

(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2017-228558

(P2017-228558A)

(43) 公開日 平成29年12月28日(2017.12.28)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO1L 21/3065 (2006.01)	HO1L 21/302 IO1B	2G084
HO5H 1/46 (2006.01)	HO5H 1/46 M	5F004

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2016-121596 (P2016-121596)
 (22) 出願日 平成28年6月20日 (2016.6.20)

(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 110002147
 特許業務法人酒井国際特許事務所
 (72) 発明者 久保田 紳治
 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
 Fターム(参考) 2G084 AA02 BB14 BB16 CC05 CC12
 CC33 DD02 DD15 DD24 DD37
 DD38 DD53 DD55 DD67 EE03
 EE06 EE16 EE21 FF03 FF15
 FF32 HH05 HH22 HH28 HH29
 HH43 HH54

最終頁に続く

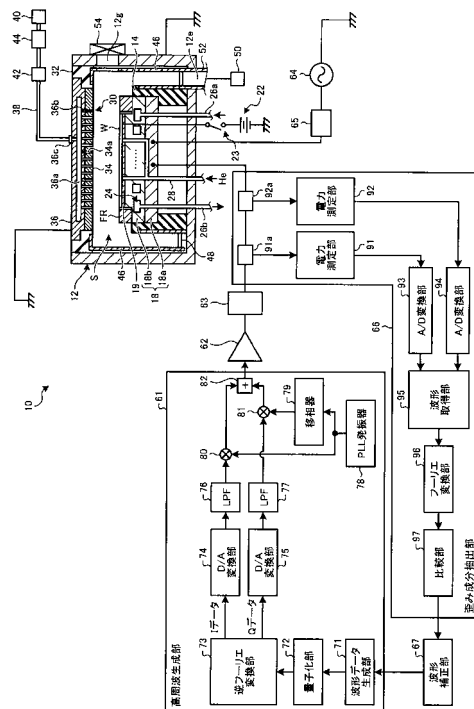
(54) 【発明の名称】 プラズマ処理装置、及び波形補正方法

(57) 【要約】

【課題】電極に印加される高周波の波形歪みに起因したエッチングレートの均一性の低下及び装置間のエッチングレートの差を抑える。

【解決手段】プラズマ処理装置10は、プラズマ生成用の高周波が印加され、かつ、ウエハWの載置台として機能する下部電極18と、高周波生成部61と、歪み成分抽出部66と、波形補正部67とを有する。高周波生成部61は、予め定められた周波数を有する設定周波数成分を含む波形データを用いて、高周波を生成する。歪み成分抽出部66は、生成された高周波を下部電極18に伝送する経路において高周波に付与される歪み成分を抽出する。波形補正部67は、歪み成分の位相を逆転して得られる逆位相成分を、高周波の生成に用いられる波形データの設定周波数成分に合成することによって、波形データを補正する。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

プラズマ生成用の高周波が印加され、かつ、被処理体の載置台として機能する電極を有するプラズマ処理装置であって、

予め定められた周波数を有する設定周波数成分を含む波形データを用いて、前記高周波を生成する高周波生成部と、

前記高周波生成部により生成された前記高周波を前記電極に伝送する経路において前記高周波に付与される歪み成分を抽出する歪み成分抽出部と、

前記歪み成分の位相を逆転して得られる逆位相成分を、前記高周波生成部における前記高周波の生成に用いられる波形データの前記設定周波数成分に合成することによって、前記波形データを補正する波形補正部と

を有することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 2】

前記歪み成分抽出部は、

前記電極に印加される前記高周波の電力、前記高周波の電力と前記高周波がプラズマで反射された反射波の電力との差分、又は前記電極の電圧値に関して、波形を取得する波形取得部と、

前記波形をフーリエ変換することによって、前記波形に含まれる複数の周波数成分を抽出するフーリエ変換部と、

前記複数の周波数成分と、前記設定周波数成分とを比較することによって、前記設定周波数成分以外の周波数成分を前記歪み成分として抽出する比較部と

を有することを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 3】

前記歪み成分抽出部は、

前記高周波生成部により生成された前記高周波を前記電極に伝送する経路の電圧を前記電極の電圧値として測定する電圧測定部をさらに有し、

前記波形取得部は、

前記電圧測定部により測定された前記経路の電圧に関して、波形を取得することを特徴とする請求項 2 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 4】

前記電極上には、前記被処理体を静電力により吸着する静電チャックが設けられ、

前記歪み成分抽出部は、

前記静電チャックの電圧を前記電極の電圧値として測定する電圧測定部をさらに有し、

前記波形取得部は、

前記電圧測定部により測定された前記静電チャックの電圧に関して、波形を取得することを特徴とする請求項 2 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 5】

前記電極上には、前記被処理体が載置される領域を囲むようにフォーカスリングが設けられ、

前記歪み成分抽出部は、

前記フォーカスリングの電圧を前記電極の電圧値として測定する電圧測定部をさらに有し、

前記波形取得部は、

前記電圧測定部により測定された前記フォーカスリングの電圧に関して、波形を取得することを特徴とする請求項 2 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 6】

プラズマ生成用の高周波が印加され、かつ、被処理体の載置台として機能する電極を備えたプラズマ処理装置における波形補正方法であって、

予め定められた周波数を有する設定周波数成分を含む波形データを用いて、前記高周波を生成し、

10

20

30

40

50

生成された前記高周波を前記電極に伝送する経路において前記高周波に付与される歪み成分を抽出し、

前記歪み成分の位相を逆転して得られる逆位相成分を、前記高周波の生成に用いられる波形データの前記設定周波数成分に合成することによって、前記波形データを補正することを特徴とする波形補正方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の種々の側面及び実施形態は、プラズマ処理装置、及び波形補正方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、プラズマを用いて被処理体にプラズマエッチング処理を行うプラズマ処理装置が知られている。このようなプラズマ処理装置では、例えば、処理容器の内部に設けられて被処理体の載置台として機能する電極上に被処理体が載置され、電極にプラズマ生成用の高周波が印加されることにより、処理容器の内部においてプラズマが生成される。そして、プラズマ中のイオンやラジカル等により、被処理体の表面にプラズマエッチング処理が施される。

【0003】

ところで、プラズマ処理装置では、プラズマ生成用の高周波を電極に伝送する経路においてプラズマ生成用の高周波に歪み成分が付加されることがある。例えば、プラズマ生成用の高周波を生成する高周波電源と電極とを接続するケーブル等の素子における微小なインピーダンスの変化や非線形特性によって、プラズマ生成用の高周波の周波数の整数倍の周波数に高調波歪みと呼ばれる歪み成分が生じる。高調波歪みが生じると、電極に印加されるプラズマ生成用の高周波の波形に歪み（以下「波形歪み」と呼ぶ）が生じ、この高周波の波形歪みによってプラズマの均一性が低下するので、被処理体のエッチングレートの均一性が低下する。

【0004】

この高周波の波形歪みを抑えるために、プラズマ生成用の高周波を電極に伝送する経路にインピーダンス素子を設け、インピーダンス素子が有する特定のインピーダンスを付与することにより、高調波歪みを除去する従来技術が知られている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2005-203444号公報

