

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3880155号
(P3880155)

(45) 発行日 平成19年2月14日(2007.2.14)

(24) 登録日 平成18年11月17日(2006.11.17)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 L 21/027 (2006.01)

H O 1 L 21/30 5 1 8

G O 3 F 7/207 (2006.01)

H O 1 L 21/30 5 1 6 B

G O 3 F 7/22 (2006.01)

G O 3 F 7/207 H

G O 3 F 7/22 H

請求項の数 8 (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平9-284675
 (22) 出願日 平成9年10月1日(1997.10.1)
 (65) 公開番号 特開平11-111610
 (43) 公開日 平成11年4月23日(1999.4.23)
 審査請求日 平成16年9月22日(2004.9.22)

(73) 特許権者 000001007
 キヤノン株式会社
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
 (74) 代理人 100086818
 弁理士 高梨 幸雄
 (72) 発明者 萩庭 邦保
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ
 ヤノン株式会社内
 (72) 発明者 山田 雄一
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ
 ヤノン株式会社内

審査官 星野 浩一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 位置決め方法及び位置決め装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

走査方向に移動中のウエハを露光する露光装置であって、
 該ウエハを保持し移動するステージと、
 レチクルを介した光を像面に投影する投影手段と、
 前記投影手段の光軸の方向において、該走査方向に移動中の前記ステージに保持され
 た該ウエハの表面の該像面からの位置ずれ量を該表面上の露光領域に対し該走査方向とは
 反対の方向に離れた該表面上の検出領域に関して検出する検出手段と、
 該位置ずれ量に基づき、該光軸の方向において前記ステージの位置を制御する制御手段
 とを有し、
 前記制御手段は、前記検出手段により該位置ずれ量が検出されている間の該光軸の方向
 における前記ステージの位置の平均値を求め、且つ該平均値と該位置ずれ量とに基づいて
 、該光軸の方向において前記ステージの位置を制御する、
 ことを特徴とする露光装置。

【請求項2】

前記検出手段は、該検出領域を複数有し、複数の該検出領域のそれぞれに関して、該位
 置ずれ量を検出することを特徴とする請求項1に記載の露光装置。

【請求項3】

前記ステージは、該光軸に垂直な軸のまわりに回転可能に構成され、
 前記制御手段は、該回転の角度を検出し、

前記制御手段は、前記検出手段により該位置ずれ量が検出されている間に前記ステージの該角度の平均値を求め、且つ該平均値と該位置ずれ量とに基づいて、前記ステージの該回転の角度を制御する、

ことを特徴とする請求項 2 に記載の露光装置。

【請求項 4】

前記検出手段は、CCD センサー、静電センサー、エアースセンサー、およびフォトダイオードのいずれかを含む、ことを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の露光装置。

【請求項 5】

ウエハを保持し移動するステージと、
レチクルを介した光を像面に投影する投影手段とを有する露光装置に適用される、走査方向に移動中のウエハを露光する露光方法であって、

該投影手段の光軸の方向において、該走査方向に移動中の該ステージに保持された該ウエハの表面の該像面からの位置ずれ量を該表面上の露光領域に対し該走査方向とは反対の方向に離れた該表面上の検出領域に関して検出する検出ステップと、

該位置ずれ量に基づき、該光軸の方向において該ステージの位置を制御する制御ステップとを有し、

該制御ステップは、さらに、該検出ステップにおいて該位置ずれ量が検出されている間の該光軸の方向における該ステージの位置の平均値を求め、且つ該平均値と該位置ずれ量とに基づいて、該光軸の方向において該ステージの位置を制御する、
ことを特徴とする露光方法。

【請求項 6】

前記検出ステップは、該検出領域が複数あり、複数の該検出領域のそれぞれに関して、該位置ずれ量を検出することを特徴とする請求項 5 に記載の露光方法。

【請求項 7】

該ステージは、該光軸に垂直な軸のまわりに回転可能に構成され、
前記制御ステップは、該ステージの該回転の角度を検出し、
前記制御ステップは、さらに、前記検出ステップにおいて該位置ずれ量が検出されている間の該ステージの該角度の平均値を求め、且つ該平均値と該位置ずれ量とに基づいて、該ステージの該回転の角度を制御する、
ことを特徴とする請求項 6 に記載の露光方法。

【請求項 8】

前記検出ステップは、CCD センサー、静電センサー、エアースセンサー、およびフォトダイオードのいずれかを用いて該位置ずれ量を検出する、ことを特徴とする請求項 5 乃至 7 のいずれかに 1 項に記載の露光方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、走査方向に移動中のウエハを露光する露光装置および方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

