

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6584355号
(P6584355)

(45) 発行日 令和1年10月2日(2019.10.2)

(24) 登録日 令和1年9月13日(2019.9.13)

| | | | |
|----------------|-----------|----------------|---|
| (51) Int.Cl. | | F I | |
| HO 1 L 21/31 | (2006.01) | HO 1 L 21/31 | C |
| HO 1 L 21/316 | (2006.01) | HO 1 L 21/316 | X |
| HO 1 L 21/318 | (2006.01) | HO 1 L 21/318 | B |
| C 2 3 C 16/505 | (2006.01) | C 2 3 C 16/505 | |
| C 2 3 C 16/458 | (2006.01) | C 2 3 C 16/458 | |

請求項の数 17 (全 25 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2016-65238 (P2016-65238)
 (22) 出願日 平成28年3月29日(2016.3.29)
 (65) 公開番号 特開2017-183379 (P2017-183379A)
 (43) 公開日 平成29年10月5日(2017.10.5)
 審査請求日 平成30年8月9日(2018.8.9)

(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
 (74) 代理人 100107766
 弁理士 伊東 忠重
 (74) 代理人 100070150
 弁理士 伊東 忠彦
 (72) 発明者 加藤 寿
 東京都港区赤坂五丁目3番1号 赤坂B i
 zタワー 東京エレクトロン株式会社内
 審査官 鈴木 聡一郎

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】

処理室と、

該処理室内に設けられ、周方向に沿って基板を上面に載置可能な回転テーブルと、
 前記処理室の上面より上方に、前記回転テーブルの半径方向において移動可能に設けられたアンテナを有し、前記半径方向において前記回転テーブルにプラズマを局所的に照射可能なプラズマ発生器と、

前記処理室の上面に設けられ、前記アンテナを前記半径方向に沿ってスライド移動させるスライド機構と、を有し、

前記スライド機構は、前記アンテナを支持するスライダと、

前記スライド機構の移動方向に沿って延在し、前記スライダを前記移動方向に沿ってスライド移動可能に支持するガイド手段と、

前記スライダ又は前記ガイド手段を駆動し、前記スライダを所望の位置にスライド移動させる駆動手段と、を有し、

前記アンテナは、ファラデーシールドに囲まれているとともに、該ファラデーシールドは前記スライダに固定されており、

前記アンテナは、前記ファラデーシールドとともにスライド移動するように構成されているプラズマ処理装置。

【請求項2】

前記アンテナは、前記半径方向において、前記回転テーブルの半径の1/2以下の長さ

を有する請求項 1 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 3】

前記アンテナは、前記半径方向に沿って移動可能である請求項 1 又は 2 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 4】

処理室と、

該処理室内に設けられ、周方向に沿って基板を上面に載置可能な回転テーブルと、
前記処理室の上面より上方に、前記回転テーブルの半径方向において移動可能に設けられたアンテナを有し、前記半径方向において前記回転テーブルにプラズマを局所的に照射可能なプラズマ発生器と、

10

前記処理室の上面上に設けられ、前記アンテナを前記半径方向に沿ってスライド移動させるスライド機構と、を有し、

前記スライド機構は、前記アンテナを支持するスライダと、

前記スライド機構の移動方向に沿って延在し、前記スライダを前記移動方向に沿ってスライド移動可能に支持するガイド手段と、

前記スライダ又は前記ガイド手段を駆動し、前記スライダを所望の位置にスライド移動させる駆動手段と、を有し、

前記ガイド手段はボールネジであり、

前記駆動手段はモータであるプラズマ処理装置。

20

【請求項 5】

前記アンテナは、前記処理室の上面に設けられた窪み領域に設けられ、前記スライダに吊り下げ支持されている請求項 1 乃至 4 のいずれか一項 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 6】

前記スライダには整合器が一体的に設けられ、

前記アンテナは前記整合器とともにスライド移動するように構成された請求項 1 乃至 5 のいずれか一項に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 7】

前記アンテナは、ファラデーシールドに囲まれているとともに、該ファラデーシールドは前記スライダに固定されており、

30

前記アンテナは、前記ファラデーシールドとともにスライド移動するように構成されている請求項 1 乃至 6 のいずれか一項に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 8】

前記駆動手段は、前記スライダの移動速度を変更可能である請求項 1 乃至 7 のいずれか一項に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 9】

前記駆動手段により駆動される前記スライダの位置及び該位置における移動速度を制御する制御手段を更に有する請求項 8 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 10】

前記制御手段は、前記スライダが前記回転テーブルの第 1 の位置にあるときの第 1 の移動速度が、前記スライダが前記第 1 の位置よりも内周側の第 2 の位置にあるときの第 2 の移動速度以下となるように前記スライダの前記移動速度を制御する請求項 9 に記載のプラズマ処理装置。

40

【請求項 11】

前記制御手段は、前記プラズマ発生器の出力を制御可能である請求項 9 又は 10 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 12】

処理室と、

該処理室内に設けられ、周方向に沿って基板を上面に載置可能な回転テーブルと、
前記処理室の上面より上方に、前記回転テーブルの半径方向において移動可能に設けら

50

れたアンテナを有し、前記半径方向において前記回転テーブルにプラズマを局所的に照射可能なプラズマ発生器と、を有し、

前記回転テーブルは、前記周方向に沿って複数の前記基板を上面に載置可能であり、

前記処理室内の前記回転テーブルより上方には、前記回転テーブルの前記周方向において前記プラズマ発生器と離間して配置され、第1の処理ガスを前記回転テーブル上に供給可能な第1の処理ガス供給手段と、

前記回転テーブルの前記周方向において該第1の処理ガス供給手段と前記プラズマ発生器との間に配置され、前記回転テーブル上に前記第1の処理ガスと反応して反応生成物を生成可能な第2の処理ガスを供給可能な第2の処理ガス供給手段とが設けられ、

前記プラズマ発生器は、前記反応生成物への前記プラズマの照射により前記反応生成物を改質処理可能であるプラズマ処理装置。

10

【請求項13】

前記処理室の上面上であって、前記第2の処理ガス供給手段の上方の位置に、第2のプラズマ発生器が更に設けられた請求項12に記載のプラズマ処理装置。

【請求項14】

前記第2のプラズマ発生器は、前記半径方向において前記回転テーブルの半径の略総てを覆う前記処理室の上面上に固定された第2のアンテナを有する請求項13に記載のプラズマ処理装置。

【請求項15】

前記第2のプラズマ発生器は、前記処理室の上面より上方に、前記半径方向において移動可能に設けられた第2のアンテナを有し、前記半径方向において前記回転テーブルにプラズマを局所的に照射可能に構成された請求項13に記載のプラズマ処理装置。

20

【請求項16】

処理室内に設けられ、表面上に周方向に沿って少なくとも1枚の基板が載置された回転テーブルを回転させる工程と、

前記処理室の上面より上方に設けられたアンテナを、前記回転テーブルの半径方向において移動させながらプラズマを発生させ、前記基板に、前記回転テーブルの前記半径方向において局所的にプラズマを照射する工程と、を有し、

前記アンテナが前記回転テーブルの第1の位置にあるときの第1の移動速度が、前記アンテナが前記第1の位置よりも内周側の第2の位置にあるときの第2の移動速度以下となるように前記アンテナを移動させるプラズマ処理方法。

30

【請求項17】

前記回転テーブルの中心からの前記半径方向における距離の相違に起因する周方向の移動速度の相違を補償し、前記半径方向における総ての位置において前記プラズマの照射時間が一定となるように前記アンテナの位置及び該位置における移動速度を制御する請求項16に記載のプラズマ処理方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、プラズマ処理装置及びプラズマ処理方法に関する。

40

【背景技術】

【0002】

従来から、真空容器内にて第1の処理ガス及び第2の処理ガスを順番に供給するサイクルを複数回行って基板に成膜処理を行う成膜装置であって、基板を載置する基板載置領域がその一面側に形成され、前記真空容器内にて前記基板載置領域を公転させるための回転テーブルと、この回転テーブルの周方向に互いに分離領域を介して離間した領域に夫々第1の処理ガス及び第2の処理ガスを供給する第1の処理ガス供給部及び第2の処理ガス供給部とを備えるとともに、基板に対してプラズマ処理を行うために、真空容器内にプラズマ発生用ガスを供給するプラズマ発生ガス供給部と、プラズマ発生用ガスを誘導結合によりプラズマ化するために、基板載置領域に対向するように設けられ、縦向きの軸の周りに

50

巻回されたアンテナと、アンテナの周囲に発生した電磁界における電界成分の通過を阻止するために、アンテナと基板との間に介在して設けられ、接地された導電性の板状体からなるファラデーシールドと、を有するプラズマ発生部を備えた構成が知られている（例えば、特許文献1参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2013-45903号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0004】

しかしながら、上述の特許文献1に記載の構成では、アンテナは、回転テーブルの半径の一部を覆うように固定した状態で設けられるため、回転テーブルの中心側の位置と外周側の位置では、プラズマの照射時間に差が生じ、プラズマ処理に不均衡が生じてしまう。即ち、回転テーブルが一定の回転速度で回転すると、半径方向の中心側の領域は周方向において低速で移動するのに対し、半径方向の外周側の領域は周方向において高速で移動する。よって、プラズマを半径方向に略均一に発生させると、外周側のプラズマ照射時間が中心側に比較して短くなり、外周側のプラズマ処理量が中心側に比較して不足してしまう場合があるという問題があった。

【0005】

20

そこで、本発明は、回転テーブルの周方向に沿って基板を配置し、回転テーブルを回転させながらプラズマ照射を行うプラズマ処理において、回転テーブルの半径方向におけるプラズマ処理量を調整可能なプラズマ処理装置及びプラズマ処理方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記目的を達成するため、本発明の一態様に係るプラズマ処理装置は、処理室と、該処理室内に設けられ、周方向に沿って基板を上面に載置可能な回転テーブルと、前記処理室の上面より上方に、前記回転テーブルの半径方向において移動可能に設けられたアンテナを有し、前記半径方向において前記回転テーブルにプラズマを局所的に照射可能なプラズマ発生器と、

