(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第4829006号
(P4829006)

(45)発行日　平成23年11月30日(2011.11.30)　(24)登録日　平成23年9月22日(2011.9.22)

(51)Int.Cl.
G03F 7/20 (2006.01)
H01L 21/027 (2006.01)

F I
G03F 7/20 501
H01L 21/30 511
H01L 21/30 516F

請求項の数 7　(全 18 頁)

(21)出願番号	特願2006-135015 (P2006-135015)
(22)出願日	平成18年5月15日 (2006.5.15)
(65)公開番号	特開2006-350315 (P2006-350315A)
(43)公開日	平成18年12月28日 (2006.12.28)
審査請求日	平成21年3月19日 (2009.3.19)
(31)優先権主張番号	特願2005-143433 (P2005-143433)
(32)優先日	平成17年5月17日 (2005.5.17)
(33)優先権主張国	日本国(JP)

(73)特許権者　000102212
ウシオ電機株式会社
東京都千代田区大手町二丁目６番１号
(73)特許権者　311011449
ＮＳＫテクノロジー株式会社
東京都品川区大崎１丁目６番３号
(74)代理人　100107272
弁理士　田村　敬二郎
(74)代理人　100109140
弁理士　小林　研一
(72)発明者　中村　征司
神奈川県横浜市青葉区元石川町６４０９番地　ウシオ電機株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】露光装置

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
露光用の光を照射する光源と、光学系と、パターンを形成したマスクを保持するマスク保持部と、基板を保持する基板保持部とを有し、前記光源からの光を前記光学系を介して前記マスクに照射することにより、前記パターンを前記基板に露光する露光装置において、
前記マスクの一方の面に接し前記光学系の少なくとも一部を内包した空間を囲うチャンバと、
前記チャンバ内の気圧と、前記マスクの他方の面に接する前記チャンバ外の気圧とに圧力差を与える圧力制御手段とを有し、
前記圧力制御手段は、前記マスクの重力方向上側の面を、大気圧より低い圧力とすることを特徴とする露光装置。
【請求項２】
前記前記チャンバ内の気圧と、前記チャンバ外の気圧との差圧を測定するセンサを有することを特徴とする請求項１に記載の露光装置。
【請求項３】
前記圧力制御手段は、前記チャンバ内の気体を吸引する負圧ポンプを含み、前記負圧ポンプは、前記マスクと前記光学系との間から気体を吸引することを特徴とする請求項１又は２に記載の露光装置。
【請求項４】

前記圧力制御手段は、前記マスクの重力方向下側の面を、大気圧より高い圧力とすることを特徴とする請求項１～３のいずれかに記載の露光装置。
【請求項５】
前記チャンバ内は、前記光源から隔離されていることを特徴とする請求項１～４のいずれかに記載の露光装置。
【請求項６】
前記マスク保持部と前記チャンバとの間には、相対移動が可能となるようにスキマが形成されており、更に前記チャンバ内における前記マスクの近傍に圧力センサを設けたことを特徴とする請求項１～５のいずれかに記載の露光装置。
【請求項７】
前記マスクの一方の面に接し前記光学系の少なくとも一部を内包した空間を囲うチャンバを第１のチャンバとし、前記マスクの他方の面に接するチャンバを第２のチャンバとしたときに、前記第２のチャンバから前記第１のチャンバに移動する気体が通過する開口の面積をＸとし、前記第２のチャンバから大気外へと移動する気体が通過する開口の面積をＹとしたときに、Ｙ／Ｘは３以上であることを特徴とする請求項１～６のいずれかに記載の露光装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、例えば液晶ディスプレイやプラズマディスプレイ等の大型のフラットパネルディスプレイの基板上にマスクのマスクパターンを分割逐次露光方式で近接（プロキシミティ）露光転写するのに好適な露光装置に関する。
【背景技術】
【０００２】
大型の薄形テレビ等に用いられる液晶ディスプレイやプラズマディスプレイ等の大型のフラットパネルディスプレイは、基板上にマスクのパターンを分割逐次露光方式で近接露光転写することで製造される。従来のこの種の分割逐次露光装置としては、例えば、被露光材としての基板より小さいマスクを用い、該マスクをマスクステージで保持すると共に基板をワークステージで保持して両者を近接して対向配置し、この状態でワークステージをマスクに対してステップ移動させて各ステップ毎にマスク側から基板にパターン露光用の光を照射することにより、マスクに描かれた複数のマスクパターンを基板上に露光転写して一枚の基板に複数のディスプレイ等を作成するようにしたものが知られている。
【特許文献１】特許第２６７２５３５号明細書
【特許文献２】特開平１－１５５３５４号公報
【発明の開示】
【発明が解決しようとする課題】
【０００３】
ところで、近接露光転写を行う場合の１つの問題は、マスクのパターンをいかに精度良く転写させるかにある。即ち、光源からの光束を完全に平行な状態でマスクに照射することは困難であるから、露光時においてマスクと基板との間に距離があると、解像度が低下し、斜入射した光によりパターンの精度良い転写ができない。そこで、マスクと基板とは接触しない範囲で極力近接させたいという要求がある。ところが、マスクは原寸であるため、例えば１ｍ以上の長さを有する一方で、その厚さは通常１５ｍｍ以下であるため、マスクの周辺を保持したときに、自重によってもたわみやすいという特徴がある。従って、マスクと基板とを近接させるためには、マスクのたわみを補正する必要があるといえる。
【０００４】
これに対し、特許文献１に示す露光装置においては、マスクの下方に密閉容器により密閉空間を画成し、その内部を加圧することでマスクのたわみを補正している。しかるに、マスクの下方には、ガラス基板を移動させる移動台が配置されているので、密閉容器はそれを収容できる大型のものとなり、その内部を加圧するために大きな加圧ポンプを必要と

するという問題がある。

【０００５】

一方、特許文献２においては、マスクの上方に密閉空間を画成し、その内部を吸引することでマスクのたわみ補正を行っている。しかしながら、特許文献２の技術では、密閉空間を画成するための透明板をマスクの直近に配置しているため、マスクと同じ大きさの透明板が必要となって、コストを増大させると共に、取り扱い容易性に劣るという問題がある。更に、マスクの直近に透明板を配置すると、熱がこもりやすいという問題もある。加えて、マスクのアライメントに用いるアライメント光学系は、一般的にはマスクに近接させるほど精度良い検出を行えるが、マスク上部が密閉されていると、アライメント光学系を十分に近接させることができないという問題もある。

【０００６】

そこで本発明は、かかる従来技術の問題点に鑑み、光学特性を確保しつつも、マスクと基板とを接近させることができる露光装置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】

【０００７】

上述の目的を達成するために、本発明の露光装置は、露光用の光を照射する光源と、光学系と、パターンを形成したマスクを保持するマスク保持部と、基板を保持する基板保持部とを有し、前記光源からの光を前記光学系を介して前記マスクに照射することにより、前記パターンを前記基板に露光する露光装置において、

