

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4047616号
(P4047616)

(45) 発行日 平成20年2月13日 (2008. 2. 13)

(24) 登録日 平成19年11月30日 (2007. 11. 30)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 L 21/3065 (2006. 01)

B O 1 J 3/00 (2006. 01)

B O 1 J 19/08 (2006. 01)

C 2 3 C 16/509 (2006. 01)

H O 5 H 1/46 (2006. 01)

H O 1 L 21/302 I O 1 B

B O 1 J 3/00 J

B O 1 J 19/08 H

C 2 3 C 16/509

H O 5 H 1/46 M

請求項の数 16 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2002-101394 (P2002-101394)
 (22) 出願日 平成14年4月3日 (2002. 4. 3)
 (65) 公開番号 特開2003-297810 (P2003-297810A)
 (43) 公開日 平成15年10月17日 (2003. 10. 17)
 審査請求日 平成17年4月1日 (2005. 4. 1)

(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6号
 (74) 代理人 100125254
 弁理士 別役 重尚
 (74) 代理人 100118278
 弁理士 村松 聡
 (74) 代理人 100138922
 弁理士 後藤 夏紀
 (74) 代理人 100136858
 弁理士 池田 浩
 (74) 代理人 100135633
 弁理士 二宮 浩康

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】

被処理体を収容すると共に処理ガスが導入される真空容器と、前記真空容器の内部に配設され、前記被処理体を載置するディスク形状の下部電極と、前記真空容器において前記下部電極の上方に配設される上部電極と、高周波電力を供給する高周波電源とを有し、前記被処理体にプラズマ処理を施すプラズマ処理装置において、

前記高周波電源は前記下部電極に前記高周波電力を供給し、前記上部電極は、その中央部に配設された内側電極部と、該内側電極部の周囲に配設された外側電極部と、該外側電極部及び前記内側電極部の間に介在する絶縁部と、前記内側電極部及び前記外側電極部の間に接続された可変インピーダンス部とを有し、

前記可変インピーダンス部は、前記内側電極部を介して前記高周波電源に還流するリターン電流のうち、第1の周波数の前記リターン電流の値を変化させないと共に第2の周波数の前記リターン電流の値を変化させ、

前記第2の周波数は前記第1の周波数よりも高いことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 2】

被処理体を収容すると共に処理ガスが導入される真空容器と、前記真空容器の内部に配設され、前記被処理体を載置するディスク形状の下部電極と、前記真空容器において前記下部電極の上方に配設される上部電極と、互いに周波数が異なる少なくとも第1及び第2の電力を供給する高周波電源とを有し、前記被処理体にプラズマ処理を施すプラズマ処理装置であって、

前記高周波電源は前記下部電極に前記少なくとも第1及び第2の電力を供給し、前記上部電極は、その中央部に配設された内側電極部と、該内側電極部の周囲に配設された外側電極部と、該外側電極部及び前記内側電極部の間に介在する絶縁部と、前記内側電極部及び前記外側電極部の間に接続された可変インピーダンス部とを有し、

前記可変インピーダンス部は、前記内側電極部を介して前記高周波電源に還流するリターン電流のうち、前記第1の電力に対応するリターン電流の値を変更することなく、前記第2の電力に対応するリターン電流の値を変更し、

前記第2の電力の周波数は前記第1の電力の周波数より高いことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項3】

前記外側電極部は接地することを特徴とする請求項1又は2記載のプラズマ処理装置。

【請求項4】

前記絶縁部は Al_2O_3 又は SiO_2 から形成されることを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1項に記載のプラズマ処理装置。

【請求項5】

前記第2の周波数は100MHzであることを特徴とする請求項1、3及び4のいずれか1項に記載のプラズマ処理装置。

【請求項6】

前記第2の電力の周波数は100MHzであることを特徴とする請求項2乃至4のいずれか1項に記載のプラズマ処理装置。

【請求項7】

前記第1の周波数は3.2MHzであることを特徴とする請求項1、3、4及び5のいずれか1項に記載のプラズマ処理装置。

【請求項8】

前記第1の電力の周波数は3.2MHzであることを特徴とする請求項2、3、4及び6のいずれか1項に記載のプラズマ処理装置。

【請求項9】

被処理体を収容すると共に処理ガスが導入される真空容器と、前記真空容器の内部に配設され、前記被処理体を載置するディスク形状の下部電極と、前記真空容器において前記下部電極の上方に配設される上部電極と、高周波電力を供給する高周波電源とを有し、前記上部電極は、その中央部に配設された内側電極部と、該内側電極部の周囲に配設された外側電極部と、該外側電極部及び前記内側電極部の間に介在する絶縁部と、前記内側電極部及び前記外側電極部の間に接続された可変インピーダンス部とを有するプラズマ処理装置に適用されるプラズマ処理方法であって、

前記高周波電源が前記下部電極に前記高周波電力を供給する高周波電力供給ステップを有し、

該高周波電力供給ステップでは、前記可変インピーダンス部が、前記内側電極部を介して前記高周波電源に還流するリターン電流のうち、第1の周波数の前記リターン電流の値を変化させないと共に第2の周波数の前記リターン電流の値を変化させ、

前記第2の周波数は前記第1の周波数よりも高いことを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項10】

被処理体を収容すると共に処理ガスが導入される真空容器と、前記真空容器の内部に配設され、前記被処理体を載置するディスク形状の下部電極と、前記真空容器において前記下部電極の上方に配設される上部電極と、互いに周波数が異なる少なくとも第1及び第2の電力を供給する高周波電源とを有し、前記上部電極は、その中央部に配設された内側電極部と、該内側電極部の周囲に配設された外側電極部と、該外側電極部及び前記内側電極部の間に介在する絶縁部と、前記内側電極部及び前記外側電極部の間に接続された可変インピーダンス部とを有するプラズマ処理装置に適用されるプラズマ処理方法であって、

前記高周波電源が前記下部電極に前記少なくとも第1及び第2の電力を供給する高周波電力供給ステップを有し、

10

20

30

40

50

該高周波電力供給ステップでは、前記可変インピーダンス部が、前記内側電極部を介して前記高周波電源に還流するリターン電流のうち、前記第 1 の電力に対応するリターン電流の値を変更することなく、前記第 2 の電力に対応するリターン電流の値を変更し、

前記第 2 の電力の周波数は前記第 1 の電力の周波数より高いことを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項 1 1】

