL3は、N₂ガスの供給源であるN₂ガス供給源GS3から延び、合流配管L9に接続されている。これにより、第1連続N₂ガス供給ラインL3を介して合流配管L9側にN₂ガスが供給される。第1連続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、Zyaldガス及びO₃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連続 N_2 ガス供給ラインL3には、 N_2 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連続 N_2 ガス供給ラインL3を流れる N_2 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、T2、T4によって供給される比較的大きい流量のガスが第1連続 N_2 ガス供給ラインL3に逆流することを抑制する。

[0062] 第1フラッシュパージラインL4は、 N_2 ガスの供給源である N_2 ガス供給源GS4から延び、合流配管L9に接続されている。これにより、第1フラッシュパージラインL4を介して合流配管L9側に N_2 ガスが供給される。第1フラッシュパージラインL4は、ALD法による成膜中のパージステップのときのみ N_2 ガスを供給する。第1フラッシュパージラインL4には、 N_2 ガス供給源GS4側から順に、マスフローコントローラM4、バッファタンクT4及び開閉弁V4が設けられている。マスフローコントローラM4は、第1フラッシュパージラインL4を流れる N_2 ガスの流量を制御する。バッファタンクT4は、 N_2 ガスを一時的に貯留し、短時間で必要な N_2 ガスを供給する。開閉弁V4は、ALDプロセスのパージの際に N_2 ガスの供給・停止を切り替える。

[0063] 第1クリーニングガスラインL5は、第1クリーニングガス、例えば、HFガスの供給源である第1クリーニングガス供給源GS5から延び、合流配管L10及び合流配管L10から分岐する分岐配管L11に接続されている。合流配管L10は、ガス導入孔36に接続されている。分岐配管L11は、合流配管L10から分岐して本体部31内のガス経路31aに接続されている。第1クリーニングガスラインL5には、第1クリーニングガス供給源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クリーニングガスラインL5を流れるHFガスの流量を制御する。バッファタンクT5は、HFガスを一時的に貯留し、短時間で必要なHFガスを供給する。開閉弁V5は、2種類のクリーニングガスを交互に供給するサイクルクリ

ーニングプロセスの一方のクリーニングガスであるHFガスの供給・停止を切り替える。

[0064] 第2クリーニングガスラインL6は、第2クリーニングガス、例えば、TMAガスの供給源である第2クリーニングガス供給源GS6から延び、合流配管L10及び分岐配管L11に接続されている。第2クリーニングガスラインL6には、第2クリーニングガス供給源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クリーニングガスラインL6を流れるTMAガスの流量を制御する。バッファタンクT6は、TMAガスを一時的に貯留し、短時間で必要なTMAガスを供給する。開閉弁V6は、2種類のクリーニングガスを交互に供給するサイクルクリーニングプロセスの他方のクリーニングガスであるTMAガスの供給・停止を切り替える。

[0065] 第2連続N₂ガス供給ラインL7は、N₂ガスの供給源であるN₂ガス供給源GS7から延び、合流配管L10及び分岐配管L11に接続されている。これにより、第2連続N₂ガス供給ラインL7を介して合流配管L10及び分岐配管L11側にN₂ガスが供給される。第2連続N₂ガス供給ラインL7は、サイクルクリーニング中にN₂ガスを常時供給し、第1クリーニングガス及び第2クリーニング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連続N₂ガス供給ラインL7には、N₂ガス供給源GS7側から順に、マスフローコントローラM7、開閉弁V7、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M7は、第2連続N₂ガス供給ラインL7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T5、T6、T8によって供給される比較的大きい流量のガスが第2連続N₂ガス供給ラインL7に逆流することを抑制する。

[0066] 第2フラッシュパージラインL8は、N₂ガスの供給源であるN₂ガス供給源GS8から延び、合流配管L10及び分岐配管L11に接続されている。これにより、第2フラッシュパージラインL8を介して合流配管L10及び分岐配管L11側にN₂ガスが供給される。第2フラッシュパージラインL8

