

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5077744号  
(P5077744)

(45) 発行日 平成24年11月21日(2012.11.21)

(24) 登録日 平成24年9月7日(2012.9.7)

(51) Int.Cl.		F I		
<b>HO 1 L</b>	<b>21/027</b>	<b>(2006.01)</b>	HO 1 L	21/30 5 0 3 A
<b>GO 3 F</b>	<b>7/20</b>	<b>(2006.01)</b>	HO 1 L	21/30 5 1 5 G
			HO 1 L	21/30 5 1 6 B
			GO 3 F	7/20 5 2 1

請求項の数 21 (全 33 頁)

(21) 出願番号	特願2007-192660 (P2007-192660)	(73) 特許権者	000004112 株式会社ニコン 東京都千代田区有楽町1丁目12番1号
(22) 出願日	平成19年7月24日(2007.7.24)	(74) 代理人	100102901 弁理士 立石 篤司
(65) 公開番号	特開2009-32748 (P2009-32748A)	(72) 発明者	柴崎 祐一 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内
(43) 公開日	平成21年2月12日(2009.2.12)	(72) 発明者	金谷 有歩 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内
審査請求日	平成22年4月14日(2010.4.14)	審査官	佐野 浩樹

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 露光方法及び露光装置、並びにデバイス製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

エネルギービームにより物体を露光して前記物体上にパターンを形成する露光方法であって、

所定の平面内で物体を保持して移動する移動体上の一面に配置され、前記平面に平行な第1方向を周期方向とする格子を有する一対の第1グレーティングにそれぞれ対向する前記第1方向に直交する第2方向に関して位置が異なる複数の第1エンコーダヘッドの計測値に基づいて、前記移動体の前記第1方向及び前記平面内の回転方向の位置を管理しつつ、前記移動体を前記平面に平行で前記第2方向へ移動させ、前記第2方向に関して検出領域の位置が異なる複数のマーク検出系をそれぞれ用いて、前記移動体上に存在する少なくとも1つのマークを検出することで、前記複数のマーク検出系の特性測定を行なう特性測定工程を含む露光方法。

【請求項2】

前記特性測定工程では、前記移動体の前記一面に配置され、前記第2方向を周期方向とする格子を有する第2グレーティングに対向する第2エンコーダヘッドの計測値に基づいて、前記移動体の前記第2方向の位置が管理される請求項1に記載の露光方法。

【請求項3】

請求項1又は2に記載の露光方法を用いて物体上にパターンを形成する工程と；  
前記パターンが形成された物体を現像する工程と；を含むデバイス製造方法。

【請求項4】

エネルギービームにより物体を露光して前記物体上にパターンを形成する露光装置であつて、

所定の平面内で物体を保持して移動するとともに、その一面に前記平面に平行な第 1 方向を周期方向とする格子を有する一対の第 1 グレーティングが前記物体の載置領域を前記第 1 方向に直交する第 2 方向に挟んで配置された移動体と；

前記第 2 方向に関して位置が異なる複数の第 1 ヘッドを有し、前記一対の第 1 グレーティングにそれぞれ対向する 2 つの前記第 1 ヘッドの計測値に基づいて、前記移動体の前記第 1 方向及び前記平面内の回転方向の位置を計測するエンコーダシステムと；

前記第 2 方向に関して検出領域の位置が異なる複数のマーク検出系と；

前記エンコーダシステムの計測結果に基づいて、前記移動体の前記第 1 方向及び前記平面内の回転方向の位置を管理しつつ、前記移動体を前記平面に平行で前記第 1 方向に直交する第 2 方向へ移動させ、前記複数のマーク検出系をそれぞれ用いて前記移動体上に存在する少なくとも 1 つのマークを検出することで、前記複数のマーク検出系の特性測定を行なう制御装置と；を備える露光装置。

【請求項 5】

前記移動体の前記一面には、前記第 2 方向を周期方向とする格子を有する第 2 グレーティングが少なくとも 1 つ設けられ、

前記エンコーダシステムは、少なくとも 1 つの第 2 ヘッドをさらに有し、前記第 2 グレーティングに対向する前記第 2 ヘッドの計測値に基づいて、前記移動体の前記第 2 方向の位置をさらに計測する請求項 4 に記載の露光装置。

【請求項 6】

前記制御装置は、前記特性測定に際し、前記エンコーダシステムの計測結果に基づいて、前記移動体の前記第 2 方向の位置をさらに管理する請求項 5 に記載の露光装置。

【請求項 7】

前記複数の第 1 ヘッドは、前記複数の検出領域の両外側にそれぞれ複数配置された、第 1、第 2 のヘッド群に分離されている請求項 5 又は 6 に記載の露光装置。

【請求項 8】

前記第 1、第 2 のヘッド群は、それぞれ、前記第 1 方向に関して他の第 1 ヘッドと位置が異なる第 1 ヘッドを少なくとも 1 つ含む請求項 7 に記載の露光装置。

【請求項 9】

前記第 1、第 2 のヘッド群それぞれに含まれる前記複数の第 1 ヘッドのうち、最も内側に位置する第 1 ヘッドが、前記第 1 方向に関して、他の第 1 ヘッドと位置が異なる請求項 8 に記載の露光装置。

【請求項 10】

前記第 1、第 2 のヘッド群それぞれが有する前記複数の第 1 ヘッドは、前記第 2 方向に関して前記第 1 グレーティングの幅よりも狭い間隔で配置されている請求項 7 ~ 9 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 11】

前記複数のマーク検出系は、前記検出領域の位置が固定の第 1 マーク検出系と、少なくとも前記第 2 方向に関して前記検出領域の位置が調整可能な第 2 マーク検出系とを含む請求項 7 ~ 10 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 12】

前記複数のマーク検出系は、前記第 1 マーク検出系の検出中心に関して対称に検出中心が設定可能な少なくとも 1 対の前記第 2 マーク検出系を含む請求項 11 に記載の露光装置。

【請求項 13】

前記複数の検出領域の前記第 1 方向の一側に配置された光学部材をさらに備える請求項 5 ~ 12 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 14】

前記エンコーダシステムは、前記第 2 ヘッドを複数有し、該複数の第 2 ヘッドは、前記

10

20

30

40

50

第 1 方向に関して位置が異なる請求項 1 3 に記載の露光装置。

【請求項 1 5】

前記複数の第 2 ヘッドは、前記光学部材の中心近傍を通る第 1 方向の直線である基準線に沿って配置されている請求項 1 4 に記載の露光装置。

【請求項 1 6】

前記複数の第 2 ヘッドは、前記基準線上で、前記光学部材の前記第 1 方向の一側と前記前記複数の検出領域の第 1 方向の他側とに配置され、それぞれ複数の第 2 ヘッドを含む第 3、第 4 のヘッド群に分離され、

前記移動体の前記一面には、前記第 2 グレーティングが前記物体の載置領域を挟んで前記第 1 方向に離れて一対配置されている請求項 1 5 に記載の露光装置。

10

【請求項 1 7】

前記第 3、第 4 のヘッド群それぞれに属する複数の第 2 ヘッドは、前記第 1 方向に関して前記第 2 グレーティングの幅より狭い間隔で配置されている請求項 1 6 に露光装置。

【請求項 1 8】

前記エンコーダシステムは、前記光学部材を挟んで、前記第 2 方向の一側と他側に配置され、前記第 2 方向に関して位置が異なる複数の第 1 ヘッドをそれぞれ含む第 5、第 6 のヘッド群をさらに含み、前記一対の第 1 グレーティングにそれぞれ対向する前記第 5、第 6 のヘッド群にそれぞれ属する各 1 つのヘッドの計測値に基づいて、前記移動体の前記第 1 方向及び前記平面内の回転方向の位置を計測する請求項 1 3 ~ 1 7 のいずれか一項に記載の露光装置。

20

【請求項 1 9】

前記第 5、第 6 のヘッド群それぞれに含まれる前記複数の第 1 ヘッドのうち、最も前記光学部材の中心に近い側に位置する第 1 ヘッドが、前記第 1 方向に関して、他の第 1 ヘッドと位置が異なる請求項 1 8 に記載の露光装置。

【請求項 2 0】

前記第 5、第 6 のヘッド群それぞれの複数の第 1 ヘッドは、前記第 2 方向に関して前記第 1 グレーティングの幅より狭い間隔で配置されている請求項 1 8 又は 1 9 に記載の露光装置。

【請求項 2 1】

前記光学系と前記物体の間を液体で満たして液浸領域を形成する液浸システムを、さらに備える請求項 1 3 ~ 2 0 のいずれか一項に記載の露光装置。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、露光方法及び露光装置、並びにデバイス製造方法に係り、更に詳しくは、半導体素子、液晶表示素子等を製造するリソグラフィ工程で用いられる露光方法及び露光装置、並びに前記露光方法を用いるデバイス製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、半導体素子、液晶表示素子等のマイクロデバイス（電子デバイスなど）を製造す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）、あるいはステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置（いわゆるスキャニング・ステッパ（スキャナとも呼ばれる））などが、主として用いられている。

40

【0003】

このようなステッパやスキャナ等では、被露光基板、例えばウエハを保持するステージの位置計測は、レーザ干渉計を用いて行われるのが、一般的であった。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、要求される性能が厳しくなり、例えば重ね合わせ誤差についてみると、総合的な重ね合わせ誤差の許容値が数 nm のオーダーとなり、ステージの位置制御誤差の許容値もサブナノオーダー以下となり、今や、レーザ干渉計のビーム光路上の雰囲気温度揺らぎ（空気揺らぎ）に起因する計測値の短期的な変

50

動が無視できなくなってきた。

【0004】

そこで、最近では、干渉計に比べて空気揺らぎの影響を受け難い高分解能のエンコーダが注目されるようになっており、該エンコーダをウエハステージ等の位置計測に用いる露光装置の開発が行なわれている。

【0005】

しかしながら、エンコーダを用いる場合、干渉計と同程度の広範囲でのウエハステージの高精度な位置計測を可能とし、しかも装置全体のスループットを維持するためには、解決しなければならない問題は少なくない。その1つとして、ウエハアライメントに際し、スループットを低下させることなく、アライメント精度を向上させることがある。

10

【発明の開示】

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明は、上述した事情の下になされたもので、第1の観点からすると、エネルギービームにより物体を露光して前記物体上にパターンを形成する露光方法であって、所定の平面内で物体を保持して移動する移動体上の一面に配置され、前記平面に平行な第1方向を周期方向とする格子を有する一对の第1グレーティングにそれぞれ対向する前記第1方向に直交する第2方向に関して位置が異なる複数の第1エンコーダヘッドの計測値に基づいて、前記移動体の前記第1方向及び前記平面内の回転方向の位置を管理しつつ、前記移動体を前記平面に平行で前記第2方向へ移動させ、前記第2方向に関して検出領域の位置が異なる複数のマーク検出系をそれぞれ用いて、前記移動体上に存在する少なくとも1つのマークを検出することで、前記複数のマーク検出系の特性測定を行なう特性測定工程を含む露光方法である。

