

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6960421号
(P6960421)

(45) 発行日 令和3年11月5日(2021.11.5)

(24) 登録日 令和3年10月13日(2021.10.13)

(51) Int.Cl.	F 1
H 01 L 21/3065	(2006.01)
H 05 H 1/46	(2006.01)
C 23 C 16/503	(2006.01)
C 23 C 16/52	(2006.01)
HO 1 L 21/302	HO 5 H 1/46
C 23 C 16/503	C 23 C 16/52

請求項の数 6 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2019-9476 (P2019-9476)
(22) 出願日	平成31年1月23日 (2019.1.23)
(65) 公開番号	特開2020-119982 (P2020-119982A)
(43) 公開日	令和2年8月6日 (2020.8.6)
審査請求日	令和3年8月31日 (2021.8.31)

早期審査対象出願

(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
(72) 発明者	青木 裕介 宮城県黒川郡大和町テクノヒルズ1番 東京エレクトロン宮城株式会社内
(72) 発明者	森北 信也 宮城県黒川郡大和町テクノヒルズ1番 東京エレクトロン宮城株式会社内

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】

チャンバと、
前記チャンバ内に設けられた下部電極を含む基板支持器と、
前記基板支持器の上方に設けられた上部電極と、
前記チャンバ内でプラズマを生成するように構成された高周波電源と、
前記上部電極に電気的に接続された直流電源装置と、
を備え、

前記直流電源装置は、パルス状の負極性の直流電圧を周期的に発生するように構成されており、

前記直流電源装置の出力電圧は、繰り返される周期の各々における第1の期間では、前記パルス状の負極性の直流電圧であり、前記周期の各々における残りの第2の期間では、ゼロボルトであり、

前記周期の逆数である周波数は、400 kHz以上、1 MHz以下である、
プラズマ処理装置。

【請求項 2】

前記周期において第1の期間が占める割合は、20%以上、60%以下である、請求項1に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 3】

前記直流電源装置からのエネルギーを伝達する回路のグランド電極は、前記チャンバの

導電性の壁部のみである、請求項 1 又は 2 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 4】

前記プラズマを生成するために前記高周波電源によって生成される高周波電力は、前記周期において一定に維持される、請求項 1 ~ 3 の何れか一項に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 5】

請求項 1 ~ 4 の何れか一項に記載のプラズマ処理装置を用いたプラズマ処理方法であつて、

前記チャンバ内でプラズマを生成するために前記高周波電源から高周波電力を供給する工程と、

前記直流電源装置の出力電圧は、繰り返される周期の各々における第 1 の期間では、前記パルス状の負極性の直流電圧であり、前記周期の各々における残りの第 2 の期間では、ゼロボルトである、

プラズマ処理方法。

【請求項 6】

前記プラズマを生成するために前記高周波電源によって生成される高周波電力は、前記周期において一定に維持される、請求項 5 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】

本開示の例示的実施形態は、プラズマ処理装置及びプラズマ処理方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

電子デバイスの製造では、プラズマ処理装置が用いられている。プラズマ処理装置の一種として、容量結合型のプラズマ処理装置が知られている。容量結合型のプラズマ処理装置は、チャンバ、上部電極、及び下部電極を含む。下部電極は、載置台の一部を構成し、チャンバ内に設けられている。上部電極は、下部電極の上方に設けられている。容量結合型のプラズマ処理装置では、上部電極又は下部電極に高周波電力が供給されることにより、チャンバ内のガスが励起されて、プラズマが生成される。載置台の基板は、生成されたプラズマからの化学種により処理される。

【0003】

容量結合型のプラズマ処理装置は、直流電源を備え、チャンバ内でプラズマが生成されているときに上部電極に直流電源からの負極性の直流電圧を印加するように構成されていることがある。このような直流電源を備えるプラズマ処理装置では、上部電極に供給された直流電流をチャンバ内のプラズマ空間を介して受けるグランドブロックをチャンバ内に設ける必要がある。グランドブロックを備えたプラズマ処理装置は、特許文献 1 に記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2006 - 270019 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上部電極に負極性の直流電圧を印加するように構成されたプラズマ処理装置では、プロセスの変動を抑制することが求められている。

【課題を解決するための手段】

10

20

30

40

50

【0006】

一つの例示的実施形態において、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、基板支持器、上部電極、高周波電源、及び直流電源装置を備える。基板支持器は、下部電極を含む。下部電極は、チャンバ内に設けられている。上部電極は、基板支持器の上方に設けられている。高周波電源は、チャンバ内でプラズマを生成する。直流電源装置は、上部電極に電気的に接続されている。直流電源装置は、パルス状の負極性の直流電圧を周期的に発生するように構成されている。直流電源装置の出力電圧は、繰り返される周期の各々における第1の期間では、パルス状の負極性の直流電圧である。直流電源装置の出力電圧は、周期の各々における残りの第2の期間では、ゼロボルトである。

