

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4470433号
(P4470433)

(45) 発行日 平成22年6月2日(2010.6.2)

(24) 登録日 平成22年3月12日(2010.3.12)

(51) Int.Cl.		F I		
HO 1 L	21/027	(2006.01)	HO 1 L	21/30 5 1 5 D
GO 3 F	7/20	(2006.01)	HO 1 L	21/30 5 1 6 E
			GO 3 F	7/20 5 2 1

請求項の数 21 (全 31 頁)

(21) 出願番号	特願2003-344939 (P2003-344939)	(73) 特許権者	000004112
(22) 出願日	平成15年10月2日 (2003.10.2)		株式会社ニコン
(65) 公開番号	特開2005-116570 (P2005-116570A)		東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
(43) 公開日	平成17年4月28日 (2005.4.28)	(74) 代理人	100064908
審査請求日	平成18年9月28日 (2006.9.28)		弁理士 志賀 正武
		(74) 代理人	100108578
			弁理士 高橋 詔男
		(74) 代理人	100101465
			弁理士 青山 正和
		(74) 代理人	100107836
			弁理士 西 和哉
		(72) 発明者	萩原 恒幸
			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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 露光装置、露光方法、及びデバイス製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

投影光学系の像面側に配置された基板に対して前記投影光学系と液体とを介して露光光を照射することによって前記基板を露光する露光装置において、前記投影光学系の像面側に配置された光透過部を有する光学部材、及び前記投影光学系と前記光学部材との間に満たされた液体を介して前記投影光学系を通過した光を受光する受光器と、

前記投影光学系と前記光学部材との間に満たされた液体の温度情報を検出する温度検出装置と、

前記温度検出装置の検出結果に基づいて、前記受光器の計測結果を補正する制御系と、
を備える露光装置。

10

【請求項2】

前記制御系は、補正された前記計測結果に基づいて当該露光装置の性能情報を求める請求項1記載の露光装置。

【請求項3】

前記性能情報は、前記投影光学系の結像特性を含む請求項2記載の露光装置。

【請求項4】

投影光学系の像面側に配置された基板に対して前記投影光学系と液体とを介して露光光を照射することによって前記基板を露光する露光装置において、

前記投影光学系の像面側に配置された光透過部を有する光学部材、及び前記投影光学系と

20

前記光学部材との間に満たされた液体を介して前記投影光学系を通過した光を受光する受光器と、
 前記投影光学系と前記光学部材との間に満たされた液体の温度情報を検出する温度検出装置と、
 前記受光器の出力に基づいて前記投影光学系の結像特性を求める制御系と、を備え、
 前記制御系は、前記温度検出装置の検出結果に基づいて、求めた前記結像特性を補正する露光装置。

【請求項 5】

求めた前記結像特性に基づいて前記投影光学系の結像特性を調整する結像特性調整装置を備え、

10

前記制御系は、前記温度検出装置で検出された温度情報に基づいて、前記結像特性調整装置による調整量を決定する請求項 3 又は 4 記載の露光装置。

【請求項 6】

決定された前記調整量に基づいて、前記投影光学系の結像特性を調整しつつ該投影光学系と液体とを介して前記基板を露光する請求項 5 記載の露光装置。

【請求項 7】

液体温度と前記投影光学系及び液体を介した前記像面側での結像特性との関係を予め記憶した記憶装置を備え、

前記記憶装置の記憶情報に基づいて、前記決定が行われる請求項 5 又は 6 記載の露光装置。

20

【請求項 8】

前記結像特性の補正は、収差補正及び像面位置補正の少なくとも一方を含む請求項 3 ~ 7 のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項 9】

前記投影光学系と前記光学部材との間に満たされた液体を介して前記受光器に光が照射され、前記温度検出装置は、光を照射中の液体の温度情報を検出する請求項 1 ~ 8 のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項 10】

前記温度検出装置は、前記投影光学系と前記光学部材との間に満たされた液体に接触する位置に設けられている請求項 1 ~ 9 のいずれか一項記載の露光装置。

30

【請求項 11】

前記温度検出装置は、前記光学部材に設けられている請求項 1 ~ 10 のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項 12】

前記投影光学系と前記光学部材との間に液体を供給する液体供給機構を備え、
 前記温度検出装置の検出結果に基づいて、前記液体供給機構は供給する液体の温度を調整する請求項 1 ~ 11 のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項 13】

前記基板を露光中における前記投影光学系と前記基板との間に満たされた液体の温度情報を予め記憶した記憶装置を備え、

40

前記液体供給機構は、前記記憶装置の記憶情報に基づいて供給する液体の温度を調整する請求項 12 記載の露光装置。

【請求項 14】

前記温度検出装置は、前記投影光学系の像面側端部に設けられ、該温度検出装置は、前記基板を露光中における前記投影光学系と前記基板との間の液体の温度情報を検出する請求項 1 ~ 13 のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項 15】

前記投影光学系と前記基板との間の液体の温度情報の検出結果に基づいて、前記投影光学系の結像特性を調整しつつ前記基板を露光する請求項 14 記載の露光装置。

【請求項 16】

50

前記受光器と前記光学部材との間に液体が満たされている請求項 1 ~ 15 のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項 17】

前記基板を保持して移動可能な基板保持部材を備え、

前記受光器は、前記基板保持部材に設けられている請求項 1 ~ 16 のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項 18】

請求項 1 ~ 17 のいずれか一項記載の露光装置を用いてデバイスを製造することを特徴とするデバイス製造方法。

【請求項 19】

投影光学系の像面側に配置された基板に対して前記投影光学系と液体とを介して露光光を照射することによって前記基板を露光する露光方法であって、前記投影光学系の像面側に配置された光透過部を有する光学部材、及び前記投影光学系と前記光学部材との間に満たされた液体を介して前記投影光学系を通過した光を受光器で受光することと、

前記投影光学系と前記光学部材との間に満たされた液体の温度情報を検出することと、前記温度情報の検出結果に基づいて、前記受光器の計測結果を補正することと、

補正された前記計測結果に基づいて前記投影光学系の結像特性を求めることと、

前記投影光学系と前記液体とを介して前記基板を露光することと、を含む露光方法。

【請求項 20】

投影光学系の像面側に配置された基板に対して前記投影光学系と液体とを介して露光光を照射することによって前記基板を露光する露光方法であって、前記投影光学系の像面側に配置された光透過部を有する光学部材、及び前記投影光学系と前記光学部材との間に満たされた液体を介して前記投影光学系を通過した光を受光器で受光することと、

前記投影光学系と前記光学部材との間に満たされた液体の温度情報を検出することと、前記受光器の出力に基づいて前記投影光学系の結像特性を求めることと、

前記温度情報の検出結果に基づいて、求めた前記結像特性を補正することと、

前記投影光学系と前記液体とを介して前記基板を露光することと、を含む露光方法。

【請求項 21】

請求項 19 又は 20 記載の露光方法を用いてデバイスを製造することを特徴とするデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、投影光学系と液体とを介して基板を露光する露光装置、露光方法、及びこの露光装置、露光方法を用いるデバイス製造方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

半導体デバイスや液晶表示デバイスは、マスク上に形成されたパターンを感光性の基板上に転写する、所謂フォトリソグラフィの手法により製造される。このフォトリソグラフィ工程で使用される露光装置は、マスクを支持するマスクステージと基板を支持する基板ステージとを有し、マスクステージ及び基板ステージを逐次移動しながらマスクのパターンを投影光学系を介して基板に転写するものである。近年、デバイスパターンのより一層の高集積化に対応するために投影光学系の更なる高解像度化が望まれている。投影光学系の解像度は、使用する露光波長が短いほど、また投影光学系の開口数が高いほど高くなる。そのため、露光装置で使用される露光波長は年々短波長化しており、投影光学系の開口数も増大している。そして、現在主流の露光波長は KrF エキシマレーザの 248 nm であるが、更に短波長の ArF エキシマレーザの 193 nm も実用化されつつある。また、露光を行う際には、解像度と同様に焦点深度 (DOF) も重要となる。解像度 R、及び

10

20

30

40

50

焦点深度 はそれぞれ以下の式で表される。

$$R = k_1 \cdot \lambda / NA \quad \dots (1)$$

$$= \pm k_2 \cdot \lambda / NA^2 \quad \dots (2)$$

ここで、 λ は露光波長、 NA は投影光学系の開口数、 k_1 、 k_2 はプロセス係数である。(1)式、(2)式より、解像度 R を高めるために、露光波長 λ を短くして、開口数 NA を大きくすると、焦点深度 R が狭くなることが分かる。

【0003】

焦点深度 R が狭くなり過ぎると、投影光学系の像面に対して基板表面を合致させることが困難となり、露光動作時のフォーカスマージンが不足するおそれがある。そこで、実質的に露光波長 λ を短くして、且つ焦点深度を広くする方法として、例えば下記特許文献1に開示されている液浸法が提案されている。この液浸法は、投影光学系の下面と基板表面との間を水や有機溶媒等の液体で満たして液浸領域を形成し、液体中での露光光の波長が空気中の λ/n (n は液体の屈折率で通常 $1.2 \sim 1.6$ 程度) になることを利用して解像度を向上するとともに、焦点深度を約 n 倍に拡大するというものである。

【特許文献1】国際公開第99/49504号パンフレット

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、基板ステージ上には投影光学系を介した光を受光する種々の受光器(光センサ)が設けられており、その受光器の出力に基づいて、投影光学系の像面側に照射される露光光の照射状態や投影光学系の像面側に形成される像状態を計測し、この計測結果を参照して、基板を露光する際の露光状態の最適化を行っている。液浸露光装置においても、これらの受光器は装置の性能を維持、最適化するために必要と考えられているが、投影光学系の像面側に液体の液浸領域を形成した状態で受光器による受光動作を液体を介して行うと、受光器の出力に基づく計測結果が液体の影響を受ける可能性がある。

【0005】

本発明はこのような事情に鑑みてなされたものであって、液浸法を適用した露光装置において、受光器の受光結果に基づいて露光状態を最適化するための処理を良好に行い、高精度に露光できる露光装置、露光方法、及びデバイス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】

【0006】

上記の課題を解決するため、本発明は実施の形態に示す図1～図20に対応付けした以下の構成を採用している。

本発明の露光装置(EX)は、投影光学系(PL)の像面側に配置された基板(P)に対して投影光学系(PL)と液体(LQ)とを介して露光光(EL)を照射することによって基板(P)を露光する露光装置において、投影光学系(PL)の像面側に配置された光透過部(71)を有する光学部材(75)を介して投影光学系(PL)を通過した光を受光する受光器(90)と、投影光学系(PL)と光学部材(75)との間に満たされた液体(LQ)の温度情報を検出する温度検出装置(180)とを備えたことを特徴とする。

【0007】

本発明によれば、温度検出装置で、投影光学系と光学部材との間の液体の温度情報を検出することができるので、受光器で受光した光に対する液体の温度の影響を知ることができる。例えば、投影光学系と光学部材との間を液体で満たした状態で光学部材を介して光を受光器で受光中の液体温度と、基板を露光中の液体温度とが異なっていると、その受光器の出力に基づいて基板を液浸露光する際の露光状態を最適化する際、その最適化するための調整値(補正パラメータ)を正確に設定できない不都合が生じる可能性があるが、温度検出装置の検出結果を使えば、受光器で受光中の液体温度と基板を露光中の液体温度とが異なる状況が生じても、前記補正パラメータを最適値に設定することができる。

ここで、光学部材とは、レンズに限られず、光透過部を有し、投影光学系との間に液体を保持できるようなものは全て含まれる。

【0008】

本発明のデバイス製造方法は、上記記載の露光装置（EX）を用いることを特徴とする。本発明によれば、精度良い露光処理を行うことができ、所望の性能を有するデバイスを製造することができる。

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、液浸露光装置において、投影光学系と光学部材との間に液体を満たした状態でも、受光器の受光結果に基づいて最適な露光条件を設定した状態で精度良い露光処理を行うことができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

以下、本発明の露光装置について図面を参照しながら説明する。図1は本発明の露光装置の一実施形態を示す概略構成図である。

図1において、露光装置EXは、マスクMを支持するマスクステージMSTと、基板Pを支持する基板ステージPSTと、マスクステージMSTに支持されているマスクMを露光光ELで照明する照明光学系ILと、露光光ELで照明されたマスクMのパターン像を基板ステージPSTに支持されている基板Pに投影露光する投影光学系PLと、露光装置EX全体の動作を統括制御する制御装置CONTと、制御装置CONTに接続され、露光処理に関する各種情報を記憶した記憶装置MRYとを備えている。更に露光装置EXは、投影光学系PLの結像特性（光学特性）の計測に用いられる空間像計測装置70を備えている。空間像計測装置70は、投影光学系PLの像面側に配置されたスリット部71を有するスリット板75を介して投影光学系PLを通過した光（露光光EL）を受光する受光器90を備えている。スリット板75には、液体の温度を検出可能な温度センサ180が設けられている。

【0011】

本実施形態の露光装置EXは、露光波長を実質的に短くして解像度を向上するとともに焦点深度を実質的に広くするために液浸法を適用した液浸露光装置であって、基板P上に液体LQを供給する液体供給機構10と、基板P上の液体LQを回収する液体回収機構20とを備えている。露光装置EXは、少なくともマスクMのパターン像を基板P上に転写している間、液体供給機構10から供給した液体LQにより投影光学系PLの投影領域AR1を含む基板P上の一部に（局所的に）液浸領域AR2を形成する。具体的には、露光装置EXは、投影光学系PLの先端側（像面側）の光学素子60と基板Pの表面との間に液体LQを満たし、この投影光学系PLと基板Pとの間の液体LQ及び投影光学系PLを介して露光光ELを照射してマスクMのパターン像を基板P上に投影することによってこの基板Pを露光する。

【0012】

また後述するように、空間像計測装置70による計測動作中には、投影光学系PLとスリット板75との間に液体LQが満たされる。そして、投影光学系PLとスリット板75との間に満たされた液体LQを介してスリット板75（受光器90）に光が照射される。温度センサ180は、光を照射中の投影光学系PLとスリット板75との間の液体LQの温度情報を検出する。

【0013】

本実施形態では、露光装置EXとしてマスクMと基板Pとを走査方向における互いに異なる向き（逆方向）に同期移動しつつマスクMに形成されたパターンを基板Pに露光する走査型露光装置（所謂スキヤニングステッパ）を使用する場合を例にして説明する。以下の説明において、投影光学系PLの光軸AXと一致する方向をZ軸方向、Z軸方向に垂直な平面内でマスクMと基板Pとの同期移動方向（走査方向）をX軸方向、Z軸方向及びX軸方向に垂直な方向（非走査方向）をY軸方向とする。また、X軸、Y軸、及びZ軸まわ

