

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2009年1月29日 (29.01.2009)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2009/013903 A1

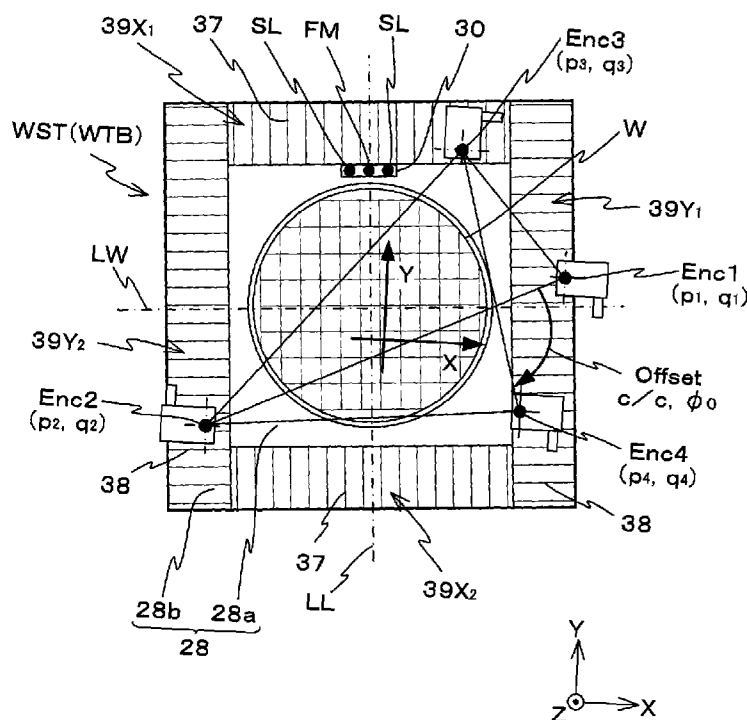
- (51) 国際特許分類:
H01L 21/027 (2006.01) G03F 7/20 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2008/001974
- (22) 国際出願日: 2008年7月24日 (24.07.2008)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2007-192657 2007年7月24日 (24.07.2007) JP
特願2007-341385
2007年12月28日 (28.12.2007) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社
ニコン (NIKON CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008331
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 柴崎祐一

(SHIBAZAKI, Yuichi) [JP/JP]; 〒1008331 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 Tokyo
(JP).(74) 代理人: 立石篤司 (TATEISHI, Atsuji); 〒2060035 東
京都多摩市唐木田一丁目5番地9 唐木田センタ
ビル 立石国際特許事務所 Tokyo (JP).(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が
可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG,
BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE,
DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH,
GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM,
KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA,
MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE,
SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ,
UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[続葉有]

(54) Title: MOBILE OBJECT DRIVING METHOD, MOBILE OBJECT DRIVING SYSTEM, PATTERN FORMING METHOD
AND APPARATUS, EXPOSURE METHOD AND APPARATUS AND DEVICE MANUFACTURING METHOD(54) 発明の名称: 移動体駆動方法及び移動体駆動システム、パターン形成方法及び装置、露光方法及び装置、並び
にデバイス製造方法

[図19]



(57) Abstract: Position information within a moving plane of a stage (WST) is measured by using three encoders including at least an X encoder and a Y encoder. Based on the position measurement value of the stage (WST), the encoders to be used for position measurement are switched from encoders (Enc1, Enc2 and Enc3) to encoders (Enc4, Enc2 and Enc3). At the time of switching, a coordinate connecting method or a phase connecting method is applied, and an initial value of the encoder (Enc4) to be newly used is set. Thus, irrespective of sequential switching of the encoders to be used for position measurement of the stage (WST), the stage position measurement values are stored before and after switching, and the stage is accurately two-dimensionally driven.

(57) 要約: XエンコーダとYエンコーダとを少なくとも各1つ含む3つのエンコーダを用いて、ステージ(WST)の移動面内の位置情報を計測する。ステージ(WST)の位置計測値に基づいて、位置計測に用いるエンコーダを、

[続葉有]

WO 2009/013903 A1



(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE,

SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

エンコーダ (Enc 1, Enc 2 及び Enc 3) から、エンコーダ (Enc 4, Enc 2 及び Enc 3) に切り換える。切り換えの際、座標つなぎ法又は位相つなぎ法を適用して、新たに使用するエンコーダ (Enc 4) の初期値を設定する。それにより、ステージ (WST) の位置計測に用いるエンコーダが逐次切り換えられるにもかかわらず、切り換えの前後でステージの位置計測値が保存され、ステージを正確に 2 次元駆動することができる。

明 細 書

移動体駆動方法及び移動体駆動システム、パターン形成方法及び装置、露光方法及び装置、並びにデバイス製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、移動体駆動方法及び移動体駆動システム、パターン形成方法及び装置、露光方法及び装置、並びにデバイス製造方法に係り、さらに詳しくは、移動体を所定面に沿って駆動する移動体駆動方法及び移動体駆動システム、前記移動体駆動方法を利用したパターン形成方法及び前記移動体駆動システムを備えるパターン形成装置、前記移動体駆動方法を利用した露光方法及び前記移動体駆動システムを備える露光装置、並びに前記パターン形成方法を利用したデバイス製造方法に関する。

背景技術

[0002] 従来、半導体素子、液晶表示素子等のマイクロデバイス（電子デバイスなど）の製造におけるリソグラフィ工程では、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）、ステップ・アンド・スキャン方式の走査型投影露光装置（いわゆるスキャニング・ステッパ（スキャナとも呼ばれる））などが比較的多く用いられている。

[0003] この種の露光装置では、ウエハ又はガラスプレートなどの基板（以下、ウエハと総称する）上の複数のショット領域にレチクル（又はマスク）のパターンを転写するために、ウエハを保持するウエハステージは2次元方向に例えばリニアモータ等により駆動される。ウエハステージ等の位置計測は、長期に渡って計測値の安定性が良好で、高分解能なレーザ干渉計を用いて行われるのが、一般的であった。

[0004] しかるに、半導体素子の高集積化に伴う、パターンの微細化により、より高精度なステージの位置制御性能が要求されるようになり、今や、レーザ干渉計のビーム路上の雰囲気温度変化や温度勾配の影響で発生する空気揺らぎに起因する計測値の短期的な変動がオーバーレイバジェット中の大きなウエ

イトを占めるようになっている。

[0005] 一方、ステージの位置計測に使用されるレーザ干渉計以外の計測装置として、エンコーダがあるが、エンコーダは、スケールを使用するため、そのスケールの機械的な長期安定性（格子ピッチのドリフト、固定位置ドリフト、熱膨張等）に欠け、このためレーザ干渉計に比べて、計測値のリニアリティに欠け、長期安定性に劣るという欠点を有している。

[0006] 上述のレーザ干渉計とエンコーダとの欠点に鑑みて、レーザ干渉計とエンコーダ（回折格子を用いる位置検出センサ）とを併用して、ステージの位置を計測する装置が、種々提案されている（例えば特許文献 1 参照）。

[0007] また、従来のエンコーダの計測分解能は、干渉計に比べて劣っていたが、最近では、計測分解能が、レーザ干渉計と同程度以上のエンコーダが出現しており（例えば、特許文献 2 参照）、上述のレーザ干渉計とエンコーダとを組み合わせる技術が、注目されるようになってきた。

[0008] 例えば露光装置で、エンコーダを用いてスケール（グレーティング）が設けられたウエハステージの移動面内の位置計測を行う場合には、広範囲なウエハステージの移動範囲をカバーするため、複数のヘッドを所定間隔で 2 次元面内に配置することが考えられる。しかるに、このような配置の複数ヘッドを用いる場合、制御に用いるヘッドの切り換えを、ウエハステージの円滑な動作を妨げることなく、行うことが重要である。

[0009] 特許文献 1：特開 2002-151405 号公報

特許文献 2：特開 2005-308592 号公報

発明の開示

課題を解決するための手段

[0010] 本発明は、第 1 の観点からすると、互いに直交する第 1 軸及び第 2 軸を含む所定面に沿って移動体を駆動する移動体駆動方法であって、前記第 2 軸と平行な方向に関して位置が異なる複数の第 1 エンコーダヘッドと、前記第 1 軸と平行な方向に関して位置が異なる複数の第 2 エンコーダヘッドとのうち、前記移動体の前記所定面と平行な一面に設けられた前記第 1 軸に平行な方

向を周期方向とする一対の第 1 グレーティング及び前記第 2 軸に平行な方向を周期方向とする一対の第 2 グレーティングから選択された 3 つのグレーティングにそれぞれ対向する 3 つのエンコーダヘッドの計測値に基づいて前記移動体の位置座標を求める第 1 工程と；該位置座標が、エンコーダヘッドの切り換えの前後で維持されるように、新たに使用を開始するエンコーダヘッドの計測値を再設定する第 2 工程と；を含む第 1 の移動体駆動方法である。

[0011] これによれば、エンコーダヘッドの切り換えの際に、その切り換えの前後で移動体の位置座標が維持される。

[0012] 本発明は、第 2 の観点からすると、互いに直交する第 1 軸及び第 2 軸を含む所定面に沿って移動体を駆動する移動体駆動方法であって、前記第 2 軸と平行な方向に関して位置が異なる複数の第 1 エンコーダヘッドと、前記第 1 軸と平行な方向に関して位置が異なる複数の第 2 エンコーダヘッドとのうち、前記移動体の前記所定面と平行な一面に設けられた前記第 1 軸に平行な方向を周期方向とする一対の第 1 グレーティング及び前記第 2 軸に平行な方向を周期方向とする一対の第 2 グレーティングから選択された 3 つのグレーティングにそれぞれ対向する 3 つのエンコーダヘッドの計測値に基づいて前記移動体の位置座標を求める第 1 工程と；前記移動体の位置座標に基づき、切り換え後に新たに使用されるエンコーダヘッドによる計測単位の計測値のみを再設定する第 2 工程と；を含む第 2 の移動体駆動方法である。

[0013] これによれば、移動体の移動に伴い、移動体の位置制御（位置計測）に用いられるエンコーダヘッドが連続して切り換えられる場合であっても、切り換えの都度、誤差が累積することがない。

[0014] 本発明は、第 3 の観点からすると、互いに直交する第 1 軸及び第 2 軸を含む所定面に沿って移動体を駆動する移動体駆動方法であって、前記第 2 軸と平行な方向に関して位置が異なる複数の第 1 ヘッドと、前記第 1 軸と平行な方向に関して位置が異なる複数の第 2 ヘッドとのうち、前記移動体の前記所定面と平行な一面に設けられた前記第 1 軸に平行な方向を周期方向とする一対の第 1 グレーティング及び前記第 2 軸に平行な方向を周期方向とする一対

の第2グレーティングから選択された3つのグレーティングにそれぞれ対向する3つのヘッドを含むエンコーダのヘッド組の計測値に基づいて、前記移動体の前記所定面内の位置を制御する第1工程と；前記平面内における前記移動体の位置が切り換えの前後で連続になるように、前記移動体の位置制御に用いるヘッド組を、前記ヘッド組とは少なくとも1つが異なる3つのヘッドを含む別のヘッド組に切り換える第2工程と；を含む第3の移動体駆動方法である。

[0015] これによれば、ヘッド組の切り換えの前後で、移動体の位置（所定面内の回転を含む）が維持される（位置座標が保存される）。

[0016] 本発明は、第4の観点からすると、互いに直交する第1軸及び第2軸を含む所定面に沿って移動体を駆動する移動体駆動方法であって、前記第2軸と平行な方向に関して位置が異なる複数の第1ヘッド、及び前記第1軸と平行な方向に関して位置が異なる複数の第2ヘッドのうち、前記移動体の前記所定面と平行な一面に設けられた前記第1軸に平行な方向を周期方向とする一対の第1グレーティング及び前記第2軸に平行な方向を周期方向とする一対の第2グレーティングから選択された3つのグレーティングにそれぞれ対向する3つのヘッドを含むエンコーダのヘッド組の計測値に基づいて、前記移動体の前記所定面内の位置を制御する第1工程と；前記移動体の位置制御に用いるヘッド組を、前記移動体の位置に基づいて算出される計測単位のオフセットと、ヘッド毎に保持している計測単位以下のオフセットとを用いて、前記ヘッド組とは少なくとも1つが異なる3つのヘッドを含む別のヘッド組に切り換える第2工程と；を含む第4の移動体駆動方法である。

[0017] これによれば、移動体の移動に伴い、移動体の位置制御に用いられるヘッド組が連続して切り換えられる場合であっても、切り換えの都度、誤差が累積することがない。

[0018] 本発明は、第5の観点からすると、互いに直交する第1軸及び第2軸を含む所定面に沿って移動体を駆動する移動体駆動方法であって、前記第2軸と平行な方向に関して位置が異なる複数の第1ヘッドと、前記第1軸と平行な

方向に関して位置が異なる複数の第2ヘッドとのうち、前記移動体の前記所定面と平行な一面に設けられた前記第1軸に平行な方向を周期方向とする一対の第1グレーティング及び前記第2軸に平行な方向を周期方向とする一対の第2グレーティングから選択された3つのグレーティングにそれぞれ対向する3つのヘッドを含むエンコーダのヘッド組の計測値に基づいて、前記移動体の前記所定面内の位置を制御する第1工程と；前記所定面内における前記移動体の位置が切り換えの前後で連続になるように、前記移動体の位置制御に用いるヘッド組を、前記ヘッド組とは少なくとも1つが異なる3つのヘッドを含む別のヘッド組に切り換えるとともに、その切り換えに際し、切り換え後にのみ使用される特定ヘッドの計測単位のオフセットを、前記移動体の位置に基づいて決定し、決定した計測単位のオフセットに基づき、切り換え前後の前記移動体の位置が一致するように前記特定ヘッドの計測単位以下のオフセットを決定する処理を、複数の第1ヘッド及び／又は第2ヘッドを前記特定ヘッドとして行う第2工程と；前記計測単位以下のオフセットが更新されるまでの間、前記移動体の移動に伴って発生するヘッド組の切り換えを要するタイミング毎に、前記移動体の位置制御に用いるヘッド組を、前記移動体の位置に基づいて算出される計測単位のオフセットと、ヘッド毎に保持している計測単位以下のオフセットとを用いて、前記ヘッド組とは少なくとも1つが異なる3つのヘッドを含む別のヘッド組に切り換える第3工程と；を含む第5の移動体駆動方法である。

- [0019] これによれば、複数のヘッドについて、計測単位のオフセット及び計測単位のオフセットが、切り換え前後の前記移動体の位置が一致するように決定され、計測単位以下のオフセットが更新されるまでの間、ヘッド組の切り換えに際し移動体の位置に基づいて算出される計測単位のオフセットとヘッド毎に保持している計測単位以下のオフセットとが用いられる。従って、移動体の移動に伴い、移動体の位置制御に用いられるヘッド組が連続して切り換えられる場合であっても、切り換えの都度、誤差が累積することがないとともに、高精度な移動体の位置制御が可能となる。

- [0020] 本発明は、第6の観点からすると、移動面内で移動可能な移動体上に物体を載置する工程と；前記物体に対してパターンを形成するため、本発明の第1～第5の移動体駆動方法のいずれかにより前記移動体を駆動する工程と；を含むパターン形成方法である。
- [0021] これによれば、本発明の第1～第5の移動体駆動方法のいずれかを用いて精度良く駆動される移動体上に載置された物体にパターンを形成することで、物体上に精度良くパターンを形成することが可能になる。
- [0022] 本発明は、第7の観点からすると、パターン形成工程を含むデバイス製造方法であって、前記パターン形成工程では、本発明のパターン形成方法を用いて物体上にパターンを形成するデバイス製造方法である。
- [0023] 本発明は、第8の観点からすると、エネルギービームの照射によって物体にパターンを形成する露光方法であって、前記エネルギービームと前記物体との相対移動のために、本発明の第1～第5の移動体駆動方法のいずれかを用いて、前記物体を載置する移動体を駆動する露光方法である。
- [0024] これによれば、物体に照射されるエネルギービームと前記物体との相対移動のために、本発明の第1～第4の移動体駆動方法のいずれかを用いて、前記物体を載置する移動体が精度良く駆動される。従って、走査露光により、物体上に精度良くパターンを形成することが可能になる。
- [0025] 本発明は、第9の観点からすると、互いに直交する第1軸及び第2軸を含む所定面に沿って移動体を駆動する移動体駆動システムであって、前記移動体の前記所定面と平行な一面に配置され、前記第1軸に平行な方向を周期方向とする一対の第1グレーティング及び前記第2軸に平行な方向を周期方向とする一対の第2グレーティングと；前記第2軸と平行な方向に関して位置が異なる複数の第1ヘッドを有し、前記一対の第1グレーティングにそれぞれ対向する前記第1ヘッドの計測値に基づいて前記移動体の前記第1軸に平行な方向の位置情報を計測する第1エンコーダシステムと；前記第1軸と平行な方向に関して位置が異なる複数の第2ヘッドを有し、前記一対の第2グレーティングにそれぞれ対向する前記第2ヘッドの計測値に基づいて前記移

動体の前記第 2 軸に平行な方向の位置情報を計測する第 2 エンコーダシステムと；前記移動体の位置計測に使用するヘッドを切り換えるに際し、前記一対の第 1 グレーティング及び一対の第 2 グレーティングから選択された 3 つのグレーティングにそれぞれ対向する 3 つのヘッドを含むヘッド組の計測値に基づいて、前記移動体の前記所定面内の位置座標を求め、該位置座標が、ヘッドの切り換えの前後で維持されるように、新たに使用を開始するヘッドの計測値を再設定する制御装置と；を備える第 1 の移動体駆動システムである。

[0026] これによれば、エンコーダヘッドの切り換えの際に、その切り換えの前後で移動体の位置座標が維持される。

[0027] 本発明は、第 10 の観点からすると、互いに直交する第 1 軸及び第 2 軸を含む所定面に沿って移動体を駆動する移動体駆動システムであって、前記移動体の前記所定面と平行な一面に配置され、前記第 1 軸に平行な方向を周期方向とする一対の第 1 グレーティング及び前記第 2 軸に平行な方向を周期方向とする一対の第 2 グレーティングと；前記第 2 軸と平行な方向に関して位置が異なる複数の第 1 ヘッドを有し、前記一対の第 1 グレーティングにそれぞれ対向する前記第 1 ヘッドの計測値に基づいて前記移動体の前記第 1 軸に平行な方向の位置情報を計測する第 1 エンコーダシステムと；前記第 1 軸と平行な方向に関して位置が異なる複数の第 2 ヘッドを有し、前記一対の第 2 グレーティングにそれぞれ対向する前記第 2 ヘッドの計測値に基づいて前記移動体の前記第 2 軸に平行な方向の位置情報を計測する第 2 エンコーダシステムと；前記移動体の位置計測に使用するヘッドを切り換えるに際し、前記一対の第 1 グレーティング及び一対の第 2 グレーティングから選択された 3 つのグレーティングにそれぞれ対向する 3 つのヘッドを含むヘッド組の計測値に基づいて、前記移動体の前記所定面内の位置座標を求め、該位置座標に基づき、切り換え後に新たに使用されるヘッドによる計測単位の計測値のみを再設定する制御装置と；を備える第 2 の移動体駆動システムである。

[0028] これによれば、移動体の移動に伴い、移動体の位置制御（位置計測）に用

いられるヘッドが連続して切り換えられる場合であっても、切り換えの都度、誤差が累積することがない。

[0029] 本発明は、第 11 の観点からすると、互いに直交する第 1 軸及び第 2 軸を含む所定面に沿って移動体を駆動する移動体駆動システムであって、前記移動体の前記所定面と平行な一面に配置され、前記第 1 軸に平行な方向を周期方向とする一对の第 1 グレーティング及び前記第 2 軸に平行な方向を周期方向とする一对の第 2 グレーティングと；前記第 2 軸と平行な方向に関して位置が異なる複数の第 1 ヘッドを有し、前記一对の第 1 グレーティングにそれぞれ対向する前記第 1 ヘッドの計測値に基づいて前記移動体の前記第 1 軸に平行な方向の位置情報を計測する第 1 エンコーダシステムと；前記第 1 軸と平行な方向に関して位置が異なる複数の第 2 ヘッドを有し、前記一对の第 2 グレーティングにそれぞれ対向する前記第 2 ヘッドの計測値に基づいて前記移動体の前記第 2 軸に平行な方向の位置情報を計測する第 2 エンコーダシステムと；前記一对の第 1 グレーティング及び一对の第 2 グレーティングから選択された 3 つのグレーティングにそれぞれ対向する 3 つのヘッドを含むヘッド組の計測値に基づいて、前記移動体の前記所定面内の位置を制御するとともに、前記所定面内における前記移動体の位置が切り換えの前後で連続になるように、前記移動体の位置制御に用いるヘッド組を、前記ヘッド組とは少なくとも 1 つが異なる 3 つのヘッドを含む別のヘッド組に切り換える制御装置と；を含む第 3 の移動体駆動システムである。

[0030] これによれば、ヘッド組の切り換えの前後で、移動体の位置（所定面内の回転方向の位置を含む）が、連続になる（維持される）。

[0031] 本発明は、第 12 の観点からすると、互いに直交する第 1 軸及び第 2 軸を含む所定面に沿って移動体を駆動する移動体駆動システムであって、前記移動体の前記所定面と平行な一面に配置され、前記第 1 軸に平行な方向を周期方向とする一对の第 1 グレーティング及び前記第 2 軸に平行な方向を周期方向とする一对の第 2 グレーティングと；前記第 2 軸と平行な方向に関して位置が異なる複数の第 1 ヘッドを有し、前記一对の第 1 グレーティングにそれ

それぞれ対向する前記第 1 ヘッドの計測値に基づいて前記移動体の前記第 1 軸に平行な方向の位置情報を計測する第 1 エンコーダシステムと；前記第 1 軸と平行な方向に関して位置が異なる複数の第 2 ヘッドを有し、前記一对の第 2 グレーティングにそれぞれ対向する前記第 2 ヘッドの計測値に基づいて前記移動体の前記第 2 軸に平行な方向の位置情報を計測する第 2 エンコーダシステムと；前記一对の第 1 グレーティング及び一对の第 2 グレーティングから選択された 3 つのグレーティングにそれぞれ対向する 3 つのヘッドを含むヘッド組の計測値に基づいて、前記移動体の前記所定面内の位置を制御するとともに、前記移動体の位置制御に用いるヘッド組を、前記移動体の姿勢に基づいて算出される計測単位のオフセットと、ヘッド毎に保持している計測単位以下のオフセットとを用いて、前記ヘッド組とは少なくとも 1 つが異なる 3 つのヘッドを含む別のヘッド組に切り換える制御装置と；を備える第 4 の移動体駆動システムである。

[0032] これによれば、移動体の移動に伴い、移動体の位置制御に用いられるヘッド組が連続して切り換えられる場合であっても、切り換えの都度、誤差が累積することがない。

[0033] 本発明は、第 1 3 の観点からすると、物体が載置され、該物体を保持して移動面内で移動可能な移動体と；前記物体上にパターンを生成するパターンニング装置と；前記物体に対するパターン形成のため、前記移動体を駆動する本発明の第 1 ～第 4 の移動体駆動システムのいずれかと；を備えるパターン形成装置である。

[0034] これによれば、本発明の第 1 ～第 4 の移動体駆動システムのいずれかにより精度良く駆動される移動体上の物体にパターンニング装置によりパターンを生成することで、物体上に精度良くパターンを形成することが可能になる。

[0035] 本発明は、第 1 4 の観点からすると、エネルギービームの照射によって物体にパターンを形成する露光装置であって、前記物体に前記エネルギービームを照射するパターンニング装置と；本発明の第 1 ～第 4 の移動体駆動システムのいずれかと；を備え、前記エネルギービームと前記物体との相対移動のために

、前記移動体駆動システムによる前記物体を載置する移動体の駆動を行う露光装置である。

[0036] これによれば、パターンニング装置から物体に照射されるエネルギービームと前記物体との相対移動のために、本発明の第 1～第 4 の移動体駆動システムのいずれかにより物体を載置する移動体が精度良く駆動される。従って、走査露光により、物体上に精度良くパターンを形成することが可能になる。

図面の簡単な説明

[0037] [図1]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 1 のステージ装置を示す平面図である。

[図3]図 1 の露光装置が備える各種計測装置（エンコーダ、アライメント系、多点 A F 系、Z ヘッドなど）の配置を示す平面図である。

[図4]図 4（A）はウエハステージを示す平面図、図 4（B）はウエハステージ W S T を示す一部断面した概略側面図である。

[図5]図 5（A）は計測ステージを示す平面図、図 5（B）は計測ステージを示す一部断面した概略側面図である。

[図6]一実施形態に係る露光装置の制御系の構成を概略的に示すブロック図である。

[図7]図 7（A）は、エンコーダの構成の一例を示す図、図 7（B）は、検出光として回折格子 R G の周期方向に長く延びる断面形状のレーザビーム L B が用いられた場合を示す図である。

[図8]ウエハに対するステップ・アンド・スキャン方式の露光が行われているときのウエハステージ及び計測ステージの状態を示す図である。

[図9]ウエハのアンローディング時におけるウエハステージ及び計測ステージの状態を示す図である。

[図10]ウエハのローディング時におけるウエハステージ及び計測ステージの状態を示す図である。

[図11]干渉計によるステージサーボ制御からエンコーダによるステージサーボ制御への切り換え時における、ウエハステージ及び計測ステージの状態、

並びにエンコーダヘッドの配置を示す図である。

[図12] ウエハアライメント時におけるウエハステージ及び計測ステージの状態を説明するための図である。

[図13] 図 1 3 (A) は、移動面によって散乱される光が受けるドップラー効果を示す図、図 1 3 (B) は、エンコーダヘッド部分の構成を示す図である。

[図14] 図 1 4 (A) は、エンコーダのヘッドとスケールとの間に非計測方向の相対運動が生じた場合であっても計測値が変化しないケースを示す図、図 1 4 (B) は、エンコーダのヘッドとスケールとの間に非計測方向の相対運動が生じた場合に計測値が変化する場合の一例を示す図である。

[図15] 図 1 5 (A) ~ 図 1 5 (D) は、ヘッドとスケールとの間に非計測方向の相対運動が生じた場合において、エンコーダの計測値が変化する場合と計測値が変化しない場合とを説明するための図である。

[図16] 図 1 6 (A) 及び図 1 6 (B) は、エンコーダの計測値をウエハステージ W S T の位置に変換する具体的方法を説明するための図である。

[図17] 図 1 7 (A) 及び図 1 7 (B) は、アレイ状に配置された複数のヘッドから構成されるエンコーダによる、ウエハテーブルの X Y 平面内の位置計測及びヘッド間の切り換えを説明するための図である。

[図18] 図 1 8 (A) ~ 図 1 8 (E) は、エンコーダ切り換えの手順を説明するための図である。

[図19] 図 1 9 は、ウエハステージの X Y 平面内の位置制御に用いられるエンコーダの切り換え処理を説明するための図である。

[図20] 図 2 0 は、ウエハステージの位置制御、エンコーダの計測値の取り込み、及びエンコーダ切り換えのタイミングを概念的に示す図である。

発明を実施するための最良の形態

[0038] 以下、本発明の一実施形態を図 1 ~ 図 2 0 に基づいて説明する。

[0039] 図 1 には、一実施形態の露光装置 1 0 0 の構成が概略的に示されている。

露光装置 1 0 0 は、ステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置、すな

わちいわゆるスキャナである。後述するように本実施形態では、投影光学系 PL が設けられており、以下においては、この投影光学系 PL の光軸 AX と平行な方向を Z 軸方向、これに直交する面内でレチクルとウエハとが相対走査される方向を Y 軸方向、 Z 軸及び Y 軸に直交する方向を X 軸方向とし、 X 軸、 Y 軸、及び Z 軸回りの回転（傾斜）方向をそれぞれ θ_x 、 θ_y 、及び θ_z 方向として説明を行う。

[0040] 露光装置 100 は、照明系 10、該照明系 10 からの露光用照明光（以下、照明光、又は露光光と呼ぶ） IL により照明されるレチクル R を保持するレチクルステージ RST 、レチクル R から射出された照明光 IL をウエハ W 上に投射する投影光学系 PL を含む投影ユニット PU 、ウエハステージ WST 及び計測ステージ MST を有するステージ装置 50、及びこれらの制御系等を備えている。ウエハステージ WST 上には、ウエハ W が載置されている。

[0041] 照明系 10 は、例えば特開 2001-313250 号公報（対応する米国特許出願公開第 2003/0025890 号明細書）などに開示されるように、光源と、オプティカルインテグレータ等を含む照度均一化光学系、及びレチクルブラインド等（いずれも不図示）を有する照明光学系と、を含む。この照明系 10 は、レチクルブラインド（マスキングシステム）で規定されたレチクル R 上のスリット状の照明領域 IAR 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、一例として ArF エキシマレーザ光（波長 193 nm）が用いられている。また、オプティカルインテグレータとしては、例えばフライアイレンズ、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を用いることができる。

[0042] レチクルステージ RST 上には、回路パターンなどがそのパターン面（図 1 における下面）に形成されたレチクル 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、例えばリニアモータ等を含むレチクルステージ駆動系 11（図 1 では不図示、図 6 参照）によって、 XY 平面内

で微少駆動可能であるとともに、走査方向（図 1 における紙面内左右方向である Y 軸方向）に指定された走査速度で駆動可能となっている。

[0043] レチクルステージ R S T の X Y 平面（移動面）内の位置情報（ θ_z 方向の回転情報を含む）は、レチクルレーザ干渉計（以下、「レチクル干渉計」という）116 によって、移動鏡 15（実際には、Y 軸方向に直交する反射面を有する Y 移動鏡（あるいは、レトロリフレクタ）と X 軸方向に直交する反射面を有する X 移動鏡とが設けられている）を介して、例えば 0.25 nm 程度の分解能で常時検出される。レチクル干渉計 116 の計測値は、主制御装置 20（図 1 では不図示、図 6 参照）に送られる。主制御装置 20 は、レチクル干渉計 116 の計測値に基づいてレチクルステージ R S T の X 軸方向、Y 軸方向及び θ_z 方向の位置を算出するとともに、この算出結果に基づいてレチクルステージ駆動系 11 を制御することで、レチクルステージ R S T の位置（及び速度）を制御する。なお、移動鏡 15 に代えて、レチクルステージ R S T の端面を鏡面加工して反射面（移動鏡 15 の反射面に相当）を形成することとしても良い。また、レチクル干渉計 116 は Z 軸、 θ_x 及び θ_y 方向の少なくとも 1 つに関するレチクルステージ R S T の位置情報も計測可能としても良い。

[0044] 投影ユニット P U は、レチクルステージ R S T の図 1 における下方に配置されている。投影ユニット P U は、鏡筒 40 と、鏡筒 40 内に所定の位置関係で保持された複数の光学素子を有する投影光学系 P L とを含む。投影光学系 P L としては、例えば Z 軸方向と平行な光軸 A X に沿って配列される複数のレンズ（レンズエレメント）から成る屈折光学系が用いられている。投影光学系 P L は、例えば両側テレセントリックで所定の投影倍率（例えば 1/4 倍、1/5 倍又は 1/8 倍など）を有する。このため、照明系 10 からの照明光 I L によって照明領域 I A R が照明されると、投影光学系 P L の第 1 面（物体面）とパターン面がほぼ一致して配置されるレチクル R を通過した照明光 I L により、投影光学系 P L（投影ユニット P U）を介してその照明領域 I A R 内のレチクル R の回路パターンの縮小像（回路パターンの一部の