30

前記処理室の上面上に設けられ、前記アンテナを前記半径方向に沿ってスライド移動させるスライド機構と、を有し、

前記スライド機構は、前記アンテナを支持するスライダと、

前記スライド機構の移動方向に沿って延在し、前記スライダを前記移動方向に沿ってスライド移動可能に支持するガイド手段と、

前記スライダ又は前記ガイド手段を駆動し、前記スライダを所望の位置にスライド移動させる駆動手段と、を有し、

前記アンテナは、ファラデーシールドに囲まれているとともに、該ファラデーシールドは前記スライダに固定されており、

40

前記アンテナは、前記ファラデーシールドとともにスライド移動するように構成されている。

【0007】

本発明の他の態様に係るプラズマ処理方法は、処理室内に設けられ、表面上に周方向に沿って少なくとも1枚の基板が載置された回転テーブルを回転させる工程と、

前記処理室の上面より上方に設けられたアンテナを、前記回転テーブルの半径方向において移動させながらプラズマを発生させ、前記基板に、前記回転テーブルの前記半径方向において局所的にプラズマを照射する工程と、を有し、

前記アンテナが前記回転テーブルの第1の位置にあるときの第1の移動速度が、前記アンテナが前記第1の位置よりも内周側の第2の位置にあるときの第2の移動速度以下とな

50

るように前記アンテナを移動させる。

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、プラズマ処理量を局所的に調整することができる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】本発明の第1の実施形態に係るプラズマ処理装置の一例の概略縦断面図である。

【図2】本発明の第1の実施形態に係るプラズマ処理装置の一例の概略平面図である。

【図3】本発明の第1の実施形態に係るプラズマ処理装置の回転テーブルの同心円に沿った断面図である。

【図4】本発明の第1の実施形態に係るプラズマ処理装置の第1のプラズマ発生器の一例を示す縦断面図である。

【図5】本発明の第1の実施形態に係るプラズマ処理装置の第1のプラズマ発生器の一例を示す分解斜視図である。

【図6】本発明の第1の実施形態に係るプラズマ処理装置の第1及び第2のプラズマ発生器に設けられる筐体の一例を示す斜視図である。

【図7】本発明の第1の実施形態に係るプラズマ処理装置の第1のプラズマ発生器の一例を示す平面図である。

【図8】プラズマ発生器に設けられるファラデーシールドの一部を示す斜視図である。

【図9】本発明の第1の実施形態に係るプラズマ処理装置の第2のプラズマ発生器の一例を示した図である。

【図10】本発明の第1の実施形態に係るプラズマ処理装置の第2のプラズマ発生器のアンテナを内周側に移動させた状態を示した図である。

【図11】本発明の第1の実施形態に係るプラズマ発生装置の分解斜視図である。

【図12】本発明の第2の実施形態に係るプラズマ処理装置の第2のプラズマ発生器の一例を示した図である。

【図13】本発明の第2の実施形態に係るプラズマ処理装置の第2のプラズマ発生器の一例のアンテナ部及びファラデーシールドを示した図である。図13(a)は、第2のプラズマ発生器の一例のアンテナ部及びファラデーシールドの平面図である。図13(b)は、第2のプラズマ発生器の一例のアンテナ部及びファラデーシールドの側面図である。

【図14】本発明の第3の実施形態に係るプラズマ処理装置の一例を示した図である。

【図15】本発明の第4の実施形態に係るプラズマ処理装置の一例を示した図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、図面を参照して、本発明を実施するための形態の説明を行う。

【0011】

〔プラズマ処理装置の構成〕

図1に、本発明の第1の実施形態に係るプラズマ処理装置の一例の概略縦断面図を示す。また、図2に、本発明の第1の実施形態に係るプラズマ処理装置の一例の概略平面図を示す。なお、図2では、説明の便宜上、天板11の描画を省略している。

【0012】

図1に示すように、本発明の第1の実施形態に係るプラズマ処理装置は、平面形状が概ね円形である真空容器1と、この真空容器1内に設けられ、真空容器1の中心に回転中心を有すると共にウエハWを公転させるための回転テーブル2と、を備えている。なお、本発明の実施形態に係るプラズマ処理装置は、回転テーブル2の周方向に沿って基板を載置し、回転テーブル2を回転させてプラズマ処理を行う基板処理全体に適用することができ、成膜装置の他、アニール装置等にも適用が可能である。しかしながら、本実施形態においては、プラズマ処理装置を成膜装置に適用した例を挙げて以下説明する。

【0013】

真空容器1は、内部で基板を処理するための処理室である。真空容器1は、回転テーブ

10

20

30

40

50

ル 2 の後述する凹部 2 4 に対向する位置に設けられた天板（天井部）1 1 と、容器本体 1 2 とを備えている。また、容器本体 1 2 の上面の周縁部には、リング状に設けられたシール部材 1 3 が設けられている。そして、天板 1 1 は、容器本体 1 2 から着脱可能に構成されている。平面視における真空容器 1 の直径寸法（内径寸法）は、限定されないが、例えば 1 1 0 0 mm 程度とすることができる。

【 0 0 1 4 】

真空容器 1 内の上面側における中央部には、真空容器 1 内の中心部領域 C において互いに異なる処理ガス同士が混ざり合うことを抑制するために分離ガスを供給する、分離ガス供給管 5 1 が接続されている。

【 0 0 1 5 】

回転テーブル 2 は、中心部にて概略円筒形状のコア部 2 1 に固定されており、このコア部 2 1 の下面に接続されると共に鉛直方向に伸びる回転軸 2 2 に対して、鉛直軸周り、図 2 に示す例では時計回りに、駆動部 2 3 によって回転自在に構成されている。回転テーブル 2 の直径寸法は、限定されないが、例えば 1 0 0 0 mm 程度とすることができる。

【 0 0 1 6 】

回転軸 2 2 及び駆動部 2 3 は、ケース体 2 0 に収納されており、このケース体 2 0 は、上面側のフランジ部分が真空容器 1 の底面部 1 4 の下面に気密に取り付けられている。また、このケース体 2 0 には、回転テーブル 2 の下方領域に窒素ガス等をパージガス（分離ガス）として供給するためのパージガス供給管 7 2 が接続されている。

【 0 0 1 7 】

真空容器 1 の底面部 1 4 におけるコア部 2 1 の外周側は、回転テーブル 2 に下方側から近接するようにリング状に形成されて突出部 1 2 a を為している。

【 0 0 1 8 】

回転テーブル 2 の表面部には、直径寸法が例えば 3 0 0 mm のウエハ W を載置するための円形状の凹部 2 4 が基板載置領域として形成されている。この凹部 2 4 は、回転テーブル 2 の回転方向に沿って、複数箇所、例えば 5 箇所に設けられている。凹部 2 4 は、ウエハ W の直径よりも僅かに、具体的には 1 mm 乃至 4 mm 程度大きい内径を有する。また、凹部 2 4 の深さは、ウエハ W の厚さにほぼ等しいか、又はウエハ W の厚さよりも大きく構成される。したがって、ウエハ W が凹部 2 4 に収容されると、ウエハ W の表面と、回転テーブル 2 のウエハ W が載置されない領域の表面とが同じ高さになるか、ウエハ W の表面が回転テーブル 2 の表面よりも低くなる。なお、凹部 2 4 の深さは、ウエハ W の厚さよりも深い場合であっても、あまり深くすると成膜に影響が出ることがあるので、ウエハ W の厚さの 3 倍程度の深さまでとすることが好ましい。

【 0 0 1 9 】

凹部 2 4 の底面には、ウエハ W を下方側から突き上げて昇降させるための例えば後述する 3 本の昇降ピンが貫通する、図示しない貫通孔が形成されている。

【 0 0 2 0 】

図 2 に示すように、回転テーブル 2 における凹部 2 4 の通過領域と対向する位置には、例えば石英からなる複数本、例えば 5 本のノズル 3 1、3 2、3 3、4 1、4 2 が真空容器 1 の周方向に互いに間隔をおいて放射状に配置されている。これら各々のノズル 3 1、3 2、3 3、4 1、4 2 は、回転テーブル 2 と天板 1 1 との間に配置される。また、これら各々のノズル 3 1、3 2、3 3、4 1、4 2 は、例えば真空容器 1 の外周壁から中心部領域 C に向かってウエハ W に対向して水平に伸びるように取り付けられている。

【 0 0 2 1 】

図 2 に示す例では、原料ガスノズル 3 1 から時計回り（回転テーブル 2 の回転方向）に、分離ガスノズル 4 2、第 1 のプラズマ処理用ガスノズル 3 2、第 2 のプラズマ処理用ガスノズル 3 3、分離ガスノズル 4 1 がこの順番で配列されている。しかしながら、本実施形態に係る成膜装置は、この形態に限定されず、回転テーブル 2 の回転方向は反時計回りであっても良く、この場合、原料ガスノズル 3 1 から反時計回りに、分離ガスノズル 4 2、第 1 のプラズマ処理用ガスノズル 3 2、第 2 のプラズマ処理用ガスノズル 3 3、分離ガ

10

20

30

40

50

スノズル 4 1 がこの順番で配列されている。

【 0 0 2 2 】

第 1 のプラズマ処理用ガスノズル 3 2、第 2 のプラズマ処理用ガスノズル 3 3 の上方側には、図 2 に示すように、各々のプラズマ処理用ガスノズルから吐出されるガスを活性化するために、プラズマ発生器 8 0、1 8 0 が各々設けられている。第 1 のプラズマ発生器 8 0 と第 2 のプラズマ発生器 1 8 0 とは構成が異なっており、第 1 のプラズマ発生器 8 0 のアンテナ 8 3 は固定式であるが、第 2 のプラズマ発生器 1 8 0 のアンテナ 1 3 1 は、移動可能に構成されている。なお、これらプラズマ発生器 8 0、1 8 0 の詳細については後述する。

【 0 0 2 3 】

なお、本実施形態においては、各々の処理領域に 1 つのノズルを配置する例を示したが、各々の処理領域に複数のノズルを配置する構成であっても良い。例えば、第 1 のプラズマ処理用ガスノズル 3 2 は、複数のプラズマ処理用ガスノズルから構成され、各々、アルゴン (Ar) ガス、酸化ガス又は窒化ガス、水素 (H_2) ガス等を供給する構成であっても良いし、1 つのプラズマ処理用ガスノズルのみを配置し、アルゴンガス、酸化又は窒化ガス及び水素ガスの混合ガスを供給する構成であっても良い。

【 0 0 2 4 】

処理ガスノズル 3 1 は、原料ガス供給部をなしている。また、第 1 のプラズマ処理用ガスノズル 3 2 は、第 1 のプラズマ処理用ガス供給部をなしており、第 2 のプラズマ処理用ガスノズル 3 3 は、第 2 のプラズマ処理用ガス供給部をなしている。さらに、分離ガスノズル 4 1、4 2 は、各々分離ガス供給部をなしている。なお、分離ガスは、上述のように、パージガスと呼んでもよい。

