

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5126076号
(P5126076)

(45) 発行日 平成25年1月23日 (2013. 1. 23)

(24) 登録日 平成24年11月9日 (2012. 11. 9)

(51) Int. Cl.

F I

G 1 1 B 5/851 (2006. 01)

G 1 1 B 5/851

H O 1 L 21/68 (2006. 01)

H O 1 L 21/68

F

H O 1 L 21/677 (2006. 01)

H O 1 L 21/68

A

C 2 3 C 14/56 (2006. 01)

C 2 3 C 14/56

G

G 1 1 B 5/64 (2006. 01)

G 1 1 B 5/64

請求項の数 8 (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2009-2936 (P2009-2936)
 (22) 出願日 平成21年1月8日 (2009. 1. 8)
 (65) 公開番号 特開2010-160855 (P2010-160855A)
 (43) 公開日 平成22年7月22日 (2010. 7. 22)
 審査請求日 平成23年10月6日 (2011. 10. 6)

(73) 特許権者 000005223
 富士通株式会社
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
 1号
 (74) 代理人 100087480
 弁理士 片山 修平
 (72) 発明者 小林 泰山
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
 1号 富士通株式会社内
 (72) 発明者 尾崎 行雄
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
 1号 富士通株式会社内
 (72) 発明者 春日 俊則
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
 1号 富士通株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 位置測定装置、成膜方法並びに成膜プログラム及び成膜装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

対象物が有する測定対象平面と対向させるとともに、垂直仮想平面に正対させて配置され、前記対象物が有する前記測定対象平面上の少なくとも3つの測定点に対し、当該測定点までの水平方向の距離をそれぞれ測定する測距部と、

水平方向から前記対象物の前記測定対象平面の投影画像を撮像する撮像部と、

前記測距部によって取得された距離情報に基づいて、水平面内で直交する2軸のうち少なくとも一方の軸に対する傾きと、この2軸に直交し垂直方向に沿った1軸に対する傾きである前記測定対象平面の傾き情報を取得すると共に、当該傾き情報と前記投影画像とに基づいて前記対象物の位置情報を取得する演算部と、を備え、

前記演算部は、前記測距部によって取得された距離情報に基づいて前記垂直仮想平面から外れる向きの前記測定対象平面の傾き情報を算出し、当該測定対象平面の前記傾き情報に基づいて補正されたテンプレートと、前記投影画像とに基づいて前記対象物の位置情報を取得することを特徴とした位置測定装置。

【請求項 2】

前記測距部は、前記測定点に対応する少なくとも3つの変位センサを有し、当該変位センサは、前記測定対象平面が前記垂直仮想平面と平行状態となったときに、前記測定点までの光学距離が等しくなるように配置されたことを特徴とした請求項1記載の位置測定装置。

【請求項 3】

10

20

前記測距部及び前記撮像部は、連続的に測定情報を取得し、前記演算部は、前記対象物の位置情報を継続的に算出することを特徴とした請求項 1 又は 2 に記載の位置測定装置。

【請求項 4】

複数の基板ホルダに、供給ロボットによって順次円板状の基板を垂直に支持させる支持手順と、

前記基板ホルダに支持された前記基板を順次複数の成膜チャンバに移動させ、各成膜チャンバ内で成膜処理を行う成膜手順と、

当該成膜手順が終了した前記基板を供給ロボットによって前記基板ホルダから取り外す取り外し手順と、

前記支持手順における前記基板の位置情報を記録する位置情報記録手順と、

前記位置情報記録手順において記録された位置情報から前記供給ロボットに対する教示位置を修正する教示位置修正手順と、

を含み、

前記位置情報記録手順は、測距部を基板が有する測定対象平面と対向させるとともに、垂直仮想平面に正対させて配置し、前記測距部によって前記基板の測定対象平面上の少なくとも 3 つの測定点に対し、水平方向の距離を測定する測距手順と、水平方向から前記基板の前記測定対象平面の投影画像を撮像する撮像手順と、前記測距手順によって測定された前記水平方向の距離に基づいて、水平面内で直交する 2 軸のうち少なくとも一方の軸に対する傾きと、この 2 軸に直交し垂直方向に沿った 1 軸に対する傾きである前記測定対象平面の傾き情報を取得する傾き情報取得手順と、前記傾き情報と前記投影画像とに基づいて前記基板の位置情報を取得する位置情報取得手順と、

を、含み、

前記傾き情報取得手順は、

前記測距手順によって取得された距離情報に基づいて前記垂直仮想平面から外れる向きの前記測定対象平面の傾き情報を算出し、

前記位置情報取得手順は、前記測定対象平面の前記傾き情報に基づいて補正されたテンプレートと、前記投影画像とに基づいて前記基板の位置情報を取得することを特徴とした成膜方法。

【請求項 5】

前記測距部は、前記測定点に対応する少なくとも 3 つの変位センサを有し、当該変位センサは、前記測定対象平面が前記垂直仮想平面と平行状態となったときに、前記測定点までの光学距離が等しくなるように配置されたことを特徴とした請求項 4 記載の成膜方法。

【請求項 6】

前記測距手順及び前記撮像手順は、連続的に測定情報を取得し、前記位置情報記録手順は、前記基板の位置情報を継続的に算出することを特徴とした請求項 4 又は 5 に記載の成膜方法。

【請求項 7】

円板状の基板に成膜処理を施す成膜プログラムであって、

コンピュータに、

複数の基板ホルダに、供給ロボットによって順次円板状の基板を垂直に支持させる支持手順と、

前記基板ホルダに支持された前記基板を順次複数の成膜チャンバに移動させ、各成膜チャンバ内で成膜処理を行う成膜手順と、

当該成膜手順が終了した前記基板を供給ロボットによって前記基板ホルダから取り外す取り外し手順と、

前記支持手順における前記基板の位置情報を記録する位置情報記録手順と、

前記位置情報記録工程において記録された位置情報から前記供給ロボットに対する教示位置を修正する教示位置修正手順と、

を含み、

前記位置情報記録手順に含まれる、基板が有する測定対象平面と対向させるとともに、

10

20

30

40

50

垂直仮想平面に正対させて配置された前記測距部によって前記基板の測定対象平面上の少なくとも3つの測定点に対し、水平方向の距離を測定する測距手順と、水平方向から前記基板の前記測定対象平面の投影画像を撮像する撮像手順と、前記測距手順によって測定された前記水平方向の距離に基づいて、水平面内で直交する2軸のうち少なくとも一方の軸に対する傾きと、この2軸に直交し垂直方向に沿った1軸に対する傾きである前記測定対象平面の傾き情報を取得する傾き情報取得手順と、前記傾き情報と前記投影画像とに基づいて前記基板の位置情報を取得する位置情報取得手順と、

を実行させ、

前記コンピュータに、

前記傾き情報取得手順において、

前記測距手順によって取得された距離情報に基づいて前記垂直仮想平面から外れる向き
の前記測定対象平面の傾き情報を算出し、

前記位置情報取得手順において、前記測定対象平面の前記傾き情報に基づいて補正されたテンプレートと、前記投影画像とに基づいて前記基板の位置情報を取得させる成膜プログラム。

【請求項8】

供給ロボットと、

キャリア上に搭載された基板ホルダと、

内部で前記供給ロボットによって円板状の基板を前記基板ホルダに支持させるローダチャンバと、

当該ローダチャンバに設けられたチャンバ窓と、

前記基板ホルダに支持された基板が順次巡回し、内部で前記基板に対し成膜処理を施す複数の成膜チャンバと、

前記チャンバ窓を通じて、前記基板の位置測定を行う請求項1乃至3のいずれか一項記載の位置測定装置と、

当該位置測定装置によって取得された基板の位置情報に基づいて前記供給ロボットに対する位置教示する位置教示部と、

を、備えたことを特徴とした成膜装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、位置測定装置、成膜方法並びに成膜プログラム及び成膜装置に関する。

【背景技術】

【0002】

基板を基板ホルダに保持させて加工する工程の1つに、基板を順次搬送しながら搬送途中のチャンバ内で成膜処理を施し、磁性膜を被着させる連続成膜方式がある。半導体ウェハ成膜工程であれば、基板の1面に対してのみ成膜処理を施せばよいが、磁気ディスク製造の場合は、基板の両面に成膜処理を施すことになるので連続性膜方式が有用である。

【0003】

連続成膜方式では、供給ロボットを用い、搬送機構（キャリア）上に搭載された基板ホルダが有する保持爪に基板を支持させる。基板ホルダは、成膜処理が行われるチャンバ内を移動するため、保持爪にも成膜層が付着している。このような保持爪によって基板を支持しようとするとき、保持爪の中心と基板の中心とが一致していないと、基板は保持爪中心に倣って安定姿勢に移行しようとする。この際、保持爪に付着した成膜層が基板の周縁によって削られる。削られた成膜層が基板に付着すると、成膜処理の欠陥を引き起し、歩留り低下を生じる。また、供給ロボットによる基板の基板ホルダに対する供給位置、供給姿勢の教示精度が悪い場合には基板が落下し、稼働率を低下させるおそれもある。

