

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6935741号
(P6935741)

(45) 発行日 令和3年9月15日 (2021.9.15)

(24) 登録日 令和3年8月30日 (2021.8.30)

(51) Int.Cl.	F I
H O 1 L 21/31 (2006.01)	H O 1 L 21/31 C
C 2 3 C 16/458 (2006.01)	C 2 3 C 16/458
H O 1 L 21/316 (2006.01)	H O 1 L 21/316 X
H O 1 L 21/683 (2006.01)	H O 1 L 21/68 N

請求項の数 7 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2017-244303 (P2017-244303)	(73) 特許権者	000219967
(22) 出願日	平成29年12月20日 (2017.12.20)		東京エレクトロン株式会社
(65) 公開番号	特開2019-110281 (P2019-110281A)		東京都港区赤坂五丁目3番1号
(43) 公開日	令和1年7月4日 (2019.7.4)	(74) 代理人	110002756
審査請求日	令和2年6月15日 (2020.6.15)		特許業務法人弥生特許事務所
		(74) 代理人	100091513
			弁理士 井上 俊夫
		(74) 代理人	100133776
			弁理士 三井田 友昭
		(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
		(72) 発明者	小林 健
			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
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 成膜装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

処理容器内に設けられた回転テーブルと、
 前記回転テーブルの一面側に基板を載置するために設けられ、当該回転テーブルの回転により公転する載置台と、
 前記載置台に載置された前記基板を加熱する加熱部と、
 前記回転テーブルの回転により載置台が通過する領域に成膜ガスを供給して前記基板に成膜する成膜ガス供給部と、
 前記回転テーブルと共に回転する部位に前記載置台を支持するように自転自在に設けられる自転軸と、
 前記自転軸に設けられた従動ギアと、
 前記従動ギアの公転軌道に臨んで回転し、かつ前記公転軌道の全周に沿って設けられ、前記従動ギアと磁気ギア機構を構成する駆動ギアと、
 横方向における前記従動ギアの公転軌道に対して、前記駆動ギアを昇降させる昇降機構であり、前記従動ギアの公転軌道と前記駆動ギアとの相対距離を変更するための相対距離変更機構と、
 を備えることを特徴とする成膜装置。

【請求項2】

処理容器内に設けられた回転テーブルと、
 前記回転テーブルの一面側に基板を載置するために設けられ、当該回転テーブルの回転

により公転する載置台と、

前記載置台に載置された前記基板を加熱する加熱部と、

前記回転テーブルの回転により載置台が通過する領域に成膜ガスを供給して前記基板に成膜する成膜ガス供給部と、

前記回転テーブルと共に回転する部位に前記載置台を支持するように自転自在に設けられる自転軸と、

前記自転軸に設けられた従動ギアと、

前記従動ギアの公転軌道に臨んで回転し、かつ前記公転軌道の全周に沿って設けられ、前記従動ギアと磁気ギア機構を構成する駆動ギアと、

前記従動ギアの公転軌道と前記駆動ギアとの相対距離を変更するための相対距離変更機構と、

を備え、

前記処理容器内は、真空雰囲気となるように構成され、

前記駆動ギアは、大気雰囲気側に設けられ、

前記従動ギアと駆動ギアとの間には、大気雰囲気と真空雰囲気とを仕切り、磁力線を通す材料により構成された仕切り部材が設けられていることを特徴とする成膜装置。

【請求項 3】

前記従動ギアは、自転方向に沿って全周に亘ってN極部及びS極部が交互に配列され、

前記駆動ギアは、前記公転軌道に沿って全周に亘ってN極部及びS極部が交互に配列されていることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の成膜装置。

【請求項 4】

前記従動ギア及び前記駆動ギアは、各々永久磁石により磁極部が構成されていることを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれか一つに記載の成膜装置。

【請求項 5】

前記従動ギアの各磁極部は、下面に中心部から横方向に放射状に延びるように設けられ、

前記駆動ギアの各磁極部は、前記従動ギアの下面と対向する面に配列されていることを特徴とする請求項 1 ないし 4 のいずれか一つに記載の成膜装置。

【請求項 6】

前記従動ギアの公転軌道と前記駆動ギアとの相対距離は、前記基板の処理レシピに応じて変更されることを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいずれか一つに記載の成膜装置。

【請求項 7】

前記処理レシピは、前記回転テーブルの回転数または前記基板の処理温度の少なくとも一方を含むことを特徴とする請求項 6 記載の成膜装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、回転テーブルの一面側に載置された基板を公転させながら基板の成膜処理を行う技術に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体装置の製造工程においては、エッチングマスクなどを形成するための各種の膜を円形の基板である半導体ウエハ（以下、ウエハと記載する）に成膜するために、例えばALD（Atomic Layer Deposition）が行われている。半導体装置の生産性を高くするために、上記のALDは、複数のウエハを載置した回転テーブルを回転させることで各ウエハを公転させ、回転テーブルの径方向に沿うように配置される処理ガスの供給領域を繰り返し通過させる装置によって行われる場合がある。

【0003】

ウエハの面内で均一性高い配線パターンを形成する目的から、上記のウエハを公転させる成膜処理においては、ウエハの周方向における膜厚の均一性を高くすることが求められ

10

20

30

40

50

ている。しかし、上記のウエハを公転させる成膜装置においては、回転テーブルの径方向に沿って処理ガスが供給されることから、ウエハに形成される膜は、回転テーブルの中心側から周縁側に向かうに従って膜厚が変移する膜厚分布となる傾向が有る。

【 0 0 0 4 】

そこで、回転テーブルによりウエハが公転する間、ウエハが自転するようにウエハの載置台を回転させて、当該ウエハの周方向における膜の均一化を図ることが検討されている。例えば特許文献1には上記のウエハの載置台を、磁石のN極、S極が周方向に交互に配列された円形部材である磁気ギアに接続した装置について記載されている。この装置においては、回転テーブルの回転により移動する当該磁気ギアの移動路に沿って多数の電磁石が配置され、各電磁石への電流の給断を制御することで上記の磁気ギアが非接触で回転されるので、パーティクルの発生を抑制しつつ、ウエハを自転させることができる。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 0 5 】

【特許文献1】特開2017-54880号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 6 】

発熱によるウエハへの処理の影響を抑制するために上記の電磁石が用いられず、上記の載置台に接続される永久磁石からなる従動ギアと、この従動ギアの公転軌道に臨む永久磁石からなる駆動ギアとにより構成される磁気ギア機構を備えるように装置を構成し、駆動ギアと従動ギアとの間の磁力の作用により、ウエハを自転させることが検討されている。なお、このような装置の一例については発明の実施の形態で詳しく述べるため、ここでは詳細な説明を避ける。

20

【 0 0 0 7 】

しかし、上記の永久磁石は自由に磁力を変化させることができないし、環境温度に応じて減磁する。従って、ウエハの処理温度の影響を受けて、自転の状態に影響が出ることが懸念される。また、従動ギアと駆動ギアとの間に常時、強力な磁力が作用する場合には、この磁力によって従動ギアを支持する各部への負荷が大きくなってしまう。

【 0 0 0 8 】

30

本発明はこのような事情の下になされたものであり、その目的は回転テーブルに載置されて公転する基板に成膜ガスを供給して成膜を行うにあたり、当該基板の自転が確実に行われるようにすると共に、自転を行うための機構により装置の各部に加わる負担を抑制するための技術を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 9 】

本発明の成膜装置は、処理容器内に設けられた回転テーブルと、
前記回転テーブルの一面側に基板を載置するために設けられ、当該回転テーブルの回転により公転する載置台と、
前記載置台に載置された前記基板を加熱する加熱部と、
前記回転テーブルの回転により載置台が通過する領域に成膜ガスを供給して前記基板に成膜する成膜ガス供給部と、
前記回転テーブルと共に回転する部位に前記載置台を支持するように自転自在に設けられる自転軸と、

