

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-292450

(P2005-292450A)

(43) 公開日 平成17年10月20日(2005.10.20)

(51) Int.Cl.⁷

G02B 17/08

G02B 3/14

G03F 7/20

H01L 21/027

F I

G02B 17/08

G02B 3/14

G03F 7/20

H01L 21/30

テーマコード (参考)

2H087

2H097

5F046

5O1

515D

審査請求 有 請求項の数 11 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号

特願2004-107232 (P2004-107232)

(22) 出願日

平成16年3月31日 (2004.3.31)

(71) 出願人 000128496

株式会社オーク製作所

東京都町田市小山ヶ丘3丁目9番地6

(74) 代理人 100064414

弁理士 磯野 道造

(72) 発明者 李 ▲徳▼

東京都調布市下石原一丁目2番地3

株式会社オーク製作

所内

(72) 発明者 山賀 勝

東京都調布市下石原一丁目2番地3

株式会社オーク製作

所内

Fターム(参考) 2H087 KA21 LA30 TA01 TA02 UA09

2H097 BB10 CA12 GB02 LA09 LA12

5F046 BA05 CB02 CB12 CB25 DA01

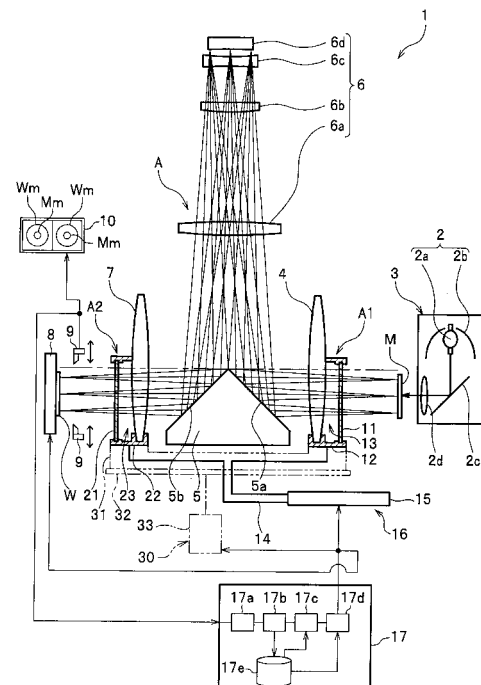
(54) 【発明の名称】 投影光学系および投影露光装置

(57) 【要約】

【課題】 補正倍率調整が容易で、補正倍率調整を行なうときに結像性能を劣化させることなく、また、補正できる幅が広く、さらに、補正倍率調整を安定した構成を維持して行なうことができる投影光学系、および、補正倍率調整などの作業効率に優れた投影露光装置を提供すること。

【解決手段】 光源から照射された紫外線を含む光を、露光するパターンが描画されたマスクを透過させて投影光として、被処理基板の露光領域に対して照射する場合に用いられる投影光学系において、反射補正光学系6の中心軸に対して対称となる入射側凸レンズ4および出射側凸レンズ7と、各凸レンズに対面して設けられた第1および第2光透過板11, 21を擬似円筒面状態に変形されることで、前記パターンの投影像の倍率補正を行なう第1および第2補正倍率光学系A1, A2とを備える構成とした。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光源から照射された紫外線を含む光を、露光するパターンが描画されたマスクを透過させて投影光として、被処理基板の露光領域に対して照射する場合に用いられる投影光学系において、

前記投影光の方向を変える第 1 反射面および第 2 反射面を所定角度に設けた反射体と、この反射体に対峙して配置され、前記第 1 反射面で反射した投影光を前記第 2 反射面に反射させる反射補正光学系と、

この反射補正光学系の中心軸に対して対称となる一方の位置で、かつ、当該光学系が設置される設置面に対して垂直に配置され、前記第 1 反射面に前記投影光を透過して送る位置に設けた入射側凸レンズと、 10

前記反射補正光学系の中心軸に対して対称となる他方の位置で、かつ、当該光学系が設置される設置面に対して垂直に配置され、前記第 2 反射面からの前記投影光を透過する位置に設けた出射側凸レンズと、

前記投影光の前記入射側凸レンズに対面して設けられた第 1 光透過板を擬似円筒面状態に変形されることで、前記パターンの投影像の倍率補正を行なう第 1 補正倍率光学系と、

前記投影光の前記出射側凸レンズに対面して設けられた第 2 光透過板を擬似円筒面状態に変形されることで、前記パターンの投影像の倍率補正を行なう第 2 補正倍率光学系と、を備えることを特徴とする投影光学系。

【請求項 2】

20

前記第 1 補正倍率光学系は、前記入射側凸レンズに対面して配置された前記第 1 光透過板と、この第 1 光透過板を、シール枠体を介して保持する第 1 保持手段とを備え、

前記第 2 補正倍率光学系は、前記出射側凸レンズに対面して配置された前記第 2 光透過板と、この第 2 光透過板を、シール枠体を介して保持する第 2 保持手段とを備え、

前記第 1 保持手段、前記シール枠体、第 1 光透過板ならびに前記入射側凸レンズで囲繞される密閉空間、または、前記第 2 保持手段、前記シール枠体、第 2 光透過板ならびに前記出射側凸レンズで囲繞される密閉空間のそれぞれの気圧を調整して前記第 1 光透過板または前記第 2 光透過板を、前記シール枠体のそれぞれを介して平板状態から擬似円筒面状態に変形させる変形手段を備えることを特徴とする請求項 1 に記載の投影光学系。

【請求項 3】

30

前記第 1 補正倍率光学系は、前記入射側凸レンズに対面して配置された前記第 1 光透過板と、この第 1 光透過板を、シール枠体を介して保持する第 1 保持手段とを備え、

前記第 1 保持手段、前記シール枠体、前記第 1 光透過板ならびに前記入射側凸レンズで囲繞される密閉空間の気圧を調整して前記第 1 光透過板を、前記シール枠体を介して平板状態から擬似円筒面状態に変形させる第 1 変形手段とを備え、

前記第 2 補正倍率光学系は、前記出射側凸レンズに対面して配置された前記第 2 光透過板と、この第 2 光透過板を、シール枠体を介して保持する第 2 保持手段とを備え、

前記第 2 保持手段、前記シール枠体、前記第 2 光透過板ならびに前記出射側凸レンズで囲繞される密閉空間の気圧を調整して前記第 2 光透過板を、前記シール枠体を介して平板状態から擬似円筒面状態に変形させる第 2 変形手段と、を備えることを特徴とする請求項 1 に記載の投影光学系。 40

【請求項 4】

前記第 1 保持手段は、前記投影光を通過させる開口窓を有し、前記入射側凸レンズに沿って配置される枠本体と、この枠本体の開口窓に沿って設置され前記第 1 光透過板を設ける前記シール枠体と、このシール枠体および前記第 1 光透過板を挟持すると共に、前記第 1 光透過板に対応して開口を有する挟持枠体と、前記第 1 光透過板を擬似円筒面状態に湾曲させる方向にガイドし、前記光透過板の湾曲頂部に対して対称となる位置で前記挟持枠体と前記光透過板の間に設けられたガイドバーと、を備え、

前記第 2 保持手段は、前記投影光を通過させる開口窓を有し、前記出射側凸レンズに沿って配置される枠本体と、この枠本体の開口窓に沿って設置され前記第 2 光透過板を設け 50

る前記シール枠体と、このシール枠体および前記第 2 光透過板を挟持すると共に、前記第 2 光透過板に対応して開口を有する挟持枠体と、前記第 2 光透過板を擬似円筒面状態に湾曲させる方向にガイドし、前記光透過板の湾曲頂部に対して対称となる位置で前記挟持枠体と前記光透過板の間に設けられたガイドバーと、を備えることを特徴とする請求項 2 または請求項 3 に記載の投影光学系。

【請求項 5】

前記第 1 光透過板の擬似円筒面状態と、前記第 2 光透過板の擬似円筒面状態とが互いに直交するように配置することを特徴とする請求項 2 から請求項 4 のいずれか一項に記載の投影光学系。

【請求項 6】

前記第 1 光透過板および前記第 2 光透過板は、曲率無限大の合成石英ガラス板が用いられ、前記合成石英ガラス板の長辺を D とし、その中心厚みを d とし、かつ、当該投影光学系における最大の主光線傾角を ω としたとき、つぎの式 (1)、式 (2) で示す条件、

$$1 < \{ (d / D) \times 100 \} < 10 \quad \text{式 (1)}$$

$$0.01 < (\omega^2 \times d) < 2.5 \quad \text{式 (2)}$$

を満足することを特徴とする請求項 1 から請求項 4 のいずれか一項に記載の投影光学系。

【請求項 7】

前記第 1 光透過板または前記第 2 光透過板は、前記シール枠体との関係において、 E_G を第 1 または第 2 光透過板のヤング率とし、 E_S をシール枠体のヤング率とし、 T_G を第 1 または第 2 光透過板の板厚とし、 T_S をシール枠体の厚みとし、 ν_G を第 1 または第 2 光透過板のポアソン比とし、 ν_S をシール枠体のポアソン比としたとき、つぎの式 (3) で示す条件、

【数 1】

$$0 < T_S < 3 \sqrt{\frac{E_G \times T_G^3 (1 - \nu_S^2)}{5.0 \times 10^4 \times E_S (1 - \nu_G^2)}} \quad \text{式 (3)}$$

を満足することを特徴とする請求項 2 から請求項 4 のいずれか一項に記載の投影光学系。

【請求項 8】

前記入射側凸レンズおよび前記出射側凸レンズは、前記密閉空間の気圧を調整して、それぞれの光透過板が擬似円筒面状態であるときに、それぞれの凸レンズの変形比率が 0.2 % 以下であるような厚みを備えることを特徴とする請求項 1 から請求項 4 のいずれか一項に記載の投影光学系。

【請求項 9】

前記第 1 光透過板および前記第 2 光透過板における前記投影光の光路に対する有効透過設定範囲は、前記第 1 光透過板または前記第 2 光透過板を擬似円筒面状態としたときに、当該第 1 光透過板および当該第 2 光透過板の周縁から内側に向かってあらかじめ設定される位置に設けられたことを特徴とする請求項 1 から請求項 4 のいずれか一項に記載の投影光学系。

