

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2019年9月26日(26.09.2019)



(10) 国際公開番号

WO 2019/181776 A1

(51) 国際特許分類:
H05H 1/46 (2006.01) *C23C 16/509* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2019/010801

(22) 国際出願日: 2019年3月15日(15.03.2019)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2018-050769 2018年3月19日(19.03.2018) JP

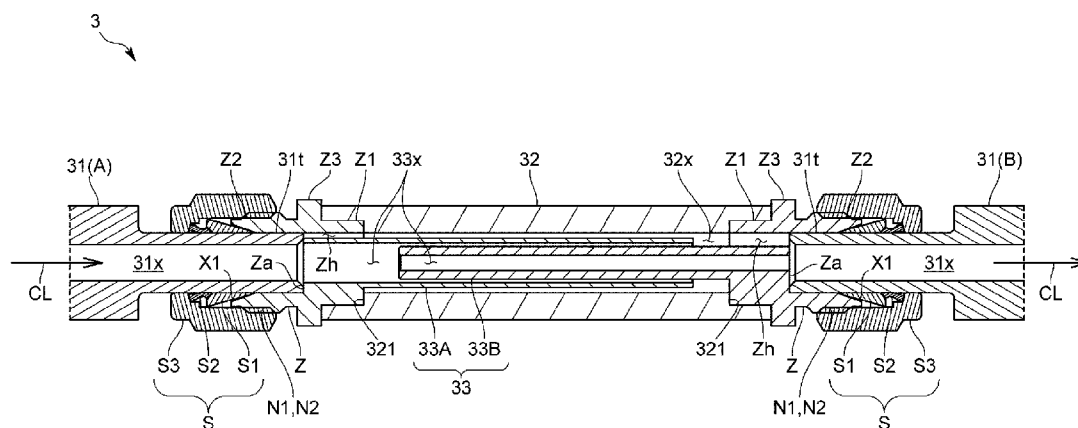
(71) 出願人: 日新電機株式会社(NISSIN ELECTRIC CO., LTD.) [JP/JP]; 〒6158686 京都府京都市右京区梅津高畝町4 7 番地 Kyoto (JP).

(72) 発明者: 茨木 満雄 (IBARAKI, Mitsuo); 〒6158686 京都府京都市右京区梅津高畝町4 7 番地日新電機株式会社内 Kyoto (JP). 李 東偉 (LI, Dongwei); 〒6158686 京都府京都市右京区梅津高畝町4 7 番地日新電機株式会社内 Kyoto (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,

(54) Title: ANTENNA AND PLASMA PROCESSING DEVICE

(54) 発明の名称: アンテナ及びプラズマ処理装置



(57) Abstract: In order to ensure scalability between a conductor element and a hollow insulator even when the length of an antenna is increased, an antenna (3) for generating a plasma P due to a flow of a high-frequency current IR is provided with: at least a pair of tubular conductor elements (31); a hollow insulator (32) which is disposed between conductor elements (31) adjacent to each other and which communicates with an internal space of the conductor elements (31); and a metal seal S disposed between each of the pair of conductor elements (31) and the hollow insulator (32).

QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: アンテナを長くする場合でも、導体要素及び中空絶縁体の間のシール性を担保できるようにする。高周波電流 I_R が流されてプラズマ P を発生させるためのアンテナ (3) であって、少なくとも一対の筒状の導体要素 (3 1) と、互いに隣り合う導体要素 (3 1) の間に設けられて、これらの導体要素 (3 1) の内部空間と連通する中空絶縁体 (3 2) と、一対の導体要素 (3 1) 及び中空絶縁体 (3 2) の間それぞれに設けられたメタルシール S とを具備するようにした。

明 細 書

発明の名称： アンテナ及びプラズマ処理装置

技術分野

[0001] 本発明は、高周波電流が流されて誘導結合型のプラズマを発生させるためのアンテナ、及び、このアンテナを備えたプラズマ処理装置に関するものである。

背景技術

[0002] アンテナに高周波電流を流し、それによって生じる誘導電界により誘導結合型のプラズマ（略称ＩＣＰ）を発生させ、この誘導結合型のプラズマを用いて基板に処理を施すプラズマ処理装置が従来から提案されている。

[0003] この種のプラズマ処理装置においては、大型の基板に対応する等のためにアンテナを長くすると、当該アンテナのインピーダンスが大きくなり、それによってアンテナの両端間に大きな電位差が発生する。その結果、この大きな電位差の影響を受けてプラズマの密度分布、電位分布、電子温度分布等のプラズマの均一性が悪くなり、ひいては基板処理の均一性が悪くなるという問題がある。また、アンテナのインピーダンスが大きくなると、アンテナに高周波電流を流しにくくなるという問題もある。

[0004] このような問題を解決する等のために、特許文献１に示すように、複数の金属パイプを、隣り合う金属パイプ間に中空絶縁体を介在させて接続するとともに、中空絶縁体の外周部に容量素子であるコンデンサを配置したものが考えられている。具体的には、金属パイプと中空絶縁体とをねじ締結するとともに、これらの間のシール性を確保すべく、金属パイプの外周面と中空絶縁体の内周面との間にゴム製のＯリングを介在させている。そして、中空絶縁体の両側にねじ締結された金属パイプを、上述した容量素子と電氣的に直列接続することで、アンテナの合成リアクタンスは、簡単に言えば、誘導性リアクタンスから容量性リアクタンスを差し引いたものとなる。その結果、アンテナのインピーダンスを低減させることができ、アンテナを長くする場合

でもそのインピーダンスの増大が抑制され、アンテナに高周波電流が流れやすくなり、均一性の良いプラズマを効率良く発生させることができる。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2016-138598号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、上述した構成であると、経年劣化や熱影響などによりリングの弾性力が低下してしまい、シール性を長期にわたり担保することが困難である。

[0007] そこで本発明は、上記問題点を解決すべくなされたものであり、アンテナを長くする場合でも、導体要素及び中空絶縁体の間のシール性を担保できるようにすることをその主たる課題とするものである。

課題を解決するための手段

[0008] すなわち本発明に係るアンテナは、高周波電流が流されてプラズマを発生させるためのアンテナであって、少なくとも一对の筒状の導体要素と、互いに隣り合う前記導体要素の間に設けられて、これらの導体要素の内部空間と連通する中空絶縁体と、前記一对の導体要素及び前記中空絶縁体の間それぞれに設けられたメタルシールとを具備することを特徴とするものである。

[0009] このように構成されたアンテナであれば、一对の導体要素及び中空絶縁体の間それぞれに、ゴム製のリングよりも経年劣化や熱影響に強いメタルシールを設けているので、アンテナを長くした場合でも導体要素及び中空絶縁体の間のシール性を担保することができる。

[0010] 中空絶縁体が例えば樹脂などのメタルシールよりも強度の弱い材質からなると、メタルシールを潰そうとしても中空絶縁体が変形してしまい、シール性が悪くなる。

そこで、前記中空絶縁体の両端部に設けられて前記メタルシールが当たる受

け部材をさらに具備し、前記受け部材が、前記中空絶縁体よりも強度の強い材質からなることが好ましい。

このような構成であれば、中空絶縁体よりも強度の強い材質からなる受け部材がメタルシールを受けるので、中空絶縁体の変形を抑えつつ、メタルシールを確実に潰すことができる。

[0011] 前記一对の導体要素と電氣的に直列に接続された容量素子をさらに具備し、前記容量素子が、前記一对の導体要素の一方と電氣的に接続されるとともに、前記中空絶縁体の内部を通して前記一对の導体要素の他方側に延びる第1の電極と、前記一对の導体要素の他方と電氣的に接続されるとともに、前記中空絶縁体の内部を通して前記一对の導体要素の一方側に延び、前記第1の電極と対向する第2の電極とを有し、前記第1の電極が、一方の前記受け部材に設けられており、前記第2の電極が、他方の前記受け部材に設けられていることが好ましい。