【 0 0 2 5 】

各ノズル 3 1、3 2、3 3、4 1、4 2 は、流量調整バルブを介して、図示しない各々のガス供給源に接続されている。

【 0 0 2 6 】

原料ガスノズル 3 1 から供給される原料ガスは、用途に応じて種々の処理ガスが選択される。例えば、原料ガスの一例として、シリコン含有ガスが挙げられる。更にシリコン含有ガスの例としては、DCS [ジクロロシラン]、ジシラン (Si_2H_6)、HCD [ヘキサクロロジシラン]、DIPAS [ジイソプロピルアミノシラン]、3DMAS [トリスジメチルアミノシラン]、BTBAS [ビスターシャルブチルアミノシラン]等のガスが挙げられる。

【 0 0 2 7 】

原料ガスノズル 3 1 から供給される原料ガスとして、シリコン含有ガスの他、TiCl₄ [四塩化チタン]、Ti(MPD)(THD) [チタニウムメチルペンタンジオナトビステトラメチルヘプタンジオナト]、TMA [トリメチルアルミニウム]、TEMAZ [テトラキスエチルメチルアミノジルコニウム]、TEMHF [テトラキスエチルメチルアミノハフニウム]、Sr(THD)₂ [ストロンチウムビステトラメチルヘプタンジオナト]等の金属含有ガスを使用しても良い。

【 0 0 2 8 】

第 1 のプラズマ処理用ガスノズル 3 2 から供給される第 1 のプラズマ処理用ガスは、原料ガスノズル 3 1 から供給された原料ガスと反応して反応生成物を生成可能な反応ガスが選択される。一般的には、酸化膜を成膜するために用いられる酸化ガスか、窒化膜を成膜するために用いられる窒化ガスが選択される。酸化ガスの例としては、オゾン、酸素、水等の酸素含有ガスが挙げられる。また、窒化ガスの例としては、アンモニア (NH_3) 等の窒素含有ガスが挙げられる。なお、第 1 のプラズマ処理用ガスは、酸化ガス又は窒化ガス等の原料ガスと反応して反応生成物を生成する反応ガス以外に、 H_2 ガス、Ar 等を必要に応じて含んでよく、その場合には、これらの混合ガスが第 1 のプラズマ処理用ガスノズル 3 2 から供給され、第 1 のプラズマ発生器 8 0 によりプラズマ化される。

【 0 0 2 9 】

第2のプラズマ処理用ガスノズル33から供給される第2のプラズマ処理用ガスは、生成した反応生成物の改質を目的とした処理を行うため、第1のプラズマ処理用ガスと同様の反応ガスを含むガスが選択される。よって、例えば、第1のプラズマ処理用ガスが酸化ガスであった場合には、第2のプラズマ処理用ガスも酸化ガスとなり、第1のプラズマ処理用ガスが窒化ガスであった場合には、第2のプラズマ処理用ガスも窒化ガスが選択される。原料ガスと第1のプラズマ処理用ガスとの反応により、反応生成物が生成しても、酸化又は窒化が不十分であると、高密度な高品質の膜を得ることができない。よって、第2のプラズマ処理用ガスノズル33からは、反応ガスと類似した改質ガスが供給される。

【0030】

分離ガスノズル41、42から供給される分離ガスとしては、例えば窒素(N_2)ガス等が挙げられる。

10

【0031】

前述したように、図2に示す例では、原料ガスノズル31から時計回り(回転テーブル2の回転方向)に、分離ガスノズル42、第1のプラズマ処理用ガスノズル32、第2のプラズマ処理用ガスノズル33、分離ガスノズル41がこの順番で配列されている。即ち、ウエハWの実際の処理においては、原料ガスノズル31から供給された原料ガスが表面に吸着したウエハWは、分離ガスノズル42からの分離ガス、第1のプラズマ処理用ガスノズル32からの反応ガス、第2のプラズマ処理用ガスノズル33からの改質ガス、分離ガスノズル41からの分離ガスの順番で、ガスに曝される。

【0032】

20

これらのノズル31、32、33、41、42の下面側(回転テーブル2に対向する側)には、前述の各ガスを吐出するためのガス吐出孔35が回転テーブル2の半径方向に沿って複数箇所に例えば等間隔に形成されている(図3参照)。各ノズル31、32、33、41、42の各々の下端縁と回転テーブル2の上面との離間距離が例えば1~5mm程度となるように配置されている。

【0033】

原料ガスノズル31の下方領域は、Si含有ガスをウエハWに吸着させるための第1の処理領域P1である。また、第1のプラズマ処理用ガスノズル32の下方領域は、ウエハW上の薄膜の第1のプラズマ処理を行うための第2の処理領域P2となり、第2のプラズマ処理用ガスノズル33の下方領域は、ウエハW上の薄膜の第2のプラズマ処理を行うための第3の処理領域P3となる。

30

【0034】

図3に、本発明の第1の実施形態に係るプラズマ処理装置の回転テーブルの同心円に沿った断面図を示す。なお、図3は、分離領域Dから第1の処理領域P1を経て分離領域Dまでの断面図である。

【0035】

分離領域Dにおける真空容器1の天板11には、概略扇形の凸状部4が設けられている。凸状部4は、天板11の裏面に取り付けられており、真空容器1内には、凸状部4の下面である平坦な低い天井面44(第1の天井面)と、この天井面44の周方向両側に位置する、天井面44よりも高い天井面45(第2の天井面)とが形成される。

40

【0036】

天井面44を形成する凸状部4は、図2に示すように、頂部が円弧状に切断された扇型の平面形状を有している。また、凸状部4には、周方向中央において、半径方向に伸びるように形成された溝部43が形成され、分離ガスノズル41、42がこの溝部43内に收容されている。なお、凸状部4の周縁部(真空容器1の外縁側の部位)は、各処理ガス同士の混合を阻止するために、回転テーブル2の外端面に対向すると共に容器本体12に対して僅かに離間するように、L字型に屈曲している。

【0037】

原料ガスノズル31の上方側には、第1の処理ガスをウエハWに沿って通流させるために、且つ分離ガスがウエハWの近傍を避けて真空容器1の天板11側を通流するように、

50

ノズルカバー 230 が設けられている。ノズルカバー 230 は、図 3 に示すように、原料ガスノズル 31 を収納するために下面側が開口する概略箱形のカバー体 231 と、このカバー体 231 の下面側開口端における回転テーブル 2 の回転方向上流側及び下流側に各々接続された板状体である整流板 232 とを備えている。なお、回転テーブル 2 の回転中心側におけるカバー体 231 の側壁面は、原料ガスノズル 31 の先端部に対向するように回転テーブル 2 に向かって伸び出している。また、回転テーブル 2 の外縁側におけるカバー体 231 の側壁面は、原料ガスノズル 31 に干渉しないように切り欠かれている。

【0038】

次に、プラズマ処理用ガスノズル 32、33 の上方側に各々配置される、第 1 のプラズマ発生器 80 及び第 2 のプラズマ発生器 180 について、詳細に説明する。なお、本実施形態においては、第 1 のプラズマ発生器 80 及び第 2 のプラズマ発生器 180 は、互いに異なる構成を有し、各々独立したプラズマ処理を実行することができる。

10

【0039】

図 4 は、本発明の第 1 の実施形態に係るプラズマ処理装置の第 1 のプラズマ発生器の一例を示す縦断面図である。また、図 5 は、本発明の第 1 の実施形態に係るプラズマ処理装置の第 1 のプラズマ発生器の一例を示す分解斜視図である。さらに、図 6 は、本発明の第 1 の実施形態に係るプラズマ処理装置の第 1 及び第 2 のプラズマ発生器に設けられる筐体の一例を示す斜視図である。なお、以下の総ての実施形態において、「第 1 のプラズマ発生器 80」を単に「プラズマ発生器 80」と呼び、「第 2 のプラズマ発生器 180」を単に「プラズマ発生器 180」と呼んでもよいこととする。

20

【0040】

プラズマ発生器 80 は、金属線等から形成されるアンテナ 83 をコイル状に例えば鉛直軸回りに 3 重に巻回して構成されている。また、プラズマ発生器 80 は、平面視で回転テーブル 2 の径方向に伸びる帯状体領域を囲むように、且つ回転テーブル 2 上のウエハ W の直径部分を跨ぐように配置されている。

【0041】

アンテナ 83 は、整合器 84 を介して周波数が例えば 13.56 MHz 及び出力電力が例えば 5000 W の高周波電源 85 に接続されている。そして、このアンテナ 83 は、真空容器 1 の内部領域から気密に区画されるように設けられている。なお、図 4 において、アンテナ 83 と整合器 84 及び高周波電源 85 とを電氣的に接続するための接続電極 86 が設けられている。

30

【0042】

図 4 及び図 5 に示すように、第 1 のプラズマ処理用ガスノズル 32 の上方側における天板 11 には、平面視で概略扇形に開口する開口部 11a が形成されている。

【0043】

図 4 に示すように、開口部 11a には、アンテナ 83 を天板 11 よりも下方側に位置させるための筐体 90 が設けられている。

【0044】

図 6 に示すように、筐体 90 は、上方側の周縁部が周方向に亘ってフランジ状に水平に伸び出してフランジ部 90a をなすと共に、平面視において、中央部が下方側の真空容器 1 の内部領域に向かって窪むように形成されている。

40

【0045】

筐体 90 は、この筐体 90 の下方にウエハ W が位置した場合に、回転テーブル 2 の径方向におけるウエハ W の直径部分を跨ぐように配置されている。なお、筐体 90 と天板 11 との間には、O - リング等のシール部材 11c が設けられる。

【0046】

真空容器 1 の内部雰囲気は、筐体 90 を介して気密に設定されている。具体的には、筐体 90 を既述の開口部 11a 内に落とし込むと、フランジ部 90a と段部 11b のうち最下段の段部 11b とが互いに係止する。そして、既述の O - リング 11d によって、当該段部 11b (天板 11) と筐体 90 とが気密に接続される。また、開口部 11a の外縁に

50

沿うように枠状に形成された押圧部材 9 1 によって前記フランジ部 9 0 a を下方側に向かって周方向に亘って押圧すると共に、この押圧部材 9 1 を図示しないボルトなどにより天板 1 1 に固定することにより、真空容器 1 の内部雰囲気気密に設定される。

【 0 0 4 7 】

図 6 に示すように、筐体 9 0 の下面には、当該筐体 9 0 の下方側の処理領域 P 2、P 3 の各々を周方向に沿って囲むように、回転テーブル 2 に向かって垂直に伸び出す突起部 9 2 が形成されている。そして、この突起部 9 2 の内周面、筐体 9 0 の下面及び回転テーブル 2 の上面により囲まれた領域には、前述した第 1 のプラズマ処理用ガスノズル 3 2 及び第 2 のプラズマ処理用ガスノズル 3 3 が収納されている。なお、第 1 のプラズマ処理用ガスノズル 3 2 及び第 2 のプラズマ処理用ガスノズル 3 3 の基端部（真空容器 1 の内壁側）における突起部 9 2 は、第 2 のプラズマ処理用ガスノズル 3 3 の外形に沿うように概略円弧状に切り欠かれている。

