

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-310832

(P2005-310832A)

(43) 公開日 平成17年11月4日(2005.11.4)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 21/027	HO 1 L 21/30	5 F 0 3 1
GO 3 F 7/20	GO 3 F 7/20	5 F 0 4 6
HO 1 L 21/68	HO 1 L 21/68	K

審査請求 未請求 請求項の数 14 O L (全 33 頁)

(21) 出願番号	特願2004-121948 (P2004-121948)	(71) 出願人	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
(22) 出願日	平成16年4月16日 (2004. 4. 16)	(74) 代理人	100102901 弁理士 立石 篤司
		(72) 発明者	若本 信二 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
		(72) 発明者	祐川 彩子 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
		Fターム(参考)	5F031 CA02 CA07 HA53 JA06 JA17 JA28 JA32 JA38 KA06 KA07 KA08 MA27

最終頁に続く

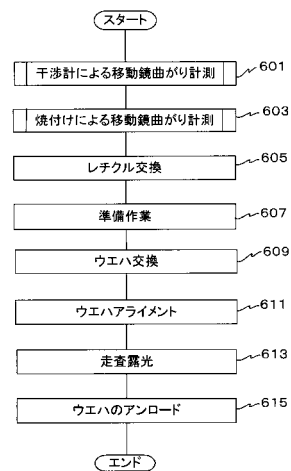
(54) 【発明の名称】 ステージ制御方法、露光方法及びステージ装置

(57) 【要約】

【課題】 短時間に、かつ高精度な露光を実現する。

【解決手段】 サブルーチン601において、ウエハステージをX軸方向に移動させつつ、ウエハステージのXY平面内のヨーイング量を計測する干渉計により、X軸方向に延びるY位置計測用の移動鏡のX軸及びZ軸方向の曲がりを検出する。そして、サブルーチン603において、検出された移動鏡の曲がりを考慮しつつウエハへの所定パターンの焼付けを行い、その結果から移動鏡がりの残留誤差を検出する。ステップ613の露光などでは、その残留誤差をウエハステージのピッチング量の計測結果の補正值とし、補正されたピッチング量で、アッペ誤差に起因するレチクルステージRSTの相対位置ずれを補正する。

【選択図】 図6



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

パターンが形成されたマスクを保持するマスクステージと、前記パターンが転写される物体を保持する物体ステージとを制御するステージ制御方法であって、

前記マスクステージと前記物体ステージとの少なくとも一方に設けられた該ステージの位置計測に用いる基準面の形状情報を検出し、前記形状情報に基づいて、前記マスクステージと前記物体ステージとの相対位置を補正する第 1 の補正情報を生成する第 1 工程と；

前記第 1 の補正情報に基づいて前記マスクステージと前記物体ステージとの相対位置を補正しつつ前記パターンの転写を行なう第 2 工程と；

前記第 2 工程によって転写された前記物体上のパターンの配列情報に基づいて、前記マスクステージと前記物体ステージとの相対位置を更に補正する第 2 の補正情報を生成する第 3 工程と；

前記第 1 及び第 2 の補正情報に基づいて前記マスクステージと前記物体ステージとの位置制御を行う第 4 工程と；を含むステージ制御方法。

10

【請求項 2】

前記基準面に沿った第 1 軸方向に所定間隔離れた複数の第 1 計測点により前記第 1 軸と直交する第 2 軸方向に関する前記基準面の位置を計測する第 1 計測装置を備えておき、

前記第 1 工程は、

前記ステージを前記第 1 軸方向に沿って所定間隔で移動させつつ、前記第 1 計測点間における前記基準面の位置の前記第 2 軸方向に関する差分を順次計測する第 1 副工程と；

20

前記計測結果に基づいて、前記基準面の前記形状情報を検出する第 2 副工程と；を含むことを特徴とする請求項 1 に記載のステージ制御方法。

【請求項 3】

前記第 1 軸と前記第 2 軸とに直交する第 3 軸に沿って所定間隔離れた複数の第 2 計測点により前記第 2 軸方向に関する前記基準面の位置を計測する第 2 計測装置をさらに備えておき、

前記第 1 工程は、前記複数の第 1 計測点を前記第 3 軸方向に前記所定間隔ずらした後、前記第 1 副工程を更に行う第 3 副工程を含み、

前記第 2 副工程では、前記第 1 副工程の計測結果と前記第 3 副工程の計測結果とに基づいて、前記基準面の前記形状情報を検出することを特徴とする請求項 2 に記載のステージ制御方法。

30

【請求項 4】

前記第 1 及び第 2 の補正情報の少なくとも一方を、曲線補間法を用いて、前記第 1 軸方向に関する連続的な補正関数として検出す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ステージ制御方法。

【請求項 5】

前記第 4 工程では、前記物体ステージに対する前記マスクステージの位置を補正して位置合わせを行なうことを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載のステージ制御方法。

【請求項 6】

パターンが形成されたマスクを保持するマスクステージと、前記パターンが転写される物体を保持する物体ステージとを制御するステージ制御方法であって、

2 次元平面内の互いに直交する 2 つの軸に関し所定間隔でマトリクス状に配置された複数の位置に前記物体ステージを移動させつつ、前記物体ステージ上に保持された物体に所定パターンを含む区画領域を順次転写形成する第 1 工程と；

互いに隣接する区画領域での前記 2 つの軸に関する前記所定パターンの位置ずれ量に基づいて、前記 2 次元平面内における前記区画領域の配列基準からのずれに関する情報を検出する第 2 工程と；

前記検出結果に基づいて、前記マスクステージと前記物体ステージとの位置制御を行なう第 3 工程と；を含むステージ制御方法。

40

50

【請求項 7】

前記第 2 工程では、

前記各軸方向に並ぶ区画領域での前記所定パターンの位置ずれ量を用いた関数フィッティングにより、前記 2 つの軸方向に関する位置ずれ量を表す連続値関数を、前記配列基準からのずれに関する情報として作成することを特徴とする請求項 6 に記載のステージ制御方法。

【請求項 8】

前記第 2 工程では、

前記連続値関数を作成する際の、前記 2 つの軸のうち一方の軸方向に隣接する区画領域間における前記所定パターンの位置ずれ量の重みを、他方の軸方向に隣接する区画領域間における前記所定パターンの位置ずれ量の重みよりも大きくすることを特徴とする請求項 7 に記載のステージ制御方法。

10

【請求項 9】

マスクに形成されたパターンを感光物体に転写する露光方法であって、

請求項 1 ~ 8 のいずれか一項に記載のステージ制御方法を用いて、感光物体を保持する物体ステージ及びマスクを保持するマスクステージを制御しつつ、前記物体ステージに保持された感光物体に対し前記パターンを転写する工程を含む露光方法。

【請求項 10】

パターンが形成されたマスクを保持して移動可能なマスクステージと；

前記パターンが転写される物体を保持して 2 次元平面内の第 1 軸方向及び該第 1 軸に直交する第 2 軸方向に沿って移動可能であり、前記第 2 軸に直交する基準面を有する物体ステージと；

20

前記基準面を用いて前記第 2 軸方向に関する前記物体ステージの位置情報を計測する計測装置と；

前記第 1 軸方向に沿って前記物体ステージを移動させつつ前記計測装置によって計測した前記位置情報から前記移動鏡の基準面の形状情報を検出し、該形状情報に基づいて、前記マスクステージと前記物体ステージとの相対位置の補正に用いる第 1 の補正情報を生成する第 1 生成装置と；

前記第 1 の補正情報に基づいて前記マスクステージと前記物体ステージとの相対位置を補正しつつ転写された前記物体上のパターンの配列情報に基づいて、前記マスクステージと前記物体ステージとの相対位置を更に補正する第 2 の補正情報を生成する第 2 生成装置と；

30

前記第 1 生成装置により生成された第 1 の補正情報と前記第 2 生成装置により生成された前記第 2 の補正情報とに基づいて、前記物体ステージと前記マスクステージとの位置制御を行なう制御装置と；を備えるステージ装置。

【請求項 11】

前記計測装置は、

前記第 1 軸方向に所定間隔離れた複数の第 1 計測点での前記基準面上の前記第 2 軸に関する位置情報をそれぞれ計測する第 1 装置と；

前記 2 次元平面に直交する第 3 軸に沿って所定間隔で離れた複数の第 2 計測点において、前記第 2 軸方向に関する前記基準面の位置情報をそれぞれ計測する第 2 装置と；を備えることを特徴とする請求項 10 に記載のステージ装置。

40

【請求項 12】

前記制御装置は、

前記第 1 の補正情報と前記第 2 の補正情報とに基づいて、前記物体ステージに対する前記マスクステージの相対位置を調整することを特徴とする請求項 11 に記載のステージ装置。

【請求項 13】

前記第 1 装置は、前記基準面に対し前記第 2 軸方向に平行な測長軸を有する測長ビームを照射するダブルパス方式の干渉計であり、

50

前記第2装置は、前記基準面に対し前記第2軸方向に平行な測長軸を有する測長ビームを照射するシングルパス方式の干渉計であることを特徴とする請求項11又は12に記載のステージ装置。

【請求項14】

露光に用いられる物体を保持して2次元平面内を移動可能なステージ装置であって、前記2次元平面内の互いに直交する2つの軸に関し所定間隔でマトリクス状に配置された複数の位置にステージを移動させつつ、前記ステージ上に保持された物体に所定パターンを含む区画領域を順次転写形成する転写装置と；

互いに隣接する区画領域間における前記2つの軸に関する前記所定パターンの位置ずれ量から算出された、前記2次元平面内における前記区画領域の配列基準からのずれに関する情報に基づいて、前記ステージ上の物体と転写対象のパターンとの位置合わせ制御を行なう制御装置と；を備えるステージ装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ステージ制御方法、露光方法及びステージ装置に係り、さらに詳しくは、パターンが形成されたマスクを保持するマスクステージと、前記パターンが転写される物体を保持する物体ステージとを制御するステージ制御方法及びステージ装置、該ステージ制御方法を用いた露光方法に関する。

20

【背景技術】

【0002】

従来より、半導体素子（集積回路）、液晶表示素子等の電子デバイスを製造するリソグラフィ工程では、マスクステージ（レチクルステージ）に保持されたマスク又はレチクル（以下、「レチクル」と総称する）のパターンの像を、投影光学系を介して、物体ステージ上に保持されレジスト（感光剤）が塗布されたウエハ又はガラスプレート等の感光性の基板（以下、「基板」又は「ウエハ」と呼ぶ）上の各ショット領域に転写する投影露光装置が使用されている。この種の投影露光装置としては、従来、ステップ・アンド・リピート方式の縮小投影露光装置（いわゆるステッパ）が多用されていたが、最近ではレチクルとウエハとを同期走査しつつ露光を行うステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置（いわゆるスキャニング・ステッパ）も注目されている。

30

【0003】

これらの露光装置においては、露光精度の観点からレチクル又はウエハを保持する両ステージの制御精度を向上させるべく、各ステージの位置情報を計測する干渉計の測長ビームを反射するためステージ上に延設された移動鏡（平面鏡）の微小な歪み（いわゆる移動鏡曲がり）を干渉計自体の計測結果や実際の露光結果などから検出し、検出された移動鏡曲がりを考慮しつつそのステージの制御を行っている。

【0004】

例えば、ステージを移動鏡の延設方向に沿って移動させながらステージに保持された基板上に所定パターンを順次転写していき、基板上に形成された所定パターン像の位置ずれ量から移動鏡曲がりを検出する方法が提案されている（例えば、特許文献1等参照）。また、移動鏡の延設方向に沿って所定間隔でステージを移動させつつ、その延設方向に沿って所定間隔を隔てて互いに平行に照射される測長ビームにより計測されるステージの位置情報の差分を、その移動鏡の局所的な傾斜として順次計測していき、その差分の積算値に基づいて移動鏡曲がりを検出していく方法も提案されている（例えば、特許文献2等参照）。

40

【0005】

このように、露光精度の向上に伴いステージ制御の更なる高精度化が要求されており、移動鏡曲がりまでもが懸案事項とされるまでに至っている。しかしながら、特許文献1に開示された、露光結果から移動鏡の曲がりを検出する方法は、実際の露光結果を用いてい

50

るので検出精度が非常に良好ではあるが、パターンを実際にウエハ上に転写し、そのウエハを現像する必要があり、時間的な観点からすれば有利な方法ではなく、複数回の計測には不向きである。また、この方法では、実際にウエハ上へのパターンの転写が可能な範囲に対応する移動鏡曲がりしか検出することができず、移動鏡の反射面全域の曲がりを実際に計測できるわけではないという不都合もあった。

【0006】

また、干渉計の計測値の差分の積算値から移動鏡曲がりを検出する方法では、検出可能な移動鏡曲がりの空間周波数成分が、測長ビームの間隔によって限定されてしまうという不都合があった。

【0007】

さらに最近では、投影光学系の光軸に直交する平面内におけるウエハを保持するウエハステージの位置のみならず、その平面に対するウエハステージの傾斜も干渉計により計測されるようになってきている。この場合、この干渉計によって計測されるウエハステージの傾斜により生ずるいわゆるアッペ誤差を補正するため、そのアッペ誤差分だけ例えばレチクルを保持するレチクルステージの位置をウエハステージの位置に対し相対的にずらすなどしてレチクルステージとウエハステージとの相対位置を制御している。

【0008】

この方法、すなわちウエハステージの傾斜を計測し、その計測結果に基づきアッペ誤差分の補正を行う方法では、その平面に直交する方向に関する移動鏡曲がりも懸案事項となっており、その曲がりを補正する方法も提案されている（例えば、特許文献3等参照）。このように、移動鏡に対する測長ビームの照射ポイントは増加の一途を辿っており、移動鏡曲がりも多面的に検出する必要が生じている。

【0009】

しかしながら、特許文献3に開示された方法では、特許文献2に開示された方法と同様な制約により、検出可能な移動鏡曲がりの空間周波数成分に限界がある。また、ウエハステージの傾斜を計測する干渉計が、移動鏡に対する測長ビームの照射回数が1回であるシングルパス方式の干渉計である場合には、移動鏡曲がりの影響が大きくなる傾向があるので、検出可能な移動鏡曲がりの検出精度の向上が期待されているが、特許文献3に開示された方法では、ウエハステージの傾斜を計測する干渉計の計測値を、他の干渉計の計測値から得られた移動鏡の傾斜量で補正しているので、計測機器の違いにより計測誤差が生じる場合もあった。

【特許文献1】特開平8-227839号公報

【特許文献2】特開平9-275072号公報

【特許文献3】国際公開W000/22376号パンフレット

【発明の開示】

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記事情の下になされた本発明は、第1の観点からすると、パターンが形成されたマスク(R)を保持するマスクステージ(RST)と、前記パターンが転写される物体(W)を保持する物体ステージ(WST)とを制御するステージ制御方法であって、前記マスクステージと前記物体ステージとの少なくとも一方に設けられた該ステージの位置計測に用いる基準面の形状情報を検出し、前記形状情報に基づいて、前記マスクステージと前記物体ステージとの相対位置を補正する第1の補正情報を生成する第1工程と；前記第1の補正情報に基づいて前記マスクステージと前記物体ステージとの相対位置を補正しつつ前記パターンの転写を行なう第2工程と；前記第2工程によって転写された前記物体上のパターンの配列情報に基づいて、前記マスクステージと前記物体ステージとの相対位置を更に補正する第2の補正情報を生成する第3工程と；前記第1及び第2の補正情報に基づいて前記マスクステージと前記物体ステージとの位置制御を行う第4工程と；を含むステージ制御方法である。