縮小像）が、その第2面（像面）側に配置される、表面にレジスト（感応剤）が塗布されたウエハW上の前記照明領域 I A Rに共役な領域（以下、露光領域とも呼ぶ） I Aに形成される。そして、レチクルステージ R S Tとウエハステージ W S Tとの同期駆動によって、照明領域 I A R（照明光 I L）に対してレチクルを走査方向（Y軸方向）に相対移動させるとともに、露光領域 I A（照明光 I L）に対してウエハWを走査方向（Y軸方向）に相対移動させることで、ウエハW上の1つのショット領域（区画領域）の走査露光が行われ、そのショット領域にレチクルRのパターンが転写される。すなわち、本実施形態では照明系 10、レチクルR及び投影光学系 P LによってウエハW上にパターンが生成され、照明光 I LによるウエハW上の感応層（レジスト層）の露光によってウエハW上にそのパターンが形成される。

[0045] なお、不図示ではあるが、投影ユニット P Uは、防振機構を介して3本の支柱で支持される鏡筒定盤に搭載されている。ただし、これに限らず、例えば国際公開第2006/038952号パンフレットに開示されているように、投影ユニット P Uの上方に配置される不図示のメインフレーム部材、あるいはレチクルステージ R S Tが配置されるベース部材などに対して投影ユニット P Uを吊り下げ支持しても良い。

[0046] なお、本実施形態の露光装置 100では、液浸法を適用した露光が行われるため、投影光学系 P Lの開口数 N Aが実質的に増大することに伴いレチクル側の開口が大きくなる。そこで、ペッツヴァルの条件を満足させ、かつ投影光学系の大型化を避けるために、ミラーとレンズとを含んで構成される反射屈折系（カタディ・オプトリック系）を投影光学系として採用しても良い。また、ウエハWには感応層だけでなく、例えばウエハ又は感応層を保護する保護膜（トップコート膜）などを形成しても良い。

[0047] また、本実施形態の露光装置 100では、液浸法を適用した露光を行うため、投影光学系 P Lを構成する最も像面側（ウエハW側）の光学素子、ここではレンズ（以下、「先端レンズ」ともいう） 191を保持する鏡筒 40の下端部周囲を取り囲むように、局所液浸装置 8の一部を構成するノズルユニ

ット32が設けられている。本実施形態では、ノズルユニット32は、図1に示されるように、その下端面が先端レンズ191の下端面とほぼ同一面に設定されている。また、ノズルユニット32は、液体Lqの供給口及び回収口と、ウエハWが対向して配置され、かつ回収口が設けられる下面と、液体供給管31A及び液体回収管31Bとそれぞれ接続される供給流路及び回収流路とを備えている。液体供給管31Aと液体回収管31Bとは、図3に示されるように、平面視（上方から見て）でX軸方向及びY軸方向に対してほぼ45°傾斜し、投影ユニットPUの中心（投影光学系PLの光軸AX、本実施形態では前述の露光領域IAの中心とも一致）を通りかつY軸と平行な直線（基準軸）LVに関して対称な配置となっている。

[0048] 液体供給管31Aには、その一端が液体供給装置5（図1では不図示、図6参照）に接続された不図示の供給管の他端が接続されており、液体回収管31Bには、その一端が液体回収装置6（図1では不図示、図6参照）に接続された不図示の回収管の他端が接続されている。

[0049] 液体供給装置5は、液体を供給するためのタンク、加圧ポンプ、温度制御装置、並びに液体供給管31Aに対する液体の供給・停止を制御するためのバルブ等を含んでいる。バルブとしては、例えば液体の供給・停止のみならず、流量の調整も可能となるように、流量制御弁を用いることが望ましい。前記温度制御装置は、タンク内の液体の温度を、例えば露光装置が収納されているチャンバ（不図示）内の温度と同程度の温度に調整する。なお、タンク、加圧ポンプ、温度制御装置、バルブなどは、そのすべてを露光装置100で備えている必要はなく、少なくとも一部を露光装置100が設置される工場などの設備で代替することもできる。

[0050] 液体回収装置6は、液体を回収するためのタンク及び吸引ポンプ、並びに液体回収管31Bを介した液体の回収・停止を制御するためのバルブ等を含んでいる。バルブとしては、液体供給装置5のバルブと同様に流量制御弁を用いることが望ましい。なお、タンク、吸引ポンプ、バルブなどは、そのすべてを露光装置100で備えている必要はなく、少なくとも一部を露光装置

100が設置される工場などの設備で代替することもできる。

[0051] 本実施形態では、上記の液体として、A r Fエキシマレーザ光（波長193nmの光）が透過する純水（以下、特に必要な場合を除いて、単に「水」と記述する）を用いるものとする。純水は、半導体製造工場等で容易に大量に入手できると共に、ウエハ上のフォトリソスト及び光学レンズ等に対する悪影響がないという利点がある。

[0052] A r Fエキシマレーザ光に対する水の屈折率 n は、ほぼ1.44である。この水の中では、照明光I Lの波長は、 $193\text{ nm} \times 1/n = \text{約} 134\text{ nm}$ に短波長化される。

[0053] 液体供給装置5及び液体回収装置6は、それぞれコントローラを具備しており、それぞれのコントローラは、主制御装置20によって制御される（図6参照）。液体供給装置5のコントローラは、主制御装置20からの指示に応じ、液体供給管31Aに接続されたバルブを所定開度で開き、液体供給管31A、供給流路、及び供給口を介して先端レンズ191とウエハWとの間に液体（水）を供給する。また、このとき、液体回収装置6のコントローラは、主制御装置20からの指示に応じ、液体回収管31Bに接続されたバルブを所定開度で開き、回収口、回収流路、及び液体回収管31Bを介して、先端レンズ191とウエハWとの間から液体回収装置6（液体のタンク）の内部に液体（水）を回収する。このとき、主制御装置20は、先端レンズ191とウエハWとの間に供給される水の量と、回収される水の量とが常に等しくなるように、液体供給装置5のコントローラ、液体回収装置6のコントローラに対して指令を与える。従って、先端レンズ191とウエハWとの間に、一定量の液体（水） L_q （図1参照）が保持される。この場合、先端レンズ191とウエハWとの間に保持された液体（水） L_q は、常に入れ替わっている。

[0054] 上記の説明から明らかなように、本実施形態では、ノズルユニット32、液体供給装置5、液体回収装置6、液体供給管31A及び液体回収管31B等を含み、局所液浸装置8が構成されている。なお、局所液浸装置8の一部

、例えば少なくともノズルユニット３２は、投影ユニットＰＵを保持するメインフレーム（前述の鏡筒定盤を含む）に吊り下げ支持されても良いし、メインフレームとは別のフレーム部材に設けても良い。あるいは、前述の如く投影ユニットＰＵが吊り下げ支持される場合は、投影ユニットＰＵと一体にノズルユニット３２を吊り下げ支持しても良いが、本実施形態では投影ユニットＰＵとは独立に吊り下げ支持される計測フレームにノズルユニット３２を設けている。この場合、投影ユニットＰＵを吊り下げ支持していなくても良い。

[0055] なお、投影ユニットＰＵ下方に計測ステージＭＳＴが位置する場合にも、上記と同様に後述する計測テーブルと先端レンズ１９１との間に水を満たすことが可能である。

[0056] なお、上記の説明では、一例として液体供給管（ノズル）と液体回収管（ノズル）とがそれぞれ１つずつ設けられているものとしたが、これに限らず、周囲の部材との関係を考慮しても配置が可能であれば、例えば、国際公開第９９／４９５０４号パンフレットに開示されるように、ノズルを多数有する構成を採用することとしても良い。要は、投影光学系ＰＬを構成する最下端の光学部材（先端レンズ）１９１とウエハＷとの間に液体を供給することができるのであれば、その構成はいかなるものであっても良い。例えば、国際公開第２００４／０５３９５５号パンフレットに開示されている液浸機構、あるいは欧州特許出願公開第１４２０２９８号明細書に開示されている液浸機構なども本実施形態の露光装置に適用することができる。

[0057] 図１に戻り、ステージ装置５０は、ベース盤１２の上方に配置されたウエハステージＷＳＴ及び計測ステージＭＳＴ、これらのステージＷＳＴ、ＭＳＴの位置情報を計測する計測システム２００（図６参照）、及び両ステージＷＳＴ、ＭＳＴを駆動するステージ駆動系１２４（図６参照）などを備えている。計測システム２００は、図６に示されるように、干渉計システム１１８及びエンコーダシステム１５０などを含む。干渉計システム１１８は、図２に示されるように、ウエハステージＷＳＴの位置計測用のＹ干渉計１６、

X干渉計126、127、128、及びZ干渉計43A、43B並びに計測ステージMSTの位置計測用のY干渉計18及びX干渉計130等を含む。
なお、干渉計システムの構成等については、後に詳述する。

[0058] 図1に戻り、ウエハステージWST及び計測ステージMSTそれぞれの底面には、不図示の非接触軸受、例えば真空予圧型空気静圧軸受（以下、「エアパッド」と呼ぶ）が複数ヶ所に設けられており、これらのエアパッドからベース盤12の上面に向けて噴出された加圧空気の静圧により、ベース盤12の上方にウエハステージWST及び計測ステージMSTが数 μm 程度のクリアランスを介して非接触で支持されている。また、両ステージWST、MSTは、リニアモータ等を含むステージ駆動系124（図6参照）によって、Y軸方向（図1における紙面内左右方向）及びX軸方向（図1における紙面直交方向）に独立して駆動可能である。

[0059] ウエハステージWSTは、ステージ本体91と、ステージ本体91上に搭載されたウエハテーブルWTBとを含む。ウエハテーブルWTB及びステージ本体91は、リニアモータ及びZ・レベリング機構（例えばボイスコイルモータなどを含む）を含む駆動系によって、ベース盤12に対し、6自由度方向（X、Y、Z、 θ_x 、 θ_y 、 θ_z ）に駆動可能に構成されている。

[0060] ウエハテーブルWTB上には、ウエハWを真空吸着等によって保持するウエハホルダ（不図示）が設けられている。ウエハホルダはウエハテーブルWTBと一体に形成しても良いが、本実施形態ではウエハホルダとウエハテーブルWTBとを別々に構成し、例えば真空吸着などによってウエハホルダをウエハテーブルWTBの凹部内に固定している。また、ウエハテーブルWTBの上面には、ウエハホルダ上に載置されるウエハWの表面とほぼ同一面となる、液体Lqに対して撥液化処理された表面（撥液面）を有し、かつ外形（輪郭）が矩形でその中央部にウエハホルダ（ウエハの載置領域）よりも一回り大きな円形の開口が形成されたプレート（撥液板）28が設けられている。プレート28は、低熱膨張率の材料、例えばガラス又はセラミックス（例えばショット社のゼロデュア（商品名）、 Al_2O_3 あるいはTiCなど）

から成り、その表面には、例えばフッ素樹脂材料、ポリ四フッ化エチレン（テフロン（登録商標））等のフッ素系樹脂材料、アクリル系樹脂材料あるいはシリコン系樹脂材料などにより撥液膜が形成される。さらにプレート28は、図4（A）のウエハテーブルWTB（ウエハステージWST）の平面図に示されるように、円形の開口を囲む、外形（輪郭）が矩形の第1撥液領域28aと、第1撥液領域28aの周囲に配置される矩形枠状（環状）の第2撥液領域28bとを有する。第1撥液領域28aは、例えば露光動作時、ウエハの表面からはみ出す液浸領域14（図8参照）の少なくとも一部が形成され、第2撥液領域28bは、後述のエンコーダシステムのためのスケールが形成される。なお、プレート28はその表面の少なくとも一部がウエハの表面と同一面となっていなくても良い、すなわち異なる高さであっても良い。また、プレート28は単一のプレートでも良いが、本実施形態では複数のプレート、例えば第1及び第2撥液領域28a、28bにそれぞれ対応する第1及び第2撥液板を組み合わせる構成とする。本実施形態では、前述の如く液体Lqとして水を用いるので、以下では第1及び第2撥液領域28a、28bをそれぞれ第1及び第2撥水板28a、28bとも呼ぶ。

- [0061] この場合、内側の第1撥水板28aには、露光光ILが照射されるのに対し、外側の第2撥水板28bには、露光光ILが殆ど照射されない。このことを考慮して、本実施形態では、第1撥水板28aの表面には、露光光IL（この場合、真空紫外域の光）に対する耐性が十分にある撥水コートが施された第1撥液領域が形成され、第2撥水板28bには、その表面に第1撥液領域に比べて露光光ILに対する耐性が劣る撥水コートが施された第2撥液領域が形成されている。一般にガラス板には、露光光IL（この場合、真空紫外域の光）に対する耐性が十分にある撥水コートを施し難いので、このように第1撥水板28aとその周囲の第2撥水板28bとの2部分に分離することは効果的である。なお、これに限らず、同一のプレートの上面に露光光ILに対する耐性が異なる2種類の撥水コートを施して、第1撥液領域、第2撥液領域を形成しても良い。また、第1及び第2撥液領域で撥水コートの

種類が同一でも良い。例えば、同一のプレートに1つの撥液領域を形成するだけでも良い。

[0062] また、図4（A）から明らかなように、第1撥水板28aの+Y側の端部には、そのX軸方向の中央部に長方形の切り欠きが形成され、この切り欠きと第2撥水板28bとで囲まれる長方形の空間の内部（切り欠きの内部）に計測プレート30が埋め込まれている。この計測プレート30の長手方向の中央（ウエハテーブルWTBのセンターラインLL上）には、基準マークFMが形成されるとともに、基準マークFMのX軸方向の一側と他側に、基準マークFMの中心に関して対称な配置で一对の空間像計測スリットパターン（スリット状の計測用パターン）SLが形成されている。各空間像計測スリットパターンSLとしては、一例として、Y軸方向とX軸方向とに沿った辺を有するL字状のスリットパターン、あるいはX軸及びY軸方向にそれぞれ延びる2つの直線状のスリットパターンなどを用いることができる。

[0063] そして、上記各空間像計測スリットパターンSL下方のウエハステージWSTの内部には、図4（B）に示されるように、対物レンズ、ミラー、リレーレンズなどを含む光学系が収納されたL字状の筐体36が、ウエハテーブルWTBからステージ本体91の内部の一部を貫通する状態で、一部埋め込み状態で取り付けられている。筐体36は、図示は省略されているが、上記一对の空間像計測スリットパターンSLに対応して一对設けられている。

[0064] 上記筐体36内部の光学系は、空間像計測スリットパターンSLを透過した照明光ILを、L字状の経路に沿って導き、-Y方向に向けて射出する。なお、以下においては、便宜上、上記筐体36内部の光学系を筐体36と同一の符号を用いて送光系36と記述する。

[0065] さらに、第2撥水板28bの上面には、その4辺のそれぞれに沿って所定ピッチで多数の格子線が直接形成されている。これをさらに詳述すると、第2撥水板28bのX軸方向一側と他側（図4（A）における左右両側）の領域には、Yスケール39Y₁、39Y₂がそれぞれ形成され、Yスケール39Y₁、39Y₂はそれぞれ、例えばX軸方向を長手方向とする格子線38が所定ピ

ッチでY軸に平行な方向（Y軸方向）に沿って形成される、Y軸方向を周期方向とする反射型の格子（例えば回折格子）によって構成されている。

[0066] 同様に、第2撥水板28bのY軸方向一侧と他側（図4（A）における上下両側）の領域には、Yスケール39Y₁及び39Y₂に挟まれた状態でXスケール39X₁、39X₂がそれぞれ形成され、Xスケール39X₁、39X₂はそれぞれ、例えばY軸方向を長手方向とする格子線37が所定ピッチでX軸に平行な方向（X軸方向）に沿って形成される、X軸方向を周期方向とする反射型の格子（例えば回折格子）によって構成されている。上記各スケールとしては、第2撥水板28bの表面に例えばホログラム等により反射型の回折格子RG（図7（A）参照）が作成されたものが用いられている。この場合、各スケールには狭いスリット又は溝等から成る格子が目盛りとして所定間隔（ピッチ）で刻まれている。各スケールに用いられる回折格子の種類は限定されるものではなく、機械的に溝等が形成されたもののみならず、例えば、感光性樹脂に干渉縞を焼き付けて作成したものであっても良い。但し、各スケールは、例えば薄板状のガラスに上記回折格子の目盛りを、例えば138nm～4μmの間のピッチ、例えば1μmピッチで刻んで作成されている。これらスケールは前述の撥液膜（撥水膜）で覆われている。なお、図4（A）では、図示の便宜上から、格子のピッチは、実際のピッチに比べて格段に広く図示されている。その他の図においても同様である。

[0067] このように、本実施形態では、第2撥水板28bそのものがスケールを構成するので、第2撥水板28bとして低熱膨張率のガラス板を用いることとしたものである。しかし、これに限らず、格子が形成された低熱膨張率のガラス板などから成るスケール部材を、局所的な伸縮が生じないように、例えば板ばね（又は真空吸着）等によりウエハテーブルWTBの上面に固定しても良く、この場合には、全面に同一の撥水コートが施された撥水板をプレート28に代えて用いても良い。あるいは、ウエハテーブルWTBを低熱膨張率の材料で形成することも可能であり、かかる場合には、一對のYスケールと一對のXスケールとは、そのウエハテーブルWTBの上面に直接形成して

も良い。

[0068] なお、回折格子を保護するために、撥水性（撥液性）を備えた低熱膨張率のガラス板でカバーすることも有効である。ここで、ガラス板としては、厚さがウエハと同程度、例えば厚さ 1 mm のものを用いることができ、そのガラス板の表面がウエハ面と同じ高さ（同一面）になるよう、ウエハテーブル W S T 上面に設置される。

[0069] なお、各スケールの端付近には、後述するエンコーダヘッドとスケール間の相対位置を決めるための、位置出しパターンがそれぞれ設けられている。この位置出しパターンは例えば反射率の異なる格子線から構成され、この位置出しパターン上をエンコーダヘッドが走査すると、エンコーダの出力信号の強度が変化する。そこで、予め閾値を定めておき、出力信号の強度がその閾値を超える位置を検出する。この検出された位置を基準に、エンコーダヘッドとスケール間の相対位置を設定する。

[0070] 計測ステージ M S T は、ステージ本体 9 2 と、ステージ本体 9 2 上に搭載された計測テーブル M T B とを含んでいる。計測ステージ M S T もウエハステージ W S T と同様に、不図示の駆動系によりベース盤 1 2 に対し、6 自由度方向（ X 、 Y 、 Z 、 θ_x 、 θ_y 、 θ_z ）に駆動可能に構成されている。しかしながら、これに限らず、例えば、計測テーブル M T B を、ステージ本体 9 2 に対して X 軸方向、 Y 軸方向及び θ_z 方向に微動可能に構成したいいわゆる粗微動構造の計測ステージ M S T を採用しても良いし、あるいは、計測テーブル M T B をステージ本体 9 2 上で Z 、 θ_x 、 θ_y の 3 自由度方向に駆動可能な構成にしても良い。

[0071] なお、図 6 では、ウエハステージ W S T の駆動系と計測ステージ M S T の駆動系とを含んで、ステージ駆動系 1 2 4 として示されている。

[0072] 計測テーブル M T B（及びステージ本体 9 2）には、各種計測用部材が設けられている。この計測用部材としては、例えば、図 2 及び図 5（A）に示されるように、投影光学系 P L の像面上で照明光 I L を受光するピンホール状の受光部を有する照度むらセンサ 9 4、投影光学系 P L により投影される

パターンの空間像（投影像）を計測する空間像計測器 96、及び例えば国際公開第 03/065428 号パンフレットなどに開示されているシャックハルトマン（Shack-Hartman）方式の波面収差計測器 98 などが採用されている。波面収差計測器 98 としては、例えば国際公開第 99/60361 号パンフレット（対応欧州特許第 1079223 号明細書）に開示されるものも用いることができる。

[0073] 照度むらセンサ 94 としては、例えば特開昭 57-117238 号公報（対応する米国特許第 4,465,368 号明細書）などに開示されるものと同様の構成のものを用いることができる。また、空間像計測器 96 としては、例えば特開 2002-014005 号公報（対応する米国特許出願公開第 2002/0041377 号明細書）などに開示されるものと同様の構成のものを用いることができる。なお、本実施形態では 3 つの計測用部材（94、96、98）を計測ステージ M S T に設けるものとしたが、計測用部材の種類、及び／又は数などはこれに限られない。計測用部材として、例えば投影光学系 P L の透過率を計測する透過率計測器、及び／又は、前述の局所液浸装置 8、例えばノズルユニット 32（あるいは先端レンズ 191）などを観察する計測器などを用いても良い。さらに、計測用部材と異なる部材、例えばノズルユニット 32、先端レンズ 191 などを清掃する清掃部材などを計測ステージ M S T に搭載しても良い。

[0074] 本実施形態では、図 5（A）からもわかるように、使用頻度の高いセンサ類、照度むらセンサ 94 及び空間像計測器 96 などは、計測ステージ M S T のセンターライン C L（中心を通る Y 軸）上に配置されている。このため、本実施形態では、これらのセンサ類を用いた計測を、計測ステージ M S T を X 軸方向に移動させることなく、Y 軸方向にのみ移動させて行うことができる。

[0075] 上記各センサに加え、例えば特開平 11-016816 号公報（対応する米国特許出願公開第 2002/0061469 号明細書）などに開示される、投影光学系 P L の像面上で照明光 I L を受光する所定面積の受光部を有す

る照度モニタを採用しても良く、この照度モニタもセンターライン上に配置することが望ましい。

[0076] なお、本実施形態では、投影光学系 P_L と液体（水） L_q とを介して露光光（照明光） I_L によりウエハ W を露光する液浸露光が行われるのに対応して、照明光 I_L を用いる計測に使用される上記の照度むらセンサ 94 （及び照度モニタ）、空間像計測器 96 、並びに波面収差計測器 98 では、投影光学系 P_L 及び水を介して照明光 I_L を受光することとなる。また、各センサは、例えば光学系などの一部だけが計測テーブル MTB （及びステージ本体 92 ）に搭載されていても良いし、センサ全体を計測テーブル MTB （及びステージ本体 92 ）に配置するようにしても良い。

[0077] 計測ステージ MST のステージ本体 92 には、図 5 （ B ）に示されるように、その $-Y$ 側の端面に、棒状の取付部材 42 が固定されている。また、ステージ本体 92 の $-Y$ 側の端面には、取付部材 42 の開口内部の X 軸方向の中心位置近傍に、前述した一对の送光系 36 に対向し得る配置で、一对の受光系 44 が固定されている。各受光系 44 は、リレーレンズなどの光学系と、受光素子、例えばフォトマルチプライヤチューブなどと、これらを収納する筐体とによって構成されている。図 4 （ B ）及び図 5 （ B ）、並びにこれまでの説明からわかるように、本実施形態では、ウエハステージ WST と計測ステージ MST とが、 Y 軸方向に関して所定距離以内に近接した状態（接触状態を含む）では、計測プレート 30 の各空間像計測スリットパターン S_L を透過した照明光 I_L が前述の各送光系 36 で案内され、各受光系 44 の受光素子で受光される。すなわち、計測プレート 30 、送光系 36 及び受光系 44 によって、前述した特開 $2002-014005$ 号公報（対応する米国特許出願公開第 $2002/0041377$ 号明細書）などに開示されるものと同様の、空間像計測装置 45 （図 6 参照）が構成される。

[0078] 取付部材 42 の上には、断面矩形の棒状部材から成るフィデューシャルバー（以下、「 FD バー」と略述する） 46 が X 軸方向に延設されている。この FD バー 46 は、フルキネマティックマウント構造によって、計測ステー

ジMST上にキネマティックに支持されている。

[0079] FDバー46は、原器（計測基準）となるため、低熱膨張率の光学ガラスセラミックス、例えば、ショット社のゼロデュア（商品名）などがその素材として採用されている。FDバー46の上面（表面）は、いわゆる基準平板と同程度にその平坦度が高く設定されている。また、FDバー46の長手方向の一侧と他側の端部近傍には、図5（A）に示されるように、Y軸方向を周期方向とする基準格子（例えば回折格子）52がそれぞれ形成されている。この一对の基準格子52は、所定距離Lを隔ててFDバー46のX軸方向の中心、すなわち前述のセンターラインCLに関して対称な配置で形成されている。

[0080] また、FDバー46の上面には、図5（A）に示されるような配置で複数の基準マークMが形成されている。この複数の基準マークMは、同一ピッチでY軸方向に関して3行の配列で形成され、各行の配列がX軸方向に関して互いに所定距離だけずれて形成されている。各基準マークMとしては、後述するプライマリアライメント系、セカンダリアライメント系によって検出可能な寸法の2次元マークが用いられている。基準マークMはその形状（構成）が前述の基準マークFMと異なっても良いが、本実施形態では基準マークMと基準マークFMとは同一の構成であり、かつウエハWのアライメントマークとも同一の構成となっている。なお、本実施形態ではFDバー46の表面、及び計測テーブルMTB（前述の計測用部材を含んでも良い）の表面もそれぞれ撥液膜（撥水膜）で覆われている。

[0081] 本実施形態の露光装置100では、図1では図面の錯綜を避ける観点から図示が省略されているが、実際には、図3に示されるように、前述の基準軸LV上で、投影光学系の光軸AXから-Y側に所定距離隔てた位置に検出中心を有するプライマリアライメント系AL1が配置されている。このプライマリアライメント系AL1は、支持部材54を介して不図示のメインフレームの下面に固定されている。プライマリアライメント系AL1を挟んで、X軸方向の一侧と他側には、直線LVに関してほぼ対称に検出中心が配置され

るセカンダリアライメント系 $AL2_1$ 、 $AL2_2$ と、 $AL2_3$ 、 $AL2_4$ とがそれぞれ設けられている。すなわち、5つのアライメント系 $AL1$ 、 $AL2_1 \sim AL2_4$ はその検出中心がX軸方向に関して異なる位置に配置されている、すなわちX軸方向に沿って配置されている。

[0082] 各セカンダリアライメント系 $AL2_n$ ($n=1 \sim 4$) は、セカンダリアライメント系 $AL2_4$ について代表的に示されるように、回転中心Oを中心として図3における時計回り及び反時計回りに所定角度範囲で回動可能なアーム56_n ($n=1 \sim 4$) の先端（回動端）に固定されている。本実施形態では、各セカンダリアライメント系 $AL2_n$ はその一部（例えば、アライメント光を検出領域に照射し、かつ検出領域内の対象マークから発生する光を受光素子に導く光学系を少なくとも含む）がアーム56_nに固定され、残りの一部は投影ユニットPUを保持するメインフレームに設けられる。セカンダリアライメント系 $AL2_1 \sim AL2_4$ はそれぞれ、回転中心Oを中心として回動することで、X位置が調整される。すなわち、セカンダリアライメント系 $AL2_1 \sim AL2_4$ はその検出領域（又は検出中心）が独立にX軸方向に可動である。従って、プライマリアライメント系 $AL1$ 及びセカンダリアライメント系 $AL2_1 \sim AL2_4$ はX軸方向に関してその検出領域の相対位置が調整可能となっている。なお、本実施形態では、アームの回動によりセカンダリアライメント系 $AL2_1 \sim AL2_4$ のX位置が調整されるものとしたが、これに限らず、セカンダリアライメント系 $AL2_1 \sim AL2_4$ をX軸方向に往復駆動する駆動機構を設けても良い。また、セカンダリアライメント系 $AL2_1 \sim AL2_4$ の少なくとも1つをX軸方向だけでなくY軸方向にも可動として良い。なお、各セカンダリアライメント系 $AL2_n$ はその一部がアーム56_nによって移動されるので、不図示のセンサ、例えば干渉計、あるいはエンコーダなどによって、アーム56_nに固定されるその一部の位置情報が計測可能となっている。このセンサは、セカンダリアライメント系 $AL2_n$ のX軸方向の位置情報を計測するだけでも良いが、他の方向、例えばY軸方向、及び／又は回転方向（ θ_x 及び θ_y 方向の少なくとも一方を含む）の位置情報も計測可能として良い。

- [0083] 各アーム 5 6_nの上面には、差動排気型のエアベアリングから成るバキュームパッド 5 8_n（ $n = 1 \sim 4$ 、図 3 では不図示、図 6 参照）が設けられている。また、アーム 5 6_nは、例えばモータ等を含む回転駆動機構 6 0_n（ $n = 1 \sim 4$ 、図 3 では不図示、図 6 参照）によって、主制御装置 2 0 の指示に応じて回転可能である。主制御装置 2 0 は、アーム 5 6_nの回転調整後に、各バキュームパッド 5 8_nを作動させて各アーム 5 6_nを不図示のメインフレームに吸着固定する。これにより、各アーム 5 6_nの回転角度調整後の状態、すなわち、プライマリアライメント系 A L 1 及び 4 つのセカンダリアライメント系 A L 2₁ ~ A L 2₄の所望の位置関係が維持される。
- [0084] なお、メインフレームのアーム 5 6_nに対向する部分が磁性体であるならば、バキュームパッド 5 8 に代えて電磁石を採用しても良い。
- [0085] 本実施形態では、プライマリアライメント系 A L 1 及び 4 つのセカンダリアライメント系 A L 2₁ ~ A L 2₄のそれぞれとして、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（各アライメント系内に設けられた指標板上の指標パターン）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）系が用いられている。プライマリアライメント系 A L 1 及び 4 つのセカンダリアライメント系 A L 2₁ ~ A L 2₄のそれぞれからの撮像信号は、不図示のアライメント信号処理系を介して図 6 の主制御装置 2 0 に供給されるようになっている。
- [0086] なお、上記各アライメント系としては、F I A 系に限らず、例えば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（例えば同次数の回折光、あるいは同方向に回折する回折光）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て用いることは勿論可能である。また、本実施形態では、5 つのアライメント系 A L 1、A L 2₁ ~ A L 2₄は、支持部材 5 4 又はアーム 5 6_nを介して投影ユニット P U

を保持するメインフレームの下面に固定されるものとしたが、これに限らず、例えば前述した計測フレームに設けても良い。

[0087] 次に、ウエハステージWST及び計測ステージMSTの位置情報を計測する干渉計システム118の構成等について説明する。

[0088] ウエハテーブルWTBの-Y端面、-X端面には、それぞれ鏡面加工が施され、図2に示される反射面17a、反射面17bが形成されている。干渉計システム118（図6参照）の一部を構成するY干渉計16及びX干渉計126、127、128（図1では、X干渉計126～128は不図示、図2参照）は、これらの反射面17a、17bにそれぞれ測長ビームを投射して、それぞれの反射光を受光することにより、各反射面の基準位置（例えば投影ユニットPU側面に固定ミラーを配置し、そこを基準面とする）からの変位、すなわちウエハステージWSTのXY平面内の位置情報を計測し、この計測した位置情報を主制御装置20に供給する。本実施形態では、後述するように、上記各干渉計としては、一部を除いて、測長軸を複数有する多軸干渉計が用いられている。

[0089] 一方、ステージ本体91の-Y側の側面には、図4（A）及び図4（B）に示されるように、X軸方向を長手方向とする移動鏡41が、不図示のキネマティック支持機構を介して取り付けられている。移動鏡41は、直方体部材と、該直方体の一面（-Y側の面）に固着された一对の三角柱状部材とを一体化したような部材から成る。移動鏡41は、図2からわかるように、X軸方向の長さがウエハテーブルWTBの反射面17aよりも、少なくとも後述する2つのZ干渉計の間隔分、長く設計されている。

