

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2007-266006

(P2007-266006A)

(43) 公開日 平成19年10月11日(2007. 10. 11)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>H05H 1/46 (2006.01)</b>	H05H 1/46 L	4K030
<b>C23C 16/507 (2006.01)</b>	C23C 16/507	5F004
<b>H01L 21/3065 (2006.01)</b>	H01L 21/302 I01C	

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2007-162365 (P2007-162365)	(71) 出願人	000001122 株式会社日立国際電気
(22) 出願日	平成19年6月20日 (2007. 6. 20)		東京都千代田区外神田四丁目14番1号
(62) 分割の表示	特願2001-263157 (P2001-263157) の分割	(72) 発明者	金子 和史 山梨県中巨摩郡白根町下今諏訪907-8 ケーイーエム株式会社山梨事業所内
原出願日	平成13年8月31日 (2001. 8. 31)	(72) 発明者	村上 平 山梨県中巨摩郡白根町下今諏訪907-8 ケーイーエム株式会社山梨事業所内
		Fターム(参考)	4K030 FA04 HA12 KA30 5F004 AA16 BB11 CA03 CA08 CB05 CB07

(54) 【発明の名称】 プラズマリアクター

(57) 【要約】

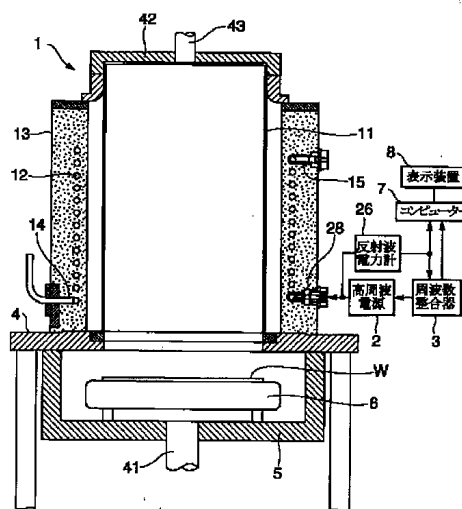
【課題】

半導体基板などにエッチング、アッシング、CVD等の処理を施すプラズマリアクターであって、設置時や処理条件の変更時に共振周波数やインピーダンスの機械的調整を一層容易に行い得るプラズマリアクターを提供する。

【解決手段】

プラズマリアクターは、反応容器(11)、共振コイル(12)及び外側シールド(13)から成る螺旋共振器(1)、被処理物(W)を収容する処理室(5)、共振コイル(12)に高周波電力を供給する高周波電源(2)、ならびに、高周波電源(2)の発振周波数を制御する周波数整合器(3)を備えている。そして、高周波電源(2)に出力される周波数信号の値を螺旋共振器(1)の共振周波数の値として表示可能で且つ螺旋共振器(1)からの反射波電力の値を表示可能な表示装置(8)により、螺旋共振器(1)の共振周波数を視認できる様になされている。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

減圧可能に構成され且つプラズマ用ガスが供給される反応容器と、当該反応容器の外周に巻回された共振コイルと、当該共振コイルの外周に配置され且つ電氣的に接地された外側シールドとから成る螺旋共振器、前記反応容器に連続して設けられ且つ被処理物を収容する処理室、前記共振コイルに所定周波数の高周波電力を供給する高周波電源、ならびに、前記螺旋共振器からの反射電力が最小となる様に前記高周波電源の発振周波数を制御する周波数整合器を備えたプラズマリアクターであって、前記周波数整合器から前記高周波電源に出力される周波数信号の値を前記螺旋共振器の共振周波数の値として表示可能で且つ当該周波数信号における螺旋共振器からの反射波電力の値を表示可能な表示装置を設け、プラズマリアクターの最初の設置時もしくは処理条件の変更時に、前記表示装置に表示された前記螺旋共振器の共振周波数の値を確認して前記螺旋共振器の共振周波数を調整した後、前記周波数信号における螺旋共振器からの反射波電力の値を確認して前記螺旋共振器からの反射波電力が最小となるように調整可能であることを特徴とするプラズマリアクター。

10

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、半導体基板などにエッチング、アッシング、CVD等の処理を施すプラズマリアクターであって、共振周波数およびインピーダンスの機械的調整を容易に行うためにプラズマ生成時の共振特性を表示する様にしたプラズマリアクターに関するものである。