最近のメモリーチップの大きさは露光装置の解像線幅の向上やセルサイズとメモリ要領の拡大トレンドを反映して徐々に拡大の傾向を示している。例えば 256 MDRAM の第 1 世代のチップサイズは 14 × 25 mm 程度といわれている。このチップサイズを現在クリティカルレイヤー用の露光装置として用いられている縮小投影露光装置（ステッパー）の露光域の直径 31 mm にあてはめると 1 回当たり 1 チップの露光しかできず、効率が悪い。このため露光装置にはより大きな面積を露光可能とすることが求められている。

【0003】

従来の大画面の露光装置には高スループットが要求されるラフレイヤー用の半導体素子製造用の露光装置や、モニター等の大画面液晶表示素子製作用の露光装置がある。後者の大

10

20

30

40

50

画面液晶表示素子製造用の露光装置はいわゆるマスクーウエハーの相対走査によるスリット・スキャン型の露光装置である。これは反射投影光学系を用いた露光装置で、マスク上のパターンは同心の反射ミラー光学系でウエハー上に結像される。照明には円弧スリット状の照明光が用いられ、該スリットに対してマスクが直線スキャンされて、画面全体の一括露光が行なわれる。

【0004】

露光動作においては感光剤であるフォトレジスト等が塗布されたウエハーあるいはガラスプレート基板をマスク像に対して焦点合わせする必要がある。上記の露光装置では、露光対象となる面を投影光学系の最良結像面に逐次合わせこむため、高さ・傾きを検出する面位置計測とオートフォーカス・オートレベリングの補正駆動をスキャン露光時も連続的に
10
行なっている。高さ・傾きを検出する面位置検出手段としては光学的なセンサーを用いる方法、例えば斜入射光学系で光束を斜め上方より感光基板であるウエハー表面上に投影し、該基板からの反射光をセンサに導いて該センサ上の位置ずれから検出を行なう方法や、エアーマイクロセンサーや静電容量センサーなどのギャップセンサーを用いる方法などがある。これらのセンサーを用いてスキャン中の基板の複数個の高さを測定し、該測定値から測定領域が露光スリットを通過する時の高さ及び傾きの補正駆動量を算出し、補正を行っていた。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら回路パターンの微細化に対応して縮小投影系が高NA化されるに従い、回路
20
パターンの転写工程におけるフォーカスの許容深度はますます小さくなっている。現在、ラフ工程に使用されている露光装置では許容深度が $5\mu\text{m}$ 以上確保されているため、スキャン露光中に連続計測される計測値に含まれる計測誤差やチップ内の段差は無視できているが、256MDRAM対応を考慮した場合、許容深度は $1\mu\text{m}$ 以下になる。従って現在使用されているスリット・スキャン型の露光装置のコンセプトをそのまま256M用に転用し、投影光学系のみを改良するだけだと前述の計測誤差やチップ内の段差が無視できない量となる。

【0006】

スキャン時の計測誤差の発生を説明する例としては特開平6-260391号公報をあげることができる。ここでは露光領域に先立つ計測位置においてウエハー表面と像面の高さ
30
・傾きの差 z 、及びその時のステージの高さ・傾きを検出する。そして検出した領域が露光領域に達した時、該領域の高さを検出時のステージの高さに前記差 z を加えた値に設定する制御方法が特徴となっている。制御量を求める際にはフォーカスの計測値に対してはウエハー表面の凹凸の影響を緩和するため平均値処理が行なわれるが、ステージの位置に関しては蓄積時間の概念がないため、即値が用いられている。

【0007】

ここで例えば周辺で $2\mu\text{m}$ の補正量があり、それを50msecの時間で補正する場合を考える。50msecで $2\mu\text{m}$ を駆動する最中にも高さ・傾き測定は行なわれている。仮に蓄積時間を5msecとし、補正駆動のパターンを1次としたとき、蓄積時間中の z 軸
40
方向への移動量は $0.2\mu\text{m}$ となる。このように駆動している最中の計測には蓄積時間の誤差がのり、即値の制御に対し最大 $0.2\mu\text{m}$ 程度の補正誤差が発生してしまうという問題がある。

【0008】

従来のステッパーの露光シーケンスは、露光位置でのフォーカス（高さ・傾き）補正終了後露光が開始されるため、直列的に処理が移行していく。このため、露光はフォーカス計測及び駆動の終了後の静止状態で行なえばよかった。しかしながらスリット・スキャン方式の露光シーケンスはフォーカスの計測中も露光を行なう並列処理であるため、フォーカスの計測駆動と露光という2つの処理を同時に精度良く行なわねばならない。その時に注意が必要なのがフォーカスの計測位置と露光位置との位置的、時間的なずれと、フォーカス計測時におけるレベリングステージの高さ方向の位置である。
50

【 0 0 0 9 】

スリット・スキャン方式ではスキャンしながらフォーカスの計測と補正駆動及び露光を同時に行なうため、面位置検出手段によるフォーカス計測位置を露光位置よりスキャン方向に対し前方にもって来る必要がある。これはフォーカス計測を行なった位置が露光スリットの位置に到着する前に、フォーカスの補正駆動を終了させる必要があるからである。

