

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7054642号

(P7054642)

(45)発行日 令和4年4月14日(2022.4.14)

(24)登録日 令和4年4月6日(2022.4.6)

(51)国際特許分類

F I

H 0 1 L 21/3065(2006.01)

H 0 1 L 21/302 1 0 1 G

H 0 1 L 21/205(2006.01)

H 0 1 L 21/302 1 0 1 B

H 0 1 L 21/31 (2006.01)

H 0 1 L 21/205

H 0 1 L 21/683(2006.01)

H 0 1 L 21/31 C

H 0 5 H 1/46 (2006.01)

H 0 1 L 21/68 R

請求項の数 13 (全17頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2018-73872(P2018-73872)

(22)出願日 平成30年4月6日(2018.4.6)

(65)公開番号 特開2019-186334(P2019-186334
A)

(43)公開日 令和1年10月24日(2019.10.24)

審査請求日 令和3年1月27日(2021.1.27)

(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 100088155

弁理士 長谷川 芳樹

(74)代理人 100113435

弁理士 黒木 義樹

(74)代理人 100122507

弁理士 柏岡 潤二

(74)代理人 100161425

弁理士 大森 鉄平

(72)発明者 奥水 地塩

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 長谷川 直也

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 プラズマ処理装置及びプラズマ処理方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

チャンバを提供するチャンバ本体と、

前記チャンバ内に設けられ、基板を保持する静電チャックを有するステージと、前記基板が保持された前記静電チャックの上面に伝熱ガスを供給するように構成されたガス供給機構と、

前記静電チャックに電圧を印加するように構成された直流電源と、

前記チャンバ内のガスのプラズマを生成するための高周波を前記チャンバ内に設けられた電極に供給するように構成された高周波電源と、

前記直流電源を制御するように構成されたコントローラと、

を備え、

前記コントローラは、プラズマに応じて発生する自己バイアス電圧の絶対値が大きくなるほど小さい値を出力する第1関数の出力と、前記基板に対するプラズマ処理時に前記ガス供給機構により前記静電チャックの上面に供給される前記伝熱ガスの圧力が大きくなるほど大きい値を出力する第2関数の出力と、を結合させて導出される電圧を、前記基板に対するプラズマ処理時に前記静電チャックに印加するように前記直流電源を制御する、
 プラズマ処理装置。

【請求項2】

前記静電チャックに保持された被加工物の温度、又は、前記被加工物の温度と相関のある温度を検出する検出器を備え、

前記コントローラは、前記検出器により検出された温度に基づいて、前記直流電源による電圧印加タイミングを制御する、請求項 1 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 3】

前記コントローラは、前記高周波電源により前記電極に前記高周波が印加された後であって、前記検出器により検出された温度が予め定められた温度閾値以上となる第 1 タイミング、前記被加工物の温度が予め定められた温度閾値以上となる予想時間が経過した第 2 タイミング、又は、前記第 1 タイミング及び前記第 2 タイミングの何れか早い方のタイミングになったときに、前記静電チャックへの電圧の印加が開始されるように前記直流電源を制御する、請求項 2 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 4】

前記コントローラは、前記直流電源による電圧印加と同じタイミングで又は予め定められた時間経過後に前記伝熱ガスの供給が開始されるように、前記ガス供給機構をさらに制御する、請求項 3 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 5】

前記コントローラは、前記高周波電源により前記電極に前記高周波が印加された後であって、かつ、前記直流電源による電圧印加が開始された後において、前記検出器により検出された温度が予め定められた温度閾値以上となる第 3 タイミング、前記被加工物の温度が予め定められた温度閾値以上となる予想時間が経過した第 4 タイミング、又は、前記第 3 タイミング及び前記第 4 タイミングの何れか早い方のタイミングになったときに、前記伝熱ガスの供給が開始されるように前記ガス供給機構をさらに制御する、請求項 2 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 6】

前記コントローラは、前記伝熱ガスの圧力が時間経過とともに増大するように前記ガス供給機構をさらに制御する、請求項 1 ～ 5 の何れか一項に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 7】

前記コントローラは、前記伝熱ガスの圧力が所定の伝熱ガス閾値以下となるように前記ガス供給機構をさらに制御する、請求項 1 ～ 6 の何れか一項に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 8】

前記コントローラは、 V_{dc} を前記自己バイアス電圧、 $f(|V_{dc}|)$ を前記第 1 関数、 P を前記伝熱ガスの圧力、 $f(P)$ を前記第 2 関数、及び α を定数とした場合に、

$$V = \alpha \cdot f(|V_{dc}|) + \beta \cdot f(P)$$

で表される結合を行うことによって導出される電圧を、前記静電チャックに印加するように前記直流電源を制御する、請求項 1 ～ 7 の何れか一項に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 9】

前記温度閾値は、予めレシピデータとして記憶された前記被加工物の目標温度に所定定数を乗算して得られる値である、請求項 3 ～ 5 の何れか一項に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 10】

プラズマ処理装置のプラズマ処理方法であって、

前記プラズマ処理装置は、

チャンバを提供するチャンバ本体と、

前記チャンバ内に設けられ、基板を保持する静電チャックを有するステージと、

前記基板が保持された前記静電チャックの上面に伝熱ガスを供給するように構成されたガス供給機構と、

前記静電チャックに電圧を印加するように構成された直流電源と、

前記チャンバ内のガスのプラズマを生成するための高周波を前記チャンバ内に設けられた電極に供給するように構成された高周波電源と、

を備え、

プラズマに応じて発生する自己バイアス電圧の絶対値が大きくなるほど小さい値を出力する第 1 関数の出力と、前記基板に対するプラズマ処理時に前記ガス供給機構により前記静電チャックの上面に供給される前記伝熱ガスの圧力が大きくなるほど大きい値を出力する

10

20

30

40

50

第 2 関数の出力と、を結合させて、前記静電チャックに印加される電圧を決定する工程と、前記決定する工程にて決定された電圧を、前記基板に対するプラズマ処理時に前記静電チャックに印加する工程と、
を有する、プラズマ処理方法。

【請求項 11】

前静電チャックに印加される電圧を決定する工程は、前記静電チャックに保持された被加工物の温度に基づいて、前記電圧を印加するタイミングをさらに決定し、
前記決定された電圧を前記静電チャックに印加する工程は、前記タイミングで前記決定された電圧を前記静電チャックに印加する、
請求項 10 に記載のプラズマ処理方法。

10

【請求項 12】

前記ガス供給機構により前記静電チャックの上面に前記伝熱ガスを供給する工程を備える、請求項 10 又は 11 に記載のプラズマ処理方法。

【請求項 13】

前記伝熱ガスを供給する工程は、前記静電チャックに保持された被加工物の温度に基づいて決定されたタイミングで、前記伝熱ガスを供給する、請求項 12 に記載のプラズマ処理方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示の実施形態は、プラズマ処理装置及びプラズマ処理方法に関する。

20

【背景技術】

【0002】

電子デバイスの製造においては、基板の加工のためにプラズマ処理が行われる。プラズマ処理においては、プラズマ処理装置が用いられる。プラズマ処理装置は、一般的に、チャンバ本体、ステージ、及び、高周波電源を備える。チャンバ本体はその内部空間をチャンバとして提供する。ステージは、チャンバ内に設けられる。ステージは、下部電極及び静電チャックを有する。静電チャックは下部電極上に設けられる。下部電極には、高周波 (Radio Frequency) 電源が接続される。

