

(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
2016年6月30日(30.06.2016)



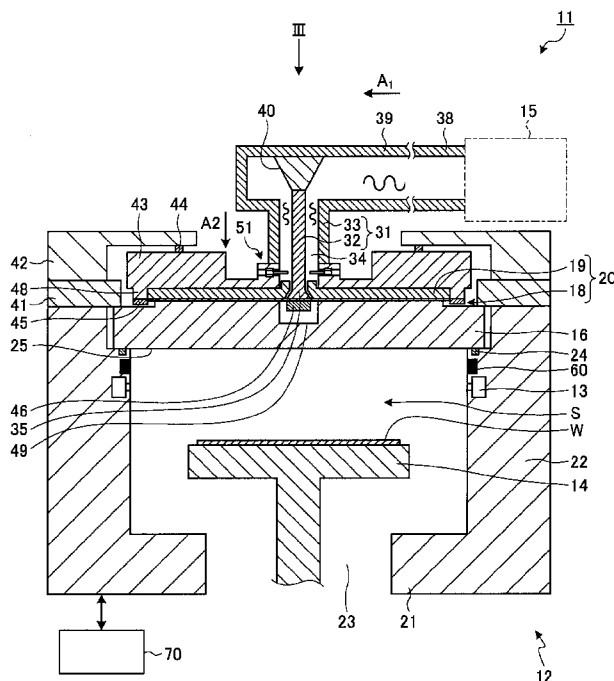
(10) 国際公開番号

WO 2016/104205 A1

- (51) 国際特許分類:
H05H 1/46 (2006.01) H01L 21/3065 (2006.01)
C23C 16/511 (2006.01) H05H 1/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/084882
- (22) 国際出願日: 2015年12月14日(14.12.2015)
- (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 2014-266025 2014年12月26日(26.12.2014) JP
- (71) 出願人: 東京エレクトロン株式会社(TOKYO ELECTRON LIMITED) [JP/JP]; 〒1076325 東京都港区赤坂五丁目3番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 岩尾 俊彦(IWAO, Toshihiko); 〒9813629 宮城県黒川郡大和町テクノヒルズ1番 東京エレクトロン株式会社内 Miyagi (JP). 川上 聡(KAWAKAMI, Satoru); 〒9813629 宮城県黒川郡大和町テクノヒルズ1番 東京エレクトロン株式会社内 Miyagi (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人酒井国際特許事務所(SAKAI INTERNATIONAL PATENT OFFICE); 〒1000013 東京都千代田区霞が関3丁目8番1号 虎の門三井ビルディング Tokyo (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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, 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, 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), ユーロッパ (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).

(54) Title: PLASMA PROCESSING DEVICE AND PLASMA PROCESSING METHOD

(54) 発明の名称: プラズマ処理装置及びプラズマ処理方法



(57) Abstract: This plasma processing device is provided with: a processing vessel defining a plasma processing space; a holding unit which is provided inside the processing vessel and which holds a substrate being processed; a gas supply unit which supplies gas to the plasma processing space; an antenna which emits, into the plasma processing space, microwaves for generating plasma from the gas supplied to the plasma processing space; a coaxial wave guide tube which supplies the microwaves to the antenna; a plurality of stubs which are inserted into the coaxial wave guide tube and which adjust the distribution of the microwaves emitted from the antenna, in accordance with the amount of insertion of the stub; a measuring unit which measures the density of the plasma generated in the plasma processing space by means of the microwaves emitted from the antenna, or measures a parameter correlated with the density of the plasma, around the peripheral direction of the substrate being processed; and a control unit which, on the basis of the plasma density or the parameter, individually controls the amount of insertion of the plurality of stubs used to adjust the distribution of the microwaves.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2016/104205 A1



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

プラズマ処理装置は、プラズマ処理空間を画成する処理容器と、処理容器の内部に設けられ、被処理基板を保持する保持部と、プラズマ処理空間にガスを供給するガス供給部と、プラズマ処理空間に供給されたガスのプラズマを生成するためのマイクロ波をプラズマ処理空間へ放射するアンテナと、アンテナへマイクロ波を供給する同軸導波管と、同軸導波管に挿入され、挿入量に応じて、アンテナから放射されるマイクロ波の分布を調整する複数のスタブと、アンテナから放射されるマイクロ波によりプラズマ処理空間において生成されるプラズマの密度、又は該プラズマの密度と相関性を有するパラメータを被処理基板の周方向に沿って測定する測定部と、プラズマの密度又はパラメータに基づいて、マイクロ波の分布の調整に用いられる複数のスタブの挿入量を個別に制御する制御部とを備えた。

明 細 書

発明の名称： プラズマ処理装置及びプラズマ処理方法

技術分野

[0001] 本発明の種々の側面及び実施形態は、プラズマ処理装置及びプラズマ処理方法に関するものである。

背景技術

[0002] マイクロ波によるプロセスガスの励起を利用したプラズマ処理装置がある。このプラズマ処理装置は、アンテナを用いてプラズマ励起用のマイクロ波を処理容器の内部へ放射し、処理容器の内部のガスを解離させてプラズマを生成する。また、プラズマ処理装置は、同軸導波管によってアンテナへマイクロ波を供給する。

[0003] ところで、このようなプラズマ処理装置では、処理容器内のプラズマ密度の均一性を保つために、アンテナから放射されるマイクロ波の分布の均一性を保つことが求められる。これに対して、同軸導波管に複数のスタブを挿入し、同軸導波管に対する複数のスタブの挿入量を個別に制御することで、アンテナから放射されるマイクロ波の分布を調整する技術が提案されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特許第5440604号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、従来技術では、処理容器内のプラズマ密度の分布に応じてマイクロ波の分布を自動的に調整することまでは考慮されていない。

課題を解決するための手段

[0006] 開示するプラズマ処理装置は、1つの実施態様において、プラズマ処理空間を画成する処理容器と、前記処理容器の内部に設けられ、被処理基板を保持する保持部と、前記プラズマ処理空間にガスを供給するガス供給部と、前

記プラズマ処理空間に供給されたガスのプラズマを生成するためのマイクロ波を前記プラズマ処理空間へ放射するアンテナと、前記アンテナへ前記マイクロ波を供給する同軸導波管と、前記同軸導波管に挿入され、挿入量に応じて、前記アンテナから放射される前記マイクロ波の分布を調整する複数のスタブと、前記アンテナから放射される前記マイクロ波により前記プラズマ処理空間において生成される前記プラズマの密度、又は該プラズマの密度と相関性を有するパラメータを前記被処理基板の周方向に沿って測定する測定部と、前記プラズマの密度又は前記パラメータに基づいて、前記マイクロ波の分布の調整に用いられる前記複数のスタブの挿入量を個別に制御する制御部とを備えた。

発明の効果

[0007] 開示するプラズマ処理装置の1つの態様によれば、プラズマ密度の分布に応じてマイクロ波の分布を自動的に調整することができるという効果を奏する。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]図1は、一実施形態に係るプラズマ処理装置の要部を示す概略断面図である。

[図2]図2は、図1に示すプラズマ処理装置に備えられる同軸導波管の近辺を拡大して示す概略断面図である。

[図3]図3は、図1に示すプラズマ処理装置に備えられるスロットアンテナ板を、図1中の矢印ⅠⅠⅠの方向から見た図である。

[図4]図4は、図1に示すプラズマ処理装置に備えられる同軸導波管を、図2中のⅠⅤ－ⅠⅤで切断した場合の断面図である。

[図5]図5は、一実施形態におけるスタブ部材の挿入量と、スタブ部材の材質と、マイクロ波の分布との関係の実験結果の一例を示す図である。

[図6]図6は、一実施形態に係るプラズマ処理装置を用いたプラズマ処理方法の流れの一例を示すフローチャートである。

[図7]図7は、他の実施形態に係るプラズマ処理装置に備えられる同軸導波管

の近辺を拡大して示す概略断面図である。

[図8]図8は、他の実施形態に係るプラズマ処理装置の要部を示す概略断面図である。

[図9]図9は、図8に示すプラズマ処理装置に備えられる同軸導波管の近辺を拡大して示す概略断面図である。

発明を実施するための形態

[0009] 開示するプラズマ処理装置は、1つの実施形態において、プラズマ処理空間を画成する処理容器と、処理容器の内部に設けられ、被処理基板を保持する保持部と、プラズマ処理空間にガスを供給するガス供給部と、プラズマ処理空間に供給されたガスのプラズマを生成するためのマイクロ波をプラズマ処理空間へ放射するアンテナと、アンテナへマイクロ波を供給する同軸導波管と、同軸導波管に挿入され、挿入量に応じて、アンテナから放射されるマイクロ波の分布を調整する複数のスタブと、アンテナから放射されるマイクロ波によりプラズマ処理空間において生成されるプラズマの密度、又は該プラズマの密度と相関性を有するパラメータを被処理基板の周方向に沿って測定する測定部と、プラズマの密度又はパラメータに基づいて、マイクロ波の分布の調整に用いられる複数のスタブの挿入量を個別に制御する制御部とを備えた。

[0010] また、開示するプラズマ処理装置は、1つの実施形態において、制御部は、プラズマの密度の分布又はパラメータの分布が被処理基板の周方向に沿って均一な分布となるように、複数のスタブの挿入量を個別に制御する。

