

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載
【部門区分】第 7 部門第 2 区分
【発行日】平成 16 年 12 月 2 日 (2004.12.2)

【公開番号】特開 2001-93967 (P2001-93967A)
【公開日】平成 13 年 4 月 6 日 (2001.4.6)
【出願番号】特願 平 11-369558
【国際特許分類第 7 版】

H 0 1 L 21/68

F 1 6 C 32/04

【F I】

H 0 1 L 21/68 N

F 1 6 C 32/04 A

【手続補正書】

【提出日】平成 15 年 12 月 11 日 (2003.12.11)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【発明の名称】基板回転装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】処理室に連通する空間に設けられ、水平ディスクを備え、基板を搭載して回転するロータと、ヨークを有する電磁石で構成され、前記ロータを支持するアキシャル磁気軸受とラジアル磁気軸受からなる磁気軸受であり、該電磁石が該磁気軸受のステータ側構成部材となる磁気軸受と、ステータ側構成部材を有し、前記処理室内の基板を回転する回転力を前記ロータに与えるモータを備えた基板回転装置において、

前記アキシャル磁気軸受は 3 個に分割されたアキシャル磁気軸受で構成され、該 3 個に分割された各アキシャル磁気軸受はそれが配置された点を結ぶ仮想線が、略正三角形となるように配置され、該 3 個に分割されたアキシャル磁気軸受の電磁石が前記ロータの水平ディスクの略上下に配置され、

前記磁気軸受のステータ側構成部材と前記モータのステータ側構成部材は、ステータハウジングとして機能する隔壁により区切られた、前記処理室に連通する空間の外側の空間に位置し、該隔壁は前記ロータと該磁気軸受のステータ側構成部材及び該モータのステータ側構成部材の間に配置され、

前記電磁石のヨークが配置された前記隔壁の一部は、前記磁気軸受のステータ側構成部材である該電磁石のヨークと同質材料であることを特徴とする基板回転装置。

【請求項 2】請求項 1 に記載の基板回転装置において、

前記ステータハウジングは、処理室近傍に冷却ゾーンを有することを特徴とする基板回転装置。

【請求項 3】請求項 2 に記載の基板回転装置において、

前記ステータハウジングは、前記処理室と該冷却ゾーンの間にガスパージゾーンを設けたことを特徴とする基板回転装置。

【請求項 4】処理室に連通する空間に設けられ、水平ディスクを備え、基板を搭載して回転するロータと、ヨークを有する電磁石で構成され、前記ロータを支持するアキシャル磁気軸受とラジアル磁気軸受からなる磁気軸受であり、該電磁石が該磁気軸受のステータ側構成部材となる磁気軸受と、ステータ側構成部材を有し、前記処理室内の基板を回転する回転力を前記ロータに与えるモータを備えた基板回転装置において、

前記アキシャル磁気軸受は 3 個に分割されたアキシャル磁気軸受で構成され、該 3 個に分

割された各アキシャル磁気軸受はそれが配置された点を結ぶ仮想線が、略正三角形となるように配置され、該3個に分割されたアキシャル磁気軸受の電磁石が前記ロータの水平ディスクの略上下に配置され、

前記磁気軸受のステータ側構成部材と前記モータのステータ側構成部材は、隔壁により区切られた、前記処理室に連通する空間の外側に位置し、該隔壁は前記ロータと前記磁気軸受のステータ側構成部材及び該モータのステータ側構成部材の間に配置され、

前記磁気軸受のステータ側構成部材である前記電磁石のヨークの先端は、前記ロータに直面するように前記隔壁を貫通していることを特徴とする基板回転装置。

【請求項5】処理室に連通する空間に設けられ、水平ディスクを備え、基板を搭載して回転するロータと、ヨークを有する電磁石で構成され、前記ロータを支持するアキシャル磁気軸受とラジアル磁気軸受からなる磁気軸受であり、該電磁石が該磁気軸受のステータ側構成部材となる磁気軸受と、ステータ側構成部材を有し、前記処理室内の基板を回転する回転力を前記ロータに与えるモータを備えた基板回転装置において、

前記アキシャル磁気軸受は、前記ロータ側構成部材である前記水平ディスクと、3個に分割されたアキシャル磁気軸受で構成され、該3個に分割された各アキシャル磁気軸受はそれが配置された点を結ぶ仮想線が、略正三角形となるように配置され、該3個に分割されたアキシャル磁気軸受の電磁石が前記ロータの水平ディスクの略上下に配置され、

2つのラジアル軸(X、Y方向)の並進運動は、前記アキシャル磁気軸受のステータ側構成部材の1つである電磁石のヨークとロータ側構成部材である前記水平ディスクの相対位置が並進方向にずれた時に発生するラジアル方向の復元力によって受動的に支持されていることを特徴とする基板回転装置。

【請求項6】水平ディスクを備え、搭載した基板を回転するロータと、

前記ロータを支持する磁気軸受であり、該磁気軸受は該ロータの位置を検出し変位センサ出力信号S_oを出力する1個以上の変位センサを具備し、アキシャル磁気軸受とラジアル磁気軸受からなり、該アキシャル磁気軸受は3個に分割されたアキシャル磁気軸受からなり、該3個に分割された各アキシャル磁気軸受はそれが配置された点を結ぶ仮想線が、略正三角形となるように配置された磁気軸受と、

