

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5110076号
(P5110076)

(45) 発行日 平成24年12月26日(2012.12.26)

(24) 登録日 平成24年10月19日(2012.10.19)

(51) Int.Cl.	F 1
G02B 17/08	(2006.01) G02B 17/08 Z
G02B 7/02	(2006.01) G02B 7/02 B
G02B 19/00	(2006.01) G02B 19/00
G03F 7/20	(2006.01) G03F 7/20 501
H01L 21/027	(2006.01) H01L 21/30 515D

請求項の数 19 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2009-502481 (P2009-502481)
(86) (22) 出願日	平成20年1月30日 (2008.1.30)
(86) 国際出願番号	PCT/JP2008/051358
(87) 国際公開番号	W02008/108123
(87) 国際公開日	平成20年9月12日 (2008.9.12)
審査請求日	平成22年12月21日 (2010.12.21)
(31) 優先権主張番号	特願2007-54882 (P2007-54882)
(32) 優先日	平成19年3月5日 (2007.3.5)
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)

(73) 特許権者	000004112 株式会社ニコン 東京都千代田区有楽町1丁目12番1号
(74) 代理人	100098165 弁理士 大森 聰
(72) 発明者	畠田 仁志 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内
(72) 発明者	熊澤 雅人 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

審査官 下村 一石

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】反射屈折投影光学系、投影光学装置、及び走査型露光装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第1面上に配置される第1物体の像を第2面上に配置される第2物体上に拡大の投影倍率で形成する反射屈折投影光学系において、

前記第1面と前記第2面との間の光路中に配置され、前記第2面に垂直な第1光軸を有する凹面反射鏡と、

前記第1面と前記凹面反射鏡との間の光路中に配置される前側レンズ群と、

前記凹面反射鏡と前記第2面との間の光路中に配置され、前記第1光軸と異なり且つ前記第1光軸に対して第1方向に離れて平行な第2光軸を有する後側レンズ群と、を備え、

前記後側レンズ群は、少なくとも1枚の前記第1方向側の一部が切り欠かれた回転非対称な外形のレンズを含むことを特徴とする反射屈折投影光学系。

【請求項 2】

前記凹面反射鏡と前記少なくとも1枚の回転非対称な外形のレンズとの間の光路中に配置されて、前記第1物体上での所定の視野点からの光束を、前記視野点に対して少なくとも前記第1方向にシフトした前記第2物体上の共役点に移送する光束移送部材をさらに含むことを特徴とする請求項1に記載の反射屈折投影光学系。

【請求項 3】

前記凹面反射鏡と前記光束移送部材との間に配置されて、前記凹面反射鏡に入射する光束と前記凹面反射鏡で反射された光束とが通過する中間レンズ群をさらに含むことを特徴とする請求項2に記載の反射屈折投影光学系。

10

20

【請求項 4】

前記反射屈折投影光学系の瞳位置は、前記前側レンズ群と前記光束移送部材との間に位置していることを特徴とする請求項 2 又は 3 に記載の反射屈折投影光学系。

【請求項 5】

前記前側レンズ群は正屈折力を有し、前記後側レンズ群は正屈折力を有することを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の反射屈折投影光学系。

【請求項 6】

前記前側レンズ群は、少なくとも 1 枚の回転非対称な外形のレンズを含むことを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の反射屈折投影光学系。

【請求項 7】

10

前記回転非対称な外形のレンズは、該レンズの光軸にほぼ平行な切れき面を備え、

該切れき面から前記光軸までの最短距離が前記レンズの外周から前記光軸までの距離よりも短いことを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の反射屈折投影光学系。

【請求項 8】

前記後側レンズ群中の前記回転非対称な外形のレンズの前記切れき面は、前記凹面反射鏡側に向けられていることを特徴とする請求項 7 に記載の反射屈折投影光学系。

【請求項 9】

前記第 1 光軸と前記第 2 光軸との間の距離は、前記第 1 光軸に沿って配置される光学部材のうち最大径を持つ光学部材の半径と、前記後側レンズ群を構成する光学部材のうちの最大径を持つ光学部材の半径との和よりも狭いことを特徴とする請求項 1 から 8 のいずれか一項に記載の反射屈折投影光学系。

20

【請求項 10】

前記後側レンズ群中の前記回転非対称な外形のレンズは、該レンズの光軸を横切る方向に伸びた平面部を持つことを特徴とする請求項 1 から 9 のいずれか一項に記載の反射屈折投影光学系。

【請求項 11】

前記回転非対称な外形のレンズの前記平面部は、光束が通過する部分又は光束が通過しない周縁部に形成されたことを特徴とする請求項 10 に記載の反射屈折投影光学系。

【請求項 12】

30

前記第 1 面と前記第 2 面との間の光路中に配置されて、前記反射屈折投影光学系の前記第 2 面側開口数を決定するための開口絞りをさらに備え、

該開口絞りは、前記第 1 面側及び前記第 2 面側が略テレセントリックとなるように位置決めされていることを特徴とする請求項 1 から 11 のいずれか一項に記載の反射屈折投影光学系。

【請求項 13】

前記第 1 面と前記第 2 面とは互いに平行であることを特徴とする請求項 1 から 12 のいずれか一項に記載の反射屈折投影光学系。

【請求項 14】

40

前記第 1 面と前記第 2 面との間に、前記第 1 物体の中間像が形成されないことを特徴とする請求項 1 から 13 のいずれか一項に記載の反射屈折投影光学系。

【請求項 15】

前記第 2 物体上に前記第 1 物体の一次像を形成することを特徴とする請求項 1 から 14 のいずれか一項に記載の反射屈折投影光学系。

【請求項 16】

請求項 1 から 15 のいずれか一項に記載の反射屈折投影光学系よりなる第 1 及び第 2 投影光学系を備えた投影光学装置であって、

前記第 1 投影光学系は、前記第 1 面上で第 1 視野を有し、該第 1 視野からの光に基づいて前記第 2 面上の第 1 投影領域に前記第 1 物体の一部の拡大像を投影し、

前記第 2 投影光学系は、前記第 1 面上で前記第 1 視野から少なくとも前記第 1 方向に直交する第 2 方向に離れた第 2 視野を有し、該第 2 視野からの光に基づいて第 2 面上の前記

50

第1投影領域から少なくとも前記第2方向に離れた第2投影領域に前記第1物体の一部の拡大像を投影し、

前記第1及び第2投影光学系の前記後側レンズ群中の前記回転非対称なレンズは、前記第1光軸に平行な軸に関してほぼ線対称であることを特徴とする投影光学装置。

【請求項17】

第1面に配置される第1物体の像を第2面に配置される第2物体上に投影した状態で、前記第1物体の像と前記第2物体との位置関係を走査方向に関して変化させつつ、前記第1物体のパターンを前記第2物体上に転写露光する走査型露光装置において、

前記第1物体の像を前記第2物体上に投影するために請求項16に記載の投影光学装置を備え、

前記投影光学装置の前記第1方向を前記走査方向とすることを特徴とする走査型露光装置。

【請求項18】

前記第2物体は、1辺の長さが1.9mから3.2mの矩形のガラスプレートであることを特徴とする請求項17に記載の走査型露光装置。

【請求項19】

請求項17又は18に記載の走査型露光装置を用いてマスクのパターンを感光基板上に露光する露光工程と、

前記露光工程により露光された前記感光基板を現像する現像工程とを含むことを特徴とするデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、第1物体（マスク等）の像を第2物体（基板等）上に投影する反射屈折投影光学系、反射屈折投影光学系を複数個備えた投影光学装置、投影光学装置を用いる走査露光技術、及び走査露光技術を用いるデバイス製造技術に関するものである。

【背景技術】

【0002】

例えば半導体素子又は液晶表示素子等を製造する際に、マスク（レチクル又はフォトマスク等）のパターンを投影光学系を介してレジストが塗布されたプレート（ガラスプレート又は半導体ウエハ等）上に投影する投影露光装置が使用されている。従来はステップ・アンド・リピート方式でプレート上の各ショット領域にそれぞれマスクのパターンを一括露光する投影露光装置（ステッパ）が多用されていた。近年、1つの大きな投影光学系を使用する代わりに、等倍の倍率を有する小さな複数の部分投影光学系を走査方向に沿って所定間隔で複数列に配置し、マスク及びプレートを走査させつつ各部分投影光学系でそれぞれマスクのパターンをプレート上に露光するステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置が提案されている。

【0003】

近年、プレートが益々大型化し、2m角を越えるプレートが使用されるようになってきている。ここで、上述のステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置を用いて大型のプレート上に露光を行う場合、部分投影光学系が等倍の倍率を有するため、マスクも大型化する。マスクのコストは、マスク基板の平面性を維持する必要もあり、大型化すればするほど高くなる。また、通常の薄膜トランジスタ部（TFT部）を形成するためには4～5層分のマスクが必要とされており、マスクに関して多大なコストを要していた。そこで、複数の部分投影光学系の倍率を拡大倍率とすることで、マスクを小さくした投影露光装置が提案されている（特許文献1参照）。

【特許文献1】特開平11-265848号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

10

20

30

40

50

上述の拡大倍率の投影露光装置において、投影領域を大きくするためには、各部分投影光学系を構成するレンズを大型化する必要があるが、レンズが大型化すると、複数の部分投影光学系からなる投影光学系及びこの支持機構が全体として大型化して、重量も増大する。その結果、投影露光装置の製造コストが高くなるとともに、デバイス製造工場における設置コストも高くなるという問題があった。

【0005】

本発明はこのような事情に鑑み、投影領域を大きくしながら、光学系の軽量化が可能な投影光学系及び投影光学装置を提供することを第1の目的とする。

さらに本発明は、そのような投影光学装置を用いて走査露光方式でマスク等のパターンの拡大像をプレート等の物体上に形成できる露光技術及びデバイス製造技術を提供することを第2の目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明による投影光学系は、第1面上に配置される第1物体の像を第2面上に配置される第2物体上に拡大の投影倍率で形成する反射屈折投影光学系において、その第1面とその第2面との間の光路中に配置され、その第2面に垂直な第1光軸を有する凹面反射鏡と、その第1面とその凹面反射鏡との間の光路中に配置される前側レンズ群と、その凹面反射鏡とその第2面との間の光路中に配置され、その第1光軸と異なり且つその第1光軸に對して第1方向に離れて平行な第2光軸を有する後側レンズ群と、を備え、その後側レンズ群は、少なくとも1枚のその第1方向側の一部が切り欠かれた回転非対称な外形のレンズを含むものである。

