

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7308498号
(P7308498)

(45)発行日 令和5年7月14日(2023.7.14)

(24)登録日 令和5年7月6日(2023.7.6)

(51)国際特許分類 F I
H 0 5 H 1/46 (2006.01) H 0 5 H 1/46 B

請求項の数 17 (全29頁)

(21)出願番号	特願2022-123459(P2022-123459)	(73)特許権者	000219967 東京エレクトロン株式会社 東京都港区赤坂五丁目3番1号
(22)出願日	令和4年8月2日(2022.8.2)	(73)特許権者	504157024 国立大学法人東北大学 宮城県仙台市青葉区片平二丁目1番1号
(62)分割の表示	特願2018-229232(P2018-229232))の分割	(74)代理人	100088155 弁理士 長谷川 芳樹
原出願日	平成30年12月6日(2018.12.6)	(74)代理人	100113435 弁理士 黒木 義樹
(65)公開番号	特開2022-140639(P2022-140639) A)	(74)代理人	100122507 弁理士 柏岡 潤二
(43)公開日	令和4年9月26日(2022.9.26)	(72)発明者	平山 昌樹 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
審査請求日	令和4年8月2日(2022.8.2)		最終頁に続く

(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)【特許請求の範囲】

【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設けられた上部電極と、
前記上部電極の直下に設けられた誘電体板と、
V H F 帯又はU H F 帯の高周波を導波する導波路と、
プラズマ生成空間に向けて配置され、該プラズマ生成空間に高周波を放射する前記導波路の端部と、
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と、
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、
前記上部電極の前記下面は、前記空隙に露出しており、
前記空隙の幅は、前記誘電体板の延びる方向において、非一様であり、
前記空隙は、前記誘電体ロッドによって維持され、
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、
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 1 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 7】

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 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 1 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 8 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 10】

前記誘電体板は、シャワープレートである、

請求項 1 ~ 9 の何れか一項に記載のプラズマ処理装置。

10

20

30

40

50

【請求項 1 1】

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 1 0 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 1 2】

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 ~ 9 の何れか一項に記載のプラズマ処理装置。

10

【請求項 1 3】

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 ~ 1 2 の何れか一項に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 1 4】

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 1 3 に記載のプラズマ処理装置。

20

【請求項 1 5】

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 1 3 又は請求項 1 4 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 1 6】

前記導電層は、メッシュ状に形成される、

請求項 1 3 ~ 1 5 の何れか一項に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 1 7】

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、誘電体ロッド、及び駆動機構を備え、該ステージは該処理容器内に設けられ、該上部電極は該ステージの上方に設けられ、該誘電体板は該上部電極の直下に設けられ、該導波路はプラズマ処理に用いられる V H F 帯又は U H F 帯の高周波を導波し、該導波路の端部はプラズマ生成空間に向けて配置され該プラズマ生成空間に高周波を放射し、該誘電体ロッドは該上部電極と該誘電体板との間に配置され、該駆動機構は該上部電極の下面に交差する基準方向に該誘電体ロッドを移動させ、該上部電極と該誘電体板との間には空隙が設けられ、該上部電極の該下面は該空隙に露出しており、該誘電体ロッドは該誘電体板に接続又は接合され、
 或いは、該誘電体板と一体に形成され、該方法は、

30

前記誘電体ロッドによって維持される前記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。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

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】

【0 0 0 2】

40

50

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】

10

【特許文献】

【0003】

【文献】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】

20

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、空間に向けて配置され、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。

30

【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。

40

【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

50

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、空間に向けて配置され、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】

VHF帯又はUHF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、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。

10

【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。

20

【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。

30

【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。

40

【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

50

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。

10

【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。

20

【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。

30

【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。

40

【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

50

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け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。

10

【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。

20

【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、COMMONモードフィルタDB61a、COMMONモードフィルタDB61b、ヒータ電源DB62a、ヒータ電源DB62b、を備える。

30

【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。

40

【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UA21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

50

る。導波路 U A 3 1 は、V H F 帯又は U H F 帯の高周波を導波し、高周波を空間 S P に導入する。本開示において高周波とは、V H F 帯又は U H F 帯の高周波を意味する。

