(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3564833号
(P3564833)
(45)発行日　平成16年9月15日(2004.9.15)　(24)登録日　平成16年6月18日(2004.6.18)

(51)Int.Cl.[7]　F I
H01L 21/027　H01L 21/30　518
G03F 7/20　G03F 7/20　521
G03F 9/00　G03F 9/00　H
H01L 21/30　525W

請求項の数 5　(全 9 頁)

(21)出願番号　特願平7-292361
(22)出願日　平成7年11月10日(1995.11.10)
(65)公開番号　特開平9-134864
(43)公開日　平成9年5月20日(1997.5.20)
審査請求日　平成14年11月8日(2002.11.8)

(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　村田　実
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　新井　重雄

(56)参考文献　特開平０５－３３５２０５（ＪＰ，Ａ）
特開平０５－３２６３６９（ＪＰ，Ａ）
特開平０９－０９２６１１（ＪＰ，Ａ）

最終頁に続く

(54)【発明の名称】露光方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

露光光のもとでマスク上のパターンの一部を感光性の基板上に投射した状態で、前記マスクと前記基板とを同期走査することにより前記パターンを前記基板上の各ショット領域に逐次転写露光する露光方法において、

前記基板上の各ショット領域の走査開始位置への位置決め精度を露光時の位置決め精度より緩くすることを特徴とする露光方法。

【請求項２】

請求項１記載の露光方法であって、

前記基板上の各ショット領域の走査開始位置の位置決め誤差を走査開始から露光開始までの間に補正することを特徴とする露光方法。

【請求項３】

請求項１又は２に記載の露光方法であって、

前記走査開始位置への位置決め精度の許容範囲は、前記露光時の位置決め精度の許容範囲の約５倍から２００倍程度に設定されていることを特徴とする露光方法。

【請求項４】

請求項３に記載の露光方法であって、

前記走査開始位置への位置決め精度の許容範囲は、前記露光時の位置決め精度の許容範囲の約１０倍から１００倍程度に設定されていることを特徴とする露光方法。

【請求項５】

請求項１～４の何れか一項に記載の露光方法であって、
走査開始位置から露光開始位置までの加速区間の幅、及び加速度によって前記走査開始位置への位置決め精度の許容範囲が設定され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マスク上のパターンを感光性の基板上に露光するための露光方法に関し、特に、マスク上のパターンの一部を感光性の基板上に投射した状態でマスク及び感光性の基板を同期して走査することにより、マスク上のパターンをその基板上の各ショット領域に逐次転写露光する、所謂ステップ・アンド・スキャン方式等の走査露光型の露光装置の露光方法に適用して好適なものである。

【０００２】

【従来の技術】

従来より、半導体素子等をフォトリソグラフィ技術を用いて製造する際に、マスクとしてのレチクルのパターンの投影光学系を介した像をフォトレジスト等が塗布されたウエハ（又はガラスプレート等）上の各ショット領域に露光するステッパー等の一括露光型の投影露光装置が使用されている。これに対して最近、半導体素子等の１個のチップサイズが大型化する傾向にあり、投影露光装置においてはレチクル上のより大きな面積のパターンをウエハ上に露光する大面積化が求められている。しかしながら、このために単に投影光学系の露光フィールドを大きくしようとすると、広い露光フィールドの全面で諸収差を許容範囲内に収めるために投影光学系が複雑化して製造コストが高くなると共に、投影光学系が大型化して装置全体が大きくなり過ぎてしまう。

【０００３】

そこで、投影光学系の露光フィールドをあまり大型化することなく、被転写パターンの大面積化の要求に応えるために、レチクルのパターンの一部を投影光学系を介してウエハ上に投射した状態で、その投影光学系に対してレチクル及びウエハを同期して走査することによって、レチクル上のパターンを逐次ウエハ上の各ショット領域に転写露光する、所謂ステップ・アンド・スキャン方式等の走査露光型の投影露光装置が注目されている。そのステップ・アンド・スキャン方式は、従来より知られているように、マスクパターンを１回の走査でウエハの全面に露光するスリットスキャン方式を発展させたものである。

【０００４】

ところで、例えば半導体素子はウエハ上に何層もの回路を精密に重ね合わせることにより製造される。このため、投影露光装置にはレチクル及びウエハを所定の位置に移動して位置決めするためのレチクルステージやウエハステージ等のステージ機構、アライメント系及び可動の視野絞り（可動ブラインド）等が設けられている。近年、ＩＣの高集積化に伴って各機構では更に高い位置決め精度を必要としている。一方で高いスループット（生産性）を得るために、工程時間を更に短縮するための技術も求められており、位置合わせの精度と生産性とを共に向上させる技術が要求されている。

