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

特許第3634032号

(P3634032)

(45)発行日　平成17年3月30日(2005.3.30)　(24)登録日　平成17年1月7日(2005.1.7)

(51)Int.Cl.[7]	F I	
H01L 21/027	H01L	21/30　527
G03F 7/20	G03F	7/20　521
G03F 9/00	G03F	9/00　H
	H01L	21/30　515D
	H01L	21/30　525R

請求項の数 7　(全 16 頁)　最終頁に続く

(21)出願番号　特願平7-318728
(22)出願日　平成7年12月7日(1995.12.7)
(65)公開番号　特開平9-162100
(43)公開日　平成9年6月20日(1997.6.20)
審査請求日　平成14年12月2日(2002.12.2)

(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　100098165
弁理士　大森　聡
(72)発明者　加藤　正紀
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　岩本　勉

最終頁に続く

(54)【発明の名称】投影露光装置及び露光方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

転写用パターンの形成されたマスクを露光光で照明する露光用照明光学系と、前記露光光のもとで前記マスクのパターンを感光性の基板上に投影する投影光学系と、前記基板を位置決めする基板ステージと、該基板ステージの位置を計測する位置計測手段と、を有する投影露光装置において、

前記基板ステージ上に配置され所定の基準パターンが形成された基準部材と、

前記露光光のもとで前記投影光学系を介して投影される前記転写用パターンの一部のパターンの光学像の内で前記基準パターンを介した光束を受光する光電変換素子と、

を備え、

前記光電変換素子の検出信号に基づいて前記転写用パターンの一部のパターンの光学像の位置を検出することを特徴とする投影露光装置。

【請求項２】

請求項１記載の投影露光装置であって、

前記光電変換素子を前記基板ステージとは別体の支持部材上に取り付け、

前記基準部材の前記基準パターンを介した光束を前記光電変換素子に導くリレー光学系を設けたことを特徴とする投影露光装置。

【請求項３】

転写用パターンの形成されたマスクを露光光で照明する露光用照明光学系と、前記露光光のもとで前記マスクのパターンを感光性の基板上に投影する投影光学系と、前記基板を位

置決めする基板ステージと、該基板ステージの位置を計測する位置計測手段と、を有する投影露光装置において、
前記基板ステージ上に配置され所定の基準パターンが形成された基準部材と、
前記露光光と同じ波長域の照明光で前記基準パターンを前記投影光学系側に照明する計測用照明光学系と、
前記照明光のもとで前記投影光学系を介して前記マスク上に投影される前記基準パターンの光学像を前記転写用パターンの一部のパターンを介して受光する光電変換素子と、を備え、
前記光電変換素子の検出信号に基づいて前記転写用パターンの一部のパターンの光学像の位置を検出することを特徴とする投影露光装置。

【請求項４】
請求項１、２、又は３記載の投影露光装置であって、
前記基板ステージを駆動して前記基準部材の前記基準パターンを前記転写用パターンの光学像の像面で走査したときに前記光電変換素子から出力される検出信号に基づいて、前記転写用パターンの一部のパターンの光学像の位置を検出することを特徴とする投影露光装置。

【請求項５】
請求項１～４の何れか一項に記載の投影露光装置であって、
検出された前記光学像の位置の検出結果に基づいて、前記投影光学系による投影像の補正量を求め、該補正量に基づいて、前記投影光学系の補正、並びに前記マスク及び前記基板の内の少なくとも一方の回転角又は位置の補正を行うことを特徴とする投影露光装置。

【請求項６】
マスク上の転写用パターンを感光性の基板上に露光する露光方法において、
請求項１～５の何れか一項に記載の投影露光装置を用いて、前記転写用パターンの像を前記感光性の基板上に形成する工程を含むことを特徴とする露光方法。

【請求項７】
請求項６記載の露光方法であって、
検出された前記光学像の位置の検出結果に基づいて、前記投影光学系による投影像の補正量を求める工程と、
該補正量に基づいて、前記投影光学系の補正、並びに前記マスク及び前記基板の内の少なくとも一方の回転角又は位置の補正を行う工程と、を備えることを特徴とする露光方法。

【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は、例えば半導体素子、液晶表示素子、撮像素子（ＣＣＤ等）、又は薄膜磁気ヘッド等を製造するためのフォトリソグラフィ工程で使用される投影露光装置に関し、特にマスクパターンを継ぎ合わせて感光性の基板上に転写する機能、又は感光性の基板上に重ね合わせ露光する機能を備えた投影露光装置に適用して好適なものである。

【０００２】
【従来の技術】
従来より、半導体素子等を製造するためのフォトリソグラフィ工程で、マスクとしてのレチクルのパターンを感光材料が塗布されたウエハ又はガラスプレート等の基板上に転写するために、レチクルのパターンを投影光学系を介して基板上の各ショット領域に縮小投影する動作を繰り返す所謂ステップ・アンド・リピート方式（ステッパー方式）の投影露光装置が使用されている。

【０００３】
最近は、液晶パネル等の液晶表示素子を製造する際にも、回路パターンの微細化等に対応するため、ステッパー方式の投影露光装置が使用されるようになってきている。但し、例えば１枚の液晶パネルは半導体素子の１つのチップと比べてかなり大きいため、液晶表示素子製造用の投影露光装置では、投影光学系の倍率を大きくする（等倍、更には拡大にす

る等）と共に、複数枚のレチクルのパターンを正確に継ぎ合わせて基板上に転写するための機構を備えたタイプも開発されている。

【０００４】

図８は、従来の液晶表示素子製造用のステッパー方式の投影露光装置の一例を示し、この図８において、レチクル交換機構のレチクルステージ１２上に４枚のレチクル４６Ａ～４６Ｄが並べられている。また、レチクルステージ１２の下方に順次、投影光学系ＰＬ、及びガラス基板等からなり感光材料が塗布されたプレート５１を保持するプレートステージ１４が配置されている。以下では、投影光学系ＰＬの光軸に垂直にＺ軸を取り、Ｚ軸に垂直な平面内の直交座標系をＸ軸、及びＹ軸としている。

【０００５】

この場合、レチクルステージ１２はＹ方向にスライドして転写対象のレチクルを投影光学系ＰＬ上に位置決めすると共に、所定範囲内でＸ方向、Ｙ方向、及び回転方向にレチクルの位置決めを行う。そのため、レチクルステージ１２上に、投影光学系ＰＬの光軸に関してほぼ対称に１対のレチクルアライメント系４４Ａ及び４４Ｂが配置され、レチクルアライメント系４４Ａ及び４４Ｂがそれぞれ光路折り曲げ用のミラー４５Ａ及び４５Ｂを介して、転写対象のレチクルのアライメントマークと、後述の基準マークとの位置ずれ量を検出する。そして、それらの位置ずれ量に基づいて、転写対象のレチクルが例えばプレートステージ１４の座標系（ステージ座標系）に対して位置決めされる。

