(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3617657号
(P3617657)
(45)発行日　平成17年2月9日(2005.2.9)　(24)登録日　平成16年11月19日(2004.11.19)

(51)Int.Cl.[7]　F I
H01L 21/027　H01L 21/30　518
G03F 7/20　G03F 7/20　521
H01L 21/30　525D
H01L 21/30　525W

請求項の数 6　(全 16 頁)

(21)出願番号　特願平7-318547
(22)出願日　平成7年11月13日(1995.11.13)
(65)公開番号　特開平9-139340
(43)公開日　平成9年5月27日(1997.5.27)
審査請求日　平成14年10月29日(2002.10.29)

(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　100102901
弁理士　立石　篤司
(74)代理人　100099793
弁理士　川北　喜十郎
(72)発明者　柳原　政光
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　奈良　圭
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

最終頁に続く

(54)【発明の名称】位置ずれ補正方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
照明光学系からの光束によってマスク上のパターン領域の異なる部分領域をそれぞれ照明し、前記各部分領域の像を当該各部分領域に対応して設けられた複数の投影光学系のそれぞれを介して基板上の被露光領域に投影するとともに、前記マスクと前記基板とを前記投影光学系の投影倍率に応じた速度比で所定の走査方向に前記投影光学系に対して移動することによって前記マスク上のパターン領域の全面を前記基板上に露光する走査型露光装置に用いられる、前記基板上の前記各部分領域の像の位置ずれ補正方法であって、
前記マスク上のアライメントマークと前記基板上のアライメントマークの位置関係に基づいて前記基板の変形量の内少なくとも前記走査方向に直交する方向の伸縮量を検出する第１工程と；
前記第１工程の検出結果に基づいて前記各投影光学系の倍率補正と、前記各投影光学系により前記基板上に投影される像のシフトとを実行する第２工程と；
しかる後、前記マスクの側に設けられた基準マークを、前記各投影光学系を介して前記基板の側に設けられた光検出器を用いて計測することにより、相互に隣接する前記部分領域の像同士の位置ずれ及びオーバーラップ量が所定の許容範囲内にあるか否かを確認する第３工程と；
前記第３工程において前記位置ずれ及びオーバーラップ量が前記所定の許容範囲内にない場合に、前記位置ずれ及びオーバーラップ量がともに許容範囲内となるように前記各投影光学系の倍率補正及び前記各投影光学系により前記基板上に投影される像のシフトの少な

くとも一方を再実行する第４工程とを含む位置ずれ補正方法。
【請求項２】
照明光学系からの光束によってマスク上のパターン領域の異なる部分領域をそれぞれ照明し、前記各部分領域の像を当該各部分領域に対応して設けられた複数の投影光学系のそれぞれを介して基板上の被露光領域に投影するとともに、前記マスクと前記基板とを前記投影光学系の投影倍率に応じた速度比で所定の走査方向に前記投影光学系に対して移動することによって前記マスク上のパターン領域の全面を前記基板上に露光する走査型露光装置に用いられる、前記各部分領域の像の位置ずれ補正方法であって、
前記マスク上のアライメントマークと前記基板上のアライメントマークの位置関係に基づいて前記基板の変形量の内少なくとも前記走査方向に直交する方向の伸縮量と直交度誤差とを検出する第１工程と；
前記第１工程の検出結果に基づいて前記各投影光学系の倍率補正と、前記各投影光学系により前記基板上に投影される像のシフト及び回転とを実行する第２工程と；
しかる後、前記マスクの側に設けられた基準マークと前記各投影光学系を介して前記基板の側に設けられた基準マークとを光検出器を用いて計測することにより、相互に隣接する前記部分領域の像同士の位置ずれ及びオーバーラップ量が所定の許容範囲内にあるか否かを確認する第３工程と；
前記第３工程において前記位置ずれ及びオーバーラップ量が前記所定の許容範囲内にない場合に、前記位置ずれ及びオーバーラップ量がともに許容範囲内となるように前記各投影光学系の倍率補正と前記各投影光学系により前記基板上に投影される像のシフト及び回転の少なくともいずれか１つを再実行する第４工程とを含む位置ずれ補正方法。
【請求項３】
前記光検出器が複数設けられており、前記第３工程では、前記複数の光検出器に対応した前記各投影光学系を介して投影された前記基準マークの像を検出することを特徴とする請求項１又は２に記載の位置ずれ補正方法。
【請求項４】
前記第１工程の処理は、処理する前記基板を複数含むロットの１枚目もしくは決められた枚数の基板について実施し、前記第２工程では、前記第１工程の検出結果である前記変形量として、前記１枚目もしくは前記決められた枚数の基板の平均値を用いることを特徴とする請求項１～３のいずれか一項に記載の位置ずれ補正方法。
【請求項５】
前記複数の投影光学系は、第１列と第２列とに分かれ、前記第３工程は、前記第１列の投影光学系を介して投影された前記基準マークの像を検出した後に、前記第２列の投影光学系を介して投影された前記基準マークの像を検出することを特徴とする請求項１又は２に記載の位置ずれ補正方法。
【請求項６】
前記第３工程は、前記マスクの側に設けられた基準マークとさらに前記基板の側に設けられた基準マークとの重なり具合を前記光検出器で検出することにより、相互に隣接する前記部分領域の像同士の位置ずれ及びオーバーラップ量を求めることを特徴とする請求項１又は２に記載の位置ずれ補正方法。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は、位置ずれ補正方法に係り、更に詳しくは、照明光学系からの光束によってマスク上のパターン領域の異なる部分領域をそれぞれ照明し、前記各部分領域の像を複数の投影光学系のそれぞれを介して基板上の被露光領域に投影する走査型露光装置に用いられる、各部分領域の像の位置ずれ補正方法に関する。
【０００２】
【従来の技術】
従来より、半導体素子や液晶表示基板の製造のためのフォトリソグラフィ工程においては

、マスクに形成されたパターンを投影光学系を介して感光基板に露光転写する投影露光装置が用いられている。これには、いわゆるステップ・アンド・リピート方式やミラープロジェクション方式の露光装置がある。

【０００３】

また、最近では液晶表示基板の大面積化が要求されており、それに伴って投影露光装置においても露光領域の拡大が望まれている。この露光領域の拡大の手段として複数の投影光学系を備えた走査型露光装置が開発されている。すなわち、この走査型露光装置においては、光源から射出した光束をフライアイレンズ等を含む光学系を介して光量を均一化した後、視野絞りによって所望の形状に整形してマスクのパターン面を照明する。このような構成の照明光学系を複数配置し、複数の照明光学系のそれぞれから射出された光束でマスク上の異なる部分領域（照明領域）をそれぞれ照明する。マスクを透過した光束は、それぞれ異なる投影光学系を介してガラス基板上の異なる投影領域にマスクのパターン像を結像する。そして、マスクとガラス基板とを同期させて投影光学系に対して走査することによって、マスク上のパターン領域の全面をガラス基板上に転写する。