[0090] 移動鏡41の-Y側の面には鏡面加工が施され、図4（B）に示されるように、3つの反射面41b、41a、41cが形成されている。反射面41aは、移動鏡41の-Y側の端面の一部を構成し、XZ平面と平行に且つX軸方向に延びている。反射面41bは、反射面41aの+Z側に隣接する面を構成し、反射面41aに対して鈍角を成し、X軸方向に延びている。反射面41cは、反射面41aの-Z側に隣接する面を構成し、反射面41aを

挟んで反射面 4 1 b と対称に設けられている。

- [0091] 移動鏡 4 1 に対向して、該移動鏡 4 1 に測長ビームを照射する、干渉計システム 1 1 8 (図 6 参照) の一部を構成する一対の Z 干渉計 4 3 A, 4 3 B が設けられている (図 1 及び図 2 参照)。
- [0092] Z 干渉計 4 3 A、4 3 B は、図 1 及び図 2 を総合するとわかるように、Y 干渉計 1 6 の X 軸方向の一側と他側にほぼ同一距離離れて、且つ Y 干渉計 1 6 より幾分低い位置にそれぞれ配置されている。
- [0093] Z 干渉計 4 3 A、4 3 B それぞれから、図 1 に示されるように、Y 軸方向に沿う測長ビーム B 1 が反射面 4 1 b に向けて投射されるとともに、Y 軸方向に沿う測長ビーム B 2 が反射面 4 1 c (図 4 (B) 参照) に向けて投射されるようになっている。本実施形態では、反射面 4 1 b 及び反射面 4 1 c で順次反射された測長ビーム B 1 と直交する反射面を有する固定鏡 4 7 B、及び反射面 4 1 c 及び反射面 4 1 b で順次反射された測長ビーム B 2 と直交する反射面を有する固定鏡 4 7 A が、移動鏡 4 1 から -Y 方向に所定距離離れた位置に測長ビーム B 1, B 2 に干渉しない状態で、それぞれ X 軸方向に延設されている。
- [0094] 固定鏡 4 7 A、4 7 B は、例えば投影ユニット P U を支持するフレーム (不図示) に設けられた同一の支持体 (不図示) に支持されている。
- [0095] Y 干渉計 1 6 は、図 8 (及び図 2) に示されるように、前述の基準軸 L V から同一距離、-X 側と +X 側に離れた Y 軸方向の測長軸に沿って測長ビーム B 4₁, B 4₂ をウエハテーブル W T B の反射面 1 7 a に投射し、それぞれの反射光を受光することで、ウエハテーブル W T B の測長ビーム B 4₁, B 4₂ の照射点における Y 軸方向の位置 (Y 位置) を検出している。なお、図 1 では、測長ビーム B 4₁, B 4₂ が代表的に測長ビーム B 4 として示されている。
- [0096] また、Y 干渉計 1 6 は、測長ビーム B 4₁, B 4₂ との間に Z 軸方向に所定間隔をあけて Y 軸方向の測長軸に沿って測長ビーム B 3 を反射面 4 1 a に向けて投射し、反射面 4 1 a で反射した測長ビーム B 3 を受光することにより、移動鏡 4 1 の反射面 4 1 a (すなわちウエハステージ W S T) の Y 位置を検

出している。

[0097] 主制御装置 20 は、Y 干渉計 16 の測長ビーム B_{41} , B_{42} に対応する測長軸の計測値の平均値に基づいて反射面 17a、すなわちウエハテーブル WTB（ウエハステージ WST）の Y 位置（より正しくは、Y 軸方向の変位 ΔY ）を算出する。また、主制御装置 20 は、測長ビーム B_{41} , B_{42} に対応する測長軸の計測値の差より、ウエハテーブル WTB の Z 軸回りの回転方向（ θ_z 方向）の変位（ヨーイング量） $\Delta \theta_z^{(Y)}$ を算出する。また、主制御装置 20 は、反射面 17a 及び反射面 41a の Y 位置（Y 軸方向の変位 ΔY ）に基づいて、ウエハステージ WST の θ_x 方向の変位（ピッチング量） $\Delta \theta_x$ を算出する。

[0098] また、X 干渉計 126 は、図 8 及び図 2 に示されるように、投影光学系 PL の光軸を通る X 軸方向の直線（基準軸）LH に関して同一距離離れた 2 軸の測長軸に沿って測長ビーム B_{51} , B_{52} をウエハテーブル WTB に投射する。主制御装置 20 は、測長ビーム B_{51} , B_{52} に対応する測長軸の計測値に基づいて、ウエハテーブル WTB の X 軸方向の位置（X 位置、より正しくは、X 軸方向の変位 ΔX ）を算出する。また、主制御装置 20 は、測長ビーム B_{51} , B_{52} に対応する測長軸の計測値の差より、ウエハテーブル WTB の θ_z 方向の変位（ヨーイング量） $\Delta \theta_z^{(X)}$ を算出する。なお、X 干渉計 126 から得られる $\Delta \theta_z^{(X)}$ と Y 干渉計 16 から得られる $\Delta \theta_z^{(Y)}$ は互いに等しく、ウエハテーブル WTB の θ_z 方向への変位（ヨーイング量） $\Delta \theta_z$ を代表する。

[0099] また、図 9 及び図 10 などに示されるように、X 干渉計 128 から測長ビーム B_7 が、ウエハテーブル WTB 上のウエハのアンロードが行われるアンローディングポジション UP と、ウエハテーブル WTB 上へのウエハのロードが行われるローディングポジション LP を結ぶ X 軸に平行な直線 LUL に沿って、ウエハテーブル WTB の反射面 17b に投射される。また、図 11 及び図 12 などに示されるように、X 干渉計 127 から測長ビーム B_6 が、プライマリアライメント系 AL1 の検出中心を通る X 軸に平行な直線（基準

軸) L A に沿って、ウエハテーブル W T B の反射面 1 7 b に投射される。

[0100] 主制御装置 2 0 は、X 干渉計 1 2 7 の計測値、及び X 干渉計 1 2 8 の計測値からも、ウエハテーブル W T B の X 軸方向の変位 ΔX を求めることができる。ただし、3 つの X 干渉計 1 2 6, 1 2 7, 1 2 8 の配置が Y 軸方向に関して異なっており、X 干渉計 1 2 6 は図 8 に示される露光時に、X 干渉計 1 2 7 は図 1 2 に示されるウエハアライメント時に、X 干渉計 1 2 8 は図 9 に示されるウエハのアンロード時及び図 1 0 に示されるウエハのロード時に使用される。

[0101] 前述の Z 干渉計 4 3 A、4 3 B それぞれからは、図 1 に示されるように、Y 軸に沿う測長ビーム B 1、B 2 が、移動鏡 4 1 に向けて投射される。これらの測長ビーム B 1、B 2 は、移動鏡 4 1 の反射面 4 1 b, 4 1 c のそれぞれに所定の入射角 ($\theta/2$ とする) で入射する。そして、測長ビーム B 1 は、反射面 4 1 b, 4 1 c で順次反射されて固定鏡 4 7 B の反射面に垂直に入射し、測長ビーム B 2 は、反射面 4 1 c, 4 1 b で順次反射されて固定鏡 4 7 A 反射面に垂直に入射する。そして、固定鏡 4 7 A, 4 7 B の反射面で反射された測長ビーム B 2、B 1 は、再度反射面 4 1 b, 4 1 c で順次反射され、あるいは再度反射面 4 1 c, 4 1 b で順次反射されて(入射時の光路を逆向きに戻り) Z 干渉計 4 3 A、4 3 B で受光される。

[0102] ここで、移動鏡 4 1 (すなわちウエハステージ W S T) の Z 軸方向への変位を ΔZ_0 、Y 軸方向への変位を ΔY_0 とすると、測長ビーム B 1、B 2 の光路長変化 ΔL_1 、 ΔL_2 は、それぞれ以下の式 (1)、(2) で表される。

$$[0103] \quad \Delta L_1 = \Delta Y_0 \times (1 + \cos \theta) + \Delta Z_0 \times \sin \theta \quad \cdots (1)$$

$$\Delta L_2 = \Delta Y_0 \times (1 + \cos \theta) - \Delta Z_0 \times \sin \theta \quad \cdots (2)$$

従って、式 (1)、(2) から ΔZ_0 及び ΔY_0 は次式 (3)、(4) で求められる。

$$[0104] \quad \Delta Z_0 = (\Delta L_1 - \Delta L_2) / 2 \sin \theta \quad \cdots (3)$$

$$\Delta Y_0 = (\Delta L_1 + \Delta L_2) / \{2 (1 + \cos \theta)\} \quad \cdots (4)$$

[0105] 上記の変位 ΔZ_o 、 ΔY_o は、Z干渉計43A、43Bのそれぞれで求められる。そこで、Z干渉計43Aで求められる変位を ΔZ_oR 、 ΔY_oR とし、Z干渉計43Bで求められる変位を ΔZ_oL 、 ΔY_oL とする。そして、Z干渉計43A、43Bそれぞれが投射する測長ビームB1、B2がX軸方向に離間する距離をDとする（図2参照）。かかる前提の下で、移動鏡41（すなわちウエハステージWST）の θ_z 方向への変位（ヨーイング量） $\Delta\theta_z$ 、 θ_y 方向への変位（ローリング量） $\Delta\theta_y$ は次式（5）、（6）で求められる。

$$[0106] \quad \Delta\theta_z = \tan^{-1} \{ (\Delta Y_oR - \Delta Y_oL) / D \} \quad \cdots (5)$$

$$\Delta\theta_y = \tan^{-1} \{ (\Delta Z_oL - \Delta Z_oR) / D \} \quad \cdots (6)$$

従って、主制御装置20は、上記式（3）～式（6）を用いることで、Z干渉計43A、43Bの計測結果に基づいて、ウエハステージWSTの4自由度の変位 ΔZ_o 、 ΔY_o 、 $\Delta\theta_z$ 、 $\Delta\theta_y$ を算出することができる。

[0107] このように、主制御装置20は、干渉計システム118の計測結果から、6自由度方向（Z、X、Y、 θ_z 、 θ_x 、 θ_y 方向）に関するウエハステージWSTの変位を求めることができる。

[0108] なお、本実施形態では、ウエハステージWSTが、ステージ本体91と、該ステージ本体91上に搭載されたウエハテーブルWTBとを含む6自由度で移動可能な単一のステージにより構成される場合について説明したが、これに限らず、XY平面内で自在に移動可能なステージ本体と、該ステージ本体に対して少なくともZ軸方向、 θ_x 方向及び θ_y 方向に相対的に微小駆動可能なウエハテーブルと含んで、ウエハステージWSTを構成しても良い。また、反射面17a、反射面17bの代わりに、ウエハテーブルWTBに平面ミラーから成る移動鏡を設けても良い。さらに、投影ユニットPUに設けられる固定ミラーの反射面を基準面としてウエハステージWSTの位置情報を計測するものとしたが、その基準面を配置する位置は投影ユニットPUに限られるものでないし、必ずしも固定ミラーを用いてウエハステージWSTの位置情報を計測しなくても良い。

- [0109] 但し、本実施形態では、ウエハステージWST（ウエハテーブルWTB）のXY平面内の位置情報（ θ_z 方向の回転情報を含む）は、主として、後述するエンコーダシステムによって計測され、干渉計16、126、127の計測値は、そのエンコーダシステムの計測値の長期的変動（例えばスケールの経時的な変形などによる）を補正（校正）する場合などに補助的に用いられる。
- [0110] なお、干渉計システム118はその少なくとも一部（例えば、光学系など）が、投影ユニットPUを保持するメインフレームに設けられる、あるいは前述の如く吊り下げ支持される投影ユニットPUと一体に設けられても良いが、本実施形態では前述した計測フレームに設けられるものとする。
- [0111] また、本実施形態では、干渉計システム118によって計測されるウエハステージWSTの位置情報が、後述の露光動作やアライメント動作などでは用いられず、主としてエンコーダシステムのキャリブレーション動作（すなわち、計測値の校正）などに用いられるものとしたが、干渉計システム118の計測情報（すなわち、6自由度の方向の位置情報の少なくとも1つ）を、例えば露光動作及び／又はアライメント動作などで用いても良い。本実施形態では、エンコーダシステムはウエハステージWSTの3自由度の方向、すなわちX軸、Y軸及び θ_z 方向の位置情報を計測する。そこで、露光動作などにおいて、干渉計システム118の計測情報のうち、エンコーダシステムによるウエハステージWSTの位置情報の計測方向（X軸、Y軸及び θ_z 方向）と異なる方向、例えばZ軸方向、 θ_x 方向及び θ_y 方向のうちの少なくとも1方向に関する位置情報のみを用いても良いし、その異なる方向の位置情報に加えて、エンコーダシステムの計測方向と同じ方向（すなわち、X軸、Y軸及び θ_z 方向の少なくとも1つ）に関する位置情報を用いても良い。また、露光動作などにおいて干渉計システム118で計測されるウエハステージWSTのZ軸方向の位置情報を用いても良い。
- [0112] その他、干渉計システム118（図6参照）には、計測テーブルMTBの2次元位置座標を計測するためのY干渉計18、X干渉計130も含まれて

いる。計測テーブルMTBの+Y端面、-X端面にも前述したウエハテーブルWTBと同様の反射面19a、19bが形成されている（図2及び図5（A）参照）。干渉計システム118のY干渉計18、X干渉計130（図1では、X干渉計130は不図示、図2参照）は、これらの反射面19a、19bに、図2に示されるように、測長ビームを投射して、それぞれの反射光を受光することにより、各反射面の基準位置からの変位を計測する。主制御装置20は、Y干渉計18、X干渉計130の計測値を受信し、計測ステージMSTの位置情報（例えば、少なくともX軸及びY軸方向の位置情報と θ_z 方向の回転情報とを含む）を算出する。

[0113] なお、計測テーブルMTB用のY干渉計として、ウエハテーブルWTB用のY干渉計16と同様の多軸干渉計を用いることとしても良い。また、計測テーブルMTBのX干渉計として、ウエハテーブルWTB用のX干渉計126と同様の2軸干渉計を用いることとしても良い。また、計測ステージMSTのZ変位、Y変位、ヨーイング量、及びローリング量を計測するために、ウエハテーブルWTB用のZ干渉計43A、43Bと同様の干渉計を導入することも可能である。

[0114] 次に、ウエハテーブルWTBのXY平面内の位置情報（ θ_z 方向の回転情報を含む）を計測するエンコーダシステムの構成等について説明する。

[0115] 本実施形態の露光装置100では、図3に示されるように、前述したノズルユニット32の周囲を四方から囲む状態で、エンコーダシステムの4つのヘッドユニット62A～62Dが配置されている。これらのヘッドユニット62A～62Dは、図3等では図面の錯綜を避ける観点から図示が省略されているが、実際には、支持部材を介して、前述した投影ユニットPUを保持するメインフレームに吊り下げ状態で固定されている。

[0116] ヘッドユニット62A及び62Cは、図3に示されるように、投影ユニットPUの+X側、-X側に、X軸方向を長手方向として、配置されている。ヘッドユニット62A、62Cは、X軸方向に関しての間隔WDで配置された複数（ここでは5つ）のYヘッド65₁～65₅、64₁～64₅をそれぞれ備

えている。より詳細には、ヘッドユニット62A及び62Cは、それぞれ、投影ユニットPUの周辺を除いて、投影光学系PLの光軸AXを通りかつX軸と平行な直線（基準軸）LH上に間隔WDで配置された複数（ここでは4つ）のYヘッド（64₁～64₄又は65₂～65₅）と、投影ユニットPUの周辺において、基準軸LHから-Y方向に所定距離離れた位置、すなわちノズルユニット32の-Y側の位置に配置された1つのYヘッド（64₅又は65₁）とを備えている。ヘッドユニット62A、62Cは、後述する3つのZヘッドもそれぞれ備えている。以下では、必要に応じて、Yヘッド65₁～65₅、64₁～64₅をそれぞれ、Yヘッド65、64とも記述する。

[0117] ヘッドユニット62Aは、前述のYスケール39Y₁を用いて、ウエハステージWST（ウエハテーブルWTB）のY軸方向の位置（Y位置）を計測する多眼（ここでは、5眼）のYリニアエンコーダ（以下、適宜「Yエンコーダ」又は「エンコーダ」と略述する）70A（図6参照）を構成する。同様に、ヘッドユニット62Cは、前述のYスケール39Y₂を用いて、ウエハステージWST（ウエハテーブルWTB）のY位置を計測する多眼（ここでは、5眼）のYエンコーダ70C（図6参照）を構成する。ここで、ヘッドユニット62A及び62Cがそれぞれ備える5つのYヘッド（64又は65）（すなわち、計測ビーム）のX軸方向の間隔WDは、Yスケール39Y₁、39Y₂のX軸方向の幅（より正確には、格子線38の長さ）より僅かに狭く設定されている。

[0118] ヘッドユニット62Bは、図3に示されるように、ノズルユニット32（投影ユニットPU）の+Y側に配置され、上記基準軸LV上にY軸方向に沿って間隔WDで配置された複数、ここでは4個のXヘッド66₅～66₈を備えている。また、ヘッドユニット62Dは、ノズルユニット32（投影ユニットPU）を介してヘッドユニット62Bとは反対側のプライマリアライメント系AL1の-Y側に配置され、上記基準軸LV上に間隔WDで配置された複数、ここでは4個のXヘッド66₁～66₄を備えている。以下では、必要に応じて、Xヘッド66₁～66₈を、Xヘッド66とも記述する。

- [0119] ヘッドユニット62Bは、前述のXスケール39X₁を用いて、ウエハステージWST（ウエハテーブルWTB）のX軸方向の位置（X位置）を計測する、多眼（ここでは、4眼）のXリニアエンコーダ（以下、適宜「Xエンコーダ」又は「エンコーダ」と略述する）70B（図6参照）を構成する。また、ヘッドユニット62Dは、前述のXスケール39X₂を用いて、ウエハステージWST（ウエハテーブルWTB）のX位置を計測する多眼（ここでは、4眼）のXリニアエンコーダ70D（図6参照）を構成する。
- [0120] ここでヘッドユニット62B、62Dがそれぞれ備える隣接するXヘッド66（計測ビーム）の間隔は、前述のXスケール39X₁、39X₂のY軸方向の幅（より正確には、格子線37の長さ）よりも狭く設定されている。またヘッドユニット62Bの最も-Y側のXヘッド66₅とヘッドユニット62Dの最も+Y側のXヘッド66₄との間隔は、ウエハステージWSTのY軸方向の移動により、その2つのXヘッド間で切り換え（後述するつなぎ）が可能となるように、ウエハテーブルWTBのY軸方向の幅よりも僅かに狭く設定されている。
- [0121] 本実施形態では、さらに、ヘッドユニット62A、62Cの-Y側に所定距離隔てて、ヘッドユニット62F、62Eが、それぞれ設けられている。ヘッドユニット62E及び62Fは、図3等では図面の錯綜を避ける観点から図示が省略されているが、実際には、支持部材を介して、前述した投影ユニットPUを保持するメインフレームに吊り下げ状態で固定されている。なお、ヘッドユニット62E、62F及び前述のヘッドユニット62A～62Dは、例えば投影ユニットPUが吊り下げ支持される場合は投影ユニットPUと一体に吊り下げ支持しても良いし、あるいは前述した計測フレームに設けても良い。
- [0122] ヘッドユニット62Eは、X軸方向の位置が異なる4つのYヘッド67₁～67₄を備えている。より詳細には、ヘッドユニット62Eは、セカンダリアライメント系AL2₁の-X側に前述の基準軸LA上に前述の間隔WDとほぼ同一間隔で配置された3つのYヘッド67₁～67₃と、最も内側（+X側）の

Yヘッド67₃から+X側に所定距離(WDより幾分短い距離)離れ、かつ基準軸LAから+Y側に所定距離離れたセカンダリアライメント系AL2₁の+Y側の位置に配置された1つのYヘッド67₄とを備えている。

[0123] ヘッドユニット62Fは、基準軸LVに関して、ヘッドユニット62Eと対称であり、上記4つのYヘッド67₄~67₁と基準軸LVに関して対称に配置された4つのYヘッド68₁~68₄を備えている。以下では、必要に応じて、Yヘッド67₁~67₄、68₁~68₄をそれぞれ、Yヘッド67、68とも記述する。後述するアライメント動作の際などには、Yスケール39Y₂、39Y₁にYヘッド67、68が少なくとも各1つそれぞれ対向し、このYヘッド67、68(すなわち、これらYヘッド67、68によって構成されるYエンコーダ70E、70F)によってウエハステージWSTのY位置(及び θ_z 回転)が計測される。

[0124] また、本実施形態では、後述するセカンダリアライメント系のベースライン計測時(Sec-BCHK(インターバル))などに、セカンダリアライメント系AL2₁、AL2₄にX軸方向で隣接するYヘッド67₃、68₂が、FDバー46の一对の基準格子52とそれぞれ対向し、その一对の基準格子52と対向するYヘッド67₃、68₂によって、FDバー46のY位置が、それぞれの基準格子52の位置で計測される。以下では、一对の基準格子52にそれぞれ対向するYヘッド67₃、68₂によって構成されるエンコーダをYリニアエンコーダ(適宜、「Yエンコーダ」又は「エンコーダ」とも略述する)70E₂、70F₂(図6参照)と呼ぶ。また、識別のため、上述したYスケール39Y₂、39Y₁にそれぞれ対向するYヘッド67、68によって構成されるYエンコーダ70E、70Fを、Yエンコーダ70E₁、70F₁と呼ぶ。

[0125] 上述した6つのリニアエンコーダ70A~70Fは、例えば0.1nm程度の分解能で、ウエハステージWSTの位置座標を計測し、その計測値を主制御装置20に供給する。主制御装置20は、リニアエンコーダ70A~70Dのうちの3つ、又は70B、70D、70E₁、70F₁のうちの3つの計測値に基づいて、ウエハテーブルWTBのXY平面内の位置を制御すると

もに、リニアエンコーダ $70E_2$, $70F_2$ の計測値に基づいて、FDバー46の θ_z 方向の回転を制御する。なお、リニアエンコーダの構成等については、さらに後述する。

[0126] 本実施形態の露光装置100では、図3に示されるように、照射系90a及び受光系90bから成る、例えば特開平6-283403号公報（対応する米国特許第5,448,332号明細書）等の開示されるものと同様の構成の斜入射方式の多点焦点位置検出系（以下、「多点AF系」と略述する）が設けられている。本実施形態では、一例として、前述のヘッドユニット62Eの-X端部の+Y側に照射系90aが配置され、これに対峙する状態で、前述のヘッドユニット62Fの+X端部の+Y側に受光系90bが配置されている。

[0127] この多点AF系（90a, 90b）の複数の検出点は、被検面上でX軸方向に沿って所定間隔で配置される。本実施形態では、例えば1行M列（Mは検出点の総数）又は2行N列（Nは検出点の総数の1/2）のマトリックス状に配置される。図3中では、それぞれ検出ビームが照射される複数の検出点を、個別に図示せず、照射系90a及び受光系90bの間でX軸方向に延びる細長い検出領域（ビーム領域）AFとして示している。この検出領域AFは、X軸方向の長さがウエハWの直径と同程度に設定されているので、ウエハWをY軸方向に1回スキャンするだけで、ウエハWのほぼ全面でZ軸方向の位置情報（面位置情報）を計測できる。また、この検出領域AFは、Y軸方向に関して、液浸領域14（露光領域IA）とアライメント系（AL1、AL2₁~AL2₄）の検出領域との間に配置されているので、多点AF系とアライメント系とでその検出動作を並行して行うことが可能となっている。多点AF系は、投影ユニットPUを保持するメインフレームなどに設けても良いが、本実施形態では前述の計測フレームに設けるものとする。

[0128] なお、複数の検出点は1行M列又は2行N列で配置されるものとしたが、行数及び／又は列数はこれに限られない。但し、行数が2以上である場合は、異なる行の間で検出点のX軸方向の位置を異ならせることが好ましい。さ

らに、複数の検出点はX軸方向に沿って配置されるものとしたが、これに限らず、複数の検出点の全部又は一部をY軸方向に関して異なる位置に配置しても良い。例えば、X軸及びY軸の両方と交差する方向に沿って複数の検出点を配置しても良い。すなわち、複数の検出点は少なくともX軸方向に関して位置が異なっていれば良い。また、本実施形態では複数の検出点に検出ビームを照射するものとしたが、例えば検出領域AFの全域に検出ビームを照射しても良い。さらに、検出領域AFはX軸方向の長さがウエハWの直径と同程度でなくとも良い。

[0129] 多点AF系(90a, 90b)の複数の検出点のうち両端に位置する検出点の近傍、すなわち検出領域AFの両端部近傍に、基準軸LVに関して対称な配置で、各一对のZ位置計測用の面位置センサのヘッド(以下、「Zヘッド」と略述する)72a, 72b、及び72c, 72dが設けられている。これらのZヘッド72a~72dは、不図示のメインフレームの下面に固定されている。なお、Zヘッド72a~72dは前述した計測フレームなどに設けても良い。

[0130] Zヘッド72a~72dとしては、ウエハテーブルWTBに対し上方から光を照射し、その反射光を受光してその光の照射点におけるウエハテーブルWTB表面のXY平面に直交するZ軸方向の位置情報を計測するセンサヘッド、一例としてCDドライブ装置などで用いられる光ピックアップのような構成の光学式の変位センサのヘッド(光ピックアップ方式のセンサヘッド)が用いられている。

[0131] 本実施形態では、各Zヘッドとして、エンコーダと同じくYスケール39Y₁, 39Y₂の回折格子面を上方(+Z方向)から観察する構成が採用される。それにより、複数のZヘッドで、ウエハテーブルWTB上面の異なる位置の面位置情報を計測することで、ウエハテーブルWTBのZ軸方向の位置と θ_y 回転(ローリング)を計測することができる。

[0132] さらに、前述のヘッドユニット62A, 62Cは、それぞれが備えるYヘッド65_j(j=3~5), 64_i(i=1~3)と同じX位置に、ただしY位

置をずらして、それぞれ3つのZヘッド 76_j ($j = 3 \sim 5$), 74_i ($i = 1 \sim 3$) を備えている。ここで、ヘッドユニット $62A$, $62C$ のそれぞれに属する3つのZヘッド 76_j , 74_i は、基準軸 LH から $+Y$ 方向に所定距離隔てて基準軸 LH と平行に配置され、且つ互いに基準軸 LV に関して対称に配置されている。なお、各Zヘッド 76_j , 74_i としては、前述のZヘッド $72a \sim 72d$ と同様の光学式変位センサのヘッドが採用される。

[0133] ここで、Zヘッド 74_3 は、前述したZヘッド $72a$, $72b$ と同一のY軸に平行な直線上にある。同様に、Zヘッド 76_3 は、前述したZヘッド $72c$, $72d$ と同一のY軸に平行な直線上にある。

[0134] 上述したZヘッド $72a \sim 72d$ 、Zヘッド $74_1 \sim 74_3$ 、及びZヘッド $76_3 \sim 76_5$ は、図6に示されるように、信号処理・選択装置 170 を介して主制御装置 20 に接続されており、主制御装置 20 は、信号処理・選択装置 170 を介してZヘッド $72a \sim 72d$ 、Zヘッド $74_1 \sim 74_3$ 、及びZヘッド $76_3 \sim 76_5$ の中から任意のZヘッドを選択して作動状態とし、その作動状態としたZヘッドで検出した面位置情報を信号処理・選択装置 170 を介して受け取る。本実施形態では、Zヘッド $72a \sim 72d$ 、Zヘッド $74_1 \sim 74_3$ 、及びZヘッド $76_3 \sim 76_5$ と、信号処理・選択装置 170 とを含んでウエハテーブル WTB のZ軸方向及び XY 平面に対する傾斜方向の位置情報を計測する面位置計測システム 180 が構成されている。

[0135] なお、図3では、計測ステージ MST の図示が省略されるとともに、その計測ステージ MST と先端レンズ 191 との間に保持される水 Lq で形成される液浸領域が符号 14 で示されている。また、図3に示されるように、本実施形態では、アンローディングポジション UP と、ローディングポジション LP とは、基準軸 LV に関して対称に設定されている。しかし、これに限らず、アンロードポジション UP とローディングポジション LP とを同一位置としても良い。

[0136] 図6には、露光装置 100 の制御系の主要な構成が示されている。この制御系は、装置全体を統括的に制御するマイクロコンピュータ（又はワークス

ーション) から成る主制御装置 20 を中心として構成されている。この主制御装置 20 に接続された外部記憶装置であるメモリ 34 には、干渉計システム 118、エンコーダシステム 150 (エンコーダ 70A~70F)、Z ヘッド 72a~72d, 74₁~74₃, 76₃~76₅等、計測器系の補正情報が記憶されている。なお、図 6 においては、前述した照度むらセンサ 94、空間像計測器 96 及び波面収差計測器 98 などの計測ステージ M S T に設けられた各種センサが、纏めてセンサ群 99 として示されている。

[0137] 次に、エンコーダ 70A~70F の構成等について、図 7 (A) に拡大して示される Y エンコーダ 70C を代表的に採り上げて説明する。この図 7 (A) には、Y スケール 39 Y₂ に検出光 (計測ビーム) を照射するヘッドユニット 62C の 1 つの Y ヘッド 64 が示されている。

[0138] Y ヘッド 64 は、大別すると、照射系 64a、光学系 64b、及び受光系 64c の 3 部分から構成されている。

[0139] 照射系 64a は、レーザ光 L B を Y 軸及び Z 軸に対して 45° を成す方向に射出する光源、例えば半導体レーザ L D と、該半導体レーザ L D から射出されるレーザビーム L B の光路上に配置されたレンズ L 1 とを含む。

[0140] 光学系 64b は、その分離面が X Z 平面と平行である偏光ビームスプリッタ P B S、一对の反射ミラー R 1 a, R 1 b、レンズ L 2 a, L 2 b、四分の一波長板 (以下、 $\lambda/4$ 板と記述する) W P 1 a, W P 1 b、及び反射ミラー R 2 a, R 2 b 等を備えている。ここで、偏光ビームスプリッタ P B S の分離面を基準にして、反射ミラー R 1 a と対称な位置に、反射ミラー R 1 b が配置されている。同様に、収束レンズ L 2 a, L 2 b、 $\lambda/4$ 板 W P 1 a, W P 1 b、及び反射ミラー R 2 a, R 2 b も、偏光ビームスプリッタ P B S の分離面を基準にして、互いに対称な位置に配置されている。

[0141] 前記受光系 64c は、偏光子 (検光子) 及び光検出器等を含む。受光系 64c は、偏光ビームスプリッタ P B S の分離面を介したレーザ光 L B の反射回折光の戻り光路上に、配置される。

[0142] この Y エンコーダ 70C において、半導体レーザ L D から射出されたレー

ザビームLBはレンズL1を介して偏光ビームスプリッタPBSに入射し、2つの光束LB₁、LB₂に偏光分離される。ここで、レーザビームLBのP偏光成分が、偏光ビームスプリッタPBSを透過して光束LB₁を成し、S偏光成分が、偏光ビームスプリッタPBSの分離面で反射されて光束LB₂を成す。光束LB₁、LB₂は、それぞれ反射ミラーR1a、R1bによって反射されて、反射型回折格子RGに入射する。