[0011] また、開示するプラズマ処理装置は、1つの実施形態において、制御部は、プラズマの密度の分布又はパラメータの分布が被処理基板の周方向に沿って均一ではない所定の分布となるように、複数のスタブの挿入量を個別に制御する。

[0012] また、開示するプラズマ処理装置は、1つの実施形態において、制御部は、プラズマの密度の分布又はパラメータの分布と、プラズマ処理空間においてプラズマ処理された被処理基板上の膜厚の分布とに基づいて、プラズマの

密度の分布又はパラメータの分布が、膜厚の分布を反転させて得られる所定の分布となるように、複数のスタブの挿入量を個別に制御する。

[0013] また、開示するプラズマ処理装置は、1つの実施形態において、パラメータは、処理容器の側壁の温度、アンテナの温度、プラズマ処理空間の発光強度、及び、処理容器の側壁に付着した付着物の厚みのうち少なくともいずれか一つである。

[0014] また、開示するプラズマ処理装置は、1つの実施形態において、測定部は、プラズマ処理空間において被処理基板をプラズマ処理するための複数のプロセスが連続的に実行される場合に、複数のプロセスの各々が切り替えられるタイミングで、被処理基板の周方向に沿って、プラズマの密度又はパラメータを測定する。

[0015] また、開示するプラズマ処理装置は、1つの実施形態において、同軸導波管は、内導体と、該内導体の外側に隙間を空けて設けられた外導体とを含み、スタブは、隙間に挿入され、スタブのうち、少なくとも隙間に挿入される部分の材質は、誘電体又は導電体である。

[0016] また、開示するプラズマ処理方法は、1つの実施形態において、プラズマ処理空間を画成する処理容器と、処理容器の内部に設けられ、被処理基板を保持する保持部と、プラズマ処理空間にガスを供給するガス供給部と、プラズマ処理空間に供給されたガスのプラズマを生成するためのマイクロ波をプラズマ処理空間へ放射するアンテナと、アンテナへマイクロ波を供給する同軸導波管と、同軸導波管に挿入され、挿入量に応じて、アンテナから放射されるマイクロ波の分布を調整する複数のスタブとを備えたプラズマ処理装置におけるプラズマ処理方法であって、アンテナから放射されるマイクロ波によりプラズマ処理空間において生成されるプラズマの密度、又は該プラズマの密度と相関性を有するパラメータを被処理基板の周方向に沿って測定し、プラズマの密度又はパラメータに基づいて、マイクロ波の分布の調整に用いられる複数のスタブの挿入量を個別に制御する。

[0017] 以下、図面を参照して種々の実施形態について詳細に説明する。なお、各

図面において同一又は相当の部分に対しては同一の符号を附することとする。

[0018] 図 1 は、一実施形態に係るプラズマ処理装置の要部を示す概略断面図である。図 2 は、図 1 に示すプラズマ処理装置に備えられる同軸導波管の近辺を拡大して示す概略断面図である。図 3 は、図 1 に示すプラズマ処理装置に備えられるスロットアンテナ板を、図 1 中の矢印 III の方向から見た図である。図 4 は、図 1 に示すプラズマ処理装置に備えられる同軸導波管を、図 2 中の I-V-I-V で切断した場合の断面図である。なお、図 1 および図 2 においては、紙面上下方向を装置の上下方向とする。また、本願明細書中、径方向とは、図 4 において、同軸導波管に含まれる内導体から外導体へ向かう方向を指す。

[0019] 図 1 及び図 2 に示すプラズマ処理装置 11 は、処理容器 12、保持台 14、ガス供給部 13、マイクロ波発生器 15、誘電体板 16、アンテナ 20 及び同軸導波管 31 を有する。

[0020] 処理容器 12 は、上部側が開口しており、その内部において被処理基板 W にプラズマ処理を行うための処理空間 S を画成している。処理容器 12 は、保持台 14 の下方側に位置する底部 21 と、底部 21 の外周部から上方向に延びる側壁 22 とを含む。側壁 22 は、円筒状である。処理容器 12 の底部 21 の径方向中央側には、排気用の排気孔 23 が設けられている。処理容器 12 の上部側は開口しており、処理容器 12 の上部側に配置される誘電体板 16、および誘電体板 16 と処理容器 12 との間に介在するシール部材としての O リング 24 によって、処理容器 12 は密封可能に構成されている。誘電体板 16 の下方側の面 25 は、平らである。誘電体板 16 の材質は、誘電体である。誘電体板 16 の具体的な材質としては、石英やアルミナ等が挙げられる。

[0021] ガス供給部 13 は、処理容器 12 内にプラズマ励起用のガスおよびプラズマ処理用のガスを供給する。ガス供給部 13 の一部は、側壁 22 に埋め込まれるようにして設けられており、処理容器 12 の外部から処理容器 12 内の処理空間 S へガスを供給する。

- [0022] 保持台 14 は、処理容器 12 内に配置され、被処理基板 W を保持する。
- [0023] マイクロ波発生器 15 は、処理容器 12 の外部に配置され、プラズマ励起用のマイクロ波を発生させる。また、一実施形態においては、プラズマ処理装置 11 は、マイクロ波発生器 15 に一方端部 38 が接続される導波管 39 と、マイクロ波のモードを変換するモード変換器 40 とを含む。導波管 39 は、横方向、具体的には、図 1 中の紙面左右方向に延びるように設けられている。なお、導波管 39 としては、断面が円形状のものや断面が矩形状のものが使用される。
- [0024] アンテナ 20 は、誘電体板 16 の上面に設けられ、マイクロ波発生器 15 によって発生されるマイクロ波に基づいて、誘電体板 16 を介してプラズマ生成用のマイクロ波を処理空間 S へ放射する。アンテナ 20 は、スロットアンテナ板 18 及び遅波板 19 を有する。
- [0025] スロットアンテナ板 18 は、誘電体板 16 の上方側に配置され、マイクロ波を誘電体板 16 に放射する薄板状の部材である。スロットアンテナ板 18 の板厚方向の両面は、それぞれ平らである。スロットアンテナ板 18 には、図 3 に示すように、板厚方向に貫通する複数のスロット孔 17 が設けられている。スロット孔 17 は、2 つの矩形状の開口部が一对となって、略 T 字状となるように配置されて構成されている。設けられたスロット孔 17 は、内周側に配置される内周側スロット孔群 26 a と、外周側に配置される外周側スロット孔群 26 b とに大別される。内周側スロット孔群 26 a は、図 3 中の点線で囲まれた範囲内に設けられた 8 個のスロット孔 17 である。外周側スロット孔群 26 b は、図 3 中の一点鎖線で囲まれた範囲内に設けられた 16 個のスロット孔 17 である。内周側スロット孔群 26 a において、8 個のスロット孔 17 はそれぞれ、環状に等間隔に配置されている。外周側スロット孔群 26 b において、16 個のスロット孔 17 はそれぞれ、環状に等間隔に配置されている。スロットアンテナ板 18 は、径方向の中心 28 を中心とした回転対称性を有し、例えば、中心 28 を中心として 45° 回転しても同じ形状となる。

[0026] 遅波板 19 は、スロットアンテナ板 18 の上方側に配置され、マイクロ波を径方向に伝播する。遅波板 19 の中央には、後述する同軸導波管 31 に備えられる内導体 32 を配置させるための開口が設けられている。開口の周囲を形成する遅波板 19 の内径側の端部は、板厚方向に突出している。すなわち、遅波板 19 は、内径側の端部から板厚方向に突出するリング状の遅波板突出部 27 を備える。遅波板 19 は、遅波板突出部 27 が上側になるように取り付けられる。遅波板 19 の材質は、誘電体である。遅波板 19 の具体的な材質としては、石英やアルミナ等が挙げられる。遅波板 19 の内部を伝播するマイクロ波の波長は、大気中を伝播するマイクロ波の波長よりも短くなる。

[0027] 誘電体板 16、スロットアンテナ板 18、および遅波板 19 はいずれも、円板状である。プラズマ処理装置 11 を製造する際には、誘電体板 16 の径方向の中心と、スロットアンテナ板 18 の径方向の中心 28 と、遅波板 19 の径方向の中心とを、それぞれ一致するように製造される。こうすることにより、中心側から外径側に向かって伝播されるマイクロ波において、周方向におけるマイクロ波の伝播度合いを同じにして、誘電体板 16 の下方側に生じさせるプラズマの周方向における均一性を確保するようにしている。なお、ここでは、スロットアンテナ板 18 の径方向の中心 28 を基準とする。

[0028] 同軸導波管 31 は、アンテナ 20 にマイクロ波を供給する導波管である。同軸導波管 31 は、内導体 32 及び外導体 33 を含んでいる。内導体 32 は、略丸棒状に形成されている。内導体 32 の一方端部 35 は、スロットアンテナ板 18 の中心 28 に接続される。外導体 33 は、内導体 32 と径方向の隙間 34 を空けて内導体 32 の外径側に設けられる。外導体 33 は、略円筒状に形成される。すなわち、内導体 32 の外周面 36 と外導体 33 の内周面 37 とが対向するように内導体 32 と外導体 33 とを組み合わせ、同軸導波管 31 が構成されている。同軸導波管 31 は、図 1 中の紙面上下方向に延びるように設けられている。内導体 32 および外導体 33 はそれぞれ、別体で製造される。そして、内導体 32 の径方向の中心と外導体 33 の径方向の