前記外側電極部は接地することを特徴とする請求項 9 又は 1 0 記載のプラズマ処理方法。

【請求項 1 2】

前記絶縁部は Al_2O_3 又は SiO_2 から形成されることを特徴とする請求項 9 乃至 1 1 のいずれか 1 項に記載のプラズマ処理方法。

10

【請求項 1 3】

前記第 2 の周波数は 1 0 0 M H z であることを特徴とする請求項 9、1 1 及び 1 2 のいずれか 1 項に記載のプラズマ処理方法。

【請求項 1 4】

前記第 2 の電力の周波数は 1 0 0 M H z であることを特徴とする請求項 1 0 乃至 1 2 のいずれか 1 項に記載のプラズマ処理方法。

【請求項 1 5】

前記第 1 の周波数は 3 . 2 M H z であることを特徴とする請求項 9、1 1、1 2 及び 1 3 のいずれか 1 項に記載のプラズマ処理方法。

20

【請求項 1 6】

前記第 1 の電力の周波数は 3 . 2 M H z であることを特徴とする請求項 1 0、1 1、1 2 及び 1 4 のいずれか 1 項に記載のプラズマ処理方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、プラズマ処理装置及びプラズマ処理方法に関し、特に被処理体である半導体ウエハにプラズマ処理を施すプラズマ処理装置に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

30

近年、半導体デバイスの製造プロセスでは、被処理体である半導体ウエハに対して、エッチングやスパッタリング、C V D（化学気相成長）等のプラズマ処理が施されている。

【0 0 0 3】

このようなプラズマ処理を施すためのプラズマ処理装置としては、種々のものが用いられるが、特に、下記の容量結合型平行平板プラズマ処理装置が主に用いられる。

【0 0 0 4】

この容量結合型平行平板プラズマ処理装置（図 6）は、半導体ウエハ 6 0 をその内部チャンバ（以下「チャンバ」という。）6 1 においてプラズマ処理する円筒形状の真空容器と、当該チャンバ 6 1 内の上部に配置された上部電極 6 2 及び同下部に配置された下部電極 6 3 からなる一対の平行平板電極とを備える。

40

【0 0 0 5】

当該容量結合型平行平板プラズマ処理装置は、上部電極 6 2 と対向するように下部電極 6 3 に載置された半導体ウエハ 6 0 に対してプラズマ処理を施す。このプラズマ処理を施すためのプラズマは、チャンバ 6 1 内に導入された処理ガスから平行平板電極間に形成された高周波電界によって生成される。

【0 0 0 6】

当該容量結合型平行平板プラズマ処理装置によって半導体ウエハ 6 0 上の膜、例えば酸化膜をエッチングする場合には、チャンバ 6 1 内を中圧にして、中密度プラズマを生成することにより最適ラジカル制御を可能とし、これにより適切なプラズマ状態を得た上で、安定性および再現性の高いエッチングを実現している。

50

【 0 0 0 7 】

このとき、半導体ウエハ 6 0 上で生成されたプラズマは、両極性拡散によって上部電極 6 2、チャンバ側壁 6 4 及び排気プレート 6 5 等のグラウンドに向かって等方的に拡散し、拡散されたプラズマは、グラウンドに到達すると高周波リターン電流を発生し、該高周波リターン電流はグラウンドから下部電極 6 3 に還流する。

【 0 0 0 8 】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、チャンバ 6 1 では、下部電極 6 3 上の半導体ウエハ 6 0 から上部電極 6 2 までの距離に対して半導体ウエハ 6 0 からチャンバ側壁 6 4 までの距離が長いのが一般的であり、生成されたプラズマの等方的な拡散により、チャンバ側壁 6 4 方向への拡散度合
10
が大きくなり、その結果、チャンバ側壁 6 4 方向に存在する半導体ウエハ 6 0 の周縁部におけるプラズマ密度が、上部電極 6 2 に対向する半導体ウエハ 6 0 の中心部におけるプラズマ密度よりも小さくなってチャンバ 6 1 内におけるプラズマ密度が不均一化し、半導体ウエハ 6 0 のエッチンググレード分布も不均一となる問題がある。

【 0 0 0 9 】

また、プラズマ密度の不均一化の要因としては、上述したプラズマの等方的な拡散に起因するものの他に、高周波電力が印加される平行平板電極における電極表面のインダクタンス及びプラズマからの反射波である高調波により電極表面に生成される定在波による半導体ウエハ 6 0 の径方向に関する高周波電界分布の不均一に起因するものが知られている。

【 0 0 1 0 】

この高周波電界分布の不均一を解消することによってプラズマ密度の不均一化を解消する装置としては、特開 2 0 0 0 - 3 2 3 4 5 6 号公報に記載されたプラズマ処理装置が知られている。
20

【 0 0 1 1 】

このプラズマ処理装置は、上部電極として、導電体又は半導体で構成された外側部分及び誘電体部材又は高抵抗部材で構成された中央部分からなる電極板を有し、当該上部電極に高周波電力が印加される。

【 0 0 1 2 】

このプラズマ処理装置では、中央部分が誘電体部材の場合には、その容量成分により電極板のプラズマと接する面の径方向のインダクタンス成分を打ち消すことができ、また、高抵抗部材の場合には、そこで多くの高周波電力がジュール熱として消費されるので、電極板のプラズマと接する面における中央部の電界強度の低下により高周波電界分布が均一となってプラズマ密度の均一化を達成することができる。
30

【 0 0 1 3 】

しかしながら、上述した特開 2 0 0 0 - 3 2 3 4 5 6 号公報記載のプラズマ処理装置において、高周波電力が印加される上部電極は外側部分と中央部分と材質が異なるので、外側部分と中央部分との間における電位差が生じやすく、これによる異常放電の発生により、上部電極の消耗が速いという問題があり、一般的に用いることができないものではなかった。
40

【 0 0 1 4 】

本発明の目的は、プラズマ密度の均一化を達成することができるプラズマ処理装置及びプラズマ処理方法を提供することにある。

【 0 0 1 5 】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、請求項 1 記載のプラズマ処理装置は、被処理体を収容すると共に処理ガスが導入される真空容器と、前記真空容器の内部に配設され、前記被処理体を載置するディスク形状の下部電極と、前記真空容器において前記下部電極の上方に配設される上部電極と、高周波電力を供給する高周波電源とを有し、前記被処理体にプラズマ処理を施すプラズマ処理装置において、前記高周波電源は前記下部電極に前記高周波電力を供給し、前記上部電極は、その中央部に配設された内側電極部と、該内側電極部の周囲
50

に配設された外側電極部と、該外側電極部及び前記内側電極部の間に介在する絶縁部と、前記内側電極部及び前記外側電極部の間に接続された可変インピーダンス部とを有し、前記可変インピーダンス部は、前記内側電極部を介して前記高周波電源に還流するリターン電流のうち、第1の周波数の前記リターン電流の値を変化させないと共に第2の周波数の前記リターン電流の値を変化させ、前記第2の周波数は前記第1の周波数よりも高いことを特徴とする。

