

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5058550号
(P5058550)

(45) 発行日 平成24年10月24日(2012.10.24)

(24) 登録日 平成24年8月10日(2012.8.10)

(51) Int.Cl.	F I		
H O 1 L 21/027 (2006.01)	H O 1 L 21/30	5 O 3 G	
B O 8 B 5/00 (2006.01)	H O 1 L 21/30	5 1 5 D	
G O 3 F 7/20 (2006.01)	B O 8 B 5/00	Z	
H O 1 L 21/304 (2006.01)	G O 3 F 7/20	5 2 1	
	H O 1 L 21/304	6 4 5 Z	
請求項の数 13 (全 37 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号	特願2006-274330 (P2006-274330)	(73) 特許権者	000004112
(22) 出願日	平成18年10月5日(2006.10.5)		株式会社ニコン
(62) 分割の表示	特願2004-151714 (P2004-151714) の分割		東京都千代田区有楽町1丁目12番1号
原出願日	平成16年5月21日(2004.5.21)	(74) 代理人	100064908
(65) 公開番号	特開2007-59929 (P2007-59929A)		弁理士 志賀 正武
(43) 公開日	平成19年3月8日(2007.3.8)	(74) 代理人	100108578
審査請求日	平成19年3月26日(2007.3.26)		弁理士 高橋 詔男
審判番号	不服2011-9493 (P2011-9493/J1)	(74) 代理人	100107836
審判請求日	平成23年5月6日(2011.5.6)		弁理士 西 和哉
(31) 優先権主張番号	特願2003-146423 (P2003-146423)	(72) 発明者	小林 直行
(32) 優先日	平成15年5月23日(2003.5.23)		東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		式会社ニコン内
(31) 優先権主張番号	特願2003-305280 (P2003-305280)	(72) 発明者	谷元 昭一
(32) 優先日	平成15年8月28日(2003.8.28)		東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		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、デバイス製造方法、及び液体回収方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

投影光学系と液浸領域の液体とを介して基板上に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付近で前記液浸領域の液体に接触する部品と、

前記投影光学系の像面側に前記液浸領域を形成するために液体を供給する液体供給機構と、

前記投影光学系の像面側に形成された液浸領域の液体を回収可能な液体回収機構と、

前記液体回収機構による液体回収によって回収しきれずに前記部品表面に残留した液体を検出する検出装置と、

前記検出装置の検出結果に基づいて、前記部品表面に残留した液体を除去する動作が制御される液体除去装置と、を備えたことを特徴とする露光装置。

【請求項 2】

前記検出装置の検出結果に基づいて、前記液体除去装置による前記液体を除去する動作が実行される請求項 1 記載の露光装置。

【請求項 3】

前記検出装置は、前記部品表面における前記残留する液体の位置を検出可能である請求項 1 又は 2 記載の露光装置。

【請求項 4】

前記部品表面は、前記投影光学系の最も像面側の光学素子表面を含むことを特徴とする

請求項 1 ~ 3 のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項 5】

請求項 1 ~ 請求項 4 のいずれか一項記載の露光装置を用いることを特徴とするデバイス製造方法。

【請求項 6】

光学素子と液浸領域の液体とを介して露光光で基板を露光する露光装置での露光方法において、

前記光学素子の射出面側で前記液浸領域の液体に前記露光装置の部品を接触させることと、

前記光学素子の射出面側に形成された前記液浸領域の液体を回収することと、

前記液体回収によって回収しきれずに前記部品表面に残留した液体を検出することと、

前記検出結果に基づいて、前記部品表面に残留した液体を除去することと、を含む露光方法。

【請求項 7】

前記部品表面は、前記光学素子の射出面を含むことを特徴とする請求項 6 記載の露光方法。

【請求項 8】

前記液体を回収する動作が実行された後、前記検出及び前記残留した液体の除去が実行される請求項 6 又は 7 記載の露光方法。

【請求項 9】

請求項 6 ~ 請求項 8 のいずれか一項記載の露光方法を用いることを特徴とするデバイス製造方法。

【請求項 10】

投影光学系と液浸領域の液体とを介して基板上に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ける液体回収方法であって、

前記投影光学系の像面側付近で前記液浸領域の液体に前記露光装置の部品を接触させることと、

前記液浸領域の液体を回収することと、

前記液体回収が実行された後、前記部品表面に液体が残留しているか否かを検出することと、

前記検出結果に基づいて、前記部品表面に残留した液体を除去することと、を含む液体回収方法。

【請求項 11】

前記投影光学系の像面側に形成された液浸領域の液体を回収した後に、前記部品表面に残留した液体を除去する動作が実行される請求項 10 記載の液体回収方法。

【請求項 12】

前記露光装置の部品の表面に液体が残留しているか否かの検出は、前記部品に検出光を照射することと、前記部品からの光を受光することと、を含む請求項 10 又は 11 記載の液体回収方法。

【請求項 13】

前記部品は、前記投影光学系の最も像面側の光学素子を含む請求項 10 ~ 12 のいずれか一項記載の液体回収方法。

【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にパターンを露光する露光装置及び露光方法、並びにデバイス製造方法、液体回収方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

10

20

30

40

50

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、いわゆる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する露光装置は、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くなるほど、また投影光学系の開口数が高いほど高くなる。そのため、露光装置で使用す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248nmであるが、更に短波長のArFエキシマレーザの193nm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DOFが狭くなることが分かる。

【0003】

焦点深度DOF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、露光動作時のマージンが不足する恐れがある。そこで、実質的に露光波長 λ を短くして、且つ焦点深度DOF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、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1.2~1.6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DOF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、上記従来技術には以下に述べる問題が存在する。

【0005】

上記特許文献1に開示されている露光装置は液浸領域を基板上の一部に形成するように液体の供給及び回収を行う構成であるが、液浸露光終了後、液浸領域の液体が十分に回収されない状態で、例えば基板ステージ上の基板をアンロードして新たな基板をロードするために基板ステージがロード・アンロード位置まで移動すると、投影光学系の先端や液体供給ノズルあるいは回収ノズルに残留(付着)していた液体が周囲の装置や部材、例えばステージのガイド面やステージの干渉計用の反射面等に落下する可能性がある。

【0006】

また、投影光学系の先端の光学素子に液体が残留していると、この残留していた液体が気化した後に投影光学系の先端の光学素子に付着跡(所謂ウォーターマーク)を残し、次の露光処理の際に基板上に形成されるパターンに悪影響を及ぼす可能性がある。また、露光処理以外にも基板ステージ上の基板の周りに配置されている基準平面部材や基準マーク部材を使うときに液浸領域を形成することが考えられるが、それらの液浸領域の液体を十分に回収しきれず、それらの部材上に付着跡が残ったり、それらの部材上に残った液体が飛散する可能性がある。

【0007】

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、投影光学系と液体とを介して基板にパターンを投影して露光する際、不要な液体を十分に除去して所望のデバイスパターンを基板上に形成可能な露光装置及び露光方法、並びにこの露光装置及び露光方法を用いる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】**【0008】**

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27に対応付けした以下の構成を採用している。但し、各要素に付した括弧付き符号はその要素の例示に過ぎず、各要素を限定するものではない。

【0009】

本発明の露光装置(EX)は、投影光学系(PL)と液体(1)とを介して基板(P)上に露光光(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)の像面側付近に配置される部品(2、151、152など)の表面状態を検出する検出装置(100)を備えたことを特徴とする。

10

【0010】

本発明によれば、検出装置を使って、投影光学系の像面付近に配置される部品の表面状態(液体などの異物が付着しているか否かなど)を検出することができるので、その結果に応じて適切な処置、例えば部品表面の異物除去などを行うことができる。

【0011】

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、環境変化や投影光学系の像面付近の光学素子に対する付着跡の発生を抑えた状態で所望の性能を有するデバイスを製造することができる。

【0012】

本発明の露光方法は、光学素子(2)と液体(1)とを介して露光光(EL)で基板(P)を露光する露光方法において、光学素子(2)の射出面側で部品(2、151、152など)の表面状態を検出することを特徴とする。

20

【0013】

本発明によれば、光学素子の射出面側で部品の表面状態(液体などの異物が付着しているか否かなど)を検出するので、その結果に応じて適切な処置、例えば部品表面の異物除去などを行うことができる。

【0014】

本発明のデバイス製造方法は、上記記載の露光方法を用いることを特徴とする。本発明によれば、環境変化や投影光学系の像面付近の光学素子に対する付着跡の発生を抑えた状態で所望の性能を有するデバイスを製造することができる。

30

【発明の効果】**【0015】**

本発明によれば、投影光学系の像面付近に配置されている部品上に残留した不要な液体を除去することにより、残留した液体の落下に起因する環境変化や装置の錆び等の発生を防止することができる。特に、投影光学系の先端の光学素子に残留している液体を除去することで、この光学素子に対する付着跡(ウォーターマーク)の発生を防止できる。したがって、所望のパターンを精度良く基板上に形成することが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】**【0016】**

以下、本発明の露光装置の実施形態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。

40

【0017】

<第1及び第2液体除去装置を用いた露光装置の実施形態>

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のパターンの像を基板ステージ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とを備えている。

【0018】

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

50

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 1 を供給する液体供給機構 10 と、基板 P 上の液体 1 を回収する液体回収機構（第 1 液体回収機構）30 とを備えている。本実施形態において、液体 1 には純水が用いられる。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 1 により投影光学系 PL の投影領域 AR1 を含む基板 P 上の少なくとも一部に液浸領域 AR2 を形成する。具体的には、露光装置 EX は、投影光学系 PL の先端部の光学素子 2 と基板 P の表面（露光面）との間に液体 1 を満たし、この投影光学系 PL と基板 P との間の液体 1 及び投影光学系 PL を介してマスク M のパターン像を基板 P 上に投影し、基板 P を露光する。

【0019】

10

ここで、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（所定方向）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（所謂スキャニングステッパ）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、水平面内においてマスク M と基板 P との同期移動方向（走査方向、所定方向）を X 軸方向、水平面内において X 軸方向と直交する方向を Y 軸方向（非走査方向）、X 軸及び Y 軸方向に垂直で投影光学系 PL の光軸 AX と一致する方向を Z 軸方向とする。また、X 軸、Y 軸、及び Z 軸まわり方向をそれぞれ、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レジスト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。