【特許文献2】特開平10-241895号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、インピーダンス素子を用いた従来技術では、電極に印加される高周波の波形歪みに起因したエッチングレートの均一性の低下を抑えることができるものの、プラズマ処理装置間のエッチングレートの差を抑えることが困難である。

【0007】

すなわち、インピーダンス素子が設けられた経路の状態（例えば、プラズマ生成用の高周波を生成する高周波電源と電極とを接続するケーブル等の状態）は、プラズマ処理装置間で異なるため、該経路で生じる高調波歪みの大きさも装置間で異なる。高調波歪みの大きさが装置間で異なる場合、単純にインピーダンス素子を用いて高調波歪みを除去するのみでは、インピーダンス素子のインピーダンスが固定されているため、高調波歪みが十分に除去されず、装置によっては大きな高調波歪みが残存することがある。したがって、単純にインピーダンス素子を用いる場合、装置間で残存する高調波歪みの大きさが異なるこ

10

20

30

40

50

ととなる。これにより、電極に印加される高周波の波形歪みの程度も装置間で異なることとなる。装置間の波形歪みの差は、装置間のプラズマの均一性の差を引き起こし、結果として、装置間のエッチングレートの差が増大してしまう。

【課題を解決するための手段】

【0008】

開示するプラズマ処理装置は、1つの実施態様において、プラズマ生成用の高周波が印加され、かつ、被処理体の載置台として機能する電極を有するプラズマ処理装置であって、高周波生成部と、歪み成分抽出部と、波形補正部とを有する。前記高周波生成部は、予め定められた周波数を有する設定周波数成分を含む波形データを用いて、前記高周波を生成する。前記歪み成分抽出部は、前記高周波生成部により生成された前記高周波を前記電極に伝送する経路において前記高周波に付与される歪み成分を抽出する。前記波形補正部は、前記歪み成分の位相を逆転して得られる逆位相成分を、前記高周波生成部における前記高周波の生成に用いられる波形データの前記設定周波数成分に合成することによって、前記波形データを補正する。

10

【発明の効果】

【0009】

開示するプラズマ処理装置の1つの態様によれば、電極に印加される高周波の波形歪みに起因したエッチングレートの均一性の低下及び装置間のエッチングレートの差を抑えることができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

20

【0010】

【図1】図1は、第1の実施形態に係るプラズマ処理装置の構成例を示す図である。

【図2A】図2Aは、第1の実施形態における歪み成分抽出部及び波形補正部による処理の一例を説明するための図である。

【図2B】図2Bは、第1の実施形態における歪み成分抽出部及び波形補正部による処理の一例を説明するための図である。

【図3】図3は、波形補正部による波形データの補正が行われる前の下部電極の電圧波形のシミュレーション結果の一例を示す図である。

【図4】図4は、波形補正部による波形データの補正が行われた後の下部電極の電圧波形のシミュレーション結果の一例を示す図である。

30

【図5】図5は、第1の実施形態に係る波形補正方法の流れの一例を示すフローチャートである。

【図6A】図6Aは、第1の実施形態に係る波形補正方法による効果を説明するための図である。

【図6B】図6Bは、第1の実施形態に係る波形補正方法による効果を説明するための図である。

【図7】図7は、第2の実施形態に係るプラズマ処理装置の構成例を示す図である。

【図8】図8は、第3の実施形態に係るプラズマ処理装置の構成例を示す図である。

【図9】図9は、第4の実施形態に係るプラズマ処理装置の構成例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

40

【0011】

以下、図面を参照して本願の開示するプラズマ処理装置及び波形補正方法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付すこととする。また、本実施形態により開示する発明が限定されるものではない。各実施形態は、処理内容を矛盾させない範囲で適宜組み合わせることが可能である。

【0012】

(第1の実施形態)

図1は、第1の実施形態に係るプラズマ処理装置10の構成例を示す図である。図1に示すプラズマ処理装置10は、容量結合プラズマ(CCP:Capacitively Coupled Plasma)を用いたプラズマ処理装置として構成される。プラズマ処理装置10は、略円筒状

50

の処理容器 1 2 を備えている。処理容器 1 2 の内壁面は、例えば、陽極酸化処理されたアルミニウムから構成されている。この処理容器 1 2 は保安接地されている。

【 0 0 1 3 】

処理容器 1 2 の底部上には、略円筒状の支持部 1 4 が設けられている。支持部 1 4 は、例えば、絶縁材料から構成されている。支持部 1 4 は、処理容器 1 2 内において、処理容器 1 2 の底部から鉛直方向に延在している。また、処理容器 1 2 内には、ウエハ W の載置台として機能する下部電極 1 8 が設けられている。下部電極 1 8 は、支持部 1 4 によって支持されている。

【 0 0 1 4 】

下部電極 1 8 は、その上面において被処理体としてのウエハ W を保持する。下部電極 1 8 は、第 1 プレート 1 8 a 及び第 2 プレート 1 8 b を含んでいる。第 1 プレート 1 8 a 及び第 2 プレート 1 8 b は、例えばアルミアルミニウムといった金属から構成されており、略円盤形状をなしている。第 2 プレート 1 8 b は、第 1 プレート 1 8 a 上に設けられており、第 1 プレート 1 8 a に電氣的に接続されている。

10

【 0 0 1 5 】

下部電極 1 8 の第 2 プレート 1 8 b 上には、静電チャック 1 9 が設けられている。静電チャック 1 9 は、導電膜である電極を一对の絶縁層又は絶縁シート間に配置した構造を有している。静電チャック 1 9 の電極には、直流電源 2 2 がスイッチ 2 3 を介して電氣的に接続されている。この静電チャック 1 9 は、直流電源 2 2 からの直流電圧により生じたクーロン力等の静電力によりウエハ W を吸着する。これにより、静電チャック 1 9 は、ウエハ W を保持することができる。

20

【 0 0 1 6 】

下部電極 1 8 の第 2 プレート 1 8 b の周縁部上には、ウエハ W のエッジ及び静電チャック 1 9 を囲むようにフォーカスリング F R が配置されている。フォーカスリング F R は、エッチングの均一性を向上させるために設けられている。フォーカスリング F R は、エッチング対象の膜の材料によって適宜選択される材料から構成されており、例えば、石英から構成され得る。

【 0 0 1 7 】

第 2 プレート 1 8 b の内部には、冷媒流路 2 4 が設けられている。冷媒流路 2 4 は、温調機構を構成している。冷媒流路 2 4 には、処理容器 1 2 の外部に設けられたチラーユニットから配管 2 6 a を介して冷媒が供給される。冷媒流路 2 4 に供給された冷媒は、配管 2 6 b を介してチラーユニットに戻される。このように、冷媒流路 2 4 には、冷媒が循環するよう、供給される。この冷媒の温度を制御することにより、静電チャック 1 9 によって支持されたウエハ W の温度が制御される。