10

【 0 0 4 8 】

筐体 9 0 の下方側には、図 4 に示すように、突起部 9 2 が周方向に亘って形成されている。シール部材 1 1 c は、この突起部 9 2 によって、プラズマに直接曝されず、即ち、プラズマ生成領域から隔離されている。そのため、プラズマ生成領域からプラズマが例えばシール部材 1 1 c 側に拡散しようとしても、突起部 9 2 の下方を經由して行くことになるので、シール部材 1 1 c に到達する前にプラズマが失活することとなる。

【 0 0 4 9 】

筐体 9 0 の上方側には、当該筐体 9 0 の内部形状に概略沿うように形成された導電性の板状体である金属板例えば銅などからなる、接地されたファラデーシールド 9 5 が収納されている。このファラデーシールド 9 5 は、筐体 9 0 の底面に沿うように水平に形成された水平面 9 5 a と、この水平面 9 5 a の外終端から周方向に亘って上方側に伸びる垂直面 9 5 b と、を備えており、平面視で例えば概略六角形となるように構成されていても良い。

20

【 0 0 5 0 】

図 7 は、本発明の第 1 の実施形態に係るプラズマ処理装置のプラズマ発生器の一例を示す平面図である。図 8 は、プラズマ発生器に設けられるファラデーシールドの一部を示す斜視図である。

【 0 0 5 1 】

回転テーブル 2 の回転中心からファラデーシールド 9 5 を見た場合の右側及び左側におけるファラデーシールド 9 5 の上端縁は、各々、右側及び左側に水平に伸び出して支持部 9 6 を為している。そして、ファラデーシールド 9 5 と筐体 9 0 との間には、支持部 9 6 を下方側から支持すると共に筐体 9 0 の中心部領域 C 側及び回転テーブル 2 の外縁部側のフランジ部 9 0 a に各々支持される枠状体 9 9 が設けられている。

30

【 0 0 5 2 】

アンテナ 8 3 によって生成した電界がウエハ W に到達する場合、ウエハ W の内部に形成されているパターン（電気配線等）が電氣的にダメージを受けてしまう場合がある。そのため、図 8 に示すように、水平面 9 5 a には、アンテナ 8 3 において発生する電界及び磁界（電磁界）のうち電界成分が下方のウエハ W に向かうことを阻止すると共に、磁界をウエハ W に到達させるために、多数のスリット 9 7 が形成されている。

40

【 0 0 5 3 】

スリット 9 7 は、図 7 及び図 8 に示すように、アンテナ 8 3 の巻回方向に対して直交する方向に伸びるように、周方向に亘ってアンテナ 8 3 の下方位置に形成されている。ここで、スリット 9 7 は、アンテナ 8 3 に供給される高周波に対応する波長の $1 / 10000$ 以下程度の幅寸法となるように形成されている。また、各々のスリット 9 7 の長さ方向における一端側及び他端側には、これらスリット 9 7 の開口端を塞ぐように、接地された導電体等から形成される導電路 9 7 a が周方向に亘って配置されている。ファラデーシールド 9 5 においてこれらスリット 9 7 の形成領域から外れた領域、即ち、アンテナ 8 3 の巻回された領域の中央側には、当該領域を介してプラズマの発光状態を確認するための開口

50

部 98 が形成されている。なお、前述した図 2 においては、簡単のために、スリット 97 を省略しており、スリット 97 の形成領域例を、一点鎖線で示している。

【0054】

図 5 に示すように、ファラデーシールド 95 の水平面 95a 上には、ファラデーシールド 95 の上方に載置されるプラズマ発生器 80、180 との間の絶縁性を確保するために、厚み寸法が例えば 2mm 程度の石英等から形成される絶縁板 94 が積層されている。即ち、プラズマ発生器 80、180 は、各々、筐体 90、ファラデーシールド 95 及び絶縁板 94 を介して真空容器 1 の内部（回転テーブル 2 上のウエハ W）に対向するように配置されている。

【0055】

このように、第 1 のプラズマ発生器 80 は、真空容器 1 の天板 11 に設けられた筐体 90 上の固定したアンテナ 83 を有する。一方、第 2 のプラズマ発生器 180 は、移動可能なアンテナを備える点で、第 1 のプラズマ発生器 80 と異なっている。以下、第 2 のプラズマ発生器 180 について詳細に説明する。

【0056】

図 9 は、本発明の第 1 の実施形態に係るプラズマ処理装置の第 2 のプラズマ発生器の一例を示した図である。第 2 のプラズマ発生器 180 は、アンテナ部 130 と、移動機構部 140 と、整合器 150 と、電源 160 とを備える。第 2 のプラズマ発生器 180 は、移動機構部 140 を備えており、アンテナ 131 と整合器 150 が移動可能に構成されている点で、第 1 のプラズマ発生器 80 と大きく異なっている。なお、第 2 のプラズマ発生器 180 は、真空容器 1 の天板 11 の開口部 11a に設けられた筐体 90 の上に設けられている点は、第 1 のプラズマ発生器 80 と同様である。また、筐体 90 の構成は、図 5 乃至 7 で説明した構成と同様であるので、その説明は省略する。

【0057】

アンテナ部 130 は、アンテナ 131 とアンテナ支持部 132 とを有する。アンテナ 131 は、プラズマを発生させるための電極である。本実施形態では、アンテナ 131 は、誘導結合プラズマを発生させるための ICP (Inductively Coupled Plasma) アンテナとして構成される。アンテナ 131 は、形状は問わないが、回転テーブル 2 の半径方向における局所的なプラズマ照射を行うため、回転テーブル 2 の半径方向において、回転テーブル 2 の半径よりは短い長さを有する。また、アンテナ 131 の半径方向における長さが回転テーブル 2 の半径の 1/2 よりも大きいと、アンテナ 131 を移動させても常にプラズマ照射される重なり部分が生じてしまうので、好ましくは回転テーブルの半径の 1/2 以下の大きさに設定される。また、局所的なプラズマ照射をより高精度に行うためには、アンテナ 131 の回転テーブル 2 の半径方向における長さは、1/5 ~ 1/2 の範囲に設定されてもよく、より好ましくは 1/4 ~ 1/2 の範囲又は 1/3 ~ 1/2 の範囲に設定されてもよい。最適には、アンテナ 131 の半径方向における長さは、1/3 前後に設定されることが好ましい。

【0058】

アンテナ 131 の平面形状は問わないが、例えば、円形、楕円形、正方形を含む長方形といった形状に構成されてもよい。図 2 及び図 9 に示されるように、本実施形態においては、アンテナ 131 が円形の平面形状を有する場合を例に挙げて説明する。また、アンテナ 131 は、アンテナ 83 と同様に、金属配線をコイル状に複数回巻回して構成すればよく、図 9 に示されるように、コイル状（螺旋状又は略円筒状）の形状を有する。

【0059】

アンテナ支持部 132 は、アンテナ 131 を支持するための手段であり、アンテナ 131 に接続されるとともに、アンテナ 131 を移動可能に支持する。図 9 においては、アンテナ支持部 132 は、アンテナ 131 の上端部でアンテナ 131 に接続され、アンテナ 131 を吊り下げ支持している。アンテナ支持部 132 は、アンテナ 131 に物理的に接続されるとともに、電気的にも接続される。つまり、アンテナ支持部 132 は、高周波電流を通電可能なように導体で構成され、一般的には、金属材料で構成される。アンテナ支持

10

20

30

40

50

部 1 3 2 は、アンテナ 1 3 1 と同じ金属材料から構成されてもよいし、異なる金属材料から構成されてもよいが、アンテナ 1 3 1 を支持すべく、アンテナ 1 3 1 よりも強い強度を有するように、アンテナ 1 3 1 に用いられている金属配線よりも太く、かつ、高い剛性を有して構成される。

【 0 0 6 0 】

移動機構部 1 4 0 は、アンテナ 1 3 1 を回転テーブル 2 の半径方向において移動させるための駆動機構である。移動機構部 1 4 0 は、フレーム 1 4 1 と、スライダ 1 4 2 と、ボールネジ 1 4 3 と、モータ 1 4 4 とを備える。

【 0 0 6 1 】

フレーム 1 4 1 は、移動機構部 1 4 0 を真空容器 1 の上面を構成する天板 1 1 上に設置するための基台の役割を果たす。図 9 に示されるように、アンテナ 1 3 1 は、筐体 9 0 の窪み部分内を移動可能とするため、筐体 9 0 の上方に移動機構を搭載できるように、回転テーブル 2 の半径をカバーするフレーム 1 4 1 を筐体 9 0 の上方に設ける。よって、フレーム 1 4 1 上に移動機構部 1 4 0 の他の部品が搭載される。フレーム 1 4 1 は、移動機構部 1 4 0 を支持できれば、種々の形状を有することができるとともに、種々の材料から構成されることができる。例えば、フレーム 1 4 1 は、金属材料から構成される。

【 0 0 6 2 】

スライダ 1 4 2 は、アンテナ 1 3 1 をスライド移動可能に支持するための部材である。よって、スライダ 1 4 2 にはアンテナ支持部 1 3 2 が固定され、アンテナ支持部 1 3 2 を介してアンテナ 1 3 1 を吊り下げ支持するとともに、フレーム 1 4 1 上をスライド移動可能に構成される。

【 0 0 6 3 】

なお、アンテナ 1 3 1 は、スライダ 1 4 2 及びアンテナ支持部 1 3 2 に筐体 9 0 の上面とは非接触な状態で支持され、筐体 9 0 と非接触な状態で移動可能に構成されている。

【 0 0 6 4 】

また、スライダ 1 4 2 の移動方向、即ちフレーム 1 4 1 の設置方向は、回転テーブル 2 の半径方向における略全域を移動可能であれば、必ずしも回転テーブル 2 の半径方向に沿って配置される必要は無く、例えば、半径に対して斜めに交わるように設定されてもよい。しかしながら、最短距離でアンテナ 1 3 1 を半径方向において移動させるためには、フレーム 1 4 1 は回転テーブル 2 の半径方向に沿って設けられ、スライダ 1 4 2 は回転テーブル 2 の半径方向に沿ってスライド移動可能に構成されることが好ましい。図 2 に示されるように、本実施形態においては、フレーム 1 4 1 及びスライダ 1 4 2 は半径方向に沿って設けられた例を挙げて説明する。