【０００５】

今日一般的に使用されている投影露光装置では、レチクルのパターンがウエハ上の複数のショット領域へ転写される。そのため、露光対象のショット領域を露光フィールド付近へ移動するステッピング動作と、そのショット領域とレチクルとを位置合わせするアライメント動作と、そのショット領域へ露光する動作とが繰り返される。特に走査露光型の投影露光装置においては、次のショット領域の走査開始位置までステッピングし、その位置で精密に位置決めし、露光開始位置で所定の走査速度になるように加速した後、レチクルステージとウエハステージとの相対位置を精密な位置決め精度で調整し、可動ブラインド等の駆動系も同期させた状態で制御しながら、所定の走査速度でレチクルステージ及びウエハステージを駆動して走査露光を行うという一連の動作が繰り返される。この場合、従来は、走査開始位置での位置決め精度と、露光開始位置及び走査露光時の位置決め精度との

間に差はなく、同じ位置決め精度で位置決めが行われていた。

【０００６】

【発明が解決しようとする課題】

以上の従来技術によれば、ステッパー等の一括露光型の投影露光装置ではショット領域の露光終了後、直ぐに前後左右の次のショット領域へ直線的に最短距離でステッピングし、そのショット領域での精密な位置決めが行われた後、その位置決めされた位置で露光が行われる。これに対して、走査露光型の投影露光装置ではショット領域の露光終了後、ウエハステージは暫くの間減速して、次のショット領域の走査開始位置へステッピングし、走査開始位置で精密な位置決めが行われた後、例えば走査方向を反転して走査露光が行われる。このように、走査露光型の投影露光装置では、ウエハステージは投影光学系の露光中心に対して蛇行した後、次のショット領域の走査開始位置へ位置決めされるという動作が繰り返される。そのため、走査露光型では、一括露光型の投影露光装置に比較してスループットを高めにくいという不都合があった。

【０００７】

本発明は斯かる点に鑑み、走査露光型の露光装置で露光を行う際に、露光時の位置合わせ精度を従来通り高く維持したまま、スループットを向上できる露光方法を提供することを目的とする。

【０００８】

【課題を解決するための手段】

本発明による露光方法は、露光光（ＩＬ）のもとでマスク（Ｒ）上のパターンの一部を感光性の基板（Ｗ）上に投射した状態で、そのマスク（Ｒ）とその基板（Ｗ）とを同期走査することによりそのパターンをその基板（Ｗ）上の各ショット領域に逐次転写露光する露光方法において、その基板（Ｗ）上の各ショット領域の走査開始位置への位置決め精度を露光時の位置決め精度より（例えば５倍～２００倍程度に）緩くするものである。斯かる本発明の露光方法によれば、走査開始位置への位置決めを露光時の位置決め精度より緩い位置決め精度で行うため、走査開始位置における位置決め時間が短縮される。また、露光時の位置決め精度は緩めないため、露光時の位置合わせ精度を高く維持したまま、スループット（生産性）の向上が計れる。

【０００９】

この場合、その基板（Ｗ）上の各ショット領域の走査開始位置の位置決め誤差を走査開始から露光開始までの間に補正することが好ましい。これにより、走査開始位置における位置決め精度を緩めたことにより発生する位置決め誤差が露光開始位置迄に補正されるため、露光時の位置合わせ精度が低下しない。

また、走査開始位置への位置決め精度の許容範囲は、露光時の位置決め精度の許容範囲の約５倍から２００倍程度に設定されていれば実用的であり、さらに約１０倍から１００倍程度に設定されていることが好ましい。また、走査開始位置から露光開始位置までの加速区間の幅、及び加速度によってに走査開始位置への位置決め精度の許容範囲が設定されることが好ましい。

【００１０】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態の一例につき図面を参照して説明する。本例は、レチクル及びウエハを投影光学系に対して同期して走査することにより、レチクル上のパターンをそのウエハ上の各ショット領域に逐次転写露光する、ステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置で露光する場合に本発明を適用したものである。