10

20

30

40

50

りの回転（傾斜）方向をそれぞれ、 X 、 Y 、及び Z 方向とする。なお、ここでいう「基板」は半導体ウエハ上に感光性材料であるフォトリソグを塗布したものを含み、「マスク」は基板上に縮小投影されるデバイスパターンを形成されたレチクルを含む。

【0014】

照明光学系 IL は、光源 1 より射出された光束（レーザービーム） LB を露光光 EL に変換し、マスクステージ MST に支持されているマスク M を露光光 EL で照明するものである。照明光学系 IL から射出される露光光 EL としては、例えば水銀ランプから射出される紫外域の輝線（ g 線、 h 線、 i 線）及び KrF エキシマレーザー光（波長 248nm ）等の遠紫外光（ DUV 光）や、 ArF エキシマレーザー光（波長 193nm ）及び F_2 レーザー光（波長 157nm ）等の真空紫外光（ VUV 光）等が用いられる。本実施形態においては ArF エキシマレーザー光が用いられる。

10

【0015】

本実施形態において、液体 LQ には純水が用いられる。純水は ArF エキシマレーザー光のみならず、例えば水銀ランプから射出される紫外域の輝線（ g 線、 h 線、 i 線）及び KrF エキシマレーザー光（波長 248nm ）等の遠紫外光（ DUV 光）も透過可能である。

【0016】

本実施形態における光源 1 は、 ArF エキシマレーザー光（波長 193nm ）を射出するエキシマレーザー光源であって、制御装置 $CONT$ によってそのレーザー発光のオン・オフや、中心波長、スペクトル半値幅、及び繰り返し周波数等を制御される。

【0017】

照明光学系 IL は、ビーム整形光学系 2 、オプティカルインテグレート 3 、照明系開口絞り板 4 、リレー光学系 6 、 8 、固定マスクブラインド $7A$ 、可動マスクブラインド $7B$ 、ミラー 9 、及びコンデンサレンズ 30 等を備えている。本実施形態では、オプティカルインテグレート 3 としてフライアイレンズが用いられるが、ロッド型（内面反射型）インテグレート、あるいは回折光学素子等であってもよい。ビーム整形光学系 2 内には、光源 1 でパルス発光されたレーザービーム LB の断面形状を、該レーザービーム LB の光路後方に設けられたオプティカルインテグレート 3 に効率良く入射するように整形するための、例えばシリンドリカルレンズやビームエキスパンダ等が含まれている。オプティカルインテグレート（フライアイレンズ） 3 は、ビーム整形光学系 2 から射出されたレーザービーム LB の光路上に配置され、マスク M を均一な照度分布で照明するために多数の点光源（光源像）からなる面光源、すなわち 2 次光源を形成する。

20

30

【0018】

オプティカルインテグレート 3 の射出側焦点面の近傍には、円板状部材からなる照明系開口絞り板 4 が配置されている。この照明系開口絞り板 4 には、ほぼ等角度間隔で、例えば通常の円形開口からなる開口絞り（通常絞り）、小さな円形開口からなりコヒーレンスファクタである値を小さくするための開口絞り（小絞り）、輪帯照明用の輪帯状の開口絞り（輪帯絞り）、及び変形光源法用に複数の開口を偏心させて配置した変形開口絞り（ $SHRINC$ とも呼ばれる四重極照明絞り）等が配置されている。この照明系開口絞り板 4 は、制御装置 $CONT$ により制御されるモータ等の駆動装置 31 によって回転されるようになっており、これによりいずれかの開口絞りが露光光 EL の光路上に選択的に配置される。

40

【0019】

照明系開口絞り板 4 を通過した露光光 EL の光路上に、反射率が小さく透過率が大きいビームスプリッター 5 が配置され、更にこの後方の光路上に、マスクブラインド $7A$ 、 $7B$ を介在させてリレー光学系（ 6 、 8 ）が配置されている。固定マスクブラインド $7A$ は、マスク M のパターン面に対する共役面から僅かにデフォーカスした面に配置され、マスク M 上の照明領域 IA を規定する矩形開口が形成されている。また、この固定マスクブラインド $7A$ の近傍に走査方向（ X 軸方向）及びこれに直交する非走査方向（ Y 軸方向）にそれぞれ対応する方向の位置及び幅が可変の開口部を有する可動マスクブラインド $7B$ が配置され、走査露光の開始時及び終了時にその可動マスクブラインド $7B$ を介して照明領域

50

I Aを更に制限することによって、不要な部分の露光が防止されるようになっている。また、本実施形態では、可動マスクブラインド7 Bは、後述する空間像計測の際の照明領域の設定にも用いられる。一方、照明光学系I L内のビームスプリッタ5で反射された露光光E Lの光路上には、集光レンズ3 2、及び遠紫外域で感度が良く、且つ光源1のパルス発光を検出するために高い応答周波数を有するP I N型フォトダイオード等の受光素子からなるインテグレートセンサ3 3が配置されている。

【0020】

このようにして構成された照明光学系I Lの作用を簡単に説明すると、光源1からパルス発光されたレーザビームL Bは、ビーム整形光学系2に入射して、ここで後方のオプティカルインテグレート3に効率良く入射するようにその断面形状が整形された後、オプティカルインテグレート3に入射する。これにより、オプティカルインテグレート3の射出側焦点面（照明光学系I Lの瞳面）に2次光源が形成される。この2次光源から射出された露光光E Lは、照明系開口絞り板4上のいずれかの開口絞りを通じた後、透過率が大きく反射率が小さいビームスプリッタ5に入射する。このビームスプリッタ5を透過した露光光E Lは、第1リレーレンズ6を経て固定マスクブラインド7 Aの矩形の開口部及び可動マスクブラインド7 Bを通過した後、第2リレーレンズ8を通過してミラー9によって光路を垂直下方に折り曲げられる。ミラー9によって光路を折り曲げられた露光光E Lは、コンデンサレンズ3 0を経て、マスクステージM S Tに保持されたマスクM上の照明領域I Aを均一な照度分布で照明する。

【0021】

一方、ビームスプリッタ5で反射された露光光E Lは、集光レンズ3 2を介してインテグレートセンサ3 3で受光され、インテグレートセンサ3 3の光電変換信号が、不図示のピークホールド回路及びA / D変換器を有する信号処理装置を介して制御装置C O N Tに供給される。本実施形態では、インテグレートセンサ3 3の計測値は、露光量制御に用いられる他、投影光学系P Lに対する照射量の計算に用いられ、この照射量は基板反射率（これは、インテグレートセンサの出力と不図示の反射率モニタの出力とに基づいて求めることもできる）とともに、投影光学系P Lの照明光吸収による結像特性の変化量の算出に用いられる。本実施形態では、所定の間隔で、制御装置C O N Tにより、インテグレートセンサ3 3の出力に基づいて照射量が計算され、その計算結果が照射履歴として、記憶装置M R Yに記憶されるようになっている。

【0022】

マスクステージM S Tは、マスクMを保持して移動可能であって、例えばマスクMを真空吸着（又は静電吸着）により固定している。マスクステージM S Tは、マスクベース5 5上に非接触ベアリングである気体軸受（エアベアリング）を介して非接触支持されており、リニアモータ等を含むマスクステージ駆動装置M S T Dにより、投影光学系P Lの光軸A Xに垂直な平面内、すなわちX Y平面内で2次元移動可能及び Z方向に微小回転可能である。そして、マスクステージM S Tは、マスクベース5 5上をX軸方向に指定された走査速度で移動可能となっており、マスクMの全面が少なくとも投影光学系P Lの光軸A Xを横切ることができるだけのX軸方向の移動ストロークを有している。

【0023】

マスクステージM S T上には移動鏡4 1が設けられている。また、移動鏡4 1に対向する位置にはレーザ干渉計4 2が設けられている。マスクステージM S T上のマスクMの2次元方向の位置、及び Z方向の回転角（場合によっては X、 Y方向の回転角も含む）はレーザ干渉計4 2によりリアルタイムで計測され、計測結果は制御装置C O N Tに出力される。制御装置C O N Tは、レーザ干渉計4 2の計測結果に基づいてマスクステージ駆動装置M S T Dを駆動することでマスクステージM S Tに支持されているマスクMの位置を制御する。

【0024】

投影光学系P Lは、マスクMのパターンを所定の投影倍率で基板Pに投影露光するものであって、基板P側の先端部に設けられた光学素子（レンズ）6 0を含む複数の光学素

10

20

30

40

50

子で構成されており、これら光学素子は鏡筒 P K で支持されている。本実施形態において、投影光学系 P L は、投影倍率が例えば $1/4$ あるいは $1/5$ の縮小系である。なお、投影光学系 P L は等倍系及び拡大系のいずれでもよい。

【0025】

本実施形態の投影光学系 P L の先端部の光学素子 6 0 はレンズセル 6 2 で保持されており、その光学素子 6 0 を保持したレンズセル 6 2 と鏡筒 P K の先端部とが連結機構 6 1 によって連結されている。光学素子 6 0 には液浸領域 A R 2 の液体 L Q が接触する。光学素子 6 0 は螢石で形成されている。螢石は水との親和性が高いので、光学素子 6 0 の液体接触面 6 0 a のほぼ全面に液体 L Q を密着させることができる。すなわち、本実施形態においては光学素子 6 0 の液体接触面 6 0 a との親和性が高い液体（水）L Q を供給するよう
10

【0026】

基板ステージ P S T は、基板 P を保持して移動可能であって、X Y ステージ 5 3 と、X Y ステージ 5 3 上に搭載された Z チルトステージ 5 2 とを含んで構成されている。X Y ステージ 5 3 は、ステージベース 5 4 の上面の上方に不図示の非接触ベアリングである気体軸受（エアベアリング）を介して非接触支持されている。X Y ステージ 5 3（基板ステージ P S T）はステージベース 5 4 の上面に対して非接触支持された状態で、リニアモータ
20

等を含む基板ステージ駆動装置 P S T D により、投影光学系 P L の光軸 A X に垂直な平面内、すなわち X Y 平面内で 2 次元移動可能及び Z 方向に微小回転可能である。この X Y ステージ 5 3 上に Z チルトステージ 5 2 が搭載され、Z チルトステージ 5 2 上に基板ホルダ 5 1 が搭載されている。この基板ホルダ 5 1 によって、基板 P が真空吸着等により保持されている。Z チルトステージ 5 2 は、後述するアクチュエータにより、Z 軸方向、X 方向、及び Y 方向にも移動可能に設けられている。上記アクチュエータを含む基板ステージ駆動装置 P S T D は制御装置 C O N T により制御される。基板ステージ P S T は、基板 P のフォーカス位置（Z 位置）及び傾斜角を制御して基板 P の表面をオートフォーカス方式、及びオートレベリング方式で投影光学系 P L の像面に合わせ込むとともに、基板 P の X 軸方向及び Y 軸方向における位置決めを行う。
30

【0027】

また、基板ステージ P S T（基板ホルダ 5 1）上には、基板 P を囲むように補助プレート 5 7 が設けられている。補助プレート 5 7 は基板ホルダ 5 1 に保持された基板 P の表面とほぼ同じ高さの平面を有している。基板 P のエッジ領域を露光する場合にも、補助プレート 5 1 により投影光学系 P L の下に液体 L Q を保持することができる。

【0028】

基板ステージ P S T（Z チルトステージ 5 2）上には移動鏡 4 3 が設けられている。また、移動鏡 4 3 に対向する位置にはレーザ干渉計 4 4 が設けられている。基板ステージ P S T 上の基板 P の 2 次元方向の位置、及び回転角はレーザ干渉計 4 4 によりリアルタイムで計測され、計測結果は制御装置 C O N T へ出力される。制御装置 C O N T はレーザ干渉計 4 4 の計測結果に基づいてリニアモータ等を含む基板ステージ駆動装置 P S T D を駆動することで基板ステージ P S T に支持されている基板 P の位置決めを行う。
40

【0029】

また、露光装置 E X は、基板ステージ P S T（基板ホルダ 5 1）に支持されている基板 P の表面の位置を検出するフォーカス検出系 4 5 を備えている。フォーカス検出系 4 5 は、基板 P 上に液体 L Q を介して斜め方向より検出用光束を投射する投光部 4 5 A と、基板 P で反射した前記検出用光束の反射光を受光する受光部 4 5 B とを備えている。フォーカス検出系 4 5（受光部 4 5 B）の受光結果は制御装置 C O N T へ出力される。制御装置 C O N T はフォーカス検出系 4 5 の検出結果に基づいて、基板 P 表面の Z 軸方向の位置情報を検出することができる。また、投光部 4 5 A より複数の検出用光束を投射することによ
50

り、基板 P の X 及び Y 方向の傾斜情報を検出することができる。すなわち、フォーカス検出系 45 は、所定基準面に対する基板 P 表面のずれを検出できる。なお、フォーカス検出系 45 の構成としては、例えば特開平 6 - 283403 号公報等に掲載されているものを用いることができる。

【0030】

制御装置 CONT は、走査露光時等に、受光部 45B からの焦点ずれ信号（デフォーカス信号）、例えば S カープ信号に基づいて焦点ずれが零となるように、後述する Z 位置駆動部 56A ~ 56C を含む基板ステージ駆動装置 PSTD を介して Z チルトステージ 52 の Z 軸方向への移動、及び 2 次的に傾斜（X、Y 方向の回転）を制御する。すなわち、制御装置 CONT は、多点フォーカス検出系 45 を用いて Z チルトステージ 52 の移動を制御することにより、投影光学系 PL の結像面と基板 P の表面とを実質的に合致させるオートフォーカス及びオートレベリングを実行する。

10

【0031】

また、投影光学系 PL の先端近傍には、基板 P 上のアライメントマークあるいは基板ステージ PST 上に設けられた不図示の基準部材上に形成された基準マークを検出するオフアクシス方式の基板アライメント系 46 が設けられている。また、マスクステージ MST の近傍には、マスク M と投影光学系 PL とを介して前記基準部材に設けられた基準マークを検出するマスクアライメント系 47 が設けられている。本実施形態では、このアライメント系として、画像処理方式のアライメントセンサ、いわゆる FIA (Field Image Alignment) 系が用いられている。なお、基板アライメント系 46 の構成としては、例えば特開平 4 - 65603 号公報に掲載されているものを用いることができ、マスクアライメント系 47 の構成としては、特開平 7 - 176468 号公報に掲載されているものを用いることができる。

