

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7625444号
(P7625444)

(45)発行日 令和7年2月3日(2025.2.3)

(24)登録日 令和7年1月24日(2025.1.24)

(51)国際特許分類

F I

G 0 3 F	7/20	(2006.01)	G 0 3 F	7/20	5 0 1
G 0 1 B	11/00	(2006.01)	G 0 3 F	7/20	5 2 1
H 0 1 L	21/68	(2006.01)	G 0 1 B	11/00	C
G 0 3 F	9/00	(2006.01)	H 0 1 L	21/68	K
			G 0 3 F	9/00	H

請求項の数 16 (全18頁)

(21)出願番号 特願2021-35636(P2021-35636)
 (22)出願日 令和3年3月5日(2021.3.5)
 (65)公開番号 特開2022-135679(P2022-135679
 A)
 (43)公開日 令和4年9月15日(2022.9.15)
 審査請求日 令和6年3月4日(2024.3.4)

(73)特許権者 000001007
 キヤノン株式会社
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
 (74)代理人 110003281
 弁理士法人大塚国際特許事務所
 (72)発明者 岩谷 聡
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
 キヤノン株式会社内
 審査官 佐藤 海

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ステージ装置、リソグラフィー装置および物品製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

互いに直交する第1方向および第2方向に移動可能なステージと、
 前記第1方向に延在するように前記ステージに配置されたスケールと、
 前記スケールと対面するように配置され、前記第2方向に延在する光学アセンブリと、
 計測光および参照光を前記光学アセンブリに送り、前記光学アセンブリから戻ってくる
 前記計測光および前記参照光を受ける干渉計と、を備え、

前記光学アセンブリは、

前記干渉計から提供される前記計測光および前記参照光の分離、および、前記干渉計に
 戻す前記計測光および前記参照光の結合のためのビームスプリッタ/コンバイナーと、

10

前記ビームスプリッタ/コンバイナーから射出され前記スケールで回折された前記計測
 光を前記スケールに向けて再帰反射させ、前記スケールを介して前記ビームスプリッタ/
 コンバイナーに戻す第1再帰反射器と、

前記ビームスプリッタ/コンバイナーから射出された前記参照光を再帰反射させて前記
 ビームスプリッタ/コンバイナーに戻す第2再帰反射器と、を含み、

前記ビームスプリッタ/コンバイナー、前記第1再帰反射器および前記第2再帰反射器
 は、前記第2方向に延在する平面型の再帰反射器である、

ことを特徴とするステージ装置。

【請求項2】

前記光学アセンブリは、前記第2方向に延在する長尺形状を有する光学部品のアセンブ

20

りである、

ことを特徴とする請求項 1 に記載のステージ装置。

【請求項 3】

前記光学アセンブリは、前記ステージの可動域の少なくとも一部において前記スケールと対面するように配置される、

ことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のステージ装置。

【請求項 4】

前記スケールは、前記ステージの上面に配置されている、

ことを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載のステージ装置。

【請求項 5】

前記ステージとともに前記第 2 方向に移動する可動体と、

前記可動体に配置された第 1 ミラーと、

前記ステージ、前記可動体および前記第 1 ミラーから離隔して固定的に配置され、前記第 2 方向に延在する第 2 ミラーおよび第 3 ミラーと、を更に備え、

前記第 1 ミラー、前記第 2 ミラーおよび前記第 3 ミラーは、前記干渉計と前記光学アセンブリとの間に前記計測光および前記参照光の光路を形成するように配置されている、

ことを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載のステージ装置。

【請求項 6】

前記第 1 方向に延在するように前記ステージに配置された第 2 スケールと、

前記第 2 スケールと対面するように配置され、前記第 2 方向に延在する第 2 光学アセンブリと、

計測光および参照光を前記第 2 光学アセンブリに送り、前記第 2 光学アセンブリから戻ってくる前記計測光および前記参照光を受ける第 2 干渉計と、を更に備え、

前記第 2 光学アセンブリは、前記光学アセンブリから前記第 1 方向に離隔して配置されている、

ことを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載のステージ装置。

【請求項 7】

前記ステージの位置を計測するレーザー干渉計システムを更に備え、

前記スケール、前記光学アセンブリおよび前記干渉計、ならびに、前記第 2 スケール、前記第 2 光学アセンブリおよび前記第 2 干渉計を使って検出される前記ステージの位置情報の少なくとも一部が前記レーザー干渉計システムを使っても検出される、

ことを特徴とする請求項 6 に記載のステージ装置。

【請求項 8】

前記干渉計、前記第 2 干渉計、および、前記レーザー干渉計システムから提供される情報に基づいて前記ステージを駆動するように制御されるアクチュエータを更に備えることを特徴とする請求項 7 に記載のステージ装置。

【請求項 9】

前記レーザー干渉計システムは、

前記ステージの側面に対して計測用のレーザー光を照射するレーザー干渉計を含む、

ことを特徴とする請求項 8 に記載のステージ装置。

【請求項 10】

前記レーザー干渉計システムは、

前記ステージのチルト情報を得るために前記ステージの側面の互いに異なる高さ位置に対して計測用のレーザー光を照射する 2 つのレーザー干渉計を含む、

ことを特徴とする請求項 8 に記載のステージ装置。

【請求項 11】

前記ステージの位置を計測するために前記ステージの側面に対して計測用のレーザー光を照射するレーザー干渉計を更に備える、

ことを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載のステージ装置。

【請求項 12】

10

20

30

40

50

前記ステージのチルト情報を得るために前記ステージの側面の互いに異なる高さ位置に対して計測用のレーザー光を照射する2つのレーザー干渉計を更に備える、
ことを特徴とする請求項1乃至6のいずれか1項に記載のステージ装置。

【請求項13】

前記ステージを複数の軸に関して計測するように複数の計測器が設けられ、
前記複数の計測器の少なくとも1つが前記光学アセンブリおよび前記干渉計と同じ構成を有する、

ことを特徴とする請求項1乃至12のいずれか1項に記載のステージ装置。

【請求項14】

互いに直交する第1方向および第2方向に移動可能なステージと、
前記ステージとともに前記第2方向に移動する可動体と、
前記可動体に配置された第1ミラーと、
前記ステージ、前記可動体および前記第1ミラーから離隔して固定的に配置され、前記第2方向に延在する第2ミラーおよび第3ミラーと、
前記第1方向に延在するように前記ステージに配置されたスケールと、
前記スケールと対面するように配置され、前記第2方向に延在する光学アセンブリと、
計測光および参照光を前記光学アセンブリに送り、前記光学アセンブリから戻ってくる前記計測光および前記参照光を受ける干渉計と、を備え、
前記第1ミラー、前記第2ミラーおよび前記第3ミラーは、前記干渉計と前記光学アセンブリとの間に前記計測光および前記参照光の光路を形成するように配置されており、
前記光学アセンブリは、前記干渉計からの前記計測光を前記スケールに照射し、前記スケールから戻ってくる前記計測光と、前記参照光とを前記干渉計に戻すように構成されている、
ことを特徴とするステージ装置。

10

20

【請求項15】

原版のパターンを基板に転写するリソグラフィ装置であって、
前記原版のパターンを前記基板に転写する転写部と、
前記基板を位置決めするように構成された請求項1乃至14のいずれか1項に記載のステージ装置と、
を備えることを特徴とするリソグラフィ装置。

30

【請求項16】

請求項15に記載のリソグラフィ装置を用いて基板にパターンを転写する転写工程と、
前記転写工程でパターンが転写された前記基板を処理することによって物品を得る処理工程と、
を含むことを特徴とする物品製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ステージ装置、リソグラフィ装置および物品製造方法に関する。

