

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2012-147012

(P2012-147012A)

(43) 公開日 平成24年8月2日(2012. 8. 2)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H O 1 L 21/027 (2006.01)	H O 1 L 21/30 5 1 6 B	2 F 0 6 5
G O 1 B 11/00 (2006.01)	G O 1 B 11/00 G	5 F 1 3 1
H O 1 L 21/68 (2006.01)	H O 1 L 21/68 K	5 F 1 4 6

審査請求 有 請求項の数 18 O L (全 57 頁)

(21) 出願番号	特願2012-79012 (P2012-79012)	(71) 出願人	000004112
(22) 出願日	平成24年3月30日 (2012. 3. 30)		株式会社ニコン
(62) 分割の表示	特願2008-532135 (P2008-532135) の分割	(74) 代理人	100102901 弁理士 立石 篤司
原出願日	平成19年8月31日 (2007. 8. 31)	(72) 発明者	柴崎 祐一
(31) 優先権主張番号	特願2006-236783 (P2006-236783)		東京都千代田区有楽町一丁目12番1号 株式会社ニコン内
(32) 優先日	平成18年8月31日 (2006. 8. 31)	F ターム (参考)	2F065 AA06 AA09 AA20 AA39 CC19 EE00 FF55 GG04 GG06 HH13 JJ05 LL04 LL12 LL36 LL47 LL59 PP12 QQ18 QQ23 5F131 AA02 BA13 CA18 FA17 KA03 KA16 KA44 KA47 KA54 KA63 KA72 KB07 KB32
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		最終頁に続く

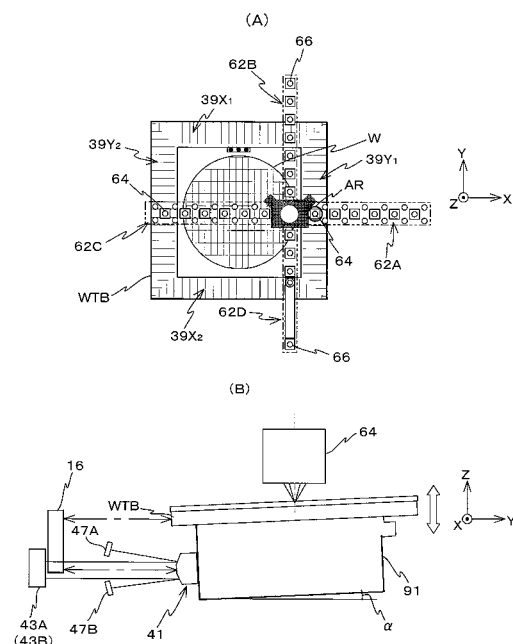
(54) 【発明の名称】 移動体駆動システム及び移動体駆動方法、パターン形成装置及び方法、露光装置及び方法、デバイス製造方法、並びに決定方法

(57) 【要約】

【課題】 エンコーダで位置を測定しつつ、移動体を所望の方向へ精度良く駆動する。

【解決手段】 駆動装置により、ウエハテーブル W T B の Y 軸方向の位置情報を計測するエンコーダ 6 4 の計測値とその計測時に干渉計 1 6 , 4 3 A 及び 4 3 B によって計測されるウエハテーブル W T B の非計測方向 (例えば、Z、 θz 及び θx 方向) の位置情報に応じた既知の補正情報とに基づいて、ウエハテーブルが Y 軸方向に駆動される。すなわち、非計測方向へのヘッドとスケールの相対変位に起因するエンコーダの計測誤差を補正する補正情報により補正されたエンコーダの計測値に基づいて移動体が Y 軸方向に駆動される。従って、ヘッドとスケールの間の計測したい方向 (計測方向) 以外の相対運動に影響を受けることなく、エンコーダで位置を計測しつつ、ウエハテーブル (移動体) を所望の方向へ精度良く駆動することが可能になる。

【選択図】 図 1 1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

実質的に所定平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、

前記所定平面に平行な所定方向を周期方向とする格子を有するスケールに検出光を照射し、前記スケールからの反射光を受光するヘッドを有し、前記移動体の前記所定方向の位置情報を計測するエンコーダと、

前記エンコーダの計測値とその計測時の前記移動体の前記所定方向とは異なる方向の位置情報に応じた補正情報とに基づいて、前記移動体を前記所定方向に駆動する駆動装置と、を備える移動体駆動システム。

【請求項 2】

物体が載置され、該物体を保持して実質的に移動面に沿って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請求項 1 に記載の移動体駆動システムと、を備えるパターン形成装置。

【請求項 3】

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 1 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。

【請求項 4】

エネルギービームで物体を露光する露光装置であって、

前記物体を保持し、少なくとも所定平面内で直交する第 1 及び第 2 方向に移動可能な移動体と、

前記物体が保持される前記移動体の一面に格子部とヘッドユニットとの一方が設けられ、かつ他方が前記移動体の一面と対向して設けられ、前記第 1 及び第 2 方向の少なくとも一方に関する前記移動体の位置情報を計測するエンコーダシステムと、

前記エンコーダシステムの計測情報と、前記第 1 及び第 2 方向と異なる方向に関する前記移動体の位置情報とに基づいて、前記所定平面内で前記移動体を駆動する駆動装置と、を備える露光装置。

【請求項 5】

エネルギービームで物体を露光する露光装置であって、

前記物体を保持し、少なくとも所定平面内で直交する第 1 及び第 2 方向に移動可能かつ前記所定平面に対して傾斜可能な移動体と、

前記物体が保持される前記移動体の一面に格子部とヘッドユニットとの一方が設けられ、かつ他方が前記移動体の一面と対向して設けられ、前記第 1 及び第 2 方向の少なくとも一方に関する前記移動体の位置情報を計測するエンコーダシステムと、

前記エンコーダシステムの計測情報と前記移動体の傾斜情報とに基づいて、前記所定平面内で前記移動体を駆動する駆動装置と、を備える露光装置。

【請求項 6】

エネルギービームで物体を露光する露光装置であって、

前記物体を保持し、少なくとも所定平面内で直交する第 1 及び第 2 方向に移動可能な移動体と、

前記物体が保持される前記移動体の一面に格子部とヘッドユニットとの一方が設けられ、かつ他方が前記移動体の一面と対向して設けられ、前記第 1 及び第 2 方向の少なくとも一方に関する前記移動体の位置情報を計測するエンコーダシステムと、

前記エンコーダシステムの計測情報と、前記エンコーダシステムの計測誤差の発生要因となる前記ヘッドユニットの特性情報とに基づいて、前記所定平面内で前記移動体を駆動する駆動装置と、を備える露光装置。

【請求項 7】

エネルギービームで物体を露光する露光装置であって、
前記物体を保持し、少なくとも所定平面内で直交する第 1 及び第 2 方向に移動可能な移動体と、

前記物体が保持される前記移動体の一面に格子部とヘッドユニットとの一方が設けられ、かつ他方が前記移動体の一面と対向して設けられ、前記第 1 及び第 2 方向の少なくとも一方に関する前記移動体の位置情報を計測するエンコーダシステムと、

前記エンコーダシステムの計測情報に基づき、前記ヘッドユニットに起因して生じる前記エンコーダシステムの計測誤差を補償するように、前記所定平面内で前記移動体を駆動する駆動装置と、を備える露光装置。

【請求項 8】

10

実質的に所定平面に沿って移動体を駆動する移動体駆動方法であって、

前記所定平面に平行な所定方向を周期方向とする格子を有するスケールに検出光を照射し、前記スケールからの反射光を受光するヘッドを有するエンコーダを用いて、前記移動体の前記所定方向の位置情報を計測し、該エンコーダの計測値とその計測時の前記移動体の前記所定方向とは異なる方向の位置情報に応じた補正情報とに基づいて、前記移動体を前記所定方向に駆動する工程、を含む移動体駆動方法。

【請求項 9】

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 8 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。

20

【請求項 10】

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 9 に記載のパターン形成方法を用いて基板上にパターンを形成するデバイス製造方法。

【請求項 11】

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 8 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。

【請求項 12】

30

エネルギービームにより物体を露光する露光方法であって、

少なくとも所定平面内で直交する第 1 及び第 2 方向に移動可能な移動体に物体を載置し

、
前記物体が載置される前記移動体の一面に格子部とヘッドユニットとの一方が設けられ、かつ他方が前記移動体の一面と対向して設けられ、前記第 1 及び第 2 方向の少なくとも一方に関する前記移動体の位置情報を計測するエンコーダシステムの計測情報と、前記第 1 及び第 2 方向と異なる方向に関する前記移動体の位置情報とに基づいて、前記所定平面内で前記移動体を駆動する露光方法。

【請求項 13】

エネルギービームで物体を露光する露光方法であって、

少なくとも所定平面内で直交する第 1 及び第 2 方向に移動可能かつ前記所定平面に対して傾斜可能な移動体に前記物体を載置し、

40

前記物体が載置される前記移動体の一面に格子部とヘッドユニットとの一方が設けられ、かつ他方が前記移動体の一面と対向して設けられ、前記第 1 及び第 2 方向の少なくとも一方に関する前記移動体の位置情報を計測するエンコーダシステムの計測情報と前記移動体の傾斜情報とに基づいて、前記所定平面内で前記移動体を駆動する露光方法。

【請求項 14】

エネルギービームで物体を露光する露光方法であって、

少なくとも所定平面内で直交する第 1 及び第 2 方向に移動可能な移動体に前記物体を載置し、

前記物体が載置される前記移動体の一面に格子部とヘッドユニットとの一方が設けられ

50

、かつ他方が前記移動体の一面と対向して設けられ、前記第 1 及び第 2 方向の少なくとも一方に関する前記移動体の位置情報を計測するエンコーダシステムの計測情報と、前記エンコーダシステムの計測誤差の発生要因となる前記ヘッドユニットの特性情報とに基づいて、前記所定平面内で前記移動体を駆動する露光方法。

【請求項 15】

エネルギービームで物体を露光する露光方法であって、

少なくとも所定平面内で直交する第 1 及び第 2 方向に移動可能な移動体に前記物体を載置し、

前記物体が載置される前記移動体の一面に格子部とヘッドユニットとの一方が設けられ、かつ他方が前記移動体の一面と対向して設けられ、前記第 1 及び第 2 方向の少なくとも一方に関する前記移動体の位置情報を計測するエンコーダシステムの計測情報に基づき、前記ヘッドユニットに起因して生じる前記エンコーダシステムの計測誤差を補償するように、前記所定平面内で前記移動体を駆動する露光方法。

【請求項 16】

リソグラフィ工程を含むデバイス製造方法であって、

前記リソグラフィ工程では、請求項 12 ~ 15 のいずれか一項に記載の露光方法を用いて、感応物体を露光し、該感応物体上にパターンを形成するデバイス製造方法。

【請求項 17】

実質的に所定平面に沿って移動可能な移動体に設けられ、所定方向を周期方向とする格子を有するスケールに検出光を照射し、前記スケールからの反射光を受光するヘッドを有し、前記所定平面と平行な面内の所定方向に関する前記移動体の位置情報を計測するエンコーダシステムの計測値の補正情報を決定する決定方法であって、

前記移動体を異なる複数の姿勢に変化させ、各姿勢について、前記移動体の姿勢を維持した状態で、前記ヘッドから前記スケールの特定領域に検出光を照射しつつ、前記移動体を前記所定平面に直交する方向に所定ストローク範囲で移動させ、その移動中に前記エンコーダシステムの計測結果をサンプリングする工程と、

前記サンプリング結果に基づいて、所定の演算を行うことで、前記移動体の所定方向とは異なる方向の位置情報に応じた前記エンコーダシステムの計測値の補正情報を求める工程と、を含む決定方法。

【請求項 18】

実質的に所定平面に沿って移動可能な移動体に設けられ、所定方向を周期方向とする格子を有するスケールに検出光を照射し、前記スケールからの反射光を受光するヘッドを複数有し、前記所定平面と平行な面内の所定方向の位置情報をそれぞれ計測する複数のエンコーダを構成するヘッドユニットとを備えたエンコーダシステムの計測値の補正情報を決定する決定方法であって、

前記移動体を異なる複数の姿勢に変化させ、各姿勢について、前記移動体の姿勢を維持した状態で、対象とするヘッドから前記スケールの特定領域に検出光を照射しつつ、前記移動体を前記所定平面に直交する方向に所定ストローク範囲で移動させ、その移動中に前記対象とするヘッドで構成されるエンコーダの計測結果をサンプリングすることを、前記複数のヘッドのそれぞれについて行う工程と、

前記サンプリング結果に基づいて、所定の演算を行うことで、前記移動体の所定方向とは異なる方向の位置情報に応じた前記複数のエンコーダそれぞれの計測値の補正情報を求める工程と、を含む決定方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、移動体駆動システム及び移動体駆動方法、パターン形成装置及び方法、露光装置及び方法、デバイス製造方法、並びに決定方法に係り、さらに詳しくは、所定平面に沿って移動体を駆動する移動体駆動システム及び移動体駆動方法、前記移動体駆動システムを備えるパターン形成装置及び前記移動体駆動方法を利用したパターン形成方法、前記

10

20

30

40

50

移動体駆動システムを備える露光装置及び前記移動体駆動方法を利用した露光方法、前記パターン形成方法を利用したデバイス製造方法、並びに移動体の所定方向の位置情報を計測するエンコーダシステムの計測値の補正情報を決定する決定方法に関する。

【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）やステップ・アンド・スキャン方式の縮小投影露光装置（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X Y 2次元方向に例えばリニアモータ等により駆動される。特に、スキャニング・ステッパの場合、ウエハステージのみならず、レチクルステージもリニアモータ等により走査方向に所定ストロークで駆動される。レチクルステージや、ウエハステージの位置計測は、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、一般的である。

【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光路上の雰囲気温度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（測定）に使用されるレーザ干渉計以外の装置として、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、レーザ干渉計と回折格子を用いる位置検出センサー（エンコーダ）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（特許文献1，2等参照）。

【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3等参照）、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】

しかしながら、エンコーダを例えば露光装置のウエハステージの移動面内の位置計測に用いる場合には、仮に1つのエンコーダヘッドを用いてスケール（グレーティング）が設けられたステージの位置を計測する場合であっても、ヘッドとスケールの間に計測したい方向（計測方向）以外の相対運動が生じた場合に、多くの場合計測値（カウント）に変化が検出され、計測誤差が生じてしまう。これに加え、実際に、露光装置のウエハステージにエンコーダを適用する場合には、1つのスケールに対して複数のエンコーダヘッドを用いることが必要となり、例えばエンコーダヘッド間の倒れ（光軸の傾き）の差などによってもエンコーダのカウント値に誤差が生じてしまうという不都合も有している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【特許文献1】特開2002-151405号公報

【特許文献2】特開2004-101362号公報

10

20

30

40

50

【特許文献 3】特開 2 0 0 5 - 3 0 8 5 9 2 号公報

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0010】

発明者等は、露光装置のステージの位置を反射型の光学式エンコーダで計測する際に、非計測方向へのヘッドとスケールの相対変位がエンコーダ計測値に与える影響を知るために、種々のシミュレーションを行った。その結果、エンコーダのカウント値は、ステージのピッチング方向とヨーイング方向の姿勢変化に感度を持つ上、ステージの移動面に直交する方向の位置変化にも依存することがあることが判明した。

【0011】

本発明は、上述した発明者等が行ったシミュレーションの結果に基づいてなされたもので、第 1 の観点からすると、実質的に所定平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、前記所定平面に平行な所定方向を周期方向とする格子を有するスケールに検出光を照射し、前記スケールからの反射光を受光するヘッドとを有し、前記移動体の前記所定方向の位置情報を計測するエンコーダと、前記エンコーダの計測値とその計測時の前記移動体の前記所定方向とは異なる方向の位置情報に応じた補正情報とに基づいて、前記移動体を前記所定方向に駆動する駆動装置と、を備える移動体駆動システムである。

【0012】

これによれば、駆動装置により、移動体の所定方向（計測方向）の位置情報を計測するエンコーダの計測値とその計測時の移動体の所定方向とは異なる方向（非計測方向）の位置情報に応じた補正情報とに基づいて、移動体が所定方向に駆動される。すなわち、非計測方向へのヘッドとスケールの相対変位に起因するエンコーダの計測誤差が補正情報により補正されたエンコーダの計測値に基づいて移動体が所定方向に駆動される。従って、ヘッドとスケールの間の計測したい方向（計測方向）以外の相対運動に影響を受けることなく、移動体を所定方向へ精度良く駆動することが可能になる。

【0013】

本発明は、第 2 の観点からすると、物体が載置され、該物体を保持して実質的に移動面に沿って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移動体駆動システムと、を備えるパターン形成装置である。

【0014】

これによれば、本発明の移動体駆動システム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。

【0015】

本発明は、第 3 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第 1 の露光装置である。

【0016】

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、本発明の移動体駆動システムにより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。

【0017】

本発明は、第 4 の観点からすると、エネルギービームで物体を露光する露光装置であって、前記物体を保持し、少なくとも所定平面内で直交する第 1 及び第 2 方向に移動可能な移動体と、前記物体が保持される前記移動体の一面に格子部とヘッドユニットとの一方が設けられ、かつ他方が前記移動体の一面と対向して設けられ、前記第 1 及び第 2 方向の少な

10

20

30

40

50

くとも一方に関する前記移動体の位置情報を計測するエンコーダシステムと、前記エンコーダシステムの計測情報と、前記第 1 及び第 2 方向と異なる方向に関する前記移動体の位置情報とに基づいて、前記所定平面内で前記移動体を駆動する駆動装置と、を備える第 2 の露光装置である。

【0018】

これによれば、エンコーダシステムの計測方向以外の方向への移動体の変位に影響を受けることなく、移動体をエンコーダシステムの計測方向に精度良く駆動することができ、ひいては移動体上に保持された物体を精度良く露光することが可能になる。

【0019】

本発明は、第 5 の観点からすると、エネルギービームで物体を露光する露光装置であって、前記物体を保持し、少なくとも所定平面内で直交する第 1 及び第 2 方向に移動可能な前記所定平面に対して傾斜可能な移動体と、前記物体が保持される前記移動体の一面に格子部とヘッドユニットとの一方が設けられ、かつ他方が前記移動体の一面と対向して設けられ、前記第 1 及び第 2 方向の少なくとも一方に関する前記移動体の位置情報を計測するエンコーダシステムと、前記エンコーダシステムの計測情報と前記移動体の傾斜情報とに基づいて、前記所定平面内で前記移動体を駆動する駆動装置と、を備える第 3 の露光装置である。

【0020】

これによれば、移動体の傾斜（方向への変位）の影響を受けることなく、移動体をエンコーダシステムの計測方向に精度良く駆動することができ、ひいては移動体上に保持された物体を精度良く露光することが可能になる。

【0021】

本発明は、第 6 の観点からすると、エネルギービームで物体を露光する露光装置であって、前記物体を保持し、少なくとも所定平面内で直交する第 1 及び第 2 方向に移動可能な移動体と、前記物体が保持される前記移動体の一面に格子部とヘッドユニットとの一方が設けられ、かつ他方が前記移動体の一面と対向して設けられ、前記第 1 及び第 2 方向の少なくとも一方に関する前記移動体の位置情報を計測するエンコーダシステムと、前記エンコーダシステムの計測情報と、前記エンコーダシステムの計測誤差の発生要因となる前記ヘッドユニットの特性情報とに基づいて、前記所定平面内で前記移動体を駆動する駆動装置と、を備える第 4 の露光装置である。

【0022】

これによれば、ヘッドユニット（の特性）に起因するエンコーダシステムの計測誤差の影響を受けることなく、移動体をエンコーダシステムの計測方向に精度良く駆動することができ、ひいては移動体上に保持された物体を精度良く露光することが可能になる。

【0023】

本発明は、第 7 の観点からすると、エネルギービームで物体を露光する露光装置であって、前記物体を保持し、少なくとも所定平面内で直交する第 1 及び第 2 方向に移動可能な移動体と、前記物体が保持される前記移動体の一面に格子部とヘッドユニットとの一方が設けられ、かつ他方が前記移動体の一面と対向して設けられ、前記第 1 及び第 2 方向の少なくとも一方に関する前記移動体の位置情報を計測するエンコーダシステムと、前記エンコーダシステムの計測情報に基づき、前記ヘッドユニットに起因して生じる前記エンコーダシステムの計測誤差を補償するように、前記所定平面内で前記移動体を駆動する駆動装置と、を備える第 5 の露光装置である。

【0024】

これによれば、ヘッドユニットに起因して生じるエンコーダシステムの計測誤差の影響を受けることなく、移動体をエンコーダシステムの計測方向に精度良く駆動することができ、ひいては移動体上に保持された物体を精度良く露光することが可能になる。

【0025】

本発明は、第 8 の観点からすると、実質的に所定平面に沿って移動体を駆動する移動体駆動方法であって、前記所定平面に平行な所定方向を周期方向とする格子を有するスケー

10

20

30

40

50

ルに検出光を照射し、前記スケールからの反射光を受光するヘッドを有するエンコーダを用いて、前記移動体の前記所定方向の位置情報を計測し、該エンコーダの計測値とその計測時の前記移動体の前記所定方向とは異なる方向の位置情報に応じた補正情報とに基づいて、前記移動体を前記所定方向に駆動する工程、を含む移動体駆動方法である。

【 0 0 2 6 】

これによれば、非計測方向へのヘッドとスケールの相対変位に起因するエンコーダの計測誤差が補正情報により補正されたエンコーダの計測値に基づいて移動体が所定方向に駆動される。従って、ヘッドとスケールの間の計測したい方向（計測方向）以外の相対運動に影響を受けることなく、移動体を所定方向へ精度良く駆動することが可能になる。

【 0 0 2 7 】

本発明は、第 9 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である。

【 0 0 2 8 】

これによれば、本発明の移動体駆動方法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。

【 0 0 2 9 】

本発明は、第 10 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基板上にパターンを形成する第 1 のデバイス製造方法である。

【 0 0 3 0 】

本発明は、第 11 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第 1 の露光方法である。

【 0 0 3 1 】

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、本発明の移動体駆動方法を用いて、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。

