(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3666606号
(P3666606)
(45)発行日　平成17年6月29日(2005.6.29)　(24)登録日　平成17年4月15日(2005.4.15)

(51)Int.Cl.[7]	F I		
G02B 27/18	G02B	27/18	A
G03F 7/20	G03F	7/20	521
H01L 21/027	H01L	21/30	518

請求項の数 13　(全 17 頁)

(21)出願番号　特願平6-329962
(22)出願日　平成6年12月5日(1994.12.5)
(65)公開番号　特開平7-218863
(43)公開日　平成7年8月18日(1995.8.18)
審査請求日　平成13年12月3日(2001.12.3)
(31)優先権主張番号　特願平5-339770
(32)優先日　平成5年12月6日(1993.12.6)
(33)優先権主張国　日本国(JP)

前置審査

(73)特許権者　000004112
株式会社ニコン
東京都千代田区丸の内３丁目２番３号
(74)代理人　100095256
弁理士　山口　孝雄
(72)発明者　加藤　欣也
東京都品川区西大井１丁目６番３号　株式会社ニコン　大井製作所内
(72)発明者　関　昌美
東京都品川区西大井１丁目６番３号　株式会社ニコン　大井製作所内

審査官　三橋　健二

最終頁に続く

(54)【発明の名称】投影露光装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

投影光学系に対して第１の基板および表示素子用基板である第２の基板を相対的に移動させて前記第１の基板上に形成されたパターンを前記投影光学系を介して前記第２の基板上に投影露光する投影露光装置において、

前記投影光学系は、前記第１の基板上の複数の視野領域に形成されたパターンの等倍正立像をそれぞれ前記第２の基板上の複数の露光領域に形成する複数の投影光学ユニットからなり、

前記複数の投影光学ユニットの各々は、前記第１の基板からの光を偏向させる第１の偏向部材と、該第１の偏向部材からの光を反射させる反射鏡と、該反射鏡からの光を前記第２の基板へ向けて偏向させる第２の偏向部材とを有しかつ少なくとも像側がテレセントリックな光学系であり、

前記複数の投影光学ユニットを介して前記第２の基板上に形成される複数の像のうち任意の像の回転を補正するための補正手段を備え、

該補正手段は、前記任意の像を形成する投影光学ユニットに設けられた前記第１および第２の偏向部材を、該投影光学ユニットに設けられた前記反射鏡を保持する鏡筒に対して回転させる駆動部を含むことを特徴とする投影露光装置。

【請求項２】

前記複数の投影光学ユニットは、前記第１の基板上に形成されたパターンの中間像を形成する第１の部分光学系と、前記中間像を前記第２の基板上に再結像させる第２の部分光

学系とを備え、
前記第２の部分光学系は、前記第１および第２の偏向部材と前記反射鏡とを備え、
前記第１の部分光学系は、前記第１の基板と前記第２の部分光学系の間に位置し、前記第１の基板からの光を偏向させる第３の偏向部材と、該第３の偏向部材からの光を反射させる第２反射鏡と、該第２反射鏡からの光を前記第２の部分光学系へ向けて偏向させる第４の偏向部材とを備えていることを特徴とする請求項１に記載の投影露光装置。
【請求項３】
前記補正手段は、所定ピッチを有し且つ前記投影光学系の物体面に相当する位置に位置決めされる第１の明暗格子と、該第１の明暗格子と同一のピッチを有し且つ前記投影光学系の像面に相当する位置に位置決めされる第２の明暗格子と、前記複数の投影光学ユニットによる前記第１の明暗格子の像および前記第２の明暗格子から生ずるモアレ縞を観測するための観測手段と、該観測手段で観測したモアレ縞に基づいて前記複数の投影光学ユニットの各々の位置決めを補正するための位置決め補正手段とを備えていることを特徴とする請求項１または２に記載の投影露光装置。
【請求項４】
前記位置決め補正手段は、前記複数の投影光学ユニットの各々の前記第１および第２の偏向部材の向きを補正することを特徴とする請求項３に記載の投影露光装置。
【請求項５】
前記位置決め補正手段は、前記複数の投影光学ユニットの各々の前記第１および第２の偏向部材と前記反射鏡との向きを補正することを特徴とする請求項３または４に記載の投影露光装置。
【請求項６】
前記第１の明暗格子および前記第２の明暗格子は、少なくとも任意の隣接する２つの投影光学ユニットの領域を占め、
それぞれ前記パターン面および前記像面内において移動可能であることを特徴とする請求項３乃至５のいずれか１項に記載の投影露光装置。
【請求項７】
前記第１の明暗格子および前記第２の明暗格子は、前記投影光学系の全領域を占めることを特徴とする請求項３乃至５のいずれか１項に記載の投影露光装置。
【請求項８】
前記観測手段は、前記第１の明暗格子と前記複数の投影光学ユニットと前記第２の明暗格子とを介した照明光により前記モアレ縞の像を形成する受光光学系と、前記モアレ縞の像を光電変換する受光手段とを備え、
前記受光光学系は、少なくとも前記投影光学ユニット側がテレセントリックであることを特徴とする請求項３乃至７のいずれか１項に記載の投影露光装置。
【請求項９】
前記偏向部材の向きは調整可能であることを特徴とする請求項１乃至８のいずれか１項に記載の投影露光装置。
【請求項１０】
前記第１および第２の偏向部材は、一体的に構成され、
前記補正手段は、前記反射鏡に対して前記第１および第２の偏向部材の向きを一体的に調整可能とすることを特徴とする請求項１乃至８のいずれか１項に記載の投影露光装置。
【請求項１１】
請求項１乃至１０のいずれか１項に記載の投影露光装置を用いて、前記第１の基板としてのマスク上に形成された原画パターンを投影光学系を介して前記第２の基板上に投影露光することを特徴とする投影露光方法。
【請求項１２】
複数の投影光学系に対して第１の基板および表示素子用基板である第２の基板を相対的に移動させて前記第１の基板上の複数の視野領域に形成されたパターンの像をそれぞれ前記複数の投影光学系を介して前記第２の基板上の複数の露光領域に複数投影露光する投影

