

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6510922号
(P6510922)

(45) 発行日 令和1年5月8日(2019.5.8)

(24) 登録日 平成31年4月12日(2019.4.12)

(51) Int.Cl. F I
 HO 1 L 21/3065 (2006.01) HO 1 L 21/302 1 O 3
 HO 5 H 1/46 (2006.01) HO 1 L 21/302 1 O 1 D
 HO 5 H 1/46 C

請求項の数 10 (全 30 頁)

(21) 出願番号	特願2015-144999 (P2015-144999)	(73) 特許権者	501387839
(22) 出願日	平成27年7月22日 (2015.7.22)		株式会社日立ハイテクノロジーズ
(65) 公開番号	特開2017-28092 (P2017-28092A)		東京都港区西新橋一丁目24番14号
(43) 公開日	平成29年2月2日 (2017.2.2)	(74) 代理人	110002066
審査請求日	平成30年6月25日 (2018.6.25)		特許業務法人筒井国際特許事務所
		(72) 発明者	池田 紀彦
			東京都港区西新橋一丁目24番14号 株
			株式会社日立ハイテクノロジーズ内
		(72) 発明者	荒巻 徹
			東京都港区西新橋一丁目24番14号 株
			株式会社日立ハイテクノロジーズ内
		審査官	佐藤 靖史

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】

プラズマ処理装置であって、
 電磁波を発生させる電磁波発生部と、
 前記電磁波に基づいて発生されるプラズマに基づいて、保持部に保持された被処理基板
 に対する処理としてプラズマ処理が行われる処理室と、
 前記保持部における、前記被処理基板を載置するための載置電極と、前記載置電極の内
 部に設けられた電極として、前記載置電極に対応した面内で、内周部にある第1電極、及
 び外周部にある第2電極と、
 前記載置電極及び前記電極に高周波バイアス電圧を印加するための高周波バイアス電力
 を供給し、前記高周波バイアス電圧として、前記第1電極に第1電圧を印加し、前記第2
 電極に第2電圧を印加し、前記載置電極に第3電圧を印加する、電力供給部と、
 前記第1電圧及び前記第2電圧をモニタするモニタ部と、
 前記モニタ部のモニタ値に基づいて、前記被処理基板の抵抗率を算出する抵抗率算出部
 と、
 前記抵抗率に応じて、前記高周波バイアス電圧に関する補正値を決定し、当該補正値と
 なるように前記電力供給部を駆動制御する補正部と、
 を備える、プラズマ処理装置。

【請求項2】

請求項1記載のプラズマ処理装置において、

10

20

前記電力供給部は、高周波バイアス電源と、前記第1電極及び前記第2電極にスイッチを介して接続されるLC共振回路と、を含み、前記処理の実行中に、前記スイッチ及び前記LC共振回路の可変の制御値を制御することにより、前記第1電極に前記第1電圧を印加し、前記第2電極に前記第2電圧を印加し、

前記モニタ部は、前記処理の実行中に、前記第1電圧及び前記第2電圧を含む電圧値、及び前記制御値をモニタし、

前記抵抗率算出部は、前記処理の実行中に、前記第1電圧、前記第2電圧、及び前記制御値を用いて、前記抵抗率として、前記処理の実行中の状態に対応する第1の抵抗率を算出し、

前記補正部は、前記処理の実行中に、前記第1の抵抗率に基づいて、前記補正值に対応させた前記制御値を決定し、当該制御値を用いて前記電力供給部を駆動制御する、
プラズマ処理装置。

【請求項3】

請求項2記載のプラズマ処理装置において、

前記補正部は、前記処理の際、前記LC共振回路の前記制御値を第1の値とし、前記高周波バイアス電源から所定電力を供給し、その後の期間で、前記第1電圧と前記第2電圧の平均値を一定に維持しながら、前記第1電圧と前記第2電圧との差分値が所定値になるまで、前記制御値を第2の値まで変える制御を行う、

プラズマ処理装置。

【請求項4】

請求項2記載のプラズマ処理装置において、

前記補正部は、複数の変数値として、前記被処理基板に関する抵抗率と、前記高周波バイアス電圧に関する前記第1電圧及び前記第2電圧を含む電圧値と、の関係を表す制御用情報を保持しており、前記モニタ値の電圧値に基づいて、前記制御用情報を参照して、当該モニタ値の電圧値に関係付けられる抵抗率を算出する、

プラズマ処理装置。

【請求項5】

請求項4記載のプラズマ処理装置において、

DBを保持するDB部を有し、

前記DBには、前記制御用情報として、複数の抵抗率における抵抗率毎に、前記第1電圧及び前記第2電圧を含む電圧値との関係を表す情報が格納されており、

前記抵抗率算出部は、前記モニタ値の電圧値を、前記DBの電圧値と比較照合して、一番近い電圧値とそれに関係付けられた抵抗率とを取得し、当該抵抗率、または当該抵抗率を近さに応じて補正した抵抗率を、前記第1の抵抗率として得る、

プラズマ処理装置。

【請求項6】

請求項2記載のプラズマ処理装置において、

前記電力供給部は、前記処理のレートに関する前記被処理基板に対応した面内の分布調整に対応させて、前記高周波バイアス電力を供給して、前記第1電圧及び前記第2電圧を印加し、

前記補正部は、前記分布調整に対応させて、前記第1電圧及び前記第2電圧を含む補正值を決定し、

前記補正部は、前記第1の抵抗率が、基準抵抗率よりも小さい場合には、前記補正值とする前記第1電圧及び前記第2電圧の各電圧値を、前記基準抵抗率の場合に印加する電圧値よりも大きくなるように補正し、逆に、前記第1の抵抗率が、前記基準抵抗率よりも大きい場合には、前記補正值とする前記第1電圧及び前記第2電圧の各電圧値を、前記基準抵抗率の場合に印加する電圧値よりも小さくなるように補正する、

プラズマ処理装置。

【請求項7】

請求項1記載のプラズマ処理装置において、

10

20

30

40

50

前記電力供給部は、高周波バイアス電源と、前記第 1 電極及び前記第 2 電極にスイッチを介して接続される LC 共振回路と、を含み、前記載置電極に前記被処理基板が載置された後、前記処理の実行前に、前記スイッチ及び前記 LC 共振回路の可変の制御値を制御することにより、前記第 1 電極に前記第 1 電圧を印加し、前記第 2 電極に前記第 2 電圧を印加し、

前記モニタ部は、前記処理の実行前に、前記第 1 電圧及び前記第 2 電圧を含む電圧値、及び前記制御値をモニタし、

前記抵抗率算出部は、前記処理の実行前に、前記第 1 電圧、前記第 2 電圧、及び前記制御値を用いて、前記被処理基板の前記処理の実行前の状態に対応した第 2 の抵抗率を算出し、

10

前記補正部は、前記処理の実行前に、前記第 2 の抵抗率に基づいて、前記補正值に対応させた前記制御値を決定し、当該制御値を用いて前記電力供給部を駆動制御する、

プラズマ処理装置。

【請求項 8】

請求項 1 記載のプラズマ処理装置において、

前記電力供給部は、前記第 1 電極及び前記第 2 電極に第 1 のスイッチを介して接続される LC 共振回路と、前記載置電極及び前記第 1 電極と前記第 2 電極との一方の電極に第 2 のスイッチを介して接続される高周波バイアス電源と、前記高周波バイアス電源の出口に接続される電圧検出器と、を含み、

前記処理の実行前に、前記第 2 のスイッチを前記一方の電極に接続された状態とし、前記第 1 のスイッチを、いずれの電極にも接続しない状態として、前記高周波バイアス電源からの所定の電力を、前記一方の電極に供給し、

20

前記モニタ部は、前記処理の実行前に、前記第 1 電圧、前記第 2 電圧を含む電圧値をモニタし、

前記抵抗率算出部は、前記処理の実行前に、前記電圧値を用いて、前記処理の実行前の状態に対応した抵抗率を算出し、

前記補正部は、前記処理の実行前に、前記抵抗率を用いて、前記処理に関する制御を行う、

プラズマ処理装置。

【請求項 9】

請求項 8 記載のプラズマ処理装置において、

前記処理の実行中に、前記第 2 のスイッチを前記載置電極に接続された状態とし、前記第 1 のスイッチ及び前記 LC 共振回路の可変の制御値を制御することにより、前記第 1 電極に前記第 1 電圧を印加し、前記第 2 電極に前記第 2 電圧を印加し、

前記モニタ部は、前記処理の実行中に、前記電圧値、及び前記制御値をモニタし、

前記抵抗率算出部は、前記処理の実行中に、前記処理の実行中の状態に対応した抵抗率を算出し、

前記補正部は、前記処理の実行中に、前記抵抗率を用いて、前記処理に関する制御を行う、

プラズマ処理装置。

40

【請求項 10】

プラズマ処理装置におけるプラズマ処理方法であって、

前記プラズマ処理装置は、

電磁波を発生させる電磁波発生部と、

前記電磁波に基づいて発生されるプラズマに基づいて、保持部に保持された被処理基板に対する処理としてプラズマ処理が行われる処理室と、

前記保持部における、前記被処理基板を載置するための載置電極と、前記載置電極の内部に設けられた電極として、前記載置電極に対応した面内で、内周部にある第 1 電極、及び外周部にある第 2 電極と、

を備え、

50

前記プラズマ処理方法は、前記プラズマ処理装置で実行するステップとして、
前記載置電極及び前記電極に高周波バイアス電圧を印加するための高周波バイアス電力を供給し、前記高周波バイアス電圧として、前記第1電極に第1電圧を印加し、前記第2電極に第2電圧を印加し、前記載置電極に第3電圧を印加するステップと、
前記第1電圧及び前記第2電圧をモニタするステップと、
前記モニタのモニタ値に基づいて、前記被処理基板の抵抗率を算出するステップと、
前記抵抗率に応じて、前記高周波バイアス電力に関する補正値を決定し、当該補正値となるように駆動制御するステップと、
を有する、プラズマ処理方法。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は、プラズマ処理技術に関する。また、本発明は、プラズマ処理のための高周波バイアス電力を制御する技術に関する。

【背景技術】

【0002】

一般に、半導体集積回路素子等を製造する工程では、プラズマ処理装置を用いて、ウエハ等の被処理基板に対し、加工のために好適な、プラズマを用いたエッチング等の処理が行われる。プラズマ処理装置の処理に関する方式としては様々な方式がある。1つの方式として、処理室内の被処理基板を保持する保持部の電極に、プラズマに作用させるための高周波バイアス電圧を印加する方式がある。

20

【0003】

素子集積度向上に伴い、微細加工精度向上が要求されており、それと共に、プラズマエッチング処理等の処理におけるウエハ面内での均一性の向上が要求されている。例えば、エッチングレートや、エッチングパターン形状の限界寸法に関する面内での均一性の向上が要求されている。

【0004】

上記面内の均一性は、プラズマ密度、ガス流れ、温度、反応生成物、入射イオンエネルギー、等の分布の影響を受けている。例えば、プラズマ密度分布が面内の半径方向で不均一である場合、その影響でエッチングレート等が面内で不均一になり得る。例えば、被エッチング膜の均一なレートが得られたとしても、反応生成物の滞留や堆積によって面内の内周部と外周部とで形状が異なる面内形状差が発生する場合がある。また、面内のエッチング深さを合わせたとしても、面内の選択比が異なるため、面内でハードマスク高さが異なる結果になる場合もある。

30

【0005】

そこで、従来のプラズマ処理装置は、エッチングレート等に関する面内の不均一を改善または制御するために、ウエハ周辺の電氣的課題、特にプラズマ密度分布やイオンエネルギー分布等を調整する分布調整機能を有するものがある。

【0006】

プラズマ処理装置の処理における面内の均一性の実現に関する先行技術例として、特許第5496568号公報(特許文献1)が挙げられる。特許文献1に記載のプラズマ処理装置は、処理室内に、電極として下部電極及び上部電極と、電極に第1の周波数の電力を印加する第1の電源と、下部電極に第2の周波数の電力を印加する第2の電源と、下部電極の周縁部に設けられたバイアス分布制御用電極と、バイアス分布制御用電極に第3の周波数の矩形波電圧を印加する電源と、を有する。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特許第5496568号公報

【発明の概要】

50

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

特許文献1のように、従来のプラズマ処理装置として、分布調整に応じて、ウエハの保持部の電極に高周波バイアス電圧を印加することにより、プラズマ処理に係わる面内の均一性等の実現を図るものがある。

【0009】

しかし、本発明者等の検討によれば、従来のプラズマ処理装置の分布調整機能を用いて、ウエハのプラズマ処理中に、高周波バイアス電圧を印加して所定の分布調整の制御を実行した場合に、以下のような課題がある。例えば、面内の半径方向で平らな分布になるように所望の分布調整の制御を実行した場合でも、意図とは異なり均一なエッチングレート等の所望の結果が得られない場合があった。所望の分布調整の制御を実行した場合に、プラズマ処理中のウエハの抵抗率の影響によって、分布調整の効果が変わってしまう場合があることが分かった。

10

【0010】

本発明の目的は、プラズマ処理装置に関して、プラズマ処理に係わる面内の均一性や、エッチングレート等の所望の分布調整を実現することができる技術を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明のうち代表的な実施の形態は、プラズマ処理装置であって、以下に示す構成を有することを特徴とする。

20

【0012】

一実施の形態のプラズマ処理装置は、電磁波を発生させる電磁波発生部と、前記電磁波に基づいて発生されるプラズマに基づいて、保持部に保持された被処理基板に対する処理としてプラズマ処理が行われる処理室と、前記保持部における、前記被処理基板を載置するための載置電極と、前記載置電極の内部に設けられた電極として、前記載置電極に対応した面内で、内周部にある第1電極、及び外周部にある第2電極と、前記載置電極及び前記電極に高周波バイアス電圧を印加するための高周波バイアス電力を供給し、前記高周波バイアス電圧として、前記第1電極に第1電圧を印加し、前記第2電極に第2電圧を印加し、前記載置電極に第3電圧を印加する、電力供給部と、前記第1電圧及び前記第2電圧をモニタするモニタ部と、前記モニタ部のモニタ値に基づいて、前記被処理基板の抵抗率を算出する抵抗率算出部と、前記抵抗率に応じて、前記高周波バイアス電圧に関する補正値を決定し、当該補正値となるように前記電力供給部を駆動制御する補正部と、を備える。