20

## 【背景技術】

## 【0002】

プラズマリアクターは、例えば、半導体基板に対するドライエッチング、イオンエッチング、アッシング、プラズマ蒸着などの種々の乾式処理に使用される。この種の処理の中、例えば、CVD処理においては、基板における層間での材料の混合、酸化物の破壊、汚染物質の侵入、形質変化などを防止するため、ラジカルによる反応を促進し、イオンダメージを極力低減することが要求される。また、高精度に選択比を規定するエッチング処理などにおいては、低選択性をもたらすイオン衝撃を避けることが望まれる。

30

## 【0003】

従来プラズマリアクターは、組立設置後はマッチングボックス（インピーダンス整合用のネットワーク回路）により共振周波数およびインピーダンスを電源側に整合させているため、電源から供給される高周波電力は、マッチングボックスとプラズマリアクターで消費される。すなわち、従来プラズマリアクターにおいては、機械組付けの誤差による電氣的な特性のばらつきをマッチングボックスにより吸収しており、実際にプラズマリアクターで消費する電力はばらついている。従って、一様な処理を安定して行うのが難しいという問題がある。

## 【0004】

これに対し、本発明者等は、先に、電位の一層低いプラズマを生成可能な「プラズマ生成用の螺旋共振装置」ならびにこれを利用したプラズマリアクター（プラズマ処理装置）を提案している（特開平11-162697号公報）。斯かるプラズマリアクターは、減圧可能に構成され且つプラズマ用ガスが供給される反応容器と、反応容器の外周に巻回された共振コイルと、当該共振コイルの外周に配置され且つ電氣的に接地された外側シールドとから成る螺旋共振器、反応容器に連続して設けられ且つ被処理物を収容する処理室、共振コイルに所定周波数の高周波電力を供給する高周波電源から主に構成される。

40

## 【0005】

上記の螺旋共振器は、特定の波長モードで共振する螺旋共振コイルによって定在波を誘導し、反応容器内に誘導電界を発生させることにより、位相電圧と逆位相電圧を互いに相

50

殺し、位相電圧の切り替わり点、すなわち、電位が略ゼロのノードにおいて、誘導性結合によって極めて電位の低いプラズマを励起し得る。しかも、螺旋共振器は、従来の平行平板型などの共振器では実現できない、プラズマ発生回路の電気特性を機械的に調整する機構を備えている。

【0006】

更に、上記の公報に記載のプラズマリアクターにおいては、実際にプラズマを発生させた場合に生じる螺旋共振器の共振特性の変動を電源側で補完するための電源制御手段としての周波数整合器が設けられている。斯かる周波数整合器は、プラズマが発生した際の螺旋共振器からの反射波電力を検出し、反射波電力が最小となる様に高周波電源の周波数を増減させる機能を有する。

10

【0007】

すなわち、プラズマを発生させた場合には、螺旋共振器とプラズマとの間の容量結合や誘導結合により、僅かではあるが、螺旋共振器の本来の共振特性に対して共振状態のずれが発生し、その結果、共振コイル側の定在波が乱れ、プラズマ電位が若干高くなり、更に、プラズマによる容量結合や誘導結合の変動により、電源側とのインピーダンスの整合性を損うため、電源から共振コイルに至る伝送線路において反射波電力により実効負荷電力の低下を惹起するが、上記の周波数整合器を使用した場合には、高周波電源の発振周波数を螺旋共振器の実際の共振周波数に整合させることが出来るため、電力の転送効率を高めることが出来る。

【発明の開示】

20

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

ところで、上記の様なプラズマリアクターにおいては、周波数整合器によって高周波電源の発振周波数を制御するにせよ、電力の転送効率をより高め、電位のより一層低いプラズマを発生させるためには、本来、螺旋共振器の共振特性と高周波電源の電気的特性（発振周波数およびインピーダンス）は一致しているのが好ましい。従って、プラズマリアクターの最初の設置時や処理条件の変更時には、プラズマを励起した状態の螺旋共振器の特性が高周波電源の特性に整合する様に正確に調整すべきである。

【0009】

しかしながら、例えば、螺旋共振器の共振周波数の調整は、シグナルジェネレーターあるいは周波数カウンターの様な周波数の変更可能な測定器で稼働時の反射波の周波数を計測し、共振コイルの接地位置を調整しなければならない。また、インピーダンスの調整は、反射波電力計（パワーメーター）で稼働時の反射波電力を計測し、共振コイルに対する給電位置を調整しなければならない。換言すれば、何れの調整においても、計測作業に熟練を必要とし、そして、多くの手間を必要とする。

30

【0010】

本発明は、上記の実情に鑑みてなされたものであり、その目的は、プラズマ生成用の螺旋共振器を使用し、半導体基板などにエッチング、アッシング、CVD等の処理を施すプラズマリアクターであって、設置時や処理条件の変更時に共振周波数および負荷インピーダンスの機械的調整を一層容易に行うことが出来、螺旋共振器の電気的特性のばらつきをなくして一層安定したプラズマを生成し得るプラズマリアクターを提供することにある。