20

【0032】

図 2 は、液体供給機構 10、液体回収機構 20、及び投影光学系 PL を示す拡大図である。投影光学系 PL は、鏡筒 PK に保持された複数枚（ここでは 10 枚）の光学素子 64a ~ 64j と、投影光学系 PL の像面側（基板 P 側）のレンズセル 62 に保持された光学素子 60 とを備えている。投影光学系 PL を構成する光学素子 64a ~ 64j のうち、その一部、例えば光学素子 64a、64b は、それぞれ複数の駆動素子（例えばピエゾ素子等）63 によって光軸 AX 方向及び XY 面に対する傾斜方向に微小駆動可能に構成されている。また、光学素子 64d、64e の間、及び光学素子 64f、64g の間には、それぞれ密閉状態とされた第 1、第 2 密閉室 65A、65B が形成されている。これら第 1、第 2 密閉室 65A、65B には、不図示のガス供給機構から圧力調整機構 66 を介してクリーンな気体、例えばドライエアが供給されるようになっている。

30

【0033】

本実施形態では、各駆動素子 63 に与えられる駆動電圧（駆動素子の駆動量）及び第 1、第 2 密閉室 65A、65B 内部の気体の圧力（内部圧力）を調整する圧力調整機構 66 が、制御装置 CONT からの指令に応じて結像特性調整装置 67 により制御され、これによって、投影光学系 PL の結像特性、例えば、像面位置、像面湾曲、ディストーション、倍率等が補正されるようになっている。なお、かかる結像特性を調整する結像特性調整機構は、光学素子 64a のような可動光学素子のみによって構成してもよく、その可動光学素子の数も任意でよい。但し、この場合、可動光学素子の数が、投影光学系 PL の結像特性の補正可能な種類に対応するので、補正が必要な結像特性の種類に応じて可動光学素子の数を定めればよい。

40

【0034】

Z チルトステージ 52 は、3 つの Z 位置駆動部 56A、56B、56C（但し、紙面奥側の Z 位置駆動部 56C は不図示）によって XY ステージ 53 上に 3 点で支持されている。これらの Z 位置駆動部 56A ~ 56C は、Z チルトステージ 52 下面のそれぞれの支持点を投影光学系 PL の光軸方向（Z 方向）に独立して駆動する 3 つのアクチュエータ（例えばボイスコイルモータなど）59A、59B、59C（但し、図 2 における紙面奥側の

50

アクチュエータ59Cは不図示)と、Zチルトステージ52のZ位置駆動部56A、56B、56CによるZ軸方向の駆動量(基準位置からの変位)を検出するエンコーダ58A、58B、58C(但し、図2における紙面奥側のエンコーダ58Cは不図示)とを含んで構成されている。ここでエンコーダ58A~58Cとしては、例えば光学式又は静電容量式などのリニアエンコーダが使用されている。本実施形態では、上記アクチュエータ56A、56B、56Cによって、Zチルトステージ52を光軸AX方向(Z軸方向)及び光軸に直交する面(XY面)に対する傾斜方向すなわちX、Y方向に駆動する駆動装置が構成されている。また、エンコーダ58A~58Cで計測されるZチルトステージ52のZ位置駆動部56A、56B、56Cによる各支持点のZ軸方向の駆動量(基準点からの変位量)は制御装置CONTに出力され、制御装置CONTは、そのエンコーダ58A~58Cの計測結果に基づいて、Zチルトステージ52のZ軸方向の位置及びレベルング量(X回転量、Y回転量)を求めるようになっている。

10

【0035】

液体供給機構10は、露光処理時を含む所定の期間において投影光学系PLと基板Pとの間に液体LQを供給するものであって、液体LQを送出可能な液体供給部11と、液体供給部11に供給管12を介して接続され、この液体供給部11から送出された液体LQを基板P上に供給する供給ノズル13とを備えている。供給ノズル13は基板Pの表面に近接して配置されている。液体供給部11は、液体LQを収容するタンク、加圧ポンプ、及び供給する液体LQの温度を調整可能な温度調整機構等を備えており、供給管12及び供給ノズル13を介して基板P上に液体LQを供給する。液体供給部11の液体供給動作は制御装置CONTにより制御され、制御装置CONTは液体供給部11による基板P上に対する単位時間あたりの液体供給量を制御可能である。

20

【0036】

液体回収機構20は、露光処理時を含む所定の期間において投影光学系PLと基板Pとの間の液体LQを回収するものであって、基板Pの表面に近接して配置された回収ノズル23と、回収ノズル23に回収管22を介して接続された液体回収部21とを備えている。液体回収部21は、真空ポンプを含む真空系(吸引装置)、及び回収した液体LQを収容するタンク等を含んで構成されており、その動作は制御装置CONTに制御される。液体回収部21の真空系が駆動することにより、基板P上の液体LQは回収ノズル23を介して回収される。なお真空系として、露光装置に真空ポンプを設けずに、露光装置EXが配置される工場の真空系を用いるようにしてもよい。

30

【0037】

なお回収管22の途中、具体的には回収ノズル23と真空系との間に、回収ノズル23から吸い込まれた液体LQと気体とを分離する気液分離器を設けることが好ましい。基板P上の液体LQを吸引回収する際、液体回収部(真空系)21では、液体LQをその周囲の気体(空気)とともに回収する状況が生じる可能性があるため、気液分離器によって回収ノズル23から回収された液体と気体とを分離することにより、真空系に液体LQが流入してその真空系が故障する等の不都合の発生を防止することができる。液体回収部21に回収された液体LQは、例えば廃棄されたり、あるいはクリーン化されて液体供給部11等に戻され再利用される。

40

【0038】

なお、液体供給機構10及び液体回収機構20は、投影光学系PLに対して分離して支持されている。これにより、液体供給機構10及び液体回収機構20で生じた振動が投影光学系PLに伝わることはない。

【0039】

図3は、液体供給機構10及び液体回収機構20と投影光学系PLの投影領域AR1との位置関係を示す平面図である。投影光学系PLの投影領域AR1はY軸方向に細長い矩形状(スリット状)となっており、その投影領域AR1をX軸方向に挟むように、+X側に3つの供給ノズル13A~13Cが配置され、-X側に2つの回収ノズル23A、23Bが配置されている。そして、供給ノズル13A~13Cは供給管12を介して液体供給

50

部 1 1 に接続され、回収ノズル 2 3 A、2 3 B は回収管 2 2 を介して液体回収部 2 1 に接続されている。また、供給ノズル 1 3 A ~ 1 3 C と回収ノズル 2 3 A、2 3 B とをほぼ 1 8 0 ° 回転した位置関係で、供給ノズル 1 6 A ~ 1 6 C と、回収ノズル 2 6 A、2 6 B とが配置されている。供給ノズル 1 3 A ~ 1 3 C と回収ノズル 2 6 A、2 6 B とは Y 軸方向に交互に配列され、供給ノズル 1 6 A ~ 1 6 C と回収ノズル 2 3 A、2 3 B とは Y 軸方向に交互に配列され、供給ノズル 1 6 A ~ 1 6 C は供給管 1 5 を介して液体供給部 1 1 に接続され、回収ノズル 2 6 A、2 6 B は回収管 2 5 を介して液体回収部 2 1 に接続されている。

【 0 0 4 0 】

図 4 は、投影光学系 P L の結像特性（光学特性）の計測に用いられる空間像計測装置 7 0 を示す概略構成図である。空間像計測装置 7 0 は、投影光学系 P L の像面側に配置されたスリット部 7 1 を有するスリット板 7 5 を介して投影光学系 P L を通過した光を受光する受光器 9 0 を備えている。スリット板 7 5 は、投影光学系 P L の像面側の Z チルトステージ 5 2 に設けられている。受光器 9 0 は、Z チルトステージ 5 2 内部においてスリット板 7 5 に近い位置に配置された光学素子 7 6 と、光学素子 7 6 を通過した光の光路を折り曲げるミラー 7 7 と、ミラー 7 7 を介した光が入射する光学素子 7 8 と、光学素子 7 8 を通過した光を Z チルトステージ 5 2 外部に送る送光レンズ 7 9 と、Z チルトステージ 5 2 外部に設けられ、送光レンズ 7 9 からの光の光路を折り曲げるミラー 8 0 と、ミラー 8 0 を通過した光を受ける受光レンズ 8 1 と、受光レンズ 8 1 を介した光を受光する光電変換素子からなる光センサ（受光素子）8 2 とを備えている。

【 0 0 4 1 】

スリット板 7 5 は、平面視長形状のガラス板部材 7 4 の上面中央部に設けられたクロム等からなる遮光膜 7 2 と、その遮光膜 7 2 の周囲、すなわちガラス板部材 7 4 の上面のうち遮光膜 7 2 以外の部分に設けられたアルミニウム等からなる反射膜 7 3 と、遮光膜 7 2 の一部に形成された開口パターンであるスリット部 7 1 とを備えている。スリット部 7 1 においては透明部材であるガラス板部材 7 4 が露出しており、光はスリット部 7 1 を透過可能である。投影光学系 P L の先端部の光学素子 6 0 とスリット板 7 5 との間に満たされた液体 L Q の温度情報を検出する温度センサ 1 8 0 は、スリット板 7 5 上面のうち反射膜 7 3 が設けられた領域に取り付けられている。

【 0 0 4 2 】

Z チルトステージ 5 2 の上面において基板ホルダ 5 1 と隣り合う位置には凸部 8 3 が設けられており、その凸部 8 3 の上部には開口部 8 4 が設けられている。スリット板 7 5 は凸部 8 3 の開口部 8 4 に対して着脱可能となっており、その開口部 8 4 を塞ぐ状態で上方から嵌め込まれている。

【 0 0 4 3 】

ガラス板部材 7 4 の形成材料としては、A r F エキシマレーザ光あるいは K r F エキシマレーザ光に対する透過性の良い合成石英あるいは螢石などが用いられる。なお、合成石英の A r F エキシマレーザ光に対する屈折率は 1 . 5 6、K r F エキシマレーザ光に対する屈折率は 1 . 5 1 程度である。

【 0 0 4 4 】

光学素子 7 6 は、Z チルトステージ 5 2 内部においてスリット部 7 1 の下方に配置されており、保持部材 8 5 で保持されている。光学素子 7 6 を保持した保持部材 8 5 は、凸部 8 3 の内壁面 8 3 A に取り付けられている。Z チルトステージ 5 2 内部に配置されている光学素子 7 6 を通過した光は、ミラー 7 7 でその光路を折り曲げられた後、光学素子 7 8 を通過する。光学素子 7 8 を通過した光は、Z チルトステージ 5 2 の + X 側側壁に固定されている送光レンズ 7 9 によって Z チルトステージ 5 2 の外部に送出される。送光レンズ 7 9 によって Z チルトステージ 5 2 外部に送出された光は、ミラー 8 0 によって受光レンズ 8 1 に導かれる。受光レンズ 8 1 とその受光レンズ 8 1 の上方に配置されている光センサ 8 2 とは、所定の位置関係を保ってケース 8 6 に収納されている。ケース 8 6 は取付部材 8 7 を介してステージベース 5 4 の上面に設けられた支柱 8 8 の上端部近傍に固定され

10

20

30

40

50

ている。

【0045】

なお、ミラー77、光学素子78、及び送光レンズ79等はZチルトステージ52に対して着脱可能である。また、受光レンズ81及び光センサ82を収納したケース86を支持する支柱88は、ステージベース54に対して着脱可能となっている。

【0046】

光センサ82には、微弱な光を精度良く検出可能な光電変換素子(受光素子)、例えばフォト・マルチプライヤ・チューブ(PMT、光電子増倍管)等が用いられる。光センサ82からの光電変換信号は、信号処理装置を介して制御装置CONTに送られるようになっている。

10

【0047】

図5は、空間像計測装置70を使って投影光学系PLの結像特性を計測している状態を示す図である。図5に示すように、投影光学系PLの結像特性を計測する際には、投影光学系PLとスリット板75とを対向させた状態で、液体供給機構10及び液体回収機構20を使って、投影光学系PLの先端側(像面側)の光学素子60とスリット板75との間に液体LQが満たされる。そして、投影光学系PLの光学素子60とスリット板75との間に液体LQを満たした状態で、投影光学系PL及び液体LQを介した光(露光光EL)が空間像計測装置70を構成するスリット板75に照射される。またこのときのスリット板75の上面75Aの面位置情報は、フォーカス検出系45を使って検出可能である。

【0048】

20

図6は、空間像計測装置70のうち、凸部83内部に配置されたスリット板75及び光学素子76近傍を示す要部拡大断面図、図7は、スリット板75を上方から見た平面図である。なお図6においては、受光器90は簡略化して図示されており、受光器90を構成する複数の光学素子及び部材のうち、光の光路上においてスリット板75に最も近い位置に配置された光学素子76、及びその光学素子76を通過した光を受光する光センサ82のみが図示されている。図6において、投影光学系PLの先端部の光学素子60とスリット板75との間には液体LQが満たされている。また、空間像計測装置70のうち、スリット板75と受光器90との間にも液体LQが満たされている。

【0049】

ここで、以下の説明において、投影光学系PLとスリット板75との間に満たされた液体LQによって形成される液浸領域を「第1液浸領域LA1」と、スリット板75と受光器90(光学素子76)との間に満たされた液体LQによって形成される液浸領域を「第2液浸領域LA2」と適宜称する。

30

【0050】

スリット板75の上面に設けられた温度センサ180は、投影光学系PLの先端部の光学素子60とスリット板75との間に満たされた第1液浸領域LA1の液体LQの温度情報を検出する。温度センサ180は、スリット板75上面のうち第1液浸領域LA1の内側、すなわち投影光学系PLとスリット板75との間に満たされた液体LQに接触する位置に設けられている。本実施形態において、温度センサ180はスリット板75上面のうち反射膜73が設けられた領域に取り付けられており、図7に示すように、スリット部71を挟んでX軸方向(走査方向)両側にそれぞれ設けられている。スリット部71はY軸方向を長手方向とする矩形形状(長方形形状)のスリットであって所定幅2Dを有している。

40

【0051】

第2液浸領域LA2の液体LQは、凸部83の開口部84に嵌合されているスリット板75の下面と、受光器90の光路上に配置された複数の光学素子(光学部材)のうちスリット板75に最も近い位置に配置された光学素子76との間に満たされている。光学素子76は、スリット板75の下方位置において、凸部83の内壁面83Aに取り付けられた保持部材85に保持されており、液体LQは、スリット板75、保持部材85、及び光学素子76に囲まれた空間SPに満たされている。本実施形態において、光学素子76は平凸レンズにより構成されており、その平坦面を上方に向けて配置されている。そして、保