中心とを一致させるようにして組み合わせられる。

[0029] マイクロ波発生器 15 において発生させたマイクロ波は、導波管 39 および同軸導波管 31 を介して、アンテナ 20 に伝播される。マイクロ波発生器 15 において発生させるマイクロ波の周波数としては、例えば、2.45 GHz が選択される。

[0030] 例えば、マイクロ波発生器 15 で発生させた TE モードのマイクロ波は、導波管 39 内を図 1 中の矢印 A1 で示す紙面左方向に伝播し、モード変換器 40 により TEM モードへ変換される。そして、TEM モードへ変換されたマイクロ波は、同軸導波管 31 内を図 1 中の矢印 A2 で示す紙面下方向へ伝播する。具体的には、隙間 34 が形成される内導体 32 と外導体 33 との間、および内導体 32 と冷却板突出部 47 との間において、マイクロ波は伝播する。同軸導波管 31 を伝播したマイクロ波は、遅波板 19 内を径方向に伝播し、スロットアンテナ板 18 に設けられた複数のスロット孔 17 から誘電体板 16 に放射される。誘電体板 16 を透過したマイクロ波は、誘電体板 16 の直下に電界を生じさせ、処理容器 12 内にプラズマを生成させる。

[0031] また、プラズマ処理装置 11 は、側壁 22 の開口側の上方端部の上方側に配置され、誘電体板 16 を上方側から押さえる誘電体板押さえリング 41 と、誘電体板押さえリング 41 の上方側に配置され、スロットアンテナ板 18 等を上方側から押さえるアンテナ押さえ 42 と、遅波板 19 の上方側に配置され、遅波板 19 等を冷却する冷却板 43 と、アンテナ押さえ 42 と冷却板 43 との間に介在するように配置され、処理容器 12 内外で電磁界を遮蔽する電磁遮蔽弾力体 44 と、スロットアンテナ板 18 の外周部を固定する外周固定リング 45 と、スロットアンテナ板 18 の中心を固定する中心固定板 46 とを備える。

[0032] 冷却板 43 の中央には、図 2 に示すように、同軸導波管 31 を配置させるための開口が設けられている。開口の周囲を形成する冷却板 43 の内径側の端部は、板厚方向に突出している。すなわち、冷却板 43 は、内径側の端部から板厚方向に突出するリング状の冷却板突出部 47 を備える。冷却板 43

は、冷却板突出部 4 7 が上側になるように取り付けられる。

[0033] 冷却板突出部 4 7 の上方側には、円筒状の外導体 3 3 が配置される。冷却板突出部 4 7 の上方側端部と外導体 3 3 の下方側端部とが当接する構成である。この場合、外導体 3 3 の内周面 3 7 と冷却板突出部 4 7 の内周面 5 0 とが連なって、内導体 3 2 の外周面 3 6 と外導体 3 3 の内周面 3 7 との径方向の距離、および内導体 3 2 の外周面 3 6 と冷却板突出部 4 7 の内周面 5 0 との径方向の距離が同じとなるように構成される。外導体 3 3 の内周面 3 7 と冷却板突出部 4 7 の内周面 5 0 とが連なることによって、冷却板突出部 4 7 は、同軸導波管 3 1 の一部として構成される。なお、上記した遅波板突出部 2 7 の上方側には、内導体 3 2 と外導体 3 3 との間に形成される隙間 3 4 が位置することとなる。

[0034] また、冷却板 4 3 の外周部分には、誘電体板 1 6 側にリング状に突出する遅波板位置決め部 4 8 が設けられている。遅波板 1 9 は、遅波板位置決め部 4 8 により径方向に位置決めされる。遅波板位置決め部 4 8 が設けられた径方向の位置において、外周固定リング 4 5 は、スロットアンテナ板 1 8 を固定する。

[0035] なお、誘電体板 1 6 の上方側の面のうち、径方向の中央には、中心固定板 4 6 を受け入れるように、誘電体板 1 6 の上方側の面から板厚を減ずるように凹んだ受け入れ凹部 4 9 が設けられている。

[0036] また、図 2 及び図 4 に示すように、プラズマ処理装置 1 1 は、内導体 3 2 の外周面 3 6 の一部と、径方向において内導体 3 2 の外周面 3 6 の一部に対向する対向部との径方向の距離を変更させる変更手段として、外導体 3 3 側から内導体 3 2 側へ向かって延出可能な複数のスタブ部材 5 1 を備える。なお、本実施形態では、径方向において内導体 3 2 の外周面 3 6 の一部に対向する対向部は、冷却板突出部 4 7 に相当する。

[0037] スタブ部材 5 1 は、外導体 3 3 側で支持され、径方向に延びるように設けられる棒状部 5 2 と、棒状部 5 2 の径方向の移動量を調整する移動量調整部材としてのねじ部 5 3 とを含む。ねじ部 5 3 は、棒状部 5 2 の外径側端部に

設けられている。

[0038] スタブ部材 5 1 は、冷却板突出部 4 7 に挿入されている。具体的には、冷却板突出部 4 7 には、径方向に真直ぐに延びて貫通するねじ孔 5 4 が設けられており、このねじ孔 5 4 とねじ部 5 3 とを螺合させるようにして、スタブ部材 5 1 が冷却板突出部 4 7 に挿入されている。すなわち、スタブ部材 5 1 は、外導体 3 3 側において、冷却板突出部 4 7 に設けられたねじ孔 5 4 に螺合されたねじ部 5 3 によって、支持されている。

[0039] ねじ部 5 3 を回転させることにより、棒状部 5 2 を含むスタブ部材 5 1 全体を径方向に移動させることができる。図 2 においては、スタブ部材 5 1 は、紙面左右方向に移動可能である。また、その移動量は、ねじ部 5 3 の回転量により調整される。

[0040] スタブ部材 5 1 は、周方向に略等配となるように、内導体 3 2 の周囲の冷却板突出部 4 7 内に複数（図 4 では 6 個）設けられている。例えば、6 個のスタブ部材 5 1 が設けられる場合には、6 個のスタブ部材 5 1 は、周方向において隣り合うスタブ部材間の角度が、 60° 間隔となるよう配置されている。

[0041] 複数のスタブ部材 5 1 はそれぞれ独立して、径方向に移動することができる。それぞれのスタブ部材 5 1 の移動は、図示しない駆動機構を用いて実行される。それぞれのスタブ部材 5 1 のねじ部 5 3 を回転させることにより、内導体 3 2 の外周面 3 6 と、冷却板突出部 4 7 の内周面 5 0 との間に設けられた隙間 3 4 への、スタブ部材 5 1（棒状部 5 2）の挿入量を個別に制御することができる。複数のスタブ部材 5 1 は、個別に制御される挿入量に応じて、アンテナ 2 0 から放射されるマイクロ波の分布を調整する。なお、スタブ部材 5 1 の挿入量の制御は、後述する制御部 7 0 によって実行される。

[0042] スタブ部材 5 1 のうち、少なくとも隙間 3 4 に挿入される部分の材質は、誘電体又は導電体である。誘電体としては、例えば、石英やアルミナ等が挙げられる。導電体としては、例えば、メタル等が挙げられる。

[0043] 図 5 は、一実施形態におけるスタブ部材の挿入量と、スタブ部材の材質と

、マイクロ波の分布との関係の実験結果の一例を示す図である。図5において、「Center Stub」は、各実験結果を示している。この実験結果のうち「Dummy」は、スタブ部材51が設けられていない場合の実験結果を示している。また、「Ceramic-1-5」は、スタブ部材51の材質が誘電体であり、スタブ部材51の棒状部52の先端と、内導体32との間の距離（以下「スタブギャップ」という）が1mmであり、かつ、基準方向に対するスタブ部材51の挿入方向が5時の方向である場合の実験結果を示している。また、「Metal-3-5」は、スタブ部材51の材質が導電体であり、スタブギャップが3mmであり、かつ、基準方向に対するスタブ部材51の挿入方向が5時の方向である場合の実験結果を示している。また、「Metal-2-5」は、スタブ部材51の材質が導電体であり、スタブギャップが2mmであり、かつ、基準方向に対するスタブ部材51の挿入方向が5時の方向である場合の実験結果を示している。

[0044] また、図5において、「Mapping of thickness」は、実験結果として被処理基板W上の膜厚の分布を示している。また、図5において、「Mapping of Difference (Comparing with Dummy)」は、スタブ部材51が設けられていない場合の被処理基板W上の膜厚を基準とした膜厚差の分布を示している。また、図5において、「Max. Difference [Å]」は、膜厚差の最大値を示し、「Min. Difference [Å]」は、膜厚差の最小値を示している。なお、図5の例では、膜厚差の最大値の絶対値及び膜厚差の最小値の絶対値が大きいほど、アンテナ20から放射されるマイクロ波の分布（電界強度の分布）の調整幅が大きいことを示している。

[0045] 図5の実験結果から明らかなように、スタブギャップを変化させることで、アンテナ20から放射されるマイクロ波の分布を調整することができた。すなわち、スタブ部材51の挿入量を制御することで、アンテナ20から放射されるマイクロ波の分布を調整することができることが分かった。発明者は、さらに鋭意検討を重ねた結果、スタブギャップが小さいほど、アンテナ