【0003】

プラズマ処理においては、プラズマからの入熱によって被加工物の温度が上昇する。このため、プラズマ処理装置は、被加工物を冷却する冷却機構を有している。例えば、静電チャックは、吸着されている被加工物に向けて開口する複数の伝熱ガス供給孔を有する。静電チャックは被加工物を保持し、伝熱ガス供給孔から伝熱ガスを被加工物の裏面に供給することで、被加工物の温度上昇を抑制することができる。このようなプラズマ処理装置は、例えば特許文献 1 に記載されている。特許文献 1 の装置は、静電チャックへ印加される電圧を徐変させながら上昇させる場合、伝熱ガス供給孔から供給される伝熱ガスの圧力を制御することで、静電チャックの吸着面から被加工物が離れようとする力が静電チャックの静電気力を上回らないように制御する。

30

【先行技術文献】

40

【特許文献】

【0004】

【文献】特開 2011 - 198838 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、被加工物をプラズマ処理するとき、被加工物の領域ごとに温度が異なる場合がある。領域ごとに温度が異なる場合、プラズマ処理が不均一になる。また、プロセスにより冷却能力が変化することがある。冷却能力が変化した場合、被加工物ごとに、又は、複数の被加工物に対して、均一なプラズマ処理ができない。

50

【 0 0 0 6 】

本技術分野においては、被加工物へのプラズマ処理時に静電チャック上の被加工物の温度制御を適切に行うことが求められる。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 7 】

一態様においてはプラズマ処理装置が提供される。プラズマ処理装置は、チャンバ本体、ステージ、ガス供給機構、直流電源、高周波電源及びコントローラを備える。チャンバ本体は、チャンバを提供する。ステージは、チャンバ内に設けられ、静電チャックを有する。ガス供給機構は、静電チャックの上面に伝熱ガスを供給するように構成される。直流電源は、静電チャックに電圧を印加するように構成される。高周波電源は、チャンバ内のガスのプラズマを生成するための高周波をチャンバ内に設けられた電極に供給するように構成される。コントローラは、直流電源を制御するように構成される。コントローラは、プラズマに応じて発生する自己バイアス電圧の絶対値が大きくなるほど小さい値を出力する第1関数の出力と、ガス供給機構により静電チャックの上面に供給される伝熱ガスの圧力が大きくなるほど大きい値を出力する第2関数の出力と、を結合させて導出される電圧を、静電チャックに印加するように直流電源を制御する。

10

【 0 0 0 8 】

一態様に係るプラズマ処理装置では、直流電源により、第1関数の出力と第2関数との出力を結合させて導出される電圧が、静電チャックに印加される。第1関数は、自己バイアス電圧の絶対値が大きくなるほど小さい値を出力する関数である。自己バイアス電圧の絶対値が大きくなるほど静電チャックへの吸着力が増大する。このプラズマ処理装置は、自己バイアス電圧の絶対値の増加に応じて静電チャックに印加される電圧を減少させることで、静電チャックへの吸着力が自己バイアス電圧の絶対値の増加に応じて増加することを回避することができる。また、このプラズマ処理装置は、自己バイアス電圧の減少に応じて静電チャックに印加される電圧を増加させることで、静電チャックへの吸着力が自己バイアス電圧の減少に応じて減少することを回避することができる。自己バイアス電圧はプロセス条件に応じて変化する。つまり、このプラズマ処理装置は、あるプロセス条件から異なるプロセス条件へ遷移したときに、静電チャックへの吸着力が大きく変動することを回避することができる。よって、このプラズマ処理装置は、連続するプロセス実行時ににおいて静電チャックへの吸着力を安定化させることができる。さらに、静電チャックに印加される電圧は、第2関数の出力を用いて設定される。第2関数は、伝熱ガスの圧力が大きくなるほど大きい値を出力する関数である。伝熱ガスの圧力は、被加工物を静電チャックから離間させる方向に作用する。このプラズマ処理装置は、伝熱ガスの圧力の増加及び減少に応じて静電チャックに印加される電圧を増加及び減少させることで、被加工物が静電チャックから離間しない範囲となるように静電チャックに印加される電圧を設定することができる。このように、一態様に係るプラズマ処理装置は、第1関数及び第2関数の出力を結合させて電圧を導出しているので、静電チャックへ印加する電圧を最適な値に設定することができる。一態様に係るプラズマ処理装置は、静電チャックへ印加する電圧を最適な値に設定することにより、被加工物へのプラズマ処理時に静電チャック上の被加工物の温度制御を適切に行うことができる。

20

30

40

【 0 0 0 9 】

一実施形態において、プラズマ処理装置は、静電チャックに保持された被加工物の温度、又は、被加工物の温度と相関のある温度を検出する検出器を備え、コントローラは、検出器により検出された温度に基づいて、直流電源による電圧印加タイミングを制御してもよい。この場合、このプラズマ処理装置は、被加工物の温度に応じたタイミングで被加工物を静電チャックに吸着させることができる。

【 0 0 1 0 】

一実施形態において、コントローラは、高周波電源により電極に高周波が印加された後であって、検出器により検出された温度が予め定められた温度閾値以上となる第1タイミング、被加工物の温度が予め定められた温度閾値以上となる予想時間が経過した第2タイミ

50

ング、又は、第 1 タイミング及び第 2 タイミングの何れか早い方のタイミングになったときに、静電チャックへの電圧の印加が開始されるように直流電源を制御してもよい。この場合、高周波電源により下部電極に高周波が印加されたタイミングで静電チャックへ電圧を印加する場合と比べて、このプラズマ処理装置は、被加工物の温度が目標温度に到達するまでの時間を短縮することができる。よって、このプラズマ処理装置は、温度の応答性を向上させることができる。

【 0 0 1 1 】

一実施形態において、コントローラは、直流電源による電圧印加と同じタイミングで又は予め定められた時間経過後に伝熱ガスの供給が開始されるように、ガス供給機構をさらに制御してもよい。この場合、プラズマ処理装置は、伝熱ガスの圧力によって被加工物が静電チャックから離間することを抑制しつつ、温度調整を開始することができる。

10

【 0 0 1 2 】

一実施形態において、コントローラは、高周波電源により電極に高周波が印加された後であって、かつ、直流電源による電圧印加が開始された後において、検出器により検出された温度が予め定められた温度閾値以上となる第 3 タイミング、被加工物の温度が予め定められた温度閾値以上となる予想時間が経過した第 4 タイミング、又は、第 3 タイミング及び第 4 タイミングの何れか早い方のタイミングになったときに、伝熱ガスの供給が開始されるようにガス供給機構をさらに制御してもよい。この場合、高周波電源により下部電極に高周波が印加されたタイミングで伝熱ガスの供給を開始する場合と比べて、このプラズマ処理装置は、被加工物の温度が目標温度に到達するまでの時間を短縮することができる。よって、このプラズマ処理装置は、温度の応答性を向上させることができる。