30

【 0 0 1 8 】

また、プラズマ処理装置 1 0 には、ガス供給ライン 2 8 が設けられている。ガス供給ライン 2 8 は、伝熱ガス供給機構からの伝熱ガス、例えば H e ガスを、静電チャック 1 9 の上面とウエハ W の裏面との間に供給する。

【 0 0 1 9 】

また、プラズマ処理装置 1 0 は、上部電極 3 0 を備えている。上部電極 3 0 は、下部電極 1 8 の上方において、当該下部電極 1 8 と対向配置されている。下部電極 1 8 と上部電極 3 0 とは、互いに略平行に設けられている。これら上部電極 3 0 と下部電極 1 8 との間には、ウエハ W にプラズマ処理を行うための処理空間 S が提供されている。

40

【 0 0 2 0 】

上部電極 3 0 は、絶縁性遮蔽部材 3 2 を介して、処理容器 1 2 の上部に支持されている。また、上部電極 3 0 は、G N D に接続されている。第 1 の実施形態では、上部電極 3 0 は、下部電極 1 8 の上面、即ち、ウエハ載置面からの鉛直方向における距離が可変であるように構成され得る。上部電極 3 0 は、電極板 3 4 及び電極支持体 3 6 を含み得る。電極板 3 4 は処理空間 S に面しており、当該電極板 3 4 には複数のガス吐出孔 3 4 a が設けられている。この電極板 3 4 は、第 1 の実施形態では、シリコンから構成されている。

50

【 0 0 2 1 】

電極支持体 3 6 は、電極板 3 4 を着脱自在に支持するものであり、例えばアルミニウムといった導電性材料から構成され得る。この電極支持体 3 6 は、水冷構造を有し得る。電極支持体 3 6 の内部には、ガス拡散室 3 6 a が設けられている。このガス拡散室 3 6 a からは、ガス吐出孔 3 4 a に連通する複数のガス通流孔 3 6 b が下方に延びている。また、電極支持体 3 6 には、ガス拡散室 3 6 a に処理ガスを導くガス導入口 3 6 c が形成されており、このガス導入口 3 6 c には、ガス供給管 3 8 が接続されている。

【 0 0 2 2 】

ガス供給管 3 8 には、バルブ群 4 2 及び流量制御器群 4 4 を介して、ガスソース群 4 0 が接続されている。ガスソース群 4 0 は、フルオロカーボンガスのソース、希ガスのソース、及び、酸素 (O_2) ガスのソースといった複数のガスソースを含んでいる。フルオロカーボンガスは、例えば、 C_4F_6 ガス及び C_4F_8 ガスのうち少なくとも一種を含むガスである。また、希ガスは、Ar ガス、He ガスといった種々の希ガスのうち少なくとも一種を含むガスである。

10

【 0 0 2 3 】

バルブ群 4 2 は複数のバルブを含んでおり、流量制御器群 4 4 はマスフローコントローラといった複数の流量制御器を含んでいる。ガスソース群 4 0 の複数のガスソースはそれぞれ、バルブ群 4 2 の対応のバルブ及び流量制御器群 4 4 の対応の流量制御器を介して、ガス供給管 3 8 に接続されている。

20

【 0 0 2 4 】

また、プラズマ処理装置 1 0 では、処理容器 1 2 の内壁に沿ってデポシールド 4 6 が着脱自在に設けられている。デポシールド 4 6 は、支持部 1 4 の外周にも設けられている。デポシールド 4 6 は、処理容器 1 2 にエッチング副生物 (デポ) が付着することを防止するものであり、アルミニウム材に Y_2O_3 等のセラミックスを被覆することにより構成され得る。

【 0 0 2 5 】

処理容器 1 2 の底部側、且つ、支持部 1 4 と処理容器 1 2 の側壁との間には排気プレート 4 8 が設けられている。排気プレート 4 8 は、例えば、アルミニウム材に Y_2O_3 等のセラミックスを被覆することにより構成され得る。この排気プレート 4 8 の下方、且つ、処理容器 1 2 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、ターボ分子ポンプなどの真空ポンプを有しており、処理容器 1 2 内の空間を所望の真空度まで減圧することができる。また、処理容器 1 2 の側壁にはウエハ W の搬入出口 1 2 g が設けられており、この搬入出口 1 2 g はゲートバルブ 5 4 により開閉可能となっている。

30

【 0 0 2 6 】

また、プラズマ処理装置 1 0 は、図 1 に示すように、高周波生成部 6 1 と、高周波電源 6 4 とを有する。

【 0 0 2 7 】

高周波生成部 6 1 は、予め定められた周波数を有する設定周波数成分を含む波形データを用いて、プラズマ生成用の高周波を生成する。高周波生成部 6 1 は、例えば、60 MHz の周波数を有する設定周波数成分を含む波形データを用いて、60 MHz の高周波を生成する。高周波生成部 6 1 は、増幅器 6 2 及び整合器 6 3 を介して下部電極 1 8 に接続されている。増幅器 6 2 は、高周波生成部 6 1 により生成される高周波を増幅し、増幅した高周波を整合器 6 3 を介して下部電極 1 8 へ供給する。整合器 6 3 は、高周波生成部 6 1 の出力インピーダンスと負荷側 (つまり、下部電極 1 8 側) の入力インピーダンスを整合する。高周波生成部 6 1 と下部電極 1 8 との間の経路は、高周波生成部 6 1 により生成されたプラズマ生成用の高周波を下部電極 1 8 に伝送する経路であり、例えば、増幅器 6 2 、整合器 6 3 、及び、高周波生成部 6 1 と下部電極 1 8 とを接続するケーブル等の素子を備える。そして、これらの素子におけるインピーダンスの不連続点や微小な非線形特性によって、プラズマ生成用の高周波の周波数の整数倍の周波数に「高調波歪み」と呼ばれる

40

50

歪み成分が生じる。「高調波歪み」は、高周波生成部 6 1 と下部電極 1 8 との間の経路において、プラズマ生成用の高周波に付加される。この「高調波歪み」は、高周波生成部 6 1 により生成されたプラズマ生成用の高周波を下部電極 1 8 に伝送する経路で生じる歪み成分の一例である。

【 0 0 2 8 】

高周波生成部 6 1 は、図 1 に示すように、波形データ生成部 7 1 と、量子化部 7 2 と、逆フーリエ変換部 7 3 と、D (Digital) / A (Analog) 変換部 7 4 , 7 5 と、L P F (Low Pass Filter) 7 6 , 7 7 とを有する。また、高周波生成部 6 1 は、P L L (Phase Locked Loop) 発振器 7 8 と、移相器 7 9 と、乗算器 8 0 , 8 1 と、加算器 8 2 とを有する。

10

【 0 0 2 9 】

波形データ生成部 7 1 は、波形データを生成する。波形データ生成部 7 1 は、例えば、予め定められた周波数を有する設定周波数成分を含む波形データを生成する。そして、波形データ生成部 7 1 は、生成した波形データを量子化部 7 2 へ出力する。なお、波形データ生成部 7 1 により生成される波形データ、すなわち、高周波生成部 6 1 における第 1 の高周波の生成に用いられる波形データは、後述する波形補正部 6 7 によって補正される。