【０００６】

一方、プレートステージ１４は、Ｘ方向及びＹ方向にプレート５１をステッピングし、所定範囲でプレート５１を回転すると共に、プレート５１のＺ方向の位置（フォーカス位置）を調整できるように構成されている。そのため、プレートステージ１４のＸ方向、及びＹ方向の位置はそれぞれレーザ干渉計１５Ｘ及び１５Ｙによって例えば０．０１μｍ程度の分解能で常時正確に計測され、この計測結果に基づいて不図示の制御系によってプレートステージ１４の移動位置が制御されている。レーザ干渉計１５Ｘ、及び１５Ｙの計測結果に基づいて定まるプレートステージ１４の座標系を、ステージ座標系と呼ぶ。

【０００７】

そして、露光時には、不図示の照明光学系からの露光用の照明光のもとで、レチクルのパターンが投影光学系ＰＬを介して例えば等倍でプレート５１上の対応するショット領域に反転投影される。更に、このステッパー方式の投影露光装置では、レチクル交換機構のレチクルステージ１２を移動することによって、レチクル４６Ａ～４６Ｄを交換しながらプレート５１上に順次各レチクルのパターンの投影像を継ぎ合わせて露光することによって、１枚のレチクルのパターンの投影像よりも大きな液晶パネルを形成できるようになっている。

【０００８】

また、液晶表示素子もプレート上に複数層の回路パターンを所定の位置関係で積み重ねて形成されるため、プレートの１層目のパターン上に２層目以降のパターンを重ね合わせ露光する際には、これから露光されるレチクルのパターンの投影像に対するプレート上のショット領域（厳密にはこのショット領域内に形成されているパターン）の位置合わせ（プレートアライメント）を高精度に行う必要がある。そこで、図８の投影露光装置には、プレートアライメントを行うためのセンサ等が配置されている。即ち、投影光学系ＰＬの側面には、プレート５１上の位置合わせ用のマークの位置を検出するためのオフ・アクシス方式のアライメントセンサ５０が配置され、このアライメントセンサ５０の検出結果に基づいてプレート５１のアライメントが行われる。更に、プレートステージ１４上のプレート５１の近傍には、基準部材４９が配置され、基準部材４９の表面にアライメントセンサ５０用の基準マーク４９、及びレチクルアライメント系４４Ａ，４４Ｂ用の不図示の基準マークが形成されている。

【０００９】

これらを用いたアライメントは一例として次のように行われていた。先ず、露光対象のレチクルをレチクル４６Ｂとすると、レチクルアライメント系４４Ａ，４４Ｂにより、プレ

ートステージ１４の基準部材４８上の基準マークとレチクル４６Ｂ上のアライメントマーク４７Ａ，４７Ｂとの相対的な位置ずれ量を計測する。その基準マークの位置はレーザ干渉計１５Ｘ，１５Ｙにより正確にモニタされているため、レチクルアライメント系４４Ａ，４４Ｂの計測値とレーザ干渉計１５Ｘ，１５Ｙの計測値とから、ステージ座標系においてのレチクル４６Ｂの位置決めが行われる。

【００１０】

次に、アライメントセンサ５０により、基準部材４８上の基準マーク４９の位置を計測する。この計測値とレーザ干渉計１５Ｘ，１５Ｙによりモニタされている座標値とから、ステージ座標系に対するアライメントセンサ５０の計測値のキャリブレーションが行われることになる。そして、プレート５１上の１層目に対する露光時には、例えば図８に示すように、１枚の液晶パネルの原画パターンを４枚のレチクル４６Ａ～４６Ｄのデバイスパターンに分割し、各レチクル４６Ａ～４６Ｄのデバイスパターンの投影像をそれぞれ所謂画面継ぎ方式でプレート５１上に転写する。その画面継ぎ方式では、プレート５１上の隣接するショット領域間に隙間が生じないようにプレート５１が位置決めされると共に、各レチクルの露光時にそれぞれ上述のレチクルアライメント系４４Ａ，４４Ｂを用いたアライメントが行われる。

【００１１】

更に、プレート５１上の２層目以降にレチクルのデバイスパターン像を露光する際には、アライメントセンサ５０によってプレート５１上の各ショット領域に付設されている位置合わせ用マークの位置を計測し、この計測結果に基づいてプレート５１のアライメントを行った後に重ね合わせ露光が行われる。

【００１２】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上述のように例えば１枚の液晶パネルの原画パターンを複数枚のレチクルのデバイスパターンに分割し、各レチクルをレチクルアライメント系４４Ａ，４４Ｂを用いてアライメントして画面継ぎを行いながら露光する方法には、以下に示すような不都合がある。

【００１３】

先ず第１に、投影光学系ＰＬが理想的な光学系であると仮定し、レチクル上のアライメントマークの位置と実際に露光されるデバイスパターン（露光パターン）の位置との間に誤差（描画誤差）が生じている場合を考える。この場合のレチクルの位置決めは、上述の如くアライメントマークを基準として行われるため、実際の露光パターンの投影像はその誤差相当分だけプレート上でずれて露光されることになって、プレート上の隣接するショット領域の投影像間で位置ずれが生じて、画面の継ぎ誤差が生ずる。また、その位置ずれは重ね合わせ露光する際の重ね合わせ誤差ともなる。

【００１４】

次に、レチクル上のアライメントマークと実際の露光パターンとには誤差がなく、投影光学系ＰＬに倍率誤差等がある場合を考える。それが、例えば線形倍率誤差であれば、例えば図８において、２眼のレチクルアライメント系４４Ａ，４４Ｂによってプレートステージ１４上の２つのマークの位置を投影光学系ＰＬを介して検出することによって、その線形倍率誤差を計測できる。従って、例えば投影光学系ＰＬ内の所定のレンズ間の気体室内の気体圧力を制御する機構、又は所定のレンズを光軸方向に移動する機構等からなるレンズコントローラを介してその線形倍率誤差を相殺するように投影光学系ＰＬの倍率を制御することによって、その線形倍率誤差は補正可能である。しかしながら、非線形な倍率誤差、即ち所謂ディストーションが存在する場合には、その非線形な倍率誤差は補正しきれないため、実際の露光パターンの投影像はその倍率誤差相当分だけプレート上でずれて露光される。

【００１５】

このように何れの場合でも、結果的に画面継ぎを行う部分での継ぎ誤差又は重ね合わせ露光を行う場合の重ね合わせ誤差が生じて、十分な性能を有する液晶表示素子が製造できな

くなるという不都合があった。また、半導体素子等を製造する際に使用される投影露光装置においても、レチクルのパターンに製造誤差が含まれている場合や、投影光学系に非線形な倍率誤差が含まれている場合等には、重ね合わせ誤差等が生ずるのは同様である。

【００１６】

本発明は斯かる点に鑑み、画面継ぎ方式での露光、又は重ね合わせ露光を高精度に行うために、レチクル上の実際の転写用のデバイスパターンの製造誤差や投影光学系のディストーション等を含めた形で投影像の歪等の状態を高精度に計測できる投影露光装置を提供することを目的とする。