請求項1記載のプラズマ処理装置によれば、可変インピーダンス部は、内側電極部を介して高周波電源に還流するリターン電流のうち、第1の周波数のリターン電流の値を変化させないと共に第2の周波数のリターン電流の値を変化させるので、第1の周波数のリターン電流の値を変化させることなく、プラズマの生成の主因である第2の周波数のリターン電流の値を変化させ、内側電極部の表面上におけるプラズマ密度を変化させることができる。

10

上記目的を達成するために、請求項2記載のプラズマ処理装置は、被処理体を収容すると共に処理ガスが導入される真空容器と、前記真空容器の内部に配設され、前記被処理体を載置するディスク形状の下部電極と、前記真空容器において前記下部電極の上方に配設される上部電極と、互いに周波数が異なる少なくとも第1及び第2の電力を供給する高周波電源とを有し、前記被処理体にプラズマ処理を施すプラズマ処理装置であって、前記高周波電源は前記下部電極に前記少なくとも第1及び第2の電力を供給し、前記上部電極は、その中央部に配設された内側電極部と、該内側電極部の周囲に配設された外側電極部と、該外側電極部及び前記内側電極部の間に介在する絶縁部と、前記内側電極部及び前記外側電極部の間に接続された可変インピーダンス部とを有し、前記可変インピーダンス部は、前記内側電極部を介して前記高周波電源に還流するリターン電流のうち、前記第1の電力に対応するリターン電流の値を変更することなく、前記第2の電力に対応するリターン電流の値を変更し、前記第2の電力の周波数は前記第1の電力の周波数より高いことを特徴とする。

20

請求項2記載のプラズマ処理装置によれば、可変インピーダンス部は、内側電極部を介して高周波電源に還流するリターン電流のうち、第2の電力に対応するリターン電流の値を変化させると共に第1の電力に対応するリターン電流の値を変化させないので、第1の電力に対応するリターン電流の値を変化させることなく、プラズマの生成の主因である第2の電力に対応するリターン電流の値を変化させ、内側電極部の表面上におけるプラズマ密度を変化させることができる。

30

請求項3記載のプラズマ処理装置は、請求項1又は2記載のプラズマ処理装置において、前記外側電極部は接地することを特徴とする。

請求項4記載のプラズマ処理装置は、請求項1乃至3のいずれか1項に記載のプラズマ処理装置において、前記絶縁部は Al_2O_3 又は SiO_2 から形成されることを特徴とする。

請求項5記載のプラズマ処理装置は、請求項1、3及び4のいずれか1項に記載のプラズマ処理装置において、前記第2の周波数は100MHzであることを特徴とする。

請求項6記載のプラズマ処理装置は、請求項2乃至4のいずれか1項に記載のプラズマ処理装置において、前記第2の電力の周波数は100MHzであることを特徴とする。

40

請求項7記載のプラズマ処理装置は、請求項1、3、4及び5のいずれか1項に記載のプラズマ処理装置において、前記第1の周波数は3.2MHzであることを特徴とする。

請求項8記載のプラズマ処理装置は、請求項2、3、4及び6のいずれか1項に記載のプラズマ処理装置において、前記第1の電力の周波数は3.2MHzであることを特徴とする。

上記目的を達成するために、請求項9記載のプラズマ処理方法は、被処理体を収容すると共に処理ガスが導入される真空容器と、前記真空容器の内部に配設され、前記被処理体を載置するディスク形状の下部電極と、前記真空容器において前記下部電極の上方に配設される上部電極と、高周波電力を供給する高周波電源とを有し、前記上部電極は、その中央部に配設された内側電極部と、該内側電極部の周囲に配設された外側電極部と、該外側

50

電極部及び前記内側電極部の間に介在する絶縁部と、前記内側電極部及び前記外側電極部の間に接続された可変インピーダンス部とを有するプラズマ処理方法であって、前記高周波電源が前記下部電極に前記高周波電力を供給する高周波電力供給ステップを有し、該高周波電力供給ステップでは、前記可変インピーダンス部が、前記内側電極部を介して前記高周波電源に還流するリターン電流のうち、第1の周波数の前記リターン電流の値を変化させないと共に第2の周波数の前記リターン電流の値を変化させ、前記第2の周波数は前記第1の周波数よりも高いことを特徴とする。

上記目的を達成するために、請求項10記載のプラズマ処理方法は、被処理体を収容すると共に処理ガスが導入される真空容器と、前記真空容器の内部に配設され、前記被処理体を載置するディスク形状の下部電極と、前記真空容器において前記下部電極の上方に配設される上部電極と、互いに周波数が異なる少なくとも第1及び第2の電力を供給する高周波電源とを有し、前記上部電極は、その中央部に配設された内側電極部と、該内側電極部の周囲に配設された外側電極部と、該外側電極部及び前記内側電極部の間に介在する絶縁部と、前記内側電極部及び前記外側電極部の間に接続された可変インピーダンス部とを有するプラズマ処理装置に適用されるプラズマ処理方法であって、前記高周波電源が前記下部電極に前記少なくとも第1及び第2の電力を供給する高周波電力供給ステップを有し、該高周波電力供給ステップでは、前記可変インピーダンス部が、前記内側電極部を介して前記高周波電源に還流するリターン電流のうち、前記第1の電力に対応するリターン電流の値を変更することなく、前記第2の電力に対応するリターン電流の値を変更し、前記第2の電力の周波数は前記第1の電力の周波数より高いことを特徴とする。

請求項11記載のプラズマ処理方法は、請求項9又は10記載のプラズマ処理方法において、前記外側電極部は接地することを特徴とする。

請求項12記載のプラズマ処理方法は、請求項9乃至11のいずれか1項に記載のプラズマ処理方法において、前記絶縁部は Al_2O_3 又は SiO_2 から形成されることを特徴とする。

請求項13記載のプラズマ処理方法は、請求項9、11及び12のいずれか1項に記載のプラズマ処理方法において、前記第2の周波数は100MHzであることを特徴とする。

請求項14記載のプラズマ処理方法は、請求項10乃至12のいずれか1項に記載のプラズマ処理方法において、前記第2の電力の周波数は100MHzであることを特徴とする。

請求項15記載のプラズマ処理方法は、請求項9、11、12及び13のいずれか1項に記載のプラズマ処理方法において、前記第1の周波数は3.2MHzであることを特徴とする。

