

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4607517号  
(P4607517)

(45) 発行日 平成23年1月5日(2011.1.5)

(24) 登録日 平成22年10月15日(2010.10.15)

(51) Int.Cl.	F I
HO 1 L 21/3065 (2006.01)	HO 1 L 21/302 I O 1 G
HO 5 H 1/00 (2006.01)	HO 5 H 1/00 A
HO 5 H 1/46 (2006.01)	HO 5 H 1/46 M

請求項の数 16 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2004-231445 (P2004-231445)	(73) 特許権者	000219967 東京エレクトロン株式会社 東京都港区赤坂五丁目3番1号
(22) 出願日	平成16年8月6日(2004.8.6)	(74) 代理人	100086564 弁理士 佐々木 聖孝
(65) 公開番号	特開2005-123578 (P2005-123578A)	(72) 発明者	前橋 聡 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
(43) 公開日	平成17年5月12日(2005.5.12)	(72) 発明者	速水 利泰 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
審査請求日	平成19年8月3日(2007.8.3)	(72) 発明者	梅原 直征 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
(31) 優先権主張番号	特願2003-311144 (P2003-311144)		
(32) 優先日	平成15年9月3日(2003.9.3)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		
(31) 優先権主張番号	特願2003-333758 (P2003-333758)		
(32) 優先日	平成15年9月25日(2003.9.25)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマ処理装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

被処理基板にプラズマ処理を施すための減圧された空間を与える処理容器と、  
前記処理容器内に配置される第1の電極と、  
前記処理容器内に処理ガスを供給するための処理ガス供給部と、  
プラズマ生成用の高周波電圧を出力する高周波電源と、  
前記高周波電源からの前記高周波電圧を前記第1の電極に供給するために前記第1の電極に接続される高周波給電用の導体と、  
前記処理容器の外に設置され、前記高周波電源に電氣的に接続される入力端子と、前記高周波給電用導体に電氣的に接続される出力端子とを有し、前記高周波電源側と負荷側との間でインピーダンスの整合をとる整合器と、  
前記第1の電極または前記高周波給電用導体の静電的な表面電位を静電容量を介して非接触で計測して前記直流電位を求める直流電位測定部と  
を有し、  
前記整合器と前記処理容器との間で前記高周波給電用導体がグランド電位に接続された筒状の導体で周囲を囲まれ、  
前記筒状導体が、一方の端部が前記処理容器に結合される第1の筒状導体部と、一方の端部が前記整合器に結合される第2の筒状導体部と、前記第1および第2の筒状導体部のそれぞれの他方の端部を互いに着脱可能に接続するための第1の継手部とを有し、前記第1の継手部に前記直流電位測定部のプローブが取り付けられる、

10

20

プラズマ処理装置。

【請求項 2】

前記高周波給電用導体が、一方の端部が前記第 1 の電極の背面部に固着される第 1 の棒状導体と、一方の端部が前記整合器の出力端子に固着される第 2 の棒状導体と、前記第 1 および第 2 の棒状導体のそれぞれの他方の端部を互いに着脱可能に接続するための第 2 の継手部とを有し、前記第 2 の継手部は前記第 1 の継手と対応する位置に設けられる、請求項 1 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 3】

前記処理容器内に前記第 1 の電極と平行に対向して配置される第 2 の電極を有する、請求項 1 または請求項 2 に記載のプラズマ処理装置。

10

【請求項 4】

前記第 1 の電極の上に前記被処理基板が配置され、前記第 2 の電極に前記第 1 の電極に向けて前記処理ガスを吐出するための通気孔が設けられる、請求項 3 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 5】

処理装置において互いに接合する導電性部材間の電氣的抵抗を低減させるために前記導電性部材の間に設けられる電氣的接合部材であって、

弾性体の表面にアルミニウムからなる表面金属層を形成して構成された電氣的接合部材。

【請求項 6】

前記弾性体が金属材料からなるスパイラルである、請求項 5 に記載の電氣的接合部材。

20

【請求項 7】

前記弾性体を構成する金属材料がチタン、ステンレスまたは銅合金である、請求項 6 に記載の電氣的接合部材。

【請求項 8】

前記弾性体が有機化合物材料からなる、請求項 5 に記載の電氣的接合部材。

【請求項 9】

処理装置において互いに接合する導電性部材間の電氣的抵抗を低減させるために前記導電性部材の間に設けられる電氣的接合部材であって、

第 1 の金属材料からなる弾性体の表面に、前記第 1 の金属材料よりも比抵抗値が小さくかつプロセスに悪影響を及ぼさない第 2 の金属材料からなる表面金属層を形成して構成された電氣的接合部材。

30

【請求項 10】

前記弾性体がスパイラルである、請求項 9 に記載の電氣的接合部材。

【請求項 11】

前記第 1 の金属材料がチタン、ステンレスまたは銅合金である、請求項 9 または請求項 10 に記載の電氣的接合部材。

【請求項 12】

前記第 2 の金属材料がアルミニウムである、請求項 9 ~ 11 のいずれか一項に記載の電氣的接合部材。

40

【請求項 13】

前記表面金属層が蒸着または CVD により弾性体の表面に形成される、請求項 5 ~ 12 のいずれか一項に記載の電氣的接合部材。

【請求項 14】

前記表面金属層の厚さが 100 μm 以下である、請求項 5 ~ 13 のいずれか一項に記載の電氣的接合部材。

【請求項 15】

前記互いに接合する導電性部材間で高周波が流れる、請求項 5 ~ 14 のいずれか一項に記載の電氣的接合部材。

【請求項 16】

50

複数の導電性部材を組み立てて構成され、高周波を用いて処理ガスをプラズマ化させて、前記処理ガスのプラズマにより被処理基板に対して所定の処理を行うプラズマ処理装置において、

互いに接合する前記導電性部材の間に請求項5～15のいずれか一項に記載の電氣的接合部材を設けたプラズマ処理装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、プラズマ処理装置に係り、特に高周波電源からの高周波を伝搬し、または印加される部材の直流電位を測定する方法および装置に関する。

10

【背景技術】

【0002】

一般に、平行平板型のプラズマ処理装置では、プラズマ生成用の高周波(RF)が印加される電極または高周波電極に負の直流電位 $V_{dc}$ が生成される。このことから、平行平板型プラズマエッチング装置では、被処理基板を載置する下部電極またはサセプタに高周波を印加して、サセプタ表面上の負の直流電位 $V_{dc}$ によりプラズマ中のイオンを電界の力で基板表面に垂直に引っ張り込んで異方性のエッチングまたは反応性イオンエッチング(RIE)を行うことも多用されている。また、そのような高周波電極上の直流電位 $V_{dc}$ は、エッチング条件や処理容器内の高周波放電状態等とも相関関係がある。たとえば、処理容器内のガス圧力が低下すると、直流電位 $V_{dc}$ の絶対値が増大する。また、高周波放電系の中で経時劣化などによる異常箇所が生ずると、それが直流電位 $V_{dc}$ に反映する(通常は $V_{dc}$ の絶対値が増大する)。このことから、直流電位 $V_{dc}$ をプラズマ処理条件の変動を示すプロセス上のパラメータ、あるいは高周波部品または部材の修理または交換時機を示すメンテナンス上のパラメータとして測定することも行なわれている。

20

【0003】

従来は、高周波電極またはそれと直結される給電棒に電圧センス線を接続し、電圧センス線で感知した直流電位 $V_{dc}$ をアナログの直流電圧として電圧測定回路に取り込んで、直流電位 $V_{dc}$ の測定値を求めていた。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