【０００４】

【発明が解決しようとする課題】

一般的に、投影露光装置では、１枚のガラス基板に対して所定のプロセス処理を施しながら何層にも渡って原画パターンの露光を繰り返す。このプロセス処理（特に加熱）によってガラス基板が伸縮し、初期の状態から変形することになる。従来のステップ・アンド・リピート方式露光装置では投影光学系は１つのみであり、この投影光学系の投影倍率を変更すると共に、ステッピング時のステージの停止位置を変更して隣接する転写像同士の間隔を変更することにより、ガラス基板の伸縮を補正（倍率補正）すれば良い。また、ミラープロジェクション方式の露光装置では、投影光学系に対する原板と感光基板との相対位置を走査露光中に連続的に変化させることにより走査方向の倍率を補正し、投影光学系の倍率を変更することにより走査方向に直交する方向の倍率を補正すればよい。

【０００５】

しかしながら、上記の如き複数の投影光学系を備えた走査型露光装置では、複数の投影光学系でマスクの連続したパターンを分割してガラス基板上に、分割した像がすき間無く、あるいは所定量だけオーバーラップするように投影させるために、各投影光学系の結像特性の差が大きい場合は勿論のこと、投影光学系相互間の位置関係が所期の関係にないと、分割された像がガラス基板上に連続して形成されないため、基板の伸縮に対して従来と同様の手法では対処できない。

【０００６】

かかる問題点に対処し得るものとして、本願出願人は、特願平７－１８３２１２号として、基板とマスクとのアライメント手段、各投影光学系の結像特性の調整手段とともに投影光学系相互のキャリブレーション手段を備えた上記走査型露光装置を先に提案した。

【０００７】

かかる走査型露光装置によれば、基板とマスクとの間のＸ方向（走査方向）位置ずれ、Ｙ方向（走査方向に直交する方向）位置ずれ、ローテーション（ＸＹ平面に直交するＺ軸回りの回転）、基板のＸ方向の伸縮については、マスクステージ、基板ステージの位置変位をモニタするレーザ干渉計等の位置センサにて全て管理しながらステージを移動したり、ステージの移動速度制御と共に投影光学系の倍率を変更したりして、正確に補正することが可能である。

【０００８】

しかしながら、基板のＹ方向の伸縮及び直交度誤差の補正については、レーザ干渉計の管理下で行なうことができず、このため、必ずしも正確に補正できないという不都合があった。

【０００９】

本発明は、かかる事情の下になされたもので、その目的は、基板の変形に起因する各投影像の位置ずれを正確に補正することができる位置ずれ補正方法を提供することにある。

【００１０】
【課題を解決するための手段】
請求項１に記載の発明は、照明光学系からの光束によってマスク上のパターン領域の異なる部分領域をそれぞれ照明し、前記各部分領域の像を当該各部分領域に対応して設けられた複数の投影光学系のそれぞれを介して基板上の被露光領域に投影するとともに、前記マスクと前記基板とを前記投影光学系の投影倍率に応じた速度比で所定の走査方向に前記投影光学系に対して移動することによって前記マスク上のパターン領域の全面を前記基板上に露光する走査型露光装置に用いられる、前記基板上の前記各部分領域の像の位置ずれ補正方法であって、前記マスク上のアライメントマークと前記基板上のアライメントマークの位置関係に基づいて前記基板の変形量の内少なくとも前記走査方向に直交する方向の伸縮量を検出する第１工程と；前記第１工程の検出結果に基づいて前記各投影光学系の倍率補正と、前記各投影光学系により前記基板上に投影される像のシフトとを実行する第２工程と；しかる後、前記マスクの側に設けられた基準マークを、前記各投影光学系を介して前記基板の側に設けられた光検出器を用いて計測することにより、相互に隣接する前記部分領域の像同士の位置ずれ及びオーバーラップ量が所定の許容範囲内にあるか否かを確認する第３工程と；許容範囲内にない場合に、前記位置ずれ及びオーバーラップ量がともに許容範囲内となるように前記各投影光学系の倍率補正及び前記各投影光学系により前記基板上に投影される像のシフトの少なくとも一方を再実行する第４工程とを含む。
【００１１】
これによれば、第１工程、第２工程の処理により基板の少なくとも走査方向に直交する方向の伸縮に起因する部分領域の像の位置ずれが補正され、第３工程の処理によりこの位置ずれ補正の結果の位置ずれ量をマスクの側に設けられた基準マークを、各投影光学系を介して基板の側に設けられた光検出器を用いて計測することにより、位置ずれ補正が十分に行なわれているか否かを確認することができ、この確認の結果、補正が不十分な場合には第４工程においてこの位置ずれ量が十分小さくなるように各投影光学系の倍率補正及び各投影光学系により基板上に投影される像のシフトの少なくとも一方が再実行される。従って、少なくとも基板の走査方向に直交する方向の伸縮に起因する部分領域の像の位置ずれを正確に補正することが可能となる。
【００１２】
請求項２に記載の発明は、照明光学系からの光束によってマスク上のパターン領域の異なる部分領域をそれぞれ照明し、前記各部分領域の像を当該各部分領域に対応して設けられた複数の投影光学系のそれぞれを介して基板上の被露光領域に投影するとともに、前記マスクと前記基板とを前記投影光学系の投影倍率に応じた速度比で所定の走査方向に前記投影光学系に対して移動することによって前記マスク上のパターン領域の全面を前記基板上に露光する走査型露光装置に用いられる、前記各部分領域の像の位置ずれ補正方法であって、前記マスク上のアライメントマークと前記基板上のアライメントマークの位置関係に基づいて前記基板の変形量の内少なくとも前記走査方向に直交する方向の伸縮量と直交度誤差とを検出する第１工程と；前記第１工程の検出結果に基づいて前記各投影光学系の倍率補正と、前記各投影光学系により前記基板上に投影される像のシフト及び回転とを実行する第２工程と；しかる後、前記マスクの側に設けられた基準マークと前記各投影光学系を介して前記基板の側に設けられた基準マークとを光検出器を用いて計測することにより、相互に隣接する前記部分領域の像同士の位置ずれ及びオーバーラップ量が所定の許容範囲内にあるか否かを確認する第３工程と；許容範囲内にない場合に、前記位置ずれ及びオーバーラップ量がともに許容範囲内となるように前記各投影光学系の倍率補正と前記各投影光学系により前記基板上に投影される像のシフト及び回転の少なくともいずれか１つを再実行する第４工程とを含む。
【００１３】
これによれば、第１工程、第２工程の処理により基板の少なくとも走査方向に直交する方向の伸縮と直交度誤差とに起因する部分領域の像の位置ずれが補正され、第３工程の処理によりこの位置ずれ補正の結果の位置ずれ量をマスクの側に設けられた基準マークと各投