40

前記自転軸に設けられた従動ギアと、
前記従動ギアの公転軌道に臨んで回転し、かつ前記公転軌道の全周に沿って設けられ、前記従動ギアと磁気ギア機構を構成する駆動ギアと、

横方向における前記従動ギアの公転軌道に対して、前記駆動ギアを昇降させる昇降機構であり、前記従動ギアの公転軌道と前記駆動ギアとの相対距離を変更するための相対距離変更機構と、

50

を備えることを特徴とする。

本発明の他の成膜装置は、処理容器内に設けられた回転テーブルと、

前記回転テーブルの一面側に基板を載置するために設けられ、当該回転テーブルの回転により公転する載置台と、

前記載置台に載置された前記基板を加熱する加熱部と、

前記回転テーブルの回転により載置台が通過する領域に成膜ガスを供給して前記基板に成膜する成膜ガス供給部と、

前記回転テーブルと共に回転する部位に前記載置台を支持するように自転自在に設けられる自転軸と、

前記自転軸に設けられた従動ギアと、

前記従動ギアの公転軌道に臨んで回転し、かつ前記公転軌道の全周に沿って設けられ、前記従動ギアと磁気ギア機構を構成する駆動ギアと、

前記従動ギアの公転軌道と前記駆動ギアとの相対距離を変更するための相対距離変更機構と、

を備え、

前記処理容器内は、真空雰囲気となるように構成され、

前記駆動ギアは、大気雰囲気側に設けられ、

前記従動ギアと駆動ギアとの間には、大気雰囲気と真空雰囲気とを仕切り、磁力線を通す材料により構成された仕切り部材が設けられていることを特徴とする。

10

20

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、回転テーブルと共に回転する部位において、基板が載置される載置台を支持するように自転自在に設けられる自転軸と、自転軸に設けられる従動ギアと、従動ギアの公転軌道に臨んで回転し、かつ当該公転軌道の全周に沿って設けられ、従動ギアと磁気ギア機構を構成する駆動ギアと、従動ギアの公転軌道と駆動ギアとの相対距離を変更する相対距離変更機構と、を備える。それによって、成膜処理時には従動ギアと駆動ギアとの間に作用する磁力を基板の自転を行うために必要なものとし、且つ当該磁力が常時強力になることを防いで装置の各部へ加わる負担を抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

30

【0011】

【図1】本発明の一実施形態に係る成膜装置の縦断側面図である。

【図2】前記成膜装置の横断平面図である。

【図3】成膜装置に設けられた回転テーブルの概略斜視図である。

【図4】載置台の下面に設けられた従動ギアを模式的に示す底面図である。

【図5】従動ギアと駆動ギアの一部を示す平面図である。

【図6】従動ギアと駆動ギアを模式的に示す平面図である。

【図7】従動ギアと駆動ギアを模式的に示す平面図である。

【図8】従動ギアの角速度と駆動ギアの角速度の速度差と、従動ギアの自転速度との関係を示す特性図である。

40

【図9】駆動ギアの昇降を示す説明図である。

【図10】成膜装置に設けられた制御部の一例を示す構成図である。

【図11】前記成膜装置の動作を示す説明図である。

【図12】評価試験の結果を示すグラフ図である。

【図13】評価試験の結果を示すグラフ図である。

【図14】評価試験の結果を示すグラフ図である。

【図15】評価試験の結果を示すグラフ図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

本発明の一実施形態である成膜装置1について、図1の縦断側面図、図2の平面図を各

50

々参照しながら説明する。成膜装置 1 は、後述する回転テーブルに載置されて公転するウエハ W に、シリコン (Si) を含む原料ガスと、酸化ガスとを順番に繰り返し供給し、これら原料ガスと酸化ガスとを互いに反応させて SiO₂ (酸化シリコン) 膜を形成する ALD が行われるように構成されている。

【0013】

成膜装置 1 は、平面形状が概ね円形の扁平な処理容器である真空容器 11 を備えている。真空容器 11 は、容器の側壁及び底部をなす容器本体 13 と、天板 12 とにより構成されている。図中 2 は、真空容器 11 内に設けられた上記の回転テーブルであり、水平な円板状に形成されている。回転テーブル 2 の中心部には鉛直下方へ伸びる回転軸 21 が接続されている。この回転軸 21 は、容器本体 13 を構成する底部 14 に設けられた軸受け部 22 を貫通して、真空容器 11 の外側に設けられる公転用回転機構 23 に接続されている。公転用回転機構 23 によって、上面側から見て回転テーブル 2 は、例えば時計回りに回転される。

10

【0014】

容器本体 13 の底部 14 には、回転軸 21 を囲むように当該底部 14 を厚さ方向に貫通する平面視環状のスリット 24 が設けられている。そして、底部 14 の下方には、平面視環状、且つ縦断面視凹部形状をなす空間形成部 15 が設けられており、この凹部内の空間は、真空容器 11 の外部から区画されると共に、成膜処理時には後述の排気口 36、37 により排気されて真空雰囲気となる。当該空間を従動ギア移動空間 16 とすると、この従動ギア移動空間 16 には、容器本体 13 の底部 14 に近接するように、水平な支持用円環板 25 が設けられている。また、空間形成部 15 の底部は円環状の水平な板により構成されており、当該板を区画板 17 とする。仕切り部材をなすこの区画板 17 は、後述する従動ギア 4 と駆動ギア 5 との間に形成される磁力線を通す材料、例えばアルミニウムや SUS (ステンレス鋼) により構成されている。区画板 17 の厚さ H1 は例えば 5 mm 以下、より具体的には例えば 3 mm 以下である。なお、図中 18 は、空間形成部 15 の側壁及び底部 14 に設けられる冷媒流路である。

20

【0015】

続いて、回転テーブル 2 及び当該回転テーブル 2 に付帯する各部の構造についての概略斜視図である図 3 も参照しながら説明する。上記の軸受け部 22 の上端部からは、平面視放射状に 5 本のスポーク 26 が延出されており、当該スポーク 26 に回転テーブル 2 が支持されている。このスポーク 26 は、高い強度及び高い耐熱性を有するように、例えば合金であるインコネル (登録商標) により構成されている。スポーク 26 の先端部は、上記の容器本体 13 のスリット 24 を下方へ向かうように屈曲し、支持用円環板 25 の上面に接続されている。従って、支持用円環板 25 はスポーク 26 によって、回転軸 21 に支持されている。

30

【0016】

回転テーブル 2 の上面側 (一面側) には、回転テーブル 2 の回転によって公転する平面視円形の載置台 3 が設けられている。この例では載置台 3 は回転テーブル 2 の回転方向に沿って 5 個設けられている。載置台 3 の上面には、ウエハ W を水平に載置して収納するための凹部 31 が形成されている。

40

【0017】

各載置台 3 の下面側中央部には、載置台 3 を支持する自転軸 32 が鉛直下方へ延出するように設けられている。各自転軸 32 は支持用円環板 25 を貫通し、さらに、当該支持用円環板 25 の下面に支持されて設けられる 5 つの軸受けユニット 33 (図 3 では 4 つのみ表示している) を各々貫通する。自転軸 32 が支持用円環板 25 を貫通する位置は、支持用円環板 25 を周方向に見て隣り合うスポーク 26 の間である。つまり、支持用円環板 25 には自転軸 32 とスポーク 26 とが交互に配置されている。上記の軸受けユニット 33 は、自転軸 32 を回転自在に保持するように自転軸 32 を囲むベアリングと、ベアリングからのパーティクルの飛散を防ぐための磁気シールと、を備えている。このように構成されることで、自転軸 32 は回転テーブル 2 と共に回転する部位に回転自在に設けられてい

50

る。また、この自転軸 3 2 は軸受けユニット 3 3 に支持されており、この軸受けユニット 3 3 は支持用円環板 2 5、スポーク 2 6 を介して回転軸 2 1 に対して支持されている。