【 0 0 3 2 】

本発明は、第 12 の観点からすると、エネルギービームにより物体を露光する露光方法であって、少なくとも所定平面内で直交する第 1 及び第 2 方向に移動可能な移動体に物体を載置し、前記物体が載置される前記移動体の一面に格子部とヘッドユニットとの一方が設けられ、かつ他方が前記移動体の一面と対向して設けられ、前記第 1 及び第 2 方向の少なくとも一方に関する前記移動体の位置情報を計測するエンコーダシステムの計測情報と、前記第 1 及び第 2 方向と異なる方向に関する前記移動体の位置情報とに基づいて、前記所定平面内で前記移動体を駆動する第 2 の露光方法である。

【 0 0 3 3 】

これによれば、エンコーダシステムの計測方向以外の方向への移動体の変位に影響を受けることなく、移動体をエンコーダシステムの計測方向に精度良く駆動することができ、ひいては移動体上に保持された物体を精度良く露光することが可能になる。

【 0 0 3 4 】

本発明は、第 13 の観点からすると、エネルギービームで物体を露光する露光方法であって、少なくとも所定平面内で直交する第 1 及び第 2 方向に移動可能かつ前記所定平面に対して傾斜可能な移動体に前記物体を載置し、前記物体が載置される前記移動体の一面に格子部とヘッドユニットとの一方が設けられ、かつ他方が前記移動体の一面と対向して設けられ、前記第 1 及び第 2 方向の少なくとも一方に関する前記移動体の位置情報を計測するエンコーダシステムの計測情報と前記移動体の傾斜情報とに基づいて、前記所定平面内で前記移動体を駆動する第 3 の露光方法である。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 5 】

これによれば、移動体の傾斜（方向への変位）の影響を受けることなく、移動体をエンコーダシステムの計測方向に精度良く駆動することができ、ひいては移動体上に保持された物体を精度良く露光することが可能になる。

【 0 0 3 6 】

本発明は、第 1 4 の観点からすると、エネルギービームで物体を露光する露光方法であって、少なくとも所定平面内で直交する第 1 及び第 2 方向に移動可能な移動体に前記物体を載置し、前記物体が載置される前記移動体の一面に格子部とヘッドユニットとの一方が設けられ、かつ他方が前記移動体の一面と対向して設けられ、前記第 1 及び第 2 方向の少なくとも一方に関する前記移動体の位置情報を計測するエンコーダシステムの計測情報と、前記エンコーダシステムの計測誤差の発生要因となる前記ヘッドユニットの特性情報とに基づいて、前記所定平面内で前記移動体を駆動する第 4 の露光方法である。

10

【 0 0 3 7 】

これによれば、ヘッドユニット（の特性）に起因するエンコーダシステムの計測誤差の影響を受けることなく、移動体をエンコーダシステムの計測方向に精度良く駆動することができ、ひいては移動体上に保持された物体を精度良く露光することが可能になる。

【 0 0 3 8 】

本発明は、第 1 5 の観点からすると、エネルギービームで物体を露光する露光方法であって、少なくとも所定平面内で直交する第 1 及び第 2 方向に移動可能な移動体に前記物体を載置し、前記物体が載置される前記移動体の一面に格子部とヘッドユニットとの一方が設けられ、かつ他方が前記移動体の一面と対向して設けられ、前記第 1 及び第 2 方向の少なくとも一方に関する前記移動体の位置情報を計測するエンコーダシステムの計測情報に基づき、前記ヘッドユニットに起因して生じる前記エンコーダシステムの計測誤差を補償するように、前記所定平面内で前記移動体を駆動する第 5 の露光方法である。

20

【 0 0 3 9 】

これによれば、ヘッドユニットに起因して生じるエンコーダシステムの計測誤差の影響を受けることなく、移動体をエンコーダシステムの計測方向に精度良く駆動することができ、ひいては移動体上に保持された物体を精度良く露光することが可能になる。

【 0 0 4 0 】

本発明は、第 1 6 の観点からすると、リソグラフィ工程を含むデバイス製造方法であって、前記リソグラフィ工程では、本発明の第 2 ないし第 5 の露光方法のいずれかを用いて、感応物体を露光し、該感応物体上にパターンを形成する第 2 のデバイス製造方法である。

30

【 0 0 4 1 】

本発明は、第 1 7 の観点からすると、実質的に所定平面に沿って移動可能な移動体に設けられ、所定方向を周期方向とする格子を有するスケールに検出光を照射し、前記スケールからの反射光を受光するヘッドを有し、前記所定平面と平行な面内の所定方向に関する前記移動体の位置情報を計測するエンコーダシステムの計測値の補正情報を決定する決定方法であって、前記移動体を異なる複数の姿勢に変化させ、各姿勢について、前記移動体の姿勢を維持した状態で、前記ヘッドから前記スケールの特定領域に検出光を照射しつつ、前記移動体を前記所定平面に直交する方向に所定ストローク範囲で移動させ、その移動中に前記エンコーダシステムの計測結果をサンプリングする工程と、前記サンプリング結果に基づいて、所定の演算を行うことで、前記移動体の所定方向とは異なる方向の位置情報に応じた前記エンコーダシステムの計測値の補正情報を求める工程と、を含む第 1 の決定方法である。

40

【 0 0 4 2 】

これによれば、移動体を異なる複数の姿勢に変化させ、各姿勢について、移動体の姿勢を維持した状態で、ヘッドからスケールの特定領域に検出光を照射しつつ、移動体を所定平面に直交する方向に所定ストローク範囲で移動させ、その移動中にエンコーダシステムの計測結果をサンプリングする。これにより、各姿勢についての、移動体の所定平面に直

50

交する方向の位置に応じたエンコーダシステムの計測値の変化情報（例えば特性曲線）が得られる。そして、このサンプリング結果、すなわち各姿勢についての、移動体の所定平面に直交する方向の位置に応じたエンコーダシステムの計測値の変化情報に基づいて、所定の演算を行うことで、移動体の所定方向とは異なる方向（非計測方向）の位置情報に応じたエンコーダシステムの計測値の補正情報を求める。従って、簡単な方法で、非計測方向に関するヘッドとスケールの相対変化に起因するエンコーダシステムの計測誤差を補正する補正情報を決定することができる。

【 0 0 4 3 】

本発明は、第 1 8 の観点からすると、実質的に所定平面に沿って移動可能な移動体に設けられ、所定方向を周期方向とする格子を有するスケールに検出光を照射し、前記スケールからの反射光を受光するヘッドを複数有し、前記所定平面と平行な面内の所定方向の位置情報をそれぞれ計測する複数のエンコーダを構成するヘッドユニットとを備えたエンコーダシステムの計測値の補正情報を決定する決定方法であって、前記移動体を異なる複数の姿勢に変化させ、各姿勢について、前記移動体の姿勢を維持した状態で、対象とするヘッドから前記スケールの特定領域に検出光を照射しつつ、前記移動体を前記所定平面に直交する方向に所定ストローク範囲で移動させ、その移動中に前記対象とするヘッドで構成されるエンコーダの計測結果をサンプリングすることを、前記複数のヘッドのそれぞれについて行う工程と、前記サンプリング結果に基づいて、所定の演算を行うことで、前記移動体の所定方向とは異なる方向の位置情報に応じた前記複数のエンコーダそれぞれの計測値の補正情報を求める工程と、を含む第 2 の決定方法である。

【 0 0 4 4 】

これによれば、簡単な方法で、非計測方向に関するヘッドとスケールの相対変化に起因するエンコーダシステムの計測誤差を補正する補正情報を決定できるとともに、各ヘッドの倒れに起因する幾何学的な計測誤差（コサイン誤差）をも補正する補正情報を決定することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 4 5 】

【 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 センサなど）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主要な構成を示すブロック図である。

【 図 7 】 図 7 (A) 及び図 7 (B) は、アレイ状に配置された複数のヘッドをそれぞれ含む複数のエンコーダによるウエハテーブルの X Y 面内の位置計測及びヘッド間の計測値の引き継ぎについて説明するための図である。

【 図 8 】 図 8 (A) は、エンコーダの構成の一例を示す図、図 8 (B) は、この計測誤差の生じるメカニズムについて説明するための図であって、エンコーダヘッド内のビームの反射型回折格子に対する入射光、回折光の関係を説明するための図である。

【 図 9 】 図 9 (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カウント値が変化しないケースを示す図、図 9 (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カウント値が変化するケースの一例を示す図である。

【 図 1 0 】 図 1 0 (A) ~ 図 1 0 (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、エンコーダのカウント値が変化する場合とカウント値が変化しない場合とを説明するための図である。

【 図 1 1 】 図 1 1 (A) 及び図 1 1 (B) は、非計測方向へのヘッドとスケールとの相対

運動に起因するエンコーダ（第１番目のエンコーダ）の計測誤差を補正する補正情報を取得するための動作を説明するための図である。

【図１２】ピッチング量 $\theta \times = \alpha$ におけるＺ位置の変化に対するエンコーダの計測誤差を示すグラフである。

【図１３】ヘッドとスケールとの非計測方向への相対運動に起因する別のエンコーダ（第２番目のエンコーダ）の計測誤差を補正する補正情報を取得するための動作を説明するための図である。

【図１４】ウエハステージ上の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状態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１５】露光終了後に、ウエハステージと計測ステージとが離間した状態から両ステージが接触する状態に移行した直後の両ステージの状態を示す図である。

【図１６】ウエハテーブルと計測テーブルとのＹ軸方向の位置関係を保ちつつ、計測ステージが－Ｙ方向に移動し、ウエハステージがアンローディングポジションに向けて移動しているときの両ステージの状態を示す図である。

【図１７】計測ステージがSec-BCHK（インターバル）を行う位置に到達したときのウエハステージと計測ステージとの状態を示す図である。

【図１８】Sec-BCHK（インターバル）が行われるのと並行して、ウエハステージがアンロードポジションからローディングポジションに移動したときのウエハステージと計測ステージとの状態を示す図である。

【図１９】計測ステージが最適スクラム待機位置へ移動し、ウエハがウエハテーブル上にロードされたときのウエハステージと計測ステージとの状態を示す図である。

【図２０】計測ステージが最適スクラム待機位置で待機中に、ウエハステージがPri-BCHKの前半の処理を行う位置へ移動したときの両ステージの状態を示す図である。

【図２１】アライメント系 AL_1 、 AL_2 、 AL_3 を用いて、３つのファーストアライメントショット領域に付設されたアライメントマークを同時検出しているときのウエハステージと計測ステージとの状態を示す図である。

【図２２】フォーカスキャリブレーション前半の処理が行われているときのウエハステージと計測ステージとの状態を示す図である。

【図２３】アライメント系 AL_1 、 AL_2 、 AL_3 、 AL_4 を用いて、５つのセカンドアライメントショット領域に付設されたアライメントマークを同時検出しているときのウエハステージと計測ステージとの状態を示す図である。

【図２４】Pri-BCHK後半の処理及びフォーカスキャリブレーション後半の処理の少なくとも一方が行われているときのウエハステージと計測ステージとの状態を示す図である。

【図２５】アライメント系 AL_1 、 AL_2 、 AL_3 、 AL_4 を用いて、５つのサードアライメントショット領域に付設されたアライメントマークを同時検出しているときのウエハステージと計測ステージとの状態を示す図である。

【図２６】アライメント系 AL_1 、 AL_2 、 AL_3 を用いて、３つのフォースアライメントショット領域に付設されたアライメントマークを同時検出しているときのウエハステージと計測ステージとの状態を示す図である。

【図２７】フォーカスマッピングが終了したときのウエハステージと計測ステージとの状態を示す図である。

【図２８】デバイス製造方法の実施形態を説明するためのフローチャートである。

【図２９】図２８のステップ２０４の具体例を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【００４６】

以下、本発明の一実施形態を図１～図２７に基づいて説明する。

【００４７】

図１には、一実施形態に係る露光装置１００の構成が概略的に示されている。この露光装置１００は、ステップ・アンド・スキャン方式の走査型露光装置、すなわちいわゆるスキナである。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

10

20

30

40

50

においては、この投影光学系 P L の光軸 A X 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。

【0048】

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）I L 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 R S T、レチクル R から射出された照明光 I L をウエハ W 上に投射する投影光学系 P L を含む投影ユニット P U、ウエハステージ W S T 及び計測ステージ M S T を有するステージ装置 50、及びこれらの制御系等を含んでいる。ウエハステージ W S T 上には、ウエハ W が載置されている。

10

【0049】

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んでいる。この照明系 10 では、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 上で X 軸方向に延びるスリット状の照明領域を照明光（露光光）I L によりほぼ均一な照度で照明する。ここで、照明光 I L としては、一例として A r F 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。

20

【0050】

レチクルステージ R S T 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 R S T 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、X Y 平面内で微少駆動可能であるとともに、所定の走査方向（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。

【0051】

レチクルステージ R S T の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 0.5 ~ 1 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良い。

30

40

【0052】

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、該鏡筒 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

50

系 P L (投影ユニット P U) 及び液体 L q (図 1 参照) を介してその照明領域 I A R 内のレチクル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 (感光剤) 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 (露光領域) 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 (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 1 0、レチクル及び投影光学系 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。図示していないが、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るが、例えば国際公開第 2 0 0 6 / 0 3 8 9 5 2 号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。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 3 】

また、本実施形態の露光装置 1 0 0 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) 1 9 1 を保持する鏡筒 4 0 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 3 2 が設けられている。本実施形態では、ノズルユニット 3 2 は、図 1 に示されるように、その下端面が先端レンズ 1 9 1 の下端面とほぼ面一に設定されている。また、ノズルユニット 3 2 は、液体 L q 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 3 1 A 及び液体回収管 3 1 B 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 3 1 A と液体回収管 3 1 B 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 4 5 ° 傾斜し、投影光学系 P L の光軸 A X を通る Y 軸方向の直線 L V に関して対称な配置となっている。

【 0 0 5 4 】

液体供給管 3 1 A 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 3 1 B 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。

【 0 0 5 5 】

液体供給装置 5 は、液体のタンク、加圧ポンプ、温度制御装置、並びに液体供給管 3 1 A 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、液体タンク内の液体の温度を、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、液体を供給するためのタンク、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 1 0 0 で備えている必要はなく、少なくとも一部を露光装置 1 0 0 が設置される工場などの設備で代替することもできる。

【 0 0 5 6 】

液体回収装置 6 は、液体のタンク及び吸引ポンプ、並びに液体回収管 3 1 B 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 のバルブに対応して流量制御弁を用いることが望ましい。なお、液体を回収するためのタンク、吸引ポンプ、バルブなどは、そのすべてを露光装置 1 0 0 で備えている必要はなく、少なくとも一部を露光装置 1 0 0 が設置される工場などの設備で代替することもできる。

【 0 0 5 7 】

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 1 9 3 n m 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レジスト及び光学レンズ等に対する悪影響がない利点がある。

【0058】

ArF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ILの波長は、 $193\text{ nm} \times 1/n = \text{約} 134\text{ nm}$ に短波長化される。

【0059】

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との間に水Lq（図1参照）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）の内部に水Lq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Lqの量と、回収される水Lq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、一定量の水Lqが保持される（図1参照）。この場合、先端レンズ191とウエハWとの間に保持された水Lqは、常に入れ替わっている。

【0060】

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。局所液浸装置8は、ノズルユニット32によって、先端レンズ191とウエハWとの間を液体Lqで満たして、照明光ILの光路空間を含む局所的な液浸空間（液浸領域14に相当）を形成する。従って、ノズルユニット32は、液浸空間形成部材あるいはcontainment member（又はconfinement member）などとも呼ばれる。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。

【0061】

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。

【0062】

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えても配置が可能であれば、例えば、国際公開第99/49504号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。また、ノズルユニット32の下面を、先端レンズ191の射出面よりも投影光学系PLの像面（すなわちウエハ）の近くに配置する、あるいは先端レンズ191の像面側の光路に加えて、先端レンズ191の物体面側の光路も液体で満たす構成を採用しても良い。要は、少なくとも投影光学系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。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 3 】

図 1 に戻り、前記ステージ装置 5 0 は、ベース盤 1 2 の上方に配置されたウエハステージ W S T 及び計測ステージ M S T、これらのステージ W S T、M S T の位置情報を計測する Y 干渉計 1 6、1 8 等を含む干渉計システム 1 1 8 (図 6 参照)、及び露光の際などにウエハステージ W S T の位置情報を計測するのに用いられる後述するエンコーダシステム、並びにステージ W S T、M S T を駆動するステージ駆動系 1 2 4 (図 6 参照)などを備えている。

【 0 0 6 4 】

ウエハステージ W S T、計測ステージ M S T 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いる。これらのエアパッドからベース盤 1 2 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 1 2 の上方にウエハステージ W S T、計測ステージ M S T 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、ステージ W S T、M S T は、ステージ駆動系 1 2 4 によって、所定平面 (X Y 平面) 内の 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 2 次元駆動可能である。

【 0 0 6 5 】

これをさらに詳述すると、床面上には、図 2 の平面図に示されるように、ベース盤 1 2 を挟んで、X 軸方向の一侧と他側に、Y 軸方向に延びる一対の Y 軸固定子 8 6、8 7 が、それぞれ配置されている。Y 軸固定子 8 6、8 7 は、例えば Y 軸方向に沿って所定間隔でかつ交互に配置された N 極磁石と S 極磁石の複数の組から成る永久磁石群を内蔵する磁極ユニットによって構成されている。Y 軸固定子 8 6、8 7 には、各 2 つの Y 軸可動子 8 2、8 4 及び 8 3、8 5 が、それぞれ非接触で係合した状態で設けられている。すなわち、合計 4 つの Y 軸可動子 8 2、8 4、8 3、8 5 は、X Z 断面 U 字状の Y 軸固定子 8 6 又は 8 7 の内部空間に挿入された状態となっており、対応する Y 軸固定子 8 6 又は 8 7 に対して不図示のエアパッドをそれぞれ介して例えば数 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。Y 軸可動子 8 2、8 4、8 3、8 5 のそれぞれは、例えば Y 軸方向に沿って所定間隔で配置された電機子コイルを内蔵する電機子ユニットによって構成されている。すなわち、本実施形態では、電機子ユニットから成る Y 軸可動子 8 2、8 4 と磁極ユニットから成る Y 軸固定子 8 6 とによって、ムービングコイル型の Y 軸リニアモータがそれぞれ構成されている。同様に Y 軸可動子 8 3、8 5 と Y 軸固定子 8 7 とによって、ムービングコイル型の Y 軸リニアモータがそれぞれ構成されている。以下においては、上記 4 つの Y 軸リニアモータのそれぞれを、それぞれの可動子 8 2、8 4、8 3、8 5 と同一の符号を用いて、適宜、Y 軸リニアモータ 8 2、Y 軸リニアモータ 8 4、Y 軸リニアモータ 8 3、及び Y 軸リニアモータ 8 5 と呼ぶものとする。

【 0 0 6 6 】

上記 4 つの Y 軸リニアモータのうち、2 つの Y 軸リニアモータ 8 2、8 3 の可動子 8 2、8 3 は、X 軸方向に延びる X 軸固定子 8 0 の長手方向の一端と他端にそれぞれ固定されている。また、残り 2 つの Y 軸リニアモータ 8 4、8 5 の可動子 8 4、8 5 は、X 軸方向に延びる X 軸固定子 8 1 の一端と他端に固定されている。従って、X 軸固定子 8 0、8 1 は、各一対の Y 軸リニアモータ 8 2、8 3、8 4、8 5 によって、Y 軸に沿ってそれぞれ駆動される。

【 0 0 6 7 】

X 軸固定子 8 0、8 1 のそれぞれは、例えば X 軸方向に沿って所定間隔で配置された電機子コイルをそれぞれ内蔵する電機子ユニットによって構成されている。

【 0 0 6 8 】

一方の X 軸固定子 8 1 は、ウエハステージ W S T の一部を構成するステージ本体 9 1 (図 2 では不図示、図 1 参照) に形成された不図示の開口に挿入状態で設けられている。このステージ本体 9 1 の上記開口の内部には、例えば X 軸方向に沿って所定間隔でかつ交互に配置された N 極磁石と S 極磁石の複数の組から成る永久磁石群を有する磁極ユニットが

設けられている。この磁極ユニットとX軸固定子81とによって、ステージ本体91をX軸方向に駆動するムービングマグネット型のX軸リニアモータが構成されている。同様に、他方のX軸固定子80は、計測ステージMSTを構成するステージ本体92に形成された開口に挿入状態で設けられている。このステージ本体92の上記開口の内部には、ウエハステージWST側（ステージ本体91側）と同様の磁極ユニットが設けられている。この磁極ユニットとX軸固定子80とによって、計測ステージMSTをX軸方向に駆動するムービングマグネット型のX軸リニアモータが構成されている。

【0069】

本実施形態では、ステージ駆動系124を構成する上記各リニアモータが、図6に示される主制御装置20によって制御される。なお、各リニアモータは、それぞれムービングマグネット型、ムービングコイル型のどちらか一方に限定されるものではなく、必要に応じて適宜選択することができる。

【0070】

なお、一对のY軸リニアモータ84, 85がそれぞれ発生する推力を僅かに異ならせることで、ウエハステージWSTのヨーイング量（ θ_z 方向の回転量）の制御が可能である。また、一对のY軸リニアモータ82, 83がそれぞれ発生する推力を僅かに異ならせることで、計測ステージMSTのヨーイング量の制御が可能である。

【0071】

ウエハステージWSTは、前述したステージ本体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。このウエハテーブルWTB及びステージ本体91は、不図示のZレベリング機構（例えばボイスコイルモータ等を含む）によって、ベース盤12及びX軸固定子81に対してZ軸方向、 θ_x 方向、及び θ_y 方向に相対的に微小駆動される。すなわち、ウエハテーブルWTBはXY平面（又は投影光学系PLの像面）に対してZ軸方向に微動可能かつ傾斜（チルト）可能となっている。なお、図6では、上記各リニアモータ及びZレベリング機構、並びに計測ステージMSTの駆動系を含んで、ステージ駆動系124として示されている。また、ウエハテーブルWTBはX軸、Y軸、及び θ_z 方向の少なくとも1つについても微動可能に構成しても良い。

【0072】

前記ウエハテーブル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の表面とほぼ面一となる、液体Lqに対して撥液化处理された表面（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（ショット社のゼロデュア（商品名）、Al₂O₃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の少なくとも一部が形成される。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（格子部）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面一でなくても良い、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として純水を用いるので、以下では第1及び第2撥液領域28a、28bを