【0007】

また、本発明による投影光学装置は、本発明の反射屈折投影光学系よりなる第1及び第2投影光学系を備えた投影光学装置であって、その第1投影光学系は、その第1面上で第1視野を有し、該第1視野からの光に基づいてその第2面上の第1投影領域にその第1物体の一部の拡大像を投影し、その第2投影光学系は、その第1面上でその第1視野から少なくとも所定方向に離れた第2視野を有し、この第2視野からの光に基づいて第2面上のその第1投影領域から少なくともその第1方向に直交する第2方向に離れた第2投影領域にその第1物体の一部の拡大像を投影し、その第1及び第2投影光学系のその後側レンズ群中のその回転非対称なレンズは、その第1光軸に平行な軸に関してほぼ線対称であるものである。

【0008】

また、本発明による走査型露光装置は、第1面上に配置される第1物体の像を第2面上に配置される第2物体上に投影した状態で、その第1物体の像とその第2物体との位置関係を走査方向に関して変化させつつ、その第1物体のパターンをその第2物体上に転写露光する走査型露光装置において、その第1物体の像をその第2物体上に投影するために本発明の投影光学装置を備え、その投影光学装置のその第1方向をその走査方向とするものである。

また、本発明によるデバイス製造方法は、本発明の走査型露光装置を用いてマスクのパターンを感光基板上に露光する露光工程と、その露光工程により露光されたその感光基板を現像する現像工程とを含むものである。

【発明の効果】

【0009】

本発明の投影光学系によれば、凹面反射鏡が用いられているため、後側レンズ群中の結像光束が通過する領域を光軸に対して偏った、回転非対称な領域にできる。従って、結像光束にケラレを生じることなく、後側レンズ群中のレンズの外形を回転非対称にでき、投影領域を大きくしながら、投影光学系を軽量化できる。

【0010】

また、本発明の投影光学装置によれば、2つの投影光学系の回転非対称なレンズが例えば対向するように配置される。従って、その2つの回転非対称なレンズの距離、ひいては

10

20

30

40

50

2つの投影領域のその所定方向に直交する方向の距離を短縮でき、投影光学装置を小型化できる。

また、本発明の走査型露光装置によれば、その2つの投影領域が位置ずれしている方向（所定方向）に直交する方向に走査することによって、その2つの投影領域の像を繋ぎ合わせることができる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】第1の実施形態に係る走査型露光装置の構成を示す図である。

【図2】第1の実施形態の2つの部分照明光学系及び2つの投影光学系の構成を示す図である。

10

【図3】図1中のマスクに形成されるパターンの一例を示す平面図である。

【図4】図1中の複数の投影光学系の視野及び像野の関係を示す平面図である。

【図5】第2の実施形態に係る照明光学系及び投影光学系の構成を示す図である。

【図6】第3の実施形態に係る2つの投影光学系の構成を示す図である。

【図7】第4の実施形態に係る投影光学系の構成を示す図である。

【図8】(A)は投影光学系PL2の実施例の構成を示す図、(B)は図8(A)中のレンズL1Aの製造方法の説明に供する図である。

【図9】別の実施例の投影光学系の構成を示す図である。

【図10】投影光学系PLB2の実施例の構成を示す図である。

【図11】投影光学系PLB1, PLB2の別の実施例の構成を示す図である。

20

【図12】図8(A)の複数のレンズに平面部を設けた例を示す図である。

【図13】図12中のレンズL19の保持機構を示す斜視図である。

【図14】実施形態に係るマイクロデバイスの製造方法の説明に供するフローチャートである。

【符号の説明】

【0012】

PL1～PL7…投影光学系、PLA1, PLB1…第1の投影光学系、PLA2, PLB2…第2の投影光学系、M…マスク、P…プレート、G1b, G1c, G1bh, G1ch…第1レンズ群、G2b, G2c…第2レンズ群、G3b, G3c…第3レンズ群、CCMb, CCMc…凹面反射鏡、FM1b, FM1c…第1偏向部材、FM2b, FM2c…第2偏向部材、31A～31D…平面部

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

以下、本発明の第1の実施形態につき図1～図4を参照して説明する。

図1は、本例のステップ・アンド・スキャン方式の走査型の投影露光装置（走査型露光装置）の概略構成を示し、図1において、その投影露光装置は、露光光源（不図示）と、この露光光源からの光束でマスクM（第1物体）のパターンを照明する照明装置IUと、そのマスクMを保持して移動するマスクステージ（不図示）と、そのマスクMのパターンの拡大像をプレートP（第2物体）上に投影する複数の反射屈折型の投影光学系PL1～PL7を含む投影光学装置PLと、プレートPを保持して移動するプレートステージ（不図示）と、マスクステージ及びプレートステージを駆動するリニアモータ等を含む駆動機構（不図示）と、この駆動機構等の動作を統括的に制御する主制御系（不図示）とを備えている。なお、本実施形態のプレートPは、一例として液晶表示素子製造用のフォトレジスト（感光材料）が塗布された1.9×2.2m角、2.2×2.4m角、2.4×2.8m角、又は2.8×3.2m角等の矩形の平板状のガラスプレートである。なお、そのプレートPとしては、薄膜磁気ヘッド製造用のセラミックス基板又は半導体素子製造用の円形の半導体ウエハ等も使用できる。

40

【0014】

また、以下の説明においては、図1中に設定したXYZ直交座標系を参照しつつ各部材の位置関係について説明する。このXYZ直交座標系は、X軸及びY軸がプレートPに対

50

して平行となるように設定され、Z軸がプレートPに対して直交する方向に設定されている。図1中のXYZ座標系は、一例として、XY平面が水平面に平行に設定され、Z軸が鉛直方向に設定される。また、この実施形態では、マスクM及びプレートPを同期して移動する方向(走査方向)をX方向に設定している。

【0015】

図1において、例えば超高压水銀ランプからなる露光光源(不図示)より射出した光束は、照明装置IU内で橢円鏡2及びダイクロイックミラー3により反射されてコリメートレンズ4に入射する。この場合、橢円鏡2の反射膜及びダイクロイックミラー3の反射膜によりg線(波長436nm)、h線(波長405nm)及びi線(波長365nm)の光を含む波長域の光が取り出され、取り出された光がコリメートレンズ4に入射する。また、露光光源が橢円鏡2の第1焦点位置に配置されているため、g、h、i線の光を含む波長域の光は、橢円鏡2の第2焦点位置に光源像を形成する。その光源像からの発散光束は、コリメートレンズ4により平行光となり、所定の露光波長域の光束のみを透過させる波長選択フィルタ5を透過する。

【0016】

波長選択フィルタ5を通過した露光用の照明光は、減光フィルタ6を通過し、集光レンズ7によりライトガイドファイバ8の入射口8aの入射端に集光される。ここで、ライトガイドファイバ8は、例えば多数のファイバ素線をランダムに束ねて構成されたランダムライトガイドファイバであって、入射口8aと7つの射出口(以下、射出口8b, 8c, 8d, 8e, 8f, 8g, 8hという。)を備えている。ライトガイドファイバ8の入射口8aに入射した照明光は、ライトガイドファイバ8の内部を伝播した後、7つの射出口8b~8hより分割されて射出し、マスクMを部分的に照明する7つの部分照明光学系(以下、部分照明光学系IL1, IL2, IL3, IL4, IL5, IL6, IL7という。)にそれぞれ入射する。各部分照明光学系IL1~IL7を通過した照明光は、それぞれマスクM上の対応する照明領域をほぼ均一に照明する。橢円鏡2から部分照明光学系IL1~IL7までの光学部材から照明装置IUが構成されている。

【0017】

マスクM上の複数照明領域、即ち部分照明光学系IL1~IL7によって照明される照明領域からの照明光は、各照明領域に対応するように配列されマスクMのパターンの一部の像をプレートP上にそれぞれ投影する7つの投影光学系(以下、投影光学系PL1, PL2, PL3, PL4, PL5, PL6, PL7という。)のそれぞれに入射する。投影光学系(部分投影光学系)PL1~PL7は、それぞれマスクMのパターン面(第1面)のパターンの像をプレートPの上面(第2面)上に結像する。

【0018】

ここで、マスクMはマスクホルダ(不図示)を介してマスクステージ(不図示)上に吸着保持されている。マスクステージの位置はマスク側のレーザ干渉計(不図示)によって計測されている。また、プレートPはプレートホルダ(不図示)を介してプレートステージ(不図示)上に吸着保持され、プレートステージには移動鏡50が設けられている。移動鏡50を介してそのプレートステージの位置がプレート側のレーザ干渉計(不図示)によって計測されている。そのマスク側及びプレート側のレーザ干渉計の計測値に基づいて、主制御系(不図示)が駆動機構(不図示)を介してそのマスクステージ(マスクM)及びプレートステージ(プレートP)の位置及び速度を制御する。

【0019】

上述の部分照明光学系IL1~IL7のうちの-X方向側の第1列の部分照明光学系IL1, IL3, IL5, IL7は、走査方向と直交する非走査方向(Y方向)に所定間隔をもって配置され、部分照明光学系IL1, IL3, IL5, IL7に対応して設けられている第1列の投影光学系PL1, PL3, PL5, PL7も同様に、投影光学装置PL内で-X方向側に、かつ非走査方向に所定間隔をもって配置されている。また、第2列の部分照明光学系IL2, IL4, IL6は、第1列に対して+X方向側に、かつ非走査方向に所定間隔をもって配置されており、部分照明光学系IL2, IL4, IL6に対応し