前記マスクの一方の面に接し前記光学系の少なくとも一部を内包した空間を囲うチャンバと、

前記チャンバ内の気圧と、前記マスクの他方の面に接する前記チャンバ外の気圧とに圧力差を与える圧力制御手段とを有し、

前記圧力制御手段は、前記マスクの重力方向上側の面を、大気圧より低い圧力とすることを特徴とする。

【発明の効果】

【０００８】

図１～３の比較例と比較しつつ、図４の本発明の原理を説明する。なお、ここでは図で上下方向を重力方向とする。図１に示すように、マスクＭが平坦なマスク保持部ＨＬＤに周囲を固定されているだけの場合、その自重Ｗによりたわみ、最大たわみ量はδ１となるものとする。これに対し図２に示すように、マスク保持部ＨＬＤに、中央に向かうにつれて高くなるように傾き角θを与えると、マスクＭのたわみ量はδ２（＜δ１）となるが、マスクＭが大きい場合には、これをゼロに近づけることは困難である。又、マスク保持部ＨＬＤが平坦でなくなるため、固定方法が悪いとマスクＭがずれたり脱落する恐れがある。更に、たわみ量δ２を極力小さくするためには、傾き角θの調整が重要になるが、その調整は困難である。

【０００９】

一方、図３に示すように、マスク保持部ＨＬＤの上部に透明板ＴＰを配置して、マスクＭとの間に薄い密閉空間を形成し、かかる密閉空間を外部の負圧ポンプＰ－で吸引することで、マスクＭのたわみを補正することも考えられる。ところが、図３の例では、露光用の光を導くための光学系（或いはアライメント光学系）を、透明板ＴＰの上方に配置しなくてはならない。かかる場合、透明板ＴＰは透明といっても透過率は１００％ではなく、素材に応じた光量低下が生じることとなる。又、マスクＭのパターンにおいて遮光された光の一部は熱に変換されるので、密閉空間内が熱せられ、マスクＭの局所的な変形を招く恐れがある。更には、光学系ＯＰＴの配置の自由度が制限されるという問題もある。

【００１０】

これに対し本発明によれば、図４に示すように、マスクＭの一方の面（図４では上面）に接し光学系ＯＰＴの少なくとも一部を内包した空間を囲うチャンバＣと、チャンバＣ内の気圧と、マスクの他方の面（図４では下面）に接するチャンバＣ外の気圧とに圧力差を与える圧力制御手段としての負圧ポンプＰ－を備えているので、かかる圧力差によってマ

スクＭのたわみが補正されるにもかかわらず、光学系ＯＰＴからの光は、透明板ＴＰに遮られることなくマスクＭに到達し、光の利用効率を高めることができる。又、マスクＭの上面においては、比較的大きな空間内で気体の流動があるので、マスクＭの上面が冷却されやすく、その熱変形を抑えることができる。更に、透明板ＴＰを設けていないので、光学系ＯＰＴのレイアウトを比較的自由に設計できる。

【００１１】

更に、前記前記チャンバ内の気圧と、前記チャンバ外の気圧との差圧を測定するセンサを有すると、フィードバック制御などが可能となる。なお、これ以外にマスクの形状を直接或いは間接的に測定するセンサを設けても良い。「マスクの形状を測定する」とは、例えばマスクのたわみ量を測定することも含む。

【００１３】

更に、前記圧力制御手段は、前記チャンバ内の気体を吸引する負圧ポンプを含み、前記負圧ポンプは、前記マスクと前記光学系との間から気体を吸引すると、前記マスクから昇華した物質が前記光学系を汚染することが抑制される。

【００１４】

更に、前記圧力制御手段は、前記マスクの重力方向下側の面を、大気圧より高い圧力とすると好ましい。

【００１５】

更に、前記チャンバ内は、前記光源から隔離されていると、前記光源の熱が伝わりにくいので好ましい。

【００１６】

更に、前記マスク保持部と前記チャンバとの間には、相対移動が可能となるようにスキマが形成されており、更に前記チャンバ内における前記マスクの近傍に圧力センサを設けると好ましい。

【００１７】

更に、前記マスクの一方の面に接し前記光学系の少なくとも一部を内包した空間を囲うチャンバを第１のチャンバとし、前記マスクの他方の面に接するチャンバを第２のチャンバとしたときに、前記第２のチャンバから前記第１のチャンバに移動する気体が通過する開口（スキマを含む）の面積をＸとし、前記第２のチャンバから大気外へと移動する気体が通過する開口（スキマを含む）の面積をＹとしたときに、Ｙ／Ｘは３以上であると好ましい。

【発明を実施するための最良の形態】

【００１８】

以下、図面を参照して、本発明の好適な実施の形態について説明する。図５は、本実施の形態の露光装置の断面図であり、図６は、本実施の形態の露光装置の要部斜視図であり、図７は、そのマスクステージ近傍を拡大して示す図である。図８は、図７の構成をVIII-VIII線で切断して矢印方向に見た図である。図９は、図８の構成を矢印IX方向に見た図である。

【００１９】

図５において、定盤Ｇ上に複数の脚部１を介して、厚板状のベース２が配置されている。ベース２上には、基板（不図示）を保持するテーブルを含むワークステージ機構１０が設けられると共に、その周囲に支持柱３が植設されている。支持柱３の上端には、マスクステージ機構２０が配置されている。

【００２０】

ベース２の周囲は、サーマルチャンバ４により遮蔽されている。サーマルチャンバ４は、完全に密閉されておらず、側壁に基板を搬送するための開口４ｂを有している。一方、マスクステージ２０の上方は、光学系チャンバ５により遮蔽されている。光学系チャンバ５に隣接して、光源チャンバ６が配置されている。

【００２１】

光源チャンバ６内には、光源となる高圧水銀ランプ４１が配置されており、光学系チャ

ンバ５内には、高圧水銀ランプ４１から出射され、光源チャンバ６と光学系チャンバ５との間に配置された透明板４３を通過する光束を、マスクＭに導くための光学系４２の一部が配置されている。

【００２２】

本実施の形態においては、光学系チャンバ５に設けられた排気路５ａを介して負圧ポンプＰ－が連結されている。負圧ポンプＰ－を動作させることによって、光学系チャンバ５内を大気圧より低い気圧に維持することができる。なお、ＣＰＵ７は、光学系チャンバ５内であるマスクの上面近傍と、光学系チャンバ５外である下面近傍の圧力をそれぞれ測定し、その圧力差に対応した信号を出力するセンサＳからの信号に基づいて、負圧ポンプＰ－を駆動制御できる。

【００２３】

更に、本実施の形態にかかる露光装置の具体的構成を説明する。図６において高圧水銀ランプ４１と、パターン露光用の光学系４２と、マスクＭを可動保持するマスクステージ機構２０と、ガラス基板（被露光材）を保持するワークステージ機構１０が設けられている。ガラス基板（単に基板ともいう）は、マスクＭに対向配置されて該マスクＭに描かれたマスクパターンＰを露光転写すべく表面（マスクＭの対向面）に感光剤が塗布されて透光性とされている。

【００２４】

光学系４２は、紫外線照射用の高圧水銀ランプ４１から照射された光を集光する凹面鏡４２ａと、その焦点近傍に切替え自在に配置された二種類のオプチカルインテグレータ４２ｂ，４２ｃと、平面ミラー４２ｄ、４２ｅ及び球面ミラー４２ｆと、平面ミラー４２ｄとオプチカルインテグレータ４２ｂ，４２ｃとの間に配置されて照射光路を開閉制御する露光制御用シャッター４２ｇとを備えている。

【００２５】

露光時に露光制御用シャッター４２ｇを開制御されると、高圧水銀ランプ４１から照射された光が、図６に示す光路Ｌを経て、マスクステージ機構２０に保持されるマスクＭひいてはワークステージ機構１０に保持される基板（図６では共に図示せず）の表面に対して垂直にパターン露光用の平行光として照射され、これにより、マスクＭのマスクパターンＰが基板上に露光転写されるようになっている。