【 0 0 1 8 】

そして、自転軸 3 2 の下端部には水平な円板状の従動ギア 4 が、自転軸 3 2 と互いに中心軸を一致させた状態で設けられている。従って、従動ギア 4 は自転軸 3 2 を介して載置台 3 に連結されており、従動ギア 4 は回転テーブル 2 の回転により、当該回転テーブル 2 の回転軸 2 1 の回りを水平方向に公転する。また、従動ギア 4 を周方向に回転させると、各載置台 3 が自転軸 3 2 まわりに自転する。図 1 に示す従動ギア 4 と区画板 1 7 との距離 H 2 は、例えば 1 mm である。

【 0 0 1 9 】

図 4 は従動ギア 4 の下面側を模式的に示している。従動ギア 4 の下部側には、当該従動ギア 4 の回転方向に沿って、多数の永久磁石が全周に亘って埋設されている。なお、ここで言う全周に亘って永久磁石が設けられるとは、回転方向に見たときに永久磁石が設けられる領域が局所的では無いことを意味している。従って、回転方向に隣り合う永久磁石間に隙間があっても、全周に亘って永久磁石が設けられることになり、この例ではそのような隙間が設けられている。

【 0 0 2 0 】

従動ギア 4 に設けられる上記の永久磁石の磁極を N 極部 4 1、S 極部 4 2 とすると、当該従動ギア 4 を下面側から見たときに、N 極部 4 1、S 極部 4 2 が自転方向（回転方向）に沿って交互に配置されている。なお、N 極部 4 1 については S 極部 4 2 と区別するために、図中に斜線を付して表示している。この例では、従動ギア 4 の下面に露出する N 極部 4 1、S 極部 4 2 は、夫々同じ形状の短冊状に形成され、従動ギア 4 の下面の中心部から横方向に放射状に延びるように、周方向に互いに間隔を開けて例えば 1 8 個配列されている。N 極部 4 1 及び S 極部 4 2 の長さは例えば従動ギア 4 の底面の中心を越えないように、従動ギア 4 の半径より短く設定されている。なお、高温環境下における減磁を抑制するために、上記の従動ギア 4 を構成する永久磁石及び後述の駆動ギア 5 を構成する永久磁石は、例えばサマリウムコバルト磁石により構成されている。

【 0 0 2 1 】

図 1 及び図 3 に示すように、真空容器 1 1 の外側（大気雰囲気側）で、空間形成部 1 5 の下方には、駆動ギア 5 が配置されている。この駆動ギア 5 は、従動ギア 4 と共に磁気ギア機構 4 0 を構成する。駆動ギア 5 は従動ギア 4 の公転軌道の全周に沿って形成された水平な円環板であり、当該公転軌道に臨むように設けられている。従って駆動ギア 5 の上面は、従動ギア 4 の下面に対向する。

【 0 0 2 2 】

図中 5 0 は、駆動ギア 5 の中央部に形成された円形の開口部であり、平面で見て、当該開口部 5 0 の中心は、回転テーブル 2 の回転中心に一致している。また、図 1 に示すように駆動ギア 5 の下面には、駆動ギア 5 を回転させるための例えば環状のダイレクトドライブモータ（DD モータ）よりなる自転用回転機構 5 3 が、回転軸 2 1 を囲むように設けられており、この自転用回転機構 5 3 により、駆動ギア 5 が開口部 5 0 の中心を回転中心として回転する。従って、駆動ギア 5 は、従動ギア 4 の公転軌道に臨んだ状態で回転する。自転用回転機構 5 3 は回転軸を囲む平面視円環状の昇降台 5 4 に設けられており、昇降台 5 4 は、駆動ギア用昇降機構 5 5 により昇降する。図中 5 6 は駆動ギア用昇降機構 5 5 が設けられる水平な床板であり、回転軸 2 1 が貫通する開口部 5 7 を備えている。

【 0 0 2 3 】

駆動ギア 5 について、さらに詳しく説明する。駆動ギア 5 の上部には、従動ギア 4 の公転軌道の外周縁部に対向するように、当該駆動ギア 5 の全周に亘って、永久磁石が埋設されている。ここでも全周に亘って永久磁石が設けられるとは、駆動ギア 5 の回転方向に見たときに永久磁石が設けられる領域が局所的では無いことを意味しており、回転方向に永久磁石が隙間無く設けられることでは無い。この例では当該回転方向に隣り合う永久磁石の間に、そのような隙間が設けられている。駆動ギア 5 に設けられる永久磁石の磁極を N

10

20

30

40

50

極部 5 1 及び S 極部 5 2 とすると、駆動ギア 5 を上側から見て、駆動ギア 5 の回転方向に N 極部 5 1 及び S 極部 5 2 が交互に配置されている。なお、図 3 及び後述の図 5 などにおいては、N 極部 5 1 についても、駆動ギア 5 の N 極部 4 1 と同様に図中に斜線を付して示している。

【 0 0 2 4 】

図 5 は、1 つの従動ギア 4 の磁極部 (N 極部 4 1 及び S 極部 4 2) と、その下方側の駆動ギア 5 の磁極部 (N 極部 5 1 及び S 極部 5 2) とを対応させて描いたものである。例えば N 極部 5 1、S 極部 5 2 は、従動ギア 4 の下面に形成された N 極部 4 1、S 極部 4 2 の形状と重なり合うように短冊状に形成されている。なお、図 5 は、従動ギア 4 の N 極部 4 1 と駆動ギア 5 の S 極部 5 2 とが重なった状態を示している。また、この図 5 及び後述の図 6、図 7 は磁気ギアの構成を説明するための概要図であるため、磁極部の数は実際の装置の磁極部の数と異なる。

10

【 0 0 2 5 】

続いて、載置台 3 の公転と自転とについて説明する。図 6 は、回転テーブル 2 と駆動ギア 5 とが各々停止している状態 (回転していない状態) において、5 個の従動ギア 4 の一部が駆動ギア 5 と対向して停止している状態を示している。従動ギア 4 は、従動ギア 4 の各磁極部 (N 極部 4 1、S 極部 4 2) と駆動ギア 5 の各磁極部 (N 極部 5 1、S 極部 5 2) との間の吸引力及び反発力の総合作用により決定される位置において停止する。従って、回転テーブル 2 と駆動ギア 5 とを同じ回転数 (回転速度 : rpm) で回転させたときには、従動ギア 4 は駆動ギア 5 に対して相対的に停止していることから、従動ギア 4 即ち載置台 3 は、自転することなく停止している。

20

【 0 0 2 6 】

載置台 3 は、駆動ギア 5 と回転テーブル 2 との回転数に差が生じたとき、即ち駆動ギア 5 の角速度と、回転テーブル 2 の回転による従動ギア 4 の角速度 (いわば公転角速度) との間に速度差が発生したときに自転する。駆動ギア 5 の角速度 V_a が従動ギア 4 の角速度 V_b よりも大きいとき (駆動ギア 5 の角速度から従動ギア 4 の角速度を差し引いた速度差がプラスのとき) は、駆動ギア 5 に対向している従動ギア 4 の N 極部 4 1、S 極部 4 2 の並びの下方を、駆動ギア 5 の N 極部 5 1、S 極部 5 2 の配列が、図 5 で言えば左側から右側に移動していく。このため、従動ギア 4 に作用する駆動ギア 5 からの反発力と吸引力とが右側に移動し、これに伴い従動ギア 4 の N 極部 4 1、S 極部 4 2 の並びも右に引き連れられることから、結果として従動ギア 4 が図 5 における右回転、即ち図 6 に示す状態から図 7 に示す状態のように、時計回りに自転することになる。なお、図 6 ではリング状の従動ギア 4 の公転軌道について、4 A として示している。