20から放射されるマイクロ波の分布の調整幅が大きいことが分かった。さらに、図5の実験結果から、スタブ部材51の材質が導電体である場合、スタブ部材51の材質が誘電体である場合と比較して、アンテナ20から放射されるマイクロ波の分布の調整幅が大きいことが分かった。

[0046] また、図1に示すように、プラズマ処理装置11は、測定器60をさらに有する。測定器60は、アンテナ20から放射されるマイクロ波により処理空間Sにおいて生成されるプラズマの密度（以下「プラズマ密度」という）を被処理基板Wの周方向に沿って測定する。例えば、測定器60は、被処理基板Wの周方向に沿って処理容器12の側壁22の内周面の複数の位置に設けられ、各位置からプラズマ密度を測定する。

[0047] 測定器60は、処理空間Sにおいて被処理基板Wをプラズマ処理するための複数のプロセスが連続的に実行される場合に、複数のプロセスの各々が切り替えられるタイミングで、被処理基板Wの周方向に沿ってプラズマ密度を測定する。

[0048] また、図1に示すように、プラズマ処理装置11は、プラズマ処理装置11の各構成要素を制御するための制御部70を有する。制御部70は、CPU (Central Processing Unit) 等の制御装置、メモリ等の記憶装置、入出力装置等を備えるコンピュータであってもよい。制御部70は、メモリに記憶された制御プログラムに従ってCPUが動作することにより、プラズマ処理装置11の各構成要素を制御する。

[0049] 例えば、制御部70は、測定器60を用いてプラズマ密度を被処理基板Wの周方向に沿って測定し、測定したプラズマ密度に基づいて、マイクロ波の分布の調整に用いられる複数のスタブ部材51の挿入量を個別に制御する。以下、制御部70によるスタブ挿入量制御処理の実施例について説明する。

[0050] （第1実施例）

まず、スタブ挿入量制御処理の第1実施例について説明する。第1実施例では、制御部70は、プラズマ密度の分布が被処理基板Wの周方向に沿って均一な分布となるように、複数のスタブ部材51の挿入量を個別に制御する

。例えば、制御部 70 は、測定器 60 によって測定されるプラズマ密度を監視しつつ、プラズマ密度の測定値が予め定められた基準値に均一化されるまで、複数のスタブ部材 51 の挿入量を個別に制御する。また、例えば、制御部 70 は、測定器 60 によって測定されるプラズマ密度を監視しつつ、プラズマ密度の測定値の平均値を算出し、算出された平均値にプラズマ密度の測定値が到達するまで、複数のスタブ部材 51 の挿入量を個別に制御する。

[0051] このように、第 1 実施例によれば、プラズマ密度の分布が被処理基板 W の周方向に沿って均一な分布となるように、複数のスタブ部材 51 の挿入量を個別に制御するので、被処理基板 W の被処理面に対して均一なプラズマ処理を行うことが可能となる。

[0052] (第 2 実施例)

続いて、スタブ挿入量制御処理の第 2 実施例について説明する。第 2 実施例では、制御部 70 は、プラズマ密度の分布が被処理基板 W の周方向に沿って均一ではない所定の分布となるように、複数のスタブ部材 51 の挿入量を個別に制御する。例えば、制御部 70 は、測定器 60 によって測定されるプラズマ密度の分布と、処理空間 S においてプラズマ処理された被処理基板 W 上の膜厚の分布とに基づいて、プラズマ密度の分布が、膜厚の分布を反転させて得られる所定の分布となるように、複数のスタブ部材 51 の挿入量を個別に制御する。

[0053] このように、第 2 実施例によれば、プラズマ密度の分布が被処理基板 W の周方向に沿って均一ではない所定の分布となるように、複数のスタブ部材 51 の挿入量を個別に制御するので、被処理基板 W の被処理面に対して所望のプラズマ処理を行うことが可能となる。

[0054] また、第 2 実施例によれば、プラズマ密度の分布が、膜厚の分布を反転させて得られる所定の分布となるように、複数のスタブ部材 51 の挿入量を個別に制御するので、被処理基板 W の被処理面のうち膜厚が予め定められた値よりも小さい領域に対して、アンテナ 20 からマイクロ波を集中的に放射することが可能である。

[0055] なお、上記第１実施例及び第２実施例では、制御部７０は、複数のスタブ部材５１の挿入量の制御を継続する例を示したが、開示の技術はこれには限られない。例えば、制御部７０は、処理空間Ｓにおいて被処理基板Ｗをプラズマ処理するための複数のプロセスが連続的に実行される場合には、複数のプロセスの各々が切り替えられるタイミングで、スタブ部材５１の挿入量をリセットしても良い。

[0056] 次に、一実施形態に係るプラズマ処理装置１１を用いたプラズマ処理方法の流れの一例を説明する。図６は、一実施形態に係るプラズマ処理装置を用いたプラズマ処理方法の流れの一例を示すフローチャートである。

[0057] 図６に示すように、プラズマ処理装置１１の制御部７０は、測定器６０を用いてプラズマ密度を被処理基板Ｗの周方向に沿って測定する（ステップＳ１０１）。続いて、制御部７０は、測定したプラズマ密度に基づいて、マイクロ波の分布の調整に用いられる複数のスタブ部材５１の挿入量を個別に制御する（ステップＳ１０２）。

[0058] 以上、一実施形態に係るプラズマ処理装置１１は、プラズマ密度を被処理基板Ｗの周方向に沿って測定し、測定したプラズマ密度に基づいて、マイクロ波の分布の調整に用いられる複数のスタブ部材５１の挿入量を個別に制御する。その結果、一実施形態によれば、プラズマ密度の分布に応じてマイクロ波の分布を自動的に調整することができる。

[0059] なお、上記した実施形態では、プラズマ処理装置１１が、プラズマ密度に基づいて、マイクロ波の分布の調整に用いられる複数のスタブ部材５１の挿入量を個別に制御する例を説明したが、開示の技術はこれに限定されない。例えば、プラズマ処理装置１１は、プラズマ密度に代えて、プラズマ密度と相関性を有するパラメータに基づいて、複数のスタブ部材５１の挿入量を個別に制御しても良い。この場合、プラズマ処理装置１１の測定器６０は、プラズマ密度に代えて、プラズマ密度と相関性を有するパラメータを測定する。プラズマ密度と相関性を有するパラメータとは、例えば、処理容器１２の側壁２２の温度、アンテナ２０の温度、処理空間Ｓの発光強度、及び、処理

容器 1 2 の側壁 2 2 に付着した付着物の厚みのうち少なくともいずれか一つである。そして、制御部 7 0 は、プラズマ密度と相関性を有するパラメータに基づいて、複数のスタブ部材 5 1 の挿入量を個別に制御する。これにより、プラズマ密度の相関性を有するパラメータの分布に応じてマイクロ波の分布を自動的に調整することができる。

[0060] また、上記した実施形態では、スタブ部材の延伸方向が水平方向、すなわち、スタブ部材が径方向に真直ぐに延びる例を示したが、図 7 に示すように、スタブ部材の延伸方向が斜め下方向であってもよい。図 7 は、この場合のプラズマ処理装置の同軸導波管の近辺を拡大して示す概略断面図であり、図 2 に相当する。図 7 を参照して、この他の実施形態に係るプラズマ処理装置 8 1 に備えられる冷却板 8 2 の冷却板突出部 8 3 には、内径側を下側とした斜め下方向に延びるように冷却板突出部 8 3 の一部を貫通する複数のねじ孔 8 4 が設けられている。そして、各ねじ孔 8 4 について、スタブ部材 8 5 が斜め下方向に延伸するように取り付けられている。このように構成することにより、スタブ部材 8 5 の作用するポイント、具体的には、スタブ部材 8 5 の先端部分を遅波板 1 9 に近づけるようにすることができる。電磁界分布の周方向の偏りをなくすためには、できるだけ遅波板 1 9 に近い位置で調整できることが好ましい。したがって、スタブ部材 8 5 を斜め下方向に延伸できるように設けることにより、より効果的に電磁界分布の周方向における調整を行うことができる。

[0061] また、上記した実施形態では、スタブ部材は、冷却板突出部で支持されることとしたが、これに限らず、外導体で支持される構成としてもよい。具体的には、外導体において、径方向に貫通するねじ孔を設け、このねじ孔とねじ部とを螺合させるようにしてスタブ部材を取り付けるようにする。この場合、内導体の外周面の一部に対向する対向部は、外導体の内周面の一部となる。

[0062] また、上記した実施形態では、スタブ部材は、回転対称性を有する等間隔な配置としたが、回転対称性を有すれば、スタブ部材の配置は等間隔でなく

ともよい。

[0063] また、上記した実施形態では、スタブ部材は、周方向に合計6個設けることとしたが、この個数に限られず、例えば、4個、8個等、必要に応じて任意の個数のスタブ部材が設けられる。

[0064] また、上記した実施形態では、同軸導波管の延びる方向に一つ、すなわち、上下方向の同じ位置に6個のスタブ部材を設けることとしたが、これに限らず、スタブ部材を、同軸導波管の延びる方向に間隔を開けて複数設けることとしてもよい。電磁界調整手段としてのスタブ部材を設けると、マイクロ波の一部が上記した棒状部によって上方向に反射する。ここで、反射波の電界強度を入射波の電界強度で除した値で示される反射率の分、パワーロスを生じるおそれがあると共に、この反射波における影響で、電磁界の調整が複雑になり、電磁界分布を均一にすることが困難になるおそれがある。そこで、同軸導波管の延びる方向に間隔を開けて複数スタブ部材を設けることにより、スタブ部材による反射波の影響を大きく低減し、電磁界の調整を容易にして、電磁界分布を周方向により均一にすることができる。