【 0 0 3 0 】

量子化部 7 2 は、波形データ生成部 7 1 から入力される波形データを量子化する。逆フーリエ変換部 7 3 は、量子化部 7 2 により量子化された波形データを逆フーリエ変換することによって、波形データの同相成分データ (I データ : In-Phase component) 及び逆相成分データ (Q データ : Quadrature component) を分離する。逆フーリエ変換部 7 3 により分離された波形データの I データ及び Q データは、D / A 変換部 7 4 , 7 5 によって D / A 変換され、L P F 7 6 , 7 7 を経て、乗算器 8 0 , 8 1 へ入力される。

20

【 0 0 3 1 】

P L L 発振器 7 8 は、基準搬送波を生成し、生成した基準搬送波を移相器 7 9 及び乗算器 8 0 へ出力する。移相器 7 9 は、P L L 発振器 7 8 から入力される基準搬送波の位相を 90° シフトし、位相が 90° シフトされた基準搬送波を乗算器 8 1 へ出力する。乗算器 8 0 は、L P F 7 6 から入力される I データと、P L L 発振器 7 8 から入力される基準搬送波とを乗算する。乗算器 8 1 は、L P F 7 7 から入力される Q データと、移相器 7 9 から入力される基準搬送波とを乗算する。加算器 8 2 は、乗算器 8 0 の乗算結果と、乗算器 8 1 の乗算結果とを合成することによって、プラズマ生成用の高周波を生成し、生成した高周波を増幅器 6 2 へ出力する。

30

【 0 0 3 2 】

高周波電源 6 4 は、ウエハ W にイオンを引き込むための高周波を生成する。高周波電源 6 4 は、高周波生成部 6 1 により生成される高周波よりも周波数が低い高周波を生成する。高周波電源 6 4 は、例えば、6 0 0 k H z の高周波を生成する。以下では、高周波電源 6 4 により生成される高周波と、高周波生成部 6 1 により生成される高周波とを区別するために、高周波電源 6 4 により生成される高周波を「バイアス用高周波」と呼ぶ。高周波電源 6 4 は、整合器 6 5 を介して下部電極 1 8 に接続されている。整合器 6 5 は、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) の入力インピーダンスを整合する。高周波電源 6 4 は、高周波生成部 6 1 と同様に下部電極 1 8 に接続されているので、高周波生成部 6 1 により生成された高周波とは周波数が異なるバイアス用高周波が下部電極 1 8 に印加される場合、バイアス用高周波の一部が高周波生成部 6 1 と下部電極 1 8 との間の経路へ漏洩することがある。そして、高周波生成部 6 1 と下部電極 1 8 との間の経路へ漏洩したバイアス用高周波とプラズマ生成用の高周波とが干渉することにより、プラズマ生成用の高周波の周波数近傍に「混変調歪み」と呼ばれる歪み成分が生じる。「高調波歪み」は、高周波生成部 6 1 と下部電極 1 8 との間の経路において、プラズマ生成用の高周波に付加される。この「混変調歪み」は、高周波生成部 6 1 により生成された高周波を下部電極 1 8 に伝送する経路で生じる歪み成分の一例である。

40

【 0 0 3 3 】

50

また、プラズマ処理装置 10 は、図 1 に示すように、歪み成分抽出部 66 と、波形補正部 67 とを有する。

【0034】

歪み成分抽出部 66 は、高周波生成部 61 により生成されたプラズマ生成用の高周波を下部電極 18 に伝送する経路においてプラズマ生成用の高周波に付与される歪み成分を抽出する。歪み成分抽出部 66 により抽出される歪み成分には、例えば、上記の「高調波歪み」及び「混変調歪み」が含まれる。

【0035】

歪み成分抽出部 66 は、図 1 に示すように、電力測定部 91, 92 と、A (Analog) / D (Digital) 変換部 93, 94 と、波形取得部 95 と、フーリエ変換部 96 と、比較部 97 とを有する。また、歪み成分抽出部 66 は、歪み成分を検出するために十分な高速応答性を有する必要がある、少なくとも基本周波数の 2 倍以上の高速応答性 (周波数検出能力) を持ち、検出部分で波形の歪みおよび位相の変化が起こらないように設計される必要がある。すなわち、歪み成分抽出部 66 は、基本周波数の少なくとも 2 倍以上の周波数応答速度を持った電力、あるいは電圧の検出手段である。ここで、基本周波数は、波形データの補正により最終的にウェハ W 上で生成される正弦波の周波数 (後述する図 2 A において設定周波数成分として定義される f_0 の周波数) である。

10

【0036】

電力測定部 91 は、方向性結合器 91a を介して、高周波生成部 61 と下部電極 18 との間の経路 (図 1 の例では、整合器 63 の出力端) に接続されている。方向性結合器 91a は、下部電極 18 へ向かうプラズマ生成用の高周波を抽出して電力測定部 91 へ出力する。電力測定部 91 は、方向性結合器 91a から入力されるプラズマ生成用の高周波の電力 (以下「高周波電力」と呼ぶ) を測定し、測定した高周波電力を A / D 変換部 93 へ出力する。

20

【0037】

電力測定部 92 は、方向性結合器 92a を介して、高周波生成部 61 と下部電極 18 との間の経路 (図 1 の例では、整合器 63 の出力端) に接続されている。方向性結合器 92a は、プラズマ生成用の高周波がプラズマで反射された反射波を抽出して電力測定部 92 へ出力する。電力測定部 92 は、方向性結合器 92a から入力される反射波の電力 (以下「反射波電力」と呼ぶ) を測定し、測定した反射波電力を A / D 変換部 94 へ出力する。

30

【0038】

A / D 変換部 93 は、電力測定部 91 から入力される高周波電力を A / D 変換し、得られたデジタルの高周波電力を波形取得部 95 へ出力する。

【0039】

A / D 変換部 94 は、電力測定部 92 から入力される反射波電力を A / D 変換し、得られたデジタルの反射波電力を波形取得部 95 へ出力する。

【0040】

波形取得部 95 は、高周波電力、又は、高周波電力と反射波電力との差分 (つまり、高周波電力 - 反射波電力) に関して、波形を取得する。高周波電力と反射波電力との差分は、実際にプラズマに吸収された高周波の電力を示し、実効吸収電力とも呼ばれる。高周波電力又は実効吸収電力の波形は、下部電極 18 に印加される高周波の電圧波形と概ね一致する。このため、高周波電力又は実効吸収電力の波形には、高周波生成部 61 と下部電極 18 との間の経路においてプラズマ生成用の高周波に付加された歪み成分が含まれる。

40

【0041】

フーリエ変換部 96 は、波形取得部 95 により取得された波形をフーリエ変換することによって、当該波形に含まれる複数の周波数成分を抽出し、抽出した複数の周波数成分を比較部 97 へ出力する。

【0042】

比較部 97 は、波形に含まれる複数の周波数成分の入力をフーリエ変換部 96 から受ける。比較部 97 は、波形データ生成部 71 により生成される波形データに含まれる設定周