【0004】

これらの問題を回避するためには、基板を基板ホルダに精度よく供給することが求められる。そして、基板を基板ホルダに精度よく供給するためには、基板の姿勢、位置を把握

10

20

30

40

50

しておくことが求められる。このような要求に対応可能と考えられる装置は、従来、種々提案されている。例えば、基板処理装置等の基板搬送システムにおける可動部材の位置を検出し、監視することが行われている（特許文献 1 参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 0 5 】

【特許文献 1】特開平 1 1 - 2 6 5 9 6 7 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 】

ところで、基板ホルダに支持される基板の正確な状態を知るためには、X 方向の位置、Y 方向の位置、Z 方向の位置、X 軸回りの傾き、Y 軸回りの傾き、Z 軸回りの傾きの合計 6 自由度に関する情報を把握する必要がある。

しかしながら、前記従来案の提案では、3 自由度までの情報しか取得することができず、基板の正確な情報を取得するには、不十分であった。ここで、前記従来案の提案における装置を複数台設置し、異なる方向から測定を行うことにより、より多くの自由度に関する情報を取得することも考えられる。しかし、基板ホルダが順次搬送されるチャンバの構造上、このような測定は困難である。

また、基板ホルダは、真空のチャンバ内を移動するため、非接触測定が必要となる。このため、チャンバの外壁に設けられたチャンバ窓を通じて内部の基板の状態を測定することになる。しかしながら、チャンバ窓は、通常、チャンバの 1 面にしか設けられていない。特に、円板状の基板を前記基板ホルダに支持させるローダチャンバは、キャリアの移動、供給ロボットの出没を確保する必要から、複数の面にチャンバ窓を設けることは困難である。このような理由により、異なる方向からの測定は困難となっている。

【 0 0 0 7 】

本発明は、上記問題に鑑みてなされたものである。その目的は、一方向からの測定によって対象物の位置情報を精度よく取得することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 8 】

上記課題を解決するために、本明細書開示の位置測定装置は、対象物が有する測定対象平面と対向させるとともに、垂直仮想平面に正対させて配置され、前記対象物が有する前記測定対象平面上の少なくとも 3 つの測定点に対し、当該測定点までの水平方向の距離をそれぞれ測定する測距部と、水平方向から前記対象物の前記測定対象平面の投影画像を撮像する撮像部と、前記測距部によって取得された距離情報に基づいて、水平面内で直交する 2 軸のうち少なくとも一方の軸に対する傾きと、この 2 軸に直交し垂直方向に沿った 1 軸に対する傾きである前記測定対象平面の傾き情報を取得すると共に、当該傾き情報と前記投影画像とに基づいて前記対象物の位置情報を取得する演算部と、を備え、前記演算部は、前記測距部によって取得された距離情報に基づいて前記垂直仮想平面から外れる向きの前記測定対象平面の傾き情報を算出し、当該測定対象平面の前記傾き情報に基づいて補正されたテンプレートと、前記投影画像とに基づいて前記対象物の位置情報を取得することを特徴としている。

【 0 0 0 9 】

測定対象平面上の少なくとも 3 つの測定点に対する水平方向の距離情報を把握し、この距離情報を用いた演算を行うことにより、測定対象平面の傾き情報を取得することができる。傾き情報には、X 軸回りの傾き、Y 軸回りの傾き、Z 軸回りの傾きが含まれる。この傾き情報と投影画像とを利用することにより、対象物の位置情報を精度よく算出することができる。

【発明の効果】

【 0 0 1 0 】

本明細書開示の位置測定装置は、一方向からの測定によって対象物の位置情報を精度よ

10

20

30

40

50

く取得することができるという効果を有する。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 1 】

【図 1】図 1 は、実施例の成膜装置の概略構成を示した説明図である。

【図 2】図 2 は、成膜装置が備える供給口ボット 3 0 0 の周辺を示す説明図である。

【図 3】図 3 は、基板ホルダの説明図である。

【図 4】図 4 は、供給口ボットによる基板把持プロセスを説明するフロー図である。

【図 5】図 5 は、基板把持プロセスにおける基板の状態を示した説明図である。

【図 6】図 6 は、成膜装置において行われる成膜方法の流れを示す説明図である。

【図 7】図 7 は、位置測定装置を模式的に示した説明図である。

10

【図 8】図 8 は、位置測定装置の構成例を示すブロック図である。

【図 9】図 9 は、第 1 変位センサ、第 2 変位センサ、第 3 変位センサと基板ホルダの斜視図である。

【図 1 0】図 1 0 は、第 1 変位センサ、第 2 変位センサ、第 3 変位センサとローダチャンバとの関係を示す説明図であり、図 1 0 (A) はローダチャンバの外側からみた斜視図、図 1 0 (B) は、ローダチャンバの内側からみた図である。

【図 1 1】図 1 1 は、第 1 変位センサ、第 2 変位センサ、第 3 変位センサと基板ホルダの位置関係を示す説明図である。

【図 1 2】図 1 2 は、第 1 変位センサ、第 2 変位センサ、第 3 変位センサと画像センサの斜視図である。

20

【図 1 3】図 1 3 は、供給口ボットに対する位置教示方法を示すフロー図である。

【図 1 4】図 1 4 は、基板の位置測定プロセスのフロー図である。

【図 1 5】図 1 5 は、基板の位置測定プロセスにおける傾き情報の算出を示す説明図である。

【図 1 6】図 1 6 は、画像センサにより撮像される投影画像の説明図である。

【図 1 7】図 1 7 は、傾き情報、位置情報の測定結果の一部を示すグラフである。

【図 1 8】図 1 8 は、三角測量方式を採用した場合の基板の位置測定プロセスのフロー図である。

【図 1 9】図 1 9 は、三角測量方式を用いた変位センサの測定原理の説明図である。

【図 2 0】図 2 0 は、三角測量方式を用いた変位センサ上の入光位置計算の説明図である

30

【図 2 1】図 2 1 は、変位センサの受光窓における位置座標の説明図である。

【図 2 2】図 2 2 は、受光窓への正反射光位置による補正值を纏めたテーブルの一例である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 2 】

以下、本発明の最良の実施形態について、添付図面を参照しつつ説明する。ただし、図面中、各部の寸法、比率等は、実際のものとは完全に一致するようには図示されていない場合がある。また、図面によっては細部が省略されている場合もある。

【実施例】

【 0 0 1 3 】

40

本発明の位置測定装置、成膜方法及び成膜プログラム並びに成膜装置の実施例を、図面を参照しつつ説明する。なお、本実施例では、パーソナルコンピューター、ワークステーション等の汎用的な目的で使用されるコンピュータ上で実行するコンピュータプログラムにより実現する形態を示す。コンピュータプログラムは、フレキシブルディスクや C D - R O M 等の可搬型媒体やネットワーク接続された他のコンピュータの主メモリや補助記憶装置等に格納されて提供される。そして、本発明のコンピュータプログラムは、可搬型媒体から直接コンピュータの主メモリにロードされ、または、補助記憶装置を備えたコンピュータにおいては可搬型媒体から一旦補助記憶装置にコピーまたはインストール後に、主メモリにロードされて実行する。

【 0 0 1 4 】

50

図１は、実施例の成膜装置１０００の概略構成を示した説明図である。図２は、成膜装置１０００が備える供給口ポット３００の周辺を示す説明図である。図３は、基板ホルダ２００の説明図である。

【００１５】

成膜装置１０００は、供給口ポット３００、基板ホルダ２００、ローダチャンバ１０１０、アンローダチャンバ１０２０、複数の成膜チャンバ１０３０を備えている。また、成膜装置１０００は、対象物を基板４００とする位置測定装置１１００を備えている。

【００１６】

ローダチャンバ１０１０の内部では、成膜処理前の基板４００が供給口ポット３００によって搬送され、基板ホルダ２００に支持される。ローダチャンバ１０１０には、複数接
続された成膜チャンバ１０３０の一端に位置する成膜チャンバ１０３０が接続されている
。複数の成膜チャンバ１０３０は、環状に配置され、内部で基板４００に対する成膜処理
が行われる。複数接続された成膜チャンバ１０３０の他端に位置する成膜チャンバ１０３
０にはアンローダチャンバ１０２０が接続されている。アンローダチャンバ１０２０では
、成膜処理を終えた基板４００が基板ホルダ２００から取り外され、成膜装置１０００の
外部へ搬送される。

【００１７】

供給口ポット３００は、図２に示すように伸縮可能なアーム３１０を備えており、アーム
３１０の先端には、円板状の基板４００の中心に設けられた穴に挿入され、基板４００
を持ち上げるピック３２０が設けられている。供給口ポット３００は、基板を前後方向、
左右方向に移動させることができる。また、ピック３２０の取り付け角度は調節可能とな
っている。

【００１８】

基板ホルダ２００は、キャリア２５０上に搭載されている。キャリア２５０は、成膜チャン
バ１０３０内を順次巡回可能となっている。基板ホルダ２００には第１の保持爪である
上爪２１０、第２の保持爪である上爪２２０、第３の保持爪である下爪２３０が設けら
れている。基板４００は、これらの上爪２１０、２２０、下爪２３０に支持される。基板
ホルダ２００に支持された基板４００は、複数の成膜チャンバ１０３０を順次巡回し、そ
れぞれの成膜チャンバ１０３０内で成膜処理が施される。