請求項16記載のプラズマ処理方法は、請求項10、11、12及び14のいずれか1項に記載のプラズマ処理方法において、前記第1の電力の周波数は3.2MHzであることを特徴とする。

【0031】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の第1の実施の形態に係るプラズマ処理装置を詳述する。

【0032】

図1は、本発明の第1の実施の形態に係るプラズマ処理装置の概略構成を示す図である。

【0033】

図1において、プラズマエッチング処理装置1は、所定の直径の第1の円筒をなす下部と、該第1の円筒よりも直径が小さい第2の円筒をなす上部とを有してなるプラズマ処理容器2を備える。プラズマ処理容器2には、その上部において環状の永久磁石3が外嵌されている。

【0034】

また、プラズマ処理容器2は、その上部の頂部内側に下向きの凹部4を有し、その下部の底部に開口5を有する。このプラズマ処理容器2は導電性材料からなる。

【 0 0 3 5 】

プラズマ処理容器 2 において、底部の開口 5 は、該底部から立設されたステンレス等の導電性材料製のベローズ 7 を介して排気プレート 9 等によって閉鎖されている。ベローズ 7 は、プラズマ処理容器 2 の底部に立設された第 1 のベローズカバー 8 と、第 1 のベローズカバー 8 に嵌合するように排気プレート 9 に固定された第 2 のベローズカバー 10 によって保護される。頂部の凹部 4 は、複数の孔 11 があけられ、且つ上方に凸であるドーム形状の上部電極 12 で閉鎖されている。

【 0 0 3 6 】

排気プレート 9 は、複数の通気孔 13 を有するリング状の円盤であり、その中央部にディスク形状の下部電極 14 を有すると共に、プラズマ処理容器 2 の内部を、上部におけるチャンバ 15 と、下部における排気室 16 に画成する。このとき、上部電極 12 及び排気プレート 9 は、プラズマ処理容器 2 の内壁と共にチャンバ 15 の壁部を構成する。

10

【 0 0 3 7 】

下部電極 14 の中央部はドーム形状の上部電極 12 における頂部の下方に位置している。これにより、下部電極 14 に対向する上部電極 12 の高さは外側から中央部にかけて高くなる。

【 0 0 3 8 】

また、下部電極 14 の下面には、プラズマ処理容器 2 の下方から延びると共に、酸化処理された A1 等の導電性材料製の管状部材 17 と、管状部材 17 内に收容されていると共に下部電極 14 を上下方向に昇降させる昇降軸 18 が固定されている。下部電極 14 は、その下面及び側面が電極保護部材 19 で保護され、さらに電極保護部材 19 は、その下面及び側面が導電性部材 20 で覆われている。昇降軸 18 には高周波電源 6 が接続されている。

20

【 0 0 3 9 】

下部電極 14 の上面周囲にはインシュレータリング 21 が配され、インシュレータリング 21 の内側において下部電極 14 の上面には、静電チャック 22 が配されている。また、インシュレータリング 21 の上にはフォーカスリング 23 が配され、フォーカスリング 23 の内側において静電チャック 22 の上には、下部電極 14 の中央部において被処理物としての半導体ウエハ 24 が載置される。

【 0 0 4 0 】

プラズマ処理容器 2 は、その頂部にガス供給口 25 を有し、このガス供給口 25 には流量調整弁 26 及び開閉弁 27 を介してチャンバ 15 内への処理ガス供給のためのガス供給源 28 が接続され、且つその底部に排気口 29 を有し、この排気口 29 には、チャンバ 15 内を真空引きする真空ポンプ 30 が接続されている。

30

【 0 0 4 1 】

このように構成されたプラズマエッチング処理装置 1 は、半導体ウエハ 24 にプラズマ処理を施す際に、まず、不図示の駆動機構によって昇降軸 18 を上方に移動させて半導体ウエハ 24 を所定の位置まで移動し、高周波電源 6 により、高周波電力を下部電極 14 に印加する。

【 0 0 4 2 】

次いで、真空ポンプ 30 によりチャンバ 15 を所定の真空雰囲気中に減圧し、ガス供給源 28 からガス供給口 25 を介して CF 系ガスを含む処理ガスをチャンバ 15 に導入すると、上部電極 12 と下部電極 14 との間に形成された高周波電界によりグロー放電が生じて処理ガスから半導体ウエハ 24 上においてプラズマが生成される。

40

【 0 0 4 3 】

この生成されたプラズマは、グラウンドであるチャンバ 15 の壁部に向かって等方的に拡散して半導体ウエハ 24 上に分布し、例えば、酸化膜がマスクングされている半導体ウエハ 24 をエッチングする。

【 0 0 4 4 】

この生成されたプラズマの等方的な拡散において、プラズマエッチング処理装置 1 では、

50

半導体ウエハ 2 4 を載置するディスク形状の下部電極 1 4 に対するドーム形状の上部電極 1 2 の高さが外側から中央部にかけて高くなるので、半導体ウエハ 2 4 の中心部においてプラズマの上部電極 1 2 方向への拡散度合を大きくすることができる。

【 0 0 4 5 】

その後、グラウンドに到達したプラズマが高周波リターン電流を発生し、該高周波リターン電流は高周波電源 6 に還流する。

【 0 0 4 6 】

本第 1 の実施の形態に係るプラズマ処理装置によれば、下部電極 1 4 に対する上部電極 1 2 の高さが外側から中央部にかけて高くなるので、生成されたプラズマの等方的な拡散において、半導体ウエハ 2 4 の中心部における上部電極 1 2 方向への拡散度合を大きくすることができ、もって、半導体ウエハ 2 4 の中心部におけるプラズマ密度を小さくすることができ、半導体ウエハ 2 4 におけるプラズマ密度の均一化を達成することができる。

10

【 0 0 4 7 】

上述した実施の形態では、上部電極 1 2 が上方に凸であるドーム形状に形成されたが、上部電極 1 2 の形状は単純なドーム形状に限られるものではなく、この他、円筒又は円錐形状であってもよく、これらの形状が複合されたものであってもよい。すなわち、半導体ウエハ 2 4 上に生成されるプラズマの分布に応じて適宜、上部電極 1 2 を適切な形状で形成すればよい。

【 0 0 4 8 】

また、上部電極 1 2 を、ゴムで形成された O - R I N G 等を介して凹部 4 に嵌合するように構成し、且つ各々が異なる形状を呈する複数の上部電極 1 2 を準備すれば、上部電極 1 2 の交換が容易であると共に、種々のプラズマの分布に備えることができるので、半導体ウエハ 2 4 の種類、処理ガスの種類、又はマスクパターンの種類を変更したときの段取り替えを迅速且つ容易に行うことができる。