[0143] 反射型回折格子RGに光束LB₁、LB₂が照射されることにより、回折光が発生する。ここで、光束LB₁の照射によって発生する-1次以下の回折光のうち、例えば-1次の回折光が、収束レンズL2a及びλ/4板WP1aを透過して、反射ミラーR2aに到達する。ただし、回折光の次数の符号は、後述するように、入射光と同じ角度で反射される零次の回折光を基準に、+Y方向（-Y方向）へ回折する回折光に対して正（負）と定義する。そして、回折光は反射ミラーR2aによって反射され、往路と同じ光路を逆方向に辿って、反射型回折格子RGに到達する。ここで、往路と復路でλ/4板WP1aを2回透過することにより、回折光の偏光方向は90度回転し、S偏光に変換される。一方、光束LB₂の照射によって発生する+1次以上の回折光のうち、例えば+1次の回折光が、収束レンズL2b及びλ/4板WP1bを透過して、反射ミラーR2bに到達する。そして、回折光は反射ミラーR2bによって反射され、往路と同じ光路を逆方向に辿って、反射型回折格子RGに到達する。ここで、往路と復路でλ/4板WP1bを2回透過することにより、回折光の偏光方向は90度回転し、P偏光に変換される。

[0144] 反射型回折格子RGに反射ミラーR2a、R2bからの戻り回折光が照射されることにより、再び回折光が発生する。反射ミラーR2aからの戻り光に由来する回折光のうち、戻り光と同一次の回折光が反射ミラーR1aに反射されて、偏光ビームスプリッタPBSに到達する。一方、反射ミラーR2bからの戻り光に由来する回折光のうち、戻り光と同一次の回折光が反射ミラーR1bに反射されて、偏光ビームスプリッタPBSに到達する。

[0145] 偏光ビームスプリッタPBSに到達する戻り光束LB₁、LB₂は、それぞ

れS偏光とP偏光に変換されている。そのため、戻り光束 $L B_1$ は偏光ビームスプリッタPBSの分離面で反射され、戻り光束 $L B_2$ は偏光ビームスプリッタPBSを透過する。それにより、戻り光束 $L B_1$ 、 $L B_2$ は同軸に合成されて受光系64cに入射する。

[0146] 受光系64cの内部において、2つの戻り光束 $L B_1$ 、 $L B_2$ は、検光子によって偏光方向を揃えて重ね合わせられ、干渉光を形成する。この干渉光が光検出器によって検出される。ここで、Yスケール39Y₂（すなわちウエハステージWST）が計測方向（この場合、Y軸方向）に移動すると、後述するように、2つの光束 $L B_1$ 、 $L B_2$ 間の位相差が変化し、それにより干渉光の強度が変化する。この干渉光の強度変化より、Yヘッド64とYスケール39Y₂間の位置関係、すなわちウエハステージWSTのY座標が算出され、Yエンコーダ70Aの計測値として出力される。

[0147] なお、ヘッドユニット62Cのその他のYヘッド64、及びヘッドユニット62Aに属する各Yヘッド65も上述と同様に構成され、Yスケール39Y₂又は39Y₁に対向してYエンコーダ70C又は70Aを構成する。

[0148] また、ヘッドユニット62B、62Dそれぞれに属する各Xヘッド66も、上述したYヘッド64と同様に構成され、Xスケール39X₁又は39X₂に対向してXエンコーダ70B又は70Dを構成する。

[0149] また、ヘッドユニット62E、62Fそれぞれに属する各Yヘッド67、68も、上述したYヘッド64と同様に構成され、Yスケール39Y₂又は39Y₁に対向してYエンコーダ70E₁又は70F₁を構成する。また、Yヘッド67₃、68₂は、計測ステージMST上の一対の基準格子52にそれぞれ対向してYエンコーダ70E₂、70F₂を構成する。

[0150] 各エンコーダとしては、分解能が、例えば0.1nm程度のものが用いられている。なお、本実施形態のエンコーダでは、図7（B）に示されるように、検出光として回折格子RGの周期方向に長く延びる断面形状のレーザビームLBを用いても良い。図7（B）では、格子RGと比較してビームLBが誇張して大きく図示されている。

- [0151] なお、別形態として、エンコーダヘッドには光学系 6 4 b のみが含まれ、照射系 6 4 a と受光系 6 4 c が光学系 6 4 b から物理的に分離しているタイプもある。このタイプの場合、レーザ光は、これら 3 部分間を、光ファイバを介して引き回される。
- [0152] 次に、本実施形態の露光装置 1 0 0 における、ウエハステージ W S T と計測ステージ M S T とを用いた並行処理動作について、図 8 ～図 1 1 に基づいて説明する。なお、以下の動作中、主制御装置 2 0 によって、局所液浸装置 8 の液体供給装置 5 及び液体回収装置 6 の各バルブの開閉制御が前述したようにして行われ、投影光学系 P L の先端レンズ 1 9 1 の射出面側には常時水が満たされている。しかし、以下では、説明を分かり易くするため、液体供給装置 5 及び液体回収装置 6 の制御に関する説明は省略する。また、以後の動作説明は、多数の図面を用いて行うが、図面毎に同一の部材に符号が付されていたり、付されていないだったりしている。すなわち、図面毎に、記載している符号が異なっているが、それら図面は符号の有無に関わらず、同一構成である。これまでに説明に用いた、各図面についても同様である。
- [0153] 図 8 には、ウエハステージ W S T 上に載置されたウエハ W に対するステップ・アンド・スキャン方式の露光が行われている状態が示されている。この露光は、開始前に行われるウエハアライメント（例えば E G A : Enhanced Global Alignment）等の結果に基づいて、ウエハ W 上の各ショット領域の露光のための走査開始位置（加速開始位置）へウエハステージ W S T を移動するショット間移動と、各ショット領域に対してレチクル R に形成されたパターンを走査露光方式で転写する走査露光と、を交互に繰り返すことにより行われる。また、露光は、ウエハ W 上の - Y 側に位置するショット領域から + Y 側に位置するショット領域の順で行われる。なお、投影ユニット P U とウエハ W との間に液浸領域 1 4 が形成された状態で行われる。
- [0154] 上述の露光中、主制御装置 2 0 により、ウエハステージ W S T （ウエハテーブル W T B）の X Y 平面内の位置（ θ_z 方向の回転を含む）は、2 つの Y エンコーダ 7 0 A, 7 0 C と、2 つの X エンコーダ 7 0 B, 7 0 D の一方と

の合計3つのエンコーダの計測結果に基づいて制御されている。ここで、2つのXエンコーダ70B, 70Dは、Xスケール39X₁, 39X₂のそれぞれに対向する2つのXヘッド66によって構成され、2つのYエンコーダ70A, 70Cは、Yスケール39Y₁, 39Y₂のそれぞれに対向するYヘッド65, 64により構成される。また、ウエハステージWSTのZ位置と θ_y 方向の回転（ローリング）は、ウエハテーブルWTB表面のX軸方向一側と他側の端部にそれぞれ対向する一対のZヘッド74_i, 76_jの計測結果に基づいて制御されている。ウエハステージWSTの θ_x 回転（ピッチング）は、Y干渉計16の計測結果に基づいて制御されている。なお、ウエハテーブルWTBのZ軸方向の位置、 θ_y 方向の回転、及び θ_x 方向の回転の制御（すなわちウエハWのフォーカス・レベリング制御）は、事前に行われるフォーカスマッピングの結果に基づいて行われている。

[0155] 図8に示される、ウエハステージWSTの位置では、Xスケール39X₁にはXヘッド66₅（図8中に丸で囲んで示されている）が対向するが、Xスケール39X₂に対向するXヘッド66はない。そのため、主制御装置20は、1つのXエンコーダ70Bと2つのYエンコーダ70A, 70Cを用いて、ウエハステージWSTの位置（X, Y, θ_z ）制御を実行している。ここで、図8に示される位置からウエハステージWSTが-Y方向に移動すると、Xヘッド66₅はXスケール39X₁から外れ（対向しなくなり）、代わりにXヘッド66₄（図8中に破線の丸で囲んで示されている）がXスケール39X₂に対向する。そこで、主制御装置20は、1つのXエンコーダ70Dと2つのYエンコーダ70A, 70Cを用いるステージ制御に切り換える。

[0156] このように、主制御装置20は、ウエハステージWSTの位置座標に応じて、使用するエンコーダを絶えず切り換えて、ステージ制御を実行している。

[0157] なお、上述のエンコーダを用いたウエハステージWSTの位置計測と独立に、干渉計システム118を用いたウエハステージWSTの位置（X, Y, Z, θ_x , θ_y , θ_z ）計測が、常時、行われている。ここで、干渉計シス

テム 118 を構成する X 干渉計 126, 127, 又は 128 を用いてウエハステージ WST の X 位置と θ_z 回転（ヨーイング）が、Y 干渉計 16 を用いて Y 位置、 θ_x 回転、及び θ_z 回転が、Z 干渉計 43A, 43B（図 8 では不図示、図 1 又は図 2 を参照）を用いて Y 位置、Z 位置、 θ_y 回転、及び θ_z 回転が計測される。X 干渉計 126, 127, 及び 128 は、ウエハステージ WST の Y 位置に応じて、いずれか 1 つが使用される。露光中は、図 8 に示されるように、X 干渉計 126 が使用される。X、Y、 θ_z 方向の 3 自由度方向に関しては、干渉計システム 118 の計測結果は、補助的に、ウエハステージ WST の位置制御に利用される。

[0158] ウエハ W の露光が終了すると、主制御装置 20 は、ウエハステージ WST をアンロードポジション UP に向けて駆動する。その際、露光中には互いに離れていたウエハステージ WST と計測ステージ MST とが、接触あるいは $300\mu\text{m}$ 程度の離間距離を挟んで近接して、スクラム状態に移行する。ここで、計測テーブル MTB 上の CD バー 46 の -Y 側面とウエハテーブル WTB の +Y 側面とが接触あるいは近接する。このスクラム状態を保って、両ステージ WST, MST が -Y 方向に移動することにより、投影ユニット PU の下に形成される液浸領域 14 は、計測ステージ MST 上に移動する。例えば図 9、図 10 には、移動後の状態が示されている。

[0159] ウエハステージ WST が、更に -Y 方向へ移動して有効ストローク領域（ウエハステージ WST が露光及びウエハアライメント時に移動する領域）から外れると、エンコーダ 70A~70D を構成する全ての X ヘッド、Y ヘッド及び全ての Z ヘッドが、ウエハテーブル WTB 上の対応するスケールから外れる。そのため、エンコーダ 70A~70D 及び Z ヘッドの計測結果に基づくステージ制御が不可能になる。その直前に、主制御装置 20 は、干渉計システム 118 の計測結果に基づくステージ制御に切り換える。ここで、3 つの X 干渉計 126, 127, 128 のうち X 干渉計 128 が使用される。

[0160] その後、図 9 に示されるように、ウエハステージ WST は、計測ステージ MST とのスクラム状態を解除し、アンロードポジション UP に移動する。

移動後、主制御装置 20 は、ウエハテーブル WTB 上のウエハ W をアンロードする。そして、図 10 に示されるように、ウエハステージ WST を +X 方向に駆動してローディングポジション LP に移動させ、ウエハテーブル WTB 上に次のウエハ W をロードする。

[0161] これらの動作と平行して、主制御装置 20 は、計測ステージ MST に支持された FD バー 46 の XY 平面内での位置調整と、4 つのセカンダリアライメント系 AL2₁~AL2₄のベースライン計測と、を行う Sec-BCHK（セカンダリ・ベースライン・チェック）を実行する。Sec-BCHK はウエハ交換毎にインターバル的に行う。ここで、XY 平面内の位置（ θ_z 回転）を計測するために、前述の Y エンコーダ 70E₂, 70F₂ が使用される。

[0162] 次に、主制御装置 20 は、図 11 に示されるように、ウエハステージ WST を駆動し、計測プレート 30 上の基準マーク FM をプライマリアライメント系 AL1 の検出視野内に位置決めし、アライメント系 AL1, AL2₁~AL2₄のベースライン計測の基準位置を決定する Pri-BCHK（プライマリ・ベースライン・チェック）の前半の処理を行う。

[0163] このとき、図 11 に示されるように、2 つの Y ヘッド 68₂, 67₃ と 1 つの X ヘッド 66₁（図中に丸で囲んで示されている）が、それぞれ Y スケール 39Y₁, 39Y₂ と X スケール 39X₂ に対向するようになる。そこで、主制御装置 20 は、干渉計システム 118 からエンコーダシステム 150（エンコーダ 70A, 70C, 70D）を用いたステージ制御へ切り換える。干渉計システム 118 は、再び補助的に使用される。なお、3 つの X 干渉計 126, 127, 128 のうち X 干渉計 127 が使用される。

[0164] その後、主制御装置 20 は、プライマリアライメント系 AL1 とセカンダリアライメント系 AL2₁~AL2₄を用いて、ウエハアライメント（EGA）を実行する（図 12 中の星マーク参照）。

[0165] なお、本実施形態では、図 12 に示されるように、ウエハアライメントを開始するまでに、ウエハステージ WST と計測ステージ MST はスクラム状態へ移行している。主制御装置 20 は、スクラム状態を保ちながら、両ステ

ージWST, MSTを+Y方向に駆動する。その後、液浸領域14の水は、計測テーブルMTB上からウエハテーブルWTB上に移動する。

[0166] ウエハアライメント(EGA)と平行して、主制御装置20は、Zヘッド(70a~70d)と多点AF系(90a, 90b)とを用いたフォーカスキャリブレーションとフォーカスマッピング、さらに空間像計測装置45を用いたウエハテーブルWTBのXY位置に対する投影像の強度分布を計測するPri-BCHK後半の処理を実行する。

[0167] 以上の作業が終了すると、主制御装置20は、両ステージWST, MSTのスクラム状態を解除する。そして、図8に示されるように、ステップ・アンド・スキャン方式の露光を行い、新しいウエハW上にレチクルパターンを転写する。以降、同様の動作が繰り返し実行される。

[0168] 次に、エンコーダの計測原理を、図7(A)に示されるYエンコーダ70Cを例にして、詳細に説明する。まず、2つの戻り光束LB₁, LB₂から合成される干渉光の強度と、Yスケール39Y₂の変位(Yヘッド64との相対変位)の関係を導出する。

[0169] 2つの光束LB₁, LB₂は、移動する反射型回折格子RGに散乱されると、ドップラー効果による周波数のシフト、すなわちドップラーシフトを受ける。図13(A)に、移動する反射面DSによる光の散乱を示す。ただし、図中のベクトルk₀, k₁はYZ面に対し平行、反射面DSはY軸に対し平行でZ軸に対し垂直とする。

[0170] 反射面DSは速度ベクトル $v = v_y + v_z$ 、すなわち+Y方向に速度 V_y ($= |v_y|$)かつ+Z方向に速度 V_z ($= |v_z|$)で移動しているとす。この反射面に対し、波数ベクトルk₀の光が角度 θ_0 で入射し、波数ベクトルk₁の光が角度 θ_1 で散乱される。ただし、 $|k_0| = |k_1| = K$ とする。入射光k₀が受けるドップラーシフト(散乱光k₁と入射光k₀の周波数の差) f_D は、次式(7)で与えられる。

$$\begin{aligned}
 [0171] \quad 2\pi f_D &= (k_1 - k_0) \cdot v \\
 &= 2KV_y \cos [(\theta_1 - \theta_0) / 2] \cos \theta
 \end{aligned}$$

$$+2KVz \cos [(\theta_1 - \theta_0)/2] \sin \theta \quad \cdots (7)$$

ここで、 $\theta = \pi/2 - (\theta_1 + \theta_0)/2$ なので、上式(7)を変形して、次式(8)を得る。

$$[0172] \quad 2\pi f_D = KV_y (\sin \theta_1 + \sin \theta_0) + KV_z (\cos \theta_1 + \cos \theta_0) \quad \cdots (8)$$

[0173] 反射面DSは、時間 Δt の間に、変位ベクトル $v \Delta t$ 、すなわち+Y方向に距離 $\Delta Y = V_y \Delta t$ 、+Z方向に距離 $\Delta Z = V_z \Delta t$ 変位する。それに伴って散乱光 k_1 の位相は $\phi = 2\pi f_D \Delta t$ シフトする。式(8)を代入すると、位相シフト ϕ は、次式(9)のように求められる。

$$[0174] \quad \phi = K \Delta Y (\sin \theta_1 + \sin \theta_0) + K \Delta Z (\cos \theta_1 + \cos \theta_0) \quad \cdots (9)$$

ここで、入射角 θ_0 と散乱角 θ_1 には次式(10)の関係(回折条件)が成立する。

$$[0175] \quad \sin \theta_1 + \sin \theta_0 = n \lambda / p \quad \cdots (10)$$

ただし、 λ は光の波長、 p は回折格子のピッチ、 n は回折次数である。なお、回折次数 n は、散乱角 $-\theta_0$ の零次回折光を基準にして、+Y方向に散乱される回折光に対して正、-Y方向に散乱される回折光に対し負となる。式(10)を式(9)に代入すると、位相シフト ϕ は、次式(11)のように書き換えられる。

$$[0176] \quad \phi = 2\pi n \Delta Y / p + K \Delta Z (\cos \theta_1 + \cos \theta_0) \quad \cdots (11)$$

上式(11)より明らかなように、反射面DSが停止していれば、すなわち $\Delta Y = \Delta Z = 0$ ならば、位相シフト ϕ も零となる。

[0177] 式(11)を用いて、2つの光束 LB_1 、 LB_2 の位相シフトを求める。まず、光束 LB_1 の位相シフトを考える。図13(B)において、反射鏡R1aで反射された光束 LB_1 は、反射型回折格子RGに角 θ_{a0} で入射し、 n_a 次回折光が角 θ_{a1} で散乱するとする。この時、回折光が受ける位相シフトは式(11)の右辺と同じ形となる。そして、反射鏡R2aによって反射され復路を辿る戻り光束は、反射型回折格子RGに角 θ_{a1} で入射する。そして再度、

回折光が発生する。ここで、角 θ_{a0} で散乱し、元の光路を辿って反射鏡 R 1 a に向かう回折光は、往路において発生した回折光と同一次の n_a 次回折光である。従って、光束 L B₁ が復路で被る位相シフトは、往路で被る位相シフトに等しい。従って、光束 L B₁ が被る全位相シフトは、次式 (12) のように求められる。

$$[0178] \quad \phi_1 = 4\pi n_a \Delta Y / p + 2K \Delta Z (\cos \theta_{a1} + \cos \theta_{a0}) \quad \dots (12)$$

ただし、回折条件を、次式 (13) で与えた。

$$[0179] \quad \sin \theta_{a1} + \sin \theta_{a0} = n_a \lambda / p \quad \dots (13)$$

一方、光束 L B₂ は角 θ_{b0} で反射型回折格子 R G に入射し、 n_b 次回折光が角 θ_{b1} で散乱される。この回折光が、反射鏡 R 2 b によって反射され、同じ光路を辿って反射鏡 R 1 b に戻るとする。光束 L B₂ が被る全位相シフトは、式 (12) と同様に、次式 (14) のように求められる。

$$[0180] \quad \phi_2 = 4\pi n_b \Delta Y / p + 2K \Delta Z (\cos \theta_{b1} + \cos \theta_{b0}) \quad \dots (14)$$

ただし、回折条件を、次式 (15) で与えた。

$$[0181] \quad \sin \theta_{b1} + \sin \theta_{b0} = n_b \lambda / p \quad \dots (15)$$

[0182] 2つの戻り光束 L B₁, L B₂ から合成される干渉光の強度 I は、光検出器の受光位置における2つの戻り光束 L B₁, L B₂ 間の位相の差 ϕ に、 $I \propto 1 + \cos \phi$ と依存する。ただし、2つの光束 L B₁, L B₂ の強度は互いに等しいとした。ここで、位相差 ϕ は、2つの光束 L B₁, L B₂ のそれぞれの反射型回折格子 R G の Y, Z 変位に起因する位相シフトの差 (すなわち $\phi_2 - \phi_1$) と、2つの光束 L B₁, L B₂ の光路差 ΔL に起因する位相差 ($K \Delta L$) との和として、次式 (16) のように求められる。

$$[0183] \quad \phi = K \Delta L + 4\pi (n_b - n_a) \Delta Y / p + 2K \Delta Z f(\theta_{a0}, \theta_{a1}, \theta_{b0}, \theta_{b1}) + \phi_0 \quad \dots (16)$$

ここで、式 (12)、(14) を用いた。なお、反射鏡 R 1 a, R 1 b, R 2 a, R 2 b の配置と回折条件とから定まる幾何学的因子を、次式 (17

) のように表記した。

$$[0184] \quad f(\theta_{a0}, \theta_{a1}, \theta_{b0}, \theta_{b1}) \\ = \cos \theta_{b1} + \cos \theta_{b0} - \cos \theta_{a1} - \cos \theta_{a0} \quad \cdots (17)$$

また、その他の要因（例えば、変位 ΔL , ΔY , ΔZ の基準位置の定義など）より定まる定位相項を ϕ_0 と表記した。

[0185] ここで、エンコーダは、光路差 $\Delta L = 0$ 及び次式 (18) で示される対称性を満たすように、構成されているとする。

$$[0186] \quad \theta_{a0} = \theta_{b0}, \quad \theta_{a1} = \theta_{b1} \quad \cdots (18)$$

その場合、式 (16) の右辺第 3 項の括弧内は零になり、同時に $n_b = -n_a (= n)$ を満たすので、次式 (19) が得られる。

$$[0187] \quad \phi_{sym}(\Delta Y) = 2\pi \Delta Y / (p / 4n) + \phi_0 \quad \cdots (19)$$

上式 (19) より、位相差 ϕ_{sym} は光の波長 λ に依存しないことがわかる。そして、干渉光の強度 I は、変位 ΔY が計測単位（計測ピッチとも呼ぶ） $p / 4n$ 増加あるいは減少する毎に、強弱を繰り返すことがわかる。そこで、予め定められた基準位置からの変位 ΔY に伴う干渉光の強度の強弱の回数を計測する。そして、その計数値（カウント値） $c_{\Delta Y}$ より、変位 ΔY の計測値 $C_{\Delta Y}$ が、次式 (20) のように求められる。

$$[0188] \quad C_{\Delta Y} = (p / 4n) \times c_{\Delta Y} \quad \cdots (20)$$

さらに、内挿器（インターポレータ）を用いて干渉光の正弦的な強度変化を分割することにより、その位相 ϕ' ($= \phi_{sym} \% 2\pi$) を計測することができる。その場合、変位 ΔY の計測値 $C_{\Delta Y}$ は、次式 (21) より算出される。

$$[0189] \quad C_{\Delta Y} = (p / 4n) \times \{c_{\Delta Y} + (\phi' - \phi_0) / 2\pi\} \quad \cdots (21)$$

ここで、定位相項 ϕ_0 を位相オフセット（ただし、 $0 \leq \phi_0 < 2\pi$ と定義する）とし、変位 ΔY の基準位置での位相 $\phi_{sym} (\Delta Y = 0)$ を保持することとする。

[0190] 以上の説明よりわかるように、内挿器を併用することにより、変位 ΔY を、計測単位 ($p / 4n$) 以下の計測分解能で計測することができる。ここで、計測分解能は、位相 ϕ' の分割単位から定まる離散化誤差（量子化誤差と

も呼ぶ)、変位 ΔY による干渉光の強度変化 $I(\Delta Y) = I(\phi_{sym}(\Delta Y))$ の理想的な正弦波形からのずれに起因する内挿誤差等、から決まる。なお、変位 ΔY の離散化単位は、例えば計測単位($p/4n$)の数1000分の1で、約0.1nmと十分小さいので、特に断らない限り、エンコーダの計測値 $C_{\Delta Y}$ を連続量とみなす。

[0191] ウエハステージWSTがY軸方向とは異なる方向に移動し、Yヘッド64とYスケール39Y₂の間に計測方向以外の相対変位が生じると、Yエンコーダ70Cに計測誤差が生じる。以下、上述のエンコーダの計測原理に基づいて、計測誤差の発生機構を考えてみる。

[0192] 簡単な例として、図14(A)及び図14(B)に示される2つのケースにおいて、上式(16)で示される位相差 ϕ の変化を考えてみる。まず、図14(A)のケースでは、ヘッド64の光軸がZ軸方向に一致している(ヘッド64が傾いていない)。ここで、ウエハステージWSTがZ軸方向に変位したとする($\Delta Z \neq 0$, $\Delta Y = 0$)。この場合、光路差 ΔL に変化はないので、式(16)右辺第1項に変化はない。第2項は、仮定 $\Delta Y = 0$ より、零となる。そして、第3項は、式(18)の対称性を満たしているので、零となる。従って、位相差 ϕ に変化は生じず、また干渉光の強度変化も生じない。結果として、エンコーダの計測値も変化しない。

[0193] 一方、図14(B)のケースでは、ヘッド64の光軸がZ軸に対して傾いている(ヘッド64が傾いている)。この状態から、ウエハステージWSTがZ軸方向に変位したとする($\Delta Z \neq 0$, $\Delta Y = 0$)。この場合も、光路差 ΔL に変化は生じないので、式(16)右辺第1項に変化はない。そして第2項は、仮定 $\Delta Y = 0$ より、零となる。しかし、ヘッドが傾いていることにより式(18)の対称性が破れるので、第3項は零にならず、Z変位 ΔZ に比例して変化する。従って、位相差 ϕ に変化が生じ、結果として、計測値が変化する。

[0194] また、図示は省略するが、計測方向(Y軸方向)と光軸方向(Z軸方向)とに垂直な方向にウエハステージWSTが変位する場合($\Delta X \neq 0$, $\Delta Y =$

0, $\Delta Z = 0$)、回折格子RGの格子線の向く方向が計測方向と直交している限り計測値は変化しないが、直交していなければ角度に比例したゲインで感度が発生する。

[0195] 次に、図15(A)～図15(D)を用いて、ウエハステージWSTが回転(傾斜が変化)するケースを考えてみる。まず、図15(A)では、ヘッド64の光軸がZ軸方向に一致している(ヘッド64が傾いていない)。この状態から、ウエハステージWSTが+Z方向に変位して図15(B)の状態になっても、先の図14(A)と同じケースなので、エンコーダの計測値は変化しない。

[0196] 次に、図15(B)の状態から、ウエハステージWSTがX軸回りに回転して図15(C)の状態になるとする。この場合、ヘッドとスケールが相對運動していない、すなわち $\Delta Y = \Delta Z = 0$ であるにもかかわらず、ウエハステージWSTの回転により光路差 ΔL に変化が生じるため、エンコーダの計測値が変化する。

[0197] 次に、図15(C)の状態から、ウエハステージWSTが下方に移動して図15(D)の状態になるとする。この場合、ウエハステージWSTは回転しないので、光路差 ΔL に変化は生じない。しかし、式(18)の対称性が破れているため、式(16)の右辺第3項を通じてZ変位 ΔZ によって位相差 ϕ が変化する。それにより、エンコーダの計測値が変化する。

[0198] その他の計測誤差の発生要因として、ビーム光路上の雰囲気温度揺らぎ(空気揺らぎ)が考えられる。2つの戻り光束 LB_1 , LB_2 間の位相差 ϕ は、式(16)右辺第1項より、2つの光束の光路差 ΔL に依存する。ここで、空気揺らぎによって、光の波長 λ が $\lambda + \Delta \lambda$ に変化したとする。この波長の微小変化 $\Delta \lambda$ によって、位相差は微小量 $\Delta \phi = 2\pi \Delta L \Delta \lambda / \lambda^2$ 変化する。ここで、仮に、光の波長 $\lambda = 1 \mu m$ 、微小変化 $\Delta \lambda = 1 nm$ とすると、光路差 $\Delta L = 1 mm$ に対して、位相変化 $\Delta \phi = 2\pi$ となる。この位相変化は、エンコーダのカウント値に換算すると1に相当する。また、変位に換算すると、 $p/2(n_b - n_a)$ に相当する。従って、 $n_b - n_a = 1$ とすれば、 p

$= 1 \mu\text{m}$ の場合、 $0.25 \mu\text{m}$ の計測誤差が生ずることになる。

[0199] 実際のエンコーダでは、干渉させる2つの光束の光路長が極短いため、空気揺らぎによる波長変化 $\Delta\lambda$ は非常に小さい。さらに、光路差 ΔL は、光軸が反射面に対して直交する理想状態において、ほぼ零になるよう設計されている。そのため、空気揺らぎに起因する計測誤差はほぼ無視できる。干渉計と比較しても格段に小さく、短期安定性に優れている。

[0200] エンコーダの計測誤差の主要な要因として、スケール表面の凹凸、あるいは回折格子の機械的な変形等に起因する誤差がある。エンコーダのスケールは、使用時間の経過と共に熱膨張等により、表面が変形したり、回折格子のピッチが部分的又は全体的に変化したりする。そのため、エンコーダは、使用時間の経過とともに、計測誤差が大きくなる傾向があり、長期安定性に欠ける。

[0201] そこで、予め、これらの主要な誤差を補正するための前処理を行った後、実際のロットの処理中などに実行されるウエハステージWSTの位置計測に、エンコーダが使用される。

[0202] 主制御装置20は、ウエハステージWSTの有効ストローク範囲では、必ず、エンコーダ70A及び70C、並びにエンコーダ70B及び70Dの少なくとも一方の少なくとも合計3個のエンコーダの計測値を監視し、ウエハステージWSTの位置座標を算出している。そして、算出された位置座標に従って、ステージ駆動系124を構成する各モータを制御することにより、ウエハステージWSTを高精度に駆動することができる。

[0203] ここで、図16(A)及び図16(B)を用いて、監視している3つのエンコーダの計測値から、ウエハステージWSTの位置座標を算出する方法を説明する。ここでは、簡単のため、ウエハステージWSTの移動の自由度は3つ(X, Y, θ_z)とする。

[0204] 図16(A)には、ウエハステージWSTが座標原点(X, Y, θ_z) = (0, 0, 0)にある基準状態が示されている。この基準状態から、エンコーダ(Yヘッド)Enc1, Enc2及びエンコーダ(Xヘッド)Enc3

のいずれもが、それぞれが対向するスケール 39 Y₁, 39 Y₂及び 39 X₁の走査領域から外れない範囲内で、ウエハステージ WST を駆動する。このようにして、ウエハステージ WST が位置 (X, Y, θ_z) に移動した状態が、図 16 (B) に示されている。ただし、XY 座標系における、エンコーダ Enc 1, Enc 2, Enc 3 の設置位置 (X, Y) をそれぞれ (p₁, q₁), (p₂, q₂), (p₃, q₃) とする。

[0205] XヘッドとYヘッドは、それぞれ、ウエハステージ WST の中心軸 LL と LW からの相対距離を計測する。従って、XヘッドとYヘッドの計測値 C_x, C_y は、それぞれ、次式 (22 a), (22 b) で表すことができる。

$$[0206] \quad C_x = r' \cdot e_{x'} \quad \dots (22 a)$$

$$C_y = r' \cdot e_{y'} \quad \dots (22 b)$$

ここで、e_{x'}, e_{y'} は、ウエハステージ WST にのった相対座標系 (X', Y', θ_{z'}) における X', Y' 単位ベクトルで、基準座標系 (X, Y, θ_z) における X, Y 単位ベクトル e_x, e_y と、次式 (23) の関係がある。

[0207] [数1]

$$\begin{pmatrix} ex' \\ ey' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \theta_z & \sin \theta_z \\ -\sin \theta_z & \cos \theta_z \end{pmatrix} \begin{pmatrix} ex \\ ey \end{pmatrix} \quad \dots (23)$$