40

【課題を解決するための手段】

【0011】

上記の課題を解決するため、本発明に係るプラズマリアクターは、減圧可能に構成され且つプラズマ用ガスが供給される反応容器と、当該反応容器の外周に巻回された共振コイルと、当該共振コイルの外周に配置され且つ電氣的に接地された外側シールドとから成る螺旋共振器、前記反応容器に連続して設けられ且つ被処理物を収容する処理室、前記共振コイルに所定周波数の高周波電力を供給する高周波電源、ならびに、前記螺旋共振器からの反射電力が最小となる様に前記高周波電源の発振周波数を制御する周波数整合器を備えたプラズマリアクターであって、前記周波数整合器から前記高周波電源に出力される周波

50

数信号の値を前記螺旋共振器の共振周波数の値として表示可能で且つ当該周波数信号における螺旋共振器からの反射波電力の値を表示可能な表示装置が設けられていることを特徴とする。

【0012】

すなわち、上記プラズマリアクターにおいては、特定の表示装置により、プラズマ発生状態における螺旋共振器の共振特性としての共振周波数および螺旋共振器からの反射波電力を直ちに視認できる。従って、表示装置に表示される共振周波数の値に基づき、共振コイルの接地位置を簡単に調整でき、螺旋共振器の共振周波数を所定値に正確に設定できる。また、反射波電力が0Wとなる様に給電位置を調整でき、螺旋共振器のインピーダンスを所定値に正確に設定できる。

10

【発明の効果】

【0013】

本発明に係るプラズマリアクターによれば、特定の表示装置により、プラズマ発生状態における螺旋共振器の共振周波数および反射波電力を直ちに視認できるため、共振コイルの接地位置および給電位置を極めて簡単に調整でき、設置当初や処理条件変更時における螺旋共振器の共振周波数および負荷インピーダンスを正確に設定できる。特に、表示装置が周波数整合器の周波数信号の値を時系列に表示可能で且つ螺旋共振器からの反射波電力の値を時系列に表示可能に構成されている場合には、プラズマの定常状態を確認できるため、螺旋共振器の共振周波数および負荷インピーダンスをより正確に設定できる。従って、本発明に係るプラズマリアクターによれば、電気的特性のばらつきを最小限に抑えることが可能であり、電力の転送効率をより高め、電位のより一層低い安定したプラズマを発生させることが出来る。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0014】

本発明に係るプラズマリアクターの実施形態を図面に基づいて説明する。図1は、プラズマリアクターの構造の概要を示す縦断面図および螺旋共振器の共振周波数を表示する表示装置の構成を示すブロック図である。図2は、高周波電源に設けられた周波数整合器の構成例を示すブロック図である。図3は、表示装置における螺旋共振器の共振周波数の表示の一例を示す図である。図4は、表示装置における螺旋共振器の反射波電力の表示の一例を示す図である。

30

【0015】

本発明のプラズマリアクターは、半導体基板や半導体素子にエッチング、アッシング、CVD等の乾式処理を施す高周波無電極放電型のプラズマリアクターである。斯かるプラズマリアクターは、図1に示す様に、プラズマを生成するための螺旋共振器(1)、半導体基板などの被処理物(W)を収容する処理室(5)、螺旋共振器(1)に高周波電力を供給する高周波電源(2)、および、高周波電源(2)の発振周波数を制御する周波数整合器(3)を備えており、例えば、架台としての水平なベースプレート(4)の上部に前記の螺旋共振器(1)を配置し、ベースプレート(4)の下部に処理室(5)を配置して構成される。

【0016】

螺旋共振器(1)は、減圧可能に構成され且つプラズマ用ガスが供給される反応容器(11)と、当該反応容器の外周に巻回された共振コイル(12)と、当該共振コイルの外周に配置され且つ電氣的に接地された外側シールド(13)とから構成される。

40

【0017】

反応容器(11)は、通常、高純度の石英硝子やセラミックスにて円筒状に形成された所謂チャンバーである。反応容器(11)は、通常、軸線が垂直になる様に配置され、トッププレート(42)及び処理室(5)によって上下端を気密に封止される。反応容器(11)の下方の処理室(5)には、真空ポンプに接続され且つ反応容器(11)及び処理室(5)の内部を真空引きするための排気管(41)が設けられ、反応容器(11)の上部のトッププレート(42)には、材料ガス供給設備から伸長され且つ所要のプラズマ用