20

【0020】

照明光学系 IL は、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り、露光用光源、露光用光源から射出された光束の照度を均一化するオプティカルインテグレータ、オプティカルインテグレータからの露光光 EL を集光するコンデンサレンズ、リレーレンズ系、露光光 EL によるマスク M 上の照明領域をスリット状に設定する可変視野絞り等を有している。マスク M 上の所定の照明領域は照明光学系 IL により均一な照度分布の露光光 EL で照明される。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 エキシマレーザ光（波長 248 nm）等の遠紫外光（DUV 光）や、ArF エキシマレーザ光（波長 193 nm）及び F₂ レーザ光（波長 157 nm）等の真空紫外光（VUV 光）などが用いられる。本実施形態では、ArF エキシマレーザ光が用いられる。上述したように、本実施形態における液体 1 は純水であって、露光光 EL が ArF エキシマレーザ光であっても透過可能である。また、純水は紫外域の輝線（g 線、h 線、i 線）及び KrF エキシマレーザ光（波長 248 nm）等の遠紫外光（DUV 光）も透過可能である。

30

【0021】

マスクステージ MST は、マスク M を支持するものであって、投影光学系 PL の光軸 AX に垂直な平面内、すなわち XY 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。マスクステージ MST はリニアモータ等のマスクステージ駆動装置 MST D により駆動される。マスクステージ駆動装置 MST D は制御装置 CONT により制御される。マスクステージ MST 上には移動鏡 50 が設けられている。また、移動鏡 50 に対向する位置にはレーザ干渉計 51 が設けられている。マスクステージ MST 上のマスク M の 2 次元方向の位置、及び回転角はレーザ干渉計 51 によりリアルタイムで計測され、計測結果は制御装置 CONT に出力される。制御装置 CONT はレーザ干渉計 51 の計測結果に基づいてマスクステージ駆動装置 MST D を駆動することでマスクステージ MST に支持されているマスク M の位置決めを行う。

40

【0022】

投影光学系 PL 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）2 を含む複数の光学素子で構成されており、これら光学素子は鏡筒 PK で支持されている。本実施形態において、

50

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。また、本実施形態の投影光学系 P L の先端部の光学素子 2 は鏡筒 P K に対して着脱（交換）可能に設けられている。また、先端部の光学素子 2 は鏡筒 P K より露出しており、液浸領域 A R 2 の液体 1 は光学素子 2 に接触する。これにより、金属からなる鏡筒 P K の腐蝕等が防止されている。

【0023】

光学素子 2 は蛍石で形成されている。蛍石は純水との親和性が高いので、光学素子 2 の液体接触面 2 a のほぼ全面に液体 1 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 2 の液体接触面 2 a との親和性が高い液体（水）1 を供給するようにしているので、光学素子 2 の液体接触面 2 a と液体 1 との高い密着性を確保できる。なお、光学素子 2 は水との親和性が高い石英であってもよい。また光学素子 2 の液体接触面 2 a に親水化（親液化）処理を施して、液体 1 との親和性をより高めるようにしてもよい。

10

【0024】

また、露光装置 E X はフォーカス検出系 4 を有している。フォーカス検出系 4 は、発光部 4 a と受光部 4 b とを有し、発光部 4 a から液体 1 を介して基板 P 表面（露光面）に斜め方向から検出光を投射し、その反射光を受光部 4 b で受光する。制御装置 C O N T は、フォーカス検出系 4 の動作を制御するとともに、受光部 4 b の受光結果に基づいて、所定基準面に対する基板 P 表面の Z 軸方向における位置（フォーカス位置）を検出する。また、基板 P 表面における複数の各点での各フォーカス位置を求めることにより、フォーカス検出系 4 は基板 P の傾斜方向の姿勢を求めることもできる。なお、フォーカス検出系 4 の構成としては、例えば特開平 8 - 3 7 1 4 9 号公報に開示されているものを用いることができる。

20

【0025】

基板ステージ P S T は、基板 P を支持するものであって、基板 P を基板ホルダを介して保持する Z ステージ 5 2 と、Z ステージ 5 2 を支持する X Y ステージ 5 3 と、X Y ステージ 5 3 を支持するベース 5 4 とを備えている。基板ステージ P S T はリニアモータ等の基板ステージ駆動装置 P S T D により駆動される。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。なお、Z ステージと X Y ステージとを一体的に設けてよいことは言うまでもない。基板ステージ P S T の X Y ステージ 5 3 を駆動することにより、基板 P の X Y 方向における位置（投影光学系 P L の像面と実質的に平行な方向の位置）が制御される。

30

【0026】

基板ステージ P S T（Z ステージ 5 2）上には移動鏡 5 5 が設けられている。また、移動鏡 5 5 に対向する位置にはレーザ干渉計 5 6 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 5 6 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 5 6 の計測結果に基づいて基板ステージ駆動装置 P S T D を介して X Y ステージ 5 3 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 X 軸方向及び Y 軸方向における位置決めを行う。

【0027】

また、制御装置 C O N T は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 の Z ステージ 5 2 を駆動することにより、Z ステージ 5 2 に保持されている基板 P の Z 軸方向における位置（フォーカス位置）、及び X、Y 方向における位置を制御する。すなわち、Z ステージ 5 2 は、フォーカス検出系 4 の検出結果に基づく制御装置 C O N T からの指令に基づいて動作し、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（露光面）を投影光学系 P L 及び液体 1 を介して形成される像面に合わせ込む。

40

【0028】

基板ステージ P S T（Z ステージ 5 2）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 は基板ホルダに保持された基板 P の表面とほぼ同じ

50

高さの平面を有している。ここで、基板 P のエッジと補助プレート 57 との間には 0.1 ~ 2 mm 程度の隙間があるが、液体 1 の表面張力によりその隙間に液体 1 が流れ込むことはほとんどなく、基板 P の周縁近傍を露光する場合にも、補助プレート 57 により投影光学系 PL の下に液体 1 を保持することができる。

【0029】

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 Z ステージ 52 上に設けられた基準マークを検出する基板アライメント系 5 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 Z ステージ 52 上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 6 が設けられている。なお、基板アライメント系 5 の構成としては、例えば特開平 4 - 65603 号公報に開示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 6 の構成としては、特開平 7 - 176468 号公報に開示されているものを用いることができる。

10

【0030】

基板アライメント系 5 の近傍には、Z ステージ 52 に設けられている前記基準マークを有する基準部材に残留した液体 1 を除去する第 1 液体除去装置 40 が設けられている。また、基板ステージ PST には、液体 1 の回収を行う第 2 液体回収装置 20 が設けられている。

【0031】

液体供給機構 10 は、液浸領域 AR2 を形成するために基板 P 上に所定の液体 1 を供給するものであって、液体 1 を送出可能な第 1 液体供給部 11 及び第 2 液体供給部 12 と、第 1 液体供給部 11 に流路を有する供給管 11A を介して接続され、この第 1 液体供給部 11 から送出された液体 1 を基板 P 上に供給する供給口を有する第 1 供給ノズル 13 と、第 2 液体供給部 12 に流路を有する供給管 12A を介して接続され、この第 2 液体供給部 12 から送出された液体 1 を基板 P 上に供給する供給口を有する第 2 供給ノズル 14 とを備えている。第 1、第 2 供給ノズル 13、14 は液浸露光中において液浸領域 AR2 の液体 1 に接触する。第 1、第 2 供給ノズル 13、14 は基板 P の表面に近接して配置されており、基板 P の面方向において互いに異なる位置に設けられている。具体的には、液体供給機構 10 の第 1 供給ノズル 13 は投影領域 AR1 に対して走査方向一方側（-X 側）に設けられ、第 2 供給ノズル 14 は他方側（+X 側）に設けられている。

20

【0032】

第 1、第 2 液体供給部 11、12 のそれぞれは、液体 1 を収容するタンク、及び加圧ポンプ等を備えており、供給管 11A、12A 及び供給ノズル 13、14 のそれぞれを介して基板 P 上に液体 1 を供給する。また、第 1、第 2 液体供給部 11、12 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 は第 1、第 2 液体供給部 11、12 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それぞれ独立して制御可能である。また、第 1、第 2 液体供給部 11、12 のそれぞれは液体 1 の温度調整機構を有しており、装置が収容されるチャンバ内の温度とほぼ同じ 23 の液体 1 を基板 P 上に供給するようになっている。

30

【0033】

また、液体供給部 11、12 から供給される純水（液体）は、透過率 99% / mm 以上とするのが好ましく、その場合、純水中に溶解している炭素化合物のうち有機系化合物中の炭素の総量を示す TOC（total organic carbon）は 3 ppb 未満に抑えるのが望ましい。

40

【0034】

液体回収機構（第 1 液体回収装置）30 は基板 P 上の液体 1 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口を有する第 1、第 2 回収ノズル 31、32 と、この第 1、第 2 回収ノズル 31、32 に流路を有する回収管 33A、34A を介してそれぞれ接続された第 1、第 2 液体回収部 33、34 とを備えている。第 1、第 2 回収ノズル 31、32 は液浸露光中において液浸領域 AR2 の液体 1 に接触する。第 1、第 2 液体回収部 33、34 は例えば真空ポンプ等の吸引装置、及び回収した液体 1 を収容するタンク

50

等を備えており、基板 P 上の液体 1 を第 1、第 2 回収ノズル 3 1、3 2、及び回収管 3 3 A、3 4 A を介して回収する。第 1、第 2 液体回収部 3 3、3 4 の液体回収動作は制御装置 CONT により制御され、制御装置 CONT は第 1、第 2 液体回収部 3 3、3 4 による単位時間あたりの液体回収量を制御可能である。

【0035】

図 2 は、液体供給機構 1 0 及び液体回収機構 3 0 の概略構成を示す平面図である。図 2 に示すように、投影光学系 PL の投影領域 AR 1 は Y 軸方向（非走査方向）を長手方向とするスリット状（矩形状）に設定されており、液体 1 が満たされた液浸領域 AR 2 は投影領域 AR 1 を含むように基板 P 上の一部に形成される。そして、投影領域 AR 1 の液浸領域 AR 2 を形成するための液体供給機構 1 0 の第 1 供給ノズル 1 3 は投影領域 AR 1 に対して走査方向一方側（- X 側）に設けられ、第 2 供給ノズル 1 4 は他方側（+ X 側）に設けられている。第 1、第 2 供給ノズル 1 3、1 4 のそれぞれは Y 軸方向を長手方向とする平面視直線状に形成されており、その供給口は基板 P の表面を向くように設けられ、Y 軸方向を長手方向とするスリット状に形成されている。液体供給機構 1 0 は、第 1、第 2 供給ノズル 1 3、1 4 の供給口より、投影領域 AR 1 の両側で液体 1 を同時に供給する。