また、r' は相対座標系におけるエンコーダの位置ベクトルで、基準座標系における位置ベクトル r = (p, q) を用いて、r' = r - (O' - O) と与えられる。従って、式 (22 a), (22 b) は、次式 (24 a), (24 b) のように書き換えられる。

$$[0208] \quad C_x = (p - X) \cos \theta_z + (q - Y) \sin \theta_z \quad \dots (24 a)$$

$$C_y = -(p - X) \sin \theta_z + (q - Y) \cos \theta_z \quad \dots (24 b)$$

[0209] 従って、図 16 (B) に示されるように、ウエハステージ WST が座標 (X, Y, θ_z) に位置する場合、3つのエンコーダの計測値は、理論上、次式 (25 a) ~ (25 c) で表すことができる。

$$[0210] \quad C_1 = - (p_1 - X) \sin \theta_z + (q_1 - Y) \cos \theta_z \quad \cdots (25a)$$

$$C_2 = - (p_2 - X) \sin \theta_z + (q_2 - Y) \cos \theta_z \quad \cdots (25b)$$

$$C_3 = (p_3 - X) \cos \theta_z + (q_3 - Y) \sin \theta_z \quad \cdots (25c)$$

[0211] なお、図16(A)の基準状態では、連立方程式(25a)～(25c)より、 $C_1 = q_1$ 、 $C_2 = q_2$ 、 $C_3 = p_3$ となる。従って、基準状態において、3つのエンコーダEnc1、Enc2、Enc3の計測値を、それぞれ q_1 、 q_2 、 p_3 と初期設定すれば、以降ウエハステージWSTの変位(X 、 Y 、 θ_z)に対して、3つのエンコーダは式(25a)～(25c)で与えられる理論値を提示することになる。

[0212] 連立方程式(25a)～(25c)では、変数が3つ(X 、 Y 、 θ_z)に対して3つの式が与えられている。従って、逆に、連立方程式(25a)～(25c)における従属変数 C_1 、 C_2 、 C_3 が与えられれば、変数 X 、 Y 、 θ_z を求めることができる。ここで、近似 $\sin \theta_z \doteq \theta_z$ を適用すると、あるいはより高次の近似を適用しても、容易に方程式を解くことができる。従って、エンコーダの計測値 C_1 、 C_2 、 C_3 よりウエハステージWSTの位置(X 、 Y 、 θ_z)を算出することができる。

[0213] 本実施形態の露光装置100では、図17(A)及び図17(B)などに例示されるように、ウエハステージWSTの有効ストローク範囲(アライメント及び露光動作のために移動する範囲)では、必ず、Yスケール39Y₁、39Y₂それぞれに、少なくとも1個のYヘッド(65、64、68又は67)が対向するように、YスケールとYヘッドが配置されている。そして、Xスケール39X₁、39X₂のうちの少なくとも一方に、少なくとも1個のXヘッド66が対向するように、XスケールとXヘッドが配置されている。従って、少なくとも3個のヘッドが、対応するXスケール又はYスケールに、同時に対向するように配置されている。なお、図17(A)及び図17(B)中では、対応するXスケール又はYスケールに対向したヘッドが丸で囲んで示されている。

[0214] ここで、主制御装置20は、図17(A)に白抜き矢印で示されるように

、ウエハステージWSTを+X方向に駆動する場合、Yヘッド64を、例えば同図中に矢印 e_1 で示されるように、実線の丸で囲まれるYヘッド64₃から点線の丸で囲まれるヘッド64₄へと切り換える。そのように、Yヘッド64は、ウエハステージWSTのX軸方向への移動に伴い、順次、隣のヘッドに切り換えられていく。なお、エンコーダでは相対変位が検出されるので、絶対変位（すなわち位置）を算出するために、基準となる位置を設定しなければならない。そこで、ヘッドの切り換え時に、作動するヘッドの位置が算出され、基準位置として初期設定される。初期設定については、後で詳細に説明する。

[0215] また、主制御装置20は、図17（B）に白抜き矢印で示されるように、ウエハステージWSTを+Y方向に駆動する場合、Xヘッド66を、例えば、矢印 e_2 で示されるように、実線の丸で囲まれるヘッド66₅から点線の丸で囲まれるヘッド66₆へと切り換える。そのように、Xヘッド66は、ウエハステージWSTのY軸方向への移動に伴い、順次、隣のヘッドに切り換えられていく。このヘッド切り換え時に、作動するヘッドの位置が算出され、基準位置として初期設定される。

[0216] ここで、図17（A）中に矢印 e_1 で示されるYヘッド64₃から64₄への切り換えを例に、エンコーダヘッドの切り換え手順を、図18（A）～図18（E）に基づいて説明する。

[0217] 図18（A）には、切り換え前の状態が示されている。この状態では、Yスケール39Y₂上の走査領域（回折格子が設けられている領域）に対向しているYヘッド64₃が作動していて、走査領域から外れているYヘッド64₄は停止している。ここで、作動しているヘッドを黒抜き丸、停止しているヘッドを白抜き丸で表した。そして、主制御装置20は、作動中のYヘッド64₃の計測値を監視している。ここで、計測値が監視されているヘッドを、2重の矩形枠で表した。

[0218] ここで、ウエハステージWSTが+X方向に移動すると、Yスケール39Y₂が右方向に変位する。ここで、本実施形態では、前述の如く、Yヘッドの

相互の間隔は、Yスケール39 Y₂のX軸方向の有効幅（走査領域の幅）よりも狭く設定されている。そのため、図18（B）に示されるように、両Yヘッド64₃、64₄がYスケール39 Y₂の走査領域に対向する状態がある。そこで、主制御装置20は、作動中のYヘッド64₃とともに、停止中のYヘッド64₄が走査領域に対向したのを確認して、Yヘッド64₄を復帰させる。ただし、主制御装置20は、この時点では、まだ、計測値の監視を開始しない。

[0219] 次に、図18（C）に示されるように、後に停止されるYヘッド64₃が走査領域に対向している間に、主制御装置20は、Yヘッド64₃を含む作動中のエンコーダヘッドの計測値より、復帰したYヘッド64₄の基準位置を算出する。そして、主制御装置20は、その基準位置を、Yヘッド64₄の計測値の初期値として設定する。なお、基準位置の算出と初期値の設定に関しては、後で詳細に説明する。

[0220] 主制御装置20は、上記の初期値の設定と同時に、計測値を監視するエンコーダヘッドを、Yヘッド64₃から64₄へ切り換える。切り換え終了後、主制御装置20は、図18（D）に示されるように、Yヘッド64₃を、走査領域から外れる前に停止する。以上でエンコーダヘッドの切り換えの全作業が終了し、以降、図18（E）に示されるように、Yヘッド64₄の計測値が主制御装置20により監視される。

[0221] 本実施形態では、ヘッドユニット62A、62Cがそれぞれ備える隣接するYヘッド65相互、64相互の間隔はともに例えば70mm（一部例外あり）と、Yスケール39 Y₁、39 Y₂の走査領域のX軸方向の有効幅（例えば76mm）よりも狭く設定されている。また、同様に、ヘッドユニット62B、62Dがそれぞれ備える隣接するXヘッド66相互の間隔は例えば70mm（一部例外あり）と、Xスケール39 X₁、39 X₂の走査領域のY軸方向の有効幅（例えば76mm）よりも狭く設定されている。これにより、上述のように、Yヘッド65又は64、及びXヘッド66の切り換えを円滑に実行することができる。

- [0222] なお、隣接する両ヘッドがスケールに対向する範囲、すなわち、図18（B）に示される状態から図18（D）に示される状態までのウエハステージWSTの移動距離が例えば6mmある。その中央、すなわち、図18（C）に示されるウエハステージWSTの位置で、計測値を監視するヘッドが切り換えられる。この切り換え作業は、停止されるヘッドが走査領域から外れるまでに、すなわち、ウエハステージWSTが図18（C）に示される状態から図18（D）に示される状態までの距離3mmの領域を移動する間に、完了する。例えば、ステージの移動速度1m/secの場合、3msecの時間内に、ヘッドの切り換え作業が完了することになる。
- [0223] 次に、エンコーダヘッドの切り換え時におけるつなぎ処理、すなわち計測値の初期設定について、主制御装置20の動作を中心として説明する。
- [0224] 本実施形態では、前述の如く、ウエハステージWSTの有効ストローク範囲では、XY平面内でのウエハステージWSTの位置情報を検出するために、常に3つのエンコーダ（Xヘッド及びYヘッド）がステージの動きを観測している。従って、エンコーダの切り換え処理を行う際には、図19に示されるように、4つめのエンコーダ（Yヘッド）Enc4を加えた、4つのエンコーダEnc1～Enc4でウエハステージWSTを観測していることとなる。
- [0225] 図19に示されるエンコーダの切り換え状態では、エンコーダEnc1、Enc2、Enc3、及びEnc4が、それぞれスケール39Y₁、39Y₂、39X₁、39Y₁の上に位置している。一見すると、エンコーダEnc1からエンコーダEnc4に切り換えられるように見える。しかし、エンコーダEnc1とエンコーダEnc4とではそれらの計測方向であるY軸方向の位置が異なることから明らかなように、切り換えを行うタイミングにおいてエンコーダEnc1の計測値をそのままエンコーダEnc4の計測値の初期値として設定しても何の意味もない。
- [0226] そこで、本実施形態では、主制御装置20が、図19に示されるように、3つのエンコーダEnc1、Enc2、及びEnc3によるウエハステージ

W S T の位置計測から、3つのエンコーダ E n c 2、E n c 3、及び E n c 4 による位置計測に、切り換えるようになっている。この切り換え方式はあるヘッドから別のヘッドに切り換えるのではなく、3つのヘッド（エンコーダ）の組み合わせ（組）から、別の3つのヘッド（エンコーダ）の組み合わせ（組）に切り換えるものである。

[0227] その際、主制御装置 20 は、まず、エンコーダ E n c 1、E n c 2、及び E n c 3 の計測値 C_1 、 C_2 、 C_3 を用いて連立方程式 (25 a) ~ (25 c) を解き、ウエハステージ W S T の X Y 平面内の位置座標 (X, Y, θ_z) を算出する。次に、ここで算出された位置座標を用いて、エンコーダ (Y ヘッド) E n c 4 の計測値が従う次の理論式 (25 d) より、理論値 C_4 を求める。

$$[0228] \quad C_4 = - (p_4 - X) \sin \theta_z + (q_4 - Y) \cos \theta_z \quad \cdots (25 d)$$

ここで、 p_4 、 q_4 は、エンコーダ E n c 4 の X, Y 設置位置である。そして、理論値 C_4 をエンコーダ E n c 4 の初期値として設定する。ただし、式 (19) の下で説明したように、エンコーダの計測値は離散化されるので、理論値 C_4 は計測単位 δ ($= p / 4n$) を単位とする離散値、すなわちカウント値 $c_4 = \text{int} (C_4 / \delta)$ に換算されて、エンコーダ E n c 4 の初期値として設定される。ただし、 $\text{int} (x / y) = [x - x \% y] / y$ である。剰余 $C_4 \% \delta$ の取り扱いは、後述する。

[0229] 以上のつなぎ処理により、ウエハステージ W S T の位置計測の結果 (X, Y, θ_z) を維持したまま、エンコーダの切り換え作業が完了する。それ以降は、切り換え後に使用するエンコーダ E n c 2、E n c 3、及び E n c 4 の計測値 C_2 、 C_3 、 C_4 を用いて、次の連立方程式 (25 b) ~ (25 d) を解いて、ウエハステージ W S T の位置座標 (X, Y, θ_z) を算出する。

$$[0230] \quad C_2 = - (p_2 - X) \sin \theta_z + (q_2 - Y) \cos \theta_z \quad \cdots (25 b)$$

$$C_3 = (p_3 - X) \cos \theta_z + (q_3 - Y) \sin \theta_z \quad \cdots (25 c)$$

$$C_4 = - (p_4 - X) \sin \theta_z + (q_4 - Y) \cos \theta_z \quad \cdots (25 d)$$

[0231] なお、4つめのエンコーダが X ヘッドの場合には、理論式 (25 d) の代

わりに次の理論式（25e）を用いた連立方程式（25b）（25c）（25e）を用いれば良い。

[0232]
$$C_4 = (p_4 - X) \cos \theta_z + (q_4 - Y) \sin \theta_z \quad \dots (25e)$$

[0233] ただし、実際のエンコーダの計測値（生計測値）には、各種の計測誤差が含まれている。そこで、主制御装置20は、誤差補正した値を計測値 C_4 として提示する。従って、上述のつなぎ処理において、主制御装置20は、ステージ位置起因誤差補正情報及び／又はスケールの格子ピッチの補正情報（及び格子変形の補正情報）等を用いて、式（25d）又は式（25e）から求める理論値 C_4 を逆補正し、補正前の生値 C_4' を算出し、その生値 C_4' をエンコーダEnc4の測定値の初期値として設定する。

[0234] エンコーダのつなぎ処理、すなわち第4のエンコーダの初期値 C_4 の算出と設定において、誤差が発生し得る。ここで、実際にウエハ上の全ショット領域の露光を行うと、エンコーダの切り換えを、例えば100回程度実行することになる。従って、1回のつなぎ処理で発生する誤差が無視できるほど小さくても、切り換えを何度も繰り返すことにより、誤差が累積され、許容範囲を超えてしまう恐れがある。なお、誤差はランダムに発生するとして、100回の切り換えによって発生する累積誤差は、1回当たりに発生する誤差の10倍程度である。従って、つなぎ処理の精度を最大限向上しなければならない。

[0235] そこで、次の2つのつなぎ法、すなわち座標つなぎ法と位相つなぎ法を導入する。

[0236] 座標つなぎ法では、まず、切り換え前の3つのエンコーダEnc1, Enc2, Enc3の計測値 C_1 , C_2 , C_3 から、連立方程式（25a）～（25c）を介して、ウエハステージWSTの位置座標（X, Y, θ_z ）を算出する。この位置座標から、式（25d）（又は式（25e））を介して、第4のエンコーダEnc4の計測値 C_4 を予測する。この予測値 C_4 を、計測単位 δ の離散値、すなわち $\delta \times c_4$ （ここで、 c_4 はカウント値）に変換する。そして、この離散値と微小量 dC_4 の和 $\delta \times c_4 + dC_4$ を、式（25d）（又は

式 (25 e) の左辺の C_4 に代入し、連立方程式 (25 b) ~ (25 d) (又は連立方程式 (25 b) (25 c) (25 e)) を解いて、位置座標を逆算する。ただし、計測値 C_2 , C_3 は、先と共通である。ここで求まる位置座標 $(X', Y', \theta z')$ が、先に求められた位置座標 $(X, Y, \theta z)$ に一致するように、微小量 dC_4 を決定する。そして、第 4 のエンコーダ $E n c_4$ に対し、離散値 $\delta \times c_4$ (カウント値 c_4) を初期値として設定する。それと同時に、位相 ϕ' を微小量 dC_4 に相当する位相 $2\pi dC_4 / \delta$ に補正するために、位相オフセットを $\phi_0 = \phi' - 2\pi dC_4 / \delta$ と設定する。ここで、微小量 dC_4 は、連立方程式 (25 b) ~ (25 d) (又は連立方程式 (25 b) (25 c) (25 e)) を用いたウエハステージ $W S T$ の位置座標の算出誤差などにより、剰余 $C_4 \% \delta$ と異なり得る。

[0237] 座標つなぎ法では、その原理より、算出されるウエハステージ $W S T$ の位置座標は、エンコーダの切り換え前後で、必ず保存される。しかし、つなぎ処理を繰り返す度に、誤差が累積されてしまうことに変わりはない。

[0238] 本実施形態では、図 18 (A) ~ 図 18 (E) に基づいて詳述したように、同じヘッドユニット内の隣接する 2 つのエンコーダ間で切り換え処理が行われる場合には、それらが同時に同じスケールに対向している間に、切り換え処理が実行される。ここで、図 18 (B) に示されるように、新たに使用する Y ヘッド 64_4 が Y スケール $39 Y_2$ に対向した状態から、図 18 (D) に示されるように、後に停止される Y ヘッド 64_3 が Y スケール $39 Y_2$ から外れる状態まで、隣接する 2 つのヘッドが同じスケールに対向する区間が約 6 mm ある。ここで、ウエハステージ $W S T$ の最高移動速度は、例えば、1 m / s e c なので、隣接する 2 つのヘッドが同じスケールに対向する時間は約 6 m s e c 以上ある。そこで、上述の例のように、準備が整い次第、直ちにつなぎ処理を実行するのではなく、短くとも約 6 m s e c の切り換え時間を利用して、十分なつなぎ精度を確保した上で、つなぎ処理を実行することを考える。

[0239] その手順を、図 18 (A) ~ 図 18 (E) の例を交えて説明する。ただし

、図中のYヘッド64₃が後に停止される第1ヘッド（第1エンコーダ）Enc1、Yヘッド64₄が新たに使用する第4ヘッド（第4エンコーダ）Enc4に対応する。図18（B）に示されるように、第4エンコーダEnc4（64₄）がスケール（39Y₂）に対向すると、主制御装置20は、直ちに第4エンコーダEnc4（64₄）を復帰させる。そして、主制御装置20は、上述の手順に従い、第4エンコーダEnc4（64₄）の計測値C₄を予測し、図18（C）に示される状態、すなわち両隣接エンコーダ（64₃, 64₄）の中心がスケール（39Y₂）の中央に位置するタイミングで、予測値C₄から決まる初期値（c₄とφ₀）を仮設定する。

[0240] ここで、前述の例では、初期値の設定（つなぎ処理の実行）後、直ちにウエハステージWSTの位置座標を算出するために計測値を監視するエンコーダを、第1の組み合わせEnc1, Enc2, Enc3から第2の組み合わせEnc2, Enc3, Enc4に切り換えた。しかし、ここではまだ切り換え処理を行わず、引き続き、第4エンコーダEnc4の計測値C₄の予測を続ける。そして、主制御装置20は、その予測値と仮設定状態での第4エンコーダEnc4の実測値の差ΔC₄を求め、その差を、実際に第4エンコーダEnc4の初期値を本設定するまで、時間平均する。なお、後述するように、本実施形態では、所定の時間間隔毎にエンコーダシステムの計測結果を監視しているので、所定数の監視結果を移動平均することになる。

[0241] 第4エンコーダEnc4の計測値C₄の予測値と仮設定状態での実測値の差ΔC₄は、理想的には零値を取るが、実際には様々の誤差要因により非零となる。さらに、ほとんどの誤差要因は時間に対しランダムに発生するため、時間の経過に対して差ΔC₄の値もランダムに揺らぐ。ここで、差ΔC₄の時間平均を取ることで、誤差成分が平均化され、ランダムな揺らぎは小さくなる。そこで、主制御装置20は、約6 msec以上の切り換え時間をかけて、差ΔC₄を時間平均する。そして、主制御装置20は、揺らぎが十分許容できる程度に十分小さくなるのを確認して、差ΔC₄を先の仮予測値C₄に加算し、予測値C₄+ΔC₄から決まる初期値（c₄とφ₀）を、第4エンコーダ

Enc 4 の計測値として本設定する。本設定が終了した後、主制御装置 20 は、ウエハステージ WST の位置座標を算出するために使用するエンコーダを第 2 の組み合わせ Enc 2, Enc 3, Enc 4 に切り換える。そして、主制御装置 20 は、第 1 エンコーダ Enc 1 を、対応するスケールから外れる際に停止する。これにより、切り換え処理が完了する。

[0242] もう 1 つの位相つなぎ法の場合、その基本手順は先の座標つなぎ法と同じであるが、位相オフセットの取り扱いが異なる。座標つなぎ法では、エンコーダの切り換え前後で、算出されるウエハステージ WST の位置座標が完全に一致するように、第 4 のエンコーダに対する位相オフセットを再設定した。位相つなぎ法では、位相オフセットを再設定せず、すでに設定されている位相オフセットを引き続き使用する。すなわち、位相つなぎ法では、カウント値のみを再設定する。この場合、エンコーダの切り換え前後で、算出されるウエハステージ WST の位置座標は不連続となり得る。しかし、位相オフセットが正確に設定されている場合には、カウント値の設定ミスが生じない限り、誤差は発生しない。従って、つなぎ処理の繰り返しによる誤差の累積も生じない。なお、前述のカウント値の設定手順に従う限り、その設定ミスが生ずる可能性は極めて低い。

[0243] ただし、位相オフセットは、一度正確に設定したとしても、エンコーダヘッドの設置位置のずれ等が生じて、正確さを失うことがあり得る。そこで、露光装置 100 の起動後、初回のつなぎ処理時に座標つなぎ法を適用して位相オフセットを設定し、以降のつなぎ処理時には位相つなぎ法を適用する。そして、露光装置 100 のアイドル中又はロット先頭時等に、適宜、座標つなぎ法を実行して、位相オフセットを最新値に更新すると良い。

[0244] ここで、ウエハステージ WST を加速駆動するとスケールが歪み、それによってエンコーダの計測誤差が発生することが、発明者等の研究の結果、最近になって判明した。すなわち、ウエハステージ WST が加速移動している際に、座標つなぎ法を適用して位相オフセットを設定すると、つなぎ誤差が発生し、位相オフセットの正確さが損なわれてしまう。従って、ウエハステ

ージW S Tが加速移動している際に発生するつなぎ処理時に、座標つなぎ法を適用して位相オフセットを設定することは、好ましくない。そこで、例えば露光装置100の起動時又はアイドル中、あるいはロット先頭時等に、全ての又は一部のエンコーダ（ヘッド）に対する位相オフセットを更新するためのシーケンスを実行することとする。ただし、このシーケンスでは、必ず、ウエハステージW S Tを等速駆動する又はつなぎ位置に位置決めしたうえで、座標つなぎ法を実行して、正確な位相オフセットを設定する。そして、露光時及びアライメント計測時には、位相つなぎ法を適用してエンコーダを切り換えることにより、常に、高精度なウエハステージW S Tの位置計測を保障することが可能になる。

[0245] ところで、本実施形態では、ウエハステージW S Tの位置座標は、主制御装置20により、例えば96 μ s e cの時間間隔で制御されている。この制御サンプリング間隔毎に、位置サーボ制御系（主制御装置20の一部）が、ウエハステージW S Tの現在位置を更新し、目標位置に位置決めするための推力指令値などを演算し、出力している。前述のように、ウエハステージW S Tの現在位置は、干渉計又はエンコーダの計測値より、算出される。

[0246] ここで、先に説明したように、干渉計とエンコーダとは干渉光の強度を計測する。その計測値は主制御装置20に転送される。主制御装置20は、干渉光の強度変化の回数（すなわち干渉光のフリンジの数）を数える。その計数値（カウント値）より、ウエハステージW S Tの位置を算出する。従って、フリンジを見失わないよう、制御サンプリング間隔よりはるかに短い時間間隔（計測サンプリング間隔）で、干渉計とエンコーダの計測値を監視している。

[0247] そこで、本実施形態では、主制御装置20は、ウエハステージW S Tが有効ストローク範囲にいる間は常に、スケールの走査領域に対向しているすべてのエンコーダ（3つとは限らない）から、計測値を垂れ流しで受け取り続ける。そして、主制御装置20は、上述したエンコーダの切り換え動作（複数のエンコーダ間のつなぎ動作）を、制御サンプリング間隔毎に行われるウ

エハステージW S T の位置制御と同期して行っている。このようにすることで、電氣的に高速なエンコーダの切り換え動作が不要となり、また、そのような高速な切り換え動作を実現するための高価なハードウェアを必ずしも設けなくても良いことになる。

[0248] 図20には、本実施形態における、ウエハステージW S T の位置制御、エンコーダの計測値の取り込み、及びエンコーダ切り換えのタイミングが概念的に示されている。図中の符号C S C Kは、ウエハステージW S T の位置制御のサンプリングクロック（制御クロック）の発生タイミングを示し、符号M S C Kは、エンコーダ（及び干渉計）の計測のサンプリングクロック（計測クロック）の発生タイミングを示す。また、符号C Hは、図18（A）～図18（E）で詳細に説明したエンコーダの切り換え（つなぎ）処理を模式的に示す。

[0249] 主制御装置20は、エンコーダ（ヘッド）の切り換え手順を、エンコーダの復帰とつなぎ処理の2段階に分けて実行する。図20に示される例に従って説明すると、まず、第1制御クロック時に作動しているエンコーダは、第1の組み合わせE n c 1, E n c 2, 及びE n c 3の3つとする。主制御装置20は、これらのエンコーダの計測値を監視し、ウエハステージW S T の位置座標（X, Y, θ_z ）を算出している。次に、主制御装置20は、ウエハステージW S T の位置座標より、Xスケール及びYスケールの走査領域上にあるすべてのエンコーダを確認する。その中から、復帰を要するエンコーダE n c 4を特定し、第2制御クロック時に復帰させる。この時点で、作動しているエンコーダは4つとなる。そして、作動しているエンコーダの中から、次の制御クロック時にウエハステージW S T の位置座標を算出するために計測値を監視するエンコーダを、ウエハステージW S T の位置座標に従って特定する。ここで、第2の組み合わせE n c 2, E n c 3, 及びE n c 4が特定されたとする。この特定された組み合わせが、前制御クロック時にウエハステージW S T の位置座標を算出するために使用されていた組み合わせと一致しているか確認する。この例では、第1の組み合わせの中のエンコー

ダ E_{nc1} と第 2 の組み合わせの中のエンコーダ E_{nc4} が異なる。そこで、第 3 制御クロック時に第 2 の組み合わせへのつなぎ処理 CH を実行する。以降、主制御装置 20 は、第 2 の組み合わせ E_{nc2} 、 E_{nc3} 、及び E_{nc4} の計測値を監視し、ウエハステージ WST の位置座標 (X , Y , θ_z) を算出する。もちろん、組み合わせの変更がなければ、つなぎ処理 CH は実行しない。監視対象から外れたエンコーダ E_{nc1} は、スケール上の走査領域から外れる第 4 制御クロック時に、停止される。

[0250] 主制御装置 20 は、ショットマップ（露光マップ）毎にエンコーダ切り換え処理をスケジューリングし、その結果をメモリ 34 に記憶している。従って、リトライ（やり直し）がなければ、ショットマップ毎に一定のスケジュール内容となる。しかし、実際にはリトライを考慮しなければならないので、主制御装置 20 は、露光動作を行いながら少し先のスケジュールを常に更新していくことが望ましい。

[0251] なお、これまで、本実施形態におけるウエハステージ WST の位置制御に用いるエンコーダの切り換え方式の原理を説明するために、4 つのエンコーダ（ヘッド） E_{nc1} 、 E_{nc2} 、 E_{nc3} 、及び E_{nc4} を取り上げたが、エンコーダ E_{nc1} 、 E_{nc2} はヘッドユニット 62A、62C の Y ヘッド 65、64、及びヘッドユニット 62E、62F の Y ヘッド 67、68 のいずれかを、エンコーダ E_{nc3} はヘッドユニット 62B、62D の X ヘッド 66 を、エンコーダ E_{nc4} は Y ヘッド 65、64、67、68、又は X ヘッド 66 のいずれかを、代表的に示したものである。

[0252] なお、これまでの説明では、説明を簡略化するために、主制御装置 20 が、ステージの制御、干渉計システム、エンコーダシステム及びそのヘッドの切り換え（つなぎ）などを含め、露光装置の構成各部の制御を行うものとしたが、これに限らず、上記の主制御装置 20 が行う制御の少なくとも一部を、複数の制御装置で分担して行っても良いことは勿論である。例えば、ステージの制御、干渉計システム、エンコーダシステム及びそのヘッドの切り換え（つなぎ）などを行なうステージ制御装置を、主制御装置 20 の配下に設

けても良い。

[0253] 以上詳細に説明したように、本実施形態に係る露光装置 100 によると、エンコーダシステムの X エンコーダと Y エンコーダとを少なくとも各 1 つ含む 3 つのエンコーダ（ヘッド）を用いて、ウエハステージ WST の X Y 平面（移動面）内における位置（ θ z 回転を含む）が計測される。そして、主制御装置 20 により、ウエハステージ WST の移動に従って、ウエハステージ WST の位置計測に用いられるエンコーダ（ヘッド）が、前記 3 つのエンコーダからなる第 1 の組み合わせから、前記 3 つのエンコーダのうちの少なくとも 1 つが別のエンコーダに入れ替わった 3 つのエンコーダからなる第 2 の組み合わせに、切り換えられる。そして、この切り換えに際し、主制御装置 20 により、座標つなぎ法及び／又は位相つなぎ法を適用して、新たに使用されるエンコーダ（ヘッド）の計測値が初期設定される（計測値の初期値が設定される）。これにより、エンコーダ（ヘッド）の切り換えの前後で、初期値の設定に際しての計測単位以下の誤差を考慮しないレベルで見れば、エンコーダシステムの計測値より算出されるウエハステージ WST の位置座標が保存される。このように、ウエハステージ WST の移動に伴い、ウエハステージ WST の位置計測に用いられるエンコーダ（ヘッド）が絶えず切り換えられるにもかかわらず、切り換えの前後でウエハステージ WST の位置座標の正確なつなぎが可能になる。これにより、複数のエンコーダを切り換えながら、ウエハステージ WST を正確に 2 次元移動させることが可能になる。

[0254] 特に、主制御装置 20 が、座標つなぎ法を用いて新たに使用されるエンコーダ（ヘッド）の計測値の初期値を設定する場合には、エンコーダの切り換え（つなぎ）の前後でウエハステージの位置座標を保存することができる。

[0255] 一方、主制御装置 20 が、位相つなぎ法を用いて新たに使用されるエンコーダ（ヘッド）の計測値の初期値を設定する場合には、つなぎ処理を繰り返しても誤差の累積を防止することができる。そこで、露光装置 100 の起動時又はアイドル中、あるいはロット先頭時等に、全ての又は一部のエンコー

ダ（ヘッド）に対する位相オフセットを更新するためのシーケンスを実行する。ただし、このシーケンスでは、必ず、ウエハステージWSTを等速駆動する又はつなぎ位置に位置決めしたうえで、座標つなぎ法を実行して、正確な位相オフセットを設定する。そして、露光時及びアライメント計測時には、位相つなぎ法を適用してエンコーダを切り換えることにより、常に、高精度なウエハステージWSTの位置計測を保障することが可能になる。

[0256] また、本実施形態に係る露光装置100によると、上述した手法により、複数のエンコーダを切り換えながら、精度良く駆動されるウエハステージWST上に載置されたウエハW上の複数のショット領域それぞれにレチクルRのパターンが転写形成されるので、そのウエハW上の各ショット領域に精度良くパターンを形成することが可能になる。特に、本実施形態では、レチクルR及び投影光学系PLを介してウエハWに照射される照明光ILとウエハWとの相対移動のために、上述した手法により、複数のエンコーダを切り換えながら、ウエハステージWSTが精度良く駆動される。従って、走査露光により、ウエハW上に精度良くパターンを形成することが可能になる。

[0257] なお、上記実施形態で説明したエンコーダシステムなどの各計測装置の構成は一例に過ぎず、本発明がこれに限定されないことは勿論である。例えば、上記実施形態では、ウエハテーブル（ウエハステージ）上に格子部（Yスケール、Xスケール）を設け、これに対向してXヘッド、Yヘッドをウエハステージの外部に配置する構成のエンコーダシステムを採用した場合について例示したが、これに限らず、例えば米国特許出願公開第2006/0227309号明細書などに開示されているように、ウエハステージにエンコーダヘッドを設け、これに対向してウエハステージの外部に格子部（例えば2次元格子又は2次元に配置された1次元の格子部）を配置する構成のエンコーダシステムを採用しても良い。この場合において、Zヘッドもウエハステージに設け、その格子部の面を、Zヘッドの計測ビームが照射される反射面としても良い。