10

20

30

40

50

それぞれ第 1 及び第 2 撥水板 28a、28b と呼ぶ。

【0073】

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 撥水領域が形成され、第 2 撥水板 28b には、その表面に第 1 撥水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 撥水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 つの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 撥水領域、第 2 撥水領域を形成しても良い。また、第 1 及び第 2 撥水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 つの撥水領域を形成するだけでも良い。

【0074】

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。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、該基準マーク 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 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を用いることができる。

【0075】

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 部分には、図 4（B）に示されるように、その内部に対物レンズ、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。

【0076】

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 を上方から下方に透過した照明光 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、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。

【0077】

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ている。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。

【0078】

同様に、第 2 撥水板 28b の Y 軸方向一側と他側（図 4（A）における上下両側）の領域には、X スケール 39X₁、39X₂ がそれぞれ形成されている。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 8（A））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や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 $138\text{ nm} \sim 4\text{ }\mu\text{m}$ の間のピッチ、例えば $1\text{ }\mu\text{m}$ 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。

【0079】

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、一对の Y スケールと 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。

【0080】

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 にそれぞれ干渉計ビーム（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（一般には投影ユニット 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。

【0081】

一方、ステージ本体 91 の - Y 側の側面には、図 1 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。

【0082】

移動鏡 41 に対向して、該移動鏡 41 に測長ビームを照射する、干渉計システム 118（図 6 参照）の一部を構成する一对の Z 干渉計 43A，43B が設けられている（図 1 及び図 2 参照）。これをさらに詳述すると、移動鏡 41 は、図 2 及び図 4（B）を総合するとわかるように、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 Z 干渉計 43A，43B の間隔分、長く設計されている。また、移動鏡 41 は、長方形と等脚台形とを一体化したような六角形の断面形状を有する部材から成る。移動鏡 41 の - Y 側の面に鏡面加工が施され、3 つの反射面 41b、41a、41c が形成されている。

【0083】

反射面 41a は、移動鏡 41 の - Y 側の端面を構成し、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、XZ 平面に対して所定角度だけ図 4（B）における時計回り方向に傾斜した面と平行に且つ 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 41b と対称に設けられている。

【0084】

Z 干渉計 43A、43B は、図 1 及び図 2 を総合するとわかるように、Y 干渉計 16 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 16 より幾分低い位置にそれ

10

20

30

40

50

ぞれ配置されている。

【 0 0 8 5 】

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 で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 A、及び反射面 4 1 c で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 B 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。

【 0 0 8 6 】

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。なお、固定鏡 4 7 A、4 7 B は前述の計測フレームなどに設けても良い。また、本実施形態では、3 つの反射面 4 1 b、4 1 a、4 1 c を有する移動鏡 4 1 と、固定鏡 4 7 A、4 7 B とを設けるものとしたが、これに限らず、例えば 4 5 度の斜面を有する移動鏡をステージ本体 9 1 の側面に設け、ウエハステージ W S T の上方に固定鏡を配置する構成としても良い。この場合、固定鏡を前述の支持体あるいは計測フレームなどに設ければ良い。

【 0 0 8 7 】

Y 干渉計 1 6 は、図 2 に示されるように、投影光学系 P L の投影中心 (光軸 A X、図 1 参照) を通る Y 軸に平行な直線から同一距離 - X 側、+ 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。

【 0 0 8 8 】

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。

【 0 0 8 9 】

主制御装置 2 0 は、Y 干渉計 1 6 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 1 7 a、すなわちウエハテーブル W T B (ウエハステージ W S T) 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 2 0 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 W T B の Z 軸回りの回転方向 (θ_z 方向) の変位 (ヨーイング量) $\Delta \theta_z (^{\circ})$ を算出する。また、主制御装置 2 0 は、反射面 1 7 a 及び反射面 4 1 a における Y 位置 (Y 軸方向の変位 ΔY) に基づいて、ウエハステージ W S T の θ_x 方向の変位 (ピッチング量) $\Delta \theta_x$ を算出する。

【 0 0 9 0 】

また、X 干渉計 1 2 6 は、図 2 に示されるように、投影光学系 P L の光軸を通る X 軸方向の直線 L H 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 W T B に投射しており、主制御装置 2 0 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 W T B 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 2 0 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 W T B の θ_z 方向の変位 (ヨーイング量) $\Delta \theta_z (^{\circ})$ を算出する。なお、X 干渉計 1 2 6 から得られる $\Delta \theta_z (^{\circ})$ と Y 干渉計 1 6 から得られる $\Delta \theta_z (^{\circ})$ は互いに等しく、ウエハテーブル W T B の θ_z 方向への変位 (ヨーイング量) $\Delta \theta_z$ を代表する。

【 0 0 9 1 】

また、図 2 に点線で示されるように、X 干渉計 1 2 8 から X 軸に平行な測長軸に沿って

10

20

30

40

50

測長ビーム B 7 が射出される。この X 干渉計 1 2 8 は、実際には、後述するアンローディングポジション U P とローディングポジション L P (図 3 参照) とを結ぶ X 軸に平行な測長軸に沿って、アンローディングポジション U P とローディングポジション L P の近傍に位置するウエハテーブル W T B の反射面 1 7 b に測長ビーム B 7 を投射する。また、図 2 に示されるように、X 干渉計 1 2 7 から測長ビーム B 6 が、ウエハテーブル W T B の反射面 1 7 b に投射される。実際には、測長ビーム B 6 は、プライマリライメント系 A L 1 の検出中心を通る X 軸に平行な測長軸に沿って、ウエハテーブル W T B の反射面 1 7 b に投射される。

【 0 0 9 2 】

主制御装置 2 0 は、X 干渉計 1 2 7 の測長ビーム B 6 の計測値、及び X 干渉計 1 2 8 の測長ビーム B 7 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 1 4 に示される露光時に、X 干渉計 1 2 7 は図 2 1 等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 1 8 及び図 1 9 に示されるウエハのロード時及び図 1 7 に示されるアンロード時に使用される。

【 0 0 9 3 】

また、Z 干渉計 4 3 A、4 3 B それぞれからは、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、B 2 は、反射面 4 1 b、4 1 c でそれぞれ反射されて、固定鏡 4 7 A、4 7 B の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 1、B 2 は、再度反射面 4 1 b、4 1 c でそれぞれ反射されて (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。

【 0 0 9 4 】

ここで、ウエハステージ W S T (すなわち移動鏡 4 1) の Y 軸方向への変位を ΔY_o 、Z 軸方向への変位を ΔZ_o とすると、Z 干渉計 4 3 A、4 3 B で受光される測長ビーム B 1 の光路長変化 ΔL_1 及び測長ビーム B 2 の光路長変化 ΔL_2 は、それぞれ以下の式 (1)、(2) で表される。

【 0 0 9 5 】

$$\Delta L_1 = \Delta Y_o \times (1 + \cos \theta) - \Delta Z_o \times \sin \theta \quad \dots (1)$$

$$\Delta L_2 = \Delta Y_o \times (1 + \cos \theta) + \Delta Z_o \times \sin \theta \quad \dots (2)$$

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

【 0 0 9 6 】

$$\Delta Z_o = (\Delta L_2 - \Delta L_1) / 2 \sin \theta \quad \dots (3)$$

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

【 0 0 9 7 】

上記の変位 ΔZ_o 、 ΔY_o は、Z 干渉計 4 3 A、4 3 B のそれぞれで求められる。そこで、Z 干渉計 4 3 A で求められる変位を $\Delta Z_o R$ 、 $\Delta Y_o R$ とし、Z 干渉計 4 3 B で求められる変位を $\Delta Z_o L$ 、 $\Delta Y_o L$ とする。そして、Z 干渉計 4 3 A、4 3 B それぞれが投射する測長ビーム B 1、B 2 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 4 1 (すなわちウエハステージ W S T) の θ_z 方向への変位 (ヨーイング量) $\Delta \theta_z$ 、及び移動鏡 4 1 (すなわちウエハステージ W S T) の 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。

【 0 0 9 8 】

$$\Delta \theta_z = (\Delta Y_o R - \Delta Y_o L) / D \quad \dots (5)$$

$$\Delta \theta_y = (\Delta Z_o L - \Delta Z_o R) / D \quad \dots (6)$$

従って、主制御装置 2 0 は、上記式 (3) ~ 式 (6) を用いることで、Z 干渉計 4 3 A、4 3 B の計測結果に基づいて、ウエハステージ W S T 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。

【 0 0 9 9 】

10

20

30

40

50

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、 θz 、 θx 、 θy 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。なお、本実施形態では干渉計システム 118 がウエハステージ WST の 6 自由度方向の位置情報を計測可能であるものとしたが、計測方向は 6 自由度方向に限られず 5 自由度以下の方向でも良い。

【0100】

なお、本実施形態では、ウエハステージ WST（91，WTB）が 6 自由度で移動可能な単一のステージであ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 91 と、該ステージ本体 91 上に搭載され、ステージ本体 91 に対して少なくとも Z 軸方向、 θx 方向及び θy 方向に相対的に微小駆動可能なウエハテーブル WTB とを含んでウエハステージ WST を構成しても良い。この場合、前述の移動鏡 41 はウエハテーブル WTB に設けられる。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。

【0101】

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（ θz 方向の回転情報を含む 3 自由度方向の位置情報）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（較正）する場合、エンコーダの出力異常発生時のバックアップの場合などに補助的に用いられる。なお、本実施形態では、ウエハステージ WST の 6 自由度方向の位置情報のうち、X 軸方向、Y 軸方向及び θz 方向を含む 3 自由度方向の位置情報は後述のエンコーダシステムによって計測し、残りの 3 自由度方向、すなわち Z 軸方向、 θx 方向及び θy 方向の位置情報は、後述の複数の Z センサを有する計測システムによって計測される。ここで、残りの 3 自由度方向の位置情報は、計測システムと干渉計システム 118 の両方によって計測しても良い。例えば、計測システムによって Z 軸方向及び θy 方向の位置情報を計測し、干渉計システム 118 によって θx 方向の位置情報を計測しても良い。

【0102】

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。

【0103】

前記計測ステージ MST は、前述したステージ本体 92 と、該ステージ本体 92 上に搭載された計測テーブル MTB とを含んでいる。計測テーブル MTB は、不図示の Z レベリング機構を介してステージ本体 92 上に搭載されている。しかしながら、これに限らず、例えば、計測テーブル MTB を、ステージ本体 92 に対して X 軸方向、Y 軸方向及び θz 方向に微小可能に構成したいわゆる粗微動構造の計測ステージ MST を採用しても良いし、あるいは、計測テーブル MTB をステージ本体 92 に固定し、その計測テーブル MTB とステージ本体 92 とを含む計測ステージ MST の全体を 6 自由度方向に駆動可能な構成にしても良い。

【0104】

計測テーブル MTB（及びステージ本体 92）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 PL の像面上で照明光 IL 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 94、投影光学系 PL 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（対応欧州特許出願公開第 1079223 号明細書）に開示されるものも用いることができる。

【0105】

10

20

30

40

50

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 - 14005 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。

10

【0106】

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。

【0107】

上記各センサに加え、例えば特開平 11 - 16816 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。

20

【0108】

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 L q 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 M T B（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 M T B（及びステージ本体 92）に配置するようにしても良い。

30

【0109】

計測ステージ M S T 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 W S T と計測ステージ M S T 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 内部の各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 - 14005 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 が構成される（図 6 参照）。

40

【0110】

前記取付部材 42 の上には、断面矩形の棒状部材から成る基準部材としてのコンフィデンシャルバー（以下、「C D バー」と略述する）46 が X 軸方向に延設されている。この C D 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 M S T 上にキネマティックに支持されている。

【0111】

50

ＣＤ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。このＣＤバー４６の上面（表面）は、いわゆる基準平面板と同程度にその平坦度が高く設定されている。また、このＣＤ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、相互に所定距離（Ｌとする）を隔ててＣＤ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。

【０１１２】

また、このＣＤ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ＣＤ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。

【０１１３】

計測テーブルＭＴＢの＋Ｙ端面、－Ｙ端面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（図６参照）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、干渉計ビーム（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、すなわち計測ステージ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）を計測し、この計測値が主制御装置２０に供給される。

【０１１４】

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、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ＬＶ上で、その光軸から－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。この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、その直線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～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。

【０１１５】

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、ＡＬ２_２、ＡＬ２_３、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、ＡＬ２_２、ＡＬ

10

20

30

40

50

2₃, AL 2₄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AL 1及びセカンダリアライメント系AL 2₁, AL 2₂, AL 2₃, AL 2₄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AL 2₁, AL 2₂, AL 2₃, AL 2₄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AL 2₁, AL 2₂, AL 2₃, AL 2₄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AL 2₁, AL 2₂, AL 2₃, AL 2₄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AL 2_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AL 2_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。

【0116】

各アーム56_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58_n（ $n = 1 \sim 4$ ）が設けられている。また、アーム56_nは、モータ等を含む回転駆動機構60_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20の指示に応じて回動可能である。主制御装置20は、アーム56_nの回転調整後に、各バキュームパッド58_nを作動させて各アーム56_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56_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AL 1及び4つのセカンダリアライメント系AL 2₁～AL 2₄の所望の位置関係が維持される。

【0117】

なお、メインフレームのアーム56_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58に代えて電磁石を採用しても良い。

【0118】

本実施形態では、プライマリアライメント系AL 1及び4つのセカンダリアライメント系AL 2₁～AL 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（CCD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FIA（Field Image Alignment）系が用いられている。プライマリアライメント系AL 1及び4つのセカンダリアライメント系AL 2₁～AL 2₄のそれぞれからの撮像信号は、図6の主制御装置20に供給される。

【0119】

なお、上記各アライメント系としては、FIA系に限らず、コヒーレントな検出光を対象マークに照射し、その対象マークから発生する散乱光又は回折光を検出する、あるいはその対象マークから発生する2つの回折光（例えば同次数の回折光、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AL 1、AL 2₁～AL 2₄を設けるものとしているが、その数は5つに限られるものでなく、2つ以上かつ4つ以下、あるいは6つ以上でも良いし、奇数ではなく偶数でも良い。さらに、本実施形態では、5つのアライメント系AL 1、AL 2₁～AL 2₄は、支持部材54を介して投影ユニットPU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。また、アライメント系AL 1、AL 2₁～AL 2₄はウエハWのアライメントマーク、及びCDバー46の基準マークを検出するので、本実施形態では単にマーク検出系とも呼ばれる。

【0120】

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～6

10

20

30

40

50

2 D が配置されている。これらのヘッドユニット 6 2 A ~ 6 2 D は、図 3 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 P U 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 6 2 A ~ 6 2 D は、例えば投影ユニット P U が吊り下げ支持される場合は投影ユニット P U 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。

【 0 1 2 1 】

ヘッドユニット 6 2 A、6 2 C は、投影ユニット P U の + X 側、- X 側にそれぞれ X 軸方向を長手方向として、かつ投影光学系 P L の光軸 A X に関して対称に光軸 A X からほぼ同一距離隔てて配置されている。また、ヘッドユニット 6 2 B、6 2 D は、投影ユニット P U の + Y 側、- Y 側にそれぞれ Y 軸方向を長手方向として、かつ投影光学系 P L の光軸 A X からほぼ同一距離隔てて配置されている。

10

【 0 1 2 2 】

ヘッドユニット 6 2 A 及び 6 2 C は、図 3 に示されるように、X 軸方向に沿って投影光学系 P L の光軸 A X を通りがつ X 軸と平行な直線 L H 上に所定間隔で配置された複数（ここでは 6 個）の Y ヘッド 6 4 を備えている。ヘッドユニット 6 2 A は、前述の Y スケール 3 9 Y₁ を用いて、ウエハステージ W S T（ウエハテーブル W T B）の Y 軸方向の位置（Y 位置）を計測する多眼（ここでは、6 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）7 0 A（図 6 参照）を構成する。同様に、ヘッドユニット 6 2 C は、前述の Y スケール 3 9 Y₂ を用いて、ウエハステージ W S T（ウエハテーブル W T B）の Y 位置を計測する多眼（ここでは、6 眼）の Y エンコーダ 7 0 C（図 6 参照）を構成する。ここで、ヘッドユニット 6 2 A、6 2 C が備える隣接する Y ヘッド 6 4（すなわち、計測ビーム）の間隔は、前述の Y スケール 3 9 Y₁、3 9 Y₂ の X 軸方向の幅（より正確には、格子線 3 8 の長さ）よりも狭く設定されている。また、ヘッドユニット 6 2 A、6 2 C がそれぞれ備える複数の Y ヘッド 6 4 のうち、最も内側に位置する Y ヘッド 6 4 は、投影光学系 P L の光軸になるべく近く配置するために、投影光学系 P L の鏡筒 4 0 の下端部（より正確には先端レンズ 1 9 1 を取り囲むノズルユニット 3 2 の横側）に固定されている。

20

【 0 1 2 3 】

ヘッドユニット 6 2 B は、図 3 に示されるように、上記直線 L V 上に Y 軸方向に沿って所定間隔で配置された複数、ここでは 7 個の X ヘッド 6 6 を備えている。また、ヘッドユニット 6 2 D は、上記直線 L V 上に所定間隔で配置された複数、ここでは 1 1 個（ただし、図 3 ではプライマリアライメント系 A L 1 と重なる 1 1 個のうちの 3 個は不図示）の X ヘッド 6 6 を備えている。ヘッドユニット 6 2 B は、前述の X スケール 3 9 X₁ を用いて、ウエハステージ W S T（ウエハテーブル W T B）の X 軸方向の位置（X 位置）を計測する、多眼（ここでは、7 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）7 0 B（図 6 参照）を構成する。また、ヘッドユニット 6 2 D は、前述の X スケール 3 9 X₂ を用いて、ウエハステージ W S T（ウエハテーブル W T B）の X 位置を計測する、多眼（ここでは、1 1 眼）の X エンコーダ 7 0 D（図 6 参照）を構成する。また、本実施形態では、例えば後述するアライメント時などにヘッドユニット 6 2 D が備える 1 1 個の X ヘッド 6 6 のうちの 2 個の X ヘッド 6 6 が、X スケール 3 9 X₁、X スケール 3 9 X₂ に同時にそれぞれ対向する場合がある。この場合には、X スケール 3 9 X₁ とこれに対向する X ヘッド 6 6 とによって、X リニアエンコーダ 7 0 B が構成され、X スケール 3 9 X₂ とこれに対向する X ヘッド 6 6 とによって、X リニアエンコーダ 7 0 D が構成される。

30

40

【 0 1 2 4 】

ここで、1 1 個の X ヘッド 6 6 のうちの一部、ここでは 3 個の X ヘッドは、プライマリアライメント系 A L 1 の支持部材 5 4 の下面側に取り付けられている。また、ヘッドユニット 6 2 B、6 2 D がそれぞれ備える隣接する X ヘッド 6 6（計測ビーム）相互の間隔は、前述の X スケール 3 9 X₁、3 9 X₂ の Y 軸方向の幅（より正確には、格子線 3 7 の長さ

50

よりも狭く設定されている。また、ヘッドユニット 6 2 B , 6 2 D がそれぞれ備える複数の X ヘッド 6 6 のうち、最も内側に位置する X ヘッド 6 6 は、投影光学系 P L の光軸になるべく近く配置するために、投影光学系 P L の鏡筒の下端部（より正確には先端レンズ 1 9 1 を取り囲むノズルユニット 3 2 の横側）に固定されている。

【 0 1 2 5 】

さらに、セカンダリアライメント系 A L 2₁ の - X 側、セカンダリアライメント系 A L 2₄ の + X 側に、プライマリアライメント系 A L 1 の検出中心を通る X 軸に平行な直線上かつその検出中心に対してほぼ対称に検出点が配置される Y ヘッド 6 4 y₁ , 6 4 y₂ がそれぞれ設けられている。Y ヘッド 6 4 y₁ , 6 4 y₂ の間隔は、前述した距離 L にほぼ等しく設定されている。Y ヘッド 6 4 y₁ , 6 4 y₂ は、ウエハステージ W S T 上のウエハ W の中心が上記直線 L V 上にある図 3 に示される状態では、Y スケール 3 9 Y₂ , 3 9 Y₁ にそれぞれ対向するようになっている。後述するアライメント動作の際などでは、Y ヘッド 6 4 y₁ , 6 4 y₂ に対向して Y スケール 3 9 Y₂ , 3 9 Y₁ がそれぞれ配置され、この Y ヘッド 6 4 y₁ , 6 4 y₂（すなわち、これら Y ヘッド 6 4 y₁ , 6 4 y₂ によって構成される Y エンコーダ 7 0 C、7 0 A）によってウエハステージ W S T の Y 位置（及び θ z 回転）が計測される。

【 0 1 2 6 】

また、本実施形態では、セカンダリアライメント系の後述するベースライン計測時などに、C D バー 4 6 の一对の基準格子 5 2 と Y ヘッド 6 4 y₁ , 6 4 y₂ とがそれぞれ対向し、Y ヘッド 6 4 y₁ , 6 4 y₂ と対向する基準格子 5 2 とによって、C D バー 4 6 の Y 位置が、それぞれの基準格子 5 2 の位置で計測される。以下では、基準格子 5 2 にそれぞれ対向する Y ヘッド 6 4 y₁ , 6 4 y₂ によって構成されるエンコーダを Y 軸リニアエンコーダ 7 0 E , 7 0 F（図 6 参照）と呼ぶ。

【 0 1 2 7 】

上述した 6 つのリニアエンコーダ 7 0 A ~ 7 0 F は、例えば 0 . 1 n m 程度の分解能でウエハステージ W S T のそれぞれの計測方向の位置情報を計測し、それらの計測値（計測情報）は、主制御装置 2 0 に供給される。主制御装置 2 0 は、リニアエンコーダ 7 0 A ~ 7 0 D の計測値に基づいて、ウエハテーブル W T B の X Y 平面内の位置を制御するとともに、リニアエンコーダ 7 0 E , 7 0 F の計測値に基づいて、C D バー 4 6 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。

【 0 1 2 8 】

本実施形態の露光装置 1 0 0 では、ウエハ W の Z 軸方向の位置情報を計測する位置計測装置が設けられる。本実施形態では、この位置計測装置として、図 3 に示されるように、照射系 9 0 a 及び受光系 9 0 b から成る、例えば特開平 6 - 2 8 3 4 0 3 号公報（対応する米国特許第 5 , 4 4 8 , 3 3 2 号明細書）等に関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 A F 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 6 2 C の - X 端部の - Y 側に照射系 9 0 a 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 6 2 A の + X 端部の - Y 側に受光系 9 0 b が配置されている。