【００１７】

【課題を解決するための手段】

本発明による第１の投影露光装置は、例えば図１～図４に示すように、転写用パターン（ＰＡ）の形成されたマスク（１１）を露光光（ＩＬ）で照明する露光用照明光学系（１～１０）と、その露光光のもとでマスク（１１）のパターンを感光性の基板（１３）上に投影する投影光学系（ＰＬ）と、基板（１３）を位置決めする基板ステージ（１４）と、この基板ステージの位置を計測する位置計測手段（１５Ｘ）と、を有する投影露光装置において、基板ステージ（１４）上に配置され所定の基準パターン（１７）が形成された基準部材（１６）と、その露光光のもとで投影光学系（ＰＬ）を介して投影される転写用パターン（ＰＡ）の一部のパターンの光学像（３３Ａ）の内で基準パターン（１７）を介した光束を受光する光電変換素子（２２）と、を備え、この光電変換素子の検出信号に基づいてその転写用パターンの一部のパターンの光学像（３３Ａ）の位置を検出するものである。

【００１８】

斯かる本発明によれば、マスク（１１）の転写用パターン（ＰＡ）、即ち実際のデバイスパターンの投影光学系（ＰＬ）による投影像の内で基準パターン（１７）を経た光束が光電変換素子（２２）で受光され、その投影像に対して基準パターン（１７）を走査して、位置計測手段（１５Ｘ）の計測値、及び光電変換素子（２２）の検出信号を並列に取り込むことによって、実際のデバイスパターンの投影像の位置が検出される。即ち、デバイスパターンの描画誤差、及び投影光学系（ＰＬ）のディストーション等を含んだ形で、デバイスパターンの投影像が露光される位置が検出される。この検出結果を設計データと比較することによって、その投影像のスケーリング（線形伸縮）やディストーション、及びローテーション等の補正量が求められる。これらの補正量に基づいて、それぞれ投影光学系（ＰＬ）の線形倍率やディストーションの補正、及びマスク（１１）若しくは基板（１３）、又はそれらの双方（１１，１３）の回転角若しくは位置の補正を行うことによって、画面継ぎ方式での露光、又は重ね合わせ露光を高精度に行うことが可能になる。

【００１９】

この場合、光電変換素子（２２）を基板ステージ（１４）とは別体の支持部材（２３）上に取り付け、基準部材（１６）の基準パターン（１７）を介した光束を光電変換素子（２２）に導くリレー光学系（１９，２０，２１）を設けることが望ましい。これによって、光電変換素子（２２）が熱源となるような場合でも、基板ステージ（１４）に悪影響を与えることがない。

【００２０】

また、本発明による第２の投影露光装置は、本発明の第１の投影露光装置と同じ前提のもとで、例えば図７に示すように、基板ステージ（１４）上に配置され所定の基準パターン（１７）が形成された基準部材（１６）と、その露光光と同じ波長域の照明光（ＩＬ）で基準パターン（１７）を投影光学系（ＰＬ）側に照明する計測用照明光学系（４１，４３，２１Ａ，２０，１９）と、その照明光のもとで投影光学系（ＰＬ）を介してマスク（１１）上に投影される基準パターン（１７）の光学像を転写用パターン（ＰＡ）の一部のパターンを介して受光する光電変換素子（２２Ａ）と、を備え、この光電変換素子の検出信号に基づいて転写用パターン（ＰＡ）の一部のパターンの光学像の位置を検出するものである。

【００２１】
即ち、この第２の投影露光装置では、マスク（１１）のパターンの投影像を基準パターン（１７）を介して検出する代わりに、基準パターン（１７）の投影光学系（ＰＬ）による投影像の光束をマスク（１１）のパターンを介して検出することによって、実質的にマスク（１１）のパターンの投影像の位置を検出している。従って、第１の投影露光装置と同様に実際のデバイスパターンの描画誤差、及び投影光学系（ＰＬ）のディストーション等を含んだ形で、実際にデバイスパターンの投影像が露光される位置が検出される。
【００２２】
これらの場合において、基板ステージ（１４）を駆動して基準部材（１６）の基準パターン（１７）をマスク（１１）の転写用パターン（ＰＡ）の光学像の像面で走査したときに光電変換素子（２２；２２Ａ）から出力される検出信号に基づいて、その転写用パターンの一部のパターンの光学像の位置を検出するようにしてもよい。この場合、基板ステージ（１４）の位置計測手段（１５Ｘ）の計測精度とほぼ同じ計測精度でその光学像の位置が検出される。
また、本発明の露光方法は、マスク（１１）上の転写用パターンを感光性の基板（１３）上に露光する露光方法において、本発明の何れかの投影装置装置を用いて、その転写用パターンの像をその感光性の基板上に形成する工程を含むものである。この発明によれば、例えば転写用のパターンの投影像の位置が正確に検出され、この検出結果に基づいて画面継ぎ又は重ね合わせ露光のための位置合わせが行われる。
この場合、検出されたその光学像の位置の検出結果に基づいて、その投影光学系による投影像の補正量を求める工程と、この補正量に基づいて、その投影光学系の補正、並びにそのマスク及びその基板の内の少なくとも一方の回転角又は位置の補正を行う工程と、を備えることが望ましい。
【００２３】
【発明の実施の形態】
以下、本発明による投影露光装置の実施の形態の一例につき図１～図６を参照して説明する。本例は液晶表示素子製造用のステッパー方式の投影露光装置に本発明を適用したものであり、図１において図８に対応する部分には同一符号を付してその詳細説明を省略する。
【００２４】
図１は、本例の投影露光装置の概略構成を示し、この図１において、例えば超高圧水銀ランプよりなる露光用の光源１からの照明光は、楕円鏡２で集光されミラー３で反射された後、インプットレンズ４を経て不図示の波長選択フィルタに入射する。そして、波長選択フィルタを通過した露光用の照明光（例えば波長４３６ｎｍのｇ線、波長４０５ｎｍのｈ線、波長３６５ｎｍのｉ線、又はこれらの内の２波長が混った光束等）ＩＬがフライアイレンズ５に入射する。なお、露光用の光源としては、他の放電ランプ、又はエキシマレーザ光源等も使用できる。
【００２５】
露光時には、フライアイレンズ５から射出された照明光ＩＬは、第１リレーレンズ６、可変視野絞り（レチクルブラインド）７、第２リレーレンズ８、光路折り曲げ用のミラー９、及びコンデンサレンズ１０を経て均一な照度分布で、レチクルステージ１２上に保持されたレチクル１１の下面（パターン形成面）のパターン領域ＰＡを照明する。可変視野絞り７の配置面はレチクル１１のパターン形成面と共役であり、可変視野絞り７によってレチクル１１上の照明領域が設定される。その照明光ＩＬのもとで、レチクル１１のパターン領域ＰＡ内のデバイスパターンが、両側（又はウエハ側に片側）テレセントリックな投影光学系ＰＬを介して例えば等倍でプレート１３上の１つのショット領域に投影露光される。図１では、投影光学系ＰＬの光軸ＡＸに平行にＺ軸を取り、Ｚ軸に垂直な平面内で図１の紙面に平行にＸ軸を、図１の紙面に垂直にＹ軸を取って説明する。
【００２６】
プレート１３は、プレートステージ１４上に保持され、プレートステージ１４のＸ方向及