【 0 0 6 5 】

ボールネジ 1 4 3 は、スライダ 1 4 2 のスライド移動の移動方向をガイドするためのガイド部材である。よって、ボールネジ 1 4 3 は、スライダ 1 4 2 の移動方向を規定するように、フレーム 1 4 1 の両端に取り付けられ、回転テーブル 2 の半径方向に沿って延在する。また、ボールネジ 1 4 3 は、スライダ 1 4 2 を移動させる駆動力をスライダ 1 4 2 に伝達して移動させるための駆動力伝達手段としての役割も果たす。

【 0 0 6 6 】

より詳細には、ボールネジ 1 4 3 の表面にはネジ山が形成されており、スライダ 1 4 2 には貫通穴（図示せず）が形成され、貫通穴の表面には、ボールネジ 1 4 3 と螺合するネジ山が形成されている。そして、ボールネジ 1 4 3 の回転により、スライダ 1 4 2 は、延在するボールネジ 1 4 3 に沿って移動する。

【 0 0 6 7 】

モータ 1 4 3 は、スライダ 1 4 2 を移動させるための駆動力を発生させる駆動手段である。モータ 1 4 4 の回転軸にはボールネジ 1 4 3 が接続されており、モータ 1 4 3 の回転によりボールネジ 1 4 3 が回転し、この回転に伴ってスライダ 1 4 2 がボールネジ 1 4 3 に沿ってスライド移動し、スライダ 1 4 2 とともにアンテナ支持部 1 3 2 及びアンテナ 1 3 1 がスライド移動する。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 8 】

また、モータ 1 4 3 は、真空容器 1 の天板 1 1 の外周側に配置してもよいし、内周側（中心側）に配置してもよい。用途に応じて、モータ 1 4 3 は適切な箇所に配置することができる。

【 0 0 6 9 】

なお、図 9 においては、ボールネジ 1 4 3 とモータ 1 4 4 でスライダ 1 4 2 を移動させる構成としているが、ボールネジ 1 4 3 の代わりにスライダ 1 4 2 と係合するレールを配置し、スライダ 1 4 2 がレール上をスライド移動するような機構を採用することも可能である。即ち、スライド移動可能なスライダ 1 4 2 と、この移動方向をガイドするガイド手段と、スライダ 1 4 2 を移動させるための駆動力を付与する手駆動手段が存在すれば、移動機構部 1 4 0 は種々の構成を採用することができる。

10

【 0 0 7 0 】

整合器 1 5 0 は、高周波電源 1 6 0 とアンテナ 1 3 1 との間に設けられるが、本実施形態においては、スライダ 1 4 2 と一体的に設けられる。整合器 1 5 0 を固定すると、アンテナ 1 3 1 のスライド移動により、整合器 1 5 0 とアンテナ 1 3 1 との間の距離が変化し、プラズマの強度が変化してしまう。よって、プラズマの強度を一定に保つべく、整合器 1 5 0 は、アンテナ 1 3 1 とともに移動するように構成されることが好ましい。本実施形態においては、アンテナ 1 3 1 を支持するスライダ 1 4 2 上に整合器 1 5 0 を搭載しているが、アンテナ 1 3 1 との距離を一定に保って移動可能であれば、種々の構成とされてよい。

20

【 0 0 7 1 】

高周波電源 1 6 0 は、アンテナ 1 3 1 に高周波電力を供給するための電源である。高周波電源 1 6 0 は、所定のプラズマ発生に必要な高周波電力をアンテナ 1 3 1 に供給できれば種々の構成とされてよく、例えば、高周波電源 8 5 と同様に、5 0 0 0 W の出力を有する高周波電源が用いられてもよく、また、1 3 . 5 6 M H z の周波数の高周波電力を出力してもよい。

【 0 0 7 2 】

図 1 0 は、本発明の第 1 の実施形態に係るプラズマ処理装置の第 2 のプラズマ発生器のアンテナを内周側に移動させた状態を示した図である。

【 0 0 7 3 】

図 9 及び 1 0 に示されるように、かかる移動機構部 1 4 0 を具備するプラズマ発生器 1 8 0 は、モータ 1 4 3 の回転を駆動することにより、アンテナ 1 3 1 を回転テーブル 2 の半径方向において移動させることができる。よって、モータ 1 4 3 の回転速度を変化させることにより、アンテナ 1 3 1 の移動速度を変化させることができる。3 0 0 m m のウエハ W を載置可能な回転テーブル 2 の場合、回転テーブル 2 の外周部の周方向における移動距離は、内周部（中心部）の周方向における移動距離の約 3 倍となる。つまり、周方向に沿って 1 箇所固定されたプラズマ発生器 8 0 によりウエハ W（又は回転テーブル 2）にプラズマが照射される時間については、外周部は内周部の約 1 / 3 となる。プラズマの照射時間が短いと、当然にプラズマ処理量は少なくなる。よって、回転テーブル 2 の外周側と内周側とでプラズマの照射時間が均一となるような制御を行えば、プラズマ処理量は均一になると考えられる。

30

40

【 0 0 7 4 】

例えば、アンテナ 1 3 1 の移動速度を、アンテナ 1 3 1 が回転テーブル 2 の外周側に位置するときは遅くし、アンテナ 1 3 1 が回転テーブル 2 の内周側に位置するときには速くし、プラズマの照射量が回転テーブル 2 の外周側と内周側で略均一になるような移動を行えば、そのようなプラズマ処理量の均一化が可能となる。例えば、アンテナ 1 3 1 が外周側に位置するときには、内周側に位置するときの移動速度の略 1 / 3 となるような制御を行えば、プラズマ処理量の不均衡は是正される。そのような移動速度の変化は、アンテナ 1 3 1 の位置に応じて段階的に変化してもよいし、連続的に変化してもよい。また、速度ゼロ、即ち停止している場合も含めて、停止時間も含めた制御を行うようにしてもよい

50

。

【0075】

例えば、回転テーブル2の外周側が内周側よりも約3倍の時間プラズマに照射されるように、アンテナ131の位置、各位置における速度を調整することにより、半径方向の各位置において、周速度でプラズマに照射される時間を一定とすることができる。

【0076】

このように、回転テーブル2及びウエハWへの半径方向における局所的なプラズマ照射が可能な小さなアンテナ131を、半径方向において移動可能とすることにより、プラズマ照射時間を調整することができ、ウエハWの均一なプラズマ処理が可能となる。

【0077】

その際、アンテナ131は水平移動し、アンテナ131が傾斜するようなことは無いので、電位は常に一定に保たれ、ウエハWに電氣的なダメージを与えることも無い。

【0078】

また、上述の高周波電源160の出力(パワー)及び整合器150の調整により、アンテナ131により発生するプラズマの強度を変化させることも可能である。これにより、成膜時の面内の膜質を調整することができる。

【0079】

よって、プラズマ発生器180は、アンテナ131の位置、各位置における速度、及びプラズマの強度を制御することが可能であり、これらのパラメータを適切に設定することにより、プラズマ処理量を調整し、均一なプラズマ処理を行うことができる。

【0080】

なお、このようなパラメータの設定を含めた制御は、図1に示した制御部120で行うことが可能である。即ち、本実施形態に係るプラズマ処理装置には、装置全体の動作を制御するためのコンピュータからなる制御部120が設けられている。この制御部120のメモリ内には、後述の基板処理を行うためのプログラムが格納されている。このプログラムは、装置の各種動作を実行するようにステップ群が組み立てられており、ハードディスク、コンパクトディスク、光磁気ディスク、メモリカード、フレキシブルディスク等の記憶媒体である記憶部121から制御部120内にインストールされる。

【0081】

そして、制御部120は、駆動機構であるモータ144の回転速度を、停止を含めて調整可能であり、同様に、高周波電源160の出力の調整も可能である。よって、レシピの条件等も考慮しつつ、プラズマ処理の均一化が図られるように、第2のプラズマ発生器180におけるアンテナ131の位置、各位置における速度、及びプラズマの強度を制御し、最適なプラズマ処理を行う。

【0082】

なお、一旦プラズマが生成されれば、アンテナ131を移動させても、プラズマが生成し続けることは、発明者等が確認している。よって、最初のプラズマを発生させる段階のみアンテナ131を静止させていれば、このようなアンテナ131を移動させてプラズマの照射位置を移動させることは十分に可能である。

【0083】

次に、本実施形態に係るプラズマ処置装置の他の構成要素について、説明する。

【0084】

回転テーブル2の外周側において、回転テーブル2よりも僅かに下位置には、図2に示すように、カバー体であるサイドリング100が配置されている。サイドリング100の上面上には、互いに周方向に離間するように例えば2箇所に排気口61、62が形成されている。別の言い方をすると、真空容器1の床面上には、2つの排気口が形成され、これら排気口に対応する位置におけるサイドリング100には、排気口61、62が形成されている。

【0085】

本明細書においては、排気口61、62のうち一方及び他方を、各々、第1の排気口6

10

20

30

40

50

1、第2の排気口62と呼ぶ。ここでは、第1の排気口61は、分離ガスノズル42と、この分離ガスノズル42に対して、回転テーブルの回転方向下流側に位置する第1のプラズマ発生器80との間に形成されている。また、第2の排気口62は、第2のプラズマ発生器180と、このプラズマ発生器180よりも回転テーブル2の回転方向下流側の分離領域Dとの間に形成されている。

【0086】

第1の排気口61は、第1の処理ガスや分離ガスを排気するためのものであり、第2の排気口62は、プラズマ処理用ガスや分離ガスを排気するためのものである。これら第1の排気口61及び第2の排気口62は、各々、パタフライバルブ等の圧力調整部65が介設された排気管63により、真空排気機構である例えば真空ポンプ64に接続されている。

10

【0087】

前述したように、中心部領域C側から外縁側に亘って筐体90を配置しているため、プラズマ処理領域P2、P3に対して回転テーブル2の回転方向上流側から通流してくるガスは、この筐体90によって排気口62に向かおうとするガス流が規制されてしまうことがある。そのため、筐体90よりも外周側におけるサイドリング100の上面には、ガスが流れるための溝状のガス流路101（図1及び図2参照）が形成されている。

【0088】

天板11の下面における中央部には、図1に示すように、凸状部4における中心部領域C側の部位と連続して周方向に亘って概略リング状に形成されると共に、その下面が凸状部4の下面（天井面44）と同じ高さ形成された突出部5が設けられている。この突出部5よりも回転テーブル2の回転中心側におけるコア部21の上方側には、中心部領域Cにおいて各種ガスが互いに混ざり合うことを抑制するためのラビリンス構造部110が配置されている。