【請求項 10】

光源から照射された紫外線を含む光を、露光するパターンが描画されたマスクを透過させて投影光として、前記パターンを形成する被処理基板の露光領域に対して照射する投影露光装置において、

前記被処理基板と前記マスクにあらかじめ形成されているそれぞれの整合マークを撮像する撮像手段と、前記被処理基板と前記マスクの間に設けられた投影光学系と、この投影光学系の入射側および出射側にそれぞれ設置された、前記マスクにおけるパターンの投影像の倍率を補正する第 1 補正倍率光学系および第 2 補正倍率光学系と、前記撮像手段によ

10

20

30

40

50

り撮像した前記各マークの映像情報に基づいて、前記補正倍率光学系のそれぞれについて前記パターンの投影像の倍率補正を行なうように制御する制御手段と、を備えることを特徴とする投影露光装置。

【請求項 11】

前記第 1 補正倍率光学系は、前記投影光学系の入射側凸レンズに対面して密閉空間を介して設けた第 1 光透過板を備え、

前記第 2 補正倍率光学系は、前記投影光学系の出射側凸レンズに対面して密閉空間を介して設けた第 2 光透過板を備え、

前記密閉空間のそれぞれの気圧を調整して、前記第 1 光透過板または前記第 2 光透過板を平板状態から擬似円筒面状態に変形させる変形手段を備え、

前記制御手段は、前記映像情報に基づいて、前記変形手段を制御することを特徴とする請求項 10 に記載の投影露光装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、プリント配線板、LCD 基板などの被処理基板に、マスクを介して紫外線を含む光を照射して所定パターンを露光して形成するときに使用される投影光学系および投影露光装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

一般的に、プリント配線基板、液晶パネル、液晶用のカラーフィルタなどの被処理基板の露光製造方法としては、所定のパターンを描画したマスクと、フォトレジストなどの感光材料を塗布した被処理基板とを密着した状態で、光源からの光を照射して露光作業を行なうフォトリソグラフィ法が採用されている。

【0003】

ところが、近年の被処理基板は、製品に対応して軽薄、短小、高密度化に伴う多層化が進み、多層化したときの総合位置合わせ精度（オーバーレイ精度）が極めて高いレベルで要求されている。オーバーレイ精度が極めて高いレベルで要求される理由は、被処理基板が使用される各種の製品において多機能が求められ、その結果、軽薄、短小になったスペースに形成パターンが高密度化されることになり、各レイヤー（各層）での位置合わせ精度が製品の機能に与える影響が今まで以上に大きくなっていることによる。また、被処理基板は、素材の性質上（例えば、エポキシ樹脂と銅箔を使用）伸縮が生じやすいため、要求される精度の状態において、当該被処理基板の伸縮が各レイヤーの位置合わせ精度に対して無視できないものになってきている。

【0004】

そのため、高密度化などの要望を満たすために半導体製造装置で実績のある投影露光装置が、プリント配線基板などの被処理基板用に対応して設計されて使用され、従来において、様々なものが提案されている。また、投影露光装置は、被処理基板の縦横の伸縮が一樣であるときに、投影倍率を可変させることが比較的簡便にでき、そのため投影露光装置で用いられる投影光学系あるいは反射屈折投影光学系、さらに、マスクのパターンにおける投影像の倍率を補正する補正倍率光学系についても様々なものが提案されている。

【0005】

ここで従来の投影露光装置の一例について図 8 を参照して説明する。図 8 は、従来の投影露光装置の構成を模式的に示す模式図である。図 8 に示すように、従来の投影露光装置 100 は、紫外線を含む光を照射するための光源部 101 と、この光源部 101 から照射された光の光路中に配置されたマスク M と、このマスク M の直下に配置された補正倍率光学系 104 と、この補正倍率光学系 104 に隣り合う位置に配置され、照射される光に対して直交する平面において補正倍率光学系 104 を回転方向である θ 方向に移動させる回転機構 105 と、補正倍率光学系 104 の直下に配置された投影光学レンズ 106 と、この投影光学レンズ 106 の直下に配置される被処理基板であるワーク W を載置する載置テ

10

20

30

40

50

ーブル１０７と、を備えている。

【０００６】

そして、投影露光装置１００の補正倍率光学系１０４は、平行平板１０２または一對の平行平板１０２，１０３を対面させて備えており（図８では対面させた状態を示す）、平行平板１０２を２次曲線形状に撓ませることで円筒面を形成した状態で配置されるか、あるいは、それぞれの平行平板１０２，１０３を２次曲線形状に撓ませることで円筒面を形成し、それぞれの円筒面が互いに直交した状態で配置させている。なお、この補正倍率光学系１０４で使用される平行平板１０２または平行平板１０２，１０３は、シリンドリカルレンズに置き換えて配置した構成であってもよいものである（例えば、特許文献１参照）。

10

【０００７】

なお、この投影露光装置１００は、全体方向に同一の補正倍率を変化させる方式の装置と異なり、縦横の伸縮率が一樣でないワークに対して特に有効となるものである。

【特許文献１】特開２０００－２２３００３号公報（全文）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００８】

しかし、従来の投影光学系あるいは投影露光装置では、さらに改良する余地があり、以下で示す問題を解決する必要がある。

【０００９】

（１）従来の投影光学系は、光学的な配置関係を考えた場合に、光の入射される側のみ補正倍率光学系が配置された状態であるため、補正倍率光学系の製作精度が大きく投影結像性能に影響を与えることになってしまった。そのため、補正倍率光学系の高精度加工、高精度の組立方法が必要となってしまった。また、このような構成の投影光学系では、光学的な配置関係上、対称性を持たない光学エレメントを変形させることでパターン形成を行なうことになるが、光学エレメントが対称となっていないため、パターン形状の伝達性にも影響を及ぼし、補正できる伸縮の幅が制限されることになってしまった。なお、投影光学系の補正倍率光学系にシリンドリカルレンズを用いることは、現状の技術レベルを考慮すると、必要とする精度を満足することが困難であり、現実的には適用が不可能である。

20

30

【００１０】

（２）従来の投影光学系は、平行平板を２次曲線状に湾曲させた状態で使用するため、平行平板を装置の設置面に対して平行に配置する場合、あるいは、平行平板を装置の設置面に対して直交して（垂直に）配置する場合のいずれであっても、当該平行平板の自重または重力により変形状態を安定して維持することが困難であった。

【００１１】

（３）従来の投影露光装置は、用いられる投影光学系において、使用する補正倍率光学系が平行平板を湾曲させた状態で配置し、光軸に直交する方向に回転させることで、倍率補正を行なっている構成であるため、補正倍率を変化させる場合には平行平板を取り替える作業を行なう必要があり、作業効率が著しく悪い状態であった。また、投影露光装置において、シリンドリカルレンズを用いる補正倍率光学系のレンズ間の幅を調整することで、倍率補正を行なうものについては、前記したように、必要とする精度を満足する補正ができなかった。

40

【００１２】

本発明は、前記の問題点に鑑み創案されたものであり、補正倍率調整が容易で、補正倍率調整を行なうときに結像性能を劣化させることなく、また、補正できる幅が広く、さらに、補正倍率調整を安定した構成を維持して行なうことができる投影光学系、および、補正倍率調整などの作業効率に優れた投影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】

【００１３】

50

本発明に係る投影光学系は、前記の問題を解決するため、つぎのように構成した。すなわち、投影光学系は、光源から照射された紫外線を含む光を、露光するパターンが描画されたマスクを透過させて投影光として、被処理基板の露光領域に対して照射する場合に用いられる投影光学系において、前記投影光の方向を変える第1反射面および第2反射面を所定角度に設けた反射体と、この反射体に対峙して配置され、前記第1反射面で反射した投影光を前記第2反射面に反射させる反射補正光学系と、この反射補正光学系の中心軸に対して対称となる一方の位置で、かつ、当該光学系が設置される設置面に対して垂直に配置され、前記第1反射面に前記投影光を透過して送る位置に設けた入射側凸レンズと、前記反射補正光学系の中心軸に対して対称となる他方の位置で、かつ、当該光学系が設置される設置面に対して垂直に配置され、前記第2反射面からの前記投影光を透過する位置に設けた出射側凸レンズと、前記投影光の前記入射側凸レンズに対面して設けられた第1光透過板を擬似円筒面状態に変形されることで、前記パターンの投影像の倍率補正を行なう第1補正倍率光学系と、前記投影光の前記出射側凸レンズに対面して設けられた第2光透過板を擬似円筒面状態に変形されることで、前記パターンの投影像の倍率補正を行なう第2補正倍率光学系と、を備え、前記入射側凸レンズの入射面側に第1光透過板が配置されたときに、前記出射側凸レンズの出射面側に第2光透過板が配置されるか、または、前記入射側凸レンズの出射面側に第1光透過板が配置されたときに、前記出射側凸レンズの入射面側に第2光透過板が配置される構成とした（請求項1）。

10

【0014】

このように構成されることにより、投影光学系は、第1補正倍率光学系および入射側凸レンズを透過した投影光が、反射体の第1反射面により光路を水平方向から垂直方向に変更され反射補正光学系を介して再び反射体の第2反射面に反射される。そして、投影光学系は、投影光が、反射体の第2反射面により光路を垂直方向から水平方向に変えて反射され、出射側凸レンズおよび第2補正倍率光学系を透過してワークに向かって出射される。このとき、第1補正倍率光学系と第2補正倍率光学系とは、光学的な対称位置に配置されるととなり、光学的収差を打ち消す状態に配置されることになる。また、投影光学系は、マスクにおけるパターンの投影像について補正倍率を変更する場合には、光学的な対称性を有する位置に配置されたいずれか一方の光透過板を変形（擬似円筒面状態）させることで、当該パターンの投影像の縦あるいは横に対する倍率を変更している。

20

【0015】

また、本発明に係る投影光学系において、前記入射側凸レンズに対面して配置された前記第1光透過板と、この第1光透過板を、シール枠体を介して保持する第1保持手段とを備え、前記第2補正倍率光学系は、前記出射側凸レンズに対面して配置された前記第2光透過板と、この第2光透過板を、シール枠体を介して保持する第2保持手段とを備え、前記第1保持手段、前記シール枠体、第1光透過板ならびに前記入射側凸レンズで囲繞される密閉空間、または、前記第2保持手段、前記シール枠体、第2光透過板ならびに前記出射側凸レンズで囲繞される密閉空間のそれぞれの気圧を調整して前記第1光透過板または前記第2光透過板を、前記シール枠体のそれぞれを介して平板状態から擬似円筒面状態に変形させる変形手段を備える構成とした（請求項2）。なお、変形手段は、それぞれの密閉空間の気圧をおのあの調整する第1変形手段および第2変形手段の構成としても構わない（請求項3）。