【００１９】

図４は、供給口ポット３００による基板把持プロセスを説明するフロー図である。図５
は、基板把持プロセスにおける基板４００の状態を示した説明図である。供給口ポット３
００は、まず、ステップＳ１において、多数の基板４００がストックされているカセット
（ストック）から基板４００を取り出す。基板４００は、ピック３２０によって持ち上げ
られて移動する。その後、ステップＳ２において、供給口ポット３００は、前進動作を行
いローダチャンバ１０１０内へ基板４００を挿入する。図５（Ａ）に示すように上爪２１
０、２２０、下爪２３０で囲まれる領域に供給される。

【００２０】

次に、ステップＳ３において、図５（Ｂ）に示すように基板４００を上爪２１０、２２
０に押し当てるように基板４００を上昇させる。そして、ステップＳ４において、基板４
００と上爪２１０、２２０との接触を確認後、ピック３２０の上昇を停止させる。その後
、ステップＳ５において、図５（Ｃ）に示すように下爪２３０を上昇させ、基板４００と
下爪２３０とを接触させる。これにより、基板ホルダ２００による基板４００の支持が完
了する。基板４００の支持が完了した後は、ステップＳ６において、供給口ポット３００
はピック３２０を下降させ、続いてステップＳ７において供給口ポット３００を後退させ
て一連の動作を終了する。ステップＳ７の処理を終えた供給口ポット３００は、再びステ
ップＳ１に戻って、次の基板４００の基板把持プロセスに入る。

なお、位置測定装置１１００は、この基板４００の基板把持プロセスが行われている間
、継続して基板４００の位置測定を行っている。

【００２１】

図 6 は、成膜装置 1 0 0 0 において行われる成膜方法の流れを示す説明図である。成膜装置 1 0 0 0 において行われる成膜方法は、支持手順 1 0、成膜手順 2 0、取り外し手順 3 0 を有している。そして、さらに、基板 4 0 0 の位置教示方法を有している。位置教示方法は、第 1 位置情報記憶手順 4 0、第 2 位置情報記録手順 5 0、偏差算出手順 6 0、代表偏差算出手順 7 0 および教示位置修正手順 8 0 を有する。図 6 中、各手順の前後に手順前の状態と手順後の状態を示している。各手順の内容は以下に示す通りである。

【 0 0 2 2 】

支持手順 1 0 では、上記において図 4、図 5 を参照して説明したように、複数の基板ホルダ 2 0 0 に、供給口ポット 3 0 0 によって順次円板状の基板 4 0 0 が支持される。

【 0 0 2 3 】

成膜手順 2 0 では、基板ホルダ 2 0 0 に支持された基板 4 0 0 を順次複数の成膜チャンバ 1 0 3 0 に移動させ、各成膜チャンバ 1 0 3 0 内で成膜処理を行う。

【 0 0 2 4 】

取り外し手順 3 0 では、成膜工程が終了した基板 4 0 0 を口ポットによって基板ホルダ 2 0 0 から取り外す。

【 0 0 2 5 】

第 1 位置情報記録手順 4 0 は、供給口ポット 3 0 0 に基板 4 0 0 を垂直にした状態で供給位置として予め教示された基板ホルダの所定位置まで搬送させ、供給位置での基板の中心位置を後述する位置測定装置 1 1 0 0 から第 1 位置情報として記録する。

ここで、第 1 位置情報記録手順 4 0 は、さらに測距手順 4 1、撮像手順 4 2、傾き情報取得手順 4 3、位置情報取得手順 4 4 を含む。

測距手順 4 1 では、基板 4 0 0 が有する測定対象平面 4 0 0 a 上の 3 つの測定点 4 0 0 a 1、4 0 0 a 2、4 0 0 a 3 に対し、水平方向の距離を測定する。

撮像手順 4 2 では、水平方向から基板 4 0 0 の測定対象平面 4 0 0 a の投影画像を撮像する。

傾き情報取得手順 4 3 は、水平方向の距離に基づいて測定対象平面 4 0 0 a の傾き情報（後述する傾き α と傾き γ ）を取得する。

位置情報取得手順 4 4 では、傾き情報と投影画像とに基づいて基板 4 0 0 の位置情報を取得する。

【 0 0 2 6 】

第 2 位置情報記録手順 5 0 は、供給位置において基板 4 0 0 を基板ホルダ 2 0 0 に装着し、装着後の基板 4 0 0 の中心位置を位置測定装置 1 1 0 0 から第 2 位置情報として記録する。

ここで、第 2 位置情報記録手順 5 0 は、さらに測距手順 5 1、撮像手順 5 2、傾き情報取得手順 5 3、位置情報取得手順 5 4 を含む。

測距手順 5 1 では、基板 4 0 0 の測定対象平面上の 3 つの測定点 4 0 0 a 1、4 0 0 a 2、4 0 0 a 3 に対し、水平方向の距離を測定する。

撮像手順 5 2 では、水平方向から基板 4 0 0 の測定対象平面 4 0 0 a の投影画像を撮像する。

傾き情報取得手順 5 3 では、水平方向の距離に基づいて測定対象平面 4 0 0 a の傾き情報（後述する傾き α と傾き γ ）を取得する。

位置情報取得手順 5 4 では、傾き情報と投影画像とに基づいて基板 4 0 0 の位置情報を取得する。

【 0 0 2 7 】

偏差算出手順 6 0 は、第 1 位置情報と第 2 位置情報との差分である偏差を求め、基板位置データ記憶部 1 2 5 0（図 7 参照）に記憶する。

【 0 0 2 8 】

代表偏差算出手順 7 0 は、第 1 位置取得手順と第 2 位置取得手順と偏差算出手順とを複数の基板ホルダに対して実施し、基板位置データ記憶部 1 2 5 0 に記憶した複数の偏差の中から所定の算出方法で偏差を代表する代表偏差を求める。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 9 】

教示位置修正手順 8 0 は、代表偏差を基に供給位置を修正した教示位置を求め、教示位置を供給ロボット 3 0 0 に教示する。

【 0 0 3 0 】

ローダチャンバ 1 0 1 0 では、前記のように基板 4 0 0 の基板ホルダ 2 0 0 への支持が行われる。このため、ローダチャンバ 1 0 1 0 の正面側に供給ロボット 3 0 0 が配置される。そして、供給ロボット 3 0 0 が配置される面と対向する外壁には、図 1 0 に現れているようにチャンバ窓 1 0 1 1 が設けられている。

【 0 0 3 1 】

成膜装置 1 0 0 0 は、チャンバ窓 1 0 1 1 を通じて、基板 4 0 0 の位置測定を行う位置測定装置 1 1 0 0 を備えている。図 7 は、位置測定装置 1 1 0 0 を模式的に示した説明図である。図 6 に示した位置教示方法における第 1 位置取得手順と第 2 位置取得手順における基板 4 0 0 の位置の把握をこの位置測定装置 1 1 0 0 によって行われる。

【 0 0 3 2 】

図 8 は、位置測定装置 1 1 0 0 の構成例を示すブロック図である。図 9 は、位置測定装置 1 1 0 0 に含まれる第 1 変位センサ 1 1 1 0、第 2 変位センサ 1 1 2 0、第 3 変位センサ 1 1 3 0 と基板ホルダ 2 0 0 の斜視図である。図 1 0 は、位置測定装置 1 1 0 0 に含まれる第 1 変位センサ 1 1 1 0、第 2 変位センサ 1 1 2 0、第 3 変位センサ 1 1 3 0 とローダチャンバ 1 0 1 0 との関係を示す説明図である。図 1 0 (A) はローダチャンバ 1 0 1 0 の外側からみた斜視図、図 1 0 (B) は、ローダチャンバ 1 0 1 0 の内側からみた図である。図 1 1 は、第 1 変位センサ 1 1 1 0、第 2 変位センサ 1 1 2 0、第 3 変位センサ 1 1 3 0 と基板ホルダ 2 0 0 の位置関係を示す説明図である。図 1 2 は、第 1 変位センサ 1 1 1 0、第 2 変位センサ 1 1 2 0、第 3 変位センサ 1 1 3 0 と画像センサ 1 1 5 0 の斜視図である。

【 0 0 3 3 】

位置測定装置 1 1 0 0 は、対象物となる基板 4 0 0 が有する測定対象平面 4 0 0 a 上の 3 つの測定点 4 0 0 a 1、4 0 0 a 2、4 0 0 a 3 に対し、測定点までの水平方向の距離をそれぞれ測定する測距部を備えている。測距部は、3 つの変位センサ 1 1 1 0、1 1 2 0、1 1 3 0 を有している。第 1 変位センサ 1 1 1 0、第 2 変位センサ 1 1 2 0、第 3 変位センサ 1 1 3 0 は、レーザ光を照射することによって測定点までの距離の測定を行う。第 1 変位センサ 1 1 1 0 は、第 1 測定点 4 0 0 a 1 に対応している。第 2 変位センサ 1 1 2 0 は、第 2 測定点 4 0 0 a 2 に対応している。第 3 変位センサ 1 1 3 0 は、第 3 測定点 4 0 0 a 3 に対応している。これらの変位センサ 1 1 1 0、1 1 2 0、1 1 3 0 は、図 9 や図 1 1 に示すような垂直仮想平面 6 0 0 に正対するように配置される。ここで、垂直仮想平面 6 0 0 とは、同一平面内の異なる位置から照射された水平レーザ光を照射させた場合に、当該平面までの光学的距離が等しくなるような仮想の平面である。