【 0 0 1 0 】

ここで問題となるのはフォーカス計測に蓄積型のセンサーを用いると計測データが蓄積時間中の平均となってしまうことである。蓄積時間中も露光装置は露光のために常時レベリングステージを高さ方向に上下させており、フォーカス計測時のレベリングステージの高さ及び傾き位置を単純に計測して補正するだけでは、精度の良いウエハーの高さ及び傾き補正を実現することができなかった。

10

【 0 0 1 1 】

【課題を解決するための手段】

本発明は、前記従来の問題点に鑑みてなされたもので、走査方向に移動中のウエハーを、レチクルを介した光を像面に投影する投影手段の光軸の方向において、該像面に対し高精度に位置決めすることを目的としている。

【 0 0 1 2 】

このため本発明ではスキャン露光で面位置検出手段の計測位置においてフォーカス計測を行なう時、レベリングステージの高さ及び傾き検出と、相対走査により連続的にウエハーの面位置の検出を行い、該検出値の処理をウエハーの面位置を相対走査しながら連続的に表面状態の特徴量を検出する段階と、ウエハーの表面状態の特徴量の検出に同期して連続的にレベリングステージの高さ及び傾き量を検出する段階と、前記レベリングステージの高さ及び傾き量を統計計算する段階と、前記連続的に得られた特徴量と統計計算の結果を処理して、ウエハー表面を露光位置の像面に合わせる段階とを有することを特徴としている。

20

請求項 1 の発明の露光装置は、

走査方向に移動中のウエハーを露光する露光装置であって、

該ウエハーを保持し移動するステージと、

レチクルを介した光を像面に投影する投影手段と、

前記投影手段の光軸の方向において、該走査方向に移動中の前記ステージに保持された該ウエハーの表面の該像面からの位置ずれ量を該表面上の露光領域に対し該走査方向とは反対の方向に離れた該表面上の検出領域に関して検出する検出手段と、

30

該位置ずれ量に基づき、該光軸の方向において前記ステージの位置を制御する制御手段とを有し、

前記制御手段は、前記検出手段により該位置ずれ量が検出されている間の該光軸の方向における前記ステージの位置の平均値を求め、且つ該平均値と該位置ずれ量とに基づいて、該光軸の方向において前記ステージの位置を制御する、ことを特徴としている。

請求項 2 の発明は、前記検出手段は、該検出領域を複数有し、複数の該検出領域のそれぞれに関して、該位置ずれ量を検出することを特徴としている。

請求項 3 の発明は請求項 2 の発明において、前記ステージは、該光軸に垂直な軸のまわりに回転可能に構成され、

40

前記制御手段は、該回転の角度を検出し、

前記制御手段は、前記検出手段により該位置ずれ量が検出されている間に前記ステージの該角度の平均値を求め、且つ該平均値と該位置ずれ量とに基づいて、前記ステージの該回転の角度を制御する、ことを特徴としている。

請求項 4 の発明は請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項の発明において、前記検出手段は、C C D センサー、静電センサー、エアセンサー、およびフォトダイオードのいずれかを含む、ことを特徴としている。

請求項 5 の発明の露光方法は、
ウエハーを保持し移動するステージと、

50

レチクルを介した光を像面に投影する投影手段とを有する露光装置に適用される、走査方向に移動中のウエハを露光する露光方法であって、

該投影手段の光軸の方向において、該走査方向に移動中の該ステージに保持された該ウエハの表面の該像面からの位置ずれ量を該表面上の露光領域に対し該走査方向とは反対の方向に離れた該表面上の検出領域に関して検出する検出ステップと、

該位置ずれ量に基づき、該光軸の方向において該ステージの位置を制御する制御ステップとを有し、

該制御ステップは、さらに、該検出ステップにおいて該位置ずれ量が検出されている間の該光軸の方向における該ステージの位置の平均値を求め、且つ該平均値と該位置ずれ量とに基づいて、該光軸の方向において該ステージの位置を制御する、ことを特徴としている。

10

請求項 6 の発明は請求項 5 の発明において、前記検出ステップは、該検出領域が複数あり、複数の該検出領域のそれぞれに関して、該位置ずれ量を検出することを特徴としている。

請求項 7 の発明は請求項 6 の発明において、該ステージは、該光軸に垂直な軸のまわりに回転可能に構成され、

前記制御ステップは、該ステージの該回転の角度を検出し、

前記制御ステップは、さらに、前記検出ステップにおいて該位置ずれ量が検出されている間の該ステージの該角度の平均値を求め、且つ該平均値と該位置ずれ量とに基づいて、該ステージの該回転の角度を制御する、ことを特徴としている。

20

請求項 8 の発明は請求項 5 乃至 7 のいずれか 1 項の発明において、前記検出ステップは、CCD センサー、静電センサー、エアセンサー、およびフォトダイオードのいずれかを用いて該位置ずれ量を検出する、ことを特徴としている。