【発明の効果】

10

【0007】

一つの例示的実施形態によれば、上部電極に負極性の直流電圧を印加するように構成されたプラズマ処理装置におけるプロセスの変動を抑制することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】一つの例示的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に示すプラズマ処理装置の直流電源装置の構成の一例を示す図である。

【図3】一つの例示的実施形態に係るプラズマ処理装置を用いて実行されるプラズマ処理のタイミングチャートである。

【図4】別の例示的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。

20

【図5】一つの例示的実施形態に係るプラズマ処理方法の流れ図である。

【図6】第1の実験で求めたエッチングレートの分布及び第2の実験で求めたエッチングレートの分布を示すグラフである。

【図7】図7の(a)は第3の実験で求めた直流電流を示すグラフであり、図7の(b)は第4の実験で求めた直流電流を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下、種々の例示的実施形態について説明する。

【0010】

一つの例示的実施形態において、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、基板支持器、上部電極、高周波電源、及び直流電源装置を備える。基板支持器は、下部電極を含む。下部電極は、チャンバ内に設けられている。上部電極は、基板支持器の上方に設けられている。高周波電源は、チャンバ内でプラズマを生成する。直流電源装置は、上部電極に電気的に接続されている。直流電源装置は、パルス状の負極性の直流電圧を周期的に発生するように構成されている。直流電源装置の出力電圧は、繰り返される周期の各々における第1の期間では、パルス状の負極性の直流電圧である。直流電源装置の出力電圧は、周期の各々における残りの第2の期間では、ゼロボルトである。

30

【0011】

上記実施形態では、上部電極に印加される直流電圧が負極性の直流電圧とゼロボルトとの間で変化する。即ち、直流電源装置からのエネルギーは、直流結合ではなく、容量結合によって伝達される。したがって、直流電源装置からのエネルギー伝達に対するプラズマ処理装置の部品の電気的特性の影響が抑制される。故に、上部電極に負極性の直流電圧を印加するように構成されたプラズマ処理装置におけるプロセスの変動を抑制することが可能となる。

40

【0012】

一つの例示的実施形態において、上記周期の逆数である周波数は、400kHz以上であってもよい。一つの例示的実施形態において、周波数は、1MHz以下であってもよい。一つの例示的実施形態では、周期において第1の期間が占める割合は、20%以上、60%以下であってもよい。

【0013】

50

一つの例示的実施形態において、直流電源装置からのエネルギーを伝達する回路のグラント電極は、チャンバの導電性の壁部のみであってもよい。

【0014】

別の例示的実施形態において、プラズマ処理方法が提供される。このプラズマ処理方法は、上述した種々の例示的実施形態の何れかのプラズマ処理装置を用いて実行される。プラズマ処理方法は、チャンバ内のガスからプラズマを形成するために高周波電源から高周波電力を供給する工程を含む。プラズマ処理方法は、プラズマの生成中に直流電源装置から周期的にパルス状の負極性の直流電圧を上部電極に印加する工程を含む。直流電源装置の出力電圧は、繰り返される周期の各々における第1の期間では、パルス状の負極性の直流電圧であり、周期の各々における残りの第2の期間では、ゼロボルトである。

10

【0015】

以下、図面を参照して種々の例示的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こととする。

【0016】

図1は、一つの例示的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に示すプラズマ処理装置1は、容量結合型プラズマ処理装置である。プラズマ処理装置1は、チャンバ10を備えている。チャンバ10は、その中に内部空間10sを提供している。

【0017】

チャンバ10は、チャンバ本体12を含んでいる。チャンバ本体12は、略円筒形状を有している。内部空間10sは、チャンバ本体12の内側に提供されている。チャンバ本体12は、アルミニウムといった導体から形成されている。チャンバ本体12は、接地されている。チャンバ本体12の内壁面には、耐腐食性を有する膜が施されている。耐腐食性を有する膜は、酸化アルミニウム、酸化イットリウムといったセラミックから形成された膜であり得る。

20

【0018】

チャンバ本体12の側壁には、通路12pが形成されている。基板Wは、内部空間10sとチャンバ10の外部との間で搬送されるときに、通路12pを通過する。通路12pは、ゲートバルブ12gにより開閉可能となっている。ゲートバルブ12gは、チャンバ本体12の側壁に沿って設けられている。

30

【0019】

チャンバ本体12の底部上には、支持部13が設けられている。支持部13は、絶縁材料から形成されている。支持部13は、略円筒形状を有している。支持部13は、内部空間10sの中で、チャンバ本体12の底部から上方に延在している。支持部13は、基板支持器14を支持している。基板支持器14は、チャンバ10内、即ち内部空間10sの中で、基板Wを支持するように構成されている。