は、サイクルクリーニング中のパージステップのときのみ N_2 ガスを供給する。第2フラッシュパージラインL8には、 N_2 ガス供給源GS8側から順に、マスフローコントローラM8、バッファタンクT8及び開閉弁V8が設けられている。マスフローコントローラM8は、第2フラッシュパージラインL8を流れる N_2 ガスの流量を制御する。バッファタンクT8は、 N_2 ガスを一時的に貯留し、短時間で必要な N_2 ガスを供給する。開閉弁V8は、サイクルクリーニングプロセスのパージの際に N_2 ガスの供給・停止を切り替える。

[0067] 制御装置6は、成膜装置100の各部の動作を制御する。制御装置6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6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。

[0068] [処理方法]

次に、本実施形態に係る成膜装置100による処理方法について、図8を用いて説明する。図8は、本実施形態に係る成膜装置100における処理方法の一例を示すフローチャートである。

[0069] ステップS101において、成膜装置100の処理容器1内に基板Wを搬入する。具体的には、ヒータ21により所定温度（例えば、 200°C ～ 250°C ）に加熱されたステージ2を搬送位置（図7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12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11を介して処理容器1内に搬入し、基板支持ピン27で支持する。搬送アームが搬入出口11から退避すると、ゲートバルブ12を閉じる。また、基板支持ピン27を下降させて、基板Wをス

ステージ2に載置する。

[0070] ステップS102において、制御装置6は、昇降機構24を制御して、ステージ2を成膜処理位置（図7において実線で示す。）まで上昇させる。これにより、処理容器1の内部は、処理空間37を含むステージ2の表面（基板載置面）側の上部空間と、ステージ2の裏面側の下部空間と、に区画される。

[0071] ステップS103において、ステージ2上の基板Wを昇温するとともに、APCバルブ42の開度を調整する。即ち、ステージ2上の基板Wは、ヒータ21によって所定の温度に昇温される。また、制御装置6は、排気部4を制御して処理容器1内を所定の真空度に調節する。その後、制御装置6は、開閉弁V3を開き、開閉弁V1、V2、V4～V8を閉じる。これにより、N₂ガス供給源GS3から第1連続N₂ガス供給ラインL3を経てN₂ガスを処理空間37内に供給して圧力を上昇させる。また、制御装置6は、処理空間37内の圧力を検出する圧力センサ（図示せず）に基づいて、処理空間37内の圧力が所望の圧力となるAPCバルブ42の開度を調整する。これにより、制御装置6は、処理空間37内の圧力とAPCバルブ42の開度とを対応付けして記憶する。なお、このとき、バッファタンクT1内には、成膜用原料ガス供給源GS1からZyaldガスが供給されて、バッファタンクT1内の圧力は略一定に維持されている。バッファタンクT2内には、成膜用反応ガス供給源GS2からO₃ガスが供給されて、バッファタンクT2内の圧力は略一定に維持されている。バッファタンクT4内には、N₂ガス供給源GS4からN₂ガスが供給されて、バッファタンクT4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T5内には、第1クリーニングガス供給源GS5からHFガスが供給されて、バッファタンクT5内の圧力は略一定に維持されている。バッファタンクT6内には、第2クリーニングガス供給源GS6からTMAガスが供給されて、バッファタンクT6内の圧力は略一定に維持されている。バッファタンクT8内には、N₂ガス供給源GS8からN₂ガスが供給されて、バッファタンクT8内の圧力は略一定に維持されて

いる。

[0072] ステップS 1 0 4において、成膜処理を実行する。なお、ここでの成膜処理は基板Wに酸化ジルコニウム膜を成膜するが、図9を用いて後述する。成膜処理が終了すると、ステップS 1 0 5に進む。

[0073] ステップS 1 0 5において、制御装置6は、昇降機構24を制御して、ステージ2を搬送位置まで下降させる。

[0074] ステップS 1 0 6において、成膜装置100の処理容器1内から基板Wを搬出する。具体的には、基板支持ピン27を上昇させて、ステージ2に載置された基板Wを持ち上げ、基板支持ピン27で支持する。また、ゲートバルブ12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11を介して処理容器1内から搬出する。搬送アームが搬入出口11から退避すると、ゲートバルブ12を閉じる。以上により、成膜装置100において基板Wに酸化ジルコニウム膜を成膜する処理が終了する。