10

20

30

40

50

て設けられている第2列の投影光学系PL2, PL4, PL6も、第1列に対して+X方向に、かつ非走査方向に所定間隔をもって配置されている。

【0020】

ここで、第1列の投影光学系PL1, PL3, PL5, PL7は、それぞれマスクMが配置される第1面上の非走査方向に平行な直線に沿った視野V1, V3, V5, V7を持ち、プレートPが配置される第2面上の非走査方向に平行な直線に沿って所定間隔で配列された像野(投影領域)I1, I3, I5, I7に像をそれぞれ形成する。また、第2列の投影光学系PL2, PL4, PL6は、それぞれマスクMが配置される第1面上の非走査方向に平行な直線に沿った視野V2, V4, V6を持ち、プレートPが配置される第2面上の非走査方向に平行な直線に沿って所定間隔で配列された像野(投影領域)I2, I4, I6(I2, I4は不図示)に像をそれぞれ形成する。

10

【0021】

第1列及び第2列の投影光学系の間には、プレートPの位置合わせを行うためのオファクシスのアライメント系52と、マスクM及びプレートPのフォーカス位置(Z方向の位置)を合わせるためのオートフォーカス系54とが配置されている。

以下、部分照明光学系IL1～IL7及び投影光学系PL1～PL7の構成について詳細に説明する。本例の投影光学系PL1～PL7は、それぞれマスクM上における視野(ここでは照明領域に等しい)内の拡大像である一次像をプレートP上の像野内に形成する反射屈折型の投影光学系であり、その走査方向(X方向)における拡大倍率が+1倍を超える、且つ非走査方向(Y方向)における拡大倍率は-1を下回る。言い換えると、投影光学系PL1～PL7は、それぞれマスクMのパターンの走査方向に正立で、かつ非走査方向に倒立の拡大像をプレートP上に形成する。走査方向及び非走査方向の拡大倍率の絶対値は、一例として2.5程度である。

20

【0022】

本例では、部分照明光学系IL1～IL7は同一構成である。また、第1列の投影光学系PL1, PL3, PL5, PL7は同一構成であり、第2列の投影光学系PL2, PL4, PL6は同一構成であるため、以下では代表的に第1列及び第2列の2つの部分照明光学系IL1, IL2及び2つの投影光学系PL1, PL2の構成について説明する。

図2は、図1中の2つの部分照明光学系IL1, IL2、及びこれらに対応する2つの投影光学系PL1, PL2の構成を示す図である。図2において、ライトガイドファイバ8の射出口8b及び8cから射出した光束は、部分照明光学系IL1及びIL2に入射して、コリメートレンズ9b及び9cにより集光される。集光された光束は、オプティカルインテグレータであるフライアイレンズ10b及び10cに入射し、フライアイレンズ10b及び10cの後側焦点面に形成された多数の二次光源からの光束は、それぞれコンデンサーレンズ11b及び11cによりマスクMをほぼ均一に照明する。

30

【0023】

また、投影光学系PL1は、マスクMとプレートPとの間の光路中に配置される凹面反射鏡CCMbと、マスクMと凹面反射鏡CCMbとの間の光路中に配置されたZ軸に平行な光軸AX11を持つ第1レンズ群G1bと、第1レンズ群G1bと凹面反射鏡CCMbとの間の光路中に配置される第2レンズ群G2bと、第2レンズ群G2bとプレートPとの間の光路中に配置されて、第2レンズ群G2bから+Z方向に進行する光を-X方向に光軸AX11を横切るように光軸AX12に沿って偏向する第1偏向部材FM1bと、第1偏向部材FM1bとプレートPとの間の光路中に配置され、第1偏向部材FM1bから-X方向に進行する光を-Z方向に偏向する第2偏向部材FM2bと、第2偏向部材FM2bとプレートPとの間の光路中に配置されて、第1レンズ群G1bの光軸AX11と平行な光軸AX13を有する第3レンズ群G3bとを備えている。第2レンズ群G2b及び凹面反射鏡CCMbの光軸は、第1レンズ群G1bの光軸AX11と共に通である。

40

【0024】

なお、2つの偏向部材FM1b及びFM2bは、例えば投影光学系PL1の視野内の所定の点(例えば中心)から発した後、第2レンズ群G2bを経てほぼ+Z方向に進行する

50

光をほぼ - X 方向に移送した後にほぼ - Z 方向に沿って進行させて、像野上の共役点に導く第 1 光束移送部を構成している。

ここで、投影光学系 P L 1 は、一例として、マスク M と凹面反射鏡 C C M b との距離よりもマスク M とプレート P との距離のほうが大きくなるように、かつ、マスク M 側の作動距離よりもプレート P 側の作動距離が大きくなるように、凹面反射鏡 C C M b 、第 1 レンズ群 G 1 b 、第 2 レンズ群 G 2 b 、第 3 レンズ群 G 3 b 、及び偏向部材 F M 1 b , F M 2 b が配置されている。

【 0 0 2 5 】

なお、凹面反射鏡 C C M b と第 2 レンズ群 G 2 b との間の光路中、即ち、凹面反射鏡 C C M b の反射面の近傍には、投影光学系 P L 1 のプレート P 側の開口数を決定するための開口絞り A S b が備えられており、開口絞り A S b は、マスク M 側及びプレート P 側が略テレセントリックとなるように位置決めされている。この開口絞り A S b の位置は投影光学系 P L 1 の瞳面とみなすことができる。

【 0 0 2 6 】

また、投影光学系 P L 1 において、第 1 レンズ群 G 1 b 及び第 3 レンズ群 G 3 b はともに正の屈折力を持ち、第 2 レンズ群 G 2 b は正又は負の屈折力を持つ。さらに、第 3 レンズ群 G 3 b の焦点距離 f_3 は第 1 レンズ群 G 1 b の焦点距離 f_1 よりも長く設定されている。そして、第 3 レンズ群 G 3 b を構成するレンズの光軸 A X 1 3 から外周までの距離（半径）は、第 1 レンズ群 G 1 b を構成するレンズの光軸 A X 1 1 から外周までの距離（半径）よりも大きい。

【 0 0 2 7 】

また、投影光学系 P L 1 は、凹面反射鏡 C C M b を用いた軸外れ光学系であり、有効な結像光束は、第 1 レンズ群 G 1 b 及び第 3 レンズ群 G 3 b の各レンズでは光軸 A X 1 1 及び A X 1 3 に対して - X 方向側の半面内を通過する。そこで、本例では、より大型のレンズから構成される第 3 レンズ群 G 3 b の各レンズに対して、結像光束が通過しない部分である光軸 A X 1 3 から + X 方向側の半分を切断している。そのため、図 2 及び以降で参照する図面では、ほぼ光軸から半分側を削除したレンズのみからなるレンズ群（ G 3 b , G 3 c 等）を、光軸に対して半分側（切断した側）が無いレンズ群で表している。この結果、第 3 レンズ群 G 3 b を構成する全部のレンズは、光軸 A X 1 3 から + X 方向側の半分が無い、回転非対称な外形を有している。

【 0 0 2 8 】

また、投影光学系 P L 2 は、投影光学系 P L 1 と走査方向に対称に配置された構成（投影光学系 P L 1 を Z 軸に平行な軸の周りに 180° 回転した構成）を有し、投影光学系 P L 1 と同様にマスク M 上における視野内の拡大像である一次像をプレート P 上の像野内に形成する反射屈折型の投影光学系である。すなわち、投影光学系 P L 2 は、投影光学系 P L 1 と同様に、Z 軸に平行な光軸 A X 2 1 に沿って配置された第 1 レンズ群 G 1 c 、第 2 レンズ群 G 2 c 、及び凹面反射鏡 C C M c と、Z 軸に平行な光軸 A X 2 3 を持つ第 3 レンズ群 G 3 c と、第 2 レンズ群 G 2 c から + Z 方向に向かう光束を光軸 A X 2 2 に沿って + X 方向に折り曲げる第 1 偏向部材 F M 1 c と、その + X 方向に向かう光束を - Z 方向に折り曲げる第 2 偏向部材 F M 2 c と、投影光学系 P L 2 の瞳面に配置された開口絞り A S c とを備えている。また、2 つの偏向部材 F M 1 c , F M 2 c は、投影光学系 P L 2 の視野内の所定の点（例えば中心）から発した後、第 2 レンズ群 G 2 c を経てほぼ + Z 方向に進行する光をほぼ + X 方向に移送した後に、ほぼ - Z 方向に沿って進行させて像野上の共役点に導く第 2 光束移送部を構成している。

【 0 0 2 9 】

さらに、投影光学系 P L 1 の第 3 レンズ群 G 3 b と同様に、投影光学系 P L 2 の第 3 レンズ群 G 3 c を構成する全部のレンズは、光軸 A X 2 3 から - X 方向側の半分が無い、回転非対称な外形を有している。

なお、光軸 A X 1 1 , A X 1 3 及び A X 2 1 , A X 2 3 は Z 軸にほぼ平行でもよく、光軸 A X 1 2 及び A X 2 2 は X 軸にほぼ平行でもよい。

10

20

30

40

50

【0030】

また、投影光学系PL1及びPL2は、第1レンズ群G1b及びG1cの光軸AX11, AX21の走査方向(X方向)における間隔をDmとし、第3レンズ群G3b及びG3cの光軸AX13, AX23の走査方向(X方向)における間隔をDpとし、投影光学系PL1及びPL2の投影倍率をとするとき、以下の関係が満足されている。

$$Dp = Dm \times | | \dots (1)$$

図3は、この実施形態に係る投影露光装置(走査型露光装置)で用いられるマスクMの構成を示す平面図である。図3に示すように、マスクMは、非走査方向(Y方向)に沿って配置されて、図1の投影光学系PL1～PL7の台形状(円弧状、又は端部が三角形状等でもよい、以下同様)の視野V1～V7が位置決めされる7列の列パターン部M10～M16を備えている。視野V1～V7が台形状であるのは、継ぎ誤差を低減するために、視野V1～V7の両端部のパターンの像をプレートP上に重ねて露光するためである。そのため、列パターン部M10～M16の両端部には交互に同じパターンが形成されている。ただし、Y方向の両端部の視野V1, V7の内側のエッジ部の像は重ねては露光されない部分であるため(非走査方向には倒立像となるため)、X軸に平行な直線状となっている。

10

【0031】

なお、マスクM上の視野V1, V2等を規定するために、一例として、図2の部分照明光学系IL11, IL2等の中に不図示の照明視野絞り及びリレー光学系が配置されている。