50

波数成分を示す情報を予め保持している。そして、比較部 97 は、波形に含まれる複数の周波数成分と、設定周波数成分とを比較することによって、設定周波数成分以外の周波数成分を歪み成分として抽出し、抽出した歪み成分を波形補正部 67 へ出力する。

【0043】

波形補正部 67 は、高周波生成部 61 における高周波の生成に用いられる波形データ、すなわち、波形データ生成部 71 により生成される波形データを補正する。具体的には、波形補正部 67 は、歪み成分抽出部 66 の比較部 97 から入力される歪み成分の位相を逆転して逆位相成分を得る。そして、波形補正部 67 は、歪み成分の逆位相成分を、波形データ生成部 71 により生成される波形データの設定周波数成分に合成することによって、当該波形データを補正する。波形補正部 67 により補正された波形データ（以下「補正後の波形データ」という）は、設定周波数成分に加えて、歪み成分の逆位相成分を含む。このため、補正後の波形データを用いて高周波生成部 61 により生成される高周波は、設定周波数成分に加えて、歪み成分の逆位相成分を含む。

10

【0044】

図 2A 及び図 2B は、第 1 の実施形態における歪み成分抽出部 66 及び波形補正部 67 のよる処理の一例を説明するための図である。図 2A の右側の図は、高周波生成部 61 における高周波の生成に用いられる波形データ（つまり、波形データ生成部 71 により生成される波形データ）に含まれる設定周波数成分を示す。歪み成分抽出部 66 の比較部 97 は、図 2A の右側の図に示した設定周波数成分を示す情報を予め保持している。図 2A における左側の図は、フーリエ変換部 96 により抽出された複数の周波数成分（つまり、高周波電力又は実効吸収電力の波形に含まれる複数の周波数成分）を示す。

20

【0045】

図 2A の左側の図に示すように、フーリエ変換部 96 により抽出された複数の周波数成分には、設定周波数成分に加えて、上記の「高調波歪み」及び「混変調歪み」が含まれる。図 2A の例では、「高調波歪み」は、設定周波数成分の周波数（つまり、高周波生成部 61 により生成されるプラズマ生成用の高周波の周波数）が f_0 であるとする、 $2f_0$ の周波数及び $3f_0$ の周波数に生じる。また、「混変調歪み」は、高周波電源 64 により生成されるバイアス用高周波の周波数が f_1 であるとする、 $f_0 \pm f_1$ の周波数及び $f_0 \pm 2f_1$ の周波数に生じる。歪み成分抽出部 66 の比較部 97 は、図 2A の左側の図に示した複数の周波数成分と、図 2A の右側の図に示した設定周波数成分とを比較することによって、設定周波数成分以外の周波数成分である「高調波歪み」及び「混変調歪み」を歪み成分として抽出する。波形補正部 67 は、歪み成分として抽出された「高調波歪み」及び「混変調歪み」の位相を逆転して、「高調波歪み」の逆位相成分及び「混変調歪み」の逆位相成分を得る。そして、波形補正部 67 は、「高調波歪み」の逆位相成分及び「混変調歪み」の逆位相成分を、高周波生成部 61 における高周波の生成に用いられる波形データ（つまり、波形データ生成部 71 により生成される波形データ）の設定位相成分に合成することによって、当該波形データを補正する。補正後の波形データは、設定周波数成分に加えて、「高調波歪み」の逆位相成分及び「混変調歪み」の逆位相成分を含む。このため、補正後の波形データを用いて高周波生成部 61 により生成される高周波は、図 2B に示すように、設定周波数成分に加えて、「高調波歪み」の逆位相成分及び「混変調歪み」の逆位相成分を含む。

30

40

【0046】

ここで、図 3 及び図 4 を参照して、波形補正部 67 による波形データの補正のシミュレーション結果について説明する。図 3 は、波形補正部 67 による波形データの補正が行われる前の下部電極 18 の電圧波形のシミュレーション結果の一例を示す図である。図 4 は、波形補正部 67 による波形データの補正が行われた後の下部電極 18 の電圧波形のシミュレーション結果の一例を示す図である。

【0047】

図 3 (a) は、波形補正部 67 により補正されていない波形データを用いて高周波生成部 61 により生成された高周波の電圧波形を示す。図 3 (b) は、図 3 (a) の電圧波形

50

を有する高周波が高周波生成部 6 1 により生成された場合に下部電極 1 8 に印加される高周波の電圧波形を示す。図 4 (a) は、波形補正部 6 7 により補正された波形データを用いて高周波生成部 6 1 により生成された高周波の電圧波形を示す。図 4 (b) は、図 4 (a) の電圧波形を有する高周波が高周波生成部 6 1 により生成された場合に下部電極 1 8 に印加される高周波の電圧波形を示す。図 3 及び図 4 において、横軸は、時間を示し、縦軸は、高周波の電圧を示す。

【 0 0 4 8 】

図 3 のシミュレーション結果を参照すると、波形補正部 6 7 により波形データが補正されていない場合、高周波生成部 6 1 により生成された高周波の電圧波形は、正弦波である。また、波形補正部 6 7 により波形データが補正されていない場合、下部電極 1 8 に印加される高周波の電圧波形に歪みが生じる。すなわち、波形補正部 6 7 により波形データが補正されていない場合、高周波生成部 6 1 と下部電極 1 8 との間の経路において、プラズマ生成用の高周波に歪み成分が付与されるので、下部電極 1 8 に印加される高周波に波形歪みが生じる。

10

【 0 0 4 9 】

これに対して、図 4 のシミュレーション結果を参照すると、波形補正部 6 7 により波形データが補正された場合、補正後の波形データを用いて高周波生成部 6 1 により生成された高周波の電圧波形は、歪む。また、波形補正部 6 7 により波形データが補正された場合、下部電極 1 8 に印加される高周波の電圧波形は、正弦波である。すなわち、波形補正部 6 7 により波形データが補正された場合、高周波生成部 6 1 と下部電極 1 8 との間の経路においてプラズマ生成用の高周波に付与された歪み成分が歪み成分の逆位相成分によって相殺されるので、下部電極 1 8 に印加される高周波の波形歪みが抑制される。

20

【 0 0 5 0 】

次に、第 1 の実施形態に係るプラズマ処理装置 1 0 における波形補正方法について説明する。図 5 は、第 1 の実施形態に係る波形補正方法の流れの一例を示すフローチャートである。

【 0 0 5 1 】

図 5 に示すように、プラズマ処理装置 1 0 の高周波生成部 6 1 は、予め定められた周波数を有する設定周波数成分を含む波形データを用いて、高周波を生成する (ステップ S 1 0 1) 。

30

【 0 0 5 2 】

歪み成分抽出部 6 6 は、高周波生成部 6 1 により生成されたプラズマ生成用の高周波を下部電極 1 8 に伝送する経路で生じる歪み成分を抽出する (ステップ S 1 0 2) 。