[0258] また、上記実施形態では、例えばヘッドユニット62A、62Cの内部に

エンコーダヘッドとZヘッドとが、別々に設けられている場合について説明したが、エンコーダヘッドとZヘッドとの機能を備えた単一のヘッドを、エンコーダヘッドとZヘッドの組に代えて用いても良い。

[0259] なお、上記実施形態では、エンコーダとして、回折干渉方式の光学エンコーダを用いる場合について例示したが、本発明に係る移動体駆動方法及び移動体駆動システムは、かかる方式以外のエンコーダを用いる場合にも適用できることは勿論である。例えば、磁気エンコーダを用いても良い。

[0260] また、上記実施形態では、ウエハステージW S Tの位置計測が、干渉計システム及びエンコーダシステムで行なわれる場合について説明したが、これに限らず、計測ステージは勿論、レチクルステージR S Tが2次元移動する場合、前述のエンコーダシステムと同様の構成のエンコーダシステムをさらに設けてレチクルステージR S Tの位置情報を計測するとともに、必要に応じて前述の座標つなぎ及び／又は位相つなぎなどを用いて、ヘッドの切り換え、つなぎを前述と同様の手順で行なうようにしても良い。

[0261] なお、上記実施形態ではノズルユニット32の下面と投影光学系P Lの先端光学素子の下端面とがほぼ面一であるものとしたが、これに限らず、例えばノズルユニット32の下面を、先端光学素子の射出面よりも投影光学系P Lの像面（すなわちウエハ）の近くに配置しても良い。すなわち、局所液浸装置8は上述の構造に限られず、例えば、欧州特許出願公開第1420298号明細書、国際公開第2004/055803号パンフレット、国際公開第2004/057590号パンフレット、国際公開第2005/029559号パンフレット（対応米国特許出願公開第2006/0231206号明細書）、国際公開第2004/086468号パンフレット（対応米国特許出願公開第2005/0280791号明細書）、特開2004-289126号公報（対応する米国特許第6,952,253号明細書）などに記載されているものを用いることができる。また、例えば国際公開第2004/019128号パンフレット（対応米国特許出願公開第2005/0248856号明細書）に開示されているように、先端光学素子の像面側の光路に

加えて、先端光学素子の物体面側の光路も液体で満たすようにしても良い。さらに、先端光学素子の表面の一部（少なくとも液体との接触面を含む）又は全部に、親液性及び／又は溶解防止機能を有する薄膜を形成しても良い。なお、石英は液体との親和性が高く、かつ溶解防止膜も不要であるが、蛍石は少なくとも溶解防止膜を形成することが好ましい。

[0262] なお、上記実施形態では、液体として純水（水）を用いるものとしたが、本発明がこれに限定されないことは勿論である。液体としては、化学的に安定で、照明光 I L の透過率が高く安全な液体、例えばフッ素系不活性液体を使用しても良い。このフッ素系不活性液体としては、例えばフロリナート（米国スリーエム社の商品名）が使用できる。このフッ素系不活性液体は冷却効果の点でも優れている。また、液体として、照明光 I L に対する屈折率が、純水（屈折率は 1.44 程度）よりも高い、例えば 1.5 以上の液体を用いても良い。この液体としては、例えば、屈折率が約 1.50 のイソプロパノール、屈折率が約 1.61 のグリセロール（グリセリン）といった C-H 結合あるいは O-H 結合を持つ所定液体、ヘキサン、ヘプタン、デカン等の所定液体（有機溶剤）、あるいは屈折率が約 1.60 のデカリン (Decalin: Decahydronaphthalene) などが挙げられる。あるいは、これら液体のうち任意の 2 種類以上の液体が混合されたものであっても良いし、純水にこれら液体の少なくとも 1 つが添加（混合）されたものであっても良い。あるいは、液体としては、純水に、 H^+ 、 Ca^{2+} 、 K^+ 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 PO_4^{2-} 等の塩基又は酸を添加（混合）したものであっても良い。更には、純水に Al 酸化物等の微粒子を添加（混合）したものであっても良い。これら液体は、ArF エキシマレーザ光を透過可能である。また、液体としては、光の吸収係数が小さく、温度依存性が少なく、投影光学系（先端の光学部材）、及び／又はウエハの表面に塗布されている感応材（又は保護膜（トップコート膜）あるいは反射防止膜など）に対して安定なものであることが好ましい。また、 F_2 レーザを光源とする場合は、フロンブリンオイルを選択すれば良い。さらに、液体としては、純水よりも照明光 I L に対する屈折率が高い液

体、例えば屈折率が1.6～1.8程度のものを使用しても良い。液体として、超臨界流体を用いることも可能である。また、投影光学系PLの先端光学素子を、例えば石英（シリカ）、あるいは、フッ化カルシウム（蛍石）、フッ化バリウム、フッ化ストロンチウム、フッ化リチウム、及びフッ化ナトリウム等のフッ化化合物の単結晶材料で形成しても良いし、石英や蛍石よりも屈折率が高い（例えば1.6以上）材料で形成しても良い。屈折率が1.6以上の材料としては、例えば、国際公開第2005/059617号パンフレットに開示される、サファイア、二酸化ゲルマニウム等、あるいは、国際公開第2005/059618号パンフレットに開示される、塩化カリウム（屈折率は約1.75）等を用いることができる。

- [0263] また、上記実施形態で、回収された液体を再利用するようにしても良く、この場合は回収された液体から不純物を除去するフィルタを液体回収装置、又は回収管等に設けておくことが望ましい。
- [0264] なお、上記実施形態では、露光装置が液浸型の露光装置である場合について説明したが、これに限られるものではなく、液体（水）を介さずにウエハWの露光を行うドライタイプの露光装置にも採用することができる。
- [0265] 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、これに限らず、ステッパなどの静止型露光装置に本発明を適用しても良い。ステッパなどであっても、露光対象の物体が搭載されたステージの位置をエンコーダで計測することにより、同様に、空気揺らぎに起因する位置計測誤差の発生を殆ど零にすることができる。この場合、エンコーダの計測値の短期変動を干渉計の計測値を用いて補正する補正情報とエンコーダの計測値とに基づいて、ステージを高精度に位置決めすることが可能になり、結果的に高精度なレチクルパターンの物体上への転写が可能になる。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、プロキシミティー方式の露光装置、又はミラープロジェクション・アライナーなどにも本発明は適用することができる。さらに、例えば特開平10-163

099号公報及び特開平10-214783号公報（対応する米国特許第6,590,634号明細書）、特表2000-505958号公報（対応米国特許第5,969,441号明細書）、米国特許第6,208,407号明細書などに開示されているように、複数のウエハステージを備えたマルチステージ型の露光装置にも本発明を適用できる。

[0266] また、上記実施形態の露光装置における投影光学系は縮小系のみならず等倍及び拡大系のいずれでも良いし、投影光学系PLは屈折系のみならず、反射系及び反射屈折系のいずれでも良いし、その投影像は倒立像及び正立像のいずれでも良い。さらに、投影光学系PLを介して照明光ILが照射される露光領域IAは、投影光学系PLの視野内で光軸AXを含むオンアクシス領域であるが、例えば国際公開第2004/107011号パンフレットに開示されるように、複数の反射面を有しかつ中間像を少なくとも1回形成する光学系（反射系又は反屈系）がその一部に設けられ、かつ単一の光軸を有する、いわゆるインライン型の反射屈折系と同様に、その露光領域は光軸AXを含まないオフアクシス領域でも良い。また、前述の照明領域及び露光領域はその形状が矩形であるものとしたが、これに限らず、例えば円弧、台形、あるいは平行四辺形などでも良い。

[0267] なお、上記実施形態の露光装置の光源は、ArFエキシマレーザに限らず、KrFエキシマレーザ（出力波長248nm）、F₂レーザ（出力波長157nm）、Ar₂レーザ（出力波長126nm）、Kr₂レーザ（出力波長146nm）などのパルスレーザ光源、あるいはg線（波長436nm）、i線（波長365nm）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、YAGレーザの高調波発生装置などを用いることもできる。この他、例えば国際公開第99/46835号パンフレット（対応する米国特許第7,023,610号明細書）に開示されているように、真空紫外光としてDFB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）がドーピング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。

[0268] 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 100 nm 以上の光に限らず、波長 100 nm 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、70 nm 以下のパターンを露光するために、SOR 又はプラズマレーザを光源として、軟 X 線領域（例えば 5 ~ 15 nm 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 13.5 nm）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ので、かかる装置にも本発明を好適に適用することができる。この他、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。

[0269] また、上述の実施形態においては、光透過性の基板上に所定の遮光パターン（又は位相パターン・減光パターン）を形成した光透過型マスク（レチクル）を用いたが、このレチクルに代えて、例えば米国特許第 6,778,257 号明細書に開示されているように、露光すべきパターンの電子データに基づいて、透過パターン又は反射パターン、あるいは発光パターンを形成する電子マスク（可変成形マスク、アクティブマスク、あるいはイメージジェネレータとも呼ばれ、例えば非発光型画像表示素子（空間光変調器）の一種である DMD（Digital Micro-mirror Device）などを含む）を用いても良い。

[0270] また、例えば国際公開第 01/035168 号パンフレットに開示されているように、干渉縞をウエハ上に形成することによって、ウエハ上にライン・アンド・スペースパターンを形成する露光装置（リソグラフィシステム）にも本発明を適用することができる。

[0271] さらに、例えば特表 2004-519850 号公報（対応する米国特許第 6,611,316 号明細書）に開示されているように、2つのレチクルパターンを投影光学系を介してウエハ上で合成し、1回のスキャン露光によっ

てウエハ上の１つのショット領域をほぼ同時に二重露光する露光装置にも本発明を適用することができる。

[0272] また、物体上にパターンを形成する装置は、前述の露光装置（リソグラフィシステム）に限られず、例えばインクジェット方式にて物体上にパターンを形成する装置にも本発明を適用することができる。

[0273] なお、上記実施形態でパターンを形成すべき物体（エネルギービームが照射される露光対象の物体）はウエハに限られるものではなく、ガラスプレート、セラミック基板、フィルム部材、あるいはマスクブランクスなど、他の物体でも良い。

[0274] 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、有機ＥＬ、薄膜磁気ヘッド、撮像素子（ＣＣＤ等）、マイクロマシン及びＤＮＡ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、ＥＵＶ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。

[0275] なお、本発明の移動体駆動方法及び移動体駆動システムは、露光装置に限らず、その他の基板の処理装置（例えば、レーザーリペア装置、基板検査装置その他）、あるいはその他の精密機械における試料の位置決め装置、ワイヤーボンディング装置等の平面内で移動するステージ等の移動体を備えた装置にも広く適用できる。

[0276] なお、上記実施形態で引用した露光装置などに関する全ての公報、国際公開パンフレット、米国特許出願公開明細書及び米国特許明細書の開示を援用して本明細書の記載の一部とする。

[0277] 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、シリコン材料からウエハを形成するステップ、前述した実施形態の露光装置（パターン形成装置）によりレチクル（マスク）に形成されたパターンをウエハに転

写するリソグラフィステップ、露光されたウエハを現像する現像ステップ、レジストが残存している部分以外の部分の露出部材をエッチングにより取り去るエッチングステップ、エッチングが済んで不要となったレジストを取り除くレジスト除去ステップ、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）、及び検査ステップ等を経て製造される。

産業上の利用可能性

[0278] 以上説明したように、本発明の移動体駆動方法及び移動体駆動システムは、移動体を駆動するのに適している。また、本発明の処理装置及び処理方法は、平面内で移動する移動体上に載置された物体に所定の処理を行うのに適している。また、本発明のパターン形成方法及び装置は、物体上にパターンを形成するのに適している。また、本発明の露光方法及び装置、並びにデバイス製造方法は、半導体素子又は液晶表示素子などの電子デバイスを製造するのに適している。

請求の範囲

- [1] 互いに直交する第 1 軸及び第 2 軸を含む所定面に沿って移動体を駆動する移動体駆動方法であって、

前記第 2 軸と平行な方向に関して位置が異なる複数の第 1 エンコーダヘッドと、前記第 1 軸と平行な方向に関して位置が異なる複数の第 2 エンコーダヘッドとのうち、前記移動体の前記所定面と平行な一面に設けられた前記第 1 軸に平行な方向を周期方向とする一対の第 1 グレーティング及び前記第 2 軸に平行な方向を周期方向とする一対の第 2 グレーティングから選択された 3 つのグレーティングにそれぞれ対向する 3 つのエンコーダヘッドの計測値に基づいて前記移動体の位置座標を求める第 1 工程と；

該位置座標が、エンコーダヘッドの切り換えの前後で維持されるように、新たに使用を開始するエンコーダヘッドの計測値を再設定する第 2 工程と；を含む移動体駆動方法。

- [2] 請求項 1 に記載の移動体駆動方法において、

前記第 2 工程では、前記移動体の位置制御に用いる 3 つのエンコーダヘッド組を、前記エンコーダヘッド組とは少なくとも 1 つのエンコーダヘッドが異なる 3 つのエンコーダヘッドを含む別のエンコーダヘッド組に切り換える際に、新たに使用を開始するエンコーダヘッドの計測値を再設定する移動体駆動方法。

- [3] 互いに直交する第 1 軸及び第 2 軸を含む所定面に沿って移動体を駆動する移動体駆動方法であって、

前記第 2 軸と平行な方向に関して位置が異なる複数の第 1 エンコーダヘッドと、前記第 1 軸と平行な方向に関して位置が異なる複数の第 2 エンコーダヘッドとのうち、前記移動体の前記所定面と平行な一面に設けられた前記第 1 軸に平行な方向を周期方向とする一対の第 1 グレーティング及び前記第 2 軸に平行な方向を周期方向とする一対の第 2 グレーティングから選択された 3 つのグレーティングにそれぞれ対向する 3 つのエンコーダヘッドの計測値に基づいて前記移動体の位置座標を求める第 1 工程と；

前記移動体の位置座標に基づき、切り換え後に新たに使用されるエンコーダヘッドによる計測単位の計測値のみを再設定する第2工程と；を含む移動体駆動方法。

- [4] 互いに直交する第1軸及び第2軸を含む所定面に沿って移動体を駆動する移動体駆動方法であって、

前記第2軸と平行な方向に関して位置が異なる複数の第1ヘッドと、前記第1軸と平行な方向に関して位置が異なる複数の第2ヘッドとのうち、前記移動体の前記所定面と平行な一面に設けられた前記第1軸に平行な方向を周期方向とする一对の第1グレーティング及び前記第2軸に平行な方向を周期方向とする一对の第2グレーティングから選択された3つのグレーティングにそれぞれ対向する3つのヘッドを含むエンコーダのヘッド組の計測値に基づいて、前記移動体の前記所定面内の位置を制御する第1工程と；

前記平面内における前記移動体の位置が切り換えの前後で連続になるように、前記移動体の位置制御に用いるヘッド組を、前記ヘッド組とは少なくとも1つが異なる3つのヘッドを含む別のヘッド組に切り換える第2工程と；を含む移動体駆動方法。

- [5] 請求項4に記載の移動体駆動方法において、

前記第2工程は、前記移動体の位置制御に用いる3つのヘッドを前記移動体の位置情報に基づいて特定する工程と；

特定した3つのヘッドが現在前記移動体の位置制御に用いられているヘッド組の3つのヘッドと一致しているか否かを判断する工程と；

両者が一致していない場合に、特定した3つのヘッドのうち現在前記移動体の位置制御に用いられていない特定ヘッドの計測値を、前記移動体の位置に基づいて予測することにより、計測単位のオフセットを決定する工程と；

その決定した計測単位のオフセットに基づき、切り換え前後の前記移動体の位置が一致するように前記特定ヘッドの計測単位以下のオフセットを決定する工程と；

現在のヘッド組から前記特定されたヘッド組に前記移動体の位置制御に用

いるヘッド組を変更する工程と；を含む移動体駆動方法。

- [6] 請求項 4 又は 5 に記載の移動体駆動方法において、

前記移動体の位置制御に用いるヘッド組を、前記移動体の位置に基づいて算出される計測単位のオフセットと、ヘッド毎に保持している計測単位以下のオフセットとを用いて、前記ヘッド組とは少なくとも 1 つが異なる 3 つのヘッドを含む別のヘッド組に切り換える第 3 工程をさらに含む移動体駆動方法。

- [7] 互いに直交する第 1 軸及び第 2 軸を含む所定面に沿って移動体を駆動する移動体駆動方法であって、

前記第 2 軸と平行な方向に関して位置が異なる複数の第 1 ヘッド、及び前記第 1 軸と平行な方向に関して位置が異なる複数の第 2 ヘッドのうち、前記移動体の前記所定面と平行な一面に設けられた前記第 1 軸に平行な方向を周期方向とする一対の第 1 グレーティング及び前記第 2 軸に平行な方向を周期方向とする一対の第 2 グレーティングから選択された 3 つのグレーティングにそれぞれ対向する 3 つのヘッドを含むエンコーダのヘッド組の計測値に基づいて、前記移動体の前記所定面内の位置を制御する第 1 工程と；

前記移動体の位置制御に用いるヘッド組を、前記移動体の位置に基づいて算出される計測単位のオフセットと、ヘッド毎に設定されている計測単位以下のオフセットとを用いて、前記ヘッド組とは少なくとも 1 つが異なる 3 つのヘッドを含む別のヘッド組に切り換える第 2 工程と；を含む移動体駆動方法。

- [8] 請求項 7 に記載の移動体駆動方法において、

前記第 2 工程は、前記移動体の位置制御に用いられる 3 つのヘッドを特定する工程と；

特定した 3 つのヘッドが現在前記移動体の位置制御に用いられているヘッド組の 3 つのヘッドと一致しているか否かを判断する工程と；

両者が一致していない場合に、特定した 3 つのヘッドのうち現在前記移動体の位置制御に用いられていない特定ヘッドの計測値を、前記移動体の位置

に基づいて予測することにより、計測単位のオフセットを決定する工程と；
を含む移動体駆動方法。

- [9] 互いに直交する第 1 軸及び第 2 軸を含む所定面に沿って移動体を駆動する移動体駆動方法であって、

前記第 2 軸と平行な方向に関して位置が異なる複数の第 1 ヘッドと、前記第 1 軸と平行な方向に関して位置が異なる複数の第 2 ヘッドとのうち、前記移動体の前記所定面と平行な一面に設けられた前記第 1 軸に平行な方向を周期方向とする一対の第 1 グレーティング及び前記第 2 軸に平行な方向を周期方向とする一対の第 2 グレーティングから選択された 3 つのグレーティングにそれぞれ対向する 3 つのヘッドを含むエンコーダのヘッド組の計測値に基づいて、前記移動体の前記所定面内の位置を制御する第 1 工程と；

前記所定面内における前記移動体の位置が切り換えの前後で連続になるように、前記移動体の位置制御に用いるヘッド組を、前記ヘッド組とは少なくとも 1 つが異なる 3 つのヘッドを含む別のヘッド組に切り換えるとともに、その切り換えに際し、切り換え後にのみ使用される特定ヘッドの計測単位のオフセットを、前記移動体の位置に基づいて決定し、決定した計測単位のオフセットに基づき、切り換え前後の前記移動体の位置が一致するように前記特定ヘッドの計測単位以下のオフセットを決定する処理を、複数の第 1 ヘッド及び／又は第 2 ヘッドを前記特定ヘッドとして行う第 2 工程と；

前記計測単位以下のオフセットが更新されるまでの間、前記移動体の移動に伴って発生するヘッド組の切り換えを要するタイミング毎に、前記移動体の位置制御に用いるヘッド組を、前記移動体の位置に基づいて算出される計測単位のオフセットと、ヘッド毎に保持している計測単位以下のオフセットとを用いて、前記ヘッド組とは少なくとも 1 つが異なる 3 つのヘッドを含む別のヘッド組に切り換える第 3 工程と；を含む移動体駆動方法。

- [10] 請求項 9 に記載の移動体駆動方法において、

前記第 2 工程の処理は、所定の条件が満足される毎に、繰り返し実行される移動体駆動方法。

- [11] 請求項 9 又は 10 に記載の移動体駆動方法において、
前記第 2 工程では、前記ヘッド組の切り換えに際し、前記移動体が加速度零の状態に維持される移動体駆動方法。
- [12] 請求項 4 ～ 11 のいずれか一項に記載の移動体駆動方法において、
前記ヘッド組の切り換えは、切り換え後にのみ使用される前記特定ヘッドがグレーティングに対向してから、切り換え後に使用されなくなる前記特定ヘッドがグレーティングから外れるまでの間に行われる移動体駆動方法。
- [13] 移動面内で移動可能な移動体上に物体を載置する工程と；
前記物体に対してパターンを形成するため、請求項 1 ～ 12 のいずれか一項に記載の移動体駆動方法により前記移動体を駆動する工程と；を含むパターン形成方法。
- [14] パターン形成工程を含むデバイス製造方法であって、
前記パターン形成工程では、請求項 13 に記載のパターン形成方法を用いて物体上にパターンを形成するデバイス製造方法。
- [15] エネルギービームの照射によって物体にパターンを形成する露光方法であって、
前記エネルギービームと前記物体との相対移動のために、請求項 1 ～ 12 のいずれか一項に記載の移動体駆動方法を用いて、前記物体を載置する移動体を駆動する露光方法。
- [16] 互いに直交する第 1 軸及び第 2 軸を含む所定面に沿って移動体を駆動する移動体駆動システムであって、
前記移動体の前記所定面と平行な一面に配置され、前記第 1 軸に平行な方向を周期方向とする一対の第 1 グレーティング及び前記第 2 軸に平行な方向を周期方向とする一対の第 2 グレーティングと；
前記第 2 軸と平行な方向に関して位置が異なる複数の第 1 ヘッドを有し、前記一対の第 1 グレーティングにそれぞれ対向する前記第 1 ヘッドの計測値に基づいて前記移動体の前記第 1 軸に平行な方向の位置情報を計測する第 1 エンコーダシステムと；

前記第 1 軸と平行な方向に関して位置が異なる複数の第 2 ヘッドを有し、前記一对の第 2 グレーティングにそれぞれ対向する前記第 2 ヘッドの計測値に基づいて前記移動体の前記第 2 軸に平行な方向の位置情報を計測する第 2 エンコーダシステムと；

前記移動体の位置計測に使用するヘッドを切り換えるに際し、前記一对の第 1 グレーティング及び一对の第 2 グレーティングから選択された 3 つのグレーティングにそれぞれ対向する 3 つのヘッドを含むヘッド組の計測値に基づいて、前記移動体の前記所定面内の位置座標を求め、該位置座標が、ヘッドの切り換えの前後で維持されるように、新たに使用を開始するヘッドの計測値を再設定する制御装置と；を備える移動体駆動システム。

[17] 請求項 16 に記載の移動体駆動システムにおいて、

前記制御装置は、前記移動体の位置制御に用いる 3 つのヘッド組を、前記ヘッド組とは少なくとも 1 つのヘッドが異なる 3 つのヘッドを含む別のヘッド組に切り換える際に、新たに使用を開始するヘッドの計測値を再設定する移動体駆動システム。

[18] 請求項 17 に記載の移動体駆動システムにおいて、

前記制御装置は、前記移動体の位置座標に基づき、切り換え後に新たに使用されるヘッドによる計測単位の計測値を設定する移動体駆動システム。

[19] 請求項 17 に記載の移動体駆動システムにおいて、

前記制御装置は、前記一对の第 1 グレーティング及び一对の第 2 グレーティングから選択された 3 つのグレーティングにそれぞれ対向する 3 つのヘッドを含むヘッド組の計測値に基づいて、前記移動体の前記所定面内の位置座標を求め、該位置座標が、ヘッドの切り換えの前後で維持されるように、新たに使用を開始するヘッドの計測値を再設定する第 1 モードと、前記移動体の位置座標に基づき、切り換え後に新たに使用されるヘッドによる計測単位の計測値のみを再設定する第 2 モードとを切り換えて、前記移動体の駆動が可能である移動体駆動システム。

[20] 互いに直交する第 1 軸及び第 2 軸を含む所定面に沿って移動体を駆動する

移動体駆動システムであって、

前記移動体の前記所定面と平行な一面に配置され、前記第 1 軸に平行な方向を周期方向とする一対の第 1 グレーティング及び前記第 2 軸に平行な方向を周期方向とする一対の第 2 グレーティングと；

前記第 2 軸と平行な方向に関して位置が異なる複数の第 1 ヘッドを有し、前記一対の第 1 グレーティングにそれぞれ対向する前記第 1 ヘッドの計測値に基づいて前記移動体の前記第 1 軸に平行な方向の位置情報を計測する第 1 エンコーダシステムと；

前記第 1 軸と平行な方向に関して位置が異なる複数の第 2 ヘッドを有し、前記一対の第 2 グレーティングにそれぞれ対向する前記第 2 ヘッドの計測値に基づいて前記移動体の前記第 2 軸に平行な方向の位置情報を計測する第 2 エンコーダシステムと；

前記移動体の位置計測に使用するヘッドを切り換えるに際し、前記一対の第 1 グレーティング及び一対の第 2 グレーティングから選択された 3 つのグレーティングにそれぞれ対向する 3 つのヘッドを含むヘッド組の計測値に基づいて、前記移動体の前記所定面内の位置座標を求め、該位置座標に基づき、切り換え後に新たに使用されるヘッドによる計測単位の計測値のみを再設定する制御装置と；を備える移動体駆動システム。

[21] 互いに直交する第 1 軸及び第 2 軸を含む所定面に沿って移動体を駆動する移動体駆動システムであって、

前記移動体の前記所定面と平行な一面に配置され、前記第 1 軸に平行な方向を周期方向とする一対の第 1 グレーティング及び前記第 2 軸に平行な方向を周期方向とする一対の第 2 グレーティングと；

前記第 2 軸と平行な方向に関して位置が異なる複数の第 1 ヘッドを有し、前記一対の第 1 グレーティングにそれぞれ対向する前記第 1 ヘッドの計測値に基づいて前記移動体の前記第 1 軸に平行な方向の位置情報を計測する第 1 エンコーダシステムと；

前記第 1 軸と平行な方向に関して位置が異なる複数の第 2 ヘッドを有し、

前記一对の第2グレーティングにそれぞれ対向する前記第2ヘッドの計測値に基づいて前記移動体の前記第2軸に平行な方向の位置情報を計測する第2エンコーダシステムと；

前記一对の第1グレーティング及び一对の第2グレーティングから選択された3つのグレーティングにそれぞれ対向する3つのヘッドを含むヘッド組の計測値に基づいて、前記移動体の前記所定面内の位置を制御するとともに、前記所定面内における前記移動体の位置が切り換えの前後で連続になるように、前記移動体の位置制御に用いるヘッド組を、前記ヘッド組とは少なくとも1つが異なる3つのヘッドを含む別のヘッド組に切り換える制御装置と；を含む移動体駆動システム。

[22] 請求項21に記載の移動体駆動システムにおいて、

前記制御装置は、前記ヘッド組の切り換えのため、

前記移動体の位置制御に用いる3つのヘッドを前記移動体の位置情報に基づいて特定し、特定した3つのヘッドが現在前記移動体の位置制御に用いられているヘッド組の3つのヘッドと一致しているか否かを判断し、両者が一致していない場合に、特定した3つのヘッドのうち現在前記移動体の位置制御に用いられていない特定ヘッドの計測値を、前記移動体の位置に基づいて予測することにより、前記特定ヘッドの計測単位のオフセットを決定し、その決定した計測単位のオフセットに基づき、切り換え前後の前記移動体の位置が一致するように前記特定ヘッドの計測単位以下のオフセットを決定する移動体駆動システム。

[23] 請求項22に記載の移動体駆動システムにおいて、

前記制御装置は、さらに、前記移動体の位置制御に用いるヘッド組を、前記移動体の位置に基づいて算出される計測単位のオフセットと、ヘッド毎に保持している計測単位以下のオフセットとを用いて、前記ヘッド組とは少なくとも1つが異なる3つのヘッドを含む別のヘッド組に切り換える移動体駆動システム。

[24] 互いに直交する第1軸及び第2軸を含む所定面に沿って移動体を駆動する

移動体駆動システムであって、

前記移動体の前記所定面と平行な一面に配置され、前記第 1 軸に平行な方向を周期方向とする一対の第 1 グレーティング及び前記第 2 軸に平行な方向を周期方向とする一対の第 2 グレーティングと；

前記第 2 軸と平行な方向に関して位置が異なる複数の第 1 ヘッドを有し、前記一対の第 1 グレーティングにそれぞれ対向する前記第 1 ヘッドの計測値に基づいて前記移動体の前記第 1 軸に平行な方向の位置情報を計測する第 1 エンコーダシステムと；

前記第 1 軸と平行な方向に関して位置が異なる複数の第 2 ヘッドを有し、前記一対の第 2 グレーティングにそれぞれ対向する前記第 2 ヘッドの計測値に基づいて前記移動体の前記第 2 軸に平行な方向の位置情報を計測する第 2 エンコーダシステムと；前記一対の第 1 グレーティング及び一対の第 2 グレーティングから選択された 3 つのグレーティングにそれぞれ対向する 3 つのヘッドを含むヘッド組の計測値に基づいて、前記移動体の前記所定面内の位置を制御するとともに、前記移動体の位置制御に用いるヘッド組を、前記移動体の位置に基づいて算出される計測単位のオフセットと、ヘッド毎に保持している計測単位以下のオフセットとを用いて、前記ヘッド組とは少なくとも 1 つが異なる 3 つのヘッドを含む別のヘッド組に切り換える制御装置と；を備える移動体駆動システム。