30

【 0 0 2 7 】

また、駆動ギア 5 の角速度 V_a が従動ギア 4 の角速度 V_b よりも小さいとき (駆動ギア 5 の角速度から従動ギア 4 の角速度を差し引いた速度差がマイナスのとき) は、駆動ギア 5 に対向している従動ギア 4 の N 極部 4 1、S 極部 4 2 の並びの下方を、駆動ギア 5 の N 極部 5 1、S 極部 5 2 の配列が、図 5 で言えば右側から左側に移動していく。このため従動ギア 4 に作用する駆動ギア 5 からの反発力と吸引力とが左側に移動し、これに伴い従動ギア 4 の N 極部 4 1、S 極部 4 2 の並びも左に引き連れられることから、結果として従動ギア 4 が図 5 における左回転、即ち反時計回りに自転することになる。

40

【 0 0 2 8 】

従動ギア 4 の公転による角速度と駆動ギア 5 の角速度との速度差と、従動ギア 4 の自転速度とは、図 8 に示すように、速度差のある範囲においてほぼ比例関係を維持する。図 8 中、横軸は駆動ギア 5 の角速度 V_a と従動ギア 4 の公転による角速度 V_b との速度差 ($V_a - V_b$) であり、縦軸は従動ギア 4 の自転速度である。速度差がプラス ($(V_a - V_b) > 0$) のときには、速度差がゼロから $+V_1$ までは、速度差が大きくなるほど右回りの自転速度が大きくなる。また速度差がマイナス ($(V_a - V_b) < 0$) のときには、速度差がゼロから $-V_2$ までは、速度差が大きくなるほど左回りの自転速度が大きくなる。例えば駆動ギア 5 の角速度は、前記速度差と従動ギア 4 の自転速度とがほぼ比例関係を維持

50

している値までの間において設定される。

【0029】

このように、載置台3は、駆動ギア5と回転テーブル2との回転数に差が生じたときに自転するが、このときの自転速度は、駆動ギア5と従動ギア4とのギア比×回転速度差により求められる。回転速度差とは、駆動ギア5の角速度と、回転テーブル2の回転による従動ギア4の角速度（いわば公転角速度）との速度差である。駆動ギア5を300極の磁極部（N極部51及びS極部52）により構成し、従動ギア4を18極の磁極部（N極部41及びS極部42）により構成した場合、例えば回転テーブル2の回転数が30rpmのときに、駆動ギア5を0.1度/秒（6度/分）を進める場合の自転速度は、次のように求められる。ギア比は $300 / 18 = 16.67$ であり、回転速度差は $6 / 360 \text{ rpm}$ であるため、従動ギア4の自転速度は、ギア比×回転速度差により、 $300 / 18 \times 6 / 360 = 0.278 \text{ rpm}$ （100度/分）となる。

10

【0030】

上述の図8に示す従動ギア4の自転速度と、従動ギア4の公転による角速度（公転速度）と駆動ギア5の角速度との速度差と、の関係は、後述する制御部100の記憶部に記憶される。例えば成膜処理や装置のメンテナンスを行う際に、成膜装置1のユーザーは、制御部100の入力部104から従動ギア4の自転速度と、回転テーブル2の回転数とを入力することで、入力されたこれらのパラメータと、記憶部に記憶される上記の関係とに基づいて、駆動ギア5の回転数が決定され、決定された回転数で駆動ギア5を回転させることができる。

20

【0031】

ところで相対距離変更機構である上記の駆動ギア用昇降機構55によって、図9に示すように駆動ギア5は昇降する。それにより、駆動ギア5と従動ギア4の公転軌道との離間距離H3を変更してウエハWに処理を行うことができる。この離間距離H3は例えば1mm～5mmの範囲内で変更される。このように離間距離H3を変更可能に装置を構成する理由について説明する。上記のように従動ギア4及び駆動ギア5は永久磁石によって構成されており、この永久磁石は環境温度に応じて減磁する。従って、例えば室温付近では図7で説明したように駆動ギア5の回転によって従動ギア4が問題無く自転しても、ウエハWの処理温度が比較的高く設定されることで成膜処理中にこれら従動ギア4及び駆動ギア5の環境温度が比較的高くなる場合には、この減磁によって従動ギア4が自転しなくなるおそれがある。また、回転テーブル2の回転数、即ち自転軸32の公転速度が高いほど、自転軸32にかかる遠心力が大きくなり、自転軸32は軸受けユニット33の内周壁をなすベアリングにおいて、回転テーブル2の外側方向に向かう部位を押圧し、当該部位への負荷が大きくなる。つまり、回転テーブル2の回転数によって、自転軸32を回転させるために必要最低限のトルクが変化する。

30

【0032】

そこで、回転テーブル2の回転数が高い場合にも自転に必要なトルクが得られるように、従動ギア4と駆動ギア5との間の磁力を比較的に強くするように構成することが考えられるが、従動ギア4と駆動ギア5との間に常時強力な磁力が作用すると、上記のように従動ギア4の公転軌道の周縁部側に対向するように駆動ギア5の磁極部（N極部51及びS極部52）が設けられているため、磁力の作用によって自転軸32が上記の軸受けユニット33のベアリングの回転テーブル2の外側方向に向かう部位を押圧することになり、当該部位の負荷が大きくなる。また、自転軸32及び載置台3が磁力によって下方へ強く引かれることで回転テーブル2への負荷が大きくなるし、回転軸21への負荷が大きくなってしまふ。つまり、これら回転テーブル2、回転軸21及び軸受けユニット33が破損する時期が早くなるおそれがある。そこで成膜装置1においては、上記の離間距離H3が調整されることで、駆動ギア5と従動ギア4との間の磁力が必要且つ適切なものにできるように構成されている。

40

【0033】

図1及び図2に戻って、成膜装置1の説明を続ける。図中Cは平面視円形の中心領域形

50

成部であり、真空容器 1 1 の天板 1 2 の下面中央部に設けられる。図中 3 4 は、中心領域形成部 C から回転テーブル 2 の外側に向かって広がるように形成された平面視扇状の突出部であり、回転テーブル 2 の周方向に離れて 2 つ設けられている。中心領域形成部 C 及び突出部 3 4 は、その外側領域に比べて低い天井面を形成している。中心領域形成部 C と回転テーブル 2 の中心部との隙間には図示しない供給路から N_2 ガスが供給されることで、当該回転テーブル 2 の中心部における原料ガス及び酸化ガスの接触が抑制される。

【 0 0 3 4 】

容器本体 1 3 の底部 1 4 には、ウエハ W を加熱するためのヒータ 3 5 が埋設されている。底部 1 4 における回転テーブル 2 の外側には、排気口 3 6、3 7 が開口しており、真空ポンプなどにより構成される不図示の真空排気機構に接続されている。また、真空容器 1 1 の側壁面には、ゲートバルブ 3 8 により開閉自在なウエハ W の搬入出部 3 9 が形成されており、当該搬入出部 3 9 を介して図示しない搬送機構により、真空容器 1 1 の内外で基板が搬送される。

10

【 0 0 3 5 】

搬入出部 3 9 付近の真空容器 1 1 の底部 1 4 には、上記のウエハ W の搬送機構と載置台 3 との間でウエハ W を受け渡すために、3 本の昇降ピン 2 0 が設けられている。ただし図 1 では便宜上、2 本のみ昇降ピン 2 0 を示している。なお、図示は省略しているが、上記の載置台 3 の底部には当該昇降ピン 2 0 が通過して、ウエハ W の受け渡しが行えるように貫通孔が形成されている。昇降ピン 2 0 の下端は、例えば昇降及び回転する駆動ギア 5 に干渉しないように形成されると共に昇降機構 2 8 により昇降自在なアーム 2 7 に支持されている。図中 2 9 は昇降ピン 2 0 を囲むベローズであり、真空容器 1 1 内の気密性を保つ役割を有する。