20

【 0 0 4 9 】

次に、本発明の第 2 の実施の形態に係るプラズマ処理装置を詳述する。

【 0 0 5 0 】

図 2 は、本発明の第 2 の実施の形態に係るプラズマ処理装置の概略構成を示す図である。

【 0 0 5 1 】

本第 2 の実施の形態は、その構成が上述した第 1 の実施の形態と基本的に同じであり、同じ構成要素については同一の符号を附して重複した説明を省略し、以下に異なる部位の説明を行う。

30

【 0 0 5 2 】

図 2 において、上部電極 3 1 は複数の孔 3 2 が空けられた円盤であって、上部電極 3 1 は、その外縁に沿って配設される導電体又は半導体からなる導電部 3 3 と、該導電部 3 3 の内側に配設され、且つ導電部 3 3 より抵抗が大きい A 1 からなる高抵抗部 3 4 とからなり、プラズマエッチング処理装置 1 は、下部電極 1 4 に高周波電力を供給する高周波電源 6 とを有する。

【 0 0 5 3 】

このとき、プラズマエッチング処理装置 1 において、上部電極 3 1 と下部電極 1 4 とは、各々の中央部が一致するように対向して配設されているので、高抵抗部 3 4 と下部電極 1 4 に載置された半導体ウエハ 2 4 の中央部とが対向する。

40

【 0 0 5 4 】

このプラズマエッチング処理装置 1 では、高周波電源 6 が下部電極 1 4 に高周波電流を印加することによってプラズマを生成する。

【 0 0 5 5 】

また、このプラズマエッチング処理装置 1 では、グラウンドに到達したプラズマが高周波リターン電流を発生し、該高周波リターン電流は高周波電源 6 に還流するが、該高抵抗部 3 4 における高周波リターン電流の抑制により、当該高抵抗部 3 4 の表面上におけるプラズマ密度を減少させて、当該高抵抗部 3 4 に対向する半導体ウエハの中心部におけるプラズ

50

マ密度を低下させる。

【 0 0 5 6 】

本第 2 の実施の形態に係るプラズマ処理装置によれば、下部電極 1 4 に高周波電力を印加することによってプラズマを生成するので、上部電極 3 1 において導電部 3 3 と高抵抗部 3 4 との間における電位差をなくし、異常放電の発生を防止して、上部電極 3 1 の消耗を抑制することができることに加え、上部電極 3 1 が、その中央部に配設された高抵抗部 3 4 と、高抵抗部 3 4 の内部に配設され、高抵抗部 3 4 より抵抗が小さい導電部 3 3 とからなるので、該高抵抗部 3 4 における高周波リターン電流の抑制により、当該高抵抗部 3 4 の表面上におけるプラズマ密度を減少させて、当該高抵抗部 3 4 に対向する半導体ウエハの中心部におけるプラズマ密度を低下させ、もって半導体ウエハ 2 4 上におけるプラズマ密度の均一化を達成することができる。

10

【 0 0 5 7 】

上述した本第 2 の実施の形態では、高抵抗部 3 4 を A 1 で形成したが、高抵抗部 3 4 の材料部は A 1 限られるものではなく、この他、S i 及び S i C 等の高抵抗体からなる群又は A l₂O₃ 及び S i O₂ 等の誘電体からなる群から選択された 1 つであってもよく、これらの材料が複合されたものであってもよい。すなわち、高抵抗部 3 4 の材料は、所定値以上の抵抗値を呈するものであればよく、これにより、高抵抗部における高周波リターン電流の抑制を確実に達成できると共に、これらの材料は安価に入手できるので、もって確実に安価にプラズマ密度の均一化を達成することができる。

20

【 0 0 5 8 】

また、互いに異なる抵抗値を呈する複数の高抵抗部 3 4 を準備すれば、種々のプラズマの分布に備えることができるので、半導体ウエハ 2 4 の種類、処理ガスの種類、又はマスクパターンの種類を変更したときの段取り替えを迅速且つ容易に行うことができる。

【 0 0 5 9 】

さらに、二周波ドライエッチングを行う際には、高抵抗部 3 4 のスキンドープ厚みを調整し、低周波電流に影響を与えずに高周波電流の経路を変化させること等によってプラズマの分布を均一にすることができる。

【 0 0 6 0 】

以下に、本発明の第 3 の実施の形態に係るプラズマ処理装置を詳述する。

【 0 0 6 1 】

図 3 は、本発明の第 3 の実施の形態に係るプラズマ処理装置の概略構成を示す図である。

30

【 0 0 6 2 】

本第 3 の実施の形態は、その構成が上述した第 1 の実施の形態と基本的に同じであり、同じ構成要素については同一の符号を附して重複した説明を省略し、以下に異なる部位の説明を行う。

【 0 0 6 3 】

図 3 において、上部電極 3 5 は複数の孔 3 6 が空けられた円盤であり、且つ上部電極 3 5 は、その中央部に配設された導電体からなる内側電極部 3 7 と、該内側電極部 3 7 の周囲に配設された導電体からなる外側電極部 3 8 と、該外側電極部 3 8 及び内側電極部 3 7 の間に介在する絶縁部 3 9 と、内側電極部 3 7 及び外側電極部 3 8 を可変インピーダンス素子 4 0 を介して連結する抵抗回路 4 1 とからなり、プラズマエッチング処理装置 1 は、下部電極 1 4 に高周波電力を供給する高周波電源 6 とを有する。

40

【 0 0 6 4 】

このとき、プラズマエッチング処理装置 1 において、上部電極 3 5 と下部電極 1 4 とは、各々の中央部が一致するように対向して配設されているので、内側電極部 3 7 と下部電極 1 4 の中央部とが対向し、内側電極部 3 7 と半導体ウエハ 2 4 の中心部とが対向する。

【 0 0 6 5 】

このプラズマエッチング処理装置 1 は、半導体ウエハ 2 4 にプラズマ処理を施す際に、下部電極 1 4 に高周波電流を印加することによってプラズマを生成する。

【 0 0 6 6 】

50

また、このプラズマエッチング処理装置 1 では、グラウンドに到達したプラズマは高周波リターン電流を発生し、該高周波リターン電流は高周波電源 6 に還流するが、当該可変インピーダンス素子 40 の抵抗値（インピーダンス）を変化させることにより、内側電極部 37 における高周波リターン電流の値を変化させ、内側電極部 37 の表面上におけるプラズマ密度を変化させることができる。すなわち、内側電極部 37 に対向する半導体ウエハの中心部におけるプラズマ密度を制御することができる。