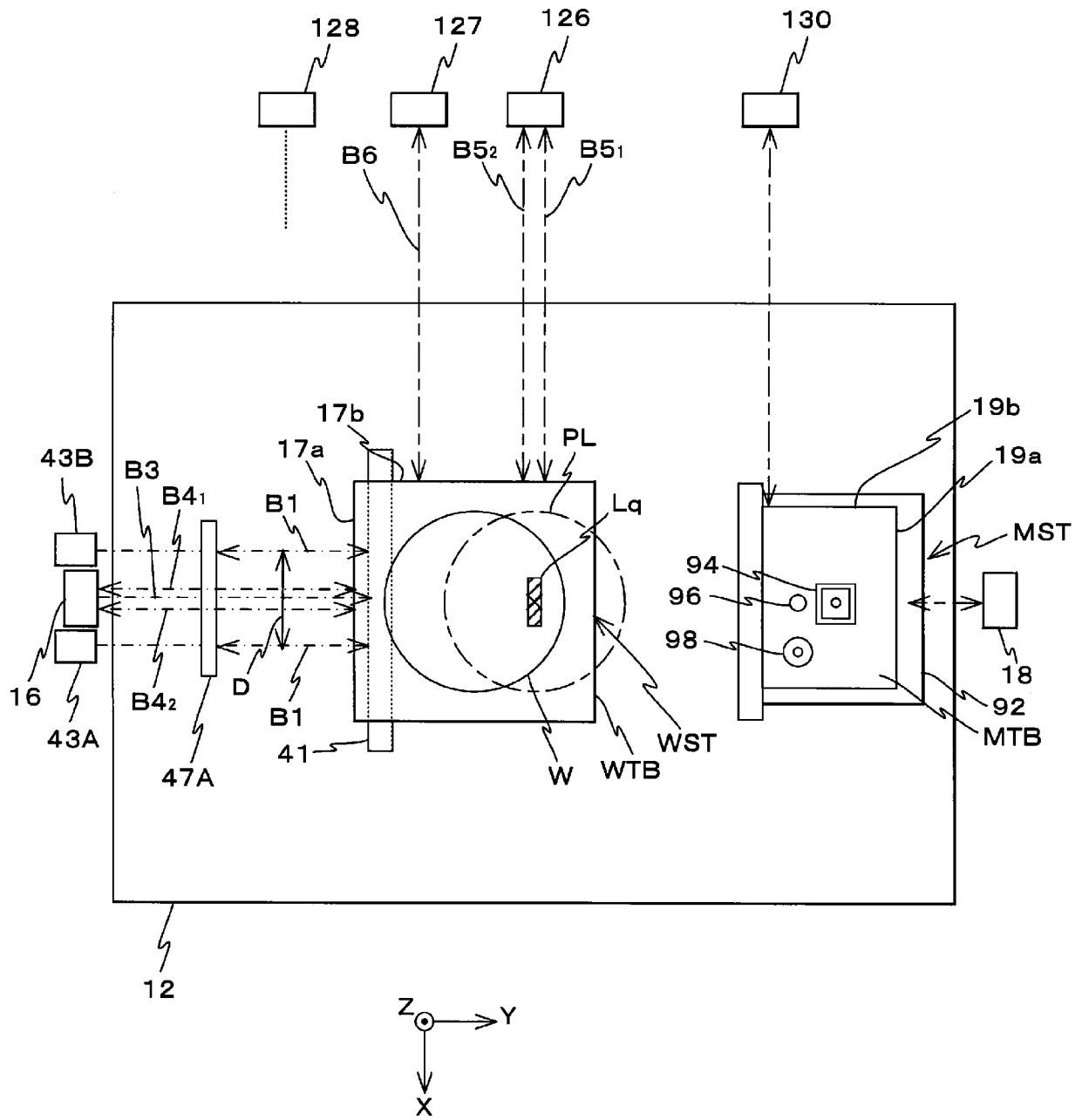
[25] 請求項 24 に記載の移動体駆動システムにおいて、

前記制御装置は、前記ヘッド組の切り換えのため、

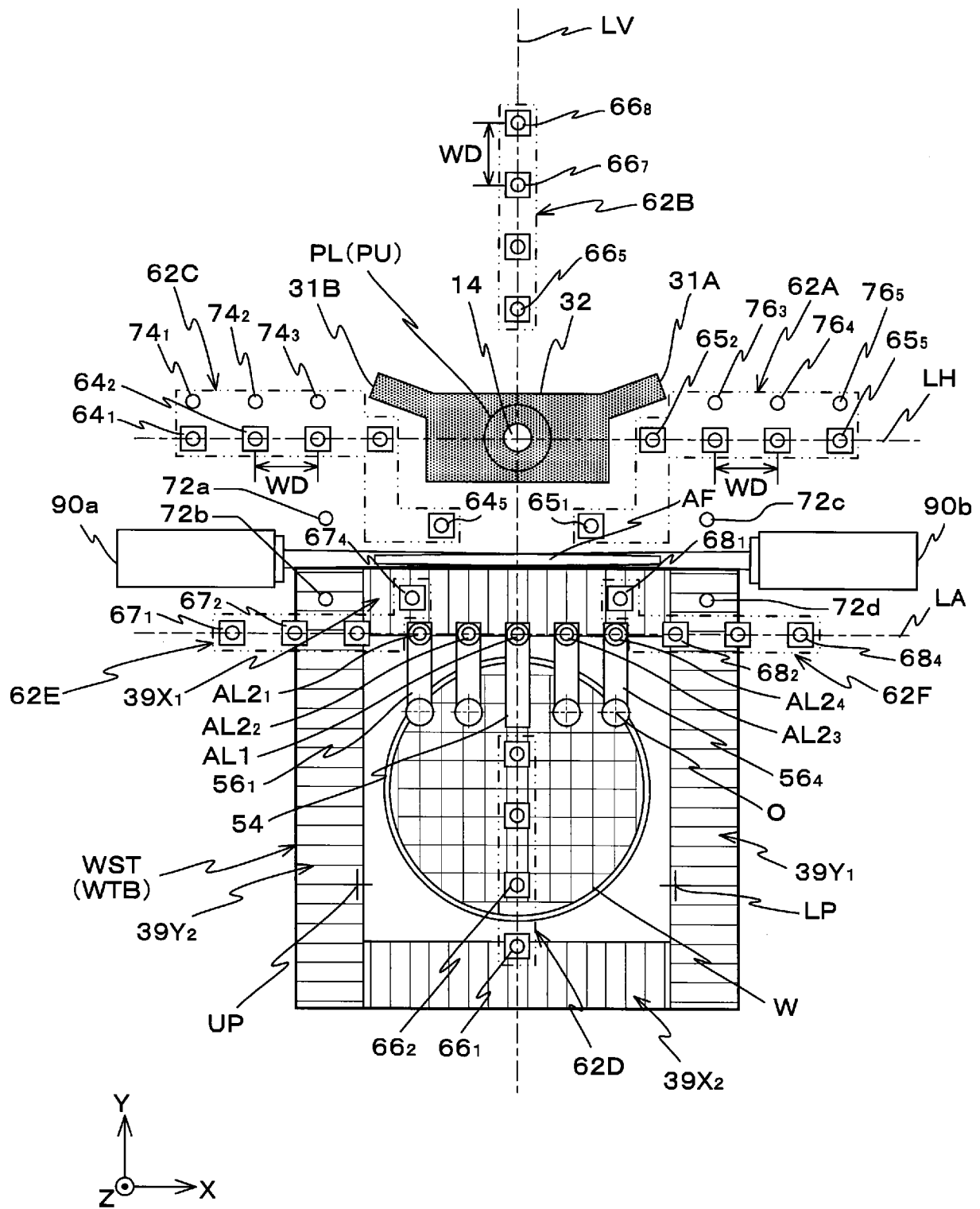
前記移動体の位置制御に用いる 3 つのヘッドを前記移動体の位置情報に基づいて特定し、特定した 3 つのヘッドが現在前記移動体の位置制御に用いられているヘッド組の 3 つのヘッドと一致しているか否かを判断し、両者が一致していない場合に、特定した 3 つのヘッドのうち現在前記移動体の位置制御に用いられていない特定ヘッドの計測値を、前記移動体の位置に基づいて予測することにより、計測単位のオフセットを決定する移動体駆動システム。

- [26] 請求項 25 に記載の移動体駆動システムにおいて、
前記制御装置は、前記ヘッド組の切り換えのため、
さらに、所定の条件が満足される毎に、決定された前記計測単位のオフセットに基づき、前記ヘッド組の切り換えを実行する前後で前記移動体の位置が一致するように、前記特定ヘッドの計測単位以下のオフセットを設定する移動体駆動システム。
- [27] 請求項 26 に記載の移動体駆動システムにおいて、
前記制御装置は、前記移動体を加速度零の状態に維持して、前記ヘッド組の切り換えを実行する移動体駆動システム。
- [28] 請求項 21 ～ 27 のいずれか一項に記載の移動体駆動システムにおいて、
前記制御装置は、切り換え後にのみ使用される前記特定ヘッドがグレーティングに対向してから、切り換え後に使用されなくなるヘッドがグレーティングから外れるまでの間に、前記ヘッド組の切り換えを行う移動体駆動システム。
- [29] 前記移動体上に物体が載置され、前記物体に対するパターン形成のため、前記移動体を駆動する請求項 16 ～ 28 のいずれか一項に記載の移動体駆動システムと；
前記物体上にパターンを生成するパターン生成システムと；を備えるパターン形成装置。
- [30] エネルギービームの照射によって物体にパターンを形成する露光装置であって、
前記物体に前記エネルギービームを照射するパターンニング装置と；
請求項 16 ～ 28 のいずれか一項に記載の移動体駆動システムと；を備え、
前記エネルギービームと前記物体との相対移動のために、前記移動体駆動システムによる前記物体を載置する移動体の駆動を行う露光装置。

[図2]

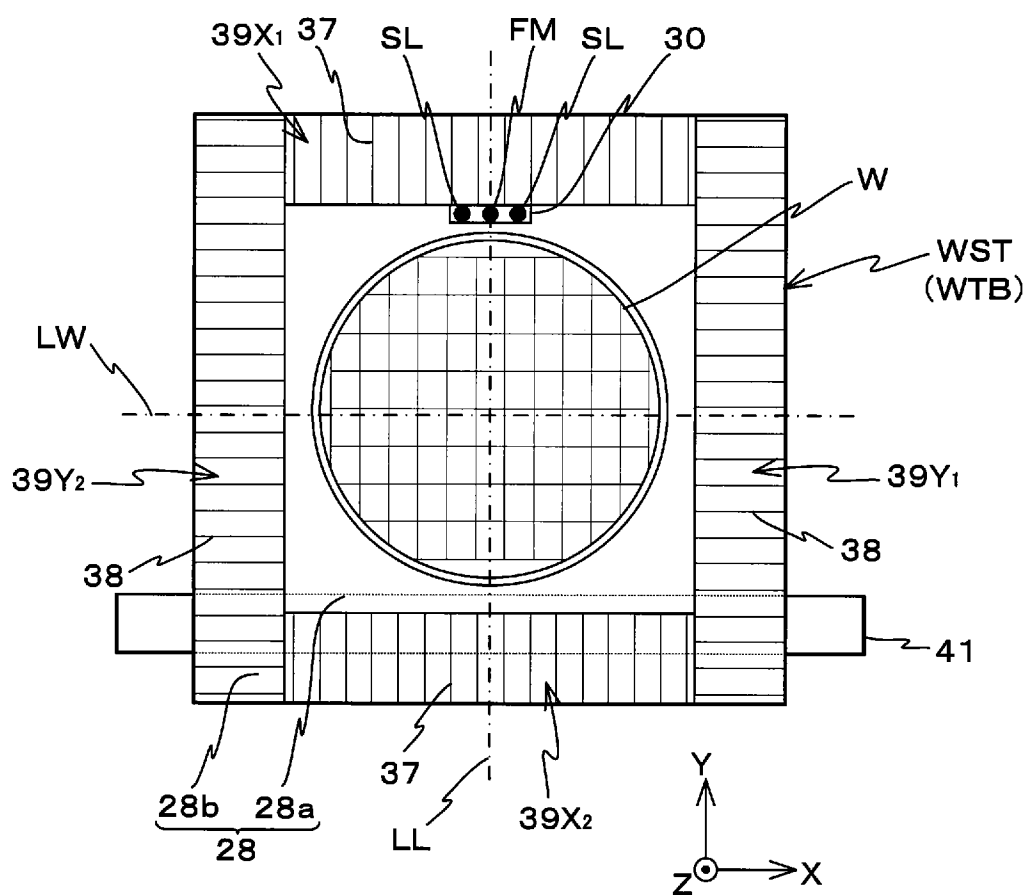


[図3]

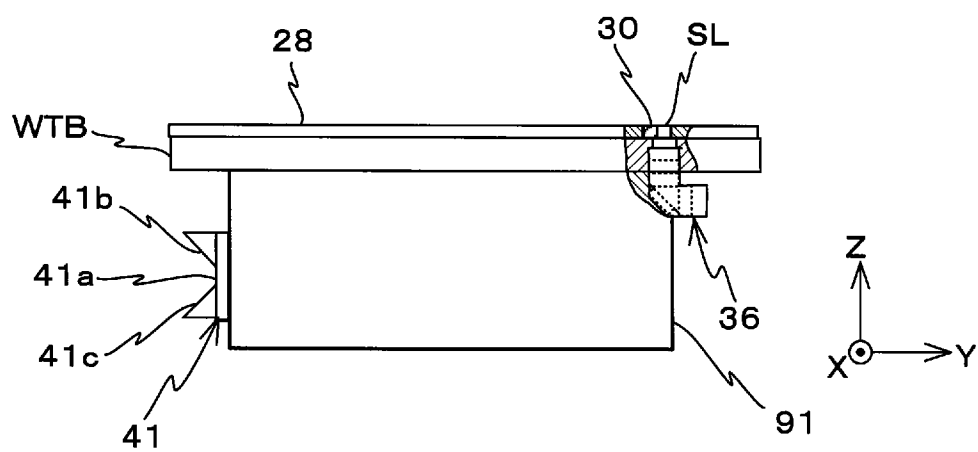


[図4]

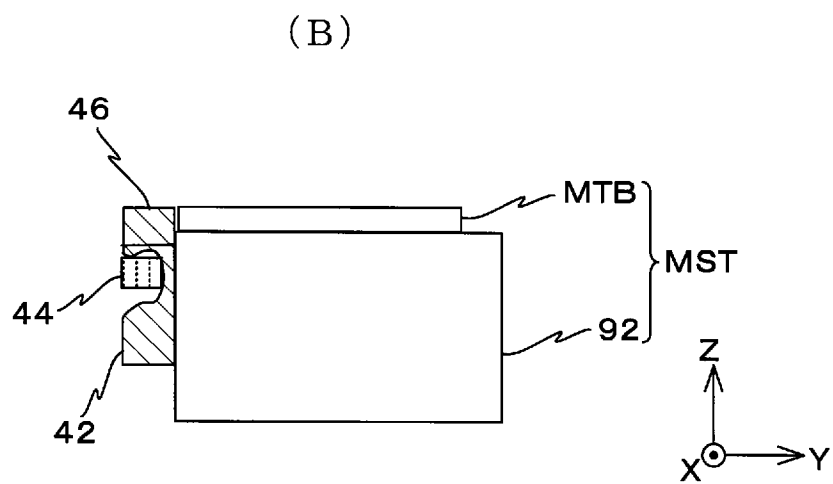
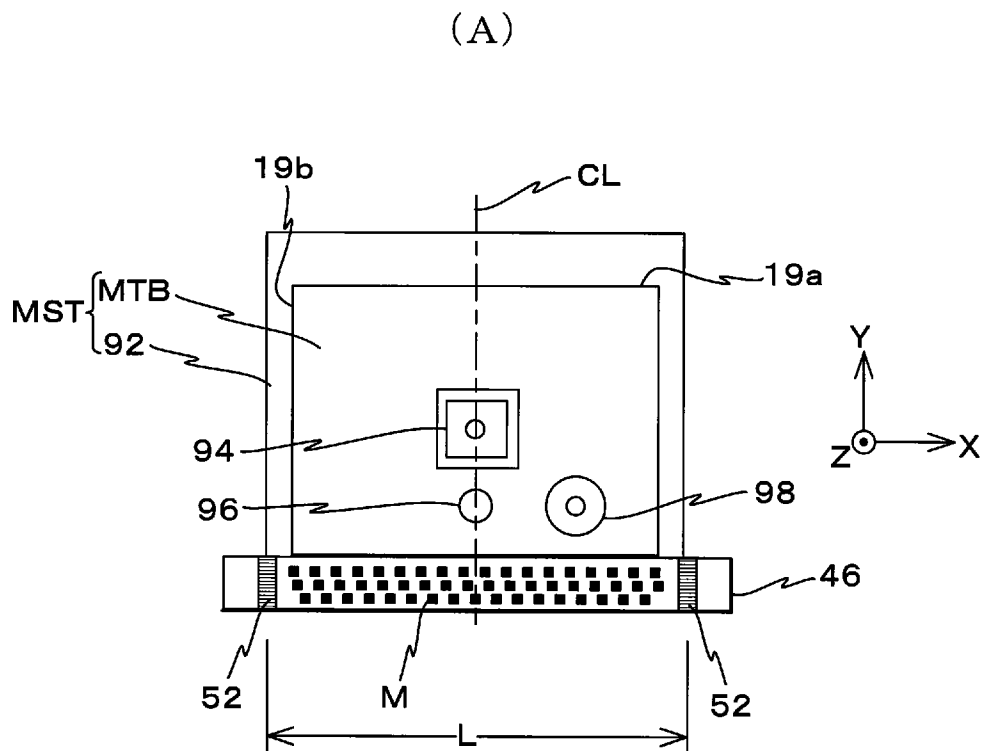
(A)



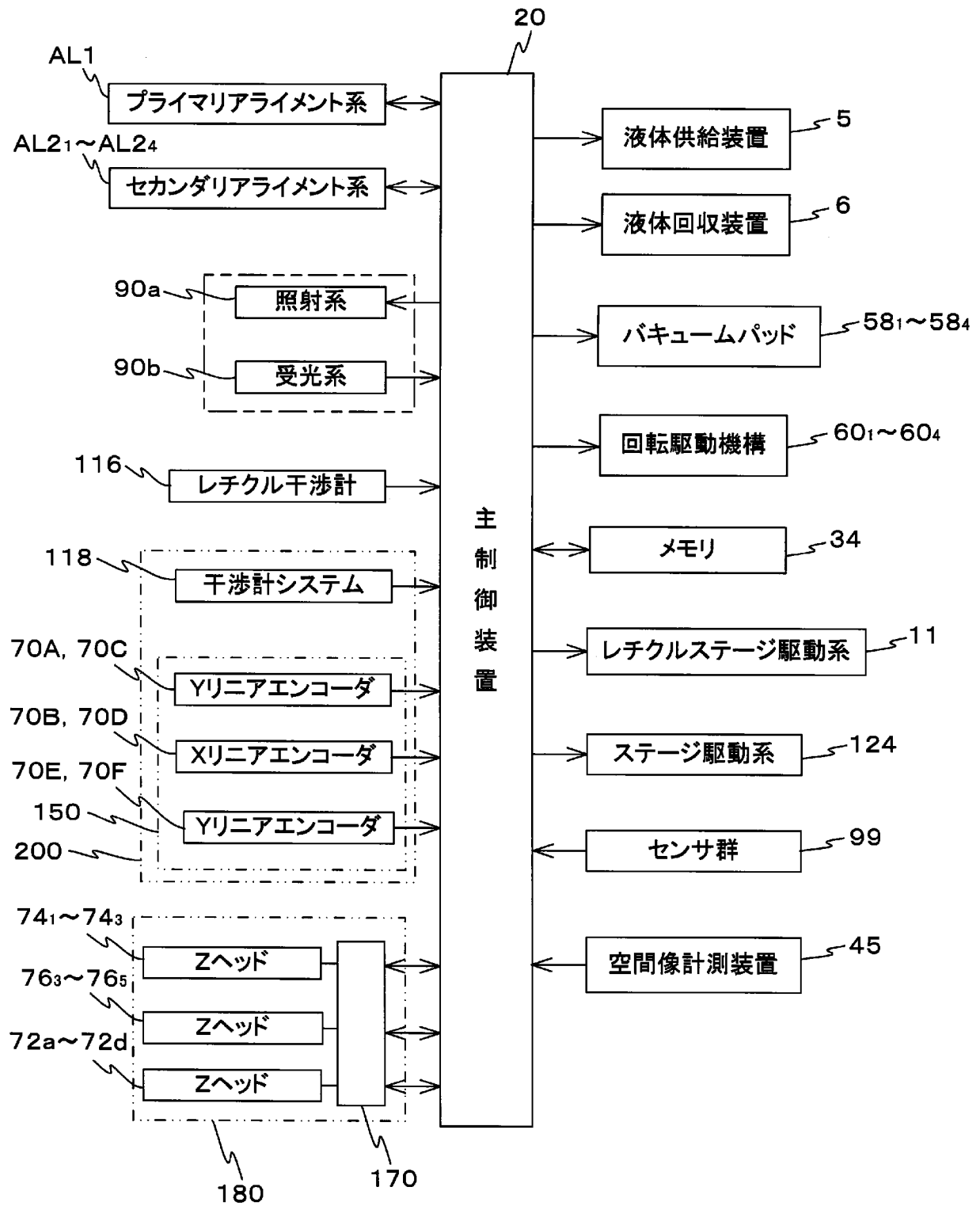
(B)



[図5]

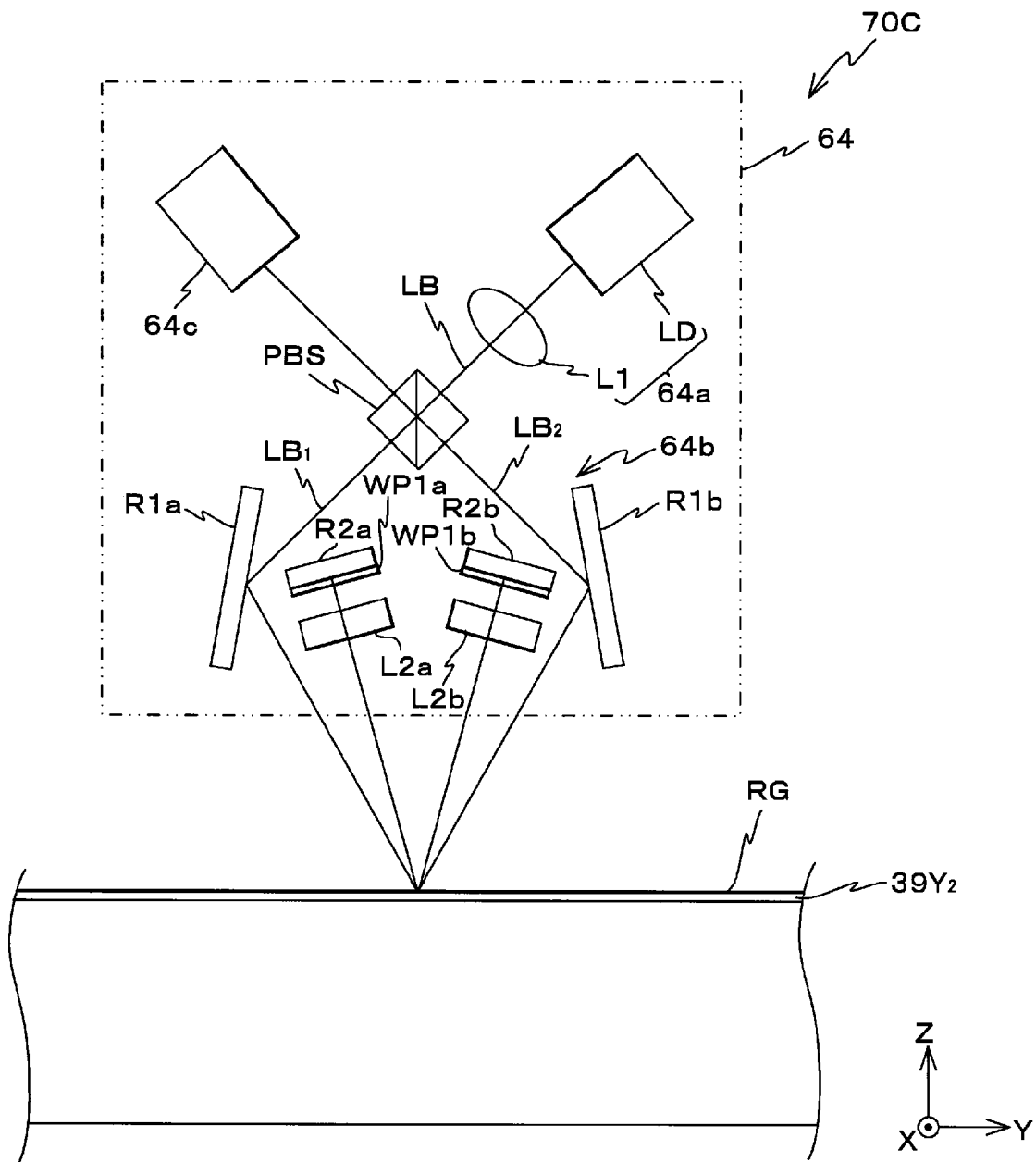


[図6]

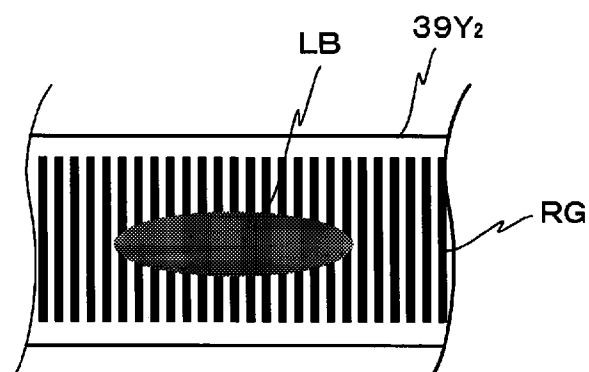


[図7]

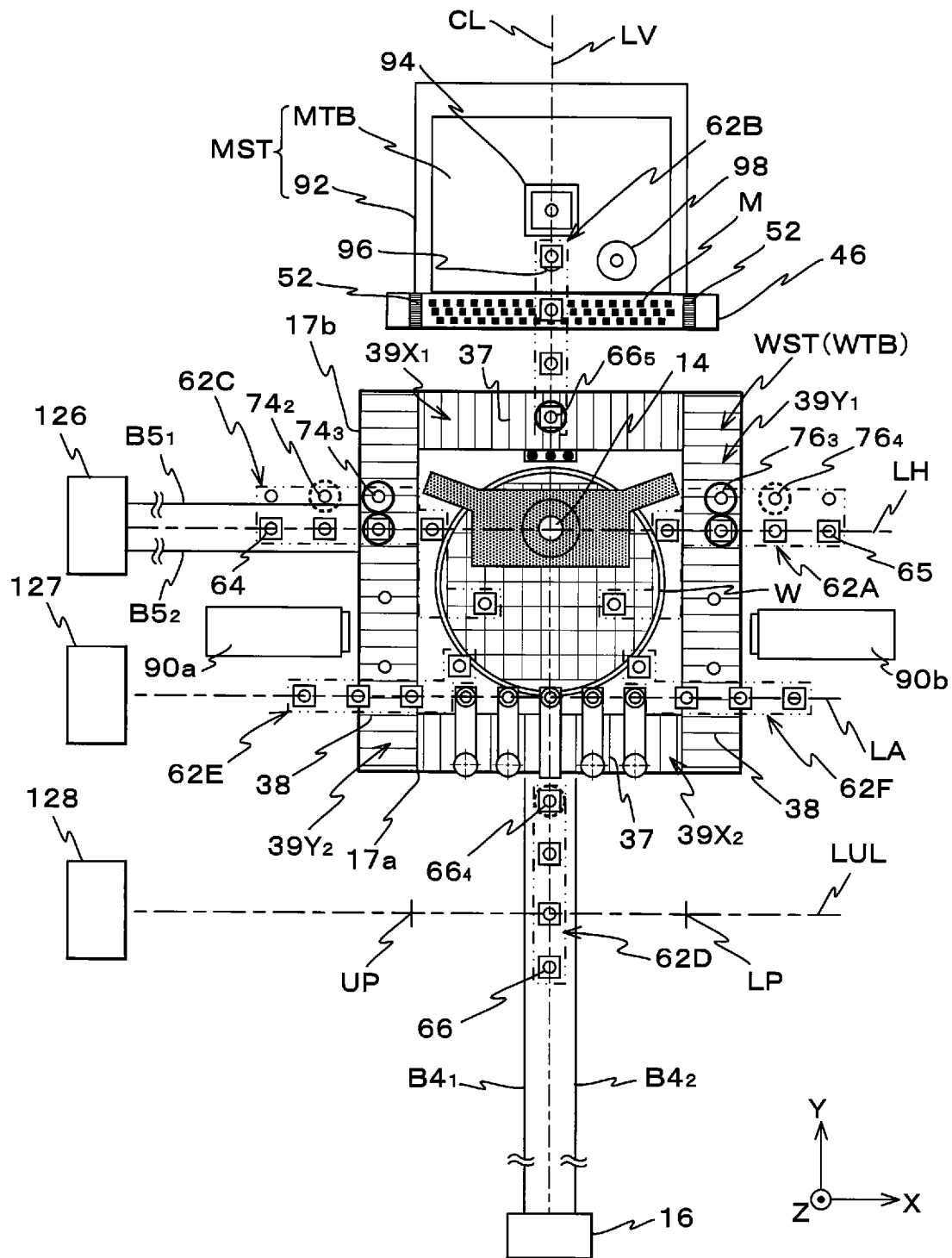
(A)



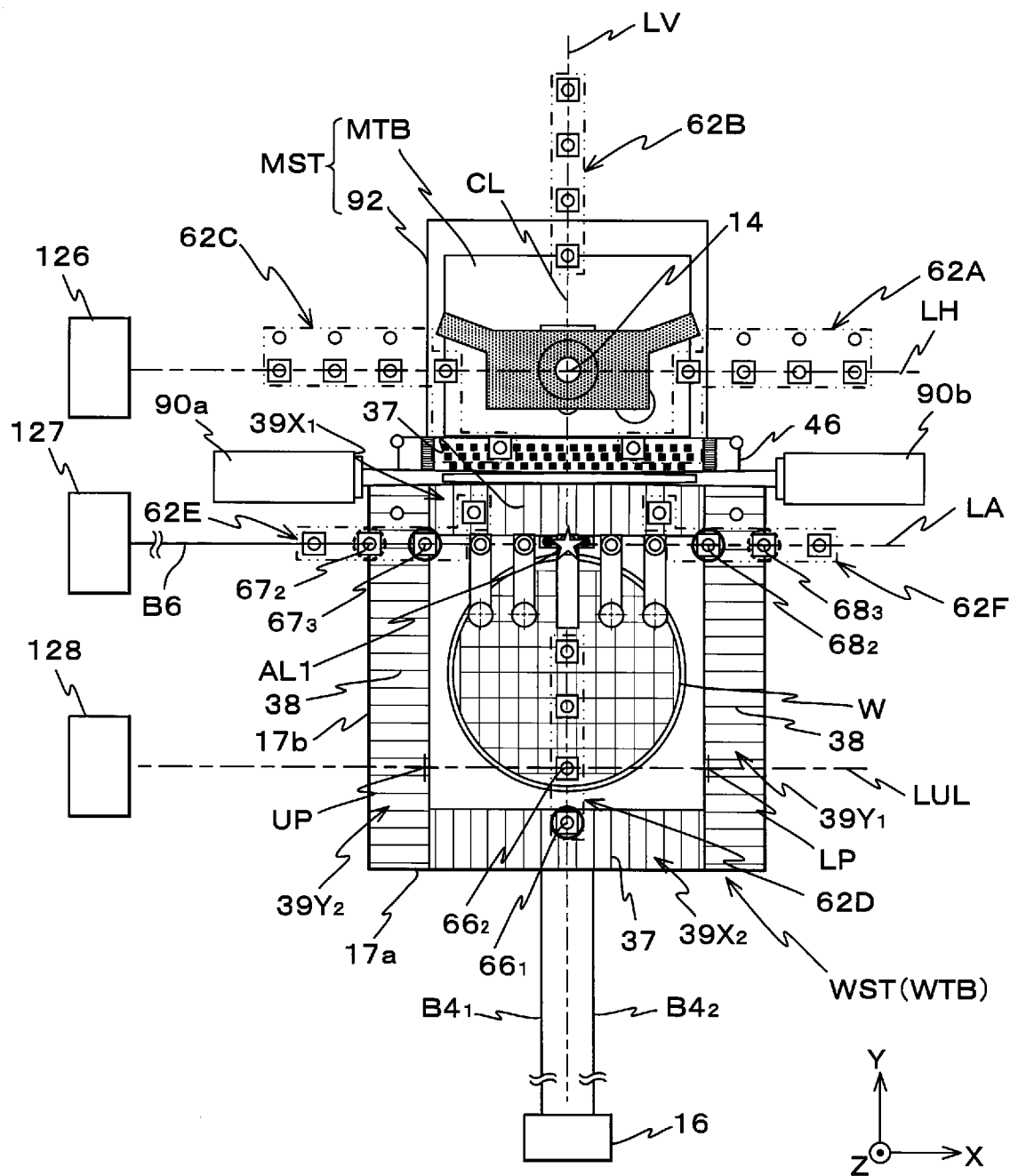
(B)