50

持部材 85 の内底面 85 A と、光学素子 76 の上面（平坦面）76 A とがほぼ面一となっている。また、保持部材 85 は断面視略上向きコ字状に形成され、その保持部材 85 の外側面 85 B と凸部 83 の内壁面 83 A とは密接されており、保持部材 85 の上端面（スリット板 75 との接合面）85 C とスリット板 75 との間にはリングなどのシール部材 91 が設けられている。これにより、空間 S P に満たされた液体 L Q が外部に漏洩する不都合が防止されている。

【0052】

スリット板 75 及び光学素子 76 を保持した保持部材 85 は、凸部 83 の内壁面 83 A に対して着脱可能となっている。保持部材 85 を取り付け際には、凸部 83 の開口部 84 より光学素子 76 を保持した保持部材 85 を凸部 83 内部に挿入し（このときスリット板 75 は取り付けられていない）、不図示の固定部材で保持部材 85 と凸部 83 の内壁面 83 A とを固定する。次いで、開口部 84 にスリット板 75 が嵌め込まれる。一方、保持部材 85 を外す際には、スリット板 75 を開口部 84 より取り外した後、保持部材 85 を開口部 84 を介して引き抜けばよい。

【0053】

また、露光装置 E X は、スリット板 75 と受光器 90 の光学素子 76 との間の空間 S P に液体 L Q を供給する液体供給装置 100 と、その空間 S P の液体 L Q を回収する液体回収装置 104 とを備えている。凸部 83 及び保持部材 85 の + X 側の壁部には空間 S P に接続する供給流路 102 が形成され、- X 側の壁部には空間 S P に接続する回収流路 106 が形成されている。また、液体供給装置 100 には供給管 101 の一端部が接続され、供給管 101 の他端部は継手 103 を介して供給流路 102 に接続されている。液体回収装置 104 には回収管 105 の一端部が接続され、回収管 105 の他端部は継手 107 を介して回収流路 106 に接続されている。また、供給管 101 及び回収管 105 のそれぞれの途中にはその流路を開閉するバルブ 101 A、105 A が設けられている。液体供給装置 100、液体回収装置 104、及びバルブ 101 A、105 A の動作は制御装置 C O N T によって制御され、制御装置 C O N T は、これらを制御して空間 S P に対する液体 L Q の供給及び回収を行うことで、空間 S P を液体 L Q で満たす。

【0054】

空間像（投影像）を計測するに際し、制御装置 C O N T は、基板ステージ P S T を移動して、投影光学系 P L とスリット板 75 とを対向させる（つまり図 5 に示す状態にする）。そして、液体供給機構 10 及び液体回収機構 20 を使って投影光学系 P L の先端部の光学素子 60 とスリット板 75 との間に液体 L Q を満たす。これと並行して（あるいはその前又は後に）、制御装置 C O N T は、液体供給装置 100 及び液体回収装置 104 を使って、受光器 90 の光学素子 76 とスリット板 75 との間に液体 L Q を満たす。

【0055】

空間像の計測時において、マスクステージ M S T には後述する計測マークを備えたマスク M が支持される。制御装置 C O N T は、照明光学系 I L によりマスク M を露光光 E L で照明する。前記計測マーク、投影光学系 P L、及び第 1 液浸領域 L A 1 の液体 L Q を介した光（露光光 E L）は、スリット板 75 に照射される。そのスリット板 75 のスリット部 71 を通過した光は、第 2 液浸領域 L A 2 の液体 L Q を介して光学素子 76 に入射する。

【0056】

投影光学系 P L とスリット板 75 との第 1 液浸領域 L A 1 の液体 L Q によって投影光学系の開口数 N A が向上するため、投影光学系 P L の開口数 N A に応じて、受光器 90 の光学素子 76 の開口数 N A も向上させないと、光学素子 76 は、投影光学系 P L を通過した光を良好に（全て）取り込むことができない可能性があり、光を良好に受光できなくなる。そこで、本実施形態のように、投影光学系 P L とスリット板 75 との間に液体 L Q を満たすことによって投影光学系 P L の開口数 N A を向上させた場合には、スリット板 75 と受光器 90 の光学素子 76 との間にも液体 L Q を満たして受光器 90 の光学素子 76 の開口数 N A を向上させることで、受光器 90 の光学素子 76 は投影光学系 P L を介した光を良好に取り込むことができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 7 】

光学素子 7 6 は第 2 液浸領域 L A 2 を介した光を集光する。光学素子 7 6 で集光された光は、ミラー 7 7、光学素子 7 8、及び送光レンズ 7 9 を介して基板ステージ P S T の外部に導き出される。そして、その基板ステージ P S T の外部に導き出された光は、ミラー 8 0 によって光路を折り曲げられ、受光レンズ 8 1 を介して光センサ 8 2 によって受光され、その光センサ 8 2 からその受光量に応じた光電変換信号（光量信号）が信号処理装置を介して制御装置 C O N T に出力される。制御装置 C O N T は、光センサ 8 2（受光器 9 0）の出力に基づいて、露光装置 E X の性能情報の 1 つである投影光学系 P L の結像特性情報を求める。

【 0 0 5 8 】

投影光学系 P L の結像特性を計測するために第 1 液浸領域 L A 1 の液体 L Q を介してスリット板 7 5（受光器 9 0）に光（露光光 E L）を照射中において、温度センサ 1 8 0 は第 1 液浸領域 L A 1 の液体 L Q の温度情報を検出する。すなわち温度センサ 1 8 0 は空間像計測装置 7 0 による空間像計測動作中における第 1 液浸領域 L A 1 の液体 L Q の温度情報を検出する。温度センサ 1 8 0 の検出結果は制御装置 C O N T に出力される。制御装置 C O N T は、温度センサ 1 8 0 の検出結果と、受光器 9 0 の出力に基づいて求めた投影光学系 P L の結像特性情報とに基づいて、基板 P を液浸露光処理する。

【 0 0 5 9 】

以下、空間像計測装置 7 0 を用いた空間像計測動作及び露光動作について説明する。空間像計測時において、マスク M としては、空間像計測専用のものであるいはデバイスの製造に用いられるデバイス製造用マスクに専用の計測マークを形成したものなどが用いられる。また、これらマスクの代わりに、マスクステージ M S T にマスクと同材質のガラス材料からなる固定のマーク板（フィデューシャルマーク板）を設け、このマーク板に計測マークを形成したものをを用いてもよい。

【 0 0 6 0 】

マスク M には、所定の位置に X 軸方向に周期性を有するライン部の幅とスペース部の幅との比（デューティ比）が 1 : 1 のラインアンドスペース（L / S）マークからなる計測用マーク P M x と、Y 軸方向に周期性を有するデューティ比が 1 : 1 の L / S マークからなる計測マーク P M y とが相互に近接して形成されている。これら計測マーク P M x、P M y は同一線幅のラインパターンからなる。また、空間像計測装置 7 0 を構成するスリット板 7 5 には、図 8（a）に示すように、Y 軸方向に延びる所定幅 2 D のスリット部 7 1 x と、X 軸方向に延びる所定幅 2 D のスリット部 7 1 y とが、図 8（a）に示されるような所定の位置関係で形成されている。このように、スリット板 7 5 には、実際には複数のスリット部 7 1 x、7 1 y 等が形成されているが、図 1 ~ 図 7 等にはこれらスリット部を代表してスリット部 7 1 として図示されている。

【 0 0 6 1 】

例えば、計測マーク P M x の空間像の計測にあたり、制御装置 C O N T により、図 1 に示される可動マスクブラインド 7 B が不図示のブラインド駆動装置を介して駆動され、露光光 E L の照明領域が計測マーク P M x 部分を含む所定領域に制限される。この状態で、制御装置 C O N T により光源 1 の発光が開始され、露光光 E L が計測マーク P M x に照射されると、計測マーク P M x によって回折、散乱した光（露光光 E L）は、投影光学系 P L により屈折され、投影光学系 P L の像面に計測マーク P M x の空間像（投影像）が形成される。このとき、基板ステージ P S T は、図 8（a）に示すように、スリット板 7 5 上のスリット部 7 1 x の + X 側（又は - X 側）に計測マーク P M x の空間像 P M x ' が形成される位置に設けられているものとする。

【 0 0 6 2 】

そして、制御装置 C O N T の指示のもと、基板ステージ駆動装置 P S T D により、基板ステージ P S T が図 8（a）中に矢印 F x で示されるように + X 方向に駆動されると、スリット部 7 1 x が空間像 P M x ' に対して X 軸方向に走査される。この走査中に、スリット部 7 1 x を通過する光（露光光 E L）が基板ステージ P S T（Z チルトステージ 5 2）

10

20

30

40

50

内の受光光学系、基板ステージPST外部のミラー80及び受光レンズ81を介して光センサ82で受光され、その光電変換信号が信号処理装置に供給される。信号処理装置では、その光電変換信号に所定の処理を施して、空間像PMx'に対応する光強度信号を制御装置CONTに供給する。なおこの際、信号処理装置では、光源1からの露光光ELの露光強度のばらつきによる影響を抑えるために、図1に示されるインテグレートセンサ33の信号により光センサ82からの信号を規格化した信号を制御装置CONTに供給するようになっている。図8(b)には、上記の空間像計測の際に得られる光電変換信号(光強度信号)の一例が示されている。

【0063】

計測マークPMyの空間像を計測する場合には、基板ステージPSTを、スリット板75上のスリット部71yの+Y側(又は-Y側)に計測マークPMyの空間像が形成される位置に設けて、上記と同様のスリットスキャン方式による計測を行うことにより、計測マークPMyの空間像に対応する光電変換信号(光強度信号)を得ることができる。

【0064】

結像特性調整情報などを得るための計測に際しては、まず初期調整の際に、投影光学系PLの光学素子64a、64bを1つずつ駆動しながら、また第1、第2密閉室65A、65Bの圧力を1つずつ変更しながら、投影光学系PLの像面位置(フォーカス)、及びその他の所定の結像特性(例えば像面湾曲、倍率、ディストーション、コマ収差、球面収差などの諸収差のうちのいずれか)を、後述するようにして空間像計測装置70を用いて測定し、光学素子64a、64b、及び第1、第2密閉室65A、65Bにおける結像特性変化量を求める。

【0065】

以下、結像特性の計測動作の一例として、投影光学系PLのベストフォーカス位置(像面位置)の検出方法について説明する。この場合、前提条件として照明系開口絞り板4の通常絞りが選択され、照明条件として通常照明条件が設定されているものとする。ベストフォーカス位置の検出には、例えば、線幅1 μ m、デューティ比50%のL/Sパターンからなる計測マークPMx(又はPMy)を形成されたマスクMが用いられる。まず、不図示のロード装置によりマスクMがマスクステージMSTにロードされる。次に、制御装置CONTは、マスクM上の計測マークPMxが投影光学系PLの光軸上にほぼ一致するように、マスクステージ駆動装置MSTDを介してマスクステージMSTを移動する。次に、制御装置CONTは、露光光ELが計測マークPMx部分のみに照射されるように可動マスクブラインド7Bを駆動制御して照明領域を規定する。この状態で、制御装置CONTは、マスクMに露光光ELを照射して、前述と同様にして、基板ステージPSTをX軸方向に走査しながら、空間像計測装置70を用いて計測マークPMxの空間像計測をスリットスキャン方式により行う。この際、制御装置CONTは、基板ステージ駆動装置PSTDを介してスリット板75のZ軸方向の位置(すなわち、Zチルトステージ52の位置)を所定のステップピッチで変化させつつ、計測マークPMxの空間像計測を複数回繰り返し、各回の光強度信号(光電変換信号)を記憶装置MRYに記憶する。なお、上記のスリット板75のZ軸方向の位置の変化は、Zチルトステージ52のエンコーダ58A、58B、58Cの計測値に基づき、アクチュエータ59A、59B、59Cを制御することにより行われる。そして、制御装置CONTは、前記繰り返しにより得られた複数の光強度信号(光電変換信号)をそれぞれフーリエ変換し、それぞれの1次周波数成分と0次周波数成分との振幅比であるコントラストを求める。そして、制御装置CONTは、そのコントラストが最大となる光強度信号に対応するZチルトステージ52のZ位置(すなわち、スリット板75のZ軸方向の位置)を検出し、この位置を投影光学系PLの像面位置として決定する。コントラストはフォーカス位置(デフォーカス量)に応じて敏感に変化するので、投影光学系PLの像面位置を精度良く且つ容易に計測(決定)することができる。制御装置CONTは、求めた像面位置に基づいて、投影光学系PLと液体LQとを介した像面位置と、フォーカス検出系45の検出原点(検出基準面)とが一致するように、フォーカスキャリブレーションを行う。これにより、以後、フォーカス検出系45によ

10

20

30

40

50

って基板ステージ P S T 上の所定面（例えば、基板 P 表面あるいはスリット板 7 5 表面）をマスク M の基準面と光学的に共役な位置（像面位置）に位置決めすることができる。

【 0 0 6 6 】

像面位置計測中における第 1 液浸領域 L A 1 の液体温度と、その計測後の工程で行われる基板 P に対する液浸露光中の液浸領域 A R 2 の液体温度とが互いに異なる状況が生じる場合が考えられる。この場合、第 1 液浸領域 L A 1 の液体 L Q の屈折率と、液浸領域 A R 2 の液体 L Q の屈折率とが互いに異なる状況が生じるため、空間像計測装置 7 0 によって投影光学系 P L 及び液体 L Q を介した像面位置を求めたとしても、基板 P を液浸露光するときには像面位置が変わる可能性がある。

【 0 0 6 7 】

そこで、制御装置 C O N T は、空間像計測装置 7 0 の計測結果と空間像計測装置 7 0 による像面位置計測中における第 1 液浸領域 L A 1 の液体 L Q の温度情報とに基づいて、基板 P を液浸露光するときの投影光学系 P L の結像特性を調整し、基板 P を液浸露光する。

【 0 0 6 8 】

具体的には、温度センサ 1 8 0 は、投影光学系 P L の像面位置計測中における第 1 液浸領域 L A 1 の液体 L Q の温度を検出する（図 9 ステップ S A 1 ）。

また、制御装置 C O N T は、上述したように受光器 9 0 （空間像計測装置 7 0 ）の出力に基づいて、投影光学系 P L 及び液体 L Q を介した像面位置を求める（ステップ S A 2 ）。

【 0 0 6 9 】

制御装置 C O N T は、基板 P を液浸露光するときの投影光学系 P L 及び液体 L Q を介した像面位置とフォーカス検出系 4 5 の検出基準面とを合致させるための像面位置を調整する調整量を求める（ステップ S A 3 ）。