【００２６】

マスクステージ機構２０は、マスクステージベース２１を備えている。ベース２に対して支持柱３により支持されるマスクステージベース２１は、図７に示すように、長方形状とされて中央部に開口２１ａを有しており、開口２１ａにはマスク保持枠（マスク保持部）２２がＸ，Ｙ方向に移動可能に装着されている。

【００２７】

図８において、マスク保持枠２２は、マスクステージベース２１の開口２１ａの内周との間に所定のスキマΔを介して挿入されており、その上端外周にフランジ２２ａが設けられると共に、下端面にはフランジ２２ｂが外側に張出して固着されており、各フランジ２２ａ，２２ｂ間でマスクステージベース２１を厚さ方向に挟むようにしてスキマΔ分だけＸ，Ｙ方向に移動可能に取り付けられている。マスク保持枠２２の下端面のフランジ２２ｂの内側に、マスクパターンＰが描かれているマスクＭが真空式吸着装置（図示せず）を介して着脱自在に保持されるようになっている。かかる保持状態では、マスクＭの下面はマスクステージベース２１の下面より下に位置しているので、ワークステージをＹ軸方向に移動させる場合、該ワークステージのＺ軸方向の退避を必要最小限とすることができる。

【００２８】

また、マスクステージベース２１の上面には、マスク保持枠２２をＸ，Ｙ平面内で移動させて該マスク保持枠２２に保持されたマスクＭの基板に対する位置を調整するマスク位置調整装置２４が設けられている。マスク位置調整装置２４は、マスク保持枠２２のＹ軸方向に沿う一辺に取り付けられたＸ軸方向駆動装置２４ｘと、マスク保持枠２２のＸ軸方

向に沿う一辺に取り付けられた二台のＹ軸方向駆動装置２４ｙとを備えている。

【００２９】

図８，９に示すように、Ｘ軸方向駆動装置２４ｘは、Ｘ軸方向に伸縮するロッド２４ａを有する駆動用アクチュエータ（例えば電動アクチュエータ）２４ｂと、マスク保持枠２２のＹ軸方向に沿う辺部に取り付けられたリニアガイド（直動軸受案内）２４ｃとを備えており、リニアガイド２４ｃの案内レール２４ｒはＹ軸方向に延びてマスク保持枠２２に固定され、案内レール２４ｒに移動可能に取り付けられたスライダ２４ｓはロッド２４ａの先端にピン支持機構２４ｄを介して連結されている。Ｙ軸方向駆動装置２４ｙも同様の構成を有するので、説明は省略する。Ｘ軸方向駆動装置２４ｘによりマスク保持枠２２のＸ軸方向の調整を、二台のＹ軸方向駆動装置２４ｙによりマスク保持枠２２のＹ軸方向及びθ軸方向（Ｚ軸まわりの揺動）の調整を行う。

【００３０】

図７において、マスク保持枠２２のＸ軸方向に互いに対向する二辺の内側には、マスクＭと基板との対向面間のスキマを測定する手段としてのギャップセンサ２５と、マスクＭと基板との平面ずれ量を検出する手段としてのアライメントカメラ２６とが配設されており、ギャップセンサ２５及びアライメントカメラ２６は共に移動機構２７を介してＸ軸方向に移動可能とされている。

【００３１】

移動機構２７は、マスク保持枠２２のＸ軸方向に互いに対向する二辺の上面側にはそれぞれギャップセンサ２５及びアライメントカメラ２６を保持する保持架台２７ａがＹ軸方向に延びて配置されており、該保持架台２７ａの前記Ｙ軸方向駆動装置２４ｙから離間する側の端部は、リニアガイド２７ｂによって支持されている。リニアガイド２７ｂは、マスクステージベース２１上に設置されてＸ軸方向に沿って延びる案内レール２７ｃと、案内レール２７ｃ上を移動するスライダ（図示せず）とを備えており、該スライダに保持架台２７ａの前記端部が固定されている。

【００３２】

スライダをモータ及びボールねじからなる駆動用アクチュエータ２７ｄによって駆動することにより、保持架台２７ａを介してギャップセンサ２５及びアライメントカメラ２６がＸ軸方向に移動するようになっている。なお、マスクステージベース２１の開口２１ａのＹ軸方向の両端部にはマスクＭの両端部を必要に応じて遮蔽するマスキングアパーチャ（遮蔽板）２８がマスクＭより上方に位置して配置されており、このマスキングアパーチャ２８はモータ，ボールねじ及びリニアガイドよりなるマスキングアパーチャ駆動装置２８ａによりＹ軸方向に移動可能とされてマスクＭの両端部の遮蔽面積を調整できるようになっている。

【００３３】

図６において、ワークステージ機構１０は、ベース２上に設置されており、マスクＭと基板との対向面間のスキマを所定量に調整するＺ軸送り台１１と、該Ｚ軸送り台１１上に配設されてワークステージをＹ軸方向に移動させるワークステージ送り機構１２とを備えている。Ｚ軸送り台１１は、ベース２上に立設された上下粗動装置１１ａによってＺ軸方向に粗動可能に支持されたＺ軸粗動ステージ１１ｂと、該Ｚ軸粗動ステージ１１ｂの上に上下微動装置１１ｃを介して支持されたＺ軸微動ステージ１１ｄとを備えている。上下粗動装置１１ａには例えば空圧シリンダが用いられ、単純な上下動作を行うことによりＺ軸粗動ステージ１１ｂを予め設定した位置までマスクＭと基板とのスキマの計測を行うことなく昇降させる。

【００３４】

一方、上下微動装置１１ｃは、モータとボールねじとくさびとを組み合わせてなる可動くさび機構を備えており、この実施の形態では、例えばＺ軸粗動ステージ１１ｂの上面に設置したモータ１１ｅによってボールねじのねじ軸１１ｆを回転駆動させるようにすと共にボールねじナット１１ｇをくさび状に形成してそのくさび状ナット１１ｇの斜面をＺ軸微動ステージ１１ｄの下面に突設したくさび（不図示）の斜面と係合させ、これにより、

可動くさび機構を構成している。

【００３５】

ボールねじのねじ軸１１ｆを回転駆動させると、くさび状ナット１１ｇがＹ軸方向に水平微動し、この水平微動運動が両くさびの斜面作用により高精度の上下微動運動に変換される。この可動くさび機構からなる上下微動装置１１ｃは、Ｚ軸微動ステージ１１ｄのＹ軸方向の一端側（図１の手前側）に２台、他端側に１台合計３台設置され、それぞれが独立に駆動制御されるようになっており、これにより、上下微動装置１１ｃは、マスクＭと基板とのスキマを計測しつつ目標値までＺ軸微動ステージ１１ｄの高さを微調整する機能に加えて、水平面に対する傾斜の微調整を行うチルト機能をも有するものになっている。

【００３６】

ワークステージ送り機構１２は、Ｚ軸微動ステージ１１ｄの上面にＸ軸方向に互いに離間配置されてそれぞれＹ軸方向に沿って延設された二組のリニアガイド１２ａと、リニアガイド１２ａのスライダ（図示せず）に取り付けられたＹ軸送り台１２ｂと、Ｙ軸送り台１２ｂをＹ軸方向に移動させるＹ軸送り駆動装置１２ｃとを備えており、Ｙ軸送り駆動装置１２ｃのモータ１２ｄによって回転駆動されるボールねじ軸１２ｅに螺合されたボールねじナット（図示せず）にＹ軸送り台１２ｂが連結されている。