【0036】

液体回収機構 3 0 の第 1、第 2 回収ノズル 3 1、3 2 のそれぞれは基板 P の表面に向くように円弧状に連続的に形成された回収口を有している。そして、互いに向き合うように配置された第 1、第 2 回収ノズル 3 1、3 2 により略円環状の回収口が形成されている。第 1、第 2 回収ノズル 3 1、3 2 それぞれの回収口は液体供給機構 1 0 の第 1、第 2 供給ノズル 1 3、1 4、及び投影領域 AR 1 を取り囲むように配置されている。また、投影領域 AR 1 を取り囲むように連続的に形成された回収口の内部に複数の仕切部材 3 5 が設けられている。

【0037】

第 1、第 2 供給ノズル 1 3、1 4 の供給口から基板 P 上に供給された液体 1 は、投影光学系 PL の先端部（光学素子 2）の下端面と基板 P との間に濡れ拡がるように供給される。また、第 1、第 2 供給ノズル 1 3、1 4 より供給された液体 1 は、第 1、第 2 回収ノズル 3 1、3 2 の回収口より回収される。

【0038】

図 3 は、基板ステージ PST の Z ステージ 5 2 を上方から見た概略平面図である。矩形状の Z ステージ 5 2 の互いに垂直な 2 つの側面には移動鏡 5 5 が配置されており、Z ステージ 5 2 のほぼ中央には不図示のホルダを介して基板 P が保持されている。基板 P の周囲には、上述したように、基板 P の表面とほぼ同じ高さの平面を有する補助プレート 5 7 が設けられている。そして、補助プレート 5 7 の周囲には、液体 1 の回収を行う第 2 液体回収装置 2 0 の一部を構成する液体吸収部材 2 1 が設けられている。液体吸収部材 2 1 は所定幅を有する環状部材であって、Z ステージ 5 2 上に環状に形成された溝部（回収口）2 3 に配置されている。液体吸収部材 2 1 は、例えば多孔質セラミックス等の多孔性材料により構成されている。あるいは液体吸収部材 2 1 の形成材料として多孔性材料であるスポンジを用いても良い。多孔性材料からなる液体吸収部材 2 1 は液体 1 を所定量保持可能である。

【0039】

図 4 は、第 2 液体回収装置 2 0 を示す断面図である。第 2 液体回収装置 2 0 は、Z ステージ 5 2 上に環状に形成された溝部（回収口）2 3 に配置された上述の液体吸収部材 2 1 と、Z ステージ 5 2 内部に形成され、溝部 2 3 と連続する流路 2 2 と、Z ステージ 5 2 外部に設けられ、その一端部を流路 2 2 に接続した管路 2 6 と、管路 2 6 の他端部に接続され、Z ステージ 5 2 外部に設けられたタンク 2 7 と、このタンク 2 7 にバルブ 2 8 を介して接続された吸引装置であるポンプ 2 9 とを備えている。タンク 2 7 には排出流路 2 7 A が設けられており、液体 1 が所定量溜まったら排出流路 2 7 A より排出されるようになっている。そして、液体回収装置 2 0 は、ポンプ 2 9 を駆動し、液体吸収部材 2 1 で回収された液体 1 を、タンク 2 7 に吸い込むようにして集める。

【 0 0 4 0 】

Z ステージ 5 2 の 1 つのコーナーには基準部材 7 が設けられている。基準部材 7 には、基板アライメント系 5 により検出される基準マーク P F M と、マスクアライメント系 6 により検出される基板マーク M F M とが所定の位置関係で設けられている。また、基準部材 7 の表面はほぼ平坦となっており、フォーカス検出系 4 の基準面としての役割も果たす。なお、フォーカス検出系 4 の基準面を基準部材 7 とは別に Z ステージ 5 2 上に設けてもよい。また、基準部材 7 と補助プレート 5 7 とを一体で設けてもよい。

【 0 0 4 1 】

そして、Z ステージ 5 2 上において基準部材 7 の近傍には、基準部材 7 に残留した液体 1 を除去する第 1 液体除去装置 4 0 の一部を構成する液体吸収部材 4 2 が設けられている。更に、Z ステージ 5 2 の別のコーナーには、投影光学系 P L の先端の光学素子 2 や先端付近の鏡筒 P K に残留した液体 1 を除去する第 2 液体除去装置 6 0 が設けられている。

【 0 0 4 2 】

次に、上述した露光装置 E X を用いてマスク M のパターンを基板 P に露光する手順について、図 2 6 のフローチャート図を参照しながら説明する。

【 0 0 4 3 】

液体供給機構 1 0 から液体 1 の供給を行う前に、基板 P 上に液体 1 が無い状態で、まず計測処理が行われる。制御装置 C O N T は、投影光学系 P L の光軸 A X が図 3 の波線矢印 4 3 に沿って進むようにレーザ干渉計 5 6 の出力をモニタしつつ X Y ステージ 5 3 を移動する。その移動の途中で、基板アライメント系 5 は、ショット領域 S 1 ~ S 1 1 に応じて基板 P 上に形成されている複数のアライメントマーク（不図示）を液体 1 を介さずに検出する（ステップ S A 1 ）。なお、基板アライメント系 5 がアライメントマークの検出を行うときは X Y ステージ 5 3 は停止される。その結果、レーザ干渉計 5 6 によって規定される座標系内での各アライメントマークの位置情報が計測される。なお、基板アライメント系 5 によるアライメントマークの検出は、基板 P 上の全てのアライメントマークを検出してもよいし、その一部を検出するのみでもよい。

【 0 0 4 4 】

また、その X Y ステージ 5 3 の移動中に、フォーカス検出系 4 により基板 P の表面情報が液体 1 を介さずに検出される（ステップ S A 2 ）。フォーカス検出系 4 による表面情報の検出は基板 P 上の全てのショット領域 S 1 ~ S 1 1 毎に行われ、検出結果は基板 P の走査方向（X 軸方向）の位置を対応させて制御装置 C O N T に記憶される。なお、フォーカス検出系 4 による表面情報の検出は、一部のショット領域に対して行うだけでもよい。

【 0 0 4 5 】

基板 P のアライメントマークの検出、及び基板 P の表面情報の検出が終了すると、基板アライメント系 5 の検出領域が基準部材 7 上に位置決めされるように、制御装置 C O N T は X Y ステージ 5 3 を移動する。基板アライメント系 5 は基準部材 7 上の基準マーク P F M を検出し、レーザ干渉計 5 6 によって規定される座標系内での基準マーク P F M の位置情報を計測する（ステップ S A 3 ）。

【 0 0 4 6 】

この基準マーク P F M の検出処理の完了により、基準マーク P F M と基板 P 上の複数のアライメントマークとの位置関係、すなわち、基準マーク P F M と基板 P 上の複数のショット領域 S 1 ~ S 1 1 との位置関係がそれぞれ求められたことになる。また、基準マーク P F M と基準マーク M F M とは所定の位置関係にあるので、X Y 平面内における基準マーク M F M と基板 P 上の複数のショット領域 S 1 ~ S 1 1 との位置関係がそれぞれ決定されたことになる。

【 0 0 4 7 】

また、基板アライメント系 5 による基準マーク P F M の検出の前または後に、制御装置 C O N T は基準部材 7 の表面（基準面）の表面情報をフォーカス検出系 4 により検出する（ステップ S A 4 ）。この基準部材 7 の表面の検出処理の完了により、基準部材 7 表面と基板 P 表面との関係が求められたことになる。

【 0 0 4 8 】

次に、マスクアライメント系 6 により基準部材 7 上の基準マーク M F M を検出できるように、制御装置 C O N T は X Y ステージ 5 3 を移動する。当然のことながらこの状態では投影光学系 P L の先端部と基準部材 7 とは対向している。ここで、制御装置 C O N T は液体供給機構 1 0 及び液体回収機構 3 0 による液体 1 の供給及び回収を開始し、投影光学系 P L と基準部材 7 との間を液体 1 で満たして液浸領域を形成する。なお、基準部材 7 の X Y 方向の大きさは、供給ノズル 1 3、1 4 及び回収ノズル 3 1、3 2 より十分に大きく、基準部材 7 上に液浸領域 A R 2 が円滑に形成されるようになっている。

【 0 0 4 9 】

次に、制御装置 C O N T は、マスクアライメント系 6 によりマスク M、投影光学系 P L、及び液体 1 を介して基準マーク M F M の検出を行う（ステップ S A 5）。これにより投影光学系 P L と液体 1 とを介して、X Y 平面内におけるマスク M の位置、すなわちマスク M のパターンの像の投影位置情報が基準マーク M F M を使って検出されたことになる。

【 0 0 5 0 】

以上のような計測処理が終了すると、制御装置 C O N T は、液体供給機構 1 0 による基準部材 7 上への液体 1 の供給動作を停止する。一方で、制御装置 C O N T は液体回収機構 3 0 による基準部材 7 上の液体 1 の回収動作を所定期間継続する（ステップ S A 5 . 1）。そして、前記所定期間が経過した後、制御装置 C O N T は、液体回収機構 3 0 による回収動作を停止するとともに、液体回収機構 3 0 で回収しきれずに基準部材 7 上に残留した液体 1 を除去するために、基板ステージ P S T を移動する。