影光学系を介して基板の側に設けられた基準マークとを光検出器を用いて計測することにより、位置ずれ補正が十分に行なわれているか否かを確認することができ、この確認の結果、補正が不十分な場合には第４工程においてこの位置ずれ量が十分小さくなるように各投影光学系の倍率補正及び各投影光学系により基板上に投影される像のシフト及び回転の少なくともいずれか１つが再実行される。従って、少なくとも基板の走査方向に直交する方向の伸縮及び直交度誤差に起因する部分領域の像の位置ずれを正確に補正することが可能となる。

上記請求項１及び２に記載の各位置ずれ補正方法において、請求項３に記載の位置ずれ補正方法の如く、前記光検出器が複数設けられており、前記第３工程では、前記複数の光検出器に対応した前記各投影光学系を介して投影された前記基準マークの像を検出することとすることができる。かかる場合には、各々の投影光学系を介して投影された基準マークを正確に計測することが可能となり、各投影像の位置ずれを正確に補正することができる。

上記請求項１～３に記載の各位置ずれ補正方法において、請求項４に記載の位置ずれ補正方法の如く、前記第１工程の処理は、処理する前記基板を複数含むロットの１枚目もしくは決められた枚数の基板について実施し、前記第２工程では、前記第１工程の検出結果である前記変形量として、前記１枚目もしくは前記決められた枚数の基板の平均値を用いることとすることができる。かかる場合には、アライメント計測が著しく簡略化されるとともにスループットの向上をさせた上で、基板の変形に起因する各投影像の位置ずれを正確に補正することができる。

上記請求項１及び２に記載の各位置ずれ補正方法において、請求項５に記載の位置ずれ補正方法の如く、前記複数の投影光学系は、第１列と第２列とに分かれ、前記第３工程は、前記第１列の投影光学系を介して投影された前記基準マークの像を検出した後に、前記第２列の投影光学系を介して投影された前記基準マークの像を検出することとすることができる。かかる場合には、各々の投影光学系を介して投影された基準マークを正確に計測することが可能となり、各投影像の位置ずれを正確に補正することができる。

上記請求項１及び２に記載の各位置ずれ補正方法において、請求項６に記載の位置ずれ補正方法の如く、前記第３工程は、前記マスクの側に設けられた基準マークとさらに前記基板の側に設けられた基準マークとの重なり具合を前記光検出器で検出することにより、相互に隣接する前記部分領域の像同士の位置ずれ及びオーバーラップ量を求めることとすることができる。かかる場合には、各々の投影光学系を介して投影された基準マークを正確に計測することが可能となり、各投影像の位置ずれを正確に補正することができる。

【００１４】

【実施例】

以下、本発明の一実施例を図１ないし図１１に基づいて説明する。

【００１５】

図１には、本発明に係る位置ずれ補正方法を実施するための一実施例に係る投影露光装置１の全体構成が概略的に示されている。この投影露光装置１は、正立正像で等倍の走査型露光装置である。

【００１６】

この投影露光装置１は、図示しない視野絞りにより所定形状に整形された照明光束によりマスク上の異なる部分領域Ｍ１～Ｍ５をそれぞれ照明する複数（ここでは５つ）の照明光学系３ａ～３ｅと、これらの照明光学系３ａ～３ｅに対応して設けられ、マスク２上のパターンを感光基板４上に投影する複数（ここでは５つ）の投影光学系５～９とを備えている。照明光学系３ａ～３ｅ及び投影光学系５～９に対して、マスク２及び感光基板４が搭載された断面コ字状のキャリッジ２２をその長手方向であるＸ軸方向（以下、適宜「走査方向」という）に走査することにより、マスク２上のパターン領域の全面を感光基板４上に転写し得るようになされている。また、この投影露光装置１では投影光学系５～９を通じて感光基板４上に投影されたパターンを計測するため、キャリッジ２２下方のそれぞれ対応する位置に図示しない５つの光電検出器１３～１７（図１では図示せず、図２参照）

が配置されている。

【００１７】

投影光学系５～９は、倍率制御装置３０（図１では図示せず、図２参照）に接続されており、各投影光学系の光学素子間の気体の圧力を調整する等によって投影倍率を変更する構成となっている。また、各投影光学系５～９と感光基板４との間の光路中には平行平板ガラス１２ａ～１２ｅがそれぞれ配置され、この平行平板ガラス１２ａ～１２ｅの光軸ＡＸ１～ＡＸ５に対する角度をそれぞれ変更することによって各投影光学系の光軸をシフトさせ、感光基板４上での部分領域Ｍ１～Ｍ５の像（投影領域）Ｐ１～Ｐ５の投影位置を変更するようになっている（これについては、後に詳述する）。さらに、本実施例では、投影光学系５～９の内部に、当該各投影光学系により感光基板４上に投影される像Ｐ１～Ｐ５を感光基板４の面上で回転させる像回転手段１８ａ～１８ｅ（図１では図示せず、図２参照）、例えばＤｏｖｅプリズムが内蔵されている。このＤｏｖｅプリズムを入射光軸と出射光軸を投影光学系の光軸ＡＸに一致させて、当該光軸を中心として回転させれば、プリズムの回転角度の２倍の角度分像は感光基板４の面上で回転し、これにより直交度の誤差が補正されるようになっている。すなわち、本実施例では、投影倍率と感光基板５上での像の投影位置を変更し、及び像を回転させることにより、前記５つの光電検出器１３～１７で計測された各像のずれ量をそれぞれ調整できるようになっている。

【００１８】

図２には、露光装置１の各像のずれ量の調整に関連する制御系の構成が示されている。この制御系は、主制御装置３１を中心として構成され、この主制御装置３１の入力側には、後述するレーザ干渉計I_1，I_2，I_3，I_4と、５つの光電検出器１３～１７とが接続されている。また、主制御装置３１の出力側には、駆動装置３２、倍率制御装置３０、回転駆動装置３３が接続されている。駆動装置３２は、平行平板ガラス１２ａ～１２ｅの光軸ＡＸ１～ＡＸ５に対する角度を各別に変更する機能を有し、倍率制御装置３０は、投影光学系５～９の投影倍率を前記の如くして調整する。また、回転駆動装置３３は、像回転手段１８ａ～１８ｅを独立に回転駆動する。

【００１９】

図１に戻り、投影光学系５～９は、投影光学系５、６、７と投影光学系８、９の２列に配列され、かつ隣接するパターンの露光像が所定量オーバーラップするように千鳥状に配置される。このためマスク２上のパターンは投影光学系５～９によつて分割されて感光基板４上に１：１で結像される。