20

【0007】

これによれば、一对の第1グレーティングにそれぞれ対向する第2方向に関して位置が異なる複数の第1エンコーダヘッドの計測値に基づいて、移動体の第1方向及び平面内の回転方向の位置を高精度に管理しつつ、移動体を第2方向へ移動させ、第2方向に関して検出領域の位置が異なる複数のマーク検出系をそれぞれ用いて、移動体上に存在する少なくとも1つのマークを検出することで、複数のマーク検出系の特性測定を行なう。これにより、移動体の第1方向及び回転方向の位置制御誤差を極力排除した状態で、マークの位置情報をマーク検出系毎に求めることができ、結果的に複数のマーク検出系の特性を精度良く計測することが可能になる。

30

【0008】

本発明は、第2の観点からすると、本発明の露光方法を用いて物体上にパターンを形成する工程と；前記パターンが形成された物体を現像する工程と；を含むデバイス製造方法である。

【0009】

本発明は、第3の観点からすると、エネルギービームにより物体を露光して前記物体上にパターンを形成する露光装置であって、所定の平面内で物体を保持して移動するとともに、その一面に前記平面に平行な第1方向を周期方向とする格子を有する一对の第1グレーティングが前記物体の載置領域を前記第1方向に直交する第2方向に挟んで配置された移動体と；前記第2方向に関して位置が異なる複数の第1ヘッドを有し、前記一对の第1グレーティングにそれぞれ対向する2つの前記第1ヘッドの計測値に基づいて、前記移動体の前記第1方向及び前記平面内の回転方向の位置を計測するエンコーダシステムと；前記第2方向に関して検出領域の位置が異なる複数のマーク検出系と；前記エンコーダシステムの計測結果に基づいて、前記移動体の前記第1方向及び前記平面内の回転方向の位置を管理しつつ、前記移動体を前記平面に平行で前記第1方向に直交する第2方向へ移動させ、前記複数のマーク検出系をそれぞれ用いて前記移動体上に存在する少なくとも1つのマークを検出することで、前記複数のマーク検出系の特性測定を行なう制御装置と；を備え

40

50

る露光装置である。

【0010】

これによれば、制御装置により、エンコーダシステムの計測結果に基づいて、移動体の第1方向及び平面内の回転方向の位置を管理しつつ、移動体を第2方向へ移動させ、複数のマーク検出系をそれぞれ用いて移動体上に存在する少なくとも1つのマークを順次検出することで、複数のマーク検出系の特性測定が行なわれる。これにより、移動体の第1方向及び回転方向の位置制御誤差を極力排除した状態で、マークの位置情報をマーク検出系毎に求めることができ、結果的に複数のマーク検出系の特性を精度良く計測することが可能になる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

以下、本発明の一実施形態について、図1～図14に基づいて説明する。

【0012】

図1には、一実施形態の露光装置100の構成が概略的に示されている。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ャナである。後述するように本実施形態では、投影光学系PLが設けられており、以下においては、この投影光学系PLの光軸AXと平行な方向をZ軸方向、これに直交する面内でレチクルとウエハとが相対走査される方向をY軸方向、Z軸及びY軸に直交する方向をX軸方向とし、X軸、Y軸、及びZ軸回りの回転（傾斜）方向をそれぞれx、y、及びz方向として説明を行う。

【0013】

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

【0014】

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、レチクルブラインド等（いずれも不図示）を有する照明光学系とを含む。この照明系10は、レチクルブラインド（マスキングシステム）で規定されたレチクルR上のスリット状の照明領域IARを照明光（露光光）ILによりほぼ均一な照度で照明する。ここで、照明光ILとしては、一例としてArFエキシマレーザ光（波長193nm）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。

【0015】

レチクルステージRST上には、回路パターンなどがそのパターン面（図1における下面）に形成されたレチクルRが、例えば真空吸着により固定されている。レチクルステージRSTは、例えばリニアモータ等を含むレチクルステージ駆動系11（図1では不図示、図6参照）によって、XY平面内で微小駆動可能であるとともに、走査方向（図1における紙面内左右方向であるY軸方向）に指定された走査速度で駆動可能となっている。

【0016】

レチクルステージRSTの移動面内の位置情報（z方向の回転情報を含む）は、レチクルレーザ干渉計（以下、「レチクル干渉計」という）116によって、移動鏡15（実際には、Y軸方向に直交する反射面を有するY移動鏡（あるいは、レトロリフレクタ）とX軸方向に直交する反射面を有するX移動鏡とが設けられている）を介して、例えば0.25nm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11

10

20

30

40

50

6の計測値に基づいてレチクルステージRSTのX軸方向、Y軸方向及び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RST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RST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、x及びy方向の少なくとも1つに関するレチクルステージRSTの位置情報も計測可能としても良い。

#### 【0017】

投影ユニットPUは、レチクルステージRSTの図1における下方に配置されている。投影ユニットPUは、鏡筒40と、鏡筒40内に所定の位置関係で保持された複数の光学素子を有する投影光学系PLとを含む。投影光学系PLとしては、例えばZ軸方向と平行な光軸AX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PL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ILによって照明領域IARが照明されると、投影光学系PL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ILにより、投影光学系PL(投影ユニットPU)を介してその照明領域IAR内のレチクルRの回路パターンの縮小像(回路パターンの一部の縮小像)が、その第2面(像面)側に配置される、表面にレジスト(感光剤)が塗布されたウエハW上の前記照明領域IARに共役な領域(以下、露光領域とも呼ぶ)IAに形成される。そして、レチクルステージRSTとウエハステージWSTとの同期駆動によって、照明領域IAR(照明光IL)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IL)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。即ち、本実施形態では照明系10、レチクル及び投影光学系PLによってウエハW上にパターンが生成され、照明光IL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。

#### 【0018】

なお、不図示ではあるが、投影ユニットPUは、防振機構を介して3本の支柱で支持される鏡筒定盤に搭載されている。ただし、これに限らず、例えば国際公開第2006/038952号パンフレットに開示されているように、投影ユニットPU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RSTが配置されるベース部材などに対して投影ユニットPUを吊り下げ支持しても良い。

#### 【0019】

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

#### 【0020】

また、本実施形態の露光装置100では、液浸法を適用した露光を行うため、投影光学系PLを構成する最も像面側(ウエハW側)の光学素子、ここではレンズ(以下、「先端レンズ」ともいう)191を保持する鏡筒40の下端部周囲を取り囲むように、局所液浸装置8の一部を構成するノズルユニット32が設けられている。本実施形態では、ノズルユニット32は、図1に示されるように、その下端面が先端レンズ191の下端面とほぼ面一に設定されている。また、ノズルユニット32は、液体Lqの供給口及び回収口と、ウエハWが対向して配置され、かつ回収口が設けられる下面と、液体供給管31A及び液体回収管31Bとそれぞれ接続される供給流路及び回収流路とを備えている。液体供給管31Aと液体回収管31Bとは、図3に示されるように、平面視(上方から見て)でX軸方向及びY軸方向に対して45°傾斜し、投影ユニットPUの中心(投影光学系PLの光

10

20

30

40

50

軸 A X、本実施形態では前述の露光領域 I A の中心とも一致)を通りかつ Y 軸と平行な直線(基準軸) L V に関して対称な配置となっている。

【 0 0 2 1 】

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 2 2 】

液体供給装置 5 は、液体を供給するためのタンク、加圧ポンプ、温度制御装置、並びに液体供給管 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、タンク内の液体の温度を、例えば露光装置が収納されているチャンバ(不図示)内の温度と同程度の温度に調整する。なお、タンク、加圧ポンプ、温度制御装置、バルブなどは、そのすべてを露光装置 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。

10

【 0 0 2 3 】

液体回収装置 6 は、液体を回収するためのタンク及び吸引ポンプ、並びに液体回収管 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 のバルブと同様に流量制御弁を用いることが望ましい。なお、タンク、吸引ポンプ、バルブなどは、そのすべてを露光装置 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。

20

【 0 0 2 4 】

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、ウエハ上のフォトレジストや光学レンズ等に対する悪影響がない利点がある。

【 0 0 2 5 】

A r F エキシマレーザ光に対する水の屈折率  $n$  は、ほぼ 1 . 4 4 である。この水の中では、照明光 I L の波長は、 $1 9 3 \text{ n m} \times 1 / n = \text{約 } 1 3 4 \text{ n m}$  に短波長化される。

30

【 0 0 2 6 】

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 2 0 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 2 0 からの指示に応じ、液体供給管 3 1 A に接続されたバルブを所定開度で開き、液体供給管 3 1 A、供給流路、及び供給口を介して先端レンズ 1 9 1 とウエハ W との間に液体(水)を供給する。また、このとき、液体回収装置 6 のコントローラは、主制御装置 2 0 からの指示に応じ、液体回収管 3 1 B 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 3 1 B を介して、先端レンズ 1 9 1 とウエハ W との間から液体回収装置 6 (液体のタンク)の内部に液体(水)を回収する。このとき、主制御装置 2 0 は、先端レンズ 1 9 1 とウエハ W との間に供給される水の量と、回収される水の量とが常に等しくなるように、液体供給装置 5 のコントローラ、液体回収装置 6 のコントローラに対して指令を与える。従って、先端レンズ 1 9 1 とウエハ W との間に、一定量の液体(水) L q (図 1 参照)が保持される。この場合、先端レンズ 1 9 1 とウエハ W との間に保持された液体(水) L q は、常に入れ替わっている。

40

【 0 0 2 7 】

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 3 2、液体供給装置 5、液体回収装置 6、液体供給管 3 1 A 及び液体回収管 3 1 B 等を含み、局所液浸装置 8 が構成されている。なお、局所液浸装置 8 の一部、例えば少なくともノズルユニット 3 2 は、投影ユニット P U 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

50

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。

【0028】

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。

【0029】

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

【0030】

図1に戻り、ステージ装置50は、ベース盤12の上方に配置されたウエハステージWST及び計測ステージMST、これらのステージWST, MSTの位置情報を計測する計測システム200(図6参照)、及びステージWST, MSTを駆動するステージ駆動系124(図6参照)などを備えている。計測システム200は、図6に示されるように、干渉計システム118及びエンコーダシステム150などを含む。干渉計システム118は、図2に示されるように、ウエハステージWSTの位置計測用のY干渉計16、X干渉計126、127、128、並びに計測ステージMSTの位置計測用のY干渉計18及びY干渉計130等を含む。

【0031】

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

【0032】

ウエハステージWSTは、不図示のリニアモータ等によってXY平面内で駆動されるステージ本体91と、ステージ本体91上に不図示のZ・レベリング機構(例えばボイスコイルモータなど)を介して搭載され、ステージ本体91に対してZ軸方向、x方向、及びy方向に相対的に微小駆動されるウエハテーブルWTBとを含んでいる。

【0033】

ウエハテーブルWTB上には、ウエハWを真空吸着等によって保持するウエハホルダ(不図示)が設けられている。ウエハホルダはウエハテーブルWTBと一体に形成しても良いが、本実施形態ではウエハホルダとウエハテーブルWTBとを別々に構成し、例えば真空吸着などによってウエハホルダをウエハテーブルWTBの凹部内に固定している。また、ウエハテーブルWTBの上面には、ウエハホルダ上に載置されるウエハWの表面とほぼ面一となる、液体Lqに対して撥液化処理された表面(撥液面)を有し、かつ外形(輪郭)が矩形でその中央部にウエハホルダ(ウエハの載置領域)よりも一回り大きな円形の開口が形成されたプレート(撥液板)28が設けられている。プレート28は、低熱膨張率の材料、例えばガラス又はセラミックス(ショット社のゼロデュア(商品名)、Al<sub>2</sub>O