30

40

【0016】

このように構成されることにより、投影光学系は、変形手段（第1変形手段）により密閉空間の気圧を調整することで、第1保持手段に保持されている第1光透過板の全面が気圧で押されシール枠体を介して平板状態から擬似円筒面状態に変形して補正レンズの構成となり、マスクにおけるパターンの投影像に対する倍率が補正される。同様に、投影光学系は変形手段（第2変形手段）により密閉空間の気圧を調整することで、第2保持手段に保持されている第2光透過板の全面が気圧で押され、シール枠体を介して平板状態から擬似円筒面状態に変形して補正レンズの構成となり、マスクにおけるパターンの投影像に対する倍率が補正される。投影光学系は、例えば、パターンの投影像の横方向における倍率

50

を縮小補正するときに、第1光透過板を平板状態から擬似円筒面状態に変形させることで対応でき、また、第2光透過板を平板状態から擬似円筒面状態に変形させることで、パターンの投影像の横方向においける倍率を拡大補正できるようにしている。なお、密閉空間の気圧を増圧にすること、あるいは気圧を負圧にすることにより、各光透過板を擬似円筒面状態に変形している。

【0017】

さらに、本発明に係る投影光学系において、前記第1保持手段は、前記投影光を通過させる開口窓を有し前記入射側凸レンズに沿って配置される枠本体と、この枠本体の開口窓に沿って設置され前記第1光透過板を設ける前記シール枠体と、このシール枠体および前記第1光透過板を挟持すると共に、前記第1光透過板に対応して開口を有する挟持枠体と、前記第1光透過板を擬似円筒面状態に湾曲させる方向にガイドし、前記光透過板の湾曲頂部に対して対称となる位置で前記挟持枠体と前記光透過板の間に設けられたガイドバーと、を備え、前記第2保持手段は、前記投影光を通過させる開口窓を有し、前記出射側凸レンズに沿って配置される枠本体と、この枠本体の開口窓に沿って設置され前記第2光透過板を設ける前記シール枠体と、このシール枠体および前記第2光透過板を挟持すると共に、前記第2光透過板に対応して開口を有する挟持枠体と、前記第2光透過板を擬似円筒面状態に湾曲させる方向にガイドし、前記光透過板の湾曲頂部に対して対称となる位置で前記挟持枠体と前記光透過板の間に設けられたガイドバーと、を備える構成とした（請求項4）。

10

【0018】

このように構成されることにより、投影光学系は、第1補正倍率光学系を作動させる場合、第1光透過板側の密閉空間の気圧を調整して高めることで、その第1光透過板の全面を押圧して、平板状態から擬似円筒面状態に変形させる。変形する際に第1光透過板は、湾曲頂部に対して対称となる位置のガイドバーが、枠本体および挟持枠体により挟持されることで、そのガイドバーが接触した状態となる。そのため、第1光透過板の左右となる対称の位置では平板状態の部分がガイドバーによって保とうとし、また、ガイドバーがない第1光透過板の上下の辺では、湾曲しようとする圧力が直接働き、第1光透過板を擬似円筒面状態に湾曲させている。なお、第1光透過板のガイドバーがない位置では、シール枠体が第1光透過板の変形に追従するため、密閉空間の気密性は保たれることになる。また、各光透過板を擬似円筒面状態に変形させるために、ガイドバーが各光透過板の擬似凸

20

30

【0019】

また、本発明に係る投影光学系において、前記第1光透過板の擬似円筒面状態と、前記第2光透過板の擬似円筒面状態とが互いに直交するように配置する構成とした（請求項5）。

このように構成されることにより、投影光学系は、第1光透過板または第2光透過板のいずれか一方を擬似円筒面状態に湾曲させることで、例えば、マスクにおけるパターンの投影像について横方向の倍率補正を行い、他方を擬似円筒面状態に湾曲させることで、マスクにおけるパターンの投影像について縦方向の倍率補正を行なっている。

【0020】

さらに、本発明に係る投影光学系において、前記第1光透過板および前記第2光透過板は、曲率無限大の合成石英ガラス板が用いられ、前記合成石英ガラス板の長辺をDとし、その中心厚みをdとし、かつ、当該投影光学系における最大の主光線傾角を ω としたとき、つぎの式(1)である $1 < \{ (d/D) \times 100 \} < 10$...式(1)と、つぎの式(2)である $0.01 < (\omega^2 \times d) < 2.5$...式(2)の条件を満足する構成とした（請求項6）。

40

【0021】

このように構成されることにより、投影光学系は、ガラス板の機械的な特性を、そのガラス板の長辺と厚み、特に中心厚みとの関係を規定することで、ガラス板を擬似円筒面状態に湾曲するときの湾曲のし易さと破損との関係を好ましい範囲に設定している。それと

50

同時に、投影光学系は、主光線傾角 ω とガラス板の中心厚み d との関係を規定することで、ガラス板の湾曲したときの補正能力および歪曲との関係を好ましい範囲に設定している。

【0022】

そして、本発明に係る投影光学系において、前記第1光透過板または前記第2光透過板は、前記シール枠体との関係において、 E_G を第1または第2光透過板のヤング率とし、 E_S をシール枠体のヤング率とし、 T_G を第1または第2光透過板の板厚とし、 T_S をシール枠体の厚みとし、 ν_G を第1または第2光透過板のポアソン比とし、 ν_S をシール枠体のポアソン比としたとき、つぎの式(3)で示す条件、

【数2】

$$0 < T_S < \sqrt[3]{\frac{E_G \times T_G^3 (1 - \nu_S^2)}{5.0 \times 10^4 \times E_S (1 - \nu_G^2)}} \quad \text{式(3)}$$

10

を満足する構成とした(請求項7)。

【0023】

このように構成されることにより、投影光学系は、曲げの剛性式を基本として各光透過板の擬似円筒面状態をより理想に近づけるためにシール枠体の厚みとシール枠体の物質的な特性とを好ましい範囲に設定している。

20

【0024】

また、本発明に係る投影光学系において前記入射側凸レンズおよび前記出射側凸レンズは、前記密閉空間の気圧を調整して、それぞれの光透過板が擬似円筒面状態であるときに、それぞれの凸レンズの変形比率が0.2%以下であるような厚みを備える構成とした(請求項8)。

このように構成されることにより、投影光学系は、第1光透過板および第2光透過板のそれぞれが、密閉空間の気圧を調整されて平板状態から擬似円筒面状態に湾曲したときに、入射側凸レンズおよび出射側凸レンズに対しての圧力による変形が、圧力の変化する前と比較して、光学性能上無視できる状態の範囲で、かつ、好適な補正効果を期待できるものとなる。

30

【0025】

さらに、本発明に係る投影光学系において、前記第1光透過板および前記第2光透過板における前記投影光の光路に対する有効透過設定範囲は、擬似円筒面状態としたときに、当該第1光透過板および当該第2光透過板の周縁から内側に向かってあらかじめ設定される位置に設けられた構成とした(請求項9)。

このように構成されることにより、投影光学系は、擬似円筒面状態とした際、マスクの倍率を補正する場合に有効となる第1光透過板あるいは第2光透過板のより好ましい範囲に投影光の光路を設定できるようになる。

【0026】

そして、本発明に係る投影露光装置は、光源から照射された紫外線を含む光を、露光するパターンが描画されたマスクを透過させて投影光として、前記パターンを形成する被処理基板の露光領域に対して照射する投影露光装置において、前記被処理基板と前記マスクにあらかじめ形成されているそれぞれの整合マークを撮像する撮像手段と、前記ワークと前記マスクの間に設けられた投影光学系と、この投影光学系の入射側および出射側にそれぞれ設置された、前記マスクにおけるパターンの投影像の倍率を補正する第1補正倍率光学系および第2補正倍率光学系と、前記撮像手段により撮像した前記各マークの映像情報に基づいて、前記補正倍率光学系を制御する制御手段と、を備える構成とした(請求項10)。なお、前記第1補正倍率光学系は、前記投影光学系の入射側凸レンズに対面して密閉空間を介して設けた第1光透過板を備え、前記第2補正倍率光学系は、前記投影光学系の出射側凸レンズに対面して密閉空間を介して設けた第2光透過板を備え、前記密閉空間

40

50

のそれぞれの気圧を調整して、前記第 1 光透過板または前記第 2 光透過板を平板状態から擬似円筒状態に変形させる変形手段を備え、前記制御手段は、前記映像情報に基づいて、前記変形手段を制御する構成としても構わない（請求項 11）。

【0027】

このように構成されることにより、投影露光装置では、はじめに撮像手段により両マークを撮像した映像情報により被処理基板の伸縮状態を制御手段が認識するとともに、第 1 補正倍率光学系または第 2 補正倍率光学系のいずれかを制御してパターンの投影像の倍率を補正している。このときの、両補正倍率光学系は、投影光学系に対して光学的に対称な位置に配置された状態で、倍率補正を行なっている。また、両補正倍率光学系の密閉空間を制御手段からの制御により変形手段が調整する、つまり、密閉空間の気圧を増減することにより、第 1 光透過板または第 2 光透過板を平板状態から擬似円筒面状態に湾曲させて変化させることで、光学的な対称性を維持した状態で倍率補正を行なっている。

10

【0028】

なお、投影光学系を、第 1 反射面および第 2 反射面を所定角度に設けた反射体と、この反射体に対峙して配置した反射補正光学系と、反射補正光学系の中心軸に対して対称となる一方と他方に、設置面に対して垂直に配置される入射側凸レンズおよび出射側凸レンズとを備える反射屈性投影光学系としても構わない。そのため、露光装置では、光源からの光が、照射されて反射鏡およびフライアイレンズなどを介してマスクを通過し、投影光として第 1 補正光学系および入射側凸レンズから投影光学系に入射する。そして、投影露光装置では、投影光学系において一旦、反射体の第 1 反射面により投影光の向きを水平方向から垂直方向に変えて反射し、再び投影光を垂直方向から水平方向に補正反射光学系により反射し、反射体の第 2 反射面により投影光を垂直方向から水平方向に変える。さらに、投影露光装置では、反射体の第 2 反射面から反射された投影光を、出射側凸レンズおよび第 2 補正倍率光学系を介して基板保持テーブルに垂直に保持されている被処理基板に対して照射する。