【 0 0 5 1 】

図 5 は、基板ステージ P S T（Z ステージ 5 2）上に設けられている基準部材 7 に残留した液体 1 を、液体除去機構の一部を構成する第 1 液体除去装置 4 0 が除去している様子を示す図であって、図 5（a）は概略斜視図、図 5（b）は断面図である。図 5 において、第 1 液体除去装置 4 0 は、気体を基準部材 7 に対して吹き付ける吹き付け装置 4 1 と、基準部材 7 に隣接して設けられた液体吸収部材 4 2 とを備えている。吹き付け装置 4 1 は、気体を送出可能な気体供給部 4 1 A と、気体供給部 4 1 A に接続されたノズル部 4 3 とを備えている。ノズル部 4 3 の吹き出し口 4 3 A はスリット状に形成されており、基準部材 7 に近接して配置されている。そして、液体吸収部材 4 2 は、基準部材 7 を挟んでノズル部 4 3 の吹き出し口 4 3 A と対向する位置に設けられている。気体供給部 4 1 A 及びノズル部 4 3 は投影光学系 P L とは独立した不図示の支持部に支持されており、液体吸収部材 4 2 は、Z ステージ 5 2 に設けられた回収口である溝部 4 4 に配置されている。液体吸収部材 4 2 は、第 2 液体回収装置 2 0 の液体吸収部材 2 1 同様、例えば多孔質セラミックスやスポンジ等の多孔性材料により構成されており、液体 1 を所定量保持可能である。気体供給部 4 1 A より気体を送出されることにより、ノズル部 4 3 のスリット状の吹き出し口 4 3 A を介して高速な気体が基準部材 7 に斜め方向から吹き付けられるようになっている。制御装置 C O N T は、第 1 液体除去装置 4 0 のノズル部 4 3 より基準部材 7 に対して気体を吹き付けることにより、基準部材 7 上に残留していた液体 1 を吹き飛ばして除去する（ステップ S A 5 . 2）。このとき制御装置 C O N T は、第 1 液体除去装置 4 0 のノズル部 4 3 に対して基板ステージ P S T（すなわち基準部材 7）を移動しながらノズル部 4 3 より気体を基準部材 7 に吹き付けることにより、基準部材 7 の表面全体に満遍なく気体を吹き付けることができる。吹き飛ばされた液体 1 は、ノズル部 4 3 の吹き出し口 4 3 A と対向する位置に配置されている液体吸収部材 4 2 に保持（回収）される。

【 0 0 5 2 】

図 5（b）に示すように、Z ステージ 5 2 内部には、溝部 4 4 と連続する流路 4 5 が形成されており、溝部 4 4 に配置されている液体吸収部材 4 2 の底部は流路 4 5 に接続されている。液体吸収部材 4 2 を配置した溝部 4 4 に接続されている流路 4 5 は、Z ステージ 5 2 外部に設けられている管路 4 6 の一端部に接続されている。一方、管路 4 6 の他端部は、Z ステージ 5 2 外部に設けられたタンク 4 7 及びバルブ 4 8 を介して吸引装置であるポンプ 4 9 に接続されている。タンク 4 7 には排出流路 4 7 A が設けられており、液体 1

が所定量溜まったら排出流路 47A より排出されるようになっている。そして、第 1 液体除去装置 40 は、気体供給部 41A を駆動するとともにポンプ 49 を駆動し、液体吸収部材 42 で回収された液体 1 を、タンク 47 に吸い込むようにして集める。

【0053】

次いで、制御装置 CONT は、基板 P 上の各ショット領域 S1 ~ S11 を露光するために、XY ステージ 53 を移動して投影光学系 PL と基板 P とを対向させる（ステップ SA6）。投影光学系 PL と基板 P とを対向させたら、制御装置 CONT は、液体供給機構 10 を駆動して基板 P 上に対する液体供給動作を開始する。液浸領域 AR2 を形成するために液体供給機構 10 の第 1、第 2 液体供給部 11、12 のそれぞれから送出された液体 1 は、供給管 11A、12A を流通した後、第 1、第 2 供給ノズル 13、14 を介して基板 P 上に供給され、投影光学系 PL と基板 P との間に液浸領域 AR2 を形成する。このとき、第 1、第 2 供給ノズル 13、14 の供給口は投影領域 AR1 の X 軸方向（走査方向）両側に配置されており、制御装置 CONT は、液体供給機構 10 の供給口より投影領域 AR1 の両側で基板 P 上への液体 1 の供給を同時に行う。これにより、基板 P 上に供給された液体 1 は、少なくとも投影領域 AR1 より広い範囲の液浸領域 AR2 を基板 P 上に形成する。また、制御装置 CONT は、液体回収機構 30 の第 1、第 2 液体回収部 33、34 を制御し、液体供給機構 10 による液体 1 の供給動作と並行して、基板 P 上の液体回収動作を行う。つまり、制御装置 CONT は、基板 P の露光中に液浸領域 AR2 を形成するために、液体供給機構 10 による液体供給と液体回収機構（第 1 液体回収機構）30 による液体回収とを同時に行う（ステップ SA7）。これにより、第 1、第 2 供給ノズル 13、14 の供給口より投影領域 AR1 に対して外側に流れる基板 P 上の液体 1 は、第 1、第 2 回収ノズル 31、32 の回収口より回収される。このように、液体回収機構 30 は、投影領域 AR1 を取り囲むように設けられている回収口により基板 P 上の液体 1 の回収を行う。

【0054】

そして、前述の計測処理中に求めた各情報を使って、基板 P 上の各ショット領域 S1 ~ S11 を走査露光する（ステップ SA8）。すなわち、各ショット領域のそれぞれに対する走査露光中には、液体 1 の供給前に求めた基準マーク PFM と各ショット領域 S1 ~ S11 との位置関係の情報、及び液体 1 の供給後に基準マーク MFM を使って求めたマスク M のパターンの像の投影位置情報に基づいて、基板 P 上の各ショット領域 S1 ~ S11 とマスク M との位置合わせが行われる。

【0055】

また、各ショット領域 S1 ~ S11 に対する走査露光中は、液体 1 の供給前に求めた基板 P の表面情報、及び走査露光中にフォーカス検出系 4 を使って検出される基板 P 表面の面情報に基づいて、フォーカス検出系 4 を使うことなしに、基板 P 表面と液体 1 を介して形成される像面との位置関係が調整される。

【0056】

本実施形態において、投影領域 AR1 の走査方向両側から基板 P に対して液体 1 を供給する際、制御装置 CONT は、液体供給機構 10 の第 1、第 2 液体供給部 11、12 の液体供給動作を制御し、走査方向に関して、投影領域 AR1 の手前から供給する単位時間あたりの液体供給量を、その反対側で供給する液体供給量よりも多く設定する。例えば、基板 P を +X 方向に移動しつつ露光処理する場合、制御装置 CONT は、投影領域 AR1 に対して -X 側（すなわち第 1 供給ノズル 13）からの液体量を、+X 側（すなわち第 2 供給ノズル 14）からの液体量より多くし、一方、基板 P を -X 方向に移動しつつ露光処理する場合、投影領域 AR1 に対して +X 側からの液体量を、-X 側からの液体量より多くする。

【0057】

基板 P 上の各ショット領域 S1 ~ S11 の走査露光が終了すると、制御装置 CONT は、液体供給機構 10 による液体供給を停止するとともに、基板ステージ PST に設けられた第 2 液体回収装置 20 の回収口 23 が投影光学系 PL と対向するように基板ステージ PST を移動する。そして、制御装置 CONT は、液体回収機構（第 1 液体回収装置）30

と第2液体回収装置20とを併用して、投影光学系PLの下に形成されている液体1の回収を行う(ステップSA9)。このように、基板ステージPSTの上方に回収口が配置されている液体回収機構(第1液体回収装置)30と、基板ステージPST上に回収口が配置されている第2液体回収装置20とで同時に液浸領域AR2の液体1を回収するようにしているので、投影光学系PLの先端や基板P上に液体1が残留するのを低減することができる。

【0058】

なお、第2液体回収装置20は、基板Pの露光終了後に、液浸領域AR2の液体1を回収するものであるが、液浸露光中に、基板P(補助プレート57)の外側に流出した液体1を回収するようにしてもよい。また、第2液体回収装置20の回収口23は、基板Pの周りに輪帯(円環)状に設けられているが、基板Pの露光終了後の基板ステージPSTの移動方向を考慮して、基板P(補助プレート57)近傍の所定位置に部分的に設けるようにしてもよい。また、液浸露光の前後においては、回収動作に伴う振動が大きくなっても許容されるため、液体回収機構30の回収パワーを液浸露光中よりも大きくしてもよい。

【0059】

また、液浸露光終了後、基板P上の液体1を回収しきれない場合、基板Pは部品ではないけれども、例えばこの基板Pを支持した基板ステージPSTを移動して基板Pを投影光学系PLから離れた位置、具体的には前記吹き付け装置41の下方に配置し、基板Pに気体を吹き付け、吹き飛ばされた液体1を第2液体回収装置20で回収するようにしてもよい。もちろん、この気体吹き付け動作は、基板Pに対してのみならず、補助プレート57や補助プレート57外側のZステージ52表面に対しても行うこともできる。

【0060】

つまり、第1液体除去装置40は基準部材7上に残存している液体1を除去するものであるが、基板ステージPST上において基準部材7以外の部品に残留した液体1を除去することも可能である。例えば、液浸露光中に基板Pの外側に液体1が流出あるいは飛散し、基板ステージPST(Zステージ52)に液体1が配置された状態の場合、基板Pの露光終了後にこの基板ステージPST上の液体1を第1液体除去装置40で回収することができる。この場合、第1液体除去装置40の吹き付け装置41で吹き飛ばされた液体1を第2液体回収装置20の溝部(回収口)23に配置された液体吸収部材21で回収してもよい。

【0061】

また、吹き付け装置41のノズル部43を基板ステージPSTに対して移動可能に設けておき、基板Pの露光中や露光終了後において基板Pの外側に流出した液体1の回収を行うようにしてもよい。

【0062】

以上説明したように、基板ステージPST(Zステージ52)に設けられている基準部材7上に残留した液体1を除去する第1液体除去装置40を設けたので、基準部材7上における液体1の残存を防止することができる。また、基板Pの露光終了後に、基板ステージPST上の回収口も使って液体1を回収するようにしたので、投影光学系PLやノズルの先端、あるいは基板P上の液体1の残存が防止でき、液体1の落下や飛散を防止できる。

【0063】

なお、上述の実施形態においては、第1液体除去装置40は基準部材7の近傍に配置された液体吸収部材42を有しているが、液体吸収部材42を省略してもよい。この場合、基準部材7上から除去された液体1は露光動作や計測動作に影響がない基板ステージPST上の所定領域に残留させておくこともできる。

【0064】

図6は第1液体除去装置40の他の実施形態を示す図である。以下の説明において上述した実施形態と同一又は同等の構成部分については同一の符号を付し、その説明を簡略もしくは省略する。図6において、第1液体除去装置40は、基準部材7上に付着している

液体 1 を吸引する吸引装置 8 1 を備えている。吸引装置 8 1 は、タンク及びポンプを含む吸引部 8 1 A と、吸引部 8 1 A に接続された吸引ノズル 8 2 とを備えている。そして、吸引ノズル 8 2 の吸い込み口 8 2 A が基準部材 7 に近接して配置されている。基準部材 7 上に残留した液体 1 を除去する際には、吹き付け装置 4 1 が基準部材 7 に対して気体を吹き付けるとともに、吸引装置 8 1 が基準部材 7 上の液体 1 を吸引する。