【0011】

10

20

30

40

50

これによれば、第1工程において、マスクステージ及び物体ステージのうちのいずれか一方のステージの位置計測に用いる基準面の形状情報から両ステージの相対位置を補正する第1の補正情報を生成した後で、第3工程において、その第1の補正情報に基づいて両ステージの相対位置を制御しつつ転写された物体上のパターンの配列情報に基づいて第2の補正情報を生成し、第4工程において、第1及び第2の補正情報、すなわち基準面の形状情報及び転写された物体上のパターンの配列情報の両方に基づく両ステージの相対位置制御を実現することができる。

【0012】

本発明は、第2の観点からすると、パターンが形成されたマスク(R)を保持するマスクステージ(RST)と、前記パターンが転写される物体(W)を保持する物体ステージ(WST)とを制御するステージ制御方法であって、2次元平面内の互いに直交する2つの軸に関し所定間隔でマトリクス状に配置された複数の位置に前記物体ステージを移動させつつ、前記物体ステージ上に保持された物体に所定パターンを含む区画領域 $S(m, n)$ を順次転写形成する第1工程と；互いに隣接する区画領域での前記2つの軸に関する前記所定パターンの位置ずれ量に基づいて、前記2次元平面内における前記区画領域の配列基準からのずれに関する情報を検出する第2工程と；前記検出結果に基づいて、前記マスクステージと前記物体ステージとの位置制御を行なう第3工程と；を含むステージ制御方法である。

10

【0013】

これによれば、第1工程では、パターンを含む区画領域を物体上にマトリクス状に転写形成し、第2工程では、隣接する区画領域でのパターンの転写位置の位置ずれ量に基づいて2次元平面内における区画領域の配列基準からのずれに関する情報を検出する。このようにすれば、実際の転写結果から、区画領域の配列基準からのずれに関する情報を検出することができる。

20

【0014】

本発明は、第3の観点からすると、マスク(R)に形成されたパターンを感光物体(W)に転写する露光方法であって、本発明のステージ制御方法を用いて、感光物体を保持する物体ステージ(WST)及びマスクを保持するマスクステージ(RST)を制御しつつ、前記物体ステージに保持された感光物体に対し前記パターンを転写する工程を含む露光方法である。かかる場合には、本発明のステージ制御方法を用いて感光物体を保持する物体ステージ及びマスクを保持するマスクステージを制御しつつ、感光物体に対するマスク上に形成されたパターンの転写を行うことができるので、高精度な露光を実現することができる。

30

【0015】

本発明は、第4の観点からすると、パターンが形成されたマスク(R)を保持して移動可能なマスクステージ(RST)と；前記パターンが転写される物体(W)を保持して2次元平面内の第1軸方向及び該第1軸に直交する第2軸方向に沿って移動可能であり、前記第2軸に直交する基準面を有する物体ステージ(WST)と；前記基準面を用いて前記第2軸方向に関する前記物体ステージの位置情報を計測する計測装置(18Y)と；前記第1軸方向に沿って前記物体ステージを移動させつつ前記計測装置によって計測した前記位置情報から前記移動鏡の形状情報を検出し、該形状情報に基づいて、前記マスクステージと前記物体ステージとの相対位置の補正に用いる第1の補正情報を生成する第1生成装置(20)と；前記第1の補正情報に基づいて前記マスクステージと前記物体ステージとの相対位置を補正しつつ転写された前記物体上のパターンの配列情報に基づいて、前記マスクステージと前記物体ステージとの相対位置を更に補正する第2の補正情報を生成する第2生成装置(20)と；前記第1生成装置により生成された第1の補正情報と前記第2生成装置により生成された前記第2の補正情報とに基づいて、前記物体ステージと前記マスクステージとの位置制御を行なう制御装置(19)と；を備えるステージ装置である。

40

【0016】

これによれば、第1生成装置により、ステージの位置計測に用いる基準面の形状情報が

50

ら両ステージの相対位置を補正する第1の補正情報を生成した後で、第2生成装置により、その第1の補正情報に基づいて両ステージの相対位置を制御しつつ転写された物体上のパターンの配列情報に基づいて、両ステージの相対位置を更に補正する第2の補正情報を生成し、制御装置により、第1及び第2の補正情報、すなわち基準面の位置情報及び転写された物体上のパターンの配列情報の両方に基づいて、両ステージの相対位置制御を行うことができる。

【0017】

本発明は、第5の観点からすると、露光に用いられる物体(W等)を保持して2次元平面内を移動可能なステージ装置であって、前記2次元平面内の互いに直交する2つの軸に関し所定間隔でマトリクス状に配置された複数の位置にステージ(WST)を移動させつつ、前記ステージ上に保持された物体に所定パターンを含む区画領域を順次転写形成する転写装置(20)と；互いに隣接する区画領域間における前記2つの軸に関する前記所定パターンの位置ずれ量から算出された、前記2次元平面内における前記区画領域の配列基準からのずれに関する情報に基づいて、前記ステージ上の物体と転写対象のパターンとの位置合わせ制御を行なう制御装置(19)と；を備えるステージ装置である。

10

【0018】

これによれば、転写装置により、所定パターンを含む区画領域を物体上にマトリクス状に転写形成し、制御装置により、互いに隣接する区画領域での所定パターンの実際の転写位置の位置ずれ量に基づいて2次元平面内における区画領域の配列基準からのずれに関する情報を検出し、その情報に基づいて、すなわち実際の転写結果に基づいてステージとパターンとの位置合わせ制御を行うことができる。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0019】

以下、本発明の一実施形態を、図1～図12を参照しつつ説明する。

【0020】

図1には、本発明のステージ制御方法が適用される一実施形態に係る露光装置100の概略構成が示されている。この露光装置100は、いわゆるステップ・アンド・スキャン方式の走査型露光装置である。なお、本実施形態では、後述する投影光学系PLの光軸AXに平行な軸をZ軸としている。また、X軸が本発明の第1軸に対応し、Y軸が第2軸に対応し、Z軸が第3軸に対応している。

30

【0021】

この露光装置100は、照明系10、マスクとしてのレチクルRが載置されるレチクルステージRST、投影光学系PL、物体(感光物体)としてのウエハWが搭載されるウエハステージWST、アライメント検出系AS及び装置全体を統括制御する主制御装置20等を備えている。

【0022】

前記照明系10は、例えば特開平6-349701号公報等が開示されるように、光源、オプティカル・インテグレータを含む照度均一化光学系、リレーレンズ、可変NDフィルタ、可変視野絞り(レチクルブラインド又はマスキング・ブレードとも呼ばれる)及びダイクロミックミラー等(いずれも不図示)を含んで構成されている。オプティカル・インテグレータとしては、フライアイレンズ、ロッドインテグレータ(内面反射型インテグレータ)、あるいは回折光学素子などが用いられる。

40

【0023】

この照明系10では、回路パターン等が描かれたレチクルR上で、レチクルブラインドで規定されたスリット状の照明領域(X軸方向に細長い長方形の照明領域)を照明光(露光光)ILによりほぼ均一な照度で照明する。ここで、照明光ILとしては、KrFエキシマレーザ光(波長248nm)、ArFエキシマレーザ光(波長193nm)などの遠紫外光や、F₂レーザ光(波長157nm)などの真空紫外光などが用いられる。照明光ILとして、超高圧水銀ランプからの紫外域の輝線(g線、i線等)を用いることも可能である。

50

【0024】

前記レチクルステージRST上にはレチクルRが、例えば真空吸着により固定されている。レチクルステージRSTは、リニアモータ、ボイスコイルモータ等を駆動源とする不図示のレチクルステージ駆動部によって、照明系10の光軸（後述する投影光学系PLの光軸AXに一致）に垂直なXY平面内で微小駆動可能であるとともに、所定方向（ここでは図1における紙面内左右方向であるY軸方向とする）に、設定された走査速度で駆動可能となっている。

【0025】

レチクルステージRSTでは、例えば-X側側面及び+Y側側面に、移動鏡等から成る反射面が形成されており、レチクルステージRSTのステージ移動面内の位置は、その反射面にレーザ光を照射するレチクルレーザ干渉計（以下、「レチクル干渉計」という）16によって、例えば0.5~1nm程度の分解能で常時計測されている。ここで、実際には、レチクルX干渉計とレチクルY干渉計とが設けられているが、図1ではこれらが代表的にレチクル干渉計16として示されている。そして、レチクルY干渉計とレチクルX干渉計の少なくとも一方、例えばレチクルY干渉計は、測長軸を2軸有する2軸干渉計であり、このレチクルY干渉計の計測値に基づきレチクルステージRSTのY位置に加え、z方向（Z軸回りの回転方向）の回転量（ヨーイング量）も計測できるようになっている。ここでは、レチクルY干渉計を2軸干渉計とする。レチクル干渉計16からのレチクルステージRSTの位置情報（ヨーイング量などの回転情報を含む）は、ステージ制御装置19及びこれを介して主制御装置20に供給される。ステージ制御装置19は、主制御装置20からの指示に応じて、レチクルステージRSTの位置情報に基づいて不図示のレチクルステージ駆動部を介してレチクルステージRSTを駆動制御し、レチクルステージRST上に保持されたレチクルRの位置を制御する。

10

20

【0026】

前記投影光学系PLは、レチクルステージRSTの図1における下方に配置され、その光軸AXの方向がZ軸方向とされている。投影光学系PLとしては、両側テレセントリックで所定の縮小倍率（例えば1/5又は1/4）を有する屈折光学系が使用されている。このため、照明系10からの照明光ILによってレチクルRの照明領域が照明されると、レチクルR上の回路パターンのうち、照明領域に対応する部分のパターンの縮小像（部分倒立像）が投影光学系PLを介してウエハW上の前記照明領域に共役な投影光学系PLの視野内の投影領域（以下、「露光領域」ともいう）に投影され、ウエハWの表面のレジスト層に転写される。

30

【0027】

前記ウエハステージWSTは、投影光学系PLの図1における下方で、不図示のベース上に配置されており、リニアモータ及びエンコーダが付設されたアクチュエータ等から成るウエハステージ駆動部24により、X、Y、Z、z（Z軸回りの回転方向）、x（X軸回りの回転方向）及びy（Y軸回りの回転方向）の6自由度方向に駆動可能な単一のステージである。このウエハステージWST上には不図示のウエハホルダが載置されており、このウエハホルダ上にウエハWが例えば真空吸着等によって固定されている。

【0028】

ウエハステージWSTでは、-X側側面及び+Y側側面に、移動鏡から成る反射面（基準面）が形成されており、ウエハステージWSTの位置は、その反射面にレーザ光を照射するウエハレーザ干渉計システム（以下、「ウエハ干渉計システム」という）18により、例えば、0.5~1nm程度の分解能で常時計測されている。なお、実際には、図2（A）に示されるように、ウエハステージWSTにおいては、移動鏡27Yが+Y側側面に沿ってX軸方向に延設されており、移動鏡27Xが-X側側面に沿ってY軸方向に延設されている。ウエハ干渉計システム18は、Y軸に平行な測長軸を有し移動鏡27Yに測長ビームを照射するウエハY干渉計システム18Yと、X軸に平行な測長軸を有し移動鏡27Xに測長ビームを照射するウエハX干渉計システム18Xとを含んで構成されている。

40

【0029】

50

前記ウエハY干渉計システム18Yは、X軸方向に沿って所定間隔で配置されたレーザ干渉計18YL, 18YR, 18YPを含んで構成されている。このうち、レーザ干渉計18YL, 18YRは、移動鏡27Yに一度照射され反射した測長ビームを、移動鏡27Yに再度照射するダブルパス方式の干渉計であり、レーザ干渉計18YPは、2本の測長ビームを有し、各測長ビームを、互いのX位置が同一でZ位置が異なる2つの計測点に対し1回だけ照射するシングルパス方式の干渉計である。

【0030】

図2(B)に示されるように、レーザ干渉計18YLの測長ビームLYLの移動鏡27Yの反射面上の照射位置YL(以下、「計測点YL」とする)と、レーザ干渉計18YRの測長ビームLYRの移動鏡27Yの反射面上の照射位置YR(以下、「計測点YR」とする)とのZ位置はともにZAで同一となっており、それらの間隔は所定間隔LY1となるように設定されている。また、計測点YL, YRは、投影光学系PLの光軸AXに対し線対称となるように配置されている。また、レーザ干渉計18YPの2本の測長ビームのうち+Z側(上段)の測長ビームLYAの移動鏡27Yの反射面上の照射位置YA(以下、計測点YAとする)のZ位置はZAで、レーザ干渉計18YL, 18YRの計測点YL, YRのZ位置と同一となっている。また、このZ位置ZAと-Z側(下段)の測長ビームLYBの照射位置YB(以下、計測点YBとする)とのZ軸方向に関する間隔はDで規定されており、計測点YBのZ位置をZBとしている。また、Z位置ZAとウエハWの表面との高さの差をLとする。

10

【0031】

また、図2(A)等では図示していないが、レーザ干渉計18YL, 18YRは、投影光学系PLの+Y側側面に固定された不図示の参照鏡に対してもY軸に平行な測長ビームをそれぞれ照射し、その反射ビームを受光している。レーザ干渉計18YL, 18YRは、これらの反射ビームと受光した測長ビームLYL, LYRとを合成し、その合成光の受光結果から計測点YL, YRにおける移動鏡27Yの反射面のY位置を検出している。検出された計測点YL, YRにおける移動鏡27Yの反射面のY位置は、ステージ制御装置19に出力されている。また、レーザ干渉計18YPは、計測点YA, YBにおける移動鏡27Yの反射面のY位置を検出し、計測点YA, YB間のY位置の差分をステージ制御装置19に対し出力している。

20

【0032】

ウエハX干渉計システム18Xは、ウエハY干渉計システム18Yと同様な構成を有している。すなわち、ウエハX干渉計システム18Xは、ダブルパス方式のレーザ干渉計18XL, 18XRと、シングルパス方式のレーザ干渉計18XPとから構成されている。レーザ干渉計18XL, 18XRは、互いのZ位置が同一でY位置が所定間隔(LX1とする)だけ異なる移動鏡27X上の2つの計測点(計測点XL, XRとする。光軸AXに対し線対称に配置されている)に対し測長ビームLXL, LXRをそれぞれ照射し、計測点XL, XRでの移動鏡27Xの反射面のX位置を計測し、ステージ制御装置19に送っている。また、レーザ干渉計18XPは、互いのY位置が同一でZ位置が所定間隔(Dと同じでもよい)異なる2つの計測点(計測点XA, XBとする。)に対し、それぞれ測長ビームLXA, LXBを照射し、計測点XA, XBでの移動鏡27XのX位置を計測し、そのX位置の差分をステージ制御装置19に送っている。計測点XAのZ位置は、計測点XL, XRのZ位置と同じで、計測点XAと計測点XRとの間隔をLX2としている。