【 0 1 2 9 】

この多点 A F 系（9 0 a , 9 0 b）の複数の検出点は、図示は省略されているが、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 9 0 a 及び受光系 9 0 b の間で X 軸方向に延びる細長い検出領域（ビーム領域）A F として示している。この検出領域 A F 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 A F は、Y 軸方向に関して、前述の液浸領域 1 4（露光領域 I A）とアライメント系（A L 1、A L 2₁ , A L 2₂ , A L 2₃ , A L 2₄）の検出領域との間に配置されているので、多点 A F 系と

10

20

30

40

50

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 A F 系は、投影ユニット P U 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。

【 0 1 3 0 】

なお、複数の検出点は 1 行 M 列または 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、異なる行の間でも検出点の 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 軸方向に關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 A F の全域に検出ビームを照射しても良い。さらに、検出領域 A F は X 軸方向の長さがウエハ W の直径と同程度でなくても良い。

【 0 1 3 1 】

本実施形態では、多点 A F 系の複数の検出点のうちの、両端に位置する検出点の近傍、すなわちビーム領域 A F の両端部近傍に、前述の直線 L V 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（以下、「Z センサ」と略述する）7 2 a , 7 2 b 、及び 7 2 c , 7 2 d が設けられている。これらの Z センサ 7 2 a ~ 7 2 d は、不図示のメインフレームの下面に固定されている。Z センサ 7 2 a ~ 7 2 d としては、ウエハテーブル W T B 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 W T B 表面の X Y 平面に直交する Z 軸方向の位置情報を計測するセンサ、一例として C D 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（光ピックアップ方式のセンサ）が用いられている。なお、Z センサ 7 2 a ~ 7 2 d は前述した計測フレームなどに設けても良い。

【 0 1 3 2 】

さらに、前述したヘッドユニット 6 2 C は、複数の Y ヘッド 6 4 を結ぶ X 軸方向の直線 L H を挟んで一側と他側に位置する、直線 L H に平行な 2 本の直線上にそれぞれ沿って且つ相互に対応して所定間隔で配置された複数の（ここでは各 6 個、合計で 1 2 個）の Z センサ 7 4 _{i,j}（ $i = 1, 2, j = 1, 2, \dots, 6$ ）を備えている。この場合、対を成す Z センサ 7 4 _{1,j}、7 4 _{2,j} は、上記直線 L H に関して対称に配置されている。さらに、複数の対（ここでは 6 対）の Z センサ 7 4 _{1,j}、7 4 _{2,j} と複数の Y ヘッド 6 4 とは、X 軸方向に関して交互に配置されている。各 Z センサ 7 4 _{i,j} としては、前述の Z センサ 7 2 a ~ 7 2 d と同様の光ピックアップ方式のセンサが用いられている。

【 0 1 3 3 】

ここで、直線 L H に関して対称な位置にある各対の Z センサ 7 4 _{1,j}、7 4 _{2,j} の間隔は、前述した Z センサ 7 2 a , 7 2 b の間隔と同一間隔に設定されている。また、一对の Z センサ 7 4 _{1,4}、7 4 _{2,4} は、Z センサ 7 2 a , 7 2 b と同一の Y 軸方向の直線上に位置している。

【 0 1 3 4 】

また、前述したヘッドユニット 6 2 A は、前述の直線 L V に関して、上述の複数の Z センサ 7 4 _{i,j} と対称に配置された複数の、ここでは 1 2 個の Z センサ 7 6 _{p,q}（ $p = 1, 2, q = 1, 2, \dots, 6$ ）を備えている。各 Z センサ 7 6 _{p,q} としては、前述の Z センサ 7 2 a ~ 7 2 d と同様の光ピックアップ方式のセンサが用いられている。また、一对の Z センサ 7 6 _{1,3}、7 6 _{2,3} は、Z センサ 7 2 c , 7 2 d と同一の Y 軸方向の直線上に位置している。なお、Z センサ 7 4 _{i,j}、7 6 _{p,q} は、例えば前述のメインフレームあるいは計測フレームに設けられる。また、本実施形態では、Z センサ 7 2 a ~ 7 2 d 、7 4 _{i,j}、7 6 _{p,q} を有する計測システムは、前述のスケールと対向する 1 つ又は複数の Z センサによってウエハステージ W S T の Z 軸方向の位置情報を計測する。このため、露光動作では、ウエハステージ W S T の移動に応じて、位置計測に用いる Z センサ 7 4 _{i,j}、7 6 _{p,q} が切り換えられる。さらに露光動作では、Y スケール 3 9 Y₁ と少なくとも 1 つの Z センサ 7 6 _p,

q が対向し、かつYスケール39Y₂と少なくとも1つのZセンサ74_{i,j}が対向する。従って、計測システムはウエハステージWSTのZ軸方向の位置情報だけでなく θ_y 方向の位置情報(ローリング)も計測可能である。また、本実施形態では、計測システムの各Zセンサがスケールの格子面(回折格子の形成面)を検出するものとしているが、格子面と異なる面、例えば格子面を覆うカバーガラスの一面を検出するものとしても良い。

【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、この図3において、符号78は、多点AF系(90a, 90b)のビーム路近傍に所定温度に温度調整されたドライエアーを、図3中の白抜き矢印で示されるように例えばダウンフローにて送風する局所空調システムを示す。また、符号UPは、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を示し、符号LPはウエハテーブル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を示す。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、直線LVに関して対称に設定されている。なお、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(又はワークステーション)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、後述する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MST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】

上述のようにして構成された本実施形態の露光装置100では、前述したようなウエハテーブルWTB上のXスケール、Yスケールの配置及び前述したようなXヘッド、Yヘッドの配置を採用したことから、図7(A)及び図7(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(すなわち、本実施形態では、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、Xスケール39X₁, 39X₂のうちの少なくとも一方にヘッドユニット62B、62Dに属する合計18個のXヘッドのうちの少なくとも1箇所のXヘッド66が対向し、かつYスケール39Y₁, 39Y₂にヘッドユニット62A, 62Cにそれぞれ属する少なくとも各1つのYヘッド64、又はYヘッド64y₁, 64y₂がそれぞれ対向するようになっている。すなわち、4つのスケールのうちの少なくとも3つに、対応するヘッドが少なくとも各1つ対向するようになっている。

【0138】

なお、図7(A)及び図7(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。

【0139】

このため、主制御装置20は、前述のウエハステージWSTの有効ストローク範囲では、エンコーダ70A、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に基づいて、ステージ駆動系124を構成する各モータを制御することで、ウエハステージWSTのXY平面内の位置情報(θ_z 方向の回転情報を含む)を、高精度に制御することができる。エンコーダ70A~70Dの計測値が受ける空気揺らぎの影響は、干渉計に比べては無視できるほど小さいので、空気揺らぎに起因する計測値の短期安定性は、干渉計に比べて格段に良い。

【0140】

また、図7(A)中に白抜き矢印で示されるようにウエハステージWSTをX軸方向に駆動する際、そのウエハステージWSTのY軸方向の位置を計測するYヘッド64が、同図中に矢印e₁, e₂で示されるように、隣のYヘッド64に順次切り換わる。例えば実線の丸で囲まれるYヘッド64から点線の丸で囲まれるYヘッド64へ切り換わる。このた

め、その切り換わりの前後で、計測値のつなぎ処理が行なわれる。すなわち、本実施形態では、このYヘッド64の切り換え及び計測値のつなぎ処理を円滑に行うために、前述の如く、ヘッドユニット62A, 62Cが備える隣接するYヘッド64の間隔を、Yスケール39Y₁, 39Y₂のX軸方向の幅よりも狭く設定したものである。

【0141】

また、本実施形態では、前述の如く、ヘッドユニット62B, 62Dが備える隣接するXヘッド66相互の間隔は、前述のXスケール39X₁, 39X₂のY軸方向の幅よりも狭く設定されているので、上述と同様に、図7(B)中に白抜き矢印で示されるようにウエハステージWSTをY軸方向に駆動する際、そのウエハステージWSTのX軸方向の位置を計測するXヘッド66が、順次隣のXヘッド66に切り換わり(例えば実線の丸で囲まれるXヘッド66から点線の丸で囲まれるXヘッド66へ切り換わる)、その切り換わりの前後で計測値のつなぎ処理が行なわれる。

10

【0142】

次に、エンコーダ70A~70Fの構成等について、図8(A)に拡大して示される、Yエンコーダ70Aを代表的に採り上げて説明する。この図8(A)には、Yスケール39Y₁に検出光(計測ビーム)を照射するヘッドユニット62Aの1つのYヘッド64が示されている。

【0143】

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。

20

【0144】

照射系64aは、レーザビームLB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LDと、該半導体レーザLDから射出されるレーザビームLBの光路上に配置された収束レンズL1とを含む。

【0145】

光学系64bは、その分離面がXZ平面と平行である偏光ビームスプリッタPBS、一對の反射ミラーR1a, R1b、レンズL2a, L2b、四分の一波長板(以下、λ/4板と記述する)WP1a, WP1b、及び反射ミラーR2a, R2b等を備えている。

【0146】

受光系64cは、偏光子(検光子)及び光検出器等を含む。

30

【0147】

このYエンコーダ70Aにおいて、半導体レーザLD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、偏光分離されて2つのビームLB₁、LB₂となる。偏光ビームスプリッタPBSを透過したビームLB₁は反射ミラーR1aを介してYスケール39Y₁に形成された反射型回折格子RGに到達し、偏光ビームスプリッタPBSで反射されたビームLB₂は反射ミラーR1bを介して反射型回折格子RGに到達する。なお、ここで「偏光分離」とは、入射ビームをP偏光成分とS偏光成分に分離することを意味する。

【0148】

ビームLB₁、LB₂の照射によって回折格子RGから発生する所定次数の回折ビーム、例えば1次回折ビームはそれぞれ、レンズL2b、L2aを介してλ/4板WP1b、WP1aにより円偏光に変換された後、反射ミラーR2b、R2aにより反射されて再度λ/4板WP1b、WP1aを通り、往路と同じ光路を逆方向に辿って偏光ビームスプリッタPBSに達する。

40

【0149】

偏光ビームスプリッタPBSに達した2つのビームは、各々その偏光方向が元の方向に対して90度回転している。このため、先に偏光ビームスプリッタPBSを透過したビームLB₁の1次回折ビームは、偏光ビームスプリッタPBSで反射されて受光系64cに入射するとともに、先に偏光ビームスプリッタPBSで反射されたビームLB₂の1次回折ビームは、偏光ビームスプリッタPBSを透過して前記ビームLB₁の1次回折ビーム

50

と同軸に合成されて受光系 6 4 c に入射する。

【 0 1 5 0 】

そして、上記 2 つの 1 次回折ビームは、受光系 6 4 c の内部で、検光子によって偏光方向が揃えられ、相互に干渉して干渉光となり、この干渉光が光検出器によって検出され、干渉光の強度に応じた電気信号に変換される。

【 0 1 5 1 】

上記の説明からわかるように、Y エンコーダ 7 0 A では、干渉させる 2 つのビームの光路長が極短くかつほぼ等しいため、空気揺らぎの影響がほとんど無視できる。そして、Y スケール 3 9 Y₁ (すなわちウエハステージ W S T) が計測方向 (この場合、Y 軸方向) に移動すると、2 つのビームそれぞれの位相が変化して干渉光の強度が変化する。この干渉光の強度の変化が、受光系 6 4 c によって検出され、その強度変化に応じた位置情報が Y エンコーダ 7 0 A の計測値として出力される。その他のエンコーダ 7 0 B , 7 0 C , 7 0 D 等も、エンコーダ 7 0 A と同様に構成されている。

10

【 0 1 5 2 】

一方、ウエハステージ W S T が Y 軸方向とは異なる方向に移動し、ヘッド 6 4 と Y スケール 3 9 Y₁ との間に計測したい方向以外の相対運動 (非計測方向の相対運動) が生じると、殆どの場合、それによって Y エンコーダ 7 0 A に計測誤差が生じる。以下、この計測誤差の生じるメカニズムについて、説明する。

【 0 1 5 3 】

まず、2 つの戻り光束 L B₁ , L B₂ から合成される干渉光の強度と、Y スケール 3 9 Y₂ (反射型回折格子 R G) の変位 (Y ヘッド 6 4 との相対変位) の関係を導出する。

20

【 0 1 5 4 】

図 8 (B) において、反射鏡 R 1 a で反射された光束 L B₁ は、反射型回折格子 R G に角度 θ_{a0} で入射し、 n_a 次回折光が角度 θ_{a1} で発生するとする。そして、反射鏡 R 2 a 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 R G に角度 θ_{a1} で入射する。そして再度、回折光が発生する。ここで、角度 θ_{a0} で発生し、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次数の n_a 次回折光である。

【 0 1 5 5 】

一方、反射鏡 R 1 b で反射された光束 L B₂ は角度 θ_{b0} で反射型回折格子 R G に入射し、 n_b 次回折光が角度 θ_{b1} で発生される。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。

30

【 0 1 5 6 】

この場合、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 (位相差) φ に、 $I = 1 + \cos \varphi$ 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。

【 0 1 5 7 】

ここで、位相差 φ は、詳しい導き方の詳細は省略するが、理論上、次式 (7) で求められる。

40

【 0 1 5 8 】

$$\varphi = K \Delta L + 4 \pi (n_b - n_a) \Delta Y / p + 2 K \Delta Z (\cos \theta_{b1} + \cos \theta_{b0} - \cos \theta_{a1} - \cos \theta_{a0}) \dots (7)$$

ここで、 $K \Delta L$ は、2 つの光束 L B₁ , L B₂ の光路差 ΔL に起因する位相差、 ΔY は、反射型回折格子 R G の + Y 方向の変位、 ΔZ は、反射型回折格子 R G の + Z 方向の変位、 p は回折格子のピッチ、 n_b , n_a は上述の各回折光の回折次数である。

【 0 1 5 9 】

ここで、エンコーダは、光路差 $\Delta L = 0$ 及び次式 (8) 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。

50

【 0 1 6 0 】

$$\theta_{a0} = \theta_{b0}, \theta_{a1} = \theta_{b1} \quad \dots (8)$$

その場合、式(7)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(9)が得られる。

【 0 1 6 1 】

$$\varphi_{sy m}(\Delta Y) = 2\pi \Delta Y / (p / 4n) \quad \dots (9)$$

上式(9)より、位相差 $\varphi_{sy m}$ は光の波長に依存しないことがわかる。

【 0 1 6 2 】

ここで、簡単な例として図9(A)、図9(B)に示される2つのケースを考えてみる。まず、図9(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(7)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(8)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(カウント値)も変化しない。

【 0 1 6 3 】

一方、図9(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(7)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(8)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。なお、ヘッド64に倒れが生じていなくても、例えばヘッドの光学特性(テレセントリシティなど)などによっては、式(8)の対称性が崩れ、同様に計測値が変化する。すなわち、エンコーダシステムの計測誤差の発生要因となるヘッドユニットの特性情報はヘッドの倒れだけでなくその光学特性なども含む。

【 0 1 6 4 】

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(長手方向)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。

【 0 1 6 5 】

次に、例えば図10(A)~図10(D)に示される4つの場合について考えてみる。まず、図10(A)の場合、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方向に移動して図10(B)の状態になっても、先の図9(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。

【 0 1 6 6 】

次に、図10(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10(C)に示される状態になるとする。この場合、ヘッドとスケールとが相対運動していない、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。すなわち、ウエハステージWSTの傾斜(チルト)に起因してエンコーダシステムに計測誤差が生じる。

【 0 1 6 7 】

次に、図10(C)の状態から、ウエハステージWSTが下方に移動し、図10(D)のような状態になるとする。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(8)の対称性が破れているため、式(7)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。なお、図10(D)の場合のエンコーダの計測値は、図10(A)と同じ計測値になる。

10

20

30

40

50

【 0 1 6 8 】

発明者等が行ったシミュレーションの結果、エンコーダの計測値は、計測方向である Y 軸方向のスケールの位置変化のみならず、 θ_x 方向（ピッチング方向）、 θ_z 方向（ヨーイング方向）の姿勢変化に対して感度を持つ上、前述した対称性が崩れている場合などでは、Z 軸方向の位置変化にも依存することが判明した。すなわち、上述の理論的な説明とシミュレーションの結果とが一致した。

【 0 1 6 9 】

そこで、本実施形態では、上述した非計測方向へのヘッドとスケールとの相対運動に起因する各エンコーダの計測誤差を補正する補正情報を次のようにして取得している。

【 0 1 7 0 】

a . まず、主制御装置 20 は、干渉計システム 118 の Y 干渉計 16、X 干渉計 126 及び Z 干渉計 43A、43B の計測値をモニタしつつ、ステージ駆動系 124 を介してウエハステージ WST を駆動し、図 11 (A) 及び図 11 (B) に示されるように、ヘッドユニット 62A の最も X 側の Y ヘッド 64 を、ウエハテーブル WTB 上面の Y スケール 39 Y₁ の任意の領域（図 11 (A) 中に丸で囲んで示される領域）AR に対向させる。

【 0 1 7 1 】

b . そして、主制御装置 20 は Y 干渉計 16 及び Z 干渉計 43A、43B の計測値に基づいて、ウエハテーブル WTB（ウエハステージ WST）のローリング量 θ_y 及びヨーイング量 θ_z をともにゼロ、且つピッチング量 θ_x が所望の値 α_0 （ここでは、 $\alpha_0 = 200 \mu rad$ であるものとする。）となるように、ウエハテーブル WTB（ウエハステージ WST）を駆動し、その駆動後に上記ヘッド 64 から Y スケール 39 Y₁ の領域 AR に検出光を照射し、その反射光を受光したヘッド 64 からの光電変換信号に応じた計測値を内部メモリに記憶する。

【 0 1 7 2 】

c . 次に、主制御装置 20 は、Y 干渉計 16 及び Z 干渉計 43A、43B の計測値に基づいてウエハテーブル WTB（ウエハステージ WST）の姿勢（ピッチング量 $\theta_x = \alpha_0$ 、ヨーイング量 $\theta_z = 0$ 、ローリング量 $\theta_y = 0$ ）を維持しつつ、図 11 (B) 中の矢印で示されるように、ウエハテーブル WTB（ウエハステージ WST）を所定範囲内、例えば $-100 \mu m \sim +100 \mu m$ の範囲内で Z 軸方向に駆動し、その駆動中に上記ヘッド 64 から Y スケール 39 Y₁ の領域 AR に検出光を照射しつつ、所定のサンプリング間隔で、その反射光を受光したヘッド 64 からの光電変換信号に応じた計測値を順次取り込み、内部メモリに記憶する。

【 0 1 7 3 】

d . 次いで、主制御装置 20 は、Y 干渉計 16 の計測値に基づいてウエハテーブル WTB（ウエハステージ WST）のピッチング量を（ $\theta_x = \alpha_0 - \Delta \alpha$ ）に変更する。

【 0 1 7 4 】

e . 次いで、その変更後の姿勢について、上記 c . と同様の動作を繰り返す。

【 0 1 7 5 】

f . その後、上記 d . と e との動作を交互に繰り返して、ピッチング量 θ_x が例えば $-200 \mu rad < \theta_x < +200 \mu rad$ の範囲について、 $\Delta \alpha$ (rad)、例えば $40 \mu rad$ 間隔で上記 Z 駆動範囲内のヘッド 64 の計測値を取り込む。

【 0 1 7 6 】

g . 次に、上記 b . ~ e . の処理によって得られた内部メモリ内の各データを、横軸を Z 位置、縦軸をエンコーダ計測値とする 2 次元座標系上にプロットし、ピッチング量が同じときのプロット点を順次結び、ピッチング量がゼロのライン（中央の横のライン）が、原点を通るように、縦軸方向に関して横軸をシフトすることで、図 12 に示されるような、グラフが得られる。

【 0 1 7 7 】

この図 12 のグラフ上の各点の縦軸の値は、ピッチング量 $\theta_x = \alpha$ における、各 Z 位置におけるエンコーダの計測誤差に他ならない。そこで、主制御装置 20 では、この図 12

10

20

30

40

50

のグラフ上の各点のピッチング量 θ_x 、Z 位置、エンコーダ計測誤差をテーブルデータとし、そのテーブルデータを補正情報としてメモリ 34 (図 6 参照) 内に格納する。あるいは、主制御装置 20 は、計測誤差を、Z 位置 z 、ピッチング量 θ_x の関数とし、例えば最小二乗法により未定係数を算出することでその関数を求め、その関数を補正情報としてメモリ 34 内に格納する。

【0178】

h. 次に、主制御装置 20 は、干渉計システム 118 の X 干渉計 126 の計測値をモニタしつつ、ステージ駆動系 124 を介してウエハステージ WST を -X 方向に所定量駆動し、図 13 に示されるように、ヘッドユニット 62A の -X 側の端から 2 番目の Y ヘッド 64 (上でデータの取得が終了した Y ヘッド 64 の隣の Y ヘッド) を、ウエハテーブル WTB 上面の Y スケール 39 Y_1 の前述の領域 AR (図 13 中に丸で囲んで示される領域) に対向させる。

10

【0179】

i. そして、主制御装置 20 は、その Y ヘッド 64 について、上述と同様の処理を行い、そのヘッド 64 と Y スケール 39 Y_1 によって構成される Y エンコーダ 70A の補正情報を、メモリ 34 内に記憶する。

【0180】

j. 以後同様にして、ヘッドユニット 62A の残りの各 Y ヘッド 64 と Y スケール 39 Y_1 によって構成される Y エンコーダ 70A の補正情報、ヘッドユニット 62B の各 X ヘッド 66 と X スケール 39 X_1 によって構成される X エンコーダ 70B の補正情報、ヘッドユニット 62C の各 X ヘッド 64 と Y スケール 39 Y_2 によって構成される Y エンコーダ 70C の補正情報、及びヘッドユニット 62D の各 X ヘッド 66 と X スケール 39 X_2 によって構成される X エンコーダ 70D の補正情報を、それぞれ求め、メモリ 34 内に記憶する。