【００１１】

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、光源及びウエハＷ上の照度を調節する減光部等を含む光源系１から射出された照明光ＩＬは、フライアイレンズ４に入射する。光源系１は主制御系１３により制御されており、主制御系１３は光源系１の光源及び減光部を制御してウエハＷ上の照明光ＩＬの照度を調節する。照明光ＩＬとしては、例えばＫｒＦエキシマレーザ光やＡｒＦエキシマレーザ光、銅蒸気レーザやＹＡ

Ｇレーザの高調波、あるいは超高圧水銀ランプの紫外域の輝線（ｇ線、ｉ線等）等が用いられる。フライアイレンズ４は、レチクルＲを均一な照度分布で照明するために多数の２次光源を形成する。フライアイレンズ４の射出面には照明系の開口絞り５が配置され、その開口絞り５内の２次光源から射出される照明光ＩＬは、反射率が小さく透過率の大きなビームスプリッター６に入射し、ビームスプリッター６を透過した照明光ＩＬは、第１リレーレンズ７Ａを経て可動の視野絞り（以下、「可動ブラインド」という）８の開口部を通過する。

【００１２】

本例の可動ブラインド８は、レチクルのパターン面に対する共役面に配置され、且つその可動ブラインド８の長方形の開口部の走査方向の幅及び位置がブラインド駆動系８ａにより連続的に変化できるように構成されている。ブラインド駆動系８ａは主制御系１３により制御されており、主制御系１３からの指令によりブラインド駆動系８ａを介して可動ブラインド８を開閉することにより照明光ＩＬの照明領域を連続的に調整して、ショット領域以外の部分への露光を防止する。可動ブラインド８を通過した照明光ＩＬは、第２リレーレンズ７Ｂ、光路折り曲げ用のミラー９及びメインコンデンサーレンズ１０を経て、レチクルＲ上のスリット状の照明領域２４を均一な照度分布で照明し、レチクルＲ上の照明領域２４内のパターンを投影光学系１５を介して投影倍率β（βは例えば１／４）で反転縮小した像をウエハW上のスリット状の露光領域２４Ｗに投影露光する。以下、投影光学系１５の光軸に平行にＺ軸をとり、その光軸に垂直な平面内でスリット状の照明領域２４に対するレチクルＲの走査方向（即ち、図１の紙面に平行な方向）をＸ方向、その走査方向に垂直な非走査方向をＹ方向として説明する。

【００１３】

レチクルＲは、不図示のレチクルホルダを介してレチクルステージ１１上に載置されている。レチクルステージ１１は投影光学系１５の光軸に垂直な平面（ＸＹ平面）内で２次元的に微動してレチクルＲを位置決めすると共に、走査方向（Ｘ方向）に所定の走査速度で移動可能となっている。また、レチクルステージ１１は走査方向にレチクルＲの全面が少なくとも照明領域２４を横切ることができるだけのストロークを有している。レチクルステージ１１の－Ｘ方向の端部には、外部のレーザ干渉計２２ａからのレーザビームを反射する移動鏡２２ｂが固定されており、レチクルステージ１１の位置は、レーザ干渉計２２ａにより常時モニタされている。レーザ干渉計２２ａからのレチクルステージ１１の位置情報はレチクルステージ制御系２７に送られ、その位置情報はレチクルステージ制御系２７を介して主制御系１３にも供給されている。主制御系１３はその位置情報に基づき、レチクルステージ制御系２７を介してレチクルステージ１１の位置及び速度を制御している。

【００１４】

一方、ウエハWは不図示のウエハホルダを介してＺチルトステージ１６上に載置され、Ｚチルトステージ１６はウエハステージ制御系２８を介してＸ方向及びＹ方向に駆動されるＸＹステージ１７上に載置されている。ＸＹステージ１７によりウエハW上の各ショット領域へスキャン露光する動作と、次の露光開始位置までステッピングする動作とを繰り返すステップ・アンド・スキャン動作が行われる。ウエハWはＺチルトステージ１６によりＺ方向への移動、及びＸＹ平面に対する傾斜が可能に構成されている。

【００１５】

また、Ｚチルトステージ１６の端部には外部のレーザ干渉計２３ａからのレーザビームを反射する移動鏡２３ｂが固定されており、Ｚチルトステージ１６（ウエハW）の位置はレーザ干渉計２３ａにより、常時モニタされている。レーザ干渉計２３ａからのＺチルトステージ１６の位置情報はウエハステージ制御系２８に送られており、その位置情報は更にウエハステージ制御系２８を介して主制御系１３にも供給されている。主制御系１３はその位置情報に基づいてウエハステージ制御系２８を介してウエハWの位置及び速度を制御している。