びＹ方向の座標はそれぞれＸ軸のレーザ干渉計１５Ｘ、及びＹ軸のレーザ干渉計１５Ｙ（図８参照）により計測され、計測されたＸ座標ＭＤ及びＹ座標は、装置全体の動作を統轄制御する主制御系２４に供給されている。レーザ干渉計１５Ｘ等の計測値に基づいて定まる座標系が「ステージ座標系」である。更に、投影光学系ＰＬの側面にオフ・アクシス方式で、且つＬＳＡ（レーザ・ステップ・アライメント）方式のアライメントセンサ５０が配置され、アライメントセンサ５０の検出結果が主制御系２４に供給されている。ＬＳＡ方式では、非計測方向に所定ピッチで配列された点列状の位置合わせ用マークとアライメントセンサ５０からスリット状に照射されるレーザビームとを相対走査することによって、その位置合わせ用マークの位置検出を行う。

【００２７】

また、投影光学系ＰＬにレンズコントローラＬＣが接続され、レンズコントローラＬＣは投影光学系ＰＬ内の所定のレンズを光軸ＡＸに平行な方向に微動させたり、そのレンズを光軸ＡＸに垂直な平面に対して傾斜させたりすることによって、投影光学系ＰＬの線形倍率、及び所定のディストーション特性等の結像特性を変化させることができる。本例では、後述のようにレチクル１１のデバイスパターンの描画誤差も含めて投影像の倍率誤差、及びディストーションが計測されるため、主制御系２４ではそのように計測される倍率誤差、及びディストーションを補正するように、レンズコントローラＬＣを介して投影光学系ＰＬの結像特性を制御する。

【００２８】

さて、本例では、プレートステージ１４上のプレート１３の近傍にガラス基板よりなる光透過性の基準部材１６が固定され、プレート１３の表面と同じ高さになるように保持された基準部材１６の表面に基準パターン１７が形成されている。

図２はその基準部材１６の表面のパターン配置を示し、この図２に示すように、基準部材１６の表面の遮光膜中に小さな正方形の開口パターンよりなる基準パターン１７が形成され、基準パターン１７の近傍にＹ方向に所定ピッチで配列された点列状のＸ軸のＬＳＡ基準マーク１８Ｘ、及びＸ方向に所定ピッチで配列された点列状のＹ軸のＬＳＡ基準マーク１８Ｙが形成されている。ＬＳＡ基準マーク１８Ｘ，１８Ｙは、ＬＳＡ方式のアライメントセンサ５０の検出結果のキャリブレーションを行う際に使用される。

【００２９】

図１に戻り、基準部材１６の底部のプレートステージ１４の内部に、基準パターン１７を投影光学系ＰＬ側から通過した照明光を受光するリレー光学系の一部が配置されている。即ち、そのリレー光学系において、基準部材１６の基準パターン１７を通過した照明光は、ミラー１９で反射されて集光レンズ２０を経て光ファイバ２１の一端に導かれる。また、光ファイバ２１の他端は、プレートステージ１４とは独立の支持台２３上に固定されたフォトマルチプライア、又はフォトダイオード等の光電変換素子２２の受光面の直前に固定され、基準パターン１７を通過した照明光がミラー１９、集光レンズ２０、及び光ファイバ２１よりなるリレー光学系を介して光電変換素子２２で受光されるようになっている。この場合、プレートステージ１４はＸ方向、Ｙ方向にステッピング移動するため、光ファイバ２１はプレートステージ１４の移動量以上の長さの可撓部を有している。また、光電変換素子２２で入射光を光電変換して得られる検出信号ＳＡが主制御系２４に供給されている。

【００３０】

プレートステージ１４の位置はレーザ干渉計１５Ｘ等によって計測されているため、レーザ干渉計からのレーザビームの光路の空気揺らぎや、レーザビームを反射する移動鏡の熱変形等を小さくしてレーザ干渉計の計測誤差を低減するためには、プレートステージ１４の内部には熱源をできるだけ減らすことが望ましい。また、プレート１３等の温度上昇を小さくするためにも、プレートステージ１４の内部の熱源を少なくすることが望ましい。そのため本例では、熱源となり得る光電変換素子２２をプレートステージ１４とは別の支持台２３上に固定している。従って、プレートステージ１４の位置が高精度に計測され、プレート１３等の温度上昇を抑制できる。

【００３１】
また、ミラー１９、集光レンズ２０及び光ファイバ２１よりなるリレー光学系の開口数は、投影光学系ＰＬによるレチクルのデバイスパターンの投影像（光学像）の情報を全て検出できるように設定することが望ましい。つまり、そのリレー光学系の開口数は、少なくとも投影光学系ＰＬの持つ開口数よりも大きくしておくことが望ましい。
【００３２】
次に、本例で基準パターン１７を介してレチクル１１のパターン領域ＰＡ内のデバイスパターンの投影像の位置を検出する方法につき説明する。この場合、図１において、プレートステージ１４を駆動することによって、投影光学系ＰＬの露光フィールド内に基準部材１６の基準パターン１７を配置しておく。そして、露光時と同様に露光用の照明光ＩＬでレチクル１１のパターン領域ＰＡを照明する。これにより、そのパターン領域ＰＡ内のデバイスパターンの投影光学系ＰＬを介した投影像が基準部材１６上に投影され、その投影像の内で基準パターン１７と重なる部分の光束が光ファイバ２１等を介して光電変換素子２２で受光される。
【００３３】
この状態で主制御系２４は、プレートステージ１４を駆動して、基準パターン１７をそのデバイスパターンの投影像の像面上でＸ方向、Ｙ方向に走査しつつ、光電変換素子２２からの検出信号ＳＡと、Ｘ軸のレーザ干渉計１５Ｘの計測値及びＹ軸のレーザ干渉計の計測値とを並列に取り込む。このように取り込まれた検出信号ＳＡ、及びレーザ干渉計１５Ｘ等の計測値から後述のようにレチクル１１のデバイスパターンの投影像の各部のステージ座標系における位置が求められる。
【００３４】
このように基準パターン１７によって投影像を走査しているため、その基準パターン１７の形状や大きさは、露光されるデバイスパターン及び製造されるデバイスの性能に起因する要素に応じて決定される。一例として、図１の投影露光装置で転写するデバイスパターンが、液晶ディスプレイにおいて使用されている薄膜トランジスト（以下、「ＴＦＴ」と略称する）のデバイスパターンである場合につき説明する。
【００３５】
図３は、ＴＦＴの回路パターンを示す拡大図であり、この図３に示すように、ＴＦＴの基本的な回路パターンは画素３１と、ゲート線３３、ソース３４、及びドレイン３２からなる３つの電極とから構成され、基本的な動作としてソース３４とドレイン３２との間を流れる電流量がゲート絶縁膜を介したゲート線３３に印加される電圧で制御される。そして、ＴＦＴ方式の液晶ディスプレイをステッパー方式の投影露光装置を用いて画面継ぎ方式で露光して製造する場合に、ゲート線３３に対してソース３４とドレイン３２とが設計値から許容値以上にずれた位置に転写されると、製造された液晶ディスプレイに不要な分割線や輝度むらが現れることが知られている。そのため、ＴＦＴ用のデバイスパターンを画面継ぎ方式で露光する場合に、隣接するショット領域との境界部で画面継ぎの誤差が大きくなるか、又は重ね合わせ露光する場合に、重ね合わせ誤差が大きくなると、製造される液晶ディスプレイに局所的に輝度むら等が生ずる。
【００３６】
一般に、図３に示すようなＴＦＴの回路パターンでは、ソース３４、ドレイン３２、及びゲート線３３の幅は約５～１０μｍであり、ソース３４とドレイン３２との間隔は約５μｍで、ゲート線３３に対するソース３４及びドレイン３２の重なり幅は約３～５μｍである。そして、ゲート線３３に対するソース３４及びドレイン３２の重なり幅が液晶ディスプレイの全面で一様であれば輝度むら等は生じないことになる。また、露光時にはゲート線３３は或るレチクルのデバイスパターンとして転写され、ドレイン３２及びソース３４は別のレチクルのデバイスパターンとして転写される。例えば、図８に示したように、プレート上の１層の全面のパターンを形成するために、４枚のレチクルのデバイスパターンを画面継ぎ方式で露光するものとすると、第１組の４枚のレチクルのデバイスパターンを画面継ぎ方式で露光することによって、図１のプレート１３の所定の層にゲート線３３の