[0075] ステップS 1 0 7において、制御装置6は、所定枚数の基板Wを成膜したかを判定する。制御装置6が、所定枚数の基板Wを成膜していないと判定すると、処理容器1内をクリーニングせずに本処理方法を終了する。制御装置6が、所定枚数の基板Wを成膜したと判定すると、ステップS 1 0 8に進み、クリーニング処理（サイクルクリーニング）を実行し、処理容器1内をクリーニングした後、本処理方法を終了する。

[0076] [成膜処理]

次に、図8のステップS 1 0 4の成膜処理について、図9を用いて更に説明する。図9は、本実施形態に係る成膜装置100における成膜処理の一例を示すフローチャートである。なお、図8のステップS 1 0 8のクリーニング処理（サイクルクリーニング）については図10を用いて後述する。

[0077] ステップS 2 0 1において、制御装置6は、昇降機構24を制御してステージ2を成膜処理位置（図1参照）へと移動（上昇）させる上昇動作を開始するとともに、APCバルブ42の開度を調整する。なお、APCバルブの開度の調整は、レシピに記載の圧力と、ステップS 1 0 3で記憶した圧力と

開度との関係と、に基づいて決定される。また、制御装置6は、マスフローコントローラM3の流量をレシピに設定された所定の流量とする。なお、キャリアN₂ガスは、N₂ガス供給源GS3から第1連続N₂ガス供給ラインL3を経て処理空間37内に供給されている。

[0078] ステップS202において、制御装置6は、開閉弁V1を開き、処理空間37内に原料ガスであるZyaldガスを供給する。ここで、環状隙間38のギャップ幅Gは狭く（例えば、0.5mm）になっている。このため、処理空間37内に供給されたZyaldガスは処理空間37内に封じ込められ、処理空間37内の圧力が上昇する。これにより、供給されたZyaldガスがすぐに排気されることなく、原料ガス分子と基板Wとの接触頻度を増加させることができる。これにより、原料ガス分子を基板Wの表面に吸着させることができる。

[0079] ステップS203において、制御装置6は、開閉弁V1を閉じる。また、制御装置6は、昇降機構24を制御してステージ2を移動（下降）させる下降動作を開始する。これにより、次のステップにおけるパージガスによる置換効率を向上させることができる。ただし、成膜処理の間、ステージ2は固定に制御してもよい。

[0080] ステップS204において、制御装置6は、開閉弁V4を開き、処理空間37内にN₂ガスを供給する。このとき、N₂ガスは、バッファタンクT4に一旦貯留された後に処理容器1内に供給されるので、比較的大きな流量を供給することができる。また、ギャップ幅Gは原料ガス供給時のギャップ幅Gよりも広がっている。これにより、処理空間37の余剰のZyaldガスをフラッシュパージする。

[0081] ステップS205において、制御装置6は、開閉弁V4を閉じる。また、制御装置6は、昇降機構24を制御してステージ2を成膜処理位置へと移動（上昇）させる。

[0082] ステップS206において、制御装置6は、マスフローコントローラM3の流量（キャリアN₂ガスの流量）をステップS205における流量よりも大

きくする。例えば、ステップS 2 0 1～S 2 0 4の流量に戻す。制御装置6は、開閉弁V 2を開き、処理空間3 7内に反応ガスであるO₃ガスを供給する。ここで、ギャップ幅Gは狭く（例えば、0. 5 mm）になっている。このため、処理空間3 7内に供給されたO₃ガスは処理空間3 7内に封じ込められ、処理空間3 7内の圧力が上昇する。これにより、供給されたO₃ガスがすぐに排気されることなく、反応ガス分子と基板Wとの接触頻度を増加させることができる。これにより、基板Wの表面に吸着された原料ガス分子と反応させることができる。

[0083] ステップS 2 0 7において、制御装置6は、開閉弁V 2を閉じる。また、昇降機構2 4を制御してステージ2をパージ処理位置まで下降させる。これにより、次のステップにおけるパージガスによる置換効率を向上させることができる。ただし、成膜処理の間、ステージ2は固定に制御してもよい。