このような構成であれば、容量素子が一对の導体要素と電氣的に直列接続されているので、上述したように、アンテナの合成リアクタンスを、誘導性リアクタンスから容量性リアクタンスを引いた形にすることができる。その結果、アンテナのインピーダンスを低減させることができ、アンテナを長くする場合でもそのインピーダンスの増大が抑制され、アンテナに高周波電流が流れやすくなり、均一性の良いプラズマを効率良く発生させることができる。

そのうえ、第1の電極及び第2の電極それぞれが、受け部材に設けられているので、受け部材を中空絶縁体に取り付ければ第1の電極と第2の電極とを対向させることができ、容量素子を簡単に形成することができる。

[0012] 受け部材が中空絶縁体に着脱可能に設けられている場合、受け部材を中空絶縁体に取り付ける度に第1の電極及び第2の電極の相対的な位置関係が変わり得るので、容量素子の静電容量の再現性が悪い。

そこで、前記受け部材が前記中空絶縁体に溶接されていることが好ましい。これならば、受け部材と中空絶縁体とが一体化されるので、静電容量の再現

性の低下を招かない。しかも、受け部材と中空絶縁体とを溶接しているので、これらの間にシールを設ける必要がなく、部品点数を少なくすることができる。

[0013] 前記メタルシールの具体的な構成としては、前記受け部材に当たる第1フェルールと、前記第1フェルールよりも前記導体要素側に配置される第2フェルールと、前記第2フェルールを軸方向に沿って前記第1フェルール側に押し込むとともに、前記受け部材に螺合する押込部材とを有することが好ましい。

このような構成であれば、受け部材と第1フェルールとの間を面シールすることができるので、例えばメタルシールとして金属製のガスケットや金属製のOリングを用いた軸シールに比べてシール性が良い。

[0014] 前記容量素子の誘電体が、前記第1の電極及び前記第2の電極の間の空間を満たす液体である、ことが好ましい。

このような構成であれば、第1の電極及び第2の電極の間の空間を液体の誘電体で満たしているので、容量素子を構成する電極及び誘電体の間に生じる隙間を無くすることができる。その結果、電極及び誘電体の間の隙間に発生しうるアーク放電を無くし、アーク放電に起因する容量素子の破損を無くすることができる。また、隙間を考慮することなく、第1の電極及び第2の電極の距離、対向面積及び液体の誘電体の比誘電率からキャパシタンス値を精度良く設定することができる。さらに、隙間を埋めるための電極及び誘電体を押圧する構造も不要にすることができ、当該押圧構造によるアンテナ周辺の構造の複雑化及びそれにより生じるプラズマの均一性の悪化を防ぐことができる。

[0015] 前記誘電体が、前記一对の導体要素の内部を流れる冷却液であることが好ましい。

このような構成であれば、プラズマ生成時に生じる熱によって高温になりがちなアンテナを冷却液によって冷却することができるので、アンテナ自体の破損又はその周辺構造の破損などを防ぐことができ、安定してプラズマを発生

させることが可能となる。

しかも、その冷却液を容量素子の誘電体として用いているので、容量素子を冷却しつつその静電容量の不意の変動を抑えることができる。

さらに、冷却液を温調機構により一定温度に調整しながら誘電体として用いることで、温度変化による比誘電率の変化を抑えることができ、それに伴って生じる静電容量の変化を抑えることができる。

[0016] また、本発明に係るプラズマ処理装置は、上述したアンテナと、前記アンテナが内部又は外部に配置された真空容器と、前記アンテナに高周波電流を印加する高周波電源とを具備することを特徴とするものである。

このように構成されたプラズマ処理装置であれば、上述したアンテナと同様の作用効果を得ることができる。

発明の効果

[0017] このように構成した本発明によれば、アンテナを長くする場合でも、導体要素及び中空絶縁体の間のシール性を担保することができる。

図面の簡単な説明

[0018] [図1]本実施形態のプラズマ処理装置の構成を模式的に示す縦断面図である。

[図2]同実施形態のアンテナの周辺構成を模式的に示す拡大断面図である。

[図3]同実施形態のメタルシールの構成を示す模式図である。

[図4]変形実施形態のメタルシールの構成を示す模式図である。

[図5]変形実施形態のメタルシールの構成を示す模式図である。

[図6]変形実施形態のプラズマ処理装置の構成を模式的に示す縦断面図である。

発明を実施するための形態

[0019] 以下に、本発明に係るプラズマ処理装置の一実施形態について、図面を参照して説明する。

[0020] <装置構成>

本実施形態のプラズマ処理装置100は、誘導結合型のプラズマPを用いて基板Wに処理を施すものである。基板Wは、例えば液晶ディスプレイや有機

ＥＬディスプレイ等のフラットパネルディスプレイ（ＦＰＤ）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。また、基板Ｗに施す処理は、例えばプラズマＣＶＤ法による膜形成、エッチング、アッシング、スパッタリング等である。

[0021] なお、このプラズマ処理装置１００は、プラズマＣＶＤ法によって膜形成を行う場合はプラズマＣＶＤ装置、エッチングを行う場合はプラズマエッチング装置、アッシングを行う場合はプラズマアッシング装置、スパッタリングを行う場合はプラズマスパッタリング装置とも呼ばれる。

[0022] 具体的にプラズマ処理装置１００は、図１に示すように、真空排気され且つガス７が導入される真空容器２と、真空容器２内に配置された直線状のアンテナ３と、真空容器２内に誘導結合型のプラズマＰを生成するための高周波をアンテナ３に印加する高周波電源４とを備えている。なお、アンテナ３に高周波電源４から高周波を印加することによりアンテナ３には高周波電流ＩＲが流れて、真空容器２内に誘導電界が発生して誘導結合型のプラズマＰが生成される。

[0023] 真空容器２は、例えば金属製の容器であり、その内部は真空排気装置６によって真空排気される。真空容器２はこの例では電氣的に接地されている。

[0024] 真空容器２内に、例えば流量調整器（図示省略）及び真空容器２の側壁に形成された複数のガス導入口２１を経由して、ガス７が導入される。ガス７は、基板Ｗに施す処理内容に応じたものにすれば良い。例えば、プラズマＣＶＤ法によって基板Ｗに膜形成を行う場合には、ガス７は、原料ガス又はそれを希釈ガス（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、 $SiF_4 + N_2$ の場合は $SiN:F$ 膜（フッ素化シリコン窒化膜）を、それぞれ基板Ｗ上に形成することができる。

[0025] また、真空容器２内には、基板Ｗを保持する基板ホルダ８が設けられている。この例のように、基板ホルダ８にバイアス電源９からバイアス電圧を印加するようにしても良い。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、これに限られるものではない。このようなバイアス電圧によって、例えば、プラズマP中の正イオンが基板Wに入射する時のエネルギーを制御して、基板Wの表面に形成される膜の結晶化度の制御等を行うことができる。基板ホルダ8内に、基板Wを加熱するヒータ81を設けておいても良い。

[0026] アンテナ3は、真空容器2内における基板Wの上方に、基板Wの表面に沿うように（例えば、基板Wの表面と実質的に平行に）配置されている。真空容器2内に配置するアンテナ3は、1つでも良いし、複数でも良い。

[0027] アンテナ3の両端部付近は、真空容器2の相対向する側壁をそれぞれ貫通している。アンテナ3の両端部を真空容器2外へ貫通させる部分には、絶縁部材11がそれぞれ設けられている。この各絶縁部材11を、アンテナ3の両端部が貫通しており、その貫通部は例えばパッキン12によって真空シールされている。各絶縁部材11と真空容器2との間も、例えばパッキン13によって真空シールされている。なお、絶縁部材11の材質は、例えば、アルミナ等のセラミックス、石英、又はポリフェニレンサルファイド（PPS）、ポリエーテルエーテルケトン（PEEK）等のエンジニアリングプラスチック等である。

