

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5502070号
(P5502070)

(45) 発行日 平成26年5月28日 (2014. 5. 28)

(24) 登録日 平成26年3月20日 (2014. 3. 20)

(51) Int. Cl.	F I	
HO 1 P 5/04 (2006. 01)	HO 1 P 5/04	6 O 5 B
HO 1 Q 13/10 (2006. 01)	HO 1 Q 13/10	
HO 5 H 1/46 (2006. 01)	HO 5 H 1/46	B
HO 5 B 6/74 (2006. 01)	HO 5 B 6/74	Z
HO 5 B 11/00 (2006. 01)	HO 5 B 11/00	H

請求項の数 10 (全 16 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2011-506057 (P2011-506057)	(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
(86) (22) 出願日	平成22年3月23日 (2010. 3. 23)	(74) 代理人	100099944 弁理士 高山 宏志
(86) 国際出願番号	PCT/JP2010/054960	(72) 発明者	河西 繁 山梨県韮崎市穂坂町三ツ沢650番地 東京エレクトロンAT株式会社内
(87) 国際公開番号	W02010/110256	(72) 発明者	池田 太郎 山梨県韮崎市穂坂町三ツ沢650番地 東京エレクトロンAT株式会社内
(87) 国際公開日	平成22年9月30日 (2010. 9. 30)	(72) 発明者	長田 勇輝 山梨県韮崎市穂坂町三ツ沢650番地 東京エレクトロンAT株式会社内
審査請求日	平成25年1月29日 (2013. 1. 29)		
(31) 優先権主張番号	特願2009-79548 (P2009-79548)		
(32) 優先日	平成21年3月27日 (2009. 3. 27)		
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 チューナおよびマイクロ波プラズマ源

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

マイクロ波電源からマイクロ波プラズマ処理を行うチャンバへマイクロ波を伝送するマイクロ波伝送路に設けられ、前記チャンバ内の負荷のインピーダンスを前記マイクロ波電源の特性インピーダンスに整合させるチューナであって、

筒状をなす外側導体とその中に同軸的に設けられた筒状をなす内側導体とを有し、マイクロ波伝送路の一部となる本体と、

前記外側導体と前記内側導体の間に設けられ、内側導体の長手方向に沿って移動可能な、環状をなし、誘電体からなるスラグと、

前記スラグを移動させる駆動機構と

を具備し、
前記駆動機構は、駆動力を与える駆動部と、駆動部からの駆動力を前記スラグに伝達する駆動伝達部と、前記スラグの移動をガイドする駆動ガイド部と、前記スラグを前記駆動伝達部に保持する保持部とを有し、

前記駆動伝達部と、前記駆動ガイド部と、前記保持部が前記内側導体の内部に収容されている、チューナ。

【請求項2】

前記駆動機構は、前記スラグの内部に嵌め込まれ、前記内側導体の内周に接触した状態で前記内側導体の内部を滑り移動し、ねじ穴を有する滑り部材と、前記内側導体の内部に長手方向に沿って設けられ、前記スラグの前記滑り部材のねじ穴に螺合される螺棒からな

るスラグ移動軸とを有し、

前記スラグ移動軸と前記滑り部材とによりねじ機構からなる駆動伝達部が構成され、前記滑り部材と前記内側導体の内周面とにより滑りガイド機構からなる駆動ガイド部が構成され、前記滑り部材により前記保持部が構成され、前記駆動部は前記スラグ移動軸を回転させるモータを有し、前記モータにより前記スラグ移動軸を回転させることにより、前記滑り部材に保持された前記スラグが、前記滑り部材が前記内側導体の内周に滑りガイドされた状態で駆動される、請求項 1 に記載のチューナ。

【請求項 3】

前記滑り部材は、滑り性を有する樹脂からなる、請求項 2 に記載のチューナ。

【請求項 4】

前記スラグを少なくとも 2 つ有し、前記スラグ移動軸と前記モータとを、前記スラグに対応して少なくとも 2 つ有し、前記滑り部材には、他のスラグのスラグ移動軸が挿通される通し穴が形成されている、請求項 2 に記載のチューナ。

【請求項 5】

前記少なくとも 2 つのモータは、前記スラグの移動方向に沿ってオフセット配置されている、請求項 4 に記載のチューナ。

【請求項 6】

前記モータの出力軸に設けられた、前記スラグの位置を検知するためのインクリメント型のエンコーダをさらに有し、前記スラグを移動させてメカニカルストップへ到達させることによりモータが停止し、前記エンコーダのカウントが変化しないことを検出することにより前記スラグの原点位置を求め、そこを基準として前記スラグの位置を検知する、請求項 2 に記載のチューナ。

【請求項 7】

前記内側導体は、前記滑り部材と前記スラグとの連結部が移動するためのスリットを有し、前記スリットの幅は 5 mm 以下である、請求項 2 に記載のチューナ。

【請求項 8】

マイクロ波電源と、前記マイクロ波電源から基板に対してプラズマ処理を行うチャンバへマイクロ波を伝送するマイクロ波伝送路と、前記マイクロ波伝送路に設けられ、前記チャンバ内の負荷のインピーダンスを前記マイクロ波電源の特性インピーダンスに整合させるチューナと、前記マイクロ波を前記チャンバに放射させてプラズマを生成させるアンテナ部とを具備し、

前記チューナは、

筒状をなす外側導体とその中に同軸的に設けられた筒状をなす内側導体とを有し、マイクロ波伝送路の一部となる本体と、

前記外側導体と前記内側導体の間に設けられ、内側導体の長手方向に沿って移動可能な、環状をなし、誘電体からなるスラグと、

前記スラグを移動させる駆動機構と

を備え、

前記駆動機構は、駆動力を与える駆動部と、駆動部からの駆動力を前記スラグに伝達する駆動伝達部と、前記スラグの移動をガイドする駆動ガイド部と、前記スラグを前記駆動伝達部に保持する保持部とを有し、

前記駆動伝達部と、前記駆動ガイド部と、前記保持部が前記内側導体の内部に収容されている、マイクロ波プラズマ源。

【請求項 9】

前記駆動機構は、前記スラグの内部に嵌め込まれ、前記内側導体の内周に接触した状態で前記内側導体の内部を滑り移動し、ねじ穴を有する滑り部材と、前記内側導体の内部に長手方向に沿って設けられ、前記スラグの前記滑り部材のねじ穴に螺合される螺棒からなるスラグ移動軸とを有し、

