(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2017-63000
(P2017-63000A)
(43)公開日　平成29年3月30日(2017.3.30)

(51)Int.Cl.			F I			テーマコード（参考）
H05H	1/46	(2006.01)	H05H	1/46	L	2G084
H01L	21/3065	(2006.01)	H01L	21/302	101C	4K030
C23C	16/509	(2006.01)	C23C	16/509		5F004

審査請求 未請求　請求項の数 8　ＯＬ　（全 16 頁）

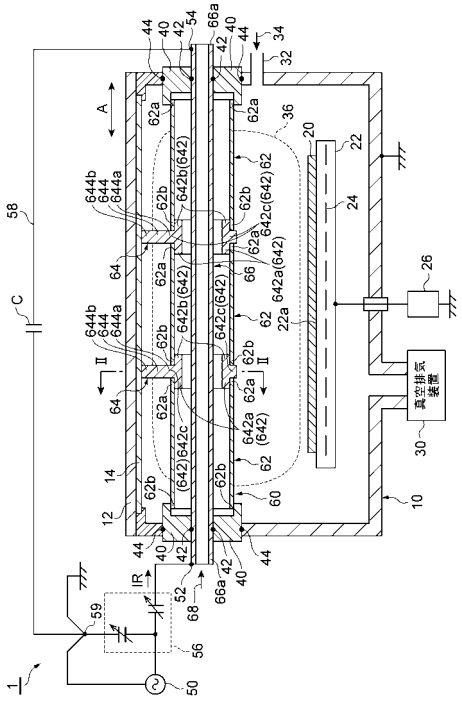
(21)出願番号　特願2015-188814 (P2015-188814)
(22)出願日　平成27年9月25日 (2015.9.25)

(71)出願人　000003942
日新電機株式会社
京都府京都市右京区梅津高畝町４７番地
(74)代理人　100088155
弁理士　長谷川　芳樹
(74)代理人　100113435
弁理士　黒木　義樹
(74)代理人　100176658
弁理士　和田　謙一郎
(72)発明者　入澤　一彦
京都府京都市右京区梅津高畝町４７番地
日新電機株式会社内
(72)発明者　安東　靖典
京都府京都市右京区梅津高畝町４７番地
日新電機株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】アンテナ及びプラズマ処理装置

(57)【要約】
【課題】アンテナが長い場合でもその取扱いを容易にする。
【解決手段】アンテナ６０は、真空容器１０内に配置されており真空容器１０内に誘導結合型のプラズマを発生させる。アンテナ６０は、一方向に延在しており一方向に直列に配置される複数の絶縁パイプ６２と、複数の絶縁パイプ６２のうち隣接する２つの中空絶縁体を連結する連結部６４と、導電性を有し、連結部６４で連結された複数の絶縁パイプ６２に空間を介して配置されているアンテナ本体６６と、を備える。
【選択図】図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
真空容器内に配置されており前記真空容器内に誘導結合型のプラズマを発生させるためのアンテナであって、
一方向に延在しており前記一方向に直列に配置される複数の中空絶縁体と、
前記複数の中空絶縁体のうち隣接する２つの中空絶縁体を連結する連結部と、
導電性を有し、前記連結部で連結された前記複数の中空絶縁体内に空間を介して配置され、前記一方向に延在しているアンテナ本体と、
を備える、
アンテナ。
【請求項２】
前記連結部は、
絶縁性を有する連結用中空体と、
前記連結用中空体に一端が固定され他端が前記真空容器の壁部に固定される支持部と、
を有し、
各前記中空絶縁体は、
第１の端部と、
前記中空絶縁体の延在方向において前記第１の端部と反対側の第２の端部と、
を有し、
前記隣接する２つの中空絶縁体のうちの第１の中空絶縁体の前記第１の端部と前記連結用中空体の一端とが嵌めあわされ、前記隣接する２つの中空絶縁体のうちの第２の中空絶縁体の前記第２の端部と前記連結用中空体の他端とが嵌めあわされている、
請求項１に記載のアンテナ。
【請求項３】
前記第１の中空絶縁体の前記第１の端部に前記連結用中空体の一端が挿入されて嵌められており、前記隣接する２つの中空絶縁体のうちの他方の中空絶縁体の前記第２の端部に前記連結用中空体の他端が挿入され嵌められている、
請求項２に記載のアンテナ。
【請求項４】
前記第１の中空絶縁体の前記第１の端部が前記連結用中空体の一端に挿入されて嵌められており、前記第２の中空絶縁体の前記第２の端部が前記連結用中空体の他端に挿入され嵌められている、
請求項２に記載のアンテナ。
【請求項５】
前記連結部は、前記アンテナ本体の延在方向における中央部に配置されており、
前記アンテナ本体の中央部は、前記連結用中空体内に空間を介して配置されている、
請求項４に記載のアンテナ。
【請求項６】
前記連結部は、絶縁性を有する連結用中空体
を有し、
各前記中空絶縁体は、
第１の端部と、
前記中空絶縁体の延在方向において前記第１の端部と反対側の第２の端部と、
を有し、
前記隣接する２つの中空絶縁体のうちの第１の中空絶縁体の前記第１の端部が前記連結用中空体の一端に挿入されて嵌められており、前記隣接する２つの中空絶縁体のうちの第２の中空絶縁体の前記第２の端部が前記連結用中空体の他端に挿入され嵌めされており、
前記アンテナ本体と、前記第１及び第２の中空絶縁体のうち前記連結用中空体に挿入されている部分との間に絶縁スペーサが設けられている、
請求項１に記載のアンテナ。