【００１６】

本例では走査露光時に、レチクルＲが＋Ｘ方向（又は－Ｘ方向）へ、例えば速度V_R　でスキャンされるのと同期してウエハＷが－Ｘ方向（又は＋Ｘ方向）に速度V_W　でスキャンされる。走査速度V_R　と速度V_W　との比（V_W　／V_R　）は投影光学系１５の縮小倍率βに正確に一致したものになっており、これによってレチクルＲ上のパターンがウエハＷの各ショット領域に正確に転写される。

【００１７】

また、ビームスプリッター６で反射された照明光は、集光レンズ１９を介して光電変換素子よりなるインテグレータセンサ２０で受光され、インテグレータセンサ２０の光電変換信号が主制御系１３に供給されている。インテグレータセンサ２０の光電変換信号とウエハＷの露光面上での照明光の照度との関係は予め求められており、この光電変換信号に基づいてウエハＷ上の露光量の制御が行われる。また、図１の装置には不図示であるが、ウエハＷの面位置及び傾斜角を検出するための斜入射方式の焦点位置検出系、及びレチクルＲとウエハＷの各ショット領域との位置合わせのための複数のアライメントセンサが配置されている。

【００１８】

次に、本例の露光動作の一例につき主に図２～図４を参照して説明する。前述のように走査露光型の投影露光装置では、各ステージ系及び可動ブラインド等の駆動系が精密な同期性を保つことによりレチクルＲのパターンがウエハＷ上の各ショット領域に転写される。走査露光型の投影露光装置では、走査露光中は一定の速度で走査が行われるため、助走を経て一旦露光開始位置で各駆動系の同期を取った後、走査露光が行われる。本例は、走査開始位置でのＸＹステージ１７の位置決め精度を露光時の位置決め精度より緩めることにより、走査開始位置に位置決めするための時間を短縮し、露光精度を維持しながらスループットの向上を計るものであり、以下ではＸＹステージ１７の動作を例に取り、具体的に説明する。

【００１９】

図２は、図１のＸＹステージ１７の動作に伴うウエハＷのステッピング及び走査の様子を示し、この図２において実際には投影光学系１５は固定されてウエハＷが移動するが、説明の都合上、ウエハＷが静止してその上を投影光学系１５の光軸ＡＸが矢印で示す軌跡３３に沿って移動するように表現する。この例では、投影光学系１５の光軸ＡＸは軌跡３３に沿って、前のショット領域３１を－Ｘ方向に走査した後、ＸＹステージ１７の動作によって、ステッピング区間３４に沿って次に露光すべきショット領域３２の下方に移動する。そして、投影光学系１５の光軸ＡＸは次のショット領域３２の走査開始位置３５に緩い位置決め精度で位置決めされた後、加速区間３６の間に加速され、露光開始位置３７に達する迄に所定の走査速度になり、その走査速度でショット領域３２の中央部の露光区間３８を移動する。

【００２０】

図３は、本例におけるＸＹステージ１７の位置決め状態を表し、この図３において横軸は時間ｔ、縦軸はＸＹステージ１７の非走査方向（Ｙ方向）の位置ｙを表す。この図３において、曲線４１に示すようにショット領域３１への露光が終了した時刻ｔ１に、ＸＹステージ１７は位置ｙ１から直ぐに次のショット領域３２への移動を開始する。走査開始位置３５に近付くと、ＸＹステージ１７は減速され、時刻ｔ２において速度がほぼ０近くになり、ＸＹステージ１７のＹ方向の位置ｙは走査開始位置３５となる目標位置ｙ２付近で振動しながらその目標位置ｙ２に収束していく。そして、その位置ｙの振動の振幅が収束し、位置決め完了と判断された時刻ｔ３から次のショット領域３２のための助走が開始される。この場合、ＸＹステージ１７の位置ｙは一定のサンプリング周期で計測されるが、所定数以上のサンプリング回数（又はある時間以上）における位置ｙの目標位置ｙ２からの誤差が位置決め誤差の許容範囲ε_S　内（$\pm\varepsilon_S$　／２以内）に連続して存在するときに位置決め完了と判断される。