【００２０】

マスク２は、前記キャリッジ２２の上板部２２Ａ上に搭載されたマスクステージ２Ａ上に水平に保持されている。マスクステージ２Ａには、キャリッジ２２上で後述する感光基板ホルダ４Ａに対してＸ、Ｙ、θ方向（例えば水平面内で走査方向をＸ方向、これに直交する方向をＹ方向、ＸＹ平面に直交するＺ軸回りの回転方向をθ方向とする）に移動できるようモータ等の駆動装置２３、２４、２５が取り付けられ、またＸ、Ｙ、θ方向の移動位置を計測できるようにレーザ干渉計I_1、I_2、I_3（測長ビームのみ図示）が走査方向（Ｘ方向）に１箇所、Ｙ方向はＹ方向シフト及びθ成分を計測するため２箇所設けられている。

【００２１】

また、感光基板４は、キャリッジ２２の底板部２２Ｂ上に固定された感光基板ホルダ４Ａ上に水平に保持されている。この感光基板ホルダ４Ａの走査方向の位置、即ちキャリッジ２２の走査方向の位置がレーザ干渉計I_4（測長ビームのみ図示）によって計測できるようになっている。

【００２２】

マスクステージ２Ａの走査方向の一端には、マスク側可動マーク板１０Ｂがほぼ走査直交方向に延設されており、このマスク側可動マーク板１０Ｂはマスク２とほぼ同一面上に配されている。

【００２３】

前記キャリッジ２２の上板部２２ＡのＸ方向一端部はその上面が一段高い段部とされており、この段部の上面にはＹ方向に延びるマスク側固定マーク板１０Ａがマスク２及びマスク側可動マーク板１０Ｂとほぼ同一面上に配されている。

【００２４】

キャリッジ２２の底板部２２ＢのＸ方向一端部はその上面が一段高い段部とされており、この段部の上面には、マスク側固定マーク板１０Ａとマスク側可動マーク板１０Ｂとが配置された位置に対向する位置に感光基板側基準マーク板１１が感光基板４とほぼ同一面上に配されている。

【００２５】

この露光装置１では、マスク側固定マーク板１０Ａ，マスク側可動マーク板１０Ｂ及び感光基板側基準マーク板１１を用いて、投影光学系５～９の結像特性（例えばディストーション）を計測し得るようになっている。

【００２６】

また、走査方向に直交する方向の最も外側の投影光学系５、７の真上でマスク２の上方には、投影光学系５、７によつてマスク２上に結像された感光基板４上のアライメントマーク（これについては後述する）と、マスク２上のアライメントマーク（これについては後述する）のずれ量を計測するアライメント顕微鏡２６、２７が設置されている。このアライメント顕微鏡２６、２７は比較的広い視野に設定され、マスク側基準マーク板１０及び感光基板側基準マーク板１１の校正の際の観察系を兼ねる。

【００２７】

図３には、マスク側基準マーク板１０、すなわち、マスク側固定マーク板１０Ａ及びマスク側可動マーク板１０Ｂと、感光基板側基準マーク板１１の一例が示されている。マスク側基準マーク板１０（図３（Ａ））のうち、キャリッジ２２に固定されたマスク側固定マーク板１０Ａは最も外側の投影光学系５、７の露光領域毎に、少なくとも１つ以上の計測マークａ、ｂが含まれるように形成されている。またマスク側可動マーク板１０Ｂは、各投影光学系５～９の露光領域に少なくとも２つ以上の計測マークｃ～ｈが含まれるように形成されている。一方これらのマスク側基準マーク板１０と対になる感光基板側基準マーク板１１は、マスク側固定マーク板１０Ａとマスク側可動マーク板１０Ｂの両方の計測マークａ～ｈにそれぞれ対応するように１体の計測マークａ′～ｈ′が精度良く形成されている。

【００２８】

次に、上述のように構成された露光装置１における投影光学系５～９のアライメント方法について説明する。

【００２９】

まず、感光基板側基準マーク板１１とマスク側固定マーク板１０Ａにより外側にある投影光学系５、７の校正を行なう。すなわち、図４に示されるように、マスク側固定マーク板１０Ａの計測マークａと感光基板側基準マーク板１１の計測マークａ′が共役な位置になるまで、キャリッジ２２を投影光学系５、７に対して移動し、計測マークａ′を投影光学系５（図４では、当該投影光学系５によって感光基板４上に投影される像が符号５’にて示される）により計測マークａ上に投影し、図５（Ａ）に示されるように、アライメント顕微鏡２６により投影像と計測マークａのズレ量Δx_1、Δy_1を計測する。そしてずれ量Δx_1、Δy_1が、図５（Ｂ）に示されるように、０となるように平行平板１２ａの光軸ＡＸに対する傾きを変更して像シフトさせて計測マークａ′の像を移動する。同様にアライメント顕微鏡２７と計測マークｂ、ｂ′により投影光学系７（図４では、当該投影光学系７によって感光基板４上に投影される像が符号７’にて示される）の調整を行なう。

【００３０】

次に、図６ないし図７に示されるようにして、マスク側可動マーク板１０Ｂのキャリブレーションを行なう。すなわちキャリッジ２２を投影光学系５に対し、マスク側可動マーク板１０Ｂの計測マークｃと感光基板側基準マーク板１１の計測マークｃ′が共役になる位

置に移動する。このとき投影光学系７に対しマスク側可動マーク板１０Ｂの計測マークｈと、感光基板側基準マーク板１１の計測マークｈ′が共役になるようキャリッジ２２を移動する。なお、このとき投影光学系５に対し、計測マークａと計測マークｃは図３のＹ方向の位置が同じ位置かほぼ近い位置が良い。また計測マークｂと計測マークｈも同様である。

【００３１】

そして計測マークｃ′をすでに計測マークａで調整した投影光学系５により、計測マークｃ上に投影し、アライメント顕微鏡２３により投影像と計測マークｃのずれ量Δx_2、Δy_2を計測する。同様に計測マークｈとｈ′のずれ量Δx_3、Δy_3を計測し、ずれ量Δx_2、Δy_2、Δx_3、Δy_3がそれぞれ最小になるよう駆動装置２３～２５を用いてマスクステージ２Ａを、Ｘ、Ｙ及びθ方向に移動する。

【００３２】

これまでに説明したずれ量の測定は、例えば十字型のマークをアライメントマークとして用いた画像処理の手法を用いて行われ、ＣＣＤカメラ（図示省略）の画素ピッチと光学系の倍率から容易にマーク間の距離を計算することができる。

【００３３】

このようにしてマスクステージ２Ａを移動することにより、図７（Ａ）に示されるように、計測マークｃ、ｃ′及びｈ、ｈ′間のずれ量が無くなる。しかしマスク側固定マーク板１０Ａと感光基板側基準マーク板１１のキャリッジ２２への取り付けに設計値に対する誤差がある場合、その誤差がそのままマスク側可動マーク板１０Ｂの位置に含まれてしまう。このため誤差がある場合マスク側固定マーク板１０Ａに対する感光基板側基準マーク板１１の誤差量αx及びαyを予め計測しておき、マスクステージ２Ａの移動の際、図７（Ｂ）に示されるように、当該誤差量αx及びαyを移動量にオフセットとして加算し、上記誤差を補正する。