10

20

30

40

50

3 あるいはTiCなど)から成り、その表面には、例えばフッ素樹脂材料、ポリ四フッ化エチレン(テフロン(登録商標))等のフッ素系樹脂材料、アクリル系樹脂材料あるいはシリコン系樹脂材料などにより撥液膜が形成される。さらにプレート28は、図4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の周囲に配置された矩形棒状(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、第2撥液領域28bは、後述のエンコーダシステムのためのスケールが形成される。なお、プレート28はその表面の少なくとも一部がウエハの表面と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て構成する。本実施形態では、前述の如く液体Lqとして水を用いるので、以下では第1及び第2撥液領域28a、28bをそれぞれ第1及び第2撥水板28a、28bとも呼ぶ。

#### 【0034】

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。

#### 【0035】

また、図4(A)から明らかなように、第1撥水板28aの+Y側の端部には、そのX軸方向の中央部に長方形の切り欠きが形成され、この切り欠きと第2撥水板28bとで囲まれる長方形の空間の内部(切り欠きの内部)に計測プレート30が埋め込まれている。この計測プレート30の長手方向の中央(ウエハテーブルWTBのセンターラインLL上)には、基準マークFMが形成されるとともに、該基準マークのX軸方向の一侧と他側に、基準マークの中心に関して対称な配置で一对の空間像計測スリットパターン(スリット状の計測用パターン)SLが形成されている。各空間像計測スリットパターンSLとしては、一例として、Y軸方向とX軸方向とに沿った辺を有するL字状のスリットパターン、あるいはX軸及びY軸方向にそれぞれ延びる2つの直線状のスリットパターンなどを用いることができる。

#### 【0036】

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

#### 【0037】

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

10

20

30

40

50

## 【 0 0 3 8 】

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における左右両側)の領域には、Yスケール39Y<sub>1</sub>、39Y<sub>2</sub>がそれぞれ形成され、Yスケール39Y<sub>1</sub>、39Y<sub>2</sub>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。

## 【 0 0 3 9 】

同様に、第2撥水板28bのY軸方向一側と他側(図4における上下両側)の領域には、Yスケール39Y<sub>1</sub>及び39Y<sub>2</sub>に挟まれた状態でXスケール39X<sub>1</sub>、39X<sub>2</sub>がそれぞれ形成され、Xスケール39X<sub>1</sub>、39X<sub>2</sub>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又は溝等から成る格子が目盛りとして所定間隔(ピッチ)で刻まれている。各スケールに用いられる回折格子の種類は限定されるものではなく、機械的に溝等が形成されたもののみならず、例えば、感光性樹脂に干渉縞を焼き付けて作成したものであっても良い。但し、各スケールは、例えば薄板状のガラスに上記回折格子の目盛りを、例えば138nm~4μmの間のピッチ、例えば1μmピッチで刻んで作成されている。これらスケールは前述の撥液膜(撥水膜)で覆われている。なお、図4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。

## 【 0 0 4 0 】

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スケールと一对のXスケールとは、そのウエハテーブルWTBの上面に直接形成しても良い。

## 【 0 0 4 1 】

なお、回折格子を保護するために、撥水性をそなえた低熱膨張率のガラス板でカバーすることも有効である。ここで、ガラス板としては、厚さがウエハと同程度、例えば厚さ1mmのものを用いることができ、そのガラス板の表面がウエハ面と同じ高さ(面一)になるよう、ウエハテーブルWST上面に設置される。

## 【 0 0 4 2 】

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

## 【 0 0 4 3 】

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のY干渉計16、並びに3つのX干渉計126、127及び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

10

20

30

40

50

置（例えば投影ユニットPUの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、この計測値が主制御装置20に供給される。本実施形態では、上記各干渉計として、一部（例えば干渉計128）を除いて、測長軸を複数有する多軸干渉計が用いられおり、Y干渉計16及びX干渉計126又は127のいずれかの計測値に基づいて、主制御装置20は、ウエハテーブルWTBのX、Y位置に加え、x方向の回転情報（すなわちピッチング）、y方向の回転情報（すなわちローリング）、及びz方向の回転情報（すなわちヨーイング）も計測可能である。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（z方向の回転情報を含む）は、主として、後述するエンコーダシステムによって計測され、干渉計16、126～128の計測値は、そのエンコーダシステムの計測値の長期的変動（例えばスケールの経時的な変形などによる）を補正（校正）する場合などに補助的に用いられる。

10

## 【0044】

また、Y干渉計16は、ウエハ交換のため、後述するアンローディングポジション、及びローディングポジション付近においてウエハテーブルWTBのY位置等を計測するのに用いられる。また、アンローディングポジション、及びローディングポジション付近においてウエハテーブルWTBのX位置等を計測するのに干渉計128が用いられる。

## 【0045】

また、例えばローディング動作とアライメント動作との間、及びノ又は露光動作とアンローディング動作との間におけるウエハステージWSTの移動においても、干渉計システム118の計測情報、すなわち5自由度の方向（X軸、Y軸、x、y及びz方向）の位置情報の少なくとも1つが用いられる。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。

20

## 【0046】

なお、本実施形態では、ウエハステージWSTがXY平面内で自在に移動可能なステージ本体91と、ステージ本体91上に搭載され、ステージ本体91に対してZ軸方向、x方向、及びy方向に相対的に微小駆動可能なウエハテーブルWTBとを含むものとしたが、これに限らず、6自由度で移動可能な単一のステージをウエハステージWSTとして採用しても勿論良い。また、反射面17a、反射面17bの代わりに、ウエハテーブルWTBに平面ミラーから成る移動鏡を設けても良い。さらに、投影ユニットPUに設けられる固定ミラーの反射面を基準面としてウエハステージWSTの位置情報を計測するものとしたが、その基準面を配置する位置は投影ユニットPUに限られるものでないし、必ずしも固定ミラーを用いてウエハステージWSTの位置情報を計測しなくても良い。

30

## 【0047】

また、本実施形態では、干渉計システム118によって計測されるウエハステージWSTの位置情報が、後述の露光動作やアライメント動作などでは用いられず、主としてエンコーダシステムのキャリブレーション動作（すなわち、計測値の校正）などに用いられるものとしたが、干渉計システム118の計測情報（すなわち、5自由度の方向の位置情報の少なくとも1つ）を、例えば露光動作及びノ又はアライメント動作などで用いても良い。本実施形態では、エンコーダシステムはウエハステージWSTの3自由度の方向、すなわちX軸、Y軸及びz方向の位置情報を計測する。そこで、露光動作などにおいて、干渉計システム118の計測情報のうち、エンコーダシステムによるウエハステージWSTの位置情報の計測方向（X軸、Y軸及びz方向）と異なる方向、例えばx方向及びノ又はy方向に関する位置情報のみを用いても良いし、その異なる方向の位置情報に加えて、エンコーダシステムの計測方向と同じ方向（すなわち、X軸、Y軸及びz方向の少なくとも1つ）に関する位置情報を用いても良い。また、干渉計システム118はウエハステージWSTのZ軸方向の位置情報を計測可能としても良い。この場合、露光動作などにおいてZ軸方向の位置情報を用いても良い。

40

50

## 【 0 0 4 8 】

計測ステージMSTは、不図示のリニアモータ等によってXY平面内で駆動されるステージ本体92と、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についても不図示の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Z方向に微動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を含むステージ本体92を6自由度方向に駆動可能な構成にしても良い。

## 【 0 0 4 9 】

なお、図6では、ウエハステージWSTのステージ本体91を駆動するリニアモータ等及びZ・レベリング機構、並びに計測ステージMSTのステージ本体92を駆動するリニアモータ等及びZ・レベリング機構を含んで、ステージ駆動系124として示されている。

## 【 0 0 5 0 】

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号パンフレットなどに開示されているシャック・ハルトマン（Shack-Hartman）方式の波面収差計測器98などが採用されている。波面収差計測器98としては、例えば国際公開第99/60361号パンフレット（対応欧州特許第1,079,223号）に開示されるものも用いることができる。

## 【 0 0 5 1 】

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MST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PL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MSTに搭載しても良い。

## 【 0 0 5 2 】

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MSTのセンターラインCL（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MST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。

## 【 0 0 5 3 】

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PLの像面上で照明光IL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。

## 【 0 0 5 4 】

なお、本実施形態では、投影光学系PLと液体（水）Lqとを介して露光光（照明光）IL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IL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

10

20

30

40

50

に波面収差計測器 98 では、投影光学系 PL 及び水を介して照明光 IL を受光することとなる。また、各センサは、例えば光学系などの一部だけが計測テーブル MTB (及びステージ本体 92) に搭載されていても良いし、センサ全体を計測テーブル MTB (及びステージ本体 92) に配置するようにしても良い。

#### 【0055】

計測ステージ MST のステージ本体 92 には、図 5 (B) に示されるように、その - Y 側の端面に、棒状の取付部材 42 が固定されている。また、ステージ本体 92 の - Y 側の端面には、取付部材 42 の開口内部の X 軸方向の中心位置近傍に、前述した一对の送光系 36 に対向し得る配置で、一对の受光系 44 が固定されている。各受光系 44 は、リレーレンズなどの光学系と、受光素子、例えばフォトマルチプライヤチューブなどと、これらを 10 収納する筐体とによって構成されている。図 4 (B) 及び図 5 (B)、並びにこれまでの説明からわかるように、本実施形態では、ウエハステージ WST と計測ステージ MST とが、Y 軸方向に関して所定距離以内に近接した状態 (接触状態を含む) では、計測プレート 30 の各空間像計測スリットパターン SL を透過した照明光 IL が前述の各送光系 36 で案内され、各受光系 44 の受光素子で受光される。すなわち、計測プレート 30、送光系 36 及び受光系 44 によって、前述した特開 2002 - 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 (図 6 参照) が構成される。

#### 【0056】

取付部材 42 の上には、断面矩形の棒状部材から成るフィデューシャルバー (以下、「FDバー」と略述する) 46 が X 軸方向に延設されている。この FDバー 46 は、フルキネマティックマウント構造によって、計測ステージ MST 上にキネマティックに支持されている。 20

#### 【0057】

FDバー 46 は、原器 (計測基準) となるため、低熱膨張率の光学ガラスセラミックス、例えば、ショット社のゼロデュア (商品名) などがその素材として採用されている。この FD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、FDバー 46 の長手方向の一侧と他側の端部近傍には、図 5 (A) に示されるように、Y 軸方向を周期方向とする基準格子 (例えば回折格子) 52 がそれぞれ形成されている。この一对の基準格子 52 は、所定距離 L を隔てて FDバー 46 の X 軸方向の中心、すなわち前述のセンターライン CL に関して対称な配置で形成されている。 30