20

【0029】

また、投影露光装置は、マスクにおけるパターンの投影像の倍率を補正するとき、例えば、マスクにおける投影像の横方向のスケールを縮小するときには、入射側凸レンズに対面する第 1 補正倍率光学系を作動させ密閉空間の気圧を調整することで第 1 光透過板を平板状態から擬似円筒面状態に湾曲させる。また、マスクにおける投影像の横方向のスケールを拡大するときには、出射側凸レンズに対面する第 2 補正倍率光学系を作動させ、密閉空間の気圧を調整することで、第 2 光透過板を平板状態から湾曲状態に湾曲させるものである。なお、投影露光装置では、投影光学系がマスクおよび被処理基板の間において対称に各エレメントを配置していることにより、入射側での歪曲を出射側において吸収することができる関係となっている。

30

【発明の効果】

【0030】

本発明に係る投影光学系および投影露光装置では、以下に示すように優れた効果を奏するものである。

(1) 投影光学系は、反射体および反射補正光学系を中央として対称となる位置に入射側凸レンズおよび出射側凸レンズが配置され、第 1 補正倍率光学系および第 2 補正倍率光学系についても光学的な対称となる位置に配置されているため、一方の補正倍率光学系の光透過板を擬似円筒面状態にすることで例えばマスクにおける投影像の横方向のスケールを縮小（拡大）させる方向に補正でき、また、他方の補正倍率光学系の光透過板を擬似円筒面状態にすることで、パターンの投影像の横方向のスケールを拡大（縮小）させる方向に補正できる。また、投影光学系の両補正倍率光学系は、設置面に対して垂直に配置されているため、自重や重力の影響が最小限となり補正精度を維持した状態で動作することができる。なお、投影光学系では、両補正倍率光学系が、光学的に対称に配置されているため、補正倍率光学系を動作させるときに、光学的収差を打ち消すように補正が行なわれることになる。また、投影光学系は、補正の幅が、従来のものと比較して広く調整すること

40

50

が可能となる。もちろん、投影光学系は、光学的な非対称の配置と比較して高精度な加工や組立ては必要としない。

【0031】

(2) 投影光学系は、密閉空間の気圧の調整により第1光透過板または第2光透過板を、平板状態から擬似円筒面状態にシール枠体を介して湾曲させてレンズの働きもたせるようにしてパターンの投影像の倍率を補正しているため、各光透過板を変形させる調整が容易であると共に、変形させるときの各光透過板に対する機械的な付加を分散することで光透過板に対する付加を最小限とし、各補正倍率光学系の精度を維持して補正倍率の調整を可能にしている。

(3) 投影光学系は、両光透過板を平板状態から擬似円筒面状態に湾曲させるときに、ガイドバーを介して密閉空間の気圧を調整することで行なっているため、理想に近い円筒面を形成でき、補正倍率光学系の繰り返し動作を行なっても補正精度を維持して補正精度の一層の向上を可能とする。さらに、投影光学系は、擬似円筒面を互いに直交するように配置することで、パターンの投影像に対する縦と横の倍率が個々に補正できる。また、投影光学系は、均等変倍をするための機構が不要となる。

10

【0032】

(4) 投影光学系は、機械変形の特性を、光透過板の板厚みと長辺との関係で規定すると共に、補正能力および歪曲の特性を、主光線傾角と板厚みとの関係で規定しているため、より調整し易く、かつ、補正倍率精度の優れた補正倍率光学系を提供することが可能となる。

20

(5) 投影光学系は、各光透過板およびシール枠体の材質と厚みの関係を所定の値とすることで規定しているため、密閉空間の気圧の調整でより適切となる擬似円筒面状態を形成することが可能となり、理想に近い円筒面を提供でき補正倍率の調整を行なうときに有利となる。

【0033】

(6) 投影光学系は、各凸レンズと各光透過板との厚さの関係を規定することで、各凸レンズに対する気圧の影響を最小限にでき、各凸レンズの変形が光学的性能上において無視できる状態となり、密閉空間の気圧を調整して各光透過板の形状を変形させる動作を行っても他の光学エレメントに与える影響を最小限とすることができる。

(7) 投影光学系は、各光透過板を平板状態から擬似円筒面状態として湾曲させたとき、投影光の光路をあらかじめ設定された有効透過設定範囲としているため、倍率補正を行なうときに有効に使用できる補正レンズとしての円筒曲面部分を利用することができ、補正精度をより向上させることが可能となる。

30

【0034】

(8) 投影露光装置は、各補正倍率光学系が光学的な対称となる位置に配置されているため、一方の補正倍率光学系を調整することで例えばパターンにおける投影像の横方向のスケールを縮小させる方向に補正でき、また、他方の補正倍率光学系を調整することで、例えば、パターンにおける投影像の横方向のスケールを拡大させる方向に補正できる。また、投影光学系の両補正倍率光学系は、両マークの映像情報に基づいて制御手段により制御されるため、ワークの伸縮に適切でかつ速やかに対応することができ、従来の構成と比較して作業性に優れている。

40

【0035】

また、投影露光装置は、その両補正倍率光学系が、密閉空間を調整することで光透過板を平板状態から擬似円筒面状態に湾曲させるように動作させて倍率補正を行なっており、自重や重力の影響が最小限となり補正精度を維持した状態で動作することができる。なお、投影露光装置の投影光学系では、両補正倍率光学系が、光学的に対称に配置されているため、補正倍率光学系を動作させるときに、光学的収差を打ち消すように補正が行なわれることになる。さらに、投影露光装置では、それぞれの光透過板の擬似円筒面状態を、撮像手段による映像情報に基づいて制御手段からの制御により、変形手段が密閉空間の気圧の調整により行っているため、補正倍率についても固定されことなく調整できる。

50

【発明を実施するための最良の形態】

【0036】

以下、本発明を実施するための最良の形態を、図面を参照して説明する。

図1は投影露光装置の各エレメントの配置を模式的に示す模式図、図2は投影光学系の分解斜視図、図3(a)は投影光学系の第1光透過板、シール枠体、入射側凸レンズの厚みの関係を模式的に示す断面図、(b)は第1光透過板の長辺の長さおよび擬似円筒面状態のときの円筒頂部を模式的に示す模式図、図4は投影光学系の投影光に対する有効光路面積を説明する正面図である。なお、ここでは、はじめに投影光学系Aについて説明し、その後、投影露光装置1について説明することとする。

【0037】

10

図1に示すように、投影露光装置1の投影光学系Aは、マスクMとワークWの間に各光学エレメントが対称となるように設置されている。この投影光学系Aは、中央に配置される反射体5の上方に対峙して反射補正光学系6を図示しないフレームに支持させて配置して備えると共に、その反射補正光学系6の中心軸に対して対称となる位置に入射側凸レンズ4および出射側凸レンズ7を備え、かつ、入射側凸レンズ4に対面して第1補正倍率光学系A1と、出射側凸レンズ7に対面して第2補正倍率光学系A2と、を備えている。なお、光学エレメントとは、ここでは投影光を透過、反射するものをいう。

【0038】

入射側凸レンズ4および出射側凸レンズ7は、反射体5を中央として共軸に配置されており、それぞれが単レンズとして配置され、両面凸レンズが用いられている。入射側凸レンズ4および出射側凸レンズ7は、同一の屈折率となるようにここでは構成されている。

20

そして、入射側凸レンズ4は、反射体5の第1反射面5aに投影光を透過して送る位置に配置されている。なお、入射側凸レンズ4は、ここではレンズ中央から下方のみが投影光に対して有効な光路となるように設定されている。

また、出射側凸レンズ7は、ここでは両面凸レンズが用いられ、反射体5の第2反射面5bから反射される投影光を透過させる位置に配置されている。この出射側凸レンズ7は、入射側凸レンズ4と同様に中央から下方のみが投影光に対して有効な光路となるように設定されている。

【0039】

反射体5は、光路の向きを変えるものであり、入射側凸レンズ4から透過されてきた投影光を、水平方向から垂直方向に反射して変えるように所定角度で形成された第1反射面5aと、この第1反射面5aに隣接して、反射補正光学系6から送られて来た投影光を、垂直方向から水平方向に反射してその向きを変えるように所定角度で形成された第2反射面5bとを備えている。なお、この反射体4は、入射側凸レンズ4から出射側凸レンズ7まで投影光の光路を確保できる状態であれば、その形状および製造方法について特に限定されるものではない。

30

【0040】

反射補正光学系6は、補正光学系である第1凸レンズ6a、平凸レンズ6bと、凹レンズ6cとを共軸に備えると共に、その凹レンズ6cに対面した位置に凹面反射ミラー6dを配置して備えている。この反射補正光学系6は、凹面反射ミラー6dが、設置される入射側凸レンズ4、反射体5、補正光学系(6a、6b、6c)などの配置により、設置高さ、焦点距離が設定されるものであり、ここでは、入射側凸レンズ4および出射側凸レンズ7の焦点距離 f_a としたときに、凹面反射ミラー6dの焦点距離 f_b との比率関係が絶対値において、 $1.2 < f_a / f_b < 5.5$ の関係を満足する位置関係となるように配置されることが好ましい。凹面反射ミラー6dは、 $1.2 < f_a / f_b < 5.5$ の範囲に設置されると、テレセントリック性(主光軸の平行性)が維持できる状態を容易に確保でき都合がよい。なお、補正光学系である各レンズ6a、6b、6cは、それぞれ単レンズで構成されている。また、反射補正光学系6は、全体として補正光学系(6a、6b、6c)が正の屈折力をもつものであればよい。