20

【0181】

ここで、ヘッドユニット 62B の各 X ヘッド 66 を用いた上述した計測に際しては、前述と同様、X スケール 39 X_1 上の同一の領域を用い、ヘッドユニット 62C の各 Y ヘッド 64 を用いた上述した計測に際しては、Y スケール 39 Y_2 上の同一の領域を用い、ヘッドユニット 62D の各 Y ヘッド 66 を用いた上述した計測に際しては、X スケール 39 X_2 上の同一の領域を用いることが重要である。その理由は、干渉計システム 118 の各干渉計の補正 (反射面 17a, 17b 及び反射面 41a, 41b, 41c の曲がり補正を含む) が終了していれば、それらの干渉計の計測値に基づいてウエハステージ WST の姿勢を所望の姿勢にいつでも設定することができるし、各スケールの同一部位を用いることで、スケール面が傾斜していてもその影響を受けて各ヘッド間で計測誤差が生じることがないからである。

30

【0182】

また、主制御装置 20 は、Y ヘッド 64 y_1 , 64 y_2 については、上述のヘッドユニット 62C, 64A の各 Y ヘッド 64 と同じ Y スケール 39 Y_2 , 39 Y_1 上の同一の領域をそれぞれ用いて上述した計測を行い、Y スケール 39 Y_2 に対向する Y ヘッド 64 y_1 (エンコーダ 70C) の補正情報、及び Y スケール 39 Y_1 に対向する Y ヘッド 64 y_2 (エンコーダ 70A) の補正情報を求め、メモリ 34 内に記憶する。

40

【0183】

次に、主制御装置 20 では、上述のピッチング量を変化させた場合と同様の手順で、ウエハステージ WST のピッチング量及びローリング量とともにゼロに維持したまま、ウエハステージ WST のヨーイング量 θ_z を $-200 \mu rad < \theta_z < +200 \mu rad$ の範囲について順次変化させ、各位置で、ウエハテーブル WTB (ウエハステージ WST) を所定範囲内、例えば $-100 \mu m \sim +100 \mu m$ の範囲内で Z 軸方向に駆動し、その駆動中に所定のサンプリング間隔で、ヘッドの計測値を、順次取り込み、内部メモリに記憶する。このような計測を、全てのヘッド 64 又は 66 について行い、前述と同様の手順で、内部メモリ内の各データを、横軸を Z 位置、縦軸をエンコーダ計測値とする 2 次元座標上

50

にプロットし、ヨーイング量が同じときのプロット点を順次結び、ヨーイング量がゼロのライン（中央の横のライン）が、原点を通るように、横軸をシフトすることで、図 1 2 と同様の、グラフを得る。そして、主制御装置 2 0 は、得られたグラフ上の各点のヨーイング量 θ_z 、Z 位置、計測誤差をテーブルデータとし、そのテーブルデータを補正情報としてメモリ 3 4 内に格納する。あるいは、主制御装置 2 0 は、計測誤差を、Z 位置 z 、ヨーイング量 θ_z の関数とし、例えば最小二乗法により未定係数を算出することでその関数を求め、その関数を補正情報としてメモリ 3 4 内に格納する。

【 0 1 8 4 】

ここで、ウエハステージ W S T のピッチング量がゼロでなく、かつヨーイング量がゼロでない場合、ウエハステージ W S T の Z 位置 z のときの、各エンコーダの計測誤差は、その Z 位置 z のときの、上記のピッチング量に応じた計測誤差と、ヨーイング量に応じた計測誤差との単純な和（線形和）であると考えて差し支えない。その理由は、シミュレーションの結果、ヨーイングを変化させる場合も、Z 位置の変化に応じて計測誤差（カウント値（計測値））が線形に変化することが確認されているからである。

【 0 1 8 5 】

以下では、説明の簡略化のため、各 Y エンコーダの Y ヘッドについて、次式（ 1 0 ）で示されるような、計測誤差 Δy を表す、ウエハステージ W S T のピッチング量 θ_x 、ヨーイング量 θ_z 、Z 位置 z の関数が求められ、メモリ 3 4 内に記憶されているものとする。また、各 X エンコーダの X ヘッドについて、次式（ 1 1 ）で示されるような、計測誤差 Δx を表す、ウエハステージ W S T のローリング量 θ_y 、ヨーイング量 θ_z 、Z 位置 z の関数が求められ、メモリ 3 4 内に記憶されているものとする。

【 0 1 8 6 】

$$\Delta y = f(z, \theta_x, \theta_z) = \theta_x(z - a) + \theta_z(z - b) \quad \dots\dots (10)$$

$$\Delta x = g(z, \theta_y, \theta_z) = \theta_y(z - c) + \theta_z(z - d) \quad \dots\dots (11)$$

上式（ 1 0 ）において、 a は、図 1 2 のグラフの、各直線が交わる点の Z 座標であり、 b は、Y エンコーダの補正情報の取得のためにヨーイング量を変化させた場合の図 1 2 と同様のグラフの、各直線が交わる点の Z 座標である。また、上式（ 1 1 ）において、 c は、X エンコーダの補正情報の取得のためにローリング量を変化させた場合の図 1 2 と同様のグラフの、各直線が交わる点の Z 座標であり、 d は、X エンコーダの補正情報の取得のためにヨーイング量を変化させた場合の図 1 2 と同様のグラフの、各直線が交わる点の Z 座標である。

【 0 1 8 7 】

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 1 4 ~ 図 2 7 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、付されていなかったりしている。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。

【 0 1 8 8 】

図 1 4 には、ウエハステージ W S T 上のウエハ W（ここでは、一例として、あるロット（ 1 ロットは 2 5 枚又は 5 0 枚）の中間のウエハとする）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。このとき、計測ステージ M S T は、ウエハステージ W S T との衝突が回避される退避位置に待機していても良いが、本実施形態ではウエハステージ W S T と所定の距離を保って追従して移動している。このため、露光終了後に、ウエハステージ W S T との接触状態（又は近接状態）へ移行する際の、計測ステージ M S T の移動距離は、上記の所定の距離と同一の距離で足りることになる。

【0189】

この露光中、主制御装置20により、Xスケール39 X_1 、39 X_2 にそれぞれ対向する図14中に丸で囲んで示されている2つのXヘッド66(Xエンコーダ70B、70D)と、Yスケール39 Y_1 、39 Y_2 にそれぞれ対向する図14中に丸で囲んで示されている2つのYヘッド64(Yエンコーダ70A、70C)とのうち、少なくとも3つのエンコーダの計測値、及び干渉計システム118によって計測されるウエハステージWSTのピッチング量又はローリング量及びヨーイング量、並びにZ位置に応じたメモリ34内に記憶された各エンコーダの補正情報(前述した式(10)又は式(11)で求められる補正情報)に基づいて、ウエハテーブルWTB(ウエハステージWST)のXY平面内の位置(θ_z 回転を含む)が制御されている。また、主制御装置20により、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)及び θ_x 回転(ピッチング)とは、ウエハテーブルWTB表面のX軸方向一側と他側の端部(本実施形態ではYスケール39 Y_1 、39 Y_2)にそれぞれ対向する各一对のZセンサ74 $_{1,j}$ 、74 $_{2,j}$ 、76 $_{1,q}$ 、76 $_{2,q}$ の計測値に基づいて制御されている。なお、ウエハテーブルWTBのZ軸方向の位置と θ_y 回転(ローリング)とをZセンサ74 $_{1,j}$ 、74 $_{2,j}$ 、76 $_{1,q}$ 、76 $_{2,q}$ の計測値に基づいて制御し、 θ_x 回転(ピッチング)はY干渉計16の計測値に基づいて制御しても良い。いずれにしても、この露光中のウエハテーブルWTBのZ軸方向の位置、 θ_y 回転及び θ_x 回転の制御(ウエハWのフォーカス・レベリング制御)は、前述の多点AF系によって事前に行われたフォーカスマッピングの結果に基づいて行われる。

10

【0190】

20

上記の露光動作は、主制御装置20により、事前に行われたウエハアライメント(例えば、エンハンスド・グローバル・アライメント(EGA))の結果及びアライメント系AL1、AL2 $_1$ ~AL2 $_4$ の最新のベースライン等に基づいて、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WSTが移動されるショット間移動動作と、各ショット領域に対しレチクル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動作とを繰り返すことにより、行われる。なお、上記の露光動作は、先端レンズ191とウエハWとの間に水を保持した状態で行われる。また、図14における-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露光が行われる。なお、EGA方式は、例えば米国特許第4,780,617号明細書などに開示されている。

30

【0191】

そして、主制御装置20は、ウエハW上の最終のショット領域が露光される前に、X干渉計130の計測値を一定値に維持しつつY干渉計18の計測値に基づいてステージ駆動系124を制御して、計測ステージMST(計測テーブルMTB)を図15に示される位置まで移動させる。このとき、CDバー46(計測テーブルMTB)の-Y側の端面とウエハテーブルWTBの+Y側の端面とは接触している。なお、例えば各テーブルのY軸方向位置を計測する干渉計又はエンコーダの計測値をモニタして計測テーブルMTBとウエハテーブルWTBとをY軸方向に300 μ m程度離間させて、非接触の状態(近接状態)を保っても良い。ウエハステージWSTと計測ステージMSTとは、ウエハWの露光中に図15に示す位置関係に設定された後、この位置関係が維持されるように移動される。

40

【0192】

次いで、図16に示されるように、主制御装置20は、ウエハテーブルWTBと計測テーブルMTBとのY軸方向の位置関係を保ちつつ、計測ステージMSTを-Y方向に駆動する動作を開始するとともに、ウエハステージWSTをアンローディングポジションUPに向けて駆動する動作を開始する。この動作が開始されると、本実施形態では計測ステージMSTが-Y方向のみに移動され、ウエハステージWSTが-Y方向及び-X方向に移動される。

【0193】

このようにして、主制御装置20により、ウエハステージWST、計測ステージMSTが同時に駆動されると、投影ユニットPUの先端レンズ191とウエハWとの間に保持さ

50

れていた水（図 16 中に示される液浸領域 14 の水）が、ウエハステージ W S T 及び計測ステージ M S T の - Y 側への移動に伴って、ウエハ W → プレート 28 → C D バー 46 → 計測テーブル M T B 上を順次移動する。なお、上記の移動の間、ウエハテーブル W T B、計測テーブル M T B は前述の接触状態（又は近接状態）を保っている。なお、図 16 には、液浸領域 14 の水がプレート 28 から C D バー 46 に渡される直前の状態が示されている。また、この図 16 に示される状態では、主制御装置 20 により、3 つのエンコーダ 70 A, 70 B, 70 D の計測値（及び干渉計システム 118 によって計測されるウエハステージ W S T のピッチング量又はローリング量及びヨーイング量、並びに Z 位置に応じたメモリ 34 内に記憶されたエンコーダ 70 A, 70 B 又は 70 D の補正情報）に基づいて、ウエハテーブル W T B（ウエハステージ W S T）の X Y 面内の位置（ θz 回転を含む）が制御されている。

10

【0194】

図 16 の状態から、更にウエハステージ W S T, 計測ステージ M S T がそれぞれ上記の方向へ同時に僅かに駆動されると、Y エンコーダ 70 A（及び 70 C）によるウエハステージ W S T（ウエハテーブル W T B）の位置計測ができなくなるので、この直前に、主制御装置 20 は、ウエハステージ W S T（ウエハテーブル W T B）の Y 位置及び θz 回転の制御を、Y エンコーダ 70 A, 70 C の計測値に基づく制御から、Y 干渉計 16 及び Z 干渉計 43 A, 43 B の計測値に基づく制御に切り換える。そして、所定時間後、図 17 に示されるように、計測ステージ M S T が、所定のインターバル（ここではウエハ交換毎）で行われるセカンダリアライメント系のベースライン計測（以下、適宜 Sec-BCHK（インターバル）とも呼ぶ）を行う位置に到達する。そして、主制御装置 20 は、その位置で計測ステージ M S T を停止させるとともに、X スケール 39 X₁ に対向する図 17 中に丸で囲んで示される X ヘッド 66（X リニアエンコーダ 70 B）によりウエハステージ W S T の X 位置を計測しかつ Y 軸方向及び θz 回転等は Y 干渉計 16 及び Z 干渉計 43 A, 43 B により計測しつつ、ウエハステージ W S T をさらにアンローディングポジション U P に向かって駆動し、アンローディングポジション U P で停止させる。なお、図 17 の状態では、計測テーブル M T B と先端レンズ 191 との間に水が保持されている。

20

【0195】

次いで、主制御装置 20 は、図 17 及び図 18 に示されるように、計測ステージ M S T に支持された C D バー 46 上の一对の基準格子 52 にそれぞれ対向する図 18 中に丸で囲んで示される Y ヘッド 64 y₁, 64 y₂ によって構成される前述の Y 軸リニアエンコーダ 70 E, 70 F の計測値に基づいて、C D バー 46 の θz 回転を調整するとともに、計測テーブル M T B のセンターライン C L 上又はその近傍に位置する基準マーク M を検出する図 18 中に丸で囲んで示されるプライマリアライメント系 A L 1 の計測値に基づいて C D バー 46 の X Y 位置を調整する。そして、この状態で、主制御装置 20 は、4 つのセカンダリアライメント系 A L 2₁ ~ A L 2₄ を用いて、それぞれのセカンダリアライメント系の視野内にある C D バー 46 上の基準マーク M を同時に計測することで、4 つのセカンダリアライメント系 A L 2₁ ~ A L 2₄ のベースライン（プライマリアライメント系 A L 1 に対する 4 つのセカンダリアライメント系の相対位置）をそれぞれ求める Sec-BCHK（インターバル）を行う。この Sec-BCHK（インターバル）と並行して、主制御装置 20 は、アンロードポジション U P に停止しているウエハステージ W S T 上のウエハ W を、不図示のアンロードアームの駆動系に指令を与えてアンロードさせるとともに、そのアンロードの際に上昇駆動した上下動ピン C T（図 17 では不図示、図 18 参照）を所定量上昇させたまま、ウエハステージ W S T を + X 方向に駆動してローディングポジション L P に移動させる。

30

40

【0196】

次に、主制御装置 20 は、図 19 に示されるように、計測ステージ M S T を、ウエハステージ W S T から離れた状態からウエハステージ W S T との前述の接触状態（又は近接状態）への移行させるための最適な待機位置（以下、「最適スクラム待機位置」と呼ぶ）へ移動させる。これと並行して、主制御装置 20 は、不図示のロードアームの駆動系に指令を与えて、ウエハテーブル W T B 上に新たなウエハ W をロードさせる。この場合、上下動

50

ピンC Tが所定量上昇した状態を維持しているため、上下動ピンC Tが下降駆動されウエハホルダの内部に収納されている場合に比べてウエハロードを短時間で行うことができる。なお、図19には、ウエハWがウエハテーブルW T B上にロードされた状態が示されている。

【0197】

本実施形態において、上述の計測ステージM S Tの最適スクラム待機位置は、ウエハ上のアライメントショット領域に付設されたアライメントマークのY座標に応じて適切に設定される。また、本実施形態では、ウエハステージW S Tがウエハアライメントのために停止する位置で、接触状態（又は近接状態）への移行できるように、最適スクラム待機位置が定められる。

10

【0198】

次に、主制御装置20は、図20に示されるように、ウエハステージW S TをローディングポジションL Pから、計測プレート30上の基準マークF Mがプライマリアライメント系A L 1の視野（検出領域）内に位置決めされる位置（すなわち、プライマリアライメント系のベースライン計測（Pri-BCHK）の前半の処理を行う位置）へ移動させる。この移動の途中で、主制御装置20は、ウエハテーブルW T BのX Y平面内の位置の制御を前述のX軸方向についてはエンコーダ70 B、Y軸方向及び θ_z 回転についてはY干渉計16及びZ干渉計43 A、43 Bの計測値に基づく制御から、Xスケール39 X₁、39 X₂に対向する図20中に丸で囲んで示される2つのXヘッド66（エンコーダ70 B、70 D）の少なくとも一方と、Yスケール39 Y₁、39 Y₂に対向する図20中に丸で囲んで示される2つのYヘッド64 y₂、64 y₁（エンコーダ70 A、70 C）との少なくとも3つのエンコーダの計測値、及び干渉計システム118によって計測されるウエハステージW S Tのピッチング量又はローリング量及びヨーイング量、並びにZ位置に応じたメモリ34内に記憶された各エンコーダの補正情報（前述した式（10）、式（11）で求められる補正情報）に基づくX Y平面内の位置の制御に切り換える。

20

【0199】

そして、主制御装置20は、基準マークF Mをプライマリアライメント系A L 1を用いて検出する、Pri-BCHKの前半の処理を行う。このとき、計測ステージM S Tは、前述の最適スクラム待機位置で待機中である。

【0200】

次に、主制御装置20は、上述の少なくとも3つのエンコーダの計測値及び補正情報に基づいて、ウエハステージW S Tの位置を管理しつつ、3つのファーストアライメントショット領域に付設されたアライメントマークを検出する位置へ向けてウエハステージW S Tの+Y方向への移動を開始する。

30

【0201】

そして、ウエハステージW S Tが図21に示される位置に到達すると、主制御装置20は、ウエハステージW S Tを停止させる。これに先立って、主制御装置20は、Zセンサ72 a ~ 72 dがウエハテーブルW T B上に掛かった時点又はその前の時点で、それらZセンサ72 a ~ 72 dを作動させ（オンにし）、ウエハテーブルW T BのZ位置及び傾斜（ θ_y 回転及び θ_x 回転）を計測している。

40

【0202】

上記のウエハステージW S Tの停止後、主制御装置20は、プライマリアライメント系A L 1、セカンダリアライメント系A L 2₂、A L 2₃を用いて、3つのファーストアライメントショット領域に付設されたアライメントマークをほぼ同時にかつ個別に検出し（図21中の星マーク参照）、上記3つのアライメント系A L 1、A L 2₂、A L 2₃の検出結果とその検出時の上記少なくとも3つのエンコーダの計測値（補正情報による補正後の計測値）とを関連付けて内部メモリに格納する。

【0203】

上述のように本実施形態では、ファーストアライメントショット領域のアライメントマークの検出を行う位置で、計測ステージM S TとウエハステージW S Tとの接触状態（又

50

は近接状態)への移行が完了し、その位置から、主制御装置20によって、その接触状態(又は近接状態)での両ステージWST, MSTの+Y方向への移動(5つのセカンドアライメントショット領域に付設されたアライメントマークを検出する位置に向かってのステップ移動)が開始される。この両ステージWST, MSTの+Y方向への移動開始に先立って、主制御装置20は、図21に示されるように、多点AF系(90a, 90b)の照射系90aから検出ビームをウエハテーブルWTBに向けて照射を開始している。これにより、ウエハテーブルWTB上に多点AF系の検出領域が形成される。

【0204】

そして、上記の両ステージWST, MSTの+Y方向への移動中に、図22に示される位置に両ステージWST, MSTが到達すると、主制御装置20は、フォーカスキャリブレーションの前半の処理を行い、前述の直線LVにウエハテーブルWTBの中心(ウエハWの中心にほぼ一致)を通るY軸方向の直線(センターライン)が一致した状態におけるZセンサ72a, 72b, 72c, 72dの計測値(ウエハテーブルWTBのX軸方向の一侧と他側の端部における面位置情報)と、多点AF系(90a, 90b)の計測プレート30表面の検出点(複数の検出点のうち中央又はその近傍に位置する検出点)における検出結果(面位置情報)との関係を求める。このとき、液浸領域14は、CDバー46とウエハテーブルWTBとの境界付近に位置している。すなわち、液浸領域14がCDバー46からウエハテーブルWTBに渡される直前の状態となっている。

【0205】

そして、両ステージWST, MSTが接触状態(又は近接状態)を保ったまま+Y方向へ更に移動し、図23に示される位置に到達すると、5つのアライメント系AL1, AL2₁~AL2₄を用いて、5つのセカンドアライメントショット領域に付設されたアライメントマークをほぼ同時にかつ個別に検出し(図23中の星マーク参照)、上記5つのアライメント系AL1, AL2₁~AL2₄の検出結果とその検出時の3つのエンコーダ70A, 70C, 70Dの計測値(補正情報による補正後の計測値)とを関連付けて内部メモリに格納する。このとき、Xスケール39X₁に対向し、かつ投影光学系PLの光軸を通るY軸方向の直線LV上に位置するXヘッドが存在しないので、主制御装置20は、Xスケール39X₂に対向するXヘッド66(Xリニアエンコーダ70D)及びYリニアエンコーダ70A, 70C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している。

【0206】

上述したように、本実施形態では、セカンドアライメントショット領域のアライメントマークの検出が終了した時点で、合計8点のアライメントマークの位置情報(2次元位置情報)が検出できる。そこで、この段階で、主制御装置20は、これらの位置情報を用いて例えば特開昭61-44429号公報(対応する米国特許第4,780,617号明細書)などに開示される統計演算を行って、ウエハWのスケールリング(ショット倍率)を求め、その算出したショット倍率に基づいて、調整装置68(図6参照)を制御して、投影光学系PLの光学特性、例えば投影倍率を調整しても良い。調整装置68は、例えば、投影光学系PLを構成する特定の可動レンズを駆動する、あるいは投影光学系PLを構成する特定レンズ間に形成された気密室内部の気体の圧力を変更するなどして、投影光学系PLの光学特性を調整する。

【0207】

また、主制御装置20は、上記の5つのセカンドアライメントショット領域に付設されたアライメントマークの同時検出の終了後、接触状態(又は近接状態)での両ステージWST, MSTの+Y方向への移動を再び開始すると同時に、図23に示されるように、Zセンサ72a~72dと多点AF系(90a, 90b)とを同時に用いたフォーカスマッピングを開始する。

【0208】

そして、両ステージWST, MSTが、図24に示される計測プレート30が投影光学系PLの直下に配置される位置に到達すると、主制御装置20は、Pri-BCHK後半の処理及