【 0 0 3 4 】

これらの変位センサ 1 1 1 0、1 1 2 0、1 1 3 0 は、測定対象平面 4 0 0 a が垂直仮想平面 6 0 0 と平行状態となったときに、測定点 4 0 0 a 1、4 0 0 a 2、4 0 0 a 3 までの光学距離が等しくなるように配置されている。光学距離は、基板 4 0 0 の奥行き方向 (Y 方向) の距離である。

【 0 0 3 5 】

第 1 変位センサ 1 1 1 0 と第 2 変位センサ 1 1 2 0 とは、上下に重ねるように配置されている。図 1 1 に示すように第 1 変位センサ 1 1 1 0 と第 1 測定点 4 0 0 a 1 との距離は距離 L 1 2 と表示することができる。第 2 変位センサ 1 1 2 0 と第 2 測定点 4 0 0 a 2 との距離は第 1 変位センサ 1 1 1 0 と第 1 測定点 4 0 0 a 1 までの距離と同様に L 1 2 と表示することができる。

一方、第 3 変位センサ 1 1 3 0 は、第 1 変位センサ 1 1 1 0 や第 2 変位センサ 1 1 2 0 に対し、9 0 ° 回転させた状態で設置されている。そして、プリズム 1 1 3 1 を備えている。第 3 変位センサ 1 1 3 0 によって照射されるレーザ光は、プリズム 1 1 3 1 によって

屈曲させられて第3測定点400a3に到達する。第3変位センサ1130が照射するレーザー光が第3測定点400a3に到達するまでの距離は、第3測定点400a3からプリズム1131までの距離L3aと第3変位センサ1130からプリズム1131までの距離L3bの和である。このL3aとL3bとの和は、L12と等しくなるように設定されている。このように3つの変位センサの対象物までの距離を一致させ、さらに変位センサの設置角度を一致させておくことにより、差分情報を用いて測定を算出する際に、方式誤差を相殺させることができる。

【0036】

このように第3変位センサ1130を第1変位センサ1110や第2変位センサ1120に対して回転させた状態とすることにより、チャンバ窓1011の大きさに対応することができ、すなわち、3つの変位センサを上下方向に並べようすると、チャンバ窓1011の大きさによっては、すべてのレーザー光をチャンバ窓1011に通過させることは困難である。プリズム1131を用いた配置を行うことにより、コンパクトな配置とすることができ、面積の小さい測定対象平面400aにも対応することができる。

測距部は、さらに、第1変位センサ1110、第2変位センサ1120、第3変位センサ1130が接続される変位取得部1140を備えている。

【0037】

位置測定装置1100は、水平方向から前記対象物の前記測定対象平面の投影画像を撮像する撮像部を備えている。撮像部は、図8に示すように画像センサ1150と、この画像センサ1150が接続された画像取得部1160を備えている。画像センサ1150は、図12で示すようにフレーム1151に支持されている。そして、ステージ部材1300に装着されている。ステージ部材1300には、測距部も取り付けられる。ステージ部材1300は、測距部、撮像部の位置を調節するものである。例えば、チャンバ窓1011の一部に汚れが付着しているときなどに、その部分を避けて位置測定を行うことができるようにする。

【0038】

変位取得部1140、画像取得部1160は、位置測定装置1100の全体を制御する制御部1170に接続されている。変位取得部1140は、図8に示すように角度演算部1180に接続されている。角度演算部1180は、誤差補正部1190に接続されている。誤差補正部1190には、テンプレート画像記憶部1240が接続されている。誤差補正部1190には、さらにテンプレート生成部1200が接続されている。テンプレート生成部1200は、画像処理演算部1210に接続されている。この画像処理演算部1210には、画像取得部1160が接続されており、画像センサ1150によって撮像された投影画像に関するデータが画像処理演算部1210に送られる。

【0039】

位置測定装置1100は、6自由度情報演算部1220を備えている。6自由度情報演算部1220は、本発明における演算部の一例であり、測距部によって取得された距離情報に基づいて測定対象平面400aの傾き情報を取得する。さらに、この傾き情報と投影画像とに基づいて対象物である基板400の位置情報を取得する。

【0040】

ここで、基板400の位置情報を評価するための座標は、図7に示すように、基板ホルダ200が移動する方向をX方向、基板400が出し入れされる方向をY方向、上下方向をZ方向と定める。位置情報は、これらの方向の座標によって表現される。また傾き情報は、X軸回りの傾き α 、Y軸回りの傾き β 、Z軸回りの傾き γ によって表現される。なお、これらのうち、Y軸回りの傾き β は、位置測定に影響を及ぼさない。これは、位置測定対象である基板400が円板状であることから、基板400が回転しても傾き β は、変化しないからである。そして、X軸回りの傾き α と、Z軸回りの傾き γ とが、変化すると、基板400は垂直仮想平面600から外れるようになる。すなわち、傾き α や傾き γ が変化すると、測定対象平面400aは、垂直仮想平面600に対して角度を有するようになる。基板400の位置情報を取得するときは、垂直仮想平面600から外れる向きの傾き

情報となる傾き α と傾き γ を算出し、これらの値に基づいて位置情報を算出していくことになる。

【 0 0 4 1 】

制御部 1 1 7 0 には、基板位置データ記憶部 1 2 5 0 が接続されている。基板位置データ記憶部 1 2 5 0 には、継続的に基板 4 0 0 の位置に関するデータが蓄積される。位置測定装置 1 1 0 0 は、主メモリ上に位置教示プログラム 1 2 3 0 を備えている。位置教示プログラム 1 2 3 0 は、制御部 1 1 7 0 に接続されたロボットコントローラ 1 2 6 0 とともに本発明における位置教示部の機能を果たす。

【 0 0 4 2 】

6 自由度情報演算部 1 2 2 0 は、まず、測距部によって取得された距離情報に基づいて垂直仮想平面から外れる向きの測定対象平面 4 0 0 a の傾き情報 α 、 γ を算出する。

10

そして、測定対象平面 4 0 0 a の傾き情報 (α 、 γ) に基づいて補正されたテンプレートと、投影画像とに基づいて基板 4 0 0 の位置情報を取得する。

【 0 0 4 3 】

測距部及び撮像部は、継続的に測定情報を取得し、6 自由度情報演算部 1 2 2 0 は、基板 4 0 0 の位置情報を継続的に算出する。図 1 7 は、継続的に取得される X 変位、Z 変位、Y 変位、傾き α 、傾き γ の情報の一部を示している。なお、本実施例の位置測定装置 1 1 1 0 によれば、任意の地点の位置情報を算出することができる。

【 0 0 4 4 】

以下、以上のような成膜装置 1 0 0 0 の主として供給ロボット 3 0 0 の位置教示プロセスを説明する。

20

図 1 3 は、供給ロボット 3 0 0 に対する位置教示方法を示すフロー図である。

【 0 0 4 5 】

まず、基板 4 0 0 のテンプレート画像を予め作成しておき、テンプレート画像記憶部 1 2 4 0 に記憶しておく (S 1 0)。

【 0 0 4 6 】

続いて、偏差取得ループに入り、最初の基板ホルダ 2 0 0 を基板装着位置に移動させる。供給ロボット 3 0 0 に指示して基板 4 0 0 を基板のスタッカから取り出し、基板 4 0 0 の中央に開けられた穴を供給ロボット 3 0 0 のピック 3 2 0 に垂直に懸架する。基板 4 0 0 を懸架した状態で、予めオペレータが教示した供給位置まで搬送する。この供給位置は、例えば基板ホルダ 2 0 0 を搬送機構に取り付ける前に用いていた供給位置を用いるようにしてもよい。この位置における基板 4 0 0 の中心位置を第 1 変位センサ 1 1 1 0、第 2 変位センサ 1 1 2 0、第 3 変位センサ 1 1 3 0 と画像センサ 1 1 5 0 による測定結果を用いて算出する。このとき、基板が傾いていると、画像センサ 1 1 5 0 から取得した画像は、図 1 6 (B) に示すように実際の形状 P o に対して歪んだ形状の投影画像 P a となる。このような投影画像 P a とテンプレートとのマッチングによって、基板中心位置を求める。このとき、テンプレートは、傾き情報 (α 、 γ) に基づいて補正される。

30

このようにして求めた基板中心位置のデータ (X 1、Y 1、Z 1) を第 1 の位置情報として基板位置データ記憶部 1 2 5 0 に記憶する (S 1 1 ~ S 1 6)。