【請求項７】
プラズマを用いて被処理物を処理するプラズマ処理装置であって、
真空容器と、
前記真空容器内に配置され前記被処理物が載置されるホルダと、
前記真空容器において前記ホルダに対向して配置される請求項１～６の何れか一項に記載のアンテナと、
前記アンテナが有する前記アンテナ本体にプラズマ生成用の電力を供給する電源と、
を備える、
プラズマ処理装置。
【請求項８】
前記被処理物の処理が前記被処理物上に膜を形成する処理であり、
前記中空絶縁体の外表面上には、前記被処理物に形成する前記膜の成分を同じ成分を含む保護膜が設けられている、
請求項７に記載のプラズマ処理装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、アンテナ及びプラズマ処理装置に関する。
【背景技術】
【０００２】
プラズマ処理装置の一例として、特許文献１に記載されているような誘導結合型プラズマを用いた装置が知られている。特許文献１記載の技術では、基板等の被処理物を収容する真空容器内に配置された直線状のアンテナ導体（アンテナ本体）に高周波電流を流すことで誘導結合型プラズマを生成している。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００３】
【特許文献１】特開平１１－３１７２９９号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００４】
特許文献１記載の技術では、真空容器内のアンテナ本体が、プラズマによってスパッタリングされないように、アンテナ本体を石英パイプ（中空絶縁体）で覆っている。しかし、その場合、例えば装置が大型化するとアンテナ本体の長さも長くなり、それに伴って石英パイプも長くなる。その結果、石英パイプを含むアンテナの取り扱いが困難になる。
【０００５】
本発明の目的は、アンテナが長い場合でもその取扱いを容易にすることである。
【課題を解決するための手段】
【０００６】
本発明の一側面に係るアンテナは、真空容器内に配置されており真空容器内に誘導結合型のプラズマを発生させるためのアンテナであって、一方向に延在しており一方向に直列に配置される複数の中空絶縁体と、複数の中空絶縁体のうち隣接する２つの中空絶縁体を連結する連結部と、導電性を有し、連結部で連結された複数の中空絶縁体内に空間を介して配置され、一方向に延在しているアンテナ本体と、を備える。
【０００７】
上記のアンテナでは、連結部が複数の中空絶縁体を連結する。このため、アンテナ本体の長さが長くなる場合でも、それに応じた数の中空絶縁体を連結部によって連結すれば、アンテナ本体の長さに対応したアンテナを得ることができる。よって、各中空絶縁体を例えば組立や運搬等に便利な大きさ（長さ）としておくことで、アンテナが長い場合でもその取扱いが容易になる。

【０００８】
上記アンテナでは、連結部は、絶縁性を有する連結用中空体と、連結用中空体に一端が固定され他端が真空容器の壁部に固定される支持部と、を有し、各中空絶縁体は、第１の端部と、中空絶縁体の延在方向において第１の端部と反対側の第２の端部と、を有し、隣接する２つの中空絶縁体のうちの第１の中空絶縁体の第１の端部と連結用中空体の一端とが嵌めあわされ、隣接する２つの中空絶縁体のうちの第２の中空絶縁体の第２の端部と連結用中空体の他端とが嵌めあわされていてもよい。このように隣接する２つの中空絶縁体と連結用中空体とを嵌めあわせることによって、各中空絶縁体を連結することができる。また、連結用中空体が支持部によって真空容器の壁部に固定されるので、各中空絶縁体を連結すると共に真空容器内に支持することができる。
【０００９】
上記アンテナでは、第１の中空絶縁体の第１の端部に連結用中空体の一端が挿入されて嵌められており、隣接する２つの中空絶縁体のうちの他方の中空絶縁体の第２の端部に連結用中空体の他端が挿入され嵌められていてもよい。このようにしても隣接する２つの中空絶縁体を連結すると共に、真空容器内に支持することができる。
【００１０】
或いは、第１の中空絶縁体の第１の端部が連結用中空体の一端に挿入されて嵌められており、第２の中空絶縁体の第２の端部が連結用中空体の他端に挿入され嵌められていてもよい。このようにしても隣接する２つの中空絶縁体を連結すると共に、真空容器内に支持することができる。
【００１１】
上記構成においては、連結部は、アンテナ本体の延在方向における中央部に配置されており、アンテナ本体の中央部は、連結用中空体内に空間を介して配置されていてもよい。これにより、連結部おいて、プラズマ処理装置の真空容器内に導入されるガスとアンテナ本体との距離を比較的長くして、その付近で発生するプラズマの密度が高くなり過ぎないようにすることができる。その結果、プラズマ処理装置において、均一なプラズマ処理が行われ易くなる。
【００１２】
上記アンテナでは、連結部は、絶縁性を有する連結用中空体、を有し、各中空絶縁体は、第１の端部と、中空絶縁体の延在方向において第１の端部と反対側の第２の端部と、を有し、隣接する２つの中空絶縁体のうちの第１の中空絶縁体の第１の端部が連結用中空体の一端に挿入されて嵌められており、隣接する２つの中空絶縁体のうちの第２の中空絶縁体の第２の端部が連結用中空体の他端に挿入され嵌められており、アンテナ本体と、第１及び第２の中空絶縁体のうち連結用中空体に挿入されている部分との間にスペーサが設けられていてもよい。これにより、スペーサがアンテナ本体を起点として、中空絶縁体を内側から連結用中空体に押し付けて固定する。よって、例えばアンテナ本体の両端が固定されていれば、連結部が上述の支持部を有さなくとも、隣接する２つの中空絶縁体が連結されると共に、真空容器内に支持される。
【００１３】
本発明の他の側面に係るプラズマ処理装置は、プラズマを用いて被処理物を処理するプラズマ処理装置であって、真空容器と、真空容器内に配置され被処理物が載置されるホルダと、真空容器においてホルダに対向して配置される、前述した本発明に係るアンテナと、アンテナが有するアンテナ本体にプラズマ生成用の電力を供給する電源と、を備える。
【００１４】
このプラズマ処理装置によれば、先に説明したアンテナを備えているので、アンテナが長い場合でもその取扱いが容易になる。
【００１５】
上記プラズマ処理装置では、被処理物の処理が被処理物上に膜を形成する処理であり、中空絶縁体の外表面上には、被処理物に形成する膜の成分と同じ成分を含む保護膜が設けられていてもよい。これにより、例えば、被処理物上に膜を形成する際（成膜の際）にプ

ラズマによって中空絶縁体の外表面上に設けられた保護膜がスパッタされても、成膜に影響を与える（例えば被処理物上に形成される膜に不純物が混ざる等の）可能性を低減することができる。

【発明の効果】

【００１６】

本発明によれば、アンテナが長い場合でもその取扱いを容易にすることが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【００１７】

【図１】一実施形態に係るアンテナが設けられた、プラズマ処理装置の概略構成を示す図である。

【図２】図１のＩＩ－ＩＩ線に沿った断面図である。

【図３】連結部の他の例の構成示す図である。

【図４】図３のＩＶ－ＩＶ線に沿った断面図である。

【図５】連結部の更に他の例の構成を示す図である。

【図６】図５のＶＩ－ＶＩ線に沿った断面図である。

【図７】プラズマ密度の分布を模式的に示す図である。

【図８】連結部の更に他の例の構成を示す図である。

【図９】絶縁パイプに保護膜を設けた構成の例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【００１８】

以下、図面を参照しながら、本発明に係る実施形態を説明する。可能な場合には、同一の部分には同一の符号を付して、重複する説明を省略する。各図面における寸法、形状は、実際のものとは必ずしも同一ではない。

【００１９】

図１は、プラズマ処理装置の概略構成を示す図である。図１に示したように、プラズマ処理装置１は、真空容器１０と、アンテナ６０とを含む。プラズマ処理装置１は、真空容器１０に誘導結合型のプラズマ（ＩＣＰ：Inductively Coupled Plasma）３６を用いて、被処理物（例えば後述の基板２０）に対してプラズマ処理を行う。