【背景技術】

40

【0002】

半導体デバイスおよび表示デバイス等の物品を製造するための従来の露光装置では、ステージの位置を計測する計測システムとして、物体の位置および変位量を高分解能で、かつ、長期に渡って安定して測定可能なレーザー干渉計システムが使用されてきた。近年、フィーチャの微細化と生産性の向上に対する要求により、ステージ装置には、より高速かつ高精度な位置決め性能が求められている。このような状況において、レーザー干渉計の光路における空気揺らぎに起因する計測値の変動は、露光装置の最終性能であるデバイスパターンの重ね合わせ（オーバーレイ）性能の向上を妨げる要因となっている。

【0003】

特許文献1は、レーザー干渉計システムの代替手段として、基板を保持するステージ装

50

置の姿勢を6DOF(自由度)に関して測定可能な光学式エンコーダシステムを開示している。光学式エンコーダは、ナノオーダーの微細ピッチで規則的に配列された2次元格子を有するスケールと、そのスケールに向けて半導体レーザー光を照射して反射光または回折光を検出し、インクリメンタルな位置情報へと変換する複数のヘッドとを含みうる。エンコーダシステムの利点は、空気揺らぎの影響を受けず、スケールが測定対象に永続的に固定可能であるということである。このことは、スケールが外部より熱あるいは弾性による歪みを受けない限りは、測定値が不変であることを意味し、格子直線性や直交性の測定誤差についても、例えば、真空中における干渉計測定によって組立製造時等に較正可能である。エンコーダは、較正および補間技術との組み合わせによってサブナノメートルの分解能を提供しうる。一方で、エンコーダは、スケールの格子ピッチのドリフト、スケール保持部のドリフト、熱膨張等といった機械的な長期変動の影響を受ける可能性がある。

10

【0004】

特許文献2は、レーザー干渉計とエンコーダとを併用する計測システムを開示している。この計測システムは、ステージ装置の広範囲な駆動ストロークのうち短期・短区間の高精度計測についてはエンコーダで行い、長期・長区間の変動分についてはレーザー干渉計を用いて補正する。

【0005】

特許文献3は、従来のレーザー干渉計システムを発展させた多軸同時計測可能な干渉型のエンコーダシステムを開示している。これまで、露光装置では、ヘテロダイン干渉方式のレーザー干渉計が使用されてきた。ヘテロダイン干渉方式のレーザー干渉計では、共通の光源から計測光と参照光を射出し、測定対象物から反射する計測光と、基準となる参照光を重ね合わせ、干渉させることによってヘテロダイン信号が生成される。このヘテロダイン信号の位相変化が測定対象物の相対位置変化に変換されうる。特許文献3は、計測光を測定対象物に固定されたスケールに送って、スケールの配列格子で回折した計測光と基準となる参照光を干渉させて測定対象物の相対位置変化を検出するという干渉型エンコーダを開示している。

20

【0006】

特許文献3の干渉型エンコーダシステムを露光装置に適用してステージ装置に2軸以上の干渉計光路と2次元格子のスケールを設ければ、周囲の空気揺らぎの影響を殆ど受けずに完全3Dの姿勢を高速・高精度に検出することが実現し得る。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【文献】特開2002-151405号公報

【文献】特開2009-33166号公報

【文献】特表2013-525750号公報

【非特許文献】

【0008】

【文献】Arbabi, A. et al. Planar metasurface retroreflector. Nat. Photo. 11, 415-420 (2017).

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

しかしながら、これまでレーザー干渉計システムを使用してきたステージ装置にエンコーダシステムを実装しようとした場合、露光装置内におけるレイアウトスペースの制約によりヘッドおよびスケールを配置できないという実際的な問題があった。

【0010】

例えば、特許文献1の多次元エンコーダシステムをウエハステージへ適用することが考えられる。この場合、ウエハステージの駆動領域をエンコーダで計測し位置制御する為には、ステージ可動部に複数のエンコーダヘッドを設置し、ウエハステージの上空の縮小投

50

影レンズを保持する鏡筒支持体に複数の大面積スケールを固定することになるかもしれない。この場合、ステージと鏡筒支持体または縮小投影レンズとの相対距離を測定することになる。つまり、多次元エンコーダの最もシンプルな使い方は、ヘッドを可動部に配置し、スケールを静止部に配置することであろう。

【0011】

しかし、鏡筒支持体には縮小投影レンズ以外にも各種の光学系、フォーカス検出系、基板搬送機構、空調制御機構等のサブユニットが存在しており、こうした大面積のスケールを配置するスペースを設けることは非常に困難である。

【0012】

特許文献2では、逆に、ステージ可動部側にスケールを配置し、ステージの上空に複数のエンコーダヘッドを固定し、ステージの位置に合わせてヘッドを切り替えて位置制御を行うことが開示されている。このようにスケールを可動部に配置し、ヘッドを静止部に配置するタイプでは、スケールの面積を小さくすることができるが、多数のヘッドを鏡筒支持体側の2次元面内に一定間隔で配置しなければならない。しかも、ヘッドの切り替え動作も複雑化する上に、実際問題として複数のヘッドを熱的かつ機械的に安定して固定するスペースの確保は困難であり、ヘッドを可動部に配置し、スケールを静止部に配置するタイプに対して設計ハードルが決して下がるわけでない。特許文献3の技術においても、複数のヘッドないしは大面積スケールのいずれかを本体フレーム部にレイアウトすることは避けられず、特許文献1および特許文献2と同様の実装問題に直面する。

【0013】

本発明は、実装が容易な計測システムを備えるステージ装置、リソグラフィー装置および物品製造方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0014】

本発明の1つの側面は、ステージ装置に係り、前記ステージ装置は、互いに直交する第1方向および第2方向に移動可能なステージと、前記第1方向に延在するように前記ステージに配置されたスケールと、前記スケールと対面するように配置され、前記第2方向に延在する光学アセンブリと、計測光および参照光を前記光学アセンブリに送り、前記光学アセンブリから戻ってくる前記計測光および前記参照光を受ける干渉計と、を備え、前記光学アセンブリは、前記干渉計から提供される前記計測光および前記参照光の分離、および、前記干渉計に戻す前記計測光および前記参照光の結合のためのビームスプリッター/コンバイナーと、前記ビームスプリッター/コンバイナーから射出され前記スケールで回折された前記計測光を前記スケールに向けて再帰反射させ、前記スケールを介して前記ビームスプリッター/コンバイナーに戻す第1再帰反射器と、前記ビームスプリッター/コンバイナーから射出された前記参照光を再帰反射させて前記ビームスプリッター/コンバイナーに戻す第2再帰反射器と、を含み、前記ビームスプリッター/コンバイナー、前記第1再帰反射器および前記第2再帰反射器は、前記第2方向に延在する平面型の再帰反射器である。

【発明の効果】

【0015】

本発明によれば、実装が容易な計測システムを備えるステージ装置、リソグラフィー装置および物品製造方法が提供される。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】露光装置に組み込まれた干渉型エンコーダシステムおよびレーザー干渉計システムを含む計測システムの構成例を模式的に示す斜視図。

【図2】光学アセンブリの構成例を示す図。

【図3】露光装置に組み込まれた干渉型エンコーダシステムおよびレーザー干渉計システムを含む計測システムの他の構成例を模式的に示す斜視図。

【図4】露光装置に組み込まれた干渉型エンコーダシステムおよびレーザー干渉計システムを含む計測システムの更に他の構成例を模式的に示す斜視図。

10

20

30

40

50

【図5】一実施形態の露光装置の構成例を示す図。

【図6】レーザー干渉計システムの構成例を示す図。

【図7】図4に示された干渉型エンコーダシステムの構成例を示す斜視図。

【図8】光学アセンブリの他の構成例を示す図。

【発明を実施するための形態】

【0017】

以下、添付図面を参照して実施形態を詳しく説明する。なお、以下の実施形態は特許請求の範囲に係る発明を限定するものではない。実施形態には複数の特徴が記載されているが、これらの複数の特徴の全てが発明に必須のものとは限らず、また、複数の特徴は任意に組み合わせられてもよい。さらに、添付図面においては、同一若しくは同様の構成に同一の参照番号を付し、重複した説明は省略する。