【 0 0 4 7 】

40

次に、ピック 3 2 0 を上方に所定距離移動し、基板 4 0 0 の外縁を基板ホルダ 2 0 0 の上爪 2 1 0、2 2 0 に当て、下爪 2 3 0 により外縁を押し当て基板 4 0 0 を基板ホルダ 2 0 0 に保持する。ピック 3 2 0 を下方に所定距離移動させ、基板 4 0 0 の穴から外しスタッカから基板 4 0 0 を取り出す位置に後退させる。基板ホルダ 2 0 0 に保持された状態 (即ち、基板 4 0 0 が保持位置にある状態) でステップ S 1 4 と S 1 5 と同様にして基板 4 0 0 の中心位置 (X 2、Y 2、Z 2) を求め、第 2 の位置情報として基板位置データ記憶部 1 2 5 0 に記憶する (S 1 7 ~ S 2 0)。

【 0 0 4 8 】

基板位置データ記憶部 1 2 5 0 に記憶した第 1 と第 2 の位置情報を基に、その間の各軸の偏差を算出する。即ち、 $\Delta X_k = X_2 - X_1$ 、 $\Delta Y_k = Y_2 - Y_1$ 、 $\Delta Z_k = Z_2 - Z$

50

1を算出する。算出した偏差 ΔX_k 、 ΔY_k および ΔZ_k を基板位置データ記憶部1250に記憶する(S21)。

【0049】

ステップS11からS21を全ての基板ホルダ200に対して実施する。その後、基板位置データ記憶部1250に記憶されたそれぞれの基板ホルダ200に対する偏差を昇順に並べ、前述した方法で偏差の代表値としての中央値を求める。求めた中央値をS130でオペレータが教示した供給位置に加え、この値を新しい供給位置としてロボットコントローラ1260に教示する(S22、S23)。

【0050】

以上により、基板ホルダ200に対する供給位置と保持位置とのばらつきが最も少なくなる位置を自動的に算出し、供給ロボット300に教示することができる。

10

【0051】

ここで、位置教示プログラム1230について、説明する。位置教示プログラム1230は、基板位置計測部1231、代表偏差算出部1232および教示部1233のプログラムモジュールから構成する。それぞれのプログラムモジュールの概要を説明する。

【0052】

基板位置計測部1231は、画像センサ1150、テンプレート画像記憶部1240の画像情報、第1変位センサ1130、第2変位センサ1120、第3変位センサ1130を用いて基板400が供給位置と保持位置にあるときの位置情報を取得することを行う。複数ある基板ホルダ200にそれぞれ基板400を装着しながらこれらの位置を取得し、基板位置データ記憶部1250に記憶することを行う。

20

【0053】

代表偏差算出部1232は、基板位置データ記憶部1250に記憶された基板400の供給位置と保持位置とからそれぞれの偏差を求め、その中から代表偏差を求めることを行う。

【0054】

教示部1233は、代表値算出部1232で求めた代表偏差を基に供給位置を求め、これをロボットコントローラ160に教示する。

【0055】

基板位置データ記憶部1250に記憶される測定値を署得する具体的なフローを図14に示す。まず、ステップS110において、3つの測定点400a1、400a2、400a3に対するY変位を取得すると共に、投影画像を取得する。基板400が傾いているときの投影画像Paは、図16に示すように楕円形をなす。

30

ステップS110の処理の後、図15に示すように、傾き α と傾き γ を求める(ステップS120)。このとき、いずれもY方向の測定値である第1変位センサ1110の測定値 h_1 と、第2変位センサ1120の測定値 h_2 を用いてCHVの位置を算出する。測定値 h_1 、 h_2 、 h_3 と算出された h_v を用いて傾き α と傾き γ が求められる。この演算は、角度演算部1180において行われる。

次に、ステップS130において、 α 、 γ に基づいてテンプレート画像記憶部1240に格納されたテンプレートに対し補正が行われる。この処理は、誤差補正部1190において行われ、テンプレート生成部1200において、新たなテンプレートが生成される。生成されたテンプレートは、画像処理演算部1210に送られる。画像処理演算部1210には、画像取得部1160によって取得された投影画像も送られる。

40

ステップS130の処理が実行された後、ステップS140へ進む。ステップS140では、テンプレートマッチングが行われる。そして、テンプレートマッチングによりX、Y、Z、 β の測定値が算出される。

以上のプロセスを経ることによって6自由度情報が取得される(S170)。

【0056】

テンプレートマッチングは、以下のように行われる。

テンプレートマッチングは、予め用意してあるテンプレート画像と撮像部から取得した

50

画像とを重ね合わせて類似度を算出し、テンプレート画像の位置を移動させながら最も高い類似度を示す位置を探索することによって求める箇所的位置を得るものである。テンプレートマッチングの具体的な手法は様々なものが提案されているが、最も基本的な手法は以下の通りである。

【 0 0 5 7 】

まず、テンプレート生成部 1 2 0 0 において生成されたテンプレートを画像処理演算部 1 2 1 0 に登録する。処理時間を短縮しノイズの影響を低減するため、R O I (Region of interest)を設定する。テンプレートは、基板 4 0 0 の外周円よりも大きな円と小さな円とで囲まれたドーナツ状の領域を切り出し、基板 4 0 0 のテンプレート画像 M としている。

10

【 0 0 5 8 】

次に、画像処理演算部 1 2 1 0 が取得した投影画像 I (i , j) とテンプレート画像 M (i , j) とを比較し、投影画像の中から最も一致する位置を探し出す。

【 0 0 5 9 】

式 1

$$k(a, b) = \frac{\sum_{(i, j) \in R} I(i, j) M(i-a, j-b)}{\sqrt{\sum_{(i, j) \in R} \{I(i, j)\}} \sqrt{\sum_{(i, j) \in R} \{M(i-a, j-b)\}}}$$

20

【 0 0 6 0 】

(a , b) は走査位置を表わし、 a 、 b をそれぞれ 1 画素ずつシフトさせることでテンプレート画像を投影画像上で走査したときの各位置における類似度 (相関値) が求まる。類似度が最も大きくなる (a , b) が基板 4 0 0 の中心位置であり、円形のテンプレートの半径を r とすると、検出した基板 4 0 0 の中心位置は (a + r , b + r) となる。

【 0 0 6 1 】

本実施例では、基板 4 0 0 がロボット 3 0 0 によって基板ホルダ 2 0 0 に供給されるとき、供給位置と基板ホルダ 2 0 0 によって保持されたときの保持位置との偏差を求めるが、その偏差の算出の方法について説明する。以下の説明では、X 軸方向を例に説明しているが他の軸でも同様の方法で求めることができる。

30

基板 4 0 0 が上部爪 2 1 0 、 2 2 0 に押し付けられる際に、基板 4 0 0 の中心は供給位置から保持位置への移動が生じ、偏差 (Δ x と Δ z) が発生する。偏差量は、理想的には全基板ホルダ 2 0 0 においてゼロであることが望ましいが、上部爪 2 1 0 、 2 2 0 を基板ホルダ 2 0 0 に取り付ける時に組立誤差があるため、ばらつきが生じる。

【 0 0 6 2 】

基板ホルダ k の偏差 Δ X k は、

式 2

40

$$\Delta X_k = X_2 - X_1$$

【 0 0 6 3 】

で求まる。オペレータの供給位置の教示後に、全基板ホルダ 2 0 0 に対する偏差量を上式で求め、偏差のばらつき分布を得る

【 0 0 6 4 】

そして、供給位置を基準とした正負のばらつき分布が同数となるよう、中央値を代表値

50

ΔX_r とする。基板ホルダ数がN個のとき、偏差 ΔX_k を昇順に並べる。即ち、

【0065】

式3

$$\Delta X^{(1)} \leq \Delta X^{(2)} \leq \cdots \leq \Delta X^{(N)}$$

【0066】

このときの中央値 ΔX_r は次式で与えられる。

基板ホルダの総数Nが偶数のとき：

10

【0067】

式4

$$\Delta X_r = \frac{\Delta X^{(N/2)} + \Delta X^{(N/2+1)}}{2}$$

20

【0068】

基板ホルダの総数Nが奇数のとき：

【0069】

式5

$$\Delta X_r = \Delta X^{(\frac{N+1}{2})}$$

30

【0070】

このようにして算出された中央値 ΔX_r を最初にオペレータが与えた教示位置に加えることによって教示位置修正が行われる。以後、ロボットコントローラ160へは最初にオペレータが与えた教示位置に中央値 ΔX_r が教示される。

【0071】

本実施例の成膜装置1000は、位置測定装置1100を備えているので、一方向からの測定によって対象物である基板400の位置情報を精度よく取得することができる。そして、その位置情報を利用して最適教示位置を算出することができる。

40

【0072】

最適教示位置に基板400を供給することによって、歩留り低下や基板落下による成膜装置1000を停止させなければならない事態を回避することができる。

【0073】

また、位置測定装置1100は、稼働中の成膜装置1000において、基板支持プロセス中の基板姿勢変化を基板ホルダ毎に測定し、前ホルダのトレンドに対して明らかに異常とみられる基板ホルダ200を特定することも可能となる。異常と判断された基板ホルダ200に対しては、交換する等、排出する措置をとることができる。これにより、歩留り