前記スラグ移動軸と前記滑り部材とによりねじ機構からなる駆動伝達部が構成され、前記滑り部材と前記内側導体の内周面とにより滑りガイド機構からなる駆動ガイド部が構成

10

20

30

40

50

され、前記滑り部材により前記保持部が構成され、前記駆動部は前記スラグ移動軸を回転させるモータを有し、前記モータにより前記スラグ移動軸を回転させることにより、前記滑り部材に保持された前記スラグが、前記滑り部材が前記内側導体の内周に滑りガイドされた状態で駆動される、請求項 8 に記載のマイクロ波プラズマ源。

【請求項 10】

前記アンテナ部は前記チューナと一体的に構成されている、請求項 8 に記載のマイクロ波プラズマ源。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、マイクロ波プラズマ処理装置においてインピーダンスの自動整合を行うチューナおよびマイクロ波プラズマ源に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体デバイスや液晶表示装置の製造工程においては、半導体ウエハやガラス基板といった被処理基板にエッチング処理や成膜処理等のプラズマ処理を施すために、プラズマエッチング装置やプラズマ CVD 成膜装置等のプラズマ処理装置が用いられる。

【0003】

近時、このようなプラズマ処理装置としては、高密度で低電子温度のプラズマを均一に形成することができる RLSA (Radial Line Slot Antenna) マイクロ波プラズマ処理装置が注目されている (例えば特開 2007-109457 号公報)。

【0004】

RLSA マイクロ波プラズマ処理装置は、チャンバの上部に所定のパターンで多数のスロットが形成された平面アンテナ (Radial Line Slot Antenna) を設け、マイクロ波発生源から導かれたマイクロ波を、平面アンテナのスロットから放射させるとともに、その下に設けられた誘電体からなるマイクロ波透過板を介して真空中に保持されたチャンバ内に放射し、このマイクロ波電界によりチャンバ内に導入されたガスをプラズマ化し、このように形成されたプラズマにより半導体ウエハ等の被処理体を処理するものである。

【0005】

また、マイクロ波を複数に分配し、上記平面アンテナを有する複数のアンテナモジュールを介してマイクロ波をチャンバ内に導きチャンバ内でマイクロ波を空間合成するマイクロ波プラズマ源を有するマイクロ波プラズマ処理装置も提案されている (国際公開第 2008/013112 号パンフレット)。

【0006】

この種のマイクロ波プラズマ処理装置では、負荷 (プラズマ) のインピーダンスのチューニングを行うため、インピーダンス整合部 (チューナ) が必要とされる。このようなインピーダンス整合部としては、複数のスラグを有するスラグチューナを用いたものが知られている (特開 2003-347808 号公報等)。

【0007】

スラグチューナは、管状の外部導体と外部導体内に設けられた内部導体とにより同軸状のマイクロ波伝送路が構成され、外部導体の内面と内部導体の外面との間の隙間内に内部導体の長手方向に沿って移動自在に少なくとも 2 つの誘電体からなるスラグが設けられたものであり、これらスラグを駆動機構により移動させることによりインピーダンスチューニングを行う。これによりコンパクトで低損失のチューナを実現することができる。

【0008】

このようなチューナにおいては、スラグを移動させるための駆動機構は外部導体の外側に設けられる。駆動機構としては、モータ等の駆動部、ボールネジ等の駆動伝達機構、LM ガイド等の駆動ガイド機構が用いられ、例えば、スラグにブラケットを取り付け、このブラケットを駆動伝達機構であるボールネジに接合し、モータによりボールネジを回転させて、ブラケットを LM ガイドにガイドさせてスラグを移動させるものが一般的に用いら

10

20

30

40

50

れる。

【0009】

ところで、スラグの駆動機構として上述したようなものを用いる場合には、外部導体にブラケットが移動するためのスリットを設ける必要があり、このスリットから電磁波が漏れることへの対応として非常に大きなシールド機構が必要とされる。また、このように大きなシールド機構を必要とすることに加え、このような駆動機構が外部導体の外側に設けられると、機械要素の重量およびモーメントが増大し、大きなモータが必要とされる。このため、駆動機構を加味するとチューナの小型化には自ずと限界がある。

【発明の概要】

【0010】

本発明の目的は、従来よりも小型化が可能なインピーダンス整合のためのチューナおよびそれを用いたマイクロ波プラズマ源を提供することにある。

【0011】

本発明の第1の観点によれば、マイクロ波電源からマイクロ波プラズマ処理を行うチャンバへマイクロ波を伝送するマイクロ波伝送路に設けられ、前記チャンバ内の負荷のインピーダンスを前記マイクロ波電源の特性インピーダンスに整合させるチューナであって、筒状をなす外側導体とその中に同軸的に設けられた筒状をなす内側導体とを有し、マイクロ波伝送路の一部となる本体と、前記外側導体と前記内側導体の間に設けられ、内側導体の長手方向に沿って移動可能な、環状をなし、誘電体からなるスラグと、前記スラグを移動させる駆動機構とを具備し、前記駆動機構は、駆動力を与える駆動部と、駆動部からの駆動力を前記スラグに伝達する駆動伝達部と、前記スラグの移動をガイドする駆動ガイド部と、前記スラグを前記駆動伝達部に保持する保持部とを有し、前記駆動伝達部と、前記駆動ガイド部と、前記保持部が前記内側導体の内部に收容されているチューナが提供される。

【0012】

本発明の第2の観点によれば、マイクロ波電源と、前記マイクロ波電源から基板に対してプラズマ処理を行うチャンバへマイクロ波を伝送するマイクロ波伝送路と、前記マイクロ波伝送路に設けられ、前記チャンバ内の負荷のインピーダンスを前記マイクロ波電源の特性インピーダンスに整合させるチューナと、前記マイクロ波を前記チャンバに放射させてプラズマを生成させるアンテナ部とを具備し、前記チューナは、筒状をなす外側導体とその中に同軸的に設けられた筒状をなす内側導体とを有し、マイクロ波伝送路の一部となる本体と、前記外側導体と前記内側導体の間に設けられ、内側導体の長手方向に沿って移動可能な、環状をなし、誘電体からなるスラグと、前記スラグを移動させる駆動機構とを備え、前記駆動機構は、駆動力を与える駆動部と、駆動部からの駆動力を前記スラグに伝達する駆動伝達部と、前記スラグの移動をガイドする駆動ガイド部と、前記スラグを前記駆動伝達部に保持する保持部とを有し、前記駆動伝達部と、前記駆動ガイド部と、前記保持部が前記内側導体の内部に收容されている、マイクロ波プラズマ源が提供される。