【 0 0 3 9 】

導波路 U A 3 1 は、高周波が放射される端部 U A 3 2 を備える。端部 U A 3 2 は、空間 S P に向いて配置される。

【 0 0 4 0 】

端部 U A 3 2 は、絶縁部材 U A 4 および絶縁性のサポートリング U A 5 1 を介して、空間 S P に高周波を放射する。空間 S P は、誘電体板 U A 6 とステージ M A 1 1 との間の空間である。

【 0 0 4 1 】

側壁 D A 1 1 は、導波路壁 U A 1 の側部の下側に軸線 A X に沿って延びる。側壁 D A 1 1 は、導波路壁 U A 1 の下側において、軸線 A X に沿って延びる。

【 0 0 4 2 】

側壁 D 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。側壁 D A 1 1 は、接地される。

【 0 0 4 3 】

側壁 D A 1 1 は、突起部 D A 1 2 を備える。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。突起部 D A 1 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。封止部材 D A 1 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。

【 0 0 4 4 】

突起部 D A 1 2 は、弾性部材 D A 1 0 を介してサポートリング U A 5 1 に接続される。サポートリング U A 5 1 は、突起部 D A 1 2 上に設けられる。弾性部材 D A 1 0 は、押圧用に設けられている。

【 0 0 4 5 】

絶縁部材 U A 4 は、端部 U A 3 2 と、サポートリング U A 5 1 及び空間 S P との間に配置される。絶縁部材 U A 4 と上部電極 U A 2 1 とは、封止部材 U A 8 2 を介して接続される。絶縁部材 U A 4 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。

【 0 0 4 6 】

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 内に収容されている。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 の側部によって囲われている。

【 0 0 4 7 】

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。

【 0 0 4 8 】

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。

【 0 0 4 9 】

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。

【 0 0 5 0 】

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

10

20

30

40

50

ス供給部 U C 3 に連通している。

【 0 0 5 1 】

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。

【 0 0 5 2 】

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。

【 0 0 5 3 】

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。

10

【 0 0 5 4 】

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。

【 0 0 5 5 】

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。

20

【 0 0 5 6 】

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。

【 0 0 5 7 】

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 3 0 [c m] 以下であり得る。

【 0 0 5 8 】

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。

30

【 0 0 5 9 】

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。

40

【 0 0 6 0 】

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。

【 0 0 6 1 】

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。

【 0 0 6 2 】

50

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

10

20

30

40

50

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、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】

モンモードフィルタDB61a及び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。

10

【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MB1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。

20

【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。

30

【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ンド電位に設定された面(グランド面)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。

40

【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。

50

【 0 0 8 3 】

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 1 B について説明する。プラズマ処理装置 1 B における誘電体板 U A 6 の下面 U A 6 1 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、プラズマ処理装置 1 A の場合に比較して短く、例えば 5 [mm] 以上且つ 1 5 [mm] 以下であり得る。プラズマ処理装置 1 B の構成とプラズマ処理装置 1 A の構成とは、空間 S P の幅の相違に応じて、異なる。

【 0 0 8 4 】

プラズマ処理装置 1 B は、処理容器 C S を備える。プラズマ処理装置 1 B は、空間 S P 、導波路壁 U A 1 、上部電極 U A 2 1 、空洞 U A 2 2 、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。

10

【 0 0 8 5 】

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。

【 0 0 8 6 】

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。

20

【 0 0 8 7 】

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。

【 0 0 8 8 】

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。

【 0 0 8 9 】

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。

【 0 0 9 0 】

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。

30

【 0 0 9 1 】

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。

【 0 0 9 2 】

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。

40

【 0 0 9 3 】

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。

【 0 0 9 4 】

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。

【 0 0 9 5 】

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）

50

、ベルトUD14、駆動部UD15aを備える。

【0096】

モーターUD11は、導波路壁UA1上に設けられる。プーリーUD13とベルトUD14と駆動部UD15a（更に、後述する図5に示す駆動部UD15b）とは、上部電極UA21内に設けられる。

【0097】

絶縁シャフトUD12は、モーターUD11に連結する。プーリーUD13は、絶縁シャフトUD12とベルトUD14とを連結する。

【0098】

絶縁シャフトUD12は、モーターUD11の回転駆動に応じて回転する。プーリーUD13は、絶縁シャフトUD12の回転移動をベルトUD14の直線移動に変える。

10

【0099】

ベルトUD14の直線移動が駆動部UD15aに伝達され、駆動部UD15aの誘電体ロッドUD15a9（図3及び図4を参照しつつ後述する）の移動（上部電極UA21の下面Uafに交差する基準方向の移動）が行われ得る。駆動部UD15aの構成については、後に詳述される。