露光方法であって、
前記複数の投影光学系の各投影光学ユニットに含まれる第１の反射面によって前記第１の基板からの光を偏向させる工程と、
第２の反射面によって前記第１の反射面からの光を反射させる工程と、
第３の反射面によって前記第２の反射面からの光を前記第２の基板へ向けて偏向させる工程と、
前記第３の反射面からの像側テレセントリックな光束に基づいて前記第２の基板上に前記パターンの像を投影露光する工程と、
前記複数の投影光学系により前記第２の基板上に投影露光される複数の前記パターンの像のうち任意の像を形成する投影光学ユニットに設けられた前記第１および第３の反射面を、該投影光学ユニットに設けられた前記第２の反射面を保持する鏡筒に対して回転させることにより、前記パターンの像が投影露光される面と直交する方向を軸として前記任意の像の回転量を調整する工程とを備えることを特徴とする投影露光方法。
【請求項１３】
前記パターンの像が投影露光される面と直交する方向を軸として回転調整するために前記第１乃至第３反射面のうちの一部または全部の向きを調整することを特徴とする請求項１２に記載の投影露光方法。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【産業上の利用分野】
本発明は投影露光装置に関し、特に複数の投影光学ユニットからなる投影光学系の自己補正に関する。
【０００２】
【従来の技術】
近年、ワープロ、パソコン、テレビ等の表示素子として、液晶表示パネルが多用されるようになった。液晶表示パネルは、ガラス基板上に透明薄膜電極をフォトリソグラフィの手法で所望の形状にパターンニングして作られる。このリソグラフィのための装置として、マスク上に形成された原画パターンを投影光学系を介してガラス基板上のフォトレジスト層に露光するミラープロジェクションタイプのアライナーが使われていた。
【０００３】
ところで、従来のミラープロジェクションタイプのアライナーでは、露光領域を拡大するために、露光領域を分割して露光していた。具体的には、被露光基板であるプレート上の露光領域をたとえば４つの領域に分割し、第１のマスクと第１の領域とを走査露光し、第１の領域に第１のマスクの回路パターンを転写する。次いで、第１のマスクと第２のマスクとを交換するとともに、投影光学系の露光領域と第２の領域とが重なるように、プレートをステップ的に移動させる。そして、第２のマスクと第２の領域とを走査露光して、第２のマスクの回路パターンを第２の領域上に転写する。以下、第３のマスクおよび第４のマスクならびに第３の領域および第４の領域について同様の工程を繰り返し、第３のマスクおよび第４のマスクの回路パターンをそれぞれ第３の領域および第４の領域に転写していた。
【０００４】
このように、露光領域を分割して露光する場合、１つの露光領域に対して複数回の走査露光を行うためスループット（単位時間当たりの露光基板量）が低い。さらに、分割露光の場合には、隣接する露光領域との間に継ぎ目が発生するのでその継ぎ精度を高める必要がある。このため、投影光学系の倍率誤差を０に近づける必要があるとともに、アライメント精度の大幅な向上が要求され、装置のコスト高を招いてしまう。
【０００５】
一方、分割露光することなく大きな１つの露光領域を一括して走査露光するために、投影光学系の大型化を図ることが考えられる。しかしながら、投影光学系の大型化を図るためには、大型の光学素子を非常に高精度に製作する必要があり、その結果製作コストの増大

および装置の大型化を招く。また、投影光学系の大型化により収差の増大すなわち結像性能の低下を招いてしまう。

【０００６】

そこで、投影光学系を等倍正立像を形成する複数の投影光学ユニットで構成した投影露光装置が提案されている（特願平５－１６１５８８号）。この出願で提案された投影露光装置では、各投影光学ユニットが第１部分光学系および第２部分光学系からなり、各部分光学系はダイソン型、オフナー型等の反射型の光学系である。

このように、複数の投影光学ユニットで投影光学系を構成した投影露光装置では、各投影光学ユニットは小型でも全体として１つの大きな露光領域を走査露光することができるという利点がある。

【０００７】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上述の投影露光装置では、各投影光学ユニットが複数の反射面を含んでいるので、反射面の取り付け誤差等に起因して各投影光学ユニットを介してそれぞれ形成される像の相互間の向きに誤差が発生する。そして、投影光学系が複数の投影光学ユニットで構成されているので、上述した像の相互間の向きの誤差を補正しない限り、走査露光したときに各投影光学ユニットを介してそれぞれ形成される像の間の整合性が損なわれるという不都合があった。

【０００８】

本発明は、前述の課題に鑑みてなされたものであり、複数の投影光学ユニットで投影光学系を構成しながら各投影光学ユニットの像の間の整合性の高い投影露光装置を提供することを目的とする。

【０００９】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明による投影露光装置は以下の構成を有する。例えば図３に示す如く、本発明の投影露光装置は、投影光学系（２１Ａ～２１Ｃ）に対して第１の基板および第２の基板を相対的に移動させて前記第１の基板上に形成されたパターンを前記投影光学系を介して前記第２の基板上に投影露光するものであって、前記投影光学系は、前記第１の基板に形成されたパターンの等倍正立像を前記第２の基板上に形成する複数の投影光学ユニット（２１Ａ，２１Ｂ，２１Ｃ）からなり、前記複数の投影光学ユニットの各々は、前記第１の基板からの光を偏向させる第１の偏向部材と、該第１の偏向部材からの光を反射させる反射鏡と、該反射鏡からの光を前記第２の基板へ向けて偏向させる第２の偏向部材とを有しかつ少なくとも像側がテレセントリックな光学系であり、前記複数の投影光学ユニットを介して前記第２の基板上に形成される複数の像の相互間のうち任意の像の回転を補正するための補正手段を備え、該補正手段は、前記任意の像を形成する投影光学ユニットに設けられた前記第１および第２の偏向部材を、該投影光学ユニットに設けられた前記反射鏡を保持する鏡筒に対して回転させる駆動部を含むように構成される。

【００１０】

本発明の好ましい態様によれば、前記補正手段は、所定ピッチを有し且つ前記投影光学系の物体面に相当する位置に位置決めされる第１の明暗格子（１５）と、該第１の明暗格子と同一のピッチを有し且つ前記投影光学系の像面に相当する位置に位置決めされる第２の明暗格子（１６）と、前記投影光学ユニットによる前記第１の明暗格子の像および前記第２の明暗格子から生ずるモアレ縞を観測するための観測手段（１３，１４）と、該観測手段で観測したモアレ縞に基づいて前記複数の投影光学ユニットの各々の位置決めを補正するための位置決め補正手段とを備えている。

【００１１】

【作用】

以上のように、本発明では、複数の投影光学ユニットからなる投影光学系を有する走査型の投影露光装置において、投影光学系の物体面および像面に相当する位置にそれぞれ明暗

の格子パターンを配置する。各格子パターンは、透明部と不透明部とが交互に等間隔平行に並んだパターンであり、互いにほぼ平行に且つほぼ同じ向きに配置される。そして、２つの明暗格子パターンおよび投影光学系を介した照明光を受光し、各投影光学ユニットについてモアレ縞を観測する。

【００１２】

後述するように、各投影光学ユニットを介してそれぞれ形成される像の向きが同じであれば、各投影光学ユニットについて観測されるモアレ縞のピッチは等しい。換言すれば、２つの投影光学ユニットについてモアレ縞のピッチを計測し、各投影光学ユニットを介して形成された像の相互間の向きの誤差を検出することができる。

したがって、モアレ縞のピッチが等しくなるように各投影光学ユニットの反射面（第１および第２の偏向部材、反射鏡）の向きをほぼ一定にすることにより、各投影光学ユニットを介して形成される像の向きをほぼ一定にすることができる。その結果、各投影光学ユニット間の整合性の高い投影露光が可能になる。

【００１３】

【実施例】

本発明の実施例を、添付図面に基づいて説明する。

図１は、本発明の実施例にかかる投影露光装置の構成を示す斜視図である。また、図２は、図１の投影露光装置の投影光学系の構成を示す図である。

図１では、所定の回路パターンが形成されたマスク１０８とレジストが塗布されたガラス基板からなるプレート１０９とが搬送される方向（走査方向）をＸ軸とし、マスク１０８の平面内でＸ軸と直交する方向をＹ軸とし、マスク１０８の法線方向をＺ軸としている。