【0013】

上記第1および第2の観点において、前記駆動機構は、前記スラグの内部に嵌め込まれ、前記内側導体の内周に接触した状態で前記内側導体の内部を滑り移動し、ねじ穴を有する滑り部材と、前記内側導体の内部に長手方向に沿って設けられ、前記スラグの前記滑り部材のねじ穴に螺合される螺棒からなるスラグ移動軸とを有し、前記スラグ移動軸と前記滑り部材とによりねじ機構からなる駆動伝達部が構成され、前記滑り部材と前記内側導体の内周面とにより滑りガイド機構からなる駆動ガイド部が構成され、前記滑り部材により前記保持部が構成され、前記駆動部は前記スラグ移動軸を回転させるモータを有し、前記モータにより前記スラグ移動軸を回転させることにより、前記滑り部材に保持された前記スラグが、前記滑り部材が前記内側導体の内周に滑りガイドされた状態で駆動されることが好ましい。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】本発明の一実施形態に係るチューナを有するマイクロ波プラズマ源が搭載されたプラズマ処理装置の概略構成を示す断面図である。

【図2】図1のマイクロ波プラズマ源の構成を示す構成図である。

【図3】図1のマイクロ波プラズマ処理装置におけるマイクロ波導入機構を示す断面図である。

【図4】チューナの本体におけるスラグと滑り部材を示す平面図である。

【図5】チューナの本体における内側導体の一部を示す斜視図である。

【図6】マイクロ波導入機構に搭載された平面スロットアンテナを示す平面図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

10

以下、添付図面を参照して本発明の実施の形態について詳細に説明する。図1は、本発明の一実施形態に係るチューナを有するマイクロ波プラズマ源が搭載されたプラズマ処理装置の概略構成を示す断面図であり、図2は図1のマイクロ波プラズマ源の構成を示す構成図である。

【0016】

プラズマ処理装置100は、ウエハに対してプラズマ処理として例えばエッチング処理を施すプラズマエッチング装置として構成されており、気密に構成されたアルミニウムまたはステンレス鋼等の金属材料からなる略円筒状の接地されたチャンバ1と、チャンバ1内にマイクロ波プラズマを形成するためのマイクロ波プラズマ源2とを有している。チャンバ1の上部には開口部1aが形成されており、マイクロ波プラズマ源2はこの開口部1aからチャンバ1の内部に臨むように設けられている。

20

【0017】

チャンバ1内には被処理体であるウエハWを水平に支持するためのサセプタ11が、チャンバ1の底部中央に絶縁部材12a介して立設された筒状の支持部材12により支持された状態で設けられている。サセプタ11および支持部材12を構成する材料としては、表面をアルマイト処理（陽極酸化処理）したアルミニウム等が例示される。

【0018】

また、図示はしていないが、サセプタ11には、ウエハWを静電吸着するための静電チャック、温度制御機構、ウエハWの裏面に熱伝達用のガスを供給するガス流路、およびウエハWを搬送するために昇降する昇降ピン等が設けられている。さらに、サセプタ11には、整合器13を介して高周波バイアス電源14が電気的に接続されている。この高周波バイアス電源14からサセプタ11に高周波電力が供給されることにより、ウエハW側にプラズマ中のイオンが引き込まれる。

30

【0019】

チャンバ1の底部には排気管15が接続されており、この排気管15には真空ポンプを含む排気装置16が接続されている。そしてこの排気装置16を作動させることによりチャンバ1内が排気され、チャンバ1内が所定の真空度まで高速に減圧することが可能となっている。また、チャンバ1の側壁には、ウエハWの搬入出を行うための搬入出口17と、この搬入出口17を開閉するゲートバルブ18とが設けられている。

【0020】

40

チャンバ1内のサセプタ11の上方位置には、プラズマエッチングのための処理ガスをウエハWに向けて吐出するシャワープレート20が水平に設けられている。このシャワープレート20は、格子状に形成されたガス流路21と、このガス流路21に形成された多数のガス吐出孔22とを有しており、格子状のガス流路21の間は空間部23となっている。このシャワープレート20のガス流路21にはチャンバ1の外側に延びる配管24が接続されており、この配管24には処理ガス供給源25が接続されている。

【0021】

一方、チャンバ1のシャワープレート20の上方位置には、リング状のプラズマ生成ガス導入部材26がチャンバ壁に沿って設けられており、このプラズマ生成ガス導入部材26には内周に多数のガス吐出孔が設けられている。このプラズマ生成ガス導入部材26に

50

は、プラズマ生成ガスを供給するプラズマ生成ガス供給源 27 が配管 28 を介して接続されている。プラズマ生成ガスとしては Ar ガスなどが好適に用いられる。

【0022】

プラズマ生成ガス導入部材 26 からチャンバ 1 内に導入されたプラズマ生成ガスは、マイクロ波プラズマ源 2 からチャンバ 1 内に導入されたマイクロ波によりプラズマ化され、このようにして生成されたプラズマ、例えば Ar プラズマがシャワープレート 20 の空間部 23 を通過しシャワープレート 20 のガス吐出孔 22 から吐出された処理ガスを励起し、処理ガスのプラズマを生成する。

【0023】

マイクロ波プラズマ源 2 は、チャンバ 1 の上部に設けられた支持リング 29 により支持されており、これらの間は気密にシールされている。図 2 に示すように、マイクロ波プラズマ源 2 は、複数経路に分配してマイクロ波を出力するマイクロ波出力部 30 と、マイクロ波をチャンバ 1 に導くためのマイクロ波導入部 40 と、マイクロ波出力部 30 から出力したマイクロ波をマイクロ波導入部 40 へ供給するマイクロ波供給部 50 とを有している。

10

【0024】

マイクロ波出力部 30 は、電源部 31 と、マイクロ波発振器 32 と、発振されたマイクロ波を増幅するアンプ 33 と、増幅されたマイクロ波を複数に分配する分配器 34 とを有している。

【0025】

マイクロ波発振器 32 は、所定周波数（例えば、2.45 GHz）のマイクロ波を例えば PLL 発振させる。分配器 34 では、マイクロ波の損失ができるだけ起こらないように、入力側と出力側のインピーダンス整合を取りながらアンプ 33 で増幅されたマイクロ波を分配する。なお、マイクロ波の周波数としては、2.45 GHz の他に、8.35 GHz、5.8 GHz、1.98 GHz 等を用いることができる。

20

【0026】

マイクロ波供給部 50 は、分配器 34 で分配されたマイクロ波を主に増幅する複数のアンプ部 42 を有する。アンプ部 42 は、位相器 45 と、可変ゲインアンプ 46 と、ソリッドステートアンプを構成するメインアンプ 47 と、アイソレータ 48 とを有している。

【0027】

位相器 45 は、スラグチューナによりマイクロ波の位相を変化させることができるように構成されており、これを調整することにより放射特性を変調させることができる。例えば、各アンテナモジュール毎に位相を調整することにより指向性を制御してプラズマ分布を変化させることや、後述するように隣り合うアンテナモジュールにおいて 90° ずつ位相をずらすようにして円偏波を得ることができる。また、位相器 45 は、アンプ内の部品間の遅延特性を調整し、チューナ内での空間合成を目的として使用することができる。ただし、このような放射特性の変調やアンプ内の部品間の遅延特性の調整が不要な場合には位相器 45 は設ける必要はない。