【0100】

空隙UB1は、上部電極UA21と誘電体板UA6との離間によって形成される。空隙UB1の幅（上部電極UA21と誘電体板UA6との間の距離）は、駆動機構UD10によって調整され得る。上部電極UA21と誘電体板UA6とは、誘電体ロッドUD15a9を有する駆動部UD15aが配置される軸線AXにおいて最も大きく離間し得る。

20

【0101】

プラズマ処理装置1BのステージMA11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MA11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MA31は、導電性の壁部MA32を備える。排気室MA31は、外周部MA12の周囲から側壁DA11に向けて延びる。

【0103】

壁部MA32は、通気孔MA33を備える。排気室MA31は、空間SPに連通している。空間SPは、通気孔MA33を介して、排気室MA31に連通している。排気室MA31は、排気管DB12に連通している。

30

【0104】

壁部MA32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DB12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ノ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MA33を介して排気室MA31に移動し、排気管DB12を介して外部に排気され得る。

40

【0107】

導電部MA21は、ステージMA11の外周部MA12と処理容器CSの側壁DA11との間に延びる。導電部MA21は、ステージMA11が有する導電層と処理容器CSの側壁DA11とに電氣的に接続される。

【0108】

導電部MA21は、導波路UA31の端部UA32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MA12から側壁DA11に向けて延びる。導電部MA21は、導電板MA22を備える。導電部MA21は、壁部MA32の一部を含む。

【0109】

50

導電板 M A 2 2 は、外周部 M A 1 2 においてステージ M A 1 1 の裏面 M A 1 4 に電氣的に接触している。導電板 M A 2 2 は、ネジ（不図示）によって外周部 M A 1 2 の裏面および壁部 M A 3 2 の上面に接合（固定）される。

【 0 1 1 0 】

導電板 M A 2 2 は、可撓性の薄板である。導電板 M A 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、タンゲステン、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 M A 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。

【 0 1 1 1 】

側壁 D A 1 1 は、入出口 D A 2 を備える。基板 W は、入出口 D A 2 を介して、処理容器 C S 内に搬入および搬出される。

【 0 1 1 2 】

支持部 D B 1 1 は、ステージ M A 1 1 に接続される。ステージ M A 1 1 は、支持部 D B 1 1 上に設けられる。支持部 D B 1 1 を上下移動（上部電極 U A 2 1 に近づく移動又は上部電極 U A 2 1 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 M A 1 1 が上下移動する。

【 0 1 1 3 】

支持部 D B 1 1 の下部には、水冷プレート D B 4 が配置される。支持部 D B 1 1 は、水冷プレート D B 4 に接している。ステージ M A 1 1 の熱は、支持部 D B 1 1 及び水冷プレート D B 4 を介して、外部に排出され得る。

【 0 1 1 4 】

排気管 D B 1 2 は、壁部 M A 3 2 に接続されており、排気室 M A 3 1 に連通している。壁部 M A 3 2 は、排気管 D B 1 2 上に設けられる。排気管 D B 1 2 を介して、排気室 M A 3 1 内のガスが外部に排出され得る。

【 0 1 1 5 】

ばね D B 3 を介して排気管 D B 1 2 を上下移動させることによって、排気室 M A 3 1 及び壁部 M A 3 2 が上下移動する。

【 0 1 1 6 】

ベローズ D B 2 2 の材料は、ステンレス等の導電性の材料であり得る。ばね D B 3 の材料は、ステンレス等の導電性の材料であり得る。

【 0 1 1 7 】

壁部 M A 3 2 は、ばね D B 3 の弾性によって、上部電極 U A 2 1 の側（上方）に安定的に配置され得る。これによって、壁部 M A 3 2 の外周部は、突起部 D A 1 2 の裏面に密着する。更に導電性弾性部材 M A 2 3 の弾性によって、壁部 M A 3 2 の外周部と突起部 D A 1 2 とが安定的に電氣的に接触され得る。

【 0 1 1 8 】

プラズマ処理装置 1 B において、高周波は、導波路 U A 3 1 の端部 U A 3 2 から絶縁部材 U A 4 を介して、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。また、絶縁部材 U A 4 によって、空間 S P の周辺部への放電が抑制され得る。