30

【発明の効果】

【0013】

本発明のうち代表的な実施の形態によれば、プラズマ処理装置に関して、プラズマ処理に係わる面内の均一性や、エッチングレート等の所望の分布調整を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

40

【0014】

【図1】本発明の実施の形態1のプラズマ処理装置の構成を示す図である。

【図2】実施の形態1における、処理室及び電力供給部の構成を示す図である。

【図3】実施の形態1における、インダクタンス値と電圧値との関係を表す特性のグラフを示す図である。

【図4】実施の形態1における、プラズマ処理中の高周波バイアス電圧制御のシーケンスを示す図である。

【図5】実施の形態1における、抵抗率に応じた高周波バイアス電圧制御及びエッチングレートの分布調整の特性について示す図である。

【図6】実施の形態1における、DBデータ例を示す図である。

50

【図 7】実施の形態 1 における、モニタ値の例を示す図である。

【図 8】実施の形態 1 における、制御用テーブルの例を示す図である。

【図 9】実施の形態 1 における、分布調整の補正について示す図である。

【図 10】本発明の実施の形態 3 のプラズマ処理装置における処理室及び電力供給部の構成を示す図である。

【図 11】実施の形態 3 における、抵抗率と電圧値との関係を示す図である。

【図 12】実施の形態 3 における、制御用テーブルの例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、実施の形態を説明するための全図において同一部には原則として同一符号を付し、その繰り返しの説明は省略する。

10

【0016】

(実施の形態 1)

図 1 ~ 図 9 を用いて、本発明の実施の形態 1 のプラズマ処理装置及びプラズマ処理方法について説明する。実施の形態 1 のプラズマ処理方法は、実施の形態 1 のプラズマ処理装置で実行するステップを含む方法である。

【0017】

前述の課題として、従来のプラズマ処理装置の分布調整機能を用いて、ウエハのプラズマ処理中に、高周波バイアス電圧を印加して所望の分布調整の制御を実行した場合に、その処理中のウエハの抵抗率の影響によって、分布調整の効果が変わってしまう場合がある。結果、意図とは異なり、面内の半径方向でエッチングレートが不均一になる場合があった。

20

【0018】

上記のような場合が発生する理由は以下のように考えられる。ウエハを保持する電極において、例えば内周部の電極に第 1 電圧が印加され、外周部の電極に第 2 電圧が印加されたとする。しかし、当該電極間のパスを通じて、内周部の電極と外周部の電極との間で電力が伝播する。これにより、ウエハ表面では、第 1 電圧と第 2 電圧との間の電圧値に近付いてしまい、電力差が減少する。この電極間での電力差減少や伝播割合は、主にウエハの抵抗率の大きさに依存して決まると考えられる。

30

【0019】

ウエハの基本的な抵抗率は、不純物濃度やウエハの Si 結晶の面方位等によって決まる。しかし、実際のプラズマエッチング処理中のウエハについては、処理条件や処理状況等が反映され、ウエハ付近のガスやプラズマ状態等の影響を受けることで、基本的な抵抗率に対し異なる抵抗率になっている。この処理中の実際の抵抗率は、ウエハ及びその付近における温度、表面状態、サンプル積層膜、堆積物、ウエハと電極との静電吸着状態、等の各種の要因で変化し得る。

【0020】

実施の形態 1 のプラズマ処理装置は、上記要因を考慮して、処理中のウエハの抵抗率を算出し、当該抵抗率に応じて好適な分布調整を含む制御を行う機能を有する。

40

【0021】

[プラズマ処理装置(1)]

図 1 は、実施の形態 1 のプラズマ処理装置の機能ブロック構成を示す。実施の形態 1 のプラズマ処理装置は、処理室 10、電力供給部 20、モニタ部 30、電磁波発生部 40、制御部 50 を有する。

【0022】

処理室 10 は、保持部 2 と、保持部 2 に保持される被処理基板 3 とを含む。被処理基板 3 は、ウエハ等の被処理材であり、円板形状を有する。保持部 2 は、載置電極 4 と、載置電極 4 の上面部である導電体膜 5 とを含む。処理室 10 は、概略円筒形状を有する。載置電極 4 は、被処理基板 3 を載置するための電極であり、ウエハ等の被処理基板 3 に対応し

50

て円板形状を有する。処理室 10 の載置電極 4 及び被処理基板 3 の中心軸を一点鎖線で示す。

【0023】

載置電極 4 は、電力供給線路を通じて電力供給部 20 の高周波バイアス電源 24 に対して接続されている。高周波バイアス電源 24 から載置電極 4 に、高周波バイアス電源電力である第 3 電力 P3 が供給され、それにより高周波バイアス電源電圧である第 3 電圧 V3 が印加される。

【0024】

導電体膜 5 の内部に、電極として、第 1 電極 6 と第 2 電極 7 とを有する。導電体膜 5 において、2 つの領域に分かれて設けられた導電体膜として、第 1 電極 6 と第 2 電極 7 とを有する。この 2 つの電極は、静電吸着用の双極型電極である、静電吸着電極 (ESC: Electro Static Chuck) である。第 1 電極 6 は、内周部 ESC であり、円板形状の面における中心軸付近である内周部に配置された電極である。第 2 電極 7 は、外周部 ESC であり、円板形状の面における外周部に配置された電極である。

10

【0025】

第 1 電極 6 及び第 2 電極 7 は、それぞれ、電力供給線路を通じて電力供給部 20 に接続されている。電力供給部 20 から第 1 電極 6 へは、第 1 高周波バイアス電力である第 1 電力 P1 の供給に基づいて、第 1 高周波バイアス電圧である第 1 電圧 V1 が印加される。電力供給部 20 から第 2 電極 7 へは、第 2 高周波バイアス電力である第 2 電力 P2 の供給に基づいて、第 2 高周波バイアス電圧である第 2 電圧 V2 が印加される。

20

【0026】

電力供給部 20 は、スイッチ 21、LC 共振回路 22、制御回路 23、高周波バイアス電源 24、等を含む。スイッチ 21 は、LC 共振回路 22 と、第 1 電極 6 及び第 2 電極 7 に接続されており、第 1 電極 6 に接続される第 1 状態と、第 2 電極 7 に接続される第 2 状態と、いずれの電極にも接続されない第 3 状態とが切り替え可能なスイッチである。

【0027】

LC 共振回路 22 は、ダンピング回路であり、コイルによる可変のインダクタンスと、コンデンサによる固定のキャパシタンスとが直列接続された回路を含み、インダクタンス値が制御可能になっている。制御値であるインダクタンス値の制御により、第 1 電極 6 及び第 2 電極 7 に印加される高周波バイアス電圧値を可変に制御可能になっている。

30

【0028】

制御回路 23 は、制御部 50 からの駆動制御値 C1 に従い、電力供給部 20 内の回路の動作や状態を制御する。制御回路 23 は、スイッチ 21 の状態や、LC 共振回路 22 の制御値であるインダクタンス値を可変に制御する回路を含む。

【0029】

高周波バイアス電源 24 は、高周波バイアス電源電力を供給する電源である。高周波バイアス電源電力は、高周波バイアス電圧を保持部 2 の電極に印加するための電力である。高周波バイアス電圧は、処理室 10 内のプラズマに作用させるための電圧である。

【0030】

モニタ部 30 は、プラズマ処理中に、常時、保持部 2 の電極の高周波バイアス電圧に関する電圧値や、電力供給部 20 の LC 共振回路 22 の制御値であるインダクタンス値等をモニタし、モニタ値を制御部 50 の抵抗率算出部 51 へ与える。モニタ部 30 は、電圧値として、第 1 電極 6 の第 1 電圧 V1、第 2 電極 7 の第 2 電圧 V2、載置電極 4 の第 3 電圧 V3 を測定、モニタする。

40

【0031】

第 1 電圧 V1、第 2 電圧 V2、第 3 電圧 V3 は、それぞれ、交流電力の振幅の最大値と最小値との差分に対応するピーク・ツー・ピーク電圧 (Vpp で表す) である。

【0032】

電磁波発生部 40 は、公知の要素であるが、電磁波を発生させて、処理室 10 まで伝播させる部分である。

50

【 0 0 3 3 】

制御部 5 0 は、抵抗率算出部 5 1、補正部 5 2、D B 部 5 3、処理条件管理部 5 4 を含む。制御部 5 0 は、電磁波発生部 4 0、処理室 1 0、電力供給部 2 0、モニタ部 3 0 を含む、プラズマ処理装置の全体を制御する。制御部 5 0 は、プラズマ処理の処理条件及び処理シーケンスに従い、処理室 1 0 内の被処理基板 3 に対するプラズマ処理を制御する。制御部 5 0 は、例えば計算機や回路基板により構成できる。

【 0 0 3 4 】

処理条件管理部 5 4 は、プラズマ処理の処理条件及び処理シーケンスを管理する。処理シーケンスは、複数の工程から成る。複数の工程は、処理条件に応じて、搬送工程、ウエハ保持工程、電磁波発生工程、ガス供給及び真空排気工程、高周波バイアス電圧印加工程、等の各種の工程がある。各工程には、処理条件に応じた駆動制御値、例えば、ガス圧力値、電圧値、等がある。処理条件管理部 5 4 は、オペレータの操作に基づいて、処理条件の設定や変更を行い、また、分布調整機能に関する設定や、D B 部 5 3 の D B データの登録、等を行う。

10

【 0 0 3 5 】

制御部 5 0 は、プラズマ処理のシーケンスの制御の際、処理室 1 0 内への被処理基板 3 の搬送、保持部 2 への被処理基板 3 の保持等の制御を行う。また、制御部 5 0 は、処理室 1 0 内への電磁波の発生及び導入、ガス供給及び真空排気、高周波バイアス電圧印加、等の制御を行う。

【 0 0 3 6 】

制御部 5 0 は、分布調整機能を有し、保持部 2 の電極や電力供給部 2 0 を用いて、プラズマエッチング処理中に、プラズマ等の状態やエッチングレート等が、面内で均一になるように、所望の分布調整を含む制御を行う。この分布調整は、ウエハ等に対応した面内の半径方向におけるプラズマ密度やイオンエネルギー等の分布が、平らな分布、凹分布、凸分布、等の所望の分布になるように調整することである。制御部 5 0 は、所望のエッチングレートになるように、内周部の第 1 電極 6 と外周部の第 2 電極 7 に異なる高周波バイアス電圧を印加するように電力制御を行う。

20

【 0 0 3 7 】

抵抗率算出部 5 1 は、プラズマ処理中、モニタ部 3 0 からモニタ値を入力する。抵抗率算出部 5 1 は、その時点でのモニタ値である電圧値や制御値に基づいて、処理中の被処理基板 3 の実際の抵抗率を算出する。この抵抗率を、基本的な抵抗率とは区別して、第 1 の抵抗率 (R 1 で示す) とする。この際、抵抗率算出部 5 1 は、D B 部 5 3 の D B データを用いて、その第 1 の抵抗率 R 1 を算出する。抵抗率算出部 5 1 は、算出した第 1 の抵抗率 R 1 を含む情報を、補正部 5 2 へ与える。第 1 の抵抗率 R 1 は、処理条件や処理状態等が反映された値である。

30

【 0 0 3 8 】

D B 部 5 3 は、記憶装置等で構成され、抵抗率の算出に用いるデータや補正の制御に用いる制御用情報が格納された D B を保持している。D B 部 5 3 の D B は、予め登録されており、また、処理条件管理部 5 4 を通じてデータ更新も可能となっている。

【 0 0 3 9 】

D B 部 5 3 の D B には、複数の変数値の関係を表す情報が表として格納されている。複数の変数値は、被処理基板 3 の抵抗率と、L C 共振回路 2 2 の制御値であるインダクタンス値と、第 1 電極 6 及び第 2 電極 7 の各電極の高周波バイアス電圧値とを含む。この D B データは、複数のサンプルのウエハに関する、複数の代表的な抵抗率における、抵抗率毎に、制御値と、各電極の高周波バイアス電圧値との関係を表す表を含む。

40

【 0 0 4 0 】

補正部 5 2 は、抵抗率算出部 5 1 で算出された第 1 の抵抗率 R 1 を用いて、所望の分布調整に対応した、高周波バイアス電力値の好適な補正值である電圧補正值を決定する。また、補正部 5 2 は、その電圧補正值に対応した、制御値の補正值である制御補正值を決定する。補正部 5 2 は、決定した電圧補正值及び制御補正值を含む補正值を用いて、電力供

50

給部 20 を動作させる。補正部 52 は、補正值に対応した駆動制御値 C1 を用いて、電力供給部 20 を駆動制御する。

【0041】

これにより、電力供給部 20 は、駆動制御値 C1 に従って、内部の回路等を動作させ、電力供給部 20 から保持部 2 の電極である第 1 電極 6 及び第 2 電極 7 に、補正值に対応した補正後の高周波バイアス電圧が印加される。これにより、処理中の被処理基板 3 の第 1 の抵抗率 R1 に合わせた好適な分布調整を含む制御が行われる。これにより、面内の内周部と外周部とでイオンエネルギー等の分布を好適に制御でき、安定した均一性が高いプラズマ処理を実現でき、その結果、エッチングレートを面内で均一にする等の効果が得られる。

10

【0042】

上記のように、実施の形態 1 のプラズマ処理装置は、ウエハのプラズマエッチング処理中に、モニタ値に基づいて第 1 の抵抗率 R1 を算出し、第 1 の抵抗率 R1 に応じて好適に高周波バイアス電圧値を補正する、といったリアルタイムの制御を行う。