【0067】

また、可変インピーダンス素子 40 を使用すると下記に示すように、異なる周波数域において個別に抵抗値を変化させることができる。

【0068】

以下、図面を用いて可変インピーダンス素子 40 を使用したときの異なる周波数域における抵抗値の個別変化について説明する。

【0069】

まず、可変インピーダンス素子 40 として可変インダクタを用いた場合について説明する。

【0070】

図 4 は、図 3 における可変インピーダンス素子 40 として可変インダクタを用いた場合における抵抗値の個別変化について説明する図である。

【0071】

図 4 (a) は、内側電極部 37 の外径 a 380 (mm) 及び外側電極部 38 の外径 b 400 (mm) である上部電極 35 の板厚及びインダクタンス容量を変化させたときの 100 (MHz) における抵抗値（インピーダンス）の変化を示し、図 4 (b) は、内側電極部 37 の外径 a 380 (mm) 及び外側電極部 38 の外径 b 400 (mm) である上部電極 35 の板厚及びインダクタンス容量を変化させたときの 3.2 (MHz) における抵抗値の変化を示す。

【0072】

図 4 (a) 及び図 4 (b) は、100 (MHz) における抵抗値がインダクタンス容量の増加に伴い増加し、且つある所定のインダクタンス容量を超えると当該抵抗値は急激に増加するが、3.2 (MHz) における抵抗値はインダクタンス容量の増加に対して極めて微量しか増加しないことを示す。

【0073】

これにより、可変インダクタを用いてインダクタンス容量を変化させると、内側電極部 37 において低周波域（例えば、3.2 (MHz)）のリターン電流の値を変化させることなく、プラズマの生成の主因である高周波域（例えば、100 (MHz)）の高周波リターン電流の値を変化させ、当該内側電極部 37 の表面上におけるプラズマ密度を変化させることができる。すなわち、低周波域のリターン電流の値を変化させることなく、当該内側電極部 37 に対向する半導体ウエハの中心部におけるプラズマ密度を制御することができる。

【0074】

図 4 (c) は、内側電極部 37 の外径 a 100 (mm) 及び外側電極部 38 の外径 b 120 (mm) である上部電極 35 の板厚及びインダクタンス容量を変化させたときの 100 (MHz) における抵抗値の変化を示し、図 4 (d) は、内側電極部 37 の外径 a 100 (mm) 及び外側電極部 38 の外径 b 120 (mm) である上部電極 35 の板厚及びインダクタンス容量を変化させたときの 3.2 (MHz) における抵抗値の変化を示す。

【0075】

図 4 (c) 及び図 4 (d) は、図 4 (a) 及び図 4 (b) と同様に、100 (MHz) における抵抗値がインダクタンス容量の増加に伴い増加し、3.2 (MHz) における抵抗値はインダクタンス容量の増加に対して極めて微量しか増加しないことを示す。

【0076】

また、図 4 (a) 及び図 4 (c) は、上部電極 35 の板厚又は内側電極部 37 及び外側電

10

20

30

40

50

極部 38 の外径が変化すると、100 (MHz) における抵抗値の増加度合いは変化し、且つ当該抵抗値が急激に増加する所定のインダクタンス容量も変化することを示す。

【0077】

これにより、上部電極 35 の板厚又は内側電極部 37 及び外側電極部 38 の外径を変化させても、高周波域の高周波リターン電流の値を変化させ、当該内側電極部 37 の表面上におけるプラズマ密度を変化させることができ、当該内側電極部 37 に対向する半導体ウエハの中心部におけるプラズマ密度を制御することができる。

【0078】

また、プラズマエッチング処理装置 1 の上部電極 35 における可変インピーダンス素子 40 として可変インダクタを用いる場合は、図 4 (a) 又は図 4 (c) における抵抗値が急激に増加する所定のインダクタンス容量までの間においてインダクタンス容量を変化させることが、制御安定性の観点から好ましい。

【0079】

次に、図 3 における可変インピーダンス素子 40 として、インダクタンスと並列に配列された可変コンデンサを用いた場合について説明する。

【0080】

図 5 は、図 3 における可変インピーダンス素子 40 として可変コンデンサを用いた場合における抵抗値の個別変化について説明する図である。

【0081】

図 5 (a) は、内側電極部 37 の外径 a 380 (mm) 及び外側電極部 38 の外径 b 400 (mm) である上部電極 35 の板厚及びコンデンサ容量 (キャパシタンス) を変化したときの 100 (MHz) における抵抗値の変化を示し、図 5 (b) は、内側電極部 37 の外径 a 380 (mm) 及び外側電極部 38 の外径 b 400 (mm) である上部電極 35 の板厚及びコンデンサ容量を変化したときの 3.2 (MHz) における抵抗値の変化を示す。

【0082】

図 5 (a) 及び図 5 (b) は、100 (MHz) における抵抗値がコンデンサ容量の増加に伴い増加する一方、3.2 (MHz) における抵抗値はコンデンサ容量の増加に対して変化しないことを示す。

【0083】

すなわち、可変コンデンサを用いてコンデンサ容量を変化させると、内側電極部 37 において低周波域のリターン電流の値を変化させることなく、プラズマの生成の主因である高周波域の高周波リターン電流の値を変化させ、当該内側電極部 37 の表面上におけるプラズマ密度を変化させることができ、当該内側電極部 37 に対向する半導体ウエハの中心部におけるプラズマ密度を制御することができる。

【0084】

図 5 (c) は、内側電極部 37 の外径 a 100 (mm) 及び外側電極部 38 の外径 b 120 (mm) である上部電極 35 の板厚及びコンデンサ容量を変化したときの 100 (MHz) における抵抗値の変化を示し、図 5 (d) は、内側電極部 37 の外径 a 100 (mm) 及び外側電極部 38 の外径 b 120 (mm) である上部電極 35 の板厚及びコンデンサ容量を変化したときの 3.2 (MHz) における抵抗値の変化を示す。

【0085】

図 5 (c) 及び図 5 (d) は、図 5 (a) 及び図 5 (b) と同様に、100 (MHz) における抵抗値がコンデンサ容量の増加に伴い増加し、3.2 (MHz) における抵抗値はコンデンサ容量の増加に対して変化しないことを示す。

【0086】

また、図 5 (a) 及び図 5 (c) は、上部電極 35 の板厚又は内側電極部 37 及び外側電極部 38 の外径が変化すると、100 (MHz) における抵抗値の増加度合いは変化することを示す。

【0087】

10

20

30

40

50

すなわち、上部電極 35 の板厚又は内側電極部 37 及び外側電極部 38 の外径を変化させても、高周波域の高周波リターン電流の値を変化させ、当該内側電極部 37 の表面上におけるプラズマ密度を変化させることができ、当該内側電極部 37 に対向する半導体ウエハの中心部におけるプラズマ密度を制御することができるのは、可変インピーダンス素子 40 として可変インダクタを用いた場合と同様である。