前記ロータに処理室内の基板を回転する力を与えるモータと、

前記変位センサからの変位センサ出力信号S_oと閾値S₁、S₂、S₃を段階的に比較する比較回路とを備え、

前記比較回路において閾値を $|S_1| < |S_2| < |S_3|$ とし、変位センサ出力信号S_oが $|S_o| > |S_1|$ の時、第1の比較回路が警報回路を駆動し、変位センサ出力信号S_oが $|S_o| > |S_2|$ の時、第2の比較回路が基板回転装置の故障を通報する故障出力回路及び前記モータの運転を停止するモータ運転停止回路を駆動し、 $|S_o| > |S_3|$ の時、第3の比較回路が前記故障出力回路、前記モータ運転停止回路及び磁気軸受の浮上制御を停止する磁気軸受停止回路を駆動し、

前記3個に分割されたアキシャル磁気軸受の電磁石が前記ロータの水平ディスクの略上下に配置されていることを特徴とする基板回転回路。

【請求項7】請求項6に記載の基板回転装置において、

閾値 $|S_1|$ 、 $|S_2|$ 、 $|S_3|$ を段階的に記憶する記憶部と、

前記各比較回路の処理を実行し、警報回路、故障出力回路、モータ運転停止回路、及び磁気軸受停止回路を駆動するコンピュータを備えることを特徴とする基板回転装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は半導体基板等の被処理基板を処理室内で回転させる基板回転装置に関し、特に基板に薄膜を形成するためのCVD装置や基板表面を薄く削り取るエッチャー装置や急速加熱処理(RTA)装置等の特殊な雰囲気中で基板の処理を行う装置の処理室内で基板を回転させる基板回転装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

上記のCVD装置やエッチャー装置等の特殊な雰囲気で基板の処理を行う装置において、図1に示すように、被処理基板101を基板ホルダ又はサセプタ102に載置し、該基板ホルダ又はサセプタ102を回転させることにより、被処理基板101を処理室103内で回転させている。この場合、基板ホルダ又はサセプタ102を回転させる回転機構からの発塵、ガス放出、ベアリングの寿命等の問題から、回転体104を回転自在に支持する軸受として磁気軸受（ラジアル磁気軸受105、106、アキシャル磁気軸受107）を用いたものが提案されている。

【0003】

上記CVD装置や基板表面を薄く削り取るエッチャー装置等の特殊な雰囲気で基板の処理を行う装置においては、処理室103内で腐食性のガスを使用することが多く、磁気軸受のステータ側構成部材のガス接触部を円筒状の圧力隔壁（キャン）で覆っている。しかしながら被処理基板101の径が大きくなると、該被処理基板101を回転させる回転機構の回転体104の径も大きくなり、圧力隔壁の強度（剛性）も大きくする必要がある。

【0004】

例えば、 $1\text{ kgf} \cdot \text{cm}^2$ の外圧を受けるとステンレス円筒隔壁で、内径 400～500の場合、座屈応力が $1\text{ kgf} \cdot \text{cm}^2$ の肉厚は約3～5mmであり、その約1/10の約0.3mm厚にした場合、外圧差1 Torrで座屈応力となる。従って、回転体の径が大きくなると隔壁の肉厚も厚くする必要がある。肉厚を厚くするとラジアル磁気軸受105、106及びアキシャル磁気軸受107のステータ側の電磁石105a、106a、107a、107bとロータ側のターゲットの間隔が大きくなり、制御磁気力が小さくなる。そこで大きな制御磁気力を得るためには電磁石の巻線数を多くしたり、励磁電流を大きくしなければならず、磁気軸受が大型化するという問題がある。なお、図1において、108は回転体に回転力を与えるモータステータであり、109は石英窓、110はランプヒータユニット、111、112は被処理基板101を搬出入するための搬出入ゲートである。

【0005】

また、回転体104の径が大きくなるとアキシャル磁気軸受107の電磁石107a、107bの径も大きくなり、該電磁石107a、107bで発生する不安定トルク（不平衡トルク）が無視できないほど大きくなる。この不平衡トルクを補償する目的も含めて、ラジアル磁気軸受105、106を軸方向に2つ（4軸分）配置すると、軸長が伸び、スペース効率の低下はもとより、回転体特性として慣性モーメント比が1に近いデザインとなるため危険である。

【0006】**【発明が解決しようとする課題】**

本発明は上述の点に鑑みてなされたもので、近年の半導体基板の大口径化に伴い基板回転装置の回転体が大口径化しても、磁気軸受の占有スペース効率が改善でき、磁気軸受のロータ側の構成部材である電磁石ターゲットやセンサターゲットを処理室内空間と連通する空間に配置し、磁気軸受のステータ側の構成部材である電磁石のコイルやヨーク及び変位センサのコイルやヨークを処理室空間外に配置した構成の基板回転装置を提供することを目的とする。