40

【0041】

50

図 1 および図 2 に示すように、第 1 補正倍率光学系 A 1 と、第 2 補正倍率光学系 A 2 とは、それぞれ同一の光学エレメントを用いて光学的に対称となる位置に配置されている。第 1 補正倍率光学系 A 1 は、ここでは合成石英ガラス板で形成した第 1 光透過板 1 1 と、この第 1 光透過板 1 1 を平板状態から擬似円筒面状態に変形自在にシール枠体 1 2 c を介して保持する第 1 保持手段 1 2 と、この第 1 保持手段 1 2、第 1 光透過板 1 1 および入射側凸レンズ 4 とで囲繞される密閉空間 1 3 とを備えている。そして、この第 1 補正倍率光学系 A 1 の密閉空間 1 3 は、接続管 1 4 を介して設けられた調整手段 1 5 を有する変形手段 1 6 により気圧の調整が行なわれるものである。

【0042】

同様に、第 2 補正倍率光学系 A 2 は、ここでは合成石英ガラス板で形成した第 2 光透過板 2 1 と、この第 2 光透過板 2 1 を平板状態から擬似円筒面状態に変形自在にシール枠体 2 2 c を介して保持する第 2 保持手段 2 2 と、この第 1 保持手段 2 2、第 2 光透過板 2 1 および出射側凸レンズ 7 とで囲繞される密閉空間 2 3 とを備えており、密閉空間 2 3 の気圧が、接続管 1 4 を介して設けた調整手段 1 5 を備える変形手段 1 6 により調整されるものである。なお、ここは、前記した調整手段 1 5 を第 1 補正倍率光学系 A 1 と共有している構成として説明する。もちろん調整手段 1 5 は、それぞれの補正倍率光学系 A 1, A 2 が各々備える構成としても構わない。

【0043】

第 1 光透過板 1 1 は、合成石英ガラス板など露光作業に必要な所定波長の紫外線を透過させることができる光透過部材であればよい。この第 1 光透過板 1 1 は、入射側凸レンズ 4 との関係では、密閉空間 1 3 の気圧の調整を行なったときに、入射側凸レンズ 4 に対する変形比率が 0.2% 以下である板厚の関係であることが望ましい。すなわち、入射側凸レンズ 4 では、密閉空間 1 3 の気圧の調整を行ったときに、入射側凸レンズ 4 の変形比率が 0.2% を超えない範囲であると、投影光の屈折の変化量が無視できる範囲となるからである。つまり、入射側凸レンズが圧力により変形しても、光学性能上無視できる状態の範囲であり、かつ、他の光学エレメントと併せて好適な補正効果を期待できるものを維持できる状態である。ちなみに、第 1 光透過板 1 1 と、入射側凸レンズ 4 との厚みの関係は、一例として、第 1 光透過板 1 1 が 5 mm であったときに、入射側凸レンズ 4 が最大肉厚部 4.0 mm、最小肉厚部 2.5 mm としている。この場合、密閉空間 1 3 の気圧の調整を行なって 6.5 kPa の付加を与え、第 1 光透過板 1 1 を擬似円筒面状態に湾曲させても、入射側凸レンズ 4 が変形前と変形後ではその変形比率は、0.2% 以下となる。

【0044】

また、この第 1 光透過板 1 1 は、投影光の光軸に直交する透過面積 ($L_D \times L_T$ 、図 4 参照) より広い面積となる長方形 (正方形を含む四角形あるいは矩形) に形成され、図 3 (a), (b) に示すように、所定の板厚 (中心厚) d としたときに、長辺 D との関係が、式 (1) 示す $1 < \{ (d/D) \times 100 \} < 10$ となるように設定され、かつ、投影光の主光線傾角 ω と板厚 d (中心厚) との関係が式 (2) で示す $0.01 < (\omega^2 \times d) < 2.5$ の条件を満たすように設定されることが好ましい。

$$1 < \{ (d/D) \times 100 \} < 10 \quad \text{式 (1)}$$

$$0.01 < (\omega^2 \times d) < 2.5 \quad \text{式 (2)}$$

【0045】

第 1 光透過板 1 1 は、長辺 D と板厚 d との関係で式 (1) において比率が「1」を越えるようにならないと、機械的な強度が保つことが困難になりやすく、また、平板状態から擬似円筒面状態に湾曲させる場合に密閉空間を制御することが困難になりやすい状態となる。また、第 1 光透過板 1 1 は、式 (1) において比率が「10」以下であると機械的な強度を保った状態で変形するときに特に制御することが容易となる。したがって、長辺 D と板厚 d との関係が式 (1) を満たすことが特に好ましい。

【0046】

第 1 光透過板 1 1 は、さらに、式 (2) において $(\omega^2 \times d)$ が「0.01」を越える、主光線傾角 ω を非常に小さくする必要がなくなり、設計上好ましい状態となる。また

、第1光透過板11は、式(2)において $(\omega^2 \times d)$ が「2.5」未満であると、歪曲が0.002%を越える場合がほとんどなく、歪曲が小さい状態が維持でき、リソグラフィ技術に適用するには最適な範囲となる。そのため、第1光透過板11は、式(1)、式(2)の条件を満足することが好ましい。

なお、第2光透過板21の板厚、その他の構成、および、出射側凸レンズ7との関係は、すでに説明した第1光透過板11と同じであるため、その説明を省略する。

【0047】

図2に示すように、第1保持手段12は、ここでは入射側凸レンズ4を擬似円筒面状態に変形可能に保持すると共に第1光透過板11を保持するように構成されており、入射側凸レンズ4に沿って配置され開口窓を有する枠本体12aと、この枠本体12aの開口窓に沿って取り付けられるシール枠体12cと、このシール枠体12cを介して設けられる第1光透過板11と、この第1光透過板11の光路となる位置に開口を有する挟持枠体12dと、第1光透過板11の左右端(擬似円筒面状態としたときの円筒頂部に対して対称)となる位置に配置されたガイドバー11a, 11bと、を備えている。なお、この第1保持手段12は、入射側凸レンズ4を枠本体12aとで挟持するレンズ挟持枠体12eも、ここでは備えている。そして、この第1保持手段12は、枠本体12aの上端に補助フレーム12bが取付けられるように構成されており、この補助フレーム12bが入射側凸レンズ4の凸曲面に沿って当接してシールするように構成されている。なお、補助フレーム12bは、枠本体12aと一体に形成される構成としても構わない。

【0048】

ここで使用されるシール枠体12cと第1光透過板11との関係は、曲げ剛性比であるつぎの式(3)に示す条件、つまり、

【数3】

$$0 < T_s < 3 \sqrt{\frac{E_G \times T_G^3 (1 - \nu_s^2)}{5.0 \times 10^4 \times E_s (1 - \nu_G^2)}} \quad \text{式(3)}$$

を満足する構成であることが望ましい。なお、式(3)中において、 E_G は第1(第2)光透過板のヤング率、 E_s はシール枠体のヤング率、 T_G は第1(第2)光透過板の板厚、 T_s はシール枠体の厚み、 ν_G は第1(第2)光透過板のポアソン比、 ν_s はシール枠体のポアソン比である。

【0049】

シール枠体12cは、式(3)において、左辺の値を超えないと存在しないことになり、また、右辺の値未満であると、第1光透過板11が目的とする擬似円筒面状態に湾曲することが容易となるため、式(3)の条件を満足することが望ましい。ちなみに、ここでは、一例として、シール枠体12cと第1光透過板11との曲げ剛性比を、1対5000に設定しており、この場合では、第1光透過板11が5mmであり、シール枠体12cをシリコンシートで形成したときに、そのシリコンシートの厚みを3mm程度まで許容できるようにするものである。

【0050】

ガイドバー11a, 11b(21a, 21b)は、第1光透過板11の一端から他端に亘って当接する長さを備えており、ここでは断面円形に形成されている。このガイドバー11a, 11bは、同じ長さ、同じ断面形状となるように形成されており、図3(b)に示すように、第1光透過板11の湾曲頂部CPに対して対称となる位置に配置されている。なお、このガイドバー11a, 11bの断面形状は、三角形、四角形、楕円形など各光透過板11, 21に当接して擬似円筒面状態にガイドできる形状であれば、円形に限定されるものではない。また、ガイドバー11a, 11bの長さについても同様で、第1光透過板11の一端から他端に亘って当接する長さでなくても、第1光透過板11が適切に擬似円筒面状態になれば良い。

また、このガイドバー 11a、11b (21a, 21b) は、第 1 光透過板 11 の一方側にのみ配置した構成として説明したが、その第 1 光透過板 11 の両側で対面する配置されていても構わない。

【0051】

なお、第 2 補正倍率光学系 A2 側の構成、すなわち、第 2 光透過板 21 および第 2 保持手段 22 などは、すでに説明したものと同一構成であるため、符号の十の位を 2 として付して (図 2 参照)、構成の説明は省略する。

【0052】

そして、図 2 および図 5 に示すように、第 1 補正倍率光学系 A1 は、第 1 光透過板 11、第 1 保持手段 12 および入射側凸レンズ 4 により圍繞される密閉空間 13 が形成され、この密閉空間 13 の気圧を変形手段 16 により調整することで、第 1 光透過板 11 を平板状態から擬似円筒面状態、あるいは、擬似円筒面状態から平板状態に変形させて、パターンの投影像のスケールを倍率補正している。なお、図 1 に示すように、第 1 補正倍率光学系 A1 および第 2 補正倍率光学系 A2 のそれぞれの密閉空間 13, 23 は、ここでは変形手段 16 により気圧の調整をそれぞれ行なうように構成されている。もちろん、各密閉空間 13, 23 を別々の図示しない変形手段 (第 1 変形手段、第 2 変形手段) により調整する構成としても構わない。

10

【0053】

変形手段 16 は、各密閉空間 13, 23 に一端が接続される接続管 14 と、この接続管 14 の他端に接続されるコンプレッサあるいは真空ポンプなどの調整手段 15 とを備えており、図示していないが、必要な位置に、切換弁、リーク弁などを備えている。

20

【0054】

なお、図 1 に示すように、この変形手段 16 では、第 1 光透過板 11 および第 2 光透過板 21 が、例えば、板厚 d が 5 mm であったときに、密閉空間 13, 23 に 1 ~ 6 . 5 kPa の気圧をさらに負荷することで、第 1 光透過板 11 または第 2 光透過板 21 を平板状態から擬似円筒面状態に湾曲させることができるものである。なお、密閉空間 13, 23 に負圧、つまりマイナス 1 ~ 6 . 5 kPa の気圧を減圧することで凸面を凹面とする擬似円筒面状態に湾曲させることも可能である。