ここで、像面位置を調整する調整量とは、結像特性調整装置 6 7 によって調整される、投影光学系 P L の光学素子 6 4 a、6 4 b の駆動量及び第 1、第 2 密閉室 6 5 A、6 5 B の内部圧力の調整量を含む。

【 0 0 7 0 】

一方、ステップ S A 1 において温度センサ 1 8 0 で検出された第 1 液浸領域 L A 1 の温度検出結果は制御装置 C O N T に出力される。制御装置 C O N T は、温度センサ 1 8 0 の検出結果に基づいて、液体温度の違いに起因する像面位置の変化分を考慮して、ステップ S A 3 で求めた調整量を補正する。こうして、制御装置 C O N T は、温度センサ 1 8 0 で検出された温度情報に基づいて、結像特性調整装置 6 7 による調整量を決定する。

【 0 0 7 1 】

ここで、記憶装置 M R Y には、例えば実験あるいはシミュレーション等によって予め求められている、投影光学系 P L の光学素子 6 4 a、6 4 b の駆動量及び第 1、第 2 密閉室 6 5 A、6 5 B の内部圧力の調整量と、投影光学系 P L の各種結像特性の変化量（変動量）との関係（すなわち結像特性調整情報）が記憶されている。更に、記憶装置 M R Y には、実験あるいはシミュレーション等によって予め求められている、液体温度と投影光学系 P L 及び液体 L Q を介した像面位置との関係が記憶される。

【 0 0 7 2 】

記憶装置 M R Y には、例えば図 1 0 のグラフ図に示すようなデータが予め記憶されている。図 1 0 において、横軸は空間像計測時における第 1 液浸領域 L A 1 の液体温度、縦軸は像面位置調整量（補正量）である。このように、記憶装置 M R Y には、空間像計測時における第 1 液浸領域 L A 1 の液体温度と、基板 P を液浸露光中の液浸領域 A R 2 の複数の液体温度情報（A、B、C）と、像面位置を補正するための調整量（補正量）との関係が予め記憶されている。制御装置 C O N T は、記憶装置 M R Y の記憶情報に基づいて、求めた調整量を補正し、この補正した調整量を、結像特性調整装置 6 7 による調整量として決定し、フォーカスキャリブレーションを実行する（ステップ S A 4 ）。

すなわち、決定された調整量に基づいて、投影光学系 P L の光学素子 6 4 a、6 4 b の駆動、及び第 1、第 2 密閉室 6 5 A、6 5 B の内部圧力の少なくとも一方の調整を行って

10

20

30

40

50

、投影光学系 P L と液体 L Q とを介した像面位置とフォーカス検出系 4 5 の検出基準面とを合致させる。これにより、フォーカスキャリブレーションが完了した後、制御装置 C O N T は、投影光学系 P L と基板ステージ P S T 上にロードされた基板 P とを対向させるように基板ステージ駆動装置 P S T D を介して基板ステージ P S T を駆動する。なおこのとき、マスクステージ M S T にはデバイス製造用パターンが形成されたマスク M がロードされている。そして、制御装置 C O N T は、液体供給機構 1 0 の液体供給部 1 1 を駆動し、供給管 1 2 及び供給ノズル 1 3 を介して単位時間あたり所定量の液体 L Q を基板 P 上に供給する。また、制御装置 C O N T は、液体供給機構 1 0 による液体 L Q の供給に伴って液体回収機構 2 0 の液体回収部（真空系）2 1 を駆動し、回収ノズル 2 3 及び回収管 2 2 を介して単位時間あたり所定量の液体 L Q を回収する。これにより、投影光学系 P L の先端部の光学素子 6 0 と基板 P との間に液体 L Q の液浸領域 A R 2 が形成される。

10

【 0 0 7 3 】

そして、制御装置 C O N T は、照明光学系 I L によりマスク M を露光光 E L で照明し、マスク M のパターンの像を投影光学系 P L 及び液体 L Q を介して基板 P に投影する。ここで、基板 P に対する露光処理を行う際には、制御装置 C O N T は、フォーカス検出系 4 5 を使って、フォーカス検出系 4 5 の基準面（像面）と基板 P 表面とのずれを検出しつつ、その検出結果に基づいて、投影光学系 P L の光学素子 6 4 a、6 4 b を駆動したり、第 1、第 2 密閉室 6 5 A、6 5 B の内部圧力を調整し、投影光学系 P L 及び液体 L Q を介した像面位置を調整しながら露光処理を行う（ステップ S A 5）。

【 0 0 7 4 】

20

走査露光時には、投影領域 A R 1 にマスク M の一部のパターン像が投影され、投影光学系 P L に対して、マスク M が - X 方向（又は + X 方向）に速度 V で移動するのに同期して、基板ステージ P S T を介して基板 P が + X 方向（又は - X 方向）に速度 $\cdot V$ （ \cdot は投影倍率）で移動する。そして、1つのショット領域への露光終了後に、基板 P のステップングによって次のショット領域が走査開始位置に移動し、以下、ステップ・アンド・スキャン方式で各ショット領域に対する露光処理が順次行われる。本実施形態では、基板 P の移動方向と平行に、基板 P の移動方向と同一方向に液体 L Q を流すように設定されている。つまり、矢印 X a（図 3 参照）で示す走査方向（- X 方向）に基板 P を移動させて走査露光を行う場合には、供給管 1 2、供給ノズル 1 3 A ~ 1 3 C、回収管 2 2、及び回収ノズル 2 3 A、2 3 B を用いて、液体供給機構 1 0 及び液体回収機構 2 0 による液体 L Q の供給及び回収が行われる。すなわち、基板 P が - X 方向に移動する際には、供給ノズル 1 3（1 3 A ~ 1 3 C）より液体 L Q が投影光学系 P L と基板 P との間に供給されるとともに、回収ノズル 2 3（2 3 A、2 3 B）より基板 P 上の液体 L Q が回収され、投影光学系 P L の先端部の光学素子 6 0 と基板 P との間を満たすように - X 方向に液体 L Q が流れる。一方、矢印 X b（図 3 参照）で示す走査方向（+ X 方向）に基板 P を移動させて走査露光を行う場合には、供給管 1 5、供給ノズル 1 6 A ~ 1 6 C、回収管 2 5、及び回収ノズル 2 6 A、2 6 B を用いて、液体供給機構 1 0 及び液体回収機構 2 0 による液体 L Q の供給及び回収が行われる。すなわち、基板 P が + X 方向に移動する際には、供給ノズル 1 6（1 6 A ~ 1 6 C）より液体 L Q が投影光学系 P L と基板 P との間に供給されるとともに、回収ノズル 2 6（2 6 A、2 6 B）より基板 P 上の液体 L Q が回収され、投影光学系 P L の先端部の光学素子 6 0 と基板 P との間を満たすように + X 方向に液体 L Q が流れる。この場合、例えば供給ノズル 1 3 を介して供給される液体 L Q は基板 P の - X 方向への移動に伴って光学素子 6 0 と基板 P との間に引き込まれるようにして流れるので、液体供給機構 1 0（液体供給部 1 1）の供給エネルギーが小さくても液体 L Q を光学素子 6 0 と基板 P との間に容易に供給できる。そして、走査方向に応じて液体 L Q を流す方向を切り替えることにより、+ X 方向、又は - X 方向のどちらの方向に基板 P を走査する場合にも、光学素子 6 0 と基板 P との間を液体 L Q で満たすことができ、高い解像度及び広い焦点深度を得ることができる。

30

40

【 0 0 7 5 】

なおここでは、フォーカス検出系 4 5 の検出結果に基づいて投影光学系 P L 及び液体 L

50

Qを介した像面位置（フォーカス検出系45の検出基準面）と基板P表面とを合致させるために、結像特性調整装置67を使って投影光学系PLの像面位置（結像特性）を調整しつつ投影光学系PLと液体LQとを介して基板Pを露光するように説明したが、走査露光中において、基板Pを支持した基板ステージPSTのZ軸方向に関する位置調整（フォーカス調整）、及びX方向に関するチルト調整（ローリング調整）を行うようにしてもよい。もちろん、結像特性調整装置67による結像特性調整と基板ステージPSTの位置調整とを組み合わせることも可能である。また、投影領域AR1のX軸方向の幅が大きい場合には、像面と基板P表面との位置を合致させるために、走査露光中においてY方向に関するチルト調整（ピッチング調整）を行うようにしてもよい。

【0076】

以上説明したように、第1液浸領域LA1の液体温度と、液浸領域AR2の液体温度とが互いに異なっている場合であっても、投影光学系PL及び液体LQを介して空間像計測装置70で計測した像面位置情報を使って、投影光学系PL及び液体LQを介した像面位置を基板P表面に合致させることができる。

【0077】

なお本実施形態では、投影光学系PLの像面位置の計測をする際に、スリット部71（スリット板75）をXY平面内の所定方向にスキャンさせる方法（スリットスキャン方式）について説明したが、孤立線マークなどの計測マークの空間像を投影光学系PLの像面近傍に形成し、この空間像に対してスリット部71（スリット板75）を光軸AX方向（Z軸方向）に相対走査されるように、スリット板75（Zチルトステージ52）を像面位置を中心とする所定ストローク範囲でZ軸方向に沿って走査（スキャン）してもよい。そして、そのときの光強度信号（ピーク値）に基づいて像面位置を求める。この場合、像面上において計測マークの空間像が、スリット部71（71x又は71y）の形状とほぼ一致するような寸法、形状となる計測マークを用いることが好ましい。このような空間像計測を行えば、図11に示すような光強度信号を得ることができる。この場合、この光強度信号の信号波形のピークの位置を直接見つけることによりその点のZ位置を像面位置Z₀としてもよく、あるいは光強度信号を所定のスライスレベルラインSLでスライスし、光強度信号とスライスレベルラインSLとの2つの交点の中点のZ位置を像面位置Z₀としてもよい。いずれにしても、この方法では、スリット板75をZ軸方向に一回走査するだけで像面位置を検出可能であるため、スループットを向上できる。

【0078】

なお、計測マークの投影像（空間像）の計測をスリットスキャン方式で行う際には、送光レンズ79が、受光レンズ81及び光センサ82に対して移動することになる。そこで、空間像計測装置70では、所定の範囲内で移動する送光レンズ79を介した光が全て受光レンズ81に入射するように、各レンズ及びミラー80の大きさが設定されている。

【0079】

空間像計測装置70では、光センサ82が基板ステージPSTの外部の所定位置に設けられているため、光センサ82の発熱に起因するレーザ干渉計44の計測精度等に及ぼす影響が可能な範囲で抑制される。また、基板ステージPSTの外部と内部とをライトガイド等により接続していないので、基板ステージPSTの外部と内部とがライトガイドにより接続された場合のように基板ステージPSTの駆動精度が影響を受けることがない。もちろん、熱の影響等を見逃し、あるいは排除できるような場合には、光センサ82を基板ステージPSTの内部に設けてもよい。すなわち、受光器90を構成する複数の光学素子や受光素子のうち、その一部が基板ステージPSTに設けられていてもよいし、全部が基板ステージPSTに設けられていてもよい。

【0080】

なお、本実施形態では、液体供給装置100及び液体回収装置104を使って液体LQの供給及び回収を行うことで、スリット板75と光学素子76との間の空間SPに液体LQを満たしているが、液体供給装置100及び液体回収装置104を使わずに、例えば露光装置EXの製造時において液体LQを空間SPを満たしておくといった構成も可能であ

10

20

30

40

50

る。この場合、例えばスリット板75を凸部83（Zチルトステージ52）より外し、空間SPの液体LQを定期的に交換するようにしてもよい。一方で、液体供給装置100及び液体回収装置104を使って液体LQの供給及び回収を行うことで、空間SPには常に新鮮な（清浄な）液体LQを満たすことが可能である。また、例えばスリット板75や光学素子76を保持した保持部材85を凸部83（Zチルトステージ52）から外す際に、液体回収装置104で空間SPの液体LQを回収した後に、スリット板75や光学素子76を保持した保持部材85を外すことにより、液体LQを漏出することなく着脱作業を行うことができる。

【0081】

ところで、本実施形態では、制御装置CONTは、受光器90（空間像計測装置70）の出力に基づいて投影光学系PLの結像特性を求め、投影光学系PLの結像特性を調整する調整量を、温度センサ180の検出結果に基づいて補正する構成である。一方、図12に示すように、制御装置CONTは、空間像計測装置70による像面位置計測中における第1液浸領域LA1の液体温度を温度センサ180で検出し（ステップSB1）、空間像計測装置70（受光器90）の出力（計測結果）を、温度センサ180の検出結果に基づいて補正し（ステップSB2）、その補正された空間像計測装置70（受光器90）の計測結果に基づいて投影光学系PL及び液体LQを介した像面位置を求め（ステップSB3）、この求めた像面位置に基づいて、液浸露光時における投影光学系PL及び液体LQを介した像面位置とフォーカス検出系45の検出基準面とを合致させるための像面位置を調整する調整量を求めてフォーカスキャリブレーションを実行し（ステップSB4）、フォーカスキャリブレーション後のフォーカス検出系45の検出結果に基づいて投影光学系PL及び液体LQを介した像面位置を調整しつつ基板Pを液浸露光処理する（ステップSB5）ようにしてもよい。ステップSB2において、温度センサ180の検出結果に基づいて空間像計測装置70の計測結果を補正する際にも、記憶装置MRYに記憶されている、液体温度と投影光学系PL及び液体LQを介した像面位置との関係に基づいて、前記補正が行われる。

【0082】

なお上述の説明では、フォーカスキャリブレーションの際に、投影光学系PL及び液体LQを介した像面とフォーカス検出系45の検出基準面とが一致するように、結像特性調整装置67を使って像面位置を調整するようにしているが、フォーカス検出系45の検出基準面を変更（調整）するようにしてもよいし、その両方を調整するようにしてもよい。

【0083】

更に、図9のフローチャートのステップSA4や図12のフローチャートのステップSB4でフォーカスキャリブレーションを行わずに、フォーカス検出系45の検出結果に基づいて、結像特性調整装置67を用いた像面位置調整や基板ステージPSTによる基板P表面の位置調整を行うときに、図9のフローチャートのステップSA4や図12のフローチャートのステップSB4で求めた調整量に相当分が相殺されるようにしてもよい。