30

【0004】

最近のプラズマ処理装置では、プラズマプロセッシングの効率化や微細化を図るために、使用する高周波のパワーを高くする傾向があり、それに伴って給電棒ないし高周波電極を伝搬する高周波電圧のピーク対ピーク値も大きくなっている。このため、従来のように高周波電極ないし給電棒に電圧センス線を接触させて直流電位 $V_{dc}$ を電圧測定回路に取り込む測定法においては、本来は高周波電極へ供給されるべき高周波が電圧測定ユニットの取付箇所ユニット内測定回路あるいはユニット筐体を介してグランドへ流れ(漏電または放電)、測定ユニット自体が故障または破損するおそれがあるだけでなく処理容器内の高周波放電ないしプラズマ生成の特性ひいてはプラズマ処理の品質に悪影響を与えるという問題があった。

40

【0005】

本発明は、かかる従来技術の問題点に鑑みてなされたもので、高周波電源からの高周波を伝搬し、または印加される部材の直流電位を安全確実かつ簡便に測定できるようにしたプラズマ処理装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記の目的を達成するために、本発明のプラズマ処理装置は、被処理基板にプラズマ処理を施すための減圧された空間を与える処理容器と、前記処理容器内に配置される第1の電極と、前記処理容器内に処理ガスを供給するための処理ガス供給部と、プラズマ生成用の高周波電圧を出力する高周波電源と、前記高周波電源からの前記高周波電圧を前記第1

50

の電極に供給するために前記第1の電極に接続される高周波給電用の導体と、前記処理容器の外に設置され、前記高周波電源に電氣的に接続される入力端子と、前記高周波給電用導体に電氣的に接続される出力端子とを有し、前記高周波電源側と負荷側との間でインピーダンスの整合をとる整合器と、前記第1の電極または前記高周波給電用導体の静電的な表面電位を静電容量を介して非接触で計測して前記直流電位を求める直流電位測定部とを有し、前記整合器と前記処理容器との間で前記高周波給電用導体がグランド電位に接続された筒状の導体で周囲を囲まれ、前記筒状導体が、一方の端部が前記処理容器に結合される第1の筒状導体部と、一方の端部が前記整合器に結合される第2の筒状導体部と、前記第1および第2の筒状導体部のそれぞれの他方の端部を互いに着脱可能に接続するための第1の継手部とを有し、前記第1の継手部に前記直流電位測定部のプローブが取り付けられる。

10

#### 【0009】

本発明のプラズマ処理装置では、高周波電源からの高周波電圧が伝搬する給電棒あるいは該高周波電圧の印加を受ける電極（高周波電極）上の表面電位が導体を介さずに静電容量を介して非接触で測定され、その表面電位の測定値を示す信号から直流電位の測定値が求められる。このように非接触方式であるから、高周波パワーを高くしても、計測点で高周波が漏電または放電するおそれはなく、処理容器内の高周波放電ないしプラズマ生成に影響を与えることなく安全確実に直流電位の測定値を求めることができる。

また、本発明のプラズマ処理装置においては、高周波給電用導体を囲んでグランド電位に接続される筒状導体が、一方の端部が処理容器に結合される第1の筒状導体部と、一方の端部が整合器に結合される第2の筒状導体部と、第1および第2の筒状導体部のそれぞれの他方の端部を互いに着脱可能に接続するための第1の継手部とを有し、この第1の継手部に直流電位測定部のプローブが取り付けられる。かかる構成によれば、高周波給電用導体に近接して着脱可能に設けられる第2の継手部に直流電位測定部のプローブが取り付けられるので、測定部の調整やメンテナンスが簡単であり、既存の処理装置への適用も容易である。

20

#### 【0010】

本発明のプラズマ処理装置における典型的な一形態は、処理容器内に第1の電極と平行に対向して第2の電極が配置される構成である。このような平行平板型の装置では、典型的な一形態として、第1の電極の上に被処理基板が配置され、第2の電極に第1の電極に向けて処理ガスを吐出するための通気孔が設けられる。

30

#### 【0011】

本発明の好適に一態様においては、高周波給電用導体が、一方の端部が第1の電極の背面部に固着される第1の棒状導体と、一方の端部が整合器の出力端子に固着される第2の棒状導体と、第1および第2の棒状導体のそれぞれの他方の端部を互いに着脱可能に接続するための第2の継手部とを有し、第2の継手部は第1の継手と対応する位置に設けられる。

#### 【発明の効果】

#### 【0013】

本発明によれば、上記のような構成および作用により、プラズマ処理装置において高周波電源からの高周波を伝搬し、または印加される部材の直流電位を安全確実に測定することができる。

40

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0014】

以下、添付図を参照して本発明の好適な実施の形態を説明する。

#### 【0015】

図1に、本発明の一実施形態によるプラズマ処理装置の構成を示す。このプラズマ処理装置は、RIE型のプラズマエッチング装置として構成されており、たとえばアルミニウムまたはステンレス鋼等の金属製の円筒型チャンバ（処理容器）10を有している。チャンバ10は保安接地されている。

50

## 【 0 0 1 6 】

チャンバ 1 0 内には、被処理基板としてたとえば半導体ウエハ W を載置する円板状の下部電極またはサセプタ 1 2 が設けられている。このサセプタ 1 2 は、たとえばアルミニウムからなり、絶縁性の筒状保持部 1 4 を介してチャンバ 1 0 の底から垂直上方に延びる筒状支持部 1 6 に支持されている。筒状保持部 1 4 の上面には、サセプタ 1 2 の上面を環状に囲むたとえば石英からなるフォーカスリング 1 8 が配置されている。

## 【 0 0 1 7 】

チャンバ 1 0 の側壁と筒状支持部 1 6 との間には環状に排気路 2 0 が形成され、この排気路 2 0 の入口または途中で環状のバツフル板 2 2 が取り付けられるとともに底部に排気口 2 4 が設けられている。この排気口 2 4 に排気管 2 6 を介して排気装置 2 8 が接続されている。排気装置 2 8 は、真空ポンプを有しており、チャンバ 1 0 内の処理空間を所定の真空度まで減圧することができる。チャンバ 1 0 の側壁には、半導体ウエハ W の搬入出口を開閉するゲートバルブ 3 0 が取り付けられている。

10

## 【 0 0 1 8 】

サセプタ 1 2 には、プラズマ生成および R I E 用の高周波電源 3 2 が整合器 3 4 および給電棒 3 6 を介して電氣的に接続されている。この高周波電源 3 2 は、所定の高周波数たとえば 6 0 M H z の高周波電圧を下部電極つまりサセプタ 1 2 に供給する。チャンバ 1 0 の天井部には、後述するシャワーヘッド 3 8 が接地電位の上部電極として設けられている。したがって、高周波電源 3 2 からの高周波電圧はサセプタ 1 2 とシャワーヘッド 3 8 との間に印加される。

20

## 【 0 0 1 9 】

サセプタ 1 2 の上面には半導体ウエハ W を静電吸着力で保持するための静電チャック 4 0 が設けられている。この静電チャック 4 0 は導電膜からなる電極 4 0 a を一対の絶縁膜 4 0 b , 4 0 c の間に挟み込んだものであり、電極 4 0 a には直流電源 4 2 が電氣的に接続されている。直流電源 4 2 からの直流電圧により、クーロン力で半導体ウエハ W をチャック上に吸着保持することができる。

