

(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
2020年6月11日(11.06.2020)



(10) 国際公開番号

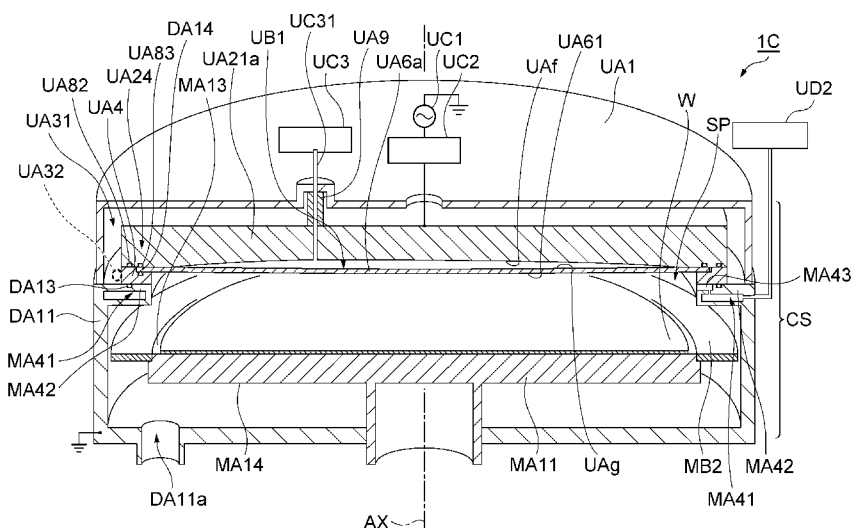
WO 2020/116258 A1

- (51) 国際特許分類:
H05H 1/46 (2006.01) *H01L 21/3065* (2006.01)
H01L 21/205 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/046237
- (22) 国際出願日: 2019年11月26日(26.11.2019)
- (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 2018-229232 2018年12月6日(06.12.2018) 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). 国立大学法人東北大学(TOHOKU UNIVERSITY)
- [JP/JP]; 〒9808577 宮城県仙台市青葉区片平二丁目1番1号 Miyagi (JP).
- (72) 発明者: 平山 昌樹 (HIRAYAMA Masaki); 〒9808577 宮城県仙台市青葉区片平二丁目1番1号 国立大学法人東北大学内 Miyagi (JP).
- (74) 代理人: 長谷川 芳樹, 外(HASEGAWA Yoshiki et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内二丁目1番1号丸の内 M Y P L A Z A (明治安田生命ビル) 9階 創英国際特許法律事務所 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, DJ, DK, DM, DO,

(54) Title: PLASMA PROCESSING APPARATUS 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

[図6]



(57) Abstract: Provided is a technology which enables the improvement of plasma uniformity in a parallel plate plasma processing apparatus that has a plasma excitation frequency in the VHF band or in the UHF band. A plasma processing apparatus according to one exemplary embodiment of the present invention is provided with: a processing container; a stage which is provided within the processing container; a dielectric plate which is provided above the upper surface of the stage with a space within the processing container being interposed therebetween; and an upper electrode which

[続葉有]



WO 2020/116258 A1

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, 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))

is provided above the dielectric plate. This plasma processing apparatus is configured such that: an air gap is provided between the upper electrode and the dielectric plate; and the width of the air gap is not uniform in the direction in which the dielectric plate extends.

(57) 要約: プラズマ励起周波数がV H F帯又はU H F帯の平行平板型のプラズマ処理装置において、プラズマの均一性を向上し得る技術を提供する。例示的实施形態に係るプラズマ処理装置は、処理容器と、処理容器内に設けられたステージと、ステージの上面の上方に処理容器内の空間を介して設けられた誘電体板と、誘電体板の上方に設けられた上部電極とを備え、上部電極と誘電体板との間に空隙が設けられ、空隙の幅は、誘電体板の延びる方向において、非一様である。

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] 本開示の例示的实施形態は、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] プラズマ処理装置は、電子デバイスの製造に用いられる。特許文献1にはプラズマ処理装置に係る技術が開示される。プラズマ処理装置は、真空容器、処理室、支持電極、アンテナ及び放射口、磁場形成手段を備える。処理室は、真空容器内部に設けられ、ガスが供給される。支持電極は、処理室内に設けられ、処理対象物を支持する。アンテナ及び放射口は、超短波（VHF）帯又は極超短波（UHF）帯の高周波を処理室に供給する。磁場形成手段は、処理室に磁場を形成する。プラズマ処理装置は、電界制御空間を備える。電界制御空間は、誘電体と誘電体を囲む金属仕切板又はディスク状金属とによって構成される。なお、VHF帯とは、30～300 [MHz] 程度の範囲の周波数帯である。UHF帯とは、300 [MHz] ～3 [GHz] 程度の範囲の周波数帯である。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2003-243376号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 本開示は、プラズマ励起周波数がVHF帯又はUHF帯の平行平板型のプラズマ処理装置において、プラズマの均一性を向上し得る技術を提供する。

課題を解決するための手段

[0005] 例示的实施形態において、プラズマ処理装置が提供される。プラズマ処理装置は、処理容器、ステージ、誘電体板、上部電極、導波路、導波路の端部を

備える。ステージは、処理容器内に設けられる。誘電体板は、ステージの上面の上方に処理容器内の空間を介して設けられる。上部電極は、誘電体板の上方に設けられる。導波路は、VHF帯又はUHF帯の高周波を導波する。導波路の端部は、空間に向いて配置され、空間に高周波を放射する。上部電極と誘電体板との間に空隙が設けられる。空隙の幅は、誘電体板の延びる方向において、非一様である。

発明の効果

[0006] 本開示によれば、本開示は、プラズマ励起周波数がVHF帯又はUHF帯の平行平板型のプラズマ処理装置において、プラズマの均一性を向上し得る技術が提供される。

図面の簡単な説明

[0007] [図1]例示的实施形態に係るプラズマ処理装置の構成を例示する図である。
[図2]他の例示的实施形態に係るプラズマ処理装置の構成を例示する図である。
。
[図3]図2に示す構成の一部を詳細に示す図である。
[図4]図2および図3に示す構成の一部をより詳細に示す図である。
[図5]図3に示す構成に代えて用いられ得る他の構成をより詳細に示す図である。
。
[図6]他の例示的实施形態に係るプラズマ処理装置の構成を例示する図である。
。
[図7]図1, 2, 6の各々に示す上部電極の下面の形状の一例を示す図である。
。
[図8]上部電極と誘電体板との間の空隙の形状の一例を示す図である。
[図9]上部電極と誘電体板との間の空隙の形状の他の一例を示す図である。
[図10]別の例示的实施形態に係るステージを示す図である。
[図11]別の例示的实施形態に係るステージを示す図である。

発明を実施するための形態

[0008] 以下、種々の例示的实施形態について説明する。

例示的实施形態において、プラズマ処理装置が提供される。プラズマ処理装置は、処理容器、ステージ、誘電体板、上部電極、導波路、導波路の端部を備える。ステージは、処理容器内に設けられる。誘電体板は、ステージの上方に処理容器内の空間を介して設けられる。上部電極は、誘電体板の上方に設けられる。導波路は、V H F 帯又はU H F 帯の高周波を導波する。導波路の端部は、空間に向いて配置され、空間に高周波を放射する。上部電極と誘電体板との間に空隙が設けられる。空隙の幅は、誘電体板の延びる方向において、非一様である。

[0009] V H F 帯又はU H F 帯の高周波の場合には、定在波の発生によって、誘電体板の下面の延びる方向におけるプラズマの均一性が低減され得る。しかし、例示的实施形態によれば、空隙の存在によって、定在波の発生が抑制されて空間内における上部電極（より具体的に誘電体板）の近傍での電界の勾配が低減され得る。よって、プラズマの均一性が向上され得る。また、例示的实施形態によれば、空隙の幅は、誘電体板の延びる方向（空隙が延びる方向）において、非一様である。即ち、空隙の幅は、定在波の発生が抑制されるように調整され得る。特に、V H F 帯又はU H F 帯の高周波が空間内に放射される場合において、空隙の幅の調整が可能となる。この調整によって、プラズマの生成時に上部電極（より具体的に誘電体板）と空間内で生じるプラズマとの間を伝搬する表面波（電波）の波長が好適に伸長され得る。よって、プラズマの均一性がより向上され得る。

[0010] 例示的实施形態に係るプラズマ処理装置において、誘電体板の端部と上部電極の端部とは、弾性部材を介した押圧によって、互いに接続される。従って、プラズマからの入熱等により各部が熱膨張しても、誘電体板が割れる等の不具合が回避され得る。

[0011] 例示的实施形態に係るプラズマ処理装置において、空隙の幅は、上部電極及び誘電体板のそれぞれの端部から中心部に向けて増加する。従って、表面波による定在波の生成が回避され得る。

[0012] 例示的实施形態に係るプラズマ処理装置において、空隙の幅は、上部電極及

び誘電体板のそれぞれの端部から中心部に向けて減少する。従って、表面波の減衰が抑制され得る。

[0013] 例示的实施形態に係るプラズマ処理装置において、空隙に露出する上部電極の下面は、波打つ形状を有する。従って、プラズマシースの非線形な電流電圧特性により生じる高調波による影響を低減し得る。

[0014] 例示的实施形態に係るプラズマ処理装置は、上部電極と誘電体板との間に配置された誘電体ロッドを更に備える。空隙は、上部電極の端部と誘電体板の端部とが互いに密着される状態において上部電極と誘電体板とが離間することによって、画定される。従って、空隙は、誘電体ロッドによって、安定的に設けられ得る。

[0015] 例示的实施形態に係るプラズマ処理装置は、空隙に露出する上部電極の下面に交差する基準方向に誘電体ロッドを移動させる駆動機構を更に備える。誘電体ロッドは、前記誘電体板に接続又は接合される、或いは、該誘電体板と一体に形成される。誘電体ロッドの移動に伴って、誘電体板が上部電極に近付く又は離れる。従って、誘電体ロッドを移動させることによって、空隙の幅の詳細な調整が可能となる。

[0016] 例示的实施形態に係るプラズマ処理装置において、駆動機構は、誘電体ロッドを基準方向に駆動し、空隙の幅を伸縮する。

[0017] 例示的实施形態に係るプラズマ処理装置において、駆動機構は、モーターと第1プーリーと絶縁シャフトとベルトと駆動部とを備える。モーターは、上部電極上に設けられる。第1プーリーとベルトと駆動部とは、上部電極内に設けられる。絶縁シャフトは、モーターに連結する。第1プーリーは、絶縁シャフトとベルトとを連結する。駆動部は、誘電体ロッドとベルトとを連結し、絶縁シャフト及びベルトを介して伝達されるモーターの動力を用いて基準方向に誘電体ロッドを駆動する。駆動部は、第2プーリーとシャフトとを備える。第2プーリーは、ベルトとシャフトとを連結する。シャフトは、誘電体ロッドにフローティングジョイントを介して連結する。

[0018] 例示的实施形態に係るプラズマ処理装置において、駆動機構は、上部電極と

誘電体板とを離隔するように誘電体ロッドを基準方向に沿って移動させ、空隙の幅を広げる。

[0019] 例示的实施形態に係るプラズマ処理装置において、駆動機構は、モーターと第1プーリーと絶縁シャフトとベルトと駆動部とを備える。モーターは、上部電極上に設けられる。第1プーリーとベルトと駆動部とは、上部電極内に設けられる。絶縁シャフトは、モーターに連結する。第1プーリーは、絶縁シャフトとベルトとを連結する。駆動部は、誘電体ロッドとベルトとを連結し、絶縁シャフト及びベルトを介して伝達されるモーターの動力を用いて基準方向に誘電体ロッドを駆動する。駆動部は、第2プーリーとシャフトとを備える。第2プーリーは、ベルトをシャフトに連結する。シャフトは、誘電体ロッドに連結する。

[0020] 例示的实施形態に係るプラズマ処理装置において、誘電体板は、シャワープレートである。従って、誘電体板がシャワープレートなので、空間へのガスの供給が誘電体板の下面から行える。

[0021] 例示的实施形態に係るプラズマ処理装置において、上部電極は、複数の第1ガス吐出孔を有する。誘電体板は、複数の第2ガス吐出孔を有する。複数の第1ガス吐出孔と、複数の第2ガス吐出孔とは、空隙を介して連通する。少なくとも複数の第1ガス吐出孔の一部と複数の第2ガス吐出孔の一部とは、互いに重なるように設けられる。従って、複数の前記第1ガス吐出孔及び複数の第2ガス吐出孔において互いに重なり合う第1ガス吐出孔及び第2ガス吐出孔が設けられているので、上部電極及び誘電体板から空間内へのガスの流れは良好となり得る。

[0022] 例示的实施形態に係るプラズマ処理装置において、空隙は、外部のガス供給部に接続されたガス配管に連通している。

[0023] 例示的实施形態に係るプラズマ処理装置において、ステージは、本体と導電層とを含む。本体は、絶縁体から形成される。導電層は、本体内に設けられる。導電層は、ステージ内に設けられた一つ以上の導電層のうちステージの上面から最短の距離を有し、環状に形成される。このように、ステージ内に

設けられた一つ以上の導電層のうち該ステージの上面から最短の距離を有する導電層は、環状に形成されているので、ステージ上に載置される基板にかかる高周波バイアスが抑制され得る。

[0024] 例示的实施形態に係るプラズマ処理装置において、導電層は、ステージ上に載置される基板の直径よりも小さい外径を有する。

[0025] 例示的实施形態に係るプラズマ処理装置において、導電層は、ステージ上に載置される基板とステージとの間で静電引力を発生させるための電極、高周波が供給される電極、及び接地される電極のうち何れかである。

[0026] 例示的实施形態に係るプラズマ処理装置において、導電層は、メッシュ状に形成される。

[0027] 例示的实施形態において、プラズマ処理方法が提供される。プラズマ処理方法は、プラズマ処理装置を用いて被処理体にプラズマ処理を行う。プラズマ処理装置は処理容器、上部電極、誘電体板、導波路、ステージを備える。ステージは処理容器内に設けられる。誘電体板はステージの上方に処理容器の空間を介して設けられる。上部電極は誘電体板の上方に設けられる。導波路はプラズマ処理に用いられるVHF帯又はUHF帯の高周波を導波する。導波路の端部は空間に向いて配置され空間に高周波を放射する。この方法は、上部電極と誘電体板との間に設けられた空隙の幅が誘電体板の延びる方向において非一様となっている状態において、プラズマ処理を行う。

[0028] このようなプラズマ処理方法では、空隙の存在によって、定在波の発生が抑制されて空間内における上部電極（より具体的に誘電体板）の近傍での電界の勾配が低減され得る。よって、プラズマの均一性が向上され得る。また、例示的实施形態によれば、空隙の幅は、誘電体板の延びる方向（空隙が延びる方向）において、非一様である。即ち、空隙の幅は、定在波の発生が抑制されるように調整され得る。特に、VHF帯又はUHF帯の高周波が空間内に放射される場合において、空隙の幅の調整が可能となる。この調整によって、プラズマの生成時に上部電極（より具体的に誘電体板）と空間内で生じるプラズマとの間を伝搬する表面波（電波）の波長が好適に伸長され得る。

よって、プラズマの均一性がより向上され得る。

[0029] 以下、図面を参照して種々の例示的实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。本開示において、「接触」とは、対象となる両者が固定されていない状態を表し、「接続」とは、対象となる両者が固定されていても固定されていなくてもよい状態を表し、「接合」とは、対象となる両者が固定されている状態を表す。

[0030] 図1に示すプラズマ処理装置1Aの構成を説明する。プラズマ処理装置1Aは、処理容器CSを備える。プラズマ処理装置1Aは、空間SP、導波路壁UA1、上部電極UA21、空洞UA22、導波路UA31を備える。プラズマ処理装置1Aは、絶縁部材UA4、サポートリングUA51、誘電体板UA6、誘電体ロッドUA7、封止部材UA82、管UA9、空隙UB1、ガス配管UC31、を備える。