【００３７】

このＹ軸送り台１２ｂの上には、基板（図６で不図示）を保持する基板保持部であるワークステージ１３が取り付けられ、また、ワークステージ１３のＹ軸送り誤差を検出する送り誤差検出手段１４としてのレーザ干渉計（光学的計測センサ）１４ｃ，１４ｄのミラー１４ａ，１４ｂが設置されている。ミラー１４ａはＹ軸送り台１２ｂの幅方向の一側でＹ軸方向に沿って延びており、ミラー１４ｂはＹ軸送り台１２ｂのＹ軸方向の一端側にＸ軸方向に互いに離間して二か所配置されている。

【００３８】

送り誤差検出手段１４は、ミラー１４ａに対向配置されてベース２に支持された真直度検出用のレーザ干渉計１４ｃと、２個のミラー１４ｂにそれぞれ対向配置されてベース２に支持された２台の傾斜及びＹ軸方向距離検出用のレーザ干渉計１４ｄとを備えている。各レーザ干渉計１４ｃ、１４ｄよりＹ軸送り台１２ｂひいては第１の分割パターンの露光に続いて第２の分割パターンをつなぎ露光する際に基板を次のエリアに送る段階で発生するワークステージ１３の送り誤差を検出して、その検出信号をＣＰＵ７の補正制御部に出力するようにしている。補正制御部は、この検出信号に基づいてつなぎ露光のための位置決め補正量を算出して、その算出結果をマスク位置調整装置（及び必要に応じて上下微動装置１１ｃ）に出力し、これにより、該補正量に応じてマスク位置調整装置等が駆動制御されて位置ずれが補正される。

【００３９】

次に、ワークステージ１３の送り誤差について説明すると、ワークステージ１３をＹ軸方向に所定の距離だけ送る場合の送り誤差としては、送り位置（距離）の誤差以外に、真直度とワークステージ面の傾きとがある。真直度とは、送り始点を通るＹ軸と実際の送り進行方向直線との間の送り終点におけるずれ量（Ｘ－Ｚ平面内の）であり、Ｘ軸方向成分ΔＸとＺ軸方向成分ΔＺとからなる。一方、ワークステージ面の傾きは、ワークステージ１３の移動時のヨーイング（Ｚ軸回りの回動），ピッチング（Ｘ軸回りの回動），ローリング（Ｙ軸回りの回動）等により発生するものであり、ヨーイングではワークステージ面が水平のまま左右いずれかに首振りしてＹ軸に対し角度θだけずれ、ピッチングではワークステージ面が進行方向の前後に所定角度傾斜し、ローリングではワークステージ面が水平に対し左右に所定角度傾斜する。これらの誤差は、例えば直動軸受案内装置であるリニアガイドの精度等に起因して発生する。

【００４０】

送り誤差のうち、ヨーイングと真直度のＸ軸方向成分ΔＸとは、送り誤差検出手段１４により知ることができる。すなわち、Ｙ軸方向の二台のレーザ干渉計１４ｄ、１４ｄの計測値の差からヨーイングを検出でき、その結果とＸ方向のレーザ干渉計１４ｃにより真直

度を求めることができる。また、Ｙ軸方向位置の誤差は、Ｙ軸方向の二台のレーザ干渉計１４ｄ、１４ｄの平均値で求めることができる。その他、真直度のＺ軸方向成分ΔＺ，ピッチング，ローリングは三台のギャップセンサ２５により知ることができる。

【００４１】

この実施の形態では、Ｙ軸方向をＸ軸方向のレーザ干渉計１４ｃ用のミラー１４ａの反射面に平行な方向としてＹ軸方向の真直度の基準をミラー１４ａによって定めている。そして、ワーク側アライメントマークＡとマスク側アライメントマーク（不図示）とを整合させた状態のときに、マスクＭのマスクパターンＰの向きがＹ軸方向、換言すればミラー１４ａの反射面に平行な方向に対し傾きがない状態となるように設定されている。このため、２ヵ所のマスク側アライメントマークの中心同士を結ぶ線と、Ｙ軸方向と一致させるべき方向とがなす角度が、２ヵ所のワーク側アライメントマークの中心同士を結ぶ線と、ミラー１４ａの反射面とのなす角度と等しくなるようにしている。

【００４２】

本実施の形態では、Ｘ軸方向のレーザ干渉計１４ｃ用のミラー１４ａの反射面を、ワークステージ１３上の二か所のワーク側アライメントマークＡの中心同士を結んだ線と厳密に直交するように設定し、二か所のマスク側アライメントマークの中心同士を結んだ線とマスクパターンＰの向きとの関係も同様とした。そして、ワーク側アライメントマークＡを基準にしてマスクＭとのアライメントを行い、一回目のステップ露光が行われる。

【００４３】

なお、ワーク側アライメントマークＡとマスク側アライメントマークとの整合については、アライメントカメラ２６によって高精度に且つ容易に行えるようにしている。アライメントカメラ２６は、マスクステージ１１の下面に保持されているマスクＭの表面のマスクマーク（不図示）をマスク裏面側から光学的に検出するものであり、ピント調整機構によりマスクＭに対して接近離間移動してピント調整がなされるようになっている。

【００４４】

ＣＰＵ７は、負圧ポンプＰ－の制御のみならず、露光制御シャッター４２ｇの開制御、ワークステージ１３の送り制御、レーザ干渉計１４ｃ，１４ｄの検出値に基づく補正量の演算、マスク位置調整装置２４の駆動制御、アライメント調整時の補正量の演算、Ｚ軸送り台１１の駆動制御、ワーク自動供給装置（図示せず）の駆動制御等、分割逐次近接露光装置に組み込まれた殆どのアクチュエータの駆動及び所定の演算処理をマイクロコンピュータやシーケンサ等を用いたシーケンス制御を基本として実行するようになっている。

【００４５】

次に、露光装置の動作を説明する。例えば、カラーフィルタ形大型液晶ディスプレイ用のＲＧＢカラーフィルタに所定のパターンを形成する場合、ガラス基板上に先ず各画素間を仕切るブラックマトリックスのパターンをレジスト塗布した後に酸素遮断膜を塗布し、次いで、露光、現像の各工程を経る。このようにブラックマトリックスのパターンが形成された基板上に、Ｒ（赤），Ｇ（緑），Ｂ（青）の三原色の個々のパターンを各色毎にブラックマトリックスのパターン形成と同様の工程を繰り返しながら形成していく。ここでは、基板上に最初に形成するブラックマトリックスのパターンを「一層目」、一層目の上に形成する三原色のいずれかのパターンを「二層目」、次に形成する三原色の他のいずれかのパターンを「三層目」、更にその次に形成する三原色の残りのパターンを「四層目」という。

【００４６】

ここでは、大型液晶ディスプレイ用のカラーフィルタのガラス基板の上に一層目のブラックマトリックスのパターンを２分割逐次近接露光により形成する場合を例に採る。分割逐次近接露光装置のマスクステージ１の下面には、一層目のパターンが描かれたマスクＭが予め真空吸着により装着されている。また、ワークステージ１３は、Ｙ軸方向の前進限近傍（１ステップ目位置近傍であり、基板の搬入・搬出を行う位置）に位置し且つＺ軸方向の最下限迄下降している。また、１枚の基板の処理が終わると次々に別の基板の処理を繰り返す場合を想定しており、すでに何枚かの処理を終わっているものとする。この場合

、負圧ポンプＰーから排気され、光学系チャンバ５内は、マスクＭがたわまない程度の所定の圧力に設定されている。一方、サーマルチャンバ４及び光源チャンバ６内は大気圧に維持されている。