【0088】

また、図 5 (a) 及び図 5 (c) は可変インピーダンス素子 40 として可変コンデンサを用いると、可変インダクタを用いた場合である図 4 (a) 及び図 4 (c) における抵抗値の如く、抵抗値が急激に立ち上がることがない。

【0089】

すなわち、プラズマエッチング処理装置 1 の上部電極 35 における可変インピーダンス素子 40 として可変コンデンサを用いることが、制御安定性の観点から好ましい。

【0090】

尚、上記いずれの場合においても絶縁部 39 は Al_2O_3 や SiO_2 等により形成される。

【0091】

本第 3 の実施の形態に係るプラズマ処理装置によれば、下部電極 14 に高周波電力を印加することによってプラズマを生成するので、上部電極 35 において内側電極部 37 と外側電極部 38 との間における電位差をなくし、異常放電の発生を防止して、上部電極 35 の消耗を抑制することができることに加え、上部電極 35 は、その中央部に配設された導電体からなる内側電極部 37 と、該内側電極部 37 の周囲に配設された導電体からなる外側電極部 38 と、該外側電極部 38 及び内側電極部 37 の間に介在する絶縁部 39 と、内側電極部 37 及び外側電極部 38 を可変インピーダンス素子 40 を介して連結する抵抗回路 41 とを有するので、当該可変インピーダンス素子 40 の抵抗値を変化させることにより、内側電極部 37 における高周波リターン電流を変化させ、当該内側電極部 37 の表面上におけるプラズマ密度を変化させることができ、その結果、当該内側電極部 37 に対向する半導体ウエハの中心部におけるプラズマ密度を制御することができ、プラズマ密度の不均一の発生を容易に防ぐことができる。

【0092】

さらに、本第 3 の実施の形態に係るプラズマ処理装置は、抵抗値を変化させるだけで内側電極部 37 に対向する半導体ウエハの中心部におけるプラズマ密度を制御することができるので、種々のプラズマの分布に備えることができ、半導体ウエハ 24 の種類、処理ガスの種類、又はマスクパターンの種類を変更したときの段取り替えを迅速且つ容易に行うことができる。

【0093】

このとき、可変インピーダンス素子 40 が、可変インダクタ又は可変コンデンサのいずれかであるのがよい。これにより、容易に抵抗を変化できると共に、これらは安価に入手でき、もって容易且つ安価にプラズマ密度の不均一の発生を防ぐことができ、特に、可変コンデンサを用いるのが、高周波域の抵抗値が急激に立ち上がることがないので、制御安定性の観点から好ましい。

【0094】

また、内側電極部 37 及び外側電極部 38 を、可変インピーダンス素子 40 の代わりに所定の抵抗値を呈する電気抵抗を介して連結してもよい。このときの内側電極部 37 における高周波リターン電流の抑制により、当該内側電極部 37 の表面上におけるプラズマ密度を減少させて、当該内側電極部 37 に対向する半導体ウエハの中心部におけるプラズマ密度を低下させ、もって半導体ウエハ 24 上におけるプラズマ密度の均一化を達成することができる。

【0095】

以上、本発明の実施の形態を第 1 ~ 第 3 の実施の形態に分けて説明したが、これらの実施の形態は常に単独で実施する必要はなく、互いの実施の形態を組み合わせる実施してもよく、例えば、本第 1 の実施の形態における上部電極 12 を、その中央部に配設された高抵

10

20

30

40

50

抗部と、該高抵抗部の周囲に配設されると共に高抵抗部より抵抗が小さい導電部とによって構成してもよく、又は、本第1の実施の形態における上部電極12を、その中央部に配設された導電体からなる内側電極部と、該内側電極部の周囲に配設された導電体からなる外側電極部と、該外側電極部及び内側電極部の間に介在する絶縁部と、内側電極部及び外側電極部を可変インピーダンス素子を介して連結する抵抗回路とによって構成してもよい。

【0096】

【発明の効果】

以上詳細に説明したように、請求項1記載のプラズマ処理装置によれば、可変インピーダンス部は、内側電極部を介して高周波電源に還流するリターン電流のうち、第1の周波数のリターン電流の値を変化させないと共に第2の周波数のリターン電流の値を変化させるので、第1の周波数のリターン電流の値を変化させることなく、プラズマの生成の主因である第2の周波数のリターン電流の値を変化させ、内側電極部の表面上におけるプラズマ密度を変化させることができる。

10

請求項2記載のプラズマ処理装置によれば、可変インピーダンス部は、内側電極部を介して高周波電源に還流するリターン電流のうち、第2の電力に対応するリターン電流の値を変化させると共に第1の電力に対応するリターン電流の値を変化させないので、第1の電力に対応するリターン電流の値を変化させることなく、プラズマの生成の主因である第2の電力に対応するリターン電流の値を変化させ、内側電極部の表面上におけるプラズマ密度を変化させることができる。

20

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1の実施の形態に係るプラズマ処理装置の概略構成を示す図である。

【図2】 本発明の第2の実施の形態に係るプラズマ処理装置の概略構成を示す図である。

【図3】 本発明の第3の実施の形態に係るプラズマ処理装置の概略構成を示す図である。

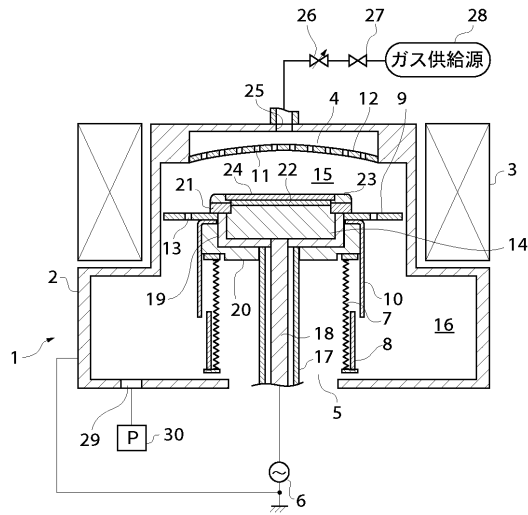
【図4】 (a)～(d)は、図3における可変インピーダンス素子40として可変インダクタを用いた場合における抵抗値の個別変化について説明する図である。