パターンが転写され、第２組の４枚のレチクルのデバイスパターンを画面継ぎ方式で露光することによって、そのプレート１３の上の層にソース３４及びドレイン３２のパターンが転写される。

【００３７】

そして、輝度むら等の発生を防止するためには、第２組の４枚のレチクルのデバイスパターンを画面継ぎ方式で露光する際に、継ぎ部分でのソース３４のパターンとドレイン３２のパターンとの間隔を所定の許容範囲内に収めると共に、第２組の４枚のレチクルのデバイスパターンを露光する際のゲート線３３のパターン（第１組のレチクルのデバイスパターンとして露光されたパターン）に対する重ね合わせ誤差を許容範囲内に収めればよいことになる。更に詳しく述べると、投影露光装置として、４枚のレチクルを画面継ぎ方式で露光して得られるプレート１３上でのゲート線３３の中心位置と、４枚のレチクルを画面継ぎ方式で露光して得られるプレート１３上でのソース３４及びドレイン３２の間隔の中心位置とが、プレート１３の全面（液晶ディスプレイの全面）で所定の許容範囲で合致することが必要となる。

【００３８】

以上のことを考慮すると、本例の投影露光装置において正確に位置を計測しなければならない部分は、ゲート線３３に対応する投影像の約５～１０μｍの幅の中心位置と、ソース３４及びドレイン３２に対応する投影像の約５μｍの間隔の中心位置ということになる。つまり、基準部材１６上で検出対象のデバイスパターンの投影像（光学像）を取り込むための基準パターン１７は、例えばソース３４とドレイン３２との間隔程度の値から、ゲート線３３の幅程度の値までの幅、即ち約５～１０μｍ程度の幅のほぼ正方形の開口とすればよいことになる。その開口が小さ過ぎると、図１の集光レンズ２０及び光ファイバ２１を有するリレー光学系の開口数（Ｎ．Ａ．）を大きくする必要があり、その基準パターン１７の開口が大き過ぎると、検出したい部分以外のデバイスパターンの影響を受けてしまう恐れがある。

【００３９】

また、基準パターン１７をほぼ正方形としたのは、計測方向が２方向で、且つ２方向での検出対象部の幅が同程度であるからである。２方向での検出対象部の幅が異なるときには、基準パターン１７を矩形の開口としてもよく、更に計測方向が１方向であれば、基準パターン１７を非計測方向に伸びたスリット状のパターンとしてもよい。

【００４０】

そして、具体的に、例えば図１のレチクル１１に図３のゲート線３３用のデバイスパターンが形成され、その投影光学系ＰＬを介した投影像（光学像）が図４（ａ）の投影像３３Ａであるとする。このとき、プレートステージ１４を駆動することによって、図４（ａ）に示すように約５～１０μｍ程度の幅の基準パターン１７を位置Ｐ１からＸ方向に投影像３３Ａを横切って位置Ｐ２に移動した後、Ｙ方向に投影像３３Ａを横切って位置Ｐ３に移動する。基準パターン１７が位置Ｐ１から位置Ｐ２に移動する間に、図１の光電変換素子２２からの検出信号ＳＡは、図５（ａ）に示すように変化し、基準パターン１７が位置Ｐ２から位置Ｐ３に移動する間に、その検出信号ＳＡは図５（ｂ）に示すように変化する。図５（ａ）及び（ｂ）の横軸はそれぞれステージ座標系のＸ座標（レーザ干渉計１５Ｘで計測される位置）、及びステージ座標系のＹ座標（Ｙ軸のレーザ干渉計で計測される位置）である。

【００４１】

そして、図５（ａ）及び（ｂ）において、検出信号が谷型に変化する場合のスライスレベルＳ１を検出信号ＳＡが横切るときの座標の中点を求めることによって、それぞれゲート線３３に対応する投影像３３Ａの幅のＸ方向の中点の座標Ｘ１、及びＹ方向の中点のＹ座標Ｙ１が検出される。

同様に、例えばレチクル１１に図３のソース３４及びドレイン３２のデバイスパターンが形成され、それらの投影光学系ＰＬを介した投影像（光学像）がそれぞれ図４（ａ）の投影像３４Ａ及び３２Ａであるとする。このときにも、プレートステージ１４を駆動するこ

とによって、図４（ｂ）に示すように基準パターン１７を位置Ｐ４からＸ方向に投影像３４Ａと投影像３２Ａとの間を横切って位置Ｐ５に移動した後、位置Ｐ６からＹ方向に投影像３４Ａを横切って位置Ｐ７に移動する。この結果、基準パターン１７が位置Ｐ４から位置Ｐ５に移動する間に、光電変換素子２２からの検出信号ＳＡは、図５（ｃ）に示すように変化し、基準パターン１７が位置Ｐ６から位置Ｐ７に移動する間に、その検出信号ＳＡは、図５（ｄ）に示すように変化する。図５（ｃ）及び（ｄ）の横軸はそれぞれステージ座標系のＸ座標、及びＹ座標である。