[0084] ステップS 2 0 8において、制御装置6は、開閉弁V 4を開き、処理空間3 7内にN₂ガスを供給する。このとき、N₂ガスは、バッファタンクT 4に一旦貯留された後に処理容器1内に供給されるので、比較的大きな流量を供給することができる。また、ギャップ幅Gは反応ガス供給時のギャップ幅Gよりも広がっている。これにより、処理空間3 7の余剰のO₃ガス等をフラッシュパージする。

[0085] その後、制御装置6は、開閉弁V 4を閉じる。また、制御装置6は、マスフローコントローラM 3の流量（キャリアN₂ガスの流量）を反応ガス供給時及びフラッシュパージ時（ステップS 2 0 6～S 2 0 8）よりも小さくする。また、ギャップ幅Gは成膜時よりも広く（例えば、6 mm）になっている。このため、反応生成物、余剰のO₃ガス、N₂ガス等を容易に排出することができる。

[0086] かかるステップS 2 0 1～S 2 0 8の処理により、A L Dプロセスの1サイクルが終了する。

[0087] ステップS 2 0 9において、制御装置6は、所定の成膜サイクル数が終了したか否かを判定する。所定の成膜サイクル数が終了していない場合、終了

するまでステップS 2 0 1～S 2 0 8の処理を繰り返す。所定の成膜サイクル数が終了した場合、成膜処理を終了する。

[0088] 〔クリーニング処理（サイクルクリーニング）〕

次に、図8のステップS 1 0 8のクリーニング処理（サイクルクリーニング）について、図10を用いて更に説明する。図10は、本実施形態に係る成膜装置100におけるクリーニング処理（サイクルクリーニング）の一例を示すフローチャートである。

[0089] ステップS 3 0 1において、制御装置6は、昇降機構24を制御してステージ2をクリーニング処理位置へと移動（上昇）させる上昇動作を開始するとともに、APCバルブ42の開度を調整する。ここで、クリーニング処理位置は、成膜処理位置よりも若干高く、環状隙間38のギャップ幅Gは成膜時よりも更に狭く（例えば、0.5mm未満）になっている。

[0090] また、制御装置6は、マスフローコントローラM7の流量をレシピに設定された所定の流量とする。なお、キャリアN₂ガスは、N₂ガス供給源GS7から第2連続N₂ガス供給ラインL7を経て処理空間37内に供給されている。

[0091] ステップS 3 0 2において、制御装置6は、開閉弁V5を開き、合流配管L10及びガス導入孔36を経て処理空間37内に第1クリーニングガスの一例であるHFガスを供給する。ここで、ギャップ幅Gは狭く（例えば、0.5mm未満）になっている。このため、処理空間37内に供給されたHFガスは処理空間37内に封じ込められ、処理空間37内の圧力が上昇する。これにより、供給されたHFガスがすぐに排気されることなく、HFガスと処理空間37内の内壁等のパーツとの接触頻度を増加させることができる。これにより、処理空間37内パーツの表面の改質を促進させることができる。

[0092] また、制御装置6は、合流配管L10、分岐配管L11及びガス経路31aを経てガス孔31a1から処理空間37（環状突起部34）よりも外側の処理空間外領域39に第1クリーニングガスであるHFガスを供給する。これにより、処理空間外領域39のパーツの表面に付着した酸化ジルコニウム