【００４７】

（１）アライメントのためのギャップ調整

まず、Ｚ軸送り台１１を構成するＺ軸送り台１１の上下粗動装置１１ａを駆動してワークステージ１３を予め設定してある粗動上限目標位置（例えばマスクＭの表面から数ｍｍ程度の位置）まで急速上昇させる。この粗動時には、ギャップセンサ２５によるワークチャック（不図示）の上面（実際にはその上に固定されたガラス製の被検部上面）とマスクＭとのスキマ間隔（ギャップ）の計測は行わない。

【００４８】

次に、Ｚ軸送り台１１の３台の上下微動装置１１ｃを駆動してそのクサビ作用によりワークステージ１３を微動で上昇させ、これにより、ワークステージ１３とマスクＭとを近接させる。この微動時には、マスク側アライメントマーク（不図示）を有するマスクＭの表面と、ワーク側アライメントマークＡを有するワークチャックの面との間のギャップをギャップセンサ２５により計測し、その計測結果を上下微動装置１１ｃの制御装置に出力し、該制御装置は予め設定してあるアライメント時の目標ギャップ量と一致するように上下微動装置１１ｃを制御してワークステージ１３を上昇させる。

【００４９】

このように、Ｚ軸送り台１１の上下動の速度を二速に分けて、ワークステージ１３の上昇距離の大部分を上下粗動装置１１ａで高速上昇させるとともに、最終的には上下微動装置１１ｃでワークステージ１３を微動且つ高精度で上昇させるようにしているため、分割逐次近接露光におけるギャップ調整作業の高速化と高精度化を同時に達成することができる。

【００５０】

（２）アライメント調整

このようにして、ワークステージ１３とマスクＭとを近接させた状態においては、基板のステップ方向（Ｙ軸方向）とマスクＭとの相対位置及び姿勢が正しく整合していない場合、ワークステージ１３に対してマスクパターンＰを有するマスクＭが傾斜している場合（ワークステージ１３の向きとＹ軸方向の向きとは一致しているとして）には、ワーク側アライメントマークＡとマスク側アライメントマークとは整合せず、ずれてしまう。従って、このまま1ステップ目のマスクパターンＰの露光転写を行うと、次ステップ目で同一の基板上に形成される分割パターンＰとのずれが生じて、精度の良いブラックマトリックスのパターンが得られない。そこで、ワーク側アライメントマークＡとマスク側アライメントマーク（不図示）との整合作業（アライメント）をアライメントカメラ２６を用いて行う。

【００５１】

また、ピントずれを検出するのにギャップセンサ２５で実際のマスク下限位置を計測し、その計測値をＣＰＵ７に出力して予めマスク下面（マスクマーク面Mm）に設定しておいたピント位置（目標位置）からの相対ピント位置変化量を計算してその分だけピント調整機構を操作してアライメントカメラ２６の位置を補正しているので、例えばマスク厚のばらつきによるピントずれを調整してマスクマークに対するベストフォーカスを保証することができる。

【００５２】

なお、ギャップセンサ２５からの信号と、センサＳからの信号とを予め対応付け、マスクＭのたわみを補正できる圧力差が予め求めておけば、かかる圧力差をＣＰＵ７に記憶することで、実際の露光時におけるマスクＭのたわみを補正するように、負圧ポンプＰーの吸引力を変化させる（フィードバック制御する）ことができる。このとき、マスク保持枠２２とマスクステージベース２１との間にはスキマΔが存在するので、このスキマを介してサーマルチャンバ４から光学系チャンバ５へと空気が侵入するが、負圧ポンプＰーの吸

引量を調整することで、マスクＭの形状を最適に保持できる。
【００５３】
　その他、マスクＭを保持する保持枠２２の変形を監視する監視センサを設けることもできる。特にマスクＭは非常に高価なものであるため、その損傷を回避したいが、露光装置の動作中に保持枠２２からマスクＭが脱落する場合もある。そこで、監視センサを設けることにより、保持枠２２の変形が所定量を超えたと判断した場合、装置を停止したりアラームを出すようにすると、マスクＭの脱落を未然に回避できる。
【００５４】
　マスクのたわみ（又は形状）を測定するセンサとしては、ギャップセンサ２５に限らず、種々の光学的センサ、磁気的センサ、機械的センサ（例えばマスクＭの固定部の微小変位を測定する）等を用いることができる。なお、マスクＭの上面近傍の気圧を検出するセンサを別個に設け、そのセンサの信号をＣＰＵ７に入力することで、負圧ポンプＰ－の吸引力を変化させる（フィードバック制御する）こともできる。
【００５５】
　又、スキマΔを介して侵入する空気により、マスクＭを冷却することもできる。ただし、基板Ｗに塗布された物質が昇華して、光学系４２のミラー等に付着して汚染することを抑制するために、負圧ポンプＰ－の排気路は、マスクＭと光学系４２との間に配置するのが望ましい。
【００５６】
（３）基板の投入、
　１ステップ目の露光アライメント終了後、Ｚ軸送り台１１により一旦ワークステージ１３を必要なだけ下降させる。この状態で、ワークステージ１３とマスクステージ１１との間隔（例えば６０ｍｍ程度）を利用して、ワーク自動供給装置（図示せず）により基板をワークステージ１３上に投入し、ワークステージ１３上のワークチャックに保持する。その後、再度Ｚ軸送り台１１により、マスクＭの下面と基板上面とのスキマを、露光する際に必要な所定の値となるように調整する。その手順は、ギャップセンサ２５により計測されるのがマスクＭの下面と基板上面とのギャップである点を除けば、上述と同じ手順である。
【００５７】
　ワーク自動供給装置により基板をワークステージ１３上に投入した後、レーザ干渉計１４ｃ，１４ｄの検出値をＣＰＵ７の補正制御部に出力し、該補正制御部で算出された位置決め補正量に基づいてマスク位置調整装置２４を制御してマスク保持枠２２の位置を調整し、これにより、Ｚ軸送り台１１によるワークステージ１３を上下動に起因するワークステージ１３のＸＹ平面内での位置ずれを補正してマスクＭの向きとＹ軸方向との傾きのない状態に戻す。
【００５８】
　次に、光学系４２の露光制御用シャッター４２ｇを開制御して１ステップ目の露光を行い、マスクＭのマスクパターンＰを基板の所定位置に焼き付けて、基板上に第１の分割パターンを得る。
【００５９】
（４）２ステップ目の露光位置へのワークステージ１３の移動
　続いて、第２の分割パターンのつなぎ露光を行うために、ワークステージ送り機構１２の送り駆動装置１２ｃを駆動してワークステージ１３を移動させることにより、ワークステージ１３をマスクＭに対してＹ方向に１ステップ量だけ送り、基板を２ステップ目の露光位置に配置する。このとき、基板とマスクＭとの干渉を避けるため、ワークステージ１３を必要な分だけＺ軸方向に下降させるようにしてもよい。
【００６０】
（５）ワークステージ１３の送り誤差によるアライメント調整
　上記のようにワークステージ１３をマスクＭに対してＹ方向に１ステップ量だけ送る際には、先にのべた要因による送り誤差が生じるため、そのまま２ステップ目の露光をする

と第２の分割パターンがわずかではあるが位置ずれをおこす。例えば、ワークステージ１３のステップ送り中にワークステージ１３のヨーイングと真直度のエラーにより、正規位置からのズレが生じる。