20

図4は、第1列の投影光学系PL1, PL3のマスクM上の視野V1, V3及びプレートP上の像野(投影領域)I1, I3と、第2列の投影光学系PL2のマスクM上の視野V2及びプレートP上の像野I2の関係を説明するための平面図である。図4において、視野V1, V2, V3内のパターンをX方向に正立で、Y方向に倒立で拡大した像が像野I1, I2, I3内に形成される。また、視野V1及び像野I1は、それぞれ光軸AX11, AX13から-X方向に外れており、視野V2及び像野I2は、それぞれ光軸AX21, AX23から+X方向に外れている。従って、第3レンズ群G3b及びG3cを構成するレンズの形状を凹面反射鏡CCMb, CCMc側の半分を切り落とした回転非対称にしても、像野I1, I2に向かう結像光束にケラレが生じない。

30

【0032】

また、第1列の視野V1, V3等の中心VC1等を結ぶY軸に平行な直線と、第2列の視野V2等の中心VC2等を結ぶY軸に平行な直線とのX方向(走査方向)の間隔をLmとする。同様に、第1列の像野I1, I3等の中心IC1等を結ぶY軸に平行な直線と、第2列の像野I2等の中心IC2等を結ぶY軸に平行な直線とのX方向の間隔をLpとする。間隔Lm及びLpは図2の間隔Dm及びDpよりも大きいが、間隔LmとLpとの間にも式(1)と同様の以下の関係が成立する。

【0033】

$$Lp = Lm \times | | \dots (2)$$

この場合には、図3に示すように、第1列の投影光学系用の列パターン部M10, M12等と、第2列の投影光学系用の列パターン部M11, M13等とをX方向の同じ位置に形成して、マスクオフセットを0にしておいても、その投影像をプレートP上で正確に繋ぎ合わせて露光できる。ただし、図4において、像野I1, I2の中心のX方向の間隔Lpは、本来のマスクMの全部のパターンの像のX方向の長さの他に、プレートステージによってプレートPをX方向に余分に走査する距離(以下、空走距離とも言う)である。

40

【0034】

また、図4において、第1投影光学系PL1の光軸AX11, AX13を結ぶ長さS1Xの第1線分と、第2投影光学系PL2の光軸AX21, AX23を結ぶ長さS2X(=S1X)の第2線分とは、X軸に平行であるが、Y方向からみて互いに重畳していない。

図2に戻り、本実施形態の投影光学系PL1においては、第3レンズ群G3bの光軸AX13から凹面反射鏡CCMb側の半分が無い。従って、2点鎖線の位置A1, A2で示

50

すように、第2偏向部材F M 2 b 及び第3レンズ群G 3 b を凹面反射鏡C C M b 側に近付けることができる。同様に、投影光学系P L 2 においても、2点鎖線の位置A 3 , A 4 で示すように、第2偏向部材F M 2 c 及び第3レンズ群G 3 c を凹面反射鏡C C M c 側に近付けることができる。この場合には、結像面が-Z方向に移動するため、プレートP をマスクM に対して位置A 5 に下げる必要がある。さらに、外側の光軸A X 1 3 , A X 2 3 のX方向の間隔がD p からD p ' に短縮されるため、投影光学装置P L を全体として小型化できる。

【 0 0 3 5 】

このように光軸A X 1 3 , A X 2 3 のX方向の間隔がD p からD p ' に短縮された場合には、図4において、像野I 1 , I 2 の中心の間隔L p もL p ' (< L p) に短縮され10
て、プレートステージの空走距離がL p ' に短縮される。従って、プレートステージのベース部材(プレート側のステージ系)を小型化できる。さらに、1回の走査露光毎のプレートステージの走査距離が短縮されて、露光時間が短縮されるため、スループットが向上する。

【 0 0 3 6 】

ただし、投影光学系P L 1 , P L 2 のX方向の倍率を| | とすると、以下の式で求められるマスクオフセットM O の分だけ、図3の2点鎖線の位置2 1 A ~ 2 1 C で示すように、第1列の視野V 1 , V 3 等用の列パターン部M 1 0 , M 1 2 等と、第2列の視野V 2 , V 4 等用の列パターン部M 1 1 , M 1 3 等との間にX方向のオフセットを設ける必要がある。20

【 0 0 3 7 】

$$M O = L m - L p ' / | | \dots (3)$$

従って、空走距離を短縮でき、プレート側のステージ系を小型化できる一方で、マスクM が僅かに大型化することになる。

図2において、本実施形態では、走査露光時に、マスクM のパターンを投影光学装置P P L を介してプレートP 上に露光した状態で、一例としてマスクM を矢印S M 1 で示す+X方向に速度V M で移動するのに同期して、プレートP が矢印S P 1 で示す+X方向に速度V M ×| | で移動される。| | は投影光学系P L 1 ~ P L 7 の投影倍率である。これによって、図3のマスクM の列パターン部M 1 0 ~ M 1 6 の拡大倍率の像を繋ぎ合わせたパターンがプレートP 上に露光される。なお、マスクM 及びプレートP を-X方向に走査することも可能である。30

【 0 0 3 8 】

また、本実施形態に係る投影光学装置P L によれば、投影光学系P L 1 ~ P L 7 は中間像を形成しないため、光学系の構成を簡素化することができる。また、投影光学系P L 1 ~ P L 7 が拡大倍率を有するため、マスクの大型化を避けることができ、マスクの製造コストの低減を図ることができる。

本実施形態の作用効果は以下の通りである。

【 0 0 3 9 】

(1) 図2の投影光学系P L 1 は、マスクM のパターンの像をプレートP 上に拡大倍率で形成するとともに、マスクM とプレートP との間の光路中に配置される凹面反射鏡C C M b と、マスクM と凹面反射鏡C C M b との間の光路中に配置される第1レンズ群G 1 b と、凹面反射鏡C C M b とプレートP との間の光路中に配置されるとともに、全部のレンズが光軸に対して半分側が切り欠かれた回転非対称な外形を持つ第3レンズ群G 3 b とを備えている。従って、凹面反射鏡C C M b によって、第3レンズ群G 3 b 中の有効な結像光束の分布を回転非対称にできるため、結像光束にケラレを生じることなく、第3レンズ群G 3 b 中のレンズの外形を回転非対称にできる。これによって、投影領域を大きくしながら、投影光学系P L 1 を軽量化できる。また、投影光学系P L 1 は拡大倍率であるため、第1レンズ群G 1 b よりも第3レンズ群G 3 b の方が外形が大きくなる傾向にあり、第3レンズ群G 3 b の軽量化によって投影光学系P L 1 を全体として大幅に軽量化できる。40

【 0 0 4 0 】

なお、第3レンズ群G3bを構成する複数のレンズのうちの、少なくとも1枚のレンズ（例えば最も重量が大きいレンズ、又は最も半径が大きいレンズ）の外形を回転非対称にするのみでもよく、これによっても投影光学系PL1の軽量化が図られる。

また、第3レンズ群G3b中の回転非対称なレンズを例えば1つの回転対称なレンズを2分割して形成できる場合には、その1つの回転対称なレンズから2個分の回転非対称なレンズが得られるため、投影光学系PL1の製造コストが低減できる。

【0041】

（2）また、投影光学系PL1は、凹面反射鏡CCMbと回転非対称な外形のレンズよりなる第3レンズ群G3bとの間の光路中に配置されて、マスクM上の視野V1内の所定の点（例えば中心）からの光束を、その点に対して-X方向にシフトしたプレートP上の像野I1内の共役点に移送する偏向部材FM1b, FM2bをさらに含んでいる。この場合、第3レンズ群G3bの切り欠き部をその移送方向に対向するように向けることで、その移送方向に沿って投影光学系PL1を小型化できる。10

【0042】

（3）また、凹面反射鏡CCMbと第1偏向部材FM1bとの間に配置されて、凹面反射鏡CCMbに入射する光束と凹面反射鏡CCMbで反射された光束とが通過する例えば回転対称の第2レンズ群G2bをさらに含むため、収差を低減できる。なお、第2レンズ群G2bを用いない構成も可能である。

（4）また、投影光学系PL1の瞳位置（瞳面）は、第1レンズ群G1bと第1偏向部材FM1bとの間の光路上に位置しているため、その位置に容易に開口絞りASbを設置できる。20

【0043】

（5）また、第1レンズ群G1b及び第3レンズ群G3bが正屈折力を有するため、例えば第3レンズ群G3bの焦点距離を第1レンズ群G1bの焦点距離より長くすることによって、容易に拡大倍率で両側テレセントリックの投影光学系PL1を構成できる。

（6）また、第3レンズ群G3bの回転非対称な外形のレンズの切れき面が、凹面反射鏡CCMb側に向けられているため、図2の位置A2等に示すように、切れきられた幅の分だけ第3レンズ群G3b（及び第2偏向部材FM2b）を凹面反射鏡CCMb側に近付けることが可能となり、投影光学系PL1をさらに（X方向に）小型化できる。30

【0044】

（7）また、図4において、投影光学系PL1の凹面反射鏡CCMbは光軸AX11に沿って配置され、第3レンズ群G3bは、光軸AX11と平行な光軸AX13に沿って配置され、光軸AX11と光軸AX13との間の距離S1Xは、光軸AX11に沿って配置される光学部材のうち最大径を持つ光学部材である第2レンズ群G2bの半径と、第3レンズ群G3bを構成する光学部材のうちの最大径を持つ光学部材の半径との和よりも狭いことが好ましい。これは、上記のように第3レンズ群G3bの切れき部を凹面反射鏡CCMb側にして、第3レンズ群G3bを凹面反射鏡CCMbに近付けることで実現可能であり、この構成によって投影光学系PL1を小型化できる。

【0045】

（8）また、図2の投影光学系PL1の開口絞りASbは、マスクMとプレートPとの間の光路中に配置されて、投影光学系PL1のプレート側開口数を決定するための開口絞りであり、かつ開口絞りASbは、投影光学系PL1が略両側テレセントリックとなるように位置決めされている。従って、マスクM及びプレートPのZ方向の位置が変化しても倍率が実質的に変化しない。40