[0028] さらに、アンテナ3において、真空容器2内に位置する部分は、直管状の絶縁カバー10により覆われている。この絶縁カバー10の両端部は絶縁部材11によって支持されている。なお、絶縁カバー10の両端部と絶縁部材11間はシールしなくても良い。絶縁カバー10内の空間にガス7が入っても、当該空間は小さくて電子の移動距離が短いので、通常は空間にプラズマPは発生しないからである。なお、絶縁カバー10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。

[0029] 絶縁カバー10を設けることによって、プラズマP中の荷電粒子がアンテナ3を構成する金属パイプ31に入射するのを抑制することができるので、金属パイプ31に荷電粒子（主として電子）が入射することによるプラズマ電位の上昇を抑制できると共に、金属パイプ31が荷電粒子（主と

してイオン)によってスパッタされてプラズマPおよび基板Wに対して金属汚染(メタルコンタミネーション)が生じるのを抑制することができる。

[0030] アンテナ3の一端部である給電端部3aには、整合回路41を介して高周波電源4が接続されており、他端部である終端部3bは直接接地されている。なお、給電端部3aは、コンデンサ又はコイル等を介して高周波電源4に接続されていても良いし、終端部3bは、コンデンサ又はコイル等を介して接地されていても良い。

[0031] 上記構成によって、高周波電源4から、整合回路41を介して、アンテナ3に高周波電流IRを流すことができる。高周波電流IRの周波数は、例えば、一般的な13.56MHzであるが、これに限られるものではない。

[0032] アンテナ3は、内部に冷却液CLが流通する流路を有する中空構造のものである。なお、冷却液CLは、真空容器2の外部に設けられた循環流路14によりアンテナ3を流通するものであり、前記循環流路14には、冷却液CLを一定温度に調整するための熱交換器などの温調機構141と、循環流路14において冷却液CLを循環させるためのポンプなどの循環機構142とが設けられている。冷却液CLとしては、電気絶縁の観点から、高抵抗の水が好ましく、例えば純水またはそれに近い水が好ましい。その他、例えばフッ素系不活性液体などの水以外の液冷媒を用いても良い。

[0033] 具体的にアンテナ3は、図2に示すように、少なくとも一对の管状をなす金属製の導体要素31(以下、「金属パイプ31」という。)と、互いに隣合う金属パイプ31の間に設けられて、それら金属パイプ31を絶縁する管状の中空絶縁体32(以下、「絶縁パイプ32」という。)とを備えている。

[0034] 本実施形態では金属パイプ31の数は2つであり、絶縁パイプ32の数は1つである。以下の説明において、一方の金属パイプ31を「第1の金属パイプ31A」、他方の金属パイプを「第2の金属パイプ31B」ともいう。なお、アンテナ3は、3つ以上の金属パイプ31を有する構成であっても良く、この場合、絶縁パイプ32の数はいずれも金属パイプ31の数よりも1つ

少ないものになる。

[0035] 金属パイプ31は、内部に冷却液CLが流れる直線状の流路31xが形成された直管状をなすものであり、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。

[0036] 絶縁パイプ32は、内部に冷却液CLが流れる直線状の流路32xが形成された直管状をなすものである。本実施形態の絶縁パイプ32は、単一の部材から形成しているが、複数の部材を接合して形成しても良い。なお、絶縁パイプ32の材質は、例えば、アルミナ、フッ素樹脂、ポリエチレン（PE）、エンジニアリングプラスチック（例えばポリフェニレンサルファイド（PPS）、ポリエーテルエーテルケトン（PEEK）など）等である。

[0037] そして、本実施形態のアンテナ3は、図2及び図3に示すように、第1の金属パイプ31Aと絶縁パイプ32との間、及び、第2の金属パイプ31Bと絶縁パイプ32との間それぞれに設けられたメタルシールSを具備している。

[0038] より具体的に説明すると、メタルシールSは、各金属パイプ31A、Bと絶縁パイプ32との間のシール性を確保するためのものであり、ここでは絶縁パイプ32の両端部に設けられた受け部材Zに押し当てられることで少なくとも一部が押圧変形するように構成されている。

[0039] まず、受け部材Zについて説明する。

受け部材Zは、メタルシールSを押圧変形させる際に絶縁パイプ32が変形してしまうことを防ぐためのものであり、絶縁パイプ32よりも強度が強い材質からなり、例えばアルミニウム、銅、これらの合金等の金属から形成されている。

[0040] この受け部材Zは、図2に示すように、絶縁パイプ32に連通するものであり、一端部Z1が絶縁パイプ32の内壁を座繰った座繰り部321に嵌合するとともに、他端部Z2から金属パイプ31の端部31tが差し込まれる。なお、金属パイプ31の端部31tの外径は、ここでは金属パイプ31の中央部の外径よりも小さく、受け部材Zの内径は、金属パイプ31の端部31

t の外径とほぼ同じか僅かに大きい。

[0041] 受け部材 Z の一端部 Z 1 には、他端部 Z 2 から差し込まれた金属パイプ 3 1 の端部 3 1 t が当接する当接面 Z a が形成されている。

当接面 Z a は、金属パイプ 3 1 の端面が当接する面であり、この当接面 Z a に金属パイプ 3 1 の端面が当接することで、受け部材 Z と金属パイプ 3 1 とが電氣的に接続される。

[0042] 受け部材 Z の他端部 Z 2 には、メタルシール S が押し当てられる第 1 被押圧面 X 1 が形成されている。

第 1 被押圧面 X 1 は、受け部材 Z の他端部 Z 2 の内周面に形成されており、一端部 Z 1 側から他端部 Z 2 側に向かって徐々に拡径する切頭円錐形状の傾斜面であって、アンテナ 3 の軸方向に対して傾斜している。また、他端部 Z 2 の外周面には雄ねじ部 N 1 が形成されており、後述のメタルシール S の構成要素たる押込部材 S 3 が螺合するように構成されている。

[0043] この受け部材 Z において、一端部 Z 1 と他端部 Z 2 との間には絶縁パイプ 3 2 よりも外径の大きい大径部 Z 3 が設けられている。そして、この大径部 Z 3 を絶縁パイプ 3 2 の端面に当接させるとともに、その当接箇所を溶接することで、受け部材 Z と絶縁パイプ 3 2 とを分離不能に一体的に設けてある。

[0044] 次に、メタルシール S について説明する。

メタルシール S は、図 3 に示すように、受け部材 Z と金属パイプ 3 1 との間に介在する所謂ダブルフェルールと称されるものである。具体的にこのメタルシール S は、受け部材 Z に押し当てられる第 1 フェルール S 1 と、第 1 フェルール S 1 よりも金属パイプ 3 1 側に位置する第 2 フェルール S 2 と、第 2 フェルール S 2 を金属パイプ 3 1 側から第 1 フェルール S 1 側に向かって押し込む押込部材 S 3 とを有している。第 1 フェルール S 1、第 2 フェルール S 2、及び押込部材 S 3 は、金属パイプ 3 1 の端部 3 1 t に外嵌されるリング状をなすものであり、ここでは金属パイプ 3 1 と同じ材質、すなわち銅、アルミニウム、これらの合金、ステンレス等から形成されているが、金属パイプ 3 1 とは異なる材質から形成されていても良い。