30

40

【0033】

なお、図示されてはしないが、レーザ干渉計18YL, 18YR, 18XL, 18XRの移動鏡27Y, 27Xへの照射光束の光路を変更するためのプリズム等から成る不図示の光路変更板が設けられている。この光路変更板は、主制御装置20の指示の下、不図示の駆動装置により、レーザ干渉計18YL, 18YR, 18XL, 18XRの各測長ビームの光路上に挿入/退避可能に構成されている。光路変更板が、これら測長ビームの光路上に挿入されると、各測長ビームは-Z方向及び-Y方向(又は+X方向)に折り曲げられ、例えば図2(C)に示されるように、移動鏡27Yの反射面上の計測点YL, YR等

50

の Z 位置が、計測点 Y B の Z 位置と同じ Z_B となる。これら光路変更板及びウエハ干渉計システム 18 の詳細な構成は、例えば、国際公開 W O 0 0 / 2 2 3 7 6 号パンフレットに開示されているので、詳細な説明を省略する。

【 0 0 3 4 】

ステージ制御装置 19 では、ウエハ干渉計システム 18 から送られてきた検出結果に基づいてウエハステージ W S T の位置情報を取得する。例えば、レーザ干渉計 18 Y L , 18 Y R の計測値（例えばそれらの平均値）に基づいてウエハステージ W S T の Y 位置を取得し、レーザ干渉計 18 Y P の計測値（計測点 Y A , Y B での反射面の位置の差分）に基づいてウエハステージ W S T のピッチング量（X 軸回りの回転） x を取得する。また、レーザ干渉計 18 X L , 18 X R の計測値に基づいてウエハステージ W S T の X 位置（例えば平均値）を算出し、レーザ干渉計 18 X P の計測値に基づいてウエハステージ W S T のローリング量（Y 軸回りの回転） y を取得する。さらに、レーザ干渉計 18 Y L , 18 Y R の計測値の差分及びレーザ干渉計 18 X L , 18 X R の計測値の差分に基づいて、ヨーイング量（ z ）を取得する。すなわちステージ制御装置 19 は、ウエハ干渉計システム 18 の計測値により、ウエハステージ W S T の 5 自由度方向の位置情報を少なくとも取得可能となっている。

10

【 0 0 3 5 】

図 3 には、ステージ制御装置 19 の制御ブロックの概略的な構成が示されている。ステージ制御装置 19 は、同期制御ユニット 80 と、ウエハステージコントローラ W S C と、レチクルステージコントローラ R S C とを含んで構成されている。図 3 において、ウエハステージ系 W p は、ウエハステージ駆動部 24、ウエハステージ W S T、ウエハ干渉計システム 18 とを一体の制御対象モデルとして表現した制御ブロックであり、レチクルステージ系 R p は、不図示のレチクルステージ駆動部、レチクルステージ R S T、レチクル干渉計 16 とを一体の制御モデルとして表現した制御ブロックである。

20

【 0 0 3 6 】

前記同期制御ユニット 80 は、主制御装置 20 からの指示の下、ウエハステージコントローラ W S C に対し、ウエハステージ W S T の移動指令 P_w を出力する。ウエハ干渉計システム 18 から送られた計測値は、ウエハステージコントローラ W S C に入力される。前記ウエハステージコントローラ W S C は、この移動指令 P_w と、ウエハ干渉計システム 18 から送られた計測値に基づいて、例えばフィードバック制御を行い、ウエハステージ系 W p（具体的には、ウエハステージ駆動部 24）に対する駆動指令を出力している。

30

【 0 0 3 7 】

同期制御ユニット 80 には、ウエハ干渉計システム 18 の計測値も入力されている。同期制御ユニット 80 は、ウエハステージ W S T とレチクルステージ R S T との同期制御を行う場合、ウエハ干渉計システム 18 の計測値に基づいて、レチクルステージ R S T がウエハステージ W S T に追従して動作するような移動指令 P_R を作成し、レチクルステージコントローラ R S C へ出力する。その際、同期制御ユニット 80 は、予め設定されている補正関数によってウエハ干渉計システム 18 の計測値により得られるウエハステージ W S T の 5 自由度の位置情報を補正しつつ、補正されたウエハステージ W S T の 5 自由度の位置情報に基づいてレチクルステージ R S T に対する移動指令 P_R を出力する。この補正関数については、後述する。

40

【 0 0 3 8 】

前記レチクルステージコントローラ R S C は、上記移動指令 P_R と、レチクル干渉計 16 から取得される位置情報とに基づいて、例えばフィードバック制御を行い、レチクルステージ系 R p（具体的には不図示のレチクルステージ駆動部）に対する駆動指令を出力する。

【 0 0 3 9 】

このように、ステージ制御装置 19 では、両ステージ W S T , R S T の同期制御を行う際には、ウエハステージ W S T に対しレチクルステージ R S T を追従させるように動作させる。もっとも、両ステージ W S T , R S T を同期させる必要がない場合、例えば走査露

50

光時以外の場合においては、ステージ制御装置 19 を構成する同期制御ユニット 80 は、主制御装置 20 の指示の下、ウエハステージコントローラ W S C とレチクルステージコントローラ R S C とに対し、それぞれ独立した移動指令を出力することができるようになっている。

【0040】

すなわち、ステージ制御装置 19 では、主制御装置 20 からの指示により、その指示に応じた両ステージ W S T , R S T に対する制御を行うことができるようになっている。例えば、主制御装置 20 からの指示により、X Y 平面に平行となるようにウエハステージ W S T を制御することも可能であり、移動鏡 27 Y (又は 27 X) の反射面上の計測点 Y A , Y B (又は X A , X B) での計測値の差分が常に 0 となるようにウエハステージ W S T を制御することも可能である。

10

【0041】

図 1 に戻り、ウエハステージ W S T 上のウエハ W の近傍には、基準マーク板 F M が固定されている。この基準マーク板 F M の表面は、ウエハ W の表面とほぼ同じ高さに設定され、この表面には少なくとも一対のレチクルアライメント用基準マーク及びアライメント検出系 A S のベースライン計測用の基準マーク等が形成されている。

【0042】

前記アライメント検出系 A S は、投影光学系 P L の側面に配置された、オフ軸シス方式のアライメントセンサである。このアライメント検出系 A S としては、例えばウエハ上のレジストを感光させないブロードバンドな検出光束を対象マークに照射し、その対象マークからの反射光により受光面に結像された対象マークの像と不図示の指標の像とを撮像素子 (C C D) 等を用いて撮像し、それらの撮像信号を出力する画像処理方式の F I A (Field Image Alignment) 系のセンサが用いられている。なお、F I A 系に限らず、コヒーレントな検出光を対象マークに照射し、その対象マークから発生する散乱光又は回折光を検出する、あるいはその対象マークから発生する 2 つの回折光 (例えば同次数) を干渉させて検出するアライメントセンサを単独であるいは適宜組み合わせることは勿論可能である。このアライメント検出系 A S の撮像結果は、主制御装置 20 へ出力されている。

20

【0043】

さらに、本実施形態の露光装置 100 は、投影光学系 P L の最良結像面に向けて複数のスリット像を形成するための結像光束を光軸 A X 方向に対して斜め方向より供給する不図示の照射系と、その結像光束のウエハ W の表面での各反射光束を、それぞれスリットを介して受光する不図示の受光系とから成る斜入射方式の多点フォーカス検出系を備えている。この多点フォーカス検出系としては、例えば特開平 6 - 283403 号公報 (対応米国特許 5,448,332 号) などに開示されるものと同様の構成のものが用いられ、この多点フォーカス検出系の出力が主制御装置 20 に供給されている。ステージ制御装置 19 は、主制御装置 20 からの指示により、この多点フォーカス検出系からのウエハ W の露光領域付近の表面上の位置情報に基づいて、ウエハステージ駆動部 24 を介してウエハステージ W S T を Z 方向及び傾斜方向に駆動する。これにより、例えば走査露光中には、投影光学系 P L の像面にウエハ W 上の露光領域を焦点深度内に合わせこむ、いわゆるオートフォーカス/レベリング制御が実現されている。

30

40

【0044】

制御系は、図 1 中、主制御装置 20 及びこの配下にあるステージ制御装置 19 などによって主に構成される。主制御装置 20 は、C P U (中央演算処理装置)、メインメモリ等から成るいわゆるマイクロコンピュータ (又はワークステーション) を含んで構成され、この C P U によって後述するフローチャートで示される露光動作時の処理アルゴリズムに対応するプログラムなどを実行することにより、装置全体を統括して制御する。主制御装置 20 には、例えばハードディスクから成る記憶装置、キーボード、マウス等のポインティングデバイス等を含んで構成される入力装置、及び C R T ディスプレイ (又は液晶ディスプレイ) 等の表示装置 (いずれも図示省略) が、外付けで接続されている。

50

【 0 0 4 5 】

ところで、ウエハ干渉計システム 1 8 は、移動鏡 2 7 Y , 2 7 X の反射面を基準面として各計測点における計測を行うため、移動鏡 2 7 Y , 2 7 X の反射面には高い平面性が要求される。しかし、移動鏡 2 7 Y , 2 7 X には、ウエハステージ W S T の X Y 平面内の移動ストロークに応じてウエハ干渉計システム 1 8 の測長軸に直交する方向にある程度の長さが要求されるので、図 4 に誇張して示されるように、その反射面がある程度の曲がりを持つようになる。そこで、この移動鏡 2 7 Y , 2 7 X の反射面の曲がり具合に関する情報を予め記憶しておき、ウエハステージ W S T の制御がその曲がりの影響を受けないように、ウエハ干渉計システム 1 8 の計測値を補正する必要がある。図 3 に示されるステージ制御装置 1 9 の同期制御ユニット 8 0 では、移動鏡 2 7 Y , 2 7 X の曲がり具合に関する補正情報が格納されており、その補正情報を用いてウエハ干渉計システム 1 8 の計測値を補正し、補正されたウエハステージ W S T の位置情報に基づいてレチクルステージ R S T の移動指令 P_R を作成する。

10

【 0 0 4 6 】

また、この露光装置 1 0 0 では、上述したように、走査露光中において多点フォーカス検出系の計測によりオートフォーカス / レベリング制御を行っている。この制御を行うと、例えば図 5 (A) に示されるように、ウエハ W の表面が Z 軸方向に対して角度 θ だけ傾斜していた場合、ステージ制御装置 1 9 では、ウエハステージ W S T をその角度 θ だけ X 軸回りに回転させるようになる。この動作により、投影光学系 P L の像面にウエハ W の表面が焦点深度内で一致することになるが、ウエハ W の実際の Y 位置と、移動鏡 2 7 Y の反射面を基準面としてレーザ干渉計 1 8 Y L , 1 8 Y R により計測されたウエハステージ W S T の Y 位置とにいわゆるアッペ誤差が生じるようになる。例えば、計測 Z 位置 Z_A とウエハ W 表面の Z 位置との差を L とすると、アッペ誤差の大きさ Y_A は、次式のように表される。

20

$$Y_A = L \cdot \dots (1)$$

【 0 0 4 7 】

このように、ウエハステージ W S T を角度 θ だけ X 軸回りに回転させている場合、レーザ干渉計 1 8 Y P の出力値 (計測点 Y A での計測値と計測点 Y B での計測値との差分) は、移動鏡 2 7 Y 自体に傾斜がなければ、 $D \cdot \sin \theta$ に相当する値となるはずである。したがって、この計測値を D_A とすると、計測値 D_A からアッペ誤差 Y_A を次式を用いて算出することができる。

30

$$Y_A = (D_A / D) \cdot L \dots (2)$$

【 0 0 4 8 】

そこで、レーザ干渉計 1 8 Y P の計測値 D_A からこのアッペ誤差 Y_A を導き出し、同期制御ユニット 8 0 において算出されるレチクルステージ R S T の Y 軸方向に関する移動指令を、このアッペ誤差 Y_A に基づいて補正すれば、このアッペ誤差に関わらず、レチクル R の照射領域とウエハ W 上の露光領域との相対位置を精度良く制御することができる。これにより、レチクル R に形成されたパターンが Y 軸方向にずれることなく精度良くウエハ W に転写されるようになる。

【 0 0 4 9 】

ところで、上述したように移動鏡 2 7 Y , 2 7 X は、Z 軸方向にもある程度傾斜しており、その延設方向に関してその傾斜具合は一様ではない。図 5 (B) には、ウエハ W の表面の角度 θ は 0 であるが、移動鏡 2 7 Y の Z 軸に対する傾斜角度が α であった場合が示されている。この場合でも、レーザ干渉計 1 8 Y P の計測値 D_A は、 $D \cdot \sin \theta$ に相当する値となる。したがって、この計測値により、ステージ制御装置 1 9 の同期制御ユニット 8 0 は、上記式 (2) を演算してアッペ誤差を求め、ウエハ W の傾斜角度 α が 0 であるにも関わらず、ウエハステージ W S T が角度 θ だけ X 軸回りに回転していると誤認して、レチクルステージ R S T の Y 位置を $L \cdot \sin \theta$ だけ補正するように移動指令を生成してしまい、結果的に、却って転写位置が Y_A だけずれてしまうようになる。そこで、本実施形態では、このような誤認を避けるため、移動鏡 2 7 Y の Z 軸に対する傾斜角度も予め計測しておき、

40

50

この傾斜角度を考慮して両ステージ W S T , R S T の相対位置制御を行う。

【 0 0 5 0 】

次に、上記構成を有する露光装置 1 0 0 における露光動作について主制御装置 2 0 内の CPU の処理アルゴリズムを示す図 6 ~ 図 8 のフローチャートに沿って説明する。この露光動作では、説明の簡略化のため、移動鏡 2 7 Y のみの曲がり及び傾斜の計測を行い、その曲がり及び傾斜を考慮したステージ制御を行いつつ走査露光を行うものとする。なお、前提として、ステージ制御装置 1 9 の同期制御ユニット 8 0 には補正情報がまだ設定されていないものとする。

【 0 0 5 1 】

図 6 に示されるように、まず、ウエハ干渉計システム 1 8 を用いた移動鏡曲がり計測のサブルーチン 6 0 1 を行う。このサブルーチン 6 0 1 では、まず、図 7 に示されるように、ステップ 7 0 1 において、ウエハステージ W S T の表面が X Y 平面とほぼ平行となるように、ステージ制御装置 1 9 に対しウエハステージ駆動部 2 4 を介してウエハステージ W S T を制御するように指示する。 10

【 0 0 5 2 】

次のステップ 7 0 3 では、不図示のプレート駆動装置を介して光路変更板を駆動し、レーザ干渉計 1 8 Y L , 1 8 Y R 等から射出された測長ビーム L Y L , L Y R の光路上から退避させる。この結果、測長ビーム L Y L , L Y R は、移動鏡 2 7 Y の Z 位置 Z_A に照射されることになる。引き続き、ステップ 7 0 5 において、ステージ制御装置 1 9 によりウエハステージ W S T が X Y 平面に対し平行となるように制御された状態で、ウエハステージ W S T を、計測開始位置に移動させるようにステージ制御装置 1 9 に対し指示する。ステージ制御装置 1 9 は、ウエハステージ駆動部 2 4 を介してウエハステージ W S T を計測開始位置に移動させる。この計測開始位置としては、例えば図 9 に実線で示されるような位置が設定される。この位置は、ウエハステージ W S T が最も - X 側に位置しているときのウエハステージ W S T の位置である。この位置では、測長ビーム L Y L に対応する計測点 Y L が、移動鏡 2 7 Y の反射面の + X 側端部付近に位置するようになる。なお、以下では、このときのウエハステージ W S T の X 位置を X_0 とする。 20