50

ガスを供給するためのガス供給管(43)が付設される。

【0018】

共振コイル(12)は、所定の波長の定在波を形成するため、一定波長モードで共振するように巻径、巻回ピッチ、巻数が設定される。すなわち、共振コイル(12)の電気的長さは、高周波電源(2)から供給される電力の所定周波数における1波長の整数倍(1倍, 2倍, ...)又は半波長もしくは1/4波長に相当する長さに設定される。

【0019】

具体的には、共振コイル(12)は、印加する電力や発生させる磁界強度または適用する装置の外形などを勘案し、例えば、800kHz~50MHz、0.5~5KWの高周波電力によって0.01~10ガウス程度の磁場を発生し得る様に、50~300mm<sup>2</sup>の有効断面積であって且つ200~500mmのコイル直径に構成され、反応容器(1)の外周側に2~60回程度巻回される。共振コイル(12)を構成する素材としては、銅パイプ、銅の薄板、アルミニウムパイプ、アルミニウム薄板、ポリマーベルトに銅またはアルミニウムを蒸着した素材などが使用される。共振コイル(12)は、絶縁性材料にて平板状に形成され且つベースプレート(4)の上端面に鉛直に立設された複数のサポートによって支持される。

10

【0020】

共振コイル(12)の両端は電気的に接地されるが、共振コイル(12)の少なくとも一端は、装置の最初の設置の際または処理条件の変更の際に当該共振コイルの電気的長さを微調整するため、可動タップ(15)を介して接地される。図1中の符号(14)は他方の固定グラウンドを示す。更に、装置の最初の設置の際または処理条件の変更の際に共振コイル(12)のインピーダンスを微調整するため、共振コイル(12)の接地された両端の間には、可動タップ(28)によって給電部が構成される。

20

【0021】

すなわち、共振コイル(12)は、電気的に接地されたグラウンド部を両端に備え且つ高周波電源(2)から電力供給される給電部を各グラウンド部の間に備え、しかも、少なくとも一方のグラウンド部は、位置調整可能な可変式グラウンド部とされ、そして、給電部は、位置調整可能な可変式給電部とされる。共振コイル(12)が可変式グラウンド部および可変式給電部を備えている場合には、後述する様に、螺旋共振器(1)の共振周波数および負荷インピーダンスを調整するにあたり、より一層簡便に調整することが出来る。

30

【0022】

更に、共振コイル(12)の一端(もしくは他端または両端)には、位相および逆位相電流が共振コイル(12)の電気的中点に関して対称に流れる様に、コイル及びシールドから成る波形調整回路が挿入されてもよい。斯かる波形調整回路は、共振コイル(12)の端部を電気的に非接続状態とするか又は電気的に等価の状態に設定することにより開路に構成される。また、共振コイル(12)の端部は、チョーク直列抵抗によって非接地とし、固定基準電位に直流接続されてもよい。

【0023】

外側シールド(13)は、共振コイル(12)の外側の電界を遮蔽すると共に、共振回路を構成するのに必要な容量成分を共振コイル(12)との間に形成するために設けられる。外側シールド(13)は、一般的には、アルミニウム合金、銅または銅合金などの導電性材料を使用して円筒状に形成される。外側シールド(13)は、共振コイル(12)の外周から5~150mm程度隔てて配置される。そして、通常、外側シールド(13)は、共振コイル(12)の両端と電位が等しくなる様に接地されるが、共振コイル(12)の共振数を正確に設定するため、外側シールド(13)の一端または両端は、タップ位置を調整可能になされたり、あるいは、共振コイル(12)と外側シールド(13)の間には、トリミングキャパシタンスが挿入されてもよい。

40

【0024】

被処理物(W)を収容する上記の処理室(5)は、例えば短軸の略有底円筒状に形成され、そして、共振器(1)の下方にベースプレート(4)の開口部を介して反応容器(1

50

)と連続的する状態で設けられる。処理室(5)には、被処理物(W)を水平に保持する短軸円柱状のサセプタ(6)が設けられる。サセプタ(6)には、一般に使用される静電チャックが備えられていてもよい。また、サセプタ(6)は、基板搬送機構(図示省略)によって被処理物(W)を装填・排出するため、昇降可能に構成されていてもよい。なお、被処理物(W)の装填および排出は、処理室(6)の周面に設けられたゲートバルブ(図示省略)を介して行われる様になされている。

#### 【0025】

高周波電源(2)としては、共振コイル(12)に必要な電圧および周波数の電力を供給できる電源である限り、RFゼネレータ等の適宜の電源を使用でき、例えば、周波数80kHz~800MHzで0.5~5KW程度の電力を供給可能な高周波発生器が使用される。