[0045] 第1フェルールS1は、金属パイプ31の端部31tの外径とほぼ同じか僅かに大きい内径を有し、後端部S1bが第2フェルールS2によって押されるとともに、先端部S1aが受け部材Zに押し込まれるものである。第1フェルールS1の外周面は、先端部S1aから後端部S1bに向かって徐々に拡径する切頭円錐形状の傾斜面である。そして、この外周面の先端部S1a側が上述した第1被押圧面X1に押し当てられる第1押圧面Y1として形成されており、アンテナ3の軸方向に対して傾斜している。また、第1フェルールS1の後端部S1bには、第2フェルールS2の先端部S2aが押し当てられる第2被押圧面X2が形成されている。第2被押圧面X2は、例えば第1フェルールS1の後端部S1bを切り欠いて形成されており、ここでは該後端部S1bの内周面に設定されている。ここでの第2被押圧面X2は、後方に向かって徐々に拡径する傾斜面であり、アンテナ3の軸方向に対して傾斜している。

[0046] 第2フェルールS2は、金属パイプ31の端部31tの外径とほぼ同じか僅かに大きい内径の前側内周面S21と、前側内周面S21から後方に向かって徐々に拡径する後側内周面S22とを有しており、後端部S2bが押込部材S3によって押されるとともに、先端部S2aが第1フェルールS1の後端部S1bに押し込まれるものである。第2フェルールS2の先端部S2aには、上述した第2被押圧面X2に押し当てられる第2押圧面Y2が形成されている。第2押圧面Y2は、例えば先端部S2aから後方に向かって徐々に拡径する傾斜面であり、アンテナ3の軸方向に対して傾斜している。また、第2フェルールS2の後端部S2bには、押込部材S3により押圧される第3被押圧面X3と、後側内周面S22から径方向内側に突出する環状突出部S23とが形成されている。第3被押圧面X3は、後方に向かうに連れて徐々に縮径する傾斜面であり、アンテナ3の軸方向に対して傾斜している。第3被押圧面X3をこのように傾斜させることにより、押込部材S3が第2フェルールS2を第1フェルールS1に向かって押し込む際に、第2フェルールS2を径方向内側に押圧する力が発生する。その結果、環状突出部S2

3が金属パイプ31の外周面に向かって縮まるように押圧変形され、金属パイプ31に対して第2フェルールS2が固定される。

[0047] 押込部材S3は、上述した受け部材Zの外周面に形成された雄ねじ部N1に螺合する雌ねじ部N2が形成された前側内周面S31と、金属パイプ31の端部31tの外径とほぼ同じか僅かに大きい内径の後側内周面S32とを有している。押込部材S3の内周面において、前側内周面S31及び後側内周面S32の間には、上述した第3被押圧面X3を押圧する第3押圧面Y3が設けられている。ここでの第3押圧面Y3は、後方に向かうに連れて徐々に縮径する傾斜面であり、アンテナ3の軸方向に対して傾斜している。

[0048] 上述した構成により、押込部材S3の雌ねじ部N2を受け部材Zの雄ねじ部N1に螺合させることにより、押込部材S3の第3押圧面Y3が第2フェルールS2の第3被押圧面X3を押圧し、第2フェルールS2が第1フェルールS1に向かって軸方向に沿って押し込まれる。これにより、第2フェルールS2の第2押圧面Y2が第1フェルールS1の第2被押圧面X2を押圧し、第1フェルールS1が受け部材Zに向かって軸方向に沿って押し込まれる。そして、第1フェルールS1の第1押圧面Y1が受け部材Zの第1被押圧面X1に押し当てられて第1フェルールS1の先端部S1aが押圧変形し、第1押圧面Y1と第1被押圧面X1との間が気密又は液密に保たれる。

また、上述したように押込部材S3を受け部材Zに螺合させて、第1押圧面Y1と第1被押圧面X1の間をシールする過程で、第1フェルールS1や第2フェルールS2や受け部材Zの一端部Z1が径方向に押圧変形されるので、これにより受け部材Zや第1フェルールS1や第2フェルールS2が一体的に金属パイプ31を締め付けて挟持する。

[0049] このように構成されたアンテナ3は、図2に示すように、互いに隣り合う金属パイプ31と電氣的に直列接続された容量素子であるコンデンサ33をさらに備えている。このコンデンサ33は、絶縁パイプ32の内部に設けられており、ここでは絶縁パイプ32の冷却液CLが流れる流路32xの内部に設けられている。

[0050] 具体的にコンデンサ 33 は、互いに隣り合う金属パイプ 31 の一方（第 1 の金属パイプ 31 A）と電氣的に接続された第 1 の電極 33 A と、互いに隣り合う金属パイプ 31 の他方（第 2 の金属パイプ 31 B）と電氣的に接続されるとともに、第 1 の電極 33 A に対向して配置された第 2 の電極 33 B とを備えており、第 1 の電極 33 A 及び第 2 の電極 33 B の間の空間を冷却液 CL が満たすように構成されている。つまり、この第 1 の電極 33 A 及び第 2 の電極 33 B の間の空間を流れる冷却液 CL が、コンデンサ 33 を構成する誘電体となる。

[0051] 各電極 33 A、33 B は、概略回転体形状をなすとともに、その中心軸に沿って中央部に主流路 33 x が形成されている。具体的に各電極 33 A、33 B は、円筒形状をなすものであり、互いに同軸上に配置されている。ここでは第 1 の電極 33 A の内径が、第 2 の電極 33 B の外径よりも大きく、第 1 の電極 33 A の内部に第 2 の電極 33 B が挿し込まれている。これにより、第 1 の電極 33 A と第 2 の電極 33 B との間に、流路方向に沿った円筒状の空間が形成される。

[0052] このように構成された各電極 33 A、33 B は、上述した受け部材 Z に一体的に設けられている。ここでは、各電極 33 A、33 B 及び受け部材 Z を単一の部材から形成して一体的に設けているが、これらを別部品により形成してそれらを接合しても良い。なお、各電極 33 A、33 B の材質は、例えばアルミニウム、銅、これらの合金等である。

[0053] このように各電極 33 A、33 B を受け部材 Z に一体的に設けているので、受け部材 Z を上述したように絶縁パイプ 32 の両端部に溶接することで、第 1 の電極 33 A 及び第 2 の電極 33 B が互いに同軸上に配置されるとともに、第 1 の電極 33 A に対する第 2 の電極 33 B の挿入寸法が規定される。そして、金属パイプ 31 A、31 B を上述したように受け部材 Z の他端部 Z2 から差し込んで、受け部材 Z の一端部 Z1 に形成された当接面 Z a に当接させることにより、第 1 の金属パイプ 31 A が第 1 の電極 33 A と電氣的に接続されるとともに、第 2 の金属パイプ 31 B が第 2 の電極 33 B とが電気

的に接続される。

[0054] この構成において、第1の金属パイプ31Aから冷却液CLが流れてくると、冷却液CLは、第1の電極33Aの主流路33xを通じて第2の電極33B側に流れる。第2の電極33B側に流れた冷却液CLは、第2の電極33Bの主流路33xを通じて第2の金属パイプ31Bに流れる。このとき、第1の電極33Aと第2の電極33Bとの間の円筒状の空間が冷却液CLに満たされて、当該冷却液CLが誘電体となりコンデンサ33が構成される。

なお、受け部材Zの一端部Z1には、厚み方向に複数の貫通孔Zhが形成されている。このような貫通孔Zhを設けることによって、受け部材による冷却液CLの流路抵抗を小さくするとともに、絶縁パイプ32内での冷却液CLの滞留、及び、絶縁パイプ32内に気泡が溜まることを防ぐことができる。

[0055] <本実施形態の効果>

このように構成した本実施形態のアンテナ3によれば、一对の金属パイプ31及び絶縁パイプ32の間それぞれに、ゴム製のOリングよりも経年劣化や熱影響に強いメタルシールSを設けているので、アンテナ3を長くした場合でも金属パイプ31及び絶縁パイプ32の間のシール性を担保することができる。