20

【 0 0 1 3 】

一実施形態において、コントローラは、伝熱ガスの圧力が時間経過とともに増大するようにガス供給機構をさらに制御してもよい。この場合、このプラズマ処理装置は、一度に目標圧力となるように伝熱ガスの圧力を制御する場合と比べて、急激に伝熱ガスの圧力が増大することを回避することができるので、伝熱ガスの圧力によって被加工物が静電チャックから離間することを回避することができる。

【 0 0 1 4 】

一実施形態において、コントローラは、伝熱ガスの圧力が所定の伝熱ガス閾値以下となるようにガス供給機構をさらに制御してもよい。この場合、このプラズマ処理装置は、伝熱ガスの圧力によって被加工物が静電チャックから離間することを回避することができる。

30

【 0 0 1 5 】

他の態様においてはプラズマ処理方法が提供される。方法は、プラズマ処理装置にて実行される。プラズマ処理装置は、チャンバ本体、ステージ、ガス供給機構、直流電源、高周波電源及びコントローラを備える。チャンバ本体は、チャンバを提供する。ステージは、チャンバ内に設けられ、静電チャックを有する。ガス供給機構は、静電チャックの上面に伝熱ガスを供給するように構成される。直流電源は、静電チャックに電圧を印加するように構成される。高周波電源は、チャンバ内のガスのプラズマを生成するための高周波をチャンバ内に設けられた電極に供給するように構成される。方法は、決定する工程と、印加する工程とを含む。検定する工程では、プラズマに応じて発生する自己バイアス電圧の絶対値が大きくなるほど小さい値を出力する第 1 関数の出力と、ガス供給機構により静電チャックの上面に供給される伝熱ガスの圧力が大きくなるほど大きい値を出力する第 2 関数の出力と、を結合させて、静電チャックに印加される電圧が決定される。印加する工程では、決定する工程にて決定された電圧が静電チャックに印加される。他の態様によれば、一態様に係るプラズマ処理装置と同一の効果を奏する。

40

【発明の効果】

【 0 0 1 6 】

以上説明したように、被加工物へのプラズマ処理時に静電チャック上の被加工物の温度制御を適切に行うことが可能となる。

【図面の簡単な説明】

50

【 0 0 1 7 】

【 図 1 】 一実施形態に係るプラズマ処理装置を概略的に示す図である。

【 図 2 】 図 1 に示すステージとフォーカスリングの一部拡大断面図である。

【 図 3 】 図 1 に示すプラズマ処理装置において採用可能な自己バイアス電圧測定器の一例を示す図である。

【 図 4 】 基板温度の時間依存性を示すグラフである。

【 図 5 】 一実施形態に係るプラズマ処理方法を示すフローチャートである。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 1 8 】

以下、図面を参照して種々の実施形態について詳細に説明する。なお、各図面において同一又は相当の部分に対しては同一の符号を附することとする。

10

【 0 0 1 9 】

[プラズマ処理装置の概要]

図 1 は、一実施形態に係るプラズマ処理装置を概略的に示す図である。図 1 に示されるように、プラズマ処理装置の一例は、容量結合型のプラズマ処理装置 1 0 である。プラズマ処理装置 1 0 は、チャンバ本体 1 2 を備える。チャンバ本体 1 2 は、略円筒形状を有する。チャンバ本体 1 2 は、その内部空間をチャンバ 1 2 c として提供する。チャンバ本体 1 2 は、例えばアルミニウムから構成される。チャンバ本体 1 2 は接地電位に接続される。チャンバ本体 1 2 の内壁面、即ち、チャンバ 1 2 c を画成する壁面には、耐プラズマ性を有する膜が形成される。この膜は、陽極酸化処理によって形成された膜、又は、酸化イットリウムから形成された膜といったセラミック製の膜であり得る。また、チャンバ本体 1 2 の側壁には通路 1 2 g が形成される。基板 W がチャンバ 1 2 c に搬入されるとき、また、基板 W がチャンバ 1 2 c から搬出されるときに、基板 W は通路 1 2 g を通過する。この通路 1 2 g の開閉のために、ゲートバルブ 1 4 がチャンバ本体 1 2 の側壁に沿って設けられる。

20

【 0 0 2 0 】

チャンバ 1 2 c 内では、支持部 1 5 が、チャンバ本体 1 2 の底部から上方に延在する。支持部 1 5 は、略円筒形状を有しており、アルミナセラミックや石英といった絶縁材料から形成される。支持部 1 5 上にはステージ 1 6 が搭載されており、ステージ 1 6 は支持部 1 5 によって支持される。ステージ 1 6 は、チャンバ 1 2 c 内において基板 W を支持するように構成される。ステージ 1 6 は、静電チャック 2 0 を含む。一実施形態において、ステージ 1 6 は、電極プレート 2 1 及び下部電極 1 8 を更に含む。電極プレート 2 1 は、アルミニウムといった導電性材料から形成されており、略円盤形状を有する。下部電極 1 8 は、電極プレート 2 1 上に設けられる。下部電極 1 8 は、アルミニウムといった導電性材料から形成されており、略円盤形状を有する。下部電極 1 8 は、電極プレート 2 1 に電氣的に接続される。

30

【 0 0 2 1 】

下部電極 1 8 内には、流路 1 8 f が設けられる。流路 1 8 f は、熱交換媒体用の流路である。熱交換媒体としては、液状の冷媒、あるいは、その気化によって下部電極 1 8 を冷却する冷媒（例えば、フロン）が用いられる。流路 1 8 f には、チャンバ本体 1 2 の外部に設けられたチラーユニット 2 3 から配管 2 3 a を介して熱交換媒体が供給される。流路 1 8 f に供給された熱交換媒体は、配管 2 3 b を介してチラーユニット 2 3 に戻される。チラーユニット 2 3 は、配管 2 3 b を介してチラーユニット 2 3 に戻された冷媒の温度を検出し、配管 2 3 a へ供給する冷媒の温度を調節する。このように、流路 1 8 f には、当該流路 1 8 f とチラーユニット 2 3 との間で循環するように、熱交換媒体が供給される。

40

【 0 0 2 2 】

静電チャック 2 0 は、下部電極 1 8 上に設けられる。静電チャック 2 0 は、絶縁体から形成された本体と、当該本体内に設けられた膜状の電極 2 2 a を有する。静電チャック 2 0 の電極 2 2 a には、第 1 直流電源 2 2 が電氣的に接続される。第 1 直流電源 2 2 は、一例として可変直流電源である。第 1 直流電源 2 2 は、例えば 0 ~ 5 k V の電圧を電極 2 2 a

50

に印加する。第 1 直流電源 22 から静電チャック 20 の電極に電圧が印加された場合、静電チャック 20 上に載置された基板 W（被加工物の一例）と静電チャック 20 との間で静電引力が発生する。発生した静電引力により、基板 W は、静電チャック 20 に引き付けられ、当該静電チャック 20 によって保持される。

【0023】

プラズマ処理装置 10 には、ガス供給ライン 25 が設けられる。ガス供給ライン 25 は、ガス供給機構 24 からの伝熱ガス、例えば He ガスを、静電チャック 20 の上面と基板 W の裏面（下面）との間に供給する。伝熱ガスは、例えば 10 ~ 200 Torr の圧力で供給される。ガス供給ライン 25 には、供給される伝熱ガスの圧力を検出する検出器が配置される。