【0007】**【課題を解決するための手段】**

上記課題を解決するため請求項1に記載の発明は、処理室に連通する空間に設けられ、水平ディスクを備え、基板を搭載して回転するロータと、ヨークを有する電磁石で構成され、ロータを支持するアキシャル磁気軸受とラジアル磁気軸受からなる磁気軸受であり、該電磁石が該磁気軸受のステータ側構成部材となる磁気軸受と、ステータ側構成部材を有し、処理室内の基板を回転する回転力をロータに与えるモータを備えた基板回転装置において、アキシャル磁気軸受は3個に分割されたアキシャル磁気軸受で構成され、該3個に分割された各アキシャル磁気軸受はそれが配置された点を結ぶ仮想線が、略正三角形となる

ように配置され、該 3 個に分割されたアキシャル磁気軸受の電磁石が前記ロータの水平ディスクの略上下に配置され、磁気軸受のステータ側構成部材とモータのステータ側構成部材は、ステータハウジングとして機能する隔壁により区切られた、処理室に連通する空間の外側の空間に位置し、該隔壁はロータと該磁気軸受のステータ側構成部材及び該モータのステータ側構成部材の間に配置され、電磁石のヨークが配置された隔壁の一部は、磁気軸受のステータ側構成部材である該電磁石のヨークと同質材料であることを特徴とする。

【 0 0 0 8 】

請求項 2 に記載の発明は、請求項 1 に記載の基板回転装置において、ステータハウジングは、処理室近傍に冷却ゾーンを有することを特徴とする。

【 0 0 0 9 】

請求項 3 に記載の発明は、請求項 2 に記載の基板回転装置において、ステータハウジングは、処理室と該冷却ゾーンの間にガスパージゾーンを設けたことを特徴とする。

【 0 0 1 0 】

請求項 4 に記載の発明は、処理室に連通する空間に設けられ、水平ディスクを備え、基板を搭載して回転するロータと、ヨークを有する電磁石で構成され、ロータを支持するアキシャル磁気軸受とラジアル磁気軸受からなる磁気軸受であり、該電磁石が該磁気軸受のステータ側構成部材となる磁気軸受と、ステータ側構成部材を有し、処理室内の基板を回転する回転力をロータに与えるモータを備えた基板回転装置において、アキシャル磁気軸受は 3 個に分割されたアキシャル磁気軸受で構成され、該 3 個に分割された各アキシャル磁気軸受はそれが配置された点を結ぶ仮想線が、略正三角形となるように配置され、該 3 個に分割されたアキシャル磁気軸受の電磁石がロータの水平ディスクの略上下に配置され、磁気軸受のステータ側構成部材とモータのステータ側構成部材は、隔壁により区切られた、処理室に連通する空間の外側に位置し、該隔壁はロータと磁気軸受のステータ側構成部材及び該モータのステータ側構成部材の間に配置され、磁気軸受のステータ側構成部材である電磁石のヨークの先端は、ロータに直面するように隔壁を貫通していることを特徴とする。

【 0 0 1 1 】

請求項 5 に記載の発明は、処理室に連通する空間に設けられ、水平ディスクを備え、基板を搭載して回転するロータと、ヨークを有する電磁石で構成され、ロータを支持するアキシャル磁気軸受とラジアル磁気軸受からなる磁気軸受であり、該電磁石が該磁気軸受のステータ側構成部材となる磁気軸受と、ステータ側構成部材を有し、処理室内の基板を回転する回転力をロータに与えるモータを備えた基板回転装置において、アキシャル磁気軸受は、ロータ側構成部材である水平ディスクと、3 個に分割されたアキシャル磁気軸受で構成され、該 3 個に分割された各アキシャル磁気軸受はそれが配置された点を結ぶ仮想線が、略正三角形となるように配置され、該 3 個に分割されたアキシャル磁気軸受の電磁石が前記ロータの水平ディスクの略上下に配置され、2 つのラジアル軸（X、Y 方向）の並進運動は、アキシャル磁気軸受のステータ側構成部材の 1 つである電磁石のヨークとロータ側構成部材である水平ディスクの相対位置が並進方向にずれた時に発生するラジアル方向の復元力によって受動的に支持されていることを特徴とする。

【 0 0 1 2 】

請求項 6 に記載の発明は、水平ディスクを備え、搭載した基板を回転するロータと、ロータを支持する磁気軸受であり、該磁気軸受は該ロータの位置を検出し変位センサ出力信号 S_o を出力する 1 個以上の変位センサを具備し、アキシャル磁気軸受とラジアル磁気軸受からなり、該アキシャル磁気軸受は 3 個に分割されたアキシャル磁気軸受からなり、該 3 個に分割された各アキシャル磁気軸受はそれが配置された点を結ぶ仮想線が、略正三角形となるように配置された磁気軸受と、ロータに処理室内の基板を回転する力を与えるモータと、変位センサからの変位センサ出力信号 S_o と閾値 S_1 、 S_2 、 S_3 を段階的に比較する比較回路とを備え、比較回路において閾値を $|S_1| < |S_2| < |S_3|$ とし、変位センサ出力信号 S_o が $|S_o| > |S_1|$ の時、第 1 の比較回路が警報回路を駆動し、変位センサ出力信号 S_o が $|S_o| \quad |S_2|$ の時、第 2 の比較回路が基板回転装置の故