## 【 0 0 2 0 】

サセプタ 1 2 の内部には、たとえば円周方向に延びる環状の冷媒室 4 4 が設けられている。この冷媒室 4 4 には、チラーユニット 4 6 より配管 4 8 , 5 0 を介して所定温度の冷媒たとえば冷却水が循環供給される。冷媒の温度によって静電チャック 4 0 上の半導体ウエハ W の処理温度を制御できる。さらに、伝熱ガス供給部 5 2 からの伝熱ガスたとえば H e ガスが、ガス供給管 5 4 を介して静電チャック 4 0 の上面と半導体ウエハ W の裏面との間に供給される。

30

## 【 0 0 2 1 】

天井部のシャワーヘッド 3 8 は、多数のガス通気孔 5 6 a を有する下面の電極板 5 6 と、この電極板 5 6 を着脱可能に支持する電極支持体 5 8 とを有する。電極支持体 5 8 の内部にバツファ室 6 0 が設けられ、このバツファ室 6 0 のガス導入口 6 0 a には処理ガス供給部 6 2 からのガス供給管 6 4 が接続されている。

## 【 0 0 2 2 】

チャンバ 1 0 の周囲には、環状または同心状に延在する磁石 6 6 が配置されている。チャンバ 1 0 内において、シャワーヘッド 3 8 とサセプタ 1 2 との間の空間には、高周波電源 3 2 により鉛直方向の R F 電界が形成される。高周波の放電により、サセプタ 1 2 の表面近傍に高密度のプラズマを生成することができる。

40

## 【 0 0 2 3 】

制御部 6 8 は、このプラズマエッチング装置内の各部たとえば排気装置 2 8 、高周波電源 3 2 、チラーユニット 4 6 、伝熱ガス供給部 5 2 および処理ガス供給部 6 2 等の動作を制御するもので、後述する表面電位測定部 7 0 からの表面電位測定値 ( 信号 ) を基に直流電位  $V_{dc}$  の測定値を求めるための信号処理または演算処理も行う。また、ホストコンピュータ等の外部装置 ( 図示せず ) とも接続されている。

## 【 0 0 2 4 】

50

このプラズマエッチング装置において、エッチングを行なうには、先ずゲートバルブ30を開状態にして加工対象の半導体ウエハWをチャンバ10内に搬入して、静電チャック40の上に載置する。そして、処理ガス供給部62よりエッチングガス(一般に混合ガス)を所定の流量および流量比でチャンバ10内に導入し、排気装置28によりチャンバ10内の圧力を設定値にする。さらに、高周波電源32より所定のパワーで高周波電力をサセプタ12に供給する。また、直流電源42より直流電圧を静電チャック40の電極40aに印加して、半導体ウエハWを静電チャック40上に固定する。シャワーヘッド38より吐出されたエッチングガスは両電極12, 38間で高周波の放電によってプラズマ化し、このプラズマで生成されるラジカルやイオンによって半導体ウエハWの主面がエッチングされる。

10

**【0025】**

このプラズマエッチング装置では、高周波電源32からの高周波がサセプタ12に印加されている間は、整合器34内に含まれるコンデンサがブロッキング・キャパシタとして作用することにより、整合器34の出力側に接続される給電棒36およびサセプタ12には直流成分または直流電位 $V_{dc}$ が生成される。かかる直流電位 $V_{dc}$ は、いわゆる自己バイアス電圧として反応性イオンエッチング(RIE)を可能にするとともに、エッチング条件の変動を示すパラメータあるいは関連部品または部材の交換時期を示すメンテナンス上のパラメータとなり得るものである。

**【0026】**

次に、このプラズマエッチング装置における直流電位測定部について詳細に説明する。図1に示すように、整合器34は、マッチングボックスとしてチャンバ10の下方に配置されている。給電棒36は、整合器34とチャンバ10の底板部10aとの間で同軸の筒状導体72によって電磁氣的に遮蔽されている。筒状導体72はチャンバ10あるいはアース線(図示せず)を介してグランド電位に接続されている。この筒状導体72には、給電棒36から半径方向に適当な距離間隔(たとえば数cm)を隔てて表面電位計70が取り付けられている。この表面電位計70は、給電棒36の静電的な表面電位を静電容量を介して非接触で計測し、表面電位の測定値情報を含む表面電位検出信号を制御部68に与えるようになっている。

20

**【0027】**

図2~図4に、表面電位計70回りの詳細な構成を示す。給電棒36は、上端部がサセプタ12の下面または背面(図1)に結合される上部円柱導体36aと、下端部が整合器34の出力端子(図示せず)に結合される下部円柱導体36bと、上部円柱導体36aの下端部と下部円柱導体36bの上端部とを着脱可能に接続するための棒状継手部36cとで構成される。図3に示すように、上部円柱導体36aの下端部および下部円柱導体36bの上端部は一側面を平坦面に切り欠かれており、それぞれの平坦面を面一に揃えるようにして軸方向で互いに突き合わせられる。そして、両円柱導体36a, 36bの切り欠き部を補完するようにほぼ半円形の横断面を有する棒状継手部36cが当てられ、ボルト76で着脱可能に一体結合されて、円柱状の給電棒36が形成される。

30

**【0028】**

給電棒36を囲む筒状導体72は、上端部がチャンバ10の底板部に結合される上部筒状導体78と、下端部が整合器34の筐体に結合される下部筒状導体80と、棒状継手部36cと対応する高さ位置で上部筒状導体78と下部筒状導体80との間に介在して両者を着脱可能に接続するための筒状継手部82とで構成される。筒状継手部82は、左右一対の半筒状継手部82A, 82Bを突き合わせてボルト83により一体に結合してなるもので(図4)、一方の半筒状継手部82Bを半径方向外側に拡張している。この半径が大きくて半筒状の継手部82Bの内側に得られるスペースに表面電位計70のプロープ70aが配置される。

40

**【0029】**

表面電位計70は、上記のようにして筒状継手部82の中に取り付けられるプロープ70aと、外に配置される電位計ユニット70bと、プロープ70aおよび電位計ユニット

50

70bの両者を電氣的に接続するケーブル70cとで構成される。図5に示すように、プローブ70aの中には、たとえばSeからなる音叉型のセンサ電極84が設けられている。電位計ユニット70bの中には、該センサ電極84を振動させるための発振器86や、センサ電極84からのセンサ出力信号を信号処理するための増幅器を含む測定回路88等が設けられている。

#### 【0030】

被測定物つまり給電棒36とプローブ70a内のセンサ電極84との間には静電容量Cが生じる。電位計ユニット70b内の発振器86より交流駆動信号を与えてセンサ電極84を振動させると、静電容量Cの値が交流成分をもって変化し、センサ電極84より給電棒36の表面電位を交流変調したセンサ出力信号が得られる。このセンサ電極84からのセンサ出力信号を電位計ユニット70b内の測定回路88で増幅し検波することにより、給電棒36の表面電位の大きさや極性等の情報を含む表面電位検出信号が得られる。

10

#### 【0031】

こうして表面電位計70より得られる表面電位検出信号を基に、制御部68(図1)では所要の信号処理ないし演算処理を行って給電棒36の表面電位の測定値を求める。通常は、表面電位の測定値をそのまま直流電位 $V_{dc}$ の測定値としてよく、必要に応じて補正を加えることもできる。そして、ホストコンピュータ等を通じて直流電位 $V_{dc}$ の測定値を表示出力したり、管理値またはパラメータ扱いでモニタリング処理に附す。なお、この実施形態における表面電位計70には、たとえば米国TREK社(トレック・インコーポレーテッド)製の表面電位計を用いることができる。