10

【0024】

チャンバ本体 12 の底部からは、筒状部 28 が上方に延在している。筒状部 28 は、支持部 15 の外周に沿って延在している。筒状部 28 は、導電性材料から形成されており、略円筒形状を有している。筒状部 28 は、接地電位に接続されている。筒状部 28 上には、絶縁部 29 が設けられている。絶縁部 29 は、絶縁性を有し、例えば石英といったセラミックから形成されている。絶縁部 29 は、略円筒形状を有しており、電極プレート 21 の外周、下部電極 18 の外周、及び、静電チャック 20 の外周に沿って延在している。

【0025】

チャンバ本体 12 の底部からは、筒状部 28 が上方に延在する。筒状部 28 は、支持部 15 の外周に沿って延在する。筒状部 28 は、導電性材料から形成されており、略円筒形状を有する。筒状部 28 は、接地電位に接続される。筒状部 28 上には、絶縁部 29 が設けられる。絶縁部 29 は、絶縁性を有し、例えば石英といったセラミックから形成される。絶縁部 29 は、略円筒形状を有しており、電極プレート 21 の外周、下部電極 18 の外周、及び、静電チャック 20 の外周に沿って延在する。

20

【0026】

静電チャック 20 の外周領域上には、フォーカスリング FR が配置される。フォーカスリング FR は、略環状板形状を有しており、例えばシリコンから形成される。フォーカスリング FR は、基板 W のエッジを囲むように配置される。図 2 は、図 1 に示すステージとフォーカスリングの一部拡大断面図である。図 2 に示すように、一実施形態では、フォーカスリング FR は、導体 20b を介して下部電極 18 に電氣的に接続されている。導体 20b は、静電チャック 20 を貫通している。

30

【0027】

プラズマ処理装置 10 は、上部電極 30 を更に備える。上部電極 30 は、ステージ 16 の上方に設けられる。上部電極 30 は、部材 32 と共にチャンバ本体 12 の上部開口を閉じる。部材 32 は、絶縁性を有する。上部電極 30 は、この部材 32 を介してチャンバ本体 12 の上部に支持される。後述するように、高周波電源 61 が下部電極 18 に電氣的に接続されている場合には、上部電極 30 は接地電位に接続される。

【0028】

上部電極 30 は、天板 34 及び支持体 36 を含む。天板 34 の下面は、チャンバ 12c を画成する。天板 34 には、複数のガス吐出孔 34a が設けられる。複数のガス吐出孔 34a の各々は、天板 34 を板厚方向（鉛直方向）に貫通する。この天板 34 は、例えばシリコンから形成される。あるいは、天板 34 は、アルミニウム製の母材の表面に耐プラズマ性の膜を設けた構造を有し得る。この膜は、陽極酸化処理によって形成された膜、又は、酸化イットリウムから形成された膜といったセラミック製の膜であり得る。

40

【0029】

支持体 36 は、天板 34 を着脱自在に支持する部品である。支持体 36 は、例えばアルミニウムといった導電性材料から形成され得る。支持体 36 の内部には、ガス拡散室 36a が設けられている。ガス拡散室 36a からは、複数のガス孔 36b が下方に延びる。複数のガス孔 36b は、複数のガス吐出孔 34a にそれぞれ連通する。支持体 36 には、ガス拡散室 36a にガスを導くガス導入口 36c が形成されており、このガス導入口 36c に

50

は、ガス供給管 38 が接続される。

【0030】

ガス供給管 38 には、バルブ群 42 及び流量制御器群 44 を介して、ガスソース群 40 が接続される。ガスソース群 40 は、複数のガスソースを含む。バルブ群 42 は複数のバルブを含んでおり、流量制御器群 44 は複数の流量制御器を含む。流量制御器群 44 の複数の流量制御器の各々は、マスフローコントローラ又は圧力制御式の流量制御器である。ガスソース群 40 の複数のガスソースはそれぞれ、バルブ群 42 の対応のバルブ及び流量制御器群 44 の対応の流量制御器を介して、ガス供給管 38 に接続される。プラズマ処理装置 10 は、ガスソース群 40 の複数のガスソースのうち選択された一以上のガスソースからのガスを、個別に調整された流量で、チャンバ 12c に供給することが可能である。

10

【0031】

筒状部 28 とチャンバ本体 12 の側壁との間には、バッフルプレート 48 が設けられる。バッフルプレート 48 は、例えば、アルミニウム製の母材に酸化イットリウム等のセラミックを被覆することにより構成され得る。このバッフルプレート 48 には、多数の貫通孔が形成される。バッフルプレート 48 の下方においては、排気管 52 がチャンバ本体 12 の底部に接続される。この排気管 52 には、排気装置 50 が接続される。排気装置 50 は、自動圧力制御弁といった圧力制御器、及び、ターボ分子ポンプなどの真空ポンプを有しており、チャンバ 12c を減圧することができる。

【0032】

プラズマ処理装置 10 は、高周波電源 61 を更に備える。高周波電源 61 は、プラズマ生成用の高周波を発生する電源である。高周波は、27 ~ 100 MHz の範囲内の周波数、例えば 60 MHz の周波数を有する。高周波電源 61 は、整合器 65 及び電極プレート 21 を介して、下部電極 18 に接続される。整合器 65 は、高周波電源 61 の出力インピーダンスと負荷側（下部電極 18 側）のインピーダンスを整合させる。なお、高周波電源 61 は、整合器 65 を介して上部電極 30 に接続されていてもよい。

20

【0033】

プラズマ処理装置 10 は、第 2 直流電源 70 を更に備える。第 2 直流電源 70 は、フォーカスリング FR に印加される負極性の直流電圧を発生する電源である。第 2 直流電源 70 は、高周波フィルタ 74 を介して下部電極 18 に電氣的に接続されている。一実施形態では、下部電極 18 はフォーカスリング FR に電氣的に接続されている。したがって、第 2 直流電源 70 は、高周波フィルタ 74、及び、下部電極 18 を介して、フォーカスリング FR に電氣的に接続されている。

30

【0034】

一実施形態では、プラズマ処理装置 10 は、自己バイアス電圧測定器 76 を更に備えている。図 3 は、図 1 に示すプラズマ処理装置において採用可能な自己バイアス電圧測定器の一例を示す図である。自己バイアス電圧測定器 76 は、下部電極 18 の自己バイアス電圧（又は、基板 W の自己バイアス電圧）を測定するように構成されている。一実施形態では、図 3 に示すように、自己バイアス電圧測定器 76 は、抵抗体 76a、抵抗体 76b、及び、電圧センサ 76c を有している。抵抗体 76a と抵抗体 76b は、端子 76t とグラウンドとの間で直列接続されている。端子 76t は、下部電極 18 と整合器 65 との間のノードに接続される。ノードの電圧は、第 2 直流電源 70 からの直流電圧がフォーカスリング FR に印加されていないときに、下部電極 18 の自己バイアス電圧と略同電圧になる。自己バイアス電圧測定器 76 は、かかるノードにおける電圧を分圧して、分圧された電圧を測定することにより、自己バイアス電圧を測定することができる。