[0065] これについて、具体的に説明する。図8は、この場合におけるプラズマ処理装置の一部を示す断面図であり、図2に相当する断面である。図8を参照して、この発明のさらに他の実施形態に係るプラズマ処理装置91には、図8における上下方向において、二つのスタブ部材群92a、92bが設けられている。下方側に設けられる電磁界調整機構としての第一のスタブ部材群92aは、図1に示すプラズマ処理装置11に設けられる場合と同様に、冷却板43のうちの冷却板突出部47に設けられている。第一のスタブ部材群92aのうちの各スタブ部材は、図1に示すプラズマ処理装置に設けられるスタブ部材と同様の構成である。すなわち、第一のスタブ部材群92aに備えられる各スタブ部材は、径方向に延出可能であって、径方向に真直ぐに延び、冷却板突出部47に設けられたねじ孔に螺合するように設けられたねじ部および棒状部を備える構成である。一方、上方側に設けられる反射波補償機構としての第二のスタブ部材群92bは、同軸導波管31のうちの外導体

33に設けられている。第二のスタブ部材群92bに備えられる各スタブ部材についても、第一のスタブ部材群92aに備えられる各スタブ部材と同様の構成であり、径方向に延出可能であって、径方向に真直ぐに延び、外導体33に設けられたねじ孔に螺合するように設けられたねじ部および棒状部を備える構成である。

[0066] 2つのスタブ部材群のうち、第一のスタブ部材群92aについては、図1に示す場合と同様にスタブ部材が周方向に略等配に6個設けられている。第二のスタブ部材群92bについても、スタブ部材が周方向に略等配に6個設けられている。なお、ここでいう2つのスタブ部材群とは、周方向に間隔を空けて設けられた6個のスタブ部材から構成されるスタブ部材の群が、上下方向においてそれぞれ間隔を空けて設けられているという意味である。

[0067] 第一および第二のスタブ部材群92a、92bのうちの各スタブ部材が設けられる周方向の位置については、第一のスタブ部材群92aのうちの各スタブ部材と第二のスタブ部材群92bのうちの各スタブ部材とが同じ位置となるように構成されている。すなわち、図8における上方向から見た場合に、図4に示すように見え、第一のスタブ部材群92aのうちのそれぞれのスタブ部材と第二のスタブ部材群92bのうちのそれぞれのスタブ部材とが重なって見えるように構成されている。また、第一のスタブ部材群92aと第二のスタブ部材群92bとの上下方向の間隔、すなわち、第一のスタブ部材群92aと第二のスタブ部材群92bの間の距離 L_4 については、同軸導波管31の管内波長の4分の1となるように構成されている。第一のスタブ部材群92aと第二のスタブ部材群92bの間の距離 L_4 は、図8中の一点鎖線で示す第一のスタブ部材群92aにおける軸方向、すなわち、上下方向の中央の位置と、図8中の二点鎖線で示す第二のスタブ部材群92bにおける上下方向の中央の位置との間の距離である。また、第一のスタブ部材群92aに備えられる各スタブ部材におけるマイクロ波の反射率と、第二のスタブ部材群92bに備えられる各スタブ部材におけるマイクロ波の反射率とが同じとなるように構成されている。第一および第二のスタブ部材群92a、9

2 b に備えられる各スタブ部材の材質は、例えば、アルミナや金属等である。

[0068] このように構成することにより、電磁界調整機構として作用する第一のスタブ部材群 9 2 a、および反射波補償機構として作用する第二のスタブ部材群 9 2 b により、より効率的に電磁界分布を均一にすることができる。なお、図 1 および図 2 に示すプラズマ処理装置 1 1 と同様の構成については、図 8 および後述する図 9 において同一の符号で示し、それらの説明を省略する。

[0069] ここで、上記した図 8 に示すプラズマ処理装置 9 1 における原理について説明する。図 9 は、図 8 に示すプラズマ処理装置 9 1 に備えられる同軸導波管 3 1 の近辺を拡大して示す概略断面図である。なお、理解の容易の観点から、図 9 において、第一および第二のスタブ部材群 9 2 a、9 2 b の構成等を概略的に図示している。

[0070] 図 8 および図 9 を参照して、上側から下方向に向けて入射される入射波 C 1 が電磁界調整機構としての第一のスタブ部材群 9 2 a に備えられるスタブ部材に到達した後に、その一部が反射波 C 2 として上方向に反射する。また、入射波 D 1 が反射波補償機構としての第二のスタブ部材群 9 2 b に備えられるスタブ部材に到達した後に、その一部が反射波 D 2 として上方向に反射する。ここで、第一のスタブ部材群 9 2 a と第二のスタブ部材群 9 2 b の間の距離 L 4 の往復の道のりの分だけ時間が遅れた反射波 C 2 が、反射波 D 2 と干渉する。この場合において、第一のスタブ部材群 9 2 a と第二のスタブ部材群 9 2 b の間の距離 L 4 は、同軸導波管 3 1 の管内波長の 4 分の 1 であるため、第一のスタブ部材群 9 2 a と第二のスタブ部材群 9 2 b の間の距離の往復の道のりは、同軸導波管 3 1 の管内波長の 2 分の 1 となる。そうすると、それぞれの反射波 C 2、D 2 の位相が、180 度ずれることになる。ここで、第一のスタブ部材群 9 2 a に備えられるスタブ部材における反射率と第二のスタブ部材群 9 2 b に備えられるスタブ部材における反射率とが同じであるため、反射波 C 2、D 2 が丁度打ち消しあうこととなり、反射波の影

響の大きく低減された電磁界調整が可能となる。したがって、より効率的に電磁界を均一に供給することができる。

[0071] ここで、第一のスタブ部材群 9 2 a に備えられるスタブ部材の反射率と第二のスタブ部材群 9 2 b に備えられるスタブ部材の反射率とを同じにすることとしたが、具体的な実施形態によると、それぞれの反射率が 0.1 ~ 0.2 となり、トータルとして反射率を 0.03 以下とすることができる。しかし、厳密には、上記の入射波 C 1 は、第二のスタブ部材群 9 2 b に備えられるスタブ部材により一部反射されて小さくなる。そこで、この影響を考慮して、第一のスタブ部材群 9 2 a に備えられるスタブ部材の反射率と、第二のスタブ部材群 9 2 b に備えられるスタブ部材の反射率を変えることとしてもよい。

[0072] なお、上記の図 8 に示す実施形態においては、第一のスタブ部材群と第二のスタブ部材群との上下方向の間隔は、同軸導波管の管内波長の 4 分の 1 とすることとしたが、これに限らず、同軸導波管の管内波長の 4 分の 1 の奇数倍としてもよい。こうすることによっても、それぞれの反射波の位相を 180 度ずらすことができ、上記した効果を奏することができる。また、同軸導波管の管内波長の 4 分の 1 の奇数倍よりも多少ずれていても、反射波の影響を低減することができる。

[0073] また、上記の図 8 に示す実施形態においては、第一のスタブ部材群に備えられる各スタブ部材の周方向の位置と第二のスタブ部材群に備えられる各スタブ部材の周方向の位置とを同じとすることとしたが、これに限らず、多少周方向にずれていても構わない。また、第一のスタブ部材群に備えられるスタブ部材の数と、第二のスタブ部材群に備えられるスタブ部材の数とを異ならせることとしてもよい。

[0074] なお、上記の図 8 に示す実施形態においては、第一および第二のスタブ部材群に備えられる各スタブ部材について、径方向に真直ぐに延びるように設けることとしたが、これに限らず、各スタブ部材の延伸方向を斜め下方向とすることにしてもよい。この場合、第一および第二のスタブ部材群のうちの

いずれか一方の群に備えられるスタブ部材において、延伸方向を斜め下方向としてもよいし、第一および第二のスタブ部材群の双方に備えられる各スタブ部材において、延伸方向を斜め下方向としてもよい。

[0075] なお、上記の実施形態においては、スタブ部材を変更手段とすることとしたが、これに限らず、変更手段は、他の構成であってもよい。すなわち、例えば、外導体の内周面において、径方向に延出可能であって、延出距離を調整可能な突起部を設け、これを変更手段とすることとしてもよい。また、外導体の外径面を凹ませれば、この凹みに応じて外導体の内周面と内導体の外周面との距離が変更される構成としてもよい。

[0076] また、上記の実施形態においては、外導体側に変更手段を設けることとしたが、これに限らず、内導体側に変更手段を設けることとしてもよい。具体的には、変更手段を、内導体側において、内導体の外周面を外径側、すなわち、隙間が形成されている方向に向かって延出可能であって、延出距離を調整可能な構成とする。

[0077] 以上、図面を参照してこの発明の実施形態を説明したが、この発明は、図示した実施形態のものに限定されない。図示した実施形態に対して、この発明と同一の範囲内において、あるいは均等の範囲内において、種々の修正や変形を加えることが可能である。