20

【0089】

前述したように筐体90は中心部領域C側に寄った位置まで形成されているので、回転テーブル2の中央部を支持するコア部21は、回転テーブル2の上方側の部位が筐体90を避けるように回転中心側に形成されている。そのため、中心部領域C側では、外縁部側よりも、各種ガス同士が混ざりやすい状態となっている。そのため、コア部21の上方側にラビリンス構造を形成することにより、ガスの流路を稼ぎ、ガス同士が混ざり合うことを防止することができる。

30

【0090】

より具体的には、ラビリンス構造部110は、回転テーブル2側から天板11側に向かって垂直に伸びる壁部と、天板11側から回転テーブル2に向かって垂直に伸びる壁部とが、各々周方向に亘って形成されると共に、回転テーブル2の半径方向において交互に配置された構造を有する。ラビリンス構造部110では、例えば原料ガスノズル31から吐出されて中心部領域Cに向かおうとする第1の処理ガスは、ラビリンス構造部110を乗り越えていく必要がある。そのため、中心部領域Cに向かうにつれて流速が遅くなり、拡散しにくくなる。結果として、処理ガスが中心部領域Cに到達する前に、中心部領域Cに供給される分離ガスにより、処理領域P1側に押し戻されることになる。また、中心部領域Cに向かおうとする他のガスについても、同様にラビリンス構造部110によって中心部領域Cに到達しにくくなる。そのため、処理ガス同士が中心部領域Cにおいて互いに混ざり合うことが防止される。

40

【0091】

一方、分離ガス供給管51からこの中心部領域Cに供給された分離ガスは、周方向に勢いよく拡散しようとするが、ラビリンス構造部110を設けているため、ラビリンス構造部110を乗り越えるうちに流速が抑えられていく。この場合、窒素ガスは、例えば回転テーブル2と突起部92との間の極めて狭い領域へも侵入しようとするが、ラビリンス構造部110により流速が抑えられているので、例えば搬送口15付近等の比較的広い領域へと流れていく。そのため、筐体90の下方側への窒素ガスの流入が抑えられる。

50

【 0 0 9 2 】

回転テーブル 2 と真空容器 1 の底面部 1 4 との間の空間には、図 1 に示すように、加熱機構であるヒータユニット 7 が設けられている。ヒータユニット 7 は、回転テーブル 2 を介して回転テーブル 2 上のウエハ W を例えば室温 ~ 7 6 0 程度に加熱することができる構成となっている。なお、図 1 における参照符号 7 1 a は、ヒータユニット 7 の側方側に設けられたカバー部材であり、参照符号 7 a は、このヒータユニット 7 の上方側を覆う覆い部材である。また、真空容器 1 の底面部 1 4 には、ヒータユニット 7 の下方側において、ヒータユニット 7 の配置空間をパージするためのパージガス供給管 7 3 が、周方向に亘って複数個所に設けられている。

【 0 0 9 3 】

図 2 に示すように、真空容器 1 の側壁には、ウエハ W の受け渡しを行うための搬送口 1 5 が形成されている。この搬送口 1 5 は、ゲートバルブ G より気密に開閉自在に構成されている。真空容器 1 の外部には、図示しない搬送アームが設けられ、搬送アームを用いて真空容器 1 内にウエハ W を搬送する。

【 0 0 9 4 】

回転テーブル 2 の凹部 2 4 は、この搬送口 1 5 に対向する位置にて図示しない搬送アームによりウエハ W の受け渡しが行われる。そのため、回転テーブル 2 の下方側の受け渡し位置に対応する箇所には、凹部 2 4 を貫通してウエハ W を裏面から持ち上げるための図示しない昇降ピン及び昇降機構が設けられている。

【 0 0 9 5 】

図 1 1 は、本発明の第 1 の実施形態に係るプラズマ発生装置の分解斜視図である。図 1 1 に示されるように、第 1 のプラズマ発生器 8 0 で酸化処理又は窒化処理を行い、第 2 のプラズマ発生器 1 8 0 で酸化処理又は窒化処理の調整を行いつつ改質を行なえる構成となっている。

【 0 0 9 6 】

〔第 2 の実施形態〕

図 1 2 は、本発明の第 2 の実施形態に係るプラズマ処理装置の第 2 のプラズマ発生器の一例を示した図である。第 2 の実施形態に係るプラズマ処理装置の第 2 のプラズマ発生器 1 8 1 は、アンテナ 1 3 1 の周囲を囲むファラデーシールド 1 7 0 が新たに設けられている点で、第 1 の実施形態に係るプラズマ処理装置の第 2 のプラズマ発生器 1 8 0 と異なっている。その他の構成要素については、第 1 の第 1 の実施形態に係るプラズマ処理装置の第 2 のプラズマ発生器 1 8 0 と同様であるので、対応する構成要素に同一の参照符号を付してその説明を省略する。

【 0 0 9 7 】

図 1 2 に示されるように、ファラデーシールド 1 7 0 は、アンテナ 1 3 1 の周囲を覆うように設けられ、アンテナ 1 3 1 とともに移動可能に構成されている。このように、ファラデーシールド 1 7 0 をアンテナ 1 3 1 とともに移動可能に構成することにより、アンテナ 1 3 1 が移動しても、アンテナ 1 3 1 とファラデーシールド 1 7 0 との距離及び位置関係を一定に保つことができ、回転テーブル 2 (又はウエハ W) に照射されるプラズマの強度を一定とすることができる。即ち、ファラデーシールド 1 7 0 は、アンテナ 1 3 1 の形状に合わせて構成されるものであるため、アンテナ 1 3 1 が移動すると、電界のカット量及び磁界の透過量等が変化するおそれがある。よって、ファラデーシールド 1 7 0 も、マ整合器 1 5 0 と同様に、アンテナ 1 3 1 とともに移動可能に構成されていることが好ましい。これにより、アンテナ 1 3 1 が移動しても、プラズマの強度、上下方向におけるプラズマ密度を変化させること無く、プラズマを移動させることができる。

【 0 0 9 8 】

図 1 3 は、本発明の第 2 の実施形態に係るプラズマ処理装置の第 2 のプラズマ発生器の一例のアンテナ部及びファラデーシールドを示した図である。図 1 3 (a) は、第 2 のプラズマ発生器の一例のアンテナ部及びファラデーシールドの平面図であり、図 1 3 (b) は、第 2 のプラズマ発生器の一例のアンテナ部及びファラデーシールドの側面図である。

【0099】

図13(a)、(b)に示されるように、ファラデーシールド170は、略円柱状の形状を有し、アンテナ131の周囲を取り囲んでいる。図13(b)に示すように、ファラデーシールド170の底面170a上には、上方に載置されるアンテナ131との間の絶縁性を確保するために、厚み寸法が例えば2mm程度の石英等から形成される絶縁板171が積層されている。そして、ファラデーシールド170の底面170aには、放射状のスリット172が形成されている。アンテナ131とファラデーシールド170がともにスライド移動することにより、アンテナ131の位置と放射状のスリットの位置関係は常に一定に保たれ、移動した各領域において一定のプラズマ照射を行うことができる。なお、図13(b)に示されるように、ファラデーシールド170は接地される。

10

【0100】

第1の実施形態で説明したのと同様、アンテナ131もファラデーシールド170も水平移動であり、移動により傾斜が生じないので、電位は一定に保たれ、ウエハWに電気的なダメージを与えることも無い。

【0101】

このように、第2の実施形態に係るプラズマ発生装置によれば、アンテナ131をスライド移動させてもプラズマ強度を一定に保つことができ、設計通りの所望のプラズマ処理を行うことができる。

【0102】

〔第3の実施形態〕

図14は、本発明の第3の実施形態に係るプラズマ処理装置の一例を示した図である。第3の実施形態に係るプラズマ処理装置では、第2のプラズマ発生器180のみならず、第1のプラズマ発生器280も移動式のアンテナ230を備えて構成されている。即ち、改質用の第2のプラズマ発生器180のみならず、酸化処理又は窒化処理用の第1のプラズマ発生器280も半径方向において局所的なプラズマ処理を行うことが可能に構成されている。

20

【0103】

このような構成とすることにより、第1のプラズマ発生器280においても回転テーブル2の内周側と外周側におけるプラズマ処理を均一化することができ、より面内均一性の高いプラズマ処理を行うことができる。

30

【0104】

なお、第1のプラズマ発生器280は、第1及び第2の実施形態に係るプラズマ発生装置のプラズマ発生器180、181のいずれの構成を採用してもよい。また、構成自体は第1及び第2の実施形態で説明した第2のプラズマ発生器180、181と同様であるので、その説明を省略する。また、その他の構成要素についても、第1の実施形態に係るプラズマ発生装置と同様であるので、その説明を省略する。

【0105】

第3の実施形態に係るプラズマ処理装置によれば、面内均一性を更に向上させるプラズマ処理を行うことができる。

【0106】

〔第4の実施形態〕

図15は、本発明の第4の実施形態に係るプラズマ処理装置の一例を示した図である。第4の実施形態に係るプラズマ処理装置は、第1の実施形態に係るプラズマ処理装置から、第1のプラズマ発生器80を取り除き、第2のプラズマ発生器180のみを設置した構成を有する。なお、厳密には、第4の実施形態に係るプラズマ処理装置は、第1の処理領域P1及び分離領域Dの広さが第1の実施形態に係るプラズマ処理装置と異なっているが、構成要素的には、第1の実施形態に係るプラズマ処理装置から、第1のプラズマ発生器80を取り除いた構成である。このように、プラズマ発生器180を1台のみとして改質処理を行うようにしてもよい。

40

【0107】

50

この場合、第1のプラズマ処理用ガスノズル32は、そのまま第1のプラズマ発生器80が設置されていた箇所に配置されて開口部11a及び筐体90を含めて第1のプラズマ発生器80のみが除去され、第2のプラズマ発生器180は、第2のプラズマ処理用ガスノズル33も含めてそのまま設けられる。

【0108】

かかる構成であっても、酸化ガス又は窒化ガス等の反応ガスは第2のプラズマ処理用ガスノズル32から供給され、プラズマを用いない形で反応生成物を生成する反応は行われ、その後プラズマ発生器180で改質が行われるので、プラズマ照射量を調整しつつ改質を行うことができ、基板処理の面内均一性を高めることができる。

【0109】

このように、本発明の実施形態に係るプラズマ処理装置によれば、移動式のアンテナ131を有するプラズマ発生器180、181、280を用途に応じて種々の配置で設けることができ、プラズマ処理量の調整が可能なプラズマ処理装置を種々の形態で構成することができる。