40

【0035】

一実施形態では、プラズマ処理装置 10 は、温度測定器 80 を更に備える。一例として、上部電極 30 には、温度測定器 80 が設けられる。温度測定器 80 は、静電チャック 20 に保持された基板 W の温度を検出する検出器である。温度測定器 80 は、基板 W を透過する波長を有する測定光を、上部電極 30 に形成された測定窓を介して、静電チャック 20 に保持された基板 W の表面へ出射する。温度測定器 80 は、基板 W の表面及び裏面からの

50

反射光の光干渉に基づいて、基板Wの温度を検出する。温度測定器80は、下部電極18側から基板Wの裏面に向けて測定光を出射してもよい。

【0036】

プラズマ処理装置10は、主制御部MC（コントローラの一例）を更に備え得る。主制御部MCは、プロセッサ、記憶装置、入力装置、表示装置等を備えるコンピュータであり、プラズマ処理装置10の各部を制御する。具体的に、主制御部MCは、記憶装置に記憶されている制御プログラムを実行し、当該記憶装置に記憶されているレシピデータに基づいてプラズマ処理装置10の各部を制御する。これにより、プラズマ処理装置10は、レシピデータによって指定されたプロセスを実行する。

【0037】

[主制御部の制御]

[静電チャックへの供給電圧]

主制御部MCは、第1直流電源22を制御するように構成される。主制御部MCは、第1直流電源22を制御することにより、静電チャック20の電極22aに供給される電圧Vを制御する。これにより、主制御部MCは、静電チャック20の静電引力を制御する。静電チャック20の電極22aへ供給される電圧が高いほど、静電引力は大きくなる。したがって、静電チャック20の電極22aへ供給される電圧が高いほど、静電チャック20への吸着力が大きくなる。

【0038】

主制御部MCは、第1関数の出力と、第2関数の出力とを結合させて、静電チャック20の電極22aへ供給される電圧を決定する。

【0039】

第1関数は、自己バイアス電圧の絶対値が大きくなるほど小さい値を出力する関数である。第1関数は、自己バイアス電圧の絶対値をパラメータとして、静電引力を調整するための値を出力する関数である。第1関数は、一例として単調減少関数である。第1関数は、特に次数は限定されず、一次関数であってもよいし、二次関数であってもよい。第1関数は、単項式であってもよいし、多項式であってもよい。第1関数は、テーブルを参照する関数であってもよいし、経験則から導かれた関数であってもよい。

【0040】

プラズマが生成されると、基板Wには自己バイアス電圧が印加される。自己バイアス電圧は、プラズマに応じて発生し、プロセス条件に応じて変化する。自己バイアス電圧の絶対値が大きくなるほど、基板Wを静電チャック20へ引き寄せる力が大きくなる。このため、自己バイアス電圧の絶対値が大きくなるほど、静電チャック20への吸着力が大きくなる。このため、主制御部MCは、第1関数を用いて自己バイアス電圧の変動に伴う吸着力の変動を相殺する。具体的には、主制御部MCは、自己バイアス電圧測定器76によって検出された自己バイアス電圧を第1関数に入力する。主制御部MCは、第1関数から自己バイアス電圧の変動を反映させた出力を得る。第1関数の結果を利用することにより、自己バイアスが変化した場合であっても、安定した吸着力を実現する。

【0041】

第2関数は、伝熱ガスの圧力が大きくなるほど大きい値を出力する関数である。第2関数は、伝熱ガスの圧力をパラメータとして、静電引力を調整するための値を出力する関数である。第2関数は、一例として単調増加関数である。第2関数は、特に次数は限定されず、一次関数であってもよいし、二次関数であってもよい。第2関数は、単項式であってもよいし、多項式であってもよい。第2関数は、テーブルを参照する関数であってもよいし、経験則から導かれた関数であってもよい。

【0042】

基板Wに供給される伝熱ガスは、基板Wの裏面に供給されるため、基板Wを静電チャック20から離間させる方向に力が作用する。以下では、この力を離間力という。プロセス条件に応じてプラズマ入熱は変化する。プラズマ入熱が変化する場合、基板Wの温度変化を抑制するために、伝熱ガスの圧力を変化させる。つまり、プロセス条件に応じて離間力が

10

20

30

40

50

変化する。第２関数は、伝熱ガスの圧力をパラメータとして、離間力よりも大きな吸着力となるように、静電引力を調整するための値を出力する。具体的には、主制御部ＭＣは、ガス供給ライン２５に配置された検出器によって検出された圧力を第２関数に入力する。主制御部ＭＣは、第２関数から伝熱ガスの圧力の変動を反映させた出力を得る。第２関数の結果を利用することにより、伝熱ガスの圧力が変化した場合であっても、基板Ｗが静電チャックから離間することを抑制する。

【００４３】

主制御部ＭＣは、第１関数の出力と、第２関数の出力とを結合する。結合とは、組み合わせることである。結合は、例えば、和算、積算、乗算などの演算である。一例として、主制御部ＭＣは、以下の結合を行い、静電チャック２０の電極２２ａへ供給される電圧Ｖを決定する。

$$V = \alpha \cdot f(|V_{dc}|) + \beta \cdot f(P)$$

ここで、 $f(|V_{dc}|)$ は第１関数であり、 V_{dc} は自己バイアス電圧である。 $f(P)$ は第２関数であり、 P は伝熱ガスの圧力である。 α 、 β は定数である。主制御部ＭＣは、上記の結合で得られた電圧Ｖを、静電チャック２０に印加するように第１直流電源２２を制御する。

【００４４】

[電圧印加タイミング]

主制御部ＭＣは、静電チャック２０に保持された基板Ｗの温度に基づいて、第１直流電源２２による電圧印加タイミングを制御するように構成される。主制御部ＭＣは、温度測定器８０によって検出された基板Ｗの温度を取得し、制御に用いる。

【００４５】

具体的な一例として、主制御部ＭＣは、高周波電源６１により下部電極１８に高周波（ＲＦ）が印加された後であって、温度測定器８０により検出された温度が予め定められた温度閾値以上となる第１タイミングになったときに、静電チャック２０への電圧Ｖの印加が開始されるように第１直流電源２２を制御する。温度閾値は、基板Ｗの目標温度に基づいて設定され得る。基板Ｗの目標温度は、プロセス条件によって設定され、レジビデータとして記憶されている。一例として、温度閾値は、基板Ｗの目標温度に所定定数を乗算した値が採用される。所定定数は、例えば、０．８～１．０の範囲で設定され得る。このように、主制御部ＭＣは、高周波のＯＮタイミングと、静電チャック２０へ供給される電圧のＯＮタイミングとをずらす。

【００４６】

主制御部ＭＣは、高周波電源６１により下部電極１８に高周波（ＲＦ）が印加された後であって、基板Ｗの温度が予め定められた温度閾値以上となる予想時間が経過した第２タイミングになったときに、静電チャック２０への電圧Ｖの印加が開始されるように第１直流電源２２を制御してもよい。予想時間は、シミュレーションや事前運転などにより得られたデータに基づいて予め設定され得る。

【００４７】

主制御部ＭＣは、上述した第１タイミング及び第２タイミングの何れか早い方のタイミングになったときに、静電チャック２０への電圧Ｖの印加が開始されるように第１直流電源２２を制御してもよい。