【0084】

また、空間像計測装置70による像面位置計測動作中（結像特性計測動作中）において、温度センサ180の検出結果に基づいて、第1液浸領域LA1を形成するための液体LQを供給する液体供給機構10が、供給する液体LQの温度を調整するようにしてもよい。ここで、液体供給機構10（液体供給部11）は供給する液体LQの温度を調整可能な温度調整機構を備えている。また、記憶装置MRYには、基板Pを液浸露光中における投影光学系PLと基板Pとの間に満たされた液浸領域AR2の液体LQの温度情報が、例えば実験あるいはシミュレーション等により予め記憶されている。液体供給機構10は、記憶装置MRYの記憶情報に基づいて、像面位置計測中において投影光学系PLとスリット板75との間に供給する液体LQの温度を調整する。具体的には、液体供給機構10は、記憶装置MRYに記憶されている基板Pを液浸露光中における投影光学系PLと基板Pとの間の液浸領域AR2の液体LQの温度情報に基づいて、その液浸領域AR2の液体温度と同じ温度になるように、投影光学系PLとスリット板75との間に供給する液体LQの

10

20

30

40

50

温度を調整する。こうすることにより、上記実施形態のような温度センサ 180 の検出結果に基づく演算処理が不要となる。一方、液体供給機構 10 から供給する液体 LQ の温度を調整する構成では、供給する液体 LQ の温度が所望の温度になるまでの待ち時間を設定する必要があるため、液体供給機構 10 で投影光学系 PL とスリット板 75 との間に供給する液体 LQ の温度を調整する代わりに、上記実施形態のように、温度センサ 180 の検出結果に基づいて、受光器 90 の計測結果あるいは求めた結像特性を、演算処理によって補正することにより、時間効率を向上できる。

【 0085 】

ところで、温度センサ 180 は、投影光学系 PL とスリット板 75 との間に満たされた第 1 液浸領域 LA1 の液体 LQ に接触する位置に設けられていればよく、図 13 に示すように、投影光学系 PL の像面側端部に設けられた構成であってもよい。図 13 に示す例では、温度センサ 180 は投影光学系 PL の像面側に配置される光学素子 60 を保持するレンズセル 62 下面に設けられている。このような構成によっても、空間像計測装置 70 での結像特性計測動作中における第 1 液浸領域 LA1 の液体 LQ の温度情報を検出可能である。また、温度センサ 180 を投影光学系 PL の像面側端部に設けることにより、この温度センサ 180 を使って、基板 P を液浸露光中における投影光学系 PL と基板 P との間の液浸領域 AR2 の液体 LQ の温度情報も検出することができる。

【 0086 】

また、基板 P の液浸露光中に、液浸領域 AR2 の液体温度が変動（変化）する状況が発生した場合、投影光学系 PL と液体 LQ とを介した像面位置が変動するが、制御装置 CONT は、投影光学系 PL の像面側端部に設けられた温度センサ 180 による液浸領域 AR2 の液体 LQ の温度検出結果に基づいて、液浸領域 AR2 の液体温度の変動に伴う像面位置などの変動を結像特性調整装置 67 を使って補正し、投影光学系 PL 及び液体 LQ を介した像面位置と基板 P 表面とを合致させるように調整しつつ基板 P を露光することができる。この場合において、記憶装置 MRY には、例えば実験あるいはシミュレーション等によって、液浸領域 AR2 の液体温度と、投影光学系 PL 及び液体 LQ を介した像面位置との関係が予め記憶されており、制御装置 CONT は、その記憶装置 MRY の記憶情報に基づいて、結像特性調整装置 67 を使って投影光学系 PL の像面位置（結像特性）を調整する。なおこの場合においても、投影光学系 PL 及び液体 LQ を介した像面位置と基板 P 表面とを合致させるために、基板ステージ PST の位置調整を行ったり、あるいは結像特性調整装置 67 による像面位置調整と基板ステージ PST の位置調整とを併用するようにしてもよい。

【 0087 】

上記実施形態では、投影光学系 PL の結像特性補正として、像面位置補正を例にして説明したが、以下では、結像特性補正として収差補正について説明する。

以下、結像特性計測動作の一例として、投影光学系 PL の像面形状（像面湾曲）の検出方法について説明する。この像面湾曲の検出に際しては、一例として図 14 に示すような、パターン領域 PA 内に前記計測マーク PMx と同一寸法同一周期の計測マーク PM₁ ~ PM_n を形成されたマスク M1 が用いられる。マスク M1 がマスクステージ MST にロードされた後、制御装置 CONT は、マスク M1 の中央にある計測マーク PM_k が投影光学系 PL の光軸上にほぼ一致するように、マスクステージ駆動装置 MST D を介してマスクステージ MST を移動する。すなわち、マスク M1 の基準点への位置決めが行われる。この基準点への位置決めが行われた場合には、計測マーク PM₁ ~ PM_n の全ては投影光学系 PL の視野内に位置しているものとする。次に、制御装置 CONT は、露光光 EL が計測マーク PM₁ 部分のみに照射されるように可動マスクブラインド 7B を駆動制御して照明領域を規定する。この状態で、制御装置 CONT は、露光光 EL をマスク M1 に照射して、前述と同様にしてスリットスキャン方式により空間像計測装置 70 を用いて計測マーク PM₁ の空間像計測及び投影光学系 PL のベストフォーカス位置の検出を行い、その結果を記憶装置 MRY に記憶する。計測マーク PM₁ を用いたベストフォーカス位置の検出が終了すると、制御装置 CONT は、露光光 EL が計測マーク PM₂ 部分のみに照射され

10

20

30

40

50

るように可動マスクブラインド7Bを駆動制御して照明領域を規定する。この状態で、上記と同様にスリットスキャン方式で計測マークPM₂の空間像計測及び投影光学系PLのベストフォーカス位置の検出を行い、その結果を記憶装置MRYに記憶する。以後、制御装置CONTは、上記と同様に、照明領域を変更しつつ計測マークPM₃～PM_nについて空間像計測及び投影光学系PLのベストフォーカス位置の検出を繰り返し行う。そして、制御装置CONTは、これらにより得られた各ベストフォーカス位置Z₁、Z₂、…、Z_nに基づいて所定の統計的処理を行うことにより、投影光学系PLの像面湾曲を算出する。

【0088】

また、投影光学系PLの球面収差を検出する際には、図15に示すマスクM2が用いられる。図15に示すマスクM2のパターン領域PA内のY軸方向のほぼ中央に、X軸方向に所定距離隔てて2つの計測マークPM1、PM2が形成されている。計測マークPM1は、前述した計測マークPMxと同一寸法同一周期のL/Sパターンである。また、計測マークPM2は、計測マークPMxと同一寸法のラインパターンが異なる周期（例えば、計測マークPM1の周期（マークピッチ）の1.5～2倍程度）でX軸方向に並んだL/Sパターンである。マスクM2をマスクステージMSTにロードした後、制御装置CONTは、マスクM2上の計測マークPM1が投影光学系PLの光軸上にほぼ一致するように、マスクステージ駆動装置MSTDを介してマスクステージMSTを移動する。次に、制御装置CONTは、露光光ELが計測マークPM1部分のみに照射されるように、可動マスクブラインド7Bを駆動制御して照明領域を規定する。この状態で、制御装置CONTは、露光光ELをマスクM2に照射して、前述と同様にして、スリットスキャン方式により空間像計測装置70を用いて計測マークPM1の空間像計測及び投影光学系PLのベストフォーカス位置の検出を行い、その結果を記憶装置MRYに記憶する。計測マークPM1を用いたベストフォーカス位置の検出が終了すると、制御装置CONTは、露光光ELが計測マークPM2に照射されるように、マスクステージ駆動装置MSTDを介してマスクステージMSTを-X方向に所定距離移動する。この状態で、上記と同様に、スリットスキャン方式で計測マークPM2の空間像計測及び投影光学系PLのベストフォーカス位置の検出を行い、その結果を記憶装置MRYに記憶する。これらより得られた各ベストフォーカス位置Z₁とZ₂との差に基づいて、制御装置CONTは、投影光学系PLの球面収差を演算により算出する。

【0089】

また、投影光学系PLの倍率及びディストーションを検出する際には、図16に示すマスクM3が用いられる。図16に示すマスクM3のパターン領域PAの中心部及び4隅の部分に、合計5つの例えば120μm角（投影倍率1/4倍でスリット板75上で30μm角）の正方形マークからなる計測マークBM₁～BM₅が形成されている。マスクM3をマスクステージMSTにロードした後、制御装置CONTは、マスクM3上の中央に存在する計測マークBM₁の中心が、投影光学系PLの光軸上にほぼ一致するように、マスクステージ駆動装置MSTDを介してマスクステージMSTを移動する。すなわち、マスクM3の基準点への位置決めを行う。この基準点への位置決めが行われた状態では、計測マークBM₁～BM₅の全ては、投影光学系PLの視野内に位置しているものとする。次に、制御装置CONTは、露光光ELが計測マークBM₁を含む計測マークBM₁より一回り大きい矩形領域部分のみに照射されるように可動マスクブラインド7Bを駆動制御して照明領域を規定する。この状態で、制御装置CONTは、露光光ELをマスクM3に照射する。これにより、計測マークBM₁の空間像、すなわちほぼ30μm角の正方形のマーク像が形成される。この状態で、制御装置CONTは、基板ステージ駆動装置PSTDを介して基板ステージPSTをX軸方向に走査しながら空間像計測装置70を用いて計測マークBM₁の空間像計測を行い、その計測により得られた光強度信号を記憶装置MRYに記憶する。次に、制御装置CONTは、得られた光強度信号に基づき、例えば公知の位相検出の手法あるいはエッジ検出の手法により、計測マークBM₁の結像位置を求める。ここで、位相検出の手法としては、例えば、光強度信号をフーリエ変換して得られる1

10

20

30

40

50

次周波数成分（これは、正弦波とみなせる）とこれと同一周波数の基準となる正弦波との積の例えば1周期分の和を求めるとともに、前記1次周波数成分とこれと同一周期の基準となる余弦波との積の例えば1周期分の和を求める。そして、得られた和どうしを除算して得られた商の逆正弦（アークタンジェント）を求めることにより、1次周波数成分の基準信号に対する位相差を求め、この位相差に基づいて計測マーク BM_1 のX位置 x_1 を求めるという一般的な方法を用いることができる。また、エッジ検出の手法としては、光強度信号と所定のスライスレベルとの交点に基づいて各光電変換信号に対応する空間像のエッジの位置をそれぞれ算出する、スライス法を用いたエッジ検出の手法を用いることができる。次に、制御装置CONTは、基板ステージPSTをY軸方向に走査しながら空間像計測装置70を用いて計測マーク BM_1 の空間像計測を行い、その計測により得られた光強度信号を記憶装置MRYに記憶する。そして、上記と同様の位相検出等の手法により、計測マーク BM_1 のY位置 y_1 を求める。そして、制御装置CONTは、得られた計測マーク BM_1 の座標位置（ x_1 、 y_1 ）に基づいて、マスクM3の光軸中心に対する位置ずれを補正する。上記のマスクM3の位置ずれの補正が終了すると、制御装置CONTは、露光光ELが計測マーク BM_2 を含む計測マーク BM_2 より一回り大きい矩形領域部分のみに照射されるように可動マスクブラインド7Bを駆動制御して照明領域を規定する。この状態で、上記と同様に、スリットスキャン方式で計測マーク BM_2 の空間像計測及びXY位置の計測を行い、その結果を記憶装置MRYに記憶する。以後、制御装置CONTは、照明領域を変更しつつ、計測マーク $BM_3 \sim BM_5$ について空間像の計測及びXY位置の計測を繰り返し行う。これにより得られた計測マーク $BM_2 \sim BM_5$ の座標値（ x_2 、 y_2 ）、（ x_3 、 y_3 ）、（ x_4 、 y_4 ）、（ x_5 、 y_5 ）に基づいて、所定の演算を行うことにより、制御装置CONTは投影光学系PLの倍率及びディストーションの少なくとも一方を算出する。

【0090】

以上、一例として、像面湾曲、球面収差、倍率、及びディストーションを空間像計測装置70を用いて計測する手順について説明した。また、所定の計測マークを使って、空間像計測装置70は、例えばコマ収差等の他の結像特性に関しても計測可能である。なお、空間像計測の詳細は、例えば特開2002-14005号公報に開示されている。

【0091】

そして、上記各収差を空間像計測装置70で計測する際にも、第1液浸領域LA1の液体LQの温度が温度センサ180を使って検出される。制御装置CONTは、温度センサ180の検出結果に基づいて、空間像計測装置70（受光器90）の計測結果を補正したり、あるいは空間像計測装置70を使って求めた投影光学系PLの結像特性を補正する。この場合においても、記憶装置MRYには、例えば実験あるいはシミュレーション等によって予め求められている、投影光学系PLの光学素子64a、64bの駆動量及び第1、第2密閉室65A、65Bの内部圧力の調整量と、投影光学系PLの各種結像特性（収差）の変化量（変動量）との関係（すなわち結像特性調整情報）が記憶されている。更に、記憶装置MRYには、液体温度と投影光学系PL及び液体LQを介した結像特性（収差情報）との関係が予め記憶されている。制御装置CONTは、記憶装置MRYの記憶情報に基づいて、投影光学系PLの収差を補正するための結像特性調整装置67の調整量（補正量）を決定する。

【0092】

なお上記各実施形態では、光学部材（スリット板）75及び受光器90を、投影光学系PLの結像特性を計測する空間像計測装置70に適用した例について説明した。つまり、上記各実施形態では、制御装置CONTは、受光器90の出力に基づいて、露光装置EXの性能情報として投影光学系PLの結像特性を求めている。一方、露光装置EXの性能情報としては、投影光学系PLを介した光照射量や照度分布（照度ムラ）も含まれる。例えば、図17に示すように、基板ステージPST上には、空間像計測装置70の他に、投影光学系PLを介した光照射量情報を計測する例えば特開平11-16816号公報に開示されているような照射量センサ（照度センサ）160や、例えば特開昭57-11723

10

20

30

40

50

8号公報に開示されているような照度ムラセンサ170等も設けられているが、これら照射量センサ160や照度ムラセンサ170に対しても本発明を適用可能である。

【0093】

図18は、照射量センサ160の模式図である。照射量センサ160は、投影光学系PLの像面側に照射される露光光の照射量(照度)を計測するものであって、Zチルトステージ52上に設けられた上板163と、その上板163を通過した光を受光する光センサ164とを備えている。上板163は、ガラス板部材162と、そのガラス板部材162の上面に設けられた光透過量調整膜161とを備えている。上板163上面の第1液浸領域LA1の内側には、その第1液浸領域LA1の液体LQの温度を検出する温度センサ180が設けられている。光透過量調整膜161は例えばクロム膜によって構成されており、所定の光透過率を有し、ガラス板部材162の上面全域に設けられている。光透過量調整膜161を設けて光センサ164に入射する光量を減光することにより、過剰な光量の光が照射されることに起因する光センサ164に対するダメージや飽和といった不都合を防止している。なお照射量センサ160では、例えばマスクMが交換されたとき等の所定のタイミングで計測動作が行われる。