【００６１】

そこで、基板上に第２の分割パターンを露光転写する前に、基板の送り誤差を送り誤差検出手段１４のレーザ干渉計１４ｃ，１４ｄで検出してその検出結果をつなぎ露光位置を補正するＣＰＵ７の補正制御部に出力し、補正制御部では検出結果に基づいてつなぎ露光のための位置決め補正量を算出し、その算出結果に基づいてマスク位置調整装置２４（及び送り時のピッチング補正など、必要に応じてギャップ調整を行うために上下微動装置１１ｃ）のＸ軸方向駆動装置２４ｘ及びＹ軸方向駆動装置１４ｙを制御してマスク保持枠２２の位置を調整し、マスクＭの基板に対する位置ずれを補正する。なお、Ｚ軸送り台１１によるマスクＭと基板とのギャップ調整を行った場合は、その後の状態でのヨーイング及び真直度のデータに基づいて調整する。

【００６２】

（６）２ステップ目の露光

その後、光学系４２の露光制御用シャッター４２ｇを開制御して２ステップ目の露光を行い、マスクＭのマスクパターンＰを基板の所定位置に焼き付けて、基板上に位置ずれが修正された第２の分割パターンを得る。その後、ワークステージ１３を１ステップ目の位置へ戻し、処理済みの基板を図示しないアンローダにより搬出する。

【００６３】

本実施の形態によれば、圧力制御手段としての負圧ポンプＰ－により、マスクＭの上面に接し光学系４２の少なくとも一部を内包した空間を囲う光学系チャンバ５内を吸引することで、その気圧Ｐｍと、マスクＭの下面に接するサーマルチャンバ４内の気圧（大気圧Ｐａ）との間に圧力差（Ｐｍ＜Ｐａ）を与えることができ、かかる圧力差によってマスクＭのたわみが補正されるにもかかわらず、光学系４２からの光は、透明板等に遮られることなく直接マスクＭに到達し、光の利用効率を高めることができる。又、マスクＭの上面においては、比較的大きな空間内で気体の流動があるので、マスクＭの上面が冷却されやすく、その熱変形を抑えることができる。更に、透明板等を設けていないので、光学系４２のレイアウトを比較的自由に設計できる。更に、本実施の形態においては、熱源となる高圧水銀ランプ４１は光源チャンバ６内で強制空冷されているが、光源チャンバ６と光学系チャンバ５とは透明板４３により仕切られているので、高圧水銀ランプ４１から発生した熱がマスクＭや基板に伝導しにくくなり、それにより高精度な露光転写を行うことができる。

【００６４】

図１０は、第２の実施の形態にかかる露光装置を示す図である。本実施の形態は、図５～９に示す実施の形態に対して、光学系チャンバ５に負圧ポンプを連結する代わりに、サーマルチャンバ４に給気路４ａを介して正圧ポンプＰ＋を接続している。それ以外の構成については、上述した実施の形態と同様であるので同じ符号を付して説明を省略する。

【００６５】

本実施の形態によれば、圧力制御手段としての正圧ポンプＰ＋により、マスクＭの下面に接するサーマルチャンバ４内を加圧することで、その気圧Ｐｐと、マスクＭの上面に接する光学系チャンバ５内の気圧（大気圧Ｐａ）との間に圧力差（Ｐｐ＞Ｐａ）を与えることができ、かかる圧力差によってマスクＭのたわみを補正することができる。

【００６６】

図１１は、第３の実施の形態にかかる露光装置を示す図である。本実施の形態は、図５～９に示す実施の形態に対して、光学系チャンバ５に負圧ポンプＰ－を連結することに加えて、サーマルチャンバ４に給気路４ａを介して正圧ポンプＰ＋を接続している。それ以外の構成については、上述した実施の形態と同様であるので同じ符号を付して説明を省略する。

【００６７】

本実施の形態によれば、圧力制御手段としての正圧ポンプＰ＋により、マスクＭの下面に接するサーマルチャンバ４内を加圧し、且つ圧力制御手段としての負圧ポンプＰ－により、マスクＭの上面に接する光学系チャンバ５内を減圧することで、サーマルチャンバ４内の気圧Ｐｐ’と、光学系チャンバ５内の気圧Ｐｍ’との間に圧力差（Ｐｐ’＞Ｐａ＞Ｐｍ’、ただしＰｐ’－Ｐｍ’＝Ｐａ－Ｐｍ＝Ｐｐ－Ｐａ）を与えることができ、かかる圧力差によってマスクＭのたわみを補正することができる。又、図５に示す負圧ポンプＰ－、図１０に示す正圧ポンプＰ＋より容量の低いポンプを用いることができる。

【００６８】

図１２は、本発明者が行った試験に供試した露光装置をモデル化した試験装置の概略図である。図１３は、本発明者が行った試験結果を示す図である。図１２において、第１のチャンバである上方チャンバＵＣと、第２のチャンバである下方チャンバＬＣとの間にマスクＭが配置されている。下方チャンバＬＣにおいて、ブロワ給気口ＬＯを介して外部のポンプから気体を供給され、且つチャンバスキマ（例えばロボットにより基板の出し入れを行うための開口）ＬＩから大気外へと気体が漏れ出ている。一方、上方チャンバＵＣにおいて、ブロワ排気口ＵＯを介して外部のポンプに気体を吸引され、且つチャンバスキマＵＩを介して大気から気体が侵入している。更に、マスクＭの周囲に設けた周囲スキマＣＬを介して、下方チャンバＬＣから上方チャンバＵＣへと気体が移動するようになっている。かかる構成によれば、下方チャンバＬＣ内の気圧Ｐ＋は大気圧より大となり、上方チャンバＵＣ内の気圧Ｐ－は大気圧より低くなる。

【００６９】

図１２の試験装置において、ブロワ給気口ＬＯに接続された外部のポンプを停止させた状態で、周囲スキマＣＬに対するチャンバスキマＬＩの開口面積比を変化させたときにおける、下方チャンバＬＣ内の気圧Ｐ＋と上方チャンバＵＣ内の気圧Ｐ－との差圧の変化を、ブロワ排気口ＵＯに接続されたポンプの能力を変えて図１３に示す。図１３により、周囲スキマＣＬの開口Ｘの面積に対するチャンバスキマＬＩの開口Ｙの面積が３倍以上になると、差圧は一定になることがわかる。これを言い換えると、下方チャンバＬＣから上方チャンバＵＣに移動する気体の流量をｘとし、下方チャンバＬＣから大気外へと移動する気体の流量をｙとしたときに、ｙ／ｘを３以上にすることで、ブロワ給気口ＬＯの排気量に関わらず差圧を一定にできる。