【図5】 (a)～(d)は、図3における可変インピーダンス素子40として可変コンデンサを用いた場合における抵抗値の個別変化について説明する図である。

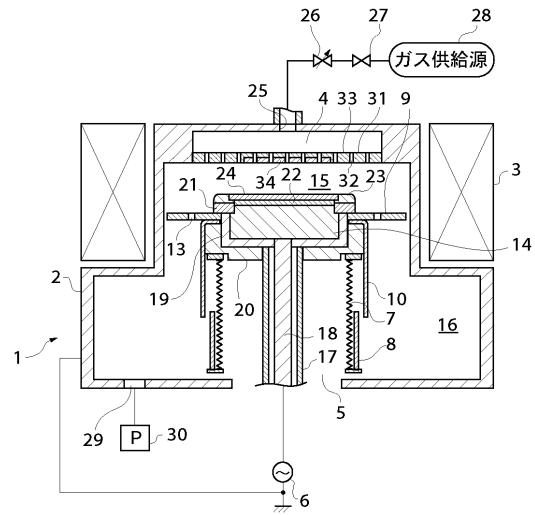
30

【図6】 従来の容量結合型平行平板プラズマ処理装置の概略構成を示す図である。

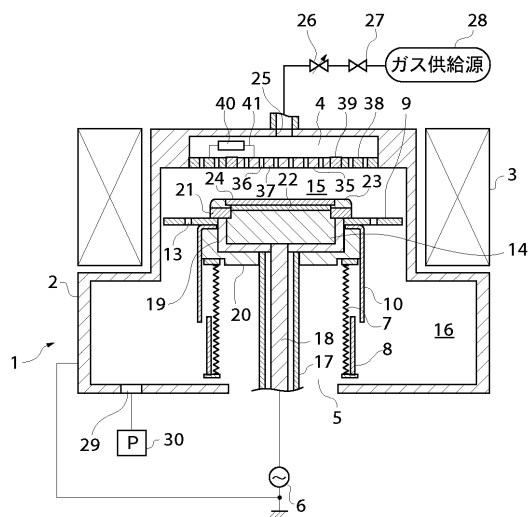
【図 1】



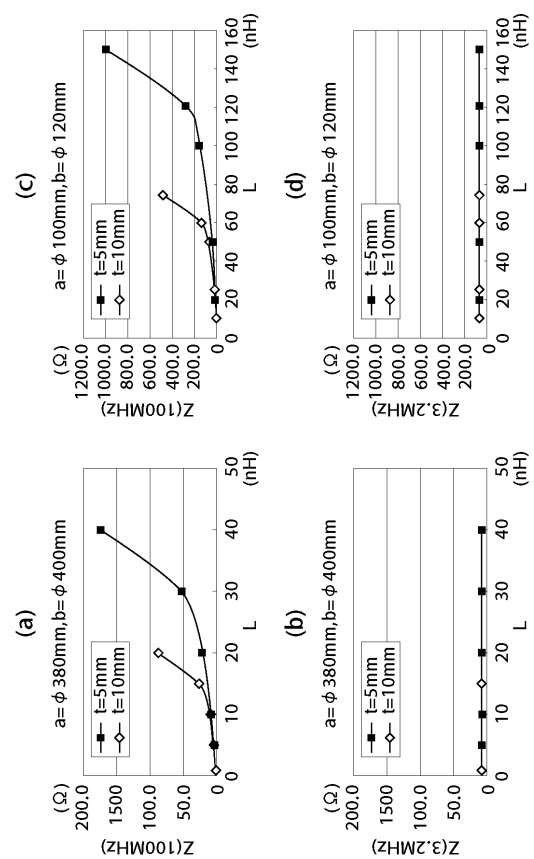
【図 2】



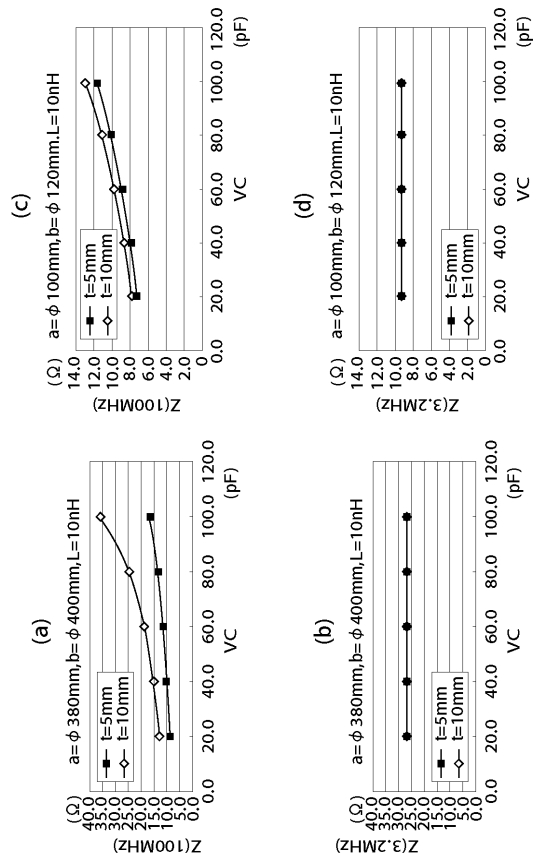
【図 3】



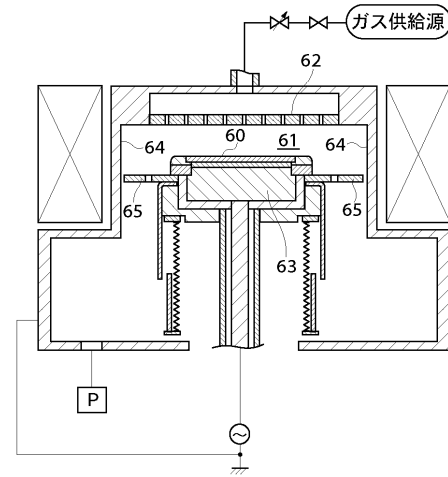
【図 4】



【図 5】



【図 6】



フロントページの続き

(73)特許権者 000003078

株式会社東芝

東京都港区芝浦一丁目1番1号

(74)代理人 100125254

弁理士 別役 重尚

(72)発明者 檜森 慎司

東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放送センター 東京エレクトロン株式会社内

(72)発明者 酒井 伊都子

東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社 東芝内

審査官 長谷部 智寿

(56)参考文献 特開平03-014228(JP,A)

特開平04-157164(JP,A)

特開平07-074159(JP,A)

特開2000-156370(JP,A)

特開2001-313286(JP,A)

実開平07-003133(JP,U)

特開2000-286235(JP,A)

特開2000-100789(JP,A)

特開2000-286242(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/3065

B01J 3/00

B01J 19/08

C23C 16/509

H05H 1/46