【００２０】

真空容器１０は、例えば金属製の容器であり、電気的に接地されている。真空容器１０内には、被処理物としての基板２０が、基板ホルダ２２によって保持されている。基板ホルダ２２は、基板２０が載置される載置面２２ａを有し、当該載置面２２ａで基板２０の裏面を支持することによって基板２０を真空容器１０内に保持する。基板ホルダ２２には、真空容器１０の外部に設けられたバイアス電源２６からのバイアス電圧が印加されてもよい。バイアス電圧は、例えば負の直流電圧、負のパルス電圧等であるが、これらに限定されるものではない。このようなバイアス電圧によって、例えば、プラズマ３６中の正イオンが基板２０に入射するときのエネルギを制御して、基板２０に対するプラズマ処理の制御をすることができる。例えば、後述するように基板２０に膜を形成する処理の場合には、基板２０の表面に形成される膜の結晶化度を制御することができる。なお、基板ホルダ２２は、真空容器１０を加熱するために、ヒータ２４を含んでもよい。

【００２１】

基板２０は、例えば、液晶ディスプレイや有機ＥＬ（Electro Luminescence）ディスプレイ等のフラットパネルディスプレイ（ＦＰＤ：Flat Panel Display）用の基板、フレキシブルディスプレイ用のフレキシブル基板等であるが、これらに限定されるものではない。

【００２２】

真空容器１０内は、真空排気装置３０によって真空排気される。また、真空容器１０内には、ガス導入管３２を経由して、ガス３４が導入される。ガス３４の種類は、基板２０に施す処理内容に応じて適宜選択され得る。基板２０に施される処理は、例えば、ＣＶＤ（Chemical Vapor Deposition）法等による膜形成（成膜）、エッチング、アッシング

、スパッタリング等である。例えば、プラズマＣＶＤによって基板２０に膜形成を行う場合、ガス３４は、原料ガスを希ガス（例えばH_2）で希釈したガスである。より具体例を挙げると、原料ガスがSiH_4の場合はＳｉ膜を、SiH_4＋NH_3の場合はＳｉＮ膜を、SiH_4＋O_2の場合はSiO_2膜を、それぞれ基板２０の表面に形成することができる。

【００２３】

アンテナ６０は、基板ホルダ２２に対向して配置される。具体的に、アンテナ６０は、真空容器１０内の上部付近（基板ホルダ２２の上方）に基板ホルダ２２の載置面２２ａと実質的に平行に配置されている。プラズマ処理装置１は、図２に示すように、アンテナ６０の延在方向（後述の方向Ａ）に直交する方向において、複数のアンテナ６０を有してもよい。図２は、図１のＩＩ－ＩＩ線に沿ったプラズマ処理装置１の断面図である。複数のアンテナ６０は、同じ高さに平行に配置されている。各アンテナ６０は、アンテナ６０が延在する方向（図１の方向Ａ）と直交する方向において、等間隔に並んで配置されている。図２では、４本のアンテナ６０を例示しているが、アンテナ６０の数は、例えば基板２０の大きさ（面積）に応じて適宜設定し得る。なお、各図において、アンテナ６０の部分が強調して図示されている。先に説明したように、図面における寸法、形状は、実際のものとは必ずしも同一ではない。

【００２４】

アンテナ６０は、後述の高周波電流ＩＲが流れることによって、真空容器１０内に誘導結合型のプラズマを発生させる。アンテナ６０は、複数の絶縁パイプ６２と、複数の連結部６４と、アンテナ本体６６とを含む。

【００２５】

複数の絶縁パイプ６２は、一方向（図１に示される矢印Ａの方向であり、以下、「方向Ａ」と称する）に延在しており、方向Ａ（つまり延在方向）に直列に配置される中空絶縁体である。複数の絶縁パイプ６２は、それらの中心軸線が実質的に同一直線上に位置するように配置されている。絶縁パイプ６２の材質は、例えば、石英、アルミナ、フッ素樹脂、窒化シリコン、炭化シリコン、シリコン等であるが、これらに限定されるものではない。なお、図１に示した例では、アンテナ６０は３つの絶縁パイプ６２を含むが、絶縁パイプ６２の数はこれに限定されるものではない。

【００２６】

複数の連結部６４は、複数の絶縁パイプ６２のうち隣接する２つの絶縁パイプ６２を連結する。このため、連結部６４の数は、絶縁パイプ６２の数より一つ少ない。図１に示した例では３つの絶縁パイプ６２があるので、連結部６４の数は、それよりも１つ少ない、２つとされる。複数の連結部６４の構成は特に断らない限り、同じである。連結部６４の詳細については、後述する。

【００２７】

アンテナ本体６６は、導電性を有し、連結部６４で連結された複数の絶縁パイプ６２内に空間を介して配置されている。つまり、アンテナ本体６６の外径は絶縁パイプ６２の内径よりも小さく、それによって、アンテナ本体６６は、絶縁パイプ６２の中空部分に、絶縁パイプ６２の内表面から離間するように配置されている。アンテナ本体６６は、中空体であってよく、その場合、例えば金属パイプとされ得る。金属パイプの材質は、例えば、銅、アルミニウム、これらの合金、ステンレス等であるが、これらに限定されるものではない。

【００２８】

金属パイプとしてのアンテナ本体６６の内部には、冷却水６８が供給されてもよい。後述の高周波電流ＩＲがアンテナ本体６６に流されると、ジュール熱によってアンテナ本体６６が発熱することから、アンテナ本体６６を冷却するためである。冷却水６８は、電気絶縁の観点から、高抵抗の水、例えば純水又はそれに近い水が好ましい。

【００２９】

アンテナ本体６６の端部６６ａは、いずれも、真空容器１０を貫通して、真空容器１０

の外部に露出している。貫通部分において、端部６６ａと、真空容器１０とは、絶縁部４０によって絶縁されている。絶縁部４０は、アンテナ本体６６の端部６６ａを、真空容器１０から絶縁すると共に支持する部分である。絶縁部４０の材質は、例えば絶縁パイプ６２の材質と同じであってよい。真空容器１０において端部６６ａが貫通している部分（貫通部）は、例えばパッキン４２によって真空シールされてもよい。各絶縁部４０と真空容器１０との間も、例えばパッキン４４によって真空シールされてもよい。

【００３０】

絶縁部４０における真空容器１０の内側の端部には凹部が形成されており、その凹部に、対応する絶縁パイプ６２の端部が挿入されて固定されている。これにより、絶縁パイプ６２がアンテナ本体６６と共に、基板ホルダ２２の上方に固定して配置されることとなる。