【0046】

（9）また、上記の実施形態の投影光学装置PLは、図4に示すように、投影光学系PL1及びこれを180°回転した構成の投影光学系PL2を備えており、投影光学系PL1は、マスクM上で視野V1を有し、この視野V1からの光に基づいてプレートP上の像野I1（投影領域）にマスクMの一部の拡大像を投影し、投影光学系PL2は、マスクM上で視野V1から少なくとも非走査方向（Y方向）に離れた視野V2を有し、この視野V50

2 からの光に基づいてプレート P 上の像野 I 1 から少なくとも非走査方向に離れた像野 I 2 にマスク M の一部の拡大像を投影し、投影光学系 P L 1 及び P L 2 中の回転非対称なレンズよりなる第 3 レンズ群 G 3 b 及び G 3 c は、その非走査方向に平行な軸に関してほぼ線対称である。従って、図 2 の位置 A 2 , A 4 等に示すように、切り欠かれた幅の分だけ第 3 レンズ群 G 3 b , G 3 c (及び第 2 偏向部材 F M 2 b , F M 2 c) を凹面反射鏡 C C M b , C C M c 側に近付けることが可能となる。これによって、その非走査方向に直交する走査方向 (X 方向) において 2 つの像野 I 1 , I 2 の距離を短縮でき、投影光学装置 P L を走査方向に小型化できる。

【 0 0 4 7 】

なお、図 4 において、視野 V 1 , V 2 は Y 軸に平行な直線上に配置することも可能であるが、この場合には図 3 のマスクオフセット M O が大きくなる。これに対して、図 4 に示すように、視野 V 2 を視野 V 1 に対して Y 方向及び X 方向の両方にシフトさせる配置によって、マスクオフセットと空走距離とのバランスを取ることが可能になる。

(1 0) また、上記の実施形態の投影露光装置は、マスク M のパターンの像をプレート P 上に投影した状態で、マスク M のパターンの像とプレート P との位置関係を走査方向 (X 方向) に関して変化させつつ、マスク M のパターンをプレート P 上に転写露光する走査型露光装置において、マスク M をパターンの像をプレート P 上に投影するために投影光学装置 P L を備え、像野 I 1 , I 2 が少なくとも離れている方向である Y 方向に直交する X 方向をその走査方向としている。従って、走査露光後に像野 I 1 , I 2 によって露光される像を繋ぎ合わせることができ、これによって、プレート P 上に大面積のパターンを露光できる。さらに、像野 I 1 , I 2 の走査方向の距離を短縮できる場合には、プレートステージの空走距離 (走査距離) を短縮できる。この結果、ステージ系の小型化によって露光装置の製造コストをさらに低減できるとともに、露光時間が短縮でき、露光工程のスループットを向上できる。

【 0 0 4 8 】

次に、図 5 を参照して、この発明の第 2 の実施形態について説明する。本実施形態は、第 1 の実施形態にかかる投影光学装置の構成を変更したものであり、その他の点については、第 1 の実施形態と同一の構成を有する。以下、図 5 において、図 2 に対応する部分には同一符号を付してその詳細な説明を省略する。

図 5 は、本実施形態にかかる部分照明光学系 I L 1 , I L 2 及び投影光学系 P L A 1 , P L A 2 を示し、投影光学系 P L A 1 , P L A 2 は中間像を形成する点が図 2 の投影光学系 P L 1 , P L 2 と主に異なっている。

図 5 において、投影光学系 P L A 1 , P L A 2 は、マスク M の中間像を形成する第 1 結像光学系 1 4 b , 1 4 c と、中間像とプレート P とを光学的に共役にする第 2 結像光学系 1 6 b , 1 6 c とを備える投影光学装置により構成される。その第 2 結像光学系 1 6 b , 1 6 c の構成は、図 2 の投影光学系 P L 1 , P L 2 とほぼ同じであるが、第 2 結像光学系 1 6 b , 1 6 c の第 1 レンズ群 G 1 b h , G 1 c h を構成する各レンズは、投影光学系 P L 1 , P L 2 の第 1 レンズ群 G 1 b , G 1 c を構成する回転対称な各レンズの、光軸に対して + X 方向側及び - X 方向側の半分を切り欠いた回転非対称な外形である点が異なっている。この場合でも、結像光束は、第 1 レンズ群 G 1 b h , G 1 c h の光軸から - X 方向側及び + X 方向側を通過しているため、投影光学系 P L A 1 , P L A 2 をさらに軽量化できるとともに、有効な結像光束のケラレは生じない。

【 0 0 4 9 】

これらの投影光学系 P L A 1 , P L A 2 の拡大倍率は、走査方向における拡大倍率が + 1 を超え、且つ非走査方向における拡大倍率が + 1 を超えるように設定されている。つまり、これらの投影光学系 P L 1 , P L 2 は第 2 面上に第 1 面の正立正像を拡大倍率のもとで形成する。

また、第 1 結像光学系 1 4 b , 1 4 c と第 2 結像光学系 1 6 b , 1 6 c との間の光路中の中間像が形成される位置には、視野絞り 1 5 b , 1 5 c が配置されている。この実施形態に係る投影光学系によれば、視野絞り 1 5 b , 1 5 c の配置を容易に行うことができ、

10

20

30

40

50

また、投影光学系の精度で視野絞りをプレートP上に投影することができるため、高精度な投影を行うことができる。

【0050】

次に、図6を参照して、この発明の第3の実施形態について説明する。本実施形態に係る複数の投影光学系は、第1の実施形態の投影光学系に光学特性調整機構を設けたものであり、その他の点についてはほぼ同一の構成を有する。以下、図6において、図2に対応する部分には同一符号を付してその詳細な説明を省略する。

図6は、本実施形態に係る投影光学系PLB1, PLB2の構成を示す図である。図6において、投影光学系PLB1, PLB2は、図2の投影光学系PL1, PL2に対して、第1レンズ群G1bh, G1chの各レンズが回転非対称である点が異なっている。さらに、投影光学系PLB1, PLB2は、マスクMと第1レンズ群G1bh, G1chとの間の光路中に配置されたクサビ状のペアガラスにより構成される第1光学特性調整機構AD1b, AD1cと、第2光路偏向部材FM2b, FM2cの回転機構により構成される第2光学特性調整機構AD2b, AD2cと、同曲率を有する3枚のレンズにより構成される第3光学特性調整機構AD3b, AD3cと、平行平板を備えて構成される第4光学特性調整機構AD4b, AD4cとを備えている点が異なっている。

【0051】

その第1光学特性調整機構AD1b, AD1cにおいては、ペアガラスをクサビ角に沿って移動させてガラス厚を変化させることにより、フォーカスや像面傾斜を調整することができる。また、第2光学特性調整機構AD2b, AD2cによって像の回転を調整することができる。また、第3光学特性調整機構AD3b, AD3cは、中央部のレンズをマスクMとプレートPとの間の垂直方向(Z方向)に移動させることにより倍率の調整を行うことができる。さらに、第4光学特性調整機構AD4b, AD4cは、平行平板を光軸に対して傾斜させることにより像位置の調整を行うことができる。なお、第3光学特性調整機構AD3b, AD3c及び第4光学特性調整機構AD4b, AD4cは、第3レンズ群G3b, G3cと同様に、光軸に対して半分側が切り欠かれている。

なお、第2光学特性調整機構としては、第1光路偏向部材FM1b, FM1cのみを第2光路偏向部材FM2b, FM2cの回転軸と平行な軸を中心として回転させる機構や、第1光路偏向部材FM1b, FM1c及び第2光路偏向部材FM2b, FM2cを独立的に又は同期して上記軸を中心として回転させる機構を用いてもよい。

【0052】

次に、図7は、この発明の第4の実施形態の投影光学系PLC2を示し、この投影光学系PLC2は図2の投影光学系PL2に対してマスクMとプレートPとの間に中間像を形成する点が異なっている。図2に対応する部分に類似の符号を付して示す図7において、投影光学系PLC2は、マスクMから順に、第1レンズ群GC1と、第2レンズ群GC2と、凹面反射鏡CCMと、凹面反射鏡CCMで反射されて第2レンズ群GC2を通過した光束を+X方向に偏向する第1偏向部材FM1と、第4レンズ群GC4と、第4レンズ群GC4を通過した光束を-Z方向に偏向する第2偏向部材FM2と、第3レンズ群GC3とを配置して構成されている。

【0053】

そして、第1レンズ群GC1、第2レンズ群GC2、及び凹面反射鏡CCMによって、第1偏向部材FM1と第4レンズ群GC4との間にマスクMのパターン22Mの中間像(一次像)23が形成され、その中間像23の第4レンズ群GC4及び第3レンズ群GC3による像(二次像)22PがプレートP上に形成される。この実施形態でも、第3レンズ群GC3を構成する各レンズは、凹面反射鏡CCM側の半分が切り欠かれた回転非対称な外形であるため、投影光学系PL2を軽量化できるとともに、X方向に小型化することができる。

【0054】

なお、この実施形態の投影光学系PLC2の倍率は、走査方向(X方向)に負で、非走査方向(Y方向)に正の拡大倍率となる。従って、投影光学系PLC2をZ軸の周りに1

10

20

30

40

50

80°回転した投影光学系と投影光学系PLC2とを、図1の投影光学系PL1～PL7のように配置した構成の投影光学装置を用いて走査露光を行う場合には、図7において、例えばマスクMを矢印SM2で示す-X方向に走査するのに同期して、プレートPを矢印SP1で示す+X方向に走査するというように、マスクMとプレートPとを逆方向に走査する必要がある。

【0055】

以下に上記の実施形態のいくつかの実施例について説明する。

図8(A)は、図2の投影光学系PL2の実施例を示し、この図8(A)において、第1レンズ群G1cは、マスクM側から順に両凸レンズL11、両凹レンズL12、及び両凸レンズL13を配置して構成されている。第2レンズ群G2cは、マスクM側から順に、両凸レンズL14、両凹レンズL15、及びマスクMに凹面を向けた正メニスカスレンズL16を配置して構成されている。第3レンズ群G3cは、マスクM側から順に、両凹レンズL17、マスクMに凹面を向けた正メニスカスレンズL18、マスクMに凹面を向けた正メニスカスレンズL19、及びマスクMに凸面を向けた正メニスカスレンズL1Aを配置して構成されている。また、第1レンズ群G1cとマスクMとの間に平行平板状の光学特性調整部材AD11が配置され、第3レンズ群G3cとプレートPとの間に2枚の平行平板よりなり、光軸AX23に対して凹面反射鏡CCMc側の半分が切り欠かれた形状の光学特性調整部材AD12が配置されている。