【００４８】

このように、主制御部ＭＣは、第１タイミング、第２タイミング、又はこれらの組合せに基づいて、高周波のＯＮタイミングと、静電チャック２０へ供給される電圧のＯＮタイミングとをずらしてもよい。

【００４９】

主制御部ＭＣは、基板Ｗの温度と相関のある温度に基づいて第１直流電源２２による電圧印加タイミングを制御するように構成されてもよい。基板Ｗの温度と相関のある温度とは、静電チャック２０の温度、配管２３ｂを介してチラーユニット２３に戻される熱交換媒体の温度、フォーカスリングＦＲの温度、上部電極３０の温度などである。これらの温度

10

20

30

40

50

を検出する検出器の一例は、温度測定器 8 0 のような光干渉計であってもよいし、構成部品に埋め込まれた温度センサであってもよい。

【 0 0 5 0 】

[伝熱ガスの圧力]

主制御部 M C は、伝熱ガスの圧力が所定の伝熱ガス閾値以下となるように、ガス供給機構 2 4 をさらに制御してもよい。伝熱ガス閾値は、伝熱ガスの最大圧力を定義する値であり、予め定められる。最大圧力が設定されることで、基板 W に想定以上の離間力が作用することを回避する。

[伝熱ガスの圧力供給]

主制御部 M C は、一例として、伝熱ガスの圧力が時間経過とともに増大するようにガス供給機構をさらに制御する。主制御部 M C は、レシピデータの目標圧力に徐々に近づくように伝熱ガスの圧力を増大させる。目標圧力は、予め伝熱ガス閾値以下に設定されてもよい。主制御部 M C は、例えば、目標圧力に到達するまでのいくつかの圧力を中間目標圧力に設定し、所定時間間隔で中間目標圧力を達成するように段階的に圧力を制御する。あるいは、主制御部 M C は、圧力の増加最大値を設定し、増加最大値を超えない範囲で、レシピデータに近づけるようにしてもよい。

10

【 0 0 5 1 】

[伝熱ガスの供給タイミング]

主制御部 M C は、静電チャック 2 0 に保持された基板 W の温度に基づいて、ガス供給機構 2 4 による伝熱ガスの供給タイミングを制御するように構成される。主制御部 M C は、温度測定器 8 0 によって検出された基板 W の温度を取得し、制御に用いる。

20

【 0 0 5 2 】

具体的な一例として、主制御部 M C は、高周波電源 6 1 により下部電極 1 8 に高周波が印加された後であって、かつ、第 1 直流電源 2 2 による電圧印加が開始された後において、温度測定器 8 0 により検出された温度が予め定められた温度閾値以上となる第 3 タイミングになったときに、伝熱ガスの供給が開始されるようにガス供給機構 2 4 を制御する。温度閾値は、基板 W の目標温度に基づいて設定され得る。基板 W の目標温度は、プロセス条件によって設定され、レシピデータとして記憶されている。一例として、温度閾値は、基板 W の目標温度に所定定数を乗算した値が採用される。所定定数は、例えば、0 . 8 ~ 1 . 0 の範囲で設定され得る。このように、主制御部 M C は、高周波の O N タイミングと、伝熱ガス供給の O N タイミングとをずらす。

30

【 0 0 5 3 】

温度閾値は、静電チャック 2 0 への電圧印加タイミングを判定するための温度閾値と同一であってもよい。この場合、静電チャック 2 0 への電圧印加タイミングと伝熱ガスの供給タイミングとが同期する。つまり、主制御部 M C は、第 1 直流電源 2 2 による電圧印加と同じタイミングで伝熱ガスの供給が開始されるようにガス供給機構 2 4 を制御してもよい。あるいは、主制御部 M C は、第 1 直流電源 2 2 による電圧印加から予め定められた時間経過後に伝熱ガスの供給が開始されるように、ガス供給機構 2 4 を制御してもよい。

【 0 0 5 4 】

主制御部 M C は、高周波電源 6 1 により下部電極 1 8 に高周波 (R F) が印加された後であって、かつ、第 1 直流電源 2 2 による電圧印加が開始された後において、基板 W の温度が予め定められた温度閾値以上となる予想時間が経過した第 3 タイミングになったときに、伝熱ガスの供給が開始されるようにガス供給機構 2 4 を制御してもよい。予想時間は、シミュレーションや事前運転などにより得られたデータに基づいて予め設定され得る。

40

【 0 0 5 5 】

主制御部 M C は、上述した第 3 タイミング及び第 4 タイミングの何れか早い方のタイミングになったときに、伝熱ガスの供給が開始されるようにガス供給機構 2 4 を制御してもよい。

【 0 0 5 6 】

このように、主制御部 M C は、第 1 直流電源 2 2 による電圧印加のタイミング、上述した

50

第3タイミング、第4タイミング、又はそれらの組合せに基づいて、高周波のONタイミングと、伝熱ガス供給のONタイミングとをずらしてもよい。

【0057】

[温度に基づいた制御の一例]

図4は、基板温度の時間依存性を示すグラフである。図4に示される基板温度 T_1 は、高周波印加前における基板温度である。つまり、基板温度 T_1 は、プラズマ生成前の基板温度である。基板温度 T_3 は、レシピデータで定義された目標温度である。時刻 t_1 は、高周波が印加されたタイミングである。時刻 t_5 においてプラズマ処理が終了する。

【0058】

時刻 t_1 において、高周波の印加タイミングと同時に、静電チャック20への電圧供給と伝熱ガスの供給とを開始した場合、図中の破線で示されるグラフとなる。この場合、目標温度に到達する時間は時刻 t_4 である。このため、時刻 t_4 から時刻 t_5 までの期間 H_2 が基板温度 T_3 を維持できる期間となる。以下、このような制御を同時ON制御という。

【0059】

主制御部MCは、一例として、高周波電源61により下部電極18に高周波が印加された時刻 t_1 後であって、温度測定器80により検出された基板温度が温度閾値 T_2 以上になった時刻 t_2 において、静電チャック20への電圧印加と伝熱ガスの供給とを開始する。この場合、図中の実線で示されるグラフとなる。時刻 t_1 経過後もプラズマ入熱はあるものの、伝熱ガスの供給がされずに伝熱ガスにより基板Wが冷却されないため、実線グラフで示されるように昇温スピードが同時ON制御よりも速くなる。このため、目標温度に到達する時刻は、同時ON制御よりも早い時刻 t_3 になる。時刻 t_3 から時刻 t_5 までの期間 H_1 が基板温度 T_3 を維持できる期間となる。このように、高周波の印加タイミング(時刻 t_1)よりも後の時刻 t_2 に、静電チャック20への電圧印加と伝熱ガスの供給とを開始することにより、プロセスの目標温度を維持できる期間を長く確保することができる。また、温度制御の応答性を向上させることができる。

【0060】

[プラズマ処理方法の一例]

図5は、一実施形態に係るプラズマ処理方法を示すフローチャートである。図5に示されるフローチャートは、主制御部MCによって実行される。

【0061】

主制御部MCは、第1判定工程(ステップS10)として、高周波が印加されたか否かを判定する。例えば、主制御部MCは、高周波印加の制御信号を高周波電源61へ出力したか否かのログデータを確認する。