符号の説明

[0078] 1 1、8 1、9 1 プラズマ処理装置

1 2 処理容器

1 3 ガス供給部

1 4 保持台

1 5 マイクロ波発生器

1 6 誘電体板

1 7 スロット孔

1 8 スロットアンテナ板

1 9 遅波板

- 2 0 アンテナ
- 2 1 底部
- 2 2 側壁
- 2 3 排気孔
- 2 4 オリング
- 2 5 面
- 2 6 a 内周側スロット孔群
- 2 6 b 外周側スロット孔群
- 2 7 遅波板突出部
- 2 8 中心
- 3 1 同軸導波管
- 3 2 内導体
- 3 3 外導体
- 3 4 隙間
- 3 5、3 8 端部
- 3 6 外周面
- 3 7、5 0 内周面
- 3 9 導波管
- 4 0 モード変換器
- 4 1 誘電体板押さえリング
- 4 2 アンテナ押さえ
- 4 3、8 2 冷却板
- 4 4 電磁遮蔽弾力体
- 4 5 外周固定リング
- 4 6 中心固定板
- 4 7、8 3 冷却板突出部
- 4 8 遅波板位置決め部
- 4 9 受け入れ凹部

５１、８５ スタブ部材

５２ 棒状部

５３ ねじ部

５４、８４ ねじ孔

６０ 測定器

７０ 制御部

９２ a 第一のスタブ部材群

９２ b 第二のスタブ部材群

請求の範囲

- [請求項1] プラズマ処理空間を画成する処理容器と、
前記処理容器の内部に設けられ、被処理基板を保持する保持部と、
前記プラズマ処理空間にガスを供給するガス供給部と、
前記プラズマ処理空間に供給されたガスのプラズマを生成するためのマイクロ波を前記プラズマ処理空間へ放射するアンテナと、
前記アンテナへ前記マイクロ波を供給する同軸導波管と、
前記同軸導波管に挿入され、挿入量に応じて、前記アンテナから放射される前記マイクロ波の分布を調整する複数のスタブと、
前記アンテナから放射される前記マイクロ波により前記プラズマ処理空間において生成される前記プラズマの密度、又は該プラズマの密度と相関性を有するパラメータを前記被処理基板の周方向に沿って測定する測定部と、
前記プラズマの密度又は前記パラメータに基づいて、前記マイクロ波の分布の調整に用いられる前記複数のスタブの挿入量を個別に制御する制御部と
を備えたことを特徴とするプラズマ処理装置。
- [請求項2] 前記制御部は、前記プラズマの密度の分布又は前記パラメータの分布が前記被処理基板の周方向に沿って均一な分布となるように、前記複数のスタブの挿入量を個別に制御することを特徴とする請求項1に記載のプラズマ処理装置。
- [請求項3] 前記制御部は、前記プラズマの密度の分布又は前記パラメータの分布が前記被処理基板の周方向に沿って均一ではない所定の分布となるように、前記複数のスタブの挿入量を個別に制御することを特徴とする請求項1に記載のプラズマ処理装置。
- [請求項4] 前記制御部は、前記プラズマの密度の分布又は前記パラメータの分布と、前記プラズマ処理空間においてプラズマ処理された前記被処理基板上の膜厚の分布とに基づいて、前記プラズマの密度の分布又は前

記パラメータの分布が、前記膜厚の分布を反転させて得られる前記所定の分布となるように、前記複数のスタブの挿入量を個別に制御することを特徴とする請求項3に記載のプラズマ処理装置。

[請求項5] 前記パラメータは、前記処理容器の側壁の温度、前記アンテナの温度、前記プラズマ処理空間の発光強度、及び、前記処理容器の側壁に付着した付着物の厚みのうち少なくともいずれか一つであることを特徴とする請求項1～4のいずれか一つに記載のプラズマ処理装置。

[請求項6] 前記測定部は、前記プラズマ処理空間において前記被処理基板をプラズマ処理するための複数のプロセスが連続的に実行される場合に、前記複数のプロセスの各々が切り替えられるタイミングで、前記被処理基板の周方向に沿って、前記プラズマの密度又は前記パラメータを測定することを特徴とする請求項1に記載のプラズマ処理装置。

[請求項7] 前記同軸導波管は、内導体と、該内導体の外側に隙間を空けて設けられた外導体とを含み、

前記スタブは、前記隙間に挿入され、

前記スタブのうち、少なくとも前記隙間に挿入される部分の材質は、誘電体又は導電体であることを特徴とする請求項1に記載のプラズマ処理装置。

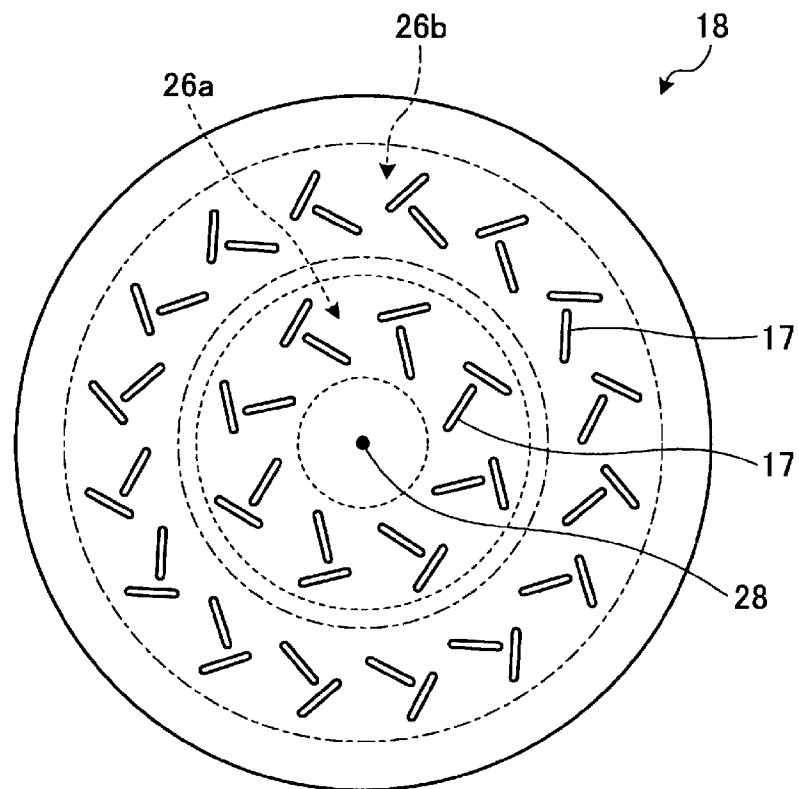
[請求項8] プラズマ処理空間を画成する処理容器と、
前記処理容器の内部に設けられ、被処理基板を保持する保持部と、
前記プラズマ処理空間にガスを供給するガス供給部と、
前記プラズマ処理空間に供給されたガスのプラズマを生成するためのマイクロ波を前記プラズマ処理空間へ放射するアンテナと、
前記アンテナへ前記マイクロ波を供給する同軸導波管と、
前記同軸導波管に挿入され、挿入量に応じて、前記アンテナから放射される前記マイクロ波の分布を調整する複数のスタブと
を備えたプラズマ処理装置におけるプラズマ処理方法であって、
前記アンテナから放射される前記マイクロ波により前記プラズマ処

理空間において生成される前記プラズマの密度、又は該プラズマの密度と相関性を有するパラメータを前記被処理基板の周方向に沿って測定し、

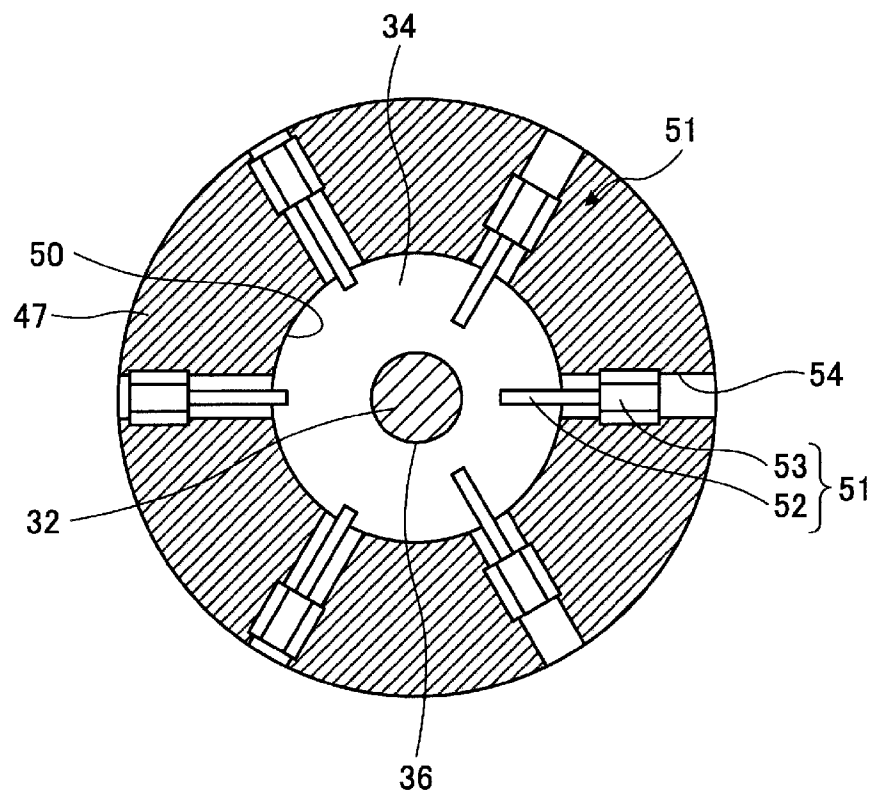
前記プラズマの密度又は前記パラメータに基づいて、前記マイクロ波の分布の調整に用いられる前記複数のスタブの挿入量を個別に制御する