【 0 0 5 3 】

次のステップ 7 0 7 において、ウエハステージ W S T が計測開始位置に位置した状態で、レーザ干渉計 1 8 Y L , 1 8 Y R , 1 8 Y P の計測値をリセットする。これにより、レーザ干渉計 1 8 Y L , 1 8 Y R , 1 8 Y P の計測値はすべて 0 となる。次いで、ステップ 7 0 9 において、Z 位置 Z_A における X 軸方向に沿った移動鏡 2 7 Y の移動鏡曲がり (1 次元形状) を計測する。以下では、この移動鏡曲がりの計測方法について詳述する。 30

【 0 0 5 4 】

まず、ウエハステージ駆動部 2 4 を介してウエハステージ W S T を、例えば計測点 Y L と計測点 Y R との間の間隔 L Y 1 で + X 方向に移動させつつ、各移動先でのウエハ干渉計システム 1 8 の計測値を、ステージ制御装置 1 9 を介して順次取得する。すなわち、間隔 L Y 1 での移動が完了する毎に、レーザ干渉計 1 8 X L , 1 8 X R により計測点 X L , X R にて計測される移動鏡 2 7 X の反射面の X 位置、レーザ干渉計 1 8 Y L , 1 8 Y R により計測点 Y L , Y R にて計測される Y 位置を、ステージ制御装置 1 9 を介して取得する。 40

【 0 0 5 5 】

ここで、ウエハステージ W S T は + X 方向に移動するので、レーザ干渉計 1 8 X L , 1 8 X R から射出された測長ビーム L X L , L X R は、実質的に、移動鏡 2 7 X 上の同一位置に照射され続け、移動鏡 2 7 X 上の計測点 X L , X R の位置は変わらず、これらのレーザ干渉計 1 8 X L , 1 8 X R の測定結果は移動鏡 2 7 X の形状の影響を受けない。したがって、レーザ干渉計 1 8 X L , 1 8 X R の計測値から検出される回転量は、ウエハステージ W S T のヨーイング量そのものであるとみなすことができる。

【 0 0 5 6 】

これに対し、レーザ干渉計 1 8 Y L , 1 8 Y R から射出された計測点 Y L , Y R は、実質的に、移動鏡 2 7 Y 上を移動するので、これらの干渉計の測定結果は移動鏡 2 7 Y の反 50

射面の形状の影響を受けるようになる。この影響を分析すると、レーザ干渉計 18 Y L , 18 Y R の計測点 Y L , Y R における計測値の差は、ウエハステージ W S T のヨーイング量 α と Z 位置 Z_A における移動鏡 27 Y の反射面の局所的な形状の和であるとみなすことができる。したがって、レーザ干渉計 18 Y L , 18 Y R によって計測された計測値によって求められる回転量 α から、レーザ干渉計 18 X L , 18 X R によって計測された計測値によって求められる回転量 β を差し引いた値 ($\alpha - \beta$) に計測点 Y L , Y R の間隔 $LY1$ を乗じた値を、移動鏡 27 Y の局所的な傾斜量 dY として求めることができる。主制御装置 20 は、ウエハステージ W S T が各 X 位置 X_i ($i = 0, 1, 2, 3, \dots$) にあるときの局所的な傾斜量 dY をそれぞれ求める。この傾斜量 dY を求めたときのウエハステージ W S T の X 位置 X_i は、レーザ干渉計 18 X L , 18 X R の計測値の平均から求めることができる。

10

【0057】

すなわち、このステップ 709 においては、Z 位置 Z_A における移動鏡 27 Y の X 軸方向に関する各 X 位置 X_n ($n = 1, 2, 3, \dots$) での移動鏡 27 Y の局所的な傾斜 ($dY(X_n, Z_A)$ とする) を計測し、不図示の記憶装置に格納する。

【0058】

次のステップ 711 では、上下段の移動鏡 27 Y の曲がりの計測が終了したか否かを判断する。この判断が肯定されればステップ 715 に進み、否定されればステップ 713 に進む。ここでは、まだ下段における移動鏡 27 Y の曲がりの計測が完了していないので判断は否定され、ステップ 713 に進む。

20

【0059】

次のステップ 713 では、不図示のプレート駆動装置を介して、光路変更板を測長ビーム L Y L , L Y R の光路上に挿入し、計測点 Y L , Y R の Z 位置を Z_B に変更する。ステップ 713 終了後は、ステップ 705 に戻る。

【0060】

以下、ステップ 705 (計測開始位置に移動) ステップ 707 (ウエハ干渉計システム 18 のリセット) ステップ 709 (移動鏡 27 Y の形状計測) ステップ 711 (判断) が再度実行され、下段、すなわち Z 位置 Z_B における干渉計 27 Y の X 軸方向に関する移動鏡 27 Y の局所的な傾斜 $dY(X_n, Z_B)$ が算出され、不図示の記憶装置に格納される。

30

【0061】

ステップ 711 における判断が肯定されるとステップ 715 に進む。ステップ 715 では、Z 位置 Z_A に関する移動鏡 27 Y の 1 次元形状データ $DY(X_n, Z_A)$ を、次式を用いて生成する。

【0062】

【数 1】

$$DY(X_n, Z_A) = \sum_{i=1}^n dY(X_i, Z_A) \cdot LY1 \quad \dots(3)$$

生成された X 位置 X_n に対応する移動鏡 27 Y の 1 次元形状データ $DY(X_n, Z_A)$ は、不図示の記憶装置に格納される。同様に、Z 位置 Z_B に関する移動鏡 27 Y の 1 次元形状データ $DY(X_n, Z_B)$ を、上記式 (3) と同様の演算により生成して、不図示の記憶装置に格納する。

40

【0063】

次のステップ 717 では、例えばスプライン曲線等による曲線補間法を用いて、不図示の記憶装置に格納された 1 次元形状データ $DY(X_n, Z_A)$ 、 $DY(X_n, Z_B)$ を X Y 平面内で滑らかに補間して、X 軸方向に関する移動鏡 27 Y の 1 次元形状関数 $DY(X, Z_A)$ 、 $DY(X, Z_B)$ を生成する。算出された関数に関する情報、例えばその関数の係数などは不図示の記憶装置に格納される。ここで、求められた関数 $DY(X, Z_A)$ が次式のようにあったとすると、式中の係数 a_j が格納されるようになる。

50

【 0 0 6 4 】

【 数 2 】

$$DY(X, Z_A) = a_0 + a_1 \cdot X + a_2 \cdot X^2 + \dots = \sum_{j=0}^{\infty} a_j \cdot X_j \quad \dots(4)$$

【 0 0 6 5 】

図 10 には、このようにして求められた 1 次元形状関数 $DY(X, Z_A)$ 、 $DY(X, Z_B)$ の一例が示されている。この 1 次元形状関数 $DY(X, Z_A)$ 、 $DY(X, Z_B)$ の差は、移動鏡 27Y における Z 軸方向に関する傾斜成分を表しているため、後述するステージ制御では、この傾斜成分を考慮して、レーザ干渉計 18YP の計測値に基づくアップベ

10

【 0 0 6 6 】

ところで、この 1 次元形状関数 $DY(X, Z_A)$ 、 $DY(X, Z_B)$ はともに、上記ステップ 709 においてウエハステージ WST が計測開始位置にあるときにリセットされたウエハ干渉計 18 の計測値に基づいて算出されたものである。計測開始位置における 1 次元形状関数 $DY(X, Z_A)$ 、 $DY(X, Z_B)$ の差分は、その位置での移動鏡 27Y の傾斜成分に関わらず 0 となってしまう。この計測開始位置での干渉計のリセットに起因するずれにより、 $DY(X, Z_A)$ と $DY(X, Z_B)$ との差分と、実際の移動鏡 27Y の傾斜成分との間には、オフセットが生じる。

【 0 0 6 7 】

そこで、次のステップ 719 では、このオフセット成分を算出する。ここでは、レーザ干渉計 18YP の計測値、すなわち計測点 YA、YB での計測値の差分が 0 となるように、ウエハステージ WST を制御しながら、上記ステップ 709 と同様に、ウエハステージ WST を計測開始位置から +X 方向に移動させ、ウエハステージ駆動部 24 を構成するアクチュエータに付設されそのアクチュエータの駆動量を計測するエンコーダ等から得られる情報により、ウエハステージ WST のピッチング量 x を取得していく。そして、上記ステップ 709 における移動鏡曲がり計測において求められた $DY(X, Z_A)$ と $DY(X, Z_B)$ との差分に基づくウエハステージ WST の回転量の変化と、今回のウエハステージ WST のピッチング量 x の変化との差を求める。この差は、ウエハステージ WST に対し、ピッチング量 x に関する制御を行っていたかいなかったかの違いによって生じるものであり、計測開始位置における移動鏡 27Y の傾斜成分に対応するものであるとみなすことができる。そこで、本実施形態では、この差を、補正関数 $DY(X, Z_A)$ と補正関数 $DY(X, Z_B)$ との間

20

30

【 0 0 6 8 】

なお、ステップ 719 を実行する代わりに、ステップ 701 に先立って、ウエハステージ WST 上に XY 2 次元方向に関する複数の基準マークが形成された工具ウエハをロードし、上記 Z 位置 Z_A での計測時において、ウエハステージ WST が計測開始位置にあるときの工具ウエハ上の基準マークの位置と、Z 位置 Z_B の計測時に、ウエハステージ WST が計測開始位置にあるときの工具ウエハ上の基準マークの位置とをアライメント検出系 AS などを用いて検出し、Z 位置 Z_A の計測時と Z 位置 Z_B の計測時とにおけるその基準マークの位置ずれ量から、このオフセット成分を求めるようにしてもよい。このようなオフセット成分の計測方法は、国際公開 WO 00 / 22376 号パンフレットに開示されているので、詳細な説明を省略する。

40

【 0 0 6 9 】

図 7 に戻り、次のステップ 721 では、関数 $DY(X, Z_A)$ と $DY(X, Z_B)$ との差分に、上記ステップ 719 で検出したオフセット成分を加算することにより得られる関数を、計測点 YA、YB での計測値の差分を補正する関数、すなわちピッチング補正関数 $P(X)$ として作成する。

【 0 0 7 0 】

50

次のステップ723では、ステージ制御装置19を構成する同期制御ユニット80に対して、Z位置 Z_A での1次元形状関数 $DY(X, Z_A)$ 、ピッチング補正関数 $P(X)$ に関する情報(例えばそれらの関数の係数など)を装置パラメータとして設定する。この設定が完了した後は、同期制御ユニット80は、レーザ干渉計18YL, 18YRの計測値の差分を、1次元形状関数 $DY(X, Z_A)$ で補正するとともに、レーザ干渉計18YPの計測値、すなわち計測点YAでの移動鏡27Yの反射面の位置の計測値と、計測点YBでの移動鏡27Yの反射面の位置の計測値との差分を、ピッチング補正関数 $P(X)$ を用いて補正するようになる。以下、このピッチング関数による補正方法について説明する。

【0071】

まず、現在のレーザ干渉計18XL, 18XRの計測値の平均値、すなわちウエハステージWSTのX位置をXとする。この場合、計測点YA, YBのX位置 X' は、次式で求められる。

$$X' = X - LY1/2 - LY2 \quad \dots (5)$$

ここで、上記式(5)において、Xに X_0 を代入したときに得られる X' の値、すなわちレーザ干渉計18YPのリセット時の計測点YA, YBのX位置を X'_0 とする。

【0072】

すると、移動鏡27YのZ軸方向に関する傾斜によって発生する光路差 L' は、次式を用いて求めることができる。

$$L' = \{ DY(X', Z_A) - DY(X', Z_B) - (DY(X'_0, Z_A) - DY(X'_0, Z_B)) \} \quad \dots (6)$$

【0073】

ウエハステージWSTのピッチング量 x に相当するウエハステージWSTの測長ビームの光路差 DA' は、レーザ干渉計18YPの実際の計測値をDAとすると、次式を用いて求めることができる。

$$DA' = DA - L' \quad \dots (7)$$

【0074】

そこで、ステージ制御装置19を構成する同期制御ユニット80では、まず、ウエハステージWSTのX位置から、上記式(5)を用いて X' を算出し、さらにこの X' から、上記式(6)を用いて L' を計算し、この L' とレーザ干渉計18YPの実際の計測値DAとから、上記式(7)を用いて DA' を算出する。そして、同期制御ユニット80では、算出された DA' を次式に代入してアッペ誤差 Y_A を求め、このアッペ誤差 Y_A をキャンセルすべく、レチクルステージRSTに対するY軸方向に関する位置指令を Y_A だけ補正するようになる。

$$Y_A = (DA' / D) \cdot L \quad \dots (8)$$

【0075】

図7に戻り、ステップ721の処理終了後、サブルーチン601を終了し、図6の焼付けによる移動鏡曲がり計測のサブルーチン603に進む。このサブルーチン603では、図8に示されるように、まず、ステップ801において、焼付け計測用の計測用レチクル R_T をレチクルステージRSTにロードし、ステップ803では、ウエハを交換する。これにより、ウエハWがウエハステージWST上にロードされる。ここで、ウエハステージWST上に工具ウエハが保持されている場合には、不図示のウエハアンローダを用いてウエハステージWST上の工具ウエハをアンロードし、不図示のウエハローダを用いて、ウエハステージWST上に未露光のウエハをロードする。

【0076】

図11(A)には、計測用レチクル R_T の一例が示されている。図11(A)においては、計測用レチクル R_T が、レチクルステージRSTに保持されている状態で、そのパターン領域PAを-Z側から見たときの様子が示されている。この図11(A)では、レチクルの中心、すなわちレチクルセンタRCを通過し、X軸に対応するレチクル上の軸を X_R とし、Y軸に対応するレチクル上の軸を Y_R として示している。図11(A)に示されるように、この計測用レチクル R_T のパターン領域PA内における、 $+X_R$ 方向の端部には、

Y_R 軸方向に等間隔で同一の評価用マーク A_1, A_2, A_3 が形成されており、 $+Y_R$ 方向の端部には、 X_R 軸方向に等間隔で同一の評価用マーク B_1, B_2, B_3 が形成されており、 $-X_R$ 方向の端部には、 Y_R 軸方向に等間隔で同一の評価用マーク C_1, C_2, C_3 が形成されており、 $-Y_R$ 方向の端部には、 X_R 軸方向に等間隔で同一の評価用マーク D_1, D_2, D_3 が形成されている。

【0077】

評価用マーク A_1, A_2, A_3 と評価用マーク C_1, C_2, C_3 とは、 Y_R 軸に関してほぼ線対称な位置に形成されており、評価用マーク B_1, B_2, B_3 と評価用マーク D_1, D_2, D_3 とは、 X_R 軸に関してほぼ線対称な位置に形成されている。