#### 【0058】

また、この FDバー 46 の上面には、図 5 (A) に示されるような配置で複数の基準マーク M が形成されている。この複数の基準マーク M は、同一ピッチで Y 軸方向に関して 3 行の配列で形成され、各行の配列が X 軸方向に関して互いに所定距離だけずれて形成されている。各基準マーク M としては、後述するプライマリアライメント系、セカンダリアライメント系によって検出可能な寸法の 2 次元マークが用いられている。基準マーク M はその形状 (構成) が前述の基準マーク FM と異なっても良いが、本実施形態では基準マーク M と基準マーク FM とは同一の構成であり、かつウエハ W のアライメントマークとも同一の構成となっている。なお、本実施形態では FDバー 46 の表面、及び計測テーブル MTB (前述の計測用部材を含んでも良い) の表面もそれぞれ撥液膜 (撥水膜) で覆われている。 40

#### 【0059】

計測テーブル MTB の + Y 端面、- X 端面にも前述したウエハテーブル WTB と同様の反射面 19a、19b が形成されている (図 2 及び図 5 (A) 参照)。干渉計システム 118 の Y 干渉計 118、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 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 50

れる。

【0060】

本実施形態の露光装置100では、図1では図面の錯綜を避ける観点から図示が省略されているが、実際には、図3に示されるように、前述の基準軸LV上で、その光軸AXから-Y側に所定距離隔てた位置に検出中心を有するプライマリアライメント系AL1が配置されている。プライマリアライメント系AL1は、支持部材54を介して不図示のメインフレームの下面に固定されている。プライマリアライメント系AL1を挟んで、X軸方向の一侧と他側には、基準軸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<sub>1</sub>、AL2<sub>2</sub>と、AL2<sub>3</sub>、AL2<sub>4</sub>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<sub>1</sub>~AL2<sub>4</sub>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。

10

【0061】

各セカンダリアライメント系AL2<sub>n</sub>(n=1~4)は、セカンダリアライメント系AL2<sub>4</sub>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<sub>n</sub>(n=1~4)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<sub>n</sub>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<sub>n</sub>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<sub>1</sub>、AL2<sub>2</sub>、AL2<sub>3</sub>、AL2<sub>4</sub>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<sub>1</sub>、AL2<sub>2</sub>、AL2<sub>3</sub>、AL2<sub>4</sub>はその検出領域(又は検出中心)が独立にX軸方向に可動である。従って、プライマリアライメント系AL1及びセカンダリアライメント系AL2<sub>1</sub>、AL2<sub>2</sub>、AL2<sub>3</sub>、AL2<sub>4</sub>はX軸方向に関してその検出領域の相対位置が調整可能となっている。なお、本実施形態では、アームの回動によりセカンダリアライメント系AL2<sub>1</sub>、AL2<sub>2</sub>、AL2<sub>3</sub>、AL2<sub>4</sub>のX位置が調整されるものとしたが、これに限らず、セカンダリアライメント系AL2<sub>1</sub>、AL2<sub>2</sub>、AL2<sub>3</sub>、AL2<sub>4</sub>をX軸方向に往復駆動する駆動機構を設けても良い。また、セカンダリアライメント系AL2<sub>1</sub>、AL2<sub>2</sub>、AL2<sub>3</sub>、AL2<sub>4</sub>の少なくとも1つをX軸方向だけでなくY軸方向にも可動として良い。なお、各セカンダリアライメント系AL2<sub>n</sub>はその一部がアーム56<sub>n</sub>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<sub>n</sub>に固定されるその一部の位置情報が計測可能となっている。このセンサは、セカンダリアライメント系AL2<sub>n</sub>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(x及び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。

20

30

【0062】

各アーム56<sub>n</sub>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<sub>n</sub>(n=1~4)が設けられている。また、アーム56<sub>n</sub>は、例えばモータ等を含む回転駆動機構60<sub>n</sub>(n=1~4、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<sub>n</sub>の回転調整後に、各バキュームパッド58<sub>n</sub>を作動させて各アーム56<sub>n</sub>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<sub>n</sub>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AL1及び4つのセカンダリアライメント系AL2<sub>1</sub>~AL2<sub>4</sub>の所望の位置関係が維持される。

40

【0063】

なお、メインフレームのアーム56<sub>n</sub>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。

【0064】

本実施形態では、プライマリアライメント系AL1及び4つのセカンダリアライメント系AL2<sub>1</sub>~AL2<sub>4</sub>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

50

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AL1及び4つのセカンダリアライメント系AL2<sub>1</sub>～AL2<sub>4</sub>のそれぞれからの撮像信号は、不図示のアライメント信号処理系を介して図6の主制御装置20に供給されるようになっている。

【0065】

なお、上記各アライメント系としては、FIA系に限らず、例えばコヒーレントな検出光を対象マークに照射し、その対象マークから発生する散乱光又は回折光を検出する、あるいはその対象マークから発生する2つの回折光（例えば同次数の回折光、あるいは同方向に回折する回折光）を干渉させて検出するアライメントセンサを単独であるいは適宜組み合わせ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AL1、AL2<sub>1</sub>～AL2<sub>4</sub>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。

【0066】

さらに、本実施形態の露光装置100では、レチクルRの上方に、例えば特開平7-176468号公報等に開示される、露光波長の光を用いたTTR（Through The Reticle）アライメント系から成る一对のレチクルアライメント検出系13A、13B（図1では不図示、図6参照）が設けられ、該レチクルアライメント検出系13A、13Bの検出信号は、不図示のアライメント信号処理系を介して主制御装置20に供給される。

【0067】

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

【0068】

ヘッドユニット62A及び62Cは、図3に示されるように、X軸方向の位置が異なる複数（ここでは5つ）のYヘッド65<sub>i</sub>、64<sub>i</sub>（ $i = 1 \sim 5$ ）をそれぞれ備えている。より詳細には、ヘッドユニット62A及び62Cは、それぞれ、X軸方向に沿って投影光学系PLの光軸AXを通りかつX軸と平行な直線（基準軸）LH上に間隔WDで配置された複数（ここでは4つ）のYヘッド65<sub>2</sub>～65<sub>5</sub>、64<sub>1</sub>～64<sub>4</sub>と、これら4つのYヘッドの投影光学系PL側に距離WD離れ、かつ基準軸LHから-Y方向に所定距離離れた液浸ユニット32の-Y側の位置に配置された1つのYヘッド65<sub>1</sub>、64<sub>5</sub>とを備えている。

【0069】

ヘッドユニット62Aは、前述のYスケール39Y<sub>1</sub>を用いて、ウエハステージWST（ウエハテーブルWTB）のY軸方向の位置（Y位置）を計測する多眼（ここでは、5眼）のYリニアエンコーダ（以下、適宜「Yエンコーダ」又は「エンコーダ」と略述する）70A（図6参照）を構成する。同様に、ヘッドユニット62Cは、前述のYスケール39Y<sub>2</sub>を用いて、ウエハステージWST（ウエハテーブルWTB）のY位置を計測する多眼（ここでは、5眼）のYエンコーダ70C（図6参照）を構成する。ここで、ヘッドユニット62A及び62Cがそれぞれ備える5つのYヘッド65及び64（すなわち、計測ビーム）のX軸方向の間隔WDは、Yスケール39Y<sub>1</sub>、39Y<sub>2</sub>のX軸方向の幅（より正確には、格子線38の長さ）より僅かに狭く設定されている。

【0070】

ヘッドユニット62Bは、図3に示されるように、液浸ユニット32（投影ユニットPU）の+Y側に配置され、上記基準軸LV上にY軸方向に沿って間隔WDで配置された複数、ここでは4個のXヘッド66を備えている。また、ヘッドユニット62Dは、液浸ユニット32（投影ユニットPU）を介してヘッドユニット62Bとは反対側のプライマリ

10

20

30

40

50

アライメント系 A L 1 の - Y 側に配置され、上記基準軸 L V 上に間隔 W D で配置された複数、ここでは 4 個の 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 X<sub>1</sub> 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、4 眼) の X リニアエンコーダ (以下、適宜「X エンコーダ」又は「エンコーダ」と略述する) 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 X<sub>2</sub> 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、4 眼) の X リニアエンコーダ 7 0 D (図 6 参照) を構成する。

【 0 0 7 1 】

ここでヘッドユニット 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) の間隔 W D は、前述の X スケール 3 9 X<sub>1</sub>, 3 9 X<sub>2</sub> の Y 軸方向の幅 (より正確には、格子線 3 7 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 B の最も - Y 側の X ヘッド 6 6 とヘッドユニット 6 2 D の最も + Y 側の X ヘッド 6 6 との間隔は、ウエハステージ W S T の Y 軸方向の移動により、その 2 つの X ヘッド間で切り換え (つなぎ) が可能となるように、ウエハテーブル W T B の Y 軸方向の幅よりも僅かに狭く設定されている。

【 0 0 7 2 】

本実施形態では、さらに、ヘッドユニット 6 2 C、6 2 A の - Y 側に所定距離隔てて、ヘッドユニット 6 2 E、6 2 F が、それぞれ設けられている。ヘッドユニット 6 2 E 及び 6 2 F は、図 3 等では図面の錯綜を避ける観点から図示が省略されているが、実際には、支持部材を介して、前述した投影ユニット 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 E、6 2 F 及び前述のヘッドユニット 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 0 7 3 】

ヘッドユニット 6 2 E は、X 軸方向の位置が異なる 4 つの Y ヘッド 6 7 を備えている。より詳細には、ヘッドユニット 6 2 E は、セカンダリアライメント系 A L 2<sub>1</sub> の - X 側に X 軸に平行な直線上に前述の間隔 W D とほぼ同一間隔で配置された 3 つの Y ヘッド 6 7 と、最も内側 (+ X 側) の Y ヘッド 6 7 から + X 側に所定距離 (W D より幾分短い距離) 離れ、かつセカンダリアライメント系 A L 2<sub>1</sub> の + Y 側に所定距離離れた位置に配置された 1 つの Y ヘッド 6 7 とを備えている。

【 0 0 7 4 】

ヘッドユニット 6 2 F は、前述の基準軸 L V に関して、ヘッドユニット 6 2 E と対称であり、上記 4 つの Y ヘッド 6 7 と基準軸 L V に関して対称に配置された 4 つの Y ヘッド 6 8 を備えている。後述するアライメント動作の際などには、Y スケール 3 9 Y<sub>2</sub>, 3 9 Y<sub>1</sub> に Y ヘッド 6 7, 6 8 が少なくとも各 1 つそれぞれ対向し、この Y ヘッド 6 7, 6 8 (すなわち、これら Y ヘッド 6 7, 6 8 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 z 回転) が計測される。

【 0 0 7 5 】

また、本実施形態では、後述するセカンダリアライメント系のベースライン計測時 (Sec BCHK (インターバル)) などに、セカンダリアライメント系 A L 2<sub>1</sub>、A L 2<sub>4</sub> に X 軸方向で隣接する Y ヘッド 6 7、6 8 が、F D バー 4 6 の一対の基準格子 5 2 とそれぞれ対向し、その一対の基準格子 5 2 と対向する Y ヘッド 6 7, 6 8 によって、F 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、一対の基準格子 5 2 にそれぞれ対向する Y ヘッド 6 7, 6 8 によって構成されるエンコーダを Y リニアエンコーダ (適宜、「Y エンコーダ」又は「エンコーダ」とも略述する) 7 0 E, 7 0 F (図 6 参照) と呼ぶ。

【 0 0 7 6 】

上述した 6 つのリニアエンコーダ 7 0 A ~ 7 0 F の計測値は、主制御装置 2 0 に供給され、主制御装置 2 0 は、リニアエンコーダ 7 0 A ~ 7 0 D のうちの 3 つの計測値に基づい