10

#### 【0026】

具体的には、高周波電源(2)としては、コムデル社(Comdel Inc)製の商品名「CX-3000」として知られる固定周波数型の高周波電源(周波数:27.12MHz、出力:3KW)が挙げられる。また、IFI社製の商品名「TCCX3500」として知られる高出力の高帯域増幅器をヒューレットパッカード社製の商品名「HP116A」として知られる0~50MHzのパルス発生器と共に使用することにより、800kHz~50MHzの周波数域で2kWの出力が可能な可変周波数電源を構成できる。

#### 【0027】

高周波電源(2)は、図2中に回路の一部が示されており、通常、少なくとも出力を規定するためのプリアンプを含む制御回路(図示省略)と、所定出力に増幅するための増幅器(24)とを備えている。すなわち、高周波電源(2)において、制御回路は、操作パネル(図示省略)を通じて予め設定された出力条件に基づいて増幅器(24)の出力を制御し、増幅器(24)は、螺旋共振器(1)に伝送線路(25)を介して一定の高周波電力を出力する。なお、増幅器(24)の出力側には、高周波電源(2)の一部としての伝送線路(25)における反射波電力を検出するための反射波電力計(反射波パワーメータ)(26)が設けられる。

20

#### 【0028】

また、本発明のプラズマリアクターにおいては、高周波電源(2)の発振周波数を制御する周波数整合器(3)が設けられる。周波数整合器(3)は、図1(a)に示す様に、制御用アナログ信号を周波数信号にデジタル変換するA/Dコンバータ(31)、変換された周波数信号の値と予め設定記憶された発振周波数の値に基づいて発振周波数を演算する演算処理回路(32)、演算処理して得られた周波数の値を電圧信号にアナログ変換するD/Aコンバータ(33)、および、D/Aコンバータ(33)からの印加電圧に応じて発振する電圧制御発振器(34)によって構成される。

30

#### 【0029】

また、周波数整合器(3)は、D/Aコンバータ(33)及び電圧制御発振器(34)に代え、図1(b)に示す様に、演算処理して得られた周波数の値をデジタル出力するデジタルI/O(35)、および、デジタルI/O(35)からの信号に応じてデジタル信号を合成し、斯かる合成信号に基づいて周波数信号を発生させる直接デジタル合成方式の周波数発生器(36)によって構成されていてもよい。すなわち、図1中、ブロック図(a)は、アナログ方式の電圧制御発振器が使用された周波数整合器(3)の態様を示し、ブロック図(b)は、デジタル方式の周波数発生器が使用された周波数整合器(3)の態様を示す。

40

#### 【0030】

上記の周波数整合器(3)は、螺旋共振器(1)からの反射電力が最小となる様に高周波電源(2)の発振周波数を制御する機能を備えている。すなわち、高周波電源(2)の出力側に設置された反射波電力計(26)によって検出される反射波電力が最小となる様に、高周波電源(2)の発振周波数を調整する機能を備えている。これにより、実効負荷電力の低下を低減することが出来る。

50

## 【0031】

具体的には、増幅器(24)の出力側には、上記の反射波電力計(26)が設けられ、伝送線路(25)における反射波電力を検出し、その電圧信号を周波数整合器(3)のA/Dコンバータ(31)にフィードバックする様になされている。そして、反射波電力が最小となる様に高周波電源(2)の周波数を増加または減少させる様になされている。これにより、高周波共振装置(1)で生じた共振点のずれ等によるインピーダンスの不整合を高周波電源(2)側で補完することが出来る。

## 【0032】

ところで、前述した様に、電力の転送効率をより高め、電位のより一層低いプラズマを発生させるためには、プラズマリアクターの設置時や処理条件の変更時に螺旋共振器(1)の共振特性を予め高周波電源の特性に整合させることが重要である。そこで、本発明においては、螺旋共振器(1)の調整を容易にするため、図1に示す様に、周波数整合器(3)から高周波電源(2)に出力される周波数信号の値を螺旋共振器(1)の共振周波数の値として表示可能で且つ当該周波数信号における螺旋共振器からの反射波電力の値を表示可能な表示装置(8)が設けられる。