【0020】

基板支持器14は、下部電極18及び静電チャック20を有している。下部電極18及び静電チャック20は、チャンバ10内に設けられている。基板支持器14は、電極プレート16を更に有し得る。電極プレート16は、例えばアルミニウムといった導体から形成されており、略円盤形状を有している。下部電極18は、電極プレート16上に設けられている。下部電極18は、例えばアルミニウムといった導体から形成されており、略円盤形状を有している。下部電極18は、電極プレート16に電気的に接続されている。

40

【0021】

静電チャック20は、下部電極18上に設けられている。静電チャック20の上面の上には、基板Wが載置される。静電チャック20は、本体及び電極を有する。静電チャック20の本体は、誘電体から形成されている。静電チャック20の電極は、膜状の電極であり、静電チャック20の本体内に設けられている。静電チャック20の電極は、スイッチ20sを介して直流電源20pに接続されている。静電チャック20の電極に直流電源20pからの電圧が印加されると、静電チャック20と基板Wとの間で静電引力が発生する

50

。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、静電チャック20によって保持される。

【0022】

基板支持器14上には、エッジリングFRが配置される。エッジリングFRは、限定されるものではないが、シリコン、炭化シリコン、又は石英から形成され得る。チャンバ10において基板Wの処理が行われるときには、基板Wは、静電チャック20上、且つ、エッジリングFRによって囲まれた領域内に、配置される。

【0023】

下部電極18の内部には、流路18fが設けられている。流路18fには、チラーユニット22から配管22aを介して熱交換媒体（例えば冷媒）が供給される。チラーユニット22は、チャンバ10の外部に設けられている。流路18fに供給された熱交換媒体は、配管22bを介してチラーユニット22に戻される。プラズマ処理装置1では、静電チャック20上に載置された基板Wの温度が、熱交換媒体と下部電極18との熱交換により、調整される。

【0024】

プラズマ処理装置1は、ガス供給ライン24を更に備え得る。ガス供給ライン24は、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の裏面との間に供給する。伝熱ガスは、伝熱ガス供給機構からガス供給ライン24に供給される。

【0025】

プラズマ処理装置1は、上部電極30を更に備えている。上部電極30は、基板支持器14の上方に設けられている。上部電極30は、部材32を介して、チャンバ本体12の上部に支持されている。部材32は、絶縁性を有する材料から形成されている。上部電極30と部材32は、チャンバ本体12の上部開口を閉じている。

【0026】

上部電極30は、天板34及び支持体36を含み得る。天板34の下面は、内部空間10sの側の下面であり、内部空間10sを画成している。天板34は、シリコン含有材料から形成されている。天板34は、例えばシリコン又は炭化シリコンから形成されている。天板34には、複数のガス吐出孔34aが形成されている。複数のガス吐出孔34aは、天板34をその板厚方向に貫通している。

【0027】

支持体36は、天板34を着脱自在に支持する。支持体36は、アルミニウムといった導電性材料から形成される。支持体36の内部には、ガス拡散室36aが設けられている。支持体36には、複数のガス孔36bが形成されている。複数のガス孔36bは、ガス拡散室36aから下方に延びている。複数のガス孔36bは、複数のガス吐出孔34aにそれぞれ連通している。支持体36には、ガス導入口36cが形成されている。ガス導入口36cは、ガス拡散室36aに接続している。ガス導入口36cには、ガス供給管38が接続されている。

【0028】

ガス供給管38には、バルブ群41、流量制御器群42、及びバルブ群43を介して、ガスソース群40が接続されている。ガスソース群40、バルブ群41、流量制御器群42、及びバルブ群43は、ガス供給部GSを構成している。ガスソース群40は、複数のガスソースを含んでいる。ガスソース群40の複数のガスソースは、複数のガスのソースを含んでいる。バルブ群41及びバルブ群43の各々は、複数の開閉バルブを含んでいる。流量制御器群42は、複数の流量制御器を含んでいる。流量制御器群42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の各々は、バルブ群41の対応の開閉バルブ、流量制御器群42の対応の流量制御器、及びバルブ群43の対応の開閉バルブを介して、ガス供給管38に接続されている。

【0029】

プラズマ処理装置1では、チャンバ本体12の内壁面に沿って、シールド46が着脱自

10

20

30

40

50

在に設けられている。シールド 4 6 は、支持部 1 3 の外周にも設けられている。シールド 4 6 は、チャンバ本体 1 2 にプラズマ処理の副生物が付着することを防止する。シールド 4 6 は、例えば、アルミニウムから形成された部材の表面に耐腐食性を有する膜を形成することにより構成される。耐腐食性を有する膜は、酸化イットリウムといったセラミックから形成された膜であり得る。