30

【0028】

可変ゲインアンプ 46 は、メインアンプ 47 へ入力するマイクロ波の電力レベルを調整し、個々のアンテナモジュールのばらつきを調整またはプラズマ強度調整のためのアンプである。可変ゲインアンプ 46 を各アンテナモジュール毎に変化させることによって、発生するプラズマに分布を生じさせることもできる。

40

【0029】

ソリッドステートアンプを構成するメインアンプ 47 は、例えば、入力整合回路と、半導体増幅素子と、出力整合回路と、高 Q 共振回路とを有する構成とすることができる。

【0030】

アイソレータ 48 は、マイクロ波導入部 40 で反射してメインアンプ 47 に向かう反射マイクロ波を分離するものであり、サーキュレータとダミーロード（同軸終端器）とを有している。サーキュレータは、後述するアンテナ部 80 で反射したマイクロ波をダミー口

50

ードへ導き、ダミーロードはサーキュレータによって導かれた反射マイクロ波を熱に変換する。

【0031】

マイクロ波導入部40は、図2に示すように、複数のマイクロ波導入機構41を有している。そして、各マイクロ波導入機構41は、それぞれ2つのアンブ部42からマイクロ波電力が供給され、これらが合成されて放射されるようになっている。

【0032】

マイクロ波導入機構41は、2つのアンブ部42からのマイクロ波電力が給電され、これらを合成してチャンバ1内に放射するものである。

【0033】

図3は、マイクロ波導入機構41を示す断面図である。図3に示すように、マイクロ波導入機構41は、チューナ60とアンテナ部80とを有している。チューナ60は、チャンバ1内の負荷(プラズマ)のインピーダンスをマイクロ波出力部30におけるマイクロ波電源の特性インピーダンスに整合させるものであり、筒状をなす外側導体52と外側導体52の中に同軸的に設けられた筒状をなす内側導体53とを有するとともに、マイクロ波伝送路の一部となる本体51を有している。そして、本体51の基端側が給電・電力合成部54となっている。また、チューナ60は、給電・電力合成部54の上に設けられたスラグ駆動部70を有している。

【0034】

給電・電力合成部54は、外側導体52の側面に設けられたマイクロ波電力を導入するための2つのマイクロ波電力導入ポート55を有している。マイクロ波電力導入ポート55には、アンブ部42から増幅されたマイクロ波を供給するための同軸線路56が接続されている。そして、同軸線路56の内側導体57の先端には、本体51の外側導体52の内部に向けて水平に伸びる給電アンテナ58が接続されている。給電アンテナ58は、その上下を石英等の誘電体からなる誘電体部材59a, 59bによって挟まれている。そして2つの給電アンテナ58からマイクロ波(電磁波)を放射することにより、外側導体52と内側導体53との間の空間に給電されるとともに、2つの給電アンテナ58から放射されたマイクロ波電力が合成される。そして、給電・電力合成部54で空間合成されたマイクロ波電力がアンテナ部80に向かって伝播する。

【0035】

本体51の給電・電力合成部54のアンテナ部80側(下方側)には、誘電体からなり、円環状をなす2つのスラグ61a, 61bが外側導体52と内側導体53との間を上下に移動可能に設けられている。これらスラグのうち、スラグ61aはスラグ駆動部70側に設けられ、スラグ61bはアンテナ部80側に設けられている。また、内側導体53の内部空間には、その長手方向(鉛直方向)に沿って例えば台形ネジが形成された螺棒からなるスラグ移動用の2本のスラグ移動軸64a, 64bが設けられている。

【0036】

スラグ61a, 61bの内側には、滑り性を有する樹脂からなる滑り部材63が嵌め込まれている。図4に示すように、スラグ61aに嵌め込まれた滑り部材63にはスラグ移動軸64aが螺合するねじ穴65aとスラグ移動軸64bが挿通される通し穴65bが設けられている。一方、スラグ61bに嵌め込まれた滑り部材63にも同様に、ねじ穴65aと通し穴65bとが設けられている。ただし、スラグ61bに嵌め込まれた滑り部材63は、スラグ61aに嵌め込まれた滑り部材63とは逆に、ねじ穴65aはスラグ移動軸64bに螺合され、通し穴65bにはスラグ移動軸64aが挿通されるようになっている。これによりスラグ移動軸64aを回転させることによりスラグ61aが昇降移動し、スラグ移動軸64bを回転させることによりスラグ61bが昇降移動する。すなわち、スラグ移動軸64a, 64bと滑り部材63とからなるねじ機構によりスラグ61a, 61bが昇降移動される。

【0037】

図4および図5に示すように、内側導体53には長手方向に沿って等間隔に3つのスリ

10

20

30

40

50

ット53aが形成されている。滑り部材63は、これらスリット53aに対応するように3つの突出部63aが等間隔に設けられている。そして、これら突出部63aがスラグ61a, 61bの内周に当接した状態で滑り部材63がスラグ61a, 61bの内部に嵌め込まれる。滑り部材63の外周面は、内側導体53の内周面と遊びなく接触するようになっており、スラグ移動軸64a, 64bが回転されることにより、滑り部材63が内側導体53を滑って昇降するようになっている。すなわち内側導体53の内周面がスラグ61a, 61bの滑りガイドとして機能する。なお、スリット53aの幅は5mm以下とすることが好ましい。これにより、後述するように内側導体53の内部へ漏洩するマイクロ波電力を実質的になくすることができ、マイクロ波電力の放射効率を高く維持することができる。

10

【0038】

滑り部材63を構成する樹脂材料としては、良好な滑り性を有し、加工が比較的容易な樹脂、例えばポリフェニレンサルファイド(PPS)樹脂(商品名:ベアリーAS5000(NTN株式会社製))を好適なものとして挙げる事ができる。

【0039】

図3に示すように、本体51の上部には、上部開口を遮蔽するように遮蔽板66が設けられている。そして、スラグ移動軸64a, 64bは、この遮蔽板66を貫通してスラグ駆動部70に延びている。スラグ移動軸64a, 64bと遮蔽板66の間にはベアリング(図示せず)が設けられている。また、内側導体53の下端には、導体からなる底板67が設けられている。スラグ移動軸64a, 64bの下端は、駆動時の振動を吸収するために、通常は開放端となっており、これらスラグ移動軸64a, 64bの下端から2~5mm程度離隔して底板67が設けられている。なお、底板67をスラグ移動軸64a, 64bを軸支する軸受け部材として機能させてもよい。