10

20

30

40

50

びフォーカスキャリブレーション後半の処理を行う。ここで、Pri-BCHK後半の処理とは、投影光学系 P L によって投影されたレチクル R 上の一对の計測マークの投影像（空間像）を、空間像計測スリットパターン S L が計測プレート 3 0 に形成される前述した空間像計測装置 4 5 を用いて計測し、その計測結果（ウエハテーブル W T B の X Y 位置に応じた空間像強度）を内部メモリに記憶する処理を指す。この処理では、前述の米国特許出願公開第 2 0 0 2 / 0 0 4 1 3 7 7 号明細書などに開示される方法と同様に、一对の空間像計測スリットパターン S L を用いたスリットスキャン方式の空間像計測動作にて一对の計測マークの投影像が計測される。また、フォーカスキャリブレーション後半の処理とは、主制御装置 2 0 が、図 2 4 に示されるように、Z センサ 7 2 a , 7 2 b , 7 2 c , 7 2 d によって計測されるウエハテーブル W T B（ウエハステージ W S T）の面位置情報に基づいて、計測プレート 3 0（ウエハテーブル W T B）の投影光学系 P L の光軸方向に関する位置（Z 位置）を制御しつつ、空間像計測装置 4 5 を用いて、レチクル R 又はレチクルステージ R S T 上の不図示のマーク板に形成された計測マークの空間像を計測し、その計測結果に基づいて投影光学系 P L のベストフォーカス位置を計測する処理を指す。この計測マークの投影像の計測動作は、例えば国際公開第 0 5 / 1 2 4 8 3 4 号などに開示されている。主制御装置 2 0 は、計測プレート 3 0 を Z 軸方向に移動しつつ、空間像計測装置 4 5 からの出力信号の取り込みと同期して、Z センサ 7 4_{1,4} , 7 4_{2,4}、7 6_{1,3}、7 6_{2,3} の計測値を取り込む。そして、投影光学系 P L のベストフォーカス位置に対応する Z センサ 7 4_{1,4} , 7 4_{2,4}、7 6_{1,3}、7 6_{2,3} の値を不図示のメモリに記憶する。なお、フォーカスキャリブレーションの後半の処理で、Z センサ 7 2 a , 7 2 b , 7 2 c , 7 2 d によって計測される面位置情報を用いて、計測プレート 3 0（ウエハステージ W S T）の投影光学系 P L の光軸方向に関する位置（Z 位置）を制御するのは、このフォーカスキャリブレーションの後半の処理は、前述したフォーカスマッピングの途中で行なわれるからである。

10

20

30

40

50

【0209】

この場合、液浸領域 1 4 が投影光学系 P L と計測プレート 3 0（ウエハテーブル W T B）との間に形成されているので、上記の空間像の計測は、投影光学系 P L 及び水 L q を介して行われる。また、計測プレート 3 0 などはウエハステージ W S T（ウエハテーブル W T B）に搭載され、受光素子などは計測ステージ M S T に搭載されているので、上記の空間像の計測は、図 2 4 に示されるように、ウエハステージ W S T と計測ステージ M S T とが、接触状態（又は近接状態）を保ったままで行われる。上記の計測により、投影光学系 P L のベストフォーカス位置に対応する、前述の直線 L V にウエハテーブル W T B の中心を通る Y 軸方向の直線（センターライン）が一致した状態における Z センサ 7 4_{1,4} , 7 4_{2,4}、7 6_{1,3}、7 6_{2,3} の計測値（すなわち、ウエハテーブル W T B の面位置情報）が求まる。

【0210】

そして、主制御装置 2 0 は、上述の Pri-BCHK の前半の処理の結果と Pri-BCHK の後半の処理の結果とに基づいて、プライマリライメント系 A L 1 のベースラインを算出する。これとともに、主制御装置 2 0 は、前述のフォーカスキャリブレーション前半の処理で得られた Z センサ 7 2 a , 7 2 b , 7 2 c , 7 2 d の計測値（ウエハテーブル W T B の面位置情報）と、多点 A F 系（9 0 a , 9 0 b）の計測プレート 3 0 表面の検出点における検出結果（面位置情報）との関係と、前述のフォーカスキャリブレーション後半の処理で得られた投影光学系 P L のベストフォーカス位置に対応する Z センサ 7 4_{1,4} , 7 4_{2,4}、7 6_{1,3}、7 6_{2,3} の計測値（すなわち、ウエハテーブル W T B の面位置情報）とに基づいて、投影光学系 P L のベストフォーカス位置に対する多点 A F 系（9 0 a , 9 0 b）の代表的な検出点（この場合、複数の検出点のうち中央又はその近傍に位置する検出点）におけるオフセットを求め、そのオフセットが零になるように例えば光学的手法により多点 A F 系の検出原点を調整する。

【0211】

この場合において、スループットを向上させる観点から、上述の Pri-BCHK の後半の処理及びフォーカスキャリブレーション後半の処理の一方の処理のみを行っても良いし、両方

の処理を行うことなく、次の処理に移行しても良い。勿論、Pri-BCHKの後半の処理を行わない場合には、前述のPri-BCHKの前半の処理を行う必要もなく、この場合には、主制御装置20は、前述のローディングポジションLPからファーストアライメントショット領域に付設されたアライメントマークを検出する位置に、ウエハステージWSTを移動させれば良い。なお、Pri-BCHK処理を行わない場合、露光対象のウエハWよりも前のウエハの露光直前に同様の動作にて計測されたベースラインが用いられる。また、フォーカスキャリブレーションの後半の処理を行わない場合、ベースラインと同様に前のウエハの露光直前に計測された投影光学系PLのベストフォーカス位置が用いられる。

【0212】

なお、この図24の状態では、前述のフォーカスキャリブレーションは続行されている。

10

【0213】

上記の接触状態（又は近接状態）での両ステージWST、MSTの+Y方向への移動により、所定時間後、ウエハステージWSTが、図25に示される位置に達すると、主制御装置20は、ウエハステージWSTをその位置で停止させるとともに、計測ステージMSTについては、そのまま+Y方向への移動を続行させる。そして、主制御装置20は、5つのアライメント系AL1、AL2₁~AL2₄を用いて、5つのサードアライメントショット領域に付設されたアライメントマークをほぼ同時にかつ個別に検出し（図25中の星マーク参照）、上記5つのアライメント系AL1、AL2₁~AL2₄の検出結果とその検出時の上記4つのエンコードのうち、少なくとも3つのエンコードの計測値（補正情報による補正後の計測値）とを関連付けて内部メモリに格納する。このとき、フォーカスマッピングは続行されている。

20

【0214】

一方、上記のウエハステージWSTの停止から所定時間後に、計測ステージMSTとウエハステージWSTとは、接触（又は近接状態）から離間状態に移行する。この離間状態に移行後、主制御装置20は、計測ステージMSTが、露光開始まで待機する露光開始待機位置に達すると、その位置で停止させる。

【0215】

次に、主制御装置20は、3つのフォースアライメントショット領域に付設されたアライメントマークを検出する位置へ向けてのウエハステージWSTの+Y方向への移動を開始する。このとき、フォーカスマッピングは続行されている。一方、計測ステージWSTは、上記露光開始待機位置で待機している。

30

【0216】

そして、ウエハステージWSTが図26に示される位置に到達すると、主制御装置20は、直ちにウエハステージWSTを停止させ、プライマリアライメント系AL1、セカンダリアライメント系AL2₂、AL2₃を用いて、ウエハW上の3つのフォースアライメントショット領域に付設されたアライメントマークをほぼ同時にかつ個別に検出し（図26中の星マーク参照）、上記3つのアライメント系AL1、AL2₂、AL2₃の検出結果とその検出時の上記4つのエンコードのうち、少なくとも3つのエンコードの計測値（補正情報による補正後の計測値）とを関連付けて内部メモリに格納する。この時点でも、フォーカスマッピングは続行され、計測ステージMSTは、上記露光開始待機位置で待機したままである。そして、主制御装置20は、このようにして得た合計16個のアライメントマークの検出結果と対応するエンコードの計測値（補正情報による補正後の計測値）とを用いて、例えば米国特許第4,780,617号明細書などに開示されるEGA方式によって、上記4つのエンコードの計測軸で規定される座標系（例えばウエハテーブルWTBの中心を原点とするXY座標系）上におけるウエハW上の全てのショット領域の配列情報（座標値）を算出する。

40

【0217】

次に、主制御装置20は、ウエハステージWSTを再度+Y方向へ移動させながら、フォーカスマッピングを続行する。そして、多点AF系（90a, 90b）からの検出ビー

50

ムがウエハW表面から外れると、図27に示されるように、フォーカスマッピングを終了する。その後、主制御装置20は、事前に行われた前述のウエハアライメント(EGA)の結果及び最新の5つのアライメント系AL1, AL2₁~AL2₄のベースライン等に基づいて、ステップ・アンド・スキャン方式の露光を、液浸露光にて行い、ウエハW上の複数のショット領域にレチクルパターンを順次転写する。以降、ロット内の残りのウエハを露光するために、同様の動作が繰り返し行われる。

【0218】

なお、これまでは、説明を簡略化するために、主制御装置20が、ステージ系などの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、エンコーダシステム、Zセンサ及び干渉計システムの計測値に基づいてウエハステージWST等の制御を行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。また、上記主制御装置20が行う制御は必ずしもハードウェアによって実現する必要はなく、主制御装置20、又は前述のように分担して制御を行ういくつかの制御装置それぞれの動作を規定するコンピュータ・プログラムによりソフトウェア的に実現しても良い。

10

【0219】

以上詳細に説明したように、本実施形態の露光装置100によると、ウエハアライメント時や露光時などに、ウエハステージWSTを所定方向、例えばY軸方向に移動する場合、エンコーダシステムの計測情報と、ウエハステージWSTのY軸方向と異なる方向の位置情報(傾斜情報を含み、例えば θx 方向の回転情報など)とに基づいて、ウエハステージWSTがY軸方向に駆動される。すなわち、Y軸方向と異なる方向へのウエハステージWSTの変位(傾斜を含む)に起因して生じるエンコーダシステム(エンコーダ70A, 70C)の計測誤差を補償するようにウエハステージWSTが駆動される。本実施形態では、主制御装置20により、ウエハステージWSTのY軸方向の位置情報を計測するエンコーダ70A, 70Cの計測値と、その計測時のウエハステージWSTのY軸方向とは異なる方向(非計測方向)の位置情報、例えば干渉計システム118のY干渉計16、Z干渉計43A, 43Bで計測されるウエハステージWSTの θx 方向、 θz 方向及びZ軸方向の位置情報に応じた補正情報(前述した式(10)で算出される補正情報)とに基づいて、ウエハステージWSTがY軸方向に駆動される。このようにして、非計測方向へのヘッド64とスケール39Y₁又は39Y₂の相対変位に起因するエンコーダ70A, 70Cの計測誤差が補正情報により補正されたエンコーダ70A, 70Cの計測値に基づいて、ステージ駆動系124が制御され、ウエハステージWSTがY軸方向に駆動される。

20

30

【0220】

また、ウエハステージWSTをX軸方向に移動させる場合、エンコーダシステムの計測情報と、ウエハステージWSTのX軸方向と異なる方向の位置情報(傾斜情報を含み、例えば θy 方向の回転情報など)とに基づいて、ウエハステージWSTがX軸方向に駆動される。すなわち、X軸方向と異なる方向へのウエハステージWSTの変位(傾斜を含む)に起因して生じるエンコーダシステム(エンコーダ70B, 70D)の計測誤差を補償するようにウエハステージWSTが駆動される。本実施形態では、主制御装置20により、ウエハステージWSTのX軸方向の位置情報を計測するエンコーダ70B, 70Dの計測値と、その計測時のウエハステージWSTのX軸方向とは異なる方向(非計測方向)の位置情報、例えば干渉計システム118のZ干渉計43A, 43Bで計測されるウエハステージWSTの θy 方向、 θz 方向及びZ軸方向の位置情報に応じた補正情報(前述した式(11)で算出される補正情報)とに基づいて、ウエハステージWSTがX軸方向に駆動される。従って、ヘッドとスケールの間の計測したい方向(計測方向)以外の相対運動に影響を受けることなく、ウエハステージWSTを所望の方向へ精度良く駆動することが可能になる。

40

【0221】

また、本実施形態の露光装置100によると、照明系10からレチクルR、投影光学系PL及び水Lq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

50

に、主制御装置 20 により、上述のエンコーダの計測値とその計測時におけるウエハステージの非計測方向の位置情報とに基づいてウエハ W を載置するウエハステージ W S T が精度良く駆動される。従って、走査露光且つ液浸露光により、ウエハ上に精度良くレチクル R のパターンを形成することが可能になる。

【0222】

また、本実施形態によると、主制御装置 20 は、前述のエンコーダの計測値の補正情報の取得に際し、ウエハステージ W S T を異なる複数の姿勢に変化させ、各姿勢について、干渉計システム 118 の計測結果に基づいてウエハステージ W S T の姿勢を維持した状態で、エンコーダのヘッド 64 又は 66 からスケール 39 Y₁、39 Y₂、39 X₁ 又は 39 X₂ の特定領域に検出光を照射しつつ、ウエハステージ W S T を Z 軸方向に所定ストローク範囲で移動させ、その移動中にエンコーダの計測結果をサンプリングする。これにより、各姿勢についての、ウエハステージ W S T の移動面に直交する方向（Z 軸方向）の位置に応じたエンコーダの計測値の変化情報（例えば図 12 のグラフに示されるような特性曲線）が得られる。

【0223】

そして、主制御装置 20 は、このサンプリング結果、すなわち各姿勢についての、ウエハステージ W S T の Z 軸方向の位置に応じたエンコーダの計測値の変化情報に基づいて、所定の演算を行うことで、ウエハステージ W S T の非計測方向の位置情報に応じたエンコーダの計測値の補正情報を求める。従って、簡単な方法で、非計測方向に関するヘッドとスケールの相対変化に起因するエンコーダの計測誤差を補正する補正情報を決定することができる。

【0224】

また、本実施形態では、同一のヘッドユニットを構成する複数のヘッド、例えばヘッドユニット 62 A を構成する複数の Y ヘッド 64 について、上記の補正情報を決定する場合に、対応する Y スケール 39 Y₁ の同一の特定領域に各 Y ヘッド 64 から検出光を照射して、上述したエンコーダの計測結果のサンプリングを行い、そのサンプリング結果に基づいて、各 Y ヘッド 64 と Y スケール 39 Y₁ とから構成される各エンコーダの補正情報を決定しているので、結果的に、この補正情報を用いることで、ヘッドの倒れで生じる、幾何学的な誤差も補正される。換言すれば、主制御装置 20 は、同一のスケールに対応する複数のエンコーダを対象として、前記補正情報を求めるに際し、ウエハステージ W S T を Z 軸方向へ移動させた際に対象とするエンコーダのヘッドの倒れで生じる、幾何学的な誤差を考慮して前記対象とするエンコーダの補正情報を求めている。従って、本実施形態では、複数のヘッドの倒れ角が異なることに起因するコサイン誤差も生じることがない。また、Y ヘッド 64 に倒れが生じていなくても、例えばヘッドの光学特性（テレセントリシティなど）などに起因してエンコーダに計測誤差が生じる場合、同様に前記補正情報を求めることで、計測誤差の発生、ひいてはウエハステージ W S T の位置制御精度の低下を防止することができる。すなわち本実施形態では、ヘッドユニットに起因して生じるエンコーダシステムの計測誤差（以下、ヘッド起因誤差とも呼ぶ）を補償するようにウエハステージ W S T が駆動される。なお、ヘッドユニットの特性情報（例えば、ヘッドの倒れ、及び / 又は光学特性などを含む）に基づいて、例えばエンコーダシステムの計測値の補正情報を算出するようにしても良い。また、本実施形態では、前述したステージ位置起因誤差と上記ヘッド起因誤差とをそれぞれ単独で補正しても良い。

【0225】

なお、上記実施形態におけるエンコーダシステム、干渉計システム、多点 A F 系及び Z センサなどの構成や配置は、一例であって、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、Y 軸方向位置の計測に用いられる一対の Y スケール 39 Y₁、39 Y₂ と、X 軸方向位置の計測に用いられる一対の X スケール 39 X₁、39 X₂ とが、ウエハテーブル W T B 上に設けられ、これに対応して、一対のヘッドユニット 62 A、62 C が投影光学系 P L の X 軸方向の一側と他側に配置され、一対のヘッドユニット 62 B、62 D が投影光学系 P L の Y 軸方向の一側と他側に配置される場合について例示し

た。しかしながら、これに限らず、Y軸方向位置の計測用のYスケール $39Y_1$ 、 $39Y_2$ 及びX軸方向位置計測用のXスケール $39X_1$ 、 $39X_2$ のうち、少なくとも一方が一对ではなく1つのみ、ウエハテーブルW T B上に設けられていても良いし、あるいは、一对のヘッドユニット62A、62C及び一对のヘッドユニット62B、62Dのうち、少なくとも一方が、1つのみ設けられていても良い。また、スケールの延設方向及びヘッドユニットの延設方向は、上記実施形態のX軸方向、Y軸方向のような直交方向に限らず、相互に交差する方向であれば良い。また、回折格子の周期方向が各スケールの長手方向と直交する(又は交差する)方向であっても良く、この場合には、回折格子の周期方向と直交する方向に、対応するヘッドユニットの複数のヘッドが配置されていれば良い。また、各ヘッドユニットが上記の回折格子の周期方向と直交する方向に隙間なく配置された複数のヘッドを有していても良い。

【0226】

また、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(Xスケール、Yスケール)を設け、これに対向してヘッドユニット(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、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2次元格子(又は2次元配置された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、ウエハステージ上面にZセンサをも配置する場合には、その2次元格子(又は2次元配置された1次元の格子部)を、Zセンサからの計測ビームを反射する反射面として兼用しても良い。このような構成のエンコーダシステムを採用した場合であっても、基本的には、上記実施形態と同様の手順で、非計測方向へのヘッドとスケールの相対変位に起因するエンコーダの計測誤差が補正情報により補正されたエンコーダの計測値に基づいて、ウエハステージW S Tを駆動することができる。これにより、ヘッドとスケールの間の計測したい方向(計測方向)以外の相対運動に影響を受けることなく、ウエハステージW S Tを所望の方向へ精度良く駆動することが可能である。また、上記実施形態と同様の簡単な方法で、非計測方向に関するヘッドとスケールの相対変化に起因するエンコーダの計測誤差を補正する補正情報を決定することができる。

【0227】

なお、上記実施形態では、ウエハステージW S Tの θx 方向の回転情報(ピッチング量)を干渉計システム118にて計測するものとしたが、例えば1対のZセンサ $74_{i,j}$ または $76_{p,q}$ の計測値からピッチング量を求めても良い。あるいは、ヘッドユニット62A、62Cと同様に、例えばヘッドユニット62B、62Dの各ヘッドに近接して1つ又は一对のZセンサを設け、Xスケール $39X_1$ 、 $39X_2$ とそれぞれ対向するZセンサの計測値からピッチング量を求めても良い。これにより、干渉計システム118を用いることなく、前述のエンコーダとZセンサとを用いてウエハステージW S Tの6自由度の方向、すなわちX軸、Y軸、Z軸、 θx 、 θy 、及び θz 方向の位置情報を計測することが可能となる。前述のエンコーダとZセンサによるウエハステージW S Tの6自由度の方向の位置情報の計測は、露光動作だけでなく前述のアライメント動作及び/又はフォーカスマッピング動作でも行って良い。

【0228】

また、上記実施形態では、ウエハステージW S Tを駆動する所定方向と異なる方向へのウエハステージW S Tの変位(ヘッドとスケールとの相対変位)に起因して生じるエンコーダシステムの計測誤差を補償するように、前述の補正情報に基づいてエンコーダシステムの計測値を補正するものとしたが、これに限らず、例えばエンコーダシステムの計測値に基づいてウエハステージW S Tを駆動しつつ、前述の補正情報に基づいてウエハステージW S Tを位置決めする目標位置を補正することとしても良い。あるいは、特に露光動作では、例えばエンコーダシステムの計測値に基づいてウエハステージW S Tを駆動しつつ、前述の補正情報に基づいてレチクルステージR S Tの位置を補正しても良い。

【0229】

10

20

30

40

50

また、上記実施形態では、例えば露光の際などにウエハステージW S Tのみが、エンコーダシステムの計測値に基づいて駆動されるものとしたが、例えばレチクルステージR S Tの位置を計測するエンコーダシステムを追加し、該エンコーダシステムの計測値とレチクル干渉計116によって計測されるレチクルステージの非計測方向の位置情報に応じた補正情報とに基づいて、レチクルステージR S Tを駆動することとしても良い。

【0230】

また、上記実施形態では、1つの固定のプライマリアライメント系と4つの可動のセカンダリアライメント系とを備え、これら5つのアライメント系に応じたシーケンスでウエハ上の16個のアライメントショット領域に付設されたアライメントマークを検出する場合について説明した。しかしながら、セカンダリアライメント系は可動でなくとも良く、また、セカンダリアライメント系の数は問わない。要は、ウエハ上のアライメントマークを検出可能な少なくとも1つのアライメント系があれば良い。

【0231】

なお、上記実施形態では、例えば国際公開W O 2 0 0 5 / 0 7 4 0 1 4号などに開示されている露光装置と同様に、ウエハステージW S Tとは別に計測ステージM S Tを備えている露光装置について説明したが、これに限らず、例えば特開平10-214783号公報及び対応する米国特許第6,341,007号明細書、並びに国際公開第98/40791号及び対応する米国特許第6,262,796号明細書などに開示されているように、2つのウエハステージを用いて露光動作と計測動作（例えば、アライメント系によるマーク検出など）とをほぼ並行して実行可能なツインウエハステージ方式の露光装置でも、前述のエンコーダシステム（図3）を用いて各ウエハステージの位置制御を行うことが可能である。ここで、露光動作時だけでなく計測動作時でも、各ヘッドユニットの配置、長さなどを適切に設定することで、前述のエンコーダシステムをそのまま用いて各ウエハステージの位置制御を行うことが可能であるが、前述したヘッドユニット（62A～62D）とは別に、その計測動作中に使用可能なヘッドユニットを設けても良い。例えば、1つ又は2つのアライメント系を中心として十字状に配置される4つのヘッドユニットを設け、上記計測動作時にはこれらヘッドユニットと対応の移動スケール（62A～62D）とによって各ウエハステージW S Tの位置情報を計測するようにしても良い。ツインウエハステージ方式の露光装置では、2つのウエハステージにそれぞれ少なくとも各2つの移動スケールが設けられるとともに、一方のウエハステージに載置されたウエハの露光動作が終了すると、その一方のウエハステージとの交換で、計測位置にてマーク検出などが行われた次のウエハを載置する他方のウエハステージが露光位置に配置される。また、露光動作と並行して行われる計測動作は、アライメント系によるウエハなどのマーク検出に限られるものでなく、その代わりに、あるいはそれと組み合わせて、ウエハの面情報（段差情報など）の検出を行っても良い。