【００１４】

図示の投影露光装置は、図中ＸＹ平面内のマスク１０８を均一に照明するための照明光学系１１０を備えている。マスク１０８の下方（－Ｚ方向）には、複数の投影光学ユニット１０２ａ乃至１０２ｇからなる投影光学系が配設されている。各投影光学ユニットはそれぞれ同じ構成を有する。投影光学系のさらに下方には、プレート１０９がＸＹ平面とほぼ平行になるようにステージ１６０上に載置されている。

なお、走査露光中、マスク１０８とプレート１０９とは図中矢印方向（Ｘ０方向）に一体的に移動される。

【００１５】

図２は、各投影光学ユニットの構成を概略的に示す図である。図示の投影光学ユニットは、第１の部分光学系（１２１～１２４）と、視野絞り１２５と、第２の部分光学系（１２６～１２９）とから構成されている。第１部分光学系（１２１～１２４）および第２部分光学系（１２６～１２９）は、それぞれダイソン型の光学系であって、同じ構成を有する。

【００１６】

第１の部分光学系は、マスク１０８からの光を＋Ｘ軸方向（図中右側）に偏向するプリズム１３０の第１の反射面１２１と、この第１の反射面１２１で反射された光を収束させるための平凸レンズ１２２と、この平凸レンズ１２２を通過した光を平凸レンズ１２２に反射する凹面鏡１２３と、平凸レンズ１２２を介して入射した光を図中－Ｚ方向に偏向するプリズム１３０の第２の反射面１２４とからなる。

上述したように、第１の部分光学系と第２の部分光学系とは全く同じ構成を有する。図２において、第２の部分光学系の構成要素には第１の部分光学系の構成要素と異なる符号が付されているが、第２の部分光学系の構成について重複する説明を省略する。

【００１７】

マスク１０８を透過した照明光は、プリズム１３０の第１の反射面１２１で＋Ｘ方向（図中右側）に偏向され、平凸レンズ１２２に入射する。平凸レンズ１２２で収束された光は、凹面鏡１２３で－Ｘ方向（図中左側）に反射され、再び平凸レンズ１２２に入射する。平凸レンズ１２２を通過した光は、プリズム１３０の第２の反射面１２４で－Ｚ方向（図中下方）に偏向され、第１の部分光学系と第２の部分光学系との間にマスク１０８のパタ

ーンの一次像が形成される。
このように、第１の部分光学系（１２１～１２４）によって形成された一次像は、Ｘ方向の横倍率が＋１倍でＹ方向の横倍率が－１倍のマスク１０８の等倍像である。なお、一次像が形成される位置には視野絞り１２５が配置されている。
【００１８】
視野絞り１２５を介した一次像からの光は、第２の部分光学系のプリズム１３１の第１の反射面１２６で＋Ｘ方向（図中右側）に偏向され、平凸レンズ１２７に入射する。平凸レンズ１２７で収束された光は、凹面鏡１２８で－Ｘ方向（図中左側）に反射され、再び平凸レンズ１２７に入射する。平凸レンズ１２７を通過した光は、プリズム１３１の第２の反射面１２９で－Ｚ方向（図中下方）に偏向され、プレート１０９上にはマスク１０８のパターンの二次像が形成される。
【００１９】
上述したように、第１の部分光学系と第２の部分光学系とは全く同じ構成を有し、第２の部分光学系はＸ方向の横倍率が＋１倍でＹ方向の横倍率が－１倍の一次像の等倍像を形成する。したがって、第１および第２の部分光学系を介してプレート１０９上に形成される二次像は、マスク１０８の等倍正立像（Ｘ方向およびＹ方向の横倍率がともに＋１倍の像）となる。ここで、第１および第２のダイソン型部分光学系からなる投影光学ユニットは、両側（物体側および像側の双方）テレセントリック光学系である。
【００２０】
一般に、ダイソン型光学系では収差が十分小さい領域として規定される最大視野領域はほぼ半円形状となる。したがって、視野絞り１２５には形成される開口部は、半円形状の最大視野領域内において規定される。本実施例では、視野絞り１２５には、台形状の開口部が形成されている。
図１において、投影光学ユニット１０２ａ乃至１０２ｇにそれぞれ配置された視野絞りにより、マスク１０８上において台形状の視野領域１０８ａ乃至１０８ｇが規定される。これらの視野領域１０８ａ乃至１０８ｇの像は、投影光学系を介してプレート１０９上の露光領域１０９ａ乃至１０９ｇにおいて等倍正立像として形成される。
【００２１】
ここで、投影光学ユニット１０２ａ乃至１０２ｄは、対応する視野領域１０８ａ乃至１０８ｄが図中Ｙ方向すなわち走査直交方向に沿って直線状に並ぶように配設されている。一方、投影光学ユニット１０２ｅ乃至１０２ｇは、対応する視野領域８ｅ乃至８ｇがＹ方向に沿って視野領域８ａ乃至８ｄとは異なる直線状に並ぶように配設されている。
【００２２】
なお、投影光学ユニット１０２ａ乃至１０２ｄの長手方向および投影光学ユニット１０２ｅ乃至１０２ｇの長手方向はともにＸ軸に平行で、且つ投影光学ユニット１０２ａ乃至１０２ｄの反射面と投影光学ユニット１０２ｅ乃至１０２ｇの反射面とが近接するように、すなわち第１群の投影光学ユニット１０２ａ乃至１０２ｄと第２群の投影光学ユニット１０２ｅ乃至１０２ｇとが対向するように構成されている。さらに、Ｙ方向に沿って投影光学ユニット１０２ａ、１０２ｅ、１０２ｂ、１０２ｆ、１０２ｃ、１０２ｇ、１０２ｄの順に第１群と第２群とが交互に配設されている。
【００２３】
なお、マスク１０８上の視野領域１０８ａ乃至１０８ｇは、それぞれ対応する投影光学ユニット内の視野絞りの開口部形状によって規定される。したがって、照明光学系１１０には、視野領域１０８ａ乃至１０８ｇを厳密に規定するための光学系を設ける必要がない。
このように、プレート１０９上には、投影光学ユニット１０８ａ乃至１０８ｄを介して露光領域１０９ａ乃至１０９ｄがＹ方向に沿って直線状に形成され、投影光学ユニット１０８ｅ乃至１０８ｇを介して露光領域１０９ｅ乃至１０９ｇがＹ方向に沿って直線状に形成される。これらの露光領域１０９ａ乃至１０９ｇは、マスク１０８上の視野領域１０８ａ乃至１０８ｇの等倍正立像である。
【００２４】

次いで、投影光学ユニット１０２ａ乃至１０２ｇによって規定される視野領域１０８ａ乃至１０８ｇのマスク１０８上における位置関係を説明する。
台形状の視野領域１０８ａ乃至１０８ｄの短辺部分と同じく台形状の視野領域１０８ｅ乃至１０８ｇの短辺部分とが対向するように配置され、さらに各視野領域の三角形状端部とこれに隣接する視野領域の対応する三角形状端部とがＸ方向（走査方向）に重複するようになっている。

【００２５】

このように、第１群の視野領域１０８ａ乃至１０８ｄと第２群の視野領域１０８ｅ乃至１０８ｇとをＹ方向に交互に配置するのは、各投影光学ユニットが両側テレセントリック光学系であるため、ＸＹ平面において投影光学ユニット１０２ａ乃至１０２ｇが占める領域がそれぞれ対応する視野領域１０８ａ乃至１０８ｇより大きくなってしまうからである。