しかも、絶縁パイプ32に受け部材Zを溶接するとともに、受け部材Zや第1フェルールS1や第2フェルールS2が一体的に金属パイプ31を締め付けて挟持しているので、各金属パイプ31や絶縁パイプ32のがたつきを抑制すことができ、この点においてもシール性を担保することができる。

[0056] また、絶縁パイプ32の両端部に設けた受け部材Zを絶縁パイプ32よりも強度の強い材質から形成しているので、メタルシールSを押圧変形させる際に絶縁パイプ32が変形してしまうことを防ぐことができ、メタルシールSを確実に押圧変形させることができる。

[0057] さらに、コンデンサ33が一对の金属パイプ31と電氣的に直列接続されているので、アンテナ3の合成リアクタンスを、誘導性リアクタンスから容量

性リアクタンスを引いた形にすることができる。その結果、アンテナ３のインピーダンスを低減させることができ、アンテナ３を長くする場合でもそのインピーダンスの増大が抑制され、アンテナ３に高周波電流が流れやすくなり、均一性の良いプラズマＰを効率良く発生させることができる。

[0058] そのうえ、各電極３３Ａ、３３Ｂそれぞれが、受け部材Ｚに設けられているので、受け部材Ｚを絶縁パイプ３２に溶接すれば、第１の電極３３Ａ及び第２の電極の相対的な位置関係が規定され、溶接後は各電極３３Ａ、３３Ｂの位置関係が維持されるので、コンデンサの静電容量の再現性の低下を招かない。しかも、受け部材Ｚと絶縁パイプ３２とを溶接しているので、これらの間にシールを設ける必要がなく、部品点数を少なくすることができる。

[0059] 加えて、第１フェルール第１の押圧面Ｙ１や受け部材Ｚの第１被押圧面Ｘ１が傾斜面であり、アンテナ３の軸方向に沿った成分を有しているので、第１の押圧面Ｙ１及び第１被押圧面Ｘ１の間を面シールすることができる。これにより、例えば第１の押圧面Ｙ１や第１被押圧面Ｘ１がアンテナ３の軸方向と垂直な面であり、これらの間が軸シールされる構成に比べてシール性が良い。

[0060] コンデンサ３３の誘電体が、第１の電極３３Ａ及び第２の電極３３Ｂの間の空間を満たす液体であるので、コンデンサ３３を構成する各電極３３Ａ、３３Ｂ及び誘電体の間に生じる隙間を無くすることができる。その結果、各電極３３Ａ、３３Ｂ及び誘電体の間の隙間に発生しうるアーク放電を無くし、アーク放電に起因するコンデンサ３３の破損を無くすることができる。また、隙間を考慮することなく、第１の電極３３Ａ及び第２の電極３３Ｂの距離、対向面積及び液体の誘電体の比誘電率からキャパシタンス値を精度良く設定することができる。さらに、隙間を埋めるための各電極３３Ａ、３３Ｂ及び誘電体を押圧する構造も不要にすることができ、当該押圧構造によるアンテナ周辺の構造の複雑化及びそれにより生じるプラズマＰの均一性の悪化を防ぐことができる。

[0061] 誘電体が、金属パイプ３１の内部を流れる冷却液であるので、プラズマ生成時に生じる熱によって高温になりがちな金属パイプ３１を冷却液ＣＬによっ

て冷却することができるので、アンテナ 3 自体の破損又はその周辺構造の破損などを防ぐことができ、安定してプラズマ P を発生させることが可能となる。

しかも、その冷却液 CL をコンデンサ 33 の誘電体として用いているので、コンデンサ 33 を冷却しつつその静電容量の不意の変動を抑えることができる。

さらに、冷却液 CL を温調機構 141 により一定温度に調整しながら誘電体として用いることで、温度変化による比誘電率の変化を抑えることができ、それに伴って生じる静電容量の変化を抑えることができる。

[0062] <その他の変形実施形態>

なお、本発明は前記実施形態に限られるものではない。

[0063] 例えば、メタルシール S としては、前記実施形態ではダブルフェルールタイプのものを用いていたが、図 4 に示すように、メタルガスケット S4 を用いたものであっても良い。

より具体的に説明すると、ここでは金属パイプ 31 の端部にフランジ F を設けてあり、メタルシール S は、そのフランジ F と受け部材 Z との間に配置される例えば円環状のメタルガスケット S4 と、メタルガスケット S4 を受け部材 Z に向かって押し込むための押込部材 S3 とを備えている。

そして、押込部材 S3 が、前記実施形態と同様に受け部材 Z に螺合するように構成されるとともに、フランジ F の背面 X4 を押圧する押圧面 Y4 を有している。

[0064] 上述した構成により、押込部材 S3 を受け部材 Z に螺合させることにより、押込部材 S3 の押圧面 Y4 がフランジ F の背面 X4 を押圧し、金属パイプ 31 が受け部材 Z に向かって軸方向に沿って押し込まれる。これにより、金属パイプ 31 のフランジ F と受け部材 Z との間でメタルガスケット S4 が潰され、これらの間が気密又は液密に保たれる。

[0065] また、メタルシール S としては、図 5 に示すように、メタル O リング S5 を用いたものであっても良いし、図示していないが、単一のフェルールを用い

たものであっても良い。

[0066] さらに、前記実施形態では、第1被押圧面X1、第1押圧面Y1、第2被押圧面X2、第2押圧面Y2、第3被押圧面X3、及び第3押圧面Y3がいずれもアンテナ3の軸方向に対して傾斜した傾斜面であったが、これらの面X1～X3、Y1～Y3の一部がアンテナ3の軸方向に垂直な面であっても良い。

[0067] 前記実施形態では、絶縁パイプと受け部材とを溶接により分離不能に一体化していたが、溶接とは異なる接合方法で一体化しても良い。さらに、絶縁パイプと受け部材とは必ずしも一体化されている必要はなく、これらの間のシール性を担保できれば、受け部材が絶縁パイプに対して例えばねじ締結などにより着脱可能に設けられていても良い。

[0068] 前記実施形態のプラズマ処理装置100ではアンテナ3が基板Wの処理室内に配置されたものであったが、図6に示すように、アンテナ3を処理室18外に配置したものであってもよい。この場合、複数のアンテナ3は、真空容器2内において誘電体窓19によって処理室18とは区画されたアンテナ室20に配置されている。なお、アンテナ室20は真空排気装置6によって真空排気される。このプラズマ処理装置100であれば、処理室18の圧力などの条件と、アンテナ室20の圧力などの条件とを個別に制御することができ、プラズマPの発生を効率的にできるとともに、基板Wの処理を効率的にできる。

[0069] 加えて、金属パイプ及び絶縁パイプは、1つの内部流路を有する管状をなすものであったが、2以上の内部流路を有するもの、或いは、分岐した内部流路を有するものであっても良い。また、金属パイプや絶縁パイプは中実のものであっても良い。

[0070] 前記実施形態の電極において延出部は、円筒状であったが、その他の角筒状であっても良いし、平板状又は湾曲又は屈曲した板状であっても良い。

[0071] その他、本発明は前記実施形態に限られず、その趣旨を逸脱しない範囲で種々の変形が可能であるのは言うまでもない。

符号の説明

- [0072] 1 0 0 . . . プラズマ処理装置
- W . . . 基板
- P . . . 誘導結合型プラズマ
- 2 . . . 真空容器
- 3 . . . アンテナ
- 3 1 . . . 金属パイプ（導体要素）
- 3 2 . . . 絶縁パイプ（中空絶縁体）
- 3 3 . . . コンデンサ
- 3 3 A . . . 第 1 の電極
- 3 3 B . . . 第 2 の電極
- 4 . . . 高周波電源
- C L . . . 冷却液（液体の誘電体）
- S . . . メタルシール
- S 1 . . . 第 1 フェルール
- S 2 . . . 第 2 フェルール
- S 3 . . . 押込部材
- Z . . . 受け部材