【 0 0 1 3 】

【 発明の実施の形態 】

図 1 は本発明の実施例 1 で、本発明の位置決め方法を用いたスリット・スキャン方式の投影露光装置の主要部の概略図である。同図において 1 は光軸が A X で示されている縮小投影レンズで、その像面は Z 方向と垂直な関係にある。2 はレチクルでレチクルステージ 3 上に保持されている。レチクル 2 上のパターンは縮小投影レンズ 1 の倍率に従って 1 / 4 ないし 1 / 2 に縮小投影される。4 は表面にレジストが塗布されたウエハーで、該ウエハー上には先の露光工程で多数個の被露光領域（ショット）の配列が形成されている。

30

【 0 0 1 4 】

5 はウエハーを載置するステージである。ウエハーステージはウエハー 4 をステージ 5 に吸着・固定するチャック、X 軸方向と Y 軸方向それぞれに水平移動可能な X Y ステージ、縮小投影レンズ 1 の光軸方向の Z 軸方向への移動や X 軸、Y 軸方向に水平な軸の回りに回転可能なレベリングステージ、Z 軸回りに回転可能な回転ステージ等の駆動機構により構成され、レチクルパターン像をウエハー上の被露光領域に合致させるための 6 軸補正系を構成している。

【 0 0 1 5 】

10 から 19 はウエハー 4 の表面位置及び傾きを検出するフォーカス検出系の各要素である。図中 10 は光源で、白色ランプや、相異なる複数のピーク波長を持つ高輝度発光ダイオードからの光を照射するように構成された光照射手段である照明ユニットよりなっている。11 は光源 10 からの光束を断面の強度分布がほぼ均一な平行光束として射出させるコリメータレンズ、12 はウエハー上に投射するスリット状の光を生成するプリズム形状のスリット部材である。図 1 では一対のプリズムを互いの斜面を相対するように貼り合わせて作成し、該貼り合わせ面に複数個の開口がクロム等の遮光膜へのパターンニングによって設けられる。ここでは説明のためクロム上に 6 個のピンホールが形成されているものとする。

40

【 0 0 1 6 】

13 は両テレセントリックのレンズ系で、スリット部材 12 の 6 つのピンホールを通過し

50

た互いに独立な6つの光束を、ミラー14を介してウエハー4面上の6つの測定点に導光している。図1では2光束のみが示されているが、各光束は紙面の垂直方向に3つ重なって合計6光束となっている。この時、レンズ系13とピンホールの形成されているプリズムの斜面とウエハー4の表面を含む平面は光学的にシャインプルーフ (Schaimproof) の条件を満足するよう設定される。

【0017】

本実施例では光照射手段からの各光束のウエハー面4への入射角 θ が70度以上になるように設定される。入射角 θ はウエハー面に立てた垂線 (Z軸) と入射光線のなす角度である。ウエハー4の表面には先の露光工程で形成された複数のパターン領域が整然と配列されている。

10

【0018】

レンズ系13を通過した6つの光束は図2に示す様にウエハー上のパターン配列とは独立に、装置に対して固定された測定点に入射・結像する。また6つの測定点を互いに独立して観察するため、光照射手段からの光束をXY平面内で射影して見たときの入射方向はXY軸に対し斜めになっており、例えば入射角をX軸に対して θ とすれば $\theta = 22.5^\circ$ といった角度に設定される。以上の光照射手段の配置については本出願人が特願平3-157822号公報で提案しており、これにより各光学要素の空間的配置が最適となって高精度な面位置情報を検出することが可能となっている。

【0019】

次に本実施例で用いたウエハー4からの反射光束の検出を行なう受光系である符番15から19の部材について説明する。反射ミラー15を介したウエハーからの6つの反射光は両テレセントリックな受光レンズ16に導かれる。受光レンズ16内のストッパー絞り17は6つの光束に対して共通に設けられ、ウエハー4上に存在する回路パターンによって発生し検出の際のノイズ成分となる高次の回折光をカットする。両テレセントリック系で構成された受光レンズ16を通過した光束はその軸がお互いに平行で、6つの光束それぞれに対して設けられた個別の補正光学系群18の補正レンズにより光電変換手段群19の検出面に互いに同一の大きさのスポット光となって再結像する。光電変換手段群19は各々の測定点に対応して6個の1次元CCDラインセンサーにより構成されている。符番16から18の部材より成る受光系側はウエハー面4上の各測定点と光電変換手段群19の検出面とが互いに共役となるように倒れ補正を行なっているので、各測定点の局所的な傾きは検出面のピンホール像の位置に変化を与えず、各測定点でのZ方向の高さの変化に対応して検出面上でピンホールの像の位置が変化する。