【0062】

第1判定工程(ステップS10)において、高周波が印加されたと判定された場合、主制御部MCは、第2判定工程(ステップS12)として、温度測定器80により検出された温度が温度閾値以上であるか否かを判定する。

【0063】

第2判定工程(ステップS12)において、温度測定器80により検出された温度が温度閾値以上であると判定された場合には、主制御部MCは、電圧決定工程(ステップS14)として、静電チャック20へ印加される電圧を決定する。主制御部MCは、第1関数の出力及び第2関数の出力を結合し、電圧を導出する。

【0064】

続いて、主制御部MCは、電圧印加工程(ステップS16)として、電圧決定工程(ステップS14)で決定された電圧を印加する。主制御部MCは、基板Wの温度に基づいて、電圧印加タイミングを決定する。そして、主制御部MCは、決定された電圧印加タイミングで、電圧決定工程(ステップS14)で決定された電圧を印加する。

【0065】

続いて、主制御部MCは、伝熱ガス供給工程(ステップS18)として、伝熱ガスを供給する。主制御部MCは、基板Wの温度に基づいて、伝熱ガス供給タイミングを決定する。

10

20

30

40

50

そして、主制御部MCは、決定された伝熱ガス供給タイミングで、伝熱ガスを供給する。

【0066】

伝熱ガス供給工程（ステップS18）が完了した場合、第1判定工程（ステップS10）において高周波が印加されていないと判定された場合、又は、第2判定工程（ステップS12）において、温度測定器80により検出された温度が温度閾値以上でないと判定された場合には、主制御部MCは、動作を終了する。

【0067】

なお、電圧決定工程（ステップS14）、電圧印加工程（ステップS16）、伝熱ガス供給工程（ステップS18）は、図5に示される順番での実行に限定されない。例えば、伝熱ガス供給工程（ステップS18）、電圧決定工程（ステップS14）、電圧印加工程（ステップS16）の順に実行してもよいし、電圧決定工程（ステップS14）、伝熱ガス供給工程（ステップS18）、電圧印加工程（ステップS16）の順に実行してもよいし、電圧印加工程（ステップS16）と伝熱ガス供給工程（ステップS18）とを並行して行ってもよい。

【0068】

[実施形態のまとめ]

近年のプロセス条件の多様化に伴い、高い高周波電力で基板Wをプラズマ処理する場合がある。高周波電力が高くなるほどプラズマからの入熱は大きくなるため、基板Wの温度上昇を抑制するためには伝熱ガスをより多く供給する必要がある。このため、静電チャック20の静電引力を大きく設定し、伝熱ガスの圧力は基板温度に応じて変動させることが考えられる。しかしながら、静電チャック20の静電引力を大きく設定しすぎると、熱膨張した基板Wが静電チャック20の表面を研磨するおそれがある。研磨により静電チャック20の表面状態が変化した場合、基板Wと静電チャックとの実質的な接触面積が変化する。その結果、熱伝達率が変化するため、伝熱ガスの冷却効率が変化する。このため、静電チャック20の表面状態の変化は、プロセス処理の安定性に影響を与えるおそれがある。

【0069】

プラズマ処理装置10では、第1直流電源22により、第1関数 $f(|V_{dc}|)$ の出力と第2関数 $f(P)$ との出力を結合させて導出される電圧Vが、静電チャック20に印加される。プラズマ処理装置10は、自己バイアス電圧 V_{dc} の絶対値の増加に応じて静電チャック20に印加される電圧Vを減少させることで、静電チャック20への吸着力が自己バイアス電圧 V_{dc} の絶対値の増加に応じて増加することを回避することができる。また、プラズマ処理装置10は、自己バイアス電圧 V_{dc} の減少に応じて静電チャック20に印加される電圧Vを増加させることで、静電チャック20への吸着力が自己バイアス電圧 V_{dc} の減少に応じて減少することを回避することができる。自己バイアス電圧 V_{dc} はプロセス条件に応じて変化する。つまり、プラズマ処理装置10は、あるプロセス条件から異なるプロセス条件へ遷移したときに、静電チャック20への吸着力が大きく変動することを回避することができる。よって、プラズマ処理装置10は、連続するプロセス実行時において静電チャック20への吸着力を安定化させることができる。さらに、静電チャック20に印加される電圧Vは、第2関数 $f(P)$ の出力を用いて設定される。第2関数 $f(P)$ は、伝熱ガスの圧力Pが大きくなるほど大きい値を出力する関数である。伝熱ガスの圧力Pは、基板Wを静電チャック20から離間させる方向に作用する。プラズマ処理装置10は、伝熱ガスの圧力Pの増加及び減少に応じて静電チャック20に印加される電圧Vを増加及び減少させることで、基板Wが静電チャック20から離間しない範囲となるように静電チャック20に印加される電圧Vを設定することができる。このように、プラズマ処理装置10は、第1関数 $f(|V_{dc}|)$ 及び第2関数 $f(P)$ の出力を結合させて電圧Vを導出しているので、静電チャック20へ印加する電圧Vを最適な値に設定することができる。プラズマ処理装置10は、静電チャック20へ印加する電圧を最適な値に設定することにより、基板Wへのプラズマ処理時に静電チャック20上の基板Wの温度制御を適切に行うことができる。プラズマ処理装置10は、伝熱ガスの圧力が高く、かつ、電圧Vが大きくなるほど、基板Wの面内温度の均一性を向上させることができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 0 】

プラズマ処理装置 1 0 は、静電チャック 2 0 に保持された基板 W の温度、又は、基板 W の温度と相関のある温度（例えば、静電チャック 2 0 の温度、配管 2 3 b を介してチラーユニット 2 3 に戻される熱交換媒体の温度、フォーカスリング F R の温度、上部電極 3 0 の温度）に基づいて第 1 直流電源 2 2 による電圧印加タイミングを制御するため、基板 W の温度に応じたタイミングで基板 W を静電チャック 2 0 に吸着させることができる。

【 0 0 7 1 】

プラズマ処理装置 1 0 は、高周波電源 6 1 により下部電極 1 8 に高周波が印加されたタイミング（例えば時刻 t_1 ）よりも後に、静電チャック 2 0 に電圧 V を印加する。このため、プラズマ処理装置 1 0 は、高周波電源 6 1 により下部電極 1 8 に高周波が印加されたタイミング（例えば時刻 t_1 ）で静電チャック 2 0 へ電圧 V を印加する場合と比べて、基板 W の温度が目標温度（例えば基板温度 T_3 ）に到達するまでの時間を短縮することができる。よって、プラズマ処理装置 1 0 は、温度の応答性を向上させることができる。さらに、プラズマ処理装置 1 0 は、高周波電源 6 1 により下部電極 1 8 に高周波が印加されたタイミング（例えば時刻 t_1 ）で静電チャック 2 0 へ電圧 V を印加する場合と比べて、昇温しながら基板 W を保持する時間を短くすることができるので、基板 W の熱膨張による静電チャック 2 0 の摩耗を抑制することができる。

10

【 0 0 7 2 】

プラズマ処理装置 1 0 は、第 1 直流電源 2 2 による電圧印加と同じタイミングで又は予め定められた時間経過後に伝熱ガスの供給が開始されるように、ガス供給機構 2 4 をさらに制御することにより、伝熱ガスの圧力によって基板 W が静電チャック 2 0 から離間することを抑制しつつ、温度調整を開始することができる。