10

【0094】

そして、照射量センサ160で投影光学系PLを通過した露光光ELの照射量を計測する際には、上述した実施形態同様、投影光学系PLと上板163とを対向した状態で投影光学系PLと上板163との間に液体LQを供給して第1液浸領域LA1を形成するとともに、上板163と光センサ164との間に液体LQを供給して第2液浸領域LA2を形成し、投影光学系PLと第1液浸領域LA1の液体LQとを介して上板163に露光光ELを照射する。温度センサ180は、このときの第1液浸領域LA1の液体温度を検出する。

20

【0095】

図19は、照度ムラセンサ170の模式図である。照度ムラセンサ170は、投影光学系PLを介して像面側に照射される露光光の照度(強度)を複数の位置で計測して、投影光学系PLの像面側に照射される露光光の照度ムラ(照度分布)を計測するものであって、Zチルトステージ52上に設けられた上板174と、その上板174に設けられたピンホール部171を通過した光を受光する光センサ175とを備えている。上板174は、ガラス板部材173の表面にクロムなどの遮光性材料を含む薄膜172を設け、その薄膜172をパターニングしてその中央部にピンホール部171を設けたものである。そして、上板174上面のうち、第1液浸領域LA1の内側には、この第1液浸領域LA1の液体LQの温度を検出する温度センサ180が設けられている。

30

【0096】

照度ムラセンサ170で照度分布の計測を行う場合、投影光学系PLと照度ムラセンサ170の上板174とを対向させた状態で、その投影光学系PLと上板174との間を液体LQで満たすとともに、上板174と光センサ175との間も液体LQで満たす。そして、露光光ELが照射される照射領域(投影領域)内の複数の位置で順次ピンホール部171を移動させる。温度センサ180は、このときの第1液浸領域LA1の液体温度を検出する。

40

【0097】

更に、特開平11-238680号公報や特開2000-97616号公報に開示されているような基板ステージPST(Zステージ51)に対して着脱可能なセンサ(受光器)にも本発明は適用可能であり、液体LQの温度が検出できる適当な位置に温度センサ180を設ければよい。

【0098】

上述したように、本実施形態における液体LQは純水により構成されている。純水は、半導体製造工場等で容易に大量に入手できるとともに、基板P上のフォトレジストや光学素子(レンズ)等に対する悪影響がない利点がある。また、純水は環境に対する悪影響がないとともに、不純物の含有量が極めて低いため、基板Pの表面、及び投影光学系PLの

50

先端面に設けられている光学素子の表面を洗浄する作用も期待できる。

【0099】

そして、波長が193nm程度の露光光ELに対する純水(水)の屈折率nはほぼ1.44と言われており、露光光ELの光源としてArFエキシマレーザー光(波長193nm)を用いた場合、基板P上では1/n、すなわち約134nmに短波長化されて高い解像度が得られる。更に、焦点深度は空気中に比べて約n倍、すなわち約1.44倍に拡大されるため、空気中で使用する場合と同程度の焦点深度が確保できればよい場合には、投影光学系PLの開口数をより増加させることができ、この点でも解像度が向上する。

【0100】

本実施形態では、投影光学系PLの先端に光学素子60が取り付けられているが、投影光学系PLの先端に取り付ける光学素子としては、投影光学系PLの光学特性、例えば収差(球面収差、コマ収差等)の調整に用いる光学プレートであってもよい。あるいは露光光ELを透過可能な平行平板であってもよい。

10

【0101】

なお、本実施形態の液体LQは水であるが、水以外の液体であってもよい、例えば、露光光ELの光源がF₂レーザーである場合、このF₂レーザー光は水を透過しないので、この場合、液体LQとしてはF₂レーザー光を透過可能な例えばフッ素系オイルや過フッ化ポリエーテル(PFPE)等のフッ素系の液体を用いればよい。また、液体LQとしては、その他にも、露光光ELに対する透過性があるだけ屈折率が高く、投影光学系PLや基板P表面に塗布されているフォトレジストに対して安定なもの(例えばセダー油)を用いることも可能である。

20

【0102】

上記各実施形態において、上述したノズルの形状は特に限定されるものでなく、例えば投影領域AR1の長辺について2対のノズルで液体LQの供給又は回収を行うようにしてもよい。なお、この場合には、+X方向、又は-X方向のどちらの方向からも液体LQの供給及び回収を行うことができるようにするため、供給ノズルと回収ノズルと上下に並べて配置してもよい。

【0103】

なお、上記各実施形態の基板Pとしては、半導体デバイス製造用の半導体ウエハのみならず、ディスプレイデバイス用のガラス基板や、薄膜磁気ヘッド用のセラミックウエハ、あるいは露光装置で用いられるマスクまたはレチクルの原版(合成石英、シリコンウエハ)等が適用される。

30

【0104】

また、上述の実施形態においては、投影光学系PLと基板Pとの間を局所的に液体で満たす露光装置を採用しているが、特開平6-124873号公報に開示されているような露光対象の基板を保持したステージを液槽の中で移動させる液浸露光装置や、特開平10-303114号公報に開示されているようなステージ上に所定深さの液体槽を形成し、その中に基板を保持する液浸露光装置にも本発明を適用可能である。

【0105】

露光装置EXとしては、マスクMと基板Pとを同期移動してマスクMのパターンを走査露光するステップ・アンド・スキャン方式の走査型露光装置(スキャニングステッパ)の他に、マスクMと基板Pとを静止した状態でマスクMのパターンを一括露光し、基板Pを順次ステップ移動させるステップ・アンド・リピート方式の投影露光装置(ステッパ)にも適用することができる。また、本発明は基板P上で少なくとも2つのパターンを部分的に重ねて転写するステップ・アンド・スティッチ方式の露光装置にも適用できる。

40

【0106】

また、本発明は、特開平10-163099号公報、特開平10-214783号公報、特表2000-505958号公報等が開示されているように、ウエハ等の被処理基板を別々に載置してXY方向に独立に移動可能な2つのステージを備えたツインステージ型の露光装置にも適用できる。

50

【0107】

露光装置EXの種類としては、基板Pに半導体素子パターンを露光する半導体素子製造用の露光装置に限られず、液晶表示素子製造用又はディスプレイ製造用の露光装置や、薄膜磁気ヘッド、撮像素子(CCD)あるいはレチクル又はマスク等を製造するための露光装置等にも広く適用できる。

【0108】

基板ステージPSTやマスクステージMSTにリニアモータ(USP5,623,853またはUSP5,528,118参照)を用いる場合は、それらのステージを定盤に対して浮上させる方式としてエアベアリングを用いたエア浮上型およびローレンツ力またはリアクタンス力を用いた磁気浮上型のどちらかを用いるのが好ましい。また、各ステージPST、MSTは、ガイドに沿って移動するタイプでもよく、ガイドを設けないガイドレスタイプであってもよい。

【0109】

各ステージPST、MSTの駆動機構としては、二次元に磁石を配置した磁石ユニットと、二次元にコイルを配置した電機子ユニットとを対向させ電磁力により各ステージPST、MSTを駆動する平面モータを用いてもよい。この場合、磁石ユニットと電機子ユニットとのいずれか一方をステージPST、MSTに接続し、磁石ユニットと電機子ユニットとの他方をステージPST、MSTの移動面側に設ければよい。

【0110】

基板ステージPSTの移動により発生する反力は、投影光学系PLに伝わらないように、特開平8-166475号公報(USP5,528,118)に記載されているように、フレーム部材を用いて機械的に床(大地)に逃がしてもよい。マスクステージMSTの移動により発生する反力は、投影光学系PLに伝わらないように、特開平8-330224号公報(US S/N 08/416,558)に記載されているように、フレーム部材を用いて機械的に床(大地)に逃がしてもよい。

【0111】

本実施形態の露光装置EX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。

【0112】

半導体デバイス等のマイクロデバイスは、図20に示すように、マイクロデバイスの機能・性能設計を行うステップ201、この設計ステップに基づいたマスク(レチクル)を製作するステップ202、デバイスの基材である基板を製造するステップ203、前述した実施形態の露光装置EXによりマスクのパターンを基板に露光する基板処理ステップ204、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)205、検査ステップ206等を経て製造される。

【図面の簡単な説明】

【0113】

【図1】本発明の露光装置の一実施形態を示す概略構成図である。

【図2】投影光学系の先端部近傍、液体供給機構、及び液体回収機構を示す概略構成図である。

【図3】投影光学系の投影領域と液体供給機構及び液体回収機構との位置関係を示す平面図である。

10

20

30

40

50

- 【図4】本発明に係る受光器の一実施形態を示す概略構成図である。
- 【図5】受光器が計測動作を行っている状態を示す模式図である。
- 【図6】本発明に係る温度検出装置の一実施形態を示す要部拡大図である。
- 【図7】図6の光学部材の平面図である。
- 【図8】受光器で受光した受光信号の一例を示す図である。
- 【図9】像面位置を調整する手順の一実施形態を示すフローチャート図である。
- 【図10】記憶装置に記憶されている記憶情報を示す模式図である。
- 【図11】受光器で受光した受光信号の一例を示す図である。
- 【図12】像面位置を調整する手順の一実施形態を示すフローチャート図である。
- 【図13】本発明に係る温度検出装置の一実施形態を示す要部拡大図である。
- 【図14】投影光学系の結像特性を計測するときに使うマスクの一例を示す図である。
- 【図15】投影光学系の結像特性を計測するときに使うマスクの一例を示す図である。
- 【図16】投影光学系の結像特性を計測するときに使うマスクの一例を示す図である。
- 【図17】基板ステージ上に複数の受光器が配置されている状態を示す平面図である。
- 【図18】本発明に係る光学部材及び受光器の別の実施形態を示す要部拡大図である。
- 【図19】本発明に係る光学部材及び受光器の別の実施形態を示す要部拡大図である。
- 【図20】半導体デバイスの製造工程の一例を示すフローチャート図である。

10

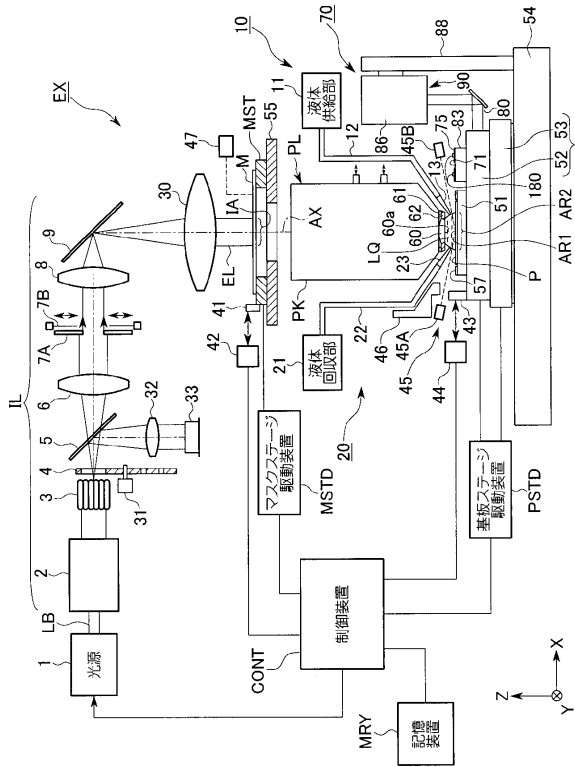
【符号の説明】

【0114】

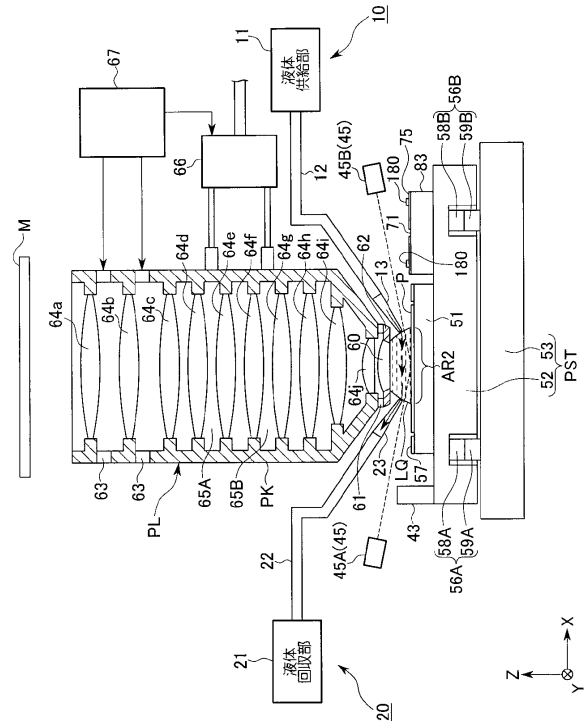
- 1 ... 液体、10 ... 液体供給機構、13 ... 供給ノズル、20 ... 液体回収機構、
 23 ... 回収ノズル、67 ... 結像特性調整装置、70 ... 空間像計測装置、
 74 ... ガラス板部材（光学部材）、75 ... スリット板（光学部材）、76 ... 光学素子、
 82 ... 光センサ（受光素子）、90 ... 受光器、100 ... 液体供給装置、
 104 ... 液体回収装置、162 ... ガラス板部材（光学部材）、
 163 ... 上板（光学部材）、173 ... ガラス板部材（光学部材）、
 174 ... 上板（光学部材）、180 ... 温度センサ（温度検出装置）、
 CONT ... 制御装置（制御系）、EL ... 露光光、EX ... 露光装置、
 LA1 ... 第1液浸領域、LA2 ... 第2液浸領域、LQ ... 液体、MRY ... 記憶装置、
 P ... 基板、PL ... 投影光学系、PST ... 基板ステージ（基板保持部材）