障を通報する故障出力回路及び前記モータの運転を停止するモータ運転停止回路を駆動し、| S o |、| S 3 |の時、第3の比較回路が故障出力回路、モータ運転停止回路及び磁気軸受の浮上制御を停止する磁気軸受停止回路を駆動し、3個に分割されたアキシャル磁気軸受の電磁石がロータの水平ディスクの略上下に配置されていることを特徴とする。

【 0 0 1 3 】

請求項7に記載の発明は、請求項6に記載の基板回転装置において、閾値| S 1 |、| S 2 |、| S 3 |を段階的に記憶する記憶部と、各比較回路の処理を実行し、警報回路、故障出力回路、モータ運転停止回路、及び磁気軸受停止回路を駆動するコンピュータを備えることを特徴とする。

【 0 0 1 4 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態例を図面に基づいて説明する。図2は本発明に係る基板回転装置の概略構成を示す図である。被処理基板1を基板ホルダ又はサセプタ2に載置し、該基板ホルダ又はサセプタ2を回転させることにより、被処理基板1を処理室3内で回転させるようになっている。基板ホルダ又はサセプタ2はロータ4の上端に固着されている。ロータ4は後に詳述するようにラジアル磁気軸受5、アキシャル磁気軸受6で磁気浮上支持されるようになっている。

【 0 0 1 5 】

また、図2において、8はロータ4に回転力を与えるモータであり、9は石英窓、10はランプヒータユニット、11、12は被処理基板1の搬出入のための搬出入ゲート、13はアキシャル磁気軸受6のロータ側ターゲットとなる水平ディスクであり、ロータ4の外周水平方向に設けられている。以下、各部の詳細を説明する。

【 0 0 1 6 】

図3乃至図6は本発明に係る基板回転装置の構成を示す図で、図3は構成部品の平面配置を示す図、図4は図3のA - A ~ E - E断面を示す図、図5は図3のF - F ~ J - J断面を示す図、図6は外周面展開図である。図示するように、円筒状のロータ4の外周面に対向してラジアル磁気軸受5 - 1 ~ 5 - 4のステータ側構成部材である電磁石5 - 1 a、5 - 2 a、5 - 3 a、5 - 4 aが配置されている。電磁石5 - 1 aと電磁石5 - 3 aが一对でX軸を支持し、電磁石5 - 2 aと電磁石5 - 4 aが一对でY軸を支持するようになっている。

【 0 0 1 7 】

電磁石5 - 1 a、5 - 2 a、5 - 3 a、5 - 4 aのそれぞれの近傍にはラジアル磁気軸受5 - 1 ~ 5 - 4のステータ側構成部材である変位センサ5 - 1 b、5 - 1 c、5 - 2 b、5 - 2 c、5 - 3 b、5 - 3 c、5 - 4 b、5 - 4 cがロータ4の外周に対向して配置されている。

【 0 0 1 8 】

アキシャル磁気軸受6は6 - 1 ~ 6 - 3に3分割され、その配置点を結ぶ線L 1、L 2、L 3が略正三角形となるように配置されている。アキシャル磁気軸受6 - 1はステータ側構成部材である2個の上電磁石6 - 1 a、6 - 1 bと1個の下電磁石6 - 1 cを具備し、それぞれ水平ディスク13に対向して配置されている。また、アキシャル磁気軸受6 - 2は2個の上電磁石6 - 2 a、6 - 2 bと1個の下電磁石6 - 2 cを具備し、それぞれ水平ディスク13に対向して配置されている。また、アキシャル磁気軸受6 - 3も2個の上電磁石6 - 3 a、6 - 3 bと1個の下電磁石6 - 3 cを具備し、それぞれ水平ディスク13に対向して配置されている。

【 0 0 1 9 】

また、上記下電磁石6 - 1 c、6 - 2 c、6 - 3 cのそれぞれの近傍にはアキシャル磁気軸受6のステータ側構成部材である変位センサ6 - 1 d、6 - 2 d、6 - 3 dが水平ディスク13に対向して配置されている。また、水平ディスク13の下方には、モータ8のステータ8 - 1、8 - 2がロータ4に対向して配置されている。

【 0 0 2 0 】

上記ロータ4は処理室3の内部空間と連通する空間に配置され、ラジアル磁気軸受5、アキシャル磁気軸受6及びモータ8のステータ側構成部材は該ロータ4との間に隔壁(キャン)14を設けて処理室3の内部空間外に配置されている。