10

20

30

40

50

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70 E, 70 Fの計測値に基づいて、F Dバー46のz方向の回転を制御する。

【0077】

なお、図3では、計測ステージM S Tの図示が省略されるとともに、その計測ステージM S Tと先端レンズ191との間に保持される水L qで形成される液浸領域が符号14で示されている。また、図3において、符号U Pは、ウエハテーブルW T B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L PはウエハテーブルW T B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、アンロードポジションU Pと、ローディングポジションL Pとは、基準軸L Vに関して対称に設定されている。なお、アンロードポジションU PとローディングポジションL Pとを

10

【0078】

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。なお、図6においては、前述した照度むらセンサ94、空間像計測器96及び波面収差計測器98などの計測ステージM S Tに設けられた各種センサが、纏めてセンサ群99として示されている。

【0079】

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W T B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W S T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、Yスケール39 Y<sub>1</sub>, 39 Y<sub>2</sub>と、Yヘッド65, 64(ヘッドユニット62 A, 62 C)又はYヘッド68, 67(ヘッドユニット62 F, 62 E)とがそれぞれ対向し、かつXスケール39 X<sub>1</sub>, 39 X<sub>2</sub>のいずれか一方にXヘッド66(ヘッドユニット62 B又は62 D)が対向するようになっている。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実線の丸で囲んで示されている。

20

【0080】

主制御装置20は、前述のウエハステージW S Tの有効ストローク範囲では、エンコーダ70 A~70 Dのうちの3つ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W S TのX Y平面内の位置情報(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70 A~70 Dの計測値が受ける空気揺らぎの影響は、干渉計と比べた場合に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の短期安定性は、干渉計に比べて格段に良い。

30

【0081】

また、主制御装置20は、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W S TをX軸方向に駆動する際、そのウエハステージW S TのY軸方向の位置を計測するYヘッド65, 64を、同図中に矢印e<sub>1</sub>で示されるように、隣のYヘッド65, 64に順次切り換える。例えば実線の丸で囲まれるYヘッド64<sub>2</sub>から点線の丸で囲まれるYヘッド64<sub>3</sub>へ切り換える。すなわち、本実施形態では、このYヘッド65, 64の切り換え(つなぎ)を円滑に行うために、前述の如く、ヘッドユニット62 A, 62 Cが備える隣接するYヘッド65, 64の間隔W Dを、Yスケール39 Y<sub>1</sub>, 39 Y<sub>2</sub>のX軸方向の幅よりも狭く設定したものである。

40

【0082】

また、後述するSec-BCHK(ロット先頭)の際に、主制御装置20は、ウエハステージW S TをX軸方向に駆動する際に、ウエハステージW S TのY軸方向の位置を計測するYヘッド67, 68を、上記と同様に、隣のYヘッド67, 68に順次切り換える。

【0083】

また、本実施形態では、前述の如く、ヘッドユニット62 B, 62 Dが備える隣接する

50

Xヘッド66の間隔WDは、前述のXスケール39X<sub>1</sub>, 39X<sub>2</sub>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、主制御装置20は、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を、同図中に矢印e<sub>2</sub>で示されるように、順次隣のXヘッド66に切り換える(例えば実線の丸で囲まれるXヘッド66<sub>5</sub>から点線の丸で囲まれるXヘッド66<sub>6</sub>へ切り換える)。

【0084】

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70Cを代表的に採り上げて説明する。この図8(A)では、Yスケール39Y<sub>2</sub>に検出光(計測ビーム)を照射するヘッドユニット62Cの1つのYヘッド64を示している。

10

【0085】

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。

【0086】

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

【0087】

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、一対の反射ミラーR1a, R1b、レンズL2a, L2b、四分の一波長板(以下、 $\lambda/4$ 板と記述する)WP1a, WP1b、及び反射ミラーR2a, R2b等を備えている。

20

【0088】

前記受光系64cは、偏光子(検光子)及び光検出器等を含む。

【0089】

このYエンコーダ70Cにおいて、半導体レーザーLDから射出されたレーザービーム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LB<sub>1</sub>、LB<sub>2</sub>となる。偏光ビームスプリッタPBSを透過したビームLB<sub>1</sub>は反射ミラーR1aを介してYスケール39Y<sub>1</sub>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LB<sub>2</sub>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。

30

【0090】

ビームLB<sub>1</sub>、LB<sub>2</sub>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 $\lambda/4$ 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 $\lambda/4$ 板WP1b、WP1aを通り、往路と同じ光路を逆方向に迎って偏光ビームスプリッタPBSに達する。

【0091】

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LB<sub>1</sub>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LB<sub>2</sub>の1次回折ビームは、偏光ビームスプリッタPBSを透過してビームLB<sub>1</sub>の1次回折ビームと同軸に合成されて受光系64cに入射する。

40

【0092】

そして、上記2つの1次回折ビームは、受光系64c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。

【0093】

50

上記の説明からわかるように、Yエンコーダ70Cでは、干渉させる2つのビームの光路長が極短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39Y<sub>2</sub>(すなわちウエハステージWST)が計測方向(この場合、Y軸方向)に移動すると、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64c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70Cの計測値として出力される。その他のエンコーダ70A, 70B, 70D等も、エンコーダ70Cと同様にして構成されている。各エンコーダとしては、分解能が、例えば0.1nm程度のものが用いられている。なお、本実施形態のエンコーダでは、図8(B)に示されるように、検出光として格子RGの周期方向に長く伸びる断面形状のレーザビームLBを用いても良い。図8(B)では、格子RGと比較してビームLBを誇張して大きく図示されている。

10

#### 【0094】

次に、主としてロットのウエハに対する処理を開始する直前(ロット先頭)に行われる、セカンダリアライメント系AL2<sub>n</sub>(n=1~4)のベースライン計測動作について説明する。ここで、セカンダリアライメント系AL2<sub>n</sub>のベースラインとは、プライマリアライメント系AL1(の検出中心)を基準とする各セカンダリアライメント系AL2<sub>n</sub>(の検出中心)の相対位置を意味する。なお、セカンダリアライメント系AL2<sub>n</sub>(n=1~4)は、例えばロット内のウエハのショットマップデータに応じて、前述の回転駆動機構60<sub>n</sub>により駆動されてX軸方向の位置が設定されているものとする。

#### 【0095】

a. ロット先頭に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(ロット先頭)とも呼ぶ)に際しては、主制御装置20は、まず、図9(A)に示されるように、ロット先頭のウエハW(プロセスウエハ)上の特定のアライメントマークをプライマリアライメント系AL1で検出し(図9(A)中の星マーク参照)、その検出結果とその検出時のエンコーダ70A, 70C, 70Dの計測値とを対応付けてメモリに格納する。この図9(A)の状態では、ウエハテーブルWTBのXY平面内の位置は、Yスケール39Y<sub>1</sub>, 39Y<sub>2</sub>に対向する黒丸で囲まれている2つのYヘッド68, 67(エンコーダ70A, 70C)と、Xスケール39X<sub>2</sub>に対向する黒丸で囲まれているXヘッド66(エンコーダ70D)と、に基づいて、主制御装置20によって制御されている。

20

30

#### 【0096】

b. 次に、主制御装置20は、ウエハステージWSTを-X方向に所定距離移動し、図9(B)で示されるように、上記の特定のアライメントマークを、セカンダリアライメント系AL2<sub>1</sub>で検出し(図9(B)中の星マーク参照)、その検出結果とその検出時のエンコーダ70A, 70C, 70Dの計測値とを対応付けてメモリに格納する。この図9(B)の状態では、ウエハテーブルWTBのXY平面内の位置は、Yスケール39Y<sub>1</sub>, 39Y<sub>2</sub>に対向する黒丸で囲まれている2つのYヘッド68, 67(エンコーダ70A, 70C)と、Xスケール39X<sub>2</sub>に対向する黒丸で囲まれているXヘッド66(エンコーダ70D)と、に基づいて制御されている。

#### 【0097】

c. 同様にして、主制御装置20は、ウエハステージWSTを+X方向に順次移動して上記の特定のアライメントマークを、残りのセカンダリアライメント系AL2<sub>2</sub>, AL2<sub>3</sub>, AL2<sub>4</sub>で順次検出し、その検出結果と検出時のエンコーダ70A, 70C, 70Dの計測値とを、順次対応付けてメモリに格納する。

40

#### 【0098】

d. そして、主制御装置20は、上記a.の処理結果と上記b.又はc.の処理結果とに基づいて、各セカンダリアライメント系AL2<sub>n</sub>のベースラインをそれぞれ算出する。

#### 【0099】

このように、ロット先頭のウエハW(プロセスウエハ)を用いて、そのウエハW上の同一のアライメントマークをプライマリアライメント系AL1と各セカンダリアライメント

50

系  $AL2_n$  とで検出することで、各セカンダリアライメント系  $AL2_n$  のベースラインを求めることから、この処理により、結果的に、プロセスに起因するアライメント系間の検出オフセットの差も補正される。

#### 【0100】

本実施形態では、ヘッドユニット 62E, 62F が、X 軸方向の位置が異なる 4 つの Y ヘッド 67, 68 をそれぞれ備えているので、上記の各セカンダリアライメント系  $AL2_n$  のベースラインを計測する際に、プライマリアライメント系 AL1 は勿論、セカンダリアライメント系  $AL2_n$  のいずれを用いて、ウエハ上の特定アライメントマークを検出する場合であっても、その検出時のウエハステージ WST の Y 位置及び z 回転を、Y スケール  $39Y_1$ ,  $39Y_2$  に対向する Y ヘッド 68, 67 (エンコーダ 70A, 70C) の計測値に基づいて計測、管理することができる。また、このとき、ウエハステージ WST の X 位置は、X スケール  $39X_2$  に対向する X ヘッド 66 (エンコーダ 70D) の計測値に基づいて計測・管理することができる。

#### 【0101】

なお、ウエハのアライメントマークの代わりに、ウエハステージ WST 又は計測ステージ MST 上の基準マークを用いて、セカンダリアライメント系  $AL2_n$  のベースライン計測を行っても良い。この場合、プライマリアライメント系 AL1 のベースライン計測で用いられる計測プレート 30 の基準マーク FM を兼用する、すなわち基準マーク FM をセカンダリアライメント系  $AL2_n$  でそれぞれ検出しても良い。あるいは、例えば、セカンダリアライメント系  $AL2_n$  と同じ位置関係で n 個の基準マークをウエハステージ WST 又は計測ステージ MST に設け、セカンダリアライメント系  $AL2_n$  による基準マークの検出をほぼ同時に実行可能としても良い。この基準マークとして、例えば FD バー 46 の基準マーク M を用いても良い。さらに、プライマリアライメント系 AL1 のベースライン計測用の基準マーク FM に対して所定の位置関係で、セカンダリアライメント系  $AL2_n$  のベースライン計測用の基準マークをウエハステージ WST に設け、プライマリアライメント系 AL1 による基準マーク FM の検出とほぼ同時に、セカンダリアライメント系  $AL2_n$  による基準マークの検出を実行可能としても良い。この場合、セカンダリアライメント系  $AL2_n$  のベースライン計測用の基準マークは 1 つでも良いが、複数、例えばセカンダリアライメント系  $AL2_n$  と同数設けても良い。また、本実施形態ではプライマリアライメント系 AL1 及びセカンダリアライメント系  $AL2_n$  がそれぞれ 2 次元マーク (X、Y マーク) を検出可能であるので、セカンダリアライメント系  $AL2_n$  のベースライン計測時に 2 次元マークを用いることで、セカンダリアライメント系  $AL2_n$  の X 軸及び Y 軸方向のベースラインを同時に求めることができる。本実施形態では、基準マーク FM、M 及びウエハのアライメントマークは、例えば X 軸及び Y 軸方向にそれぞれ複数本のラインマークが周期的に配列される 1 次元の X マーク及び Y マークを含む。