【 0 0 6 5 】

なお、図 6 を参照して説明した例では、第 1 液体除去装置 4 0 には、吹き付け装置 4 1 と吸引装置 8 1 とが併設されているが、吸引装置 8 1 のみが設けられている構成であってもよい。吸引装置 8 1 は吸い込み口 8 2 A より基準部材 7 上に残留している液体 1 を吸引することで、この液体 1 を除去（回収）可能である。なお、吸引装置 8 1 のノズル部 8 2 を基板ステージ P S T に対して移動可能に設け、基板 P の露光中や露光終了後に基板 P の外側に流出した液体 1 を回収するようにしてもよい。

10

【 0 0 6 6 】

また、図 6 の実施形態においても、第 1 液体除去装置 4 0 は基準部材 7 の近傍に配置された液体吸収部材 4 2 を有しているが、液体吸収部材 4 2 を省略してもよい。

【 0 0 6 7 】

図 7 は第 1 液体除去装置 4 0 の他の実施形態を示す断面図である。図 7 に示すように、第 1 液体除去装置 4 0 は、基準部材 7 を覆う（基準部材 7 の上方に配置された）カバー部材 8 4 と、カバー部材 8 4 の内部空間に乾燥気体を供給する乾燥気体供給部 8 5 とを備えている。乾燥気体供給部 8 5 は管路 8 6 を介して、基準部材 7 が配置されているカバー部材 8 4 の内部空間に乾燥気体を供給する。こうすることにより、基準部材 7 に残留した液体 1 の気化が促進され、液体 1 が除去される。

20

【 0 0 6 8 】

なお、第 1 液体除去装置 4 0 は、基板ステージ P S T に搭載されている基準部材 7 などの部品の液体を除去するようにしているが、特開平 1 1 - 1 3 5 4 0 0 号に開示されているように、露光装置 E X が基板ステージ P S T とは別に計測部材やリファレンス部を備えたステージを搭載している場合には、そのステージ上の部品の液体を除去することもできる。

【 0 0 6 9 】

次に、図 8 を参照しながら、投影光学系 P L の先端の光学素子 2 や先端付近の鏡筒 P K に残留した液体 1 などを除去する第 2 液体除去装置 6 0 について説明する。図 8 において、第 2 液体除去装置 6 0 は、投影光学系 P L の先端の部品を構成する光学素子 2 やその近傍の鏡筒 P K に対して気体を吹き付ける吹き付け装置 6 1 と、投影光学系 P L の先端に残留し、吹き付け装置 6 1 による気体吹き付けにより吹き飛ばされて落下した液体を回収する回収装置（吸引装置）6 2 とを備えている。吹き付け装置 6 1 は、気体供給部 6 3 と、気体供給部 6 3 に接続され、Z ステージ 5 2 の凹部 6 4 B に設けられているノズル部 6 4 とを備えており、ノズル部 6 4 の吹き出し口 6 4 A は上方に向けられて投影光学系 P L の先端近傍に配置可能となっている。一方、回収装置 6 2 は Z ステージ 5 2 に設けられた回収口（溝部）6 5 と、回収口 6 5 に配置された多孔性材料からなる液体吸収部材 6 6 と、Z ステージ 5 2 内部に形成され、溝部 6 6 に連続する流路 6 7 と、Z ステージ 5 2 外部に設けられ、その一端部を流路 6 7 に接続した管路 6 8 と、管路 6 8 の他端部に接続され、Z ステージ 5 2 外部に設けられたタンク 6 9 と、このタンク 6 9 にバルブ 7 0 を介して接続された吸引装置であるポンプ 7 1 とを備えている。タンク 6 9 には排出流路 6 9 A が設けられており、液体 1 が所定量溜まったら排出流路 6 9 A より排出されるようになっている。そして、回収装置 6 2 は、ポンプ 7 1 を駆動し、液体吸収部材 6 6 で回収された液体 1 を、タンク 6 9 に吸い込むようにして集める。

30

40

【 0 0 7 0 】

本実施形態において、吹き付け装置 6 1 のノズル部 6 4 の吹き出し口 6 4 A は Y 軸方向を長手方向とするスリット状であり（図 3 参照）、回収装置 6 2 の回収口 6 5 は吹き出し口 6 4 A の + X 側に隣接する位置に、Y 軸方向を長手方向とする矩形状に形成されている

50

。そして、第2液体除去装置60は、基板Pの露光終了後に、基板Pの露光中に液浸領域AR2の液体1に接触した投影光学系PLの先端のみならず、液体供給機構10の供給ノズル(部品)13、14、液体回収機構30の回収ノズル(部品)31、32に残留した液体1の除去も行う。もちろん、投影光学系PLの先端のみ、あるいはノズルのみの液体の除去をすることができる。

【0071】

基板Pに対する液浸露光終了後(上記ステップSA8終了後)、制御装置CONTは、液体回収機構(第1液体回収装置)30を使って基板P上の液体1の回収を行う(ステップSA9)。そして、液体回収機構30による基板P上の液体1の回収が終了した後、制御装置CONTは基板ステージPSTを移動し、投影光学系PLの下に第2液体除去装置60を配置する。そして、第2液体除去装置60は、投影光学系PLの先端に対して吹き付け装置61のノズル部64より斜め方向から気体を吹き付け、この投影光学系PLの先端に残留した液体1を吹き飛ばして除去する(ステップSA10)。吹き飛ばされた液体1は落下し、回収装置62の液体吸収部材66を配置した回収口65に回収される。ここで、制御装置CONTは、基板ステージPSTを例えば、吹き出し口64A及び回収口65の長手方向(Y軸方向)と直交するX軸方向に移動しつつ、第2液体除去装置60を駆動する。こうすることにより、投影光学系PLの先端はもちろん、その周囲に配置されている液体供給機構10の供給ノズル13、14や、液体回収機構30の回収ノズル31、32にも気体を吹き付け、これら供給ノズル13、14及び回収ノズル31、32に残留している液体1も除去することができる。

【0072】

以上説明したように、露光中の液浸領域AR2の液体1に接触する投影光学系PLの先端、供給ノズル13、14、及び回収ノズル31、32に残留した液体1を除去することにより、図9の模式図に示すように、基板ステージPSTが投影光学系PLの下(露光処理位置A)から、基板Pをロード・アンロードする位置(ロード・アンロード位置B)まで移動しても、前記投影光学系PLの先端等に残留していた液体1が落下して周辺装置に影響を与えたり環境変化をもたらしたりするといった不都合の発生を抑えることができる。特に、投影光学系PLの先端の光学素子2に液体1を残存させないことにより付着跡(ウォーターマーク)の発生を抑制できる。

【0073】

そして、第2液体除去装置60を基板ステージPSTに設けたことにより、基板ステージPSTを移動しながら第2液体除去装置60を駆動すれば、新たなアクチュエータを設けなくても、投影光学系PLや供給ノズル、回収ノズルに対して第2液体除去装置60を走査しながら気体を吹き付けることができる。また、例えば図9に示したように、液浸露光終了後、露光処理位置Aからロード・アンロード位置Bまで移動する間に、第2液体除去装置60による気体の吹き付け動作を行うようにすることにより、液体除去動作(気体吹き付け動作)とステージ移動動作とを同時に行うことができ、時間効率を向上できる。したがって、第2液体除去装置60は、基板ステージPSTが露光処理位置Aからロード・アンロード位置Bまで移動する間に投影光学系PLの下を通過する位置に予め設けておくことが好ましい。

【0074】

図10、図11は第2液体除去装置60の変形例である。図10に示すように、Zステージ52上に大きな溝部72を形成しておき、この溝部72内に、吹き付け装置61のノズル部64及び回収装置62の流路(回収口)67を配置してもよい。なお、図10に示す例において液体吸収部材66は設けられていない。このように、液体吸収部材66を設けない構成とすることも可能である。また、図11に示すように、溝部72内に、吹き付け装置61のノズル部64を複数(図11に示す例では2つ)設けてもよい。また、図10、図11に示した例のように、投影光学系PLの先端より大きい溝部72を設け、この中にノズル部64及び回収口67を配置したことにより、気体を吹き付けられた液体1の周囲への飛散を溝部72で抑制することができる。

【 0 0 7 5 】

あるいは、図 1 2 に示すように、ノズル部 6 4 の吹き出し口 6 4 A 及び回収口 6 5 のまわりに、気体を吹き付けられた液体 1 の周囲への飛散を防止するためのカバー部材 7 3 を設けることもできる。図 1 2 に示すカバー部材 7 3 は投影光学系 P L の先端を配置可能な平面視 U 字状に形成されており、U 字状開口側から投影光学系 P L の先端がカバー部材 7 3 内部に対して出入りするようになっている。そして、このカバー部材 7 3 の長手方向を基板ステージ P S T の移動方向（X 軸方向）に一致させ、このカバー部材 7 3 内部に Y 軸方向を長手方向とする吹き出し口 6 4 A 及び回収口 6 5 を設けておくことにより、一回の走査移動で液体 1 の飛散を防止しつつ効率良く液体除去を行うことができる。

【 0 0 7 6 】

なお、第 2 液体除去装置 6 0 の回収装置 6 2 の回収口 6 5 を介して、基板 P の露光中に基板 P の外側に流出した液体 1 の回収を行うこともできる。このとき、回収装置 6 2 の回収口 6 5 を、基板 P の周囲に所定間隔で複数設けておくことが好ましい。

【 0 0 7 7 】

また、図 8 ~ 図 1 2 の実施形態において、第 2 液体除去装置 6 0 は、ノズル部 6 4 の近傍に回収装置 6 2 を備えているが、これを省略してもよい。この場合、投影光学系 P L の先端から除去された液体 1 は露光動作や計測動作に影響がない基板ステージ P S T 上の所定領域に残留させておくこともできる。

【 0 0 7 8 】

また、図 8 ~ 図 1 2 の実施形態においては、第 2 液体除去装置 6 0 は基板ステージ P S T 上に配置されているが、基板ステージ P S T とは異なる部材に第 2 液体除去装置 6 0 を配置しても良い。例えば、基板ステージ P S T とは独立して、投影光学系 P L の像面側を移動可能なステージをさらに搭載しておき、そのステージに第 2 液体除去装置 6 0 を配置するようにしてもよい。