【0110】

〔成膜方法〕

次に、本発明の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について説明する。本発明の実施形態に係るプラズマ処理方法は、移動式のアンテナ131を用いたプラズマ発生器180、181、280を搭載した種々のプラズマ処理装置で実施可能であるが、そのようなプラズマ発生器180を1台と、アンテナ固定式のプラズマ発生器80を1台備えた第1の実施形態に係るプラズマ処理装置を用いてプラズマ処理を行う例について説明する。

【0111】

また、プラズマ処理の内容としては、ALD法(Atomic Layer Deposition、原子層堆積方法)又はMLD法(Molecular Layer Deposition、分子層堆積方法)による成膜を実施する例について説明する。但し、本発明の実施形態に係るプラズマ処理方法は、成膜方法に限定されず、回転テーブル上に周方向に沿って基板を配置し、回転テーブルを回転させながらプラズマ処理を行う方法であれば、アニール等を含めて種々のプラズマ処理に適用可能である。

【0112】

プラズマ処理方法の実施に先立ち、ウエハWを真空容器1内に搬入する。具体的には、先ず、ゲートバルブGを開放する。そして、回転テーブル2を間欠的に回転させながら、搬送アーム(図示せず)により搬送口15を介して回転テーブル2上に載置する。

【0113】

次いで、ゲートバルブGを閉じて、ヒータユニット7により、ウエハWを所定の温度に加熱する。なお、ウエハWの温度は、例えば、300 以上800 以下に設定される。続いて、原料ガスノズル31から原料ガスを、所定の流量で吐出すると共に、第1のプラズマ処理用ガスノズル32及び第2のプラズマ処理用ガスノズル33から、所定の流量で第1及び第2のプラズマ処理用ガスを各々供給する。

【0114】

そして、圧力調整部65により真空容器1内を所定の圧力に調整する。また、プラズマ発生器80、180では、各々、アンテナ83に対して、所定の出力の高周波電力を印加する。高周波電力は、例えば、5kWに設定してもよい。

【0115】

回転テーブル2の回転により、ウエハWが第1の処理領域P1に到達すると、原料吸着工程が行われる。原料吸着工程では、ウエハWに原料ガスが原料ガスノズル31から供給され、原料ガスがウエハWの表面上に吸着する。なお、原料ガスは、例えば、シリコン含有ガス等が供給される。

【0116】

次いで、回転テーブル2の回転により、ウエハWは分離領域Dの下方を通過し、分離ガ

10

20

30

40

50

スが供給されてパージされる。その後、ウエハWは、第2の処理領域P2に到達する。

【0117】

ウエハWが第2の処理領域P2に到達すると、反応工程が行われる。反応工程では、第1のプラズマ処理用ガスノズル32から反応ガスが供給され、原料ガスと反応して反応生成物が生成されてその分子層がウエハWの表面上に堆積する。反応ガスは、例えば、オゾン、酸素等の酸化ガス、又はアンモニア等の窒化ガスである。原料ガスがシリコン含有ガスの場合、シリコン酸化膜又はシリコン窒化膜が生成してその分子層がウエハWの表面に堆積する。その際、反応ガスは第1のプラズマ発生器80により活性化して供給されるので、効果的に酸化又は窒化が行われる。

【0118】

次に、回転テーブルの回転により、ウエハWは第3の処理領域P3に到達し、改質工程が行われる。改質工程では、プラズマ処理により、ウエハWの表面上に堆積した反応生成物の改質が行われる。この場合、第2のプラズマ発生器180によりプラズマ処理が行われるので、アンテナ131が半径方向のいずれかの位置にある状態で改質処理が行われる。改質処理は、第2のプラズマ処理用ガスノズル33から、第1のプラズマ処理用ガスと類似した処理ガスを供給し、酸化処理又は窒化処理等の改質処理を行う。酸化膜の成膜には酸化ガスがプラズマ化して供給され、窒化膜の成膜には窒化ガスがプラズマ化して供給される。

【0119】

第3の処理領域P3では、アンテナ131が移動しているため、回転テーブル2が連続的に複数回回転する場合には、前回と異なる領域にプラズマ照射が行われる場合が多い。上述のように、基本的には、回転テーブル2の外周側にプラズマが照射される場合には、内周側にプラズマが照射される場合よりも遅い移動速度となるように制御される。

【0120】

制御は、制御部120が、モータ144の回転速度、高周波電源160の出力等を制御することにより、アンテナ131の位置、移動速度、プラズマ強度が、全体のプラズマ処理を通して半径方向において均一となるように制御される。

【0121】

次に、回転テーブル2の回転により、ウエハWは分離領域Dの下方を通過し、分離ガスが供給されてパージされる。なお、分離ガス(パージガス)は、 N_2 、Ar等が用いられる。ウエハWは、分離領域Dを通過後、第1の処理領域P1に到達する。そして、再び原料吸着工程が行われる。

【0122】

以下、回転テーブル2の回転に伴い、ウエハWは原料吸着工程、反応工程及び改質工程を繰り返し、プラズマ処理による成膜処理が行われる。その際、上述のように、プラズマ発生器180においてアンテナ131はスライド移動し、全体に亘り均一にプラズマによる改質処理が行われる。そして、膜が所定の膜厚に到達すると、成膜処理が終了する。これにより、本発明の実施形態に係るプラズマ処理方法が終了する。

【0123】

なお、プラズマ発生器180内のアンテナ131の移動は、上述のように、アンテナ131が回転テーブル2の外周側に位置するときは遅くし、アンテナ131が回転テーブル2の内周側に位置するときには速くし、プラズマの照射量が回転テーブル2の外周側と内周側で略均一になるような移動を行うことが好ましい。これにより、プラズマ処理量の均一化が可能となる。例えば、アンテナ131が外周側に位置するときには、内周側に位置するときの移動速度の略1/3となるような制御を行えば、プラズマ処理量の不均衡は是正される。そのような移動速度の変化は、アンテナ131の位置に応じて段階的に変化してもよいし、連続的に変化してもよい。また、速度ゼロ、即ち停止している場合も含めて、停止時間も含めた制御を行うようにしてもよい。

【0124】

即ち、例えば、回転テーブル2の外周側が内周側よりも約3倍の時間プラズマに照射さ

10

20

30

40

50

れるように、アンテナ 131 の位置、各位置における速度を調整することにより、半径方向の各位置において、周速度でプラズマに照射される時間を一定とすることができる。

【0125】

また、その際、上述の高周波電源 160 の出力（パワー）及び整合器 150 の調整により、アンテナ 131 により発生するプラズマの強度を変化させることも可能である。これにより、成膜時の面内の膜質を調整することができる。

【0126】

このように、プラズマ発生器 180 は、アンテナ 131 の位置、各位置における速度、及びプラズマの強度を制御することが可能であり、これらのパラメータを適切に設定することにより、プラズマ処理量を調整し、均一なプラズマ処理を行うことができる。

10

【0127】

プラズマ処理（成膜処置）が終了したら、ガスノズル 31～33、41、42 からのガスの供給を停止するとともに、回転テーブル 2 の回転も停止する。そして、ゲートバルブ G を開放し、成膜（プラズマ）処理後のウエハ W を、搬送アーム（図示せず）を用いて搬送口 15 から搬出する。総てのウエハ W の搬出を終えたら、成膜（プラズマ）処理の総てが終了する。必要に応じて、次に処理すべきウエハ W を搬入し、また同様に成膜（プラズマ）処理を実施する。

【0128】

本発明の実施形態に係るプラズマ処理方法によれば、回転テーブル 2 の半径方向におけるプラズマ処理量を局所的に補正及び調整し、ウエハ W のプラズマ処理量を回転テーブル 2 の中心からの距離に関わらず略均一にすることができる。

20

【0129】

以上、本発明の好ましい実施形態について詳説したが、本発明は、上述した実施形態に制限されることはなく、本発明の範囲を逸脱することなく、上述した実施形態に種々の変形及び置換を加えることができる。

【符号の説明】

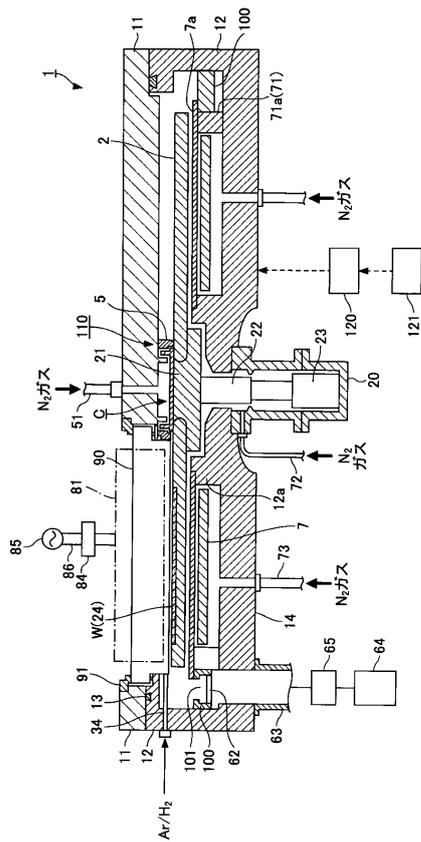
【0130】

- 1 真空容器
- 2 回転テーブル
- 15 搬送口
- 24 凹部
- 31 原料ガスノズル
- 32 第 1 のプラズマ処理用ガスノズル
- 33 第 2 のプラズマ処理用ガスノズル
- 41、42 分離ガスノズル
- 80、180 プラズマ発生器
- 83、130 アンテナ
- 84、150 整合器
- 85、160 高周波電源
- 90 筐体
- 95、170 ファラデーシールド
- 120 制御部
- 140 移動機構部
- 141 フレーム
- 142 スライダー
- 143 ボールネジ
- 144 モータ
- P1、P2、P3 処理領域
- W ウエハ