20

【0040】

スラグ駆動部70は筐体71を有し、スラグ移動軸64aおよび64bは筐体71内に延びており、スラグ移動軸64aおよび64bの上端には、それぞれ歯車72aおよび72bが取り付けられている。また、スラグ駆動部70には、スラグ移動軸64aを回転させるモータ73aと、スラグ移動軸64bを回転させるモータ73bが設けられている。モータ73aの軸には歯車74aが取り付けられ、モータ73bの軸には歯車74bが取り付けられており、歯車74aが歯車72aに噛合し、歯車74bが歯車72bに噛合するようになっている。したがって、モータ73aにより歯車74aおよび72aを介してスラグ移動軸64aが回転され、モータ73bにより歯車74bおよび72bを介してスラグ移動軸64bが回転される。なお、モータ73a, 73bは例えばステッピングモータである。

30

【0041】

なお、スラグ移動軸64bはスラグ移動軸64aよりも長く、より上方に達しており、したがって、歯車72aおよび72bの位置が上下にオフセットしており、モータ73aおよび73bも上下にオフセットしている。これにより、モータおよび歯車等の動力伝達機構のスペースを小さくすることができ、これらを収容する筐体71を外側導体52と同じ径にすることが可能となる。

40

【0042】

モータ73aおよび73bの上には、これらの出力軸に直結するように、それぞれスラグ61aおよび61bの位置を検出するためのインクリメント型のエンコーダ75aおよび75bが設けられている。

【0043】

インクリメント型のエンコーダは、通常、移動方向と相対的な位置関係のみしか検知できないが、本実施形態ではこれにより、絶対的な位置を把握する。その手順は以下のようである。

【0044】

まず、スラグ移動軸64aをゆっくり回転させてスラグ61aを一定速度でエンコーダ

50

75 aのカウンターを見ながら移動させる。スラグ61 aがメカニカルストップ(図示せず)に到達すると、モータ73 aは脱調し、停止する。停止したことは、エンコーダ75 aのカウントが変化しないことで検知することができ、そのときのスラグ61 aの位置、またはそこから所定パルス分オフセットした位置を原点とする。この原点位置を基準として原点からのパルス数をカウントすることによりスラグ61 aの絶対的な位置を検知することができる。スラグ61 bも同様に原点を把握することにより絶対的な位置を検知することができる。これにより位置検出のためのセンサが不要となる。

【0045】

スラグ61 aおよび61 bの位置は、スラグコントローラ68により制御される。具体的には、図示しないインピーダンス検出器により検出された入力端のインピーダンス値と、エンコーダ75 aおよび75 bにより検知されたスラグ61 aおよび61 bの位置情報に基づいて、スラグコントローラ68がモータ73 aおよび73 bに制御信号を送り、スラグ61 aおよび61 bの位置を制御することにより、インピーダンスを調整するようになっている。スラグコントローラ68は、終端が例えば50 になるようにインピーダンス整合を実行させる。2つのスラグのうち一方のみを動かすと、スミスチャートの原点を通る軌跡を描き、両方同時に動かすと位相のみが回転する。

【0046】

なお、スラグ移動軸64 a, 64 bが台形ねじを有している場合にはバックラッシュによりスラグ61 aおよび61 bの位置精度が低いおそれがあるが、そのような場合には、スラグ61 aおよび61 bに例えばコイルスプリングにより付勢力を与えておけばバックラッシュの影響を解消することができる。

【0047】

アンテナ部80は、マイクロ波放射アンテナとして機能する、平面状をなしスロット81 aを有する平面スロットアンテナ81を有している。アンテナ部80は、平面スロットアンテナ81の上面に設けられた遅波材82を有している。遅波材82の中心には導体からなる円柱部材82 aが貫通して軸受け部67と平面スロットアンテナ81とを接続している。したがって、内側導体53が軸受け部67および円柱部材82 aを介して平面スロットアンテナ81に接続されている。なお、チューナ60の本体51を構成する外側導体52の下端は平面スロットアンテナ81まで延びており、遅波材82の周囲は外側導体52で覆われている。また、平面スロットアンテナ81および天板83の周囲は被覆導体84で覆われている。

【0048】

遅波材82は、真空よりも大きい誘電率を有しており、例えば、石英、セラミックス、ポリテトラフルオロエチレン等のフッ素系樹脂やポリイミド系樹脂により構成されており、真空中ではマイクロ波の波長が長くなることから、マイクロ波の波長を短くしてアンテナを小さくする機能を有している。遅波材82は、その厚さによりマイクロ波の位相を調整することができ、平面スロットアンテナ81が定在波の「はら」になるようにその厚さを調整する。これにより、反射が最小で、平面スロットアンテナ81の放射エネルギーが最大となるようにすることができる。

【0049】

また、平面スロットアンテナ81のさらに先端側には、真空シールのための誘電体部材、例えば石英やセラミックス等からなる天板83が配置されている。そして、メインアンプ47で増幅されたマイクロ波が内側導体53と外側導体52の周壁の間を通過して平面スロットアンテナ81のスロット81 aから天板83を透過してチャンバ1内の空間に放射される。スロット81 aは、図6に示すように扇形のものが好ましく、図示している2個、または4個設けることが好ましい。これにより、マイクロ波をTEMモードで効率的に伝達させることができる。

【0050】

本実施形態において、メインアンプ47と、チューナ60と、平面スロットアンテナ81とは近接配置している。そして、チューナ60と平面スロットアンテナ81とは1/2

10

20

30

40

50

波長内に存在する集中定数回路を構成しており、かつ平面スロットアンテナ 8 1、遅波材 8 2、天板 8 3 は合成抵抗が 5 0 に設定されているので、チューナ 6 0 はプラズマ負荷に対して直接チューニングしていることになり、効率良くプラズマへエネルギーを伝達することができる。

【 0 0 5 1 】

プラズマ処理装置 1 0 0 における各構成部は、マイクロプロセッサを備えた制御部 9 0 により制御されるようになってきている。制御部 9 0 はプラズマ処理装置 1 0 0 のプロセスシーケンスおよび制御パラメータであるプロセスレシピを記憶した記憶部や、入力手段およびディスプレイ等を備えており、選択されたプロセスレシピに従ってプラズマ処理装置を制御するようになってきている。

10

【 0 0 5 2 】

次に、以上のように構成されるプラズマ処理装置 1 0 0 における動作について説明する。

まず、ウエハ W をチャンバ 1 内に搬入し、サセプタ 1 1 上に載置する。そして、プラズマ生成ガス供給源 2 7 から配管 2 8 およびプラズマ生成ガス導入部材 2 6 を介してチャンバ 1 内にプラズマ生成ガス、例えば Ar ガスを導入しつつ、マイクロ波プラズマ源 2 からマイクロ波をチャンバ 1 内に導入してプラズマを生成する。