【００２６】

すなわち、直線状に配列した投影光学ユニット１０２ａ乃至１０２ｄの視野絞りによって規定される視野領域１０８ａ乃至１０８ｄでは、各領域の間でＹ方向に間隔が発生する。その結果、投影光学ユニット１０２ａ乃至１０２ｄだけではプレート１０９上においてＹ方向に連続した露光領域を確保することができなくなってしまう。そこで、投影光学ユニット１０２ｅ乃至１０２ｇを付設して、対応する視野領域１０８ｅ乃至１０８ｇで視野領域１０８ａ乃至１０８ｄのＹ方向間隔を補完して、Ｙ方向に連続した露光領域を確保している。なお、本実施例においては、視野領域１０８ａ乃至１０８ｇの中で最もＹ方向において端部に位置する視野領域１０８ａおよび１０８ｄの端部は、マスク１０８のパターンが形成される領域のＹ方向の端部と一致している。

【００２７】

このように、マスク１０８上の視野領域１０８ａ乃至１０８ｇにおいて、走査方向（Ｘ方向）に沿った視野領域の長さの総和が走査直交方向（Ｙ方向）の任意の位置において一定になっている。すなわち、視野領域の等倍正立像である露光領域１０９ａ乃至１０９ｇにおいても、走査方向（Ｘ方向）に沿った視野領域の長さの総和が走査直交方向（Ｙ方向）の任意の位置において一定になる。その結果、走査露光により、プレート１０９上の全面に亘って均一な露光光量分布を得ることができる。

【００２８】

図３は、本発明の実施例にかかる投影露光装置の補正手段の構成を示す図である。図中、投影光学ユニット２１Ａ乃至２１Ｃは、図２に示す構成を有するダイソン型の光学系である。
図示の補正手段は、投影光学系の投影パターン面に相当する位置に配置された明暗の格子パターン１５を備えている。

【００２９】

また、投影光学系の像面に相当する位置には、格子パターン１５と同じ構成の明暗の格子パターン１６が設けられている。なお、格子パターン１５および１６は、同一ピッチのパターン（透明部と不透明部とが交互に等間隔平行に並んだパターン）であって互いにほぼ平行に且つほぼ同じ向きに位置決めされている。図３においては、図面の明瞭化のために格子パターン１５および１６の一部だけを示している。

【００３０】

図示の補正手段はさらに、投影光学系の図中下方に配置された受光レンズ１３と、この受光レンズ１３のさらに図中下方に配置されたイメージセンサ１４とを備えている。なお、受光センサ１３は、少なくとも物体側（投影光学ユニット２１Ａ～２１Ｃ側）がテレセントリックで構成されている。また、図中破線で示すように、受光センサ１３およびイメージセンサ１４は一体となって、各投影光学ユニットの像面に沿った方向に移動可能に構成されており、各投影光学ユニットの図中下方に順次移動することができる。さらに、格子パターン１６とイメージセンサ１４の受光面とは、共役関係になっている。
こうして、照明光学系（不図示）からの照明光１は、格子パターン１５、各投影光学ユニットおよび格子パターン１６を通過し、受光レンズ１３を介してイメージセンサ１４で受

光されるようになっている。

【００３１】

次に図４及び図５を参照して本実施例の格子パターン１５，１６、受光レンズ１３およびイメージセンサ１４の構成について説明する。図４は本実施例におけるステージの構成を概略的に示す斜視図であり、図３と対応した座標系を採用している。また、図５は本実施例のＸＺ断面図である。

図４において、マスク１０８はＸＹ平面内に沿って移動可能なマスクステージ１５０上に真空吸着の手法により載置されている。このマスクステージ１５０は図５に示す通り、マスク１０８を通過する露光光を通過させるための開口部を持つものである。なお、マスクステージ１５０上に載置されるマスク１０８のパターン面（パターンが設けられる面）は、下側（プレート１０９側）となる。

【００３２】

図４に戻って、プレート１０９はＸＹ平面内に沿って移動可能なプレートステージ１６０上に真空吸着の手法により載置されている。ここで、マスクステージ１５０及びプレートステージ１６０は、それぞれＹＺ平面において「Ｃ字状」の断面を持つキャリッジ１７０に設けられている。このキャリッジ１７０はＸ方向に沿って移動可能に設けられている。

【００３３】

キャリッジ１７０上のマスクステージ１５０とは異なる部分（キャリッジ１７０上のマスクステージ１５０に隣接する端部）には、格子パターン１５を持つ基板ガラス１４１を支持するガラス支持台１４３が固設されている。図５に示す如く、このガラス支持台１４３も格子パターン１５を通過する照明光学系１１０からの光を通過させるための開口部を有する。なお、ガラス支持台１４３上に載置される基板ガラス１４１の格子パターン１５は、下側（プレート１０９側）となり、かつマスクステージ１５０上のマスク１０８のパターン面と同一の面内に位置する。

【００３４】

図４に戻って、キャリッジ１７０上のプレートステージ１５０とは異なる部分には、格子パターン１６を持つ基板ガラス１４２を支持するガラス支持台１４４が固設されている。図５に示す如く、このガラス支持台１４４は、格子パターン１６を通過する光を通過させるための開口部を有する。なお、ガラス支持台１４４上に載置される基板ガラス１４２の格子パターン１６は、プレート１０９の上側（マスク１０８側）の面と同一の面内に位置する。

【００３５】

また、図４に戻って、ガラス基板上１４１上の格子パターン１５及びガラス基板１４２上の格子パターン１６は、図中Ｘ方向に沿ったピッチを有する。

そして、キャリッジ１７０には、図中Ｙ方向に延びた溝であるガイド１４６が設けられている。ここで、図３に示す受光レンズ１３及びイメージセンサ１４を有する検出ユニット１４５は、ガイド１４６の溝に移動可能に取り付けられている。従って、検出ユニット１４５は、図中Ｙ方向に沿って移動可能となる。なお、不図示ではあるが、検出ユニット１４５にはリニアエンコーダが設けられており、検出ユニット１４５のＹ方向の位置を検出できる構成となっている。

【００３６】

図５に示すように、検出ユニット１４５の受光レンズ１３によって、ガラス基板１４２上の格子パターン１６と、イメージセンサ１４の撮像面とが共役になっている。そして、ガラス基板１４２上の格子パターン１６とガラス基板１４１上の格子パターン１５とは、これらの格子パターン１５及び１６の間に配置される投影光学系（１２２～１２８）によって共役な関係であるため、イメージセンサ１４においては、格子パターン１５の像（３次像）と、格子パターン１６の像（正確には１次像）とが形成される。すなわち、イメージセンサ１４上には、格子パターン１５と格子パターン１６とのモアレ縞が形成される。

【００３７】

なお、本実施例では、格子パターン１５はキャリッジ１７０上に設けられているが、マス

ク１０８を支持するマスクステージ１５０上の一部に設けられていても良い。また、格子パターン１６はキャリッジ１７０上に設けられているが、プレート１０９を支持するステージ１６０上の一部に設けられていても良い。