【００４２】

そして、図５（ｃ）において、検出信号が山型に変化する場合のスライスレベルＳ２を検出信号ＳＡが横切るときの座標の中点のＸ座標、及び図５（ｄ）において対応するスライスレベルを検出信号ＳＡが横切るときの座標の中点のＹ座標を求めることによって、ソースとドレインとの間隔の中点のＸ座標Ｘ２、及びＹ座標Ｙ２が検出される。

【００４３】

以上のように、基準部材１６の基準マーク１７でレチクル１１の実際のデバイスパターンの投影像を走査したときに得られる光電変換素子２２の検出信号ＳＡにより、レチクル１１のデバイスパターン内の例えばゲート線等の特定の部分パターンの投影像（光学像）のプレートステージ１４上への投影像の中心位置が求められることになる。このようにして、レチクル１１の全体のデバイスパターン中の複数個の特定の部分パターンについてそれぞれ投影像の位置を求め、求められた位置を設計上の目標位置と比較することによって、投影像のスケーリング（線形伸縮）、ローテーション（回転）、及び部分的な位置ずれ量であるディストーションが求められる。このようにして求められるディストーション等は、レチクル１１のデバイスパターンの描画誤差、及び投影光学系ＰＬの線形倍率誤差やディストーションの影響等を含んだ実際のディストーション等である。その後、プレート１３上の１層目への露光時には、設計上の目標値を基準として、また、重ね合わせ露光を行う際には、プレート１３上の重ね合わせの対象の回路パターンのスケーリングや位置ずれ量のデータを基準として、スケーリング、ローテーション、及びディストーションの補正量を求める。

【００４４】

その後、スケーリングについては、そのスケーリングの補正量分だけレンズコントローラＬＣを介して投影光学系ＰＬの線形倍率を補正する。また、ローテーションについては、そのローテーションの補正量分だけレチクル１１又はプレート１３を回転する。更に、ディストーションについては、単純なディストーションについてはレンズコントローラＬＣを介して補正できる場合がある。また、レンズコントローラＬＣだけでは補正できないディストーションが残存しているときには、画面継ぎ誤差、又は重ね合わせ誤差が最小となるようにレチクル１１、又はプレート１３のＸ方向、及びＹ方向の位置を微調整する。更に、画面継ぎ方式で且つ重ね合わせ露光を行う際には、例えば図３のようなＴＦＴのデバイスパターンを転写するのであれば、デバイスパターンの各部でそれぞれソース３４とドレイン３２との間隔の中心とゲート線３３の幅の中心とが許容範囲内で合致するようにレチクル１１、又はプレート１３の位置を微調整すればよい。

【００４５】

以上のように本例では、レチクル１１の転写対象のデバイスパターンの投影光学系ＰＬを介した投影像の位置の計測値に基づいて、投影光学系ＰＬの線形倍率、所定のディストーション、レチクル若しくはプレートの回転角、及びレチクル若しくはプレートの位置を調整しているため、画面継ぎを行う際の誤差、及び重ね合わせ露光を行う際の重ね合わせ誤差を極めて小さくできる。

【００４６】

なお、図１の実施の形態では、集光レンズ２０で集光された照明光が光ファイバ２１を介して直接光電変換素子２２に導かれているが、その間の光路上に更に補助的なリレー光学系を配置してもよい。

図６は、そのように補助的なリレー光学系２５を配置した図１の変形例の要部を示し、こ

の図６において、基準部材１６の基準パターン１７を通過した照明光ＩＬは、ミラー１９及び集光レンズ２０を経てほぼ平行光束となった後、第１リレーレンズ２６Ａによって視野絞り２７の開口上に一度集光される。即ち、視野絞り２７の配置面は基準パターン１７の形成面と共役であり、視野絞り２７によって、図２に示す基準部材１６上のパターンの内で、ＬＳＡ基準マーク１８Ｘ及び１８Ｙを通過した光束を遮光する。そして、視野絞り２７を通過した照明光は、第２リレーレンズ２６Ｂを経て光ファイバ２１の一端に入射する。ミラー１９から光ファイバ２１の一端まではプレートステージ１４の内部に組み込まれ、第１リレーレンズ２６Ａ、視野絞り２７、及び第２リレーレンズ２６Ｂから補助的なリレー光学系２５が構成されている。

【００４７】

また、光ファイバ２１の他端から射出される照明光が集光レンズ２８によって光電変換素子２２の受光面に集光される。光ファイバ２１の他端、集光レンズ２８、及び光電変換素子２２は、プレートステージ１４とは別体の支持台２３Ａに固定されている。その他の構成及び動作は図１と同様であるため、その説明を省略する。本例によれば、補助的なリレー光学系２５中に視野絞り２７を配置して基準パターン１７を通過する照明光以外の光束を遮光しているため、基準マーク１７以外の他のパターン等による迷光の影響が除去されて、より高精度にレチクルのデバイスパターンの投影像の位置を検出できる。

【００４８】

次に、本発明の実施の形態の他の例につき図７を参照して説明する。図１の実施の形態では、レチクル１１のデバイスパターンの投影光学系による投影像を基準パターン１７を介して受光してその投影像の位置を検出していた。これに対して本例では逆に、基準パターン１７の投影光学系ＰＬによる投影像をレチクル１１のデバイスパターンを介して受光することによってそのデバイスパターンの投影像の位置を検出するものであり、図７において、図１に対応する部分には同一符号を付してその詳細説明を省略する。

【００４９】

図７は、本例の投影露光装置の要部を示し、この図７において、フライアイレンズ５と第１リレーレンズ６との間に、露光用の照明光学系の光軸に対して斜めに挿脱自在に両面ミラーよりなる分岐シャッタミラー４１が配置されている。そして、主制御系２４Ｂが駆動部４２を介して随時、分岐シャッタミラー４１をフライアイレンズ５と第１リレーレンズ６との間の露光用の照明光ＩＬの光路上に配置できるように構成されている。

【００５０】

図７において、分岐シャッタミラー４１を露光用の照明光ＩＬの光路から外した状態では、照明光ＩＬがレチクル１１のパターン領域ＰＡを照明し、その照明光ＩＬのもとでパターン領域ＰＡのデバイスパターンが投影光学系ＰＬを介してプレート１３上の対応するショット領域に投影露光される。一方、図７に示すように、分岐シャッタミラー４１が露光用の照明光ＩＬの光路上に配置された状態では、分岐シャッタミラー４１のフライアイレンズ５側の面で反射された照明光ＩＬは、集光レンズ４３によって光ファイバ２１Ａの一端に導かれる。光ファイバ２１Ａの他端がプレートステージ１４の内部に固定され、その光ファイバ２１Ａの他端から射出された照明光ＩＬが集光レンズ２０、及びミラー１９を経て、プレートステージ１４上に固定された基準部材１６の基準パターン１７を底面側から照明する。