20

【 0 0 7 3 】

プラズマ処理装置 1 0 は、高周波電源 6 1 により下部電極 1 8 に高周波が印加されたタイミング（例えば時刻 t_1 ）よりも後であって、かつ、第 1 直流電源 2 2 による電圧印加が開始された後において、伝熱ガスを供給する。このため、プラズマ処理装置 1 0 は、高周波電源 6 1 により下部電極 1 8 に高周波が印加されたタイミング（例えば時刻 t_1 ）で伝熱ガスの供給を開始する場合と比べて、基板 W の温度が目標温度（例えば基板温度 T_3 ）に到達するまでの時間を短縮することができる。よって、プラズマ処理装置 1 0 は、温度の応答性を向上させることができる。さらに、プラズマ処理装置 1 0 は、高周波電源 6 1 により下部電極 1 8 に高周波が印加されたタイミング（例えば時刻 t_1 ）で伝熱ガスの供給を開始する場合と比べて、昇温しながら基板 W を保持する時間を短くすることができるので、基板 W の熱膨張による静電チャック 2 0 の摩耗を抑制することができる。

30

【 0 0 7 4 】

プラズマ処理装置 1 0 は、伝熱ガスの圧力 P が時間経過とともに増大するようにガス供給機構 2 4 をさらに制御するため、一度に目標圧力となるように伝熱ガスの圧力 P を制御する場合と比べて、急激に伝熱ガスの圧力 P が増大することを回避することができるので、伝熱ガスの圧力 P によって基板 W が静電チャック 2 0 から離間することを回避することができる。

【 0 0 7 5 】

プラズマ処理装置 1 0 は、伝熱ガスの圧力 P が所定の伝熱ガス閾値以下となるようにガス供給機構 2 4 をさらに制御するため、伝熱ガスの圧力 P によって基板 W が静電チャック 2 0 から離間することを回避することができる。

40

【 0 0 7 6 】

以上、種々の実施形態について説明してきたが、上述した実施形態に限定されことなく種々の変形態様を構成可能である。例えば、上述した種々の実施形態に係るプラズマ処理装置は容量結合型のプラズマ処理装置である。変形態様におけるプラズマ処理装置は、誘導結合型のプラズマ処理装置であってもよい。

【 符号の説明 】

【 0 0 7 7 】

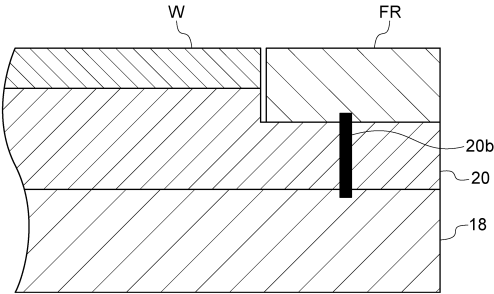
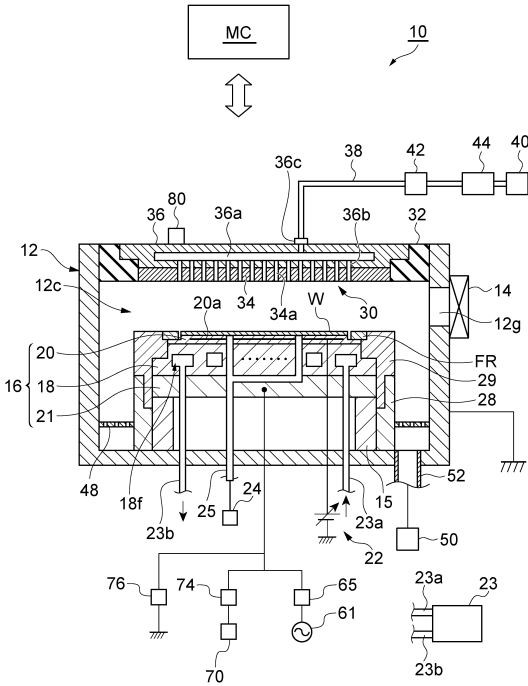
50

1 0 ... プラズマ処理装置、1 6 ... ステージ、1 8 ... 下部電極、2 0 ... 静電チャック、2 3 ... チラーユニット、6 1 ... 高周波電源、7 0 ... 第2 直流電源、8 0 ... 温度測定器、F R ... フォーカスリング。

【図面】

【図 1 】

【図 2 】



10

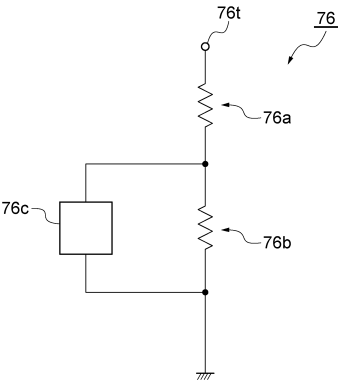
20

30

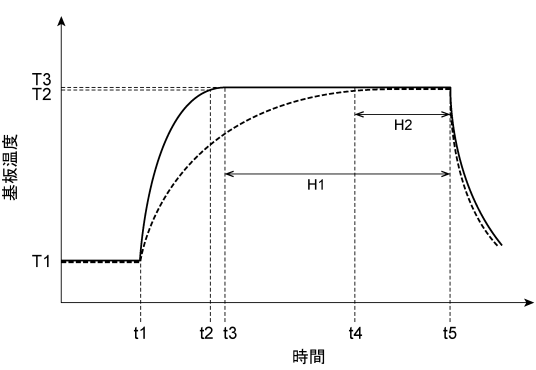
40

50

【図 3】



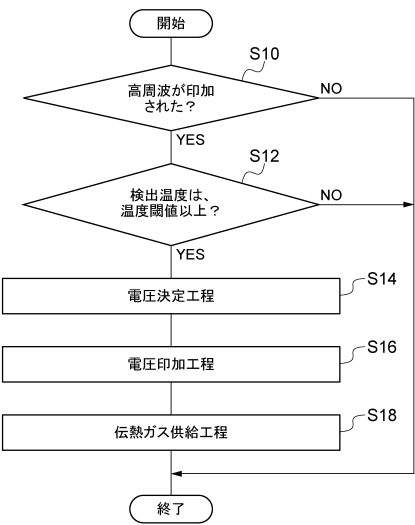
【図 4】



10

20

【図 5】



30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類

F I

H 0 5 H

1/46

M

(56)参考文献

特開平 0 7 - 2 6 3 4 1 2 (J P , A)
特開 2 0 1 1 - 1 9 8 8 3 8 (J P , A)
特開平 1 1 - 1 3 5 4 8 3 (J P , A)
特開 2 0 1 4 - 0 1 1 2 1 5 (J P , A)
特開平 1 0 - 0 1 4 2 6 6 (J P , A)
特開 2 0 0 8 - 0 3 4 6 6 9 (J P , A)
特開平 1 0 - 0 2 7 7 8 0 (J P , A)

(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)

H 0 1 L 2 1 / 3 0 6 5
H 0 1 L 2 1 / 2 0 5
H 0 1 L 2 1 / 3 1
H 0 1 L 2 1 / 6 8 3
H 0 5 H 1 / 4 6