【００３４】

このようにして基準となるマスク側可動マーク板１０Ｂの校正を終了し、次に図８（Ａ）及び図８（Ｂ）に示されるように、投影光学系５～９（図８（Ａ）、（Ｂ）において、投影光学系５～９によって感光基板４上に投影される像が符号５’～９’にて示される）の校正を行なう。このとき投影光学系６、８、９はもちろんのこと外側の投影光学系５、７についても、校正されたマスク側可動マーク板１０Ｂの各計測マークｃ～ｈと、感光基板側基準マーク板１１の各計測マークｃ′～ｈ′との間のずれ量を計測する。

【００３５】

この計測は、まず、図８（Ａ）に示されるように、照明光学系３ａ～３ｃからの光束がマスク側可動マーク板１０Ｂ上の各計測マークｃ～ｈ及び投影光学系５～７を透過し、さらに感光基板側基準マーク板１１上の各計測マークｃ’～ｈ’を透過し光電検出器１３～１５に達する系内で、マスクステージ２Ａをスキャンしその位置に応じた光電検出器１３～１５が受光する透過光量の変化を基にずれ量を計測し、投影光学系５～７で投影される像の連続性が最適となるよう補正する。

【００３６】

すなわち、レーザ干渉計I_1，I_2，I_3によってマスクステージ２Ａの位置をモニタしつつ、光電検出器１３～１５にて透過光量をモニタし、両マーク（マスク側可動マーク板１０Ｂ上の各計測マークと感光基板側基準マーク板１１上の各計測マーク）の重なりによる信号変化からしかるべき信号処理を行うことにより、各投影光学系を通した両マーク位置の重なり中心を求めることによりずれ量を干渉計基準で求め、平行平板１２ａ～１２ｃを用いて光軸AX_1～AX_3をシフトさせることによりずれ量を補正する。

【００３７】

次に、図８（Ｂ）に示されるように、照明系３ｄ、３ｅからの光束がマスク側可動マーク板１０Ｂ上の各計測マークｄ～ｇ及び投影光学系８～９を透過し、さらに感光基板側基準マーク板１１上の各計測マークｄ’～ｇ’を透過し光検出器１６、１７に達する系内で、マスクステージ２Ａをスキャンしその位置に応じた光検出器１６、１７が受光する透過光

量の変化を基にずれ量を計測し、投影光学系８～９で投影される像の連続性が最適となるよう補正する。

【００３８】

次に、マスク２と感光基板４とのアライメント方法について説明する。

【００３９】

図１に示されるように、感光基板４及びマスク２にはアライメントマークＭＭ１１、ＭＭ２１、ＭＭ１２、ＭＭ２２及びＰＭ１１、ＰＭ２１、ＰＭ１２、ＰＭ２２が設けられており、アライメント顕微鏡２６、２７にてＭＭ１１とＰＭ１１、ＭＭ２１とＰＭ２１、ＭＭ１２とＰＭ１２、ＭＭ２２とＰＭ２２の差分を検出できる。なお、本装置構成では走査方向であれば、例えばＭＭ１３、ＭＭ２３、ＰＭ１３、ＰＭ２３のようにアライメントマークをより多く設けることも容易である。

【００４０】

まず、はじめにキャリッジ２２をアライメントマークＭＭ１１とＰＭ１１、ＭＭ２１とＰＭ２１との差分が検出できる位置へ移動し、Ｘ、Ｙ方向の計測を行う。マークＭＭ１１とＰＭ１１のＸ，Ｙ方向の差分をそれぞれΔＤ１１Ｘ、ΔＤ１１Ｙ、マークＭＭ２１とＰＭ２１との差分をそれぞれΔＤ２１Ｘ、ΔＤ２１Ｙと定義する。

【００４１】

次に、キャリッジ２２をマークＭＭ１２とＰＭ１２、ＭＭ２２とＰＭ２２の差分が検出できる位置へ移動し、Ｘ、Ｙ方向の計測を行う。マークＭＭ１２とＰＭ１２のＸ，Ｙ方向の差分をそれぞれΔＤ１２Ｘ、ΔＤ１２Ｙ、マークＭＭ２２とＰＭ２２との差分をそれぞれΔＤ２２Ｘ、ΔＤ２２Ｙと定義する。

【００４２】

ここで、マスク感光基板２Ａにおけるｘシフト、Ｙシフト、ローテーション、Ｘ方向の倍率（伸縮率）、Ｙ方向の倍率（伸縮率）及び直交度は前記結果のＸ成分（ΔＤ１１Ｘ，ΔＤ２１Ｘ，ΔＤ１２Ｘ，ΔＤ２２Ｘ等）、Ｙ成分（ΔＤ１１Ｙ，ΔＤ２１Ｙ，ΔＤ１２Ｙ，ΔＤ２２Ｙ等）が各々３点以上あれば、例えば、いわゆる最小二乗近似等により演算で算出することができる。かかる手法を採用するものとして、いわゆるＥＧＡ計測（エンハンスト・グローバル・アライメント）が知られている。

【００４３】

そして、求められた各誤差分について、Ｘシフト、Ｙシフト、ローテーションについては、この誤差分が補正されるように、レーザ干渉計Ｉ１　，Ｉ２　，Ｉ３　の情報をモニタしつつ駆動装置２３、２４、２５を駆動してマスク２と感光基板４との位置決めを行なう。

【００４４】

また、求められたＹ方向倍率をM_1　、Ｘ方向倍率をM_2　とすると、投影光学系５～９の倍率をM_1　だけ変更し、M_1　とM_2　との差については、実際の露光時にマスク２と感光基板４との移動速度の差として例えばマスクステージ２Ａの移動速度を加速又は減速することにより、Ｙ方向にＭ１　、Ｘ方向にＭ２　の倍率変更を行なうことが可能である。すなわち、Ｘ方向の伸縮率の補正は露光走査中にマスクステージ２Ａをレーザ干渉計の位置情報にてＸ方向にシフトすることで可能であり、Ｙ方向の伸縮率の補正は投影光学系の倍率及び光軸を変化させることで可能である。また、求められた直交度については、個々の投影光学系により投影される像を物体面上で回転させるとともに光軸を変化させることで可能である。

【００４５】

ここで、Ｙ方向の伸縮率の補正のため、投影光学系の倍率及び光軸を変化させるのは、倍率の変更によって投影像（投影領域）Ｐ１～Ｐ５の重複部分（図１に破線で示される部分）の位置関係が変化し、感光基板４に対する露光量が不均一になるため、投影領域の位置関係を初期の状態に戻すためである。