【0232】

なお、上記実施形態では、ウエハステージW S T側で各ウエハの交換を行っている間に、計測ステージM S T側ではC Dバー46を用いて、Sec-BCHK（インターバル）を行う場合について説明したが、これに限らず、計測ステージM S Tの計測器（計測用部材）を用いて、照度むら計測（及び照度計測）、空間像計測、波面収差計測などの少なくとも一つを行い、その計測結果をその後に行われるウエハの露光に反映させることとしても良い。具体的には、例えば、計測結果に基づいて調整装置68により投影光学系P Lの調整を行うこととすることができる。

【0233】

また、上記実施形態では、計測ステージM S Tにもスケールを配置し、前述のエンコーダシステム（ヘッドユニット）を用いて計測ステージの位置制御を行うようにしても良い。すなわち、エンコーダシステムによる位置情報の計測を行う移動体はウエハステージに限られるものではない。

【0234】

なお、ウエハステージW S Tの小型化や軽量化などを考慮すると、ウエハステージW S

10

20

30

40

50

T上でウエハWになるべく近づけてスケールを配置することが好ましいが、ウエハステージを大きくすることが許容されるときは、ウエハステージを大きくし、対向して配置される一対スケールの間隔を広げることで、少なくともウエハの露光動作中は常にX軸及びY軸方向に関してそれぞれ2つずつ、計4つの位置情報を計測可能としても良い。また、ウエハステージを大きくする代わりに、例えばスケールをその一部がウエハステージからはみ出るように設ける、あるいは少なくとも1つのスケールが設けられる補助プレートを用いてウエハステージ本体よりも外側にスケールを配置することで、同様に対向して配置される一対のスケールの間隔を広げるようにしても良い。

【0235】

また、上記実施形態において、Yスケール39Y₁、39Y₂、Xスケール39X₁、39X₂への異物の付着、汚れなどによる計測精度の低下を防止するために、例えば少なくとも回折格子を覆うように表面にコーティングを施す、あるいはカバーガラスを設けても良い。この場合、特に液浸型の露光装置では、撥液性の保護膜をスケール(格子面)にコーティングしても良いし、カバーガラスの表面(上面)に撥液膜を形成しても良い。さらに、各スケールはその長手方向のほぼ全域に渡って回折格子が連続的に形成されるものとしたが、例えば回折格子を複数の領域に分けて断続的に形成しても良いし、あるいは各移動スケールを複数のスケールで構成しても良い。また、上記実施形態では、エンコーダとして、回折干渉方式のエンコーダを用いる場合について例示したが、これに限らず、いわゆるピックアップ方式、磁気方式などの方式も用いることができ、例えば米国特許第6,639,686号明細書などに開示されるいわゆるスキャンエンコーダなども用いることができる。

【0236】

また、上記実施形態では、Zセンサとして、前述の光ピックアップ方式のセンサに代えて、例えばプローブビームを計測対象面に投射し、その反射光を受光することで計測対象面のZ軸方向の変位を光学的に読み取る第1センサ(光ピックアップ方式のセンサでも良いし、その他の光学式の変位センサであっても良い)と、該第1センサをZ軸方向に駆動する駆動部と、第1センサのZ軸方向の変位を計測する第2センサ(例えばエンコーダなど)とを備えた構成のセンサを用いても良い。かかる構成のZセンサでは、計測対象面、例えばスケールの面と第1センサとのZ軸方向の距離が常に一定になるように、第1センサの出力に基づいて駆動部が第1センサをZ軸方向に駆動するモード(第1のサーボ制御モード)と、外部(制御装置)から、第2センサの目標値を与え、この目標値に第2センサの計測値が一致するように駆動部が、第1センサのZ軸方向の位置を維持する(第1のサーボ制御モード)とを設定することができる。第1のサーボ制御モードの場合、Zセンサの出力としては、計測部(第2センサ)の出力を用いることができ、第2のサーボ制御モードの場合、第2センサの出力を用いることができる。また、このようなZセンサを用いる場合で、第2センサとしてエンコーダを採用する場合、結果的に、ウエハステージWST(ウエハテーブルWTB)の6自由度方向の位置情報を、エンコーダを用いて計測することができる。また、上記実施形態では、Zセンサとして、その他の検出方式のセンサを採用することもできる。

【0237】

また、上記実施形態において、ウエハステージWSTの位置情報を計測する複数の干渉計の構成及び組み合わせは、前述した構成及び組み合わせに限定されるものではない。要は、エンコーダシステムの計測方向を除く方向のウエハステージWSTの位置情報を計測することができるのであれば、干渉計の構成及び組み合わせは特に問わない。要は、上述のエンコーダシステム以外に、エンコーダシステムの計測方向を除く方向のウエハステージWSTの位置情報を計測することができる計測装置(干渉計であるかどうかとも問わない)があれば良い。例えば、前述のZセンサを計測装置として用いても良い。

【0238】

また、上記実施形態では、多点AF系の他に、Zセンサが設けられるものとしたが、例えば多点AF系で露光の際にウエハWの露光対象ショット領域における面位置情報を検出

10

20

30

40

50

できるのであれば、Zセンサは必ずしも設ける必要はない。

【0239】

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IL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IL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）、または屈折率が約1.60のデカリン（Decalin: Decahydronaphthalene）などが挙げられる。あるいは、これら所定液体のうち任意の2種類以上の液体が混合されたものであっても良いし、純水に上記所定液体が添加（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^+ 、 CS^+ 、 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光材（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、F₂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。

10

20

【0240】

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。

【0241】

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本発明は好適に適用することができる。

【0242】

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と前述の補正情報とに基づいて、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。

30

40

【0243】

また、上記実施形態の露光装置における投影光学系の倍率は縮小系のみならず等倍および拡大系のいずれでも良いし、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（反射系又は反射屈折系）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

50

らず、例えば円弧、台形、あるいは平行四辺形などでも良い。

【0244】

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1999/46835号（対応米国特許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）がドープされたファイバーアンブで増幅し、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。

10

【0245】

また、上記実施形態では、露光装置の照明光ILとしては波長100nm以上の光に限らず、波長100nm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、70nm以下のパターンを露光するために、SORやプラズマレーザを光源として、軟X線領域（例えば5～15nmの波長域）のEUV（Extreme Ultraviolet）光を発生させるとともに、その露光波長（例えば13.5nm）の下で設計されたオール反射縮小光学系、及び反射型マスクを用いたEUV露光装置の開発が行われている。この装置においては、円弧照明を用いてマスクとウエハを同期走査してスキャン露光する構成が考えられるので、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。

20

【0246】

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。かかる可変成形マスクを用いる場合には、ウエハ又はガラスプレート等が搭載されるステージが、可変成形マスクに対して走査されるので、そのステージの位置をエンコーダを用いて計測し、そのエンコーダの計測値と干渉計によって計測されるステージの非計測方向の位置情報に応じた補正情報とに基づいて、そのステージを駆動することで、上記実施形態と同等の効果を得ることができる。

30

【0247】

また、例えば国際公開第2001/035168号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。

【0248】

さらに、例えば特表2004-519850号公報（対応米国特許第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。

40

【0249】

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。

【0250】

なお、上記実施形態及び変形例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

50

れる露光対象の物体)はウエハに限られるものでなく、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など他の物体でも良い。

【0251】

露光装置の用途としては半導体製造用の露光装置に限定されることなく、例えば、角型のガラスプレートに液晶表示素子パターンを転写する液晶用の露光装置や、有機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。

10

【0252】

なお、本発明の移動体駆動システム、移動体駆動方法、あるいは決定方法は、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2次元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。

【0253】

また、上記実施形態の露光装置(パターン形成装置)は、本願特許請求の範囲に挙げられた各構成要素を含む各種サブシステムを、所定の機械的精度、電気的精度、光学的精度を保つように、組み立てることで製造される。これら各種精度を確保するために、この組み立ての前後には、各種光学系については光学的精度を達成するための調整、各種機械系については機械的精度を達成するための調整、各種電気系については電気的精度を達成するための調整が行われる。各種サブシステムから露光装置への組み立て工程は、各種サブシステム相互の、機械的接続、電気回路の配線接続、気圧回路の配管接続等が含まれる。この各種サブシステムから露光装置への組み立て工程の前に、各サブシステム個々の組み立て工程があることはいうまでもない。各種サブシステムの露光装置への組み立て工程が終了したら、総合調整が行われ、露光装置全体としての各種精度が確保される。なお、露光装置の製造は温度およびクリーン度等が管理されたクリーンルームで行うことが望ましい。

20

【0254】

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、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。

30

【0255】

次に上述した露光装置(パターン形成装置)をリソグラフィ工程で使用するデバイスの製造方法の実施形態について説明する。

【0256】

図28には、デバイス(ICやLSI等の半導体チップ、液晶パネル、CCD、薄膜磁気ヘッド、マイクロマシン等)の製造例のフローチャートが示されている。図28に示されるように、まず、ステップ201(設計ステップ)において、デバイスの機能・性能設計(例えば、半導体デバイスの回路設計等)を行い、その機能を実現するためのパターン設計を行う。引き続き、ステップ202(マスク製作ステップ)において、設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。一方、ステップ203(ウエハ製造ステップ)において、シリコン等の材料を用いてウエハを製造する。

40

【0257】

次に、ステップ204(ウエハ処理ステップ)において、ステップ201～ステップ203で用意したマスクとウエハを使用して、後述するように、リソグラフィ技術等によってウエハ上に実際の回路等を形成する。次いで、ステップ205(デバイス組立てステップ)において、ステップ204で処理されたウエハを用いてデバイス組立てを行う。このステップ205には、ダイシング工程、ボンディング工程、及びパッケージング工程(チップ封入)等の工程が必要に応じて含まれる。

【0258】

50

最後に、ステップ 206 (検査ステップ) において、ステップ 205 で作成されたデバイスの動作確認テスト、耐久テスト等の検査を行う。こうした工程を経た後にデバイスが完成し、これが出荷される。

【0259】

図 29 には、半導体デバイスにおける、上記ステップ 204 の詳細なフロー例が示されている。図 29 において、ステップ 211 (酸化ステップ) においてはウエハの表面を酸化させる。ステップ 212 (CVD ステップ) においてはウエハ表面に絶縁膜を形成する。ステップ 213 (電極形成ステップ) においてはウエハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ 214 (イオン打ち込みステップ) においてはウエハにイオンを打ち込む。以上のステップ 211 ~ ステップ 214 それぞれは、ウエハ処理の各段階の前処理工程を構成しており、各段階において必要な処理に応じて選択されて実行される。

10

【0260】

ウエハプロセスの各段階において、上述の前処理工程が終了すると、以下のようにして後処理工程が実行される。この後処理工程では、まず、ステップ 215 (レジスト形成ステップ) において、ウエハに感光剤を塗布する。引き続き、ステップ 216 (露光ステップ) において、上で説明した露光装置 (パターン形成装置) 及びその露光方法 (パターン形成方法) によってマスクの回路パターンをウエハに転写する。次に、ステップ 217 (現像ステップ) においては露光されたウエハを現像し、ステップ 218 (エッチングステップ) において、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。そして、ステップ 219 (レジスト除去ステップ) において、エッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。

20

【0261】

これらの前処理工程と後処理工程とを繰り返し行うことによって、ウエハ上に多重に回路パターンが形成される。

【0262】

以上説明した本実施形態のデバイス製造方法を用いれば、露光工程 (ステップ 216) において上記実施形態の露光装置 (パターン形成装置) 及びその露光方法 (パターン形成方法) が用いられるので、重ね合せ精度を高く維持しつつ、高スループットな露光を行うことができる。従って、微細パターンが形成された高集積度のマイクロデバイスの生産性を向上することができる。

30

【産業上の利用可能性】

【0263】

以上説明したように、本発明の移動体駆動システム及び移動体駆動方法は、移動面内で移動体を駆動するのに適している。また、本発明のパターン形成装置及びパターン形成方法は、物体上にパターンを形成するのに適している。また、本発明の露光装置及び露光方法は、並びにデバイス製造方法は、マイクロデバイスの製造に適している。また、本発明の決定方法は、移動体の前記移動面内の所定方向の位置情報を計測するエンコーダの計測値の補正情報を決定するのに適している。

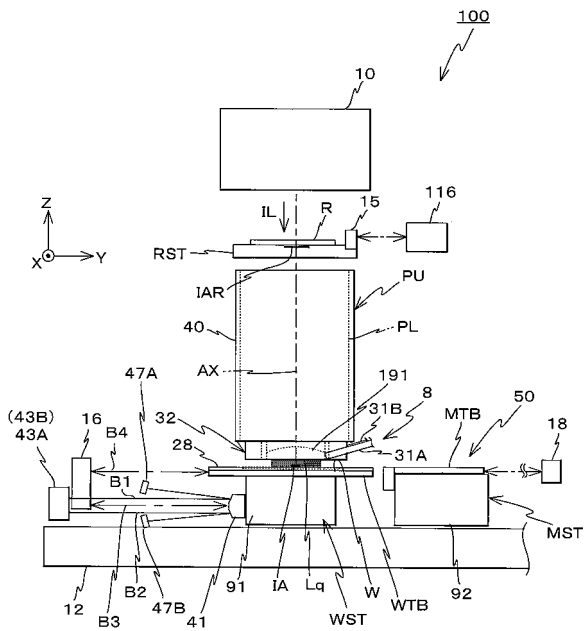
【符号の説明】

【0264】

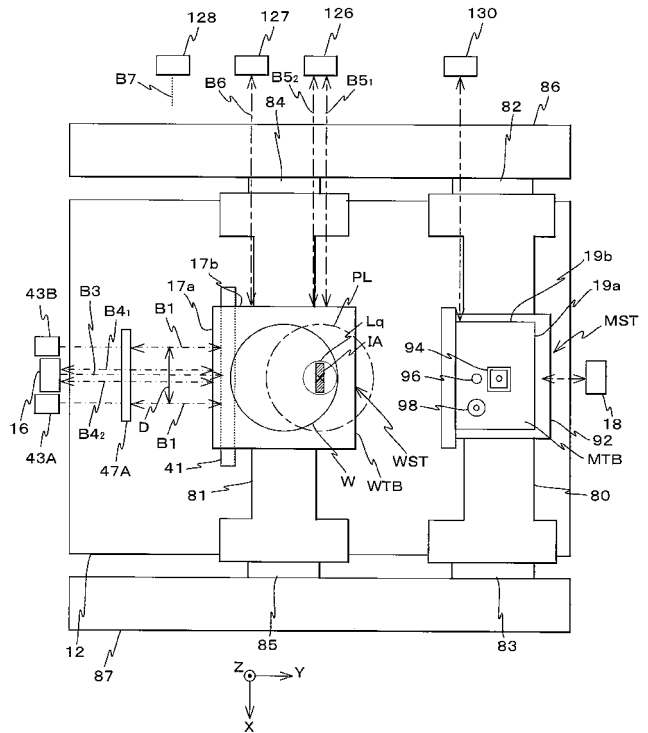
10 ... 照明系、11 ... レチクルステージ駆動系、16 ... Y 干渉計、20 ... 主制御装置、34 ... メモリ、37 ... 格子線、38 ... 格子線、39 Y₁, 39 Y₂ ... Y スケール、39 X₁, 39 X₂ ... X スケール、43 A, 43 B ... Z 干渉計、64 ... Y ヘッド、66 ... X ヘッド、70 A ~ 70 F ... エンコーダ、100 ... 露光装置、124 ... ステージ駆動系、126 ... X 干渉計、WST ... ウエハステージ、R ... レチクル、W ... ウエハ、PL ... 投影光学系、Lq ... 水、RST ... レチクルステージ。