【0021】

ラジアル磁気軸受5-1~5-4の電磁石5-1a~5-4a及びアキシャル磁気軸受6-1~6-3の電磁石6-1a、b、c~6-3a、b、cの小型化のために隔壁14の厚さは薄くしたいが、処理室3内を減圧状態にし、被処理基板1の処理に特殊ガスを使用するので、隔壁14に強度を持たせ、信頼性を向上させる必要がある。そこでここでは隔壁14を圧力容器構造とした。そして電磁石5-1a~5-4a及び電磁石6-1a、b、c~6-3a、b、cのヨーク(磁極)が位置する部分の隔壁14aをヨークと同質の磁性材とし、それを埋め込み、仕上げ加工した構造としている。これにより、ヨークとロータ4の間の間隙が小さくなり、ロータ4に大きい制御磁気力を与えることができる。従って、隔壁14を圧力容器構造としても、電磁石の起磁力(アンペアターン)を大きくする必要がない。

【0022】

隔壁14の処理室3と連結する近傍には、冷却ゾーン(水冷ジャケット)15、15を設け、処理室3からの熱と、ロータ4に作用する重力分を負担するアキシャル磁気軸受6-1~6-3の上電磁石6-1a、b~6-3a、bからの熱を共に除去できる構成となっている。

【0023】

また、処理室3と冷却ゾーン15を挟んだ位置にガスパージゾーン16を備え、冷却ゾーン15の位置する部分の隔壁14とロータ4の間隙にガスが滞留しやすい構成としている。このガスパージゾーン16で使用するガスは熱伝達性の良いガスを用い、ロータ4からの熱を冷却ゾーン15に効率良く伝達するようになっている。

【0024】

ラジアル磁気軸受5-1~5-4の変位センサ5-1b、c~5-4b、cとアキシャル磁気軸受6の変位センサ6-1d~6-3dは、冷却ゾーン15、ガスパージゾーン16、アキシャル磁気軸受6のロータ4の重量を負担する上電磁石6-1a、b~6-3a、bよりも処理室3から遠い位置に配置し、センサ機能の安定を維持しやすい構成としている。

【0025】

上記変位センサ5-1b、c~5-4b、c及び変位センサ6-1d~6-3dは、それぞれインダクタンス式センサで、ロータ側センサターゲットの間には薄い非磁性隔壁(キャン)を挟んだ構造とし、薄い隔壁はキャップ状構造で、メインの隔壁14にOリング17でシールする構造である。

【0026】

上記インダクタンス式センサは、センサと浮上ターゲット(ここではロータ4)との間の間隙変化を検出コイルのインダクタンス変化で検知するセンサである。このセンサは一定振幅電圧の固有の周波数信号(キャリア信号)を検出コイルに印加し、検出コイルの磁気回路上の間隙に変化があると、コイルインダクタンスが変化するため、コイルに流れる電流が変化する。この現象をブリッジ回路を利用して、検出コイルのインダクタンス変化による変調されたキャリア信号を効果的に抽出するものである。ここで隔壁14に導電性材を用いると二次回路が発生し、相互インダクタンスとして検出コイルに影響してしまう。そのため、センサの応答周波数性能とトレードオフの関係になるが、センサキャリア信号の周波数を下げることで影響の低減を図ることができる。

【0027】

ロータ4の概略重心位置に配置した1つの(2軸分の)ラジアル磁気軸受5-1~5-4とその下方に配置したモータ8の部分ではロータ側とステータ側の間隙は比較的大きく取れ、ロータ4のこの部分4a、4bを非磁性体としている。モータ8にはインダクションモータの一種を使用する。モータ8のロータ側ターゲット(ロータ4の4a部分)を

非磁性体とした最大の理由は、モータ 8 でのラジアル方向外力を少なくし、ラジアル磁気軸受 5 - 1 ~ 5 - 4 の負担を軽減し、その分ラジアル磁気軸受 5 - 1 ~ 5 - 4 の小型化を図るためである。

【 0 0 2 8 】

モータ 8 のロータとなるロータ 4 の 4 a 部分は表面処理されたアルミニウム材、その上のラジアル磁気軸受 5 - 1 ~ 5 - 4 の変位センサ 5 - 1 b、c ~ 5 - 4 b、c 及び電磁石 5 - 1 a ~ 5 - 4 a が位置するロータ 4 の 4 b 部分は磁性材（電磁ステンレス、パーマロイ等）としている。ロータ 4 の更に上の 4 c 部分は処理室 3 に近づくため、SUS316 などのオーステナイト系ステンレス鋼やモリブデン、表面処理したカーボン材としている。

【 0 0 2 9 】

処理室 3 内での被処理基板 1 の処理温度は 1000 に達するため、ロータ 4 のアキシャル磁気軸受 6 - 1 ~ 6 - 3 及びラジアル磁気軸受 5 - 1 ~ 5 - 4 に達するまでの間で十分な温度勾配を実現する必要がある。そのため、冷却ゾーン 15、15 及びガスパージゾーン 16 が位置する部分のロータ 4 の 4 c 部分を薄肉化している。

【 0 0 3 0 】

上記のように本基板回転装置においては、アキシャル磁気軸受 6 は水平支持に必要な最小軸数の 3 分割にしているので、従来の各軸独立に制御する各軸独立制御方式の制御回路で運転制御できる。そのため、制御装置の小型化が達成でき、コストも低減できる。