【００４６】

次に、投影光学系の倍率を変更したときの複数の投影領域の位置関係の変化について図９

、１０、を参照して説明する。

【００４７】

図９において、二点鎖線で示される領域は投影光学系３ａ～３ｅの投影倍率が初期の状態での投影領域Ｐ１～Ｐ５を表し、実線で示される領域は投影光学系の投影倍率を変更した状態での投影領域を表す。なお、説明を簡単にするため、投影領域の形状は図１とは事なり、矩形状のものとする。初期の倍率の時は、各投影領域のＹ方向の長さはＬ、Ｘ方向の長さはＷであり、各投影領域の中心同士（例えばＰ１とＰ２）のＹ方向の間隔はＰ、Ｘ方向の間隔はＢである。この状態ではＹ方向の不要なオーバーラップηは無く、同様にＸ方向の投影領域の位置関係も所定の状態に設定されている。このため、図１０（ａ）に示されるように格子状のパターンが正確に転写される。

【００４８】

一方、投影光学系の投影倍率を初期の倍率のＭ倍に変更すると、各投影領域のＹ方向の長さはＬ×Ｍ、Ｘ方向の長さはＷ×Ｍとなるが、各投影領域の中心同士の間隔はＰ、Ｂのままである。すると、各投影領域同士の位置関係が変化し（例えば辺の間隔が”ｂ”から”Ｍｂ－κ”、または”ｂ－（Ｍ－１）Ｗ”になる）、Ｙ、Ｘの各方向に次式

【００４９】

【数１】

$$\eta = M \times L - L = (M-1) \times L$$

【００５０】

【数２】

$$\kappa = M \times B - B = (M-1) \times B$$

【００５１】

で表されるオーバラップη、ずれκが生じる。このため、図１０（ａ）に示される格子状のパターンは、図９（ｂ）に示されるように、オーバーラップηとずれκを含んだ像として転写されることになる。

【００５２】

そこで、このオーバラップとずれを補正するため、投影光学系の倍率の変更に応じて各投影領域の間隔も変更するのである。なお、この補正は基本的に、投影領域の大きさ、間隔が補正前と補正後とで相似となるようにする。

【００５３】

図１１には、本実施例による感光基板の伸縮に応じた光軸の補正の状態が示されている。平行平板ガラス１２ａ～１２ｅは、いずれもほぼ同一の板厚を有しており、同一の回転角における光軸ＡＸ１～ＡＸ５のシフト量は同一である。また、平行平板ガラスの回転角が０°の場合に、感光基板４上で光軸ＡＸ１～ＡＸ５が投影される位置をα、γ、ε、β、δとする。この位置α、γ、ε、β、δは、感光基板４が伸縮する前のパターンの形成された位置と考えることができる。

【００５４】

今、例えば感光基板４がＹ方向に均一にΔｐ（ｐｐｍ）伸びている場合を考える。つまり、感光基板４が伸縮する前の予め形成されたパターンの位置α、β、γ、δ、εは、感光基板の延びによってそれぞれ位置α’、β、γ’、δ’、ε’に変位しているものとする。本実施例では、感光基板の伸縮に応じて投影光学系の倍率を変更するとともに、倍率の変化量に応じて光軸をシフトする。感光基板４は均一に伸びているため、各位置の変位量は感光基板の中心からの距離に比例し、従って光軸をシフトさせる量も感光基板の中心からの距離に比例する。即ち位置α、β、γ、δ、εそれぞれの間隔をｌとすると、各位置の変位量｜α’－α｜、｜β’－β｜、｜γ’－γ｜、｜δ－δ’｜、｜ε－ε’｜は、それぞれ２Δｌ、Δｌ、０、Δｌ、２Δｌとなる。また、$\Delta l = l \times \Delta p \times 10^{-6}$となる。

【００５５】

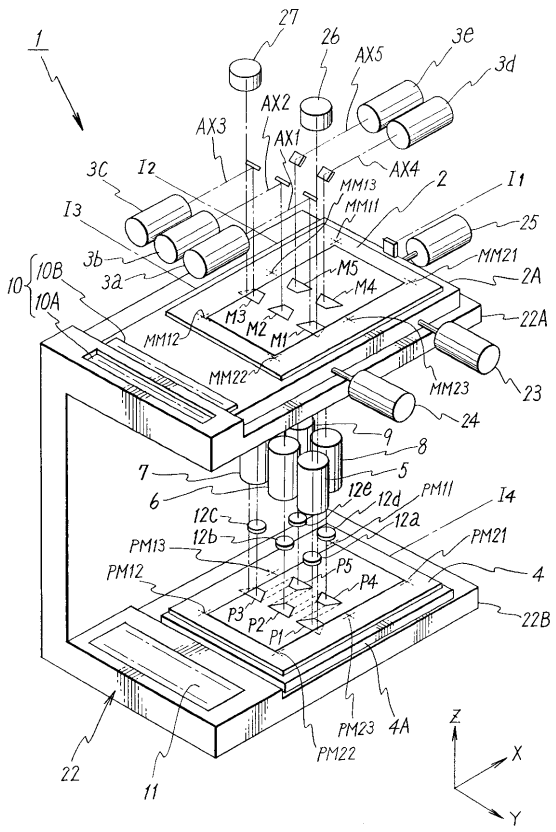
さて、伸びた感光基板４上に更にパターンを重ねて形成する場合、投影光学系５～９の投影倍率をそれぞれΔｐ（ｐｐｍ）拡大する。これによって必要となる光軸のシフト量は、

光軸ＡＸ１、ＡＸ３が次式
【００５６】
【数３】
$２\Delta l = ２ l \times \Delta p \times １０^{-6}$
【００５７】
また光軸ＡＸ４、ＡＸ５が次式
【００５８】
【数４】
$\Delta l = l \times \Delta p \times １０^{-6}$
【００５９】
である。ここで、平行平板ガラスの回転による光軸のシフト量Δｌ（ｍｍ）は、平行平板ガラスの回転角（微小角）をθ（ｒａｄ）、板厚をｔ（ｍｍ）、屈折率をｎとしたとき、次式
【００６０】
【数５】
$\Delta l = （ l - l / n ） t \theta$
【００６１】
で近似できる。このため、θを次式
【００６２】
【数６】
$\theta \quad l \cdot \Delta p \cdot n / （ n - １ ） / t \times １０^{-6}$
【００６３】
で近似して、平行平板ガラス１２ａ、１２ｄ、１２ｂ、１２ｅ、１２ｃをそれぞれ回転角２θ、θ、０、－θ、－２θ（反時計回りの方向を正とする）だけ回転することによって光軸ＡＸ１、ＡＸ４、ＡＸ２、ＡＸ５、ＡＸ３の投影位置を位置α’、β’、γ’、δ’、ε’に一致させる。以上によって、感光基板のＹ方向の伸びに応じた投影像の補正（結像位置の補正）ができる。
【００６４】
本実施例では、上記のようにして各投影光学系の結像特性を補正し（倍率を補正し、光軸をシフト（像の投影位置をシフト）し、像を回転させた）後、その後に前述した投影光学系５～９のキャリブレーションの所で説明したように、キャリッジ２２を移動し、感光基板側基準マーク板１１の計測マークｃ’～ｈ’が投影光学系１列の継ぎ部を観察できるようにして照明光学系３ａ～３ｃにて光を照射する。そしてマスク側移動マーク板１０Ｂの計測マークｃ～ｈが計測マークｃ’～ｈ’を通過するようＸ、Ｙ方向にマスクステージ２Ａをスキャンする。スキャンした光を感光基板側基準マーク板１１の下方に設けられた光電検出器１３～１５にてモニタし、両マークの重なりによる信号変化からしかるべき信号処理を行うことにより、各投影光学系を通した両マーク位置の重なり中心を求める。同様にしてもう１列の投影光学系についても計測を行う。
【００６５】
これにより、各投影光学系を通した両マーク位置の重なり中心を求めることによりずれ量を干渉計基準で求めることができ、各投影光学系の両端の座標を干渉計基準として得られるため、各投影光学系の倍率及び光軸中心の位置及びローテーションを把握することができる。従って、前記倍率補正、光軸位置の制御、像回転後の誤差、すなわち、相互に隣接する前記部分領域Ｍ１～Ｍ５の像同士（Ｐ１とＰ４、Ｐ４とＰ２、Ｐ２とＰ５、Ｐ５とＰ３）の位置ずれ及びオーバーラップ量が所定の許容範囲内にあるか否かを確認することができる。
【００６６】
そして、上記の確認の結果、相互に隣接する前記部分領域の像同士の位置ずれ及びオーバーラップ量が所定の許容範囲内にない場合は、規定の許容値内になるように、前記倍率補正、光軸位置の制御、像回転の少なくともいずれか１つを再実行する。