ことを特徴とするプラズマ処理方法。

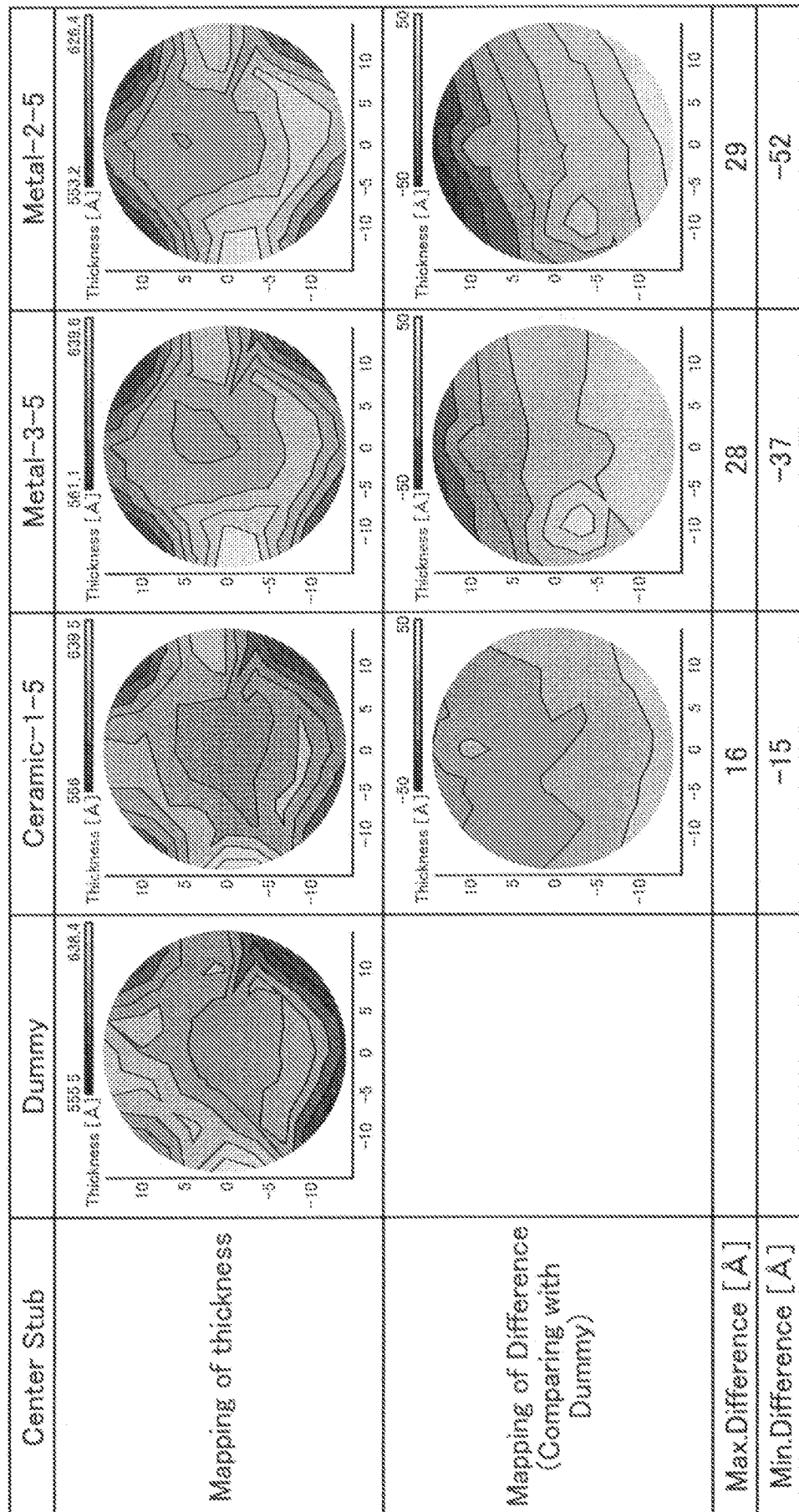
[図3]



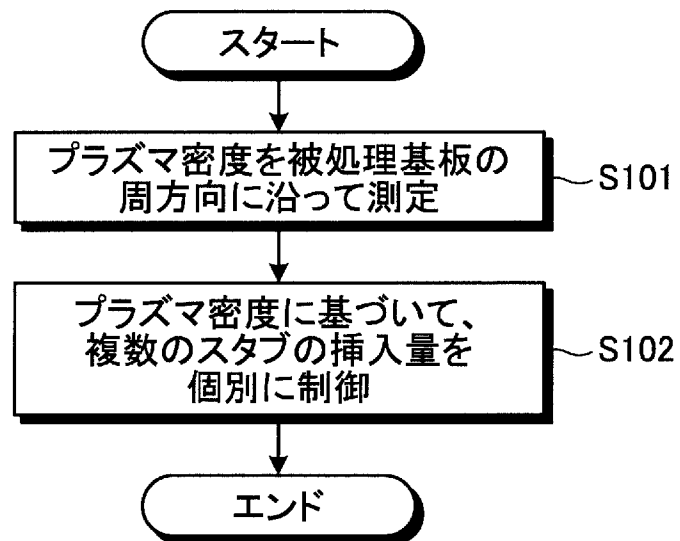
[図4]



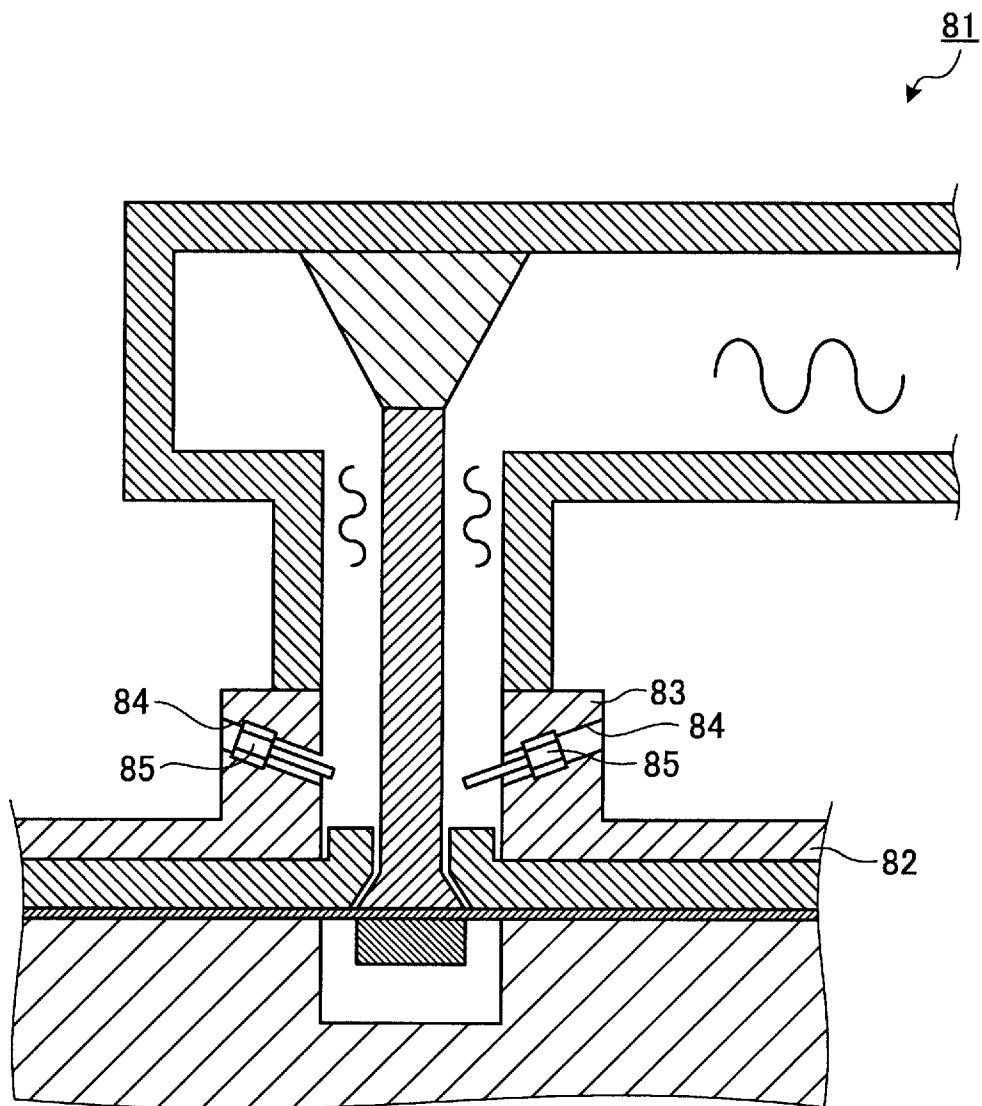
[図5]