10

## 【0033】

周波数整合器(3)は、上記の様に、螺旋共振器(1)からの反射電力が最小となる様に高周波電源(2)の発振周波数を制御する機能を備えている。すなわち、螺旋共振器(1)を稼働させた場合、周波数整合器(3)は、そのときの螺旋共振器(1)の共振周波数と同等の周波数の周波数信号を増幅器(24)に出力する。従って、螺旋共振器(1)の共振周波数を調整する場合には、周波数整合器(3)から出力される周波数信号の値を表示装置(8)に表示することにより、これを螺旋共振器(1)の共振周波数の値として参照することが出来る。具体的には、図2に示す各周波数整合器(3)においては、演算処理回路(32)で演算された発振周波数のデジタル信号をD/Aコンバータ(37)によりアナログ信号に変換してモニタ信号として出力する様になされている。

20

## 【0034】

そして、螺旋共振器(1)の負荷インピーダンスを調整する場合には、高周波電源(2)の反射波電力計(26)から出力される値を表示装置(8)に表示することにより、これを螺旋共振器(1)のインピーダンスの値として参照することが出来る。具体的には、高周波電源(2)の反射波電力計(26)の出力信号の一部をモニタ信号として出力する様になされている。

30

## 【0035】

また、螺旋共振器(1)においてプラズマを発生させる場合、点火直後から定常状態に至る間は、プラズマの状態により螺旋共振器(1)の共振周波数および負荷インピーダンスが変動する。そこで、プラズマの安定した状態を確認するため、表示装置(8)は、周波数信号の値および反射波電力の値を時系列に表示可能に構成されているのが好ましい。

## 【0036】

具体的には、表示装置(8)を含む表示システムは、例えば、周波数整合器(3)から出力される周波数信号の値および反射波電力計(26)から出力される反射波電力の値をリアルタイムにコンピュータ(7)にデータとして取り込み、取り込んだデータをコンピュータ(7)において逐次保持すると共に、周波数と時間ならびに反射波電力と時間を軸としたグラフとして表示装置(8)に画像表示する様に構成される(図3及び図4参照)。

40

## 【0037】

上記の様なプラズマリアクターにおいては、先ず、基板などの被処理物(W)が処理室(5)に装填されてサセプタ(6)上に保持される。次いで、真空ポンプの駆動により、排気管(41)を通じて減圧され、反応容器(11)及び処理室(5)の内部が例えば10~2000ミリトールまで減圧される。そして、反応容器(11)内の真空度を維持しつつ、ガス供給管(43)を通じてプラズマ用ガスが供給される。

50

## 【0038】

プラズマ用ガスとしては、従来の処理装置と同様に、処理に応じて各種の材料ガスが使用される。例えば、アッシング処理の場合は、酸素、水素、アルゴン、水などが使用され、また、エッチング処理の場合は、フッ素、臭素、塩素などが使用される。そして、高周波電源(2)から共振器(1)の共振コイル(12)に例えば27.12MHz、2KWの高周波電力が供給される。その結果、共振コイル(12)の周囲に誘導電界が発生し、反応容器(11)の内部にドーナツ状の誘導プラズマが励起される。

## 【0039】

また、プラズマを発生させた場合、周波数整合器(3)は、僅かなガスの流量変動や電圧変動による螺旋共振器(1)の共振状態のずれ、すなわち、インピーダンスの変動に対応し、信号処理によって迅速に应答して正確に共振する周波数の高周波電力を高周波電源(2)に出力させるため、電力の転送効率を高めることが出来る。

10

## 【0040】

上記の様なプラズマ処理装置においては、例えば、処理条件を変更する場合、供給するプラズマ用ガスの種類と流量、螺旋共振器(1)の反応容器(11)の真空度、印加する高周波電力などを変更するため、螺旋共振器(1)の本来の共振特性が異なってくる。すなわち、共振コイル(12)の電圧部とプラズマとの間の容量結合あるいは反応容器(11)とプラズマとの間の誘導結合が変化する。その結果、プラズマを発生させた場合には、螺旋共振器(1)の共振周波数が許容範囲(27.12±0.01MHz)から外れることがある(図3(b)及び(c)参照)。そこで、処理条件を変更した場合には、プラズマ発生状態(定常状態)における螺旋共振器(1)の共振周波数を表示装置(8)によって確認した後、必要に応じて螺旋共振器(1)の共振コイル(12)の固定グランド(14)と可動タップ(15)の間であるグランド間の長さを調整する。

20

## 【0041】

例えば、図3(b)に示す様に、表示装置(8)に表示された螺旋共振器(1)の共振周波数が上記の許容範囲よりも低い場合には、共振コイル(12)の両端のグランド部の間の距離を短くする。具体的には、可変式グランド部としての可動タップ(15)を操作し、可動タップ(15)と固定グランド(14)の間の距離を短くする。これにより、螺旋共振器(1)の共振周波数を高めて上記の許容範囲に設定することが出来る(図3(a)参照)。