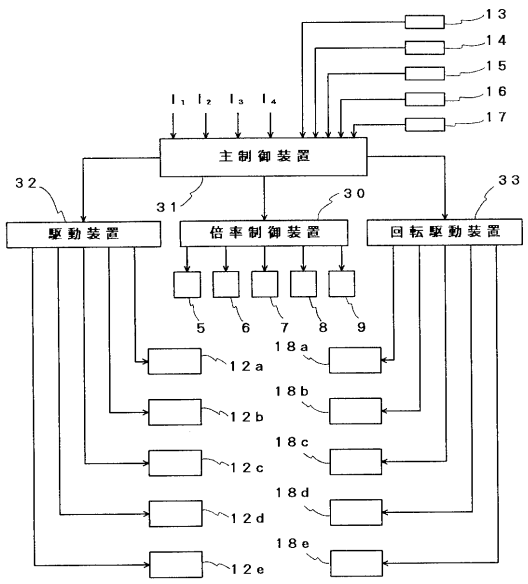
【００６７】
上記の確認において、制御上残ったものが全体の投影光学系共通のシフト成分のみとなった場合は、本計測情報がマスクステージ２Ａを干渉計にて管理しつつスキャンして得られた情報であることから、前記投影光学系の結像特性の補正を行わず、前記アライメントの結果のシフト成分にオフセットとして載せることで補正することができる。
【００６８】
以上説明したように、本実施例によると、位置ずれ補正の結果の位置ずれ量を投影光学系相互のキャリブレーション手段を用いて正確に検出することにより、位置ずれ補正が十分に行なわれているか否かを確認することができ、この確認の結果、補正が不十分な場合にはこの位置ずれ量が十分小さくなるように各投影光学系の倍率補正及び各投影光学系により基板上に投影される像のシフト（光軸のシフト）及び像回転の少なくともいずれか１つが再実行され、これにより少なくとも基板の走査方向に直交する方向の伸縮及び直交度誤差に起因する部分領域の像の位置ずれを正確に補正することが可能となる。また、本実施例では、各投影光学系の倍率補正の確認を、新たに別の測定手段を設けることなく、投影光学系のキャリブレーション手段により行なうことができるという利点もある。
【００６９】
なお、上記実施例で説明した倍率の変化は主として感光基板４の伸縮に起因するものであり、装置使用上同一ロット内では変化量が安定していることが考えられる。従って、これまでに述べた倍率及び直交度の計測（演算）はロット１枚目もしくは、決められた枚数のみ実施し、その後の感光基板については２次元平面内の位置ずれ（Ｘ、Ｙ、θ）のみを計測し、この計測された２次元平面内の位置ずれ補正と共に倍率及び直交度として１枚目もしくは決められた枚数の平均値を用いてこれを補正するようにしても良い。このようにすれば、アライメント計測が著しく簡略化されるとともにスループットの向上が期待できる。
【００７０】
また、倍率に許容値を持ち、許容値を越えた場合のみ、倍率を補正する手法も考えられる。
【００７１】
【発明の効果】
以上説明したように、本発明によれば、基板の変形に起因する各投影像の位置ずれを正確に補正することができるという従来にない優れた効果がある。
【図面の簡単な説明】
【図１】一実施例に係る投影露光装置の概略構成を示す斜視図である。
【図２】図１の装置の各投影像の位置ずれに関連する制御系の概略構成を示すブロック図である。
【図３】基準マーク板の一例を示す図であって、（Ａ）はマスク側基準マーク板上の計測マークの配置の一例を示す図、（Ｂ）は感光基板側基準マーク板上の計測マークの配置の一例を示す図である。
【図４】外側にあるレンズの校正方法を説明するための図である。
【図５】外側にあるレンズの校正方法を説明するための図であって、（Ａ）は投影像と計測マークのずれ量が補正される前の状態を示す図、（Ｂ）は投影像と計測マークのずれ量が補正された状態を示す図である。
【図６】マスク側可動マーク板のキャリブレーション方法を説明するための図である。
【図７】マスク側可動マーク板のキャリブレーション方法を説明するための図であって、（Ａ　）はマスク側と感光基板側の計測マークのずれ量が零になった状態を示す図、（Ｂ）はマスク側固定マーク板に対する感光基板側基準マーク板の取り付け誤差を示す図である。
【図８】投影レンズの調整方法を説明するための図であって、（Ａ）は一列目の投影光学系の調整方法を示す図、（Ｂ）は二列目の投影光学系の調整方法を示す図である。
【図９】倍率の変更と像の位置の変更との関係を説明するための図である。

【図１０】倍率変更による格子状のパターンの像のずれを説明するための図であって、（Ａ）は倍率変更前の状態を示す図、（Ｂ）は倍率変更後の状態を示す図である。
【図１１】感光基板の伸縮に応じた光軸の補正の状態を示す図である。
【符号の説明】
１　投影露光装置（走査型露光装置）
２　マスク
３ａ～３ｅ　照明光学系
５～９　投影光学系
４　感光基板（基板）
１２ａ～１２ｅ　平行平板ガラス
１８ａ～１８ｅ　像回転手段
３０　倍率制御装置
３１　主制御装置
３２　駆動装置
３３　回転駆動装置
１３～１７　光電検出器
Ｉ１　～Ｉ４　　レーザ干渉計
ａ～ｈ　マスク側の計測マーク
ａ’～ｈ’　感光基板側の計測マーク
Ｍ１～Ｍ５
Ｐ１～Ｐ５　部分領域の像