20

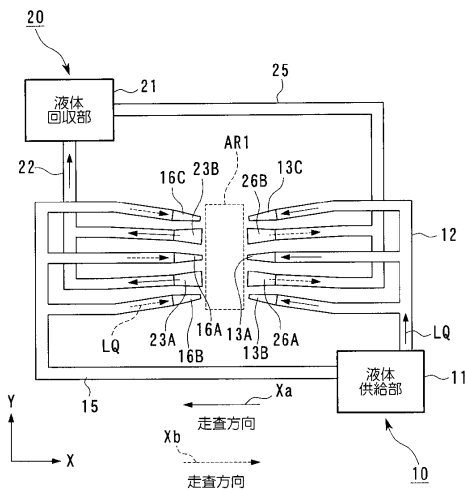
【図1】



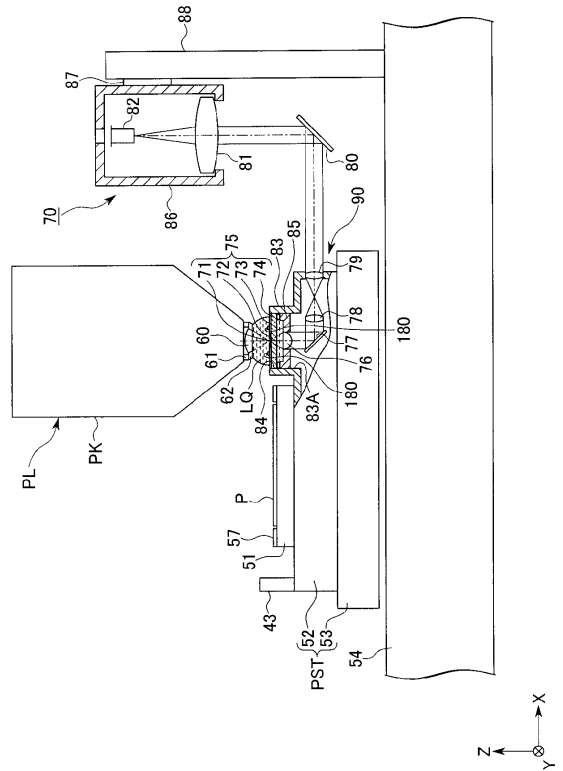
【図2】



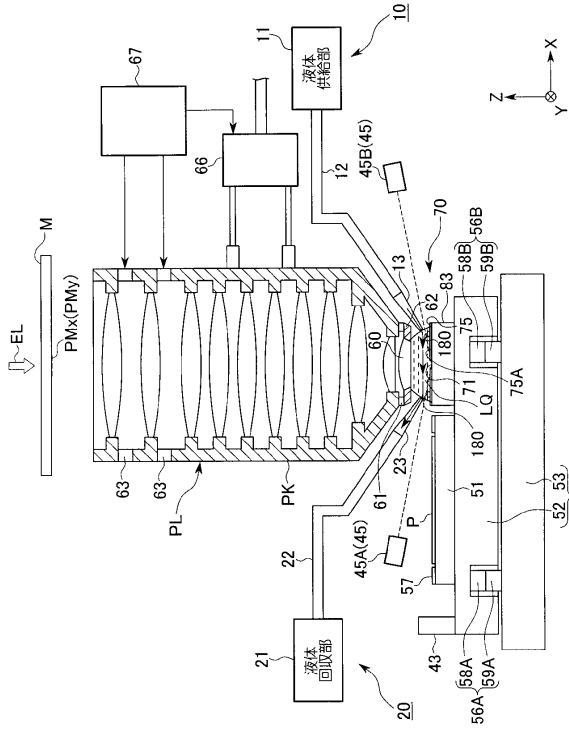
【図3】



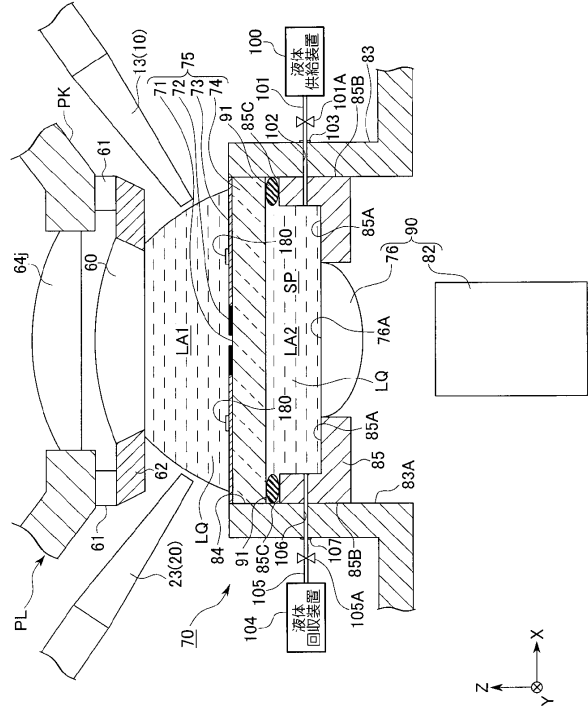
【図4】



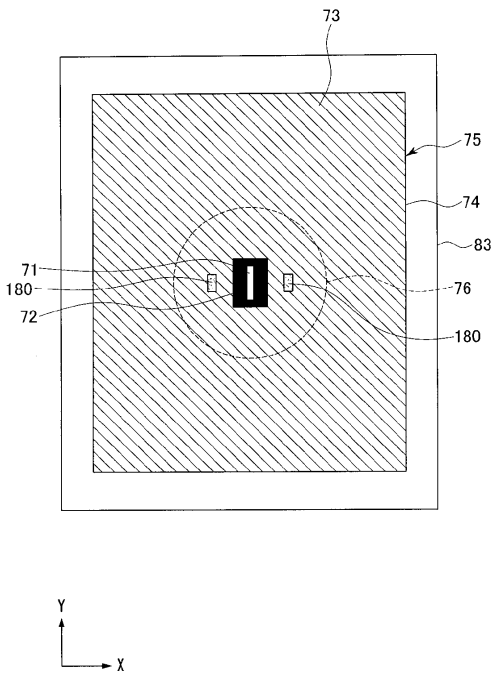
【 図 5 】



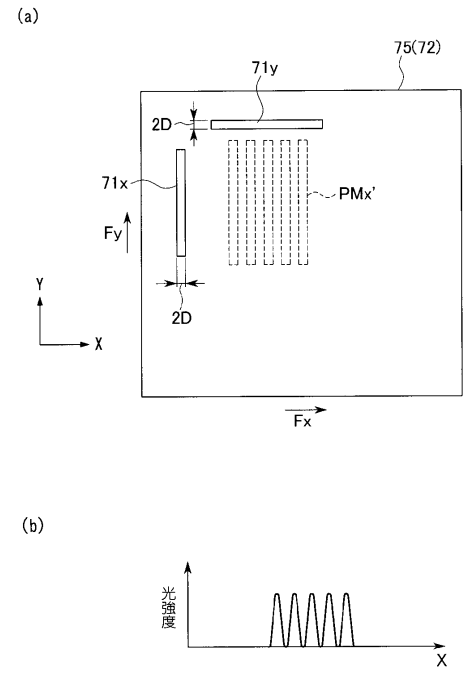
【 図 6 】



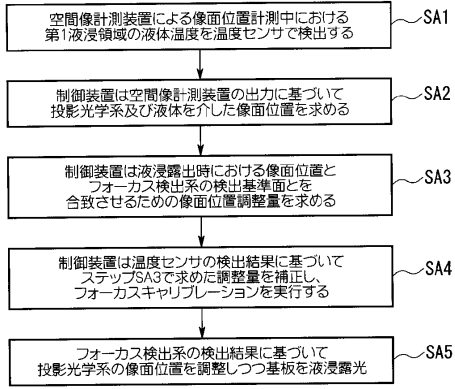
【 図 7 】



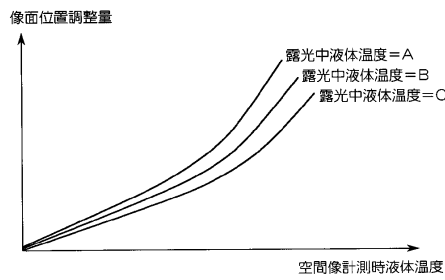
【 図 8 】



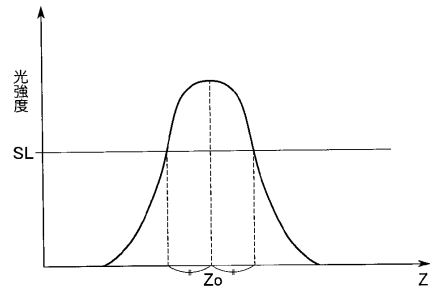
【図9】



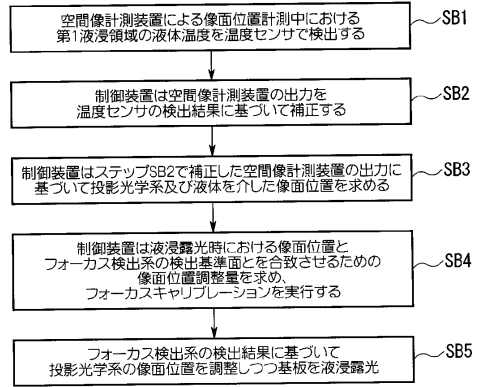
【図10】



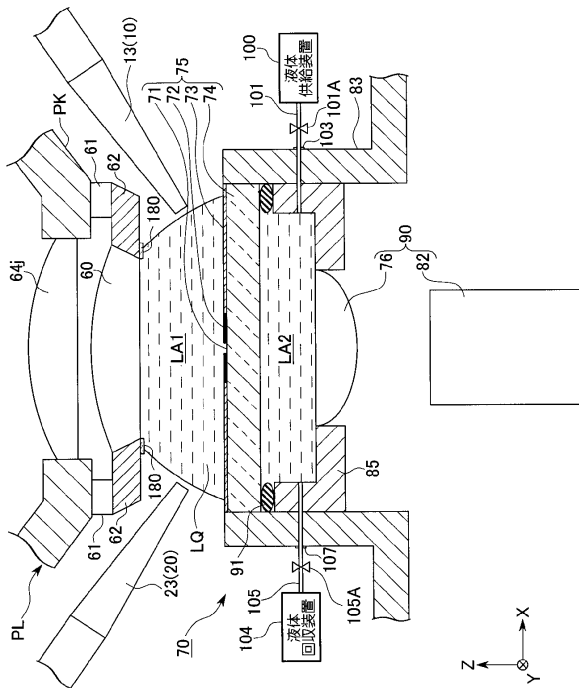
【図11】



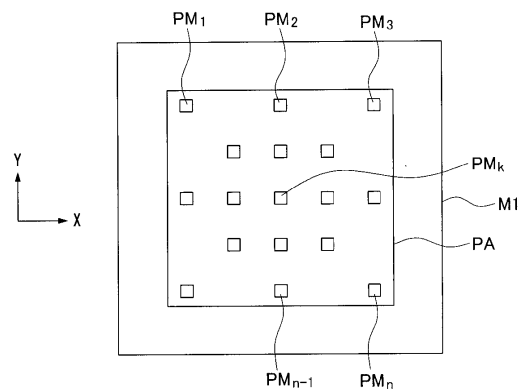
【図12】



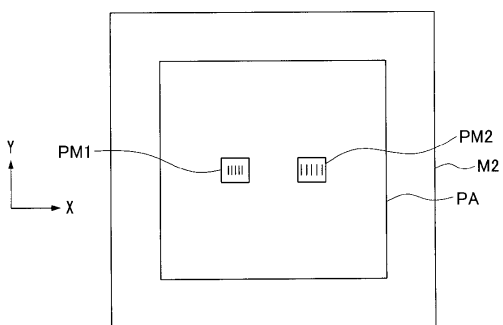
【図13】



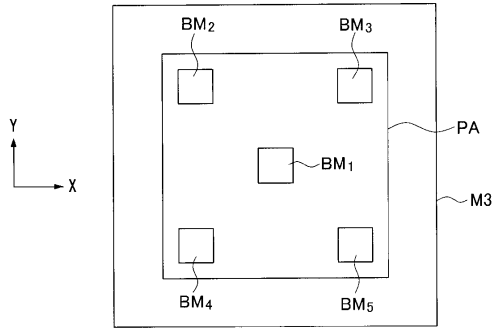
【図14】



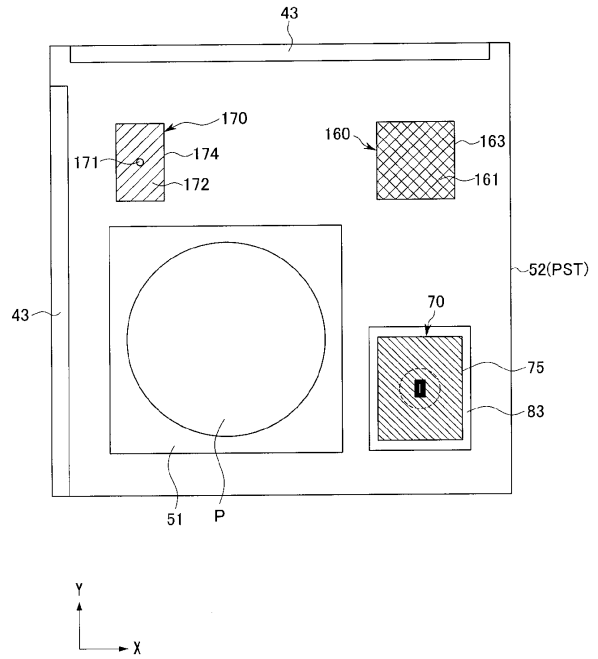
【図15】



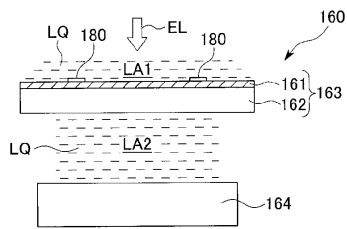
【図16】



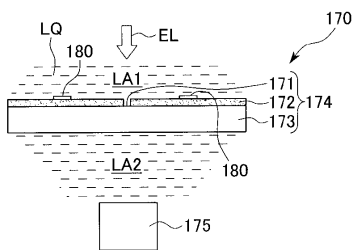
【図17】



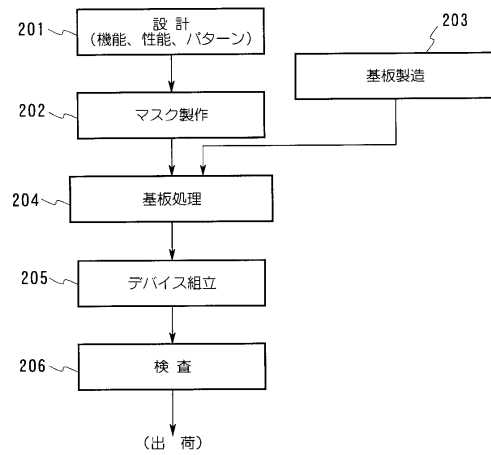
【図18】



【図19】



【図20】



フロントページの続き

(72)発明者 中川 正弘
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

審査官 秋田 将行

(56)参考文献 特開平10-303114(JP,A)
特開2001-015401(JP,A)
特開平04-145442(JP,A)
特開平05-210049(JP,A)
特開2008-010892(JP,A)
特開2006-080543(JP,A)
国際公開第03/065427(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 21/027