【００３８】

ここで、受光レンズ１３が物体側テレセントリック（投影光学系１２２～１２８側がテレセントリック）でない場合には、受光レンズ１３と格子パターン１６との間の距離変動によりイメージセンサ１４上での倍率が変化し、正確なピッチの検出が困難になるため好ましくない。本実施例においては、受光レンズ１３が物体側テレセントリックであるため、受光レンズ１３およびイメージセンサ１４が一体となって移動するときに、格子パターンとの距離変動が生じても、正確にピッチを検出することができる。

【００３９】

図６は、投影光学ユニットの反射面の位置ずれと形成される像の向きとの関係を説明する図であって、（ａ）は第２の部分光学系の反射面だけが位置ずれした場合を、（ｂ）は第２の部分光学系全体が位置ずれした場合を示している。

なお、図６に示す投影光学ユニットは、図２に示す構成を有するダイソン型の光学系である。

【００４０】

図６（ａ）において、第２の部分光学系の第１および第２の反射面を有するプリズムが光軸２を中心として角度θだけ図示の方向に回転すると、視野絞り７の位置に形成される投影パターン３１の一次像３２の向きは全く影響を受けないが、投影光学ユニットの像面位置に形成される投影パターン３１の二次像３３は光軸２を中心として角度２θだけ図示の方向に回転してしまう。

【００４１】

一方、図６（ｂ）において、第２の部分光学系全体が光軸２を中心として角度θだけ図示の方向に回転すると、視野絞り７の位置に形成される投影パターン３１の一次像３２の向きは全く影響を受けないが、投影光学ユニットの像面位置に形成される投影パターン３１の二次像３３は光軸２を中心として角度２θだけ図示の方向に回転してしまう。換言すれば、投影光学ユニットの反射面を光軸２回りに回動させることにより、形成される像の向きを調節することができる。

このように、各投影光学系の反射面の取り付けに回転誤差があると、各投影光学ユニットを介してそれぞれ形成される像の向きが一定にならないので、走査露光したときに各投影光学ユニットを介してそれぞれ形成される像の間の整合性が損なわれる。また、投影光学ユニット全体が他の投影光学ユニット全体に対して回転誤差のある状態で取り付けられていても、それぞれ形成される像の間の整合性が損なわれる。

【００４２】

一方、格子パターン１５および格子パターン１６は、それぞれ投影光学系の投影パターン面および像面に相当する位置にあるので、２つの格子パターンは互いに共役関係にある。そして、格子パターン１５と格子パターン１６とはほぼ平行に且つほぼ同じ向きに配置されている。したがって、イメージセンサ１４においてモアレ縞を観測することができる。観測されるモアレ縞のピッチｐは、明暗格子のピッチをｄとし、格子相互の回転角（格子パターン１５の二次像と格子パターン１６との交差角に対応）をδとして、次式（１）で表される。

$$p = d / \delta \qquad (1)$$

【００４３】

明暗格子のピッチｄは定数であるから、観測されるモアレ縞のピッチｐが一定であれば格子パターン１５の二次像と格子パターン１６との交差角δが一定であることを検知することができる。ここで、モアレ縞のピッチｐには２つの格子パターンの交差角δの絶対値が対応しているだけで格子パターン１６に対する格子パターン１５の二次像の向きは２通り考えられる。

したがって、各投影光学ユニットについてモアレ縞のピッチを計測するとともに各投影光

学ユニットの反射面を光軸回りに適宜回動させながら、モアレ縞のピッチが各投影光学ユニット間でほぼ一定になるように反射面の向きも合わせて調節すれば、各投影光学ユニットを介して形成される像の相互間の向きの誤差を補正することができる。

【００４４】

具体的には、図６（ａ）にしたがって、投影光学ユニットの第２の部分光学系のプリズムの反射面だけを回転させて補正する場合には、プリズムと平凸レンズとを分離する必要がある。一方、図６（ｂ）にしたがって、投影光学ユニットの第２の部分光学系全体とともにその反射面を回転させて補正する場合には、図３において参照符号２０で示す光学系全体を図中矢印の方向に回動させる必要がある。

【００４５】

次に、図７を参照して本実施例における投影光学ユニットの調整機構について説明する。図７（ａ）は投影光学ユニットのＸＹ平面図であり、図７（ｂ）は投影光学ユニットのＸＺ平面図であり、図７（ｃ）は投影光学ユニットのＹＺ平面図である。なお、図７に示す投影光学ユニットは、第２の部分光学系（１２６～１２９）のみを示す。

【００４６】

図７（ａ），（ｂ）において、反射面１２６，１２９を持つプリズム１３１は支持枠２０９ａに保持されており、平凸レンズ１２７と凹面鏡１２８とを一体に支持する鏡筒２１０は、支持枠２０９ｂに保持されている。ここで、支持枠２０９ａ，２０９ｂは、図中一点鎖線で示す平凸レンズ１２７と凹面鏡１２８との光軸Ａｘを含むＸＺ平面に沿って３か所に設けられたヒンジ部分２０９ｃを介して一体となっている。プリズム１３１と鏡筒２１０とは、ヒンジ部分２０９ｃを回転中心としてＹＺ平面内において揺動可能に構成される。なお、このとき、回転中心となるヒンジ部分２０９ｃは、投影光学系を通過する光束を遮光しない位置になる。

【００４７】

図７（ｂ）を図中－Ｘ方向側から見た平面図である図７（ｃ）を参照して簡単に説明する。図７（ｃ）において、支持枠２０９ａは、ＹＺ平面内において２つの開口部$209a_1$，$209a_2$を有する。プリズム１３１はこれらの開口部$209a_1$，$209a_2$を覆う如く取り付けられている。図７（ｃ）では、回転中心となるヒンジ部分２０９ｃを図中斜線で囲って示してある。図示の通り、このヒンジ部分２０９ｃは開口部$209a_1$，$209a_2$を挟む如くＺ方向に沿って設けられており、図２の視野絞り１２５により規定される視野の範囲外に上記接続部分が位置することが分かる。

【００４８】

図７（ａ）に戻って、支持枠２０９ａ，２０９ｂおよびヒンジ部分２０９ｃからなる弾性ヒンジ２０９には、圧電素子あるいは積層型圧電素子からなるアクチュエータ２０７と、静電容量型センサからなる変位センサ２０８とが設けられている。

【００４９】

図８に示す如く、アクチュエータ２０７を伸縮させると、ヒンジ部分２０９ｃを回転中心としてプリズム１３１の反射面が鏡筒２１０に対して回転し、投影光学ユニットによる像はこのプリズム１３１の回転量θの２倍の回転量だけ回転する。ここで、変位センサ２０８の位置における支持枠２０９ａ，２０９ｂの変位量をΔとし、ヒンジ部分２０９ｃと変位センサ２０８とのＹ方向の距離をＬとすると、プリズム１３１の回転量θは、

$$\theta \quad \Delta / L \qquad (2)$$

で表される。ここで、変位センサ２０８が約１０ｎｍの精度であり、回転中心であるヒンジ部分２０９ｃと変位センサ２０８とのＹ方向の距離Ｌを１００ｍｍとした場合、

$$10\text{nm} / 100\text{mm} = 0.1\mu\text{rad}\ (0.02'') \qquad (3)$$

の精度でプリズムの回転量θを測定できる。従って、アクチュエータ２０７としては、例えば分解能１ｎｍのピエゾ素子を使用すれば、上記０．１μｒａｄの精度でプリズムの回転量の制御を行うことができる。