【 0 1 1 9 】

以下、図 3、図 4 を参照して、駆動部 U D 1 5 a の構成を説明する。駆動部 U D 1 5 a は、プーリー U D 1 5 a 1（第 2 プーリー）、調整ねじ U D 1 5 a 2、容器 U D 1 5 a 3、シャフト U D 1 5 a 4、ばね U D 1 5 a 5 を備える。ばね U D 1 5 a 5 の材料は、例えば、ステンレス等であり得る。

【 0 1 2 0 】

駆動部 U D 1 5 a は、更に、リング U D 1 5 a 6、フローティングジョイントのオス

10

20

30

40

50

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。

10

【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。

20

【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UD15a4は、誘電体ロッドUD15a9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UD15a7及びフローティングジョイントのオス部UD15a8)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UD15a7、フローティングジョイントのオス部UD15a8、誘電体ロッドUD15a9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UD15a7、フローティングジョイントのオス部UD15a8、誘電体ロッドUD15a9のそれぞれは、軸線AXに沿って直線的に移動し得る。

30

【0129】

プーリーUD15a1は、ベルトUD14に接続される。プーリーUD15a1は、ベルトUD14の直線移動を、軸線AXの回りの調整ねじUD15a2の回転移動と軸線AXに沿った調整ねじUD15a2の直線移動とに変える。

【0130】

調整ねじUD15a2は、容器UD15a3に保持される。容器UD15a3は、上部電極UA21内に接合(固定)される。容器UD15a3内には、シャフトUD15a4の上端、ばねUD15a5が収容される。

40

【0131】

調整ねじUD15a2の下端は、シャフトUD15a4の上端に接触する。調整ねじUD15a2の下端は、ばねUD15a5の弾性力によってシャフトUD15a4の上端に密着される。シャフトUD15a4は、調整ねじUD15a2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】

リングUD15a6は、上部電極UA21内におけるシャフトUD15a4の配置を

50

安定させると共に、空隙UB1を封止し得る。

【0133】

シャフトUD15a4の下端は、フローティングジョイントのメス部UD15a7を有する。フローティングジョイントのメス部UD15a7には、フローティングジョイントのオス部UD15a8が嵌め込まれる。フローティングジョイントのオス部UD15a8は、シャフトUD15a4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UD15a8の下端は誘電体ロッドUD15a9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。

10

【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。

20

【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。

30

【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。

40

【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。

50

【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。

10

【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UD15b2とシャフトUD15b5とは、接合（固定）されてはいない（ボールUD15b4を介して連結される）ので、互いに離隔し得る。

20

【0149】

ベローズUD15b6は、空隙UB1を封止し得る。ベローズUD15b6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UD15b5の下端は、誘電体ロッドUD15b7の上端に接続される。誘電体ロッドUD15b7の下端は、誘電体板UA6に接続される。誘電体ロッドUD15b7は、シャフトUD15b5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。

30

【0151】

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UD15b7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UD15b7の駆動は、誘電体板UA6と上部電極UA21とを離隔させ得る。

【0152】

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UD15b2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。

【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1Cについて説明する。プラズマ処理装置1Cは、処理容器CSを備える。プラズマ処理装置1Cは、空間SP、導波路壁UA1、上部電極UA21a、導波路UA31、絶縁部材UA4、誘電体板UA6a、封止部材UA82、封止部材UA83、管UA9、空隙UB1、ガス配管UC31を備える。

40

【0154】

プラズマ処理装置1Cは、側壁DA11、排気口DA11a、封止部材DA13、弾性部材DA14を備える。

【0155】

プラズマ処理装置1Cは、ステージMA11、プラズマ遮蔽板MB2を備える。

50

【 0 1 5 6 】

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。

【 0 1 5 7 】

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。

【 0 1 5 8 】

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。

【 0 1 5 9 】

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。

10

【 0 1 6 0 】

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。

【 0 1 6 1 】

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。

20

【 0 1 6 2 】

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。

【 0 1 6 3 】

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。

30

【 0 1 6 4 】

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。

【 0 1 6 5 】

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。

40

【 0 1 6 6 】

弾性部材 D A 1 4 は、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。

【 0 1 6 7 】

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

50

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。

【 0 1 6 8 】

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 1 0 [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。