[0031] プラズマ処理装置1Aは、側壁DA11、排気口DA11a、封止部材DA13、コモンモードフィルタDB61a、コモンモードフィルタDB61b、ヒータ電源DB62a、ヒータ電源DB62b、を備える。

[0032] プラズマ処理装置1Aは、ステージMA11、バッフル部材MB1、を備える。

[0033] 処理容器CSは、略円筒形状を有する。処理容器CSは、鉛直方向に沿って延在している。

[0034] 処理容器CSの中心軸線は、鉛直方向に延びる軸線AXである。処理容器CSは、導波路壁UA1、側壁DA11、導波路UA31を備える。

[0035] 本開示において、軸線AXの延びる方向は、基準方向と称する。換言すれば、基準方向は、空隙UB1に露出する上部電極UA21の下面Uafに交差する方向である。

[0036] 導波路壁UA1の天井部は、軸線AXに交差する面に（略水平に）延在している。導波路壁UA1の側部は、軸線AXに沿って導波路壁UA1の天井部に垂直に延びる。導波路壁UA1は、プラズマ処理装置1Aの上部電極UA

21を囲んでいる。

[0037] 導波路壁UA1の材料は、アルミニウム又はアルミニウム合金等の導電性の材料であり得る。導波路壁UA1は、接地される。

[0038] 導波路UA31は、導波路壁UA1と上部電極UA21との間の空間によって画定される。導波路UA31は、VHF帯又はUHF帯の高周波を導波し、高周波を空間SPに導入する。本開示において高周波とは、VHF帯又はUHF帯の高周波を意味する。

[0039] 導波路UA31は、高周波が放射される端部UA32を備える。端部UA32は、空間SPに向いて配置される。

[0040] 端部UA32は、絶縁部材UA4および絶縁性のサポートリングUA51を介して、空間SPに高周波を放射する。空間SPは、誘電体板UA6とステージMA11との間の空間である。

[0041] 側壁DA11は、導波路壁UA1の側部の下側に軸線AXに沿って延びる。側壁DA11は、導波路壁UA1の下側において、軸線AXに沿って延びる。

[0042] 側壁DA11の材料は、アルミニウム又はアルミニウム合金等の導電性の材料であり得る。側壁DA11は、接地される。

[0043] 側壁DA11は、突起部DA12を備える。側壁DA11の突起部DA12は、側壁DA11の端部（導波路壁UA1の側部に接続される箇所）に設けられており、軸線AXに向けて軸線AXに交差する方向に延びる。突起部DA12は、封止部材DA13を介して絶縁部材UA4に接続される。封止部材DA13は、真空シール用の部材であり、例えばOリングであり得る。

[0044] 突起部DA12は、弾性部材DA10を介してサポートリングUA51に接続される。サポートリングUA51は、突起部DA12上に設けられる。弾性部材DA10は、押圧用に設けられている。

[0045] 絶縁部材UA4は、端部UA32と、サポートリングUA51及び空間SPとの間に配置される。絶縁部材UA4と上部電極UA21とは、封止部材UA82を介して接続される。絶縁部材UA4の材料は、窒化アルミニウム、

酸化アルミニウム等の絶縁性の材料であり得る。封止部材U A 8 2は、真空シール用の部材であり、例えばOリングであり得る。

[0046] 上部電極U A 2 1は、誘電体板U A 6の上方に設けられる。上部電極U A 2 1は、導波路壁U A 1内に收容されている。上部電極U A 2 1は、導波路壁U A 1の天井部の下に配置されており、導波路壁U A 1の側部によって囲まれている。

[0047] 上部電極U A 2 1は、ステージM A 1 1の上面M A 1 3の上方において、処理容器C S内の空間S Pと誘電体板U A 6とを介して設けられる。上部電極U A 2 1は、整合器U C 2を介して高周波電源U C 1に電氣的に接続される。

[0048] 上部電極U A 2 1の材料は、アルミニウム又はアルミニウム合金等の導電性の材料であり得る。上部電極U A 2 1の表面上には、耐腐食性を有する膜が形成される。耐腐食性を有する膜は、酸化アルミニウム膜、酸化イットリウム膜、または酸化アルミニウムや酸化イットリウム等を含むセラミック膜であり得る。

[0049] 高周波電源U C 1は、上述した高周波を発生する電源である。整合器U C 2は、高周波電源U C 1の負荷のインピーダンスを高周波電源U C 1の出力インピーダンスに整合させるための整合回路を含んでいる。

[0050] 上部電極U A 2 1は、空洞U A 2 2を備える。上部電極U A 2 1は、複数のガス吐出孔U A 2 2 a（第1ガス吐出孔）を有する。空洞U A 2 2は、ガス配管U C 3 1を介してガス供給部U C 3に連通している。

[0051] 空洞U A 2 2は、複数のガス吐出孔U A 2 2 aに連通している。空洞U A 2 2は、複数のガス吐出孔U A 2 2 aと、更に、空隙U B 1、誘電体板U A 6の複数のガス吐出孔U B 2とを介して、空間S Pに連通している。

[0052] 誘電体板U A 6は、上部電極U A 2 1の直下に設けられる。誘電体板U A 6は、ステージM A 1 1の上面M A 1 3の上方に処理容器C S内の空間S Pを介して設けられる。

[0053] 誘電体板U A 6は、複数のガス吐出孔U B 2（第2ガス吐出孔）を有する。

一実施形態において、誘電体板U A 6は、シャワープレートである。

- [0054] 複数のガス吐出孔U A 2 2 aと、複数のガス吐出孔U B 2とは、空隙U B 1を介して連通する。少なくとも複数のガス吐出孔U A 2 2 aの一部と複数のガス吐出孔U B 2の一部とは、上部電極U A 2 1の上方（軸線A Xの方向）から見て、互いに重なるように設けられる。例えば、空隙U B 1のうち幅がより小さい部分ほど、当該部分に配置されるガス吐出孔U A 2 2 aとガス吐出孔U B 2とは互いに重なり合うように設けられている。
- [0055] 誘電体板U A 6の端部は、サポートリングU A 5 1によって上部電極U A 2 1の端部に密着される。誘電体板U A 6は、空間S Pを介してステージM A 1 1の上面M A 1 3に対面している。
- [0056] 誘電体板U A 6の中心軸線は、軸線A Xに略一致している。誘電体板U A 6には、ステージM A 1 1の上面M A 1 3に載置された基板W（被処理体）の全面に均等にガスが供給されるように、複数のガス吐出孔U B 2が配置される。
- [0057] 誘電体板U A 6の下面とステージM A 1 1の上面M A 1 3との間の鉛直方向における距離（空間S Pの幅）は、例えば5 [c m] 以上且つ30 [c m] 以下であり得る。
- [0058] 誘電体板U A 6は、平板状であり、可撓性を有している。誘電体板U A 6の材料は、窒化アルミニウム、酸化アルミニウム等の誘電体であり得る。誘電体板U A 6の厚みは、略均一であり得る。誘電体板U A 6は、略円盤形状を有している。誘電体板U A 6は、窒化アルミニウム、酸化アルミニウム、酸化イットリウム、又は窒化アルミニウム、酸化アルミニウム、酸化イットリウム等を含む誘電体から形成されている。誘電体板U A 6の表面（特に下面U A 6 1）には、耐腐食性を有する膜が形成されていてもよい。耐腐食性を有する膜は、酸化イットリウム膜、酸化フッ化イットリウム膜、フッ化イットリウム膜、又は酸化イットリウム、フッ化イットリウム等を含むセラミック膜であり得る。
- [0059] サポートリングU A 5 1は、誘電体板U A 6を上部電極U A 2 1に密着する

部材である。サポートリングU A 5 1は、絶縁部材U A 4に接続される。サポートリングU A 5 1の材料は、窒化アルミニウム、酸化アルミニウム等の絶縁性の材料であり得る。

[0060] 絶縁部材U A 4とサポートリングU A 5 1とは、側壁D A 1 1の突起部D A 1 2上に並置される。絶縁部材U A 4とサポートリングU A 5 1とは、突起部D A 1 2と上部電極U A 2 1の外周部U A 2 4との間に挟まれる。

[0061] 上部電極U A 2 1と誘電体板U A 6との間に、誘電体ロッドU A 7が配置される。誘電体ロッドU A 7は、軸線A X上に配置され得る。誘電体ロッドU A 7は、軸線A Xに沿って延びる。

[0062] 誘電体ロッドU A 7は、上部電極U A 2 1に接続されている。誘電体ロッドU A 7は、誘電体板U A 6に接触している、又は、誘電体板U A 6に接合（固定）されている。誘電体ロッドU A 7の材料は、窒化アルミニウム、酸化アルミニウム等の誘電体であり得る。

[0063] 空隙U B 1は、上部電極U A 2 1と誘電体板U A 6との間に設けられ得る。空隙U B 1は、上部電極U A 2 1と誘電体板U A 6との離間によって形成され得る。空隙U B 1は、上部電極U A 2 1の下面U A fと、誘電体板U A 6の上面U A gとによって画定される。上部電極U A 2 1の下面U A fは、上に凸の曲面であり得る。空隙U B 1の幅は、径方向位置の関数（概ね余弦関数又はガウス関数）になっている。

[0064] 空隙U B 1は、上部電極U A 2 1の端部（外周部U A 2 4）と誘電体板U A 6の端部とが互いに密着される状態において上部電極U A 2 1と誘電体板U A 6とが離間することによって、画定される。

[0065] 上部電極U A 2 1と誘電体板U A 6とは、誘電体ロッドU A 7が配置されている軸線A Xにおいて最も大きく離間している。空隙U B 1の幅（上部電極U A 2 1の下面U A fと誘電体板U A 6の上面U A gとの間の距離）は、誘電体板U A 6（及び、後述の誘電体板U A 6 a）の延びる方向において、一様（一定）では無く、非一様であり得る。このように、上部電極U A 2 1とプラズマとの間に空隙U B 1を設けると、プラズマから流れ込む高周波電流

が低下し、プラズマの励起が抑制される。本実施形態のように、上部電極U A 2 1 の面内において空隙U B 1 の幅を最適化することにより、基板Wの上部に一様なプラズマを生成することが出来る。

[0066] ステージM A 1 1 は、本体M A 1 1 a と、導電層M A 1 5 とを備える。ステージM A 1 1 は、処理容器C S 内に設けられる。ステージM A 1 1 は、ステージM A 1 1 の上面M A 1 3 の上に載置された基板Wを略水平に支持するように構成される。

[0067] ステージM A 1 1 は、略円盤形状を有している。ステージM A 1 1 の中心軸線は、軸線A X に略一致している。

[0068] 導電層M A 1 5 は、ステージM A 1 1 の上面M A 1 3 を介して、上面M A 1 3 に載置される基板Wを加熱するヒータ（抵抗加熱素子）として機能する。導電層M A 1 5 は、ヒータ部材M A 1 5 a とヒータ部材M A 1 5 b とを備える。導電層M A 1 5 の材料は、タングステン、モリブデン等の金属であり得る。

[0069] ヒータ部材M A 1 5 a とヒータ部材M A 1 5 b とは、本体M A 1 1 a の内部に埋め込まれる。ヒータ部材M A 1 5 a とヒータ部材M A 1 5 b とは、接触していない。本体M A 1 1 a の材料は、窒化アルミニウム、酸化アルミニウム等の絶縁体である。

[0070] ステージM A 1 1 の加熱領域は、径方向に二つのゾーンに分割される。それぞれのゾーンの加熱は、導電層M A 1 5 によって行われる。

[0071] ヒータ部材M A 1 5 a は、本体M A 1 1 a の中央部にあるゾーンを加熱する。ヒータ部材M A 1 5 b は、本体M A 1 1 a の外周部にあるゾーンを加熱する。

[0072] ヒータ部材M A 1 5 a には、コモンモードフィルタD B 6 1 a が電氣的に接続される。コモンモードフィルタD B 6 1 a には、ヒータ電源D B 6 2 b が電氣的に接続される。

[0073] ヒータ部材M A 1 5 b には、コモンモードフィルタD B 6 1 b が電氣的に接続される。コモンモードフィルタD B 6 1 b には、ヒータ電源D B 6 2 b が

電氣的に接続される。コモンモードフィルタDB61aがヒータ部材MA15aとヒータ電源DB62aとの間に設けられ、コモンモードフィルタDB61bがヒータ部材MA15bとヒータ電源DB62bとの間に設けられる。

[0074] コモンモードフィルタDB61a及びコモンモードフィルタDB61bは、それぞれ、プラズマ励起周波数において比較的の高いコモンモードインピーダンスを有する。このため、ヒータ部材MA15aとヒータ部材MA15bとの間の電氣的な結合が弱められ得る。これによって、ステージMA11の本体MA11aにおける外周部と中央部とにおいて、プラズマとヒータ部材MA15a及びヒータ部材MA15bとの間の電氣的結合が抑制され基板Wの中央部と端部との間にかかる高周波電界が抑制され得る。

[0075] バッフル部材MB1は、ステージMA11と側壁DA11との間で延在している。バッフル部材MB1は、略環状の板材である。バッフル部材13の材料は、例えば、窒化アルミニウム、酸化アルミニウム等の絶縁体であり得る。

[0076] バッフル部材MB1には、複数の貫通孔が形成される。複数の貫通孔は、バッフル部材MB1をその板厚方向に貫通している。

[0077] ステージMA11の裏面MA14下の領域は、排気口DA11aに連通する。排気口DA11aは、外部の排気装置に接続される。排気装置は、圧力制御弁並びにターボ分子ポンプ及び／又はドライポンプ等の真空ポンプを含み得る。

[0078] プラズマ処理装置1Aには、ガス供給部UC3が接続される。ガス供給部UC3は、絶縁性の管UA9によって高周波から保護され、上部電極UA21内の空洞UA22に連通するガス配管UC31に接続される。

[0079] ガス供給部UC3からのガスは、ガス配管UC31、空洞UA22、複数のガス吐出孔UA22a、空隙UB1、複数のガス吐出孔UB2を順に介して、空間SPに供給される。ガス供給部UC3は、基板Wの処理のために用いられる一つ以上のガス源を含む。ガス供給部UC3は、一つ以上のガス源か

らのガスの流量をそれぞれ制御するための一つ以上の流量制御器を含む。

[0080] ガス供給部UC3と空洞UA22とを連通するガス配管UC31は、導波路UA31内において絶縁性の管UA9によって覆われており、管UA9によって導波路UA31内の高周波から保護される。管UA9の材料は、窒化アルミニウム、酸化アルミニウム等の絶縁性の材料であり得る。

[0081] プラズマ処理装置1Aでは、バッフル部材MB1の上側で延在する処理容器CS（より具体的に側壁DA11）の内壁面の面積は、空間SP側の誘電体板UA6の表面積（下面UA61の面積）に略等しい。即ち、空間SPを画定する面のうちグラウンド電位に設定された面（グラウンド面）の面積は、空間SPを画定する面のうち誘電体板UA6によって提供される面の面積と略同一である。かかる構成により、プラズマが、誘電体板UA6の直下の領域及びグラウンド面の周囲の領域で均一な密度で生成される。その結果、基板Wのプラズマ処理の面内均一性が向上される。

[0082] プラズマ処理装置1Aにおいて、高周波は、導波路UA31の端部UA32から軸線AXに向けて空間SP内に導入される。高周波が空間SPに導入されると、ガスが空間SP内で励起されて、当該ガスからプラズマが生成される。プラズマは、空間SP内で周方向において均一な密度分布で生成される。ステージMA11上の基板Wは、プラズマからの化学種によって処理される。

[0083] 以下、図2を参照して、別の例示的实施形態に係るプラズマ処理装置1Bについて説明する。プラズマ処理装置1Bにおける誘電体板UA6の下面UA61とステージMA11の上面MA13との間の鉛直方向における距離（空間SPの幅）は、プラズマ処理装置1Aの場合に比較して短く、例えば5 [mm] 以上且つ15 [mm] 以下であり得る。プラズマ処理装置1Bの構成とプラズマ処理装置1Aの構成とは、空間SPの幅の相違に応じて、異なる。