30

## 【0042】

これに対し、図3(c)に示す様に、表示装置(8)に表示された螺旋共振器(1)の共振周波数が上記の許容範囲よりも高い場合には、共振コイル(12)の両端のグランド部の間の距離を長くする。すなわち、可変式グランド部としての可動タップ(15)を操作し、可動タップ(15)と固定グランド(14)の間の距離を長くする。これにより、螺旋共振器(1)の共振周波数を高めて上記の許容範囲に設定することが出来る(図3(a)参照)。

## 【0043】

また、上記の様に螺旋共振器(1)の共振周波数を調整した後は、螺旋共振器(1)の負荷インピーダンスを高周波電源(2)のインピーダンスに一致させる。螺旋共振器(1)の負荷インピーダンスの調整は、表示装置(8)によって反射波電力を確認した後、螺旋共振器(1)の共振コイル(12)における給電部の位置調整によって行う。螺旋共振器(1)の負荷インピーダンスが高周波電源(2)のインピーダンス(例えば50)よりも高い場合あるいは低い場合には反射波が発生し、その値は例えば50よりも小さくなればなるほど又は大きくなればなるほど大きな値となり表示装置(8)に表示される(図4(a)参照)。

40

## 【0044】

螺旋共振器(1)の負荷インピーダンスが例えば50よりも高い場合は、共振コイル(12)の給電部としての可動タップ(28)を操作し、固定グランド(14)と可動タップ(28)の距離を短くすることにより、反射波電力の値が0Wとなる様に螺旋共振器

50



(1)の負荷インピーダンスを下げる。他方、螺旋共振器(1)の負荷インピーダンスが例えば50よりも低い場合は、可動タップ(28)を操作し、固定グランド(14)と可動タップ(28)の距離を長くすることにより、反射波電力の値が0Wとなる様に螺旋共振器(1)の負荷インピーダンスを上げる。斯かる操作により、螺旋共振器(1)の負荷インピーダンスを高周波電源(2)のインピーダンスに一致させることが出来る(図4(b)参照)。

【0045】

上記の様に、本発明のプラズマリアクターにおいては、表示装置(8)により、プラズマ発生状態における螺旋共振器(1)の共振特性としての共振周波数および反射波電力を直ちに視認できるため、表示装置(8)の表示に基づいて共振コイル(12)の接地位置および給電位置を極めて簡単に調整でき、設置当初や処理条件変更時における螺旋共振器(1)の共振周波数ならびに負荷インピーダンスを正確に設定できる。

10

【0046】

特に、周波数整合器(3)から高周波電源(2)に出力される周波数信号の値を螺旋共振器(1)の共振周波数の値として時系列に表示可能で且つ螺旋共振器(1)からの反射波電力の値を時系列に表示可能に表示装置(8)が構成されている場合には、プラズマの定常状態を確認できるため、その条件下での螺旋共振器(1)の本来の共振周波数および負荷インピーダンスをより正確に設定できる。その結果、本発明のプラズマリアクターにおいては、電気的特性のばらつきを最小限に抑えることが可能であり、電力の転送効率をより高め、電位のより一層低い安定したプラズマを発生させることが出来る。

20

【0047】

なお、本発明のプラズマリアクターにおいては、表示装置(8)によって高周波電源から供給される電力、反応容器(11)内の圧力、ガスの種類および流量などを表示することにより、機械的調整や運転制御に利用することが出来る。高周波電源(2)の発振を制御する周波数整合器(3)は、高周波電源(2)から出力される電圧と電流の位相差によって発振周波数を調整する様に構成されていてもよい。すなわち、周波数整合器(3)は、伝送線路(25)上に設置されたの位相検出器(図示省略)によって検出される電圧と電流の位相差が0°となる様に、高周波電源(2)の発振周波数を調整する機能を備えていてもよい。

30

【図面の簡単な説明】

【0048】

【図1】プラズマリアクターの構造の概要を示す縦断面図および螺旋共振器の共振周波数を表示する表示装置の構成を示すブロック図

【図2】高周波電源に設けられた周波数整合器の構成例を示すブロック図

【図3】表示装置における螺旋共振器の共振周波数の表示の一例を示す図

【図4】表示装置における螺旋共振器の反射波電力の表示の一例を示す図

【符号の説明】

【0049】

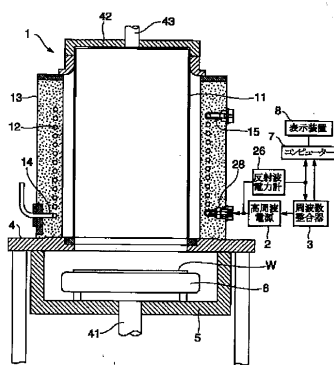
- 1 : 螺旋共振器
- 11 : 反応容器
- 12 : 共振コイル
- 13 : 外側シールド
- 14 : 固定グランド
- 15 : 可動タップ(可変式グランド)
- 41 : 排気管
- 43 : ガス供給管
- 2 : 高周波電源
- 24 : 増幅器
- 26 : 反射波電力計
- 28 : 可動タップ(可変式給電部)