【００３１】

アンテナ本体６６の一方の端部６６ａには、真空容器１０の外部に設けられた高周波電源５０からの高周波電流ＩＲが供給され、これにより、アンテナ本体６６には、高周波電流ＩＲが流される。具体的に、一方の端部６６ａの給電端５２には、整合回路５６を介して高周波電源５０が接続されている。整合回路５６の構成は特に限定されるものではないが、例えば複数の容量性素子（コンデンサ等）を含んで構成され得る。容量性素子は容量値が可変のものであってもよい。高周波電源５０は、アンテナ本体６６にプラズマ３６を生成するための電力（プラズマ生成用の電力）を供給する電源である。他方の端部６６ａは終端５４とされ、戻り導体５８を経由して接地点５９で接地されている。なお、戻り導体５８においてコンデンサＣが直列接続されていてもよく、その場合には、コンデンサＣの容量性リアクタンスによって、高周波電流ＩＲの閉ループ全体のインピーダンスの虚数部を小さくし、当該インピーダンスを小さくすることができる。したがって、アンテナ本体６６に高周波電流ＩＲを流しやすくなる。コンデンサＣの静電容量は、例えば、その容量性リアクタンスが、戻り導体５８に存在する誘導性リアクタンスを打ち消すことができる程度の大きさにすればよい。

【００３２】

次に、連結部６４の詳細について図１及び図２を参照して説明する。図２では、前述したように、４本のアンテナ６０を例示している。連結パイプ６４２は絶縁パイプ６２と同様に、絶縁性を有している。連結パイプ６４２の材質の例は、石英、アルミナ、フッ素樹脂、窒化シリコン、炭化シリコン、シリコン等である。

【００３３】

図１及び図２に示したように、連結部６４は、連結パイプ６４２と、支持部６４４とを有する。連結パイプ６４２および支持部６４４は、例えば一体に形成されていてもよい。

【００３４】

連結パイプ６４２は、隣接する２つの絶縁パイプ６２を接続するための連結用中空体である。連結パイプ６４２の外径は、絶縁パイプ６２の内径とほぼ等しい。連結パイプ６４２の一端部６４２ａ及び他端部６４２ｂと、連結パイプ６４２の両側の絶縁パイプ６２とは、それぞれ嵌合する。また、連結パイプ６４２の内径はアンテナ本体６６の外径より大きく、それによって、アンテナ本体６６は、連結パイプ６４２内に空間を介して配置されている。

【００３５】

具体的に、図１に示した連結部６４を介して直列に配置された２つの絶縁パイプ６２のうち、方向Ａに沿って、連結部６４の左側に位置する絶縁パイプ６２を第１の絶縁パイプ６２Ａと称し、右側に位置する絶縁パイプ６２を第２の絶縁パイプ６２Ｂと称して説明する。第１の絶縁パイプ６２Ａの第１の端部６２ａに、連結部６４の連結パイプ６４２の一端部６４２ａが挿入されて嵌められている。両者の嵌合部分において、連結パイプ６４２の外面と第１の絶縁パイプ６２Ａの内面とが接触している。また、第２の絶縁パイプ６２Ｂの第２の端部６２ｂに連結部６４の連結パイプ６４２の他端部６４２ｂが挿入されて嵌められている。両者の嵌合部分において、連結パイプ６４２の外面と第２の絶縁パイプ６

２Ｂの内面とが接触している。

【００３６】

連結パイプ６４２の外面には外側に突出した突出部６４２ｃが形成されていてもよい。この場合、突出部６４２ｃが形成されている部分での連結パイプ６４２の外径は、絶縁パイプ６２の内径より大きくなる。連結パイプ６４２の方向Ａにおける突出部６４２ｃの幅は、連結パイプ６４２の長さより短い。突出部６４２ｃの突出長さは、例えば、金属パイプとしての絶縁パイプ６２の周壁の厚さと同程度であってもよいし、それよりも長く、或いは短くてもよい。突出部６４２ｃは、連結パイプ６４２の周方向に沿って連続的に形成されていてもよいし、周方向に複数の突出部６４２ｃが離散的に形成されていてもよい。第１の絶縁パイプ６２Ａの第１の端部６２ａおよび第２の絶縁パイプ６２Ｂの第２の端部６２ｂは、突出部６４２ｃに当たることによって位置決めされ得る。

【００３７】

支持部６４４は、複数の絶縁パイプ６２の連結部において絶縁パイプ６２を真空容器１０内に支持するための部分である。支持部６４４は、一端部６４４ａと、一端部６４４ａとは反対側に位置する他端部６４４ｂとを有する。支持部６４４の一端部６４４ａは、連結パイプ６４２の外周方向の一部に固定されている。連結パイプ６４２に突出部６４２ｃが形成されている形態では、支持部６４４は、突出部６４２ｃに接続されていればよい。支持部６４４の材質の例は石英、アルミナ、フッ素樹脂、窒化シリコン、炭化シリコン、シリコン等である。なお、連結パイプ６４２と支持部６４４は、いずれも石英からなる場合、それらは溶接で取り付けてもよい。支持部６４４の他端部６４４ｂは、上方（基板ホルダ２２側とは反対側）に設けられたバー１４に接続されている。バー１４は真空容器１０の天壁部１２に固定されている。よって、支持部６４４の他端部６４４ｂは、バー１４を介して天壁部１２に固定されることとなる。この固定の手法は特に限定されるものではないが、例えばボルトなどの締結部材を用いて実現され得る。

【００３８】

次に、アンテナ６０の組立て方について説明する。ここでは、図１に示したように、アンテナ６０が３つの絶縁パイプ６２とそれに対応する２つ（絶縁パイプ６２の数よりも一つ少ない数）の連結部６４を有する場合について具体的に説明する。

【００３９】

具体的に、図１に示したアンテナ６０を得る場合には、３つの絶縁パイプ６２とそれに対応する２つ（絶縁パイプ６２の数よりも一つ少ない数）の連結部６４を準備する。

【００４０】

まず、２つの連結部６４の間に位置する絶縁パイプ６２の第１の端部６２ａ及び第２の端部６２ｂに、対応する連結部６４の連結パイプ６４２の他端部６４２ｂ及び一端部６４２ａをそれぞれ挿入して嵌め合わせる。そして、２つの連結部６４の支持部６４４の他端部６４４ｂを、バー１４を介して真空容器１０の天壁部１２に固定する。これにより、２つの連結部６４の間に位置する絶縁パイプ６２が、真空容器１０内に支持されることとなる。