20

#### 【0032】

上記したように、この実施形態では、プラズマ生成およびRIE用の高周波電源32からの高周波が伝搬する給電棒36上の直流電位 $V_{dc}$ を非接触式の表面電位計70を用いて計測するので、高周波パワーを高くしても、計測点つまり表面電位計70で高周波が漏電または放電するおそれはなく、下部電極(サセプタ)12と上部電極(シャワーヘッド)38間の高周波放電ないしプラズマ生成に影響を与えることなく安全確実に直流電位 $V_{dc}$ の測定値を求めることができる。

#### 【0033】

また、この実施形態では、チャンバ10側の上部円柱導体36aと整合器34側の下部円柱導体36bとの接合箇所付近に着脱可能に設けられる筒状継手部82の一方の半筒状継手部82Bを改造して、これに表面電位計70のプローブ70aを取り付ける構成としたので、既存のプラズマエッチング装置にも簡単に適用することができる。

30

#### 【0034】

もっとも、給電棒36上の直流電位 $V_{dc}$ は給電棒36全体を通じてほぼ同一または一定であるから、給電棒36の任意の部位にて上記実施形態の非接触計測法により直流電位 $V_{dc}$ を計測することが可能である。また、上記実施形態の非接触計測法によりサセプタ12上の直流電位 $V_{dc}$ を計測することも勿論可能である。実際のアプリケーションでは、サセプタ12と給電棒36との間で直流電位 $V_{dc}$ はさほど変わらないので、給電棒36で得られた直流電位 $V_{dc}$ の測定値でサセプタ12上の直流電位 $V_{dc}$ を近似させることもできる。

#### 【0035】

上記した実施形態のプラズマエッチング装置は、プラズマ生成用の高周波電力をサセプタ12に印加する方式であった。しかし、図示省略するが、本発明は上部電極38にプラズマ生成用の高周波電力を印加する方式のプラズマエッチング装置にも適用可能であり、その場合は上部電極38またはそれに直結される給電棒(図示せず)について上記実施形態と同様の非接触計測法により直流電位 $V_{dc}$ の測定値を安全確実に求めることができる。

40

#### 【0036】

次に、本発明の別の観点による電氣的接合部材について説明する。一般に、プラズマ処理装置で用いられる真空チャンバやその周辺部品は、分解可能な複数の部材を組み合わせで構成されており、接合し合う部材の間に良好な気密性や電氣的接触を必要とする場合が多い。電氣的接触・接合を確保するうえでは、互いに接合する導電性部材の間に導電性の

50

クッション材を電氣的接合部材として挿入するのが効果的である。

【0037】

本発明によれば、以下に述べるように、処理装置において互いに接合する導電性部材間の電氣的抵抗を効果的に低減させ、しかも処理装置に対する金属汚染のおそれがない電氣的接合部材が提供される。

【0038】

図6に、本発明の一実施形態における電氣的接合部材を適用したプラズマエッチング装置の構成を示す。図中、図1のプラズマエッチング装置と実質的に共通の構成または機能を有する部分には同一の符号を附してある。

【0039】

このプラズマエッチング装置のチャンバ10は、上面の開口したチャンバ本体部材10aとこのチャンバ本体部材10aの上面開口を閉塞するチャンバ上部部材10bとを分離可能に一体接合して構成される。チャンバ上部部材10bには、上部電極を兼ねるシャワーヘッド38が一体に取り付けられる。

【0040】

チャンバ本体部材10aの側壁にはゲートバルブ(図示せず)と対応する高さ位置に半導体ウエハWの搬入出口を備えた突出ポート100が設けられ、本体部材10aの内側には内壁を覆う円筒状のデポシールド102がたとえば図示しないスペーサを介して設けられている。チャンバ本体部材10a、チャンバ上部部材10bおよびデポシールド102のいずれも導電性部材であり、たとえばアルミニウムで構成されている。

【0041】

デポシールド102の上縁は径方向外側に直角に屈曲されており、その屈曲縁である環状のフランジ部102aがチャンバ本体部材10aの上端面とチャンバ上部部材10bの周縁部との間に挟着される。そして、デポシールド102のフランジ部102aの上面とチャンバ上部部材10bの周縁部下面との間には一実施形態による電氣的接合部材104が挿入される。

【0042】

図7Aおよび図7Bに、電氣的接合部材104の構造を示す。この電氣的接合部材104は、たとえば厚さが80 $\mu$ m、幅Wが2mm程度のステンレス製の帯状体からなるスパイラル106の表面に、アルミニウムからなるたとえば厚さ30 $\mu$ mの表面金属層108を形成して構成される。電氣的接合部材104の製法としては、たとえば、ステンレス製の帯状体の片面に蒸着やCVD(Chemical Vapor Deposition)によりアルミニウムからなる表面金属層108を形成し、この表面金属層108側の面を外面またはおもて面にして帯状体をコイル状に巻回することによって、図7Bに示すようにたとえば外径dが2.4mm程度のスパイラル状の電氣的接合部材104を作製することができる。

【0043】

この例では、スパイラル106が弾性体を構成する。この弾性体の材料であるステンレスを第1の金属材料とすると、表面金属層108の材料であるアルミニウムは第1の金属材料よりも比抵抗値が小さくかつ半導体デバイス製造に悪影響を及ぼさない第2の金属材料である。

【0044】

図6において、デポシールド102のフランジ部102aとチャンバ上部部材10bとの間の接合部は、たとえばフランジ部102a側に設けられた凹部103内に電氣的接合部材104を収容し(図8)、両者をボルト110(図9)で締結することにより圧接して電氣的な接触を確保している。ボルト110は図6では見えないが、電氣的接合部材104と共にチャンバ10の周方向に一定間隔で複数配列して設けられる。図8および図9において、溝部103の深さは、電氣的接合部材104の外径dよりも小さく設定されており、ボルト110により締め付けて導電性部材10b、102aの対向面同士が接合したときに電氣的接合部材104が所定量だけつぶれ、そのつぶれ代に対応して電氣的接合部材104と導電性部材10b、102a間の接触抵抗が決まる。一変形例として、たと

10

20

30

40

50

えば図10に示すように導電性部材10b、102aの平坦な面の間に電氣的接合部材104を介在させる構造であってもよい。

【0045】

図6において、デポシールド102は図示しない電気ヒータを備えており、処理容器4内の熱損失を防止して処理効率のアップを図りつつ、反応生成物の付着を抑制してメンテナンス周期を延ばす機能を有している。デポシールド102の下端部は内側に屈曲されており、この屈曲縁102bの上面には、すり鉢状に形成された整流部材112の上縁部112aの下面が電氣的接合部材104を介して接合されている。この整流部材112には、プラズマ処理空間側から排気路20側にガスが流れるように孔部112cが設けられている。整流部材112の下縁部112bの下面は、チャンバ10の底面を構成する支持リング114の上面に電氣的接合部材104を介して接合されている。支持リング114は接地電位に接続され、その内周面には給電棒36を囲む筒状導体72が接合されている。図1のプラズマエッチング装置と同様に、この筒状導体72に表面電位計70が取り付けられてよい。なお、整流部材112と支持リング114のいずれも、たとえばアルミニウムからなる導電性部材で構成されている。支持リング114と筒状導体72との間の接合部にも電氣的接合部材102を使用することができる。