膜を改質させることができる。

- [0093] ステップS 3 0 3において、制御装置6は、開閉弁V 5を閉じる。また、制御装置6は、昇降機構2 4を制御してステージ2を移動（下降）させる下降動作を開始する。これにより、次のステップにおけるパージガスによる置換効率を向上させることができる。ただし、クリーニング処理の間、ステージ2はクリーニング処理位置に固定に制御してもよい。
- [0094] ステップS 3 0 4において、制御装置6は、開閉弁V 8を開き、処理空間3 7内にN₂ガスを供給する。このとき、N₂ガスは、バッファタンクT 8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。また、ギャップ幅GはH Fガス供給時のギャップ幅Gよりも広がっている。これにより、処理空間3 7の余剰のH Fガス等をフラッシュパージする。
- [0095] ステップS 3 0 5において、制御装置6は、開閉弁V 8を閉じる。また、制御装置6は、昇降機構2 4を制御してステージ2をクリーニング処理位置へと移動（上昇）させる。
- [0096] ステップS 3 0 6において、制御装置6は、マスフローコントローラM 7の流量（キャリアN₂ガスの流量）をステップS 3 0 5における流量よりも大きくする。例えば、ステップS 3 0 1～S 3 0 4の流量に戻す。制御装置6は、開閉弁V 6を開き、処理空間3 7内に第2クリーニングガスの一例であるTMAガスを供給する。ここで、ギャップ幅Gは狭く（例えば、0. 5 mm未満）になっている。このため、処理空間3 7内に供給されたTMAガスは処理空間3 7内に封じ込められ、処理空間3 7内の圧力が上昇する。これにより、供給されたTMAガスがすぐに排気されることなく、TMAガスと処理空間3 7内の内壁等のパーツとの接触頻度を増加させることができる。これにより、処理空間3 7内パーツの表面に付着した酸化ジルコニウム膜の改質層をエッチングにより除去し、処理空間3 7内をクリーニングすることができる。
- [0097] また、制御装置6は、合流配管L 1 0、分岐配管L 1 1及びガス経路3 1

aを経てガス孔31a1から処理空間外領域39にTMAガスを供給する。これにより、処理空間外領域39内パーツの表面に付着した酸化ジルコニウム膜の改質層をエッチングにより除去し、処理空間外領域39をクリーニングすることができる。

[0098] ステップS307において、制御装置6は、開閉弁V6を閉じる。また、昇降機構24を制御してステージ2をパージ処理位置まで下降させる。これにより、次のステップにおけるパージガスによる置換効率を向上させることができる。ただし、クリーニング処理の間、ステージ2はクリーニング処理位置に固定に制御してもよい。

[0099] 制御装置6は、開閉弁V8を開き、処理空間37内にN₂ガスを供給する。このとき、N₂ガスは、バッファタンクT8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。また、ギャップ幅Gは反応ガス供給時のギャップ幅Gよりも広がっている。これにより、処理空間37の余剰のTMA等をフラッシュパージする。

[0100] その後、制御装置6は、開閉弁V8を閉じる。また、制御装置6は、マスフローコントローラM7の流量（キャリアN₂ガスの流量）を第1クリーニングガス供給時及びフラッシュパージ時（ステップS306～S308）よりも小さくする。また、ギャップ幅Gは成膜時のギャップ幅Gよりも広く（例えば、6mm）になっている。このため、反応生成物、余剰のTMAガス、N₂ガス等を容易に排出することができる。

[0101] このようなステップS301～S308の処理により、基板に対するALEと同様に2種類のクリーニングガスを交互に供給するサイクルクリーニングプロセスの1サイクルが終了する。

[0102] ステップS309において、制御装置6は、所定のクリーニングサイクル数が終了したか否かを判定する。所定のクリーニングサイクル数が終了していない場合、終了するまでステップS301～S308の処理を繰り返す。所定のクリーニングサイクル数が終了した場合、サイクルクリーニングを終了する。

- [0103] 以上に説明したように、成膜装置100にて実行する処理方法では、成膜時、成膜用原料ガス供給源GS1からの成膜用原料ガスと成膜用反応ガス供給源GS2からの成膜用反応ガスを交互に処理空間37に供給する。これにより、ALD法により基板Wの上に膜を形成する。ただし、成膜用原料ガスと成膜用反応ガスを同時に処理空間37に供給してもよい。
- [0104] 成膜用原料ガスの例としてはTiCl₄、Zyald ((C₅H₅)Zr[N(CH₃)₂]₃)、Hyzld (C₁₁H₂₃HfN₃)、HOC(Hf(C₅H₅)[N(CH₃)₂]₃)、SiH₄、NH₄、DCS、TMA、HCD、O₃が挙げられる。成膜する膜種の例としてはTiAlN、TiAlC、HfSiO、ZrHfSiO、HfSiON、ZrO、HfO、AlOが挙げられる。
- [0105] 所定枚数の膜を成膜した後に、基板Wを搬出後、第1クリーニングガス供給源GS5からの第1クリーニングガスと、第2クリーニングガス供給源GS6からの第2クリーニングガスを交互に処理空間37へ供給する。これにより、ALE的に処理空間37内をサイクルクリーニングすることができる。
- [0106] 成膜装置100は、処理容器1と第1クリーニングガス供給源GS5とを接続する第1クリーニングガスラインL5に設置されたバッファタンクT5（第1バッファタンク）と、処理容器1と第2クリーニングガス供給源GS6とを接続する第2クリーニングガスラインL6に設置されたバッファタンクT6（第2バッファタンク）とを有してよい。この場合、バッファタンクT5に一時的に貯留した第1クリーニングガスと、バッファタンクT6に一時的に貯留した第2クリーニングガスを交互に処理空間37へ供給する。ただし、成膜装置100は、バッファタンクを用いずにクリーニングガスを供給してもよい。
- [0107] 処理空間37内をクリーニングするとき、キャップ部材32に形成されたガス孔35と本体部31に形成されたガス孔31a1とから第1クリーニングガスと第2クリーニングガスを交互に処理空間37の内部及び処理空間外領域39へ供給してもよい。これにより、処理空間37内とその処理空間