【0078】

評価用マーク $A_1 \sim A_3, C_1 \sim C_3$ は、図 11 (B) に代表して示される評価用マーク A_1 のように、例えば X 軸方向に所定ピッチで配列されたドットパターン列であり、その評価用マーク A_1 を 90° 回転した形の評価用マーク $B_1 \sim B_3, D_1 \sim D_3$ は、図 11 (C) に代表して示される評価用マーク B_1 のように、例えば Y 軸方向に所定ピッチに配列されたドットパターン列である。評価用マーク A_1 等は、遮光膜中に開口パターンとして形成されたものでも、透過部中に遮光膜より形成されたものでも良い。いずれにしても、それらの評価用マーク A_1, B_1, \dots の像をフォトリソが塗布されたウエハ W 上に露光して現像を行うと、凸凹のドットパターン列よりなるレジストパターン像 (評価用マーク像) が得られる。なお、これに限らず、評価用マーク $A_1 \sim A_3, B_1 \sim B_3, C_1 \sim C_3, D_1 \sim D_3$ をラインパターンで構成するようにしてもよい。また、各評価用マークが遮光膜であるか否かに応じて、ウエハ W 上のフォトリソをポジ型又はネガ型であるかを選択しておく必要がある。また、計測用レチクル R_T には、その外周付近に、レチクルアライメント用の 2 個の十字型のアライメントマーク (不図示) が対向して形成されている。

【0079】

図 8 に戻り、次のステップ 805 では、隣接する転写像間での X 軸方向及び Y 軸方向の端部が互いに重なるように、 m 行 n 列のレチクルパターン像をウエハ W 上に転写する。具体的には、ウエハステージ WST を、 X 軸方向に所定間隔だけステップング駆動することにより所定ピッチで移動させながら、隣接する像間での X 軸方向 (これを列方向とする) の端部が互いに重なるように、計測用レチクル R_T のレチクルパターン像である n 個のレチクルパターン像を、走査露光により、順次転写形成する。以下では、このレチクルパターン像をそれぞれショット領域と称し、それぞれショット領域 $S(1, 1), S(1, 2), \dots, S(1, n)$ とする。そして、ウエハステージ WST を所定ピッチだけ Y 軸方向 (これを行方向とする) に移動させた後、再びウエハステージ WST を X 軸に沿って所定ピッチずつ移動させながら、隣接する像間での X 軸方向の端部が互いに重なるように、かつ各像が、それぞれ同じ列に対応するショット領域 $S(1, n)$ と、 Y 軸方向の端部が互いに重なるように、計測用レチクル R_T の像を n 個のショット領域を走査露光により、 X 軸方向 (列方向) に順次転写形成する。このショット領域を、それぞれ $S(2, 1), S(2, 2), \dots, S(2, n)$ とする。同様にして、3 行目、4 行目、 \dots 、 m 行目についてそれぞれ n 個のショット領域を X 軸方向 (列方向) に沿って順次転写形成する。このようにして、ウエハ W 上に、マトリクス状に m 行 n 列のショット領域が転写形成される。

【0080】

図 12 には、 m 行 n 列のショット領域の一部として代表的にショット領域 $S(1, 1), S(1, 2), S(1, 3)$ が示されている。なお、このショット領域 $S(m, n)$ の中心と隣接するショット領域の中心との X 軸方向に関する間隔は、計測点 Y_L, Y_R の間隔 LY_1 より小さくなるように規定されている。なお、このとき、ステージ制御装置 19 の同期制御ユニット 80 では、1 次元形状関数 $DY(X, Z_A)$ に基づいてレーザ干渉計 18 YL, YR の計測値を補正しており、ピッチング補正関数 $P(X')$ により、レーザ干渉計 18 YP の計測値を補正しているものとする。

【0081】

次のステップ 807 では、不図示のウエハアンローダにより、ウエハステージ WST 上

10

20

30

40

50

からウエハをアンロードする。アンロードされたウエハは、不図示のコータ・デベロッパに搬送され、現像される。この現像が終了すると、次のステップ 809 に進み、不図示のウエハローダを用いて、ウエハを再びウエハステージ W S T 上にロードする。なお、このとき、ウエハは、前回ウエハステージ W S T 上に載置されていたのとほぼ同じように載置されるものとする。

【 0 0 8 2 】

次のステップ 811 では、アライメント検出系 A S を用いて、m 行 n 列のショット領域において、隣接するショット領域におけるパターン像 A₁ ~ A₃ と、パターン像 C₁ ~ C₃ との間の位置ずれ量を計測する。例えば、図 12 には、ショット領域 S (1 , 1) 中のパターン像 C₁ ~ C₃ 及びショット領域 S (1 , 2) 中のパターン像 A₁ ~ A₃ の Y 軸方向の位置ずれ量 B Y₁₁₁ ~ B Y₁₁₃ と、ショット領域 S (1 , 2) 中のパターン像 C₁ ~ C₃ 及びショット領域 S (1 , 3) 中のパターン像 A₁ ~ A₃ の Y 軸方向の位置ずれ量 B Y₁₂₁ ~ B Y₁₂₃ とが示されている。このステップ 811 では、ウエハステージ W S T を必要に応じて駆動し、アライメント検出系 A S を用いて、図 12 に示される位置ずれ量 B Y₁₁₁ ~ B Y₁₁₃ 及び位置ずれ量 B Y₁₂₁ ~ B Y₁₂₃ を含む、ショット領域 S (i , j) 中のパターン像 C₁ ~ C₃ と、隣接するショット領域 S (i , j + 1) 中のパターン像 A₁ ~ A₃ との Y 軸方向の位置ずれ量 B Y_{ij1} ~ B Y_{ij3} をすべて計測する。この計測結果は、アライメント検出系 A S から主制御装置 20 に送られる。これらの計測結果は、不図示の記憶装置に格納される。

【 0 0 8 3 】

次のステップ 813 では、ショット領域 S (i , j) に対応する位置ずれ量 B Y_{ijk} の平均値を次式を用いて算出する。

【 0 0 8 4 】

【 数 3 】

$$BY_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^3 BY_{ijk}}{3} \quad \dots(9)$$

ここで、B Y_{ij} は、ショット領域 (i , j) での位置ずれ量 B Y_{ijk} の平均値である。次のステップ 815 では、平均値 B Y_{ij} の j 列 (j = 1 ~ n - 1) での平均値 B Y_j を次式を用いてそれぞれ算出する (i = 1 ~ m - 1)。

【 0 0 8 5 】

【 数 4 】

$$BY_j = \frac{\sum_{i=1}^{m-1} BY_{ij}}{m-1} \quad \dots(10)$$

次のステップ 817 では、列毎 (j 行、j = 1 ~ n - 1) の平均値 B Y_j から、その B Y_j の平均値を、次式を用いて差し引いた値 B Y' _j を求める。

【 0 0 8 6 】

【 数 5 】

$$BY'_j = BY_j - \frac{\sum_{j=1}^{n-1} BY_j}{n-1} \quad \dots(11)$$

次のステップ 819 では、次式を用いて B Y' _j を列毎に積算し、j 列における Y 軸方向の位置ずれ量 B Y' _j の積算値 B Y' _j を作成する。

【 0 0 8 7 】

10

20

30

40

【数 6】

$$BY''_j = \sum_{p=1}^{p=j} BY'_p \quad \dots(12)$$

次のステップ 8 2 1 では、両端、すなわち第 1 列目及び最終列目での Y 軸方向の位置ずれ量の積算値がともに 0 となるように、次式を用いて、積算値 BY''_j から傾斜成分（一次成分）を差し引いて、最終的な位置ずれ量の積算値 BY'''_j を求める。

【0088】

【数 7】

$$BY'''_j = BY''_j - j \times \frac{BY''_{n-1} - BY''_1}{n-2} \quad \dots(13)$$

10

ここで、この積算値 BY'''_j は、j 列のショット領域の中心の X 座標（これを X_j と置く）における位置ずれ量に対応しているので、積算値 BY'''_j を、積算値 $BY'''(X_j)$ とおくことができる。この積算値 $BY'''(X_j)$ が、本発明の配列情報に対応する。

【0089】

次のステップ 8 2 3 では、ショットの中心 X 座標 X_j を、計測点 L Y , L R の間隔 L Y 1、計測点 Y A と計測点 L R との間隔 L Y 2 に基づいて、次式を用いてレーザ干渉計 1 8 Y P の計測点 Y A , Y B の位置座標 X'_j に変換する。

20

$$X'_j = X_j - LY1/2 - LY2 \quad \dots(14)$$

【0090】

次のステップ 8 2 5 では、例えばスプライン補間などの曲線補間法を用いて、XY 平面内で、 $BY'''(X'_j)$ を曲線補間することにより、X 軸方向に関する補正関数 $BY(X')$ を作成する。この補正関数 $BY(X')$ が、本発明の第 2 の補正情報に対応する。

【0091】

次のステップ 8 2 7 では、作成した補正関数 $BY(X')$ に関する情報を、ステージ制御装置 1 9 の同期制御ユニット 8 0 に設定する。以降、同期制御ユニット 8 0 は、ウエハ干渉計 1 8 Y P からの測定値、すなわち計測点 Y A , Y B での移動鏡 2 7 Y の位置情報の差分 D A から、X 軸方向に関する移動鏡 2 7 Y の曲がり成分 L' （上記式（6）参照）を減算し、その減算結果から、ウエハステージ W S T の X 位置、すなわちレーザ干渉計 1 8 X L , 1 8 X R の計測値の平均値を、上記式（14）の X に代入してそのときの X' を求め、その X' を補正関数 BY に代入したときに得られる値でさらに補正し、補正された差分に基づいてアッペ誤差 Y_A を求める。すなわち、ステージ制御装置 1 9 の同期制御ユニット 8 0 では、アッペ誤差 Y_A が、次式を用いて算出されるようになる。

30

$$Y_A = ((DA - L' - BY(X')) / D) \cdot L \quad \dots(15)$$

以降、同期制御ユニット 8 0 は、走査露光中においては、上記式（15）により求められたアッペ誤差分だけ Y 軸方向に関するレチクルステージ R S T の移動指令を補正する。

【0092】

40

ステップ 8 2 7 終了後は、サブルーチン 6 0 3 の処理を終了し、図 6 のステップ 6 0 5 に進む。

【0093】

ステップ 6 0 5 では、レチクルステージ R S T 上のレチクルが交換される。この時点では、レチクルステージ R S T 上に計測用レチクル R_T が保持されているので、計測用レチクル R_T を不図示のレチクルアンローダによりアンロードしてから、不図示のレチクルローダによりレチクル R をロードする。そして、ステップ 6 0 7 において、基準マーク板 F M 等を用いて、いわゆるレチクルアライメント及びベースライン計測などの準備作業を行う。

【0094】

50

次のステップ609では、ウエハステージWST上のウエハを交換する。これにより、ウエハステージWST上に保持されている計測用のウエハが不図示のウエハアンロードによってアンロードされ、不図示のウエハロードによってウエハステージWST上にウエハWがロードされる。このウエハWは、すでに一層以上のショット領域が形成されているウエハであるものとする。

【0095】

そして、ステップ611において、ウエハW上における各ショット領域のウエハステージの座標系上での配列座標を求めるためのウエハアライメントが行われる。かかるウエハアライメントでは、例えば特開昭61-44429号公報及びこれに対応する米国特許第4,780,617号等が開示されているように、図1のアライメント検出系ASを用いて、ウエハW上から選択された所定個数のショット領域（サンプルショット）のウエハマーク（不図示）の座標位置を検出し、この計測結果を統計処理するEGA（エンハンスト・グローバル・アライメント）方式でウエハW上の全部のショット領域に関する配列座標を算出する。なお、ウエハマークの座標位置は、上述のレーザ干渉計18XL, 18XR, 18YL, 18YRによる計測値、レーザ干渉計18YP及びレーザ干渉計18XPによる計測値に基づいて検出される。

10

【0096】

そして、次のステップ613では、ウエハW上の各ショット領域の配列座標、ベースライン及びウエハステージWSTの座標系と上記補正関数が考慮されたレチクルステージRSTの座標系との関係に基づいて、ウエハW上の露光対象のショット領域が走査開始位置に位置決めされるとともに、レチクルRも対応する位置に位置決めし、露光光ILを照射しつつ、レチクルRとウエハWとを同期移動させることにより、走査露光動作を行う。すなわち、走査露光中では、ステージ制御装置19の同期制御ユニット80は、ウエハステージWSTを、上述のレーザ干渉計18XL, 18XR, 18YL, 18YRによる計測値を、補正関数 $DY(X, Z_A)$ に基づいて補正したうえで、レチクルステージRSTに対する移動指令 P_R を生成している。

20

【0097】

また、走査露光中、ウエハW上の露光領域のZ位置、ピッチング量及びローリング量は、不図示の多点フォーカス検出系によって検出されており、この検出結果に基づいて、ステージ制御装置19が、ウエハステージ駆動部24を介してウエハステージWSTを駆動し、ウエハW上の露光領域を投影光学系PLの像面と焦点深度の範囲内で一致させている。そこで、同期制御ユニット80は、この制御により生ずるウエハステージWSTの傾斜によって生ずるアップ誤差を補正すべく、レーザ干渉計18YPによる計測値に基づいて上記式(14)等を計算してアップ誤差を算出し、そのアップ誤差分だけY軸方向に関する移動指令を補正する。このようにすれば、移動鏡27Yの曲がり及び傾斜に関わらず、ウエハステージWSTとレチクルステージRSTの相対位置を制御することができるようになり、ウエハW上に形成されるショット領域の配列の歪みが補正される。

30

【0098】

次のステップ615では、ウエハWをアンロードする。ステップ615終了後は、露光動作を終了する。

40

【0099】

なお、本実施形態では、サブルーチン601における干渉計を用いた各Z位置(Z_A , Z_B)における移動鏡曲がり計測回数と、サブルーチン603におけるウエハに対するショット領域 $S(m, n)$ のショット配列の形成回数とをそれぞれ1回ずつとしたが、これは複数回行うようにしてもよい。このようにすれば、計測誤差による影響を低減することができる。この場合、干渉計を用いた移動鏡曲がり計測については、1回当たりの計測時間が比較的短いので、計測回数を増やすのは容易にできるが、ウエハに対する露光を伴う計測は、1回当たりの計測時間が長くなるので、計測回数を増やせばそれだけ全体の計測時間が長くなってしまいうため、1回とするのが望ましい。

【0100】

50

また、本実施形態における演算式、すなわち上記式(1)～式(15)は、種々の変形を加え得るものであり、その演算順の入れ替えも矛盾が生じない限り可能であり、また、幾つかの演算式は省略することができる。

【0101】

なお、図6～図8では、移動鏡27Yの曲がり及び傾斜による誤差を補正するための、ウエハY干渉計システム18Yの計測値を補正する補正関数を生成する処理についてのみ説明したが、移動鏡27Xの曲がり及び傾斜によるウエハX干渉計システム18X(レーザ干渉計18XL, 18XR, 18XP)の計測値を補正する補正関数についても、サブルーチン601, 603と同様の処理を行うことにより、生成することができる。生成されたその補正関数の情報(係数など)を装置パラメータとして同期制御ユニット80に設定すれば、移動鏡27Xの曲がり成分及び傾斜成分に関わらず、ウエハステージWST及びレチクルステージRSTのX軸方向等に関する相対位置を精度良く制御しつつ、走査露光を行うことができる。

【0102】

これまでの説明から明らかなように、本実施形態の露光装置100では、レチクルステージRSTがマスクステージに対応し、ウエハステージWSTが物体ステージに対応する。また、ウエハ干渉計システム18が計測装置に対応し、このうち、レーザ干渉計18YL, 18YRが、第1計測装置(第1装置)に対応し、レーザ干渉計18YPが第2計測装置(第2装置)に対応する。また、主制御装置20が、第1生成装置、第2生成装置に対応する。