【 0 0 3 0 】

支持部 1 3 とチャンバ本体 1 2 の側壁との間には、バッフルプレート 4 8 が設けられている。バッフルプレート 4 8 は、例えば、アルミニウムから形成された部材の表面に耐腐食性を有する膜を形成することにより構成される。耐腐食性を有する膜は、酸化イットリウムといったセラミックから形成された膜であり得る。バッフルプレート 4 8 には、複数の貫通孔が形成されている。バッフルプレート 4 8 の下方、且つ、チャンバ本体 1 2 の底部には、排気口 1 2 e が設けられている。排気口 1 2 e には、排気管 5 2 を介して排気装置 5 0 が接続されている。排気装置 5 0 は、圧力調整弁及びターボ分子ポンプといった真空ポンプを有している。

10

【 0 0 3 1 】

プラズマ処理装置 1 は、第 1 の高周波電源 6 2 及び第 2 の高周波電源 6 4 を更に備えている。第 1 の高周波電源 6 2 は、第 1 の高周波電力を発生する電源である。第 1 の高周波電力は、一例では、プラズマの生成に適した周波数を有する。第 1 の高周波電力の周波数は、例えば 2 7 M H z ~ 1 0 0 M H z の範囲内の周波数である。第 1 の高周波電源 6 2 は、整合器 6 6 を介して上部電極 3 0 に接続されている。整合器 6 6 は、第 1 の高周波電源 6 2 の出力インピーダンスと負荷側（上部電極 3 0 側）のインピーダンスを整合させるための回路を有している。なお、第 1 の高周波電源 6 2 は、整合器 6 6 を介して、下部電極 1 8 に接続されていてもよい。

20

【 0 0 3 2 】

第 2 の高周波電源 6 4 は、第 2 の高周波電力を発生する電源である。第 2 の高周波電力は、第 1 の高周波電力の周波数よりも低い周波数を有する。第 2 の高周波電力は、基板 W にイオンを引き込むためのバイアス用の高周波電力として用いられ得る。第 2 の高周波電力の周波数は、例えば 4 0 0 k H z ~ 4 0 M H z の範囲内の周波数である。第 2 の高周波電源 6 4 は、整合器 6 8 及び電極プレート 1 6 を介して下部電極 1 8 に接続されている。整合器 6 8 は、第 2 の高周波電源 6 4 の出力インピーダンスと負荷側（下部電極 1 8 側）のインピーダンスを整合させるための回路を有している。

30

【 0 0 3 3 】

プラズマ処理装置 1 は、直流電源装置 7 0 を更に備えている。直流電源装置 7 0 は、上部電極 3 0 に電気的に接続されている。直流電源装置 7 0 は、パルス状の負極性の直流電圧を周期的に発生するように構成されている。図 2 は、図 1 に示すプラズマ処理装置の直流電源装置の構成の一例を示す図である。図 3 は、一つの例示的実施形態に係るプラズマ処理装置を用いて実行されるプラズマ処理のタイミングチャートである。図 3 において、横軸は時間を示している。図 3 において縦軸は、チャンバ 1 0 内に供給されるガスの流量、高周波電力（第 1 の高周波電力及び / 又は第 2 の高周波電力）の供給、及び直流電圧を示している。図 3 において、高周波電力が高レベルであることは、高周波電力が供給されていることを表している。図 3 において、高周波電力が低レベルであることは、高周波電力が供給されていないことを表している。以下、図 1 と共に、図 2 及び図 3 を参照する。

40

【 0 0 3 4 】

一実施形態において、直流電源装置 7 0 は、可変直流電源 7 0 a 及びスイッチングデバイス 7 0 b を有する。可変直流電源 7 0 a は、負極性の直流電圧を発生するように構成されている。可変直流電源 7 0 a が output する負極性の直流電圧のレベルは、後述する制御部 8 0 によって制御され得る。スイッチングデバイス 7 0 b は、その導通状態の切り替えにより、可変直流電源 7 0 a と上部電極 3 0 との間の接続及び遮断を切り替える。スイッチングデバイス 7 0 b の導通状態の切り替えは、制御部 8 0 によって制御されてもよい。

【 0 0 3 5 】

50

上述したように、直流電源装置 70 の出力電圧は、繰り返される周期 P T の各々における第 1 の期間 P 1 では、パルス状の負極性の直流電圧である。一実施形態においては、周期 P T 内の第 1 の期間 P 1 では、可変直流電源 70 a と上部電極 30 を互いに接続するよう、スイッチングデバイス 70 b の導通状態が切り替わる。直流電源装置 70 の出力電圧は、周期 P T の各々における残りの第 2 の期間 P 2 では、ゼロボルトである。一実施形態においては、周期 P T 内の第 2 の期間 P 2 では、可変直流電源 70 a と上部電極 30 を互いに遮断するよう、スイッチングデバイス 70 b の導通状態が切り替わる。