10

【0018】

本明細書および図面において、構造および方向はXYZ座標系に従って説明される。方向は、絶対的な方向を意味するのではなく、複数の方向の間の相対的な関係を意味する。例えば、X軸方向、Y軸方向およびZ軸方向は、互いに直交する方向である。

【0019】

図5には、一実施形態の露光装置500の構成が示されている。露光装置500は、原版(不図示)のパターンを基板に投影し該基板を露光するように構成される。露光装置500は、原版および基板を静止させた状態で基板を露光するステップとして構成されてもよいし、原版および基板を走査しながら基板を露光するスキャナとして構成されてもよい。また、露光装置500は、基板に原版のパターンを転写するリソグラフィ装置の一例である。なお、露光装置500では、原版のパターンは、基板に塗布されている感光材(フォトリソ)に対して潜像の形態で転写される。

20

【0020】

照明系501は、原版ステージ502に搭載された不図示の原版を照明し、投影系503は、原版のパターンを基板ステージ機構504(ステージ装置または位置決め装置としても理解される)のステージに搭載された基板(不図示)に投影する。照明系501および投影系503は、原版のパターンを基板に転写する転写部を構成する。基板ステージ機構504は、定盤505に対してX軸方向に長ストロークで相対移動可能なXステージ506と、Xステージ506に対してY軸方向に長ストロークで相対移動可能なYステージ507とを含まう。また、基板ステージ機構504は、Yステージ507に対して短ストロークでX軸方向、Y軸方向、Z軸方向(投影系503の光軸方向)、x軸方向、y軸方向、z軸方向(つまり、6軸方向)に相対移動可能な微動ステージ(ステージ)508を含まう。微動ステージ508は、互いに直交するX軸方向(第2方向)およびY軸方向(第1方向)に移動可能なステージの一例として理解されてよい。ここで、x軸方向はX軸周りの回転方向、y軸方向はY軸周りの回転方向、z軸方向はZ軸周りの回転方向である。また、x軸方向の位置はX軸周りの回転角、y軸方向の位置はY軸周りの回転角、z軸方向はZ軸周りの回転角を意味する。微動ステージ508の上には、基板を保持する基板チャック509が配置されう。ただし、基板チャック509は、微動ステージ508の構成要素として理解されてもよい。

30

40

【0021】

Xステージ506は、Xリニアモータ(アクチュエータ)510により駆動されう。Xリニアモータ510は、定盤505に配置された複数のコイルで構成されうXリニアモータ固定子510bと、Xステージ506に設けられた永久磁石で構成されうXリニアモータ可動子510aとを含まう。Yステージ507は、Yリニアモータ(アクチュエータ)511により駆動されう。Yリニアモータ511は、Xステージ506に配置された複数のコイルで構成されうYリニアモータ固定子511bと、Yステージ507に設けられた永久磁石で構成されうYリニアモータ可動子511aとを含まう。

【0022】

Xステージ506とYステージ507の間には軸受が配置されう。Xリニアモータ

50

510によってXステージ506がX軸方向に駆動され、それによってYステージ507もX軸方向に駆動される。Xステージ506およびYステージ507は、定盤505によって気体軸受を介して支持されうる。微動ステージ508は、リニアモータ（不図示）等の複数のアクチュエータによって6軸に関して駆動されうる。一例において、微動ステージ508のX軸方向の駆動用に2つのXリニアモータが設けられ、微動ステージ508のY軸方向の駆動用に1つのYリニアモータが設けられ、微動ステージ508のZ軸方向の駆動用に3つのリニアモータ512が設けられうる。各リニアモータは、Yステージ507上に配置されたコイル（固定子）と、微動ステージ508に設けられた永久磁石（可動子）とを含みうる。また、微動ステージ508は、不図示の自重支持機構により、Yステージ507上に浮上した状態で支持されうる。

10

【0023】

投影系503は、複数の光学素子と、該複数の光学素子を収納する鏡筒とを有し、鏡筒支持体513により支持されうる。鏡筒支持体513は、エアマウント514を介してベース部材515によって支持され、定盤505は、エアマウント516を介してベース部材515によって支持されうる。エアマウント514、516は、例えば、アクティブ除振装置を含みうる。アクティブ除振装置は、床からベース部材515を介して伝わる振動を低減するとともに、内蔵アクチュエータとセンサにより鏡筒支持体513および定盤505によって支持された物体が移動することによって生じる振動を抑制する。基板ステージ機構504は、微動ステージ508の位置を計測するレーザー干渉計システムLIおよび干渉型エンコーダシステムENCを備えうる。

20

【0024】

図6には、レーザー干渉計システムLIの構成例が示されている。レーザー干渉計システムLIは、例えば、Xレーザー干渉計群1601、Yレーザー干渉計群1602、Zレーザー干渉計群1603を含みうる。Xレーザー干渉計群1601は、Xレーザー干渉計1601a、1601bを含みうる。Xレーザー干渉計1601a、1601bは、微動ステージ508の側面に対して計測用のレーザー光を照射するように配置されうる。Xレーザー干渉計1601a、1601bは、微動ステージ508のチルト情報（y軸方向の回転角）を得るために微動ステージ508の側面の互いに異なる高さ位置に対して計測用のレーザー光を照射するように配置されうる。Xレーザー干渉計1601a、1601bは、X軸方向に進む計測光（計測用のレーザー光）を微動ステージ508の側面に設けられた反射面に照射し、反射された計測光と基準面（不図示）で反射された参照光とを干渉させる。Xレーザー干渉計1601a、1601bは、干渉によって生じる干渉縞に基づいて微動ステージ508のX軸方向の位置を計測あるいは検出する。Xレーザー干渉計1601a、1601bから提供されるX軸方向の位置の差分に基づいて、y軸方向の回転角（チルト情報）を検出することができる。

30

【0025】

Yレーザー干渉計群1602は、Yレーザー干渉計1602a、1602b、1602cを含みうる。Yレーザー干渉計1602a、1602b、1602cは、微動ステージ508の側面に対して計測用のレーザー光を照射するように配置されうる。Yレーザー干渉計1602a、1602bは、微動ステージ508のチルト情報（x軸方向の回転角）を得るために微動ステージ508の側面の互いに異なる高さ位置に対して計測用のレーザー光を照射するように配置されうる。Yレーザー干渉計1602b、1602cは、微動ステージ508の回転情報（z軸方向の回転角）を得るために微動ステージ508の側面の同一高さで互いに異なる位置に対して計測用のレーザー光を照射するように配置されうる。Yレーザー干渉計1602a、1602b、1602cは、Y軸方向に進む計測光（計測用のレーザー光）を微動ステージ508の側面に設けられた反射面に照射し、反射された計測光と基準面（不図示）で反射された参照光とを干渉させる。Yレーザー干渉計1602a、1602b、1602cは、干渉によって生じる干渉縞に基づいて微動ステージ508のY軸方向の位置を計測あるいは検出する。Yレーザー干渉計1602a、1602b、1602cから提供されるY軸方向の位置の差分に基づいて、x軸方向お

40

50

よび z 軸方向の回転角を検出することができる。

【0026】

Zレーザー干渉計群1603は、Zレーザー干渉計1603a、1603bを含みうる。Zレーザー干渉計1603a、1603bは、微動ステージ508の上面に対して計測用のレーザー光を照射するように配置されうる。Zレーザー干渉計1603a、1603bは、Z軸方向に進む計測用のレーザー光を微動ステージ508の上面に設けられた反射面に照射し、反射されたレーザー光(計測光)と基準面(不図示)で反射された参照光とを干渉させる。Zレーザー干渉計1603a、1603bは、干渉によって生じる干渉縞に基づいて微動ステージ508のZ軸方向の位置を計測あるいは検出する。Zレーザー干渉計1603a、1603bから提供されるZ軸方向の位置の差分に基づいて、および y 軸方向の回転角(チルト)を検出することができる。