10

【0046】

次に、このプラズマエッチング装置の作用について説明する。まず搬送アーム（図示せず）が隣のロードロック室（図示せず）から突出ポート100内の搬入出口を通して被処理基板である半導体ウエハWをチャンバ10内に搬入してサセプタ12上に載置する。この後、図示しないゲートバルブを閉じてチャンバ10を気密な状態にする。そして、排気管26を介してチャンバ10内を真空排気するとともに、シャワーヘッド38を介して処理ガスを所定の流量で導入し、チャンバ10内を例えば数十mTorrの真空度に維持する。

20

【0047】

一方、高周波電源32より所定周波数（たとえば100MHz）の高周波を所定のパワー（たとえば1500W）でサセプタ（下部電極）12に印加する。これにより、サセプタ12と上部電極をなすシャワーヘッド38との間の処理ガスがプラズマ化され、そのプラズマによりウエハWに対してプラズマ処理であるエッチングが行われる。なお、プラズマ中のイオンを半導体ウエハWに効率よく引き込むように、上記プラズマ生成用の高周波に重畳させて、図示しない別の高周波電源よりバイアス用の所定周波数（たとえば3.2MHz）の高周波を所定のパワー（たとえば5800W）でサセプタ12に印加してもよい。チャンバ10内でサセプタ12より放出された高周波はプラズマを介してチャンバ上部部材10b側に流れ、さらにデポシールド102 整流部材112 支持リング114を通してアース（グランド電位）に流れる。

30

【0048】

このプラズマエッチング装置のプラズマ処理空間に面して表面部を高周波が流れる導電性部材10b、102、112、114においては、各部材同士の接合面に挿入されている電氣的接合部材104の接触抵抗が小さいので、接合部の電氣的抵抗を効果的に低減することができる。これによって導電性部材の表面部の電位を均一にすることができる。

40

【0049】

ここで、本発明の電氣的接合部材104におけるスパイラル106を構成する第1の金属材料は、ステンレスに限られるものではなく、チタンであってもよいし、あるいは例えば銅とベリリウム（Be）とからなる銅合金を用いてもよい。この銅合金は後述の実験例からも分かるようにステンレスと同等の弾性があるため、弾性体としては有効である。また、表面金属層108を構成する第2の金属材料は、アルミニウムに限られるものではなく、第1の金属材料よりも比抵抗値が小さくかつ半導体デバイス製造に悪影響を及ぼさないもの、たとえば遷移金属、アルカリ金属、アルカリ土類金属でなければ、アルミニウム以外の金属やこれらの合金などであってもよい。半導体デバイス製造またはプロセスに悪影響を及ぼす金属材料とは、その金属材料が半導体装置内に不純物として微量たとえば1

50

$\times 10^{10}$  atoms /  $\text{cm}^2$ の濃度に混入したときにその特性を悪化させるものを意味し、例えば銅などが挙げられる。さらに、第2の金属材料は比抵抗値がアルミニウムよりも小さいことが好ましい。

#### 【0050】

このように、弾性体を構成する第1の金属材料106の表面に第2の金属材料からなる表面金属層108を形成する構造とすることにより、比抵抗値を考慮せずに弾性のある金属材料を選定して弾性体を構成し、一方で表面金属層108の金属材料については、弾性を考慮せずに比抵抗値が小さく半導体デバイス製造に悪影響を与えない金属を選定することができるので、弾性を有しかつ導電性部材間の接触抵抗が小さくなる電気的接合部材104を製作することができる。

10

#### 【0051】

また、電気的接合部材104を構成する弾性体は、弾性を有する構造であれば必ずしもスパイラルに限られるものではなく、他の弾性構造体であってもよいし、さらにはまた金属材料により構成することに限られるものではない。図11に示す電気的接合部材104の構成は、弾性を有する有機化合物である樹脂からなる円柱状の弾性体116の表面にアルミニウムからなる表面金属層108を形成したものであり、この例では表面金属層108の表面に電気的接触をより確実にするために突起118が形成されている。

#### 【0052】

さらにまた、表面金属層108は弾性体の全周を被覆していることに限定されず、たとえば図12に示すように弾性体であるステンレスからなるスパイラル120の表面に、図11と同様の表面金属層108を形成し、スパイラル120の表面の一部が露出している構造であってもよい。ただし、弾性体116あるいはスパイラル120が銅(Cu)などの半導体デバイス製造に悪影響を著しく及ぼす金属材料を含んでいる場合は、全周が被覆されている必要がある。図11および図12に示す表面金属層108としては、たとえばアルミニウム箔を用い、樹脂からなる弾性体116あるいはスパイラル120の表面に接合するようにしてもよい。

20

#### 【0053】

なお、電気的接合部材104としては、図13Aおよび図13Bに示すように有機化合物である樹脂からなる直方体形状の弾性体122の中に、たとえばアルミニウムからなる帯状体の両端部を互いに逆方向にカギ型に折り曲げて形成した接合用導電部材124を埋設するとともに、当該接合用導電部材124の両端部を弾性体122の両面からそれぞれ露出させる構成としてもよい。アルミニウムは弾性をもたないが、弾性体122である樹脂の両面が導電性部材により挟まれたときに樹脂の復元力によりアルミニウムである接合用導電部材124も反力を持つことができ、したがって小さな応力で低い接触抵抗を得ることができるので有効な構造である。樹脂については弾性体122の長さLの例えば30%のつぶし量であれば、弾性限界の範囲で使用でき、当該電気的接合部材104が導電性部材の間に介装されたときに例えば長さLに対して20%のつぶし量で使用するのであれば、長さLが0.15mmのときつぶし量は0.03mmとなり、長さLが1.5mmのときつぶし量は0.3mmとなる。この場合、接合用導電部材124の材料は、アルミニウムに限らず、たとえばアルミニウムよりも比抵抗値が小さく、かつ半導体デバイス製造に影響のない金属材料を用いてもよい。

30

40

#### 【0054】

上記のように、本発明によれば、弾性体の表面にアルミニウムからなる表面金属層を形成して構成された電気的接合部材が提供される。この電気的接合部材は、比抵抗値は小さいが弾性のないアルミニウム材を複合材化して、全体として弾性を有しかつ比抵抗値が小さく、処理装置において接合し合う導電性部材の間または接合面に設けられることで、これら導電性部材間の電気的抵抗を効果的に低減させることができ、しかも処理装置において金属汚染を生ずるおそれもない。このため、処理装置に対して良好な処理を行うことができ、また電力の損失の低減などに対して寄与することができる。

#### 【実施例】

50

## 【 0 0 5 5 】

次に本発明の効果を確認するために行った実験について述べる。

(電気的接合部材の作成)

## 【 0 0 5 6 】

## A . 実施例 1

厚さが 80  $\mu\text{m}$ 、幅が 2 mm のステンレス製の帯状体を用いて形成したスパイラルの表面に、アルミニウムからなる厚さ 100  $\mu\text{m}$  の表面金属層を形成して電気的接合部材を得た。この電気的接合部材を実施例 1 とする。

## 【 0 0 5 7 】

## B . 実施例 2

弾性体としてステンレス製のスパイラルの代わりに B e C u スパイラルを用いた他は実施例 1 と同様にして電気的接合部材を得た。この電気的接合部材を実施例 2 とする。

## 【 0 0 5 8 】

## C . 実施例 3

一般に真空シールとして使用されているリングと呼ばれている樹脂製のリング体から 1 cm だけ切り出し、これを弾性体として用いその外面をアルミ箔で被覆して電気的接合部材とした。これを実施例 3 とする。