【 0 0 3 6 】

一実施形態において、周期 P T の逆数である周波数 f は、400 kHz 以上であり得る。一実施形態において、周波数 f は、1 MHz 以下であり得る。周波数 f が 1 MHz 以下である場合には、チャンバ 10 内でのラジカルの生成に対するイオンの挙動の独立制御性が高くなる。一実施形態において、周期 P T において第 1 の期間 P 1 が占める割合（即ち、パルス状の負極性の直流電圧のデューティー比）は、20% 以上、60% 以下であり得る。

10

【 0 0 3 7 】

プラズマ処理装置 1 は、制御部 80 を更に備えている。制御部 80 は、プロセッサ、メモリといった記憶部、入力装置、表示装置、信号の入出力インターフェイス等を備えるコンピュータであり得る。制御部 80 は、プラズマ処理装置 1 の各部を制御する。制御部 80 では、オペレータが、プラズマ処理装置 1 を管理するためにコマンドの入力操作等を入力装置を用いて行うことができる。また、制御部 80 では、表示装置により、プラズマ処理装置 1 の稼働状況を可視化して表示することができる。さらに、制御部 80 の記憶部には、制御プログラム及びレシピデータが格納されている。制御プログラムは、プラズマ処理装置 1 で各種処理を実行するために、制御部 80 のプロセッサによって実行される。制御部 80 のプロセッサが、制御プログラムを実行し、レシピデータに従ってプラズマ処理装置 1 の各部を制御することにより、後述する実施形態のプラズマ処理方法がプラズマ処理装置 1 で実行される。

20

【 0 0 3 8 】

プラズマ処理装置 1 では、上部電極 30 に印加される直流電圧が負極性の直流電圧とゼロボルトとの間で変化する。即ち、直流電源装置 70 からのエネルギーは、直流結合ではなく、容量結合によって伝達される。したがって、直流電源装置 70 からのエネルギー伝達に対するプラズマ処理装置 1 の部品の電気的特性の影響が抑制される。故に、上部電極 30 に負極性の直流電圧を印加するように構成されたプラズマ処理装置におけるプロセスの変動を抑制することが可能となる。

30

【 0 0 3 9 】

以下、図 4 を参照して、別の例示的実施形態に係るプラズマ処理装置について説明する。図 4 は、別の例示的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 4 に示すプラズマ処理装置 1B は、プラズマ処理装置 1 の構成要素と同じ構成要素に加えて、グランド電極 72 を備えている。グランド電極 72 は、チャンバ 10 内に設けられており、接地されている。プラズマ処理装置 1B では、直流電源装置 70 からのエネルギーを伝達する回路は、上部電極 30、内部空間 10s で形成されるプラズマ、及びグランド電極 72 から構成されている。一方、プラズマ処理装置 1 では、直流電源装置 70 からのエネルギーを伝達する回路は、上部電極 30、内部空間 10s のプラズマ PL（図 2 参照）、及びチャンバ 10 の導電性の壁部（即ち、チャンバ本体 12）から構成されている。即ち、プラズマ処理装置 1 では、直流電源装置 70 からのエネルギーを伝達する回路のグランド電極は、チャンバ 10 の導電性の壁部（即ち、チャンバ本体 12）のみである。

40

【 0 0 4 0 】

一実施形態では、グランド電極 72 は、上部電極 30 の周囲において、部材 32 の下面に接するように設けられている。或いは、グランド電極 72 は、上部電極 30 の周囲において、シールド 46 に接するように設けられている。グランド電極 72 は、例えばリング形状を有し得る。

50

【0041】

上述したように、直流電源装置70からのエネルギーは、直流結合ではなく、容量結合によって伝達される。したがって、直流電源装置70からのエネルギー伝達に対するプラズマ処理装置1の部品の電気的特性の影響が抑制される。故に、上部電極30に負極性の直流電圧を印加するように構成されたプラズマ処理装置におけるプロセスの変動を抑制することができるという効果は、グランド電極72の有無に依存することなく得られる。

【0042】

以下、図3と共に図5を参照して、一つの例示的実施形態に係るプラズマ処理方法について説明する。図5は、一つの例示的実施形態に係るプラズマ処理方法の流れ図である。以下、図5に示すプラズマ処理方法（以下、「方法MT」という）について、それがプラズマ処理装置1又はプラズマ処理装置1Bを用いて実行される場合を例として、説明する。

10

【0043】

方法MTは、処理されるべき基板Wがチャンバ10内で静電チャック20によって保持された状態で実行される。方法MTでは、図3に示すように、チャンバ10内へのガスの導入が開始される。チャンバ10内にガスを供給するために、制御部80は、ガス供給部GSを制御する。また、チャンバ10内の圧力を指定された圧力に設定するよう、制御部80によって排気装置50が制御される。