【００４１】

次に、残りの絶縁パイプ６２のうちの左側の絶縁パイプ６２、つまり図１において最も左側に位置する絶縁パイプ６２の第１の端部６２ａに、対応する連結部６４の連結パイプ６４２の一端部６４２ａを挿入して嵌め合わせる。そして、絶縁パイプ６２の第２の端部６２ｂを、対応する絶縁部４０の凹部に挿入して固定する。同様に、最後の残った絶縁パイプ６２、つまり図１において最も右側に位置する絶縁パイプ６２の第２の端部６２ｂに、対応する連結部６４の他端部６４２ｂを挿入して嵌め合わせる。そして、絶縁パイプ６２の第１の端部６２ａを、対応する絶縁部４０の凹部に挿入して固定する。これにより、残りの絶縁パイプ６２も、真空容器１０に支持されることとなる。

【００４２】

例えば以上のようにして複数の絶縁パイプ６２を方向Ａに直列に配置して絶縁パイプを組み立てることができる。その後、各絶縁パイプ６２にアンテナ本体６６を挿入すると共

に、アンテナ本体６６の端部６６ａを絶縁部４０で支持することによって、アンテナ６０を得る。

【００４３】

次に、アンテナ６０の作用効果について説明する。上述のとおり、アンテナ６０では、連結部６４が複数の絶縁パイプ６２を連結している。よって、アンテナ本体６６が長い場合でも、それに応じた数の絶縁パイプ６２を連結部６４によって連結すれば、アンテナ本体６６の長さに対応したアンテナ６０を得ることができる。したがって、各絶縁パイプ６２を例えば組立や運搬等に便利な長さとしておくことで、アンテナ６０が長く、プラズマ処理装置１が大型化する場合でもその取扱いを容易とすることができる。例えば、基板として、Ｇ６サイズ（１５００ｍｍ×１８５０ｍｍ）のガラス基板をプラズマ処理するためのプラズマ処理装置１に対して好適に適用できる。

【００４４】

また、アンテナ本体６６が長い場合に、それを一つの絶縁パイプで覆うと撓みが生じる可能性がある。これに対し、アンテナ６０によれば、各絶縁パイプ６２の長さを短くでき、そのような撓みを生じにくくすることができる。また、隣接する絶縁パイプ６２は、連結パイプ６４２に嵌められており、連結パイプ６４２は、支持部６４４で支持されている。そのため、アンテナ本体６６が長くても上記撓みがより一層生じにくい。

【００４５】

以上説明したアンテナ６０において、複数の絶縁パイプ６２を連結する連結部は、上述の連結部６４に限られない。例えば、連結部６４に代えて、次に説明する種々の構成の連結部を採用してもよい。

【００４６】

図３は、連結部の他の例の構成を示す図である。図４は、図３のＩＶ－ＩＶ線に沿った断面図である。図３及び図４に示した連結部７４は、連結パイプ７４２と、支持部７４４とを有する。

【００４７】

連結パイプ７４２は、後述の突出部７４２ｃが設けられた部分を除いて、連結パイプ７４２の内径は、絶縁パイプ６２の外径とほぼ等しい。連結パイプ７４２は、隣接する２つの絶縁パイプ６２を接続する。２つの絶縁パイプ６２のうちの第１の絶縁パイプ６２Ａの第１の端部６２ａは、連結パイプ７４２の一端部７４２ａに挿入されて嵌められている。両者の嵌合部分において、連結パイプ７４２の内面と第１の絶縁パイプ６２Ａの外面とが接触している。また、第２の絶縁パイプ６２Ｂの第２の端部６２ｂは、連結パイプ７４２の他端部７４２ｂに挿入されて嵌められている。両者の嵌合部分において、連結パイプ７４２の内面と第２の絶縁パイプ６２Ｂの外面とが接触している。

【００４８】

連結パイプ７４２の内面には内側に突出した突出部７４２ｃが形成されていてもよい。連結パイプ７４２の方向Ａにおける突出部７４２ｃの幅は、連結パイプ７４２の長さより短い。突出部７４２ｃの突出長さは、突出部７４２ｃの先端がアンテナ本体６６の外表面に至らない長さであり、例えば、絶縁パイプ６２の周壁の厚さと同程度であってよいし、それよりも長く、或いは短くてもよい。突出部７４２ｃは、連結パイプ７４２の周方向に沿って連続的に形成されていてもよいし、周方向に複数の突出部７４２ｃが離散的に形成されていてもよい。第１の絶縁パイプ６２Ａの第１の端部６２ａおよび第２の絶縁パイプ６２Ｂの第２の端部６２ｂは、突出部７４２ｃに当たることによって位置決めされ得る。

【００４９】

支持部７４４は、支持部６４４と同様に、複数の絶縁パイプ６２の連結部において絶縁パイプ６２を真空容器１０内に支持するための部分である。支持部７４４の材質等の例は、支持部６４４と同様とし得る。支持部７４４は、一端部７４４ａと、一端部７４４ａとは反対側に位置する他端部７４４ｂとを有する。支持部７４４の一端部７４４ａは、連結パイプ７４２の外周部分であって、突出部７４２ｃとは反対側の位置に接続されており、それによって連結パイプ７４２に固定されている。支持部７４４の他端部７４４ｂは、バ

ー１４を介して天壁部１２に固定されている。この固定の手法は、先に説明した支持部６４４の他端部６４４ｂと天壁部１２とを固定するための手法と同様であってよい。

【００５０】

以上説明した連結部７４によっても、先に説明した連結部６４と同様にして複数の絶縁パイプ６２を連結することができる。このため、連結部７４によっても、連結部６４と同様の作用効果を得ることができる。すなわち、アンテナ６０が長い場合でもその取扱いを容易とすることができる。また、アンテナ本体６６が長くても絶縁パイプの撓みがより一層生じにくくなるようにすることができる。

【００５１】

図５は、連結部の更に他の例の構成を示す図である。図６は、図５のＶＩ－ＶＩ線に沿った断面図である。

【００５２】

図５及び図６に示した連結部８４は、連結パイプ８６と、一対の支持部８８とを有する。連結部８４を、図１に示したプラズマ処理装置１に適用する場合、連結部８４は、アンテナ本体６６の延在方向において実質的に中央部に配置される。なお、図５に示したように、この連結部８４は、隣接する２つの絶縁パイプ６２を接続する。この図では、２つの絶縁パイプ６２が１つの連結部８４によって連結された形態が示される。

【００５３】

連結パイプ８６は、パイプ本体部８６２と、一対の取付け部８６４とを有する。

【００５４】

パイプ本体部８６２は、方向Ａに延在しており、隣接する２つの絶縁パイプ６２の間に位置する。パイプ本体部８６２の材質は、絶縁パイプ６２と同様のものであってよい。パイプ本体部８６２の長さは、例えば、絶縁パイプ６２と同様の長さとし得る。