【0103】

すなわち、主制御装置20のCPUが行う、サブルーチン601(図6, 図7)の処理によって第1生成装置の機能が実現され、サブルーチン603(図6, 図8)の処理によって第2生成装置の機能が実現されている。また、上段の移動鏡曲がり計測時のステップ709(図7)が第1副工程に対応し、下段の移動鏡曲がり計測時のステップ709(図7)が第3副工程に対応する。また、ステップ715～ステップ721が第2副工程に対応する。なお、本実施形態では、主制御装置20の機能を、1つのCPUで実現したが、複数のCPUで実現しても良い。

【0104】

以上詳細に述べたように、本実施形態のステージ制御方法によれば、サブルーチン601では、X軸方向に沿ってウエハステージWSTを移動させつつY軸方向に関するウエハステージWSTの基準面(移動鏡27Yの反射面)の位置情報をウエハ干渉計システム18を用いて順次計測し、その計測結果としてウエハステージWSTの位置情報の補正関数 $DY(X, Z_A)$ 、補正関数 $P(X')$ を生成する。そして、サブルーチン603では、計測用レチクル R_T のレチクルパターンを転写し、そのレチクルパターンの転写結果(ショット領域の配列情報)に基づいて移動鏡27Yの移動鏡曲がりの残差としての補正関数 $BY(X')$ を生成する。さらに、ステップ613では、これらの補正関数 $DY(X, Z_A)$ 、 $P(X')$ 、 $BY(X')$ に基づいてウエハステージWSTを制御しつつ走査露光を行う。このようにすれば、移動鏡27Yの反射面の形状情報及び転写されたウエハ上のパターンの配列情報の両方に基づいて両ステージWST, RSTの相対位置制御を行うので、パターンの配列の転写を複数回行って移動鏡曲がりを求めるよりも、計測時間を短くすることができるようになり、干渉計による移動鏡曲がりの計測のみでは求められなかった移動鏡曲がりをも計測することができるようになるので、高精度なステージ制御を実現することができる。

【0105】

実際の露光結果でなければ計測することが困難な成分の1つに、上記アッペ誤差の誤認の原因となる移動鏡27Y等の傾斜成分の影響がある。これは、走査露光中においては、上記オートフォーカス/レベリング制御に伴うアッペ誤差の発生の計測誤差の要因となるものであり、本実施形態の露光装置100では、レチクルステージRSTの位置を調整することによりアッペ誤差を吸収しているためである。例えばサブルーチン601の干渉計

10

20

30

40

50

計測（すなわちウエハステージ側の動作のみの計測）では、移動鏡 27Y 等の傾斜成分を、高精度に計測することができたとしても、それ以外の誤差の影響を受けてしまう。したがって、ショット領域の配列を高い精度で正確に形成するためには、本実施形態のように、実際の露光結果による補正を加えるのが望ましい。

【0106】

また、サブルーチン 603 で転写形成するショット領域の間隔は、計測点 YL, YR の間隔 LY1 よりも小さく規定されているので、実際の露光結果から移動鏡曲がりを計測することにより、検出可能な移動鏡曲がりの空間周波数を向上させることができる。

【0107】

また、本実施形態では、干渉計計測により移動鏡曲がりを求めているので、移動鏡の反射面全域の曲がりを直接的に精度良く計測することができる。すなわち、特開平 8-227839 号公報に開示される方法のように、露光結果から直接計測することができない移動鏡曲がりを推定せずに、直接移動鏡曲がりを精度良く計測することができる。

【0108】

また、本実施形態の露光装置 100 では、移動鏡 27Y の反射面に沿った X 軸方向に所定間隔 LY1 離れた 2 つの計測点 YL, YR により Y 軸方向に関する移動鏡 27Y の反射面の位置をそれぞれ計測するレーザ干渉計 18YL, 18YR を備えている。そして、サブルーチン 601 では、そのステップ 709 において、ウエハステージ WST を X 軸方向に沿って所定間隔 LY1 で移動させつつ、計測点 YL, YR 間における移動鏡 27Y の反射面の位置の Y 軸方向に関する差分を順次計測し、ステップ 715 ~ ステップ 721 において、上記ステップ 709 での計測結果に基づいて、移動鏡 27Y の反射面の X 軸方向に関する移動鏡曲がりを検出している。このようにすれば、露光装置 100 を構成するウエハ Y 干渉計システム 18Y 自体の計測により、移動鏡 27Y の反射面の曲がりを容易に検出することができる。

【0109】

また、本実施形態では、サブルーチン 601 で行われる移動鏡 27Y の曲がりの計測においては、ウエハステージ WST を X 軸方向に所定間隔 LY1 で順次移動させ、その都度、レーザ干渉計 18YL, 18YR の計測値の差分から移動鏡 27Y の局所的な傾斜を求めたが、本発明はこれには限られない。例えば、ウエハステージ WST を等速で、X 軸方向に移動させ、レーザ干渉計 18YL, 18YP のうちのいずれか一方の干渉計で移動鏡 27Y の反射面の Y 位置を、所定のサンプリングで取得するようにしても良い。

【0110】

また、この計測は、ウエハ Y 干渉計システム 18Y によるものには限られない。例えばウエハ Y 干渉計システム 18Y とは異なる別の干渉計システムにより、移動鏡 27Y の X 軸方向に関する移動鏡曲がりを求めるようにしても良い。例えば、移動鏡 27Y の X 軸方向に関する曲がりを一度に計測可能なフィゾー干渉計などを用いても良い。この場合には、ウエハ干渉計システム 18 と、移動鏡曲がり計測用の干渉計システムとの計測誤差が、本実施形態よりも大きくなることも予想されるため、実際の焼付けからも補正関数を生成する本発明の効果がより発揮されることとなる。

【0111】

また、本実施形態では、Z 軸に沿って所定間隔 D 離れた 2 つの計測点 YA, YB により移動鏡 27Y の反射面の Y 位置を計測するレーザ干渉計 18YP をさらに備えており、サブルーチン 601 では、ステップ 713 において光路変更板を用いて 2 つの計測点 YL, YR の Z 位置を -Z 側に所定間隔 D だけずらし Z_B とした後、再度ステップ 705 ~ ステップ 709 を行い、ステップ 715 では、1 回目のステップ 709 での計測結果と 2 回目のステップ 709 での計測結果とに基づいて、移動鏡 27Y の反射面の X 軸方向に関する 1 次元形状を検出する。このようにすれば、上段での移動鏡 27Y の反射面の 1 次元形状と、下段での移動鏡 27Y の反射面の 1 次元形状とから、移動鏡 27Y の反射面の Z 軸方向に関する傾斜成分を容易に計測することができる。

【0112】

10

20

30

40

50

もっとも、移動鏡 27Y の Z 軸方向に関する傾斜成分を求める方法には限られない。例えば、ウエハステージ WST を所定間隔 LY1 だけ移動させる毎に、光路変更板を挿入/退避させて、同一 X 位置に対するレーザ干渉計 18YL, 18YR の計測点 LY, LR の Z 位置が Z_A であるときと、 Z_B であるときの両方の局所的な傾斜をまとめて求めるようにしてもよい。また、前述のフィゾー干渉計を用いれば、X 軸方向に関する曲がりとともに傾斜も計測することができる。

【0113】

また、本実施形態では、ウエハ Y 干渉計システム 18Y が、レーザ干渉計 18YL, 18YR, 18YP から構成されるものとしたが、これには限られない。例えば、レーザ干渉計 18YP はなくても良い。この場合には、サブルーチン 603 で生成される補正情報（補正関数 $B_Y(X')$ ）を、レーザ干渉計 18YL, 18YR の計測値を補正する補正関数として用いればよい。また、レーザ干渉計 18YL, 18YR に加えて、新たなレーザ干渉計により、ウエハステージ WST の Y 位置を検出するようにしてもよい。この場合には、3 つ以上の干渉計の計測値の平均値がウエハステージ WST の Y 位置となり、ウエハステージ WST のヨーイング量は、例えば 3 つ以上の計測値の最小二乗近似によって求められるようにすればよい。この求め方は、レーザ干渉計 18YP が 3 つの測長ビームを備えている場合でも同様である。これらの構成の変形の可能性は、ウエハ X 干渉計システム 18X についても同様である。

【0114】

また、本実施形態では、サブルーチン 603 で求められた配列情報に基づく第 2 の補正情報としての補正関数 $B_Y(X')$ を、レーザ干渉計 18YP の計測値の補正に用いるものとしたが、これには限られず、レーザ干渉計 18YL, 18YR の計測値の補正に用いるようにしてもよいのは勿論である。

【0115】

また、本実施形態では、図 11(A) に示される計測用レチクル R_T を用いたがこれには限られない。例えば、パターン A_2, B_2, C_2, D_2 のみ形成されたレチクルを用いてもよい。各パターンは、ライン・アンド・スペース・パターンであってもよいし、ボックスマークであってもよい。

【0116】

また、本実施形態では、ステップ 717 及びステップ 825 において、曲線補間法により得られる Y 軸方向に関する連続的な補正関数を、第 1 及び第 2 の補正情報として検出している。このようにすれば、離散的な X 位置だけでなく連続した X 位置に対応する移動鏡 27Y の反射面の曲がりを検出することができ、その補正関数を用いて連続で滑らかな補正を実現することができる。なお、曲線補間時に採用される曲線としては、上述したスプライン曲線のほか、ベジェ曲線などのあらゆる曲線を採用することができる。

【0117】

もっとも、補間方法は、曲線補間には限られず、直線補間であってもよい。また、補正関数を生成することなく、サブルーチン 601 及びサブルーチン 603 で求められた X 位置 X における移動鏡曲がりのデータを X 軸方向に関してマッピングすることにより生成される補正マップを不図示の記憶装置に格納しておき、その補正マップを用いて計測値の補正等を行うようにしてもよい。この場合でも、ウエハステージ WST の X 位置が補正マップ上の X 位置でない場合には、補正マップ上の近傍の X 位置での補正マップの値の補間値を、計測値の補正量とすることができる。

【0118】

また、本実施形態の露光装置 100 では、ステップ 613 における走査露光時には、アッペ誤差の補正に際し、レチクルステージ RST の位置を調整している。このようにしても、レチクル R とウエハ W との相対位置を補正して、ウエハ W 上に転写されるショット領域のアッペ誤差等による位置ずれを低減することができるからである。もっとも、これに限らず、ウエハステージ WST の位置情報を直接補正してもよいのは勿論である。また、移動鏡 27Y の X 軸方向に関する補正関数 $D_Y(X, Z_A)$ についてはウエハステージ W

10

20

30

40

50

S Tの位置情報の補正に用いて、アップ誤差の補正に用いる補正関数 $P(X')$ 、 $BY(X')$ については、レチクルステージR S Tの移動指令の補正に用いるようにしてもよい。

【0119】

そして、本実施形態の露光動作では、上述のようにして作成された補正関数を用いて両ステージW S T, R S Tの相対位置を制御しつつ、ウエハステージW S T上のウエハWに対し、レチクルステージR S T上のレチクルRに形成されたパターンを転写するので、高精度な露光を実現することができる。

【0120】

もっとも、サブルーチン601, 603は、露光動作に先立って行われる必要はない。露光装置100の立ち上げ時、ウエハホルダを交換する時及びステージを交換する時にサブルーチン601, 603を行うようにしてもよい。

【0121】

また、本実施形態の露光装置100において、レーザ干渉計18YL, 18YRは、移動鏡27Yの反射面に対しY軸方向に平行な測長軸を有する測長ビームLYL, LYRを照射するダブルパス方式の干渉計とし、レーザ干渉計18YPを、その反射面に対し前記Y軸方向に平行な測長軸を有する測長ビームを照射するシングルパス方式の干渉計としたが、レーザ干渉計18YL, 18YR, 18YPは、すべてダブルパス方式の干渉計であってもよいし、シングルパス方式の干渉計であってもよい。上記実施形態のようにレーザ干渉計18YPをシングルパス方式とし、レーザ干渉計18YL, 18YRをダブルパス方式とした場合には、移動鏡の傾斜の計測誤差が大きくなる傾向にあるため、本実施形態におけるサブルーチン603で生成される補正関数 $BY(X')$ による補正は、著しい効果を発揮する。また、本実施形態の露光装置において、レーザ干渉計YPを計測点YA, YB間のY位置の差分を計測する差動型の干渉計としているが、これに換えて、計測点YAの参照鏡に対するY位置及び計測点YBの参照鏡に対するY位置をそれぞれ独立に計測する2つの絶対値計測型の干渉計としても構わない。この場合、それぞれ独立に計測された計測値の差分をとることで移動鏡27YのZ軸方向に関する傾斜成分を求めることができる。更にこの場合には、計測点YAを計測する干渉計をレーザ干渉計18YRと共用することもできる。このようにすれば、ウエハY干渉計システム18Yの有する干渉計の軸数を削減することができる。

【0122】

なお、上記実施形態では、計測用パターン(パターン $A_1 \sim A_3$, $B_1 \sim B_3$, $C_1 \sim C_3$, $D_1 \sim D_3$)が形成された計測用レチクル R_T によりウエハに対し実際にその計測用パターン R_T を転写し、その転写結果(パターンの位置ずれ量)に基づいてウエハステージW S T上の移動鏡曲がりの残差を求めたが、計測用レチクル R_T を用いて上記実施形態におけるサブルーチン603と同様の処理を行うことにより、露光装置100におけるウエハW上のショット配列(いわゆるウエハグリッド)の歪みをも計測することができる。以下では、ウエハグリッドの歪みの計測方法について説明する。

【0123】

この計測に際しては、まず、図8のサブルーチン603(具体的には、ステップ805)と同様に、m行n列のショット領域を、隣接する像同士のX軸方向及びY軸方向の端部が重なるように、ペアのウエハW上のほぼ全域に転写し、さらに、そのウエハWを現像して、図13(A)に示されるように、マトリクス状にショット領域 $S(m, n)$ を形成する(第1工程)。なお、ここでも、X軸方向を列方向(列番号をnとする)とし、Y軸方向を行方向(行番号をmとする)としている。

【0124】

図13(B)には、ショット領域 $S(m, n)$ と、それに隣接するショット領域 $S(m, n+1)$ とショット領域 $S(m+1, n)$ とが代表的に示されている。図13(B)に示されるように、ショット領域 $S(m, n+1)$ は、ショット領域の配列(グリッド)に歪みがなければ、ショット領域 $S(m, n)$ を基準とした場合に、点線で示される位置に

10

20

30

40

50

形成されるはずである。しかしながら、実際には、ショット領域 $S(m, n+1)$ は、実線で示される位置に形成されているものとする。この場合、ショット領域 $S(m, n+1)$ の中心は、図 13 (B) に示されるように、X 軸方向に $SX(m, n)$ 、Y 軸方向に $BY(m, n)$ ほど位置ずれしている。また、ショット領域 $S(m+1, n)$ についても、その形成位置は、グリッド歪みがないとしたときの点線で示される位置から実線で示される位置に位置ずれしているものとし、この中心の位置ずれ量を、X 軸方向に $BX(m, n)$ 、Y 軸方向に $SY(m, n)$ とする。