【0044】

そして、図3及び図5に示すように、ガスの供給が開始された後に、工程ST1が実行される。工程ST1では、高周波電力、即ち第1の高周波電力及び/又は第2の高周波電力の供給が開始される。工程ST1の実行のために、制御部80は、第1の高周波電源62及び/又は第2の高周波電源64を制御する。

20

【0045】

続く工程ST2では、直流電源装置70によって、パルス状の負極性の直流電圧が周期的に上部電極30に印加される。上述したように、直流電源装置70の出力電圧は、繰り返される周期PTの各々における第1の期間P1では、パルス状の負極性の直流電圧である。直流電源装置70の出力電圧は、周期PTの各々における残りの第2の期間P2では、ゼロボルトである。工程ST2の実行のために、直流電源装置70は、制御部80によって制御され得る。

30

【0046】

以上、種々の例示的実施形態について説明してきたが、上述した例示的実施形態に限定されることなく、様々な省略、置換、及び変更がなされてもよい。また、異なる実施形態における要素を組み合わせて他の実施形態を形成することが可能である。

【0047】

以下、プラズマ処理装置1及びプラズマ処理装置1Bの評価のために行った実験について説明する。なお、本開示は以下に説明する実験により限定されるものではない。

【0048】

（第1の実験及び第2の実験）

【0049】

第1の実験及び第2の実験では、シリコン酸化膜を有するサンプルを準備した。サンプルは、直径300mmの円盤形状を有していた。第1の実験では、プラズマ処理装置1を用いてサンプルのシリコン酸化膜のプラズマエッティングを行った。第2の実験では、プラズマ処理装置1Bを用いてサンプルのシリコン酸化膜のプラズマエッティングを行った。以下、第1の実験及び第2の実験の条件を示す。

40

<第1の実験及び第2の実験の条件>

- ・チャンバ10内の圧力：13.3Pa
- ・CF₄ガスの流量：50sccm
- ・Arガスの流量：600sccm
- ・第1の高周波電力：60MHz、1000W

50

- ・第2の高周波電力: 40 MHz, 550 W
- ・パルス状の負極性の直流電圧の周波数 f : 400 kHz
- ・パルス状の負極性の直流電圧のデューティー比: 50 %
- ・パルス状の負極性の直流電圧: -900 V

【0050】

第1の実験及び第2の実験の各々では、サンプルの直径上の複数の測定位置でシリコン酸化膜のエッティングレートを求めた。その結果を図6に示す。図6において横軸は測定位置を表している。測定位置は、サンプルの中心からの径方向の距離 (mm) で表されている。負の距離で表される測定位置は、正の距離で表される測定位置に対してサンプルの中心を基準として反対側の位置である。図6において、縦軸はエッティングレートを表している。図6に示すように、プラズマ処理装置1を用いた第1の実験におけるエッティングレートの分布は、プラズマ処理装置1Bを用いた第2の実験におけるエッティングレートの分布と略一致していた。したがって、直流電源装置からパルス状の負極性の直流電圧を周期的に上部電極に印加することにより、直流電源装置からのエネルギー伝達に対するプラズマ処理装置の部品の電気的特性の影響が抑制されることが確認された。
10

【0051】

(第3の実験及び第4の実験)

【0052】

第3の実験及び第4の実験では、プラズマ処理装置1Bを用いて第1の工程と第2の工程を交互に実行した。第1の工程では、チャンバ10の内壁面に膜を形成するようプラズマ支援CVDによる成膜を行った。第2の工程では、チャンバ10内で処理ガスのプラズマを生成した。なお、第3の実験の第2の工程では、パルス状の負極性の直流電圧を上部電極30に周期的に印加した。第4の実験の第2の工程では、負極性の直流電圧を上部電極30に連続的に印加した。以下、第3の実験及び第4の実験における第1の工程及び第2の工程の各々の条件を示す。
20

<第3の実験及び第4の実験の第1の工程の条件>

- ・チャンバ10内の圧力: 2.7 Pa
- ・SiCl₄ガスの流量: 5 sccm
- ・O₂ガスの流量: 50 sccm
- ・Arガスの流量: 800 sccm
- ・第1の高周波電力: 60 MHz, 1000 W
- ・第2の高周波電力: 40 MHz, 0 W
- ・処理時間: 30秒

30

<第3の実験の第2の工程の条件>

- ・チャンバ10内の圧力: 6.7 Pa
- ・H₂ガスの流量: 100 sccm
- ・Arガスの流量: 800 sccm
- ・第1の高周波電力: 60 MHz, 300 W
- ・第2の高周波電力: 40 MHz, 0 W
- ・パルス状の負極性の直流電圧の周波数 f : 400 kHz
- ・パルス状の負極性の直流電圧のデューティー比: 50 %
- ・パルス状の負極性の直流電圧: -900 V
- ・処理時間: 30秒