#### 【0102】

次に、本実施形態の露光装置 100 における、ウエハステージ WST と計測ステージ MST とを用いた並行処理動作について、図 10 ~ 図 14 に基づいて説明する。なお、以下の動作中、主制御装置 20 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 PL の先端レンズ 191 の射出面側には常時水が満たされている。しかし、以下では、説明を分かり易くするため、液体供給装置 5 及び液体回収装置 6 の制御に関する説明は省略する。また、以後の動作説明は、多数の図面を用いて行うが、図面毎に同一の部材に符号が付されていたり、付されていないかたりしている。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。

#### 【0103】

図 10 には、ウエハステージ WST 上に載置されたウエハ W に対するステップ・アンド・スキャン方式の露光が行われている状態が示されている。この露光は、開始前に行われるウエハアライメント (EGA: Enhanced Global Alignment) 等の結果に基づいて、ウ

10

20

30

40

50

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を移動するショット間移動と、各ショット領域に対してレチクルRに形成されたパターンを走査露光方式で転写する走査露光と、を繰り返すことにより行われる。また、露光は、ウエハW上の-Y側に位置するショット領域から+Y側に位置するショット領域の順で行われる。

#### 【0104】

上述の露光中、主制御装置20により、ウエハステージWST（ウエハテーブルWTB）のXY面内の位置（z方向の回転を含む）は、2つのYエンコーダ70A, 70Cと、2つのXエンコーダ70B, 70Dの一方との合計3つのエンコーダの計測結果に基づいて制御されている。ここで、2つのXエンコーダ70B, 70Dは、Xスケール39X<sub>1</sub>, 39X<sub>2</sub>のそれぞれに対向する2つのXヘッド66によって構成され、2つのYエンコーダ70A, 70Cは、Yスケール39Y<sub>1</sub>, 39Y<sub>2</sub>のそれぞれに対向するYヘッド65、64により構成される。また、主制御装置20により、ウエハテーブルWTBのy回転（ローリング）及びx回転（ピッチング）は、前述のX干渉計126及びY干渉計16計測値に基づいて管理されている。なお、ウエハテーブルWTBのZ軸方向の位置（Z位置）、y回転（ローリング）及びx回転（ピッチング）の少なくとも1つ、例えばZ位置及びy回転をその他のセンサ、例えばウエハテーブルWTBの上面のZ位置を検出するセンサによって計測しても良い。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、y回転及びx回転の制御（ウエハWのフォーカス・レベリング制御）は、主制御装置20により、ウエハW表面の面位置情報を検出する不図示の面位置検出系を用いたリアルタイムの面位置検出の結果に基づいて行われる。なお、主制御装置20は、露光中にウエハテーブルWTBの面位置を不図示の面位置センサを用いて検出しつつ、事前に計測したウエハの面位置情報の計測結果に基づいて、ウエハWのフォーカス・レベリング制御を行っても良い。

#### 【0105】

図10に示される、ウエハステージWSTの位置では、Xスケール39X<sub>1</sub>にはXヘッド66<sub>5</sub>（図中に丸で囲んで示されている）が対向するが、Xスケール39X<sub>2</sub>に対向するXヘッド66はない。そのため、主制御装置20は、1つのXエンコーダ70Bと2つのYエンコーダ70A, 70Cを用いて、ウエハステージWSTの位置（X, Y, z）制御を実行している。ここで、図10に示される位置からウエハステージWSTが-Y方向に移動すると、Xヘッド66<sub>5</sub>はXスケール39X<sub>1</sub>から外れ（対向しなくなり）、代わりにXヘッド66<sub>4</sub>（図中に破線の丸で囲んで示されている）がXスケール39X<sub>2</sub>に対向する。そこで、主制御装置20は、1つのXエンコーダ70Dと2つのYエンコーダ70A, 70Cを用いるステージ制御に切り換える。

#### 【0106】

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

#### 【0107】

なお、上述のエンコーダシステムを用いたウエハステージWSTの位置計測と独立に、干渉計システム118を用いたウエハステージWSTの位置（X, Y, Z, x, y, z）計測が、常時、行われている。例えば、X干渉計126, 127, 及び128は、ウエハステージWSTのY位置に応じて、いずれか1つが使用される。露光中は、図10に示されるように、X干渉計126が使用される。例えば、干渉計システム118によるウエハステージWSTのX, Y, z方向の計測結果は、補助的に、ウエハステージWSTの位置制御に利用される。

#### 【0108】

ウエハWの露光が終了すると、主制御装置20は、ウエハステージWSTをアンロードポジションUPに向けて駆動する。その際、露光中には互いに離れていたウエハステージWSTと計測ステージMSTとが、接触或いは300µm程度の離間距離を挟んで近接して、スクラム状態に移行する。ここで、計測テーブルMTB上のFDバー46の-Y側面

10

20

30

40

50

とウエハテーブルW T Bの+ Y側面とが接触或いは近接する。このスクラム状態を保持して、両ステージW S T, M S Tが- Y方向に移動することにより、投影ユニットP Uの下に形成される液浸領域1 4は、計測ステージM S T上に移動する(例えば図1 1、図1 2参照)。

【0109】

ウエハステージW S Tが、スクラム状態に移行後、更に- Y方向へ移動して有効ストローク領域(ウエハステージが露光及びウエハアライメント時に移動する領域)から外れると、エンコーダ7 0 A ~ 7 0 Dを構成する全てのXヘッド、Yヘッドが、ウエハテーブルW T B上の対応するスケールから外れる。そのため、エンコーダ7 0 A ~ 7 0 Dの計測結果に基づくステージ制御が不可能になる。その直前に、主制御装置2 0は、干渉計システム1 1 8の計測結果に基づくステージ制御に切り換える。ここで、3つのX干渉計1 2 6, 1 2 7, 1 2 8のうちX干渉計1 2 8が使用される。

10

【0110】

その後、図1 1に示されるように、ウエハステージW S Tは、計測ステージM S Tとのスクラム状態を解除し、アンロードポジションU Pに移動する。移動後、主制御装置2 0は、ウエハテーブルW T B上のウエハWをアンロードする。そして、図1 2に示されるように、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、ウエハテーブルW T B上に次のウエハWをロードする。

【0111】

これらの動作と平行して、主制御装置2 0は、計測ステージM S Tに支持されたF Dバー4 6のX Y面内での位置調整と、4つのセカンダリアライメント系A L 2<sub>1</sub> ~ A L 2<sub>4</sub>のベースライン計測と、を行うSec-BCHK(インターバル)を実行する。ここで、X Y面内の位置( z回転)を計測するために、Yヘッド6 7<sub>3</sub>, 6 8<sub>2</sub>とYヘッド6 7<sub>3</sub>, 6 8<sub>2</sub>のそれぞれが対向する計測ステージM T B上の一对の基準格子5 2とから構成されるYエンコーダ7 0 E, 7 0 Fが使用される。ここで、 z回転以外の成分、すなわち、X軸、Y軸方向の成分についてのエンコーダによる計測制御について行わないのは、複数のアライメント系間で次に述べる計測の際に時間的な同期を取ることで、結果的にステージ制御誤差をキャンセルすることができるからである。

20

【0112】

次に、主制御装置2 0は、図1 3に示されるように、ウエハステージW S Tを駆動し、計測プレート3 0上の基準マークF Mをプライマリアライメント系A L 1の検出視野内に位置決めし、アライメント系A L 1, A L 2<sub>1</sub> ~ A L 2<sub>4</sub>のベースライン計測の基準位置を決定するPri-BCHKの前半の処理を行う。

30

【0113】

このとき、図1 3に示されるように、2つのYヘッド6 8<sub>2</sub>, 6 7<sub>3</sub>と1つのXヘッド6 6(図中に丸で囲んで示されている)が、それぞれYスケール3 9 Y<sub>1</sub>, 3 9 Y<sub>2</sub>とXスケール3 9 X<sub>2</sub>に対向するようになる。そこで、主制御装置2 0は、干渉計システム1 1 8からエンコーダシステム1 5 0(エンコーダ7 0 A, 7 0 C, 7 0 D)を用いたステージ制御へ切り換える。干渉計システム1 1 8は、再び補助的に使用される。なお、3つのX干渉計1 2 6, 1 2 7, 1 2 8のうちX干渉計1 2 7が使用される。

40

【0114】

その後、主制御装置2 0は、プライマリアライメント系A L 1とセカンダリアライメント系A L 2<sub>1</sub> ~ A L 2<sub>4</sub>を用いて、ウエハアライメント(E G A)を実行する(図1 4中の星マーク参照)。

【0115】

なお、本実施形態では、図1 4に示されるウエハアライメントを開始するまでに、ウエハステージW S Tと計測ステージM S Tはスクラム状態へ移行している。主制御装置2 0は、スクラム状態を保ちながら、両ステージW S T, M S Tを+ Y方向に駆動する。その後、液浸領域1 4の水は、計測テーブルM T B上からウエハテーブルW T B上に移動する。

50

## 【 0 1 1 6 】

ウエハアライメント ( E G A ) と並行して、主制御装置 2 0 は、空間像計測装置 4 5 を用いたウエハテーブル W T B の X Y 位置に対する投影像の強度分布を計測する Pri-BCHK 後半の処理を実行する。

## 【 0 1 1 7 】

以上の作業が終了すると、主制御装置 2 0 は、両ステージ W S T , M S T のスクラム状態を解除する。そして、図 1 0 に示されるように、ステップ・アンド・スキャン方式の露光を行い、新しいウエハ W 上にレチクルパターンを転写する。以降、同様の動作が繰り返して実行される。

## 【 0 1 1 8 】

以上、説明したように、本実施形態の露光装置 1 0 0 によると、計測システム 2 0 0 に含まれる、エンコーダシステム 1 5 0 は、X 軸方向に関して位置が異なる、プライマリアライメント系 A L 1、及びセカンダリアライメント系 A L 2<sub>1</sub> ~ A L 2<sub>4</sub> の検出領域の両外側にそれぞれ配置され、ヘッドユニット 6 2 E , 6 2 F の一部をそれぞれ構成する X 軸方向に関して位置が異なる 4 つの Y ヘッド 6 7 , 6 8 を有している。そして、主制御装置 2 0 は、アライメントの際などに、一对の Y スケール 3 9 Y<sub>1</sub> , 3 9 Y<sub>2</sub> とそれぞれ対向する Y ヘッド 6 8 , 6 7 ( Y リニアエンコーダ 7 0 A , 7 0 C ) の計測値に基づいて、ウエハステージ W S T の Y 軸方向の位置情報 ( 及び z 方向の位置情報 ) を計測する。