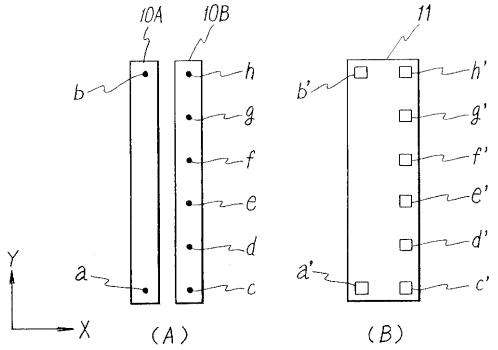
【図１】



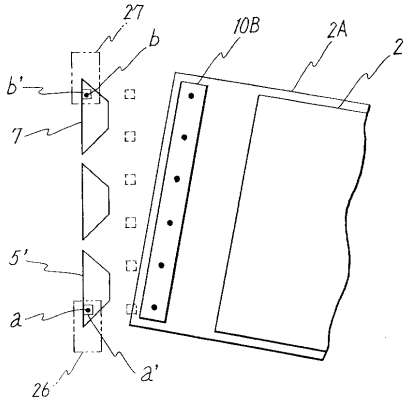
【図２】



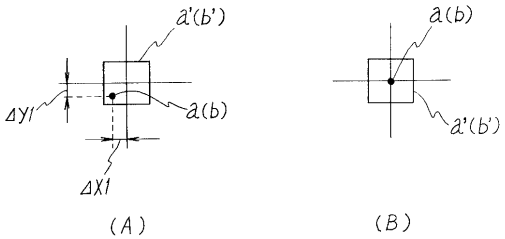
【図３】



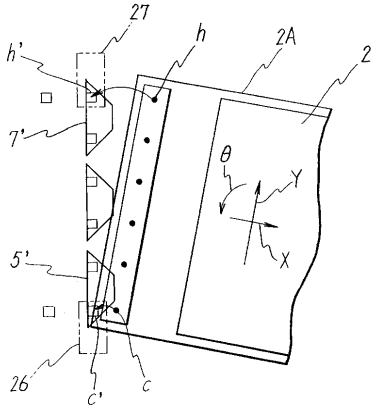
【図４】



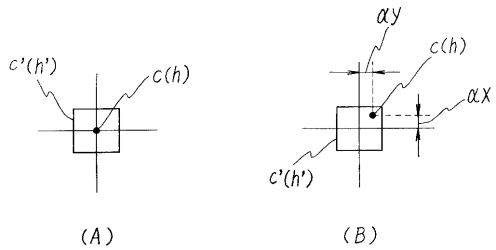
【図５】



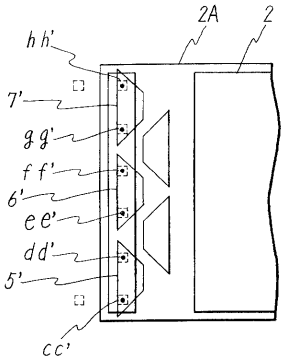
【図６】

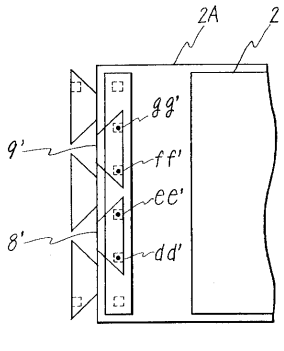


【図７】

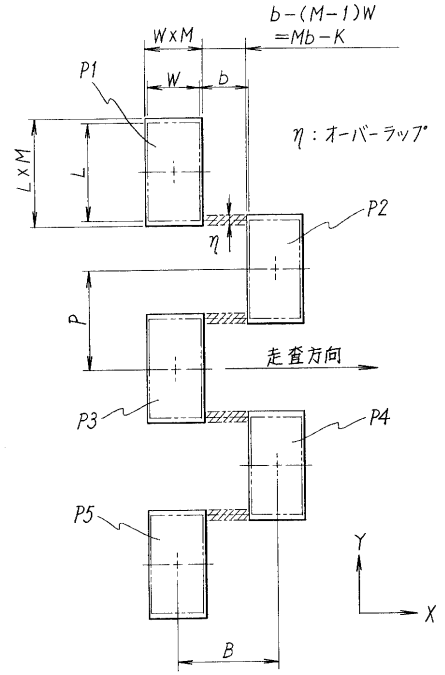


【図８】

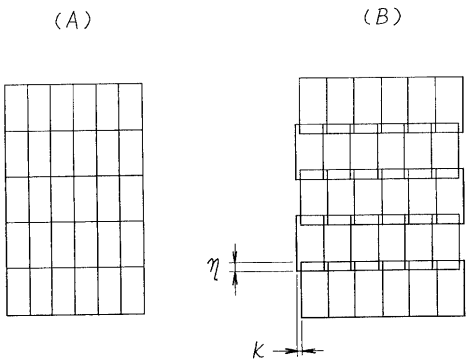




【図９】



【図１０】

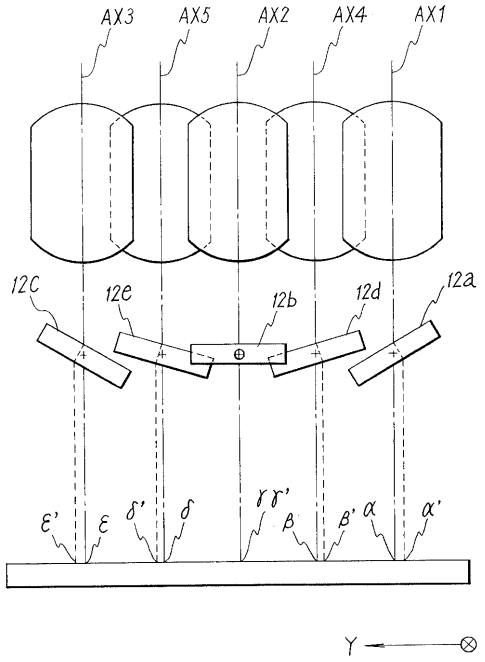


転写誤差

オーバーラップ：$\eta = M \times L - L$
$= (M-1) \times L$

ズレ：$K = M \times B - B$
$= (M-1) \times B$

【図１１】



フロントページの続き

(72)発明者　宮崎　聖二
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

(56)参考文献　特開平０６－０２０９２１（ＪＰ，Ａ）
特開平０６－３４９７０５（ＪＰ，Ａ）
特開平０７－１８３２１２（ＪＰ，Ａ）
特開平０７－１８３２１４（ＪＰ，Ａ）
特開昭６３－１２８７１３（ＪＰ，Ａ）

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