【 0 0 5 3 】

このようにしてプラズマを生成した後、処理ガス、例えば Cl_2 ガス等のエッチングガスが処理ガス供給源 2 5 から配管 2 4 およびシャワープレート 2 0 を介してチャンバ 1 内に吐出される。吐出された処理ガスは、シャワープレート 2 0 の空間部 2 3 を通過してきたプラズマにより励起されてプラズマ化またはラジカル化し、この処理ガスのプラズマまたはラジカルによりウエハ W にプラズマ処理、例えばエッチング処理が施される。

20

【 0 0 5 4 】

上記マイクロ波プラズマを生成するに際し、マイクロ波プラズマ源 2 では、マイクロ波出力部 3 0 のマイクロ波発振器 3 2 から発振されたマイクロ波はアンプ 3 3 で増幅された後、分配器 3 4 により複数に分配され、分配されたマイクロ波はマイクロ波供給部 5 0 を経てマイクロ波導入部 4 0 へ導かれる。マイクロ波導入部 4 0 を構成する各マイクロ波導入機構 4 1 が十分な出力を得るために、2 つのアンプ部 4 2 から同軸線路 5 6 を介して給電・電力合成部 5 4 に設けられた 2 つのマイクロ波電力導入ポート 5 5 および給電アンテナ 5 8 を経て本体 5 1 内にマイクロ波電力が給電され、合成される。これにより、発熱を抑制しつつ、極めて簡易に電力合成を行うことができる。なお、一つのアンプ部 4 2 からの電力で十分な場合は、上記の電力合成を省略することができる。また、同様のマイクロ波電力導入ポート 5 5 を 3 つ以上設け、3 つ以上のアンプ部 4 2 からの電力を合成するようにしてもよい。

30

【 0 0 5 5 】

そして、マイクロ波導入機構 4 1 のチューナ 6 0 でインピーダンスが自動整合され、電力反射が実質的にない状態で、アンテナ部 8 0 の平面スロットアンテナ 8 1 および天板 8 3 を介してマイクロ波電力がチャンバ 1 内に放射される。

【 0 0 5 6 】

このように、複数に分配されたマイクロ波を、ソリッドステートアンプを構成するメインアンプ 4 7 で個別に増幅し、平面スロットアンテナ 8 1 を用いて個別に放射した後にチャンバ 1 内で合成するので、大型のアイソレータや合成器が不要となる。

40

【 0 0 5 7 】

また、マイクロ波導入機構 4 1 は、アンテナ部 8 0 とチューナ 6 0 とが本体 5 1 内に設けられた構造となっているので、極めてコンパクトである。このため、マイクロ波プラズマ源 2 自体をコンパクト化することができる。さらに、メインアンプ 4 7、チューナ 6 0 および平面スロットアンテナ 8 1 が近接して設けられ、特にチューナ 6 0 と平面スロットアンテナ 8 1 とは集中定数回路として構成することができる。このため、平面スロットアンテナ 8 1、遅波材 8 2、天板 8 3 の合成抵抗を 5 0 に設計することにより、チューナ

50

60により高精度でプラズマ負荷をチューニングすることができる。また、チューナ60は2つのスラグ61a, 61bを移動するだけでインピーダンス整合を行うことができるスラグチューナを構成しているのでコンパクトで低損失である。

【0058】

さらに、このようにチューナ60と平面スロットアンテナ81とが近接し、集中定数回路を構成してかつ共振器として機能することにより、平面スロットアンテナ81に至るまでのインピーダンス不整合を高精度で解消することができ、実質的に不整合部分をプラズマ空間とすることができるので、チューナ60により高精度のプラズマ制御が可能となる。

【0059】

さらにまた、位相器45により、各アンテナモジュールの位相を変化させることにより、マイクロ波の指向性制御を行うことができ、プラズマ等の分布の調整を容易に行うことができる。

【0060】

ところで、チューナ60の本体部分は上述したようにコンパクトなものであるが、インピーダンス整合するスラグ61a, 61bを駆動するための駆動機構は、従来、チューナ60の本体部分の外側に設けられ、モータ等の駆動部、ボールネジ等の駆動伝達部、LMガイド等の駆動ガイド部、ブラケット等の保持部が必要であり、それ自体が大型であるとともに、保持部が移動するためのスリットを外側導体に設ける必要があり、このスリットから電磁波が漏れることを防止するために非常に大きなシールド機構が必要とされ、モータも大きなものが必要となって駆動機構やシールド機構を含めると大型化を回避することはできなかった。

【0061】

これに対し、本実施形態では、駆動伝達部、駆動ガイド部、保持部に相当するものを内側導体53の内部に設けたので、これらを外側導体52の外側に設ける場合と比較して機械要素の重量およびモーメントを小さくすることができ、また外側導体52に保持機構が移動するためのスリットを設ける必要がなく、電磁波漏洩を防止するためのシールド機構が不要となる。このため、スラグ61a, 61bの駆動機構を従来よりも小型化することができ、ひいてはチューナ60全体を小型化することができる。

【0062】

また、スラグ61a, 61b自体に滑り性を有する樹脂からなる滑り部材63が取り付けられ、この滑り部材63のねじ穴65aにスラグ移動軸64aあるいは64bを螺合させてねじ機構を構成し、モータ73a, 73bによりスラグ移動軸64a, 64bを回転させることにより、滑り部材63の外周が内側導体53の内周を滑るようにガイドされてスラグ61a, 61bが移動するので、滑り部材63およびスラグ移動軸64a, 64bが駆動伝達機構、駆動ガイド機構、保持機構の3つの機能を兼ね備えることとなるので、駆動機構を著しくコンパクトにすることができ、チューナ60を一層小型化することができる。

【0063】

さらに、滑り部材63に通し穴65bを設け、ねじ穴65aに螺合されない方のスラグ移動軸をこの通し穴65bに通すようにしたので、内側導体53内にスラグ61aおよび61bをそれぞれ駆動するための2つのスラグ移動軸64aおよび64bを設けることができ、ねじ機構により2つのスラグ61aおよび61bを独立して移動させることが可能となる。さらにまた、スラグ駆動部70において、モータ73aおよび73b、ならびに動力伝達機構である歯車72aおよび72bが上下にオフセットしているので、モータおよび歯車等の動力伝達機構のスペースを小さくすることができ、これらを収容する筐体71を外側導体52と同じ径にすることが可能となる。したがって、チューナ60をより一層コンパクトにすることができる。