【0043】

なお、プラズマ処理装置は、プラズマ処理に係わる面内の均一性を実現するために、ウエハ表面の入射イオンエネルギー分布等の分布の状態を、直接的に高精度に測定、モニタして、制御ができるのであれば、より好ましい。しかし、直接的に高精度に面内の分布を測定、モニタすることが技術的に難しい場合がある。実施の形態 1 の構成では、直接的に面内の分布を測定する代わりに、面内の半径方向の複数の位置で状態を測定する。特に、本構成では、モニタ部 30 は、保持部 2 における内周部の第 1 電極 6 と外周部の第 2 電極 7 との 2 つの電極について、高周波バイアス電圧が印加された状態での電圧値である第 1 電圧 V1 及び第 2 電圧 V2 を測定する。

20

【0044】

そして、制御部 50 は、モニタの電圧値に基づいて、処理中のウエハの第 1 の抵抗率 R1 を算出し、第 1 の抵抗率 R1 に基づいて、面内の半径方向の分布を、所望の分布調整に対応した分布、例えば平らな分布になるように、各電極の高周波バイアス電圧を補正する。

【0045】

[プラズマ処理装置 (2)]

図 2 は、実施の形態 1 のプラズマ処理装置の構成を示す。実施の形態 1 のプラズマ処理装置は、マイクロ波電子サイクロトロン共鳴 (ECR: Electron Cyclotron Resonance) を用いたプラズマエッチング処理を行う機能を持つエッチング装置である。

30

【0046】

処理室 10 は、Z 方向の上部が開放された真空容器である。処理室 10 には、真空排気口 110 を介して、図示しない真空排気装置が接続されている。処理室 10 の上部には、シャワープレート 102 及び窓部 103 が設けられている。シャワープレート 102 は、孔を有し、材質は例えば石英であり、ガス供給機構 125 から供給されるプラズマエッチング処理用のガスを、孔を通じて、処理室 10 内に導入する。シャワープレート 102 の上には、ガス供給用の間隙をおいて、窓部 103 が設けられている。窓部 103 は、上方からの電磁波を透過して、処理室 10 内に封入する。窓部 103 は、材質として誘電体、例えば石英を用いる。

40

【0047】

窓部 103 の上には、分布調整用に空洞部 104 が設けられている。空洞部 104 の上部は開口しており、Z 方向に延在する導波管 105 が接続されている。導波管 105 の上部には、導波管変換器 106 が接続されており、導波管変換器 106 の X 方向の端部には、X 方向に延在する導波管 107 が接続されている。導波管変換器 106 は、導波管及び電磁波の方向を 90 度曲げるコーナーを兼ねている。導波管 105 及び導波管 107 等は、電磁波を伝播する発振導波管である。導波管 107 の X 方向の端部には、ソース電源 108 が接続されている。

50

【 0 0 4 8 】

ソース電源 1 0 8 は、電磁波発生用電源であり、制御部 5 0 からの制御に基づいて、電磁波を発生させる。電磁波の周波数として、実施の形態 1 では、2 . 4 5 G H z のマイクロ波を用いる。ソース電源 1 0 8 で発生された電磁波は、導波管 1 0 7、導波管変換器 1 0 6、導波管 1 0 5 を通じて Z 方向へ伝播し、空洞部 1 0 4、窓部 1 0 3、シャワープレート 1 0 2 を通じて、処理室 1 0 内に導入される。

【 0 0 4 9 】

処理室 1 0 の上部の外周には、磁場発生コイル 1 0 9 が設けられている。磁場発生コイル 1 0 9 は、E C R の処理の際に処理室 1 0 に磁場を発生させる。ソース電源 1 0 8 から発振された電力は、磁場発生コイル 1 0 9 により形成された磁場との相互作用により、処理室 1 0 内に高密度プラズマを生成する。

10

【 0 0 5 0 】

処理室 1 0 の下方には、窓部 1 0 3 に対向して、保持部 2 が設けられている。保持部 2 は、上面に載置される被処理基板 3 を保持する。導波管 1 0 5 や処理室 1 0 の保持部 2 や被処理基板 3 の中心軸は一致している。保持部 2 は、主に載置電極 4 により構成される。載置電極 4 は、材質としてはアルミやチタンから成る。載置電極 4 の一部である上面には、導電体膜 5 を有する。なお、載置電極 4 の導電体膜 5 の上面には、アルミナセラミックス等による図示しない溶射膜が設けられている。

【 0 0 5 1 】

載置電極 4 の導電体膜 5 の内部には、内周部と外周部との 2 つの領域に分かれた電極である誘電体膜として、第 1 電極 6 及び第 2 電極 7 が形成されている。第 1 電極 6 及び第 2 電極 7 は、被処理基板 3 の静電吸着に用いられると共に、高周波バイアス電圧の印加に用いられる。

20

【 0 0 5 2 】

電力供給部 2 0 は、スイッチ 2 1、L C 共振回路 2 2、制御回路 2 3、高周波バイアス電源 2 4、マッチングボックス 2 1 0、高周波フィルタ 2 2 0、直流電源 2 2 1、2 2 2、第 1 電圧検出器 2 0 1、第 2 電圧検出器 2 0 2、第 3 電圧検出器 2 0 3 を有する。

【 0 0 5 3 】

保持部 2 の載置電極 4、第 1 電極 6 及び第 2 電極 7 は、電力供給部 2 0 に接続されている。載置電極 4 は、第 3 電圧検出部 2 0 3、マッチングボックス 2 1 0 を通じて、高周波バイアス電源 2 4 に接続されている。第 1 電極 6 は、第 1 電圧検出部 2 0 1、スイッチ 2 1 の第 1 端子を通じて、L C 共振回路 2 2 に接続されている。第 2 電極 7 は、第 2 電圧検出部 2 0 2、スイッチ 2 1 の第 2 端子を通じて、L C 共振回路 2 2 に接続されている。第 1 電極 6 及び第 2 電極 7 には、高周波フィルタ 2 2 0 を介して、直流電源 2 2 1 及び直流電源 2 2 2 が接続されている。

30

【 0 0 5 4 】

〔 プラズマ処理概要 〕

実施の形態 1 のプラズマ処理装置におけるプラズマ処理の概要は以下である。ウエハ等の被処理基板 3 は、制御部 5 0 の搬送制御に基づいて、処理室 1 0 内に搬送され、保持部 2 の載置電極 4 の導電体膜 5 上に載置される。そして、載置された被処理基板 3 は、直流電源 2 2 1、2 2 2 によって、第 1 電極 6 にプラスの電圧、第 2 電極 7 にマイナスの電圧がかけられ、これにより発生する静電気力により、載置電極 4 上の所定位置に静電吸着されて保持される。

40

【 0 0 5 5 】

その後、処理室 1 0 は、制御部 5 0 からのガス供給制御及び真空排気制御に基づいて、内部が減圧された真空状態となる。その際、詳しくは、ガス供給機構 1 2 5 から、プラズマエッチング処理用のガスが、図示しないマスフローコントローラを介して供給される。そして、当該ガスは、窓部 1 0 3 とシャワープレート 1 0 2 との間隙を通過して、シャワープレート 1 0 2 の孔から処理室 1 0 内に導入される。制御部 5 0 は、真空排気装置を制御しながら、処理室 1 0 内を所定の圧力に維持する。

50

【 0 0 5 6 】

制御部 5 0 は、電磁波発生制御に基づいて、ソース電源 1 0 8 から電磁波を発生させて、真空状態の処理室 1 0 内に導入された電磁波に基づいて、処理室 1 0 内にプラズマを発生させる。

【 0 0 5 7 】

その際、制御部 5 0 は、電力供給部 2 0 に対する電力制御等に基づいて、処理室 1 0 内の保持部 2 の電極である第 1 電極 6 及び第 2 電極 7 にそれぞれ高周波バイアス電圧を印加する。この高周波バイアス電圧により、プラズマから被処理基板 3 ヘイオンを引き込む作用が生じる。

【 0 0 5 8 】

その際、詳しくは、高周波バイアス電源 2 4 から載置電極 4 に高周波バイアス電源電力が供給されて、載置電極 4 に高周波バイアス電圧が印加される。また、LC 共振回路 2 2 のスイッチ 2 1 の切り替え制御に基づいて、第 1 電極 6 及び第 2 電極 7 に高周波バイアス電源電力が供給されて、各電極に高周波バイアス電圧が印加される。

【 0 0 5 9 】

これにより、被処理基板 3 の面に対して、プラズマエッチング処理が行われる。この際、ガスやエッチングにより発生した反応生成物は、処理室 1 0 の下部の真空排気口 1 1 0 を通じて排気される。

【 0 0 6 0 】

[電力供給部]

次に、電力供給部 2 0 の回路の構成、及び、1つの高周波バイアス電源 2 4 から、保持部 2 の第 1 電極 6 及び第 2 電極 7 に異なる高周波バイアス電圧を印加する機構について説明する。

【 0 0 6 1 】

スイッチ 2 1 は、第 1 端子により第 1 電極 6 に接続する第 1 状態と、第 2 端子により第 2 電極 7 に接続する第 2 状態と、第 1 電極 6 及び第 2 電極 7 のどちらにも接続しない第 3 状態との 3 種類の状態が、制御端子の入力に応じて切り替え可能になっている。

【 0 0 6 2 】

LC 共振回路 2 2 は、コンデンサ 2 2 a による固定のキャパシタンスと、コイル 2 2 b による可変のインダクタンスとの直列接続から成り、地絡している。キャパシタンスを C、インダクタンスを L で示す。可変の制御値であるインダクタンス値を L 値とする。

【 0 0 6 3 】

第 1 電極 6、第 2 電極 7、及び高周波バイアス電源 2 4 の出口には、それぞれ電圧検出器が設けられている。即ち、第 1 電極 6 の出口には、電力供給線路の途中に、第 1 電圧検出器 2 0 1 を有し、第 2 電極 7 の出口には、電力供給線路の途中に、第 2 電圧検出器 2 0 2 を有する。また、高周波バイアス電源 2 4 のマッチングボックス 2 1 0 の出口には、載置電極 4 への電力供給線路の途中に、第 3 電圧検出器 2 0 3 を有する。各電圧検出器は、A/D 変換器等により構成され、高時間分解能で、電圧及びその V p p 値を検出する。

【 0 0 6 4 】

第 1 電圧検出器 2 0 1 は、第 1 電極 6 に印加される第 1 高周波バイアス電圧である第 1 電圧 V 1 の V p p を検出する。第 2 電圧検出器 2 0 2 は、第 2 電極 7 に印加される第 2 高周波バイアス電圧である第 2 電圧 V 2 の V p p を検出する。第 3 電圧検出器 2 0 3 は、載置電極 4 に印加される第 3 高周波バイアス電圧である第 3 電圧 V 3 の V p p を検出する。

【 0 0 6 5 】

各電圧検出器は、図 1 のモニタ部 3 0 と図示しない線で接続されている。第 1 電圧検出器 2 0 1 は、検出した第 1 電圧 V 1 の値をモニタ部 3 0 に出力する。第 2 電圧検出器 2 0 2 は、検出した第 2 電圧 V 2 の値をモニタ部 3 0 に出力する。第 3 電圧検出器 2 0 3 は、検出した第 3 電圧 V 3 の値をモニタ部 3 0 に出力する。

【 0 0 6 6 】

LC 共振回路 2 2 の可変のインダクタンスの L 値は、制御値として、制御回路 2 3 を通

10

20

30

40

50

じて制御部 50 から制御される。L 値の制御により、高周波バイアス電圧である第 1 電圧 V1 及び第 2 電圧 V2 の大きさが可変に制御可能となっている。L 値の可変の制御は、例えばインダクタンス L のコイル 22b に対して接続される図示しないモータの駆動によりコイル 22b の回転角を変えることにより実現できる。これにより、L 値を高速に可変に制御可能である。

【0067】

制御回路 23 は、モータ等の駆動機構を含み、LC 共振回路 22 のインダクタンス L のコイル 22b に対して接続されている。制御回路 23 は、制御部 50 の補正部 52 からの駆動制御値 C1 によってその動作が制御される。制御回路 23 は、補正部 52 からの駆動制御値 C1 に従い、LC 共振回路 22 のインダクタンス L の L 値を可変に制御する。また、L 値は、制御回路 23 を通じて、モニタ部 30 からモニタが可能となっている。制御回路 23 は、L 値をモニタ部 30 へ出力する。

10

【0068】

モニタ部 30 は、電力供給部 20 の各電圧検出器から、検出値である電圧値 {V1, V2, V3} を入力し、また、制御回路 23 から L 値を入力し、それらの値を必要に応じて処理し、それらの値を含むモニタ値を、制御部 50 の抵抗率算出部 51 へ出力する。

【0069】

また、制御回路 23 は、スイッチ 21 の制御端子に接続されている。制御回路 23 は、補正部 52 からの駆動制御値 C1 に従い、スイッチ 21 の切り替えを制御する。スイッチ 21 が第 1 端子に接続された第 1 状態では、第 1 電極 6 に対して LC 共振回路 22 のキャパシタ C 及びインダクタンス L が接続される。スイッチ 21 が第 2 端子に接続された第 2 状態では、第 2 電極 7 に対して LC 共振回路 22 のキャパシタンス C 及びインダクタンス L が接続される。スイッチ 21 が第 1 端子及び第 2 端子のいずれにも接続されない第 3 状態では、第 1 電極 6 及び第 2 電極 7 に対して LC 共振回路 22 が接続されない。

20

【0070】

スイッチ 21 及び L 値の制御により、第 1 電極 6 の第 1 電圧 V1 や第 2 電極 7 の第 2 電圧 V2 が、L 値に対応した電圧値となるように制御される。電力供給部 20 は、制御部 50 からの制御に基づいて、L 値及び高周波バイアス電源電圧の大きさを可変に制御可能であり、それに伴い、第 1 電圧 V1 及び第 2 電圧 V2 の大きさを可変に制御可能である。