[0084] プラズマ処理装置1Bは、処理容器CSを備える。プラズマ処理装置1Bは、空間SP、導波路壁UA1、上部電極UA21、空洞UA22、導波路U

A 3 1、絶縁部材U A 4、サポートリングU A 5 1、カバーリングU A 5 2、誘電体板U A 6、弾性部材U A 8 1、封止部材U A 8 2、管U A 9を備える。プラズマ処理装置1 Bは、空隙U B 1、ガス配管U C 3 1、駆動機構U D 1 0を備える。

[0085] プラズマ処理装置1 Bは、ステージM A 1 1、導電部M A 2 1、導電板M A 2 2、導電性弾性部材M A 2 3、排気室M A 3 1、壁部M A 3 2、通気孔M A 3 3を備える。

[0086] プラズマ処理装置1 Bは、封止部材D A 1 3、入出口D A 2、支持部D B 1 1、排気管D B 1 2、ベローズD B 2 1、ベローズD B 2 2、ばねD B 3、水冷プレートD B 4を備える。

[0087] 処理容器C Sは、導波路壁U A 1、側壁D A 1 1、導波路U A 3 1を備える。

[0088] 以下、プラズマ処理装置1 Bの説明は、主に、プラズマ処理装置1 Aと異なる構成のみに対して行われる。

[0089] 側壁D A 1 1の突起部D A 1 2は、側壁D A 1 1の端部（導波路壁U A 1の側部に接続される箇所）に設けられており、軸線A Xに向けて軸線A Xに交差する方向に延びる。

[0090] 突起部D A 1 2は、導電性弾性部材M A 2 3を介して排気室M A 3 1の壁部M A 3 2に接続される。導電性弾性部材M A 2 3は、弾性体であり、例えばスパイラルリングであり得る。導電性弾性部材M A 2 3の材料は、例えば、ステンレス、インコネル、ニッケル、タングステン、タンタル、銅合金又はモリブデン等の金属である。導電性弾性部材M A 2 3は、ニッケル、アルミニウム、ステンレス又は金等の保護膜により被覆されていてもよい。。

[0091] 絶縁部材U A 4は、導波路U A 3 1の端部U A 3 2と空間S Pとの間に配置される。

[0092] サポートリングU A 5 1は、弾性部材U A 8 1を介して絶縁部材U A 4に接続される。弾性部材U A 8 1は、例えばステンレス製のばねであり得る。

[0093] 誘電体板U A 6の端部と上部電極U A 2 1の端部（外周部U A 2 4）とは、

弾性部材U A 8 1等を介した押圧によって、互いに接続される。

- [0094] カバーリングU A 5 2は、ステージM A 1 1の側面付近にプラズマが発生することを防止する部材である。カバーリングU A 5 2の材料は、窒化アルミニウム、酸化アルミニウム等の絶縁性の材料であり得る。
- [0095] プラズマ処理装置1 Bは、更に、駆動機構U D 1 0を備える。駆動機構U D 1 0は、モーターU D 1 1、絶縁シャフトU D 1 2、プーリーU D 1 3（第1プーリー）（pulley）、ベルトU D 1 4、駆動部U D 1 5 aを備える。
- [0096] モーターU D 1 1は、導波路壁U A 1上に設けられる。プーリーU D 1 3とベルトU D 1 4と駆動部U D 1 5 a（更に、後述する図5に示す駆動部U D 1 5 b）とは、上部電極U A 2 1内に設けられる。
- [0097] 絶縁シャフトU D 1 2は、モーターU D 1 1に連結する。プーリーU D 1 3は、絶縁シャフトU D 1 2とベルトU D 1 4とを連結する。
- [0098] 絶縁シャフトU D 1 2は、モーターU D 1 1の回転駆動に応じて回転する。プーリーU D 1 3は、絶縁シャフトU D 1 2の回転移動をベルトU D 1 4の直線移動に変える。
- [0099] ベルトU D 1 4の直線移動が駆動部U D 1 5 aに伝達され、駆動部U D 1 5 aの誘電体ロッドU D 1 5 a 9（図3及び図4を参照しつつ後述する）の移動（上部電極U A 2 1の下面U A fに交差する基準方向の移動）が行われ得る。駆動部U D 1 5 aの構成については、後に詳述される。
- [0100] 空隙U B 1は、上部電極U A 2 1と誘電体板U A 6との離間によって形成される。空隙U B 1の幅（上部電極U A 2 1と誘電体板U A 6との間の距離）は、駆動機構U D 1 0によって調整され得る。上部電極U A 2 1と誘電体板U A 6とは、誘電体ロッドU D 1 5 a 9を有する駆動部U D 1 5 aが配置される軸線A Xにおいて最も大きく離間し得る。
- [0101] プラズマ処理装置1 BのステージM A 1 1の材料は、アルミニウム又はアルミニウム合金等の導電性の材料であり得る。ステージM A 1 1の表面には、酸化イットリウム、酸フッ化イットリウム、酸化アルミニウム等の保護膜が設けられ得る。

- [0102] 排気室MA 3 1は、導電性の壁部MA 3 2を備える。排気室MA 3 1は、外周部MA 1 2の周囲から側壁DA 1 1に向けて延びる。
- [0103] 壁部MA 3 2は、通気孔MA 3 3を備える。排気室MA 3 1は、空間SPに連通している。空間SPは、通気孔MA 3 3を介して、排気室MA 3 1に連通している。排気室MA 3 1は、排気管DB 1 2に連通している。
- [0104] 壁部MA 3 2の材料は、アルミニウム又はアルミニウム合金等の導電性の材料であり得る。
- [0105] 排気管DB 1 2は、外部の排気装置に接続される。排気装置は、圧力制御弁並びにターボ分子ポンプ及び／又はドライポンプ等の真空ポンプを含み得る。
- [0106] 空間SP内のガスは、通気孔MA 3 3を介して排気室MA 3 1に移動し、排気管DB 1 2を介して外部に排気され得る。
- [0107] 導電部MA 2 1は、ステージMA 1 1の外周部MA 1 2と処理容器CSの側壁DA 1 1との間に延びる。導電部MA 2 1は、ステージMA 1 1が有する導電層と処理容器CSの側壁DA 1 1とに電氣的に接続される。
- [0108] 導電部MA 2 1は、導波路UA 3 1の端部UA 3 2から放射される高周波が空間SPに導入されるように外周部MA 1 2から側壁DA 1 1に向けて延びる。導電部MA 2 1は、導電板MA 2 2を備える。導電部MA 2 1は、壁部MA 3 2の一部を含む。
- [0109] 導電板MA 2 2は、外周部MA 1 2においてステージMA 1 1の裏面MA 1 4に電氣的に接触している。導電板MA 2 2は、ネジ（不図示）によって外周部MA 1 2の裏面および壁部MA 3 2の上面に接合（固定）される。
- [0110] 導電板MA 2 2は、可撓性の薄板である。導電板MA 2 2の材料は、例えば、アルミニウム、アルミニウム合金、ステンレス、インコネル、ニッケル、タングステン、タンタル、銅合金又はモリブデン等の導電性の材料である。導電板MA 2 2は、酸化アルミニウム、酸化イットリウム、酸化フッ化イットリウム、フッ化イットリウム、ニッケル、アルミニウム、ステンレス又は金等の保護膜により被覆されていてもよい。

- [0111] 側壁DA11は、入出口DA2を備える。基板Wは、入出口DA2を介して、処理容器CS内に搬入および搬出される。
- [0112] 支持部DB11は、ステージMA11に接続される。ステージMA11は、支持部DB11上に設けられる。支持部DB11を上下移動（上部電極UA21に近づく移動又は上部電極UA21から離れる移動であり、以下同様。）させることによって、ステージMA11が上下移動する。
- [0113] 支持部DB11の下部には、水冷プレートDB4が配置される。支持部DB11は、水冷プレートDB4に接している。ステージMA11の熱は、支持部DB11及び水冷プレートDB4を介して、外部に排出され得る。
- [0114] 排気管DB12は、壁部MA32に接続されており、排気室MA31に連通している。壁部MA32は、排気管DB12上に設けられる。排気管DB12を介して、排気室MA31内のガスが外部に排出され得る。
- [0115] ばねDB3を介して排気管DB12を上下移動させることによって、排気室MA31及び壁部MA32が上下移動する。
- [0116] ベローズDB22の材料は、ステンレス等の導電性の材料であり得る。ばねDB3の材料は、ステンレス等の導電性の材料であり得る。
- [0117] 壁部MA32は、ばねDB3の弾性によって、上部電極UA21の側（上方）に安定的に配置され得る。これによって、壁部MA32の外周部は、突起部DA12の裏面に密着する。更に導電性弾性部材MA23の弾性によって、壁部MA32の外周部と突起部DA12とが安定的に電氣的に接触され得る。
- [0118] プラズマ処理装置1Bにおいて、高周波は、導波路UA31の端部UA32から絶縁部材UA4を介して、軸線AXに向けて空間SP内に導入される。高周波が空間SPに導入されると、ガスが空間SP内で励起されて、当該ガスからプラズマが生成される。プラズマは、空間SP内で周方向において均一な密度分布で生成される。ステージMA11上の基板Wは、プラズマからの化学種によって処理される。また、絶縁部材UA4によって、空間SPの周辺部への放電が抑制され得る。

- [0119] 以下、図3、図4を参照して、駆動部UD15aの構成を説明する。駆動部UD15aは、プーリーUD15a1（第2プーリー）、調整ねじUD15a2、容器UD15a3、シャフトUD15a4、ばねUD15a5を備える。ばねUD15a5の材料は、例えば、ステンレス等であり得る。
- [0120] 駆動部UD15aは、更に、リングUD15a6、フローティングジョイントのオス部UD15a8、誘電体ロッドUD15a9を備える。誘電体ロッドUD15a9の材料は、窒化アルミニウム、酸化アルミニウム等の誘電体であり得る。
- [0121] 誘電体ロッドUD15a9は、上部電極UA21と誘電体板UA6との間に配置される。誘電体ロッドUD15a9は、軸線AX上に配置され得る。
- [0122] 誘電体ロッドUD15a9は、誘電体板UA6と一体に形成される、或いは、誘電体板UA6に接続又は接合（固定）される。
- [0123] サポートリングUA51によって誘電体板UA6の端部が上部電極UA21の端部（外周部UA24）に密接される状態において、誘電体ロッドUD15a9は、上部電極UA21と誘電体板UA6との間隔（空隙UB1の幅）を伸縮し得る。
- [0124] 駆動部UD15aを備える駆動機構UD10は、誘電体ロッドUD15a9を基準方向に駆動し、空隙UB1の幅を伸縮する。駆動部UD15aは、誘電体ロッドUD15a9とベルトUD14とを連結し、絶縁シャフトUD12及びベルトUD14を介して伝達されるモーターUD11の動力を用いて、基準方向に誘電体ロッドUD15a9を駆動する。
- [0125] プーリーUD15a1は、調整ねじUD15a2を備える。プーリーUD15a1は、ベルトUD14とシャフトUD15a4とを連結する。シャフトUD15a4は、フローティングジョイントのメス部UD15a7を備える。
- [0126] 調整ねじUD15a2、シャフトUD15a4のそれぞれの中心軸は、軸線AXに略一致する。調整ねじUD15a2、シャフトUD15a4のそれぞれは、軸線AXに沿って直線的に移動し得る。

- [0127] シャフトUD 1 5 a 4は、誘電体ロッドUD 1 5 a 9にフローティングジョイント（フローティングジョイントのメス部UD 1 5 a 7及びフローティングジョイントのオス部UD 1 5 a 8）を介して連結する。
- [0128] フローティングジョイントのメス部UD 1 5 a 7、フローティングジョイントのオス部UD 1 5 a 8、誘電体ロッドUD 1 5 a 9のそれぞれの中心軸は、軸線AXに略一致する。フローティングジョイントのメス部UD 1 5 a 7、フローティングジョイントのオス部UD 1 5 a 8、誘電体ロッドUD 1 5 a 9のそれぞれの、軸線AXに沿って直線的に移動し得る。
- [0129] プーリーUD 1 5 a 1は、ベルトUD 1 4に接続される。プーリーUD 1 5 a 1は、ベルトUD 1 4の直線移動を、軸線AXの回りの調整ねじUD 1 5 a 2の回転移動と軸線AXに沿った調整ねじUD 1 5 a 2の直線移動とに変える。
- [0130] 調整ねじUD 1 5 a 2は、容器UD 1 5 a 3に保持される。容器UD 1 5 a 3は、上部電極UA 2 1内に接合（固定）される。容器UD 1 5 a 3内には、シャフトUD 1 5 a 4の上端、ばねUD 1 5 a 5が収容される。
- [0131] 調整ねじUD 1 5 a 2の下端は、シャフトUD 1 5 a 4の上端に接触する。調整ねじUD 1 5 a 2の下端は、ばねUD 1 5 a 5の弾性力によってシャフトUD 1 5 a 4の上端に密着される。シャフトUD 1 5 a 4は、調整ねじUD 1 5 a 2の軸線AXに沿った直線移動に応じて、軸線AXに沿って直線的に移動する。
- [0132] OリングUD 1 5 a 6は、上部電極UA 2 1内におけるシャフトUD 1 5 a 4の配置を安定させると共に、空隙UB 1を封止し得る。
- [0133] シャフトUD 1 5 a 4の下端は、フローティングジョイントのメス部UD 1 5 a 7を有する。フローティングジョイントのメス部UD 1 5 a 7には、フローティングジョイントのオス部UD 1 5 a 8が嵌め込まれる。フローティングジョイントのオス部UD 1 5 a 8は、シャフトUD 1 5 a 4の軸線AXに沿った直線移動に応じて、軸線AXに沿って直線的に移動する。
- [0134] フローティングジョイントのオス部UD 1 5 a 8の下端は誘電体ロッドUD

15a9に接続される。誘電体ロッドUD15a9は、フローティングジョイントのオス部UD15a8の軸線AXに沿った直線移動に応じて、軸線AXに沿って直線的に移動する。

[0135] 即ち、モーターUD11による絶縁シャフトUD12の回転移動によって、誘電体ロッドUD15a9は軸線AXに沿って直線的に移動し得る。より具体的に、誘電体ロッドUD15a9はフローティングジョイントを介してモーターUD11の動力を受け得る。従って、シャフトUD15a4および誘電体ロッドUD15a9の軸が多少ずれても、誘電体ロッドUD15a9の駆動によって誘電体板UA6と上部電極UA21とを離隔及び近接させ得る。

[0136] また、モーターUD11による絶縁シャフトUD12の回転移動がベルトUD14によって調整ねじUD15a2に伝達され得るので、モーターUD11は、導波路壁UA1の天井部上において軸線AXから離れた箇所に設けられ得る。このため、モーターUD11の配置位置は、導波路壁UA1上において比較的柔軟に選択され得る。

[0137] 駆動機構UD10は、上記した駆動部UD15aに代えて、図5に示す駆動部UD15bを備え得る。駆動部UD15bは、上部電極UA21内において駆動部UD15aと同様に配置される。

[0138] 駆動部UD15bは、プーリーUD15b1（第2プーリー）、調整ねじUD15b2、容器UD15b3、ボールUD15b4、シャフトUD15b5、ベローズUD15b6、誘電体ロッドUD15b7を備える。

[0139] 誘電体ロッドUD15b7は、上部電極UA21と誘電体板UA6との間に配置される。誘電体ロッドUD15b7は、軸線AX上に配置され得る。

[0140] 誘電体ロッドUD15b7の下部は、誘電体板UA6の上面UAgに設けられた穴に嵌合している。誘電体ロッドUD15b7の材料は、窒化アルミニウム、酸化アルミニウム等の誘電体であり得る。