40

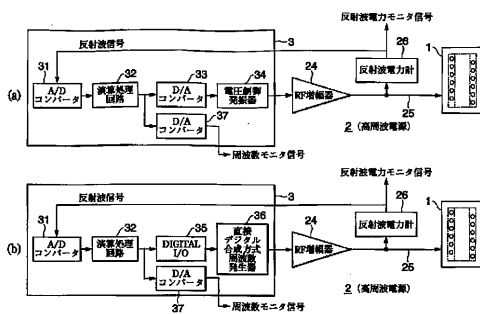
50

- 3 : 周波数整合器
- 5 : 処理室
- 6 : サセプタ
- W : 被処理物

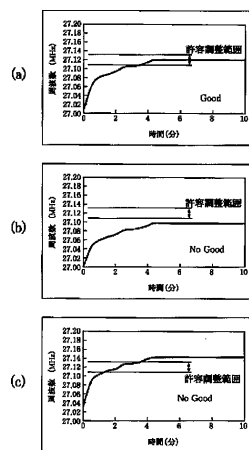
【 図 1 】



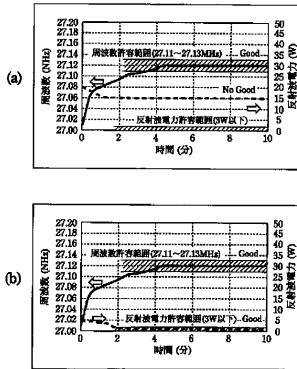
【 図 2 】



【 図 3 】



【 図 4 】



## 【 手続補正書 】

【 提出日 】 平成 19 年 6 月 21 日 (2007.6.21)

## 【 手続補正 1 】

【 補正対象書類名 】 特許請求の範囲

【 補正対象項目名 】 全文

【 補正方法 】 変更

【 補正の内容 】

【 特許請求の範囲 】

## 【 請求項 1 】

減圧可能に構成され且つプラズマ用ガスが供給される反応容器と、当該反応容器の外周に巻回された共振コイルと、当該共振コイルの外周に配置され且つ電氣的に接地された外側シールドとから成る螺旋共振器、前記反応容器に連続して設けられ且つ被処理物を収容する処理室、前記共振コイルに所定周波数の高周波電力を供給する高周波電源、ならびに、前記螺旋共振器からの反射電力が最小となる様に前記高周波電源の発振周波数を制御する周波数整合器を備えたプラズマリアクターであって、前記周波数整合器から前記高周波電源に出力される周波数信号の値を前記螺旋共振器の共振周波数の値として表示可能で且つ当該周波数信号における螺旋共振器からの反射波電力の値を表示可能な表示装置を設け、プラズマリアクターの最初の設置時もしくは処理条件の変更時に、前記表示装置に表示された前記螺旋共振器の共振周波数の値を確認して前記螺旋共振器の共振周波数を調整した後に、前記周波数信号における螺旋共振器からの反射波電力の値を確認して前記螺旋共振器からの反射波電力が最小となるように調整可能であることを特徴とするプラズマリアクター。

## 【 請求項 2 】

減圧可能に構成され且つプラズマ用ガスが供給される反応容器と、当該反応容器の外周に巻回された共振コイルと、当該共振コイルの外周に配置され且つ電氣的に接地された外側

シールドとから成る螺旋共振器、前記反応容器に連続して設けられ且つ被処理物を収容する処理室、前記共振コイルに所定周波数の高周波電力を供給する高周波電源、ならびに、前記螺旋共振器からの反射電力が最小となる様に前記高周波電源の発振周波数を制御する周波数整合器を備えたプラズマリアクターであって、前記周波数整合器から前記高周波電源に出力される周波数信号の値を前記螺旋共振器の共振周波数の値として表示可能で且つ当該周波数信号における螺旋共振器からの反射波電力の値を表示可能な表示装置を備え、前記表示装置に表示された前記螺旋共振器の共振周波数の値と前記周波数信号における螺旋共振器からの反射波電力の値の少なくとも1つの値が所定値の範囲から外れたときに、外れたことを報知することを特徴とするプラズマリアクター。