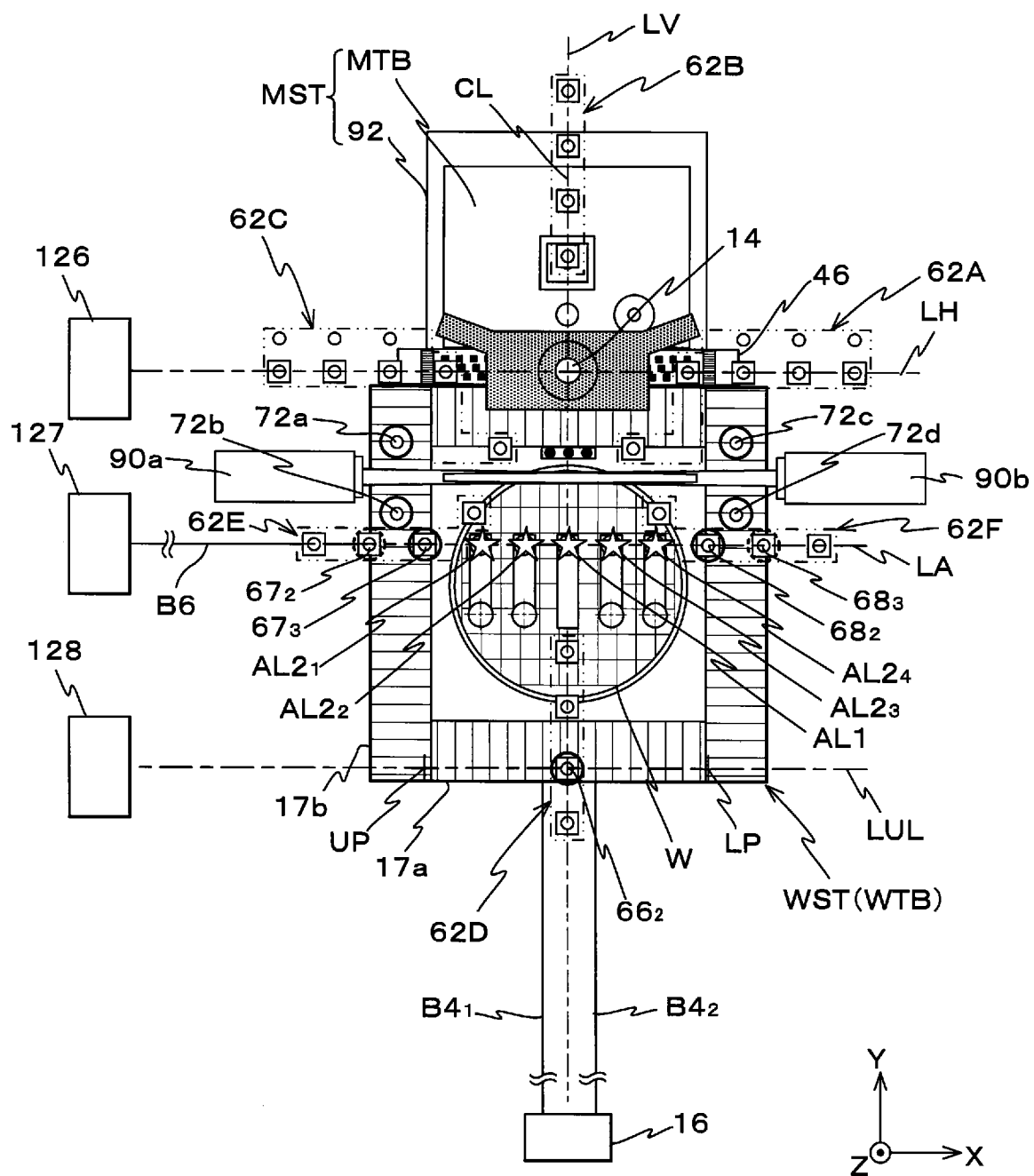
[図8]



[図11]

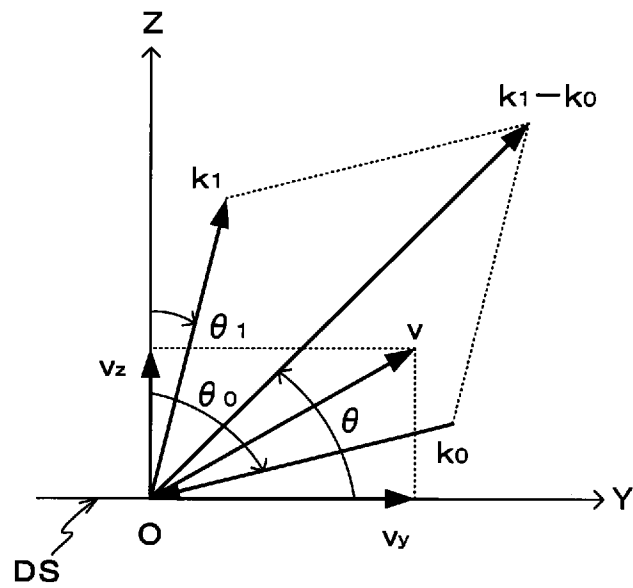


[図12]

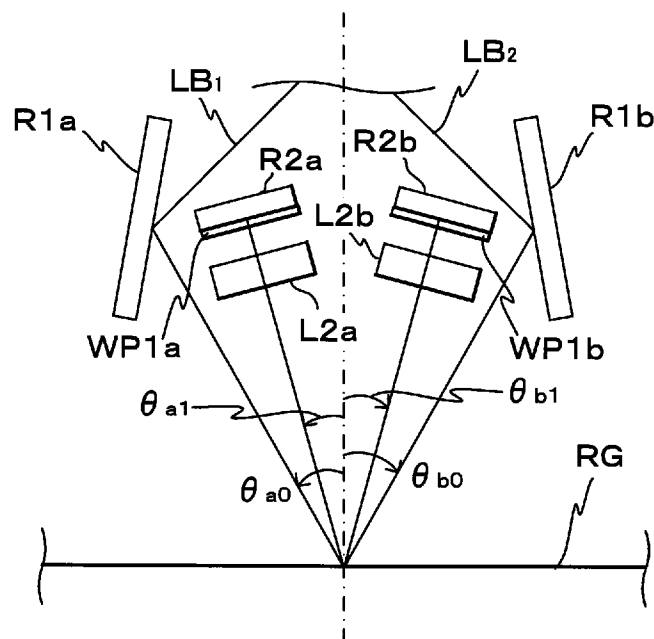


[図13]

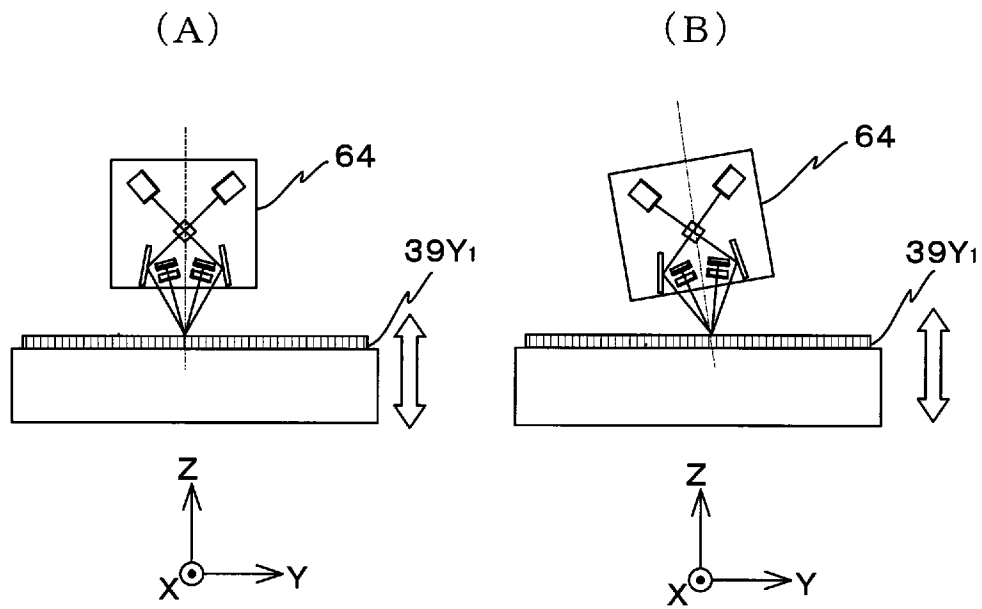
(A)



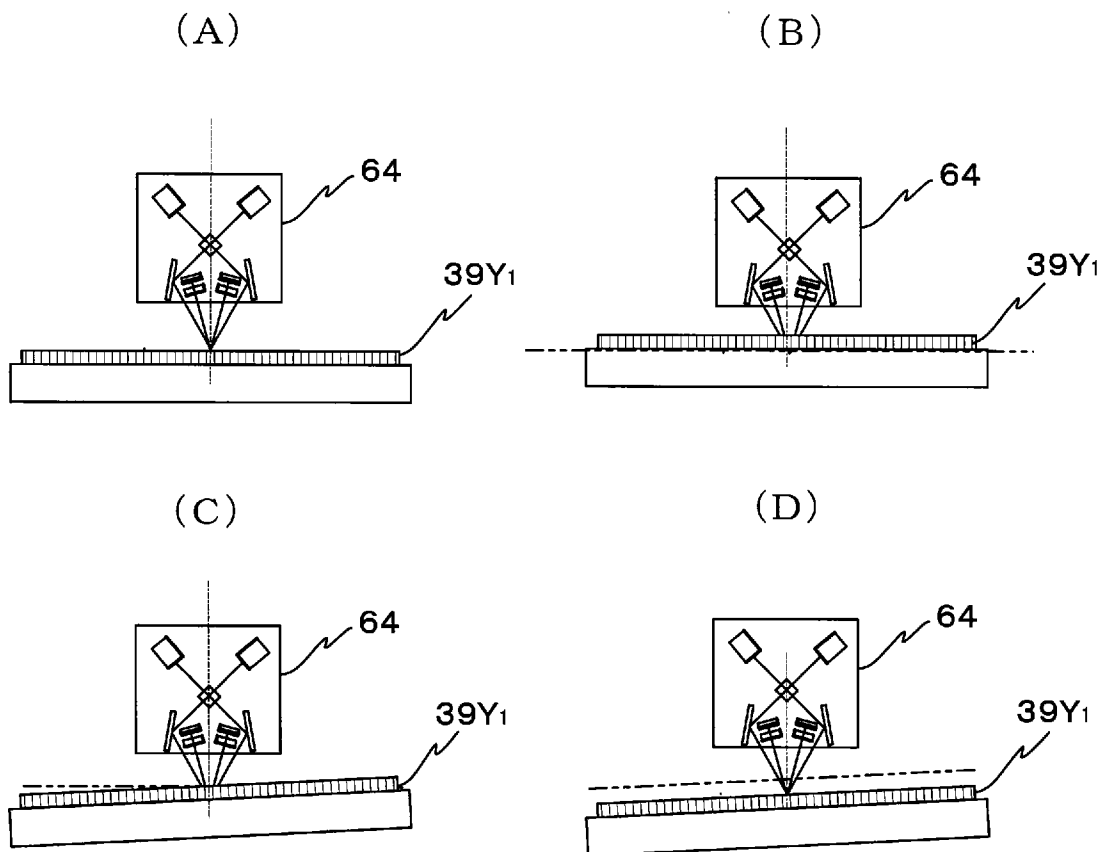
(B)



[図14]



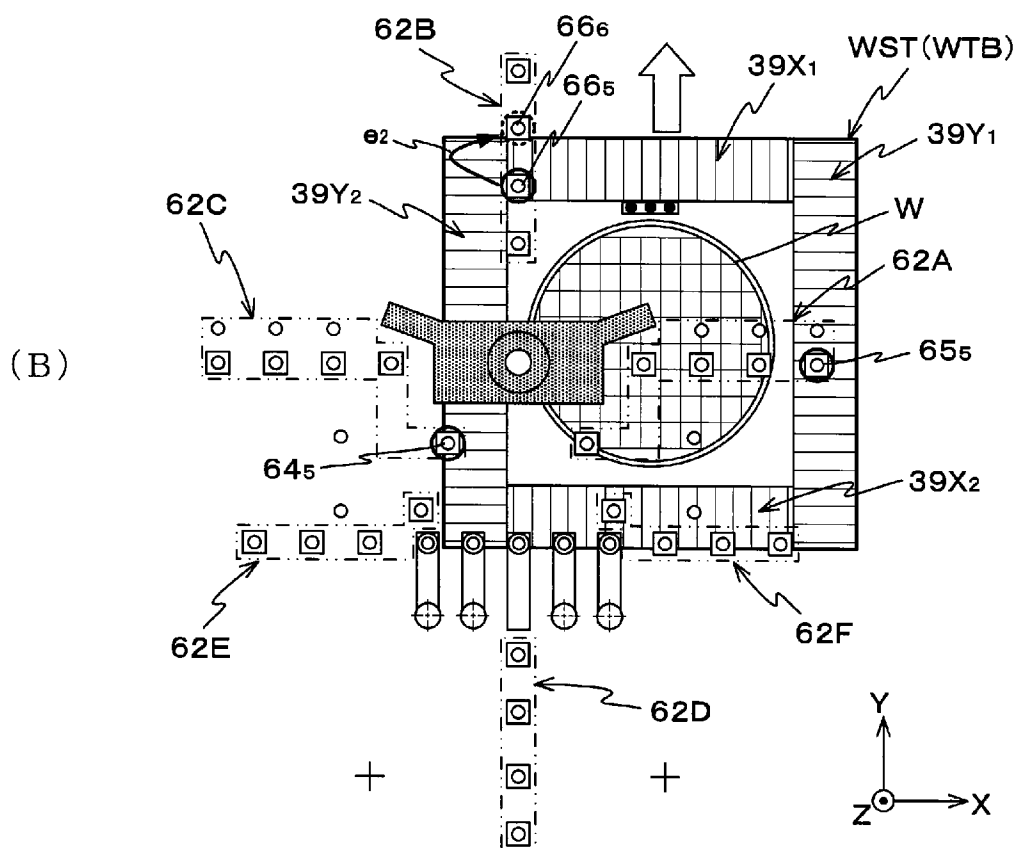
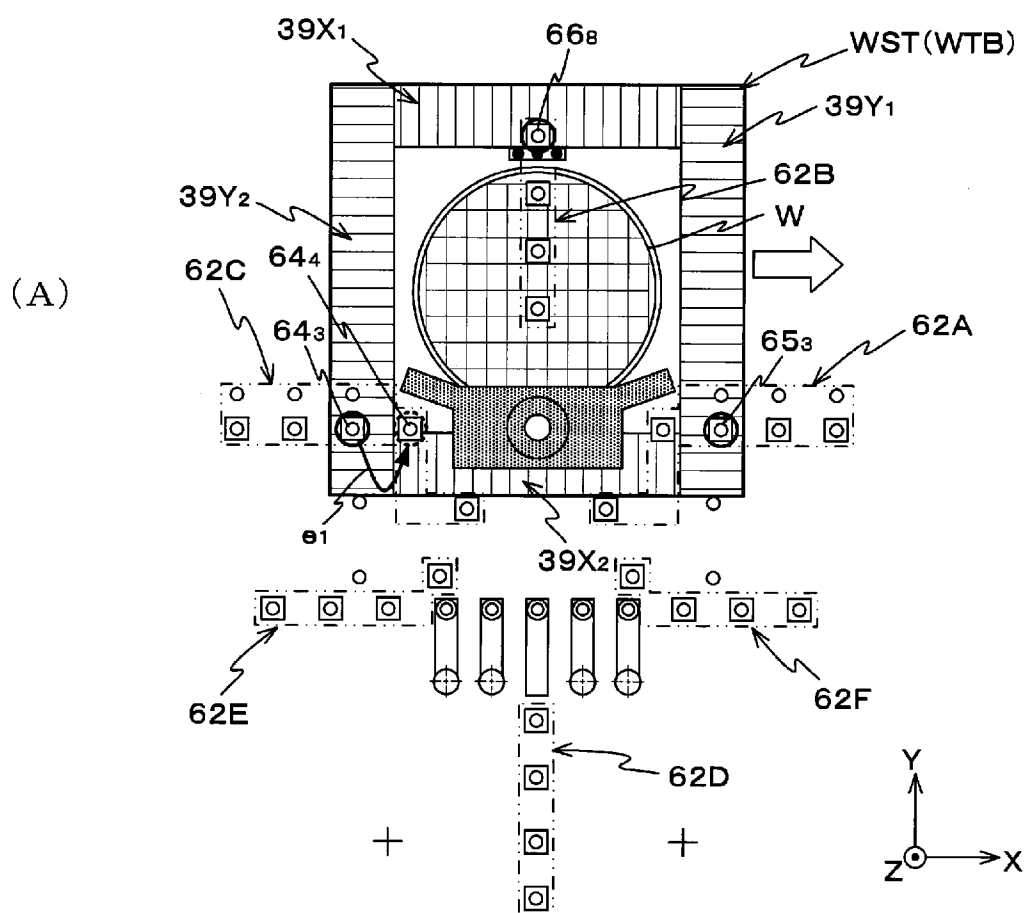
[図15]



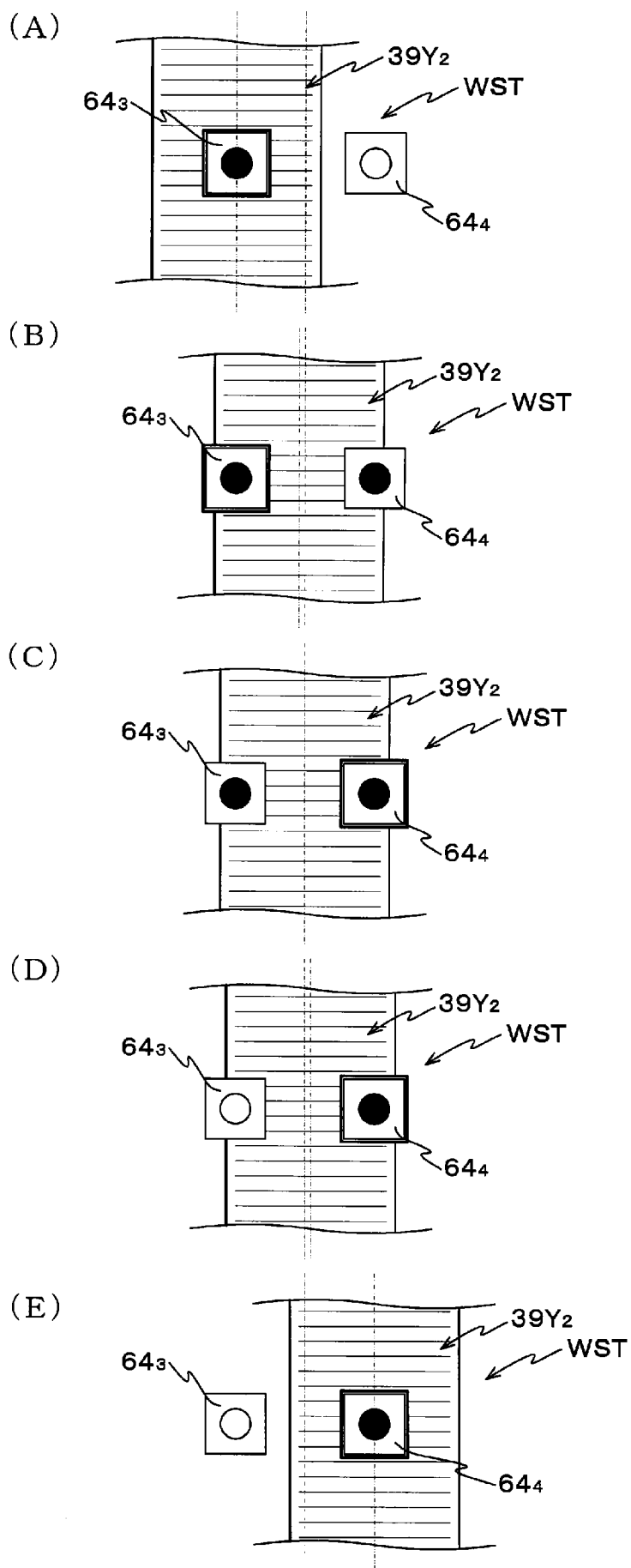
(B)



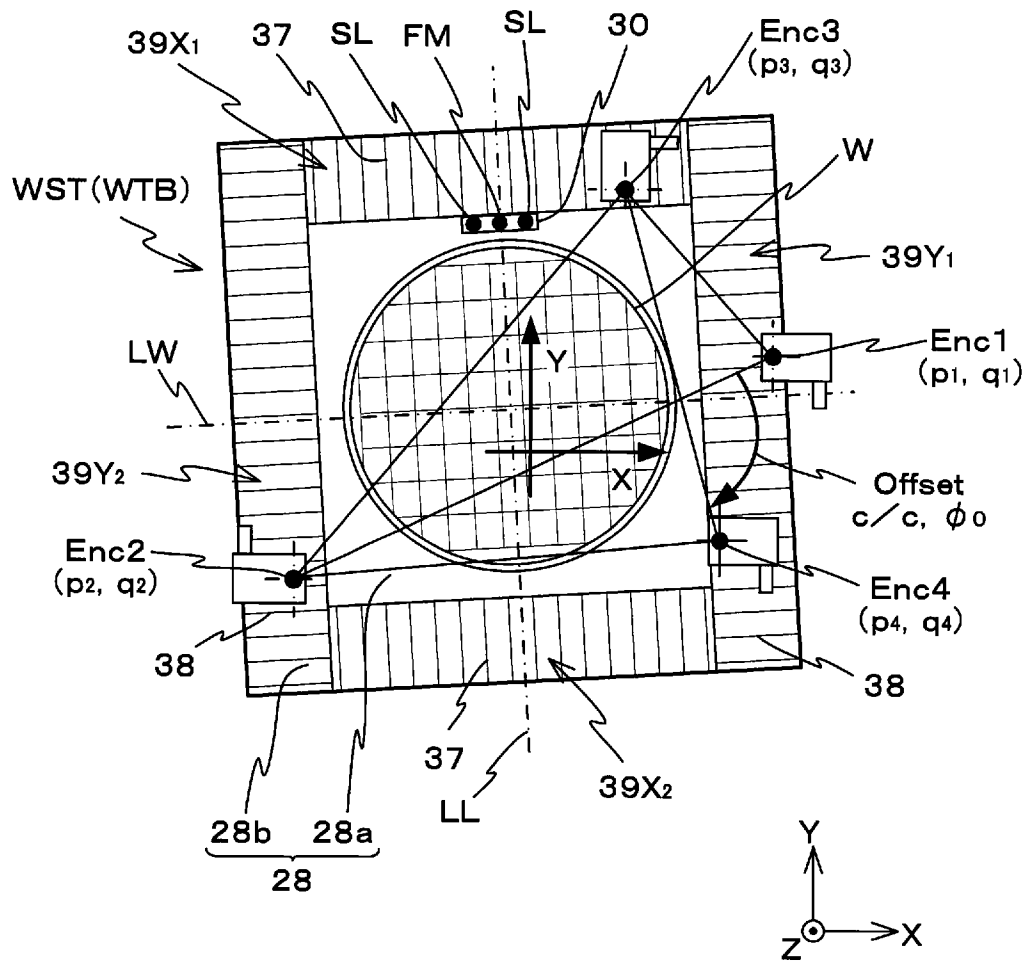
[図17]



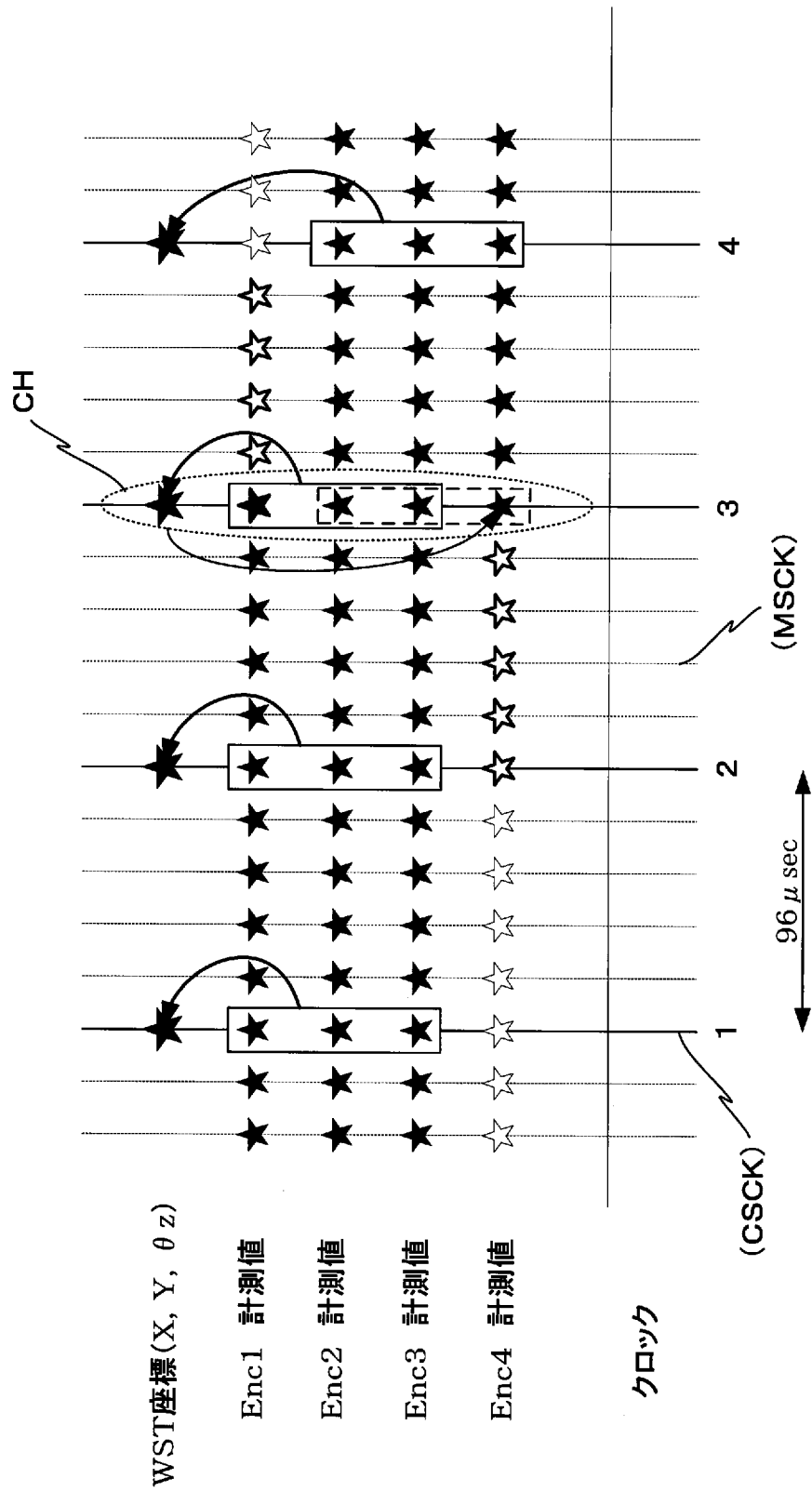
[図18]



[図19]



[図20]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2008/001974

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L21/027(2006.01) i, G03F7/20(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L21/027, G03F7/20

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2008
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2008	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2008

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 07-270122 A (CANON KABUSHIKI KAISHA), 20 October, 1995 (20.10.95),	1-10, 12-26, 28-30
A	Full text (particularly, Par. Nos. [0036], [0038], [0043], [0044]) & US 5610715 A	11, 27
Y	JP 2001-242269 A (NIKON CORP.), 07 September, 2001 (07.09.01),	1-10, 12-26, 28-30
A	Full text (particularly, Par. Nos. [0065] to [0074]) (Family: none)	11, 27

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
21 October, 2008 (21.10.08)

Date of mailing of the international search report
04 November, 2008 (04.11.08)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2008/001974

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2007-071874 A (ASML NETHERLANDS B.V.), 22 March, 2007 (22.03.07), Full text (particularly, Par. Nos. [0005], [0048], [0051] to [0063]) & US 2007/0051160 A1 & US 2007/0052976 A1 & EP 1760529 A1 & KR 10-2007-0026237 A & CN 1924708 A & SG 130183 A	3, 5-10, 18-20, 22-26
A	JP 2006-054552 A (ASML NETHERLANDS B.V.), 23 February, 2006 (23.02.06), Full text (particularly, Par. No. [0044]) & EP 1621933 A2 & US 2006/0023194 A1 & SG 119326 A & CN 1728002 A & KR 10-2006-0048801 A & US 2007/0256471 A1 & TW 278019 B1 & SG 139762 A	1-30
A	JP 05-129184 A (CANON KABUSHIKI KAISHA), 25 May, 1993 (25.05.93), Full text (particularly, Par. Nos. [0024] to [0028]) (Family: none)	1-30
P, X	WO 2008/026742 A1 (NIKON CORP.), 06 March, 2008 (06.03.08), Full text (particularly, Claim 6) & US 2008/094592 A1	1-30
P, X	JP 2007-266581 A (ASML NETHERLANDS B.V.), 11 October, 2007 (11.10.07), Full text (particularly, Claim 3; Par. No. [0042]) & US 2007/0195296 A1 & EP 1826615 A2 & KR 10-2007-0085158 A & CN 101055425 A & SG 135129 A	1, 2, 4, 12-17, 21, 28-30

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））
Int.Cl. H01L21/027 (2006.01)i, G03F7/20 (2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01L21/027, G03F7/20

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2008年
日本国実用新案登録公報	1996-2008年
日本国登録実用新案公報	1994-2008年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 07-270122 A (CANON KK) 1995.10.20, 全文（特に、[0036], [0038], [0043], [0044]） & US 5610715 A	1-10, 12-26, 28-30
A		11, 27
Y	JP 2001-242269 A (NIKON CORP) 2001.09.07, 全文（特に、[0065]-[0074]）（ファミリーなし）	1-10, 12-26, 28-30
A		11, 27

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

21.10.2008

国際調査報告の発送日

04.11.2008

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

佐藤 秀樹

2M

3154

電話番号 03-3581-1101 内線 3274

C (続き) . 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 2007-071874 A (ASML NETHERLANDS BV) 2007. 03. 22, 全文 (特に、[0005], [0048], [0051]-[0063]) & US 2007/0051160 A1 & US 2007/0052976 A1 & EP 1760529 A1 & KR 10-2007-0026237 A & CN 1924708 A & SG 130183 A	3, 5-10, 18-20 , 22-26
A	JP 2006-054552 A (ASML NETHERLANDS BV) 2006. 02. 23, 全文 (特に、[0044]) & EP 1621933 A2 & US 2006/0023194 A1 & SG 119326 A & CN 1728002 A & KR 10-2006-0048801 A & US 2007/0256471 A1 & TW 278019 B1 & SG 139762 A	1-30
A	JP 05-129184 A (CANON KK) 1993. 05. 25, 全文 (特に、[0024]-[0028]) (ファミリーなし)	1-30
P, X	WO 2008/026742 A1 (NIKON CORP) 2008. 03. 06, 全文 (特に、請求項 6) & US 2008/094592 A1	1-30
P, X	JP 2007-266581 A (ASML NETHERLANDS BV) 2007. 10. 11, 全文 (特に、請求項 3、[0042]) & US 2007/0195296 A1 & EP 1826615 A2 & KR 10-2007-0085158 A & CN 101055425 A & SG 135129 A	1, 2, 4, 12-17, 21, 28-30