## 【 0 1 1 9 】

このため、例えば前述の Sec-BCHK ( ロット先頭 ) に際し、主制御装置 2 0 は、ウエハステージ W S T に保持されたウエハ W 上の特定のアライメントマーク ( 又はウエハステージ W S T 上の基準マーク F M ) を、プライマリアライメント系 A L 1、及びセカンダリアライメント系 A L 2<sub>1</sub> ~ A L 2<sub>4</sub> のそれぞれで検出するために、ウエハステージ W S T を X 軸方向に移動させる場合などにも、少なくともウエハステージ W S T の Y 軸方向の位置及び z 方向の回転を、計測の短期安定性が良好な Y リニアエンコーダ 7 0 A , 7 0 C の計測結果に基づいて高精度に計測し、この計測結果に基づいてウエハステージ W S T の Y 軸方向の位置及び z 方向の回転を高精度に制御することができる。従って、主制御装置 2 0 は、アライメント系 A L 1、A L 2<sub>1</sub> ~ A L 2<sub>4</sub> それぞれの検出結果と、その検出時の Y リニアエンコーダ 7 0 A , 7 0 C の計測値とに基づいて、そのマーク ( 特定のアライメントマーク ( 又はウエハステージ W S T 上の基準マーク F M ) ) の Y 軸方向に関する位置情報を、精度良く求めることが可能になる。また、Sec-BCHK の際のウエハステージ W S T の X 軸方向の位置は、X スケール 3 9 X<sub>2</sub> に対向する X ヘッド 6 6 ( エンコーダ 7 0 D ) によって計測されている。従って、セカンダリアライメント系 A L 2<sub>1</sub> ~ A L 2<sub>4</sub> のベースライン ( X 軸方向及び Y 軸方向 ) を、ロット先頭毎に、高精度に求めることができる。

## 【 0 1 2 0 】

また、本実施形態では、所定のインターバル ( ここではウエハ交換毎 ) に行なわれる Sec BCHK ( インターバル ) の処理により、セカンダリアライメント系 A L 2<sub>1</sub> ~ A L 2<sub>4</sub> のベースライン ( X 軸方向及び Y 軸方向 ) が計測される。

## 【 0 1 2 1 】

そして、このようにして得られた最新のベースラインと、ウエハアライメント ( E G A ) の結果とに基づいて、ウエハ W 上の各ショット領域の露光のための走査開始位置 ( 加速開始位置 ) へウエハステージ W S T が移動されるショット間移動動作と、レチクル R に形成されたパターンを走査露光方式で各ショット領域に転写する走査露光動作とを繰り返すことにより、レチクル R のパターンをウエハ W 上の複数のショット領域に精度 ( 重ね合わせ精度 ) 良く転写することが可能になる。

## 【 0 1 2 2 】

また、本実施形態によると、露光の際に、4 つのリニアエンコーダ 7 0 A ~ 7 0 D の内の 3 つによってウエハテーブル W T B ( ウエハステージ W S T ) の位置情報が計測される。ここで、リニアエンコーダ 7 0 A ~ 7 0 D は、ウエハテーブル W T B 上に配置され且つ Y 軸、X 軸にそれぞれ平行な方向を周期方向とする格子を有する複数のグレーティング (

10

20

30

40

50

すなわちYスケール39 $Y_1$ , 39 $Y_2$ 又はXスケール39 $X_1$ , 39 $X_2$ )と、スケール39 $Y_1$ , 39 $Y_2$ , 39 $X_1$ , 39 $X_2$ が対向して配置される複数のヘッド(Yヘッド65、64又はXヘッド66)とを含む反射型のエンコーダである。このため、リニアエンコーダ70A~70Dは、各ヘッドから対向するスケール(グレーティング)に照射されるビームの光路長がY干渉計18及びX干渉計130に比べて格段短いので、空気揺らぎの影響を受け難く、Y干渉計18及びX干渉計130に比べて計測値の短期安定性が優れている。従って、ウエハを保持するウエハテーブルWTB(ウエハステージWST)を安定して位置制御することが可能となる。

#### 【0123】

また、本実施形態の露光装置10によると、ヘッドユニット62E, 62Fがそれぞれ備える各4つのYヘッド67, 68のうち、最も内側に位置するYヘッド67, 68が、Y軸方向に関して、他のYヘッドと位置が異なる。これにより、その最も内側に位置するYヘッド67, 68を、アライメント系AL1, AL2<sub>1</sub>~AL2<sub>4</sub>の周囲の空きスペースに配置する、すなわち、アライメント系AL1, AL2<sub>1</sub>~AL2<sub>4</sub>の配置に合わせて配置することが可能になる。

#### 【0124】

また、ヘッドユニット62E, 62Fがそれぞれ備える各4つのYヘッド67, 68のX軸方向の間隔は、Yスケール39 $Y_1$ , 39 $Y_2$ のX軸方向の幅(より正確には、格子線38の長さ)より狭いので、ウエハステージWSTがX軸方向に移動する際に、その移動に伴って、ウエハステージWSTのX軸方向位置計測に用いられるYヘッドが、隣のYヘッドに支障なく切り換えられる。これにより、上記Sec-BCHKの際などに、Yスケール39 $Y_2$ , 39 $Y_1$ にYヘッド67, 68が少なくとも各1つそれぞれ対向し、このYヘッド67, 68(すなわち、これらYヘッド67, 68によって構成されるYエンコーダ70C、70A)によってウエハステージWSTのY位置(及びz回転)が計測される。

#### 【0125】

また、主制御装置20は、アライメント系AL1, AL2<sub>1</sub>~AL2<sub>4</sub>による、ウエハW上のアライメントマークの検出時に、ヘッドユニット62E, 62Fの各4つのYヘッド67, 68の中から一对のYスケール39 $Y_2$ , 39 $Y_1$ にそれぞれ対向するYヘッド67, 68を各1つ選択するとともに、ヘッドユニット62B, 62Dの複数のXヘッド66の中から対応するXスケール(Xスケール39 $Y_1$ , 39 $Y_2$ のうちの所定の一方)に対向する1つのXヘッド66を選択し、選択された2つのYヘッドの計測値と、選択されたXヘッドの計測値とに基づいて、ウエハステージWSTのXY平面内の位置及び回転(z回転)を制御する。

#### 【0126】

また、本実施形態の露光装置では、上述の説明から明らかなように、エンコーダシステムの計測値に基づくウエハステージWSTのXY平面内の位置のサーボ制御開始から露光終了まで、上記サーボ制御が可能な範囲内でウエハステージWSTが移動するようなシーケンスが採用されている。例えば、前述のSec-BCHK(ロット先頭)に際し、アライメント系AL2<sub>1</sub>, AL2<sub>4</sub>のいずれによって検出する場合にも、ウエハステージWSTが上記のサーボ制御が可能な範囲外に出ることがないようにウエハW上のアライメントマークを検出対象の特定のアライメントマークとして選択することが望ましい。

#### 【0127】

なお、上記実施形態では、複数のアライメント系AL2<sub>1</sub>~AL2<sub>4</sub>(マーク検出系)の特性測定として、Sec-BCHK(ロット先頭)の処理を例示したが、本発明がこれに限定されるものではない。要は、主制御装置20により行われる、エンコーダシステム150のエンコーダ70A, 70Cの計測結果に基づいて、ウエハステージWSTのY軸方向及びz方向の位置を管理しつつ、ウエハステージWSTをX軸方向へ移動させ、複数のマーク検出系(アライメント系AL1, AL2<sub>1</sub>~AL2<sub>4</sub>のうちの少なくとも2つ)をそれぞれ用いてウエハステージWST上の少なくとも1つの基準マーク又はウエハW上の少なくとも1つのアライメントマークを検出することで行われる、上記複数のマーク検出系の特性

10

20

30

40

50

測定であれば、如何なる測定でも構わない。例えば、ウエハW上の同一マークを、アライメント系AL1、AL21~AL24のうちの少なくとも2つで、ウエハテーブルWTBをZ軸方向にステップ移動させつつ、順次検出することで、アライメント系の収差等に起因するマーク位置の検出誤差(TIS:Tool Induce shift)のフォーカス依存性を求めるなどしても良い。

【0128】

なお、上記実施形態では、ヘッドユニット62E、62Fが、それぞれ各4つのYヘッドを備える場合について説明したが、これに限らず、複数のマーク検出系(上記実施形態では、アライメント系AL1、AL2<sub>1</sub>~AL2<sub>4</sub>)の両外側に、Yヘッドがそれぞれ複数あれば良い。具体的には複数のマーク検出系のそれぞれで、ウエハW上の特定のアライメントマークを検出する際に、一对のYスケール39X<sub>1</sub>、39X<sub>2</sub>に、Yヘッド68、67が少なくとも各1つ対向できれば良い。また、上記実施形態では、複数のマーク検出系の両外側のそれぞれ複数のYヘッドのうち、最も内側に位置するYヘッドのY位置を、他のYヘッドと異ならせる場合について説明したが、これに限らず、どのYヘッドのY位置を異ならせても良い。要は、空きスペースに応じて、任意のYヘッドのY位置を、他のYヘッドのY位置と異ならせれば良い。あるいは、複数のマーク検出系の両外側に十分な空きスペースがある場合には、全てのYヘッドを同一のY位置に配置しても良い。

10

【0129】

また、マーク検出系(アライメント系)の数も5つに限られるものではなく、第2方向(上記実施形態ではX軸方向)に関して検出領域の位置が異なるマーク検出系が2つ以上あれば良く、その数は問わない。

20

【0130】

なお、上記実施形態ではノズルユニット32の下面と投影光学系PLの先端光学素子の下端面とがほぼ面一であるものとしたが、これに限らず、例えばノズルユニット32の下面を、先端光学素子の射出面よりも投影光学系PLの像面(すなわちウエハ)の近くに配置しても良い。すなわち、局所液浸装置8は上述の構造に限られず、例えば、欧州特許公開第1420298号公報、国際公開第2004/055803号パンフレット、国際公開第2004/057590号パンフレット、国際公開第2005/029559号パンフレット(対応米国特許公開第2006/0231206号)、国際公開第2004/086468号パンフレット(対応米国特許公開第2005/0280791号)、特開2004-289126号公報(対応米国特許第6,952,253号)などに記載されているものを用いることができる。また、例えば国際公開第2004/019128号パンフレット(対応米国特許公開第2005/0248856号)に開示されているように、先端光学素子の像面側の光路に加えて、先端光学素子の物体面側の光路も液体で満たすようにしても良い。さらに、先端光学素子の表面の一部(少なくとも液体との接触面を含む)又は全部に、親液性及び/又は溶解防止機能を有する薄膜を形成しても良い。なお、石英は液体との親和性が高く、かつ溶解防止膜も不要であるが、蛍石は少なくとも溶解防止膜を形成することが好ましい。

30

【0131】

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)、あるいは屈折率が約1.60のデカリン(Decalin: Decahydronaphthalene)などが挙げられる。あるいは、これら液体のうち任意の2種類以上の液体が混合されたものであっても良いし、純水にこれ