【００２１】

ＸＹステージ１７の位置決めに必要な時間は、時刻ｔ１から時刻ｔ２までの間の移動時間

T_R と、時刻ｔ２から時刻ｔ３までの間の整定時間T_S と、の合計時間T_T （＝T_R ＋T_S ）である。そして、この整定時間T_S は、ＸＹステージ１７の移動時の加速度及び速度、並びに位置決めの許容範囲に関係する。即ち、移動時の加速度や速度が大きければ整定時間T_S は長くなり、位置決めの許容範囲が小さいほど位置決め完了までの時間も長くなる。このことを逆に言えば、許容範囲が緩くても良い場合には位置決め時間を短縮することが可能である。

【００２２】

通常、投影露光装置における一般的な位置決め誤差の許容範囲は露光のための位置決め時と同じく数１０ｎｍ程度である。走査露光中の位置決め誤差の許容範囲においても同様の精度が求められる。しかし、走査露光方式においては露光時（走査露光時）にのみ厳格な位置決め精度が達成されればよく、それ以外の位置決め、特に走査開始位置での位置決め時には、露光時と同等の位置決め精度を必要としない。本例はその点を利用したものであり、この場合、走査開始位置３５での位置決め誤差の許容範囲を緩くした結果生じる位置誤差分は、走査開始後、露光が開始されるまでの加速及び同期制御を行う間に露光に必要とされる許容範囲ε_E まで追い込むことにより補正することが可能である。

【００２３】

図３に示すように、本例では走査開始位置３５での位置決め誤差の許容範囲として、走査露光時の位置決め誤差の許容範囲ε_E に対して大きな許容範囲ε_S を設定している。具体的には、例えば走査露光時の許容範囲ε_E が数１０ｎｍとすれば、走査開始位置３５での位置決め誤差の許容範囲ε_S は数１００ｎｍ～数μｍとする。即ち、走査開始位置での許容範囲ε_S として、走査露光時の許容範囲ε_E の約１０倍～１００倍程度の許容範囲を設定することが可能である。また、実用的には許容範囲ε_S は許容範囲ε_E の５倍～２００倍程度が可能である。許容範囲ε_S が許容範囲ε_E の５倍より小さいと、スループット改善の効果が小さく、許容範囲ε_E の２００倍を超えると、露光開始時に位置決め誤差を許容範囲ε_E の範囲に収めるのが困難となる。この許容範囲ε_S の設定に当たっては、加速区間３６の間に位置決め誤差が許容範囲ε_E 内に入るように、走査開始位置３５から露光開始位置３７の加速区間３６の幅及び加速度が考慮される。

【００２４】

図４は、本例における露光工程のフローチャートの一部を示し、この図４に示すように、ウエハW上の複数のショット領域に対して、ステップ１０１～１０３が繰り返される。即ち、ステップ１０１においてショット領域間の移動（ステッピング）及び走査開始位置（スタート位置）への位置決めが行われた後、ステップ１０２においてＸＹステージ１７が加速されると同時に主制御系１３により各駆動系との同期が取られる。そして、ステップ１０３において走査露光が行われ、走査露光が終了すると再びステップ１０１に戻り、次のショット領域へのステッピング及び位置決めが行われるという工程が複数のショット領域に対して繰り返される。この場合、ステップ１０１における走査開始位置への位置決め誤差は、露光時の許容範囲ε_E より緩やかな許容範囲ε_S に設定し、ステップ１０２の加速時には、急速に位置決め精度を高め、露光開始位置では位置決め誤差を小さな許容範囲ε_E 内に収め、ステップ１０３においてはその小さな許容範囲ε_E 内で走査露光が行われるように各ステップにおける位置決め誤差の許容範囲を設定する。

【００２５】

以上のように、ステップ１０１での位置決め誤差の許容範囲を大幅に緩めることにより走査開始位置での位置決め時間が短縮される。この動作は複数のショット領域に対して繰り返し行われるため、大幅に露光時間が短縮される。また、露光開始位置及び走査露光時の位置決め精度は従来と同様であるため、露光精度を維持したまま、スループットの大幅な向上が計れる。

【００２６】

なお、本発明はステージ系に限らず、可動ブラインド等の同期制御される駆動系に対しても同様に適用できる。

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。

【００２７】

【発明の効果】

本発明による露光方法によれば、走査開始位置での位置決め精度を露光時の位置決め精度より緩く設定するため、走査開始位置での位置決め時間を短縮することができる。また、露光時の位置決め精度に変わりはないため、位置合わせの精度を維持したまま、スループットが向上する利点がある。