【 0 0 7 9 】

また、投影光学系 P L や供給ノズル、回収ノズル第 2 液体除去装置 6 0 のノズル部 6 4 の吹き出し口 6 4 A の近傍に吸引口を設けても良い。あるいは、その吹き出し口 6 4 A の代わりに吸引口を設けて、投影光学系 P L の先端面や供給ノズル、回収ノズルに付着した液体を回収するようにしてもよい。

【 0 0 8 0 】

ところで、投影光学系 P L の先端の液体 1 を除去しても、液体 1 に含まれている不純物や異物が投影光学系 P L の先端の光学素子 2 に付着し、光学素子 2 が汚染する場合がある。ここで、不純物や異物とは、フォトレジストの破片や、フォトレジストに含まれる電解質の析出物などが挙げられる。そこで、投影光学系 P L の先端の光学素子 2 に残留している液体 1 を除去（吹き飛ばす、吸引する）前又は後に、この光学素子 2 を洗浄することが好ましい。

【 0 0 8 1 】

図 1 3 は、投影光学系 P L の先端を洗浄している状態を示す模式図である。図 1 3 に示す実施形態において、基板ステージ P S T（Z ステージ 5 2）上には、基板ホルダに保持された基板 P とは別の位置に、洗浄ステーション 9 0 が設けられている。洗浄ステーション 9 0 には洗浄板 9 1 が設けられている。洗浄板 9 1 は例えば基板 P とほぼ同じ大きさを有する板部材である。

【 0 0 8 2 】

液浸露光終了後（あるいは前）において投影光学系 P L の先端の光学素子 2 を洗浄するために、制御装置 C O N T は基板ステージ P S T を移動して、洗浄板 9 1（洗浄ステーション 9 0）を投影光学系 P L の下に配置する。そして、制御装置 C O N T は、液体供給機構 1 0 及び液体回収機構 3 0 を駆動し、投影光学系 P L と洗浄板 9 1 との間に液浸領域 A R 2 を形成する。この洗浄板 9 1 上に形成された液浸領域 A R 2 の液体 1 により投影光学系 P L の先端の光学素子 2 が洗浄される。そして、洗浄処理が終了した後、上述したように、第 2 液体除去装置 6 0 を使って、投影光学系 P L の先端の光学素子 2 に残留した液体

10

20

30

40

50

1 が除去される。

【 0 0 8 3 】

なお、図 1 3 に示した洗浄ステーション 9 0 では、液体供給機構 1 0 及び液体回収機構 3 0 を使って洗浄板 9 1 上に液浸領域 A R 2 を形成し、この液浸領域 A R 2 の液体 1 で投影光学系 P L の先端の光学素子 2 を洗浄しているが、図 1 4 に示すように、洗浄ステーション 9 0 に洗浄機構 9 5 を設け、この洗浄機構 9 5 を使って投影光学系 P L の先端の光学素子 2 を洗浄することが可能である。図 1 4 に示す洗浄ステーション 9 0 の洗浄機構 9 5 は、洗浄用液体供給部 9 6 と、洗浄用液体供給部 9 6 に接続し、洗浄用液体供給部 9 6 から送出された洗浄用液体を投影光学系 P L の先端の光学素子 2 に噴射する噴射口 9 7 A を有する噴射部 9 7 と、光学素子 2 を洗浄した後の廃水を回収する回収口 9 8 A を有する回収管 9 8 と、回収管 9 8 に接続し、ポンプ及びタンクなどからなる回収部 9 9 とを備えている。噴射口 9 7 A 及び回収口 9 8 A は、基板ステージ P S T (Z ステージ 5 2) 上に形成された溝部 9 4 内に配置されている。液浸露光終了後、投影光学系 P L の下に洗浄ステーション 9 0 を配置し、洗浄機構 9 5 の噴射部 9 7 により投影光学系 P L の先端の光学素子 2 に洗浄用液体を噴射することで、光学素子 2 は洗浄される。このとき、噴射口 9 7 A 及び回収口 9 8 A を溝部 9 4 に配置することにより、洗浄用液体の周囲への飛散が防止される。

10

【 0 0 8 4 】

また、洗浄ステーション 9 0 (洗浄板 9 1) は基板ステージ P S T 上に配置されているが、基板ステージ P S T とは異なる部材に配置しても良い。例えば、基板ステージ P S T とは独立して、投影光学系 P L の像面側を移動可能なステージをさらに搭載しておき、そのステージに洗浄ステーションを配置するようにしてもよい。

20

【 0 0 8 5 】

また、洗浄動作及び液体除去動作の後、投影光学系 P L の先端の光学素子 2 に異物が付着しているかどうかを異物検出系により確認することが好ましい。図 1 5 は異物検出系 1 0 0 の一例を示す模式図である。なお、ここでいう異物とは、上述したフォトリソの破片やフォトリソに含まれる電解質の析出物等の他に、残留した液体 (液滴) 1 も含む。

【 0 0 8 6 】

図 1 5 において、異物検出系 1 0 0 は、基板ステージ P S T (Z ステージ 5 2) 上に設けられ、投影光学系 P L の先端の光学素子 2 表面に対して斜め下方から所定の照射光を照射する発光部 1 1 8 と、光学素子 2 表面と発光部 1 1 8 とを結ぶ光路上に配置された分岐ミラー 1 1 9 と、基板ステージ P S T 上に設けられ、発光部 1 1 8 からの照射に基づく光学素子 2 表面からの反射光を受光するための第 1 受光部 1 2 0 と、基板ステージ P S T の上方位置に配置され、発光部 1 1 8 からの照射に基づく分岐ミラー 1 1 9 からの分岐光を受光するための第 2 受光部 1 2 1 とを備えている。ここで、異物検出系 1 0 0 を構成する発光部 1 1 8 及び第 1 受光部 1 2 0 等は、基板ステージ P S T 上のうち基板ホルダや洗浄ステーション以外の位置に設けられている。そして、第 1、第 2 受光部 1 2 0、1 2 1 の受光結果は光電信号として異物検出系 1 0 0 の一部を構成する制御装置 C O N T へ出力されるようになっている。制御装置 C O N T は、第 1、第 2 受光部 1 2 0、1 2 1 から出力された光電信号に基づき光学素子 2 表面の光反射率を実反射率として演算し、演算した実反射率と予め記憶している所定反射率との対比結果に基づき光学素子 2 表面の汚染度を測定するように構成されている。つまり、光学素子 2 に異物が付着していれば、この異物に起因して散乱光が生じて反射率が変化し、第 1 受光部 1 2 0 で受光される受光量が変化する。制御装置 C O N T は、光学素子 2 表面が光学特性に影響を与えるほど汚染されていないと想定される本装置完成時に測定された光学素子 2 表面の光反射率を所定反射率として予め記憶している。

30

40

【 0 0 8 7 】

図 1 3 や図 1 4 を参照して説明したように、投影光学系 P L の先端の光学素子 2 の洗浄処理を終了した後、制御装置 C O N T は、基板ステージ P S T を移動して異物検出系 1 0

50

0を投影光学系PLの下に配置する。そして、発光部118から所定の照射光が照射されると、その照射光のうち分岐ミラー119を透過した照射光は光学素子2表面を照射した後この表面で反射し、その反射光は第1受光部120により受光される。一方、分岐ミラー119により分岐された照射光(分岐光)は光学素子2表面に至ることなく第2受光部121により受光される。そして、両受光部120、121により光電変換された光電信号がそれぞれ制御装置CONTに出力される。制御装置CONTは、第1受光部120からの光電信号と第2受光部121からの光電信号とに基づき、光学素子2表面の反射率を演算する。すなわち、一般に、2つの媒質の境界面に対してある入射角で光が入射するとき、その反射率Rは、入射光束のエネルギーの強さを I_0 とし、反射光束のエネルギーの強さを I_r としたとき、 $R = I_r / I_0$ で表される。従って、制御装置CONTでは、第1受光部120からの光電信号に基づくエネルギーの強さを I_r とし、第2受光部121からの光電信号に基づくエネルギーの強さを I_0 として、光学素子2表面の実反射率 R_r を求める。次に、制御装置CONTは、予め記憶してある所定反射率 R_0 を読み出し、この所定反射率 R_0 と前記実反射率 R_r との差 $R (= R_0 - R_r)$ を演算する。そして、求められた両反射率 R_0 、 R_r の差Rに基づく表示信号を表示装置126に出力する。すると、表示装置126はこの表示信号に基づき光学素子2表面の汚染度を数値表示する。制御装置CONTは、汚染度が所定の許容値を超えている場合には、光学素子2表面に異物が許容値以上存在すると判断し、再び洗浄処理を行うように洗浄装置を制御する。

【0088】

なおここでは、光学素子2に照射光を照射し、光学素子2表面での散乱光を検出する構成であるが、異物が光学素子2に付着している場合、投影光学系PLの像面側において照度むら又はテレセンズれが観測されるので、基板ステージPST上に設けられた照度センサを使って、焦点面とデフォーカス面とのそれぞれで照度を計測することにより、異物が付着しているかどうかを検出することができる。

【0089】

なお、図15の実施形態においては、光学素子2に光を照射し、その散乱光を受光することによって、光学素子2表面に付着した液体や異物(不純物)を検出するようにしているが、検出方法はこれに限られず、例えば前述のマスクアライメント系6を用いて検出するようにしてもよい。

【0090】

また、光学素子2表面の洗浄後だけでなく、基板Pの交換中などの所定のタイミングで投影光学系PLの先端の光学素子2に異物が付着しているかどうかを異物検出系により確認し、異物が検出された場合に洗浄動作を行なうようにしてもよい。

【0091】

また、異物検出系100は、投影光学系PLの先端の光学素子2の異物検出を行っているが、投影光学系PLの像面側で液体と接触する他の部品表面の異物を検出するようにしてもよい。

【0092】

<第1液体除去装置を用いた露光装置の別の実施形態>

図16は、第1液体除去装置を用いた露光装置の別の実施形態を示す図である。本実施形態においては、Zステージ52に、投影光学系PLを介してその像面側(基板P側)に照射される光を受光する照度ムラセンサ(計測系)138の一部を構成する板部材(上板)138Aが設けられ、更にその近傍に板部材138Aから除去された液体を回収する液体吸収部材142が追加されている。液体吸収部材142はZステージ52に形成された溝部144に配置されている。また、板部材138Aは、ガラス板の表面にクロムなどの遮光性材料を含む薄膜でパターンニングし、その中央部にピンホール138Pを設けたものである。また、板部材138Aの上面は撥液性を有している。本実施形態においては、フッ素系化合物などの撥液性を有する材料が板部材138Aの表面にコーティングされている。