[0141] 駆動部UD15bを備える駆動機構UD10は、上部電極UA21と誘電体板UA6とを離隔するように誘電体ロッドUD15b7を基準方向に沿って

直線的に移動させ、空隙UB1の幅を広げることができる。

[0142] 駆動部UD15bは、誘電体ロッドUD15b7とベルトUD14とを連結し、絶縁シャフトUD12及びベルトUD14を介して伝達されるモーターUD11の動力を用いて、基準方向に誘電体ロッドUD15b7を駆動する。

[0143] プーリーUD15b1は、調整ねじUD15b2を備える。プーリーUD15b1は、ベルトUD14をシャフトUD15b5に連結する。シャフトUD15b5は、誘電体ロッドUD15b7に連結する。

[0144] 調整ねじUD15b2、シャフトUD15b5、誘電体ロッドUD15b7のそれぞれの中心軸は、軸線AXに略一致する。調整ねじUD15b2、シャフトUD15b5、誘電体ロッドUD15b7のそれぞれは、軸線AXに沿って直線的に移動し得る。

[0145] プーリーUD15b1は、ベルトUD14に接続される。プーリーUD15b1は、ベルトUD14の直線移動を、軸線AXの回りの調整ねじUD15b2の回転移動と軸線AXに沿った調整ねじUD15b2の直線移動とに変える。

[0146] 調整ねじUD15b2は、容器UD15b3に保持される。容器UD15b3は、上部電極UA21に接続される。容器UD15a3内には、ボールUD15b4、シャフトUD15b5の上端、ベローズUD15b6が収容される。

[0147] 調整ねじUD15b2の下端は、ボールUD15b4を介してシャフトUD15b5の上端に接続される。シャフトUD15b5の上端は、ベローズUD15b6の弾性力によってボールUD15b4を介して調整ねじUD15b2の下端に密着される。調整ねじUD15b2の下端は、ボールUD15b4が調整ねじUD15b2によって押圧されている状態において、ボールUD15b4に密着される。シャフトUD15b5は、調整ねじUD15b2の軸線AXに沿った直線移動に応じて、軸線AXに沿って直線的に移動する。

- [0148] なお、このように、調整ねじUD 1 5 b 2とシャフトUD 1 5 b 5とは、接合（固定）されてはいない（ボールUD 1 5 b 4を介して連結される）ので、互いに離隔し得る。
- [0149] ベローズUD 1 5 b 6は、空隙UB 1を封止し得る。ベローズUD 1 5 b 6の材料は、ステンレス、アルミニウム合金等であり得る。
- [0150] シャフトUD 1 5 b 5の下端は、誘電体ロッドUD 1 5 b 7の上端に接続される。誘電体ロッドUD 1 5 b 7の下端は、誘電体板UA 6に接続される。誘電体ロッドUD 1 5 b 7は、シャフトUD 1 5 b 5の軸線AXに沿った直線移動に応じて、軸線AXに沿って直線的に移動する。
- [0151] 即ち、モーターUD 1 1による絶縁シャフトUD 1 2の回転移動によって、誘電体ロッドUD 1 5 b 7は軸線AXに沿って直線的に移動し得る。より具体的に、誘電体ロッドUD 1 5 b 7の駆動は、誘電体板UA 6と上部電極UA 2 1とを離隔させ得る。
- [0152] また、モーターUD 1 1による絶縁シャフトUD 1 2の回転移動がベルトUD 1 4によって調整ねじUD 1 5 b 2に伝達され得るので、モーターUD 1 1は、導波路壁UA 1の天井部上において軸線AXから離れた箇所に設けられ得る。このため、モーターUD 1 1の配置位置は、導波路壁UA 1上において比較的柔軟に選択され得る。
- [0153] 以下、図6を参照して、別の例示的实施形態に係るプラズマ処理装置1 Cについて説明する。プラズマ処理装置1 Cは、処理容器CSを備える。プラズマ処理装置1 Cは、空間SP、導波路壁UA 1、上部電極UA 2 1 a、導波路UA 3 1、絶縁部材UA 4、誘電体板UA 6 a、封止部材UA 8 2、封止部材UA 8 3、管UA 9、空隙UB 1、ガス配管UC 3 1を備える。
- [0154] プラズマ処理装置1 Cは、側壁DA 1 1、排気口DA 1 1 a、封止部材DA 1 3、弾性部材DA 1 4を備える。
- [0155] プラズマ処理装置1 Cは、ステージMA 1 1、プラズマ遮蔽板MB 2を備える。
- [0156] 処理容器CSは、導波路壁UA 1、側壁DA 1 1、導波路UA 3 1を備える

。

[0157] 以下、プラズマ処理装置 1 C の説明は、主に、プラズマ処理装置 1 A 及びプラズマ処理装置 1 B と異なる構成のみに対して行われる。

[0158] 側壁 D A 1 1 は、ガス室 M A 4 1、壁部 M A 4 2、複数のガス放出溝 M A 4 3 を備える。

[0159] ガス室 M A 4 1、壁部 M A 4 2、ガス放出溝 M A 4 3 は、側壁 D A 1 1 の端部（導波路壁 U A 1 の側部に接続される箇所）に設けられており、軸線 A X に向けて軸線 A X に交差する方向に延びる。壁部 M A 4 2 は封止部材 D A 1 3 を介して、絶縁部材 U A 4 に接続される。

[0160] ガス室 M A 4 1 にはガス供給器 U D 2 が接続され、ガス供給器 U D 2 から供給されるガスはガス室 M A 4 1 に貯められ得る。ガス室 M A 4 1 にはガス放出溝 M A 4 3 が接続され、ガス室 M A 4 1 に貯められたガスはガス放出溝 M A 4 3 を介して空間 S P の上側（誘電体板 U A 6 a の下面 U A 6 1 の直下）に供給される。

[0161] 上部電極 U A 2 1 a は、誘電体板 U A 6 a の上方に設けられる。上部電極 U A 2 1 a は、導波路壁 U A 1 内に收容されている。上部電極 U A 2 1 a は、導波路壁 U A 1 の天井部の下に配置されており、導波路壁 U A 1 の側部によって囲まれている。

[0162] 上部電極 U A 2 1 a は、ステージ M A 1 1 の上面 M A 1 3 の上方において、処理容器 C S 内の空間 S P と誘電体板 U A 6 a とを介して設けられる。上部電極 U A 2 1 a は、整合器 U C 2 を介して高周波電源 U C 1 に電氣的に接続される。

[0163] 上部電極 U A 2 1 a の材料は、アルミニウム又はアルミニウム合金等の導電性の材料であり得る。上部電極 U A 2 1 a の表面上には、耐腐食性を有する膜が形成される。耐腐食性を有する膜は、酸化アルミニウム膜、酸化イットリウム膜、または酸化アルミニウムや酸化イットリウム等を含むセラミック膜であり得る。

[0164] 誘電体板 U A 6 a は、誘電体カバーであり、空間 S P 内において上部電極 U

A 2 1 a の直下に設けられる。誘電体板 U A 6 a は、ステージ M A 1 1 の上面 M A 1 3 の上方に処理容器 C S 内の空間 S P を介して設けられる。

[0165] 誘電体板 U A 6 a の端部は、絶縁部材 U A 4 によって上部電極 U A 2 1 a の端部（外周部 U A 2 4）に密着される。この誘電体板 U A 6 a の端部は、弾性部材 D A 1 4 を介して上部電極 U A 2 1 a に接続されると共に、封止部材 U A 8 3 を介して絶縁部材 U A 4 に接続される。封止部材 U A 8 3 は、真空シール用の部材であり、例えば O リングであり得る。封止部材 U A 8 3 によって、誘電体板 U A 6 a の上部のガスが空間 S P に漏洩することが回避され得る。

[0166] 弾性部材 D A 1 4 は、O リング等であり得る。誘電体板 U A 6 a は、空間 S P を介してステージ M A 1 1 の上面 M A 1 3 に対面している。誘電体板 U A 6 a の中心軸線は、軸線 A X に略一致している。

[0167] 誘電体板 U A 6 a は、可撓性を有している。誘電体板 U A 6 a は、窒化アルミニウム、酸化アルミニウム、酸化イットリウム、又は窒化アルミニウム、酸化アルミニウム、酸化イットリウム等を含む誘電体から形成されている。誘電体板 U A 6 a の表面（特に下面 U A 6 1）には、耐腐食性を有する膜が形成されていてもよい。耐腐食性を有する膜は、酸化イットリウム膜、酸化フッ化イットリウム膜、フッ化イットリウム膜、又は酸化イットリウム、フッ化イットリウム等を含むセラミック膜であり得る。誘電体板 U A 6 a の厚みは、略均一であり得る。

[0168] 誘電体板 U A 6 a は、略円盤形状を有している。誘電体板 U A 6 a の下面とステージ M A 1 1 の上面 M A 1 3 との間の鉛直方向における距離（空間 S P の幅）は、例えば 5 [c m] 以上且つ 10 [c m] 以下であり得る。絶縁部材 U A 4 は、誘電体板 U A 6 a を上部電極 U A 2 1 a に密着させる。

[0169] 空隙 U B 1 は、上部電極 U A 2 1 a と誘電体板 U A 6 a との離間によって形成される。より具体的に、空隙 U B 1 は、上部電極 U A 2 1 a の下面 U A f と誘電体板 U A 6 a の上面 U A g との間の空間であり、下面 U A f と上面 U A g とによって画定される。絶縁部材 U A 4 によって誘電体板 U A 6 a の端

部が上部電極U A 2 1 aの端部（外周部U A 2 4）に密着される状態において、上部電極U A 2 1 aと誘電体板U A 6 aとは、軸線A Xにおいて最も大きく離間し得る。

[0170] 空隙U B 1には外部のガス供給部U C 3に接続されたガス配管U C 3 1が接続されており、空隙U B 1はガス配管U C 3 1に連通している。空隙U B 1には、ガス配管U C 3 1を介してガス供給部U C 3から供給されるガスが流入する。このガスの流入で空隙U B 1内の圧力が調整されることによって、空隙U B 1の幅（上部電極U A 2 1 aの下面U A fと誘電体板U A 6の上面U A gとの間の長さ）が調整され得る。

[0171] プラズマ処理装置1 CのステージM A 1 1は、プラズマ処理装置1 BのステージM A 1 1と同様の構成を有する。

[0172] 一実施形態において、プラズマ処理装置1 Cは、プラズマ遮蔽板M B 2を更に備えていてもよい。プラズマ遮蔽板M B 2は、ステージM A 1 1と側壁D A 1 1との間で延在している。プラズマ遮蔽板M B 2は、略環状の板材である。プラズマ遮蔽板M B 2の材料は、例えば、酸化アルミニウム、石英等であり得る。

[0173] プラズマ遮蔽板M B 2の一方の周縁（外径）は、側壁D A 1 1に接続される。プラズマ遮蔽板M B 2の他方の周縁（内径）とステージM A 1 1（更にはステージM A 1 1の上面M A 1 3に載置される基板W）との間には、隙間が設けられる。空間S P内のガスが、この隙間からステージM A 1 1の下の空間を流れ、更に、排気口D A 1 1 aを介して外部に排出され得る。

[0174] プラズマ処理装置1 Cでは、プラズマ遮蔽板M B 2の上側で延在する処理容器C Sの内壁面（例えば側壁D A 1 1の内壁面）の面積は、空間S P側の誘電体板U A 6の表面積に略等しい。即ち、空間S Pを画定する面のうちグラウンド電位に設定された面（グラウンド面）の面積は、空間S Pを画定する面のうち誘電体板U A 6 aによって提供される面の面積と略同一である。かかる構成により、プラズマが、誘電体板U A 6 aの直下の領域及びグラウンド面の周囲の領域で均一な密度で生成される。その結果、基板Wのプラズマ処理の

面内均一性が向上される。

[0175] プラズマ処理装置 1 C において、高周波は、導波路 U A 3 1 の端部 U A 3 2 から軸線 A X に向けて空間 S P 内に導入される。高周波が空間 S P に導入されると、ガスが空間 S P 内で励起されて、当該ガスからプラズマが生成される。プラズマは、空間 S P 内で周方向において均一な密度分布で生成される。ステージ M A 1 1 上の基板 W は、プラズマからの化学種によって処理される。

[0176] 次に、空隙 U B 1 の形状の具体例について説明する。空隙 U B 1 の形状は、上記したように、下面 U A f と上面 U A g とによって画定される。下面 U A f の形状は、図 1、図 2 及び図 6 のそれぞれに示すように、一例として、比較的滑らかな上に凸の曲面であり得る。

[0177] 下面 U A f の他の形状は、例えば、波状の曲面（波打つ形状の曲面）、又は、階段状の面、等であり得る（図 1、2、6 の各々に示す上部電極 U A 2 1 a に適用され得る）。この場合、下面 U A f の波状の形状は、プラズマシースの非線形な電流電圧特性により生じる高調波による影響を低減し得る形状に調整され得る。下面 U A f の波状の形状は、一具体例として図 7 に示す下面 U A f の形状であり得る。また、下面 U A f の階段状の形状は、上部電極 U A 2 1 の下面 U A f を曲面に加工することを回避するために、有効であり得る。

[0178] 図 7 に示すように、上部電極 U A 2 1 は、下部層 U A 2 1 1 を備えてもよい。下部層 U A 2 1 1 は、上部電極 U A 2 1 の下面 U A f を備える。下部層 U A 2 1 1 は、上部電極 U A 2 1 において着脱が自在であり、複数の下面 U A f の形状の各々に応じて用意することができる。プラズマ励起条件によって下面 U A f の好適な断面形状が異なる場合があるが、プラズマ励起条件に応じて上部電極 U A 2 1 の全体を交換することは高コストとなり交換に要する労力等も多くなり得る。この点、プラズマ励起条件に応じて所望とする形状の下面 U A f を有する下部層 U A 2 1 1 を上部電極 U A 2 1 に装着することができるので、交換に必要なコスト・労力が低減され得る。

- [0179] 空隙UB1の形状の他の具体例を図8及び図9に示す。図8及び図9のそれぞれに示す空隙UB1の具体例は、図1に示すプラズマ処理装置1A、図6に示すプラズマ処理装置1Cの各々の空隙UB1に適用され得る。
- [0180] 図8に示す空隙UB1の幅は、上部電極UA21及び誘電体板UA6のそれぞれの端部から中心部（軸線AXに交差する部分）に向けて増加する。図8に示す空隙UB1の幅は、上部電極UA21及び誘電体板UA6の中心部で最も大きい。
- [0181] 図1, 2, 6, 7の各々に示す構成は、表面波（電波）の周波数がVHF帯にあり、この表面波の波長の $1/4$ が誘電体板UA6の表面（上面UAgの反対側の面）の半径よりも大きい場合に、好適に用いられ得る。この表面波は、上記したように、プラズマの生成時に上部電極UA21と空間SP内で生じるプラズマとの間を伝搬する電波である。
- [0182] 上記したように、図8に示す空隙UB1の幅は上部電極UA21及び誘電体板UA6のそれぞれの端部から中心部（軸線AXに交差する部分）に向けて増加する。このため、表面波による定在波の生成が抑制され、プラズマ生成時に誘電体板UA6と空間SP内で生じるプラズマとの間に生じる高周波電圧の増大（不均一性）が抑制され得る。
- [0183] また、空隙UB1の他の具体例では、空隙UB1の幅（下面UAfと上面UAgとの間の距離）は、誘電体板UA6の端部から軸線AXの近傍に至るまでの第1領域で略一定であり軸線AXの近傍の第2領域では第1領域との境界から軸線AXに向けて増加し得る。このように上記第2領域において空隙UB1の厚みが比較的に大きい場合、表面波の伝搬が抑制されて軸線AXの近傍（中央部）における表面波の集中も抑制され得る。このような空隙UB1の例は、図1, 6の各々に示す空隙UB1に適用され得る。
- [0184] 図9に示す空隙UB1は、上部電極UA21に代えて上部電極UA21bを用いて画定される。上部電極UA21bは、誘電体板UA6の上方に設けられる。
- [0185] 上部電極UA21bでは、軸線AXが交差する下面UAfの中央部に空隙U