【0071】

LC 共振回路 22 が LC 直列共振点となる L 値を LZ とする。ただし、LC 共振回路 22 の容量成分については、固定のキャパシタンス C に加えて、載置電極 4 とプラズマの容量成分を含む。L 値に関する制御範囲の最大値は、値 LZ の約 1.1 倍とする。実施の形態 1 では、L 値の最小値を 0%、最大値を 100% と規定した。LC 直列共振点となる値 LZ は、約 90% となっている。

30

【0072】

マッチングボックス 210 は、インピーダンス整合器であり、入力側の高周波バイアス電源 24 と、出力側の載置電極 4 とのインピーダンスを整合させる。

【0073】

高周波バイアス電源 24 からの出力の高周波バイアス電源電力として、ある量の電力 PA (単位はワット) を、載置電極 4 に供給したとする。この場合、第 3 電圧検出器 203 により、高周波バイアス電源電力による高周波バイアス電圧である第 3 電圧 V3 として、例えば 300V (単位はボルト) が測定される。スイッチ 21 が第 3 状態である場合、第 1 電極 6 の第 1 電圧 V1 と第 2 電極 7 の第 2 電圧 V2 は、第 1 電圧検出器 201 及び第 2 電圧検出器 202 により、共に 250V が計測される。この状態では、被処理基板 3 に対応する面内で均一に高周波バイアス電圧が印加されている。

40

【0074】

スイッチ 21 が第 1 電極 6 に接続された第 1 状態で、L 値が LC 直列共振点に近い時 (例えば値 LZ = 80% とする) には、この LC 共振回路 22 のインピーダンスはゼロに近付き、高周波バイアス電源 24 からみたインピーダンスは低下する。結果、第 1 電極 6 の

50

第1電圧 V_1 の V_{pp} は、上記250Vから低下する。この時、他方の第2電極7の第2電圧 V_2 の V_{pp} も、上記250Vから低下する。

【0075】

第1電極6と第2電極7との間には、保持部2の載置電極4及び導電体膜5の内部と、被処理基板3の内部とを介する2つのパスがある。当該パスを通じて電流が流れるので、第2電極7の第2電圧 V_2 が、第1電極6の第1電圧 V_1 に引きずられ、両者の電圧が中間の値に近づく。そのため、上記のように第1電圧 V_1 及び第2電圧 V_2 が共に低下する。

【0076】

[インダクタンス特性]

図3の(A)は、モニタ電圧値である第1電極6の第1電圧 V_1 及び第2電極7の第2電圧 V_2 の V_{pp} と、可変のインダクタンス L の L 値との関係を表す特性のグラフを示す。このグラフの特性をインダクタンス特性と称する。なお、この特性では、設定 V_{pp} として $V_2 > V_1$ である。

【0077】

制御部50は、 L 値をゼロから共振点に対応した値 L_Z まで増加させる。すると、第1電圧 V_1 と第2電圧 V_2 との V_{pp} の差分値(D_1 とする)である($V_2 - V_1$)が、徐々に増加しながら、 V_1 、 V_2 の V_{pp} が共に減少していく。 L 値が値 L_Z になると、インピーダンスがほぼゼロとなり、 V_1 は最小となるが、差分値 D_1 は最大となる。

【0078】

図3の(B)は、図3の(A)の特性に関し、 L 値をある値に固定した場合の、高周波バイアス電源電圧と、モニタ電圧値である第1電圧 V_1 及び第2電圧 V_2 の V_{pp} との関係を表す特性のグラフを示す。高周波バイアス電源電圧は、前述の高周波バイアス電源24の出力の電力に基づいた電圧である第3電圧 V_3 に対応する。このグラフでは、 V_3 が大きくなるのに伴い、 V_1 及び V_2 が増加する。

【0079】

つまり、図3から、高周波バイアス電源電圧である第3電圧 V_3 と L 値との2つのパラメータの制御により、第1電極6と第2電極7にそれぞれ異なる大きさの高周波バイアス電圧である第1電圧 V_1 及び第2電圧 V_2 を印加することができる。第1電圧 V_1 及び第2電圧 V_2 は、第3電圧 V_3 及び L 値と所定の関係を持つ。第3電圧 V_3 及び L 値の制御により、第1電圧 V_1 及び第2電圧 V_2 を変化させて、所望の分布調整を実現できる。

【0080】

また逆に、スイッチ21が第2電極7側に接続された第2状態の場合でも、そのインダクタンス特性は、上記第1状態の場合と比べ、正負の関係を除き、変化しない。なぜなら、ESCによる均一な静電吸着を確保するために、第1電極6と第2電極7との2つの領域は、概ね等面積で設計されているからである。スイッチ21の切り替えにより、第1電圧 V_1 と第2電圧 V_2 の V_{pp} の大小関係を変えることが可能である。

【0081】

前提として第1電圧 V_1 及び第2電圧 V_2 を共に250Vとした場合に、エッチングレートが例えば凸分布になるとする。この前提の場合で、均一性がより良好なエッチングレートを得るために、即ち平らな分布に近づくように、分布調整の制御を行うとする。この制御として、高周波バイアス電圧について、第1電圧 V_1 を200V、第2電圧 V_2 を300Vにする。この制御を行う場合、電力供給部20は、まず、スイッチ21を第1状態とし、高周波バイアス電源電力を $PA \times 1.5W$ で出力し、これにより第3電圧 V_3 を400Vとし、そして、 L 値を60%にする。

【0082】

しかし、上記インダクタンス特性は、プラズマ処理の条件や状態、高周波バイアス電圧の大きさ等によっても変わる。よって、最初から予め設定で第1電圧 V_1 及び第2電圧 V_2 の V_{pp} を決めておけば適切な大きさの L 値及び高周波バイアス電力値が一点に決まるというものではない。特に、前述のように、プラズマ処理の条件や状態、各種の要因の影

10

20

30

40

50

響によって、ウエハの実際の抵抗率が変化する。そして、その抵抗率に応じて、分布調整に関する制御効果、制御性が変化する。

【 0 0 8 3 】

プラズマ処理の条件や状態に応じて、適切な L 値及び高周波バイアス電力値になるように決定して、分布調整を含む制御を行うことが望ましい。よって、実施の形態 1 では、プラズマ処理中のウエハの実際の抵抗率を算出し、その抵抗率に応じて、電力値や制御値である L 値を決定する機能を有する。

【 0 0 8 4 】

[制御シーケンス]

図 4 は、実施の形態 1 のプラズマ処理装置におけるプラズマエッチング処理の処理中に、電極に高周波バイアス電圧を印加する制御を行う際の時系列のシーケンスを示す。本制御例は、様々な条件に対応して、第 1 電極 6 に第 1 電圧 V 1 として 2 0 0 V、第 2 電極 7 に第 2 電圧 V 2 として 3 0 0 V を印加するように設定した場合の制御例である。図 4 で、(a) は、高周波バイアス電源 2 4 から出力する高周波バイアス電源電力を示す。(b) は、LC 共振回路 2 2 の可変インダクタンスの L 値を示す。(c) は、(a) の電力に基づいた高周波バイアス電源電圧である第 3 電圧 V 3 の検出値を示す。(d) は、外周部 E S C の第 2 電圧 V 2 の検出値を示す。(e) は、内周部 E S C の第 1 電圧 V 1 の検出値を示す。(f) は、第 1 電圧 V 1 と第 2 電圧 V 2 との差分値 D 1 である (V 2 - V 1) を示す。

【 0 0 8 5 】

制御部 5 0 は、電力供給部 2 0 に対して以下の制御を行う。最初、スイッチ 2 1 がいずれの電極にも接続されない第 3 状態で、(a) の高周波バイアス電源電力を所定電力 P A [W] とし、(c) の第 3 電圧 V 3 を 3 0 0 V とする。すると、(d) の第 2 電圧 V 2 及び (e) の第 1 電圧 V 1 は、共に 2 5 0 V となる。

【 0 0 8 6 】

次に、時点 t 1 で、制御部 5 0 は、スイッチ 2 1 を、設定 V p p が低い方である第 1 電極 6 側に接続した第 1 状態とし、(b) の L 値を初期値である 0 % から大きい方に増加させる。すると、前述のように、(f) の差分値 D 1 = (V 2 - V 1) が増加しながら、基本的な特性としては第 1 電圧 V 1 及び第 2 電圧 V 2 が共に減少していく。それに対し、本制御では、第 1 電圧 V 1 と第 2 電圧 V 2 の平均値である (V 1 + V 2) / 2 を一定に保つように、(a) の高周波バイアス電源電力を上げながら調整する。これにより、時点 t 2 までの期間で、(d) の第 2 電圧 V 2 を 3 0 0 V まで増加させ、(e) の第 1 電圧 V 1 を 2 0 0 V まで減少させる。

【 0 0 8 7 】

この調整の制御の際、(a) の高周波バイアス電源電力の調整については、モニタ部 3 0 及び制御部 5 0 を通じて、第 1 電圧 V 1 と第 2 電圧 V 2 との平均値を算出しながら当該調整を行う。あるいは、当該調整については、第 3 電圧検出器 2 0 3 の第 3 電圧 V 3 をモニタして、(c) のように第 3 電圧 V 3 が一定に維持されるように当該調整を行う。

【 0 0 8 8 】

(f) の差分値 D 1 が、設定された差分値 D x になるまで、L 値を変化させる。設定された差分値 D x は、所望の分布調整に対応した値である。時点 t 1 から高周波バイアス電圧の印加開始後、約数秒経過後の時点 t 2 で、高周波バイアス電圧の調整が完了し、第 1 電圧 V 1 及び第 2 電圧 V 2 を所望の V p p、例えば 2 0 0 V と 3 0 0 V にすることができる。時点 t 2 では、L 値は所定の値 L x になる。

【 0 0 8 9 】

時点 t 2 以降の期間では、補正が発生しない限り、高周波バイアス電源電圧、L 値、第 1 電圧 V 1、及び第 2 電圧 V 2 が一定に維持される。

【 0 0 9 0 】

上記制御シーケンスによれば、第 1 電圧 V 1 と第 2 電圧 V 2 が同じ V p p で面内のイオンエネルギー等の分布が平らな分布である基準条件のエッチングレートの平均に対して、

10

20

30

40

50

大きくずれることなく、エッチングレートの分布だけを変更することができる。即ち、実施の形態1の制御シーケンスでは、基準条件に基づいて、他の要素に悪影響を与えずに、好適に分布調整及びプラズマ処理が実現できる利点がある。

【0091】

[抵抗率に応じた高周波バイアス電圧制御の特性]

図5は、実施の形態1のプラズマ処理装置における、抵抗率の違いに応じた、高周波バイアス電圧制御及びそれに対応するエッチングレートの分布調整の制御の特性について示す。エッチングレートは、高周波バイアス電圧の V_{pp} に依存する。また、エッチングレートは、抵抗率に応じて変わる。

【0092】

図5の(A)は、被処理基板3であるウエハの抵抗率が $10 \cdot \text{cm}$ である場合における、面内の半径方向でのエッチングレートの分布に関する特性を示す。この特性のグラフとして、横軸は、ウエハの面内の半径方向の位置(x とする)を示し、縦軸は、当該ウエハに対するプラズマエッチング処理の高周波バイアス電圧値に対応したエッチングレートを示す。この抵抗率 $= 10 \cdot \text{cm}$ は、代表的なサンプルのウエハの基準抵抗率である。位置 x については、一点鎖線で示す位置がウエハの中心軸を含む内周部に対応し、その両側が外周部に対応する。

【0093】

曲線K1は、分布調整の第1の制御として、内周部の第1電圧 V_1 を 250 V 、外周部の第2電圧 V_2 を同じく 250 V とした場合の曲線であり、凸分布となっている。曲線K2は、分布調整の第2の制御として、内周部の第1電圧 V_1 を 200 V 、外周部の第2電圧 V_2 を 300 V とした場合の曲線であり、概ね平らな分布となっている。第2の制御は、差分値 D_1 である($V_2 - V_1$)を 100 V にする条件に対応する。

【0094】

第1の制御に対し、第2の制御のように、 V_{pp} を 50 V 高くした外周部では、レートが高くなり、 V_{pp} を 50 V 低くした内周部では、レートが低くなっている。また、内周部と外周部との境界付近のレートについては、内周部と外周部との概ね中間の値になっている。即ち、基準抵抗率が $10 \cdot \text{cm}$ の場合、第1の制御に対し第2の制御では、エッチングレートの分布における面内の半径方向の特性が凸分布から平らな分布へと平滑化され、外周部のレートがより高くなり、面内の均一性が改善している。

【0095】

次いで、同様に、図5の(B)は、抵抗率が $1 \cdot \text{cm}$ の場合の特性を示し、図5の(C)は、抵抗率が $100 \cdot \text{cm}$ の場合の特性を示す。

【0096】

図5の(B)の抵抗率が $1 \cdot \text{cm}$ の場合には、図5の(A)と比べ、エッチングレートの分布が十分には制御できておらず、均一性の改善の度合いが小さい。図5の(B)の曲線K3は、図5の(A)の曲線K1と同じであり、抵抗率が異なるが、同じく凸分布となっている。曲線K4は、図5の(A)の第2の制御の曲線K2と基本的には同じであるが、抵抗率が異なることにより、異なる分布である凸分布となっている。

【0097】

第1電圧 V_1 と第2電圧 V_2 が同じである条件の曲線K1, K3に対し、差分値 D_1 が 100 V である条件の曲線K2, K4を比較する。すると、相対的に抵抗率が高い方が、曲線K1から曲線K2のように、エッチングレートの分布が大きく変化し、平らな分布に近付いている。具体的には、図5の(A)の中心軸の位置での曲線K1と曲線K2との V_{pp} 差が比較的大きいのに対し、図5の(B)の中心軸の位置での曲線K3と曲線K4との V_{pp} 差が比較的小さい。これは外周部の位置でも同様である。曲線K4は、曲線K3の凸分布に対して少し改善されるが、曲線K2の平らな分布までには至らない。

【0098】

同様に、第1電圧 V_1 と第2電圧 V_2 について、 L 値が同じ値で比較すると、各電極の位置での V_{pp} 差は、基準抵抗率の場合と比べて抵抗率が低い場合には、小さくなる。