請求の範囲

- [請求項1] 高周波電流が流されてプラズマを発生させるためのアンテナであって、
- 、
- 少なくとも一對の筒状の導体要素と、
- 互いに隣り合う前記導体要素の間に設けられて、これらの導体要素の内部空間と連通する中空絶縁体と、
- 前記一對の導体要素及び前記中空絶縁体の間それぞれに設けられたメタルシールとを具備する、アンテナ。
- [請求項2] 前記中空絶縁体の両端部に設けられて前記メタルシールが当たる受け部材をさらに具備し、
- 前記受け部材が、前記中空絶縁体よりも強度の強い材質からなる、請求項1記載のアンテナ。
- [請求項3] 前記一對の導体要素と電氣的に直列に接続された容量素子をさらに具備し、
- 前記容量素子が、
- 前記一對の導体要素の一方と電氣的に接続されるとともに、前記中空絶縁体の内部を通して前記一對の導体要素の他方側に延びる第1の電極と、
- 前記一對の導体要素の他方と電氣的に接続されるとともに、前記中空絶縁体の内部を通して前記一對の導体要素の一方側に延び、前記第1の電極と対向する第2の電極とを有し、
- 前記第1の電極が、一方の前記受け部材に設けられており、
- 前記第2の電極が、他方の前記受け部材に設けられている、請求項2記載のアンテナ。
- [請求項4] 前記受け部材が前記中空絶縁体に溶接されている、請求項3記載のアンテナ。
- [請求項5] 前記メタルシールが、
- 前記受け部材に当てられる第1フェルールと、

前記第 1 フェルルールよりも前記導体要素側に配置される第 2 フェルルールと、

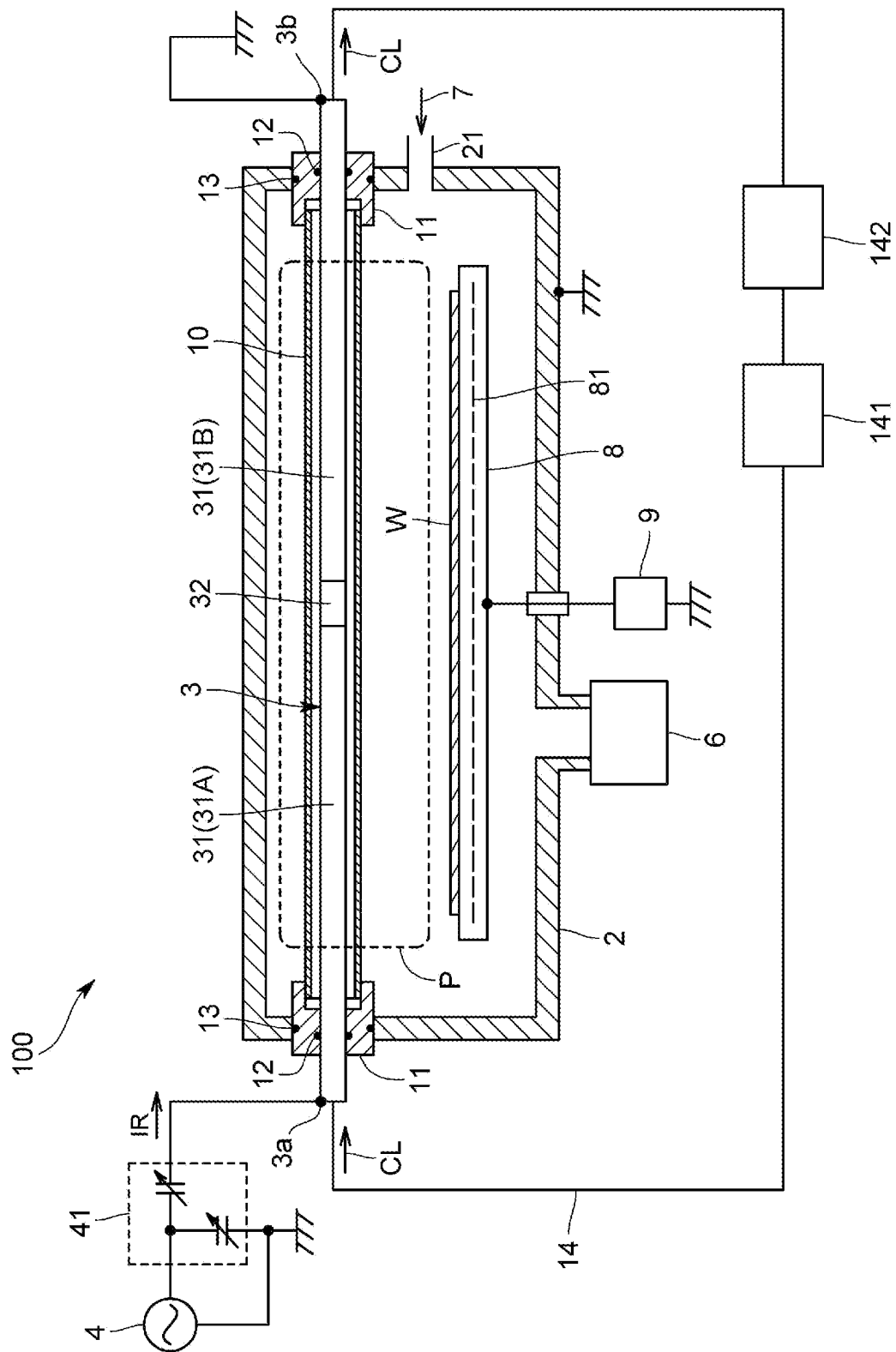
前記第 2 フェルルールを軸方向に沿って前記第 1 フェルルール側に押し込むとともに、前記受け部材に螺合する押込部材とを有する、請求項 2 乃至 4 のうち何れか一項に記載のアンテナ。

[請求項 6] 前記容量素子の誘電体が、前記第 1 の電極及び前記第 2 の電極の間の空間を満たす液体である、請求項 3、4、又は請求項 3 を引用する請求項 5 のうち何れか一項に記載のアンテナ。

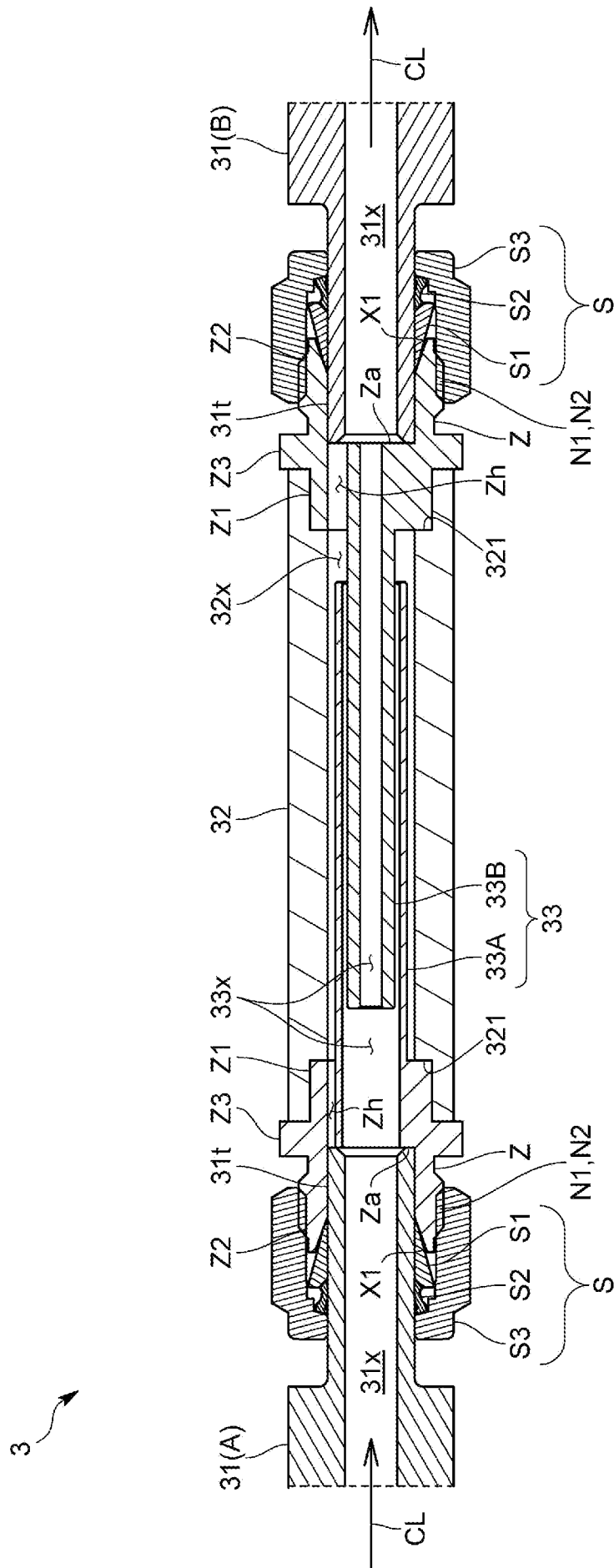
[請求項 7] 前記誘電体が、前記一对の導体要素の内部を流れる冷却液である、請求項 6 記載のアンテナ。