20

30

【0020】

光電変換手段群19を1次元ラインセンサーで構成することは従来の2次元センサーを用いた構成に比べ、次の3点で有利である。第1は光学系の配置上の利点で、18の補正光学系群の構成において6つの光電変換手段を分離して配置することが可能となったため、各光学部材やメカ的なホルダーの配置の自由度が大幅に広がった。第2は検出の分解能である。検出分解能を向上させるにはミラー15から補正光学系群18までの光学倍率を大きくする必要があるが、光学系の配置の自由度が増し光路を分割して個別のセンサーに入射させる構成とできるため、部材をコンパクトにまとめ倍率を大きく設定することが可能となった。第3の利点は計測時間の短縮である。スリット・スキャン方式では露光中にフォーカスを連続的に計測することが不可欠となり、計測時間の短縮が大きな課題となる。従来の2次元CCDセンサーでは必要以上のデータを読み出す必要があったため時間がかかったが、1次元CCDセンサーは2次元CCDセンサーに比べ読み出し時間を1/10以下にすることが可能である。

40

【0021】

以上が露光装置のフォーカス関係の部分の概略であるが、次いでスリット・スキャン方式の露光システムについて説明する。

【0022】

図1に示したようにレチクル2はレチクルステージ3に吸着・固定された後、投影レンズ

50

の光軸 A X (Z 軸方向) と垂直な面内で R X 方向 (X 軸方向) に一定速度でスキャンされる。この時スキャン方向と垂直な R Y 方向 (Y 軸方向) は常に目標座標位置にスキャンするように補正駆動される。レチクルステージの X 方向及び Y 方向の位置情報は、レチクルステージに固定された X Y パーミラー 20 に対してレチクルステージ干渉計 21 から複数のレーザービームを照射し常時計測される。光源にはエキシマレーザー等のパルス光を発生する光源が使用されており、露光用照明光学系 6 が不図示のビーム整形光学系、オプティカルインテグレーター、コリメータ及びミラー等の部材で構成されて、遠紫外領域のパルス光を効率的に導光する。ビーム整形光学系は入射ビームの断面形状を所望の寸法、形状に整形し、オプティカルインテグレーターは光束の配光特性を均一にしてレチクル 2 を均一照度で照明する。露光照明光学系 6 内には不図示のマスキングブレードがあってチップサイズに対応した矩型の照明領域を設定し、該照明領域で部分照明されたレチクル 2 上のパターンが投影レンズ 1 を介してレジストが塗布されたウエハー 4 上に投影され、スキャンを行なって全体が露光される。

10

【 0 0 2 3 】

メイン制御部 27 はレチクル 2 の照明された矩型領域の部分の像がウエハー 4 の所定領域に形成されるようスキャンに応じて全系をコントロールする役目をする。ウエハーに対しては X Y 面内の位置、即ち X Y 座標と Z 軸に平行な軸の回りの回転、Z 方向の位置、即ち Z 座標と X、Y 各軸に平行な軸の回りの回転、についての制御が行なわれる。

【 0 0 2 4 】

レチクルとウエハーの X Y 面内での位置合わせはレチクル干渉計 21 とパーミラー 23 を利用したウエハー干渉計 24 の位置データと不図示のアライメント顕微鏡から得られるウエハーの位置データから制御データを算出し、レチクル位置制御系 22 及びウエハー位置制御系 25 をコントロールすることにより実現される。レチクルステージ 3 を矢印 3 a 方向にスキャンする場合、ウエハーステージ 5 は矢印 5 a の方向に投影レンズの縮小倍率分だけ補正されたスピードでスキャンされる。レチクルステージ 3 のスキャンスピードは露光照明光学系 6 内の不図示のマスキングブレードのスキャン方向の幅と、ウエハー 4 の表面に塗布されたレジストの感度から決定され、スループットが有利となるように設定される。

20

【 0 0 2 5 】

一方、Z 軸方向と X、Y 各軸に平行な軸の回りの回転、についての位置合わせ、即ち像面への位置合わせはウエハー 4 の高さのデータを検出する面位置検出系 26 での検出結果をもとに、ウエハーステージ内のレベリングステージの制御を行なうウエハー位置制御系 25 で行なう。面位置検出系 26 はスキャン方向においてスリット近傍に配置されたウエハーの高さ測定用スポット光 3 点による高さデータからスキャン方向とスキャン方向に垂直な方向の傾き及び Z 軸方向の高さを検出し、該検出値から露光位置での最適像面位置への補正量が計算されて駆動が行なわれる。