10

20

30

40

50

【 0 0 9 9 】

つまり、 $1 \sim 10 \cdot \text{cm}$ の範囲では、抵抗率が高いほど、エッチングレートに関する分布調整の制御性が高いと言える。図5の(B)の $1 \cdot \text{cm}$ のように、抵抗率が低い場合、高周波バイアス電力が、ウエハの直上のプラズマ側よりもウエハの半径方向へ伝播しやすい。前述のように電極間のパスを通じて電極間で高周波バイアスの電流が相互に伝播する。これにより、内周部と外周部とで、第1電圧 V_1 と第2電圧 V_2 は、両者の平均値に近づく。そのため、内周部及び外周部の各位置のレートの制御性は、上記のように基準抵抗率である $10 \cdot \text{cm}$ の場合に比べて小さくなる。

【 0 1 0 0 】

逆に、図5の(C)の $100 \cdot \text{cm}$ のように、抵抗率が高い場合、高周波バイアス電力がウエハの半径方向に伝播する度合いが抑えられ、内周部の第1電圧 V_1 と外周部の第2電圧 V_2 は、ウエハ上で保たれて直上のプラズマに伝播する度合いが高くなる。そのため、制御性が高くなり、その制御性が結果のエッチングレートの差として現れる。

10

【 0 1 0 1 】

図5の(C)の曲線K5は、図5の(A)の曲線K1と同じ条件であり、曲線K6は、図5の(A)の曲線K2と基本的には同じであるが、抵抗率の違いによって、異なる分布である凹分布となっている。即ち、曲線K6では、曲線K5に対し、内周部及び外周部の各位置での V_{pp} 差が大きくなっており、これにより凹分布となっている。

【 0 1 0 2 】

$10 \sim 100 \cdot \text{cm}$ の範囲では、同様に、抵抗率が高いほど、分布調整の制御性が高いと言える。同様に、第1電圧 V_1 と第2電圧 V_2 について、L値が同じ値で比較すると、各電極の位置での V_{pp} 差は、基準抵抗率の場合と比べて抵抗率が大きい場合には、大きくなる。

20

【 0 1 0 3 】

プラズマ処理により、ウエハの直上のシース厚みは、第1電圧 V_1 が低い内周部では薄く、第2電圧 V_2 が高い外周部では厚くなり、プラズマ側へのインピーダンスも、内周部で小さくなり、外周部で大きくなる。また、LC共振回路22は、内周部の第1電極6に接続されており、第1電極6のインピーダンスは小さくなっている。これらの相互効果により、各電極の位置での V_{pp} 差が増大する。これにより、曲線K6は、曲線K2の平らな分布を超えて、凹分布となっている。

30

【 0 1 0 4 】

また、高周波バイアス電力が、電極の直上のプラズマと、ウエハの半径方向とのどちらに伝播しやすいかについては、シース厚によるインピーダンスと抵抗値との比率に応じて決まる。例えば、ウエハの直径が 300 mm 、抵抗率が一様に $1 \cdot \text{cm}$ である場合、ウエハの半径方向で中心軸から 50 mm の位置と 100 mm の位置との間における面内の円周方向の領域の抵抗は約2である。この抵抗の大きさは、抵抗率に正比例する。

【 0 1 0 5 】

例えば、 400 kHz の高周波バイアス電力で、 V_{pp} が約 200 V で形成されたシース電圧を 100 V として、デバイ長からシース厚みを計算すると、約 0.4 mm である。この場合の容量は約 1500 pF 程度であり、単位面積 1 cm^2 あたりのインピーダンスは約 0.4 である。

40

【 0 1 0 6 】

ウエハの抵抗率が $0.1 \cdot \text{cm}$ 程度と更に低い場合には、シース厚によるインピーダンスと抵抗値がほぼ同じオーダーとなり、高周波バイアス電力が半径方向に伝播する度合いがかなり高くなる。その結果、分布調整に関する制御性がかなり低くなる。シース厚みは高周波バイアス電圧の大きさに依存するので、分布調整に関する制御性は高周波バイアス電圧の大きさによっても変化する。

【 0 1 0 7 】

インダクタンス特性についても、抵抗率は、LC共振回路に抵抗を加えたRLC直列回路におけるQ値(共振のピークの鋭さを表すQuality factor値)を決める要素になる。そ

50

のため、抵抗率に応じて、インダクタンス特性が変化する。

【 0 1 0 8 】

上記のように、被処理基板 3 の抵抗率の違いに応じて、高周波バイアス電圧制御及び分布調整の制御における制御性、特性、効果が異なる。よって、被処理基板 3 の実際の抵抗率に応じて、制御の内容を補正することが有効である。

【 0 1 0 9 】

[抵抗率算出部及び D B]

上記認識に基づいて、実施の形態 1 のプラズマ処理装置で、制御部 5 0 の抵抗率算出部 5 1 により、プラズマ処理中の被処理基板 3 の実際の抵抗率を算出する方式について説明する。

10

【 0 1 1 0 】

図 6 は、抵抗率の算出に用いる、D B 部 5 3 の D B データの構成例を示す。この D B には、予め実験等に基づいて、同一のプラズマ処理条件毎に、基準となるサンプルのウエハに関する代表的な複数の抵抗率における各々の抵抗率毎に、前述のインダクタンス特性の情報が整理されて格納されている。この D B には、抵抗率毎のデータとして、高周波バイアス電源電力の大きさに応じて、L 値と各電極の高周波バイアス電圧値との関係を表すインダクタンス特性の表が格納されている。高周波バイアス電源電力及び電源電圧の大きさについては、例えば代表的な複数の値が設定されていてもよい。

【 0 1 1 1 】

図 6 では、代表的な抵抗率の例として、 $100, 10, 1, 0.1 \cdot \text{cm}$ という 4 つの値を示す。例えば、抵抗率 = $100 \cdot \text{cm}$ の場合のデータとして、高周波バイアス電源電力の値を小から大まで変えた複数の値に応じた、複数のインダクタンス特性の表として、表 6 0 1 ~ 表 6 0 2 を有する。表 6 0 1 は、高周波バイアス電源電力が小さい所定の値の場合のインダクタンス特性の表を示す。表 6 0 2 は、高周波バイアス電源電力が大きい所定の値の場合のインダクタンス特性の表を示す。抵抗率 = $10 \cdot \text{cm}$ の場合のデータとして、高周波バイアス電源電力の値に応じた複数のインダクタンス特性の表として、表 6 1 1 ~ 表 6 1 2 を有する。同様に、抵抗率毎にデータを有する。

20

【 0 1 1 2 】

例えば、予め、サンプルのダミーウエハに対するプラズマ処理の実施により、各抵抗率 { $0.1, 1, 10, 100 \cdot \text{cm}$ } 及び各電源電力でのインダクタンス特性が得られる。その情報が予め D B に格納される。

30

【 0 1 1 3 】

抵抗率算出部 5 1 は、プラズマ処理の際、処理条件、モニタ値、及び上記 D B のデータを用いて、処理中のウエハの実際の抵抗率である第 1 の抵抗率 R 1 を算出する。抵抗率算出部 5 1 は、モニタ値から、処理中のウエハに関する、内周部の第 1 電圧 V 1 と、外周部の第 2 電圧 V 2 と、制御値である L 値とを取得する。抵抗率算出部 5 1 は、それらの値 { V 1 , V 2 , L 値 } を、D B 内の対応するデータと比較照合することにより、第 1 の抵抗率 R 1 を算出する。抵抗率算出部 5 1 は、少なくとも、第 1 電圧 V 1 、第 2 電圧 V 2 を参照する。

【 0 1 1 4 】

なお、図 6 では、抵抗率として 4 つの値としたが、これに限らず、より細かく複数の抵抗率のデータを D B に持たせておけば、より高精度に実際の抵抗率が算出可能である。

40

【 0 1 1 5 】

[モニタ値]

図 7 は、抵抗率の算出のための、モニタ部 3 0 のモニタ値の例として、ウエハのプラズマ処理中のモニタ値の例を示す。図 7 の表において、列として、時刻 (T)、インダクタンス (L)、外周部 E S C 電圧値 (V 2)、内周部 E S C 電圧値 (V 1)、電源電圧値 (V 3)、電源出力比率を有する。「時刻 (T)」は、プラズマ処理の開始からの経過時間に対応した時刻を示す。「インダクタンス (L)」は、前述の L 値を示す。「外周部 E S C 電圧値 (V 2)」は、前述の第 2 電極 7 の第 2 電圧 V 2 の検出値を示す。「内周部 E S

50

「C電圧値(V1)」は、前述の第1電極6の第1電圧V1の検出値を示す。「電源電圧値(V3)」は、前述の高周波バイアス電源24の電力に基づいた第3電圧V3の検出値を示す。「電源出力比率」は、前述の高周波バイアス電源24の電力における所定電力PAに対する出力の比率を示す。

【0116】

[比較照合処理]

抵抗率算出部51は、図7のようなモニタ値と、図6のようなDBデータとを用いて、例えば以下の処理により、第1の抵抗率R1を算出する。モニタ値として、例えば、時刻Txで、L値=Lx、V2=V2x、V1=V1x、V3=V3x等が得られたとする。抵抗率算出部51は、そのモニタ値を、DBデータと比較照合し、DBデータの中から、そのモニタ値に対して一番近いデータを判定して取り出す。抵抗率算出部51は、この比較照合及び判定の処理の際、例えば、モニタ値を検索条件としてDBデータを検索してもよいし、下記のように、モニタ値とDBデータ値との近さを表す指標値(Eとする)を計算して、その指標値Eによって一番近いデータを判定してもよい。

10

【0117】

抵抗率算出部51は、例えば、モニタ値と、インダクタンス特性の表との近さを表す指標値Eを計算する。この指標値は、各種の公知の方式を適用して計算可能である。一例として、抵抗率算出部51は、指標値Eとして、モニタ値のLxと、表のL値との差分値や比率を計算する。同様に、抵抗率算出部51は、モニタ値のV1xと表のV1との差分値や比率を計算し、モニタ値のV2xと表のV2との差分値や比率を計算する。また、抵抗率算出部51は、それらの差分値や比率を用いた所定の計算、例えば加算、あるいは最小値の選択、等を行ってもよい。抵抗率算出部51は、指標値Eが一番小さいインダクタンス特性の表を、一番近いデータとして取り出す。

20

【0118】

上記比較照合及び判定の結果、DBから一番近いデータとして、例えば抵抗率=100・cmで、高周波バイアス電源電力が所定の値である、1つのインダクタンス特性の表が得られたとする。即ち、モニタ値のLx、V1x、V2xの組合せは、そのインダクタンス特性の表における特定のL値、V1、V2の組合せの値に一番近いとする。

【0119】

抵抗率算出部51は、上記一番近い表のデータと指標値Eを用いて、第1の抵抗率R1を算出し、また、それに関連付けられる高周波バイアス電源電力値や、制御値であるL値等を算出する。抵抗率算出部51は、一番近い表のデータにおける、抵抗率、電源電力値、L値、等の値を参照し、それらの値に対し、近さを表す指標値Eを反映する所定の計算、例えば乗算等を行う。抵抗率算出部51は、その計算の結果として、第1の抵抗率R1を得る。同様に、抵抗率算出部51は、第1の抵抗率R1に関係付けられたL値や高周波バイアス電源電力値等を得る。

30

【0120】

なお、抵抗率算出に用いる情報の構成として、図6ではDBに格納された複数の表としたが、これに限らず適用可能である。例えば、図6で示したような複数の変数値の関係を1つの表に整理したものを設けてもよい。また、表に限らず、複数の変数値の関係を表す計算式を規定して用いてもよい。その場合、抵抗率算出部51は、入力値をその計算式に代入してその出力値として第1の抵抗率R1を得る。

40

【0121】

補正部52は、抵抗率算出部51で算出された第1の抵抗率R1等を用いて、所定の計算等の処理により、処理中のウエハに対するプラズマ処理及び分布調整を含む制御に関する補正值を決定する。補正部52は、補正值として、高周波バイアス電力及び電圧の補正值や、L値の補正值を決定する。

【0122】

更に、DBには、プラズマ処理の経過時間に対応する時刻(T)毎のデータ、またはプラズマ処理の処理工程毎のデータを同様に格納しておいてもよい。その場合、抵抗率算出

50

部 5 1 は、モニタ値の 1 つとして、プラズマ処理中の時刻 (T)、または処理工程を表す情報を用い、その時刻または処理工程に対応するデータを D B から参照し、上記と同様にして第 1 の抵抗率 R 1 を決定する。

【 0 1 2 3 】

[補正部]

上記処理例の場合、抵抗率算出部 5 1 から第 1 の抵抗率 R 1 と共に制御用の L 値や電源電圧値も得られるので、補正部 5 2 は、それらの情報を用いて補正值を決定する。補正部 5 2 は、上記第 1 の抵抗率 R 1、L 値、及び電源電圧値を用いて、電力供給部 2 0 に与える駆動制御値 C 1 を決定する。補正部 5 2 は、凹分布、平らな分布、凸分布等の所望の分布調整に対応させて、各電極に印加すべき高周波バイアス電圧である第 1 電圧 V 1 及び第 2 電圧 V 2 の補正值を決定する。

10

【 0 1 2 4 】

例えば、図 5 の (A) の曲線 K 2 のようにエッチングレートが平らな分布になるように分布調整の制御を行う場合は以下である。補正部 5 2 は、曲線 K 2 に対応する第 2 の制御及び抵抗率 = 1 0 ・ c m における第 1 電圧 V 1 = 2 0 0 V、第 2 電圧 V 2 = 3 0 0 V を補正前として、第 1 の抵抗率 R 1 に合わせて、補正後の第 1 電圧 V 1 及び第 2 電圧 V 2 を決定する。補正部 5 2 は、例えば、V 1 = 2 0 0 V、V 2 = 3 0 0 V に対し、第 1 の抵抗率 R 1 と 1 0 ・ c m との比率に応じた補正用の値を乗算する。これにより、当該第 1 電圧 V 1 及び第 2 電圧 V 2 の補正值を得ることができる。