【0056】

また、図8(B)に示すように、第3レンズ群G3c中の正メニスカスのレンズL1Aは、一例として、回転対称なレンズL1ATを製造した後、このレンズL1ATを光軸AXTを含む幅dの領域CDで切断することによって製造されている。そして、図8(A)の第3レンズ群G3c中の全部のレンズは、光軸AX23に対して凹面反射鏡CCMc側の半分を切り欠いた回転非対称な外形を備えている。従って、第3レンズ群G3c中の全部のレンズの切断面B1は凹面反射鏡CCMcに対向している。

【0057】

さらに、一例として、第1レンズ群G1cの焦点距離f1は600mm程度、第3レンズ群G3cの焦点距離f3は1500mm程度、投影倍率は約2.5倍である。

次に、図9は、図2の投影光学系PL2(又は図6の投影光学系PLB2)としても使用できる投影光学系PLD2を示し、この図9において、光学特性調整部材AD13及び第1レンズ群G1Aは、それぞれ図8(A)の光学特性調整部材AD11及び第1レンズ群G1cから光軸AX21に対して第3レンズ群G3A側の半分を切り落とした形状である。また、第2レンズ群G2Aは、図8(A)の第2レンズ群G2cと同じ構成であり、第3レンズ群G3A及び光学特性調整部材AD14は、それぞれ図8(A)の第3レンズ群G3c及び光学特性調整部材AD12を光軸AX23の周りに180°回転した形状である。また、偏向部材FM1c及びFM2cは、それぞれ光軸AX21及びAX23に対して内側の光束を偏向している。この結果、第1レンズ群G1Aの切断面B2は光軸AX23側を向き、第3レンズ群G3Aの切断面B3は凹面反射鏡CCMcと反対側を向いているが、第3レンズ群G3Aと凹面反射鏡CCMcとの間隔を狭くしているため、投影光学系PLD2を軽量化できるとともに、小型化できる。

【0058】

また、この図9の実施例では、第1レンズ群G1Aの半分が切り欠かれており、図8(A)の実施例に比べて偏向部材FM1c及びFM2cをマスクMに近い位置に配置できるため、第1レンズ群G1A及び第3レンズ群G3Aの焦点距離と投影倍率とは図8(A)の実施例と同じでありながら、マスクMとプレートPとの間隔を狭くできる。なお、図2の投影光学系PL1(又は図6の投影光学系PLB1)としては、図9の投影光学系PLD2をZ軸の周りに180°回転した形状の光学系を使用できる。

【0059】

図10は、図6の投影光学系PLB2の実施例を示し、この図10において、第1レンズ群G1cは、マスクM側から順にマスクMに凹面を向けた平凹レンズL21、マスクM

10

20

30

40

50

に平面を向けた平凸レンズ L 2 2、及びマスク M に平面を向けた平凸レンズ L 2 3 を配置して構成されている。さらに、第 1 レンズ群 G 1 c を構成する全部のレンズは、光軸に対して第 3 レンズ群 G 3 c と反対側の半分が切り欠かれた回転非対称な形状である。第 2 レンズ群 G c 2 は、マスク M 側から順に、両凸レンズ L 2 4、両凸レンズ L 2 5、及び両凹レンズ L 2 6 を配置して構成されている。

【 0 0 6 0 】

第 3 レンズ群 G 3 c は、マスク M 側から順に、マスク M に凹面を向けた平凹レンズ L 2 7、マスク M に平面を向けた平凹レンズ L 2 8、マスク M に平面を向けた平凸レンズ L 2 9、マスク M に平面を向けた平凸レンズ L 2 A、マスク M に凸面を向けた平凸レンズ L 2 B、マスク M に平面を向けた平凹レンズ L 2 C、及びマスク M に凸面を向けた平凸レンズ L 2 D を配置して構成されている。この場合、第 3 レンズ群 G 3 c 中のレンズ L 2 7 ~ L 2 9 は、偏向部材 F M 1 c 及び F M 2 c の間に配置されるとともに、光軸に対してマスク M 側の半分が切り欠かれた回転非対称な外形である。また、第 3 レンズ群 G 3 c 中の残りの全部のレンズ L 2 A ~ L 2 D は、第 2 偏向部材 F M 2 c とプレート P との間に配置されるとともに、光軸に対して凹面反射鏡 C C M c 側の半分を超える部分が切り欠かれた回転非対称な外形である。10

【 0 0 6 1 】

また、第 1 レンズ群 G 1 c とマスク M との間に、光軸に対して偏向部材 F M 1 c 側が切り欠かれた平行平板状の光学特性調整部材 A D 2 1 が配置され、第 3 レンズ群 G 3 c とプレート P との間に、2 枚の平行平板よりなり光軸 A X 2 3 に対して凹面反射鏡 C C M c 側の半分を超える部分が切り欠かれた形状の光学特性調整部材 A D 1 2 が配置されている。20

この実施例の第 1 レンズ群 G 1 c の焦点距離 f 1、第 3 レンズ群 G 3 c の焦点距離 f 3、及び投影倍率は図 8 (A) の実施例と同様である。

【 0 0 6 2 】

この図 1 0 の実施例の投影光学系 P L B 2 においては、回転非対称な外形のレンズである、第 1 レンズ群 G 1 c 及び第 3 レンズ群 G 3 c を構成する全部のレンズは、平凸レンズ又は平凹レンズである。従って、第 1 レンズ群 G 1 c 及び第 3 レンズ群 G 3 c のレンズの組立調整時には、例えば第 3 レンズ群 G 3 c 中のレンズ L 2 A で示すように、レーザ光源 2 4 からのレーザビーム 2 5 をビームスプリッタ 2 6 を介して、レンズ L 2 A の照明光が通過する領域を含む平面部 B 4 に照射する。そして、平面部 B 4 からの反射光 2 7 をビームスプリッタ 2 6 を介して例えば C C D カメラ等の 2 次元の撮像素子 2 8 で受光する。撮像素子 2 8 の検出信号から反射光 2 7 の 2 次元の位置を検出することによって、レンズ L 2 A の平面部 B 4 の光軸に対して垂直な平面内の直交する 2 軸の周りの傾斜角を求めることができる。例えば、その傾斜角が所定の値になるように不図示のレンズ枠等を介してレンズ L 2 A の角度を調整することによって、効率的に光学調整を行うことができる。同様にして、第 1 レンズ群 G 1 c 及び第 3 レンズ群 G 3 c を構成する平凸又は平凹のレンズの組立調整を効率的に行うことができる。30

【 0 0 6 3 】

次に、図 1 1 は、図 6 の投影光学系 P L B 1, P L B 2 の別の実施例を示し、この図 1 1 において、第 1 の投影光学系 P L B 1 は、図 9 の投影光学系 P L D 2 をそのままの配置で用いている。すなわち、投影光学系 P L B 1 の第 1 レンズ群 G 1 b h、第 2 レンズ群 G 2 b、及び第 3 レンズ群 G 3 b は、図 9 の第 1 レンズ群 G 1 A、第 2 レンズ群 G 2 A、及び第 3 レンズ群 G 3 A から構成されている。また、第 2 の投影光学系 P L B 2 は、第 1 の投影光学系 P L B 1 を Z 軸に平行な軸の周りに 180° 回転した形状である。すなわち、第 2 の投影光学系 P L B 2 の光学特性調整部材 A D 2 1, A D 1 2、第 1 レンズ群 G 1 c h、及び第 3 レンズ群 G 3 c は、それぞれ第 1 の投影光学系 P L B 1 の光学特性調整部材 A D 1 3, A D 1 4、第 1 レンズ群 G 1 b h、及び第 3 レンズ群 G 3 b を Z 軸に平行な軸の周りに 180° 回転した形状であり、第 2 レンズ群 G 2 c 及び凹面反射鏡 C C M c は第 2 レンズ群 G 2 b 及び凹面反射鏡 C C M b と同じ形状である。40

【 0 0 6 4 】

この構成においては、第3レンズ群G3b, G3cの切断面B3, B5がそれぞれ凹面反射鏡CCMb, CCMcの反対側を向いており、マスクM上の視野間のX方向の距離LmよりもプレートP上の像野間のX方向の距離Lpの方が短く設定されている。従って、マスクオフセットは長くなるが、プレートステージの空走距離(Lp)が短くなり、ステージ系を小型化できる。

【0065】

次に、図12は、図8(A)の投影光学系PL2の第3レンズ群G3cの回転非対称な形状のレンズの照明光(結像光束)が通過しない周縁部に光軸AX23にほぼ垂直な平面部を設けたものである。図12において、レンズL17, L18, L19, L1Aの周縁部にはそれぞれ平面部31A, 31B, 31C, 31Dが設けられている。

10

図13は、図12中のレンズL19の保持部の構成を示し、この図13において、ほぼ光軸AX23を含む切断面B6を持つレンズL19の外周には凸部(つば部)B7が形成され、この凸部B7が3箇所のレンズ保持部33A, 33B, 33Cを介してレンズ枠32に保持され、レンズ枠32が図8(A)の投影光学系PL2の鏡筒(不図示)内に収められる。図13において、凸部B7の上面が光軸AX23にほぼ垂直な平面部31Cとなっている。

【0066】

この場合、一例として、レーザ光源24からレーザビーム25をビームスプリッタ26を介して平面部31Cに照射し、その反射光27をビームスプリッタ26を介して撮像装置28で受光することで、レンズL19の光軸AX23に垂直な平面内で直交する2軸の周りのレンズL19の傾斜角を計測できる。そして、この傾斜角に基づいてレンズL19(レンズ枠32)の複数箇所の高さ等を調整することで、レンズL19の光学調整を効率的に行うことができる。同様に、図12の他の平面部31A, 31B, 31Dを用いることで、他のレンズの光学調整も効率的に行うことができる。