30

【 0 0 2 6 】

図 4 は平均値法を用いた補正値の算出方法を説明したものである。同図で Z 1 は像面・ウエハー表面間の距離の算出値、Z 2 は測定時のウエハーの高さ保持位置から露光域での補正量が決定される様子を概念的に示したものである。図の計測開始時点では既に 1 つ前の計測ポイントのデータよりステージの高さ方向の補正が連続的に行なわれている。蓄積時間を t_0 とすると、蓄積を行なっている期間中ステージの高さは図の斜線部に示す様に高さ方向の計測と補正を独立に行なっている。本発明ではフォーカス検出系でフォーカス計測中のデータがウエハー表面の高さデータとステージの高さ補正の変化量を合わせて測定している点に着目し、補正制御量としてフォーカス検出系で得られた像面・ウエハー表面間の距離算出値 Z 1、及び計測中のステージ位置変化量を考慮した平均高さデータ Z 3 のデータより露光域での補正量を求めることを特徴としている。

40

【 0 0 2 7 】

フォーカス検出位置が露光域のすぐ近くにある場合は前記差分データで補正を行なえばよい。しかしながらスリット・スキャン露光のように検出位置と露光位置の間が離れている

50

場合はステージの走査方向における傾斜量や露光スリット到達位置までのステージの高さを換算し、該換算値と検出位置での計測データとの差分を考慮して補正を行なう必要があり、それが本発明の特徴となっている。

【0028】

レベリングステージの高さの換算は統計計算によって行われ、計測値の多重サンプルの平均値、蓄積時間 t_0 前後のステージ位置の平均値、あるいは制御データの平均値を用いるなどの方法を代表的にあげることができる。

【0029】

またここまでは高さ方向の補正について述べたが、傾斜方向の補正を行なう場合も同様で、計測蓄積期間中の傾斜方向の制御量がフォーカスの傾斜補正量の算出値のなかに加算されていることに着目して、差分値を管理すればよい。

10

【0030】

図3は本発明におけるフォーカス計測とステージ高さ計測の同期制御について説明したものである。ウエハー位置制御系25におけるフォーカス制御部は計測開始ポイントの管理や計測データに基づいて計測した箇所が露光域に到達した時に補正すべき補正量の算出を行なう。CCDクロックドライバ部は面位置検出センサーとして使用されるCCDセンサーのクロック生成部で、フォーカス制御部の計測開始命令に従って蓄積サイクルをリフレッシュする。また同様にウエハー位置制御系25に含まれるZ及びTILT(レベリング)制御部はウエハーを吸着し、像面に対するZ及びTILTの補正駆動を行なう。Zおよびレベリングステージはフォーカス制御部の駆動命令に従って駆動を行なうとともに、CCD蓄積開始タイミングに従って蓄積中の平均位置を求めたり、Zやレベリングステージの現在値を即時に読み出すことが可能である。

20

【0031】

ウエハー位置制御系25は以上の構成で、フォーカス制御部によりフォーカス検出位置でCCDクロックドライバに計測命令を発してフォーカスの検出波形を読み出すとともに、Z、TILT制御部からCCD蓄積時間に対応したZ及びレベリングステージ位置の平均高さを読み出す。

【0032】

上記フォーカス計測値 Z_1 と平均高さ計測値 Z_3 という2つのデータに基づきフォーカスの補正量 Z_2 を求めることにより、移動補正中のウエハー表面の高さを検出しているにもかかわらず、移動補正の変化量を除いた補正すべきウエハー表面と像面間の補正量が求められる。

30

【0033】

図5は本発明を用いた補正シーケンスの例である。Step1でウエハーを搬入し、チャックに吸着固定した後、step2でチップサイズ、露光条件、装置条件等から予備的に計測位置の検討を行なうプリスキャン1の計測点、即ちプリスキャン2や露光時にショット内で用いるフォーカス計測の候補点を算出する。計測の候補点はサンプリング定理や補正系の応答時間の関係から必要十分な計測ポイント数を算出する。Step2の時点では、露光時に用いる計測ポイント数より多く取ったほうが、後のstep7で行なう計測ポイントの決定を行なう上で有利である。露光する対象が最初のパターンニング工程、即ち1stプリントの場合以外は、ここでウエハー全体のアライメント計測を行ない、位置決めを完了する。

40

【0034】

Step3ではウエハー内でチャックの影響を受けにくい中心付近のショットをサンプルショットSとしてプリスキャン1の計測対象に選択し、ショット中心でフォーカスの位置補正を行なう。Step4ではstep2で定めた計測候補点の選択に従ってサンプルショットS内での第1計測ポイントにウエハーを移動し、該計測ポイントにおいてフォーカス計測値 Z_{ij} ($j=1, 6$)を測定しメモリーに記憶するstep5に移る。この測定を所定の第n計測ポイントまでstep6として繰り返す。この繰り返し動作がプリスキャン1である。