## 【 0 0 5 9 】

## D . 比較例 1

アルミニウムからなる表面金属層を形成しない他は実施例 1 と同様にして電気的接合部材を得た。この電気的接合部材はステンレス製のスパイラルからなるものであり、これを比較例 1 とする。

## 【 0 0 6 0 】

(予備試験)

プラズマ処理装置に用いられる導電性部材間を電気的接合部材を用いてボルト締めしたときにおいて、各部位の面圧がどれくらいであるのかを把握するための試験を行った。デポシールドの接合をモチーフに導電性部材の接合構造と面圧のイメージを図 1 4 A および図 1 4 B に示しておく。図 1 4 A および図 1 4 B において 1 3 0 は電気的接合部材、1 3 2 , 1 3 4 はそれぞれ一方の導電性部材および他方の導電性部材、1 3 6 はボルト孔、1 3 8 はボルトであり、ボルト締めした個所 E 1、ボルト締め個所から 30 mm 離れた個所 E 2 及び電気的接合部材 1 3 0 が設けられている個所 E 3 について面圧を調べた。導電性部材の外径は 59.5 mm であり、8 本のボルトで等間隔に 50 kgf · cm のトルクで締め付けている。ただし、面圧の測定は実際の装置では測定できないので、アルミニウムプレートを試験ピースを用い、面圧の大きさに応じてプシュプルゲージとロードセルとを使い分けて各部位 E 1 ~ E 3 に対応する面圧を接触面 10 mm 当たりの面圧で求めた。

## 【 0 0 6 1 】

図 1 4 B に面圧のイメージを示してあるように、ボルト締めしている E 1 においては面圧は 50 kgf 以上であるが、その近傍の E 2 における面圧は 10 kgf 以下である。また電気的接合部材 1 3 0 が設けられている部位 E 3 は、面圧を直接的には測定できないので、樹脂シールであるリングを介在させて潰した結果から少なくとも 3 kgf を越えていると推測される。また、各面圧がかかっている状態で直流レベルによる接触抵抗を測定したところ、ボルト締めされている E 1 においては 1 ~ 6 m $\Omega$ 、その近傍の E 2 においては 30 m $\Omega$  以上であった。また電気的接合部材として従来のステンレス製のスパイラルを試験ピース間に介在させ、3 ~ 9 kgf の面圧を加えた状態で接触抵抗を測定したところ、37 ~ 49 m $\Omega$  であった。従ってボルト締めを行っていてもそれ以外の個所においては大きな面圧を得ることができず、このため従来のステンレス製のスパイラルを電気的接合部材として用いた場合には、十分低い接触抵抗を得られないことが分かった。

## 【 0 0 6 2 】

(接触抵抗の評価)

一対のアルミニウムの試験ピースの間に各電気的接合部材を介在させ、互いの試験ピー

10

20

30

40

50

ス間の面圧（10mm長当たりの面圧）を0.6mmのつぶし量となる値に設定して直流レベルの接触抵抗を測定したところ次の結果が得られた。

	面圧	接触抵抗
実施例 1	3.7 kgf	4.6 m
実施例 2	3.4 kgf	4.3 m
実施例 3	9.6 kgf	4.2 m
比較例 1	2.4 kgf	41.7 m

#### 【0063】

実施例 1 および比較例 1 は次の実験結果の値から拾い出したものであり、実施例 2 および実施例 3 は 1 点のみのデータである。実施例 1 および実施例 2 は比較例 1 とほぼ同等の面圧になり、そのときの接触抵抗がおよそ 1 桁程低くなっていることが分かる。実施例 3 は、面圧が大きく設定されているものの実施例 1 および実施例 2 とほぼ同等の接触抵抗になっている。

10

#### 【0064】

また、マイクロメータを用いたステージ移動装置とプシュブルゲージとを組み合わせた試験装置を用い、電気的接合部材に加わる応力とそのつぶれ代と直流レベルの接触抵抗（一对の試験ピース間の接触抵抗）とを、実施例 1 と比較例 1 とについて調べた結果を図 15～図 17 に示す。なお、応力は接触面 10mm 長あたりの面圧として算出した。

#### 【0065】

図 15 から、実施例 1 の方が比較例 1 に比べて同じ応力を加えたときのつぶれ代が少ないことが分かる。また図 16 を見ると、つぶれ代が 0.6～2.4mm の範囲においては、どちらもつぶれ代が大きくなるにつれて接触抵抗がすこしずつ小さくなる傾向にあるが、その範囲において同じつぶれ代で接触抵抗を比較すると、実施例 1 の接触抵抗の方が比較例 1 の接触抵抗に比べて概ね 1 桁小さくなっていることが分かる。図 17 は、図 15 および図 16 から応力と接触抵抗との関係を導き出した結果であり、応力が同じであれば実施例 1 の接触抵抗の方が比較例 1 の接触抵抗に比べて概ね 1 桁小さくなっていることが分かる。また、図 17 から、比較例 1 の接触抵抗は、応力を 8 kgf を越えるまで大きくしても、実施例 1 について応力を 2 kgf 程度としたときの接触抵抗よりも大きいことが分かる。従ってステンレススパイラルにアルミニウムコーティングを施すことにより、小さい応力で低い接触抵抗を得ることができることが裏付けられている。

20

30

#### 【0066】

##### （通電試験）

電気的接合体を高周波の通電路に介在させたときに通電路がどのくらい昇温するかを調べ、その昇温の程度によって高周波に対する電気的接合体と導電路部材との接触抵抗を評価する試験を行った。図 18 に試験装置を示す。140 は軸方向で 2 つ（140 a, 140 b）に分割されている導電路部材をなすパイプであり、その一端側及び他端側にはそれぞれ入射用パワーモニタ 142、出力用パワーモニタ 144 を介して高周波電源 146 およびダミーロード 148 が接続されている。2 分割されたパイプ部分 140 a、140 b の間には、電気的接合体 150 が介在し、この電気的接合体 150 のみでパイプ部分 140 a、140 b が電気的に接触している状態となっている。なお、パイプ 140 と導電路部材を形成する導電棒 141 は特性インピーダンスが 50 の同軸線路である。

40

#### 【0067】

上記の試験装置を用いたパイプ 140 に高周波を通電し、80 分間通電したときのパイプ 140 の表面温度を熱電対により測定した。測定ポイントは図 19 に示す通りである。電気的接合体 150 としては実施例 1 および比較例 1 を用い、各電気的接合体 150 は長さが 30mm であり、パイプ 140 の直径方向に対向する 2ヶ所に設けた。高周波電源が 100MHz、2kw である場合の結果を図 20 に示し、高周波電力が 2MHz、5kw である場合の結果を図 21 に示す。図 20 および図 21 の縦軸は各部位の温度測定値を雰囲気温度で規格化した値であり、通電により昇温した温度上昇分に対応するものである。また、これらの試験において電気的接合体 150 を用いずに一体型パイプを用いて同様の

50

試験を行った場合の結果を各図に「×」で示してある。

【0068】

高周波電力が100MHz、2kwの場合には各部位の温度が8～10 上昇して安定し、実施例1を用いたときの温度が比較例1を用いたときの温度よりも2 程度低くなっている。また高周波電力が2MHz、5kwの場合には各部位の温度が5～10 上昇して安定し、実施例1を用いたときの温度が比較例1を用いたときの温度よりも4 程度低くなっている。従ってステンレススパイラルにアルミニウムからなる表面金属層を形成することによって高周波のロスを低くすることができ、そして、一体型パイプの場合と温度レベルが同程度（一体パイプの方が実施例1の場合よりも僅かに高くなっているが）であることから、アルミニウムによる表面金属層の形成が極めて有効であることが裏付けられている。