40

50

ら液体の少なくとも1つが添加(混合)されたものであっても良い。あるいは、液体としては、純水に、 $H^+$ 、 $Cs^+$ 、 $K^+$ 、 $Cl^-$ 、 $SO_4^{2-}$ 、 $PO_4^{2-}$ 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、F<sub>2</sub>レーザを光源とする場合は、フロンブリンオイルを選択すれば良い。さらに、液体としては、純水よりも照明光ILに対する屈折率が高い液体、例えば屈折率が1.6~1.8程度のもを使用しても良い。液体として、超臨界流体を用いることも可能である。また、投影光学系PLの先端光学素子を、例えば石英(シリカ)、あるいは、フッ化カルシウム(蛍石)、フッ化バリウム、フッ化ストロンチウム、フッ化リチウム、及びフッ化ナトリウム等のフッ化化合物の単結晶材料で形成しても良いし、石英や蛍石よりも屈折率が高い(例えば1.6以上)材料で形成しても良い。屈折率が1.6以上の材料としては、例えば、国際公開第2005/059617号パンフレットに開示される、サファイア、二酸化ゲルマニウム等、あるいは、国際公開第2005/059618号パンフレットに開示される、塩化カリウム(屈折率は約1.75)等を用いることができる。

10

## 【0132】

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。

20

## 【0133】

なお、上記実施形態では、露光装置が液浸型の露光装置である場合について説明したが、これに限られるものではなく、液体(水)を介さずにウエハWの露光を行うドライタイプの露光装置にも採用することができる。

## 【0134】

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、ステップなどの静止型露光装置に本発明を適用しても良い。ステップなどであっても、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、このエンコーダの計測値に基づいて、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、又はミラージュプロジェクション・アライナーなどにも本発明は適用することができる。さらに、例えば特開平10-163099号公報及び特開平10-214783号公報(対応米国特許第6,590,634号)、特表2000-505958号公報(対応米国特許第5,969,441号)、米国特許第6,208,407号などに開示されているように、複数のウエハステージを備えたマルチステージ型の露光装置にも本発明を適用できる。

30

## 【0135】

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

40

50

## 【0136】

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）、F<sub>2</sub>レーザ（出力波長157nm）、Ar<sub>2</sub>レーザ（出力波長126nm）、Kr<sub>2</sub>レーザ（出力波長146nm）などのパルスレーザ光源、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号パンフレット（対応米国特許7,023,610号）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プで増幅し、非線形光学結晶を用いて紫外光に波長変換した高調波を用いても良い。

10

## 【0137】

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

## 【0138】

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号公報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。

30

## 【0139】

また、例えば国際公開第2001/035168号パンフレットに開示されているように、干渉縞をウエハ上に形成することによって、ウエハ上にライン・アンド・スペースパターンを形成する露光装置（リソグラフィシステム）にも本発明を適用することができる。

## 【0140】

さらに、例えば特表2004-519850号公報（対応米国特許第6,611,316号）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。

## 【0141】

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

40

## 【0142】

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

50

を転写する露光装置にも本発明を適用できる。

【0143】

半導体素子などの電子デバイスは、デバイスの機能・性能設計を行うステップ、この設計ステップに基づいたレチクルを製作するステップ、シリコン材料からウエハを製作するステップ、前述した実施形態の露光装置（パターン形成装置）によりレチクルのパターンをウエハに転写するステップ、デバイス組み立てステップ（ダイシング工程、ボンディング工程、パッケージ工程を含む）、検査ステップ等を経て製造される。この場合、リソグラフィステップで、上記実施形態の露光装置を用いて前述の露光方法が実行され、ウエハ上にデバイスパターンが形成されるので、高集積度のデバイスを生産性良く製造することができる。

10

【産業上の利用可能性】

【0144】

以上説明したように、本発明のパターン形成装置は、ウエハ等の物体上にパターンを形成するのに適している。また、本発明のデバイス製造方法は、半導体素子などの電子デバイスを製造するのに適している。

【図面の簡単な説明】

【0145】

【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エンコーダ、アライメント系などの配置を示す平面図である。

20

【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WST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、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XY平面内の位置計測及びヘッドの切り換え（つなぎ）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、検出光として格子RGの周期方向に長く延びる断面形状のレーザービームLBが用いられた場合を示す図である。

30

【図9】図9(A)及び図9(B)は、ロット先頭に行われる、セカンダリアライメント系のベースライン計測動作について説明する

【図10】露光時におけるエンコーダ及び干渉計によるウエハステージの位置計測を説明するための図である。

【図11】ウエハのアンローディング時における干渉計によるウエハステージの位置計測を説明するための図である。

【図12】ウエハのローディング時における干渉計によるウエハステージの位置計測を説明するための図である。

40

【図13】干渉計によるステージサーボ制御からエンコーダによるステージサーボ制御への切り換え時における、ウエハステージとエンコーダヘッドの配置を示す図である。

【図14】ウエハアライメント時におけるエンコーダ及び干渉計によるウエハステージの位置計測を説明するための図である。

【符号の説明】

【0146】

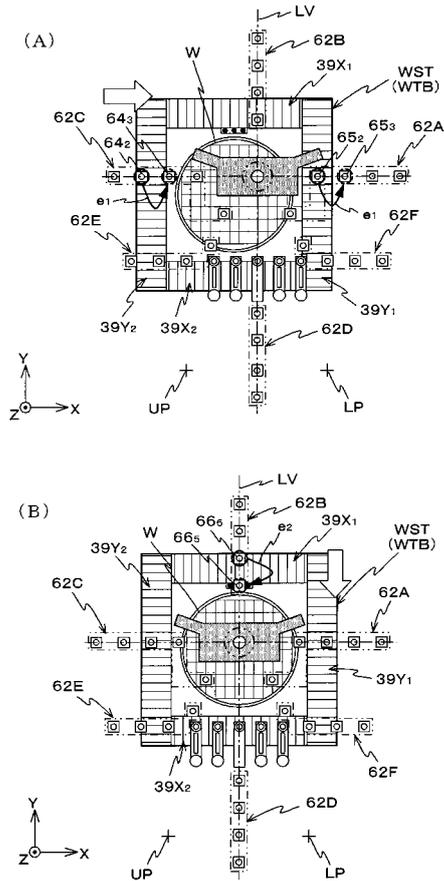
8...局所液浸装置、39X<sub>1</sub>, 39X<sub>2</sub>...Xスケール、39Y<sub>1</sub>, 39Y<sub>2</sub>...Yスケール、62A~62F...ヘッドユニット、64...Yヘッド、65...Yヘッド、66...Xヘッド、67...Yヘッド、68...Yヘッド、70A...Yエンコーダ、70C...Yエンコーダ、100...露光装置、150...エンコーダシステム、PL...投影光学系、AL1...プライマリア

50

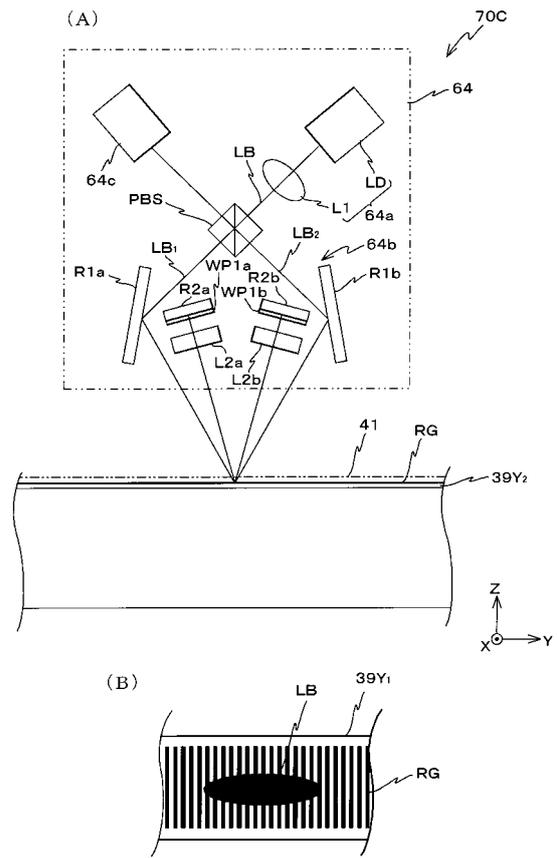




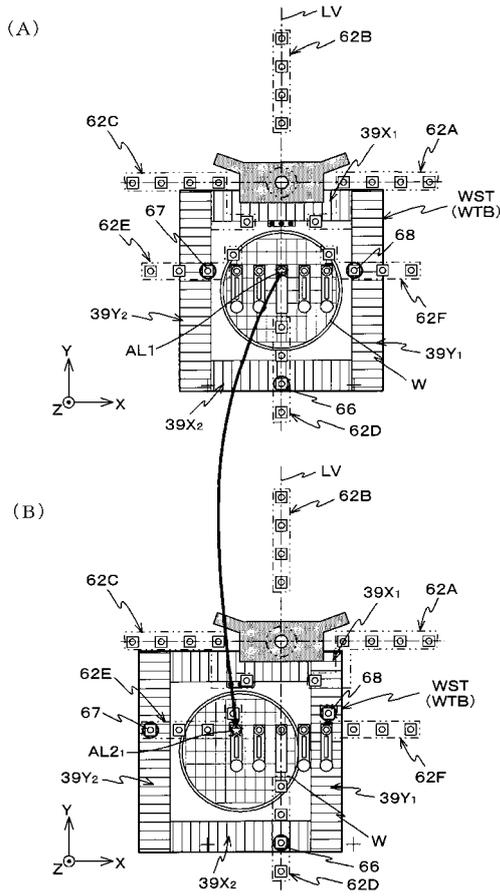
【図7】



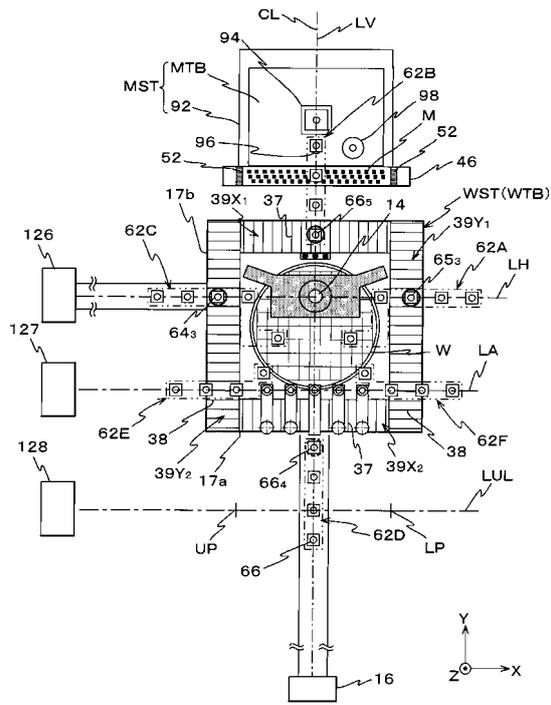
【図8】



【図9】



【図10】





---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平07 - 270122 (JP, A)  
特開2007 - 093546 (JP, A)  
特開2007 - 053244 (JP, A)  
特開2002 - 252154 (JP, A)  
特開平11 - 132716 (JP, A)  
国際公開第2009/013905 (WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G03F 7/20 - 7/24 、 9/00 - 9/02 、  
H01L21/027、21/30 、21/46 、  
21/67 - 21/683