40

<第4の実験の第2の工程の条件>

- ・チャンバ10内の圧力: 6.7 Pa
- ・H₂ガスの流量: 100 sccm
- ・Arガスの流量: 800 sccm
- ・第1の高周波電力: 60 MHz, 300 W
- ・第2の高周波電力: 40 MHz, 0 W
- ・負極性の直流電圧: -900 V

50

・処理時間：30秒

【0053】

第3の実験及び第4の実験では、第1の工程及び第2の工程の各々の実行中に上部電極30に流れる直流電流を測定した。その結果を図7の(a)及び図7の(b)に示す。図7の(a)において、横軸は時間を示しており、縦軸は第3の実験において上部電極30に流れた直流電流を示している。図7の(b)において、横軸は時間を示しており、縦軸は第4の実験において上部電極30に流れた直流電流を示している。図7の(b)に示すように、第2の工程において直流電圧を連続的に上部電極30に印加した第4の実験では第1の工程と第2の工程の繰り返し回数の増加に伴って、第2の工程で上部電極30に流れる直流電流が大きく変動していた。一方、図7の(a)に示すように、第2の工程においてパルス状の負極性の直流電圧を周期的に上部電極30に印加した第3の実験では第1の工程と第2の工程の繰り返し回数に略依存せず、第2の工程で上部電極30に流れる直流電流が安定していた。したがって、直流電源装置からパルス状の負極性の直流電圧を周期的に上部電極に印加することにより、直流電源装置からのエネルギー伝達に対するプラズマ処理装置の部品の電気的特性の影響が抑制されることが確認された。

【0054】

以上の説明から、本開示の種々の実施形態は、説明の目的で本明細書で説明されており、本開示の範囲及び主旨から逸脱することなく種々の変更をなし得ることが、理解されるであろう。したがって、本明細書に開示した種々の実施形態は限定することを意図しておらず、真の範囲と主旨は、添付の特許請求の範囲によって示される。