【００５０】

なお、図７および図８に示す例では、平凸レンズ１２７および凹面鏡１２８を保持する鏡

筒２１０に対してプリズム１３１を回転制御しているが、その代わりに、プリズム１３１、平凸レンズ１２７および凹面鏡１２８を鏡筒によって一体的に保持し、この鏡筒と露光装置本体との接続部分にアクチュエータ２０７、変位センサ２０８および弾性ヒンジ２０９を設ければ、第２の部分光学系全体の回転制御が可能となる。

【００５１】

また、図７および図８に示す例では、ヒンジ部分２０９ｃが光軸を含むＹＺ平面内に３か所設けられているが、プリズム１３１と平凸レンズ１２７との間隔を十分に確保できない場合には、このヒンジ部分２０９ｃを－Ｙ方向における弾性ヒンジ２０９の端部に設ければ良い。このときには、ヒンジ部分２０９ｃはＺ方向に延びた形状の１つの部材となり、光軸を含まないＸＺ平面内に設けられる。

【００５２】

次にアクチュエータ２０７および変位センサ２０９の制御系について図９を参照して説明する。図９において、受光レンズ１３は拡大倍率を有し、イメージセンサ１４の撮像面上に格子パターン１６上に形成されるモアレ縞の拡大像を形成する。演算手段２０４は、イメージセンサ１４からの出力に基づいて、モアレ縞のピッチを計測する。また、演算手段２０４は、このモアレ縞のピッチをメモリー２０５に記憶させる。差分演算器２０６は、モアレ縞のピッチと、メモリーに記憶されたモアレ縞のピッチとの差分をとり、この差分が一定量となるように、アクチュエータ２０７を駆動する。

【００５３】

上記の制御の具体例について図３乃至図５、図９及び図１０を参照して詳述する。なお、図１０は本実施例による調節動作の一例を示すフローチャート図である。

【００５４】

〔ステップ０〕

ステップ０では、演算手段２０４は、投影光学ユニット２１Ａの視野内に検出ユニット１４５が位置するように、キャリッジ１７０をＸ方向に移動させ、検出ユニット１４５をＹ方向に移動させる。その後、演算手段２０４は次のステップ１へ移行する。

【００５５】

〔ステップ１〕

ステップ１では、演算手段２０４は、アクチュエータ２０７を駆動させることによりプリズムを回転させつつ、検出ユニット１４５により格子パターン１６上に形成されるモアレ縞のピッチｐと格子相互の回転角δの方向とを検出する。その後、演算手段２０４は、次のステップ２へ移行する。

【００５６】

〔ステップ２〕

ステップ２では、ステップ１による検出結果をメモリー２０５に記憶させ、次のステップ３へ移行する。

【００５７】

〔ステップ３〕

ステップ３では、演算手段２０４は、全ての投影光学ユニットに関して調整が終了しているか否かを判断する。この説明においては、投影光学ユニット２１Ｂ及び２１Ｃに関する調整が完了していないため、ステップ４へ移行する。

【００５８】

〔ステップ４〕

ステップ４では、演算手段２０４は、投影光学ユニット２１Ｂに関してステップ０及びステップ１を実行し、ステップ５へ移行する。

【００５９】

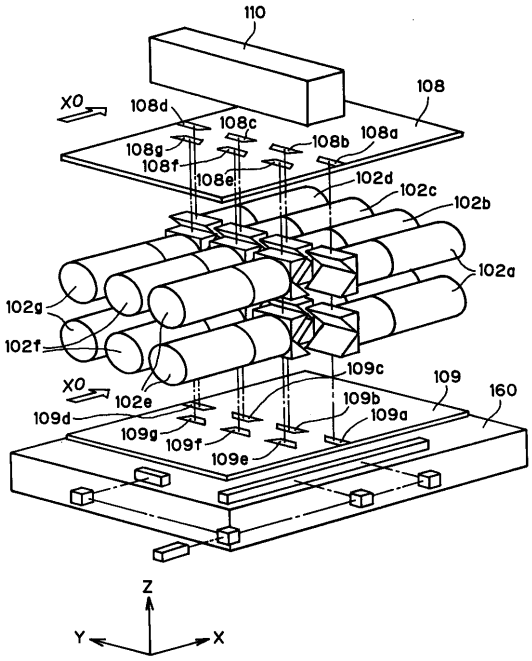
〔ステップ５〕

ステップ５では、差分演算器２０６により、投影光学ユニット２１Ｂに関するピッチｐと回転角δの方向とがメモリー２０５内に記憶された投影光学ユニット２１Ａのものと等しいか否かを判断する。ここで、等しくない場合には、演算手段２０４は、次のステップ６

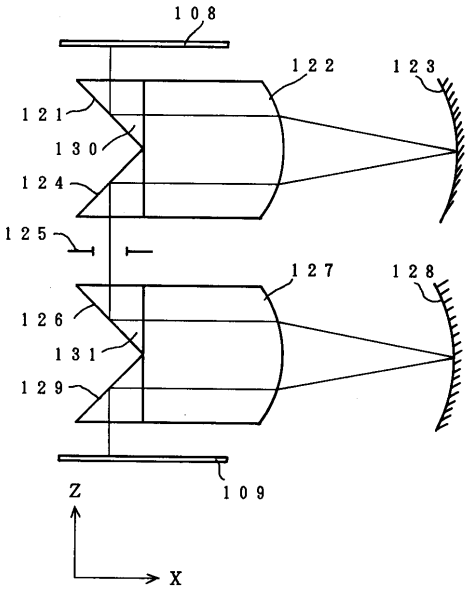
へ移行し、等しい場合には、ステップ１１へ移行する。
【００６０】
〔ステップ６〕
ステップ６では、演算手段２０４は、差分演算器２０６の出力が一定となるように、アクチュエータ２０７を駆動する。このとき、変位センサ２０８によりプリズムの回転角及び回転方向をモニターする。その後、演算手段は、ステップ７へ移行する。
【００６１】
〔ステップ７〕
ステップ７では、演算手段２０４は、全ての投影光学ユニットに関して調整が終了しているか否かを判断する。この説明においては、投影光学ユニット２１Ｃに関する調整が完了していないため、ステップ８へ移行する。
【００６２】
〔ステップ８〕
ステップ８では、演算手段２０４は、投影光学ユニット２１Ｃに関してステップ０及びステップ１を実行し、ステップ９へ移行する。
【００６３】
〔ステップ９〕
ステップ９では、差分演算器２０６により、投影光学ユニット２１Ｂに関するピッチｐと回転角δの方向とがメモリー２０５内に記憶された投影光学ユニット２１Ａのものと等しいか否かを判断する。ここで、等しくない場合には、演算手段２０４は、次のステップ１０へ移行し、等しい場合には、ステップ１１へ移行する。
【００６４】
〔ステップ１０〕
ステップ１０では、演算手段２０４は、差分演算器２０６の出力が一定となるように、アクチュエータ２０７を駆動する。このとき、変位センサ２０８によりプリズムの回転角及び回転方向をモニターする。その後、演算手段は、ステップ１１へ移行する。
【００６５】
〔ステップ１１〕
ステップ１１では、演算手段２０４は、全ての投影光学ユニット２１Ａ～２１Ｃに関して調整が完了したか否かを判断する。なお、このステップ１１においては、全ての投影光学ユニット２１Ａ～２１Ｃに関して調整が完了しているため、説明を終了する。
【００６６】
なお、上述の説明においては、３組の投影光学ユニット２１Ａ～２１Ｃを例にとって説明しているが、図３に示す如く、３組以上の投影光学ユニットが存在する場合においても調整動作は同様である。さらに、上述の説明においては、投影光学ユニット２１Ａを基準としているが、基準にする投影光学ユニットはどの投影光学ユニットであっても良い。
また、上述の説明においては、検出ユニット１４５がＹ方向（走査直交方向）のみ可動となるように構成されているが、この検出ユニット１４５は図３に示すようにＸＹ平面内において可動となるように設けられても良い。
【００６７】
実際の投影露光装置では、投影光学系が多数の投影光学ユニットによって構成される。したがって、一対の格子パターン１５および１６によって投影光学系全体の領域を占めるように構成するのが好ましいが、少なくとも任意の隣接する２つの投影光学ユニットの領域を占める格子パターンをそれぞれ投影パターン面および像面内において順次移動させながら投影光学系全体に亘って補正動作を行ってもよい。
また、実際の格子パターンには格子ピッチの誤差もあるので、モアレ縞のピッチを計測する際には、観察全視野における平均ピッチを参照するのが好ましい。
【００６８】
このように、本実施例では、各投影光学ユニットの組み立て誤差等に起因する各投影光学ユニット間の像の向きの誤差を計測し、その結果に基づいて各投影光学ユニット間の像の