【 0 0 5 3 】

波形補正部 6 7 は、歪み成分の逆位相成分を、高周波生成部 6 1 における高周波の生成に用いられる波形データの設定周波数成分に合成することによって、当該波形データを補正する (ステップ S 1 0 3) 。

【 0 0 5 4 】

本実施形態によれば、プラズマ生成用の高周波が印加され、かつ、ウエハ W の載置台として機能する下部電極 1 8 を備えたプラズマ処理装置 1 0 において、予め定められた周波数を有する設定周波数成分を含む波形データを用いて、高周波を生成し、生成された高周波を下部電極 1 8 に伝送する経路で生じる歪み成分を抽出し、歪み成分の位相を逆転して得られる逆位相成分を、高周波の生成に用いられる波形データの設定周波数成分に合成することによって、波形データを補正する。これにより、高周波を下部電極 1 8 に伝送する経路においてプラズマ生成用の高周波に付与された歪み成分が歪み成分の逆位相成分によって相殺されるので、下部電極 1 8 に印加される高周波の波形歪みが抑制される。その結果、本実施形態によれば、下部電極 1 8 に印加される高周波の波形歪みに起因したエッチングレートの均一性の低下及び異なるプラズマ処理装置 1 0 間のエッチングレートの差を抑えることができる。

40

【 0 0 5 5 】

50

続いて、本実施形態に係る波形補正方法による効果についてさらに説明する。図 6 A 及び図 6 B は、第 1 の実施形態に係る波形補正方法による効果を説明するための図である。図 6 A 及び図 6 B の横軸は、ウエハ W の中心位置「0」を基準とした径方向の位置を示す。図 6 A 及び図 6 B の縦軸は、ウエハ W のエッチングレート (E/R) を示す。また、図 6 A は、装置 A ~ 装置 C について、本実施形態に係る波形補正方法を用いずに、ウエハ W に対してプラズマエッチング処理を実行した場合の、ウエハ W の径方向の位置と、ウエハ W のエッチングレートとの関係を示す。一方、図 6 B は、装置 A ~ 装置 C について、本実施形態に係る波形補正方法を用いて、ウエハ W に対してプラズマエッチング処理を実行した場合の、ウエハ W の径方向の位置と、ウエハ W のエッチングレートとの関係を示す。

【0056】

図 6 A に示すように、本実施形態に係る波形補正方法を用いなかった場合、異なる装置 A ~ 装置 C の各々におけるウエハ W のエッチングレートの均一性が比較的低下し、かつ、異なる装置 A ~ B 間のエッチングレートの差が増大した。

【0057】

これに対して、本実施形態に係る波形補正方法を用いた場合、予め定められた周波数を有する設定周波数成分を含む波形データを用いて、高周波を生成し、生成された高周波を下部電極 18 に伝送する経路で生じる歪み成分を抽出し、歪み成分の位相を逆転して得られる逆位相成分を、高周波の生成に用いられる波形データの設定周波数成分に合成することによって、波形データを補正する。その結果、図 6 B に示すように、本実施形態に係る波形補正方法を用いた場合、異なる装置 A ~ 装置 C の各々におけるウエハ W のエッチングレートの均一性が向上し、かつ、異なる装置 A ~ B 間のエッチングレートの差が縮減された。

【0058】

(第 2 の実施形態)

第 2 の実施形態では、歪み成分を抽出する際に、高周波電力又は実効吸収電力に代えて、下部電極 18 の電圧値を測定して、波形を取得する点が第 1 の実施形態と異なる。以下の説明では、第 1 の実施形態と同一の構成要素については、同一の符号を付してその説明を省略する。

【0059】

図 7 は、第 2 の実施形態に係るプラズマ処理装置 10 の構成例を示す図である。図 7 に示すように、プラズマ処理装置 10 は、歪み成分抽出部 166 を有する。歪み成分抽出部 166 は、電圧測定部 191 と、A/D 変換部 193 と、波形取得部 195 と、フーリエ変換部 96 と、比較部 97 とを有する。

【0060】

電圧測定部 191 は、下部電極 18 の電圧値を測定する。具体的には、電圧測定部 191 は、高周波生成部 61 により生成された高周波を下部電極 18 に伝送する経路 (つまり、高周波生成部 61 と下部電極 18 との間の経路) の電圧 (以下「経路電圧」と呼ぶ) を下部電極 18 の自己バイアス電圧 V_{dc} として測定する。そして、電圧測定部 191 は、測定した経路電圧を A/D 変換部 193 へ出力する。

【0061】

A/D 変換部 193 は、電圧測定部 191 から入力される経路電圧を A/D 変換し、得られたデジタルの電圧を波形取得部 195 へ出力する。

【0062】

波形取得部 195 は、下部電極 18 の電圧値、すなわち、経路電圧に関して、波形を取得する。経路電圧の波形は、下部電極 18 に印加される高周波の電圧波形と概ね一致する。このため、経路電圧の波形には、高周波生成部 61 と下部電極 18 との間の経路においてプラズマ生成用の高周波に付加された歪み成分が含まれる。

【0063】

以上のように、本実施形態によれば、歪み成分を抽出する際に、下部電極 18 の電圧値 (つまり、経路電圧) に関して、波形を取得する。その結果、本実施形態によれば、第 1

10

20

30

40

50

の実施形態と同様に、下部電極 18 に印加される高周波の波形歪みに起因したエッチングレートの均一性の低下及び異なる装置間のエッチングレートの差を抑えることができる。

【0064】

(第3の実施形態)

第3の実施形態では、下部電極 18 の電圧値として静電チャック 19 の電圧を測定し、静電チャック 19 の電圧に関して、波形を取得する点が第2の実施形態と異なる。以下の説明では、第2の実施形態と同一の構成要素については、同一の符号を付してその説明を省略する。

【0065】

図8は、第3の実施形態に係るプラズマ処理装置 10 の構成例を示す図である。図8に示すように、プラズマ処理装置 10 は、歪み成分抽出部 266 を有する。歪み成分抽出部 266 は、電圧測定部 291 と、A/D変換部 293 と、波形取得部 295 と、フーリエ変換部 96 と、比較部 97 とを有する。

10

【0066】

電圧測定部 291 は、静電チャック 19 の電圧を下部電極 18 の自己バイアス電圧 V_{dc} として測定する。図8の例では、電圧測定部 291 は、静電チャック 19 と直流電源 22 とを接続する配線において、静電チャック 19 の電圧を測定する。そして、電圧測定部 291 は、測定した静電チャック 19 の電圧を A/D変換部 293 へ出力する。

【0067】

A/D変換部 293 は、電圧測定部 291 から入力される静電チャック 19 の電圧を A/D変換し、得られたデジタルの電圧を波形取得部 295 へ出力する。

20

【0068】

波形取得部 295 は、下部電極 18 の電圧値、すなわち、静電チャック 19 の電圧に関して、波形を取得する。静電チャック 19 の電圧の波形は、下部電極 18 に印加される高周波の電圧波形と概ね一致する。このため、静電チャック 19 の電圧の波形には、高周波生成部 61 と下部電極 18 との間の経路においてプラズマ生成用の高周波に付加された歪み成分が含まれる。