【0125】

この位置ずれ量 $SX(m, n)$ 、 $BY(m, n)$ 、 $BX(m, n)$ 、 $SY(m, n)$ は、隣接するショット領域が重なった部分に形成されたパターンの位置ずれ量から求めることができる。すなわち、ショット領域 $S(m, n)$ のパターン $C_1 \sim C_3$ の像と、ショット領域 $S(m, n+1)$ のパターン $A_1 \sim A_3$ の像との X 軸方向及び Y 軸方向の位置ずれ量の平均値が、それぞれ $SX(m, n)$ 、 $BY(m, n)$ に対応し、ショット領域 $S(m, n)$ のパターン $D_1 \sim D_3$ の像と、ショット領域 $S(m+1, n)$ のパターン $B_1 \sim B_3$ の像との X 軸方向及び Y 軸方向の位置ずれ量の平均値が、それぞれ $BX(m, n)$ 、 $SY(m, n)$ に対応する。これらのパターン像同士の位置ずれ量は、上記実施形態（ステップ 811）と同様に、アライメント検出系 AS を用いて検出することができる。

【0126】

上述のようにして求められた位置ずれ量は、あくまで、隣接するショット領域に対する相対的な位置ずれ量である。そこで、本実施形態では、これらの位置ずれ量を積算し、各ショット領域 $S(m, n+1)$ におけるショット中心の座標 (X_{n+1}, Y_m) のずれ量 $X(X_{n+1}, Y_m)$ 、及びショット領域 $S(m+1, n)$ におけるショット中心の座標 (X_n, Y_{m+1}) のずれ量 $X(X_n, Y_{m+1})$ を次式を用いて算出する。

【0127】

【数 8】

$$\Delta X(X_{n+1}, Y_m) = \sum_{j=n_{\min}}^{n+1} SX(m, j) \quad \dots(16)$$

$$\Delta Y(X_{n+1}, Y_m) = \sum_{j=n_{\min}}^{n+1} BY(m, j) \quad \dots(17)$$

$$\Delta X(X_n, Y_{m+1}) = \sum_{i=m_{\min}}^{m+1} BX(i, n) \quad \dots(18)$$

$$\Delta Y(X_n, Y_{m+1}) = \sum_{i=m_{\min}}^{m+1} SY(i, n) \quad \dots(19)$$

ここで、 n_{\min} は、m 行において、最も - X 側に存在するショット領域の列番号であり、 m_{\min} は、n 列において、最も - Y 側に存在するショット領域の行番号であるものとする。すなわち、ショット領域 $S(m, n+1)$ における中心座標 $(X_{m, n+1}, Y_{m, n+1})$ における X 軸及び Y 軸方向に関するグリッドの歪み量は、ショット領域 $S(m, n_{\min})$ からショット領域 $S(m, n+1)$ までの $SX(m, j)$ 、 $BY(m, j)$ の積算値となる ($j = n_{\min} \sim n+1$)。また、ショット領域 $S(m+1, n)$ における中心座標 $(X_{m+1, n}, Y_{m+1, n})$ における X 軸及び Y 軸方向に関するグリッドの歪み量は、ショット領域 $S(m_{\min}, n)$ からショット領域 $S(m+1, n)$ までの $BX(i, n)$ 、 $SY(i, n)$ の積算値となる ($i = m_{\min} \sim m+1$)。

【0128】

なお、上記式 (16)、式 (17)、式 (18)、式 (19) における境界条件としては、それぞれ $X(X_{n_{\min}}, Y_m) = 0$ 、 $Y(X_{n_{\min}}, Y_m) = 0$ 、 $X(X_n, Y_{m_{\min}}) = 0$ 、 $Y(X_n, Y_{m_{\min}}) = 0$ がそれぞれ設定され、設定された境界条件に基づいて、位置座標 (X_n, Y_m) におけるグリッドの歪み量 $X(X_n, Y_m)$ 、 $Y(X_n, Y_m)$

10

20

30

40

50

が算出される。

【0129】

上記式(16)、式(17)、式(18)、式(19)を用いて、位置座標(X_n, Y_m)におけるX軸及びY軸方向に関するグリッドの歪み量 $X(X_n, Y_m)$ 、 $Y(X_n, Y_m)$ を算出した後は、この検出結果に基づいて、2次元の補正マップを算出する(第2工程)。

【0130】

なお、この場合、位置座標(X_n, Y_m)におけるX軸及びY軸方向に関するグリッドの歪み量の補正マップに対し、それぞれ3次関数又はフーリエ級数の多項式などによる関数フィッティングを行うようにしてもよい。図14には、理想的な配列基準に対する実際のショット配列のずれの一例が示されている。この図14では、ショット領域 $S(m, n)$ のショット中心の座標(X_n, Y_m)の設計値が、点線で格子上に結ばれている。そして、実線で示される縦線、横線は、各行、各列に対応する、上記関数フィッティングにより作成されたグリッドの歪み量を表す補正関数 $F(X_1)$ 、 $F(X_2)$ 、 $F(X_3)$ 、...、 $F(X_7)$ 、 $F(Y_1)$ 、 $F(Y_2)$ 、 $F(Y_3)$ 、...、 $F(Y_7)$ を、点線で示される理想的なグリッド(配列基準)からのずれで模式的に表した線である。

【0131】

なお、上記式(16)~式(19)を全て計算した場合には、同一のXY座標で、2つの $X(X_n, Y_m)$ 、 $Y(X_n, Y_m)$ が算出されるようになる。この場合、その2つの値の平均値を最終的な $X(X_n, Y_m)$ 、 $Y(X_n, Y_m)$ として算出して、その平均値を用いて補正マップ又は補正関数の作成に用いるようにしてもよいし、いずれか一方を選択するようにしてもよい。また、グリッドの歪み量の算出においては、式(16)、式(17)の算出結果の重みと、式(18)、式(19)の算出結果の重みとの比を1:1とせず、どちらかの式の算出結果に比重を置くようにしても良い。この場合、式(18)、式(19)に関しては、それらの式を求める際に用いるグリッドの歪み量に関し、行毎の平均値(すなわちj列($j = n_{min} \sim n_{max}$))での平均値)を算出し、その算出結果を補正マップ又は補正関数の生成に用いるようにしてもよい。

【0132】

上述のようにして作成された補正マップ又は補正関数は、上記実施形態と同様にステージ制御装置19の同期制御ユニット80に設定される。そして、ステージ制御装置19の同期制御ユニット80において設定された補正関数に基づいて、ウエハステージWSTとレチクルステージRSTとの相対位置制御が行われ、ステップ613と同様な走査露光を行う(第3工程)。このようにすれば、露光装置100に固有のショット領域の配列の歪みによる影響をキャンセルすることができるので、より高精度な重ね合わせ露光を実現することができる。

【0133】

これまでの説明から明らかなように、このウエハグリッドの歪みの補正するにあたっては、主制御装置20が、転写装置と制御装置の一部とに対応し、ステージ制御装置19が、制御装置の一部に対応する。

【0134】

以上述べたように、この方法によれば、パターン像を含むショット領域 $S(m, n)$ をウエハ上にマトリクス状に転写形成し、隣接するショット領域 $S(m, n)$ でのパターンの転写位置の位置ずれ量 $SX(m, n)$ 、 $BY(m, n)$ 、 $BX(m, n)$ 、 $SY(m, n)$ に基づいてXY平面内におけるショット領域 $S(m, n)$ の配列基準からのずれに関する情報を検出する。このようにすれば、実際の転写結果により、ショット領域の配列基準からのずれに関する情報を精度良く検出することができる。

【0135】

なお、この場合にも、グリッドの歪み量に基づいて、レチクルステージRSTの位置でなく、ウエハステージWSTの位置を補正するようにしてもよい。

【0136】

10

20

30

40

50

なお、上記実施形態では、ウエハステージ W S T に設けられた移動鏡 2 7 Y 等の曲がり及び傾斜を補正する補正関数を生成したが、同様にして、レチクルステージ R S T 上に設けられた移動鏡の曲がり及び傾斜を補正する場合にも、本発明を適用することができることはいうまでもない。

【 0 1 3 7 】

ところで、露光装置のレチクルステージあるいはウエハステージとして、粗動ステージと微動ステージとで構成されるステージ（以下、「粗微動型ステージ」という）が知られている。この場合、微動ステージは、レチクルまたはウエハを保持するとともに、比較的短いストロークを高精度（高応答性）に位置決めできるように構成される。また、粗動ステージは、微動ステージを比較的長い距離にわたって移動させることができるように構成される。本発明は、このような粗微動型ステージを有する露光装置においても適用することができる。この場合、上記実施形態におけるレチクルステージ R S T は、レチクルを保持するレチクル微動ステージに対応するように、また、上記実施形態におけるウエハステージ W S T は、ウエハを保持するウエハ微動ステージに対応するよう設定すればよい。

10

【 0 1 3 8 】

なお、複数のレンズから構成される投影光学系 P L を露光装置本体に組み込み、その後、光学調整をするとともに、多数の機械部品からなるレチクルステージ R S T やウエハステージ W S T を露光装置本体に取り付けて配線や配管を接続し、更に総合調整（電気調整、動作確認等）をすることにより、上記実施形態の露光装置 1 0 0 を製造することができる。なお、露光装置の製造は温度及びクリーン度等が管理されたクリーンルームで行うことが望ましい。

20

【 0 1 3 9 】

また、上記実施形態では、ステップ・アンド・スキャン方式等の走査型露光装置に本発明が適用された場合について説明したが、本発明の適用範囲がこれに限定されないことは勿論である。すなわちステップ・アンド・リピート方式の縮小投影露光装置にも本発明は好適に適用できる。また、ショット領域とショット領域とを合成するステップ・アンド・スティッチ方式の縮小投影露光装置における露光にも本発明を好適に適用することができる。また、ウエハステージを 2 基備えたツインステージ型の露光装置にも適用できる。また、液浸法を用いる露光装置にも本発明を適用することができるのは勿論である。

【 0 1 4 0 】

露光装置の用途としては半導体製造用の露光装置に限定されることなく、例えば、角型のガラスプレートに液晶表示素子パターンを転写する液晶用の露光装置や、有機 E L、薄膜磁気ヘッド、撮像素子（C C D 等）、マイクロマシン及び D N A チップなどを製造するための露光装置にも広く適用できる。また、半導体素子などのマイクロデバイスだけでなく、光露光装置、E U V 露光装置、X 線露光装置、及び電子線露光装置などで使用されるレチクル又はマスクを製造するために、ガラス基板又はシリコンウエハなどに回路パターンを転写する露光装置にも本発明を適用できる。

30

【 0 1 4 1 】

また、上記実施形態の露光装置の光源は、A r F エキシマレーザ光源に限らず、K r F エキシマレーザ光源、F₂レーザ光源などのパルスレーザ光源や、g 線（波長 4 3 6 n m）、i 線（波長 3 6 5 n m）などの輝線を発する超高圧水銀ランプなどを用いることも可能である。また、D F B 半導体レーザ又はファイバーレーザから発振される赤外域、又は可視域の単一波長レーザ光を、例えばエルビウム（又はエルビウムとイッテルビウムの両方）がドープされたファイバーアンプで増幅し、非線形光学結晶を用いて紫外光に波長変換した高調波を用いても良い。また、投影光学系の倍率は縮小系のみならず等倍および拡大系のいずれでも良い。

40

【 0 1 4 2 】

また、上記実施形態では、露光装置の照明光 I L としては波長 1 0 0 n m 以上の光に限らず、波長 1 0 0 n m 未満の光を用いても良いことはいうまでもない。例えば、近年、7 0 n m 以下のパターンを露光するために、S O R やプラズマレーザを光源として、軟 X 線

50

領域（例えば5～15nmの波長域）のEUV（Extreme Ultraviolet）光を発生させるとともに、その露光波長（例えば13.5nm）の下で設計されたオール反射縮小光学系、及び反射型マスクを用いたEUV露光装置の開発が行われている。この装置においては、円弧照明を用いてマスクとウエハを同期走査してスキャン露光する構成が考えられる。

【0143】

また、電子線又はイオンビームなどの荷電粒子線を用いる露光装置にも、本発明は適用できる。なお、電子線露光装置は、ペンシルビーム方式、可変成形ビーム方式、セルブロジェクション方式、ブランキング・アパーチャ・アレイ方式、及びマスク投影方式のいずれであっても良い。例えば、電子線を用いる露光装置では、電磁レンズを備えた光学系が
10

【0144】

半導体デバイスは、デバイスの機能・性能設計を行うステップ、この設計ステップに基づいたレチクルを製作するステップ、シリコン材料からウエハを製作するステップ、前述した実施形態の露光装置によりレチクルのパターンをウエハに転写するステップ、デバイス組み立てステップ（ダイシング工程、ボンディング工程、パッケージ工程を含む）、検査ステップ等を経て製造される。

【産業上の利用可能性】

【0145】

以上述べたように、本発明のステージ制御方法及びステージ装置は、露光に用いられる物体を保持するステージを制御するのに適しており、本発明の露光方法は、半導体素子、
20 液晶表示素子等を製造するためのリソグラフィ工程に適しており、本発明のデバイス製造方法は、マイクロデバイスの生産に適している。

【図面の簡単な説明】

【0146】

【図1】本発明の一実施形態に係る露光装置の構成を概略的に示す図である。

【図2】図2（A）は、ウエハステージ及びウエハ干渉計システムの構成を概略的に示す図であり、図2（B）は、移動鏡上におけるウエハ干渉計システムの計測点を示す図であり、図2（C）は、2つの計測点が下段にあるときの図である。

【図3】ステージ制御装置の概略的な構成を示すブロック図である。

【図4】移動鏡曲がりの説明するための図である。
30

【図5】図5（A）は、アッペ誤差によりレチクルステージの位置が補正される様子を示す図であり、図5（B）は、移動鏡の傾斜によりレチクルステージの位置が補正される様子
を示す図である。

【図6】本発明の一実施形態における露光装置での露光動作を示すフローチャートである。

【図7】干渉計による移動鏡曲がり計測のサブルーチンを示すフローチャートである。

【図8】焼付けによる移動鏡曲がり計測のサブルーチンを示すフローチャートである。

【図9】干渉計による移動鏡曲がり計測を行う際のウエハステージの移動の様子を示す図
である。

【図10】上下段の移動鏡曲がりの補正関数を示す図である。
40

【図11】図11（A）は、計測用レチクルの全体図であり、図11（B）は、パターンA₁の拡大図であり、図11（C）は、パターンB₁の拡大図である。

【図12】計測用レチクルの焼付け結果の一例を示す図である。

【図13】図13（A）は、グリッド補正情報を検出する際のウエハWへの焼付け結果を示す図であり、図13（B）は、その焼付け結果におけるショット領域S（n，m）周辺の
拡大図である。