向きの誤差を微調するので、各投影光学ユニットを介した各パターン像を高い整合性をもってプレート上に転写することができる。
また、上記微調を定期的に行うことにより、常に安定した走査露光が可能となる。
なお、本実施例では、ダイソン型の２つの部分光学系からなる投影光学ユニットを例にとって本発明を説明したが、投影光学ユニットはオフナー型の２つの部分光学系から構成されていてもよいし、また他の反射型の１つまたは２つの部分光学系から構成されていてもよい。
【００６９】
なお、上述の実施例においては、観測手段としての受光レンズ１３およびイメージセンサ１４を移動可能としたが、複数の受光センサとイメージセンサとを各投影光学ユニットの下方（各投影光学ユニットの像側）にそれぞれ配置しても良い。この場合、複数の受光レンズの光軸が各投影光学ユニットの光軸とそれぞれ一致するように、それぞれの受光レンズを設けるのが望ましい。
【００７０】
【効果】
以上説明したように、本発明では、複数の投影光学ユニットで投影光学系を構成しながら各投影光学ユニットの像の間の整合性の高い走査投影露光を行うことができる。
【図面の簡単な説明】
【図１】本発明の実施例にかかる投影露光装置の構成を示す斜視図である。
【図２】図１の投影露光装置の投影光学系の構成を示す図である。
【図３】本発明の実施例にかかる投影露光装置の補正手段の構成を示す図である。
【図４】本発明の実施例にかかるステージの構成を示す図である。
【図５】本発明の実施例にかかる投影露光装置の断面図である。
【図６】投影光学ユニットの反射面の位置ずれと形成される像の向きとの関係を説明する図であって、（ａ）は第２の部分光学系の反射面だけが位置ずれした場合を、（ｂ）は第２の部分光学系全体が位置ずれした場合を示している。
【図７】投影光学ユニットの構成を示す図であって、（ａ）はＸＹ断面図、（ｂ）はＸＺ断面図、（ｃ）はＹＺ平面図である。
【図８】投影光学ユニットの調整動作を模式的に示す図である。
【図９】本発明の実施例にかかる投影露光装置のブロック図である。
【図１０】本発明の実施例にかかる投影露光装置における動作の一例を示すフローチャート図である。
【符号の説明】
１５、１６　明暗格子
１３　　結像レンズ
１４　　イメージセンサ
１０２　　投影光学ユニット
１０８　　マスク
１０９　　プレート
１１０　　照明光学系
１２５　　視野絞り

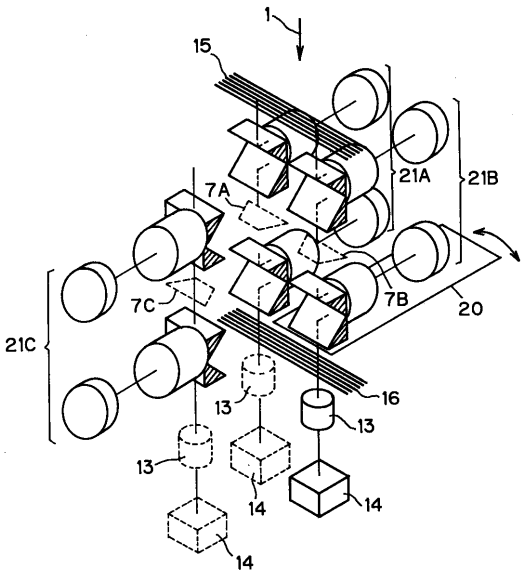
【図１】


110
108
XO
108d
108c
108b
108a
108g
108f
108e
102d
102c
102b
102a
102g
102f
109c
109
160
XO
102e
109b
109a
109d
109g
109f
109e
Z
Y
X