【 0 1 6 9 】

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。

【 0 1 7 0 】

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。

【 0 1 7 1 】

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。

【 0 1 7 2 】

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。

【 0 1 7 3 】

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。

【 0 1 7 4 】

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。

【 0 1 7 5 】

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。

【 0 1 7 6 】

10

20

30

40

50

次に、空隙UB1の形状の具体例について説明する。空隙UB1の形状は、上記したように、下面UAfと上面UAgとによって画定される。下面UAf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UAf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UA21aに適用され得る）。この場合、下面UAf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UAfの波状の形状は、一具体例として図7に示す下面UAfの形状であり得る。また、下面UAfの階段状の形状は、上部電極UA21の下面UAf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。

10

【0178】

図7に示すように、上部電極UA21は、下部層UA211を備えてもよい。下部層UA211は、上部電極UA21の下面UAfを備える。下部層UA211は、上部電極UA21において着脱が自在であり、複数の下面UAf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UAf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UA21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UAfを有する下部層UA211を上部電極UA21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。

20

【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。

30

【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。

40

【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】

50

上部電極 U A 2 1 b では、軸線 A X が交差する下面 U A f 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。

【 0 1 8 6 】

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。

【 0 1 8 7 】

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。

【 0 1 8 8 】

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。

【 0 1 8 9 】

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。

【 0 1 9 0 】

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。

【 0 1 9 1 】

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 S P 内で露出された面である。

【 0 1 9 2 】

表面波の波長 λ [c m] は、空間 S P 内における下面 U A 6 1 の近傍での電子密度 n_e [$c m^{-3}$] 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 [M H z] 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 [c m] は、一例として、空間 S P 内における下面 U A 6 1 の近傍での 3 [e V] の電子温度と $1 \times 10^{11} c m^{-3}$ の電子密度とデバイ長の 1.5 倍の値のシー幅とを用いて算出された。

【 0 1 9 3 】

$\lambda > L$ の場合、軸線 A X 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 U B 1 の形状が好適である。 $\lambda < L$ の場合、表面波の減衰が生じ易いので、図 9 に示す空隙 U B 1 の形状が好適である。

【 0 1 9 4 】

上記した λ [c m] は、 f [M H z] の二乗に反比例しているため、 f [M H z] が表面波の伝搬に及ぼす影響は比較的大きい。従って、図 8 に示す空隙 U B 1 の形状、図 9 に示す空隙 U B 1 の形状の何れの形状を用いても、 λ [c m] を調整することによってプラズマの径方向（軸線 A X に交差する方向であり、誘電体板 U A 6 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 [M H z] を連続的に変えられるようにしても良いし、複数の f [M H z] 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。

10

20

30

40

50

【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MA15aは、ヒータ電源DB62aにコモンモードフィルタDB61aを介して電氣的に接続される。ヒータ部材MA15bは、ヒータ電源DB62bにコモンモードフィルタDB61bを介して電氣的に接続される。

10

【0198】

ステージMA111は、導電層MA16を更に備える。導電層MA16は、本体MA11a内に設けられている。導電層MA16には、直流電源DB63が電氣的に接続される。

【0199】

導電層MA15とステージMA111の上面MA13との間の距離は、導電層MA16とステージMA111の上面MA13との間の距離よりも大きい。即ち、導電層MA16とステージMA111の上面MA13との距離は、ステージMA111の複数の導電層のそれぞれと上面MA13との距離のうち、最短の距離である。

20

【0200】

導電層MA16は、本体MA11a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MA16は、メッシュ状に形成されていてもよい。

【0201】

導電層MA16は、ステージMA111内に設けられた一つ以上の導電層のうちステージMA111の上面MA13から最短の距離を有している。導電層MA16は、ステージMA111上に載置される基板WとステージMA111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MA16は、環状に形成される。

30

【0202】

本体MA11a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MA16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MB1に代えてフォーカスリングMB3を備え、ステージMA11に代えてステージMA112を備え得る。上記したプラズマ処理装置1Cは、プラズマ遮蔽板MB2に代えてフォーカスリングMB3を備え、ステージMA11に代えてステージMA112を備え得る。

40

【0204】

ステージMA112は、処理容器CS内に設けられる。ステージMA112は、本体MA11bを有する。

【0205】

ステージMA112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MA112は、略円盤形状を有し得る。ステージMA112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MB3は、ステージMA112の上面MA13上に設けられている。