【図14】理想的なグリッドと、実際のグリッドとのずれを示す図である。

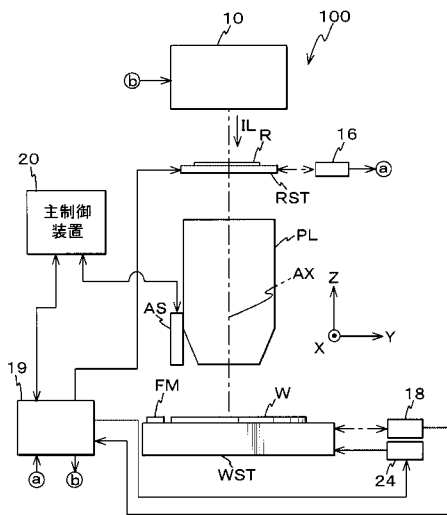
【符号の説明】

【0147】

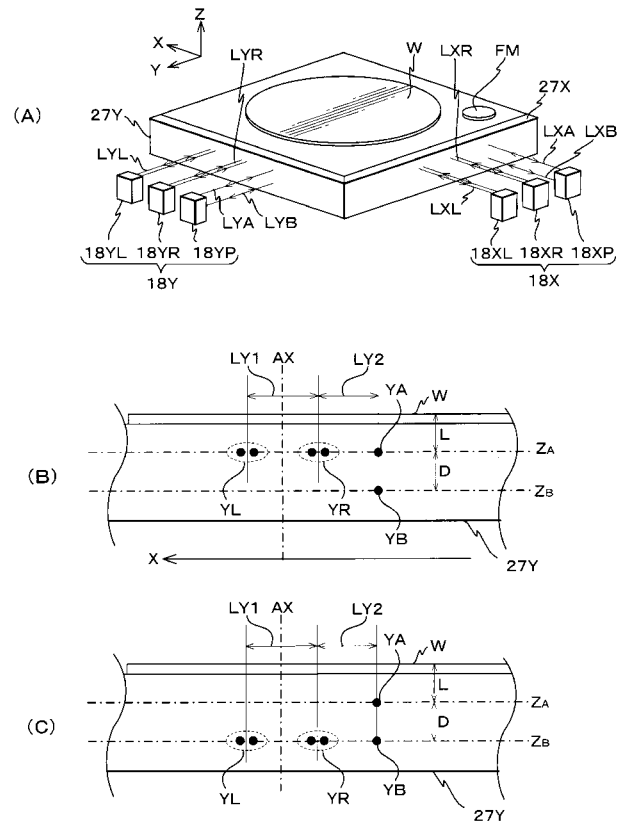
18...ウエハ干渉計システム（計測装置）、18YL，18YR，18XL，18YR
50

... レーザ干渉計 (第 1 計測装置、第 1 装置)、18 Y P, 18 X P ... レーザ干渉計 (第 2 計測装置、第 2 装置)、19 ... ステージ制御装置 (制御装置)、20 ... 主制御装置 (第 1 生成装置、第 2 生成装置、転写装置、制御装置の一部)、24 ... ウエハステージ駆動部、100 ... 露光装置、P L ... 投影光学系、R ... レチクル (マスク)、R_T ... 計測用レチクル、R S T ... レチクルステージ (マスクステージ)、W ... ウエハ (物体)、W S T ... ウエハステージ (物体ステージ)。

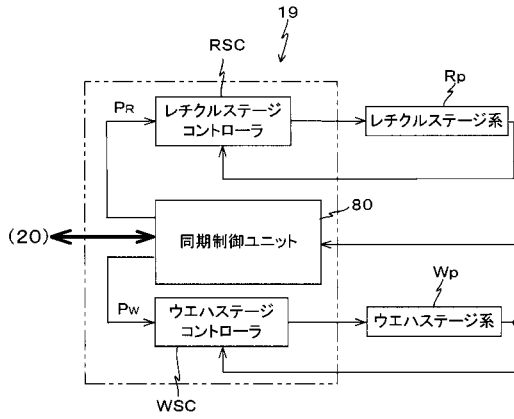
【 図 1 】



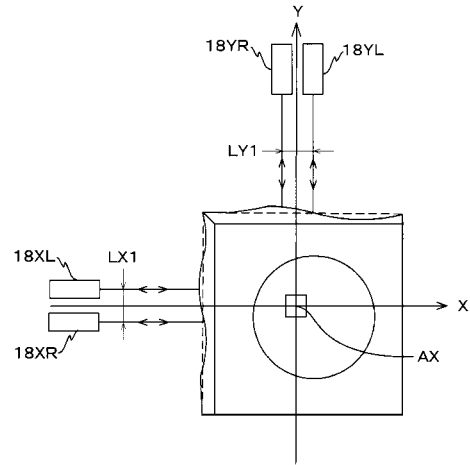
【 図 2 】



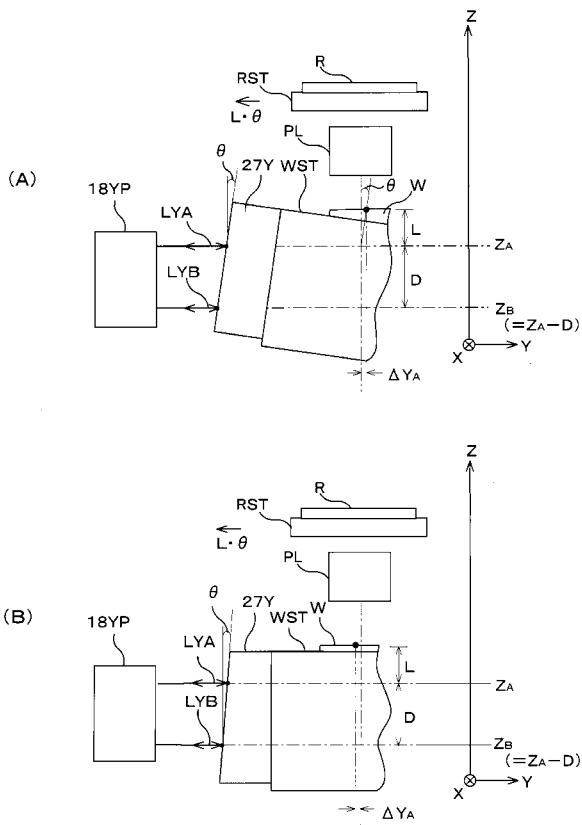
【 図 3 】



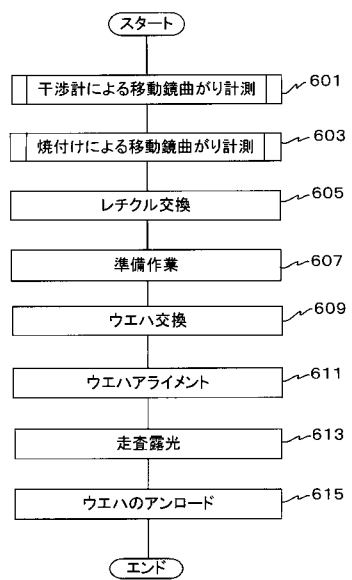
【 図 4 】



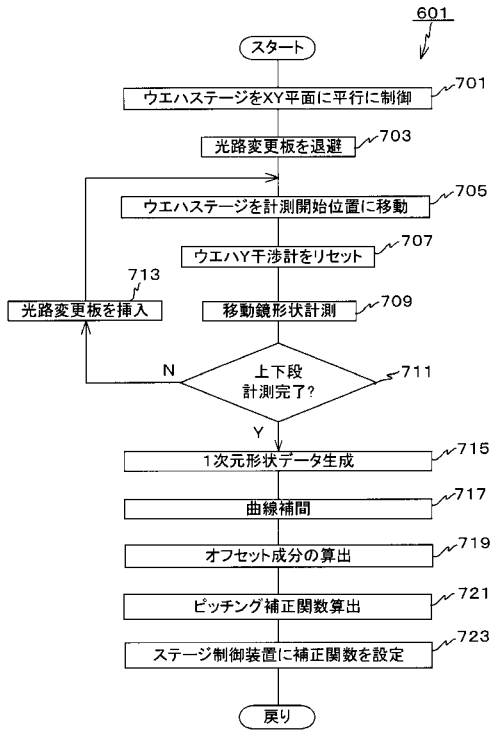
【 図 5 】



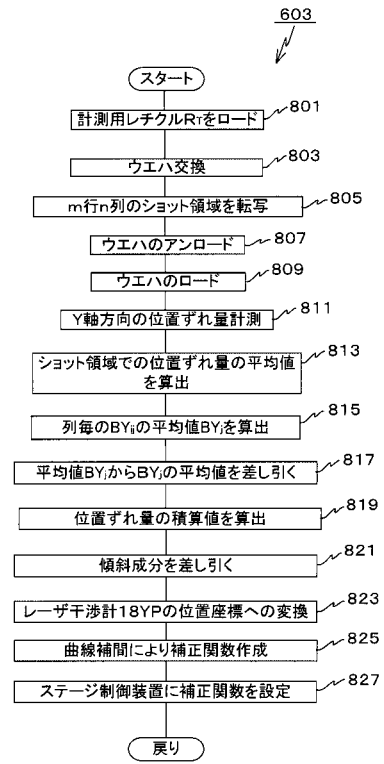
【 図 6 】



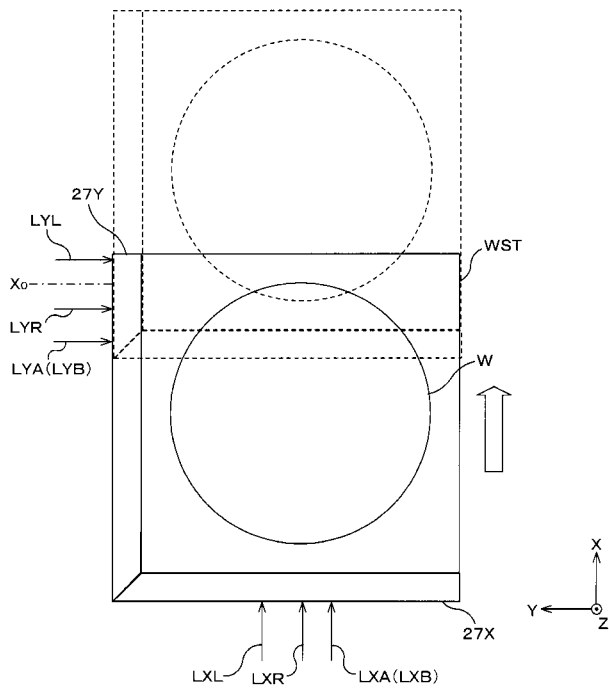
【 図 7 】



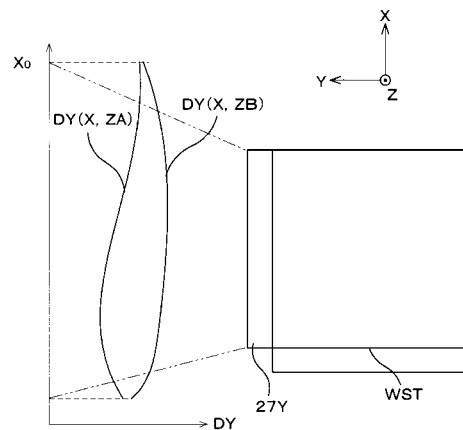
【 図 8 】



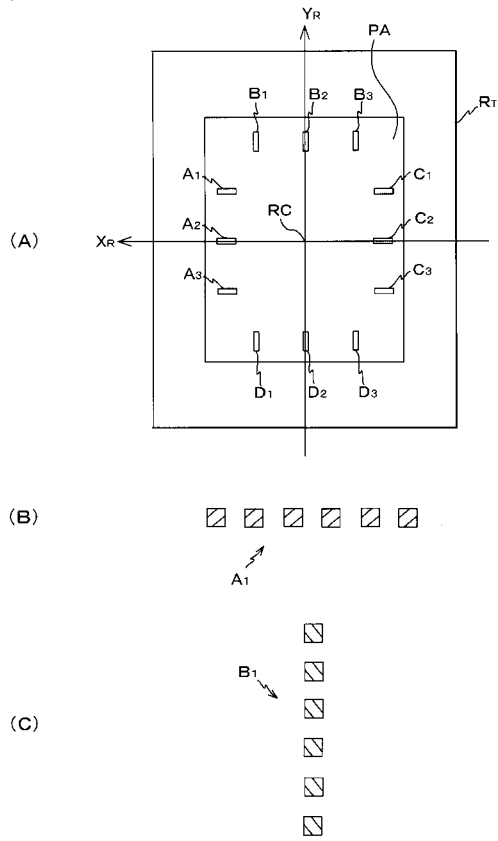
【 図 9 】



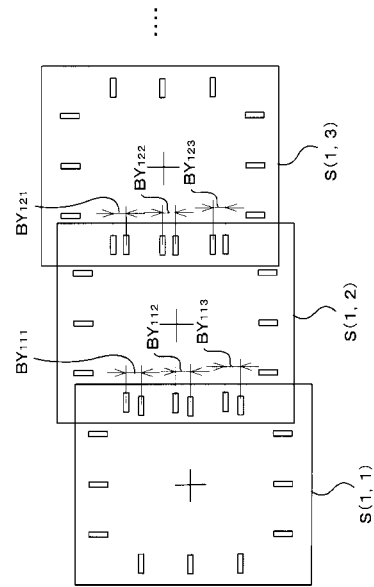
【 図 10 】



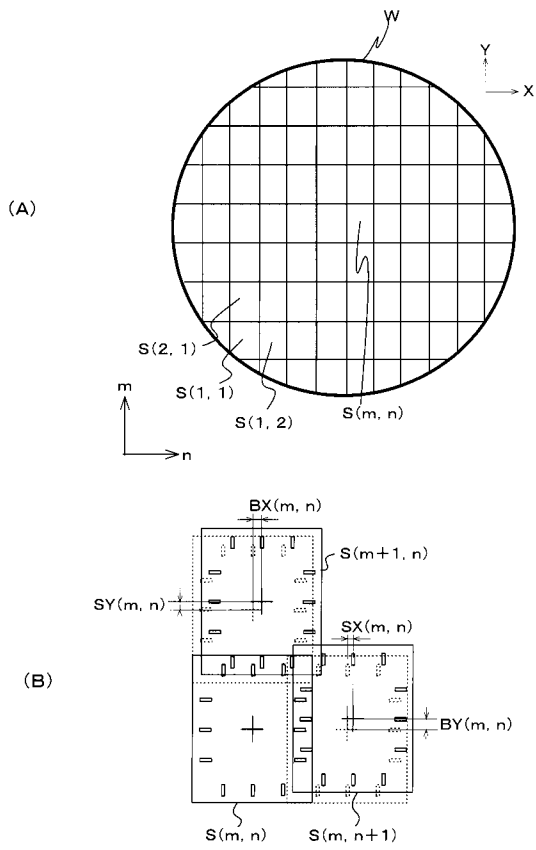
【 図 1 1 】



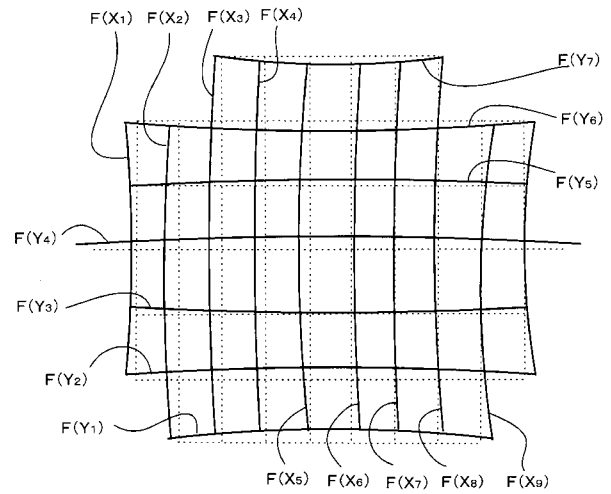
【 図 1 2 】



【 図 1 3 】



【 図 1 4 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5F046 BA05 CC01 CC02 CC03 CC16 DA06 DA07 DA08 DB05 DB11
DC05 DC12