20

【0067】

上記の実施形態及び実施例の作用効果についてまとめると以下の通りである。

(21)図5及び図6の実施形態、及び図9、図10の実施例等では、投影光学系PLA1, PLB1, PLD2等の第1レンズ群G1bh, G1A, G1c等を構成する全部のレンズは、光軸に対して半分側が切り欠かれた回転非対称な形状である。この場合でも、凹面反射鏡CCMb, CCMcによって第1レンズ群を通過する有効な結像光束の分布は回転非対称になるため、結像光束のケラレを生じることなく、投影光学系PLA1等がさらに軽量化されている。また、回転対称なレンズから2つの回転非対称な形状のレンズを製造することによって、複数の第1レンズ群G1bh等を製造する場合の製造コストを低減できる。

30

【0068】

なお、第1レンズ群G1bh, G1A, G1c等の少なくとも1枚のレンズ(例えば最も重いレンズ又は最も外径の大きいレンズ)の外形を回転非対称にするだけでもよく、これによっても軽量化が行われる。

(22)また、例えば図13の回転非対称な外形のレンズL19は、このレンズの光軸(AX23)にほぼ平行な切断面B6を備え、この切断面B6から光軸AX23までの最短距離(正から負の値で、ここではほぼ0)が、レンズL19の外周から光軸AX23までの距離よりも短く設定されている。これによって、レンズL19は回転対称なレンズに比べて軽量化される。

40

【0069】

(23)また、回転非対称な外形のレンズである図10の第1レンズ群G1c及び第3レンズ群G3c内のレンズは、光軸を横切る方向に延びて光束が通過する平面部(B4等)を持っている。従って、その平面部を用いて光学調整を効率的に行うことができる。

(24)また、回転非対称な外形のレンズである図12のレンズL17～L1Aは、光束が通過しない周縁部に形成された平面部31A～31Dを備えている。従って、その平面部を用いて光学調整を効率的に行うことができるとともに、レンズを平凸又は平凹以外

50

の任意の形状にできる利点がある。

【0070】

また、上記の実施形態の図1の投影光学系PLを用いる走査型の投影露光装置を用いて、基板(ガラスプレート)上に所定のパターン(回路パターン、電極パターン等)を形成することによって、マイクロデバイスとしての液晶表示素子を得ることもできる。以下、図14のフローチャートを参照して、この製造方法の一例につき説明する。

図14のステップS401(パターン形成工程)では、先ず、露光対象の基板上にフォトレジストを塗布して感光基板を準備する塗布工程、上記の走査型露光装置を用いて液晶表示素子用のマスクのパターンをその感光基板上に転写露光する露光工程、及びその感光基板を現像する現像工程が実行される。この塗布工程、露光工程、及び現像工程を含むリソグラフィ工程によって、その基板上に所定のレジストパターンが形成される。このリソグラフィ工程に続いて、そのレジストパターンをマスクとしたエッチング工程、及びレジスト剥離工程等を経て、その基板上に多数の電極等を含む所定パターンが形成される。そのリソグラフィ工程等は、その基板上のレイヤ数に応じて複数回実行される。

【0071】

その次のステップS402(カラーフィルタ形成工程)では、赤R、緑G、青Bに対応した3つの微細なフィルタの組をマトリックス状に多数配列するか、又は赤R、緑G、青Bの3本のストライプ状の複数のフィルタの組を水平走査線方向に配列することによってカラーフィルタを形成する。その次のステップS403(セル組立工程)では、例えばステップS401にて得られた所定パターンを有する基板とステップS402にて得られたカラーフィルタとの間に液晶を注入して、液晶パネル(液晶セル)を製造する。

【0072】

その後のステップS404(モジュール組立工程)では、そのようにして組み立てられた液晶パネル(液晶セル)に表示動作を行わせるための電気回路、及びバックライト等の部品を取り付けて、液晶表示素子として完成させる。上述の液晶表示素子の製造方法によれば、上記の実施形態の走査型露光装置を用いてマスクのパターンを感光基板上に露光する露光工程と、この露光工程により露光された感光基板を現像する現像工程とを含んでいる。

【0073】

従って、露光装置が軽量化されているため、デバイス製造工場における露光装置の設置コストが低減できる。さらに、露光装置のステージの走査距離(空走距離)を短縮できる場合には、基板ステージを小型化して低コストで、かつ高スループットで液晶表示素子の製造を行うことができる。

本発明は、液晶表示素子の製造プロセスへの適用に限定されることなく、例えば、プラズマディスプレイ等のディスプレイ装置の製造プロセスや、撮像素子(CCD等)、マイクロマシーン、MEMS(Microelectromechanical Systems:微小電気機械システム)、セラミックスウェハ等を基板として用いる薄膜磁気ヘッド、及び半導体素子等の各種デバイスの製造プロセスにも広く適用できる。

【0074】

なお、上述の実施形態では、光源として放電ランプを備え、必要となるg線(436nm)の光、h線(405nm)、及びi線(365nm)の光を選択するようにしていた。しかしながら、これに限らず、紫外LEDからの光、KrFエキシマレーザ(248nm)やArFエキシマレーザ(193nm)からのレーザ光、又は固体レーザ(半導体レーザ等)の高調波を用いる場合であっても本発明を適用することが可能である。

【0075】

また、上記の実施形態の投影光学系PL1、及び投影光学装置PLは、本願の請求の範囲に挙げられた各構成要件を所定の機械的精度、光学的精度を保つように、組み立てることで製造される。また、上記の実施形態の走査型露光装置(投影露光装置)は、本願の請求の範囲に挙げられた投影光学装置等の各構成要素を含む各種サブシステムを、所定の機械的精度、電気的精度、光学的精度を保つように、組み立てることで製造される。これら

10

20

30

40

50

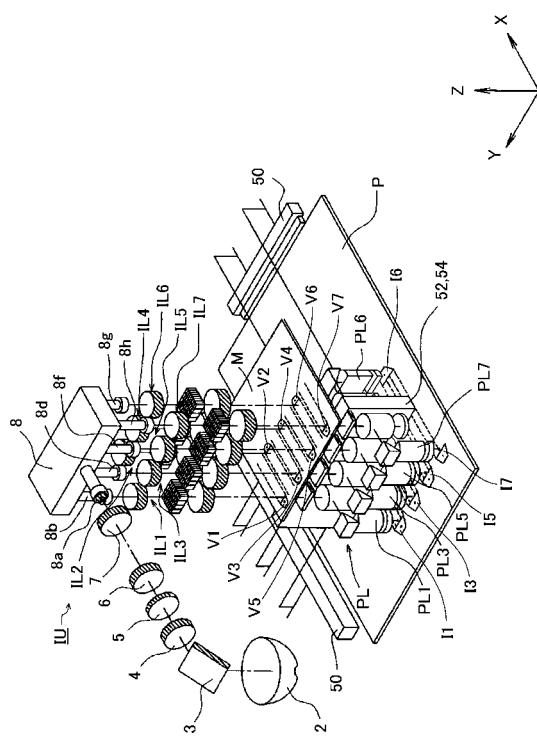
各種精度を確保するために、この組み立ての前後には、各種光学系については光学的精度を達成するための調整、各種機械系については機械的精度を達成するための調整、各種電気系については電気的精度を達成するための調整が行われる。各種サブシステムから露光装置への組み立て工程は、各種サブシステム相互の、機械的接続、電気回路の配線接続、気圧回路の配管接続等が含まれる。この各種サブシステムから露光装置への組み立て工程の前に、各サブシステム個々の組み立て工程があることはいうまでもない。各種サブシステムの露光装置への組み立て工程が終了したら、総合調整が行われ、露光装置全体としての各種精度が確保される。なお、露光装置の製造は温度及びクリーン度等が管理されたクリーンルームで行なうことが望ましい。

【0076】

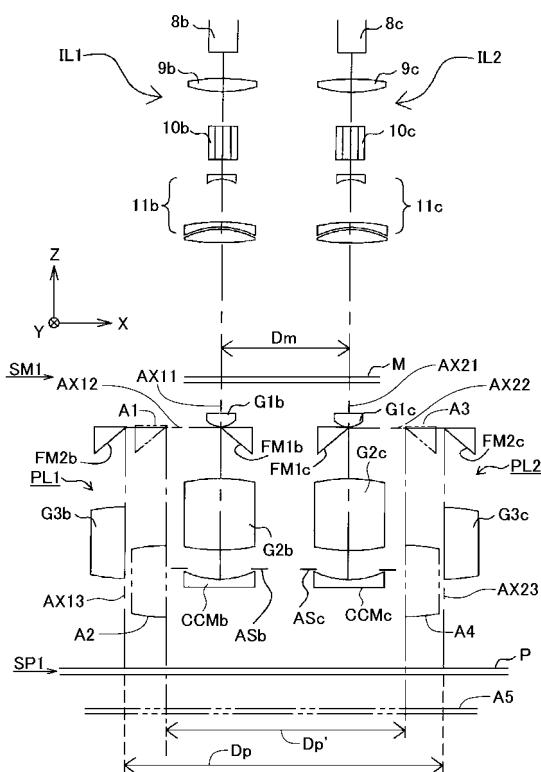
10

なお、本発明は上述の実施形態に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の構成を取り得る。また、また、明細書、特許請求の範囲、図面、及び要約を含む2007年3月5日付け提出の日本国特許出願第2007-054882号の全ての開示内容は、そっくりそのまま引用して本願に組み込まれている。