【0064】

また、スラグ61a, 61bは、滑り部材63が内側導体53を滑って移動することか

10

20

30

40

50

ら移動の負荷が小さいため、スラグ移動軸 6 4 a , 6 4 b のねじは台形ねじでよく、安価なものとする事ができる。この際に懸念されるねじのバックラッシュによる位置精度の低下の問題もコイルスプリング等の付勢手段を設けることにより解消される。

【 0 0 6 5 】

さらにまた、モータ 7 3 a , 7 3 b の出力軸に直結するようにインクリメント型のエンコーダ 7 5 a , 7 5 b を設けて、スラグ 6 1 a , 6 1 b の位置検出を行うので、従来用いていた位置検出のためのセンサが不要となり、システムが複雑になったり、センサ設置のスペース分大型化することを回避することができる。また、インクリメント型のエンコーダはアブソリュート型のエンコーダと比較して安価である。このため、コストを上げることなく小型で高精度のチューナを実現することができる。

10

【 0 0 6 6 】

さらにまた、内側導体 5 3 には滑り部材 6 3 の突出部 6 3 a が移動するためのスリット 5 3 a が設けられており、このスリット 5 3 a から内側導体 5 3 の内部へマイクロ波電力が漏洩して電力ロスになる懸念があるが、スリット 5 3 a の幅を 5 mm 以下とすることにより、内側導体 5 3 の内部へ漏洩するマイクロ波電力を実質的になくすことができ、マイクロ波電力の放射効率を高く維持することができる。

【 0 0 6 7 】

このことをシミュレーション結果に基づいて説明する。ここでは、有限要素法を用いた電磁波解析を用いて、種々のスリット幅の内側導体を用いた場合の、入力したマイクロ波電力のロスを求めた。なお、このシミュレーションにおいては、マイクロ波導入ポートは 1 箇所とした。スリット幅が 0 mm、3 mm、5 mm、6 . 6 mm、1 0 mm、1 3 . 3 mm と変化させ、S パラメータ S 1 1 を把握した。S 1 1 はマイクロ波導入ポートから電磁波を入力したときの反射を示すものであり、この値が 0 の場合には反射によるロスが 0、この値が 1 の場合には全部反射することを示す。その結果、S 1 1 は、スリット幅が 0 mm のとき 0 . 0 8 7、3 mm のとき 0 . 0 8 7、5 mm のとき 0 . 0 8 3 となり、スリット幅が 5 mm までは S 1 1 が 0 . 1 以下であって反射によるロスがほとんどないことが確認された。これに対し、スリット幅が 6 . 6 mm では S 1 1 = 0 . 1 0 3、スリット幅 1 0 . 0 mm では S 1 1 = 0 . 1 6 2、スリット幅 1 3 . 3 mm では S 1 1 = 0 . 2 5 8 となり、スリット幅が 5 mm を超えることにより急激に反射によるロスが大きくなっていくことが確認された。この結果から、スリット 5 3 a の幅を 5 mm 以下とすることにより、内側導体 5 3 の内部へ漏洩するマイクロ波電力を実質的になくすことができることが示された。

20

30

【 0 0 6 8 】

以上のように本実施形態によれば、スラグ 6 1 a、6 1 b を移動させる駆動機構が、駆動力を与える駆動部（モータ 7 3 a、7 3 b 等）と、駆動部からの駆動力をスラグ 6 1 a、6 1 b に伝達する駆動伝達部と、スラグの移動をガイドする駆動ガイド部と、スラグ 6 1 a、6 1 b を前記駆動伝達部に保持する保持部とが内側導体 5 3 の内部に収容されているので、これらを外側導体 5 2 の外部に設ける場合と比較して機械要素の重量およびモメントを小さくすることができ、また外側導体 5 2 に保持機構が移動するためのスリットを設ける必要がなく、電磁波漏洩を防止するためのシールド機構が不要となる。このため、スラグの駆動機構を従来よりも小型化することができ、ひいてはチューナ全体を小型化することができる。

40

【 0 0 6 9 】

また、駆動機構は、各スラグ 6 1 a、6 1 b の内部に嵌め込まれ、内側導体 5 3 の内周に接触した状態で内側導体 5 3 の内部を滑り移動し、ねじ穴を有する滑り部材 6 3 と、内側導体 5 3 の内部に長手方向に沿って設けられ、各スラグ 6 1 a、6 1 b の滑り部材のねじ穴に螺合される螺棒からなるスラグ移動軸 6 4 a、6 4 b とを有しており、移動軸 6 4 a、6 4 b と滑り部材 6 3 とによりねじ機構からなる駆動伝達部が構成され、滑り部材 6 3 と内側導体 5 3 の内周面により滑りガイド機構からなる駆動ガイド部が構成され、滑り部材 6 3 により保持部が構成されるようにしたので、内側導体の内部に設けるのは滑り部

50

材63およびスラグ移動軸64a、64bのみであり、これらが駆動伝達機構、駆動ガイド機構、保持機構の3つの機能を兼ね備えることとなり、駆動機構を著しくコンパクトにすることができ、チューナを一層小型化することができる。

【0070】

なお、本発明は上記実施形態に限定されることなく、本発明の思想の範囲内において種々変形可能である。例えば、マイクロ波出力部30の回路構成やマイクロ波導入部40、メインアンプ47の回路構成等は、上記実施形態に限定されるものではない。具体的には、平面スロットアンテナから放射されるマイクロ波の指向性制御を行ったり円偏波にしたたりする必要がない場合には、位相器は不要である。また、マイクロ波導入部40は、必ずしも複数のマイクロ波導入機構41で構成する必要はなく、マイクロ波導入機構41は1個であってもよい。さらに、平面スロットアンテナ81のスロット81aとして扇形のもの2個または4個設けた場合について示したが、これに限らず、条件に応じて種々のスロットパターンを採用することが可能である。さらにまた、上記実施形態では、スラグを2つ設けた例を示したが、スラグの数は2つより多くてもよく、予めチューニング範囲が限定されている場合には1つでもよい。

10

【0071】

さらに、上記実施形態ではスラグの駆動機構として、台形ネジを有するスラグ移動軸とこれに螺合する滑り部材とを組み合わせたねじ機構を用いたが、これに限るものではなく、ねじとして三角ねじ、角ねじ、鋸歯ねじ等を用いることもできる。また、スラグ移動軸と滑り部材が直接螺合するのではなくボールねじを用いてもよいし、駆動伝達機構として歯車機構やベルト機構等の他の機構を用いることもできる。また、駆動ガイド機構としては、滑り機構に限らず、LMガイド等の他のガイドを用いることもできる。また、モータとスラグ移動軸との間の動力伝達を歯車機構で行ったが、これに限らず、ベルト機構等、他の機構で行ってもよい。