50

【0035】

このようにしてメモリーに格納された Z_{ij} の全計測値から演算処理を行なうのがstep 7である。Step 7では全計測値の挙動から近似曲線を求めた上で、各計測ポイントについて実際の計測値と求められた近似曲線との偏差を計算する計測の適合性の判定を行う。該偏差量が所定の値を越えた場合は、その計測ポイント P_{ij} が不適合であるとして、実際のスキャン露光時の計測ポイントから外す処置を行なう。所定量を越えるような異常値が発生するのはスクライプの様な特殊な所なので、実際の選択に当たっては補正サイクルがほぼ周期的になり、計測値の変化がなだらかな部分が採用されることになる。表面形状の凹凸が極端に悪い場合や、特殊な場合には計測点が選択できない場合がありうるが、各計測ポイントでの計測値全5点が全て有効となる必要はなく、スパンが充分取れば、最低2点あればTILTの量も算出可能である。

10

【0036】

このようにしてウエハーターンの性質が分かった段階で、step 7ではさらに補正駆動の応答スピードを考慮し、必要最小限且つ、計測ポイントに片寄りが生じないように露光時の計測ポイントの最終決定を行なう。

【0037】

Step 8は最終決定された計測ポイントを用いてレジスト表面の凹凸などに起因する計測系のオフセットである面位置補正データ C_{ij} を測定するプリスキャン2を実施する。この時 P_{ij} として除去された計測ポイントの計測は行なわれない。

【0038】

以上の処理により実際のウエハースキャン露光するための全てのパラメーター、即ち計測ポイントの選択と、各計測ポイントに対するオフセットが求まり、露光の準備が整う。

20

【0039】

Step 9からstep 16のシーケンスは実際のウエハースキャン露光の手順を示したものである。先ずstep 9で第1ショット($N=1$)、第1計測ポイント($i=1$)位置へウエハーステージの移動を開始し、step 10で第1ショットの第1計測ポイントの位置まで移動を行なう。Step 11では第1ショットの第1計測ポイントの Z_{1j} ($j=1\sim 5$)を計測し、step 12の Z_{1j} 測定時のレベリングステージ位置の測定では、フォーカス計測用のセンサーの蓄積中にハードウェアもしくはソフトウェアにより蓄積中のタイミングを知り、蓄積時間中のレベリングステージの平均位置を求めることで、露光のための正確なレベリングステージ位置を決定することができる。

30

【0040】

Step 13では P_{1j} 以外のデータから計測値 Z_{1j} と面位置補正データ C_{1j} より $Z_{1j}-C_{1j}$ を計算し、この値からZ軸方向の補正駆動値と最小自乗平面の計算からTILTの補正駆動値を算出する。これで第1ショットの第1計測ポイントでの駆動パラメーターが全て求められたため、step 14では第1ショットの第1計測ポイントを露光スリット位置へ移動し、最小自乗平面とレンズ像面のずれ及びTILT(レベリング)ステージの Z_{1j} 測定時の位置と、現在の露光位置との差分を補正してステージを光軸方向であるZ軸方向と傾き方向に補正駆動する。

40

【0041】

以上で第1ショットの第1計測ポイントの処理が終了する。この操作はstep 15で第1ショットの第2計測ポイントで今度は Z_{2j} と C_{2j} を用いた制御に移行するというループに入る。第1ショットの第 n 計測ポイントまでの処理が終了すると、step 16で第2ショットへ移動するというループ処理に入る。そして全被露光ショットの露光が完了すると、step 17でウエハーステージが回収される。

【0042】

実施例1では蓄積型のセンサーとして光学的な検出方式であるCCDセンサーの例を示したが、静電センサーやエアースセンサー、あるいはフォトダイオードなど別のセンサーを用いて計測値の平均値を求めフォーカス計測値としている場合にも、本発明は同様に適用可

50

能である。この場合にも平均値算出期間のZ及びレベリングステージ位置の平均高さを用いて補正量を算出すれば、補正駆動中にフォーカスを計測しても、補正駆動の影響を除去して真のZ及びレベリングの補正量を算出することができる。

【0043】

【発明の効果】

以上本発明によれば、走査方向に移動中のウエハを、レチクルを介した光を像面に投影する投影手段の光軸の方向において、該像面に対し高精度に位置決めすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の面位置検出法を用いるスリット・スキャン方式の投影露光装置の露光系の概略図、