【0055】

また、図 4 に示すように、投影光の光路は、第 1 光透過板 11 および第 2 光透過板 21 において、有効透過設定範囲となるようにあらかじめ設定されていることが好ましい。すなわち、両光透過板 11, 21 は、平板状態から擬似円筒面状態に湾曲してマスク M (図 1 参照) のパターンの投影像についての倍率補正を行なっているため、理想円筒面をできるだけ有効に使用することが望ましく、第 1 光透過板 11 および第 2 光透過板 21 の周縁である GT, GD から内側にシフトした領域 LT, LD に有効透過設定範囲を設定している。なお、有効透過設定範囲は、必要な条件を加味して計算した範囲で設定することや、また、実際に投影光をワーク W (図 1 参照) の露光領域に照射して設定することや、その両者により設定しても構わない。

30

【0056】

また、図 1 に示すように、両凸レンズ 4, 7 および両補正倍率光学系 A1, A2 は、支持移動機構 30 に支持されて、入射側凸レンズ 4 および出射側凸レンズ 7 を、所定間隔を維持した状態で、光軸方向に対して平行に移動するように構成されていても構わない。この支持移動機構 30 は、両凸レンズ 4, 7 および両補正倍率光学系 A1, A2 を支持する支持手段 31 と、この支持手段 31 を移動するための案内レール 32 と、この案内レール 32 に沿って前記支持手段 31 を移動させるための駆動手段 33 とを備えており、両凸レンズ 4, 7 および両補正倍率光学系 A1, A2 を光軸方向に沿って平行に移動できる構成 (例えば、送りねじ機構、スライド機構など) であれば特に限定されるものではない。

40

【0057】

つぎに、投影光学系 A の作用を説明する。

図 1 に示すように、投影光学系 A に対して投影光が送られてくると、その投影光は、は

50

じめに第1補正倍率光学系A1の第1光透過板11を透過して入射側凸レンズ4を透過して反射体5の第1反射面5aに到達する。このとき、第1補正光学系A1では、第1光透過板11を平板状態としており、倍率補正を行なっていない状態である。そして、投影光は、反射体5の第1反射面5aにより水平方向から垂直方向に反射される。

【0058】

反射体5の第1反射面5aにより反射された投影光は、補正光学系(6a, 6b, 6c)および凹面反射ミラー6dを介して、反射体5の第2反射面5bに送られる。このとき、補正光学系(6a, 6b, 6c)は、正の屈曲力を持つように配置され、また、凹面反射ミラー6dの焦点距離および入射側凸レンズ2(出射側凸レンズ3)の焦点距離との比の関係において、所定の条件を満足していることから、テレセントリック性(主光線の平行性)を保った状態を維持することができる。

【0059】

そして、反射補正光学系6を介して送られて来た投影光は、反射体5の第2反射面5bにより、垂直方向から水平方向に向きを変えられた状態で反射して、出射側凸レンズ7および第2補正倍率光学系A2の第2光透過板21を透過して出射する。このとき、第2補正光学系A2では、第2光透過板21を平板状態としており、倍率補正を行なっていない状態である。そのため、投影光は、マスクMのパターンにおける投影像を1対1の状態でワークWに照射して露光できる状態となる。

【0060】

つぎに、第1補正倍率光学系A1を作動させたときの作用を説明する。なお、ここで示す投影光学系Aでは、第1補正倍率光学系A1を作動させると、設置されているマスクMのパターンにおける投影像について横方向の倍率が縮小するように設定されている。

マスクMとワークWとの位置合わせを行うときに、それぞれのワークマークWm, マスクマークMm(整合マーク(図1参照))をアライメントする際、ワークWの伸縮状態が判断されて、ワークWの伸縮状態に対応させて倍率補正を行なうことになる。例えば、設置されたワークWの横方向の寸法が0.01%縮小されていた場合には、その縮小率に関する情報が変形手段16側に制御手段17を介して伝達され、その縮小率に合わせて変形手段16の調整手段15が密閉空間13の気圧を調整する。

【0061】

第1光透過板11は、密閉空間13の気圧が調整されて増加したときには、図5(a)に示す状態から、図5(b)に示す状態となるように、平板状態から擬似円筒面状態に湾曲する。なお、一例として、第1光透過板11が5mmであったときには、密閉空間13の気圧を1~6.5kPa増加させることにより、第1光透過板11の中心位置CLにおいて形成される円筒頂部CP(図3(b)参照)において平面から最大1.6mm程度の湾曲状態とする擬似円筒面状態に湾曲することができる。なお、一例として、第1光透過板11が1mm撓んだ状態の擬似円筒面を形成すると、20 μ m~30 μ mの倍率の調整を行なうことが可能となる。また、このとき湾曲する際には、左右のガイドバー11a, 11bにより円筒面になるように案内されていることと、投影光の有効光路設定範囲が第1光透過板11の周縁から内側にシフトして設定されていることにより、より理想となる第1光透過板11の円筒面部分が使用されることになる。ちなみに、一例として、第1光透過板11が横390mm、縦170mmであったときに、有効光路設定範囲は、横200mm、縦100mmとしている。なお、第1光透過板11は、ガイドバー11a, 11bと直交する上下となる2辺側が、シール枠体12cに取り付けられているため、ガイドバー11a, 11b沿って湾曲したときに、上下となる2辺が円筒面に近い擬似円筒面の状態に追従して湾曲することができる。

【0062】

そして、図6に示すように、密閉空間13の気圧が調整されて増加した気圧が第1光透過板11に負荷されると、同様に入射側凸レンズ4に対しても増加した気圧が負荷されることになる。このとき、入射側凸レンズ4では、図3に示すように、第1光透過板11の板厚dに対して十分な厚みLw, Lwを備えているため、変形比率が0.2%以下となり

、光学性能上無視できるものとなる。

【0063】

そのため、投影光が第1補正倍率光学系A1の第1光透過板11を介して入射側凸レンズ4、反射体5の第1反射面5a、反射補正光学系6、反射体5の第2反射面5b、出射側凸レンズ7および第2補正倍率光学系A2の第2光透過板21からワークW側に出射されると、マスクMのパターンにおける投影像が横方向において0.01%縮小した状態でワークWに照射されることになる。

【0064】

また、ワークWの横幅方向が0.01%伸張した場合には、第1補正倍率光学系A1の第1光透過板11は、平板状態のままとし、前記したときと同様に、ワークWの縮小率に関する情報が制御手段17を介して変形手段16に伝達され、第2補正倍率光学系A2を作動させ、第2光透過板21を平板状態から擬似円筒面状態に湾曲させる動作を行なった後に投影光を照射している。そうすると、投影光は、第1補正倍率光学系A1の第1光透過板11、入射側凸レンズ4、反射体5の第1反射面5a、反射補正光学系6、反射体5の第2反射面5b、出射側凸レンズ7までは倍率変化しない状態であり、第2補正倍率光学系A2の第2光透過板21を透過するときに、倍率補正されてワークW側の照射されることになる。なお、第2補正倍率光学系A2の動作は、すでに説明した第1補正倍率光学系A1の第1光透過板11で説明した動作と同じであるため、その説明を省略する。

【0065】

以上説明したように、投影光学系Aでは、第1補正倍率光学系A1および第2補正倍率光学系A2のいずれかを動作させることで、ワークWの伸縮に対応してマスクMのパターンにおける投影像を照射して露光作業を行なうことが可能となる。なお、この投影光学系Aでは、両補正倍率光学系A1、A2が光学的に対称であるため、歪曲を相殺する関係となっている。

【0066】

また、この投影光学系Aの両補正倍率光学系A1、A2および両凸レンズ4、7を支持している支持移動機構30を動作させることで、パターン全体の投影像を縮小あるいは拡大することができ、支持移動機構30の動作とあわせて、両補正倍率光学系A1、A2を動作させるようにしてもよい。

【0067】

さらに、図7に示すように、第1光透過板11と第2光透過板21とを互いに直交させる方向に擬似円筒面を形成できるように配置しても構わない。そのため、図7(a)の状態から図7(b)の状態となるように、第1光透過板11を平板状態から擬似円筒面状態に湾曲させることで、例えば、パターンの投影像の縦方向のスケールを縮小(拡大)させる補正ができ、また、図7(b)の状態から図7(c)の状態となるように、第2光透過板21を平板状態から擬似円筒面状態に湾曲させることで、パターンの投影像の横方向のスケールを拡大(縮小)させることができるように設定できるものとなる。このとき、ガイドバー11a、11bおよびガイドバー21a、21bにそれぞれ各光透過板11、21を隔てて対面する位置に図示しないガイドバーを設定することで、擬似円筒面状態が凹面と凸面に変形することができるようになる。各光透過板11、21の両面位置にガイドバーを設置する場合には、シール枠体12c(22c)(図5参照)は、各光透過板11、21の板厚を両側から挟みこむように設けられると都合がよいものとなる。

【0068】

なお、両補正倍率光学系A1、A2は、それぞれ入射側凸レンズ4の入射面と、出射側凸レンズ7の出射面に各光透過板11、21を、密閉空間13、23を介して対面して配置する構成として説明したが、入射側凸レンズ4の出射面と、出射側凸レンズ7の入射面に対面して密閉空間13、23を介して各光透過板11、21を配置する構成としても構わない。

【0069】

つぎに、投影露光装置1について説明する。なお、投影光学系Aに関する構成はすでに

10

20

30

40

50

説明したので、その他の部分について説明する。

図 1 に示すように、投影露光装置 1 は、光源 3 と、投影光学系 A と、ワーク W を保持するワーク保持手段 8 と、マスク M とワーク W のそれぞれのマーク W_m、M_m を撮像する CCD などの撮像手段 9 と、この撮像手段 9 により撮像した両マーク W_m、M_m の位置情報から両マーク W_m、M_m のズレ量および、ワーク W の伸縮量を演算して制御する制御手段 17 と、両マーク W_m、M_m を作業者が目視できるように表示するモニタ 10 とを主に備えている。

【0070】

光源 3 は、所定波長の紫外線を含む光を照射するランプ 2a と、このランプ 2a から照射される光を集光して反射する楕円反射鏡 2b とを有する光源部 2 と、この光源部 2 から照射された光を垂直方向から水平方向に反射する平面反射鏡 2c と、この平面反射鏡 2c から反射されてきた光の照度分布を均一化するためのフライアイレンズ 2d とを備えている。