20

【 0 0 3 6 】

回転テーブル 2 の上方側には、原料ガスノズル 6 1、分離ガスノズル 6 2、酸化ガスノズル 6 3、改質ガスノズル 6 4、分離ガスノズル 6 5 が、この順に、回転テーブル 2 の回転方向に間隔をおいて配設されている。各ガスノズル 6 1 ~ 6 5 は、真空容器 1 1 の側壁から中心部に向かって、回転テーブル 2 の径方向に沿って水平に伸びる棒状に形成され、その長さ方向に沿って互いに間隔を開けて設けられた多数の吐出口 6 6 から、各種のガスを下方側に向けて吐出する。

【 0 0 3 7 】

30

原料ガスノズル 6 1 は原料ガスとして B T B A S (ビスターシャルブチルアミノシラン) ガスを吐出する。図中 6 7 は、原料ガスノズル 6 1 を覆うノズルカバーであり、その下方における B T B A S ガスの濃度を高める役割を有する。酸化ガスノズル 6 3 は酸化ガスとして O_3 (オゾン) ガスを吐出する。分離ガスノズル 6 2、6 5 は N_2 ガスを吐出し、上面側から見て天板 1 2 の突出部 3 4 を各々周方向に分割する位置に配置されている。改質ガスノズル 6 4 は、例えばアルゴン (A r) ガスと酸素 (O_2) ガスとの混合ガスからなる改質ガスを吐出する。この例では、原料ガス、酸化ガス及び改質ガスが夫々処理ガスに相当し、原料ガスノズル 6 1、酸化ガスノズル 6 3 及び改質ガスノズル 6 4 が、処理ガス供給部に夫々相当する。

【 0 0 3 8 】

40

改質ガスノズル 6 4 の上方側において、真空容器 1 1 の天板 1 2 に設けられる開口部 1 9 を塞ぐように、プラズマ形成部 7 が設けられている。図 2 には、当該プラズマ形成部 7 が設けられる位置を一点鎖線で示している。図中 7 1 は、石英などの誘電体からなる本体部であり、図中 7 2 は突状部であり、本体部 7 1 の下面において開口部 1 9 に沿って下方側へ向けて突出する。突条部 7 2 にて囲まれる領域内に、改質ガスノズル 6 4 から改質ガスが吐出される。本体部 7 1 の上面側には、ファラデーシールド 7 3、絶縁用の板部材 7 4 を介して、金属線をコイル状に巻回したアンテナ 7 5 が設けられ、このアンテナ 7 5 には高周波電源 7 6 が接続されている。図中 7 7 はファラデーシールド 7 3 に設けられたスリットであり、電磁界の磁界成分を下方に向かわせる役割を有する。

【 0 0 3 9 】

50

回転テーブル 2 上において、原料ガスノズル 6 1 の下方領域は、B T B A S ガスの吸着が行われる吸着領域 R 1、酸化ガスノズル 6 3 の下方領域は、B T B A S ガスが酸化される酸化領域 R 2 である。また、プラズマ形成部 7 の下方領域は、プラズマにより S i O₂ 膜の改質が行われる改質領域 R 3 である。突出部 3 4 の下方領域は、分離ガスノズル 6 2、6 5 から各々吐出される N₂ ガスにより、吸着領域 R 1 の雰囲気と酸化領域 R 2 の雰囲気とを互いに分離するための分離領域 D 1、D 2 である。

【 0 0 4 0 】

既述の排気口 3 6 は、吸着領域 R 1 と、吸着領域 R 1 の回転方向の下流側に隣接する分離領域 D 1 との間の外側に開口しており、余剰の B T B A S ガスを排気する。また、排気口 3 7 は、改質領域 R 3 と改質領域 R 3 の回転方向下流側に隣接する分離領域 D 2 との境界付近の外側に開口しており、余剰の O₃ ガス、改質ガスを排気する。排気口 3 6、3 7 からは、各分離領域 D 1、D 2、中心領域形成部 C から各々供給される N₂ ガスも排気される。

【 0 0 4 1 】

成膜装置 1 には、装置全体の動作のコントロールを行うためのコンピュータからなる制御部 1 0 0 が設けられている。図 1 0 は、当該制御部 1 0 0 の概略構成を示している。この制御部 1 0 0 は、C P U 1 0 1、後述の成膜処理に係る動作を実行するプログラム 1 0 5 を格納するプログラム格納部 1 0 2、記憶部 1 0 3、入力部 1 0 4 を備えている。図中 1 1 0 はバスである。

【 0 0 4 2 】

記憶部 1 0 3 には、回転テーブル 2 の回転数と、ウエハ W の処理温度と、上記の駆動ギア 5 と従動ギア 4 との離間距離 H 3 との対応関係が記憶されている。入力部 1 0 4 は、成膜装置 1 のユーザーがウエハ W の処理レシピとして、成膜処理時における回転テーブル 2 の回転数と、ウエハ W の処理温度とを各々入力して設定するためのデバイスであり、例えばタッチパネルなどにより構成される。そのように入力された回転テーブル 2 の回転数とウエハ W の処理温度とに対応する離間距離 H 3 が記憶部 1 0 3 から読み出され、そのよう読み出された離間距離 H 3 となるように駆動ギア用昇降機構 5 5 により駆動ギア 5 の高さが制御されて、成膜処理が行われる。

【 0 0 4 3 】

ウエハ W の処理温度が一定である場合、回転テーブル 2 の回転数が高いほど既述した理由により、載置台 3 を自転させるために高いトルクが必要となるため、離間距離 H 3 が小さくなるように設定される。例えば図 1 0 において、ウエハ W の温度が a 1 であるときの回転テーブル 2 の回転数が 6 0 r p m、7 0 r p m、8 0 r p m である場合の離間距離 H 3 を夫々 b 1 m m、c 1 m m、d 1 m m として表しているが、b 1 > c 1 > d 1 である。また、回転テーブル 2 の回転数が一定である場合には、ウエハ W の温度が高いほど既述したように駆動ギア 5 及び従動ギア 4 の減磁が起こりやすいので、離間距離 H 3 が小さくなるように設定される。例えば図 1 0 において、回転テーブル 2 の回転数が 6 0 r p m であり、ウエハ W の温度が a 1、a 2、a 3 であるときの離間距離 H 3 を夫々 b 1 m m、c 1 m m、d 1 m m として表しているが、a 1 < a 2 < a 3 として、b 1 > c 1 > d 1 である。

【 0 0 4 4 】

上記のプログラム 1 0 5 は、成膜装置 1 の各部に制御信号を送信して各部の動作を制御し、後述の成膜処理を実行するためのステップ群が組まれている。例えば自転用回転機構 5 3 による駆動ギア 5 の回転数、公転用回転機構 2 3 による回転テーブル 2 の回転数、駆動ギア用昇降機構 5 5 による駆動ギア 5 の昇降、各ガスノズル 6 1 ~ 6 5 からの各ガスの供給流量、ヒータ 3 5 によるウエハ W の処理温度（加熱温度）、中心領域形成部 C からの N₂ ガスの供給流量などが制御信号に従って制御される。プログラム 1 0 5 を格納するプログラム格納部 1 0 2 は、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、D V D などの記憶媒体により構成されており、当該記憶媒体からプログラム 1 0 5 は制御部 1 0 0 にインストールされる。

【 0 0 4 5 】

続いて成膜装置 1 による成膜処理について説明する。例えば駆動ギア 5 が所定の高さ位置に位置した状態で、成膜装置 1 のユーザーが入力部 1 0 4 から、回転テーブル 2 の回転数及びウエハ W の処理温度の設定を行うと、図 9、図 1 0 で説明したように、設定された回転テーブル 2 の回転数及びウエハ W の処理温度に対応する離間距離 H 3 となる高さ位置に、駆動ギア 5 が移動する。続いて、回転テーブル 2 の間欠的な回転と昇降ピン 2 0 の昇降動作とにより、図示しない搬送機構により外部から真空容器 1 1 内に順次搬入されるウエハ W が、載置台 3 に受け渡される。全ての載置台 3 にウエハ W が載置されると、ゲートバルブ 3 8 が閉じられ、真空容器 1 1 内が所定の圧力の真空雰囲気となるように排気口 3 6、3 7 から排気が行われる。そして、分離ガスノズル 6 2、6 5、中心領域形成部 C から回転テーブル 2 に対して N_2 ガスが供給される。その一方で、ヒータ 3 5 が昇温して、ウエハ W が設定された処理温度になるように加熱される。