50

低下や基板落下による装置停止の頻度を低減することができる。

【0074】

さらに、位置測定装置1100は、稼動中の成膜装置1000において、基板支持プロセス中の基板姿勢変化を基板ホルダ毎に測定し、得られた基板姿勢の面内回転自由度、すなわち、傾き β を除く5自由度情報から上爪210等の保持爪付近の基板変位量を算出することも可能となる。この変位量は、上爪210等に堆積した成膜層の剥離を引き起こす基板400の滑り量とみなすことができる。この滑り量が大きくなる場合には、基板ホルダ200を交換したり、供給ロボット300による教示位置の修正を行ったりすることにより歩留り低下を抑制することができる。

【0075】

また、本実施例の位置測定装置1100における測距部及び撮像部は、図17にその測定値の一部を示すように連続的に測定情報を取得し、6自由度情報演算部1220は、対象物の位置情報を継続的に算出し、記憶している。このため、任意のタイミングの位置情報を得ることができる。また、記憶された情報を事後的に解析することも可能である。

【0076】

ここで、位置検出の精度をさらに向上させることができる例について説明する。第1変位センサ1110、第2変位センサ1120、第3変位センサ1130は、いずれもレーザ光を用いたセンサとなっている。ここで、これらのセンサとして三角測量方式を採用した場合の測定について説明する。

【0077】

図18は、三角測量方式を採用した場合の、基板400の位置測定プロセスのフロー図である。

【0078】

図14に示したフロー図と比較すると、ステップS230～S250までの処理が追加されている。すなわち、ステップS210、S220の処理は、図14におけるステップS110、S120と共通である。また、ステップS260～S280の処理は、図14におけるステップS130～S150の処理と共通である。

【0079】

三角測量方式を用い、レーザ光によって変位を測定する変位センサは、図19に示すように照射したレーザの反射光を受光レンズ1112で集光し、検出素子1113によって受光量のピークを検出して変位を出力する。測定対象が鏡面でない場合は、拡散光となるため、強い反射光を受光しにくく、測定対象の角度変化に因る受光ピーク変動は少ない。ところが、測定対象が基板400のような鏡面体である場合、反射光は正反射となるため、強い反射光の影響を受けて受光ピークが変動し、誤差を含んだ変位を出力してしまう。図19に示す通り、正反射測定時の測定誤差は、受光レンズ1112の収差に起因するため、誤差量は、受光レンズ1112上の入光位置によって一意に決まる。

この角度変化による誤差発生量は、実験的に取得が可能であり、入光位置が特定できれば、誤差補正が可能となる。

【0080】

入光位置の変動量は、計測結果から算出された図20に示す角度変化量 θ および幾何学的設置条件から以下の計算式により算出される。

$$\text{入光位置変動量 } l = L \times \tan(\phi + \theta) - L \times \tan(\phi)$$

【0081】

図21は、変位センサ1100ヘッドの受光窓における位置座標の説明図である。また、図22は、受光窓への正反射光位置による補正値を纏めたテーブルの一例である。

【0082】

図18に示すフロー図に基づいて位置測定を行う場合は、ステップS230において、上記の式により、入光位置変動量 l を算出する。そして、ステップS240において、図22に示すテーブルを参照し、ステップS250において、変位センサの誤差補正を行う。この処理を第1変位センサ1110、第2変位センサ1120、第3変位センサ113

10

20

30

40

50

0の3つの変位センサのY変位に対して行う。以後、このようにして補正されたY変位の測定値を用いて最終的な6自由度情報を取得する(S260~S280)。

【0083】

このような誤差補正の処理を行うことにより、より精度の高い位置測定を行うことができる。

【0084】

以上本発明の好ましい実施例について詳述したが、本発明は係る特定の実施例に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載された本発明の要旨の範囲内において、種々の変形、変更が可能である。