【 0 0 3 1 】

図 7 はガスパージゾーン 16 の平面構成を示す図である。図示するようにガスパージゾーン 16 はゾーン 16 - 1、16 - 2、16 - 3 に分割されており、各ゾーン 16 - 1、16 - 2、16 - 3 はそれぞれ内面に開口する開口部を有するパージガス供給室 16 - 1 a、16 - 2 a、16 - 3 a を有し、該開口部には多数のノズル孔が形成されたノズル板 16 - 1 b、16 - 2 b、16 - 3 b が設けられている。ガス導入口 16 - 1 c、16 - 2 c、16 - 3 c からパージガスをパージガス供給室 16 - 1 a、16 - 2 a、16 - 3 a に供給することにより、ノズル板 16 - 1 b、16 - 2 b、16 - 3 b よりロータ 4 と隔壁 14 の間の間隙にパージガスが供給される。

【 0 0 3 2 】

なお、本基板回転装置においては、ラジアル磁気軸受 5 及びアキシャル磁気軸受 6 が動作しない場合に作動するタッチダウンベアリングが設けられている。該タッチダウンベアリングは、図 5 に示すようにロータ 4 のラジアル方向を支持するラジアルタッチダウンベアリング 18 とアキシャル方向を支持するアキシャルタッチダウンベアリング 19 が配置されている。

【 0 0 3 3 】

ラジアルタッチダウンベアリング 18 は支持部材 18 - 2 に回転自在に支持された小径のベアリング 18 - 1 を有し、該ベアリング 18 - 1 を水平ディスク 13 の下方のロータ 4 の外周に所定の間隔で、且つ外周面と所定の間隙を設けて複数個配置されている。アキシャルタッチダウンベアリング 19 は支持部材 19 - 2 で回転自在に支持された小径のベアリング 19 - 1 を有し、ベアリングを水平ディスク 13 の上下に所定の間隔で、且つ上下面と所定の間隙を設けて複数個配置されている。

【 0 0 3 4 】

本基板回転装置では、アキシャル磁気軸受 6 のロータ 4 の上電磁石 6 - 1 a、b ~ 6 - 3 a、b により、ラジアル方向の復元力を発生するようになっている。図 8 はその説明のための図で、同図 (a) は上電磁石 6 - 1 a と水平ディスク 13 の位置関係を示す図で、同図 (b) は A 部分の拡大図である。図示するように、水平ディスク 13 の外周部が上電磁石 6 - 1 a のヨーク（磁極）y より、内側に変位した場合、水平ディスク 13 の外周部とヨーク y の端部を通る磁束による磁気吸引力 F により、ラジアル方向の復元力 F_r とアキシャル方向の復元力 F_a が発生し、このラジアル方向の復元力 F_r により、ロータ 4 はラジアル方向に復元する。

【 0 0 3 5 】

ラジアル磁気軸受は、ステータ側にコ字型ヨーク（磁極）に励磁巻線を備えた電磁石 2 1 を図 9（a）に示すように、磁性材からなるロータ 4 に対向して配置（X 軸、Y 軸方向に）し、ラジアル制御力としては磁気吸引力を利用した方式と、これに対して、電磁石構造は同じとし、ステータ側にコ字型ヨークに励磁巻線を備えた電磁石 5 - 1 a ~ 5 - 4 a を図 9（a）に示すように配置する点は同じであるが、ロータ 4 の構成材料を非磁性で低固有抵抗（例えば、アルミニウム、銅）とし、ラジアル制御力としては誘導反発力を利用する方式でも良い。

【0036】

円筒状のロータ 4 が大口径となると、X 軸方向、Y 軸方向に制御力を受けた場合、ロータ 4 の剛性が小さいと変形する。そこで、図 9（b）に示すように、ロータ 4 を挟んで電磁石 5 - 1 a、5 - 3 a を Y 軸方向に、電磁石 5 - 2 a、5 - 4 a を X 軸方向に配置することにより、ロータ 4 の変形を防止することが可能となる。

【0037】

なお、図 5 及び図 6 の符号 2 0 はロータ 4 の回転位置を検出するための回転位置検出センサである。該回転位置検出センサ 2 0 には渦電流型のセンサを使用している。この渦電流型のセンサでは、隔壁 1 4 が不導電体であることが必要である。そこで、図 1 0 に示すように、SiO₂セラミックスからなる保護ケース 2 0 - 1 を隔壁 1 4 を貫通させてロータ 4 に対向配置し、該保護ケース 2 0 - 1 内に渦電流型のセンサ素子 2 0 - 2 を収納する構成としている。なお、2 0 - 3 は保護ケース 2 0 - 1 と隔壁 1 4 の間をシールする O リングである。

【0038】

磁気軸受を構成する電磁石及び変位センサが腐食性ガス等の特殊な雰囲気曝される場合、該電磁石及び変位センサと浮上体との間に隔壁（キャン）を配置して、該電磁石及び変位センサを保護しているが、隔壁の厚み分だけ、電磁石及び変位センサと浮上体（ロータ）との間の間隔が大きくなり、磁気抵抗が増大し、電磁石の制御磁気力や変位センサの感度が低下する。特に隔壁の径が大きくなると上述のように強度も大きくする必要があり、肉厚の厚い圧力隔壁とする必要がある。従って、電磁石や変位センサのコイルの起磁力を大きくする必要からコイルが大型化する。