【0093】

図 17 は、基板ステージ P S T に設けられ、照度ムラセンサ 138 の一部を構成する板部材 138 A に付着した液体を除去している様子を示す図である。本実施形態において、照度ムラセンサ 138 は、特開昭 57 - 117238 号公報に開示されているように、投影光学系 P L 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 P L 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る。照度ムラセンサ 138 は、基板ステージ P S T（Z ステージ 52）に設けられ、ガラス板の表面に遮光膜をパターニングして、その中央部にピンホール 138 P が形成された板部材 138 A と、Z ステージ 52 に埋設され、ピンホール 138 P を通過した光が照射される光学系 138 C と、光学系 138 C を通過した光を受光する受光素子（受光系）138 B とを有している。なお、例えば光学系 138 C と受光素子 138 B との間にリレー光学系を設け、受光素子 138 B を Z ステージ 52 の外側に配置することもできる。

10

【0094】

照度ムラセンサ 138 で照度分布の計測を行う場合、投影光学系 P L と照度ムラセンサ 138 の板部材 138 A とを対向させた状態で、その投影光学系 P L と板部材 138 A との間を液体で満たすとともに、露光光が照射される照射領域内の複数の位置で順次ピンホール 138 P を移動させ、上述したように、各位置における露光光の照度を計測して照度分布（照度ムラ）を求める（計測する）。照度分布計測終了後、制御装置 C O N T は、基板ステージ P S T を移動して、第 1 液体除去装置 40 のノズル部 43 の下に、照度ムラセンサ 138 の板部材 138 A を配置する。

【0095】

20

上述したように、Z ステージ 52 上において、板部材 138 A に隣接する位置には、第 1 液体除去装置 40 によって板部材 138 A より除去された液体を回収する液体吸収部材 142 が設けられている。液体吸収部材 142 は、上述の液体吸収部材 42 と同様、例えば多孔質セラミックスやスポンジ等の多孔性材料により構成されており、液体を所定量保持可能である。

【0096】

制御装置 C O N T は、第 1 液体除去装置 40 のノズル部 43 より板部材 138 A に対して気体を吹き付けることによって、板部材 138 A に付着している液体を吹き飛ばして除去する。吹き飛ばされた液体は、第 1 液体除去装置 40 のノズル部 43 の吹き出し口 43 A と対向する位置に配置された液体吸収部材 142 に保持（回収）される。なお、板部材 138 A の表面には撥液処理が施されているので、ピンホール 138 P の内部への液体の浸入を防止できるばかりでなく、気体を吹き付けることで板部材 138 A より液体を良好に除去できる。

30

【0097】

Z ステージ 52 内部には、溝部 144 と連続する流路 145 が形成されており、溝部 144 に配置されている液体吸収部材 142 の底部は流路 145 に接続されている。流路 145 は Z ステージ 52 外部に設けられている管路 146 の一端部に接続されている。一方、管路 146 の他端部は、Z ステージ 52 外部に設けられているタンク 147 及びバルブ 148 A を有する管路 148 を介してポンプ 149 に接続されている。タンク 147 には排出流路 147 A が設けられており、液体 1 が所定量溜まったときに排出流路 147 A から排出される。そして、制御装置 C O N T は、第 1 液体除去装置 40 の気体供給部 41 A を駆動するとともに、ポンプ 149 を駆動し、液体吸収部材 142 で回収された液体を、タンク 147 に吸い込むようにして集める。

40

【0098】

なお、第 1 液体除去装置 40 による板部材 138 A の液体除去方法としては、先の実施形態で説明したような、液体の吸引やドライエアの吹き付けなどを用いてもよいし、それらを適宜組み合わせ使用してもよい。また、板部材 138 A の表面は、全面を撥液性にする必要はなく、一部のみ、例えばピンホール 138 P の周囲のみを撥液性にしておいてもよい。また、照度ムラセンサ 138 の板部材 138 A の上面に限らず、基板ステージ P S T 上の他の部品の表面も撥液性にしておいてもよい。但し、第 1 液体除去装置 40 によ

50

り除去能力が十分高い場合には、必ずしも撥液性にする必要はない。

【0099】

また、基板ステージPST上には、照度ムラセンサに限らず、特開平11-16816号公報に開示されているような照射量モニタや、特開2002-14005号公報に開示されている結像特性などを計測するための空間像計測センサなど、投影光学系PLと液体とを通過した露光光を光透過部を介して受光するセンサが他にも配置されている。これらのセンサも光透過部が形成されている平坦部の表面に液体が残留・付着する可能性があるため、第1液体除去装置40を用いた液体の除去をこれらのセンサに適用してもよい。また、基板ステージPST上に、特開昭62-183522号公報に開示されているような反射部材が配置されている場合には、第1液体除去機構40を使って、その表面に残留・付着した液体を除去するようにしてもよい。

10

【0100】

また、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に対して着脱可能なセンサを、基板ステージPSTから外す際に、第1液体除去装置40を用いて液体の除去を行ってから外すようにしてもよい。

【0101】

<第3液体除去装置を用いた露光装置の実施形態>

図18は、第3液体除去装置を用いた露光装置の別の実施形態を示す模式図である。図18において、フォーカス検出系4は発光部4aと受光部4bとを備えている。本実施形態においては、投影光学系PLの先端部近傍にはフォーカス検出系4の発光部4aから射出された検出光を透過可能な第1光学部材151と、基板P上で反射した検出光を透過可能な第2光学部材152とが設けられている。第1光学部材151及び第2光学部材152は、投影光学系PL先端の光学素子2とは分離した状態で支持されており、第1光学部材151は光学素子2の-X側に配置され、第2光学部材152は光学素子2の+X側に配置されている。第1、第2光学部材151、152は、露光光ELの光路及び基板Pの移動を妨げない位置において液浸領域AR2の液体1に接触可能な位置に設けられている。

20

【0102】

そして、図18に示すように、例えば基板Pの露光処理中においては、投影光学系PLを通過した露光光ELの光路、つまり光学素子2と基板P（基板P上の投影領域AR1）との間の露光光ELの光路が全て液体1で満たされるように、液体供給機構10及び液体回収機構30により液体1の供給及び回収が行われる。また、光学素子2と基板Pとの間の露光光ELの光路の全てが液体1で満たされ、基板P上において液浸領域AR2が投影領域AR1の全てを覆うように所望状態に形成されたとき、その液浸領域AR2を形成する液体1は第1光学部材151及び第2光学部材152の端面のそれぞれに密着（接触）するようになっている。基板P上に液浸領域AR2が形成され、液体1が第1光学部材151及び第2光学部材152の端面のそれぞれに密着している状態においては、フォーカス検出系4の発光部4aから射出された検出光及びその基板P上での反射光の光路のうち第1光学部材151と第2光学部材152との間の光路は全て液体1で満たされる。また、検出光の光路の全てが液体1で満たされた状態のとき、フォーカス検出系4の発光部4aから射出された検出光は、基板P上の投影光学系PLの投影領域AR1に照射されるように設定されている。

30

40

【0103】

また、上記第1、第2光学部材151、152の端面である液体接触面は、例えば親液化処理されて親液性となっている。こうすることにより、液浸領域AR2の液体1は第1、第2光学部材151、152の液体接触面に密着し易くなるため、液浸領域AR2の形状を維持し易くなる。

【0104】

なお図18においては、液体供給機構10及び液体回収機構30は簡略化して図示され

50

ている。図 18 に示す液体供給機構 10 は、液体 1 を送出可能な液体供給部 171 と、供給ノズル 173 と液体供給部 171 とを接続する供給管 172 とを備えている。液体供給部 171 から送出された液体 1 は、供給管 172 を通過した後、供給ノズル 173 の液体供給口 174 より基板 P 上に供給される。また、図 18 に示す液体回収機構 30 は、液体 1 を回収可能な液体回収部 175 と、回収ノズル 177 と液体回収部 175 とを接続する回収管 176 とを備えている。基板 P 上の液体 1 は、回収ノズル 177 の回収口 178 より回収された後、回収管 176 を介して液体回収部 175 に回収される。

【0105】

なおここでは、第 1 光学部材 151 と第 2 光学部材 152 とは互いに独立した部材であるように説明したが、例えば投影光学系 PL の先端部の光学素子 2 を囲むように環状の光学部材を配置し、その環状の光学部材の一部に検出光を照射し、液浸領域 AR2 及び基板 P 表面を通過した検出光を、環状の光学部材を介して受光するようにしてもよい。光学部材を環状に設けて液浸領域 AR2 の液体 1 を環状の光学部材の内側面に密着させることにより液浸領域 AR2 の形状を良好に維持することができる。また本実施形態においては、第 1 光学部材 151 及び第 2 光学部材 152 は投影光学系 PL に対して分離しているが、投影光学系 PL の光学素子 2 と一体で設けられていてもよい。

【0106】

図 18 に示した状態で液浸露光処理を行った後、制御装置 CONT は、例えば図 13 を参照して説明したように、洗浄板（あるいはダミー基板）を投影光学系 PL の下に配置し、液体供給機構 10 及び液体回収機構 30 を使って洗浄板上に液浸領域 AR2 を形成し、この液浸領域 AR2 の液体 1 で投影光学系 PL の先端部の光学素子 2 や第 1、第 2 光学部材 151、152、あるいは供給ノズル 173 の供給口 174 近傍や回収ノズル 177 の回収口 178 近傍を洗浄する。この洗浄が終了した後、制御装置 CONT は、液体回収機構 30 などを使って液浸領域 AR2 の液体 1 を回収する。

【0107】

液浸領域 AR2 の液体 1 を回収した後、制御装置 CONT は、図 19 に示すように、気体を吹き出す気体ノズル 160（第 3 液体除去装置）を不図示の駆動装置によって投影光学系 PL の下に配置する。このとき、基板ステージ PST は、基板 P をアンロードするためにロード・アンロード位置（図 9 参照）に移動しており、気体ノズル 160 は不図示の駆動装置によって投影光学系 PL の下に配置される。また、投影光学系 PL の下には、光学素子 2 等より落下した液体 1 を受ける液体受け部材 280 が配置される。なお気体ノズル 160 は、基板ステージ PST 上のうち基板 P を保持する基板ホルダ以外の位置に設けられていてもよい。