【0069】

以上のように、本実施形態によれば、歪み成分を抽出する際に、下部電極 18 の電圧値（つまり、静電チャック 19 の電圧）に関して、波形を取得する。その結果、本実施形態によれば、第2の実施形態と同様に、下部電極 18 に印加される高周波の波形歪みに起因したエッチングレートの均一性の低下及び異なる装置間のエッチングレートの差を抑えることができる。

30

【0070】

(第4の実施形態)

第4の実施形態では、下部電極 18 の電圧値としてフォーカスリング FR の電圧を測定し、フォーカスリング FR の電圧に関して、波形を取得する点が第2の実施形態と異なる。以下の説明では、第2の実施形態と同一の構成要素については、同一の符号を付してその説明を省略する。

【0071】

図9は、第4の実施形態に係るプラズマ処理装置 10 の構成例を示す図である。図9に示すように、プラズマ処理装置 10 は、歪み成分抽出部 366 を有する。歪み成分抽出部 366 は、電圧測定部 391 と、A/D変換部 393 と、波形取得部 395 と、フーリエ変換部 96 と、比較部 97 とを有する。

40

【0072】

電圧測定部 391 は、フォーカスリング FR の電圧値を測定する。そして、電圧測定部 391 は、測定したフォーカスリング FR の電圧を A/D変換部 393 へ出力する。

【0073】

A/D変換部 393 は、電圧測定部 391 から入力されるフォーカスリング FR の電圧を A/D変換し、得られたデジタルの電圧を波形取得部 395 へ出力する。

50

【 0 0 7 4 】

波形取得部 3 9 5 は、下部電極 1 8 の電圧値、すなわち、フォーカスリング F R の電圧に関して、波形を取得する。フォーカスリング F R の電圧の波形は、下部電極 1 8 に印加される高周波の電圧波形と概ね一致する。このため、フォーカスリング F R の電圧の波形には、高周波生成部 6 1 と下部電極 1 8 との間の経路においてプラズマ生成用の高周波に付加された歪み成分が含まれる。

【 0 0 7 5 】

以上のように、本実施形態によれば、歪み成分を抽出する際に、下部電極 1 8 の電圧値に関して、波形を取得する。その結果、本実施形態によれば、第 2 の実施形態と同様に、下部電極 1 8 に印加される高周波の波形歪みに起因したエッチングレートの均一性の低下及び異なる装置間のエッチングレートの差を抑えることができる。

10

【 符号の説明 】

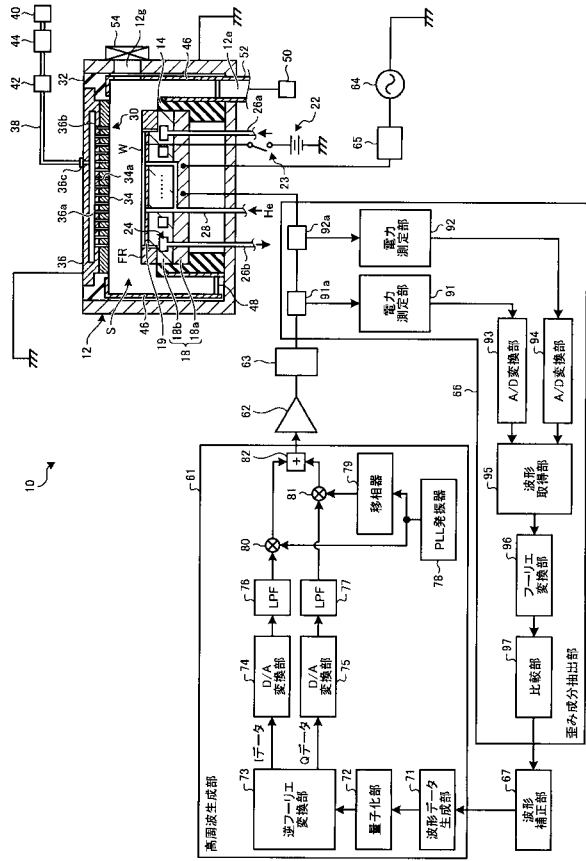
【 0 0 7 6 】

- 1 0 プラズマ処理装置
- 1 2 処理容器
- 1 8 下部電極
- 1 8 a 第 1 プレート
- 1 8 b 第 2 プレート
- 1 9 静電チャック
- 3 0 上部電極
- 6 1 高周波生成部
- 6 2 増幅器
- 6 3 整合器
- 6 4 高周波電源
- 6 5 整合器
- 6 6、1 6 6、2 6 6、3 6 6 歪み成分抽出部
- 6 7 波形補正部
- 9 1、9 2 電力測定部
- 9 5、1 9 5、2 9 5、3 9 5 波形取得部
- 9 6 フーリエ変換部
- 9 7 比較部
- 1 9 1、2 9 1、3 9 1 電圧測定部
- F R フォーカスリング