[請求項 8] 請求項 1 乃至 7 のうち何か一項に記載のアンテナと、
前記アンテナが内部又は外部に配置された真空容器と、
前記アンテナに高周波電流を印加する高周波電源とを具備する、プラズマ処理装置。

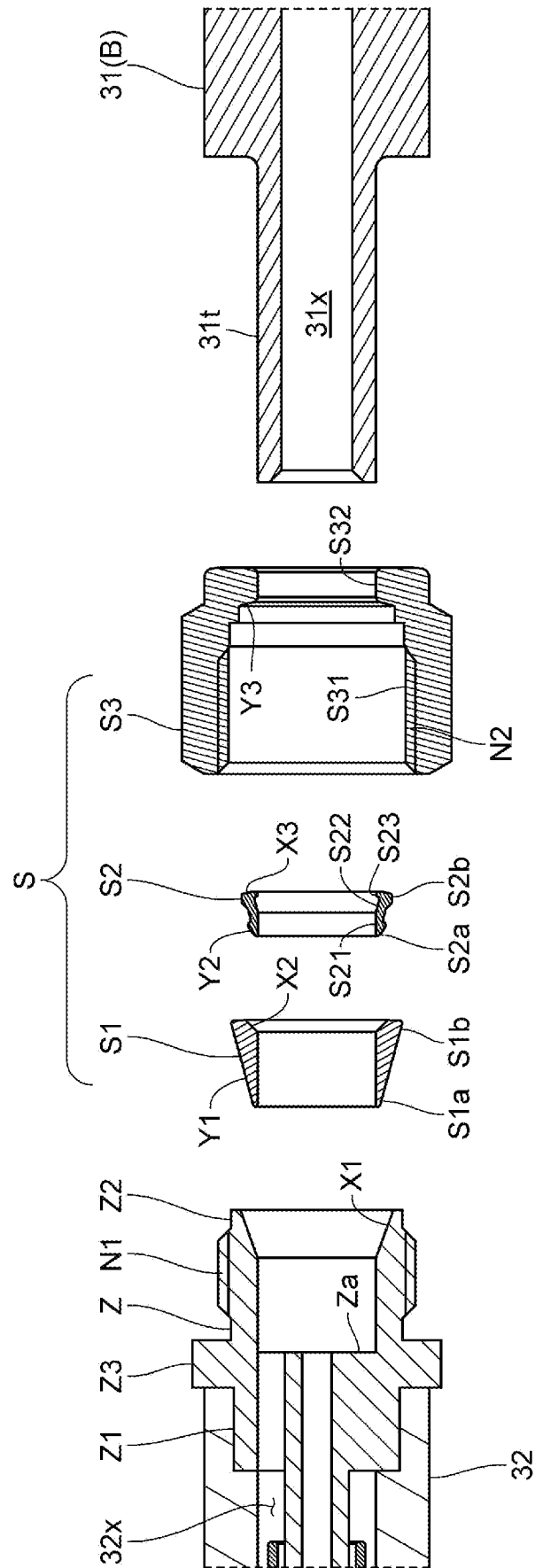
[図1]



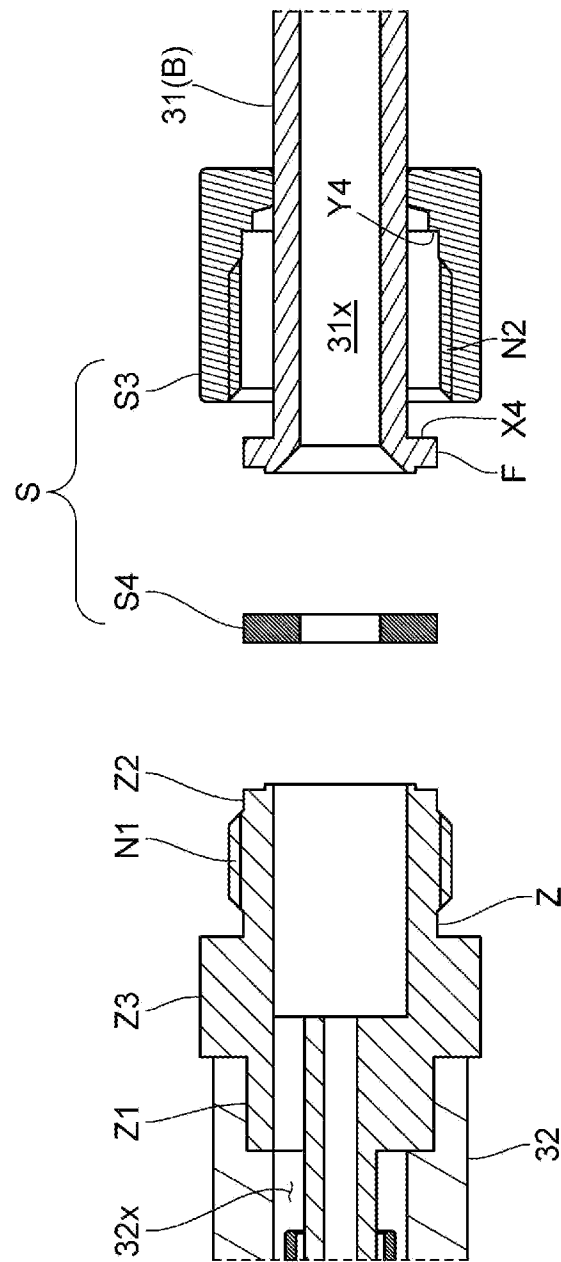
[図2]