【００５５】

パイプ本体部８６２の内径は、絶縁パイプ６２の外径とほぼ等しい。隣接する２つの絶縁パイプ６２のうちの第１の絶縁パイプ６２Ａの第１の端部６２ａは、パイプ本体部８６２の一端部８６２ａに挿入されて嵌められている。両者の嵌合部分において、パイプ本体部８６２の内面と第１の絶縁パイプ６２Ａの外面とが接触している。また、第２の絶縁パイプ６２Ｂの第２の端部６２ｂは、パイプ本体部８６２の他端部８６２ｂに挿入されて嵌められている。両者の嵌合部分において、パイプ本体部８６２の内面と第２の絶縁パイプ６２Ｂの外面とが接触している。また、パイプ本体部８６２の内径はアンテナ本体６６の外径より大きく、それによって、アンテナ本体６６は、パイプ本体部８６２内に空間を介して配置されている。

【００５６】

一対の取付け部８６４は、パイプ本体部８６２の外面にパイプ本体部８６２と一体に形成されている。一対の取付け部８６４は板状体であり、板厚方向が方向Ａと直交する方向に配置されている。一対の取付け部８６４の間隔は、一対の支持部８８の間隔に実質的に等しく、一対の取付け部８６４は、パイプ本体部８６２を支持部８８に取り付けるために用いられる。一対の取付け部８６４は、例えば、パイプ本体部８６２の両端部、つまり一端部８６２ａおよび他端部８６２ｂにそれぞれ設けられている。一対の取付け部８６４のそれぞれには、取付け部８６４の厚さ方向に貫通する貫通孔８６４ａが形成されている。取付け部８６４の材質の例は石英、アルミナ、フッ素樹脂、窒化シリコン、炭化シリコン、シリコン等である。なお、取付け部８６４と支持部８８は、いずれも石英からなる場合、それらは溶接で取り付けてもよい。

【００５７】

一対の支持部８８は、支持部６４４，７４４と同様に、複数の絶縁パイプ６２の連結部において絶縁パイプ６２を真空容器１０内に支持するための部分である。一対の支持部８８は、方向Ａにおける連結パイプ８６の両端側、つまりパイプ本体部８６２の一端部８６２ａ及び他端部８６２ｂのそれぞれに対して設けられている。支持部８８は、一端部８８２と、一端部８８２とは反対側に位置する他端部８８４とを有し、Ｌ字形状をなしている

。支持部８８の一端部８８２は、連結パイプ８６の取付け部８６４に形成された貫通孔８６４ａに挿入されており、それによって連結パイプ８６に固定されている。一端部８８２の断面形状は、貫通孔８６４ａの断面形状に合わせた形状とされる。図５及び図６に示した例では、貫通孔８６４ａ及び一端部８８２はいずれも円形の断面形状を有しているが、貫通孔８６４ａ及び一端部８８２の断面形状はこれに限定されるものではない。支持部８８の他端部８８４は、バー１４を介して天壁部１２に固定されている。この固定の手法は、先に説明した支持部６４４，７４４の他端部６４４ｂ，７４４ｂと天壁部１２とを固定するための手法と同様であってよい。

【００５８】

以上説明した連結部８４によっても、先に説明した連結部６４及び連結部７４と同様にして複数の絶縁パイプ６２を連結することができる。このため、連結部８４によっても、連結部６４と同様の作用効果を得ることができる。すなわち、アンテナ６０が長い場合でもその取扱いを容易とすることができる。また、アンテナ本体６６が長くても絶縁パイプの撓みがより一層生じにくくなるようにすることができる。特に、図５に示した形態では、一対の支持部８８で連結パイプ８６を支持しているので、連結パイプ８６が絶縁パイプ６２と同じ長さを有していても、上記撓みが生じ難い構成となっている。

【００５９】

また、連結パイプ８６のパイプ本体部８６２は、絶縁パイプ６２の径よりも大きい径を有し得るので、アンテナ本体６６の外表面からパイプ本体部８６２の外表面までの距離は、アンテナ本体６６の外表面から絶縁パイプ６２の外表面までの距離よりも長くなり得る。その結果、次に説明するような効果が得られる。

【００６０】

プラズマ処理装置１（図１）においては、方向Ａにおけるアンテナ６０の中央部分の方が、アンテナ６０の両端部分よりもプラズマ３６の密度（プラズマ密度）が大きくなる傾向がある。その理由を簡単に説明すると、中央部分には左右両側からプラズマが拡散して来るのに対して、両端部分は片側からしかプラズマが拡散して来ないからである。

【００６１】

ここで、プラズマ密度は、アンテナ６０のアンテナ本体６６の外表面から、真空容器１０内のガス３４までの距離に依存し得る。この距離が短いほど、真空容器１０内のガス３４に供給される電力が大きくなるので、プラズマ密度は大きくなる。逆に、その距離が長いほど、真空容器１０内のガス３４に供給される電力が小さくなるので、プラズマ密度は小さくなる。

【００６２】

すなわち、図５に示した例では、連結パイプ８６のパイプ本体部８６２においては、アンテナ本体６６の外表面から真空容器１０内のガス３４まで（つまり絶縁パイプ６２の外表面まで）の距離が、両側の絶縁パイプ６２における距離よりも長いので、その分、プラズマ密度が抑制される。よって、第１の絶縁パイプ６２Ａ及び第２の絶縁パイプ６２Ｂとの間に位置する、すなわち、方向Ａにおけるアンテナ６０の中央部分に位置する連結パイプ８６のパイプ本体部８６２の径の大きさを適切に設定することで、方向Ａにおけるプラズマ密度を均一に近づけることができる。連結パイプ８６のパイプ本体部８６２の方向Ａにおける長さは、方向Ａにおけるプラズマ密度が均一に近づくような長さに設定され得る。

【００６３】

図７は、プラズマ密度の分布を模式的に示す図である。図７に示したグラフの縦軸はプラズマ密度を示す。図７に示したグラフの横軸は、方向Ａにおける位置を示しており、横軸における「中心」は、方向Ａにおけるアンテナ６０の中心の位置を示している。

【００６４】

仮に、アンテナ本体６６の外表面から真空容器１０内のガス３４までの距離が方向Ａで一定であれば、図７において破線で示したように、プラズマ密度は、方向Ａにおいて両端から中央に向かうにつれて高くなり、中央部分においてピークを示す傾向がある。これに

対し、図５及び図６に示した構成によれば、図７において実線で示したように、中央部分のプラズマ密度が抑制されるので、プラズマ密度が均一な領域を大きくすることができる。その結果、方向Ａにおいて、プラズマ密度を均一に近づけることができる。

【００６５】

図８は、連結部の更に他の例の構成を示す図である。図８に示した連結部７４Ａは、先に説明した連結部７４（図３及び図４）と比較して、支持部７４４を有さない点において相違する。この場合でも、連結部７４Ａは、連結パイプ７４２を有しているので、方向Ａにおいて隣接する絶縁パイプ６２を連結することができる。