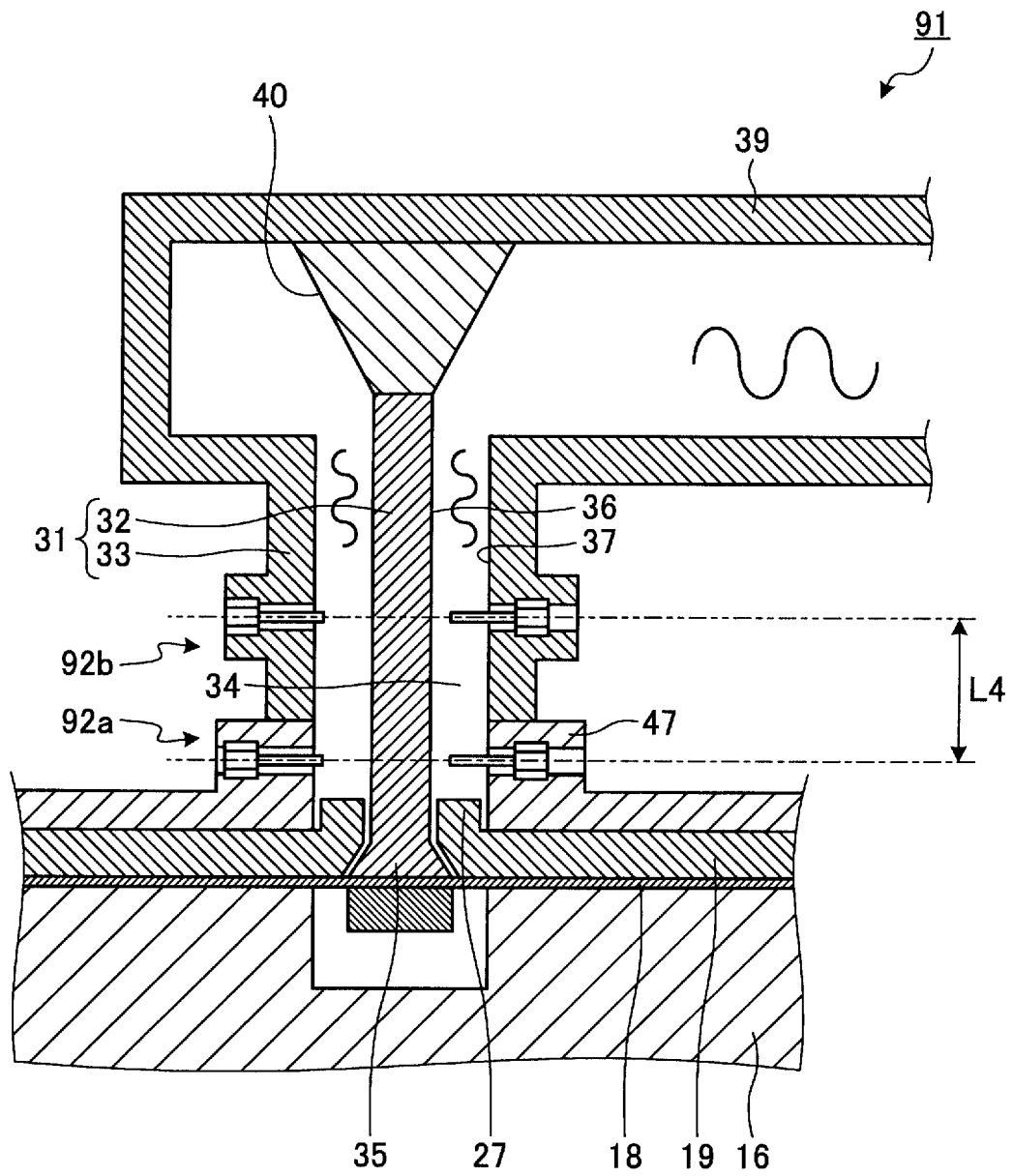
[図6]



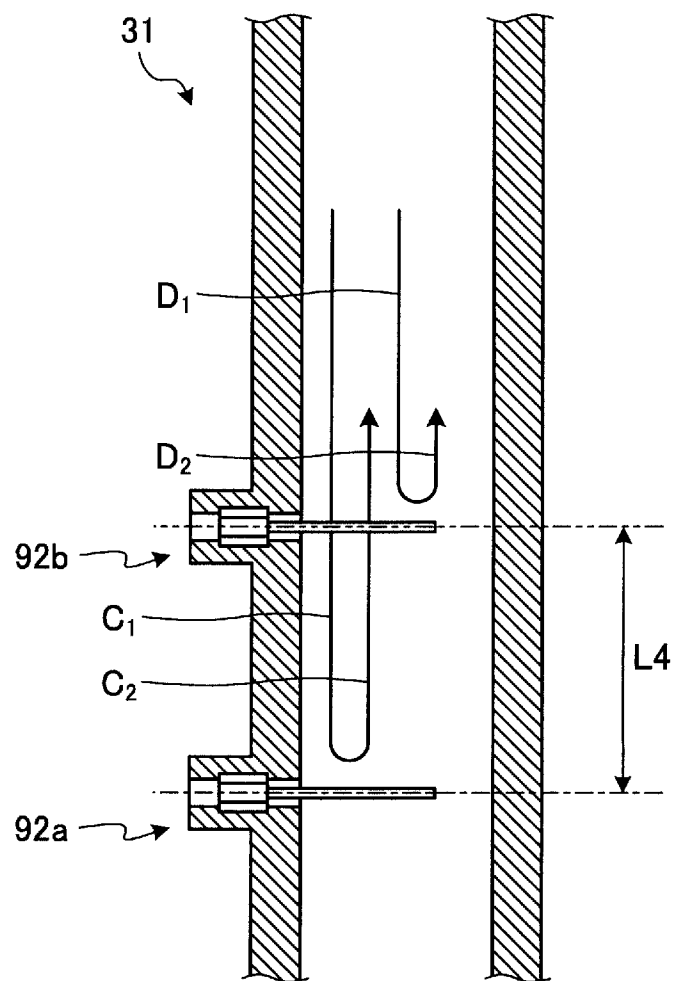
[図7]



[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/084882

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H05H1/46(2006.01)i, C23C16/511(2006.01)i, H01L21/3065(2006.01)i, H05H1/00(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)

H05H1/46, C23C16/511, H01L21/3065, H05H1/00

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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.
Y A	WO 2011/021607 A1 (Tokyo Electron Ltd.), 24 February 2011 (24.02.2011), entire text; all drawings & JP 5440604 B & US 2012/0160809 A1 entire text; all drawings & CN 102484939 A & KR 10-2012-0036372 A & TW 201143545 A	1-3, 5, 7-8 4, 6

☒ 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
23 February 2016 (23.02.16)

Date of mailing of the international search report
08 March 2016 (08.03.16)

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/JP2015/084882

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	WO 2005/017937 A1 (ADVANCED ENERGY INDUSTRIES, INC.), 24 February 2005 (24.02.2005), page 6, line 30 to page 21, line 10; all drawings & JP 2007-502519 A & JP 5015596 B & KR 10-2006-0067957 A & TW 00I342898 B & US 2005/0034811 A1 paragraphs [0031] to [0069]; all drawings & US 2005/0151544 A1 paragraphs [0031] to [0069]; all drawings	1-3, 5, 7-8 4, 6
Y A	JP 2006-313847 A (Hitachi High-Technologies Corp.), 16 November 2006 (16.11.2006), paragraphs [0013] to [0054]; fig. 1 to 10 (Family: none)	1-3, 5, 7-8 4, 6
Y A	WO 2008/032856 A1 (Noritsu Koki Co., Ltd.), 20 March 2008 (20.03.2008), entire text; all drawings & US 2009/0200910 A1 entire text; all drawings & JP 2010-500702 A & JP 4865034 B & KR 10-2009-0055619 A & CN 101518162 A & TW 200830945 A	1-3, 5, 7-8 4, 6

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, C23C16/511(2006.01)i, H01L21/3065(2006.01)i, H05H1/00(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, C23C16/511, H01L21/3065, H05H1/00

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	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016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
Y	WO 2011/021607 A1（東京エレクトロン株式会社） 2011.02.24, 全文および全図	1-3、5、 7-8
A	& JP 5440604 B & US 2012/0160809 A1, 全文および全図 & CN 102484939 A & KR 10-2012-0036372 A & TW 201143545 A	4、6

☑ 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

「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

「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）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「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

「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

「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

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

23.02.2016

国際調査報告の発送日

08.03.2016

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）

藤本 加代子

21

4458

電話番号 03-3581-1101 内線 3273

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
Y	WO 2005/017937 A1 (ADVANCED ENERGY INDUSTRIES, INC.) 2005.02.24, 第6頁第30行目—第21頁第10行目および全図	1-3、5、 7-8
A	& JP 2007-502519 A & JP 5015596 B & KR 10-2006-0067957 A & TW 00I342898 B & US 2005/0034811 A1, 第【0031】—【0069】段落および全図 & US 2005/0151544 A1, 第【0031】—【0069】段落および全図	4、6
Y	JP 2006-313847 A (株式会社日立ハイテクノロジーズ) 2006.11.16, 第【0013】—【0054】段落および第1-10図	1-3、5、 7-8
A	(ファミリーなし)	4、6
Y	WO 2008/032856 A1 (ノーリツ鋼機株式会社) 2008.03.20, 全文および全図	1-3、5、 7-8
A	& US 2009/0200910 A1, 全文および全図 & JP 2010-500702 A & JP 4865034 B & KR 10-2009-0055619 A & CN 101518162 A & TW 200830945 A	4、6