【００７０】

以上、本発明を実施の形態を参照して説明してきたが、本発明は上記実施の形態に限定して解釈されるべきではなく、適宜変更・改良が可能であることはもちろんである。

【図面の簡単な説明】

【００７１】

【図１】本発明の比較例を示す図である。

【図２】本発明の比較例を示す図である。

【図３】本発明の比較例を示す図である。

【図４】本発明の原理を示す図である。

【図５】第１の実施の形態にかかる露光装置の断面図である。

【図６】本実施の形態の露光装置の要部斜視図である。

【図７】マスクステージ近傍を拡大して示す図である。

【図８】図７の構成をVIII-VIII線で切断して矢印方向に見た図である。

【図９】図８の構成を矢印IX方向に見た図である。

【図１０】第２の実施の形態にかかる露光装置を示す図である。

【図１１】第３の実施の形態にかかる露光装置を示す図である。

【図１２】本発明者らが行った試験に供試した露光装置をモデル化した試験装置の概略図である。

【図１３】本発明者らが行った試験結果を示す図である。

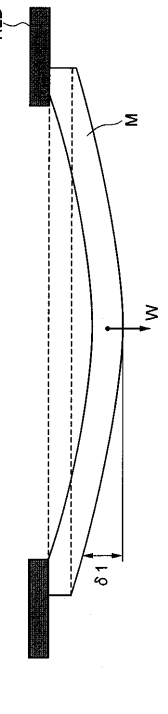
【符号の説明】

【００７２】

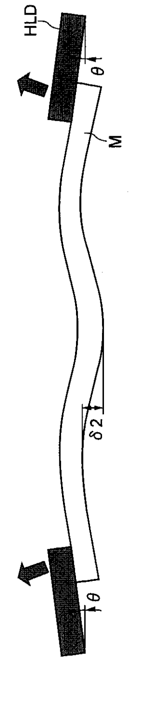
１　マスクステージ
２　ベース
３　支持柱
４　サーマルチャンバ
４ａ　給気路
５　光学系チャンバ
５ａ　排気路
６　光源チャンバ
１０　ワークステージ機構
１１　マスクステージ
１１ａ　上下粗動装置
１１ｂ　軸粗動ステージ
１１ｃ　上下微動装置
１１ｄ　軸微動ステージ
１１ｅ　モータ
１１ｆ　ボールねじ軸
１１ｇ　ナット
１２　ワークステージ送り機構
１２ａ　リニアガイド
１２ｂ　Ｙ軸送り台
１２ｃ　駆動装置
１２ｄ　モータ
１２ｅ　ボールねじ軸
１３　ワークステージ
１４　誤差検出手段
１４ａ　ミラー
１４ｂ　ミラー
１４ｃ　レーザ干渉計
１４ｄ　レーザ干渉計
１４ｙ　Ｙ軸方向駆動装置
１７ａ　保持架台
２０　マスクステージ機構
２１　マスクステージベース
２１ａ　開口
２２　マスク保持枠
２２ａ　フランジ
２２ｂ　フランジ
２４　マスク位置調整装置
２４ａ　ロッド
２４ｃ　リニアガイド
２４ｄ　ピン支持機構
２４ｒ　案内レール
２４ｓ　スライダ
２４ｘ　Ｘ軸方向駆動装置
２４ｙ　Ｙ軸方向駆動装置
２５　ギャップセンサ
２６　アライメントカメラ
２７　移動機構
２７ｂ　リニアガイド
２７ｃ　案内レール

２７ｄ 駆動用アクチュエータ
２８ マスキングアパーチャ
２８ａ マスキングアパーチャ駆動装置
４１ 高圧水銀ランプ
４２ 光学系
４２ａ 凹面鏡
４２ｂ，オプチカルインテグレータ
４２ｄ 平面ミラー
４２ｆ 球面ミラー
４２ｇ 露光制御シャッター
４２ｇ 露光制御用シャッター
４３ 透明板
Ｇ 定盤
Ｍ マスク
Ｐ＋ 正圧ポンプ
Ｐ－ 負圧ポンプ
Ｐａ 大気圧