【００６６】

ここで、連結部７４Ａは、複数の絶縁パイプ６２の連結部分において絶縁パイプ６２を真空容器１０内に支持するための支持部７４４を有さないので、支持部７４４と同様の機能を実現するために、連結部７４Ａを採用する場合には、次に説明するスペーサ９０が用いられてもよい。

【００６７】

図８に示したように、スペーサ９０は、アンテナ本体６６と、第１の絶縁パイプ６２Ａ及び第２の絶縁パイプ６２Ｂのうち連結パイプ７４２に挿入されている部分との間に設けられる。スペーサ９０は絶縁性を有する絶縁スペーサであり、その材質は、例えば絶縁パイプ６２の材質と同じであってもよい。スペーサ９０は弾性を有するように作られていてもよい。図８に示した例では、連結パイプ７４２の一端部７４２ａとアンテナ本体６６との間、及び、連結パイプ７４２の他端部７４２ｂとアンテナ本体６６との間に、リング状のスペーサ９０がそれぞれ設けられている。

【００６８】

図８に示した構成によれば、スペーサ９０がアンテナ本体６６を起点として絶縁パイプ６２を内側から連結パイプ７４２に押し付けて固定する。このように連結部７４Ａの連結パイプ７４２及びスペーサ９０が絶縁パイプ６２を挟み込むことによって、複数の絶縁パイプ６２の連結部において絶縁パイプ６２を真空容器１０内に支持することができる。よって、アンテナ本体６６が長くても絶縁パイプの撓みがより一層生じにくくなるようにすることができる。さらに、スペーサ９０によって、絶縁パイプ６２とアンテナ本体６６との距離が一定に保たれるので、その距離がばらつくことによるプラズマ３６の密度（プラズマ密度）のばらつきを抑制することもできる。

【００６９】

以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明は上記実施形態に限定されるものでなく、発明の趣旨を逸脱しない範囲で種々の変更が可能である。

【００７０】

例えば、プラズマ処理装置が、基板２０上に膜を形成する形態では、図９に示すように、絶縁パイプ６２の外周面上には、保護膜９２が設けられていてもよい。保護膜９２は、基板２０に形成する膜の成分と同じ成分を含むことが好ましい。例えば、基板２０にＳｉ膜を形成する場合には、絶縁パイプ６２の外表面上をＳｉでコーティングすることによって保護膜９２を設けるとよい。

【００７１】

図１に示したプラズマ処理装置１においては、基板２０に膜を形成する際（成膜の際）に、プラズマ３６によって絶縁パイプ６２がスパッタされる可能性がある。絶縁パイプ６２がスパッタされると、絶縁パイプ６２に含まれる種々の成分が不純物として基板２０に形成される膜に混入するおそれがある。これに対し、上述したように絶縁パイプ６２に保護膜９２を設けておけば、絶縁パイプ６２に含まれる種々の成分が不純物として基板２０に形成される膜に混入することを防ぐことができる。また、本実施形態に係るアンテナ６０によれば、各絶縁パイプ６２の長さが短いので、コーティングを容易に行うことができる。なお、連結部６４についても、プラズマ３６に晒される可能性のある部分については、絶縁パイプ６２と同様に、その外表面上に保護膜を設けてもよい。

【００７２】

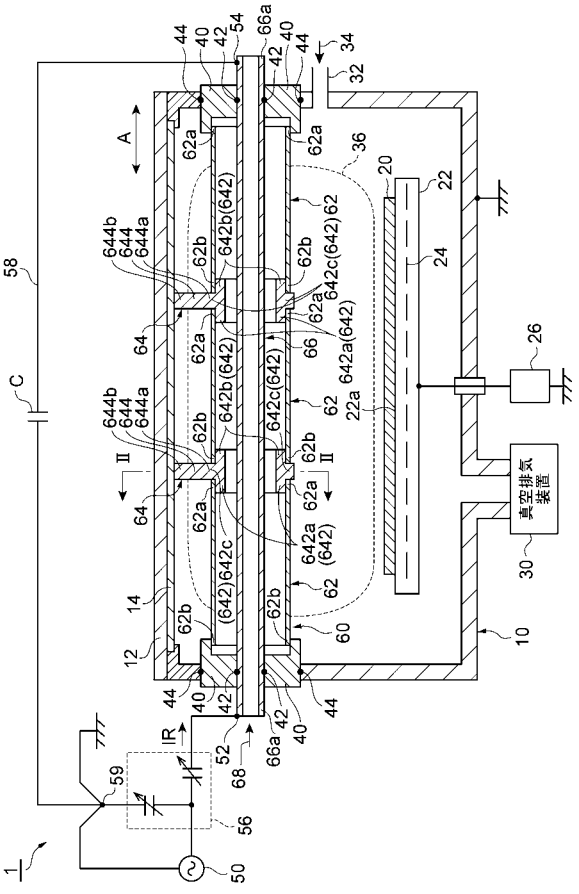
更に、連結部を構成する連結パイプと絶縁パイプとの嵌めあわせ部分には、パッキンなどが設けられていてもよい。また、図５に示した連結部８４を採用する形態では、中央部の他の部分については、他の実施形態で説明した連結部を利用してもよい。なお、図５では、一対の支持部８８で連結パイプ８６を支持する形態を例示して説明したが、一つの支持部８８が連結パイプ８６を支持する形態であってもよい。

【符号の説明】

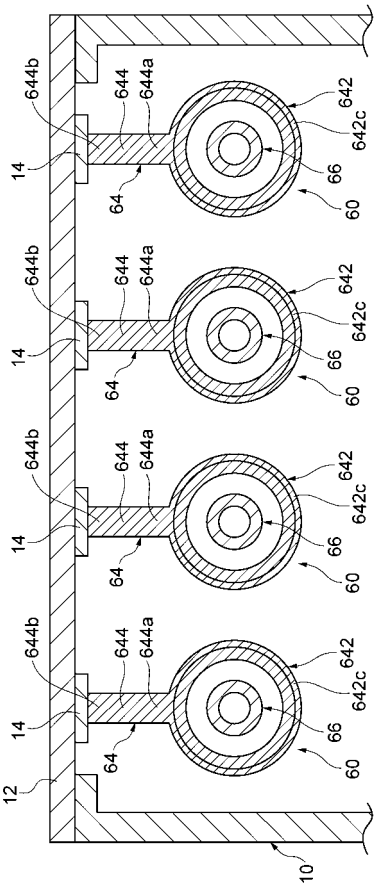
【００７３】

１…プラズマ処理装置、１０…真空容器、２０…基板（被処理物）、２２…基板ホルダ（ホルダ）、５０…高周波電源（電源）、６０…アンテナ、６２…絶縁パイプ（中空絶縁体）、６２ａ…第１の端部、６２ｂ…第２の端部、６４，７４，７４Ａ，８４…連結部、６４２，７４２，８６…連結パイプ（連結用中空体）、６４４，７４４，８８…支持部、６６…アンテナ本体、９０…スペーサ、９２…保護膜。