10

【0027】

Zレーザー干渉計1603aからの計測光(計測用のレーザー光)は、Xステージ506上のミラー1604aと、鏡筒支持体513に固定されたミラー1605a、1606aを介して微動ステージ508の上面に設けられた反射面に入射する。該反射面で反射された計測光は、ミラー1606a、1605a、1604aを介してZレーザー干渉計1603aに導かれる。一方、Zレーザー干渉計1603aからの参照光(計測用のレーザー光)は、Xステージ506上のミラー1604aと、鏡筒支持体513に固定されたミラー1605aを介してミラー1606aに照射され、ミラー1606aで反射される。ミラー1606aで反射された参照光は、ミラー1605a、1604aを介してZレーザー干渉計1603aに導かれる。

20

【0028】

Zレーザー干渉計1603bからの計測光(計測用のレーザー光)は、Xステージ506上のミラー1604bと、鏡筒支持体513に固定されたミラー1605b、1606bを介して微動ステージ508の上面に設けられた反射面に入射する。該反射面で反射された計測光は、ミラー1606b、1605b、1604bを介してZレーザー干渉計1603bに導かれる。一方、Zレーザー干渉計1603bからの参照光(計測用のレーザー光)は、Xステージ506上のミラー1604bと、鏡筒支持体513に固定されたミラー1605bを介してミラー1606bに照射され、ミラー1606bで反射される。ミラー1606bで反射された参照光は、ミラー1605b、1604bを介してZレーザー干渉計1603bに導かれる。

30

【0029】

ミラー1604a、1604b、1605a、1605bは、X軸方向に沿って長い形状を有し、Zレーザー干渉計1603a、1603bは、基板ステージ機構504の外部に配置される。このような構成により、微動ステージ508がXY平面で長ストロークの移動をしても、その上空を通るZレーザー干渉計1603の光路が遮断されることなく、微動ステージ508の移動に追従する。よって、微動ステージ508がどのXY位置にあっても微動ステージ508の上面の反射面に対して常に計測光(レーザー光)が照射される。ミラー1606aとミラー1606bとの間には投影系503が配置されており、微動ステージ508の上面に設けられた2つの反射面の一方の上方に投影系503が位置する場合には、他方の反射面を用いて位置を計測することができる。

40

【0030】

微動ステージ508とYステージ507との間には、位置センサ(例えば、リニアエンコーダ)が配置されうる。一例において、Yステージ507に対する微動ステージ508のZ軸方向、x軸方向、y軸方向における位置を計測するように3つのリニアエンコーダが配置されうる。このような位置センサは、微動ステージ508の反射面の形状を計測したり、キャリブレーションを行ったりするために用いられうる。リニアエンコーダの代わりに静電容量センサなどの他のセンサが用いられてもよい。

【0031】

露光装置500は、制御部550を備える。制御部550は、例えば、FPGA(Fi

50

eld Programmable Gate Arrayの略。)などのPLD(Programmable Logic Deviceの略。)、又は、ASIC(Application Specific Integrated Circuitの略。)、又は、プログラムが組み込まれた汎用又は専用のコンピュータ、又は、これらの全部または一部の組み合わせによって構成されうる。制御部550は、主制御部と、ステージ制御部とを含んでもよい。該主制御部は、露光装置の全体の動作を制御し、該ステージ制御部に対して位置指令情報を送信しうる。なお、該主制御部から該ステージ制御部に対して位置指令情報を送信する代わりに、位置指令情報を生成するために必要な情報を送信し、該ステージ制御部が位置指令情報を生成してもよい。該ステージ制御部は、レーザー干渉計システムLIおよび干渉型エンコーダシステムENCを用いて取得される微動ステージ508の6軸の情報に基づいて微動ステージ508を6軸に関して制御するように構成されうる。

10

【0032】

図1には、露光装置500に組み込まれた干渉型エンコーダシステムENCおよびレーザー干渉計システムLIを含む計測システムの1つの構成例が示されている。干渉型エンコーダシステムENCは、例えば、図5および図6に示された基板ステージ機構504およびレーザー干渉計システムLIの構成に影響を与えることなく基板ステージ機構504あるいは露光装置500に組み込まれうる。干渉型エンコーダシステムENCは、スケールSと、光学アセンブリRと、Z干渉計(干渉計)603とを含みうる。スケールSは、Y軸方向(第1方向)に延在するように微動ステージ508に配置されうる。スケールSは、微動ステージ508の上面に配置されうる。スケールSの表面には、ナノオーダーの微細ピッチでY軸方向に沿って配列された格子が設けられうる。スケールSの全体サイズは、ヘッドが可動部に配置されスケールが静止部に配置されるようなエンコーダレイアウトのように微動ステージ508のXY軸方向の可動域の全域をカバーする大面積である必要はない。スケールSのY軸方向の長さは、微動ステージ508のY軸方向の駆動に最低限必要な長さでよく、スケールSのX軸方向の幅も、光学アセンブリRを透過してくる計測光を反射させるのに最低限必要な幅でよい。

20

【0033】

Z干渉計603は、計測光および参照光を光学アセンブリRに送り、光学アセンブリRから戻ってくる計測光および参照光を受け取るように構成されうる。光学アセンブリRは、Z干渉計603からの計測光をスケールSに照射し、スケールSから戻ってくる計測光と、参照光とをZ干渉計603に戻すように構成されうる。

30

【0034】

光学アセンブリRは、微動ステージ508の可動域の少なくとも一部においてスケールSと対面するように配置されうる。光学アセンブリRは、X軸方向(第2方向)に延在しうる。光学アセンブリRは、長尺形状を有する光学部品の集合体でありうる。光学アセンブリRは、スケールSの上空にスケールSと交差するように配置されうる。光学アセンブリRは、ミラー606とスケールSとの間に、スケールSから所定の距離を隔てて静的に保持されうる。ここで、光学アセンブリRは、その長尺方向とミラー606の長尺方向(図1においてX軸方向)とが常に平行な姿勢のまま鏡筒支持体513または投影系503によって支持されうる。また、光学アセンブリRは、断熱部材を介して鏡筒支持体513または投影系503によって支持されることが好ましい。

40

【0035】

光学アセンブリRは、Z干渉計603から射出され、ミラー604、605、606を介して光学アセンブリRまで導かれた計測光および参照光をその内部で分離し、計測光をスケールSの表面に照射しうる。また、光学アセンブリRは、スケールSの表面で反射あるいは回折した計測光を少なくとも1度スケールSに向けて再起反射し、スケールSから戻ってくる計測光を参照光と再結合して、Z干渉計603に戻す。光学アセンブリRの長尺方向の長さも、スケールSと同様に、微動ステージ508のX軸方向の駆動と計測光の透過に必要な最低限の長さでありうる。ミラー604(第1ミラー)は、微動ステージ508とともにX軸方向(第2方向)に移動するXステージ506(可動体)に配置されう

50

る。ミラー 605 (第2ミラー) およびミラー 606 (第3ミラー) は、微動ステージ 508、Xステージ 506 およびミラー 604 から離隔して固定的に配置され、X軸方向に延在しうる。ミラー 604、605、606 は、Z干渉計 603 と光学アセンブリ R との間に計測光および参照光の光路を形成するように配置されうる。