【００５１】

そして、プレートステージ１４を駆動して、基準パターン１７を投影光学系ＰＬの露光フィールド内に配置した状態で、基準パターン１７を通過した照明光は、投影光学系ＰＬを介してレチクル１１のパターン領域ＰＡにその基準パターン１７の投影像を形成する。その基準パターン１７の投影像の光束の内で、パターン領域ＰＡ内のデバイスパターンを通過した光束が、コンデンサレンズ１０、ミラー９、第２リレーレンズ８、可変視野絞り７、及び第１リレーレンズ６を経て分岐シャッタミラー４１の第１リレーレンズ６側の面に入射し、その分岐シャッタミラー４１で反射された光束が光電変換素子２２Ａの受光面に入射する。その光電変換素子２２Ａで入射光を光電変換して得られる検出信号ＳＢが主制

御系２４Ａに供給されている。その他の構成は図１の投影露光装置と同様である。

【００５２】

本例においては、基準パターン１７の投影像がレチクル１１上のデバイスパターン中の透過部、又は遮光部と重なっていると、光電変換素子２２Ａからの検出信号ＳＢのレベルがそれぞれ高レベル、又は低レベルとなる。そこで、主制御系２４Ａでは、プレートステージ１４を駆動して基準パターン１７を投影光学系ＰＬの露光フィールド内でＸ方向、Ｙ方向に走査させて、検出信号ＳＢとプレートステージ１４のレーザ干渉計によって計測される座標値（ステージ座標系の座標値）とを並列に取り込むことによって、基準パターン１７がそのデバイスパターン中の特定の部分パターンと重なるときのステージ座標系のＸ座標、及びＹ座標を検出する。この場合、基準パターン１７から射出され投影光学系ＰＬを通過した照明光ＩＬがその特定の部分パターンと重なる状態では、逆にその特定の部分パターンからの照明光ＩＬは投影光学系ＰＬを介して基準パターン１７に入射する。

【００５３】

従って、図７の投影露光装置で得られる座標値は、図１の投影露光装置で得られるレチクル１１のデバイスパターンの投影像（光学像）の位置を示す座標値と同一であり、図７の投影露光装置によっても、実質的にレチクル１１のデバイスパターン中の特定の部分パターンの投影像（光学像）の位置を検出できる。その後、その検出結果に基づいて投影光学系ＰＬの線形倍率等の補正や、レチクル１１又はプレート１３の位置等の補正を行って露光を行うことにより、画面継ぎ方式で露光を行う際の継ぎ誤差、及び重ね合わせ露光を行う際の重ね合わせ誤差を小さくできる。

【００５４】

なお、上述の実施の形態では、プレートステージ１４を駆動して基準パターン１７側を走査しているが、基準パターン１７の位置を固定して、レチクルステージ１２を駆動してレチクル１１側を走査してもよい。このようにレチクル１１側を走査する場合には、投影光学系ＰＬのディストーションが一定であるため、レチクル１１のデバイスパターンの描画誤差のみを分離して検出することができる。

【００５５】

また、例えば図１の例では光電変換素子２２はプレートステージ１４とは別体の支持台２３上に固定されているが、光電変換素子２２として発熱量の少ない素子を使用する場合等には、光電変換素子２２をプレートステージ１４の内部に配置してもよい。

更に、上述の実施の形態では開口パターンよりなる基準マーク１７が使用されているが、例えば無反射膜中に形成された反射パターンより基準マークを形成して、この基準マークで反射された照明光を受光するようにしてもよい。

【００５６】

また、本発明による投影露光装置は、液晶表示素子のみならず、半導体素子等の製造用としても広く使用できることは明らかである。このように、本発明は上述の実施の形態に限定されず、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。

【００５７】

【発明の効果】

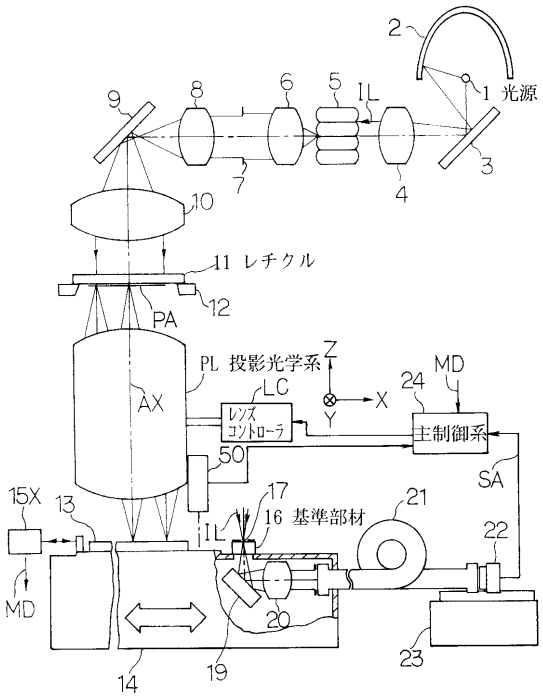
本発明の第１の投影露光装置によれば、マスク上の転写用パターンの一部のパターンの投影像（光学像）の光束を基準パターンを介して受光しているため、そのマスク上の転写用のパターン（実際のデバイスパターン）の投影像の位置を直接検出できる。即ち、マスク上の実際のデバイスパターンの製造誤差や投影光学系のディストーション等を含めた形で投影像の歪等の状態を高精度に計測できる利点がある。また、その計測結果に基づいて投影光学系の線形倍率やディストーション、又はマスク若しくは感光性の基板の回転角や位置等を調整することによって、画面継ぎ方式での露光を行う際の継ぎ誤差や重ね合わせ露光を行う際の重ね合わせ誤差を小さくできる。また、本発明では、露光用の照明光学系を計測用の照明光学系として兼用できるため、構成が簡略である。

【００５８】

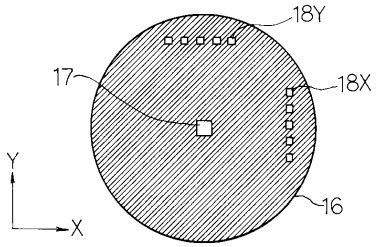
この場合、光電変換素子を基板ステージとは別体の支持部材上に取り付け、基準部材の基