37の外側の処理空間外領域39とをクリーニングすることができる。

[0108] なお、処理空間37内をクリーニングするときの処理空間37の圧力は、数百Torr程度であり、基板Wの上に膜を形成するときの処理空間37の圧力は、10Torr程度である。よって、処理空間37内をクリーニングするときの処理空間37の圧力は、基板Wの上に膜を形成するときの処理空間37の圧力よりも高い。

[0109] [効果]

本実施形態に係るクリーニング方法（サイクルクリーニング）によれば、フィルタンクが設けられている場合、フィルタンクにある圧力以上のガスが貯留されることにより、貯留されたガスのある圧力以上で処理容器1内に供給することができる。これにより、第1クリーニングガス及び第2クリーニングガスを高速に切り替えることができる。この結果、第1クリーニングガスと第2クリーニングガスとを交互に繰り返し供給するときの1サイクル当たりの時間を2秒以下にすることができ、高速サイクルクリーニングが可能になる。これにより、高速サイクルクリーニングを使用した場合、1サイクルの時間を0.5秒以下にも短縮できることから1分間で120Å、1時間で7200Åエッチングできる。成膜時にも同様に成膜用原料ガスと成膜用反応ガスとを高速に切り替える高速ALDを用いた成膜が可能となる。成膜時の処理空間37はキャップ部材32とステージ2とで囲まれた範囲となるが、処理空間37内に付着した酸化ジルコニウム膜などのhigh-k膜をエッチング（クリーニング）できる。これにより、ライナーパーツの交換までの間隔を伸ばす事が可能となる。これにより、生産性を向上できる。

[0110] 今回開示された実施形態に係るクリーニング方法及び成膜装置100は、すべての点において例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。実施形態は、添付の請求の範囲及びその主旨を逸脱することなく、様々な形態で変形及び改良が可能である。上記複数の実施形態に記載された事項は、矛盾しない範囲で他の構成も取り得ることができ、また、矛盾しない範囲で組み合わせることができる。

[0111] 上記の実施形態では、成膜装置100がウェハを1枚ずつ処理する枚葉式の装置である場合を説明したが、本開示はこれに限定されない。例えば、成膜装置100は多数のウェハに対して一度に処理を行うバッチ式又は複数のウェハに対して処理を行うセミバッチ式の装置であってもよい。

[0112] 本国際出願は、2023年9月25日に出願した日本国特許出願第2023-161608号に基づく優先権を主張するものであり、当該出願の全内容を本国際出願に援用する。

符号の説明

[0113]	W	基板
	1	処理容器
	2	ステージ
	3	シャワーヘッド
	4	排気部
	5	ガス供給部
	6	制御装置
	22	カバー部材
	24	昇降機構
	32	キャップ部材
	34	環状突起部
	37	処理空間
	38	環状隙間
	L1	成膜用原料ガス供給ライン
	L2	成膜用反応ガス供給ライン
	L3	第1連続N ₂ ガス供給ライン
	L4	第1フラッシュパージライン
	L5	第1クリーニングガスライン
	L6	第2クリーニングガスライン
	L7	第2連続N ₂ ガス供給ライン