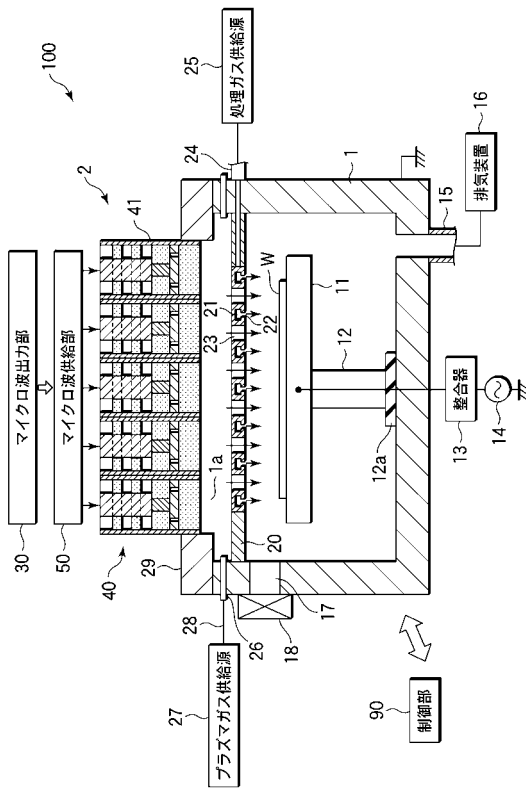
20

【0072】

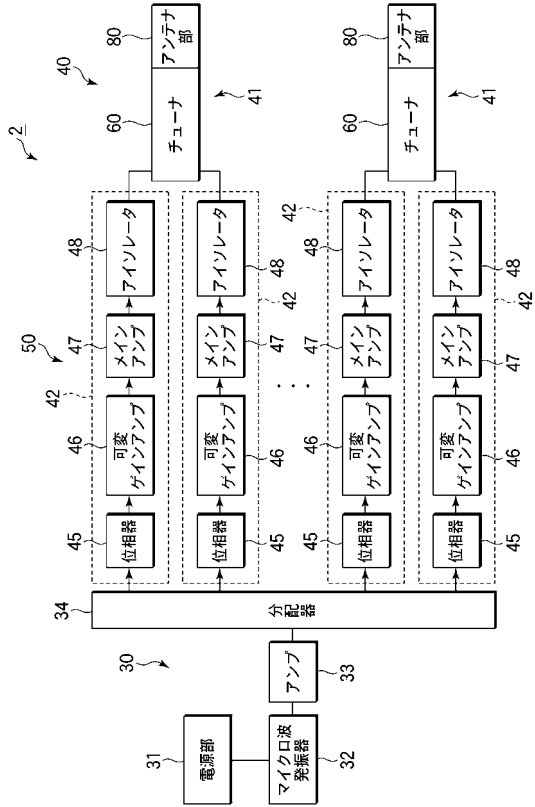
さらにまた、上記実施形態においては、プラズマ処理装置としてエッチング処理装置を例示したが、これに限らず、成膜処理、酸窒化膜処理、アッシング処理等の他のプラズマ処理にも用いることができる。また、被処理基板は半導体ウエハに限定されず、LCD(液晶ディスプレイ)用基板に代表されるFPD(フラットパネルディスプレイ)基板や、セラミックス基板等の他の基板であってもよい。

30

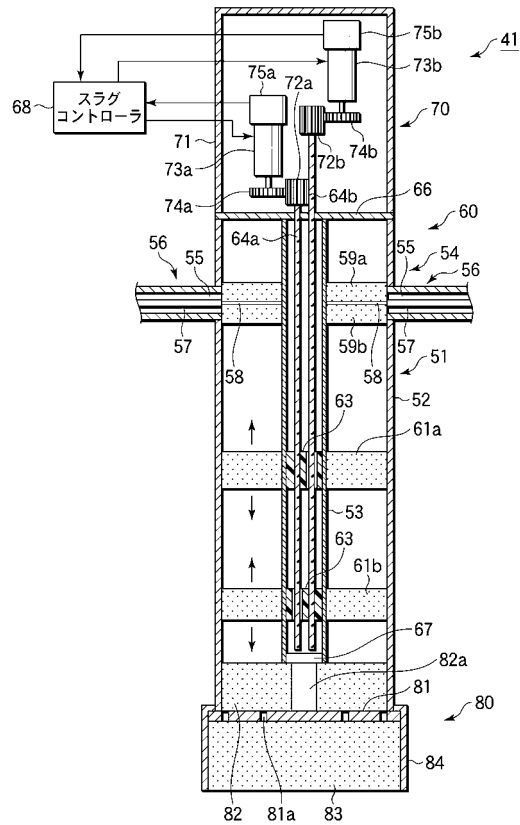
【図1】



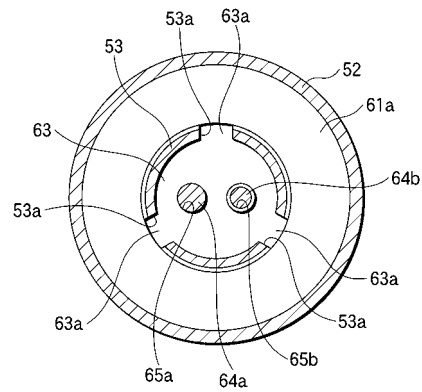
【図2】



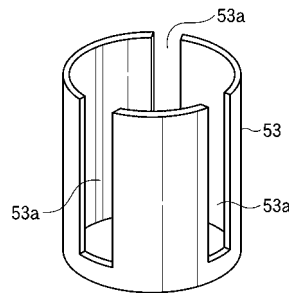
【図3】



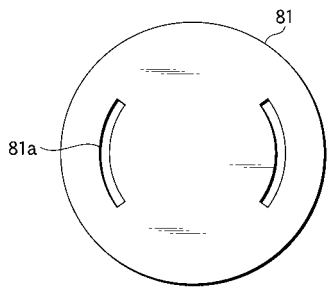
【図4】



【図5】



【 図 6 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H 0 1 L 21/3065 (2006.01) H 0 1 L 21/302 1 0 1 D

審査官 佐藤 当秀

(56)参考文献 特表2009-502075(JP,A)
特開2006-287817(JP,A)
特開2003-344465(JP,A)
特開2003-347808(JP,A)
特開2004-007056(JP,A)
特開2003-338704(JP,A)
特開平10-150306(JP,A)
国際公開第2008/013112(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H 0 1 L 2 1 / 3 0 6 5
H 0 1 P 5 / 0 2
H 0 1 P 5 / 0 4
H 0 1 Q 1 3 / 1 0
H 0 5 B 6 / 7 4
H 0 5 B 1 1 / 0 0
H 0 5 H 1 / 4 6