【 0 1 2 5 】

補正部 5 2 は、上記のようにして得られた補正值から、複数の変数値の関係に基づいて、駆動制御値 C 1 における L 値や高周波バイアス電源電力値を決定する。

20

【 0 1 2 6 】

図 8 は、補正部 5 2 により第 1 の抵抗率 R 1 から補正值を得る補正処理に用いる情報の例である制御用テーブルを示す。この制御用テーブルは、例えば予め D B 部 5 3 に格納されており、補正部 5 2 は、その制御用テーブルを参照して補正処理を行う。この制御用テーブルは、予め、図 6 に対応する代表的な抵抗率、分布調整に関する制御性、補正電圧値、等の関係を表す情報が格納されている。

【 0 1 2 7 】

図 8 の表は、列として、# で示す行番号、「抵抗率」、「制御性比率」、「要補正 V p p 差 (平らな分布)」、「内周部 E S C 補正後電圧 (V 1)」、「外周部 E S C 補正後電圧 (V 2)」を有する。「抵抗率」は、D B 内の代表的な抵抗率の値であり、ここでは特に図 5 の (A) に対応する 1 0 ・ c m を基準抵抗率として規定している。「制御性比率」は、前述のエッチングレートの分布調整に関する制御性を表す比率であり、1 0 ・ c m の場合を 1 としている。「要補正 V p p 差 (平らな分布)」は、分布調整の 1 つとして平らな分布、言い換えると均一なレート、になるように制御する場合に補正として必要な V p p 差の値を示す。この値は、内周部 E S C 補正後電圧と外周部 E S C 補正後電圧との差分値である。「内周部 E S C 補正後電圧 (V 1)」は補正後の第 1 電圧 V 1、「外周部 E S C 補正後電圧 (V 2)」は補正後の第 2 電圧 V 2 を示す。

30

【 0 1 2 8 】

図 8 の表で、第 3 行は、基準値として、抵抗率 = 1 0 ・ c m の場合に、制御性比率 = 1 であり、要補正 V p p 差 = 1 0 0 V であり、補正後の第 1 電圧 V 1 が 2 0 0 V であり、補正後の V 2 が 3 0 0 V であることを示す。要補正 V p p 差は、(3 0 0 - 2 0 0) = 1 0 0 である。これは、図 5 の (A) の第 2 の制御の曲線 K 2 に対応している。

40

【 0 1 2 9 】

第 2 行は、抵抗率 = 1 ・ c m の場合に、制御性比率 = 0 . 5 であり、要補正 V p p 差 = 2 0 0 V であり、補正後の第 1 電圧 V 1 が 1 5 0 V、補正後の第 2 電圧 V 2 が 3 5 0 V であることを示す。要補正 V p p 差は、(3 5 0 - 1 5 0) = 2 0 0 である。これは、図 5 の (B) の曲線 K 4 を、後述の図 9 の (A) の曲線 K 7 のように補正することと対応している。補正後の曲線 K 7 は、平らな分布に近付いている。

50

【 0 1 3 0 】

第 4 行は、抵抗率 = 1 0 0 ・ c m の場合に、制御性比率 = 1 . 6 であり、要補正 V p p 差 = 6 0 V であり、補正後の第 1 電圧 V 1 が 2 2 0 V、補正後の第 2 電圧 V 2 が 2 8 0 V であることを示す。要補正 V p p 差は、(2 8 0 - 2 2 0) = 6 0 である。これは、図 5 の (C) の曲線 K 6 を、後述の図 9 の (B) の曲線 K 8 のように補正することと対応している。補正後の曲線 K 8 は、平らな分布に近付いている。

【 0 1 3 1 】

第 1 行は、抵抗率 = 0 . 1 ・ c m の場合であるが、前述のように、抵抗率がある程度以下に小さい場合には、面内の半径方向の分布に関する制御性が小さく、要補正 V p p 差が例えば 1 0 0 0 V のように大きくなる。この場合、分布調整の制御の有効性が低い。

10

【 0 1 3 2 】

制御用テーブルには、上記 4 つの抵抗率の情報に限らず、より細かく区分した複数の抵抗率の情報を格納してもおいてもよい。

【 0 1 3 3 】

補正部 5 2 は、第 1 の抵抗率 R 1 から、上記制御用テーブルの情報を参照し、第 1 の抵抗率 R 1 の大きさに応じて、値を補正することにより、補正後の高周波バイアス電圧値等を得ることができる。これにより、所望の好適な分布調整を含む制御のための駆動制御値 C 1 を得ることができる。

【 0 1 3 4 】

上記処理例に限らず、補正部 5 2 は、基準となる抵抗率やそれに関係付けられた電力値に、前述の近さを表す指標値 E を乗算等で反映することにより、補正値を算出してもよい。補正部 5 2 は、所定の計算式を用いて、補正値を算出してもよい。また、抵抗率算出部 5 1 と補正部 5 2 とを 1 つに統合した形態とし、入力の実測値から駆動制御値 C 1 を決定してもよい。

20

【 0 1 3 5 】

補正部 5 2 は、プラズマ処理中、即時に、補正値に対応する駆動制御値 C 1 を、電力供給部 2 0 の制御回路 2 3 等へ与える。これにより、電力供給部 2 0 から、処理室 1 0 内の電極である第 1 電極 6 の第 1 電圧 V 1、及び第 2 電極 7 の第 2 電圧 V 2 を、補正後の高周波バイアス電圧値にすることができる。このプラズマ処理の結果、補正前よりも、好適なエッチングレート、例えば平らな分布を得ることができる。上記分布調整の例は平らな分布にする場合であるが、他の分布調整として凹分布や凸分布となるように制御したい場合にも上記と同様に実現可能である。D B の制御用テーブルには、凹分布の場合や凸分布の場合に対応した情報が図 8 と同様に設けられる。

30

【 0 1 3 6 】

[補正後の制御]

図 9 は、図 5 を補正前の制御の特性とした場合に対する、補正後の制御の特性を示す。図 9 の (A) は、抵抗率 = 1 ・ c m の場合を示す。曲線 K 7 は、図 5 の (B) の曲線 K 4 に対する補正後の曲線を示し、内周部の補正後の第 1 電圧 V 1 が 1 5 0 V、外周部の補正後の第 2 電圧 V 2 が 3 5 0 V である。この補正内容は、図 8 の第 2 行と対応している。

【 0 1 3 7 】

図 9 の (B) は、抵抗率 = 1 0 0 ・ c m の場合を示す。曲線 K 8 は、図 5 の (C) の曲線 K 6 に対する補正後の曲線を示し、内周部の補正後の第 1 電圧 V 1 が 2 2 0 V、外周部の補正後の第 2 電圧 V 2 が 2 8 0 V である。この補正内容は、図 8 の第 4 行と対応している。

40

【 0 1 3 8 】

補正後のエッチングレートは、曲線 K 7、曲線 K 8 で共に、より平らな分布に近付いている。曲線 K 7 では、曲線 K 4 に対し、内周部の位置で V p p 値がより小さくなっており、外周部の位置で V p p 値がより大きくなっており、両者の値が近付いている。曲線 K 8 では、曲線 K 6 に対し、内周部の位置で V p p 値がより大きくなっており、外周部の位置で V p p 値がより小さくなっており、両者の値が近付いている。

50

【 0 1 3 9 】

図9の(A)に関して、補正前の曲線K4の制御では、差分値D1である($V2 - V1$)は100Vである。内周部の位置で、標準の制御のV1値に対する当該制御のV1値とのVpp差は、 $(200 - 250) = -50V$ である。同様に、外周部の位置で、標準の制御のV2値に対する、当該制御のV2値とのVpp差は、 $(300 - 250) = 50V$ である。

【 0 1 4 0 】

一方、補正後の曲線K7の制御では、差分値D1である($V2 - V1$)は200Vである。内周部の位置で、標準の制御のV1値に対する、当該制御のV1値とのVpp差は、 $(150 - 250) = -100V$ である。同様に、外周部の位置で、標準の制御のV2値に対する当該制御のV2値とのVpp差は、 $(350 - 250) = 100V$ である。

10

【 0 1 4 1 】

即ち、補正前の制御の曲線K4に対して、補正後の制御の曲線K7では、差分値D1及び各位置でのVpp差に関して、2倍に大きくなっている。このように、補正によって、差分値D1及び各位置でのVpp差を大きくすることにより、分布を凸分布から平らな分布に近付けることができる。

【 0 1 4 2 】

図9の(B)に関して、補正前の曲線K6の制御では、差分値D1である($V2 - V1$)は100Vである。内周部の位置で、標準の制御のV1値に対する当該制御のV1値とのVpp差は、 $(200 - 250) = -50V$ である。同様に、外周部の位置で、標準の制御のV2値に対する当該制御のV2値とのVpp差は、 $(300 - 250) = 50V$ である。

20

【 0 1 4 3 】

一方、補正後の曲線K8の制御では、差分値D1である($V2 - V1$)は60Vである。内周部の位置で、標準の制御のV1値に対する当該制御のV1値とのVpp差は、 $(220 - 250) = -30V$ である。同様に、外周部の位置で、標準の制御のV2値に対する、当該制御のV2値とのVpp差は、 $(280 - 250) = 30V$ である。

【 0 1 4 4 】

即ち、補正前の制御の曲線K6に対して、補正後の制御の曲線K8では、差分値D1及び各位置でのVpp差に関して、0.6倍に小さくなっている。このように、補正によって、差分値D1及び各位置でのVpp差を小さくすることにより、分布を凹分布から平らな分布に近付けることができる。

30

【 0 1 4 5 】

処理中のウエハの抵抗率が例えば1・cmのように低い場合、第1電極6と第2電極7との各位置で、Vpp差をある程度大きくする必要がある。補正部52は、これに対応する補正として、L値を80%とし、第3電圧V3に関する高周波バイアス電源電力を、所定電力PAに対して、 $PA \times 2.0W$ とし、第1電圧V1を150V、第2電圧V2を350Vとする。これにより、図9の(A)の曲線K7のように、面内のレートを均一に近付けることができる。

【 0 1 4 6 】

処理中のウエハの抵抗率が例えば100・cmのように高い場合、第1電極6と第2電極7との各位置で、Vpp差をある程度小さくする必要がある。補正部52は、これに対応する補正として、L値を30%とし、第3電圧V3に関する高周波バイアス電源電力を、所定電力PAに対して、 $PA \times 1.2W$ とし、第1電圧V1を220V、第2電圧V2を280Vとする。これにより、図9の(B)の曲線K8のように、面内のレートを均一に近付けることができる。

40

【 0 1 4 7 】

[効果等]

上記のように、実施の形態1のプラズマ処理装置によれば、プラズマ処理に係わる面内の均一性や、エッチングレート等の所望の分布調整を実現することができる。実施の形態

50

1によれば、プラズマエッチング処理における入射イオンエネルギーの分布を高精度に制御できる。実施の形態1によれば、被処理基板の抵抗率に応じて、最適な高周波バイアス電圧を印加して、好適なエッチングを実現できる。

【0148】

プラズマエッチング処理のシーケンスの複数の処理工程において、処理工程中に、ウエハの実際の抵抗率が変化する。その要因として、処理工程毎の条件の他に、ウエハの温度等の変化、ウエハの積層膜の導電性膜のエッチング、ウエハへの堆積物の付着、等が挙げられる。

【0149】

実施の形態1のプラズマ処理装置は、各電極に異なる高周波バイアス電圧を印加してプラズマ処理を行い、処理中の処理工程の進行に伴うウエハの抵抗率の変化に対しても、各電極の電圧を常時にモニタして、即時に抵抗率及びその変化を検知する。そして、プラズマ処理装置は、処理中の抵抗率及びその変化に応じて、分布調整に対応した高周波バイアス電圧を補正する。これにより、ウエハの抵抗率が低すぎない場合、例えば約1 cm以上である場合には、面内の半径方向のエッチングレートの分布を、例えば均一に近づけることができる。

【0150】

[変形例]

実施の形態1のプラズマ処理装置の変形例として、以下が挙げられる。LC共振回路22の構成については、可変キャパシタンスと固定インダクタンスとの組合せの構成としてもよい。その場合、制御値はキャパシタンス値となる。

【0151】

DB部53のDBデータは、予め実験等により得られた情報を含んでいる。変形例として、プラズマ処理装置は、ウエハをプラズマ処理した結果を、その時の抵抗率や電圧値の情報を含めて、DB部53のDBにデータとして記録、蓄積し、以降のプラズマ処理の際に利用してもよい。即ち、プラズマ処理装置に、DBデータを自動的に更新する機能を備えてもよい。

【0152】

保持部2の載置電極4に対応した面内において、内周部及び外周部の2つの電極に限らず、3つ以上の電極が設けられた形態でもよい。プラズマ処理装置は、3つ以上の電極の各電圧値をモニタし、そのモニタ値を用いて抵抗率を算出し、補正等の制御を行う。

【0153】

第1の抵抗率R1の算出及び補正值の決定に関する方式としては、第1の抵抗率R1や電圧補正值等の値を細かく算出する方式に限らず可能である。例えば、予めDBに、おおまかに区分された複数の値として抵抗率や電圧補正值を設定しておく。その複数の抵抗率の値として、例えば、{1, 2, ..., 9, 10 cm}や、{10, 20, ..., 90, 100 cm}等が設けられる。抵抗率算出部51は、モニタ値の判断に基づいて、それらの複数の抵抗率の値から、一番近いものを選択する。補正部52は、その選択された抵抗率の値に関係付けられる電圧補正值を選択する。この形態の場合、制御の精度は少し低下する代わりに、リアルタイム処理に関する高速化を図ることができる。

【0154】

(実施の形態2)

本発明の実施の形態2のプラズマ処理装置について説明する。実施の形態2の基本的な構成は実施の形態1の構成と同様であり、以下、実施の形態2の構成における実施の形態1の構成とは異なる部分について説明する。