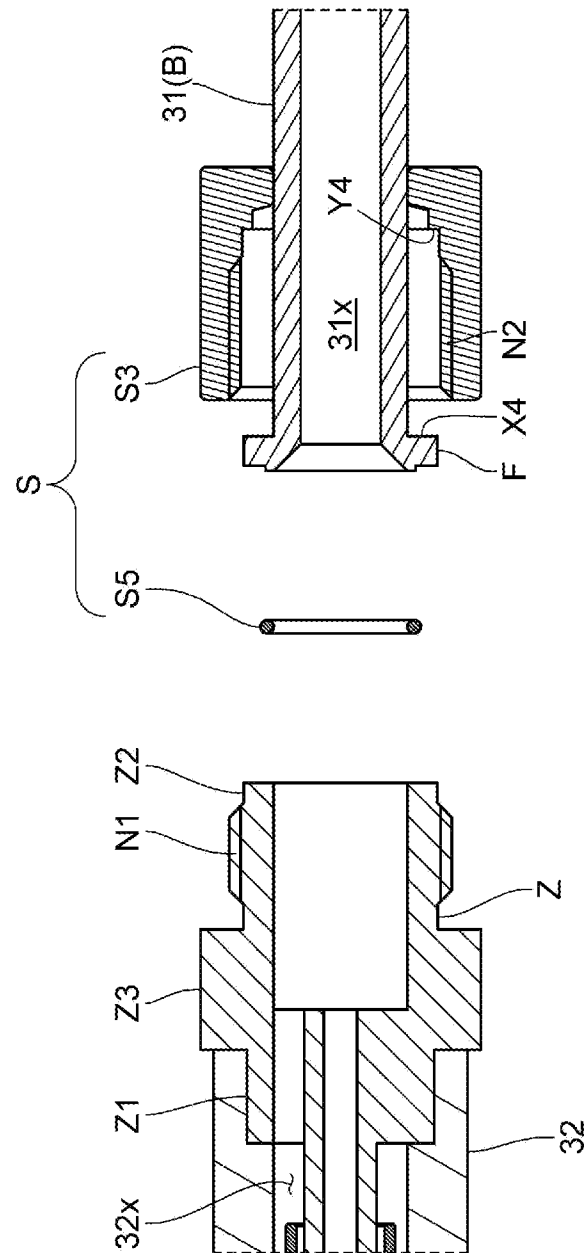
[図3]



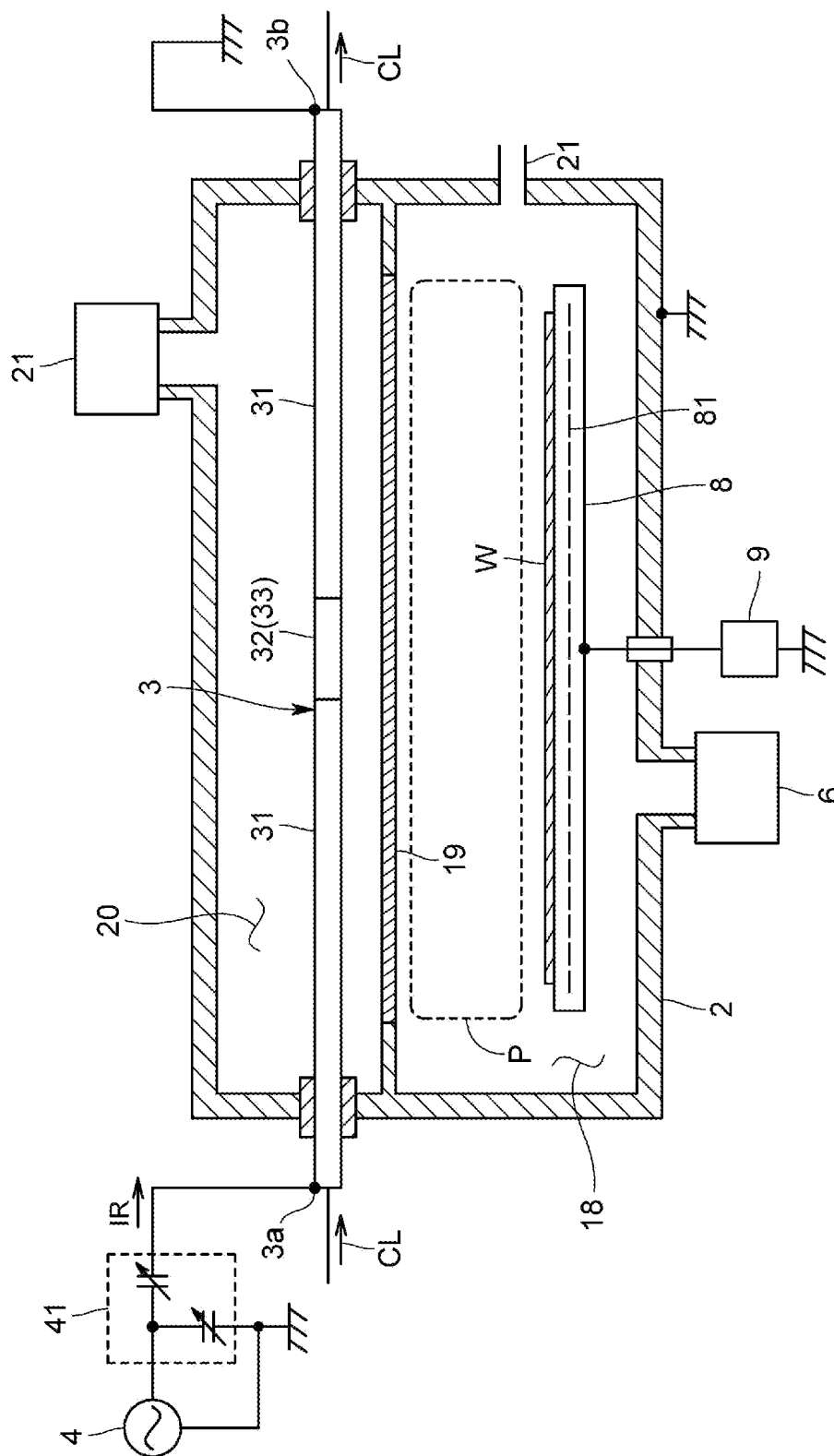
[図4]



[図5]



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/010801

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. H05H1/46(2006.01) i, C23C16/509(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. H05H1/46, C23C16/505, H01L21/302

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2019
Registered utility model specifications of Japan	1996-2019
Published registered utility model applications of Japan	1994-2019

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2016-207322 A (NISSIN ELECTRIC CO., LTD.) 08 December 2016, entire text, all drawings & US 2016/0099130 A1, entire text, all drawings & CN 105491780 A & KR 10-2016-0039558 A	1-8
A	JP 2017-33788 A (NISSIN ELECTRIC CO., LTD.) 09 February 2017, entire text, all drawings (Family: none)	1-8
A	JP 2001-288573 A (CANON INC.) 19 October 2001, entire text, all drawings (Family: none)	1-8

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
14 May 2019 (14.05.2019)

Date of mailing of the international search report
21 May 2019 (21.05.2019)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/010801

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2013-161715 A (THE JAPAN STEEL WORKS, LTD.) 19 August 2013, entire text, all drawings (Family: none)	1-8
A	US 2015/0097479 A1 (APPLIED MATERIALS, INC.) 09 April 2015, entire text, all drawings & WO 2015/050782 A1	1-8
A	KR 10-2011-0027365 A (JUSUNG ENGINEERING CO., LTD.) 16 March 2011, entire text, all drawings (Family: none)	1-8

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H05H1/46(2006.01)i, C23C16/509(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H05H1/46, C23C16/505, H01L21/302,

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2016-207322 A (日新電機株式会社) 2016.12.08, 全文, 全図 & US 2016/0099130 A1, 全文, 全図 & CN 105491780 A & KR 10-2016-0039558 A	1-8
A	JP 2017-33788 A (日新電機株式会社) 2017.02.09, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-8
A	JP 2001-288573 A (キヤノン株式会社) 2001.10.19, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-8

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)	「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」 同一パテントファミリー文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日

14.05.2019

国際調査報告の発送日

21.05.2019

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

大門 清

2 G

8 3 5 5

電話番号 03-3581-1101 内線 3224

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2013-161715 A (株式会社日本製鋼所) 2013. 08. 19, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-8
A	US 2015/0097479 A1 (APPLIED MATERIALS, INC.) 2015. 04. 09, 全文, 全図 & WO 2015/050782 A1	1-8
A	KR 10-2011-0027365 A (JUSUNG ENGINEERING CO., LTD) 2011. 03. 16, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-8