10

【 0 0 4 6 】

そして、回転テーブル 2 が設定された回転数で回転すると共に、例えば駆動ギア 5 を回転テーブル 2 と等速で回転させる。これにより、載置台 3 は自転を停止した状態で公転する。次いで、原料ガスノズル 6 1、酸化ガスノズル 6 3、改質ガスノズル 6 4 からの各処理ガスの供給と、高周波電源 7 6 からのアンテナ 7 5 への高周波の印加によるプラズマの形成と、が開始される。また、駆動ギア 5 の回転数が、回転テーブル 2 の回転数と異なる回転数となるように変更され、載置台 3 が所定の回転数で自転する。

【 0 0 4 7 】

20

図 2 に示すように、真空容器 1 1 内においては吸着領域 R 1 と酸化領域 R 2 との間に、 N_2 ガスが供給される分離領域 D 1 を設けているので、吸着領域 R 1 に供給される原料ガス及び酸化領域 R 2 に供給される酸化ガスは、回転テーブル 2 上で互いに混合されずに排気される。また、吸着領域 R 1 と改質領域 R 3 との間にも N_2 ガスが供給される分離領域 D 2 を設けているので、原料ガスと、改質領域に供給される改質ガス及び改質領域 R 3 の回転方向上流側から当該分離領域 D 2 に向かう酸化ガスとは、回転テーブル 2 上で互いに混合されずに排気口 3 6、3 7 から排気される。また、中心領域形成部 C から供給された N_2 ガスも、排気口 3 6、3 7 から排気される。

【 0 0 4 8 】

上述のように各ガスの供給と排気とが行われた状態で、各ウエハ W は、吸着領域 R 1、酸化領域 R 2、改質領域 R 3 を順番に通過する。吸着領域 R 1 では原料ガスノズル 6 1 から吐出された B T B A S ガスがウエハ W に吸着され、酸化領域 R 2 では吸着された B T B A S ガスが、酸化ガスノズル 6 3 から供給された O_3 ガスにより酸化されて、 SiO_2 の分子層が 1 層あるいは複数層形成される。改質領域 R 3 では、前記 SiO_2 の分子層が改質ガスのプラズマに曝されて改質される。そして、回転テーブル 2 の回転により、上述のサイクルが複数回、繰り返し実行されることにより、 SiO_2 の分子層が積層されてウエハ W の表面に SiO_2 膜が形成される。図 1 1 は、このように成膜が行われるときの成膜装置 1 の各部の動作を示している。

30

【 0 0 4 9 】

この成膜装置 1 においては、回転テーブル 2 の回転と並行して、載置台 3 の回転によるウエハ W の自転が行われるが、回転テーブル 2 の回転と載置台 3 の回転とが同期しないように、回転テーブル 2 の回転数と載置台 3 の自転速度が設定される。即ち、ウエハ W が第 1 の向きに向いた状態で、回転テーブル 2 が回転の開始ポイントから 1 回転し、再度開始ポイントに位置したときに、ウエハ W が第 1 の向きとは異なる第 2 の向きに向けられるような自転速度でウエハ W が自転するように設定される。

40

【 0 0 5 0 】

このように、載置台 3 は回転テーブル 2 の回転と同期せずに自転するので、各載置台 3 上のウエハ W は自転及び公転によって、原料ガスの吸着領域 R 1 を様々な向きで通過することになる。こうして、載置台 3 の自転に伴い、上面側から見た向きを次第に変えながら上述の SiO_2 の分子層を形成するサイクルが実行される。ウエハ W の向きを変えながら

50

成膜が行われることで、例えば吸着領域 R 1 内で原料ガスの濃度分布にばらつきが生じている場合であっても、複数回実行される SiO_2 分子層の形成サイクルの全期間で見たと、ウエハ W に吸着される原料ガスの量をウエハ W の周方向に向けて揃えることができる。その結果として、ウエハ W の周方向に見て、ウエハ W に形成される SiO_2 膜の膜厚の偏りを抑えることができる。

【0051】

上述の動作により、 SiO_2 の分子層が順次積層され、予め設定されたサイクル数を実行したら、回転テーブル 2 の回転、駆動ギア 5 の回転、各種のガスの供給、プラズマの形成を停止し、成膜処理が終了する。然る後、ウエハ W は真空容器 11 内への搬入時とは逆の手順で当該真空容器 11 内から搬出される。

10

【0052】

上記の成膜装置 1 によれば、駆動ギア用昇降機構 55 により、従動ギア 4 と駆動ギア 5 との離間距離 H 3 が調整され、駆動ギア 5 と従動ギア 4 との間の磁力が調整される。従って、駆動ギア 5 と従動ギア 4 との間に強力な磁力が常時働くことを防いで回転テーブル 2、回転軸 21 などへの各部品への負荷を抑制し、当該各部品の消耗、変形及び破損を抑制しつつ、成膜処理時に載置台 3 が自転するために必要な磁力を確保することができる。

【0053】

上記の成膜装置 1 では、従動ギア 4 の公転に対して駆動ギア 5 を昇降させて上記の離間距離 H 3 が変更されるが、駆動ギア 5 に対して従動ギア 4 を昇降させることで離間距離 H 3 が変更されるようにしてもよい。具体的には例えば、公転用回転機構 23 を昇降機構に接続し、当該回転テーブル 2 及び真空容器 11 が昇降するように構成することで、そのように駆動ギア 5 に対して従動ギア 4 を昇降させることができる。

20

【0054】

また上記の例では、制御部 100 の記憶部 103 には、ウエハ W の処理温度と回転テーブル 2 の回転数と離間距離 H 3 との対応関係が記憶されているが、ウエハ W の処理温度と離間距離 H 3 との対応関係、回転テーブル 2 の回転数と離間距離 H 3 と対応関係のいずれか一方が記憶されていてもよい。つまり、成膜装置 1 のユーザーがウエハ W の処理温度及び回転テーブル 2 の回転数のうちの一方を設定することで、離間距離 H 3 が設定されてもよい。さらに、処理レシピに応じて離間距離 H 3 を変更することには限られない。例えば、上記の成膜処理が行われていない待機状態であるときに、上記の離間距離 H 3 が比較的大きくなる高さ位置に駆動ギア 5 を位置させておき、成膜処理を行う際には、離間距離 H 3 が比較的小さくなる予め設定された高さ位置に駆動ギア 5 を位置させるようにしてもよい。つまり、各成膜処理時において駆動ギア 5 の高さが揃う場合も本発明の権利範囲に含まれる。ただし、より確実に従動ギア 4 を回転させ、且つ成膜装置 1 の各部への負荷を抑制するためには、上記のように処理レシピに応じて駆動ギア 5 の高さを制御することが好ましい。

30

【0055】

既述のように、成膜装置 1 では、ウエハ W への成膜時にこれらの公転と自転とが互いに並行して行われるが、ウエハ W の自転には、回転テーブル 2 が回転している間、ウエハ W が連続的に自転する場合の他に、間欠的に自転することにも含まれる。また、ウエハ W の自転の開始及び停止のタイミングは、公転の開始及び停止のタイミングと揃えるようにしてもよいし、互いの回転の開始及び停止のタイミングがずれていてもよい。また、駆動ギア 5 は、上記の例では大気雰囲気に設けられているが、真空容器 11 を駆動ギア 5 についても囲むように構成することで、従動ギア 4 と同様に真空雰囲気に設けてもよい。