10

【0071】

撮像手段 9 は、マスク M のマスクマーク M_m と、ワーク W のワークマーク W_m とをハーフミラーなどを介して認識し、その認識した映像情報をモニタ 10 に出力すると共に、制御装置 17 に出力している。なお、この撮像手段 9 は、露光時には光路から退避して露光作業を行なうように図示しない移動手段に設けられている。

【0072】

制御手段 17 は、撮像手段 9 からの情報により、ワーク W の伸縮状態を反映させて、両補正倍率光学系 A₁、A₂ のそれぞれの光透過板 11、21 の状態を変形させる密閉空間 13、23 の調整をしている変形手段 16 を制御すると共に、支持移動機構 30 の動作も制御し、かつ、ワーク保持テーブルの整合作業の動作についての制御を行なうものである。

20

【0073】

この制御手段 17 は、撮像手段 9 から送られてきた映像情報をデジタル情報に変換する変換部 17a、この変換部 17a で変換されたデジタル情報を演算する演算部 17b と、この演算部 17b で演算された結果を比較する比較部 17c と、この比較部 17c の比較した結果に基づいて密閉空間の気圧の調整量と、支持移動機構 30 の移動量およびワーク保持手段 8 の整合移動量を決定する決定部 17d と、各情報を記憶する記憶手段 17e と

30

【0074】

変換部 17a は、撮像手段 9 から送られてきた両マーク W_m、M_m の映像情報を多値化してデジタル情報に変換するものである。この変換部 17a は、アナログ信号をデジタル信号に変化することができるものであれば、その構成を限定されるものではない。

また、演算部 17b は、変換部 17a で変換されたデジタル情報をあらかじめ設定された演算則に基づいて演算するものであり、各ワークマーク W_m（ここでは 4 箇所）の位置を示す位置情報を演算すると共に、各マスクマーク M_m（ここでは 4 箇所）の位置を示す位置情報とを演算している。この演算部 17b は演算した結果を記憶手段 17e に出力して記憶させている。

40

【0075】

比較部 17c は、記憶手段 17e に記憶されているワークマーク W_m あるいはマスクマーク M_m の位置情報（あらかじめ記憶されている基準位置情報であっても良い）と、演算部 17b により演算されたそれぞれのマーク W_m、M_m の位置情報とを比較して、ワークマーク W_m 間の距離およびマスクマーク M_m とワークマーク M_m とのズレ量を算出している。なお、ここでは、ワークマーク W_m 間の距離が算出されることにより、ワーク W の伸縮量も算出されることになる。

【0076】

決定部 17d は、比較部 17c により算出されたワークマーク W_m 間の距離から、マスク M のパターンにおける投影像の補正倍率を、あらかじめ設定された演算式あるいはあら

50

はじめ記憶手段 17 e に記憶させた演算テーブルに基づいて決定すると共に、密閉空間 13, 23 の気圧の調整量を決定し、かつ、マスクマーク M m とワークマーク M m とのズレ量からワーク保持手段の整合量を決定するものである。さらに、この決定部 17 d は、算出されたワークマーク W m 間の距離から、支持移動機構 30 の移動量も決定するものである。

記憶手段 17 e は、各情報を記憶するためのものであり、ハードディスク、光ディスクなどの一般的にデータを記憶することができるものであれば、限定されるものではない。

【0077】

ワーク保持手段 8 は、ワーク W を設置面に対して垂直に保持する共に、ワーク W のワークマーク W m と、マスク M のマスクマーク M m との位置合わせ作業をする整合機構（図示せず）を備えている。

10

つぎに、投影露光装置 1 の作用を説明する。

投影露光装置 1 は、すでにマスク M が設定され、図示しないハンドラなどによりワーク W がワーク保持手段 8 に保持されると、はじめに、撮像手段 9 によりマスク M のマスクマーク M m と、ワーク W のワークマーク W m とを撮像位置まで移動して撮像する。撮像手段 9 により撮像された映像情報は、モニタ 10 に表示されると共に、制御手段 17 に出力される。

【0078】

制御手段 17 では、変換部 17 a、演算部 17 b、比較部 17 c および決定部 17 d によりマスク M のマスクマーク M m とワーク W のワークマーク W m とのズレ量から算出されたワーク W のワーク保持手段 8 における整合移動量が決定され、ワーク保持手段 8 にその情報が出力されると共に、ワーク W の伸縮量から両補正倍率光学系 A 1, A 2 の密閉空間 13, 23 の気圧を調整する調整量が決定されその情報が変形手段 16 に出力される。そのため、ワーク保持手段 8 では、ワーク W とマスク M の整合作業（アライメント作業）が行なわれ、再度、撮像手段 9 により撮像作業が行なわれ、両マーク W m, M m が許容範囲内であれば、整合作業は終了する。

20

【0079】

また、変形手段 16 は、制御手段 17 からの制御により第 1 補正倍率光学系 A 1 あるいは第 2 補正倍率光学系 A 2 の密閉空間 13, 23 のいずれかの気圧を調整して第 1 光透過板 11 あるいは第 2 光透過板 21 のいずれか一方を平板状態から擬似円筒面状態に湾曲させる。そして、光源 3 から紫外線を含む光を照射してマスク M を介して投影光として、投影光学系 A により、ワーク W に照射して露光作業を行なう。なお、ワーク W の伸縮がなかった場合には、制御手段 17 は、変形手段 16 に密閉空間 13, 23 の調整を行なわない信号を出すか、あるいは、あらかじめ決められた時間において、制御手段 17 からの命令がない場合には、密閉空間 13, 23 の調整を行なわないように構成されている。

30

投影露光装置 1 では、露光作業が終了すると、図示しないハンドラなどによりワーク W が搬出され、新たなワークがワーク保持手段に保持され、再び、整合作業からはじめられ、順次ワーク W が露光される。

【0080】

なお、投影光学系 A の全体の倍率変更を行なうときには、制御手段 17 から移動量が支持移動機構 30 に出力されることにより支持移動機構 30 が制御され、両凸レンズ 4, 7 を光軸方向に平行に移動させることで行なっている。そして、併せて両補正倍率光学系 A 1, A 2 の倍率補正を行なうことにより、マスク M のパターンにおける投影像の横方向（縦方向）におけるスケールの倍率補正についても適正に行なうことが可能となる。なお、投影光学系 A は、各光学エレメントが光学的に対称な配置になっているため、光軸方向に平行に移動させることにより、光路全体ではピントが合った状態で、かつ、全体の倍率を縮小拡大させる状態の投影光を提供することができるものである。したがって、投影露光装置 1 は、支持移動機構 30 により両凸レンズ 4, 7 を移動させても光学的なバランスを保った状態で全体倍率の調整をすることができ、両凸レンズ 4, 7 の移動に伴う歪曲の発生を極小に抑えられる。

40

【0081】

また、投影露光装置1における投影光学系Aは、入射側凸レンズから出射側凸レンズの光路に使用される各レンズを単レンズとしているため、接合レンズと異なり接合面の微妙な変化を一切考慮する必要がなく、投影光に対して高い精度を常に維持することが可能となる。

【0082】

さらに、投影光学系Aの両補正倍率光学系A1、A2では、密閉空間13、23に気圧を付加することで、擬似円筒面状態を形成するものについて説明したが、密閉空間13、23を負圧にすることで、擬似円筒面状態を形成するものとしてもよい。すなわち、ガイドバー11a、11b(21a、21b)に対面する位置に、さらに、図示しないガイドバーをそれぞれ配置(このとき枠本体12a、22aはガイドバーを支持する突片を形成したことになる)し、シール枠体12c(22c)の上部あるいはシール枠体12c(22c)から外れた位置において第1光透過板11(第2光透過板21)をガイドする構成としている。したがって、密閉空間13、23を加圧すると、第1または第2光透過板11、21を凸状な擬似円筒面状態に湾曲させ、また、密閉空間13、23を負圧にすることで、第1または第2光透過板11、21を凹状な擬似円筒面状態に湾曲させることができるものとなる。なお、ガイドバーがない構成であっても、シール枠体12c、22cのみで、密閉空間13、23の気圧を加圧あるいは負圧にすることで、両光透過板11、21を擬似円筒面状態に湾曲して使用するものであっても構わない。

【0083】

また、ここでは、両凸レンズ4、7の中央から下方に渡って各光透過板11、21を対面した状態として説明したが、両凸レンズ4、7の全面に渡って対面するように各光透過板11、21およびその他の構成を設定しても構わないものである。

さらに、両光透過板11、21を擬似円筒面状態に湾曲し易くするために、ガイドバー11a、11b(21a、21b)を用いた構成として説明したが、このガイドバー11a、11b(21a、21b)の構成に限定されるものではなく、例えば、シール枠体12c(22c)の垂直部分と水平部分の伸び率が異なる構成とするものを用いるなど、両光透過板11、21が擬似円筒面状態に湾曲しやすい構成となるものであれば構わない。

【図面の簡単な説明】

【0084】

【図1】本発明に係る投影露光装置の各エレメントの配置を模式的に示す模式図である。

【図2】本発明に係る投影光学系の分解斜視図である。

【図3】(a)は、本発明に係る投影光学系の第1光透過板、シール枠体、入射側凸レンズの厚みの関係を模式的に示す断面図、(b)は第1光透過板の長辺の長さおよび擬似円筒面状態のときの円筒頂部を模式的に示す模式図である。