50

フォーカスリングMB3は、上面MA13の周縁に沿って延びている。フォーカスリングMB3の内径は、ステージMA112の上面MA13の直径よりも小さい。

【0207】

ステージMA112の上面MA13は、基板載置領域MA131及びフォーカスリング搭載領域MA132を含んでいる。基板載置領域MA131は、略円形の領域である。基板Wは、基板載置領域MA131上に載置される。基板載置領域MA131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MA132は、基板載置領域MA131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MA132の鉛直方向の位置は、基板載置領域MA131の鉛直方向の位置のよりも低い。

10

【0209】

フォーカスリング搭載領域MA132上には、フォーカスリングMB3が搭載される。フォーカスリングMB3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MB3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MB3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MA132上に搭載される。

【0211】

ステージMA112によれば、フォーカスリングMB3によってステージMA112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MB3によって抑制される。

20

【0212】

上記の複数の例示的实施形態によれば、上部電極UA21、上部電極UA21a、上部電極UA21bと、プラズマの生成時に空間SP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UA6、誘電体板UA6a）との間に、空隙UB1が設けられる。VHF帯又はUHF帯の高周波の場合には、定在波の発生によって、誘電体板UA6、誘電体板UA6aの下面UA61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UB1の存在によって、定在波の発生が抑制されて、空間SP内における上部電極UA21、上部電極UA21a、上部電極UA21b（より具体的に、誘電体板UA6、誘電体板UA6a）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。

30

【0213】

また、空隙UB1の幅（下面Uafと上面Uagとの間の距離）は、誘電体板UA6、誘電体板UA6aの延びる方向（空隙UB1が延びる方向）において、非一様であり得る。即ち、空隙UB1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、VHF帯又はUHF帯の高周波が空間SP内に放射される場合において、空隙UB1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UA21、上部電極UA21a、上部電極UA21b（より具体的に、誘電体板UA6、誘電体板UA6a）と空間SP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。

40

【0215】

また、空隙UB1は、誘電体ロッドUA7、誘電体ロッドUD15a9、誘電体ロッドUD15b7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UA6の端部と上部電極UA21の端部とは、弾性部材UA81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UA6が割れる等の不具合が回避され得る。

【0217】

50

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。

【 0 2 1 8 】

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、上部電極 U A 2 1 b、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減少する場合に、表面波の減衰が抑制され得る。

【 0 2 1 9 】

また、空隙 U B 1 に露出する上部電極 U A 2 1、上部電極 U A 2 1 a のそれぞれの下面 U A f 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。

10

【 0 2 2 0 】

また、誘電体ロッド U D 1 5 a 9、誘電体ロッド U D 1 5 b 7 のそれぞれが移動することによって、空隙 U B 1 の幅の詳細な調整が可能となる。

【 0 2 2 1 】

また、誘電体板 U A 6 はシャワープレートなので、空間 S P へのガスの供給が誘電体板 U A 6 の下面 U A 6 1 から行える。

【 0 2 2 2 】

また、複数のガス吐出孔 U A 2 2 a 及び複数のガス吐出孔 U B 2 において互いに重なり合うガス吐出孔 U A 2 2 a 及びガス吐出孔 U B 2 が設けられている。従って、上部電極 U A 2 1、上部電極 U A 2 1 b 及び誘電体板 U A 6 から空間 S P 内へのガスの流れは良好となり得る。

20

【 0 2 2 3 】

また、特に図 1 0 に示す場合のように、ステージ M A 1 1 1 内に設けられた一つ以上の導電層（導電層 M A 1 5、導電層 M A 1 6 等）のうちステージ M A 1 1 1 の上面 M A 1 3 から最短の距離を有する導電層 M A 1 6 は、環状に形成されている。従って、ステージ M A 1 1 1 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。

【 0 2 2 4 】

プラズマ処理装置 1 A ~ 1 C 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 U A 2 1 又は上部電極 U A 2 1 a と誘電体板 U A 6 又は誘電体板 U A 6 a との間に設けられた空隙 U B 1 の幅が誘電体板 U A 6 又は誘電体板 U A 6 a 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。