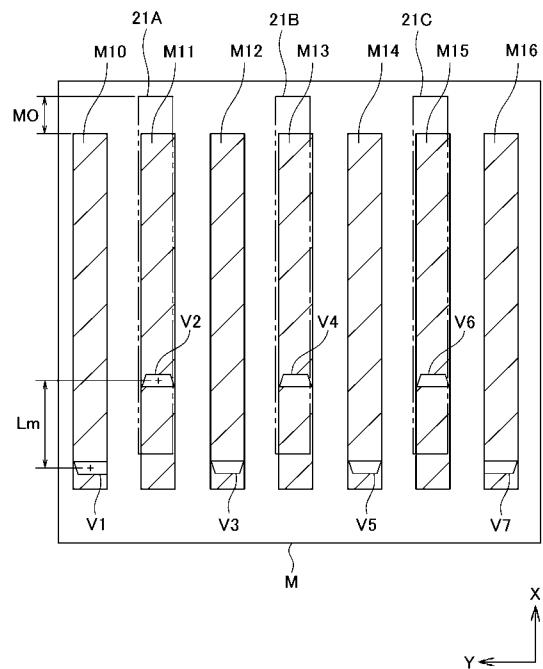
【図1】



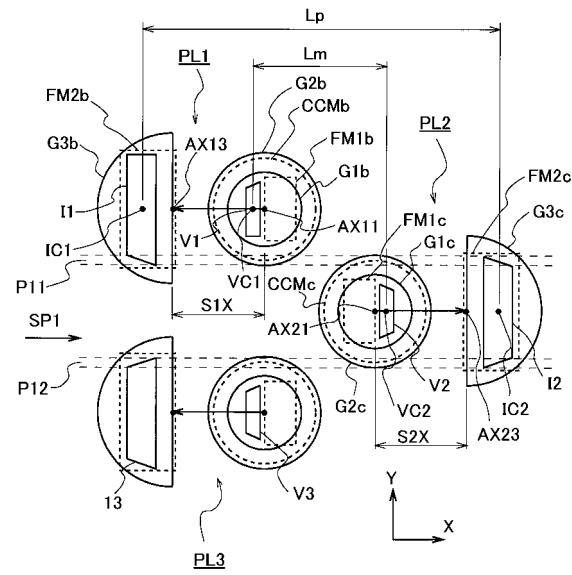
【図2】



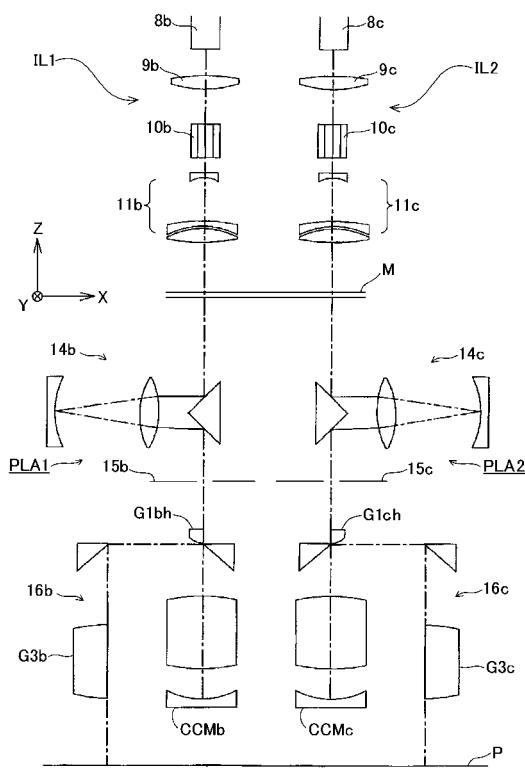
【図3】



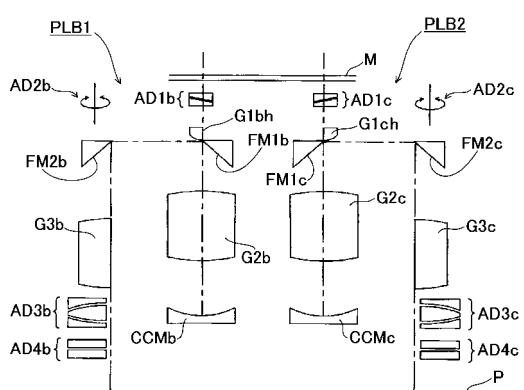
【図4】



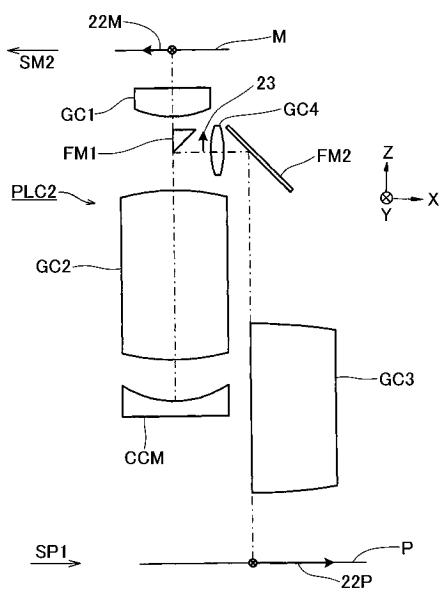
【図5】



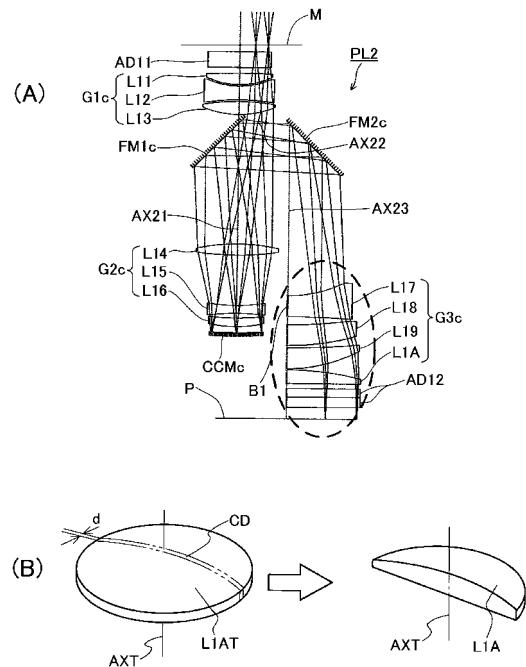
【図6】



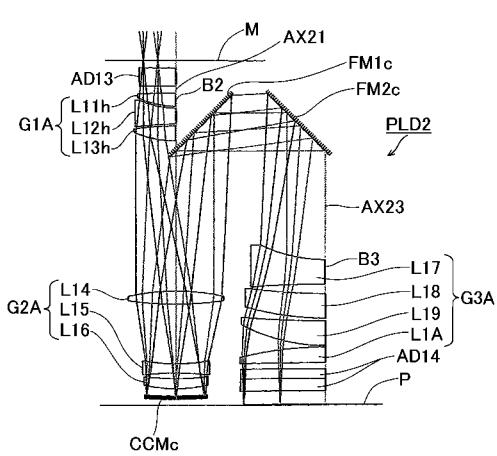
【図7】



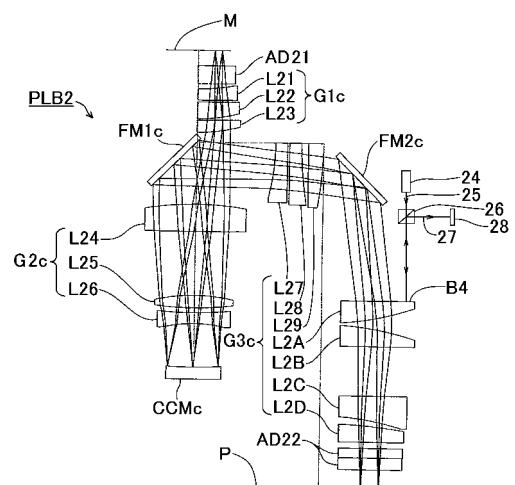
【図8】



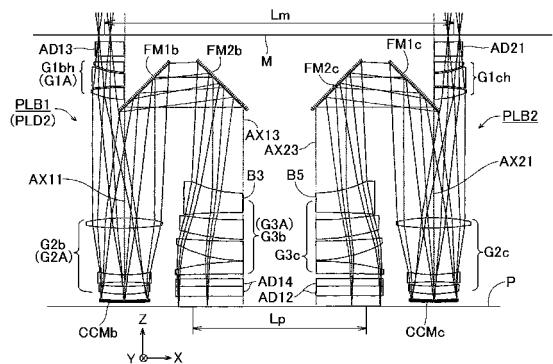
【図9】



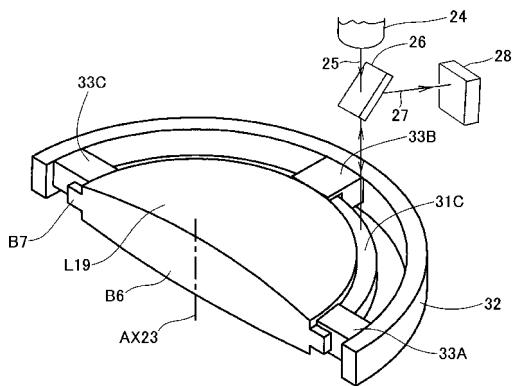
【図10】



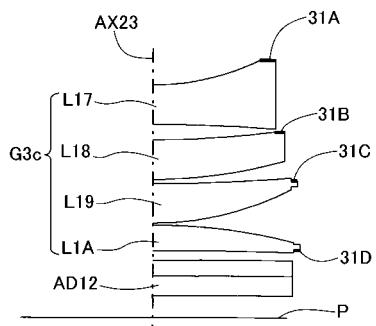
【図11】



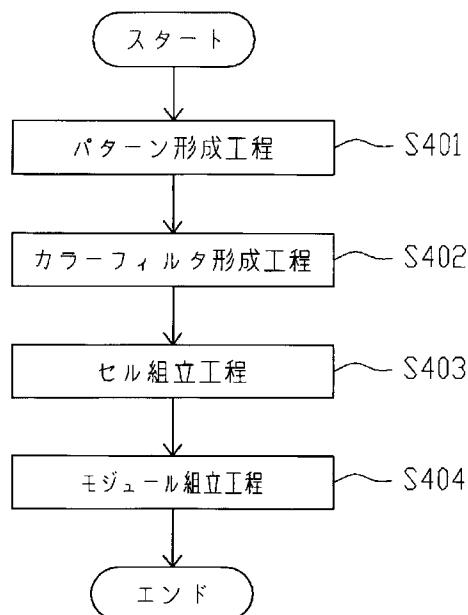
【図13】



【図12】



【図14】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平11-265848(JP, A)
特開平08-021955(JP, A)
特開平06-242379(JP, A)
特開平08-188298(JP, A)
特開2006-184709(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 9/00-17/08
G02B21/02-04
G02B25/00-04