【図4】本発明に係る投影光学系の投影光に対する有効光路面積を説明する正面図である。

【図5】(a)、(b)は、本発明に係る第1補正倍率光学系の作動状態を示す一部省略した断面図である。

【図6】本発明に係る第1補正倍率光学系および第2補正倍率光学系の作動原理を模式的に説明するための模式図である。

【図7】(a)、(b)、(c)は本発明に係る投影光学系において第1光透過板と第2光透過板の変形方向を直交した状態を模式的に示す模式図である。

【図8】従来の投影光学装置の構成を示す模式図である。

【符号の説明】

【0085】

A	投影光学系
A1	第1補正倍率光学系
A2	第2補正倍率光学系
1	投影露光装置

10

20

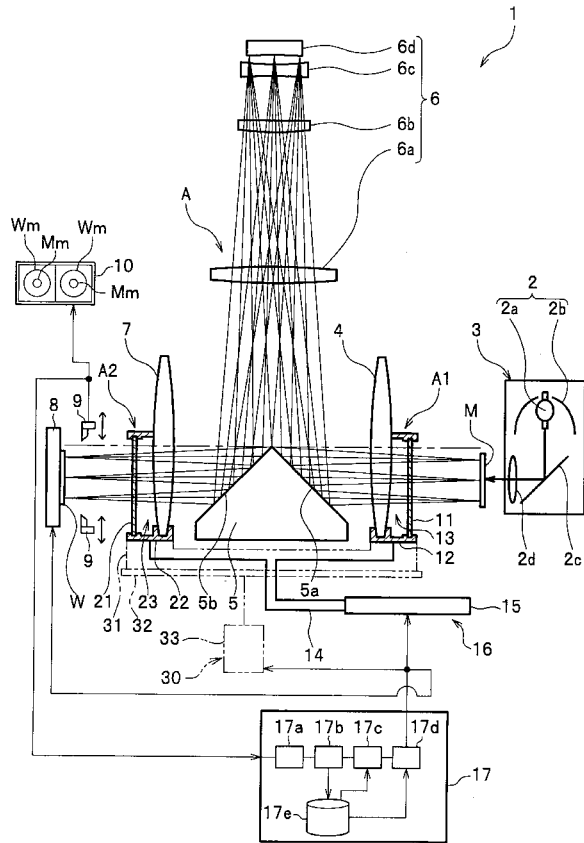
30

40

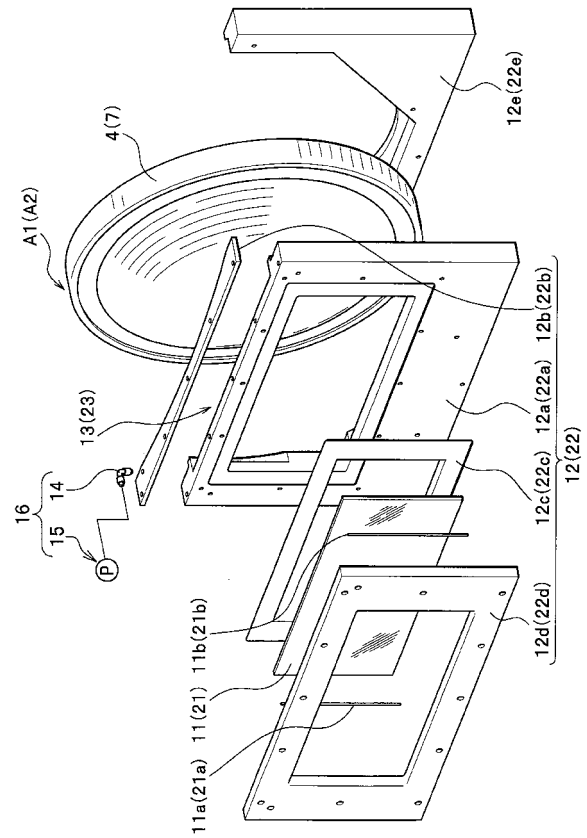
50

2	光源部	
2 a	ランプ	
2 b	楕円反射鏡	
2 c	平面反射鏡	
2 d	フライアイレンズ	
3	光源	
4	入射側凸レンズ	
4 a	第 1 反射面	
4 b	第 2 反射面	
5	反射体	10
6	反射補正光学系	
6 a	凸レンズ	
6 b	平凸レンズ	
6 c	凹レンズ	
6 d	反射ミラー	
7	出射側凸レンズ	
8	基板保持手段	
9	撮像手段	
1 1	第 1 光透過板	
1 1 a	ガイドバー	20
1 1 b	ガイドバー	
1 2	第 1 保持手段	
1 2 a , 2 2 a	枠本体	
1 2 b , 2 2 b	補助フレーム	
1 2 c , 2 2 c	シール枠体	
1 2 d , 2 2 d	挟持枠体	
1 2 e , 2 2 e	レンズ挟持枠体	
1 3 , 2 3	密閉空間	
1 4	接続管	
1 5	調整手段	30
1 6	変形手段 (第 1 変形手段、第 2 変形手段)	
2 1	第 2 光透過板	
2 2	第 2 保持手段	

【図 1】

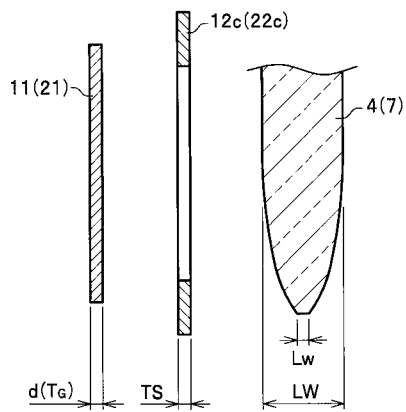


【図 2】

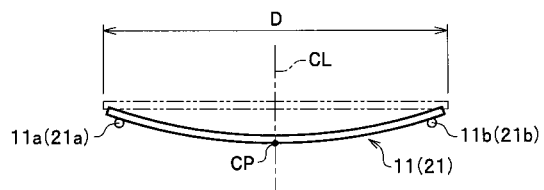


【図 3】

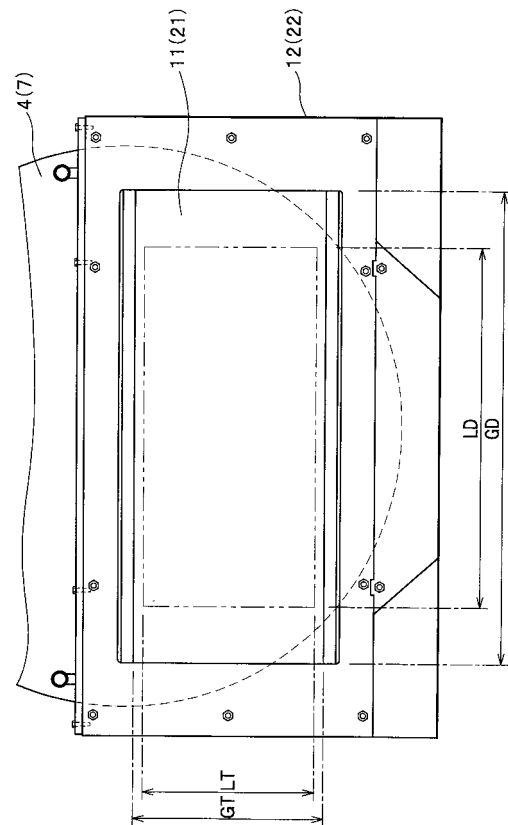
(a)



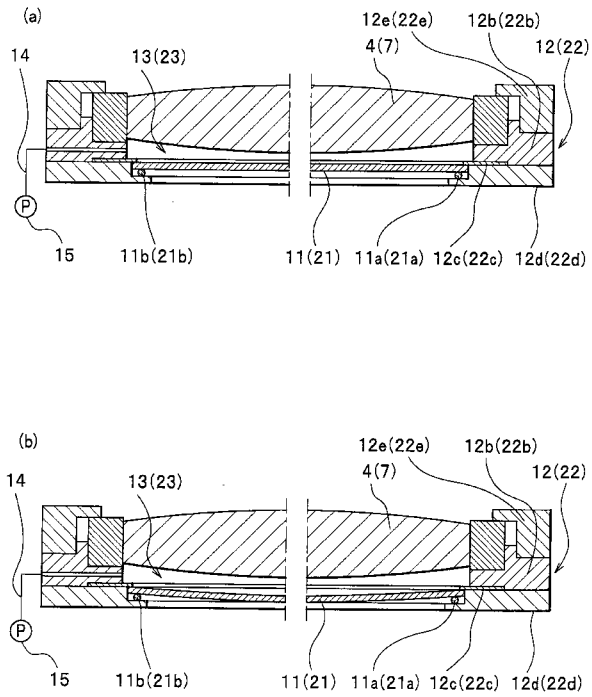
(b)



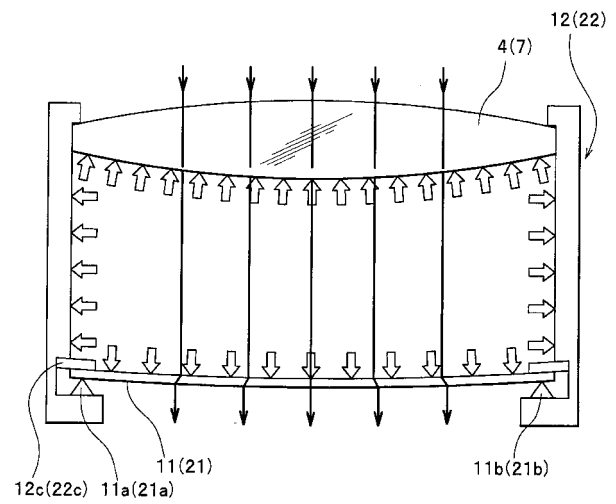
【図 4】



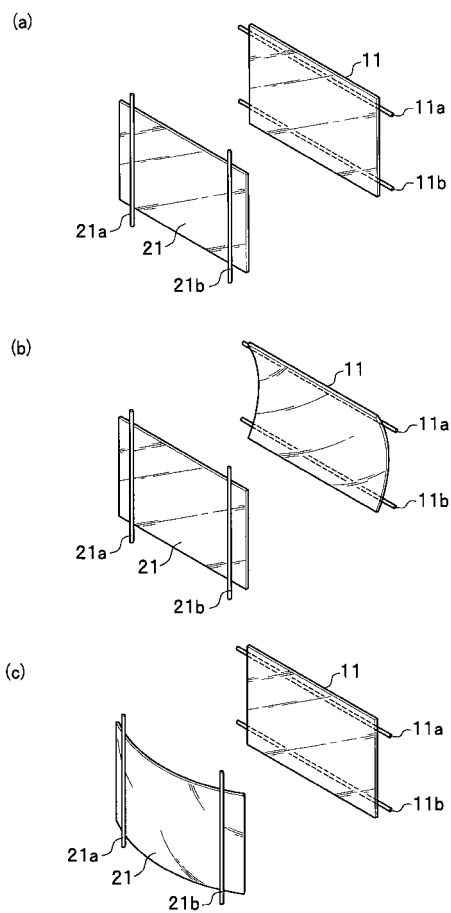
【図 5】



【図 6】



【図 7】



【図 8】