【0036】

図 2 (a)、(b) には、光学アセンブリ R の 1 つの構成例が示されている。図 2 (a) において、矢印を伴う実線は計測光 200 の光路、矢印を伴う点線は参照光 201 の光路を示している、矢印は計測光および参照光の進行方向を示している。光学アセンブリ R は、ビームスプリッタ/コンバイナー P B S と、第 1 再帰反射器 202 a、202 b と、第 2 再帰反射器 203 とを含みうる。ビームスプリッタ/コンバイナー P B S は、Z干渉計 603 から提供される計測光 200 および参照光 201 を分離し、および、Z干渉計 603 に戻す計測光 200 および参照光 201 を結合する。第 1 再帰反射器 202 a、202 b は、ビームスプリッタ/コンバイナー P B S から射出されスケール S で回折された計測光 200 をスケール S に向けて再帰反射させ、スケール S で反射または回折させる。つまり、第 1 再帰反射器 202 a、202 b に入射した計測光 200 は、第 1 再帰反射器 202 a、202 b で再帰反射された後にスケール S を介してビームスプリッタ/コンバイナー P B S に戻る。また、第 1 再帰反射器 202 a、202 b は、スケール S で反射または回折した計測光 200 をビームスプリッタ/コンバイナー P B S に戻す。第 2 再帰反射器 203 は、ビームスプリッタ/コンバイナー P B S から射出された参照光を再帰反射させてビームスプリッタ/コンバイナー P B S に戻す。ビームスプリッタ/コンバイナー P B S、第 1 再帰反射器 202 a、202 b および第 2 再帰反射器 203 は、X軸方向 (第 2 方向) に延在しうる。

【0037】

ミラー 604、605、606 を介して光学アセンブリ R に提供された計測光 200 および参照光 201 は、ビームスプリッタ/コンバイナー P B S で分離され、計測光 200 のみがスケール S に照射される。計測光 200 は、スケール S で回折して、非リトロ角で +1 次回折光 200 p および -1 次回折光 200 m が発生する。+1 次回折光 200 p は、再帰反射器 202 a で再帰反射されて再びスケール S で回折し光学アセンブリ R に戻る。-1 次回折光 200 m も、同様に、再帰反射器 202 b で再帰反射されて再びスケール S で回折し光学アセンブリ R に戻る。

【0038】

一方、ビームスプリッタ/コンバイナー P B S で分離された参照光 201 は、再帰反射器 203 で再帰反射されてビームスプリッタ/コンバイナー P B S に戻る。スケール S から戻ってきた計測光 200 の ± 1 次回折光 200 p、200 m は、再帰反射器 203 から戻ってきた参照光 201 と各々結合されて光学アセンブリ R からミラー 606 へ向けて出射する。計測光 200 の ± 1 次回折光 200 p、200 m および参照光 201 は、ミラー 606、605、604 を経由して偏光板 607 で結合されて Z干渉計 603 に戻る。Z干渉計 603 では、+1 次回折光 200 p と参照光 201 との光路差、および、-1 次回折光 200 m と参照光 201 との光路差に応じた干渉縞あるいは位相信号が検知される。この干渉縞あるいは位相信号に基づいて、Z干渉計 603 は、スケール S の 2 自由度 (Z軸方向および Y軸方向) に関する位置情報を生成しうる。例えば、特許文献 3 には、取得したヘテロサイン位相信号を 2 自由度に関する位置情報に変換する演算式が開示されている。

【0039】

図 1 に例示されるように光学アセンブリ R が X軸方向に延在する長尺形状である場合、微動ステージ 508 の X軸方向の移動に追従して Z干渉計 603 の光路 (計測光 200、参照光 201 の光路) が微動ステージ 508 の上空で X軸方向 (長尺方向) へ移動する。したがって、光学アセンブリ R に対する計測光 200 および参照光 201 の入射位置が X軸方向に移動しても、光学アセンブリ R の ZY断面、すなわち、長尺と直交する平面では常に図 2 (a) の光路が維持される。そのため、光学アセンブリ R に対する計測光 200

10

20

30

40

50

および参照光 201 の X 軸方向における入射位置に依らず、計測光 200 および参照光 201 の光路長は不変となる。

【0040】

図 2 (b) の再帰反射器 202 a、202 b、203 はいずれも 2 枚の平面を互いに直角に組み合わせた長尺プリズムでありうる。このような構成では、計測光 200 および参照光 201 が光学アセンブリ R の各面に対して常に垂直に入射し、かつ、光学アセンブリ R とスケール S との間の姿勢が理想的に平行な状態である限りは、入射した光が 2 回の反射で入射した方向と逆の方向へ戻る。しかし、計測光 200 および参照光 201 の光学アセンブリ R の入射面に対する入射角度が、X 軸方向の入射位置に応じて少しでも変化すると、光が入射した方向と逆の方向からずれて戻ってしまい計測誤差が発生しうる。例えば、光学アセンブリ R とスケール S との間の姿勢が厳密に平行でなく、いずれか一方が y 軸方向に回転している場合や、スケール S の面が熱によって変形して経年変化する物理事象等が想定されうる。こうした計測光 200 および参照光 201 の光軸ずれや、光学アセンブリ R および微動ステージ 508 の姿勢変化が招く計測誤差の発生に備えて、予め補正テーブルを作成しておき、干渉型エンコーダシステム ENC による計測値を補正してもよい。補正テーブルは、レーザー干渉計システム LI の X レーザー干渉計 1601、Y レーザー干渉計 1602、Z レーザー干渉計 1603 による計測値、あるいは、露光装置 500 に内蔵された不図示のフォーカス検出部等を利用して作成されうる。

10

【0041】

また、どのような光軸や姿勢であっても光学アセンブリ R 内部での光路長を不変の状態を常に維持する為に、光学アセンブリ R に構成される再帰反射器 202 a、202 b、203 は、平面型の再帰反射器としてもよい。図 8 (a)、(b) には、図 2 (a)、(b) の再帰反射器 202 a、202 b、203 を平面型の再帰反射器 801 a、801 b、801 で置き換えた構成が示されている。あるいは、非特許文献 1 にされているメタサーフェス、微細なコーナーキューブミラーまたは微小レンズアッセンブリ (キャッツアイ) を同一平面内に多数配列して平面型のリトロリフレクターを構成してもよい。平面型のリトロリフレクターを採用することにより、計測光 200 および参照光 201 の光軸ずれや光学アセンブリ R および微動ステージ 508 の姿勢に依存した計測誤差がなくなり、よりロバストな干渉型エンコーダシステム ENC を得ることができる。

20

【0042】

図 3 には、露光装置 500 に組み込まれた干渉型エンコーダシステム ENC およびレーザー干渉計システム LI を含む計測システムの他の構成例が示されている。図 3 の構成例では、干渉型エンコーダシステム ENC は、2 つの計測器を含む。第 1 計測器は、スケール S a と、光学アセンブリ R a と、Z 干渉計 (干渉計) 603 a と、ミラー 604 a、605 a、606 a とを含みうる。第 2 計測器は、スケール S b と、光学アセンブリ R b と、Z 干渉計 (干渉計) 603 b と、ミラー 604 b、605 b、606 b とを含みうる。第 1 計測器および第 2 計測器は、微動ステージ 508 の Z 軸方向および Y 軸方向の位置を計測するように配置されうる。図 3 の構成例では、レーザー干渉計システム LI は、前述の X レーザー干渉計 1601 (1601 a、1601 b) と、Y レーザー干渉計 1602 (1602 a、1602 b、1602 c) を含む。

30

40

【0043】

まず、干渉型エンコーダシステム ENC について説明する。スケール S a、S b は、Y 軸方向に延在し、微動ステージ 508 の上面における Y 軸方向に平行な 2 つの辺に沿ってそれぞれ配置されうる。光学アセンブリ R a は、微動ステージ 508 の可動域の少なくとも一部においてスケール S a と対面するように配置され、X 軸方向に延在しうる。光学アセンブリ R b は、微動ステージ 508 の可動域の少なくとも一部においてスケール S b と対面するように配置され、X 軸方向に延在しうる。

【0044】

Z 干渉計 603 a は、ミラー 604 a、605 a、606 a を介して光学アセンブリ R a に計測光および参照光を提供し、光学アセンブリ R a から戻ってくる計測光および参照