40

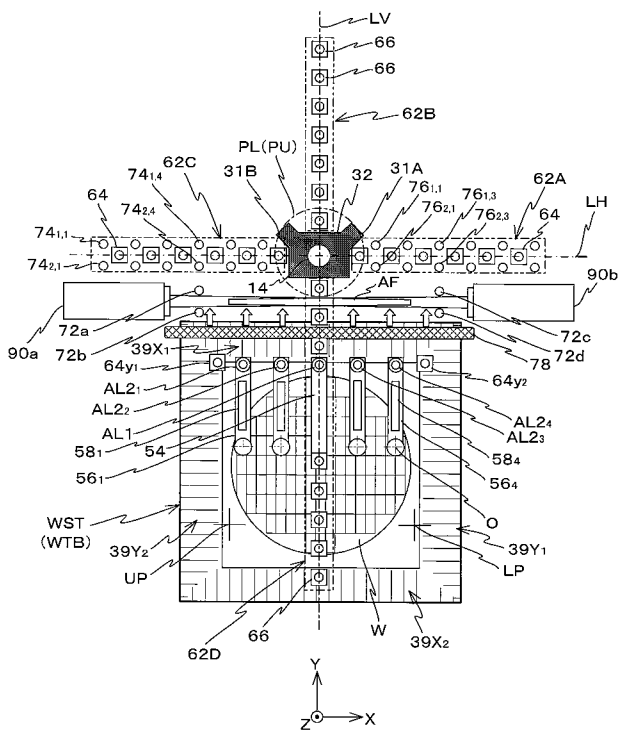
【 図 1 】



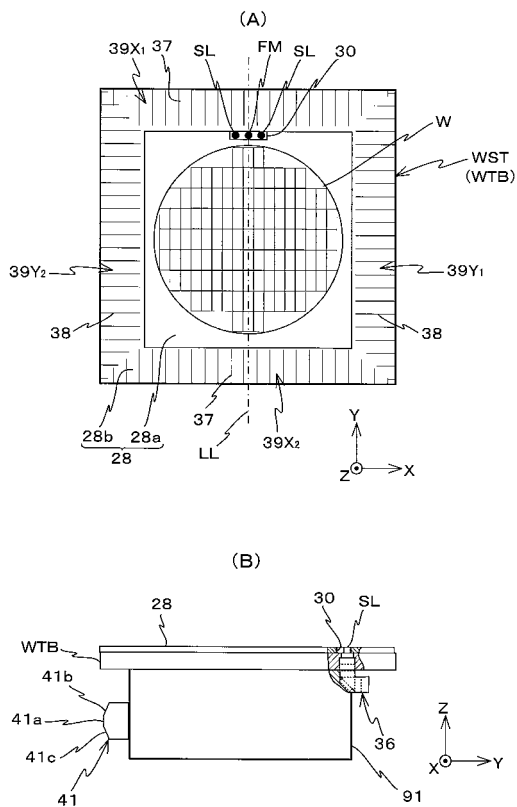
【 図 2 】



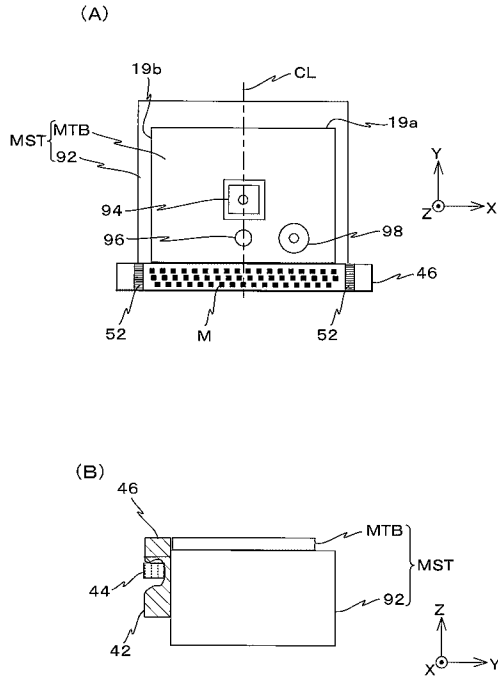
【 図 3 】



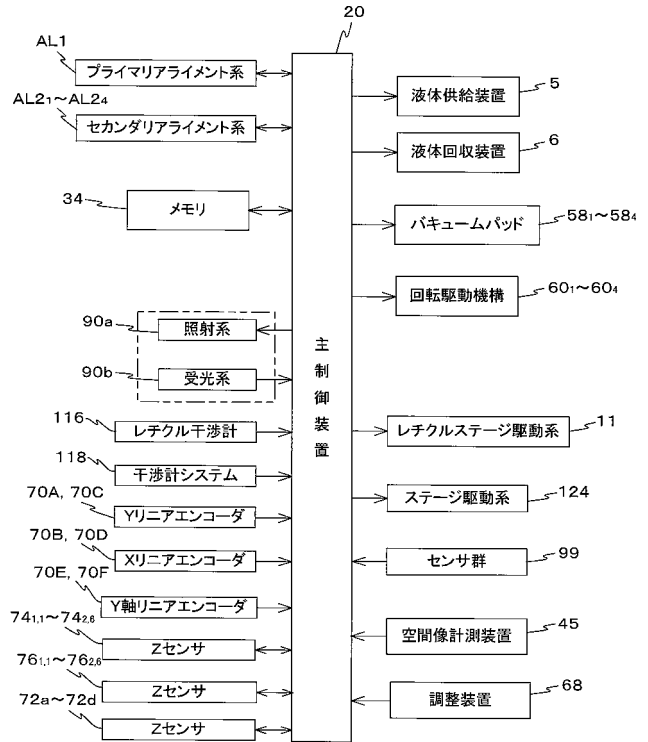
【 図 4 】



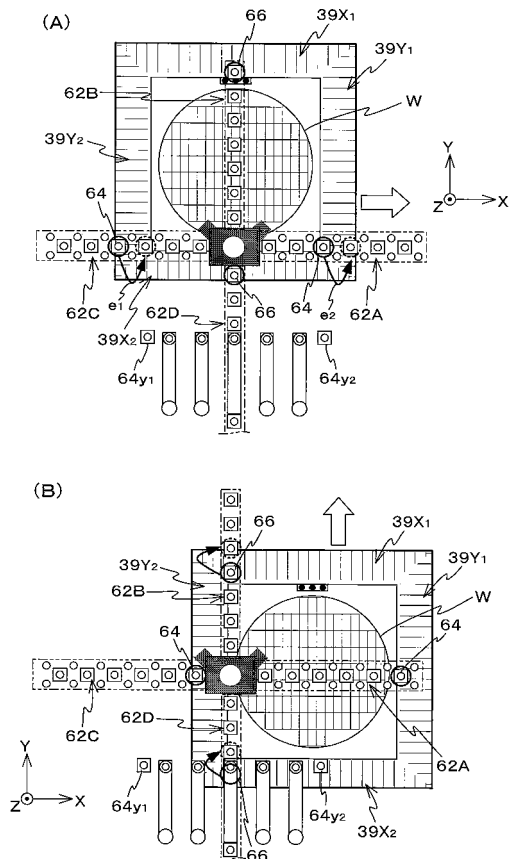
【図 5】



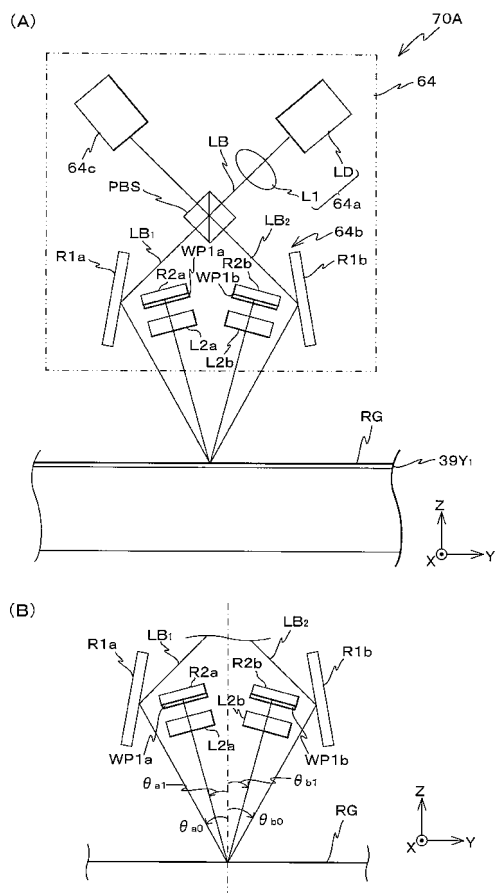
【図 6】



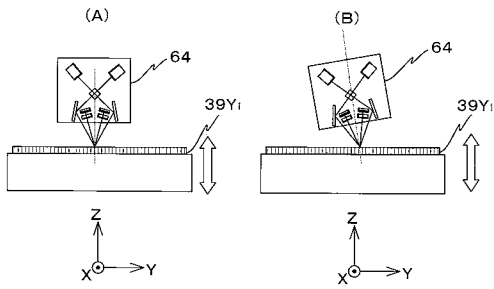
【図 7】



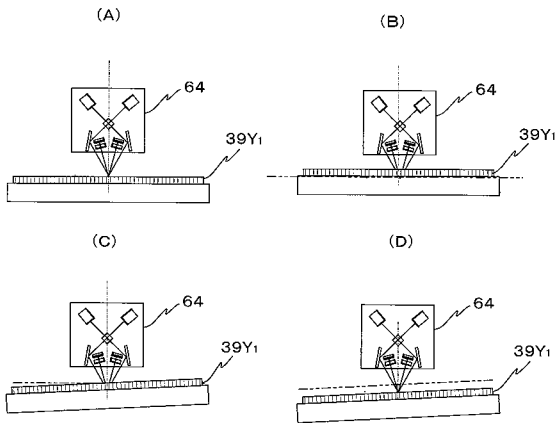
【図 8】



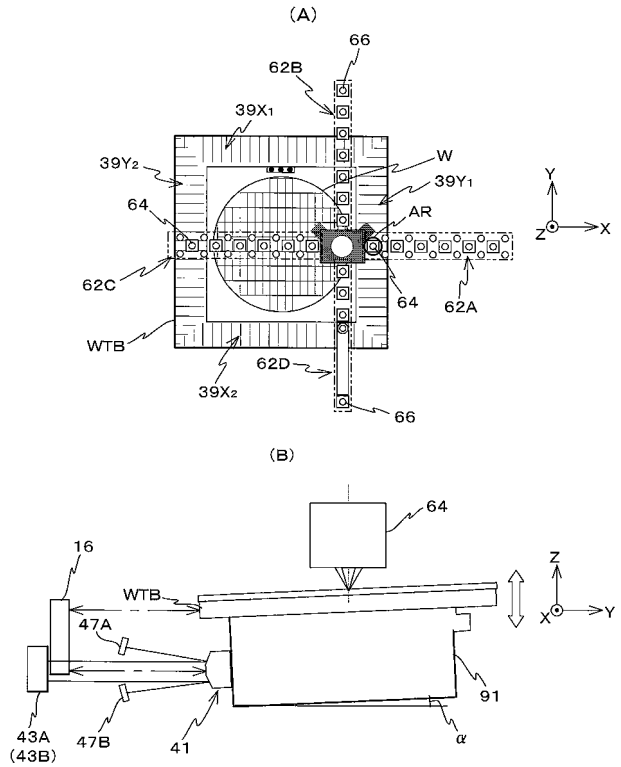
【図 9】



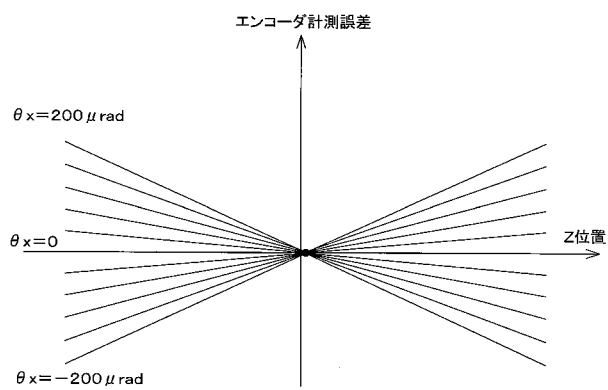
【図 10】



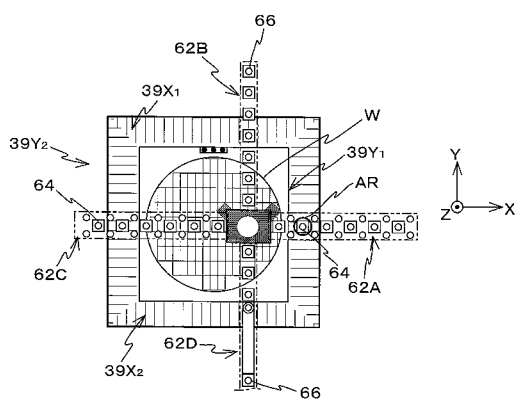
【図 11】



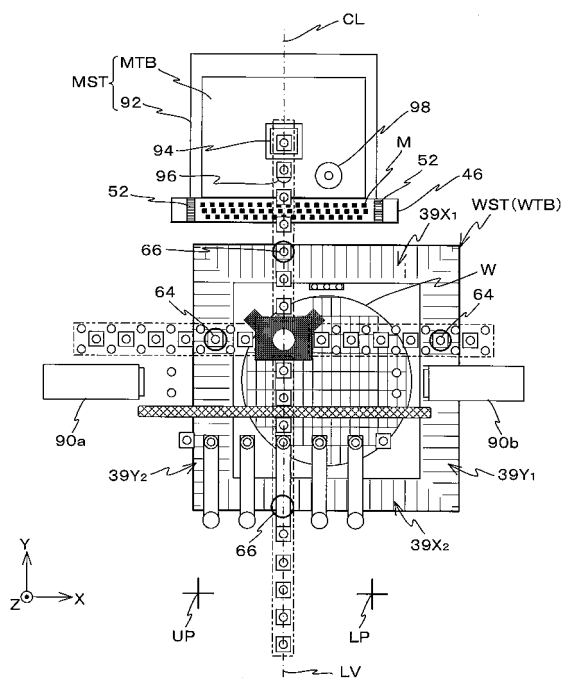
【図 12】



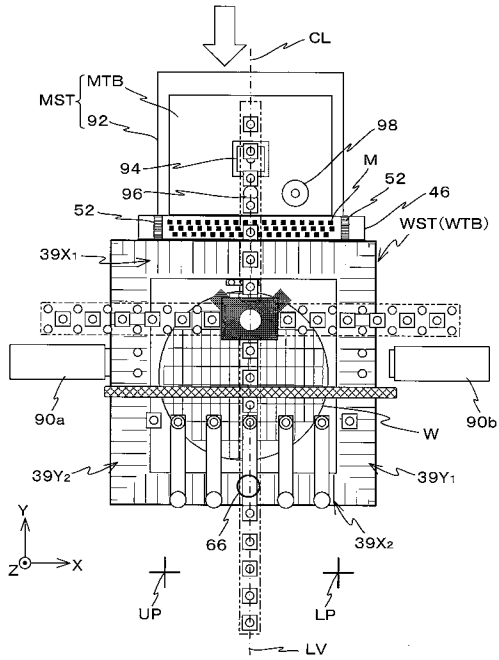
【図 13】



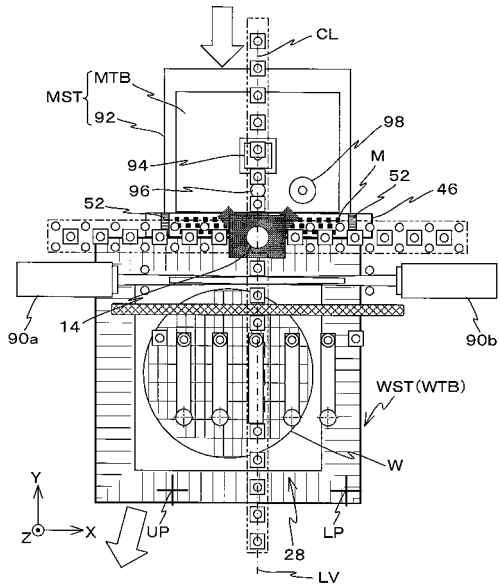
【図 14】



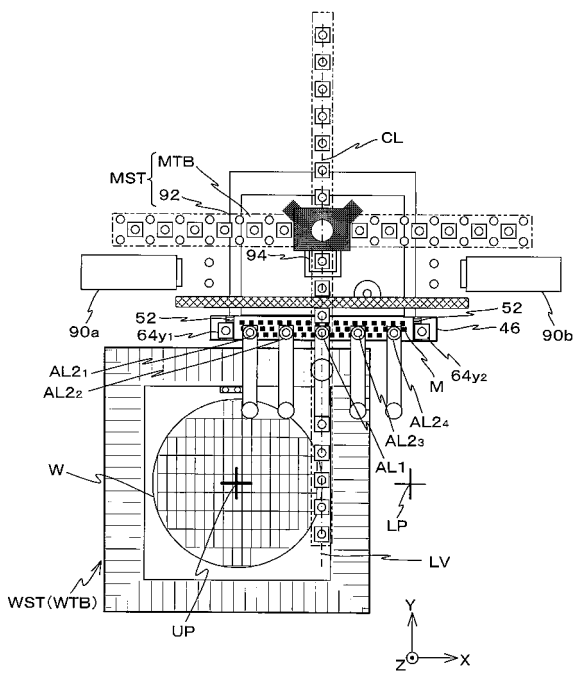
【図 15】



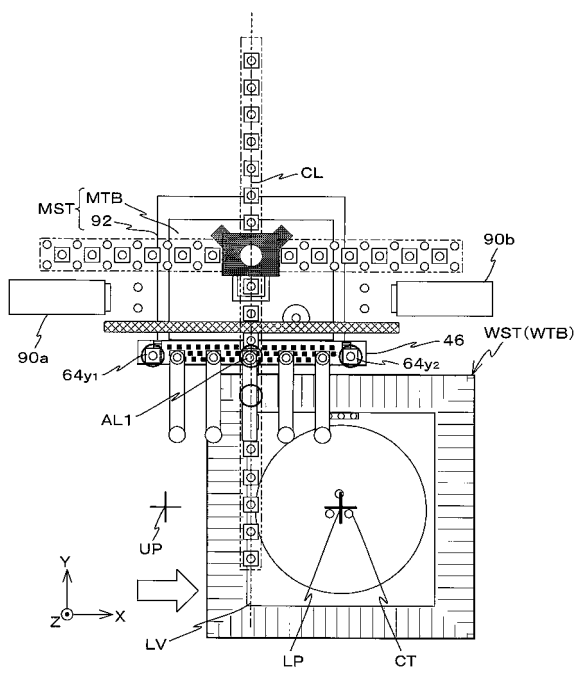
【図 16】



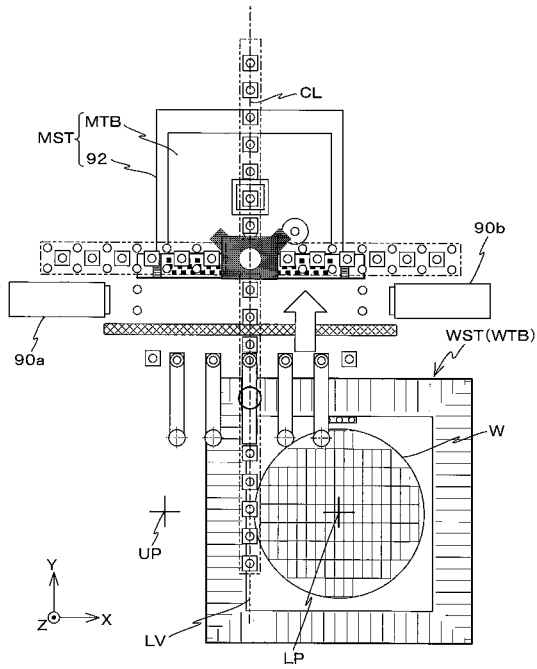
【図 17】



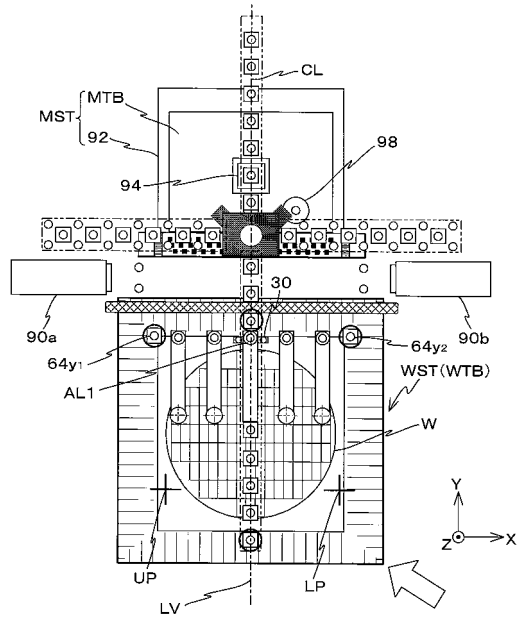
【図 18】



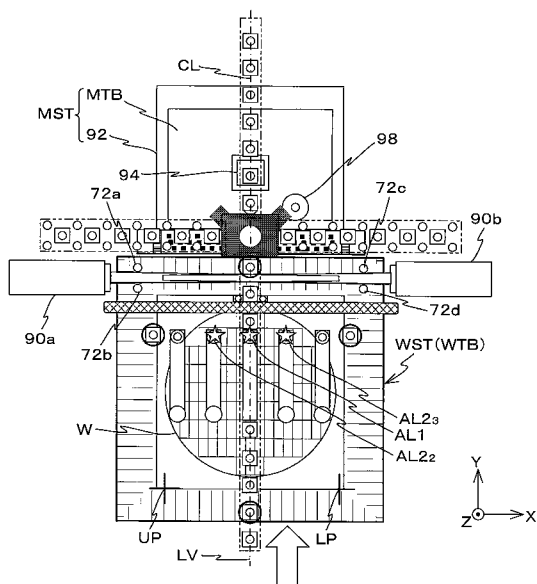
【図 19】



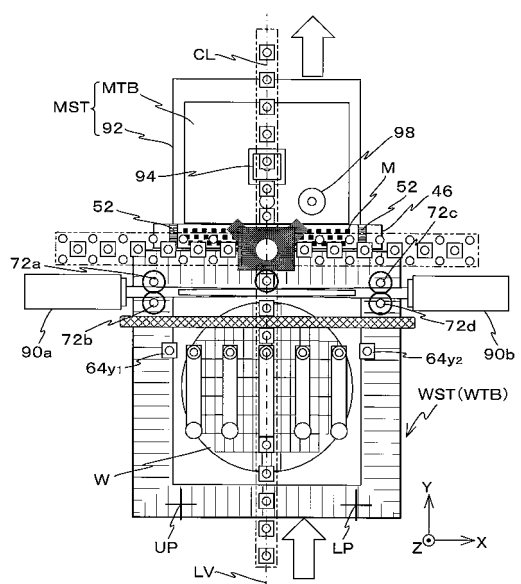
【図 20】



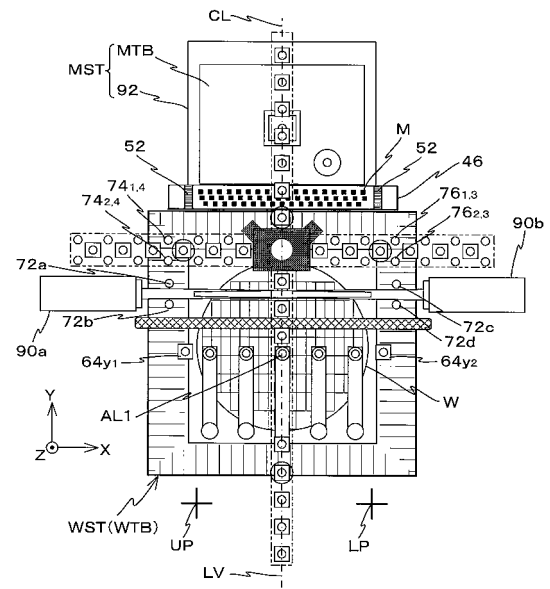
【図 21】



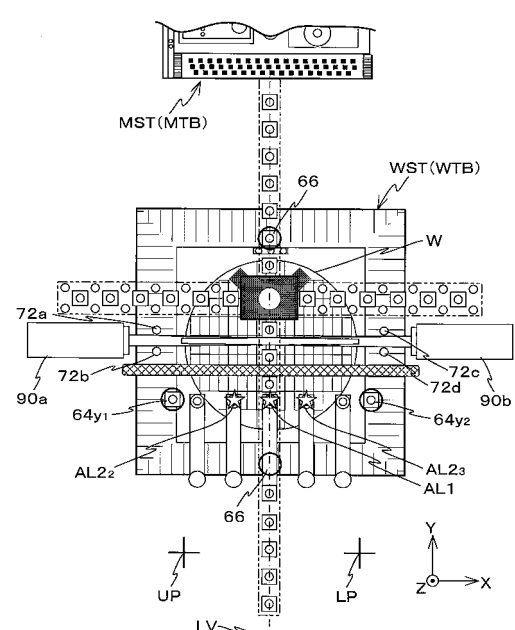
【図 22】



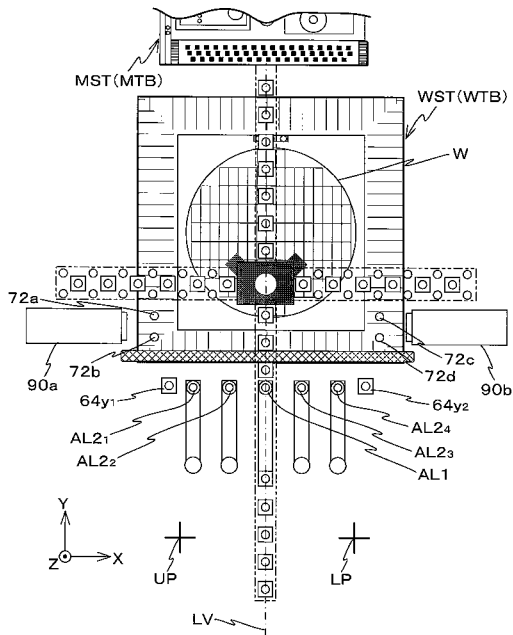
【 図 2 4 】



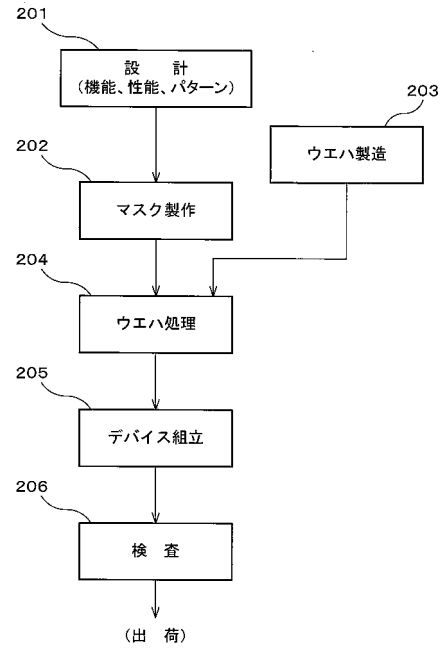
【 ㄨ 2 6 】



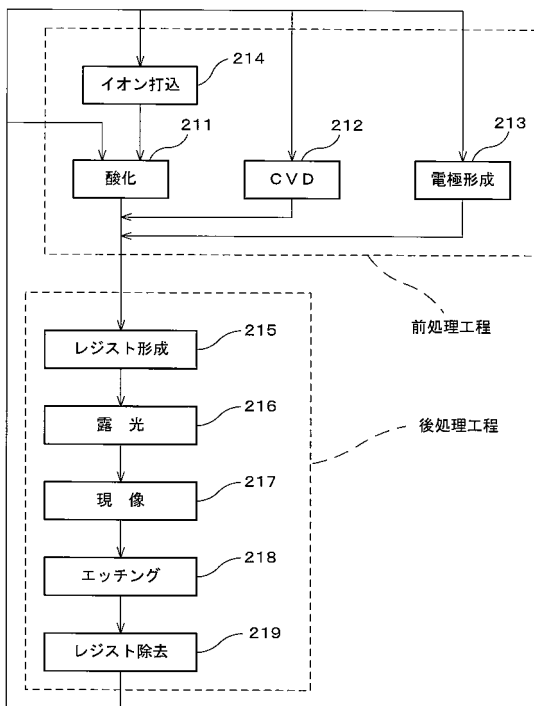
【図 27】



【図 28】



【図 29】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5F146 CC01 CC03 CC13 CC16 DB05 DC12