40

【0056】

ところで駆動ギア 5 及び従動ギア 4 からなる磁気ギア機構 40 としては、磁力により駆動ギア 5 の回転に応じて、従動ギア 4 が駆動ギア 5 に対して非接触で回転するように構成されていればよい。従って、従動ギア 4、駆動ギア 5 の一方だけが磁性体であってもよい。また、従動ギア 4 または駆動ギア 5 について、上記の N 極部、S 極部が交互に配列された構成とすることには限られず、例えば S 極部、N 極部の一方のみにより構成されるように

50

してもよい。ただし、従動ギア 4 及び駆動ギア 5 において、各々既述の実施形態のように異なる磁極を交互に配置することで、磁石の反発力と吸引力を利用して載置台 3 を自転させるので、載置台 3 を確実に回転させることができるため好ましい。また、駆動ギア 5 の回転により従動ギア 4 を回転させることができれば、各磁極部の形状についても既述の例のように長方形に構成することには限られない。

【0057】

(評価試験)

本発明に関連して行われた評価試験について説明する。評価試験 1 では成膜装置 1 と略同様の構成を備える実験装置を用いて、回転テーブル 2 の回転数、駆動ギア 5 の回転数を各々変更した場合における、回転テーブル 2 に載置される各ウエハ W の自転速度の平均について調べた。この実験装置では、図 1 で説明した区画板 17 の厚さ H1 を 3 mm、区画板 17 と従動ギア 4 の下面との距離 H2 を 1 mm、区画板 17 と駆動ギア 5 の上面との距離を 1 mm に夫々設定している。従ってこの実験装置において、図 9 で説明した駆動ギア 5 と従動ギア 4 との公転軌道との離間距離 H3 は、5 mm である。回転テーブル 2 については 30 rpm、60 rpm または 120 rpm で回転させた。また、駆動ギア 5 の回転数については、回転テーブル 2 の回転数との差が、-0.8 度/秒 ~ +0.8 度/秒の範囲内に収まるように変更した。

【0058】

図 12、図 13、図 14 のグラフは回転テーブル 2 の回転数が夫々 30 rpm、60 rpm、120 rpm であるときの試験結果を示したグラフである。グラフの横軸は、駆動ギア 5 の回転数(単位: rpm)を示しており、グラフの縦軸は、ウエハ W の平均自転速度(単位: 度/分)を示している。各グラフにおいては、回転テーブル 2 上の 5 つのウエハ W のうちの 1 つのウエハ W についての結果のみを示している。これは、5 つのウエハ W についての平均自転速度のばらつきが略ゼロであったためである。そして各グラフに示すように回転テーブル 2 の回転数が 30 rpm、60 rpm、120 rpm のいずれの場合であっても、駆動ギア 5 の回転数の上昇に比例して、ウエハ W の平均自転速度が上昇することが確認された。なお、平均自転速度が - であるときと + であるときとは、ウエハ W は互いに反対の方向に自転している。

【0059】

この評価試験 1 の結果から、回転テーブル 2 の回転数が 120 rpm 以下の範囲においては回転テーブル 2 によるウエハ W の公転速度によらず、ウエハ W の自転速度、自転の方向について制御できることが確認された。そして、区画板 17 によって区画されていても、駆動ギア 5 と従動ギア 4 との間に磁力が作用して従動ギア 4 を回転させることができることが確認された。本発明によれば、駆動ギア 5 が昇降し、従動ギア 4 と駆動ギア 5 との間の磁力を調整することができるので、回転テーブル 2 の回転数を 120 rpm よりも高くしても、ウエハ W を所望の回転数で自転させることができることが予測される。

【0060】

続いて評価試験 2 について説明する。評価試験 2 では、評価試験 1 と同様に、回転テーブル 2 の回転数、駆動ギア 5 の回転数を各々変更した場合における、回転テーブル 2 に載置された各ウエハ W の平均自転速度について測定した。ただし、差異点として駆動ギア 5 と従動ギア 4 との公転軌道との離間距離 H3 (図 9 参照) は 9 mm とした。そして駆動ギア 5 については、設定上の各ウエハ W の自転速度(自転設定速度)が +5 rpm ~ -5 rpm になるように回転させた。回転テーブル 2 の回転数としては、240 rpm、210 rpm、180 rpm、150 rpm、120 rpm、90 rpm、60 rpm、30 rpm 及び 2 rpm に設定した。

【0061】

得られた試験結果のうち、代表して回転テーブル 2 を 240 rpm させたときの結果を図 15 のグラフに示す。図 15 のグラフの縦軸は、図 12 ~ 図 14 のグラフの縦軸と同様にウエハ W の平均自転速度(単位: 度/分)を示している。図 15 のグラフの横軸は、上記のウエハ W の自転設定速度について示している。この図 15 のグラフでは、評価試験 1 の

10

20

30

40

50

結果と同様に回転テーブル 2 上の 5 つのウエハ W の平均回転速度のばらつきが略ゼロであったためであったため、1 つのウエハ W についての結果のみを示している。この図 15 のグラフから明らかなように、ウエハ W の平均回転速度は回転設定速度に応じて + 180 度 / 分 ~ - 180 度 / 分の範囲内の値となり、回転設定速度の上昇に比例して、当該ウエハ W の平均回転速度が上昇する。

【0062】

図示は省略するが、この評価試験 2 において回転テーブル 2 の回転数を 240 rpm 以外の値に設定した場合のグラフの波形については、回転テーブル 2 の回転数を 240 rpm に設定した場合のグラフの波形と略同様であった。つまり、回転設定速度が変化するとウエハ W の平均回転速度については、その回転設定速度が得られるように + 180 度 / 分 ~ - 180 度 / 分の範囲内で変化し、回転設定速度の上昇に比例して、ウエハ W の平均回転速度が上昇する結果となった。そして、回転テーブル 2 上の 5 つのウエハ W の平均回転速度のばらつきについても、回転テーブル 2 の回転数を 240 rpm と設定したときと同様に、略ゼロであった。

10

【0063】

従って、この評価試験 2 の結果から、回転テーブル 2 の回転数が 240 rpm 以下の範囲において、ウエハ W 間で回転速度が揃えられ、ウエハ W の回転速度及び回転の方向について制御できることが確認された。つまり、回転テーブル 2 の回転数をこのような範囲に設定して、上記の成膜装置 1 を運用することができることが確認された。さらに、ウエハ W の回転速度を + 5 rpm ~ - 5 rpm とすることができることが確認された。

20

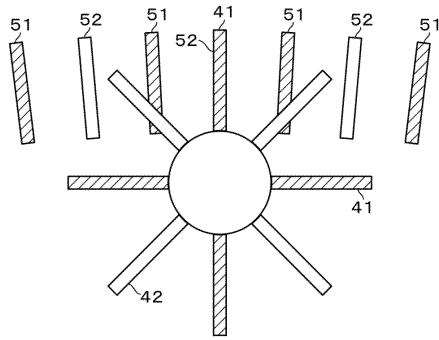
【符号の説明】

【0064】

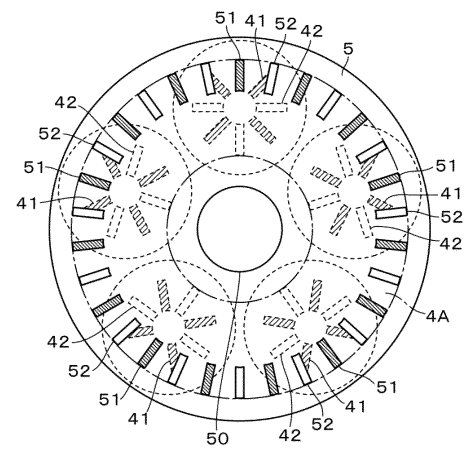
W	ウエハ
1	成膜装置
1 1	真空容器
2	回転テーブル
3	載置台
3 5	ヒータ
4	従動ギア
5	駆動ギア
5 5	駆動ギア用昇降機構
6 1	原料ガスノズル
6 3	酸化ガスノズル