50

光を受け取りうる。Z干渉計603aは、計測光および参照光によって生じる干渉縞に基づいて微動ステージ508のZ軸方向およびY軸方向の位置を計測あるいは検出する。Z干渉計603bは、ミラー604b、605b、606bを介して光学アセンブリRbに計測光および参照光を提供し、光学アセンブリRbから戻ってくる計測光および参照光を受け取りうる。Z干渉計603bは、計測光および参照光によって生じる干渉縞に基づいて微動ステージ508のZ軸方向およびY軸方向の位置を計測あるいは検出する。また、制御部550は、Z干渉計603a、603bで計測されたY軸方向の位置の差分に基づいて、微動ステージ508のz軸方向の回転角を検出することができる。

【0045】

次に、レーザー干渉計システムLIについて説明する。Xレーザー干渉計1601a、1601bは、微動ステージ508のX軸方向の位置を計測あるいは検出する。制御部550は、Xレーザー干渉計1601a、1601bで計測されたX軸方向の位置の差分に基づいて微動ステージ508のy軸方向位置を検出することができる。Yレーザー干渉計1602a、1602b、1602cは、微動ステージ508のY軸方向の位置を計測あるいは検出する。制御部550は、Yレーザー干渉計1602aおよび1602bで計測されたY軸方向の位置の差分に基づいて微動ステージ508のx軸方向の回転角を検出することができる。制御部550は、Yレーザー干渉計1602bおよび1602cで計測されたY軸方向の位置の差分に基づいてz軸方向の回転角を検出することができる。

【0046】

微動ステージ508の上空のZ干渉計603a、603bの光路は、XY平面内の可動域内で微動ステージ508が移動しても遮断されることはなく、微動ステージ508の上面のスケールSa、Sbに常に計測光を照射することができる。スケールSa、Sbから戻ってくる計測光を参照光とともに同一光路を通してZ干渉計603a、603bに戻すことができる。

【0047】

微動ステージ508のY軸方向の位置とz軸方向の回転角に関しては、Yレーザー干渉計1602b、1602cとZ干渉計603a、603bの両方で計測することができる。微動ステージ508の広いストロークあるいは可動域のうち短期・短区間の計測を干渉エンコーダ方式であるZ干渉計603a、603bで行い、長期・長区間の変動分をレーザー干渉計方式であるYレーザー干渉計1602b、1602cを用いて補正してもよい。また、計測光および参照光の光軸ずれや光学アセンブリRa、Rbおよび微動ステージ508の姿勢に依存したZ干渉計603a、603bの計測誤差を補正する補正テーブルをYレーザー干渉計1602b、1602cによる計測結果に基づいて生成してもよい。

【0048】

以上のように、既存のレーザー干渉計システムを用いながらZ軸とY軸に限定して干渉型エンコーダシステムを実装したステージ装置を提供することができる。これにより、露光装置の全体レイアウトへの変更を殆ど加えることなく、高精度なエンコーダシステムへの転換と性能向上が可能になる。

【0049】

図4には、露光装置500に組み込まれた干渉型エンコーダシステムENCおよびレーザー干渉計システムLIを含む計測システムの更に他の構成例が示されている。図7には、図4に示された干渉型エンコーダシステムENCおよびレーザー干渉計システムLIのうち干渉型エンコーダシステムENCが示されている。干渉型エンコーダシステムENCおよびレーザー干渉計システムLIを使って微動ステージ508の位置を6軸に関して検出することができる。

【0050】

露光装置500は、前述の基板ステージ機構504に代えて、基板ステージ機構400を備えている。基板ステージ機構400は、Xステージ506とYステージ507とが交差した構成を有する。基板ステージ機構400は、Xステージ506と、Yステージ5

10

20

30

40

50

07と、XYステージ401とを含みうる。Xステージ506は、定盤505上においてX軸方向に長ストロークで移動可能である。Yステージ507は、定盤505上においてY軸方向に長ストロークで移動可能である。XYステージ401は、Xステージ506とYステージ507とが交差する位置で定盤505上においてX軸方向およびY軸方向に移動可能である。基板ステージ機構400は、XYステージ401に対して短ストロークで6自由度、即ち、X軸方向、Y軸方向、Z軸方向、x軸方向、y軸方向、z軸方向に関して駆動される微動ステージ508を含みうる。微動ステージ508の上には、基板を保持する基板チャック509が配置されうる。ただし、基板チャック509は、微動ステージ508の構成要素として理解されてもよい。

【0051】

Xステージ506、Yステージ507およびXYステージ401は、定盤505によって気体軸受を介して支持されうる。Xステージ506は、定盤505上に配置された複数のコイルで構成されうるXリニアモータ固定子510bと、Xステージ506に設けられた永久磁石で構成されうるXリニアモータ可動子510aとを含むXリニアモータによって駆動されうる。Yステージ507は、定盤505上に配置された複数のコイルで構成されるYリニアモータ固定子511bと、Yステージ507に設けられた永久磁石で構成されるYリニアモータ可動子511aとを含むYリニアモータによって駆動されうる。Xステージ506とXYステージ401との間には軸受が配置されうる。Yステージ507とXYステージ401との間には軸受が配置されうる。

【0052】

微動ステージ508は、XYステージ401上に配置され、リニアモータ等の複数のアクチュエータによって6軸に関して駆動されうる。また、微動ステージ508は、不図示の自重支持機構により、XYステージ401上に浮上した状態で支持されうる。微動ステージ508とXYステージ401の間には、位置センサ（例えば、リニアエンコーダ）が配置されうる。一例において、Yステージ507に対する微動ステージ508のZ軸方向、x軸方向、y軸方向における位置を計測するように3つのリニアエンコーダが配置されうる。このような位置センサは、微動ステージ508の反射面の形状を計測したり、キャリブレーションを行ったりするために用いられうる。リニアエンコーダの代わりに静電容量センサなどの他のセンサが用いられてもよい。

【0053】

まず、干渉型エンコーダシステムENCについて説明する。図4および図7の構成例では、干渉型エンコーダシステムENCは、4つの計測器を含む。第1計測器は、スケールSaと、光学アセンブリRaと、Z干渉計（干渉計）603aと、ミラー604a、605a、606aとを含みうる。第2計測器は、スケールSbと、光学アセンブリRbと、Z干渉計（干渉計）603bと、ミラー604b、605b、606bとを含みうる。第3計測器は、スケールScと、光学アセンブリRcと、Z干渉計（干渉計）603cと、ミラー604c、605c、606cとを含みうる。第4計測器は、スケールSdと、光学アセンブリRdと、Z干渉計（干渉計）603dと、ミラー604d、605d、606dとを含みうる。

【0054】

スケールSa、Sbは、薄板で構成され、Y軸方向に延在する長尺形状を有し、微動ステージ508の上面のY軸方向に平行な辺に沿って配置される。スケールSa、SbのY軸方向の長さは、微動ステージ508のY軸方向の駆動に最低限必要な長さでよく、スケールSa、SbのX軸方向の幅も、光学アセンブリRa、Rbを透過してくる計測光を反射させるのに最低限必要な幅でよい。スケールSa、Sbの表面には、ナノオーダーの微細ピッチでY軸方向に沿って配列された格子が設けられている。

【0055】

スケールSc、Sdは、薄板で構成され、X軸方向に延在する長尺形状を有し、微動ステージ508の上面のX軸方向に平行な辺に沿って配置される。スケールSc、SdのX軸方向の長さは、微動ステージ508のX方向の駆動に最低限必要な長さでよく、スケ-

10

20

30

40

50

ル S c、S d の Y 軸方向幅も、光学アセンブリ R c、R d を透過してくる計測光を反射させるのに最低限必要な幅でよい。スケール S c、S d の表面には、ナノオーダーの微細ピッチで X 軸方向に沿って配列された格子が設けられている。