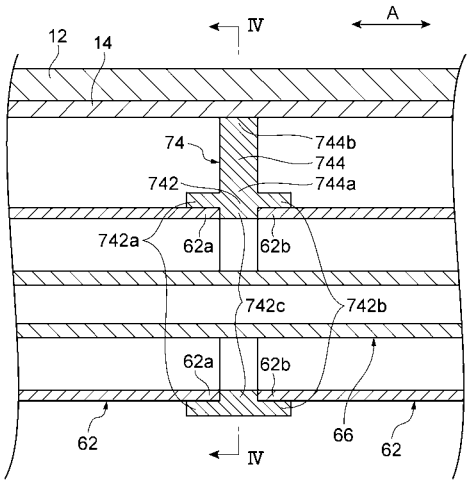
【図１】



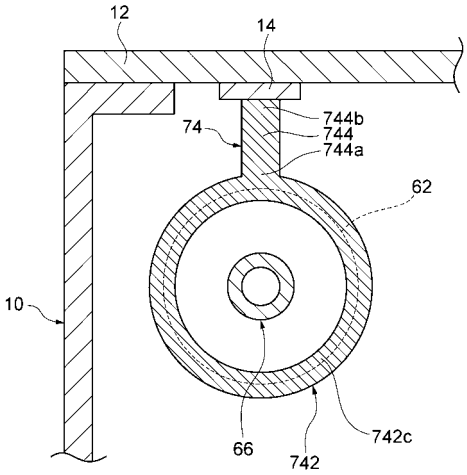
【図２】



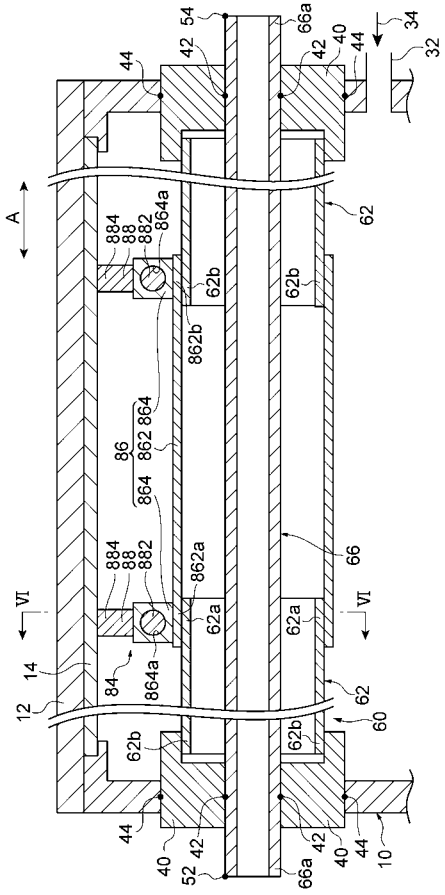
【図３】


12
14
IV
A
74
744b
744
744a
742
742a
62a
62b
742c
742b
62a
62b
62
66
62
IV

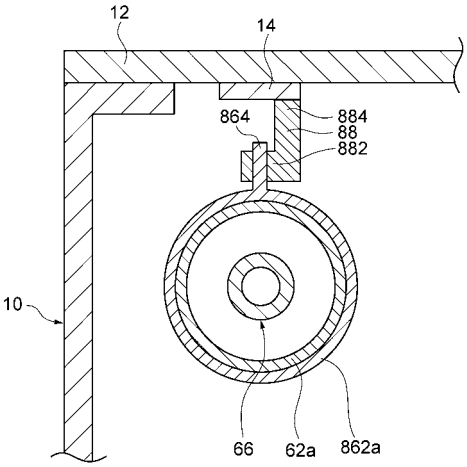
【図４】


12
14
74
744b
744
744a
62
10
66
742
742c

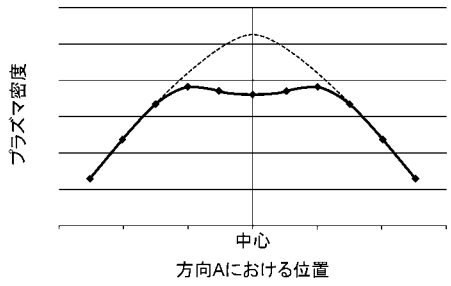
【図５】


54
66a
40
34
42
42
44
32
44
A
62
884
88
882
864a
62b
62b
862b
86
862
864
864
884
88
882
862a
66
VI
VI
62a
62a
14
84
864a
12
62
60
62b
62b
44
40
42
52
66a
42
40
44
10

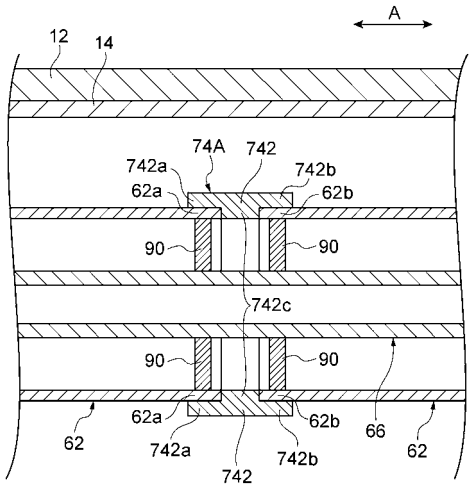
【図６】


12
14
864
884
88
882
10
66
62a
862a

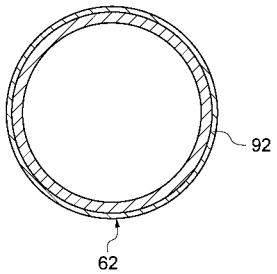
【図７】


プラズマ密度
中心
方向Aにおける位置

【図８】


A
12
14
74A
742
742a
742b
62a
62b
90
90
742c
90
90
62a
62b
62
742a
742
742b
66
62

【図９】


92
62

フロントページの続き

Ｆターム(参考) 2G084 AA02 AA03 AA04 AA05 BB02 BB05 BB13 BB21 BB25 BB27
BB31 CC13 CC33 DD17 DD22 DD25 DD38 DD55 DD63 DD64
DD65 DD66 FF22 FF23 FF32 FF39 FF40 HH07 HH08 HH21
HH23 HH24
4K030 AA06 AA13 AA14 BA29 BA40 BA44 FA04 KA30 KA45 KA47
LA18
5F004 BA20 BB28