【００２８】

また、基板上の各ショット領域の走査開始位置の位置決め誤差を走査開始から露光開始までの間に補正する場合には、走査開始位置での位置決め精度を緩めたことにより発生する位置決め誤差が露光時には補正されているため、位置合わせ精度が高精度に維持される利点がある。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明による露光方法の実施の形態の一例で使用される投影露光装置の全体を示す概略構成図である。

【図２】本発明の実施の形態において、ＸＹステージ１７（又は投影光学系１５）の移動経路の説明に供するウエハの平面図である。

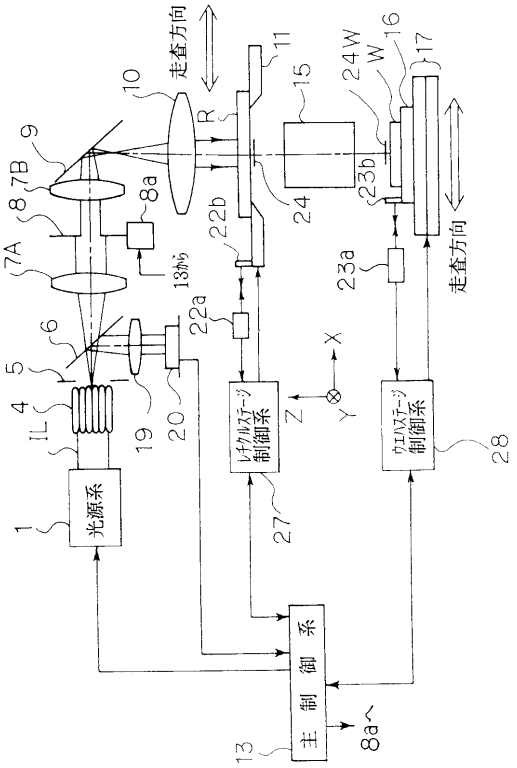
【図３】図１のＸＹステージ１７の位置変化及び振動状態を示す図である。

【図４】本発明の実施の形態における露光動作の一例を示すフローチャートである。

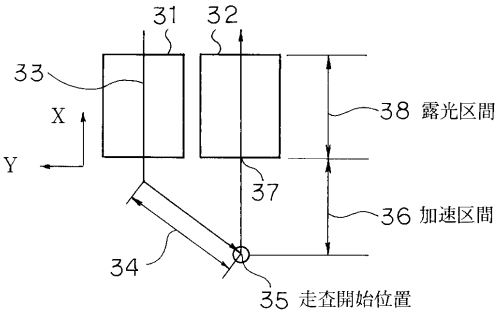
【符号の説明】

１　光源系
ＩＬ　照明光
Ｒ　レチクル
１１　レチクルステージ
１３　主制御系
１５　投影光学系
Ｗ　ウエハ
１７　ＸＹステージ
３１，３２　ショット領域
３４　移動区間
３５　走査開始位置
３６　加速区間
３７　露光開始位置
３８　露光区間

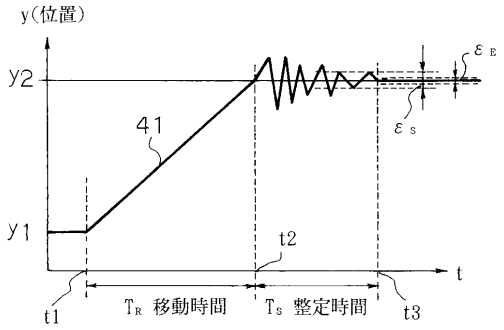
【図１】


走査方向
走査方向
光源系
レチクルステージ制御系
ウエハステージ制御系
主制御系
13から
8aへ
IL
R
W
X
Y
Z

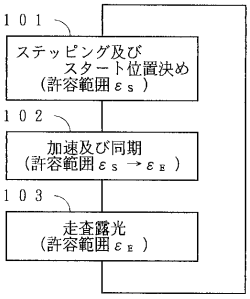
【図２】


31
32
33
34
35 走査開始位置
36 加速区間
37
38 露光区間
X
Y

【図３】


y(位置)
y2
y1
41
t1
t2
t3
t
T_R 移動時間
T_S 整定時間
ε_E
ε_S

【図４】


101
ステッピング及び
スタート位置決め
(許容範囲 ε_S)
102
加速及び同期
(許容範囲 $\varepsilon_S \rightarrow \varepsilon_E$)
103
走査露光
(許容範囲 ε_E)

フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl.[7], ＤＢ名)
H01L 21/027
G03F 7/20 521
G03F 9/00