L 8 第2フラッシュページライン

請求の範囲

- [請求項1] 成膜用原料ガス供給源と、
成膜用反応ガス供給源と、
第1クリーニングガス供給源と、
第2クリーニングガス供給源と、
処理容器内に設けられ、基板を載置し、昇降可能なステージと、
処理容器内に設けられ、前記ステージに対向して処理空間を形成するキャップ部材と、
を備える成膜装置のクリーニング方法であり、
前記成膜用原料ガス供給源からの成膜用原料ガスと、前記成膜用反応ガス供給源からの成膜用反応ガスを前記処理空間に供給することにより、前記基板の上に膜を形成することと、
前記膜を形成した後の前記基板を搬出し、前記第1クリーニングガス供給源からの第1クリーニングガスと前記第2クリーニングガス供給源からの第2クリーニングガスを交互に前記処理空間に供給することにより、前記処理空間内をクリーニングすることと、
を有するクリーニング方法。
- [請求項2] 前記成膜用原料ガス供給源からの成膜用原料ガスと、前記成膜用反応ガス供給源からの成膜用反応ガスを交互に前記処理空間に供給することにより、前記基板の上に膜を形成する、
請求項1に記載のクリーニング方法。
- [請求項3] 前記成膜装置は、前記処理容器と前記第1クリーニングガス供給源とを接続する第1クリーニングガスラインに設置された第1バッファタンクと、前記処理容器と前記第2クリーニングガス供給源とを接続する第2クリーニングガスラインに設置された第2バッファタンクとを備え、
前記第1バッファタンクに一時的に貯留した前記第1クリーニングガスと、前記第2バッファタンクに一時的に貯留した前記第2クリー

ニングガスとを交互に前記処理空間へ供給する、

請求項 1 に記載のクリーニング方法。

[請求項4]

前記処理空間内をクリーニングするとき、前記ステージを上昇させることにより、前記処理空間内をクリーニングするときの前記ステージと前記キャップ部材との間隔を、前記基板の上に前記膜を形成するときの前記ステージと前記キャップ部材との間隔よりも狭くする、

請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載のクリーニング方法。

[請求項5]

前記成膜装置は、本体部と前記キャップ部材とを有するシャワーヘッドを備え、

前記キャップ部材に形成されたガス孔と前記本体部に形成されたガス孔とから前記第 1 クリーニングガスと前記第 2 クリーニングガスとを交互に前記処理空間内及び前記処理空間の外側の処理空間外領域に供給することにより、前記処理空間内及び前記処理空間外領域をクリーニングする、

請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載のクリーニング方法。

[請求項6]

前記基板の上に形成する前記膜は high-k 膜であり、前記 high-k 膜が酸化膜の場合、前記第 1 クリーニングガスは、フッ素を含むガスである、

請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載のクリーニング方法。

[請求項7]

前記基板の上に形成する前記膜がアルミナの場合、前記第 1 クリーニングガスと前記第 2 クリーニングガスとの組み合わせは、

前記第 1 クリーニングガスが HF ガスのとき、前記第 2 クリーニングガスは TMA ガス、 DMAC ガス、 Sn(acac)_2 ガス、 TMA ガスと DMAC ガスとの混合ガス、又は TMA ガスと DMAC ガスと Sn(acac)_2 ガスと SiCl_4 ガスとの混合ガスのいずれかであり、

前記第 1 クリーニングガスが CHF_3 ガスのとき、前記第 2 クリーニングガスは TMA ガスであり、

前記第1クリーニングガスがHFガスとSF₄ガスとの混合ガスのとき、前記第2クリーニングガスはSn(acac)₂ガスである、請求項6に記載のクリーニング方法。

[請求項8] 前記基板の上に形成する膜が酸化ハフニウムの場合、前記第1クリーニングガスと前記第2クリーニングガスとの組み合わせは、

前記第1クリーニングガスがHFガスのとき、前記第2クリーニングガスはDMACガス、又はDMACガスとTiCl₄ガスとの混合ガスのいずれかであり、

前記第1クリーニングガスがHFガスとXeF₂ガスとSF₄ガスとの混合ガスのとき、前記第2クリーニングガスはDMACガスとTiCl₄ガスとの混合ガスである、

請求項6に記載のクリーニング方法。

[請求項9] 前記基板の上に形成する膜が酸化ジルコニウムの場合、前記第1クリーニングガスと前記第2クリーニングガスとの組み合わせは、

前記第1クリーニングガスがHFガスのとき、前記第2クリーニングガスはDMACガス、DMACガスとTiCl₄ガスとの混合ガス又はDMACガスとTMAガスとSn(acac)₂ガスとSiCl₄ガスとの混合ガスのいずれかであり、