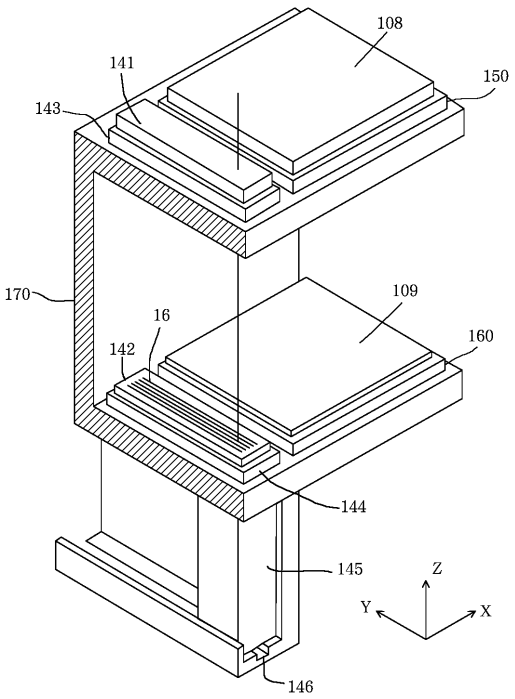
【図２】


108
122
123
121
130
124
125
127
128
126
131
129
109
Z
X

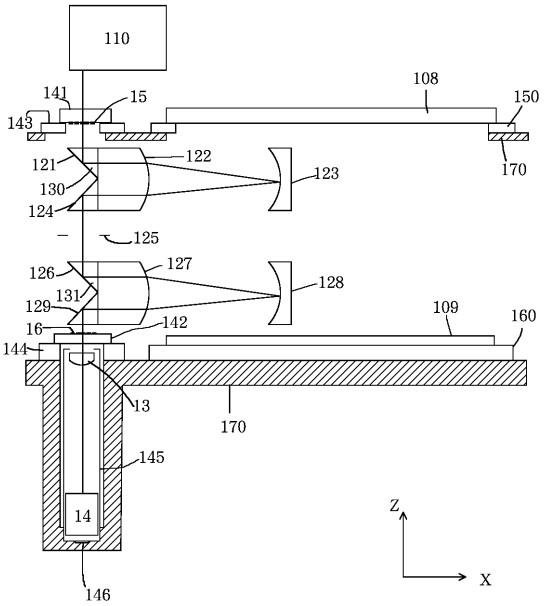
【図３】


1
15
21A
21B
7A
7C
7B
20
21C
16
13
13
13
14
14
14

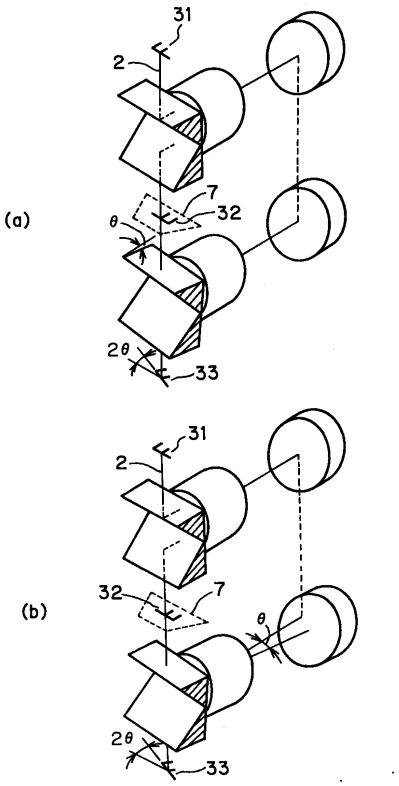
【図４】


108
141
150
143
170
109
16
160
142
144
145
Z
Y
X
146

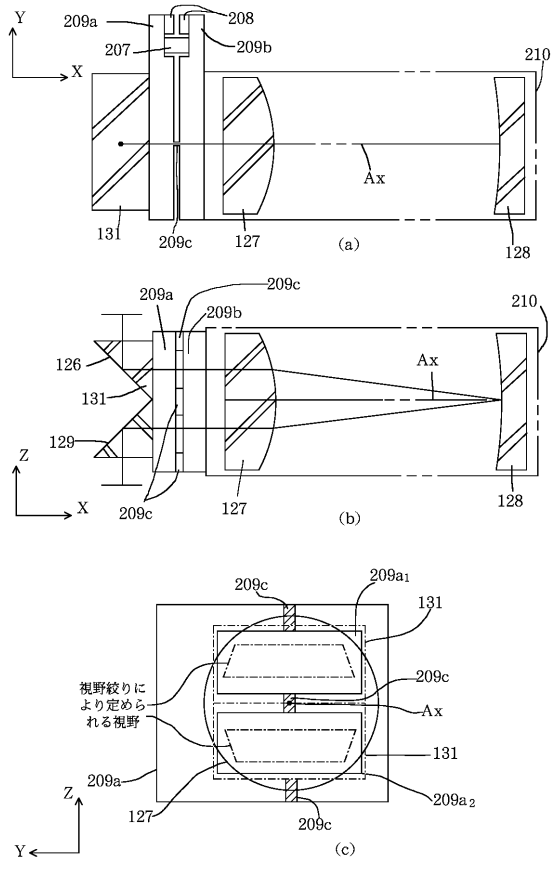
【図５】


110
108
141
15
150
143
122
121
123
170
130
124
125
126
127
128
131
129
109
160
16
142
144
13
170
145
14
146
Z
X

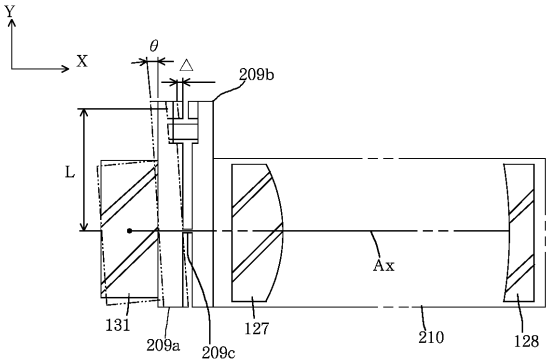
【図６】


(a)
(b)
31
2
7
32
θ
2θ
33

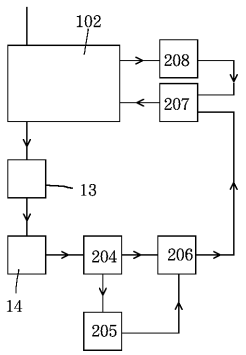
【図７】


Y
X
209a
208
207
209b
210
Ax
131
209c
127
128
(a)
209a
209c
209b
210
126
Ax
131
129
Z
X
209c
127
128
(b)
209c
209a1
131
視野絞りにより定められる視野
209c
Ax
131
209a
209a2
Z
Y
127
209c
(c)

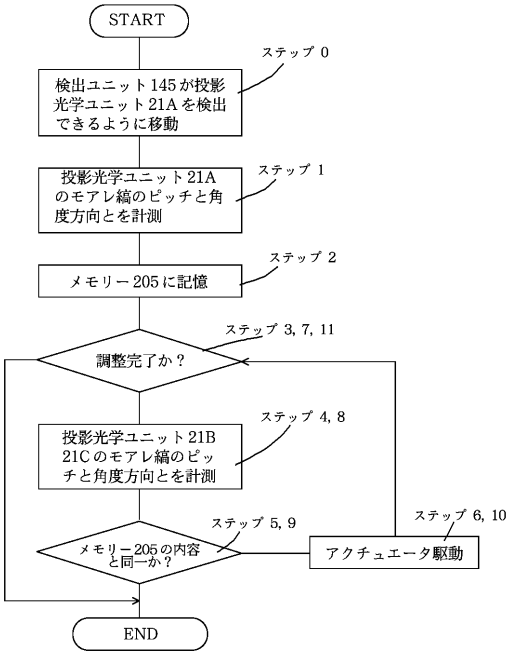
【図８】


Y
X
θ
△
209b
L
Ax
131
209a
209c
127
210
128

【図９】


102
208
207
13
204
206
14
205

【図１０】


START
ステップ 0
検出ユニット145が投影光学ユニット21Aを検出できるように移動
ステップ 1
投影光学ユニット21Aのモアレ縞のピッチと角度方向とを計測
ステップ 2
メモリー205に記憶
ステップ 3, 7, 11
調整完了か？
ステップ 4, 8
投影光学ユニット21B 21Cのモアレ縞のピッチと角度方向とを計測
ステップ 5, 9
メモリー205の内容と同一か？
ステップ 6, 10
アクチュエータ駆動
END

フロントページの続き

(56)参考文献 特開昭５７－１７９８７３（ＪＰ，Ａ）
特開昭５８－１０８７４５（ＪＰ，Ａ）
国際公開第９３／００９４６７（WO，Ａ１）

(58)調査した分野(Int.Cl.[7]，ＤＢ名)
G02B 27/18
G03F 7/20
H01L 21/027