A 2 3 が設けられており、空隙 U A 2 3 に絶縁体部 U A 2 3 a が充填される。上部電極 U A 2 1 b は、複数のガス吐出孔 U A 2 2 a を備える。

[0186] 上部電極 U A 2 1 b の材料は、上部電極 U A 2 1 の材料と同様であり得る。絶縁体部 U A 2 3 a の材料は、窒化アルミニウム、酸化アルミニウム等の絶縁性の材料であり得る。上部電極 U A 2 1 b の表面上には、耐腐食性を有する膜が形成される。耐腐食性を有する膜は、酸化アルミニウム膜、酸化イットリウム膜、または酸化アルミニウムや酸化イットリウム等を含むセラミック膜であり得る。

[0187] 図 9 に示す空隙 U B 1 の幅は、上部電極 U A 2 1 b 及び誘電体板 U A 6 のそれぞれの端部から中心部（軸線 A X に交差する部分）に向けて減少する。図 9 に示す空隙 U B 1 の幅は、上部電極 U A 2 1 b 及び誘電体板 U A 6 の端部の側で最も大きい。

[0188] 図 9 に示す空隙 U B 1 は、表面波（電波）の周波数が V H F 帯から U H F 帯にあり、この表面波の波長の $1/4$ が誘電体板 U A 6 の表面（上面 U A g の反対側の面）の半径よりも小さい場合に、好適に用いられ得る。

[0189] 上記したように図 9 に示す空隙 U B 1 の幅は上部電極 U A 2 1 b 及び誘電体板 U A 6 のそれぞれの端部から中心部（軸線 A X に交差する部分）に向けて減少する。このため、プラズマ生成時に誘電体板 U A 6 と空間 S P 内で生じるプラズマとの間を伝搬する表面波（電波）の減衰が抑制される。

[0190] また、図 9 に示す空隙 U B 1 の幅は、上部電極 U A 2 1 及び誘電体板 U A 6 の中央部で最も小さい。このため、プラズマ生成時に誘電体板 U A 6 と空間 S P 内で生じるプラズマとの間に生じる電位の減少が抑制され得る。なお、絶縁体部 U A 2 3 a は、中央部における表面波の集中と空隙 U B 1 における放電とを防止する機能を有し得る。

[0191] 図 8 に示す空隙 U B 1 の形状、図 9 に示す空隙 U B 1 の形状のうち何れの形状の空隙 U B 1 を用いるかの選択は、表面波の波長 λ の $1/4$ と誘電体板 U A 6 の下面 U A 6 1 の半径 L（プラズマ励起エリアの半径）との大小に応じて決定され得る。上記の半径 L の下面 U A 6 1 は、上面 U A g の反対側にあ

り空間SP内で露出された面である。

[0192] 表面波の波長 λ [cm] は、空間SP内における下面UA61の近傍での電子密度 n_e [cm⁻³] の平方根に9.6を乗じて得た値を、プラズマ励起周波数 f [MHz] の二乗で割って得られた値（商）に概ね等しい。この場合の波長 λ [cm] は、一例として、空間SP内における下面UA61の近傍での3 [eV] の電子温度と 1×10^{11} cm⁻³の電子密度とデバイ長の15倍の値のシース幅とを用いて算出された。

[0193] $\lambda/4 > L$ の場合、軸線AXを腹とする表面波の定在波が生じやすく表面波の減衰が生じ難いので、図8に示す空隙UB1の形状が好適である。 $\lambda/4 < L$ の場合、表面波の減衰が生じ易いので、図9に示す空隙UB1の形状が好適である。

[0194] 上記した λ [cm] は、 f [MHz] の二乗に反比例しているので、 f [MHz] が表面波の伝搬に及ぼす影響は比較的に大きい。従って、図8に示す空隙UB1の形状、図9に示す空隙UB1の形状の何れの形状を用いても、 λ [cm] を調整することによってプラズマの径方向（軸線AXに交差する方向であり、誘電体板UA6の延びる方向）の分布を調整し得る。プラズマの径方向の分布を調整するために、 f [MHz] を連続的に変えられるようにしても良いし、複数の f [MHz] を印加してそれらの電力比を変えられるようにしてもよい。

[0195] 以下、主に図10を参照する。上記したプラズマ処理装置1A及びプラズマ処理装置1Cのそれぞれは、ステージMA11に代えて、ステージMA111を備え得る。ステージMA111は、処理容器CS内に設けられる。

[0196] ステージMA111は、ステージMA11と同様に本体MA11a及び導電層MA15を有している。導電層MA15は、本体MA11a内に設けられている。

[0197] 一実施形態において、導電層MA15は、ヒータ（抵抗加熱素子）であり得る。この実施形態では、導電層MA15は、例えば、プラズマ処理装置1Aの場合と同様にヒータ部材MA15a、ヒータ部材MA15bを備え得る。

ヒータ部材MA 1 5 aは、ヒータ電源DB 6 2 aにコモンモードフィルタDB 6 1 aを介して電氣的に接続される。ヒータ部材MA 1 5 bは、ヒータ電源DB 6 2 bにコモンモードフィルタDB 6 1 bを介して電氣的に接続される。

[0198] ステージMA 1 1 1は、導電層MA 1 6を更に備える。導電層MA 1 6は、本体MA 1 1 a内に設けられている。導電層MA 1 6には、直流電源DB 6 3が電氣的に接続される。

[0199] 導電層MA 1 5とステージMA 1 1 1の上面MA 1 3との間の距離は、導電層MA 1 6とステージMA 1 1 1の上面MA 1 3との間の距離よりも大きい。即ち、導電層MA 1 6とステージMA 1 1 1の上面MA 1 3との距離は、ステージMA 1 1 1の複数の導電層のそれぞれと上面MA 1 3との距離のうち、最短の距離である。

[0200] 導電層MA 1 6は、本体MA 1 1 a内の環状の領域内に形成される。この環状の領域の中心軸線は、軸線AXに略一致する。この環状の領域の内径は、例えば基板Wの直径の $1/6$ （50 [mm]）以上である。この環状の領域の外径は、基板Wの直径よりも小さい。導電層MA 1 6は、メッシュ状に形成されていてもよい。

[0201] 導電層MA 1 6は、ステージMA 1 1 1内に設けられた一つ以上の導電層のうちステージMA 1 1 1の上面MA 1 3から最短の距離を有している。導電層MA 1 6は、ステージMA 1 1 1上に載置される基板WとステージMA 1 1 1との間で静電引力を発生させるための電極、高周波が供給される電極、及び接地される電極のうち何れかである。導電層MA 1 6は、環状に形成される。

[0202] 本体MA 1 1 aの材料は、窒化アルミニウム、酸化アルミニウム等の絶縁体（誘電体）であり得る。導電層MA 1 6の材料は、タングステン、モリブデン等の金属であり得る。

[0203] 以下、主に図11を参照する。上記したプラズマ処理装置1Aは、バッフル部材MB 1に代えてフォーカスリングMB 3を備え、ステージMA 1 1に代

えてステージMA 1 1 2を備え得る。上記したプラズマ処理装置1 Cは、プラズマ遮蔽板MB 2に代えてフォーカスリングMB 3を備え、ステージMA 1 1に代えてステージMA 1 1 2を備え得る。

[0204] ステージMA 1 1 2は、処理容器CS内に設けられる。ステージMA 1 1 2は、本体MA 1 1 bを有する。

[0205] ステージMA 1 1 2の材料は、アルミニウム又はアルミニウム合金等の金属であり得る。ステージMA 1 1 2は、略円盤形状を有し得る。ステージMA 1 1 2の中心軸線は、軸線AXに略一致している。

[0206] フォーカスリングMB 3は、ステージMA 1 1 2の上面MA 1 3上に設けられている。フォーカスリングMB 3は、上面MA 1 3の周縁に沿って延びている。フォーカスリングMB 3の内径は、ステージMA 1 1 2の上面MA 1 3の直径よりも小さい。

[0207] ステージMA 1 1 2の上面MA 1 3は、基板載置領域MA 1 3 1及びフォーカスリング搭載領域MA 1 3 2を含んでいる。基板載置領域MA 1 3 1は、略円形の領域である。基板Wは、基板載置領域MA 1 3 1上に載置される。基板載置領域MA 1 3 1の直径は、基板Wの直径よりも小さい。

[0208] フォーカスリング搭載領域MA 1 3 2は、基板載置領域MA 1 3 1の外側で径方向に延在している。フォーカスリング搭載領域MA 1 3 2の鉛直方向の位置は、基板載置領域MA 1 3 1の鉛直方向の位置のよりも低い。

[0209] フォーカスリング搭載領域MA 1 3 2上には、フォーカスリングMB 3が搭載される。フォーカスリングMB 3は、略環形状を有しており、板状を成す。

[0210] フォーカスリングMB 3の材料は、酸化アルミニウム又は石英等であり得る。フォーカスリングMB 3は、その内縁の上面が基板Wのエッジの下面に面するように、フォーカスリング搭載領域MA 1 3 2上に搭載される。

[0211] ステージMA 1 1 2によれば、フォーカスリングMB 3によってステージMA 1 1 2の中央部と外周部との間での高周波電界の発生がフォーカスリングMB 3によって抑制される。

- [0212] 上記の複数の例示的实施形態によれば、上部電極U A 2 1、上部電極U A 2 1 a、上部電極U A 2 1 bと、プラズマの生成時に空間S P内で生じるプラズマ（プラズマ上方に設けられる誘電体板U A 6、誘電体板U A 6 a）との間に、空隙U B 1が設けられる。V H F帯又はU H F帯の高周波の場合には、定在波の発生によって、誘電体板U A 6、誘電体板U A 6 aの下面U A 6 1の延びる方向におけるプラズマの均一性が低減され得る。しかし、空隙U B 1の存在によって、定在波の発生が抑制されて、空間S P内における上部電極U A 2 1、上部電極U A 2 1 a、上部電極U A 2 1 b（より具体的に、誘電体板U A 6、誘電体板U A 6 a）の近傍での電界の勾配が低減され得る。よって、プラズマの均一性が向上され得る。
- [0213] また、空隙U B 1の幅（下面U A fと上面U A gとの間の距離）は、誘電体板U A 6、誘電体板U A 6 aの延びる方向（空隙U B 1が延びる方向）において、非一様であり得る。即ち、空隙U B 1の幅は、定在波の発生が抑制されるように調整され得る。
- [0214] 特に、V H F帯又はU H F帯の高周波が空間S P内に放射される場合において、空隙U B 1の幅の調整が可能となる。この調整によって、プラズマの生成時に上部電極U A 2 1、上部電極U A 2 1 a、上部電極U A 2 1 b（より具体的に、誘電体板U A 6、誘電体板U A 6 a）と空間S P内で生じるプラズマとの間を伝搬する表面波（電波）の波長が好適に伸長され得る。よって、プラズマの均一性がより向上され得る。
- [0215] また、空隙U B 1は、誘電体ロッドU A 7、誘電体ロッドU D 1 5 a 9、誘電体ロッドU D 1 5 b 7によって、より安定的に画定され得る。
- [0216] また、プラズマからの入熱等により各部が熱膨張しても、誘電体板U A 6の端部と上部電極U A 2 1の端部とは、弾性部材U A 8 1等を介した押圧によって、互いに接続されるので、誘電体板U A 6が割れる等の不具合が回避され得る。
- [0217] また、空隙U B 1の幅が、上部電極U A 2 1、上部電極U A 2 1 a、誘電体板U A 6、誘電体板U A 6 aのそれぞれの端部から中心部に向けて増加する

場合に、表面波による定在波の生成が、回避され得る。

[0218] また、空隙UB1の幅が、上部電極UA21、上部電極UA21a、上部電極UA21b、誘電体板UA6、誘電体板UA6aのそれぞれの端部から中心部に向けて減少する場合に、表面波の減衰が抑制され得る。

[0219] また、空隙UB1に露出する上部電極UA21、上部電極UA21aのそれぞれの下面UAfが波打つ形状を有する場合には、プラズマシースの非線形な電流電圧特性により生じる高調波による影響を低減し得る。

[0220] また、誘電体ロッドUD15a9、誘電体ロッドUD15b7のそれぞれが移動することによって、空隙UB1の幅の詳細な調整が可能となる。

[0221] また、誘電体板UA6はシャワープレートなので、空間SPへのガスの供給が誘電体板UA6の下面UA61から行える。

[0222] また、複数のガス吐出孔UA22a及び複数のガス吐出孔UB2において互いに重なり合うガス吐出孔UA22a及びガス吐出孔UB2が設けられている。従って、上部電極UA21、上部電極UA21b及び誘電体板UA6から空間SP内へのガスの流れは良好となり得る。

[0223] また、特に図10に示す場合のように、ステージMA111内に設けられた一つ以上の導電層（導電層MA15、導電層MA16等）のうちステージMA111の上面MA13から最短の距離を有する導電層MA16は、環状に形成されている。従って、ステージMA111上に載置される基板Wに不均一にかかる高周波バイアスが、抑制され得る。

[0224] プラズマ処理装置1A～1Cを用いたプラズマ処理方法について説明する。この方法は、上部電極UA21又は上部電極UA21aと誘電体板UA6又は誘電体板UA6aとの間に設けられた空隙UB1の幅が誘電体板UA6又は誘電体板UA6aの延びる方向において非一様となっている状態において、プラズマ処理を行う。

[0225] 以上、種々の例示的实施形態について説明してきたが、上述した例示的实施形態に限定されることなく、様々な省略、置換、及び変更がなされてもよい。また、異なる例示的实施形態における要素を組み合わせる他の例示的实施

形態を形成することが可能である。

[0226] 以上の説明から、本開示の種々の例示的实施形態は、説明の目的で本明細書で説明されており、本開示の範囲及び主旨から逸脱することなく種々の変更をなし得ることが、理解されるであろう。したがって、本明細書に開示した種々の例示的实施形態は限定することを意図しておらず、真の範囲と主旨は、添付の特許請求の範囲によって示される。

符号の説明

[0227] 1 A…プラズマ処理装置、1 B…プラズマ処理装置、1 C…プラズマ処理装置、A X…軸線、C S…処理容器、D A 1 0…弾性部材、D A 1 1…側壁、D A 1 1 a…排気口、D A 1 2…突起部、D A 1 3…封止部材、D A 1 4…弾性部材、D A 2…入出口、D B 1 1…支持部、D B 1 2…排気管、D B 2 1…ベローズ、D B 2 2…ベローズ、D B 3…ばね、D B 4…水冷プレート、D B 6 1 a…コモンモードフィルタ、D B 6 1 b…コモンモードフィルタ、D B 6 2 a…ヒータ電源、D B 6 2 b…ヒータ電源、D B 6 3…直流電源、M A 1 1…ステージ、M A 1 1 1…ステージ、M A 1 1 2…ステージ、M A 1 1 a…本体、M A 1 1 b…本体、M A 1 2…外周部、M A 1 3…上面、M A 1 3 1…基板載置領域、M A 1 3 2…フォーカスリング搭載領域、M A 1 4…裏面、M A 1 5…導電層、M A 1 5 a…ヒータ部材、M A 1 5 b…ヒータ部材、M A 1 6…導電層、M A 2 1…導電部、M A 2 2…導電板、M A 2 3…導電性弾性部材、M A 3 1…排気室、M A 3 2…壁部、M A 3 3…通気孔、M A 4 1…ガス室、M A 4 2…壁部、M A 4 3…ガス放出溝、M B 1…バッフル部材、M B 2…プラズマ遮蔽板、M B 3…フォーカスリング、S P…空間、U A 1…導波路壁、U A 2 1…上部電極、U A 2 1 1…下部層、U A 2 1 a…上部電極、U A 2 1 b…上部電極、U A 2 2…空洞、U A 2 2 a…ガス吐出孔、U A 2 3…空隙、U A 2 3 a…絶縁体部、U A 2 4…外周部、U A 3 1…導波路、U A 3 2…端部、U A 4…絶縁部材、U A 5 1…サポートリング、U A 5 2…カバーリング、U A 6…誘電体板、U A 6 a…誘電体板、U A 6 1…下面、U A 7…誘電体ロッド、U A 8 1…弾性部材、U