【0155】

実施の形態2のプラズマ処理装置は、被処理基板3であるウエハに対するプラズマエッチング処理を実行する前の状態で、その処理対象のウエハの抵抗率を算出して所定の制御を行う。実施の形態2の構成は、図1及び図2の構成で、制御部50の処理内容が実施の形態1とは異なる。

10

20

30

40

50

【 0 1 5 6 】

まず、従来のプラズマエッチング処理のシーケンス例は以下である。処理室へのウエハの搬送後、直流電源から電極への直流電圧の印加により、ウエハが電極に静電吸着されて、保持部の所定位置に保持される。次いで、処理室にエッチング用のガスが導入され、ソース電源への電圧印加により電磁波が発生され、導波管等を通じて伝播した電磁波が処理室に導入され、処理室内でプラズマが生成される。その後、電源制御により、処理室の電極に、プラズマに作用させるための高周波バイアス電圧が印加される。

【 0 1 5 7 】

実施の形態 2 では、以下のようなプラズマエッチング処理のシーケンスとなる。処理室 10 で、直流電源 221, 222 から電極への直流電圧の印加によるウエハの静電吸着による保持の後、電磁波からプラズマを生成する前に、以下の処理工程を有する。当該処理工程では、制御部 50 からの電力供給部 20 の制御に基づいて、プラズマ無し状態で、保持部 2 の電極に、高周波バイアス電力を、所定の低い電力、例えば 5 W で、数秒間程度の時間で印加する。その時間に、電力供給部 20 は、スイッチ 21 を第 1 電極 6 側に接続した第 1 状態として、LC 共振回路 22 の L 値を、0 % から 100 % まで増加させる。

【 0 1 5 8 】

この場合、実施の形態 1 におけるプラズマ無しの場合のインダクタンス特性に相当する、図 3 の (A) の特性に近い特性が得られる。モニタ部 30 は、上記処理工程の時間に、当該特性に関する値 { L 値, V1, V2, V3 等 } をモニタする。抵抗率算出部 51 は、モニタ値に基づいて、当該特性を、予め作成されて DB に格納されているインダクタンス特性と比較照合する。これにより、抵抗率算出部 51 は、処理前のウエハについての概略的な抵抗率を、処理前抵抗率として得る。処理前抵抗率を第 2 の抵抗率 R2 とする。この処理前抵抗率は、処理中のウエハの実際の抵抗率に対して近い値として得られる。補正部 52 は、得られた処理前抵抗率を用いて、所定の補正等の制御を行う。

【 0 1 5 9 】

実施の形態 2 のプラズマ処理装置では、プラズマ処理前にウエハの概略的な抵抗率が得られる。そのため、制御部 50 は、処理前に以下のような制御を行うことができる。制御部 50 の補正部 52 はその制御を行う機能を有する。

【 0 1 6 0 】

第 1 に、制御部 50 は、処理前抵抗率が、例えば $0.1 \cdot \text{cm}$ のように、ある程度以下に低い場合、特有の制御として、注意等のアラートの出力や、プラズマ処理のキャンセルを行う。制御部 50 は、算出された処理前抵抗率を所定の閾値と比較し、閾値以下である場合、当該特有の制御を適用する。

【 0 1 6 1 】

前述のように、例えば抵抗率 = $0.1 \cdot \text{cm}$ のような低い抵抗率のウエハでは、第 1 電極 6 と第 2 電極 7 に異なる高周波バイアス電圧を印加しても、分布調整の制御性が小さく、効果が弱い。また、かなり大きい高周波バイアス電源電力を供給する必要があり、電力効率の点も注意する必要がある。即ち、この場合、当該制御の有効性が低い。

【 0 1 6 2 】

この場合、制御部 50 は、プラズマ処理の実行前に、処理前抵抗率の算出及び判断に基づいて、オペレータに注意等のアラートを出力してから、処理を実行させる。アラートの内容は、例えば、当該ウエハの抵抗率ではエッチングレートの分布の制御が十分にできない旨の注意である。オペレータは、アラートを確認し、必要に応じて処理を継続する。別の制御例としては、制御部 50 は、アラートを出力すると共に、当該処理をキャンセルする。アラートの内容は、例えば、当該ウエハの抵抗率ではエッチングレートの分布の制御が十分にできないので処理をキャンセルする旨の注意である。

【 0 1 6 3 】

第 2 の制御として、制御部 50 は、プラズマ処理の前に、処理前抵抗率の算出及び判断に基づいて、処理で均一なレート等を得るための、第 1 電圧 V1、第 2 電圧 V2、L 値、高周波バイアス電源電力等の値の範囲を、ある程度絞り込む。補正部 52 は、絞り込んだ

10

20

30

40

50

範囲に基づいて、電力供給部 20 を駆動制御する。これにより、処理の際に、高周波バイアス電圧の精度を上げることができ、また、制御や補正に要する時間を短縮することができる。

【0164】

なお、従来、予め市販のウエハ抵抗測定器を用いてウエハ抵抗率を測定する例もある。しかしながら、ウエハ抵抗率は、前述のように、ウエハの温度、静電吸着状態、ウエハの表面や裏面の状態、ウエハサンプル膜種、等の各種の要因による影響を受けて変わる。そこで、実施の形態 2 のように、プラズマ処理の直前に、その処理直前の状態での当該ウエハの抵抗率を検出して制御することにより、従来よりも望ましい効果が得られる。抵抗率算出部 51 は、処理前抵抗率を算出する際、そのプラズマ処理装置での処理条件やモニタ

10

【0165】

(実施の形態 3)

図 10 を用いて、本発明の実施の形態 3 のプラズマ処理装置について説明する。実施の形態 3 の基本的な構成は実施の形態 1 の構成と同様であり、以下、実施の形態 3 の構成における実施の形態 1 の構成とは異なる部分について説明する。実施の形態 3 では、実施の形態 1 の図 1 及び図 2 の構成に対し、主に電力供給部 20 の構成が異なる。

【0166】

図 10 は、実施の形態 3 のプラズマ処理装置における、主に処理室 10 及び電力供給部 20 の構成を示す。図 10 の電力供給部 20 の構成では、図 2 の構成に対し、高周波バイアス電源 24 及びマッチングボックス 210 から延在する線路を、載置電極 4 と外周部 ESC である第 2 電極 7 とのいずれかに接続する、スイッチ 301 を有する。

20

【0167】

スイッチ 301 は、載置電極 4 側に接続する第 1 状態と、第 2 電極 7 に接続する第 2 状態とが制御端子により切り替え可能となっている。スイッチ 301 の第 1 端子は、電力供給線路を通じて載置電極 4 に接続されており、第 2 端子は、コンデンサ 302 を介して、第 2 電圧検出器 202 が接続された電力供給線路を通じて、第 2 電極 7 に接続されている。スイッチ 301 と第 2 電極 7 との線路には、コンデンサ 302 が挿入されている。コンデンサ 302 は、ESC の直流電圧をカットするための素子である。

30

【0168】

スイッチ 301 は、高周波バイアス電源電圧を、第 1 状態では、載置電極 4 に印加し、第 2 状態では、第 1 電極 6 と第 2 電極 7 との一方のみに印加するためのスイッチである。スイッチ 301 の第 1 状態では、実施の形態 1 の回路の構成と同様となる。スイッチ 301 の制御端子は例えば制御回路 23 から切り替えが制御される。

【0169】

なお、実施の形態 3 では、スイッチ 301 が接続される一方の電極として第 2 電極 7 としているが、変形例では、一方の電極として第 1 電極 6 としてもよい。この場合には第 1 電極 6 に高周波バイアス電源電圧が印加される。

【0170】

実施の形態 3 のプラズマ処理装置は、実施の形態 1 と同様に、プラズマエッチング処理の処理中に、被処理基板 3 の第 1 の抵抗率 R_1 を算出し、その抵抗率に応じて補正等の制御を行う。また、実施の形態 3 のプラズマ処理装置は、処理前に、被処理基板 3 の処理前抵抗率を算出し、その処理前抵抗率に応じて制御を行う。

40

【0171】

実施の形態 3 におけるプラズマエッチング処理のシーケンスにおいて、以下のような処理工程を有する。まず、処理室 10 内に被処理基板 3 であるウエハが搬送され、スイッチ 301 の第 1 状態で、保持部 2 の電極に直流電源 221, 222 からの直流電圧が印加されて、ウエハが静電吸着される。その後、制御部 50 は、電力供給部 20 の制御に基づいて、処理室 10 内にプラズマを発生させる前に、スイッチ 301 を、第 2 電極 7 側に接続

50

した第2状態とし、スイッチ21をいずれにも接続しない第3状態とする。この状態で、電力供給部20は、高周波バイアス電源24からの高周波バイアス電源電力を、所定の低い電力、例えば5Wで、第2電極7に供給する。これにより、第2電極7に、高周波バイアス電源電圧が印加される。この時、第2電圧検出器202は、この高周波バイアス電源電圧を、第2電圧V2として検出する。また、第3電圧検出器203は、この高周波バイアス電源電圧を、第3電圧V3として検出する。

【0172】

この時、例えばウエハの抵抗率が10・cmの場合で、高周波バイアス電源電圧が印加されない他方の電極である第1電極6では、前述の電極間のパスを通じて、第2電極7に印加された電圧の10分の1程度の電圧が印加される。第1電圧検出器201は、その電圧を、第1電圧V1として計測、検出する。

10

【0173】

処理対象のウエハの抵抗率が低い場合には、外周部の第2電極7の第2電圧V2が大きくなり、逆に抵抗率が高い場合には、当該第2電圧V2が小さくなるという傾向がある。

【0174】

モニタ部30は、上記処理工程の際、第1電圧V1、第2電圧V2、第3電圧V3をモニタする。抵抗率算出部51は、そのモニタ値によるデータを用いて、予めDBに格納されている代表的な抵抗率毎の電圧値のデータと比較照合し、これにより、処理対象のウエハに関する概略的な抵抗率である処理前抵抗率を算出する。なお、この処理内容は、実施の形態1と同様に実現できる。

20

【0175】

実施の形態3では、実施の形態1と同様にプラズマ有りの条件でも、即ちプラズマ処理中でも、ウエハの抵抗率の算出が可能である。これは例えば以下のように実現される。電力供給部20は、内周部の第1電極6に、高周波バイアス電源電力として所定電力を供給して、それに対応する第1電圧V1を印加する。

【0176】

図11は、高周波バイアス電源電力による第3電圧V3が約100Vの場合における、内周部の第1電極6の第1電圧V1と外周部の第2電極7の第2電圧V2とに関する、抵抗率依存性を示す。横軸がウエハの抵抗率、縦軸が各モニタ電圧値{V1, V2, V3}を示す。曲線901はV1値、曲線902はV2値、曲線903はV3値を示す。曲線901, 902のように、抵抗率が低い場合には、内周部の第1電圧V1と外周部の第2電圧V2とのVppの差分値(V2 - V1)が小さくなり、抵抗率が高い場合には、当該差分値が大きくなる。

30

【0177】

一方、高周波バイアス電源電圧に対応する第3電圧V3については、マッチングボックス210のインピーダンス整合の影響が大きく、抵抗率の影響が小さく、電圧値の変化としては殆ど現れない。よって、高周波バイアス電源電圧に対応する第3電圧V3から抵抗率を算出することは難しい。

【0178】

上記計測される各電圧及びVpp差分値について、抵抗率の要因によるものと、例えばプラズマ等の他の要因によるものとを区別する。そのため、モニタ部30により上記3つの電圧値をモニタする。抵抗率算出部51は、そのモニタ値を用いて、例えばESC間のVpp差分値である(V2 - V1)を、高周波バイアス電源電圧のVppである第3電圧V3により除算し、その値である(V2 - V1) / V3から、処理中の抵抗率を算出する。これにより、処理中の抵抗率の算出の確度を高くすることができる。

40

【0179】

そして、実施の形態3のプラズマ処理装置は、上記算出した抵抗率を用いて、補正部52により、実施の形態1と同様に、処理中に高周波バイアス電力及び電圧値を好適に補正する制御を行う。この際、例えば、上記抵抗率及び電力補正值が決定した後、補正部52は、図10のスイッチ301を、載置電極4側に接続される第1状態に切り替える。そし

50

て、補正部 5 2 は、実施の形態 1 と同様に、スイッチ 2 1 を第 1 状態と第 2 状態とで切り替える状態として、第 1 電極 6 及び第 2 電極 7 に補正後の高周波バイアス電力が印加されるように制御する。

【 0 1 8 0 】

図 1 2 は、実施の形態 3 における制御用テーブルの例を示す。図 1 2 の表では、列として、抵抗率、外周部 E S C 電圧値 (V 2)、内部 E S C 電圧値 (V 1)、電源電圧値 (V 3)、(V 2 - V 1) / V 3、を有する。

【 0 1 8 1 】

「抵抗率」は、図 8 の制御用テーブルと同様に、代表的な複数の抵抗率を有する。「外周部 E S C 電圧値 (V 2)」は、抵抗率に応じた第 2 電圧 V 2 を示す。「内部 E S C 電圧値 (V 1)」は抵抗率に対応した第 1 電圧 V 1 を示す。「電源電圧値 (V 3)」は第 3 電圧 V 3 を示す。「(V 2 - V 1) / V 3」は、上記の算出値を示す。

10

【 0 1 8 2 】

D B 部 5 3 には、上記制御用テーブルが予め作成され格納されている。抵抗率算出部 5 1 は、処理前、及び処理中、モニタ値から、上記制御用テーブルを参照して、それぞれの抵抗率を算出する。また、プラズマ処理の処理条件が複数存在する場合には、処理条件毎に、同様に情報を用意しておき、その情報を使用すればよい。

【 0 1 8 3 】

以上、本発明を実施の形態に基づいて具体的に説明したが、本発明は前記実施の形態に限定されず、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能である。

20

【 0 1 8 4 】

被処理基板 3 となる被処理材は、シリコン (S i) 酸化膜に限らず、ポリ S i 膜、フォトレジスト膜、反射防止有機膜、窒化 S i 酸化膜、窒化 S i 膜、Low-k 材料、High-k 材料、アモルファスカーボン膜、S i 基板、等も適用可能である。