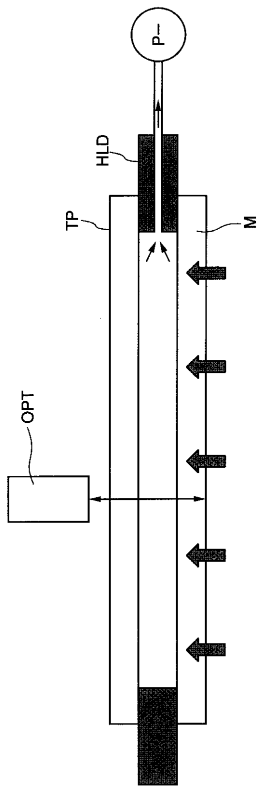
【図１】



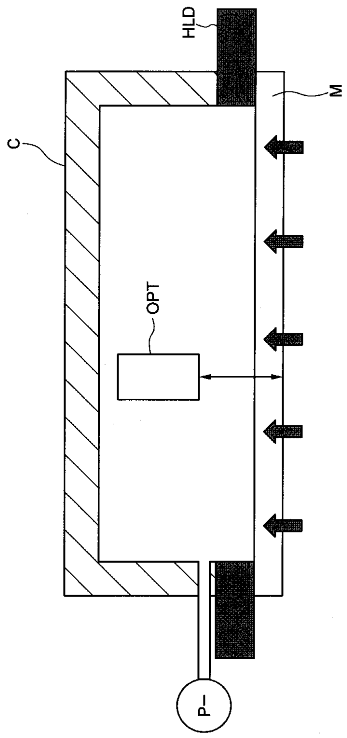
【図２】



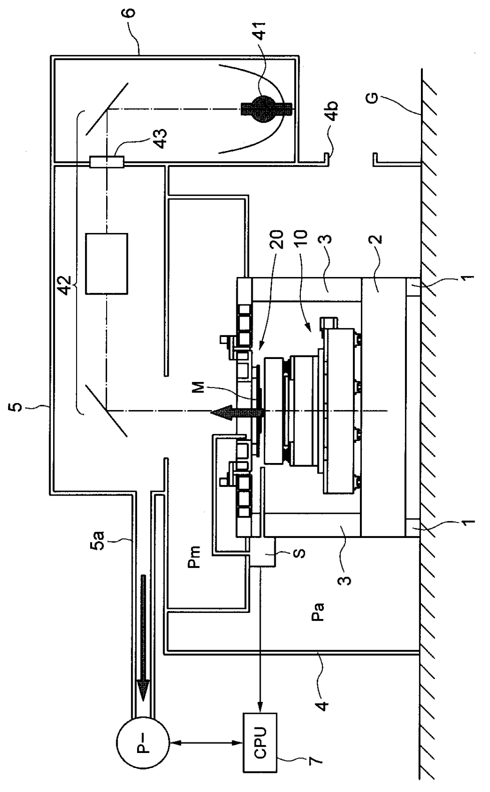
【図３】


P–
HLD
TP
M
OPT

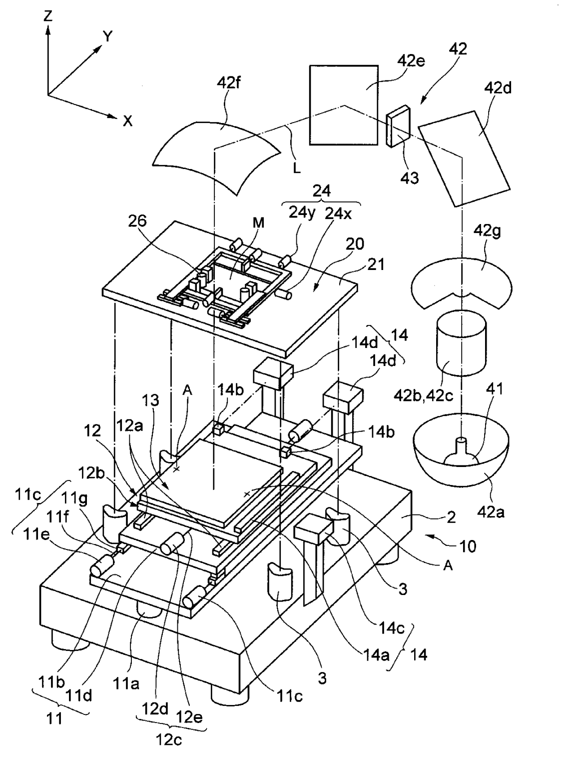
【図４】


HLD
M
C
OPT
P–

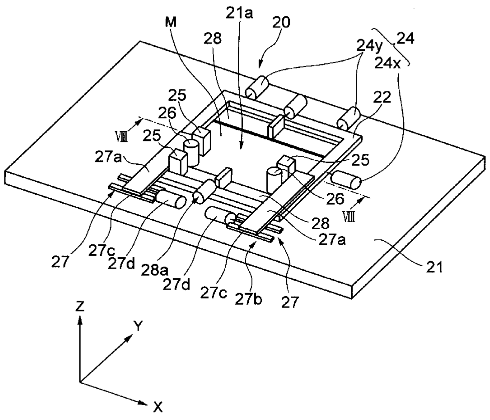
【図５】


6
41
4b
G
43
42
20
10
3
2
1
M
5
5a
Pm
S
3
Pa
4
P–
CPU
7

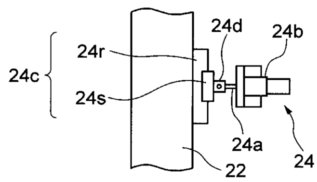
【図６】


Z
Y
X
42f
42e
42
42d
43
L
24
24y
24x
26
M
20
21
42g
14
14d
14d
42b,42c
A
14b
13
14b
41
12
12a
12b
11c
11g
11f
11e
2
10
42a
A
3
14c
14a
14
3
11b
11d
11
11a
12d
12e
12c
11c

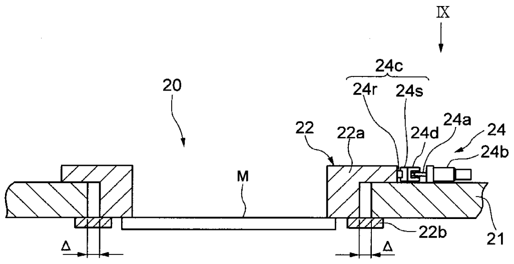
【図７】



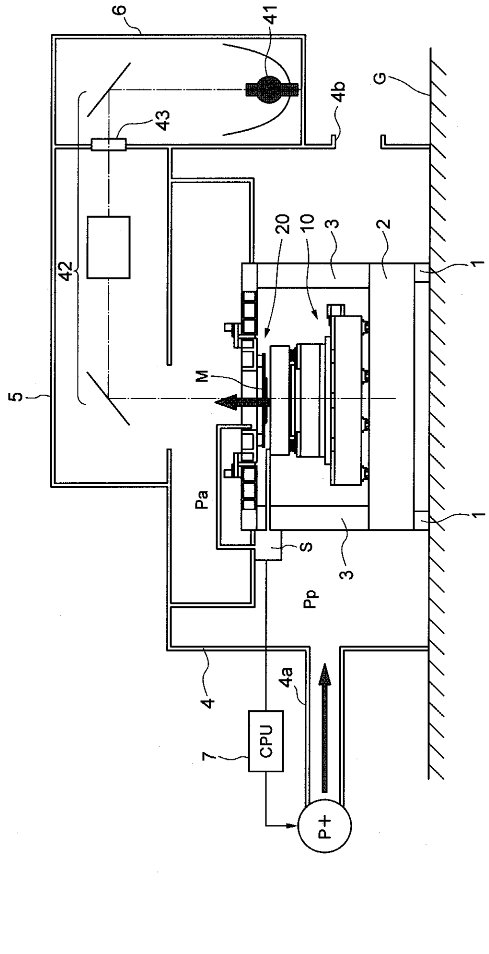
【図９】



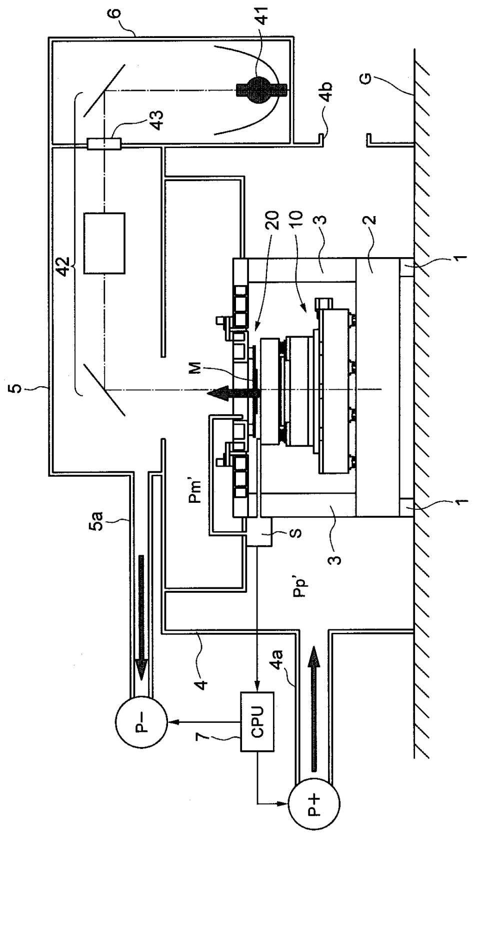
【図８】



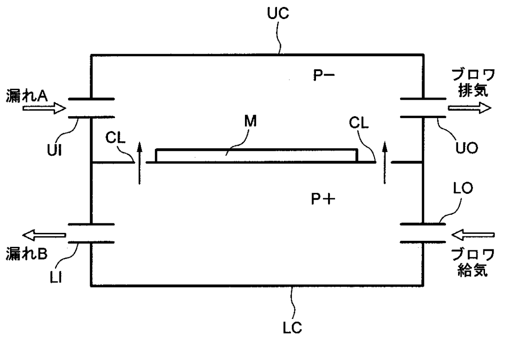
【図１０】



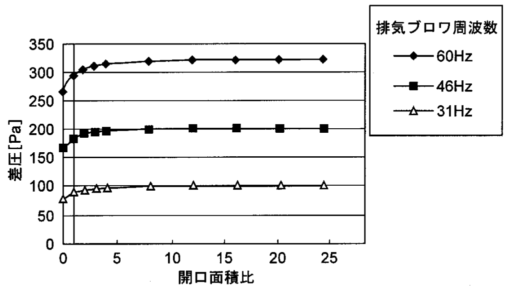
【図１１】



【図１２】


UC
P−
ブロワ
排気
漏れA
UI
CL
M
CL
UO
LO
P+
漏れB
LI
ブロワ
給気
LC

【図１３】


排気ブロワ周波数
60Hz
46Hz
31Hz
差圧[Pa]
0
50
100
150
200
250
300
350
0
5
10
15
20
25
開口面積比

フロントページの続き

(72)発明者　後藤　禎
　　　　　神奈川県藤沢市桐原町１２番地　ＮＳＫプレシジョン株式会社内

審査官　久保田　創

(56)参考文献　特開平０６－０５３１０８（ＪＰ，Ａ）
特開２００４－２２８２１５（ＪＰ，Ａ）
特開平１０－２７５７６７（ＪＰ，Ａ）
特開平１０－２１４７８０（ＪＰ，Ａ）
特開平０１－１５５３５４（ＪＰ，Ａ）
特開平０２－００１９０５（ＪＰ，Ａ）
特開２００５－１０１２４３（ＪＰ，Ａ）
特開平０８－２７９３３６（ＪＰ，Ａ）
特開平１０－１０６９２０（ＪＰ，Ａ）
特開昭５７－１６９２４２（ＪＰ，Ａ）
特開平０９－２６０２７１（ＪＰ，Ａ）
特開２００７－１８９０７３（ＪＰ，Ａ）
特開２００７－１８９０７４（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
ＨＯ１Ｌ　２１／０２７
Ｇ０３Ｆ　　７／２０