10

【図2】 ウエハの面位置検出光学系による面位置検出での露光スリットと各測定点の位置関係を示す図、

【図3】 補正タイミングの同期を示す説明図、

【図4】 平均値算出方法を示す説明図、

【図5】 本発明を用いた露光方式のフローチャート、

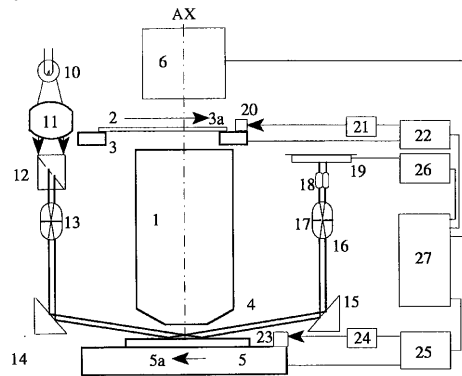
【符号の説明】

- 1 縮小投影レンズ、
- 2 レチクル、
- 3 レチクルステージ、
- 4 ウエハ、
- 5 ウエハステージ、
- 6 露光照明光学系、
- 10 光源、
- 11 コリメータレンズ、
- 12 プリズム形状のスリット部材、
- 13 レンズ系、
- 14、15 折曲げミラー、
- 16 受光レンズ、
- 17 ストッパー絞り、
- 18 補正光学系群、
- 19 光電変換手段群、
- 20 レチクルステージ用XYバーミラー、
- 21 レチクルステージ干渉計、
- 22 レチクル位置制御系、
- 23 ウエハステージ用バーミラー、
- 24 ウエハステージ干渉計、
- 25 ウエハ位置制御系、
- 26 面位置検出系、
- 27 メイン制御部、

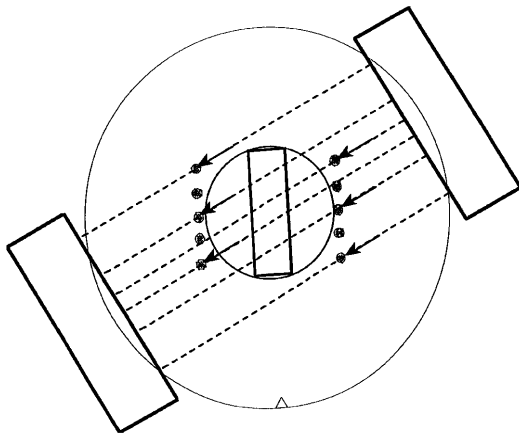
20

30

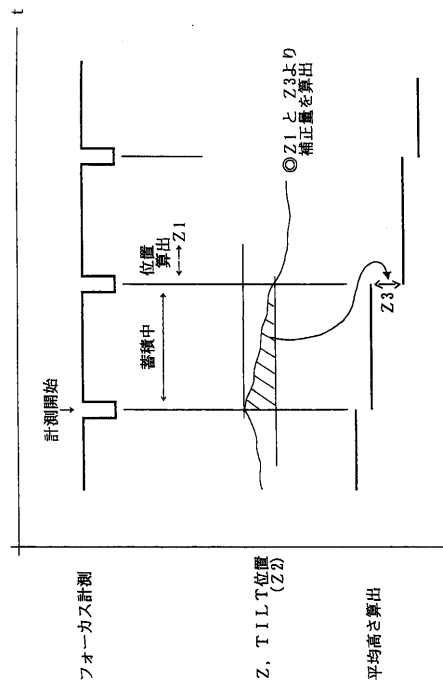
【図 1】



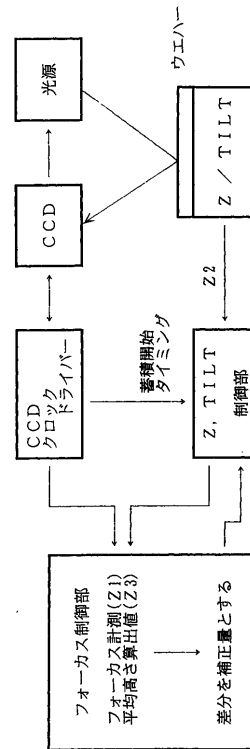
【図 2】



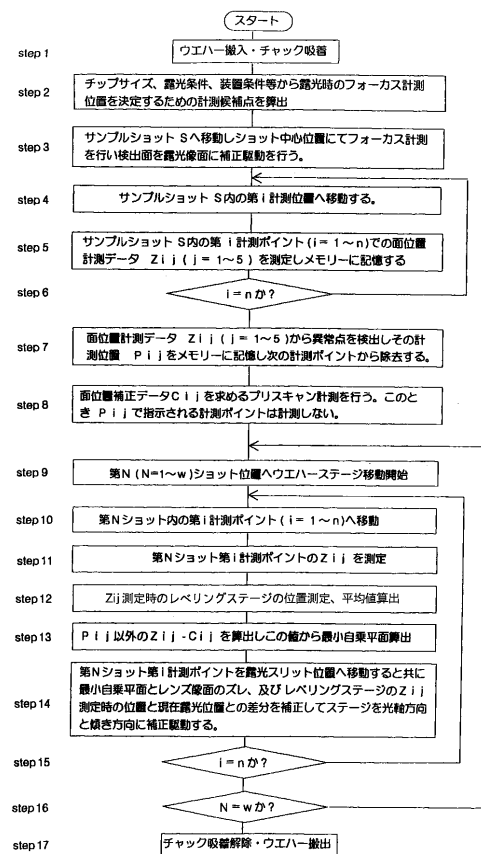
【図 4】



【図 3】



【図 5】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平09-045608(JP,A)
特開平07-086135(JP,A)
特開平06-196386(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/027
G03F 7/207
G03F 7/22