10

【0069】

なお、本発明によるプラズマエッチング装置は、平行平板方式に限られるものではなく、たとえばマイクロ波をアンテナを通じてチャンバ内に導入してプラズマを発生させる装置あるいは電子サイクロトロン共鳴を利用してプラズマを発生させる装置などであってもよい。また、本発明は、プラズマCVD、プラズマ酸化、プラズマ窒化、スパッタリングなどの他のプラズマ処理装置にも適用可能である。さらに、本発明による電気的接合部材はプラズマ処理装置に限らず、真空チャンバを有する任意の処理装置に適用可能である。本発明における被処理基板は半導体ウエハに限るものではなく、フラットパネルディスプレイ用の各種基板や、フォトマスク、CD基板、プリント基板等も可能である。

20

【図面の簡単な説明】

【0070】

【図1】本発明の一実施形態によるプラズマ処理装置の構成を示す縦断面図である。

【図2】実施形態のプラズマ処理装置における表面電位計回りの構成を示す縦断面図である。

【図3】上記プラズマ処理装置における表面電位計回りの構成を示す分解斜視図である。

【図4】上記プラズマ処理装置における筒状継手部の構成を示す平面図である。

【図5】上記プラズマ処理装置における表面電位計の構成を示す図である。

【図6】本発明の一実施形態によるプラズマ処理装置の構成を示す縦断面図である。

【図7A】本発明の一実施形態における電気的接合部材の概観示す斜視図である。

30

【図7B】上記電気的接合部材の断面構造を示す断面図である。

【図8】上記電気的接合部材の使用状態の一例を示す分解斜視図である。

【図9】上記電気的接合部材の使用状態の一例を示す断面図である。

【図10】上記電気的接合部材の使用状態の別の例を示す断面図である。

【図11】別の実施形態に係る電気的接合部材を示す概観図である。

【図12】他の実施形態に係る電気的接合部材を示す概観図である。

【図13A】他の実施形態に係る電気的接合部材を示す斜視図である。

【図13B】図13Aの電気的接合部材の内部構造を示す断面図である。

【図14A】ボルト締めによる導電性部材同士の接合と接合面の面圧とをイメージ的に示す斜視図である。

40

【図14B】ボルト締めによる導電性部材同士の接合と接合面の面圧とをイメージ的に示す断面図である。

【図15】本発明の電気的接合部材と比較例の電気的接合部材とについて、つぶし代と応力との関係を示す特性図である。

【図16】本発明の電気的接合部材と比較例の電気的接合部材とについて、つぶし代と接触抵抗との関係を示す特性図である。

【図17】本発明の電気的接合部材と比較例の電気的接合部材とについて、応力と接触抵抗との関係を示す特性図である。

【図18】高周波による発熱の状態を調べるために使用した実験器具を示す断面図である。

50

【図19】上記実験器具において温度測定的位置を示す説明図である。

【図20】上記実験器具を用いて高周波を通電したときの各導電路部位の温度を示す特性図である。

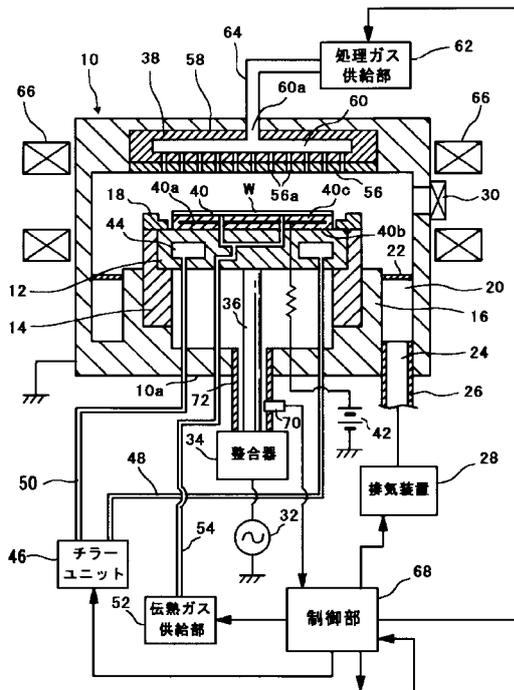
【図21】上記実験器具を用いて高周波を通電したときの各導電路部位の温度を示す特性図である。

【符号の説明】

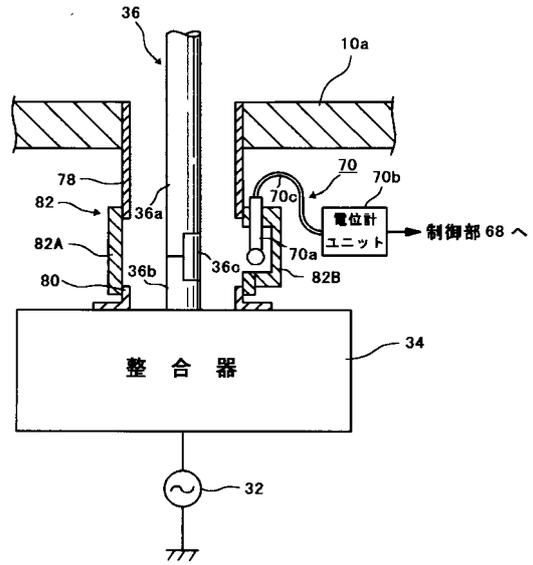
【0071】

10	チャンバ（処理容器）	
12	サセプタ（下部電極）	
28	排気装置	10
32	高周波電源	
34	整合器	
36	給電棒	
36a	上部円柱導体	
36b	下部円柱導体	
36c	棒状継手部	
38	シャワーヘッド（上部電極）	
70	表面電位計	
70a	プローブ	
70b	電位計ユニット	20
72	筒状導体	
78	上部筒状導体	
80	上部筒状導体	
82	筒状継手部	
104	電氣的接合部材	
106	スパイラル	
108	表面金属層	