【符号の説明】

【0085】

200 ... 基板ホルダ

300 ... 供給口ポット

400 ... 基板

600 ... 垂直仮想平面

1000 ... 成膜装置

1100 ... 位置測定装置

1110 ... 第1変位センサ

1120 ... 第2変位センサ

1130 ... 第3変位センサ

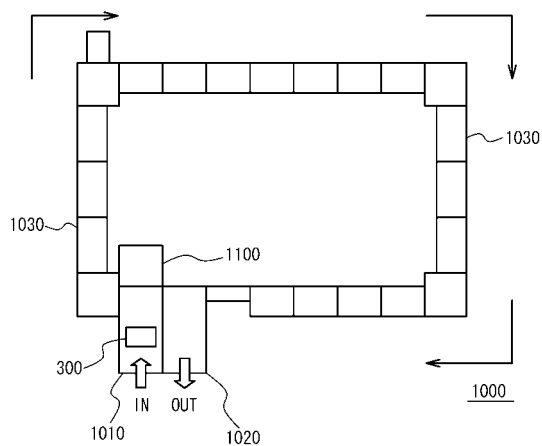
1150 ... 画像センサ

P a ... 投影画像

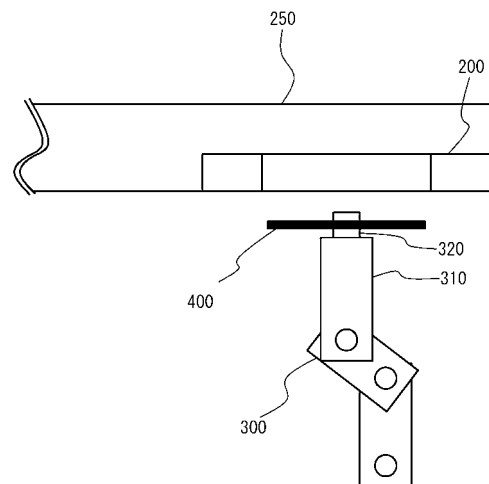
10

20

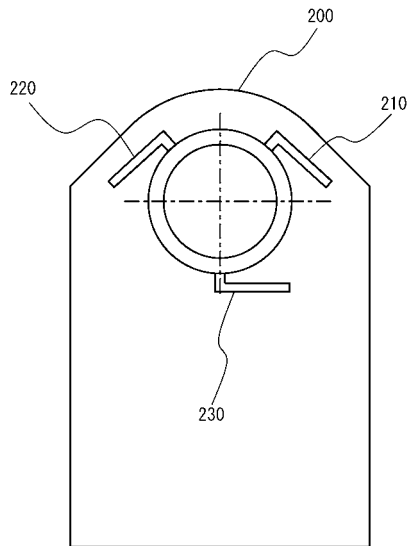
【図1】



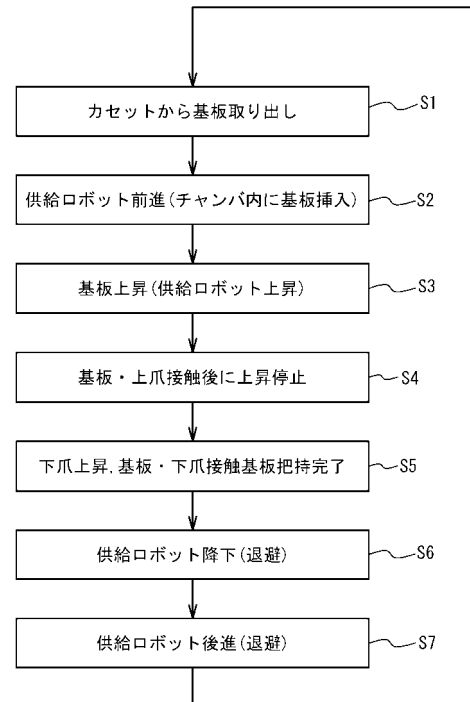
【図2】



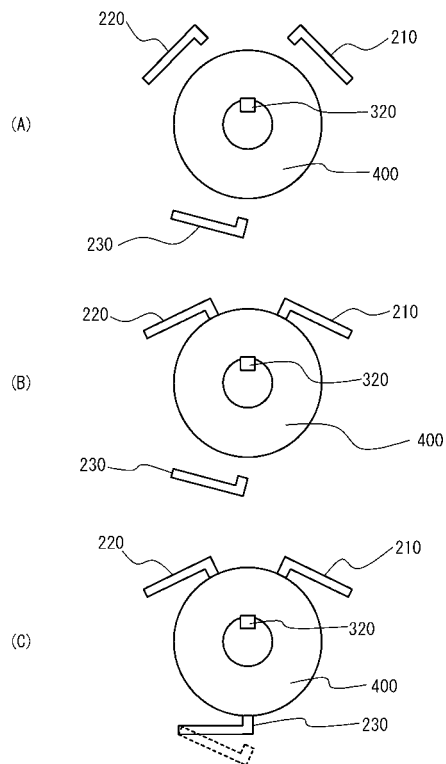
【図3】



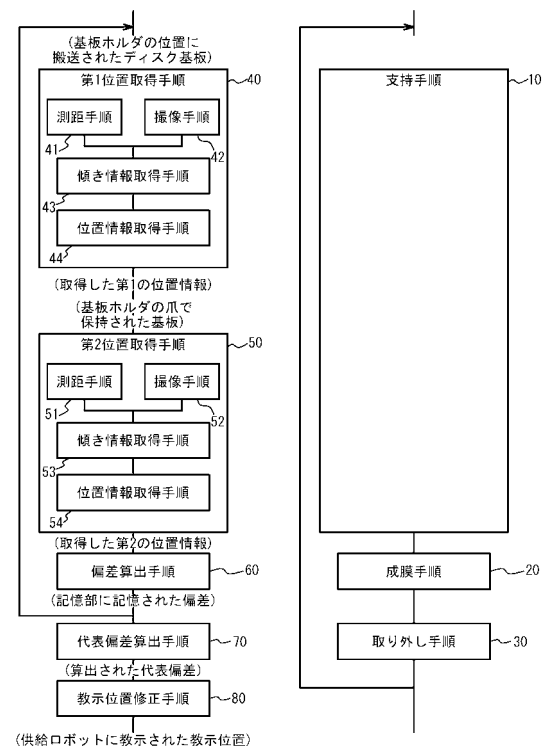
【図4】



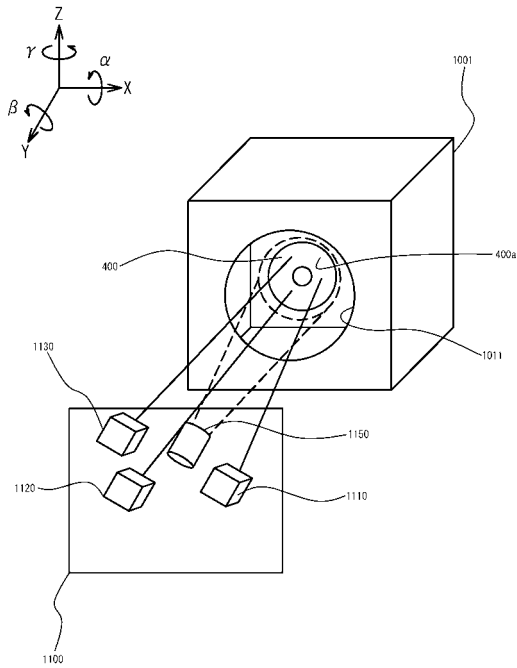
【図5】



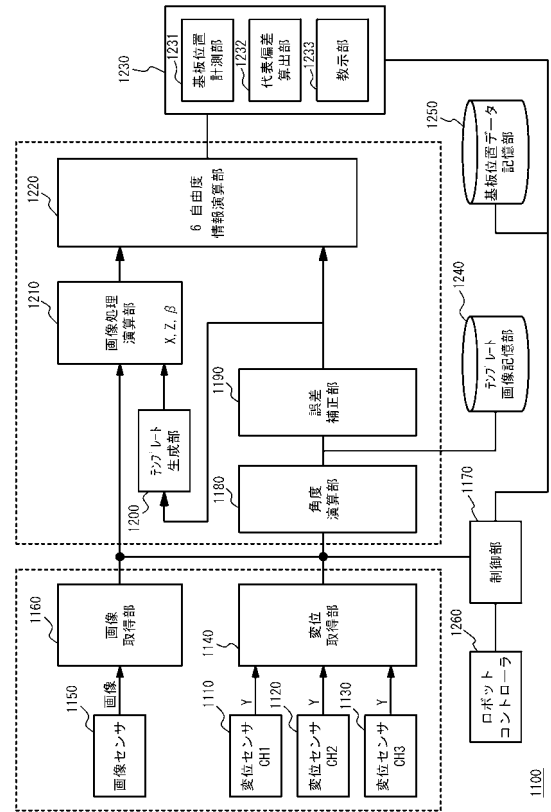
【図6】



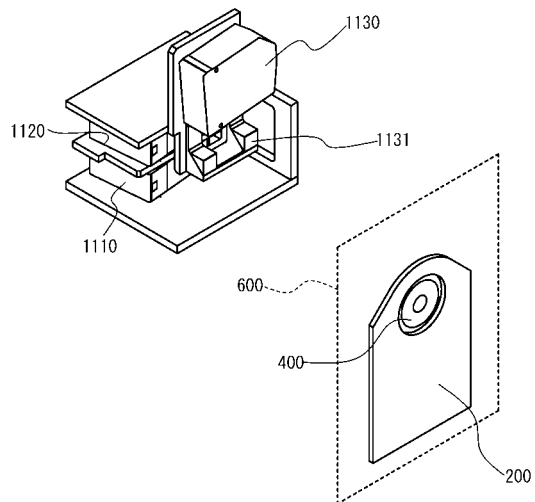
【図 7】



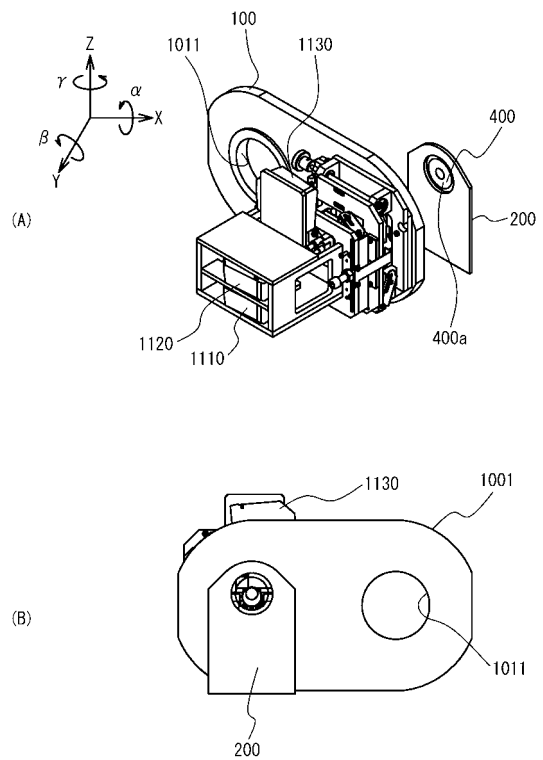
【図 8】



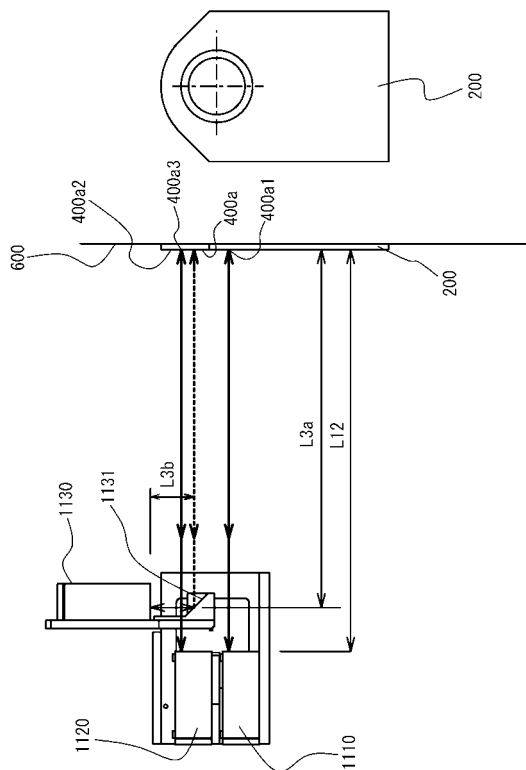
【図 9】



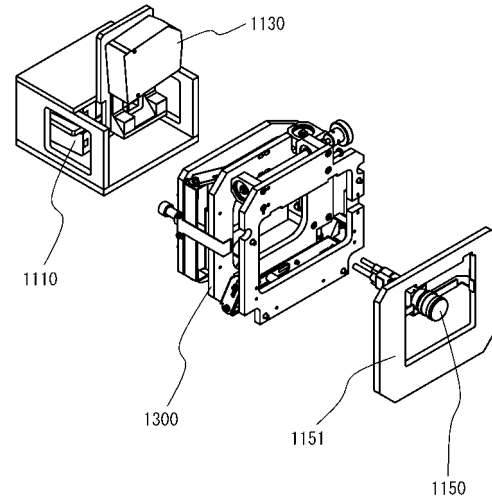
【図 10】



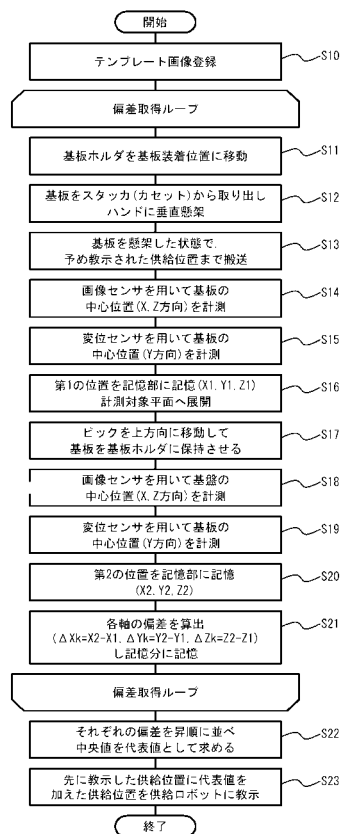
【図 1 1】



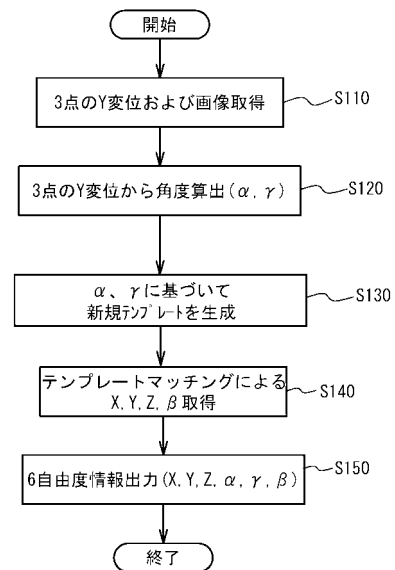
【図 1 2】



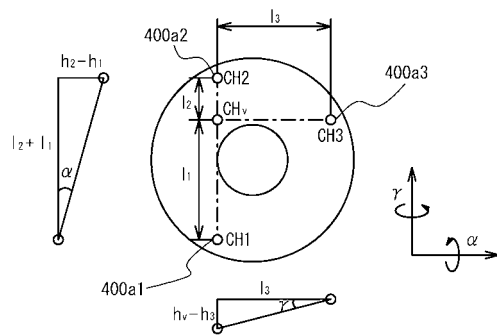
【図 1 3】



【図 1 4】



【図15】



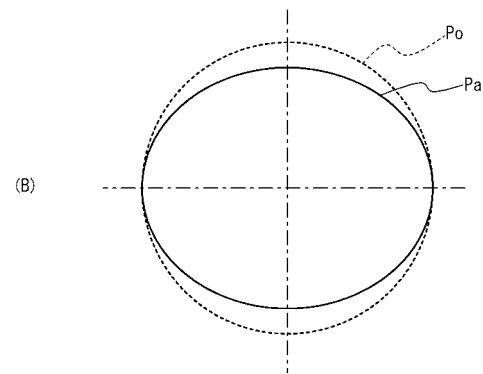
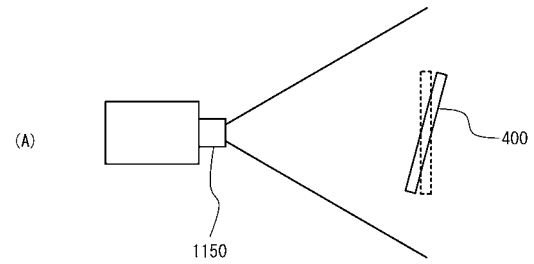
$$h_v = (h_2 - h_1) \times \frac{l_1}{l_2 + l_1} + h_1$$

$$\alpha = \text{atan} \left[\frac{h_2 - h_1}{l_2 + l_1} \right]$$

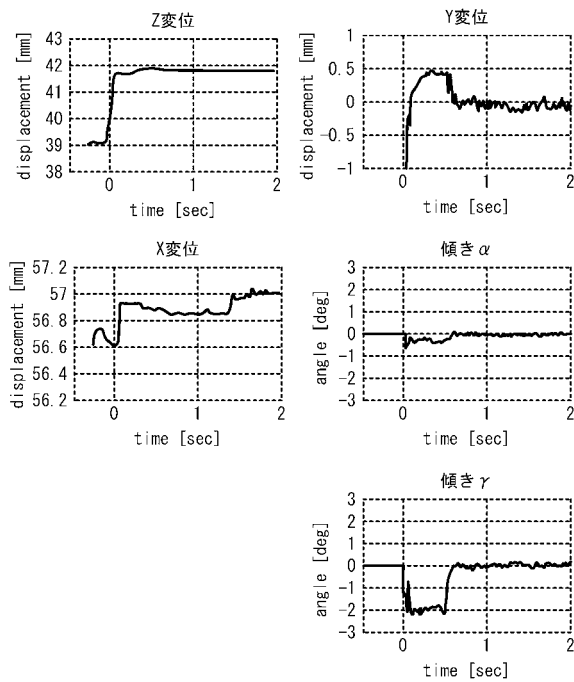
$$\gamma = \text{atan} \left[\frac{h_v - h_3}{l_3} \right]$$

h : 各センサの変位出力値