10

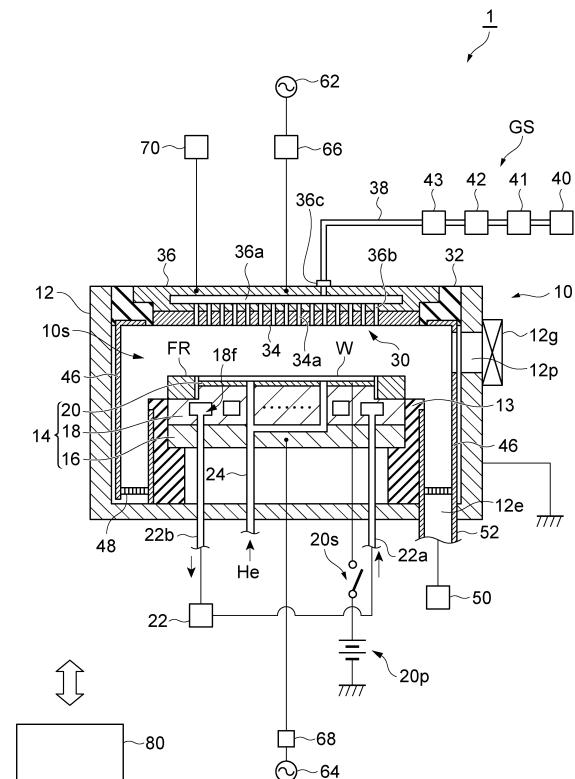
20

【符号の説明】

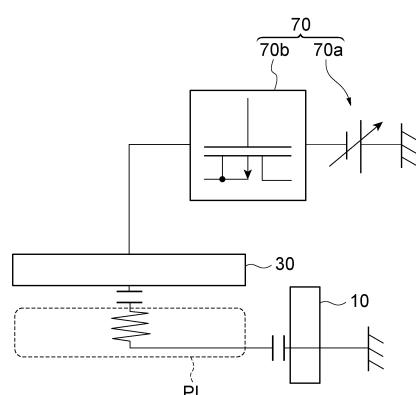
【0055】

1…プラズマ処理装置、10…チャンバ、14…基板支持器、18…下部電極、30…上部電極、62…第1の高周波電源、64…第2の高周波電源、70…直流電源装置。

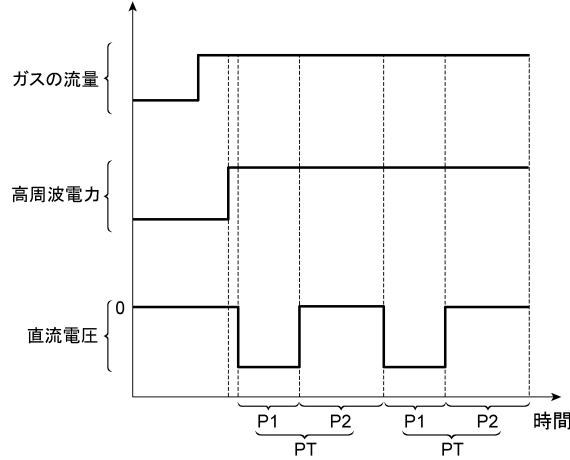
【図1】



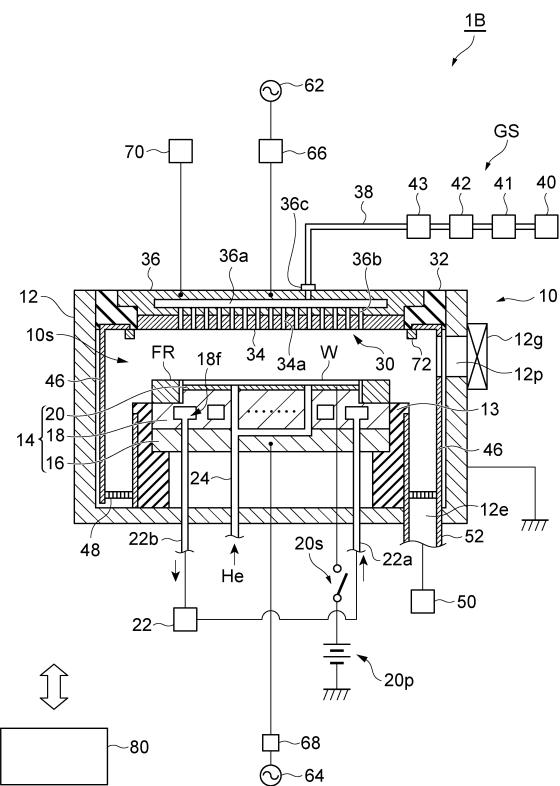
【図2】



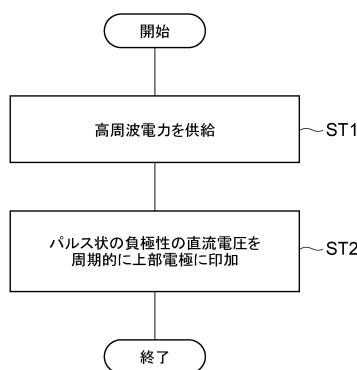
【図3】



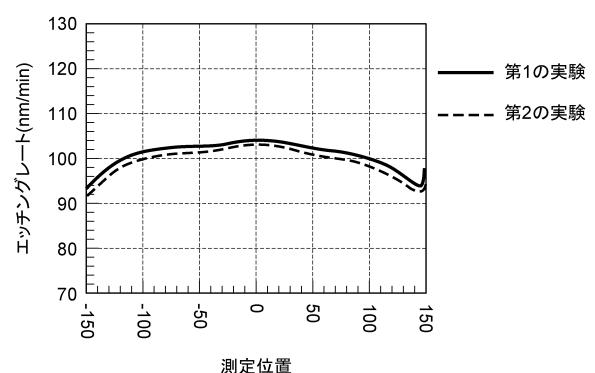
【 図 4 】



【 図 5 】

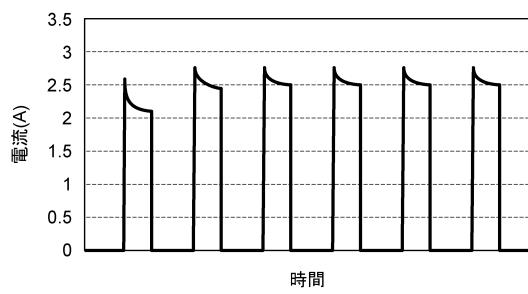


【図6】

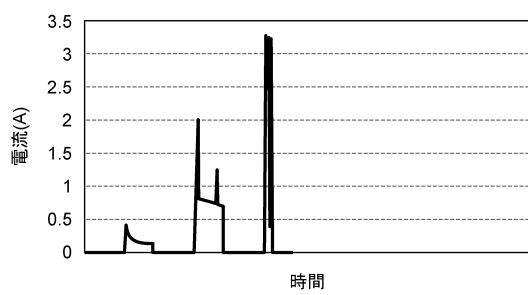


【図7】

(a)



(b)



フロントページの続き

(72)発明者 戸花 敏勝

宮城県黒川郡大和町テクノヒルズ1番 東京エレクトロン宮城株式会社内

(72)発明者 高田 郁弥

宮城県黒川郡大和町テクノヒルズ1番 東京エレクトロン宮城株式会社内

審査官 宇多川 勉

(56)参考文献 特開2016-181343(JP, A)

特開2016-066593(JP, A)

特表2019-532173(JP, A)

国際公開第2013/125523(WO, A1)

特開2010-219491(JP, A)

特開2012-054534(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/3065

H05H 1/46

C23C 16/503

C23C 16/52