30

【 0 2 2 5 】

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ことで他の例示的实施形態を形成することが可能である。

【 0 2 2 6 】

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。

40

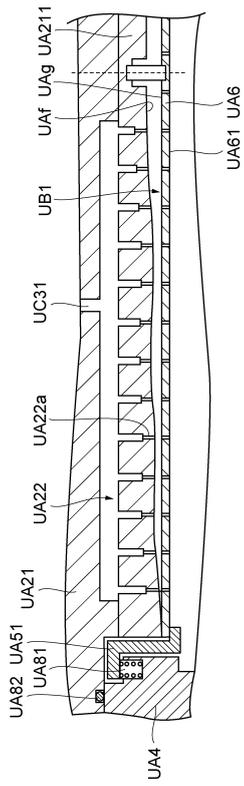
【 符号の説明 】

【 0 2 2 7 】

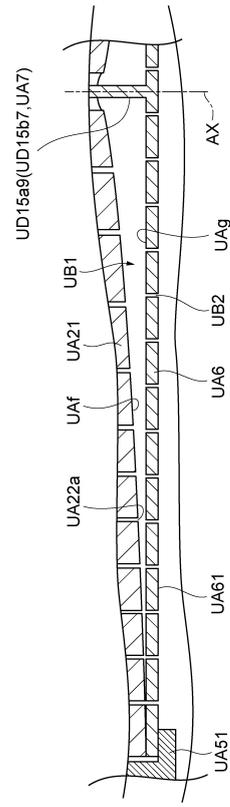
1 A ... プラズマ処理装置、1 B ... プラズマ処理装置、1 C ... プラズマ処理装置、A X ... 軸線、C S ... 処理容器、D A 1 0 ... 弾性部材、D A 1 1 ... 側壁、D A 1 1 a ... 排気口、D A 1 2 ... 突起部、D A 1 3 ... 封止部材、D A 1 4 ... 弾性部材、D A 2 ... 入出口、D B 1 1 ... 支持部、D B 1 2 ... 排気管、D B 2 1 ... ベローズ、D B 2 2 ... ベローズ、D B 3 ... ばね、D B 4 ... 水冷プレート、D B 6 1 a ... コ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

50

【 図 7 】



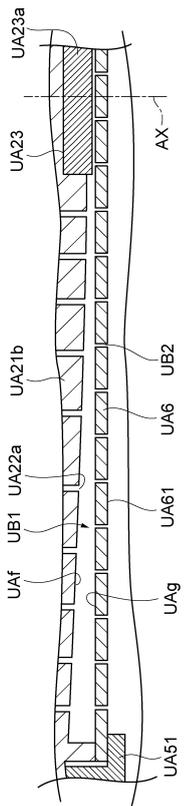
【 図 8 】



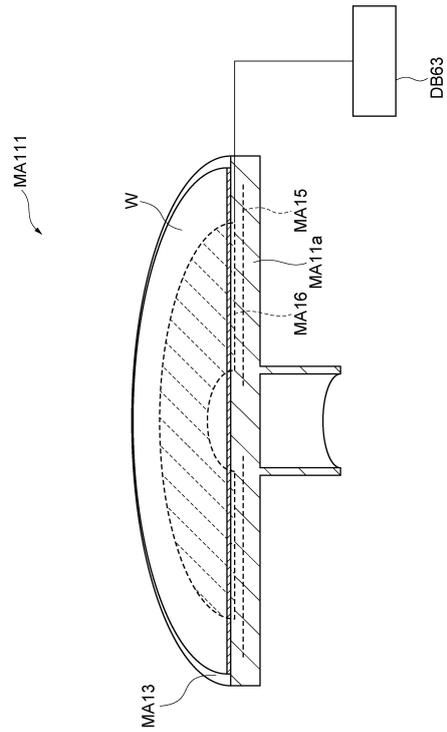
10

20

【 図 9 】



【 図 10 】

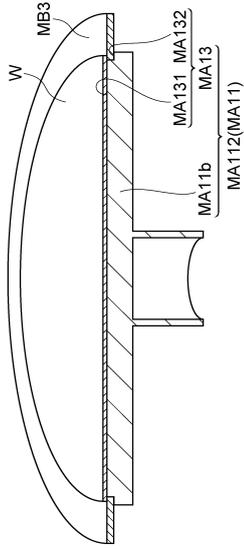


30

40

50

【 1 1 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

審査官 大門 清

- (56)参考文献 特表2007-535789(JP,A)
米国特許出願公開第2005/0241583(US,A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
H05H 1/46
C23C 16/00