【0039】

そこで、本発明では上記のようにラジアル磁気軸受 5 - 1 ~ 5 - 4 の電磁石 5 - 1 a ~ 5 - 4 a 及びアキシアル磁気軸受 6 - 1 ~ 6 - 3 の電磁石 6 - 1 a、b、c ~ 6 - 3 a、b、c のヨークが位置する部分の隔壁 1 4 a をヨークと同質の磁性材料とし、それを埋め込んで対処している。以下この対策について更に図 1 1 を用いて説明する。図 1 1 は磁気軸受の構成を示す図で、図 1 1（a）は断面図、図 1 1（b）は（a）の A - A 矢視図である。

【0040】

図示するように、磁気軸受 3 0 の変位センサー 3 1 のセンサヨーク 3 1 a の位置する部位の非磁性金属材からなる隔壁 3 2 に該センサヨーク 3 1 a と同一又は同質の磁性体材 3 2 a を埋め込み浮上体 3 3 に対向配置している。また、電磁石 3 4 の電磁石ヨーク 3 4 a の位置する部位にも電磁石ヨークと同一又は同質の磁性体材 3 2 b を埋め込み浮上体 3 3 に対向配置している。磁性体材 3 2 a、3 2 b を隔壁 3 2 に埋め込んだ部分には溶接等による接合シール部 3 5 及び 3 6 が設けられている。なお、センサヨーク 3 1 a はセンサコイル 3 1 b が装着され、電磁石ヨーク 3 4 a には電磁石コイル 3 4 b が装着されている。

【0041】

このように隔壁 3 2 のセンサヨーク 3 1 a 及び電磁石ヨーク 3 4 a の位置する部位に磁性体材 3 2 a、3 2 b を埋め込んだことにより、隔壁 3 2 の肉厚を大きくしてもセンサヨーク 3 1 a 及び電磁石ヨーク 3 4 a と浮上体 3 3 との間の磁気抵抗は大きくならない。これによりセンサ感度が向上し、浮上体 3 3 の変位を精度良く検知できるためセンサコイル 3 1 b を大きくする必要がない。また、電磁石ヨーク 3 4 a と浮上体 3 3 との間の磁気抵抗も大きくならないから、浮上体 3 3 に作用する制御磁気力も減少することなく、電磁石コ

イルを大きくする必要がない。

【0042】

また、上記例ではセンサヨーク31a及び電磁石ヨーク34aの先端が位置する隔壁32の部位に磁性体材32a、32bを埋め込んでいるが、センサヨーク31a及び電磁石ヨーク34aの先端が直接隔壁32を貫通し浮上体33と対向するようにしてもよい。

【0043】

一般に上記のように基板回転装置において、ロータに振れ回りや単なる振れが発生し、それがある設定値以上の変位センサ出力信号として現れた場合、1)磁気軸受の制御を遮断(停止)、2)磁気軸受制御は継続するがロータ回転を停止するなどの対策が講じられている。また、対策1)には、更にロータの回転停止も加えるケースもある。対策1)の場合は、ある変位センサ出力が設定値以上になったとき、初めて異常を認識し、突然タッチダウンすることになる。対策2)の場合にも、変位センサ出力がある一つの設定値以上になった時、初めて異常と認識し、突然ロータの回転を停止してしまう。

【0044】

上記構成の基板回転装置を特に基板処理装置に用いた場合、処理中に突然、回転が停止した場合には、処理中だった基板は「使用できない物」となる。半導体製造工程中の基板、即ち半導体ウエハは高価であから、できるだけ不良発生は避けたい。また、突然磁気軸受の制御を遮断し、タッチダウン状態になることは、ロータに積載した基板を破損しかねないという問題がある。

【0045】

そこで、例えば図12に示すような3個の比較回路41、42、43で異常検出回路を構成し、各比較回路41、42、43にはそれぞれ閾値(基準値)S1、S2、S3を設定する。この閾値S1、S2、S3は図13に示すように、 $|S1| < |S2| < |S3|$ の関係にある。また、各比較回路41、42、43には変位センサ出力信号Soが入力される。

【0046】

上記構成の異常検出回路において、センサ出力信号Soが $|So| > |S1|$ の時は比較回路41は警報回路44を駆動し警報のみを出力し、 $|So| > |S2|$ の時は比較回路42は故障出力回路45及びモータ運転停止回路46を駆動し、故障の通報と共に、モータ運転を停止する。また、 $|So| > |S3|$ の時は比較回路は故障出力回路45、モータ運転停止回路46、磁気軸受停止回路47を駆動し、故障の通報、モータ運転停止及び磁気軸受の浮上制御を停止する。

【0047】

このように段階的に異常を検出し、本基板回転装置を統括する半導体製造装置の主制御部に対して状況を段階的に伝えることで、基板の処理中にロータが停止となる発生率を低減できる。なお、図12に示す異常検出回路は一例であり、これに限定されるものではない。例えば変位センサの閾値S1、S2、S3を記憶部に記憶しておき、上記比較回路41、42、43の各処理をコンピュータで行い、警報出力、故障出力、モータ運転停止及び磁気軸受停止を行うようにしてもよい。また、閾値は3個に限定されるものではなく、2個以上であればよい。