A 8 2 …封止部材、U A 8 3 …封止部材、U A 9 …管、U A f …下面、U A g …上面、U B 1 …空隙、U B 2 …ガス吐出孔、U C 1 …高周波電源、U C 2 …整合器、U C 3 …ガス供給部、U C 3 1 …ガス配管、U D 1 0 …駆動機構、U D 1 1 …モーター、U D 1 2 …絶縁シャフト、U D 1 3 …プーリー、U D 1 4 …ベルト、U D 1 5 a …駆動部、U D 1 5 a 1 …プーリー、U D 1 5 a 2 …調整ねじ、U D 1 5 a 3 …容器、U D 1 5 a 4 …シャフト、U D 1 5 a 5 …ばね、U D 1 5 a 6 …Ｏリング、U D 1 5 a 7 …メス部、U D 1 5 a 8 …オス部、U D 1 5 a 9 …誘電体ロッド、U D 1 5 b …駆動部、U D 1 5 b 1 …プーリー、U D 1 5 b 2 …調整ねじ、U D 1 5 b 3 …容器、U D 1 5 b 4 …ボール、U D 1 5 b 5 …シャフト、U D 1 5 b 6 …ベローズ、U D 1 5 b 7 …誘電体ロッド、U D 2 …ガス供給器。

請求の範囲

- [請求項1] 処理容器と、
 前記処理容器内に設けられたステージと、
 前記ステージの上方に前記処理容器内の空間を介して設けられた誘電体板と、
 前記誘電体板の上方に設けられた上部電極と、
 V H F 帯又はU H F 帯の高周波を導波する導波路と、
 前記空間に向いて配置され、該空間に高周波を放射する前記導波路の端部と、
 を備え、
 前記上部電極と前記誘電体板との間には、空隙が設けられ、
 前記空隙の幅は、前記誘電体板の延びる方向において、非一様である、
 プラズマ処理装置。
- [請求項2] 前記誘電体板の端部と前記上部電極の端部とは、弾性部材を介した押圧によって、互いに接続される、
 請求項 1 に記載のプラズマ処理装置。
- [請求項3] 前記空隙の幅は、前記上部電極及び前記誘電体板のそれぞれの端部から中心部に向けて増加する、
 請求項 1 又は請求項 2 に記載のプラズマ処理装置。
- [請求項4] 前記空隙の幅は、前記上部電極及び前記誘電体板のそれぞれの端部から中心部に向けて減少する、
 請求項 1 又は請求項 2 に記載のプラズマ処理装置。
- [請求項5] 前記空隙に露出する前記上部電極の下面は、波打つ形状を有する、
 請求項 1 ～ 4 の何れか一項に記載のプラズマ処理装置。
- [請求項6] 前記上部電極と前記誘電体板との間に配置された誘電体ロッドを更に備え、
 前記空隙は、前記上部電極の端部と前記誘電体板の端部とが互いに

密着される状態において該上部電極と該誘電体板とが離間することによって、画定される、

請求項 1 ～ 5 の何れか一項に記載のプラズマ処理装置。

[請求項7] 前記空隙に露出する前記上部電極の下面に交差する基準方向に前記誘電体ロッドを移動させる駆動機構を更に備え、

前記誘電体ロッドは、前記誘電体板に接続又は接合される、或いは、該誘電体板と一体に形成される、

請求項 6 に記載のプラズマ処理装置。

[請求項8] 前記駆動機構は、前記誘電体ロッドを前記基準方向に駆動し、前記空隙の幅を伸縮する、

請求項 7 に記載のプラズマ処理装置。

[請求項9] 前記駆動機構は、モーターと第 1 プーリーと絶縁シャフトとベルトと駆動部とを備え、

前記モーターは、前記上部電極上に設けられ、

前記第 1 プーリーと前記ベルトと前記駆動部とは、前記上部電極内に設けられ、

前記絶縁シャフトは、前記モーターに連結し、

前記第 1 プーリーは、前記絶縁シャフトと前記ベルトとを連結し、

前記駆動部は、前記誘電体ロッドと前記ベルトとを連結し、前記絶縁シャフト及び該ベルトを介して伝達される前記モーターの動力を用いて前記基準方向に該誘電体ロッドを駆動し、

前記駆動部は、第 2 プーリーとシャフトとを備え、

前記第 2 プーリーは、前記ベルトと前記シャフトとを連結し、

前記シャフトは、前記誘電体ロッドにフローティングジョイントを介して連結する、

請求項 8 に記載のプラズマ処理装置。

[請求項10] 前記駆動機構は、前記上部電極と前記誘電体板とを離隔するように前記誘電体ロッドを前記基準方向に沿って移動させ、前記空隙の幅を

広げる、

請求項 7 に記載のプラズマ処理装置。

[請求項11] 前記駆動機構は、モーターと第 1 プーリーと絶縁シャフトとベルトと駆動部とを備え、

前記モーターは、前記上部電極上に設けられ、

前記第 1 プーリーと前記ベルトと前記駆動部とは、前記上部電極内に設けられ、

前記絶縁シャフトは、前記モーターに連結し、

前記第 1 プーリーは、前記絶縁シャフトと前記ベルトとを連結し、

前記駆動部は、前記誘電体ロッドと前記ベルトとを連結し、前記絶縁シャフト及び該ベルトを介して伝達される前記モーターの動力を用いて前記基準方向に該誘電体ロッドを駆動し、

前記駆動部は、第 2 プーリーとシャフトとを備え、

前記第 2 プーリーは、前記ベルトを前記シャフトに連結し、

前記シャフトは、前記誘電体ロッドに連結する、

請求項 10 に記載のプラズマ処理装置。

[請求項12] 前記誘電体板は、シャワープレートである、

請求項 1 ～ 11 の何れか一項に記載のプラズマ処理装置。

[請求項13] 前記上部電極は、複数の第 1 ガス吐出孔を有し、

前記誘電体板は、複数の第 2 ガス吐出孔を有し、

複数の前記第 1 ガス吐出孔と、複数の前記第 2 ガス吐出孔とは、前記空隙を介して連通し、

少なくとも複数の前記第 1 ガス吐出孔の一部と複数の前記第 2 ガス吐出孔の一部とは、互いに重なるように設けられる、

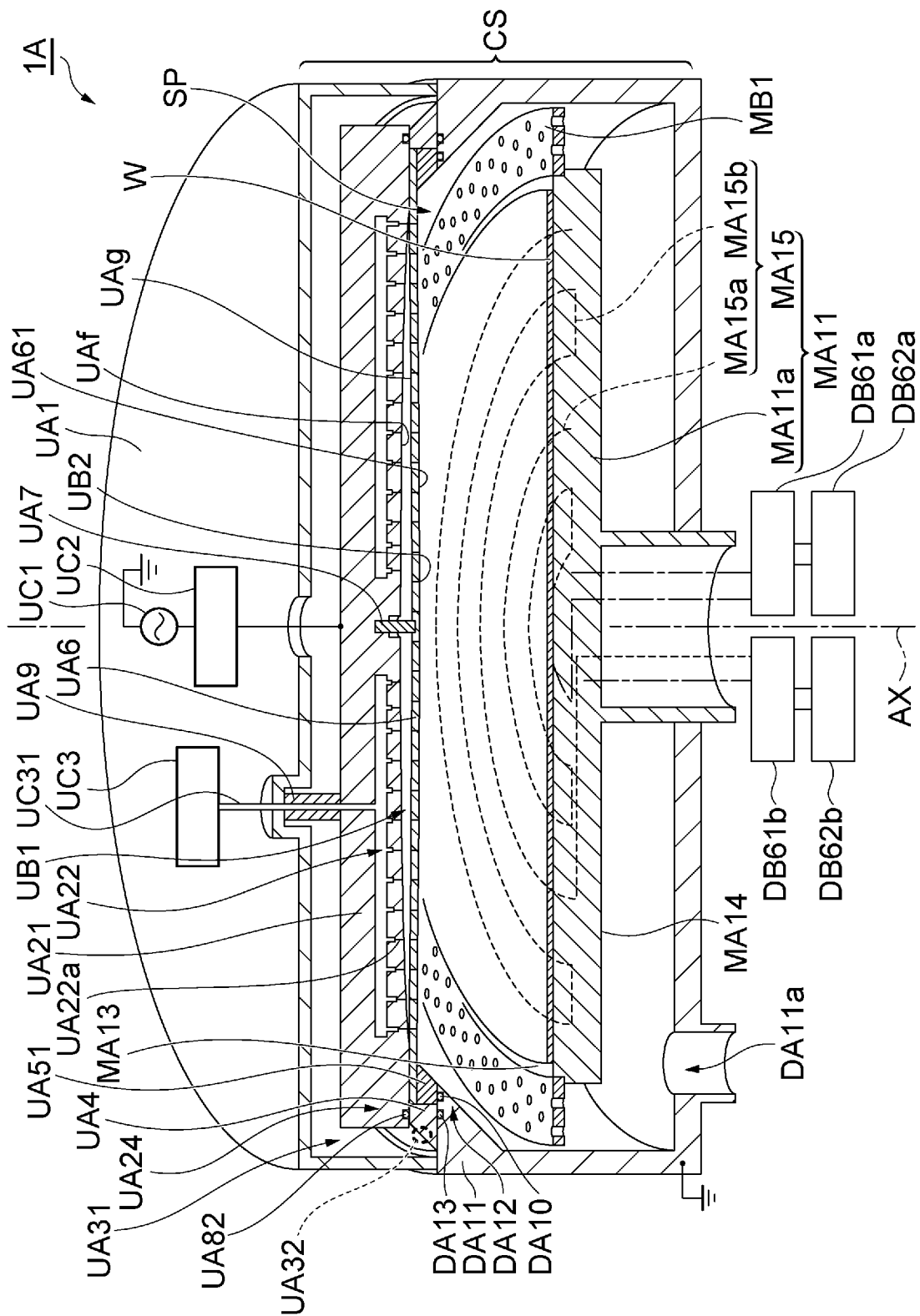
請求項 12 に記載のプラズマ処理装置。

[請求項14] 前記空隙は、外部のガス供給部に接続されたガス配管に連通している、

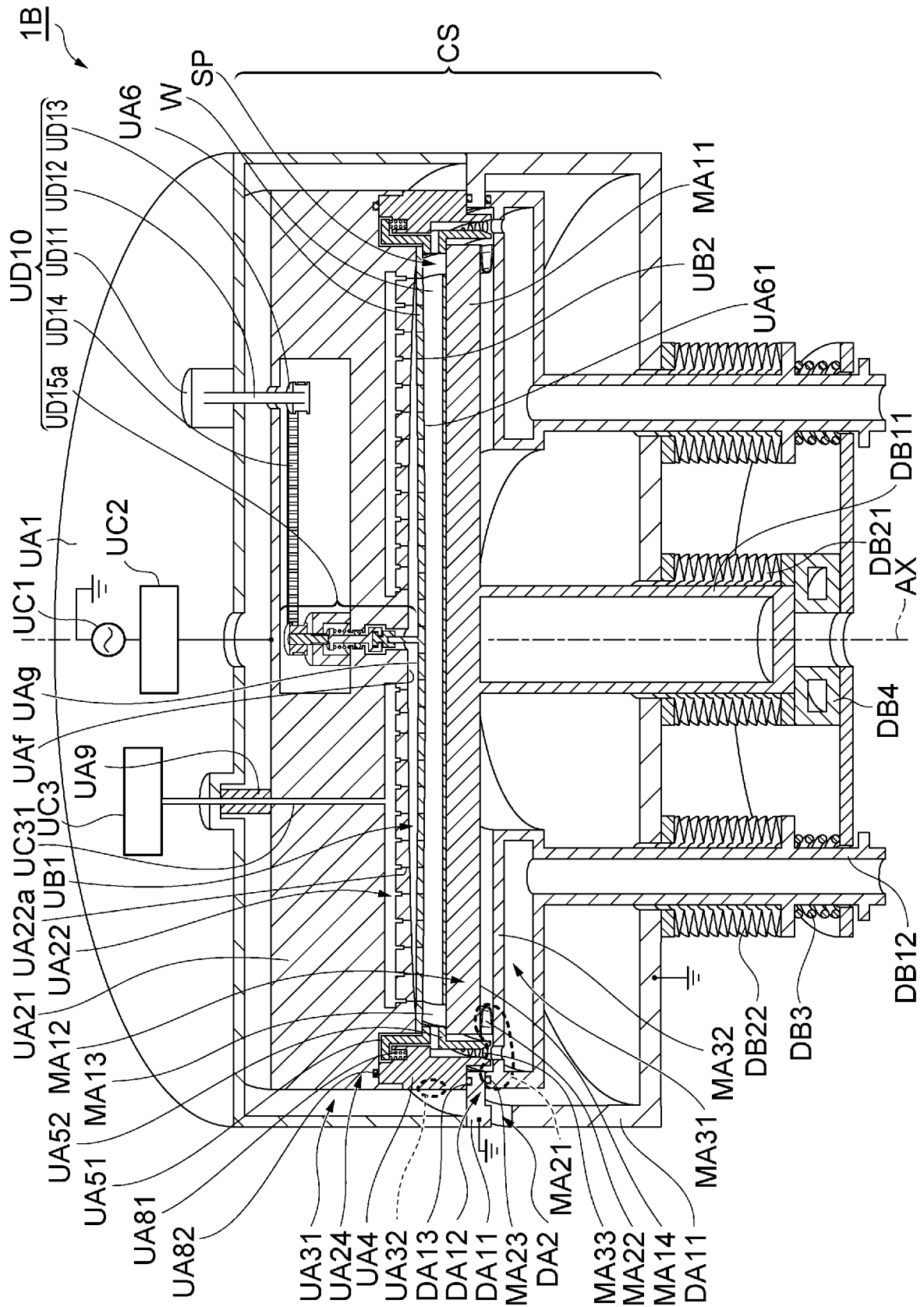
請求項 1 ～ 11 の何れか一項に記載のプラズマ処理装置。

- [請求項15] 前記ステージは、
絶縁体から形成された本体と、
前記本体内に設けられた導電層と、
を含み、
前記導電層は、前記ステージ内に設けられた一つ以上の導電層のうち該ステージの上面から最短の距離を有し、環状に形成される、
請求項1～14の何れか一項に記載のプラズマ処理装置。
- [請求項16] 前記導電層は、前記ステージ上に載置される基板の直径よりも小さい外径を有する、
請求項15に記載のプラズマ処理装置。
- [請求項17] 前記導電層は、前記ステージ上に載置される基板と該ステージとの間で静電引力を発生させるための電極、高周波が供給される電極、及び接地される電極のうち何れかである、
請求項15又は請求項16に記載のプラズマ処理装置。
- [請求項18] 前記導電層は、メッシュ状に形成される、
請求項15～17の何れか一項に記載のプラズマ処理装置。
- [請求項19] プラズマ処理装置を用いて被処理体にプラズマ処理を行うプラズマ処理方法であって、該プラズマ処理装置は処理容器、上部電極、誘電体板、導波路、ステージを備え、該ステージは該処理容器内に設けられ、該誘電体板は該ステージの上方に該処理容器の空間を介して設けられ、該上部電極は該誘電体板の上方に設けられ、該導波路はプラズマ処理に用いられるVHF帯又はUHF帯の高周波を導波し、該導波路の端部は該空間に向いて配置され該空間に高周波を放射し、該方法は、
前記上部電極と前記誘電体板との間に設けられた空隙の幅が該誘電体板の延びる方向において非一様となっている状態において、プラズマ処理を行う、
プラズマ処理方法。