 l : 各センサ間の距離

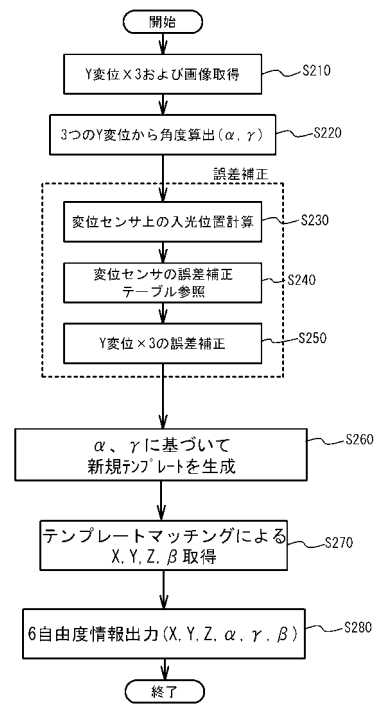
【図16】



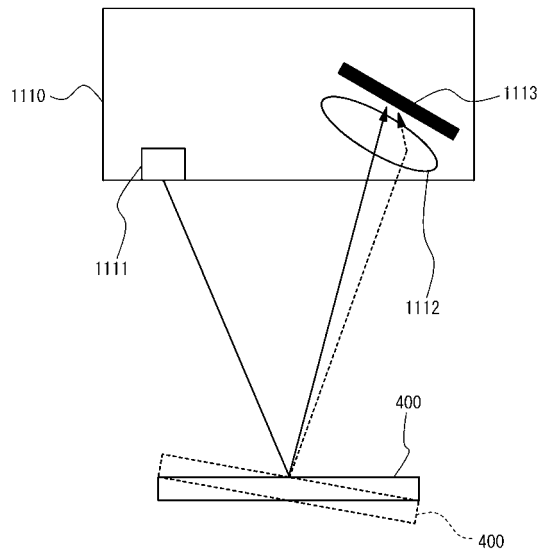
【図17】



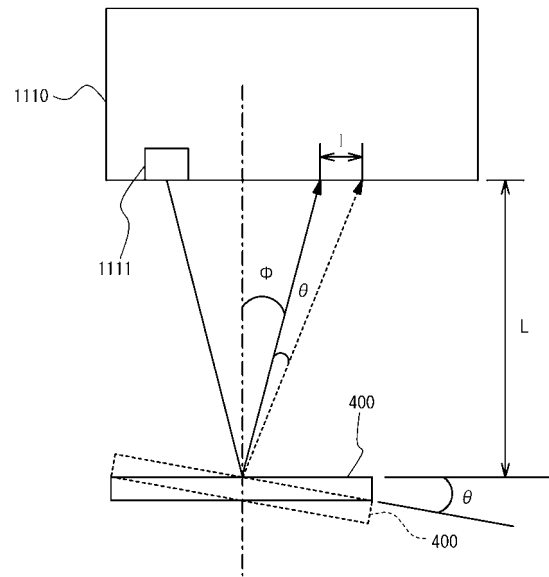
【図18】



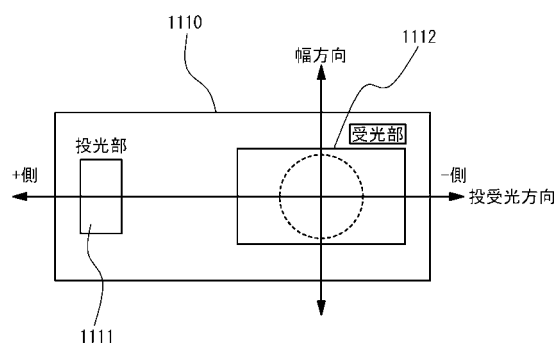
【図 19】



【図 20】



【図 21】



【図 22】

投受光方向 [mm]	幅方向 (±) [mm]							
	[mm]	3.50	3.15	2.80	2.45	2.10	1.75	1.40
7.00	-0.24	-0.09	0.06	0.13	0.20	0.21	0.22	0.20
6.65	-0.16	-0.05	0.07	0.12	0.18	0.18	0.18	0.14
6.30	-0.08	0.00	0.08	0.12	0.16	0.15	0.14	0.09
5.95	-0.04	0.02	0.09	0.11	0.14	0.11	0.08	0.03
5.60	-0.02	0.04	0.10	0.10	0.10	0.06	0.02	-0.07
5.25	-0.01	0.05	0.10	0.08	0.06	0.02	-0.02	-0.09
4.90	0.00	0.05	0.10	0.06	0.03	-0.01	-0.06	-0.13
4.55	0.01	0.04	0.08	0.04	0.00	-0.05	-0.10	-0.16
4.20	0.02	0.04	0.06	0.01	-0.03	-0.08	-0.14	-0.19
3.85	0.03	0.03	0.03	-0.01	-0.06	-0.11	-0.16	-0.20
3.50	0.04	0.02	0.00	-0.04	-0.08	-0.13	-0.18	-0.22
3.15	0.04	0.01	-0.01	-0.06	-0.10	-0.15	-0.20	-0.22

フロントページの続き

- (72)発明者 増田 靖之
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
- (72)発明者 川嶋 伸明
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

審査官 中野 和彦

- (56)参考文献 特開2002-217272(JP,A)
特開2005-026668(JP,A)
国際公開第2005/003035(WO,A1)
特開平10-173029(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|------|---------------|
| G11B | 5/62 - 5/858、 |
| C23C | 14/56、 |
| H01L | 21/68 |