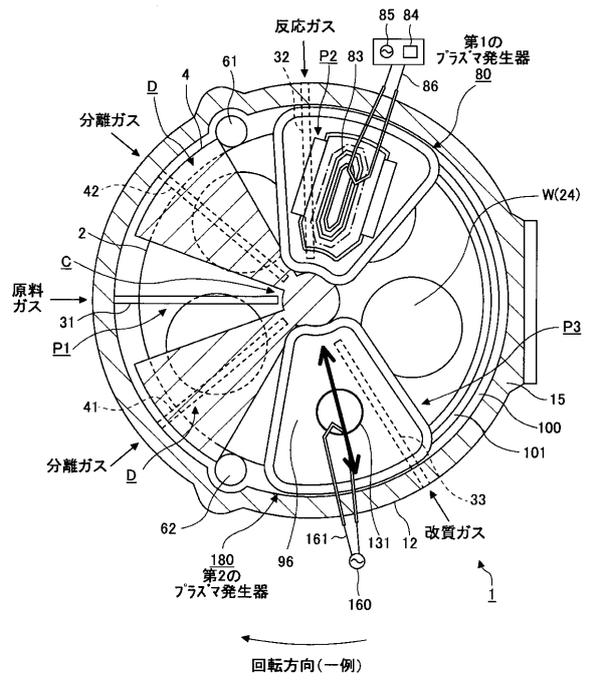
30

40

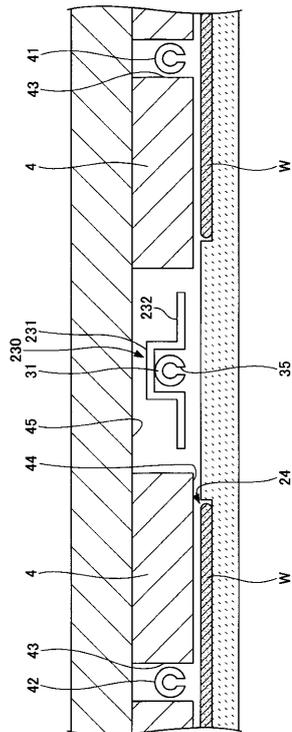
【図1】



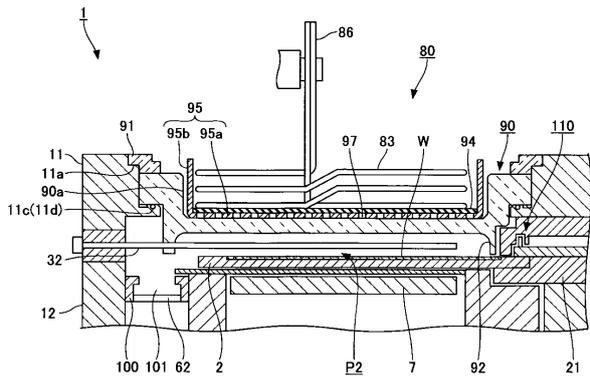
【図2】



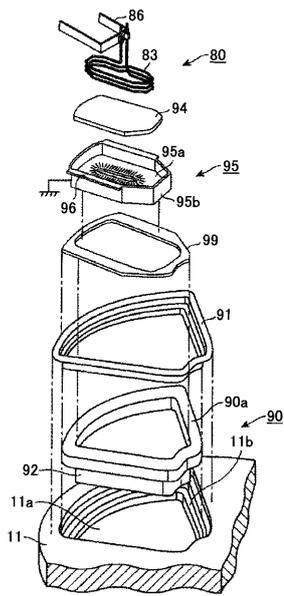
【図3】



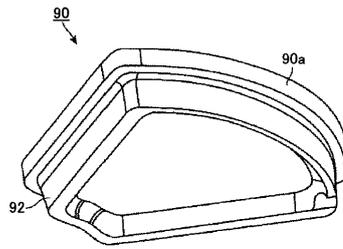
【図4】



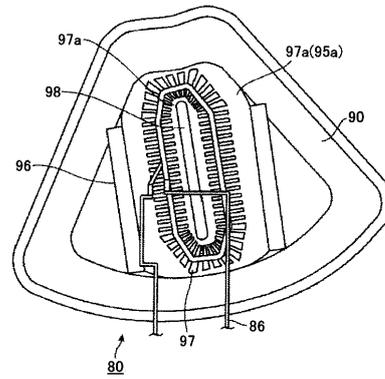
【図5】



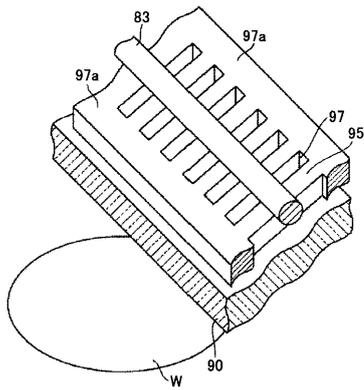
【図6】



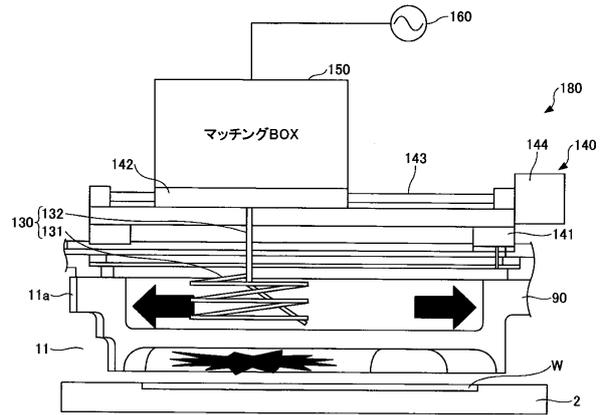
【図7】



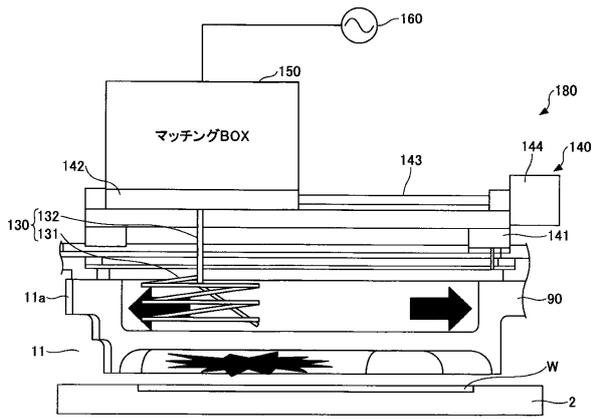
【図8】



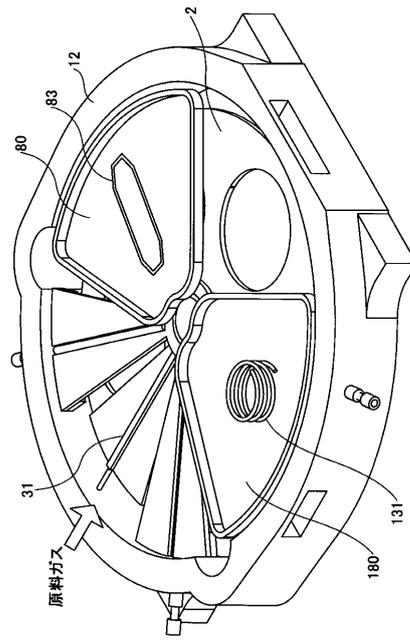
【図9】



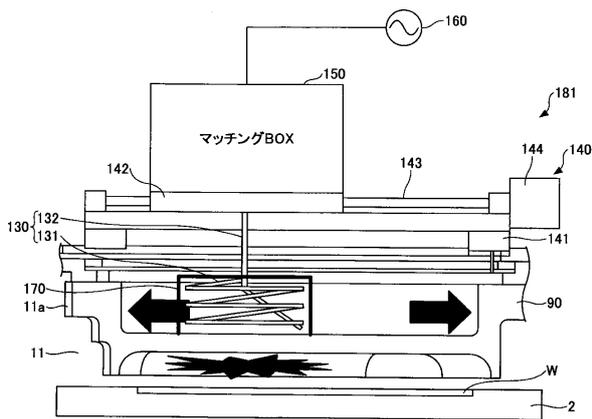
【図10】



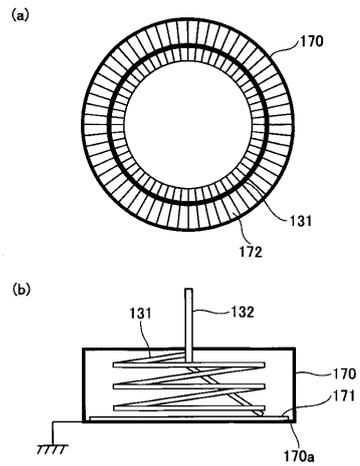
【図11】



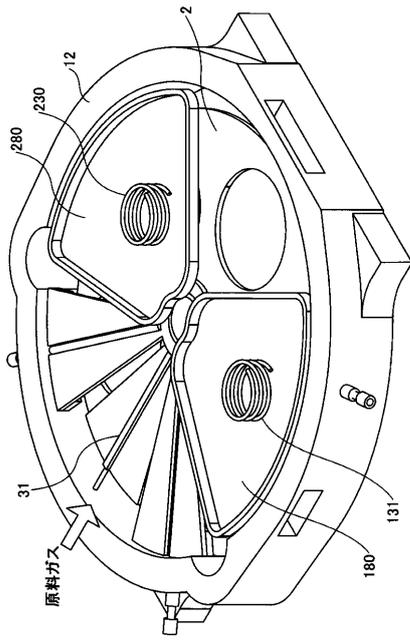
【図12】



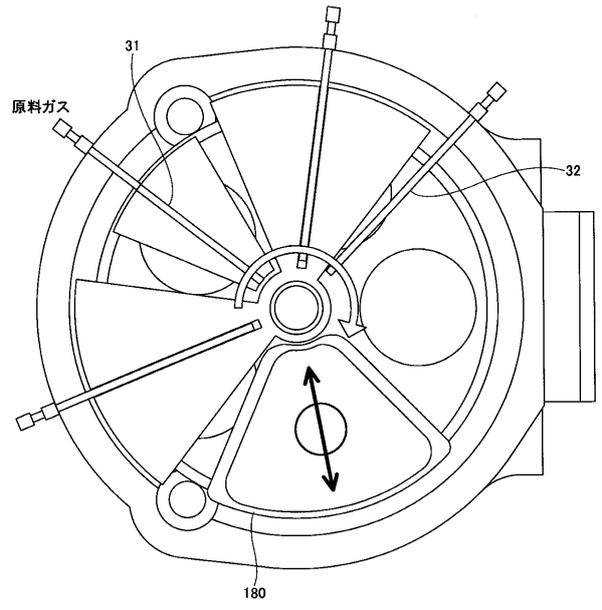
【図13】



【図14】



【図15】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H 0 5 H 1/46 (2006.01) H 0 5 H 1/46 L

(56)参考文献 特開2008-028365(JP,A)
特開2009-238837(JP,A)
特開平07-106311(JP,A)
特開平08-323699(JP,A)
特開2014-093226(JP,A)
特開2015-192067(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 0 1 L 2 1 / 3 1 6
H 0 1 L 2 1 / 3 1 8
H 0 1 L 2 1 / 3 0 6 5
H 0 5 H 1 / 4 6
C 2 3 C 1 6 / 4 5 8
C 2 3 C 1 6 / 5 0 5