30

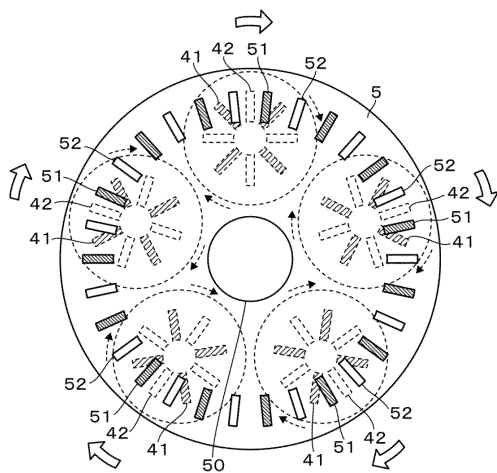
【図 5】



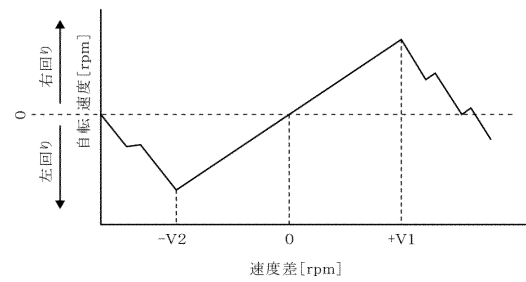
【図 6】



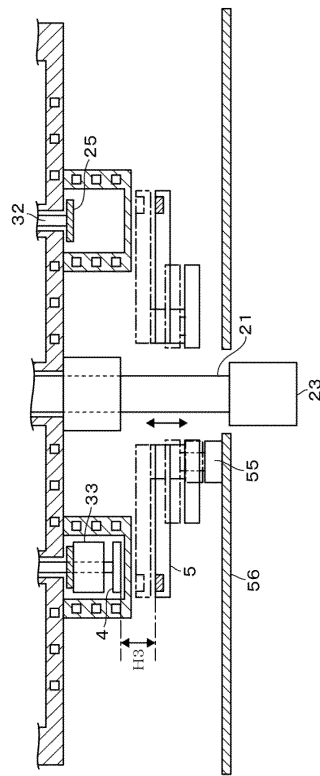
【図 7】



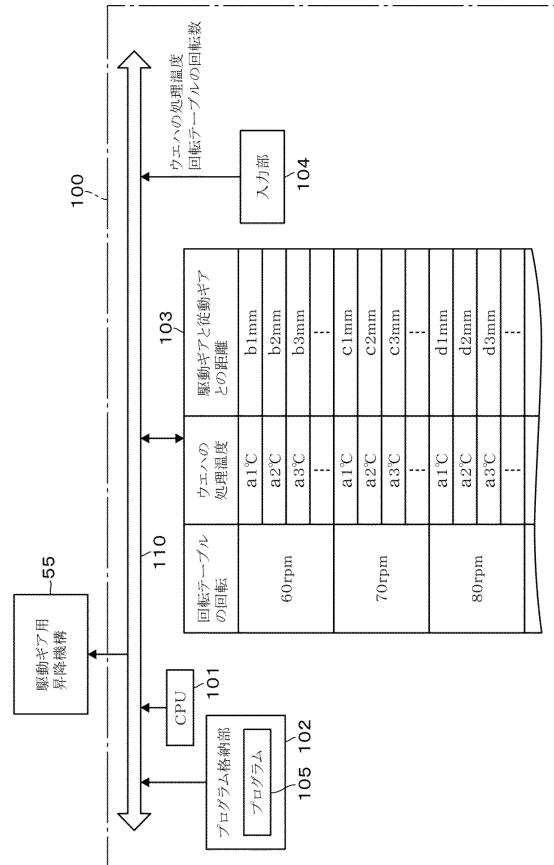
【図 8】



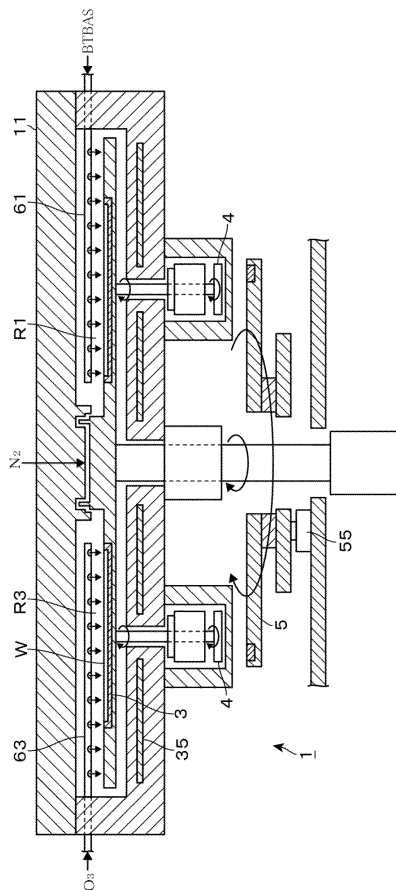
【図 9】



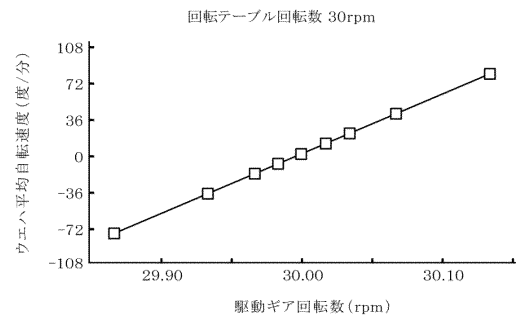
【図 10】



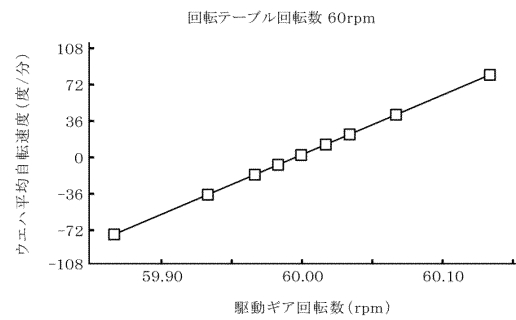
【図 11】



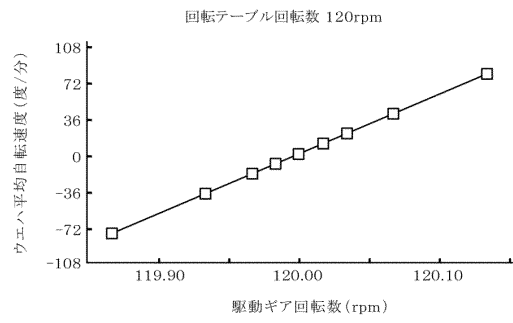
【図 12】



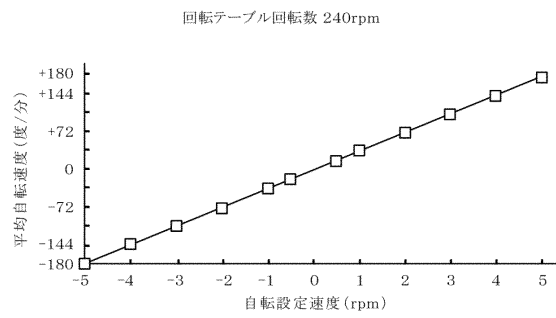
【図 13】



【図 14】



【図 15】



フロントページの続き

(72)発明者 中坪 敏行

東京都港区赤坂五丁目3番1号 赤坂Bizタワー 東京エレクトロン株式会社内

審査官 佐藤 靖史

(56)参考文献 特開2017-054880(JP,A)

特開2017-139449(JP,A)

特開2016-096220(JP,A)

特開2013-145860(JP,A)

特開2001-308012(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/31

C23C 16/458

H01L 21/316

H01L 21/683