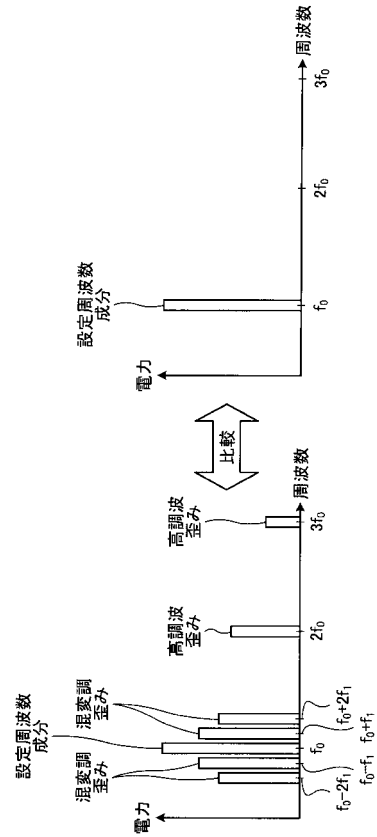
20

30

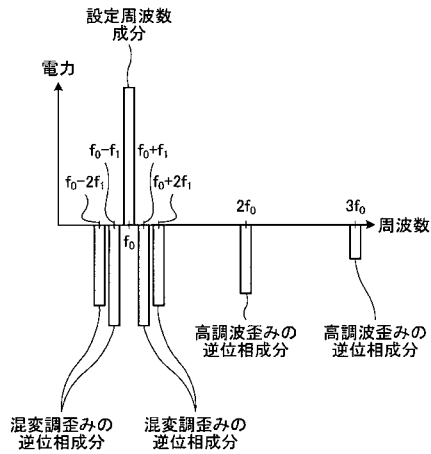
【図1】



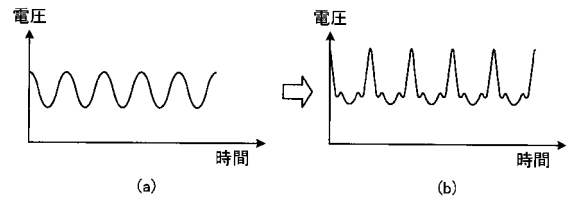
【図2A】



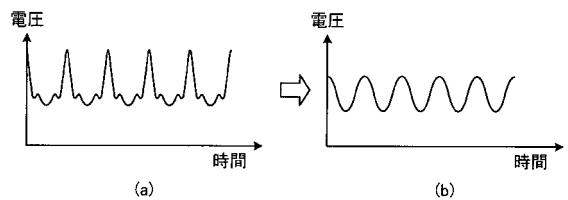
【図2B】



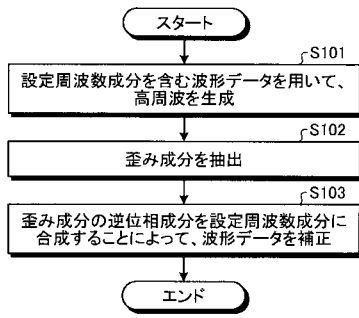
【図3】



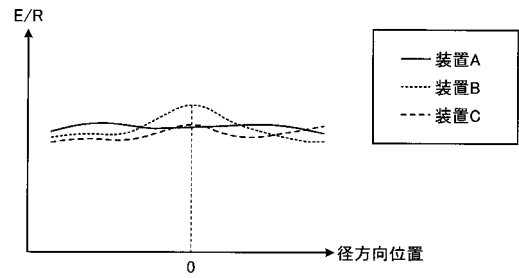
【図4】



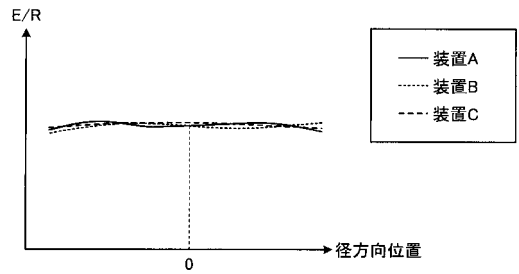
【図5】



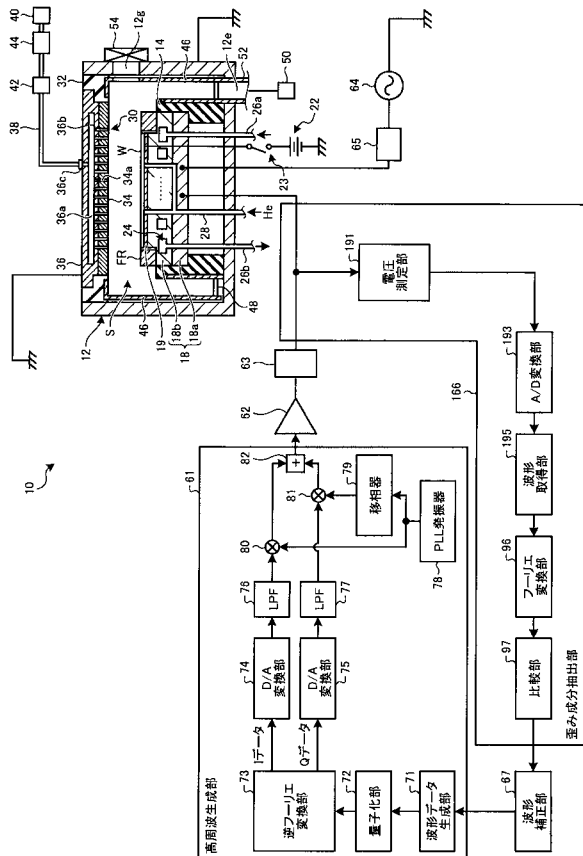
【図6A】



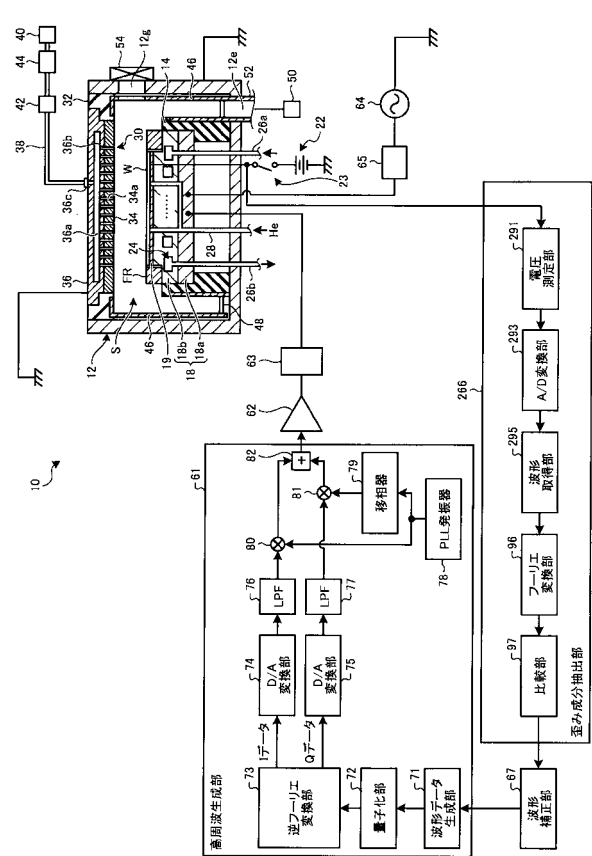
【図6B】



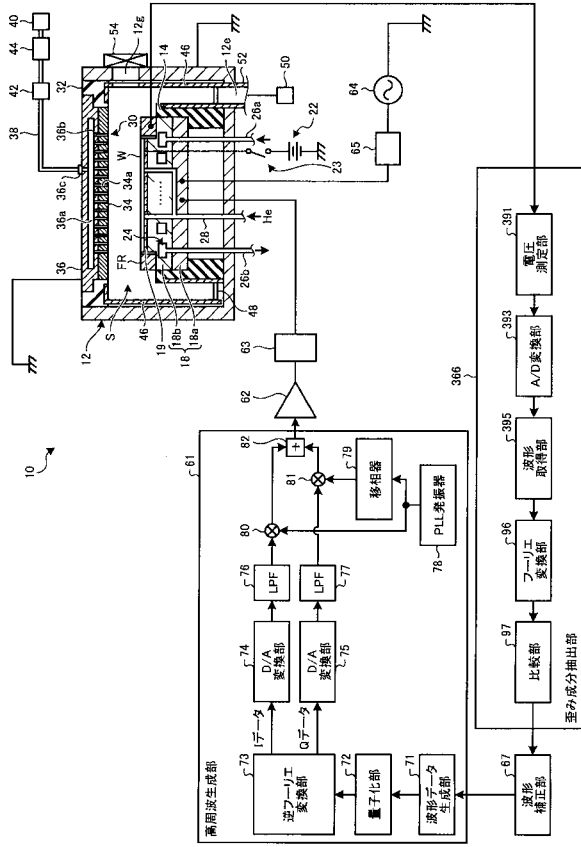
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5F004 AA01 BA09 BB11 BB22 BB23 BB25 BB28 BB32 CA06 CA08
CB05 DA00 DA22 DA23