【0048】

【発明の効果】

以上説明したように各請求項に記載の発明によれば、下記のような優れた効果が得られる。

【0049】

アキシャル磁気軸受は3分割され、その配置点を結ぶ線が略正三角形となるように配置したので、従来の各軸独立に制御する各軸独立制御方式の制御回路で運転制御できるから、制御装置の簡素化及び小型化が可能となる。また、ロータの口径が大きくなってもアキシャル磁気軸受の電磁石の径は大きくなり、またそれぞれの位置でアキシャル軸方向の位置制御を行うため、結果的にラジアル軸周りの運動も安定化され、従来のアキシャル磁気

軸受の電磁石で発生する不安定トルク（不平衡トルク）のような不安定力が大きくなりえない。

【 0 0 5 0 】

また、ロータを処理室と連通する空間に配置し、磁気軸受のステータ側構成部材及びモータのステータ側構成部材はロータとの間に隔壁を設けて処理室空間外に配置し、磁気軸受のステータ側構成部材である電磁石のヨークが位置する隔壁部位には該ヨークと等価な材質の材料を埋め込み、隔壁全体としてステータハウジングを構成するので、隔壁の肉厚を厚くし圧力隔壁としても磁気制御力は減少せず、被処理基板の大口径化が進む半導体製造分野で要望される、長寿命、ノンパーティクル、占有スペースの効率化に対処できる基板回転装置を提供できる。更に、隔壁の外側に磁気軸受のステータ側構成部材を配置するので、処理室及び該処理室に連通する空間を特殊雰囲気のまま、磁気軸受の構成部品やモータ構成部品を交換修理することが可能となる。

【 0 0 5 1 】

また、2つのラジアル軸（X、Y方向）方向の並進運動は、アキシヤル磁気軸受のステータ側構成部材である電磁石のヨークとロータ側構成部材である水平ディスクの相対位置が、並進方向（水平方向）にずれた時に発生するラジアル方向の復元力によって受動的に支持されるので、上記効果に加え安定したロータの磁気浮上支持が得られる。

【 0 0 5 2 】

また、ステータハウジングの処理室近傍には冷却ゾーンを設け、該処理室に対して該冷却ゾーンを挟んだ位置にガスパージゾーンを設けたので、磁気軸受を構成する変位センサの温度上昇が抑制され、ロータの位置変位を精度よく検出できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来の基板回転装置の概略構成例を示す図である。

【図2】本発明に係る基板回転装置の概略構成例を示す図である。

【図3】本発明に係る基板回転装置の構成部品の平面配置構成を示す図である。

【図4】図3のA - A ~ E - E断面を示す図である。

【図5】図3のF - F ~ J - J断面を示す図である。

【図6】本発明に係る基板回転装置の外周面展開図である。

【図7】本発明に係る基板回転装置のガスパージゾーンの平面構成を示す図である。

【図8】アキシヤル磁気軸受によるラジアル方向復元力の発生を説明するための図である。

【図9】ラジアル磁気軸受の電磁石のロータに対する配置状態を示す図である。

【図10】本発明に係る基板回転装置の回転位置検出センサ及びその取付構造を示す断面図である。

【図11】本発明に係る基板回転装置の磁気軸受の構成例を示す図で、図11（a）は断面図、図11（b）は（a）のA - A矢視図である。

【図12】本発明に係る基板回転装置の異常検出回路の構成例を示す図である。

【図13】本発明に係る基板回転装置の変位センサの出力例を示す図である。

【符号の説明】

- | | |
|-------|-------------|
| 1 | 被処理基板 |
| 2 | 基板ホルダ又はサセプタ |
| 3 | 処理室 |
| 4 | ロータ |
| 5 | ラジアル磁気軸受 |
| 5 - 1 | ラジアル磁気軸受 |
| 5 - 2 | ラジアル磁気軸受 |
| 5 - 3 | ラジアル磁気軸受 |
| 5 - 4 | ラジアル磁気軸受 |
| 6 | アキシヤル磁気軸受 |
| 6 - 1 | アキシヤル磁気軸受 |

6 - 2	アキシャル磁気軸受
6 - 3	アキシャル磁気軸受
8	モータ
8 - 1	モータステータ
8 - 2	モータスタータ
9	石英窓
1 0	ランプヒータユニット
1 1	搬出入ゲート
1 2	搬出入ゲート
1 3	水平ディスク
1 4	隔壁
1 5	冷却ゾーン
1 6	ガスパージゾーン
1 7	リング
1 8	ラジアルタッチダウンベアリング
1 9	アキシャルタッチダウンベアリング
2 0	回転位置検出センサ
3 0	磁気軸受
3 1	変位センサ
3 2	隔壁
3 3	浮上体
3 5	シール部
3 6	シール部
4 1	比較回路
4 2	比較回路
4 3	比較回路
4 4	警報出力回路
4 5	故障出力回路
4 6	モータ運転停止回路
4 7	磁気軸受停止回路