【0056】

Z 干渉計 603 a は、ミラー 604 a、605 a、606 a を介して光学アセンブリ R a に計測光および参照光を提供し、光学アセンブリ R a から戻ってくる計測光および参照光を受け取る。そして、Z 干渉計 603 a は、計測光および参照光によって生じる干渉縞に基づいて微動ステージ 508 の Z 軸方向および Y 軸方向の位置を検出する。Z 干渉計 603 b は、ミラー 604 b、605 b、606 b を介して光学アセンブリ R b に計測光および参照光を提供し、光学アセンブリ R b から戻ってくる計測光および参照光を受け取る。そして、Z 干渉計 603 b は、計測光および参照光によって生じる干渉縞に基づいて微動ステージ 508 の Z 軸方向および Y 軸方向の位置を検出する。また、制御部 550 は、Z 干渉計 603 a、603 b で計測された Y 軸方向の位置の差分に基づいて、微動ステージ 508 の z 軸方向の回転角を検出することができる。

10

【0057】

Z 干渉計 603 c は、ミラー 604 c、605 c、606 c を介して光学アセンブリ R a に計測光および参照光を提供し、光学アセンブリ R c から戻ってくる計測光および参照光を受け取る。そして、Z 干渉計 603 c は、計測光および参照光によって生じる干渉縞に基づいて微動ステージ 508 の Z 軸方向および Y 軸方向の位置を検出する。Z 干渉計 603 d は、ミラー 604 d、605 d、606 d を介して光学アセンブリ R d に計測光および参照光を提供し、光学アセンブリ R d から戻ってくる計測光および参照光を受け取る。そして、Z 干渉計 603 d は、計測光および参照光によって生じる干渉縞に基づいて微動ステージ 508 の Z 軸方向および Y 軸方向の位置を検出する。また、制御部 550 は、Z 干渉計 603 c、603 d で計測された Y 軸方向の位置の差分に基づいて、微動ステージ 508 の z 軸方向の回転角を検出することができる。

20

【0058】

ミラー 605 a、605 b、606 a、606 b、光学アセンブリ R a、光学アセンブリ R b は X 軸方向に沿った長尺形状を有し、Z 干渉計 603 a、603 b は、基板ステージ機構 400 の外部に配置されている。ミラー 606 a、606 b の間には投影系 503 が配置されており、微動ステージ 508 上のスケール S a、スケール S b の一方の上方に投影系 503 が位置する場合には、他方のスケール S を用いて位置を計測することができる。ただし、スケール S a、スケール S b の一方の上方に投影系 503 が位置する場合、z 軸方向の回転角を検出することができない。この場合には、レーザー干渉計システム L I を使って検出される z 軸方向の回転角を利用することができる。

30

【0059】

ミラー 605 c、605 d、606 c、606 d、光学アセンブリ R c、光学アセンブリ R d は Y 軸方向に沿った長尺形状を有し、Z 干渉計 603 c、603 d は、基板ステージ機構 400 の外部に配置されている。ミラー 606 c、606 d の間には投影系 503 が配置されており、微動ステージ 508 上のスケール S c、スケール S d の一方の上方に投影系 503 が位置する場合には、他方のスケール S を用いて位置を計測することができる。ただし、スケール S c、スケール S d の一方の上方に投影系 503 が位置する場合、z 軸方向の回転角を検出することができない。この場合には、レーザー干渉計システム L I を使って検出される z 軸方向の回転角を利用することができる。

40

【0060】

図 4 および図 7 の構成例では、レーザー干渉計システム L I は、X レーザー干渉計 1601 a、1601 b および Y レーザー干渉計 1602 a、1602 b、1602 c を含む。X レーザー干渉計 1601 a、1601 b は、微動ステージ 508 の X 軸方向の位置を計測する。制御部 550 は、X レーザー干渉計 1601 a、1601 b で計測された X 軸方向の位置の差分に基づいて微動ステージ 508 の y 軸方向位置を検出することができる。Y レーザー干渉計 1602 a、1602 b、1602 c は、微動ステージ 508 の Y

50

軸方向の位置を計測する。制御部 550 は、Y レーザー干渉計 1602 a および 1602 b で計測された Y 軸方向の位置の差分に基づいて微動ステージ 508 の x 軸方向の回転角を検出することができる。また、制御部 550 は、Y レーザー干渉計 1602 b および 1602 c で計測された Y 軸方向の位置の差分に基づいて z 軸方向の回転角を検出することができる。

【0061】

微動ステージ 508 の X 軸方向の位置、Y 軸方向の位置、z 軸方向の位置（回転角）、x 軸方向の位置（回転角、）y 軸方向の位置（回転角に）については、干渉型エンコーダシステム ENC とレーザー干渉計システム LI との双方で検出することができる。換言すると、干渉型エンコーダシステム ENC を使って検出される微動ステージ 508 の位置情報の少なくとも一部は、レーザー干渉計システム LI を使っても検出されうる。

10

【0062】

微動ステージ 508 の広いストロークあるいは可動域のうち短期・短区間の計測を干渉エンコーダ方式である Z 干渉計 603 a ~ 603 d で行い、長期・長区間の変動分をレーザー干渉計方式であるレーザー干渉計 601、602 を用いて補正してもよい。また、計測光および参照光の光軸ずれや光学アセンブリ Ra、Rb、Rc、Rd および微動ステージ 508 の姿勢に依存した Z 干渉計 603 a ~ 603 d の計測誤差を補正する補正テーブルをレーザー干渉計 601、602 による計測結果に基づいて生成してもよい。

【0063】

図 4 および図 7 を参照しながら説明した計測システム、基板ステージ装置あるいは露光装置によれば、微動ステージ 508 の位置を 6 軸に関して高い精度で検出することができる。また、このような構成によれば、既存の露光装置の全体レイアウトに殆ど変更を加えることなく、高精度なエンコーダシステムを採用することができる。

20

【0064】

上記の計測システムは、露光装置の他、例えば、インプリント装置、マスクレスの荷電粒子線描画装置などのリソグラフィー装置あるいはパターン転写装置適用することができる。また、上記の計測システムは、リソグラフィー装置以外でも、高い位置決め精度が要求される装置（例えば、顕微鏡または機械加工装置）にも適用可能である。

【0065】

以下、上記の露光装置に代表されるリソグラフィー装置を用いて物品を製造する物品製造像方法について説明する。該物品製造方法は、上記のリソグラフィー装置を用いて基板にパターンを転写する転写工程と、該転写工程でパターンが転写された該基板を処理することによって物品を得る処理工程と、を含みうる。該リソグラフィー装置が露光装置である場合、該物品製造方法は、露光装置を使用して、感光剤が塗布された基板を露光する露光工程と、その基板（感光剤）を現像する現像工程と、現像された基板を処理して物品を得る処理工程とを含みうる。処理工程は、例えば、エッチング、レジスト剥離、ダイシング、ボンディング、パッケージング等が含まれる。本物品製造方法によれば、従来よりも高品位の物品を製造することができる。

30

【0066】

発明は上記実施形態に制限されるものではなく、発明の精神および範囲から離脱することなく、様々な変更および変形が可能である。従って、発明の範囲を公にするために請求項を添付する。