【 0 1 8 5 】

処理用のガスとしては、塩素、臭化水素、四フッ化メタン、三フッ化メタン、二フッ化メタン、アルゴン、ヘリウム、酸素、窒素、二酸化炭素、一酸化炭素、水素、アンモニア、八フッ化プロパン、三フッ化窒素、六フッ化硫黄、メタン、四フッ化シリコン、四塩化シリコン、等が適用可能である。

【 0 1 8 6 】

プラズマ処理装置及びその放電方式についても、マイクロ波 E C R 放電を利用したエッチング装置に限らず、有磁場 U H F 放電、容量結合型放電、誘導結合型放電、マグネトロン放電、等を利用したドライエッチング装置も適用可能である。

30

【 0 1 8 7 】

本発明は、マイクロ波 E C R 放電を利用したエッチング装置及びその処理の場合に好適である。本発明は、それに限らず、イオン引き込み用の高周波バイアス電源を備えた装置で、高周波バイアスによってレートに差が出る処理、つまりイオンエネルギーとレートとに相関がある処理に関して、広く適用可能である。

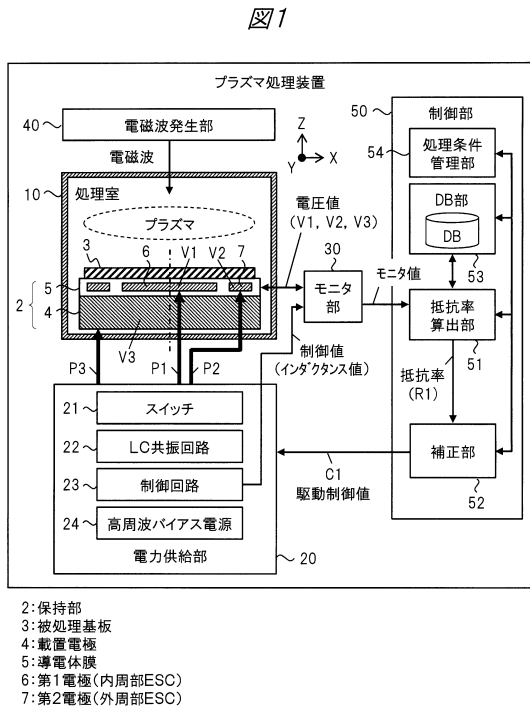
【 符号の説明 】

【 0 1 8 8 】

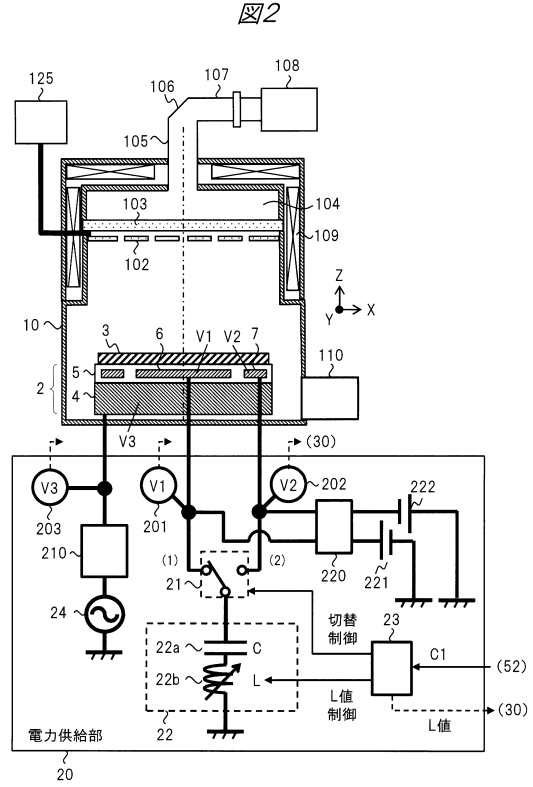
2 ... 保持部、3 ... 被処理基板、4 ... 載置電極、5 ... 導電体膜、6 ... 第 1 電極、7 ... 第 2 電極、10 ... 処理室、20 ... 電力供給部、21 ... スイッチ、22 ... L C 共振回路、23 ... 制御回路、24 ... 高周波バイアス電源、30 ... モニタ部、50 ... 制御部、51 ... 抵抗率算出部、52 ... 補正部、53 ... D B 部、54 ... 処理条件管理部。

40

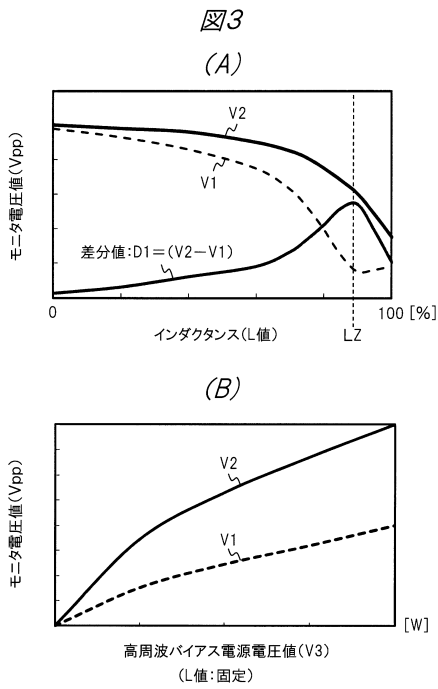
【図1】



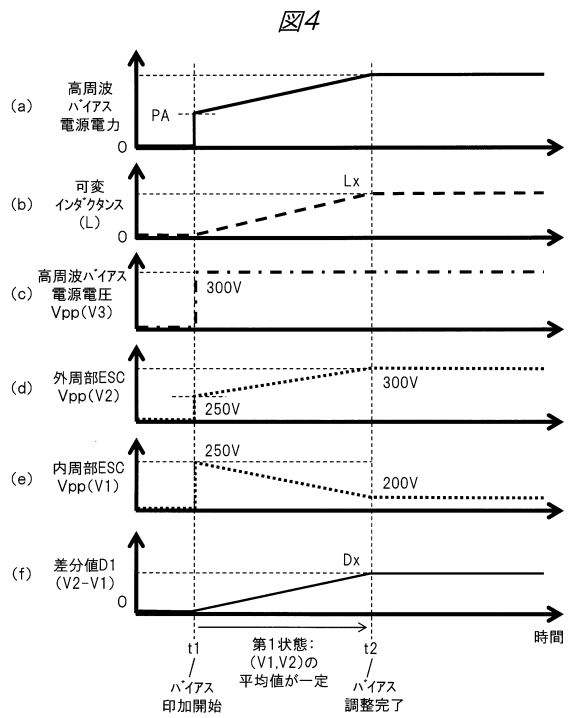
【図2】



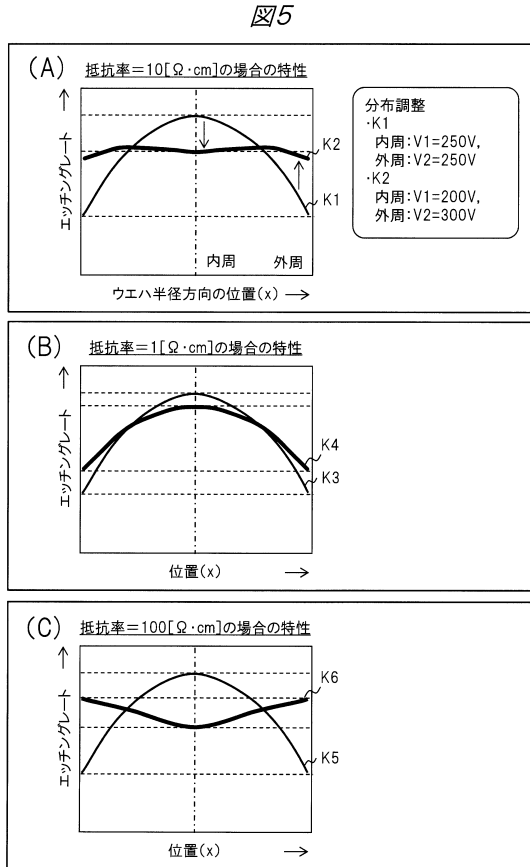
【図3】



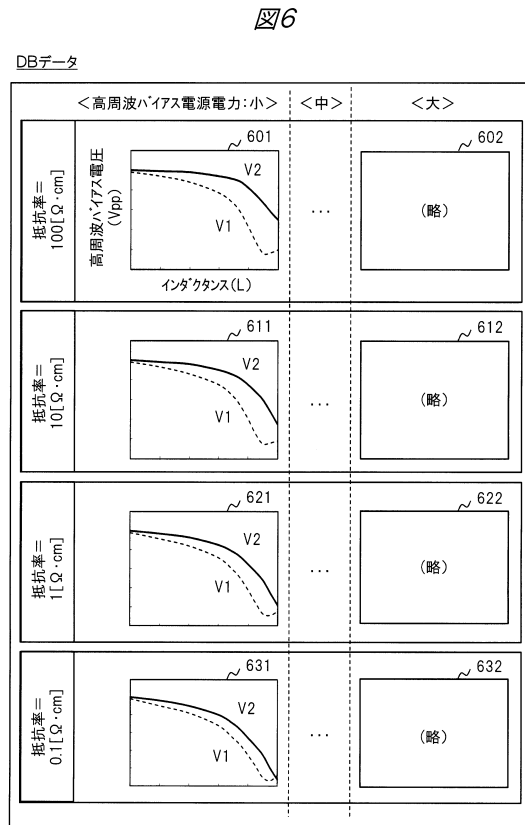
【図4】



【 図 5 】



【 図 6 】



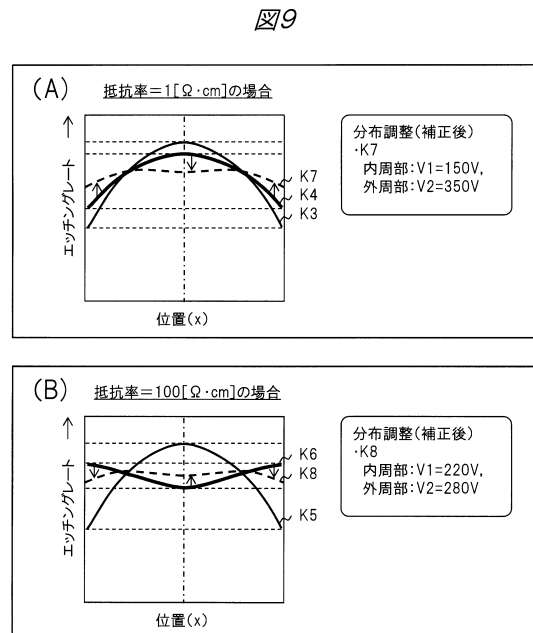
【 図 7 】

図7

モニタ値

時刻 (T)	インダクタンス (L)[Ω·cm]	外周部ESC 電圧値 (V2)[V]	内周部ESC 電圧値 (V1)[V]	電源 電圧値 (V3)[V]	電源 出力 比率
T0	0	250	250	250	1
T1	20	260	240	250	1.07
T2	30	270	230	250	1.15
T3	40	280	220	250	1.24
T4	50	290	210	250	1.35
T5	60	300	200	250	1.5
...

【 図 9 】



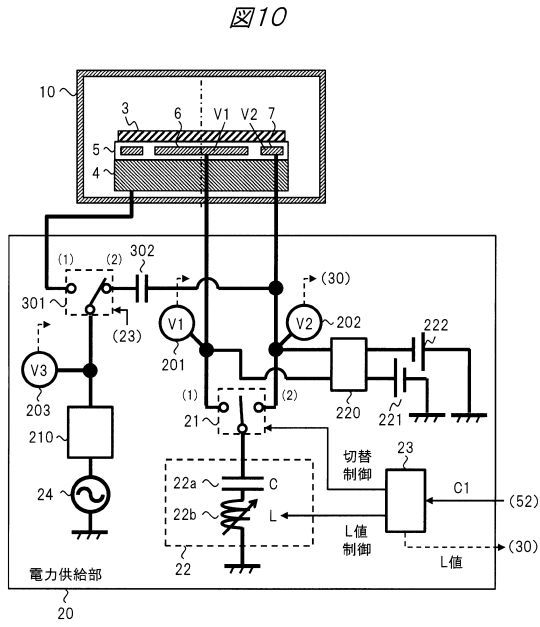
【 図 8 】

図8

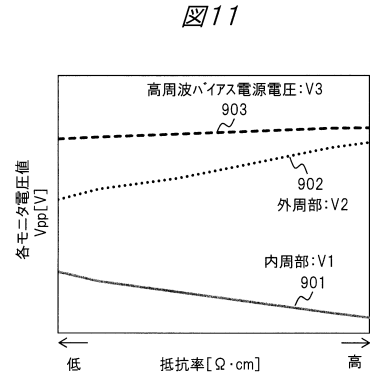
制御用テーブル

#	抵抗率 [Ω·cm]	制御性 比率	要補正Vpp差 (平らな分布) [V]	内周部ESC 補正後 電圧 (V1)[V]	外周部ESC 補正後 電圧 (V2)[V]
1	0.1	0.1	1000	—	—
2	1	0.5	200	150	350
3	10 (※基準)	1	100	200	300
4	100	1.6	60	220	280
...

【図10】



【図11】



【図12】

図12

#	抵抗率(R) [Ω·cm]	外周部ESC 電圧値 (V2)[V]	内周部ESC 電圧値 (V1)[V]	電源 電圧値 (V3)[V]	(V2-V1) /V3
1	0.1	60	27	95	0.3
2	1	68	16	98	0.5
3	10	78	10	99	0.7
4	100	84	8	100	0.8
...

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2008-244063(JP,A)
特開2011-228436(JP,A)
特開2010-080717(JP,A)
特開2003-142466(JP,A)
特開2008-182012(JP,A)
特開2008-244145(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/3065
H05H 1/46