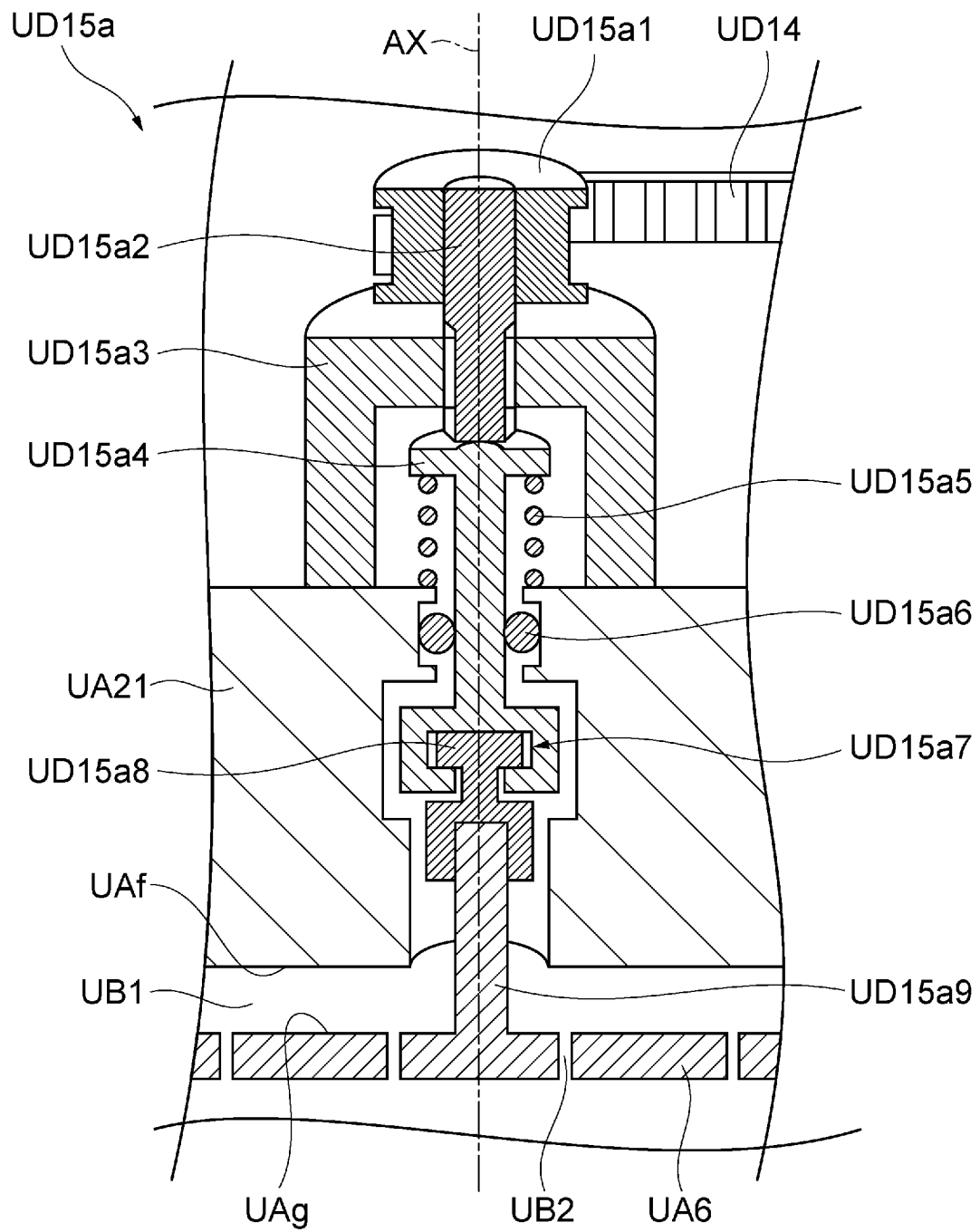
[図1]



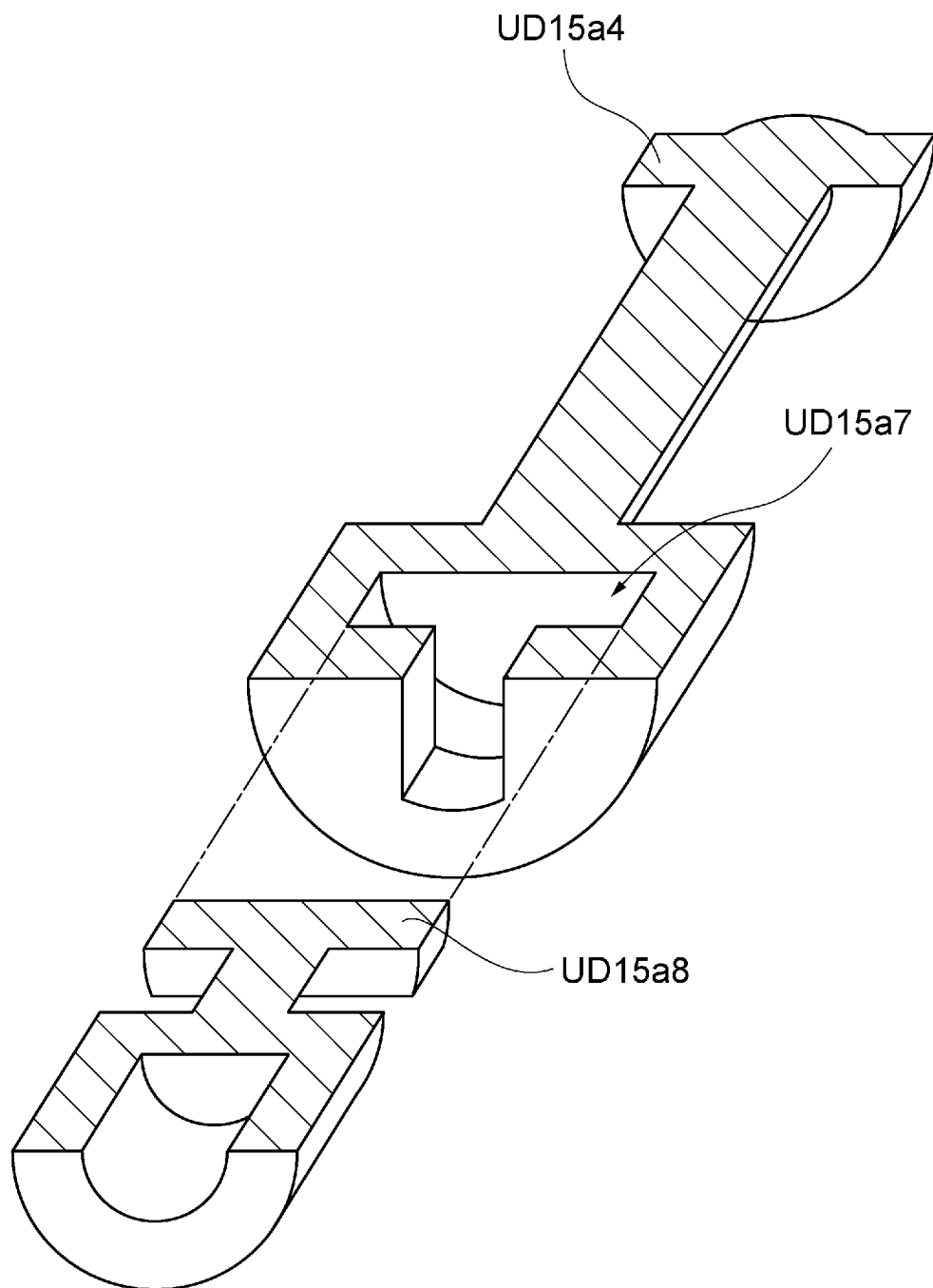
[図2]



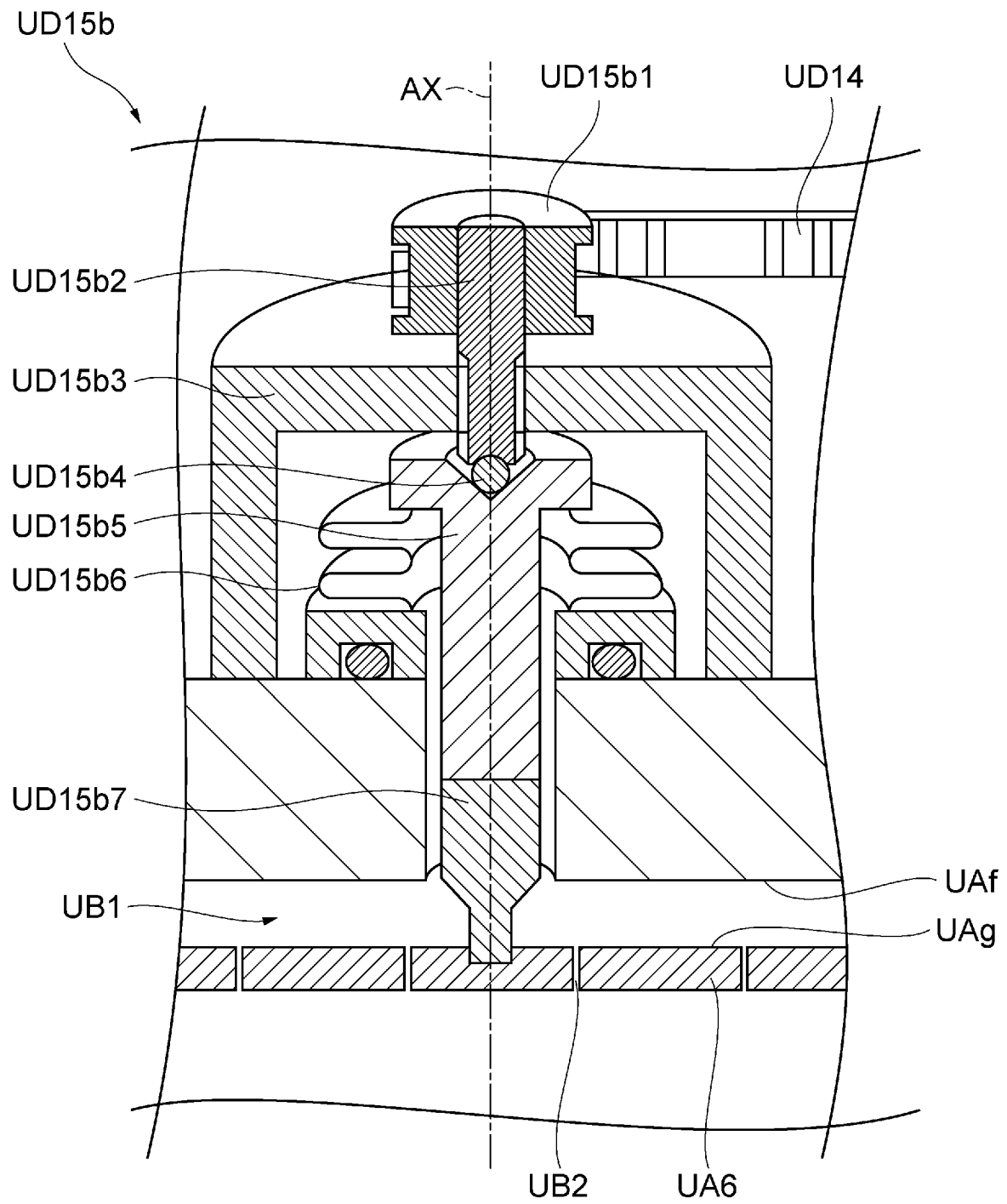
[図3]



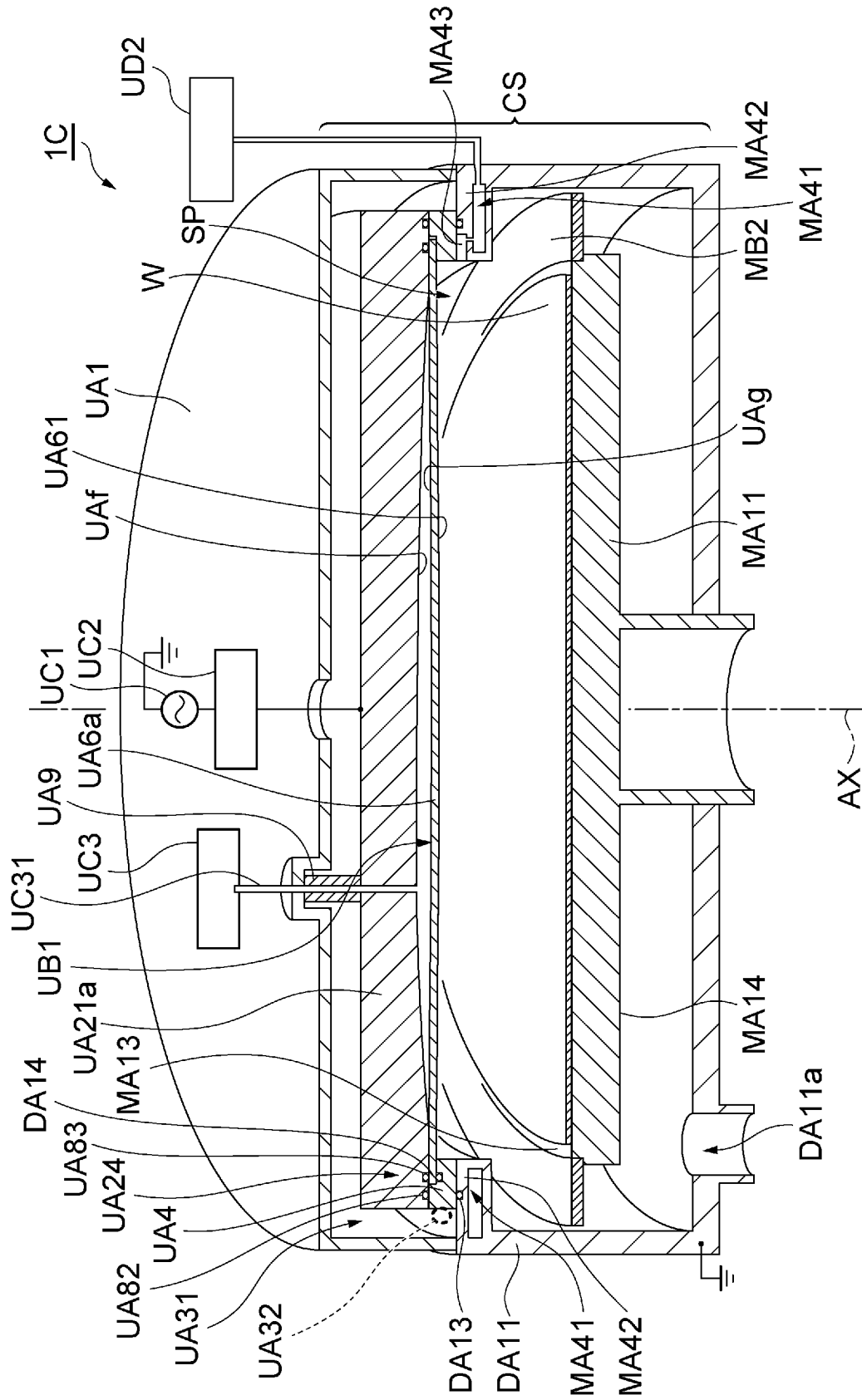
[図4]