前記第1クリーニングガスがWF₆ガスのとき、前記第2クリーニングガスはDMACガスである、

請求項6に記載のクリーニング方法。

[請求項10] 前記基板の上に形成する膜がIGZOの場合、前記第1クリーニングガスと前記第2クリーニングガスとの組み合わせは、

前記第1クリーニングガスがHFガスであり、前記第2クリーニングガスがDMACガスである、

請求項6に記載のクリーニング方法。

[請求項11] 前記基板の上に形成する前記膜は金属膜であり、前記第1クリーニングガスは、酸素を含むガス又は塩素を含むガスである、

請求項 1～3 のいずれか 1 項に記載のクリーニング方法。

- [請求項12] 前記基板の上に形成する膜がC oの場合、
前記第 1 クリーニングガスがC l₂ガスとき、前記第 2 クリーニングガスはH h f a cガスとH a c a cガスとの混合ガスであり、
前記第 1 クリーニングガスがO₂ガスとき、前記第 2 クリーニングガスはH f a cガスである、
請求項 1 1 に記載のクリーニング方法。
- [請求項13] 前記基板の上に形成する膜がC uの場合、
前記第 1 クリーニングガスがO₃ガスであり、前記第 2 クリーニングガスがH f a cガスである、
請求項 1 1 に記載のクリーニング方法。
- [請求項14] 前記基板の上に形成する膜がF eの場合、
前記第 1 クリーニングガスがC l₂ガスであり、前記第 2 クリーニングガスがH a c a cガスである、
請求項 1 1 に記載のクリーニング方法。
- [請求項15] 前記基板の上に形成する膜がM oの場合、
前記第 1 クリーニングガスがO₃ガスであり、前記第 2 クリーニングガスがB C l₃ガスである、
請求項 1 1 に記載のクリーニング方法。
- [請求項16] 前記基板の上に形成する膜がN iの場合、
前記第 1 クリーニングガスがO₂ガスであり、前記第 2 クリーニングガスがH h f a cガスである、
請求項 1 1 に記載のクリーニング方法。
- [請求項17] 前記第 1 クリーニングガスと前記第 2 クリーニングガスとを交互に繰り返し供給するときの 1 サイクル当たりの時間は、 2 秒以下である、
請求項 1～3 のいずれか 1 項に記載のクリーニング方法。
- [請求項18] 前記処理空間内をクリーニングするときの前記処理空間の圧力は、

前記基板の上に前記膜を形成するときの前記処理空間の圧力よりも高い、

請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載のクリーニング方法。

[請求項19]

成膜用原料ガス供給源と、

成膜用反応ガス供給源と、

第 1 クリーニングガス供給源と、

第 2 クリーニングガス供給源と、

処理容器内に設けられ、基板を載置し、昇降可能なステージと、

処理容器内に設けられ、前記ステージに対向して処理空間を形成するキャップ部材と、

前記処理容器と前記第 1 クリーニングガス供給源とを接続する第 1 クリーニングガスラインと、

前記処理容器と前記第 2 クリーニングガス供給源とを接続する第 2 クリーニングガスラインと、

制御装置と、を備え、

前記制御装置は、

前記成膜用原料ガス供給源から成膜用原料ガスと、前記成膜用反応ガス供給源から成膜用反応ガスと、を前記処理空間に供給することにより、前記基板の上に膜を形成することと、

前記膜を形成した後の前記基板を搬出し、前記第 1 クリーニングガス供給源からの第 1 クリーニングガスと前記第 2 クリーニングガス供給源からの第 2 クリーニングガスとを又は前記第 2 クリーニングガスラインを介して交互に前記処理空間に供給することにより、前記処理空間内をクリーニングすることと、

を含む制御を行う成膜装置。