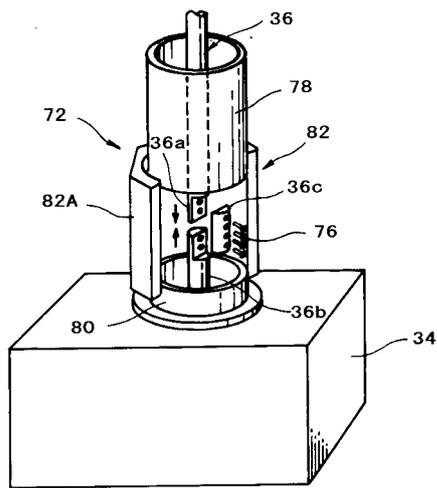
【図1】



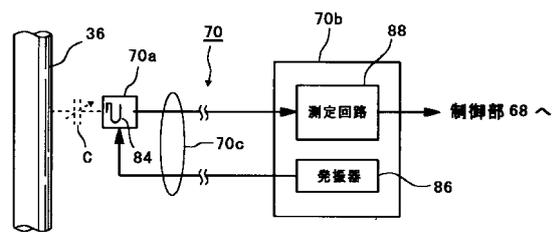
【図2】



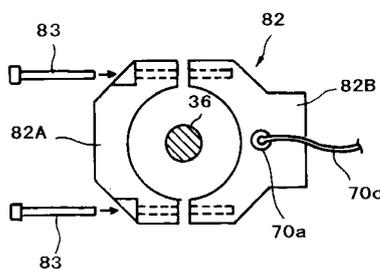
【図3】



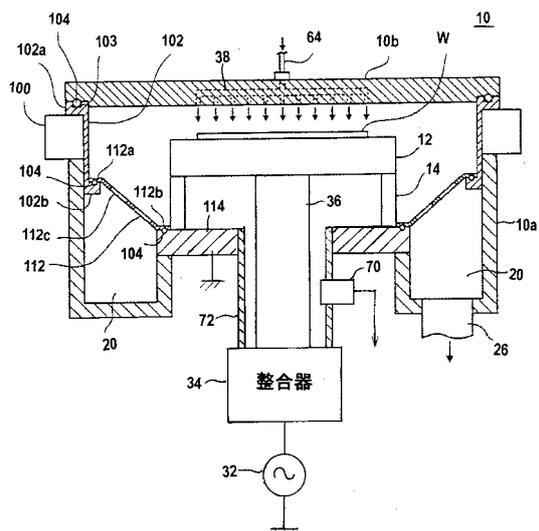
【図5】



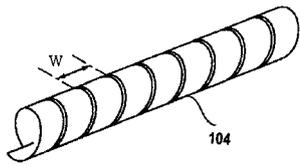
【図4】



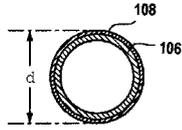
【図6】



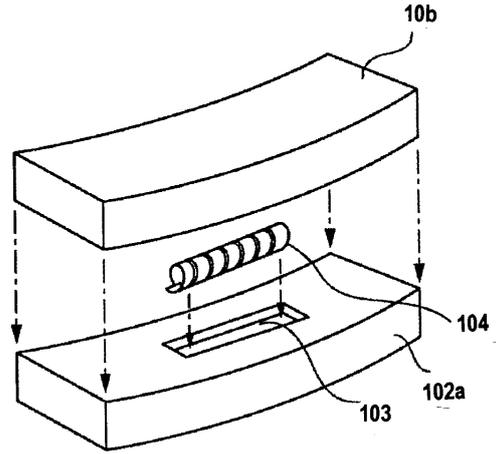
【図7A】



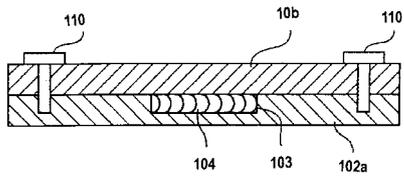
【図7B】



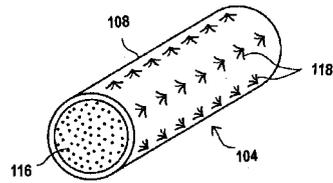
【図8】



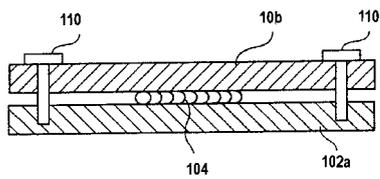
【図9】



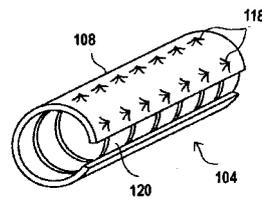
【図11】



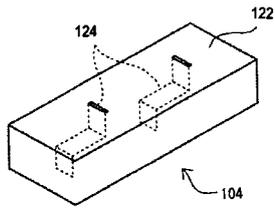
【図10】



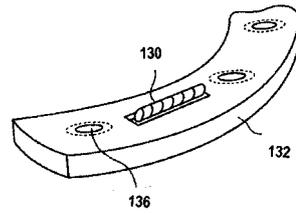
【図12】



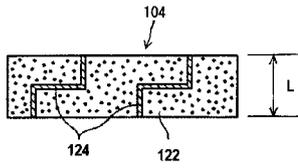
【図13A】



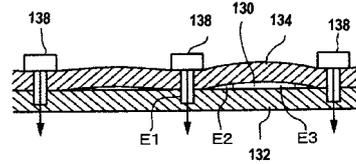
【図14A】



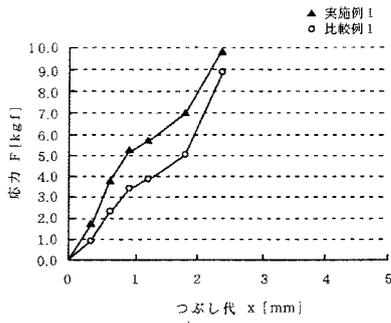
【図13B】



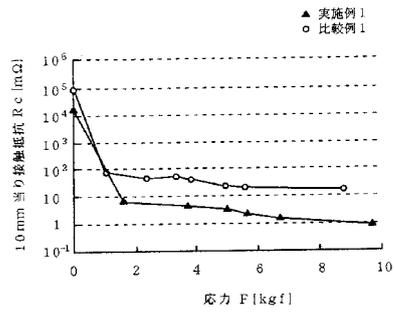
【図14B】



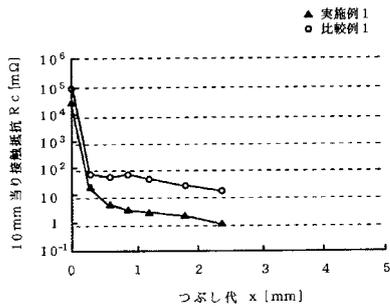
【図15】



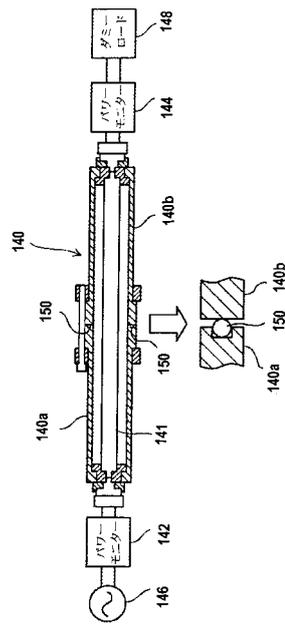
【図17】



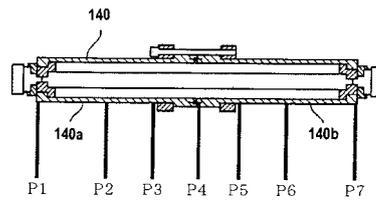
【図16】



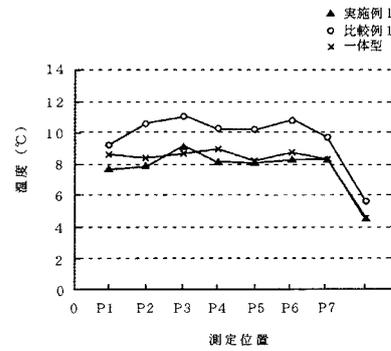
【図18】



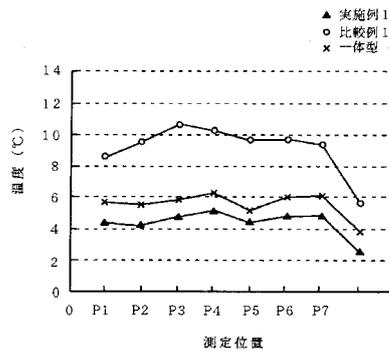
【図19】



【図20】



【図21】



---

フロントページの続き

審査官 今井 淳一

- (56)参考文献 特開平01-301871(JP,A)  
特開平11-008095(JP,A)  
国際公開第98/033362(WO,A1)  
特開2002-164685(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L	21/3065
H05H	1/00
H05H	1/46