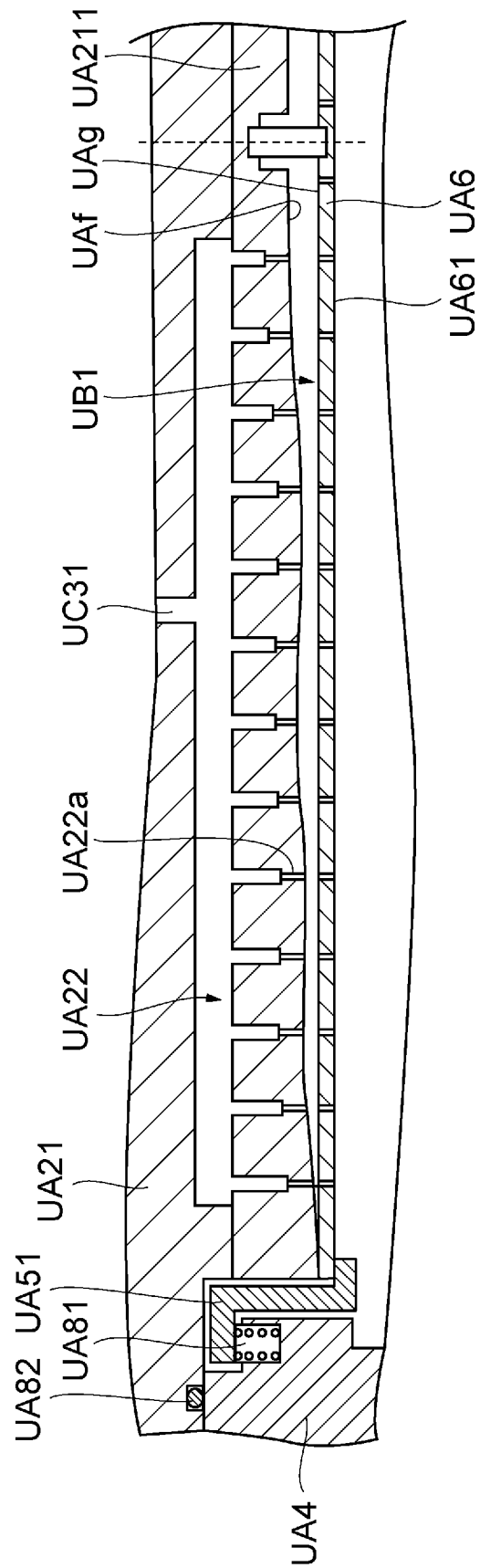
[図5]



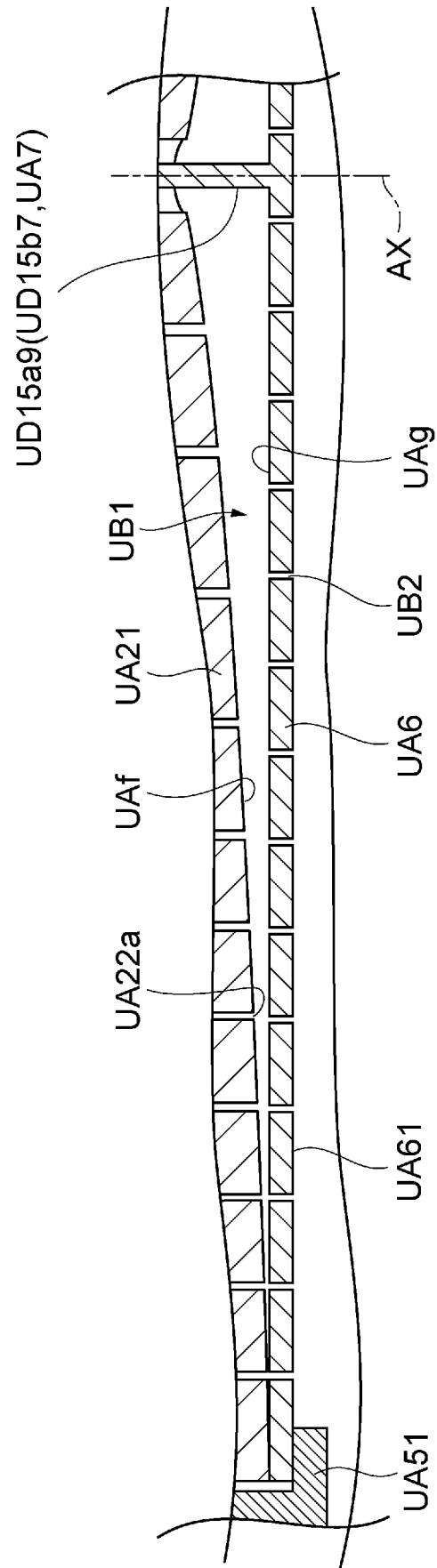
[図6]



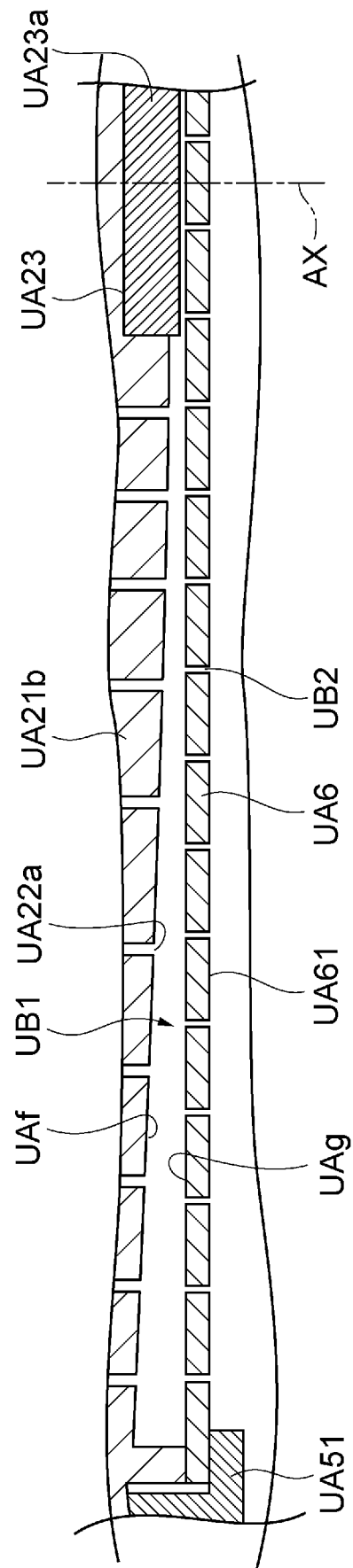
[図7]



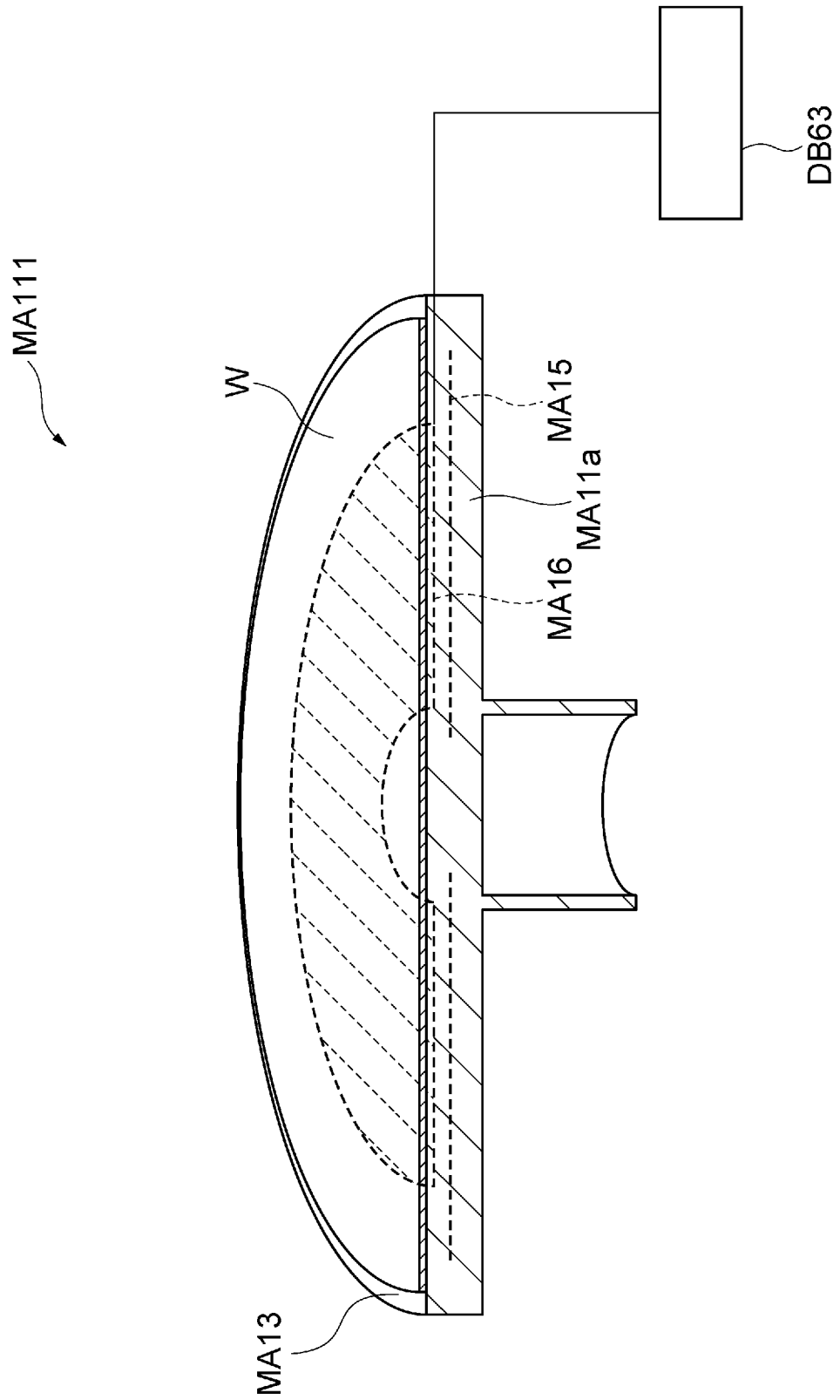
[図8]



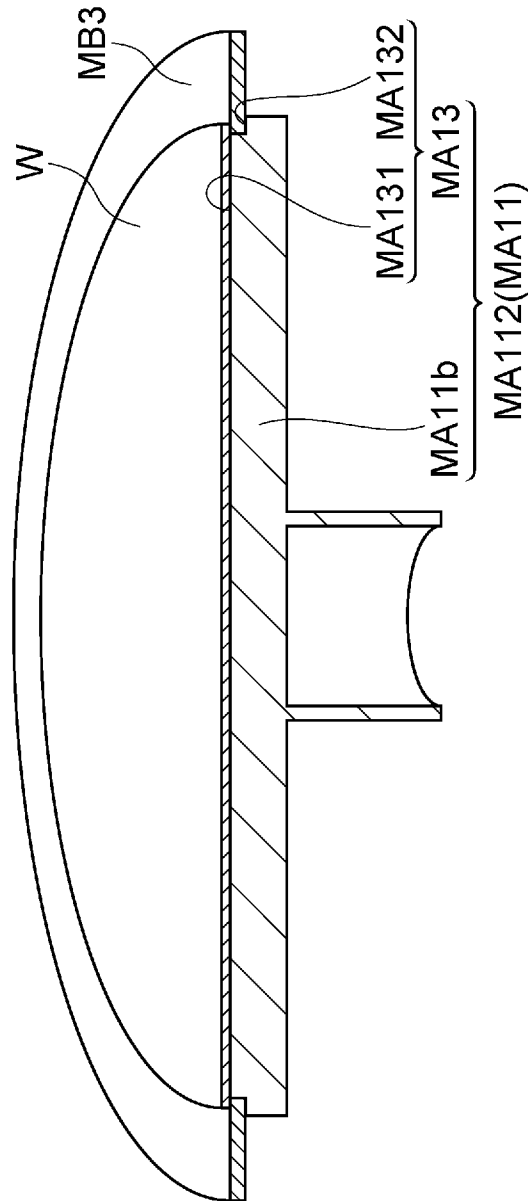
[図9]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/046237

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H05H 1/46 (2006.01) i; H01L 21/205 (2006.01) i; H01L 21/3065 (2006.01) i

FI: H05H1/46 M; H01L21/205; H01L21/302 101B

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; H01L21/205; H01L21/3065

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 1971-2020

Registered utility model specifications of Japan 1996-2020

Published registered utility model applications of Japan 1994-2020

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.
X	JP 2003-506889 A (UNAKIS TRADING AKTIENGESELLSCHAFT) 18.02.2003 (2003-02-18) paragraphs [0012]-[0028], [0062]-[0069], fig. 10-11	1-4, 12-14, 19
Y	paragraphs [0012]-[0028], [0062]-[0069], fig. 10-11	5, 15-18
A		6-11
Y	JP 2000-269146 A (ASM JAPAN KK) 29.09.2000 (2000-09-29)	5
A	paragraphs [0024]-[0032], fig. 2-3	6-11
Y	JP 2014-3179 A (TOKYO ELECTRON LTD.) 09.01.2014 (2014-01-09)	15-18
A	paragraphs [0023]-[0029], fig. 1-2	6-11
Y	JP 2000-299198 A (TOKYO ELECTRON LTD.) 24.10.2000 (2000-10-24)	15-18
A	paragraph [0010], fig. 1	6-11
A	WO 2008/153064 A1 (TOKYO ELECTRON LTD.) 18.12.2008 (2008-12-18)	6-11



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
06 February 2020 (06.02.2020)Date of mailing of the international search report
18 February 2020 (18.02.2020)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

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2019/046237

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2003-506889 A	18 Feb. 2003	US 2001/0023742 A1 paragraphs [0024]- [0045], [0090]- [0093], fig. 10-11 WO 2001/011658 A1 EP 2075822 A2	
JP 2000-269146 A	29 Sep. 2000	US 2003/0089314 A1 paragraphs [0049]- [0059], fig. 2-3.c TW 484188 B	
JP 2014-3179 A	09 Jan. 2014	KR 10-2000-0062949 A WO 2013/190805 A1 KR 10-2015-0024303 A TW 201414361 A	
JP 2000-299198 A	24 Oct. 2000	US 6311638 B1 column 2, line 63 to column 3, line 7, fig. 1	
WO 2008/153064 A1	18 Dec. 2008	US 2010/0183827 A1 CN 101632329 A KR 10-2010-0020974 A TW 201001480 A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H05H 1/46(2006.01)i; H01L 21/205(2006.01)i; H01L 21/3065(2006.01)i FI: H05H1/46 M; H01L21/205; H01L21/302 101B										
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）） H05H1/46; H01L21/205; H01L21/3065										
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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2020年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2020年	日本国実用新案登録公報	1996-2020年	日本国登録実用新案公報	1994-2020年
日本国実用新案公報	1922-1996年									
日本国公開実用新案公報	1971-2020年									
日本国実用新案登録公報	1996-2020年									
日本国登録実用新案公報	1994-2020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								
X	JP 2003-506889 A（ユナキス・トレーディング・アクチェンゲゼルシャフト） 18.02.2003（2003-02-18） [0012]-[0028], [0062]-[0069], 図10-11	1-4, 12-14, 19								
Y	[0012]-[0028], [0062]-[0069], 図10-11	5, 15-18								
A		6-11								
Y	JP 2000-269146 A（日本エー・エス・エム株式会社）29.09.2000（2000-09-29） [0024]-[0032], 図2-3	5								
A		6-11								
Y	JP 2014-3179 A（東京エレクトロン株式会社）09.01.2014（2014-01-09） [0023]-[0029], 図1-2	15-18								
A		6-11								
Y	JP 2000-299198 A（東京エレクトロン株式会社）24.10.2000（2000-10-24） [0010], Fig. 1	15-18								
A		6-11								
A	WO 2008/153064 A1（東京エレクトロン株式会社）18.12.2008（2008-12-18）	6-11								
☐ 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、一般的な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抵触するものではなく、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 06.02.2020		国際調査報告の発送日 18.02.2020								
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 山口 敦司 2G 9216 電話番号 03-3581-1101 内線 3226								

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2019/046237

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
JP	2003-506889	A	18.02.2003	US	2001/0023742	A1	
					[0024]-[0045], [0090]-[0093], Figs. 10-11		
				WO	2001/011658	A1	
				EP	2075822	A2	
JP	2000-269146	A	29.09.2000	US	2003/0089314	A1	
					[0049]-[0059], Figs. 2-3, c		
				TW	484188	B	
				KR	10-2000-0062949	A	
JP	2014-3179	A	09.01.2014	WO	2013/190805	A1	
				KR	10-2015-0024303	A	
				TW	201414361	A	
JP	2000-299198	A	24.10.2000	US	6311638	B1	
					column 2 line 63-column 3 line 7, Fig. 1		
WO	2008/153064	A1	18.12.2008	US	2010/0183827	A1	
				CN	101632329	A	
				KR	10-2010-0020974	A	
				TW	201001480	A	