40

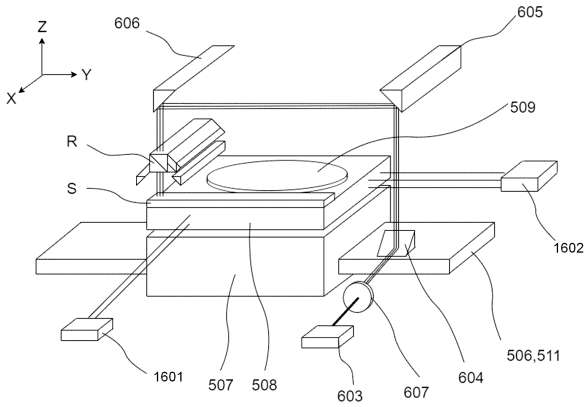
【符号の説明】

【0067】

508 : 微動ステージ (ステージ)、S : スケール、R : 光学アセンブリ、603 : 干渉計

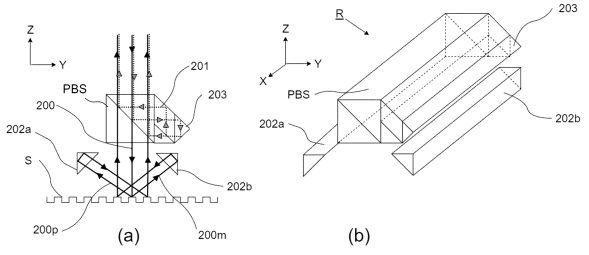
【図面】

【図 1】



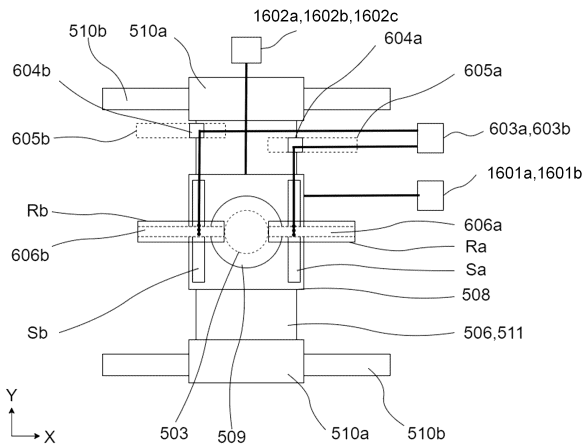
ENC.LI

【図 2】



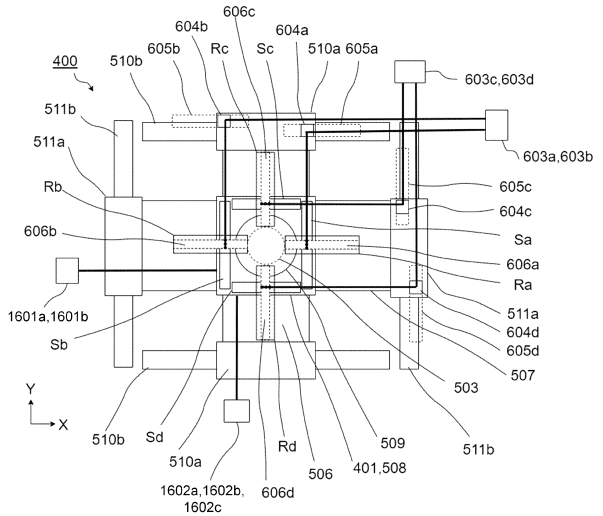
10

【図 3】



ENC.LI

【図 4】



ENC.LI

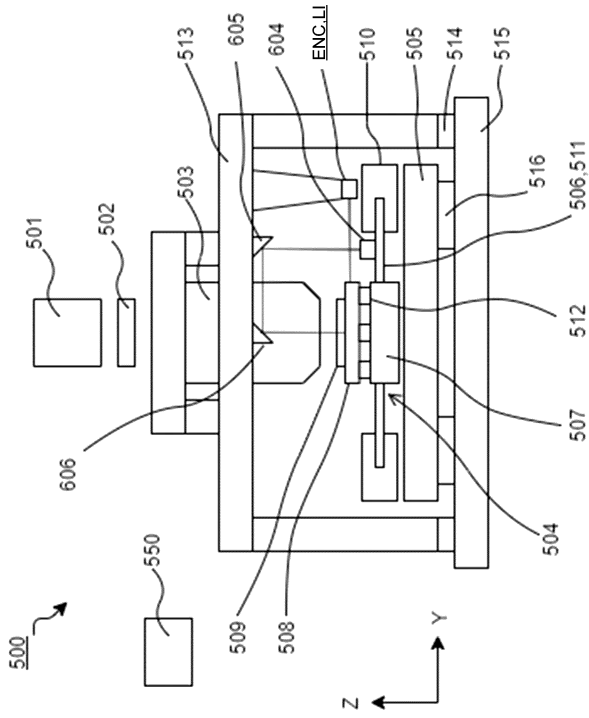
20

30

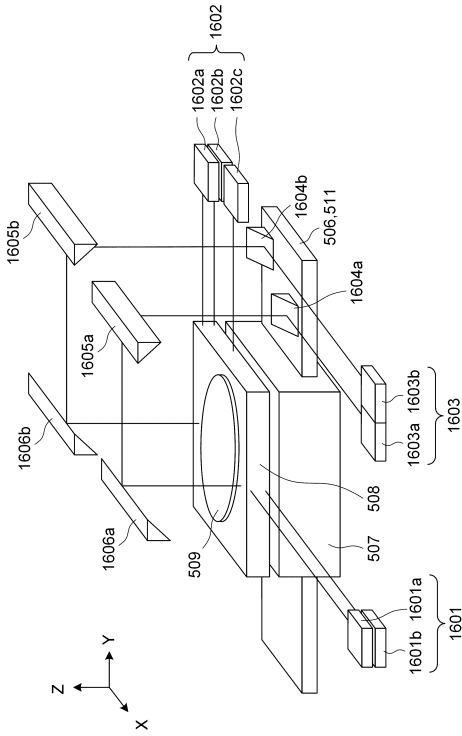
40

50

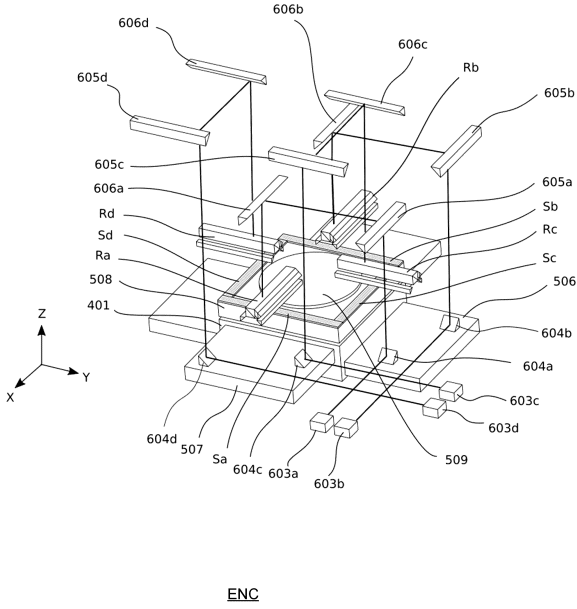
【図 5】



【図 6】

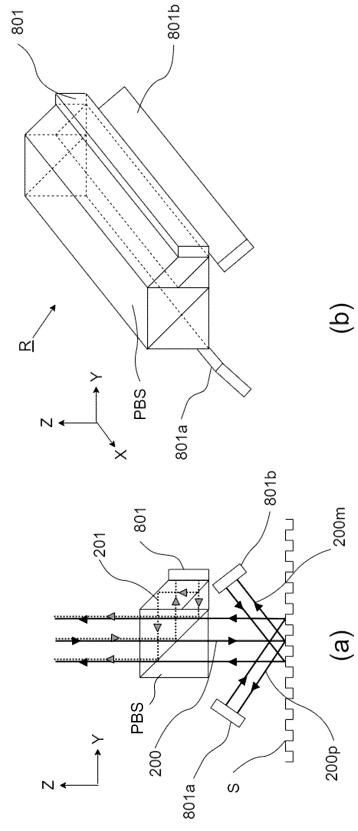


【図 7】



ENC

【図 8】



U

10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2014-190896(JP,A)
特表2013-525750(JP,A)
特開2009-302490(JP,A)
特開2002-319541(JP,A)
特開2005-244088(JP,A)
米国特許出願公開第2012/0032067(US,A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
G03F 7/20, 9/00
G01B 11/00
H01L 21/68