準パターンを介した光束をその光電変換素子に導くリレー光学系を設けることによって、光電変換素子が熱源となる場合でも基板ステージに対する熱の影響を軽減できる利点がある。
次に、本発明の第２の投影露光装置によれば、基準パターンの投影像（光学像）の光束をマスク上の転写用のパターンを介して受光しているため、実質的にそのマスク上の転写用のパターン（実際のデバイスパターン）の投影像の位置を検出できる。即ち、マスク上の実際のデバイスパターンの製造誤差や投影光学系のディストーション等を含めた形で投影像の歪等の状態を高精度に計測できる利点がある。
【００５９】
これらの場合に、基板ステージを駆動して基準部材の基準パターンを転写用パターンの光学像の像面で走査したときに光電変換素子から出力される検出信号に基づいて、その転写用パターンの一部のパターンの光学像の位置を検出することによって、容易にマスク上の転写用パターンの描画誤差や投影光学系のディストーション等を含めた形でその光学像の位置ずれ量を検出できる。
また、本発明の露光方法によれば、例えば画面継ぎ方式の露光又は重ね合わせ露光を高精度に行うことができる。
【図面の簡単な説明】
【図１】本発明による投影露光装置の実施の形態の一例を示す一部を切り欠いた概略構成図である。
【図２】図１の基準部材１６上のパターン配置を示す拡大平面図である。
【図３】薄膜トランジスタ（ＴＦＴ）の基本的な回路パターンを示す拡大平面図である。
【図４】薄膜トランジスタ（ＴＦＴ）用のデバイスパターンの投影像の位置を検出する場合の動作の説明に供する図である。
【図５】図４の動作に対応して得られる光電変換素子からの検出信号を示す波形図である。
【図６】図１の投影露光装置の変形例の要部を示す一部を切り欠いた構成図である。
【図７】本発明の実施の形態の他の例を示す一部を切り欠いた概略構成図である。
【図８】従来の液晶表示素子製造用のステッパー方式の投影露光装置の概略構成を示す斜視図である。
【符号の説明】
１　光源
１１　レチクル
ＰＬ　投影光学系
ＬＣ　レンズコントローラ
１３　プレート
１４　プレートステージ
１５Ｘ　レーザ干渉計
１６　基準部材
１７　基準パターン
２１，２１Ａ　光ファイバ
２２，２２Ａ　光電変換素子
２３，２３Ａ　支持台
４１　分岐シャッタミラー

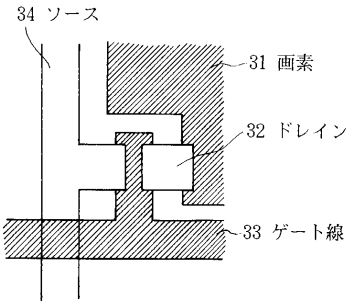
【図１】



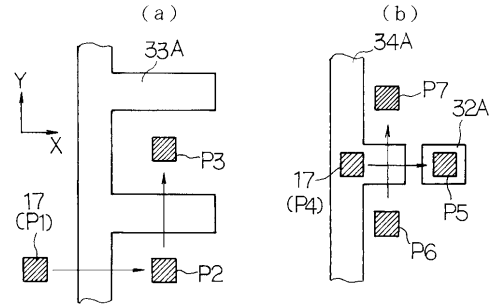
【図２】



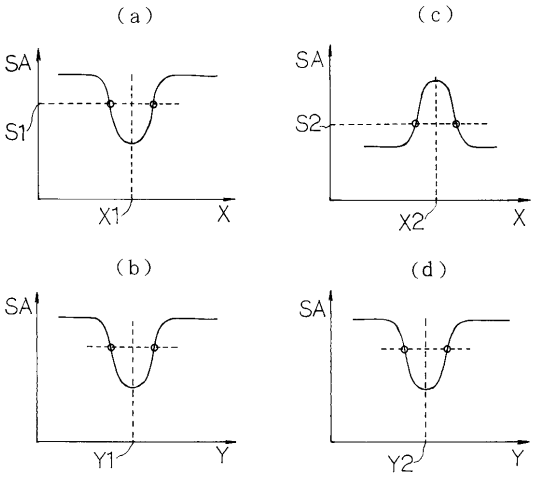
【図３】



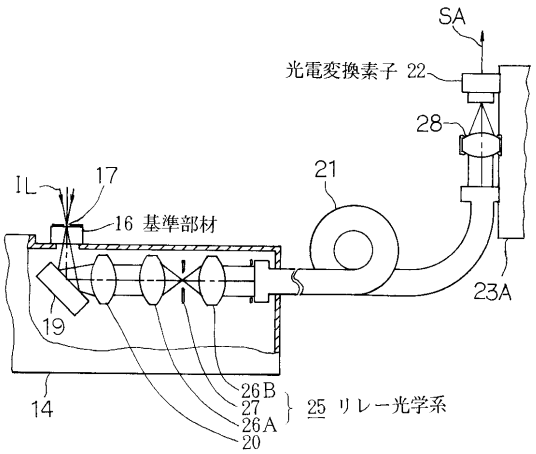
【図４】



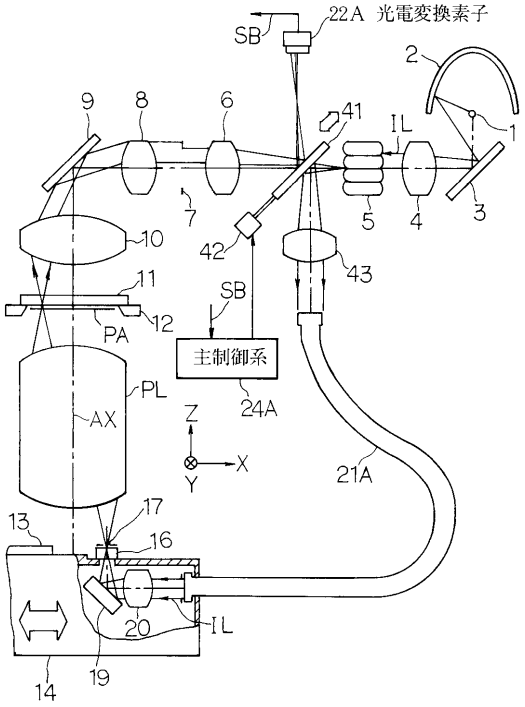
【図５】



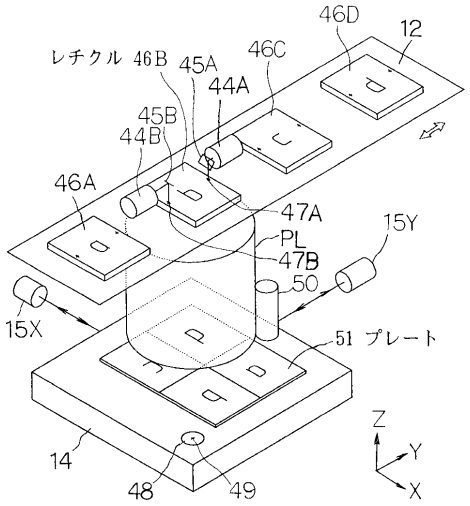
【図６】



【図７】


22A 光電変換素子
SB
2
1
9
8
6
41
IL
7
5
4
3
10
42
43
11
SB
12
PA
主制御系
PL
24A
AX
Z
Y
X
21A
13
17
16
20
IL
19
14

【図８】


46D
12
レチクル 46B
45A
46C
44A
45B
44B
46A
47A
PL
47B
15Y
50
15X
51 プレート
14
48
49
Z
Y
X

フロントページの続き

(51)Int.Cl.[7]　　FI
　　H01L 21/30　525X

(56)参考文献　特開平03－014217（JP，A）
特開平03－105911（JP，A）
特開平05－197158（JP，A）
特開平05－251303（JP，A）
特開平05－326372（JP，A）
特開平07－056183（JP，A）
特開昭61－143760（JP，A）
特開昭63－281427（JP，A）

(58)調査した分野(Int.Cl.[7]，DB名)
H01L 21/027
G03F 7/20
G03F 9/00