【0108】

制御装置 CONT は、気体ノズル 160 の吹出口 161 より気体を吹き出し、その吹き出した気体を使って、光学素子 2 や第 1、第 2 光学部材 151、152、あるいは供給ノズル 173、回収ノズル 177 に付着している液体 1 の位置を移動する。例えば、図 19 に示すように、制御装置 CONT は、まず気体ノズル 160 の吹出口 161 を光学素子 2 の下面 2a の露光光 EL が通過する領域に対向した位置まで基板面と平行に（X 方向に）移動した後、吹出口 161 から気体を吹き出す。気体を吹き出した状態を維持した状態で、気体ノズル 160 を露光光 EL が通過する領域の外側に向かって移動する。これにより、光学素子 2 の下面 2a において露光光 EL が通過する領域、即ち、光学素子 2 の下面 2a の投影領域 AR1 に対応する領域に付着している液体（液滴）1 をその領域の外側へ移動することができる。本実施形態においては、露光光 EL が通過する領域は光学素子 2 の下面 2a の略中央部であるので、上述の方法により下面 2a の中央部に付着（残留）していた気体 1 を下面 2a の端部に向かって移動することができる（図 19 の符号 1' 参照）。換言すれば、制御装置 CONT は、吹き出した気体を使って、露光光 EL が通過する領域に付着した液体 1 を乾かさずに、その領域の外側へ退かすことにより、露光光 EL が通過する領域に付着した液体を除去するようにしている。これにより、光学素子 2 の下面 2a のうち少なくとも露光光 EL が通過する領域にウォーターマークが形成される不都合を

10

20

30

40

50

防止することができる。この実施形態において、気体ノズル 160 及びその付属装置は第 3 液体除去装置として機能する。

【0109】

なお、本実施形態においては、露光光 E L が通過する領域から液体を退かす（除去する）ようにしているが、それに限らず、必要に応じて所望の領域から液体を退かすようにすればよい。

【0110】

図 20 (a) は、吹出口 161 の一例を示す図である。図 20 (a) に示すように、本実施形態においては、吹出口 161 は Y 軸方向を長手方向とするスリット状に形成されている。図 20 (b) は、光学素子 2 の下面 2a を示す図である。投影領域 A R 1 は Y 軸方向を長手方向とするスリット状（矩形状）である。また、吹出口 161 の大きさは、光学素子 2 の下面 2a よりも小さく形成されている。そして、光学素子 2 の下面 2a の中央部に付着した液体 1 を退かす際には、制御装置 C O N T は、はじめに気体ノズル 160 の吹出口 161 と光学素子 2 の下面 2a のほぼ中央部とを対向した状態で気体を吹き出し、その気体の吹き出しを維持した状態で、気体ノズル 160 を + X 側（又は - X 側）に移動する。つまり、制御装置 C O N T は、気体ノズル 160 を X 軸方向に沿って移動する。こうすることにより、制御装置 C O N T は、光学素子 2 の下面 2a の投影領域 A R 1 に対応する領域の外側に液体 1 を円滑に移動する（退かす）ことができる。光学素子 2 の下面 2a の中央部（投影領域 A R 1 に対応する領域の中央部）に付着している液体 1 を、投影領域 A R 1 に対応する領域の外側に出すために Y 軸方向に沿って移動させようとした場合、投影領域 A R 1 は Y 軸方向を長手方向としているため、その移動距離は長くなる。この場合、液体 1 を前記領域の外側に円滑に移動させることが困難になる可能性がある。そのため、光学素子 2 の下面 2a の中央部（投影領域 A R 1 に対応する領域の中央部）に付着している液体 1 を、投影領域 A R 1 に対応する領域の外側に出すために X 軸方向に沿って移動することで、その液体 1 を前記領域の外側へ円滑に移動させることができる。

【0111】

本実施形態においては、気体ノズル 160 の吹出口 161 より吹き出される気体は、ケミカルフィルタやパーティクル除去フィルタを含むフィルタ装置（不図示）を介して、クリーンな気体として吹き出される。したがって、光学素子 2 等の汚染が防止される。また、気体としては、露光装置 E X のおかれている環境とほぼ同じ気体、具体的には露光装置 E X が収容されたチャンバ内部の気体とほぼ同じ気体を使用することが好ましい。本実施形態においては、空気（ドライエア）が使用されている。なお吹き出す気体として窒素ガス（ドライ窒素）を使用してもよい。露光装置 E X のおかれている環境とは異なる気体を使った場合、互いに異なる気体の屈折率差によって、例えばステージ位置計測を行う干渉計の測定光の光路が変動する等して計測誤差等の不都合を招く可能性があるが、吹出口 161 より吹き出す気体を、露光装置 E X のおかれている環境とほぼ同じ気体とすることにより、上記不都合を防止することができる。

【0112】

露光光 E L が通過する領域の外側へ移動した（退けた）液体 1 は、例えば気体ノズル 160 から吹き出された気体や所定の乾燥装置によって気化（乾燥）されて除去される。

【0113】

なお、露光光 E L が通過する領域の外側に移動させた液体が乾いたとしても、気体ノズル 160 より気体を吹き出す前に部品（光学素子 2 の下面 2a）の洗浄作業を行っているので、露光光 E L が通過する領域の外側の液体が乾いたところに不純物などが付着するのを抑制することができる。

【0114】

また、露光光 E L が通過する領域の外側に移動させた液体を吸引（回収）するようにしてもよい。

【0115】

同様に、制御装置 C O N T は、第 1、第 2 光学部材 151、152 の端面のうち、少な

10

20

30

40

50

くともフォーカス検出系 4 の検出光が通過する領域に付着している液体（液滴）を、気体ノズル 160 から吹き出した気体を使って移動する（退かす）。こうすることにより、第 1、第 2 光学部材 151、152 の端面のうち少なくとも検出光が通過する領域にウォーターマークが形成される（不純物が付着する）不都合を防止することができる。

【0116】

同様に、制御装置 CONT は、供給ノズル 173 や回収ノズル 177 に付着（残留）した液体 1 を気体ノズル 160 から吹き出した気体によって退かす。こうすることにより、供給ノズル 173 や回収ノズル 177 にウォーターマークが形成される不都合を防止できる。ウォーターマークは異物（不純物）となるため、例えば供給ノズル 173（供給口 174）や回収ノズル 177（回収口 178）にウォーターマークが形成されると、液浸領域 AR2 を形成したとき、ウォーターマークによる異物（不純物）が液浸領域 AR2 に混入する可能性がある。その場合、露光精度や計測精度の劣化を招く。また、回収ノズル 177（回収口 178）の液体 1 に対する接触角（親和性）によって、液体回収機構 30 の回収能力が変化することが考えられ、回収ノズル 177 にウォーターマークが形成されて液体 1 との接触角が変化すると、液体回収機構 30 の回収能力が劣化する可能性もある。ところが本実施形態のようにノズル 173、177 に付着した液体 1 を除去することで、上記不都合を防止することができる。

【0117】

以上説明したように、光学素子 2 や第 1、第 2 光学部材 151、152 の所定領域（露光光や検出光が照射される領域）に付着した液体を、その所定領域に対して気体ノズル 160（吹出口 161）を相対的に移動しつつ気体を吹き付けることによって所定領域の外側へ移動する（退かす）ことで、その所定領域にウォーターマークが形成される不都合を防止することができる。

【0118】

なお本実施形態においては、光学素子 2 の下面 2a に付着した液体 1 を端部に退かすとき、まず下面 2a の中央部に気体を吹き付けた後、その気体の吹き付けを維持した状態で気体ノズル 160 を下面 2a の端部に向かってほぼ直線的に移動する構成であるが、下面 2a に対して吹出口 161 が螺旋状の軌跡を描くように気体ノズル 160 を移動するようにしてもよい。また、吹出口 161 の形状は、スリット状に限られず、例えば円形状など任意の形状であってもよい。また、吹出口 161 に多孔質体を配置してもよい。

【0119】

また、本実施形態においては気体ノズル 160（吹出口 161）は 1 つであるが、もちろん複数の気体ノズル 160（吹出口 161）を設け、それらを併用してもよい。また、複数の気体ノズル 160 のうち例えば第 1 の気体ノズル 160 より吹き出した気体を使って光学素子 2 に付着した液体 1 を除去し、第 2 の気体ノズル 160 より吹き出した気体を使って第 1 光学部材 151 あるいは第 2 光学部材 152 に付着した液体 1 を除去し、それらの除去動作を並行して行うようにしてもよい。このように、複数の気体ノズル 160 を使って複数の所定領域のそれぞれに対する液体除去動作を並行して行うことで、液体除去作業を効率良く行うことができる。

【0120】

また、光学素子 2 や第 1、第 2 光学部材 151、152 の端面に付着した液体 1 を移動する（退かす）ために、例えば図 8 等を参照して説明した第 2 液体除去装置 60 の吹き出し口 64A より吹き出した気体を使ってもよい。

【0121】

上述した実施形態においては、光学素子 2 や第 1、第 2 光学部材 151、152 に対して気体を下方から吹き付ける構成であるが、上方から吹き付けるようにしてもよい。例えば図 21 に示すように、気体ノズル 160 の吹出口 161 を下側に向くように形成し、第 2 光学部材 152 の端面に付着した液体 1 を除去する（退かす）ようにしてもよい。もちろん、この気体ノズル 160 を使って第 1 光学部材 151 の端面に付着した液体 1 も除去することができる。あるいは、第 1 光学部材 151（あるいは第 2 光学部材 152）の一

部に流路 163 を形成するとともにその流路 163 に接続する気体ノズル 164 を第 1 光学部材 151 の端面に設け、流路 163 及び気体ノズル 164 を介した気体を、第 1 光学部材 151 の端面に上方から吹き付けることも可能である。なお流路 163 は、フォーカス検出系 4 の検出光の光路を妨げない位置に形成される。

【0122】

なお、上述した実施形態においては、投影光学系 PL の先端部の光学素子 2 や第 1 及び第 2 光学部材 151、152、あるいは供給ノズル 173 の供給口 174 近傍や回収ノズル 177 の回収口 178 近傍を洗浄した後に、気体ノズル 160 を用いて液体を除去しているが、洗浄工程は省略してもよい。

【0123】

また気体ノズル 160 を、上述の第 2 実施形態と同様に、基板ステージ PST に設け、基板ステージ PST を動かすことによって、気体ノズル 160 を移動するようにしてもよい。

【0124】

また特開平 11 - 135400 号に開示されているように、基板ステージ PST とは独立して、投影光学系 PL の像面側を移動可能なステージをさらに搭載しておき、そのステージに気体ノズル 160 を配置するようにしてもよい。

【0125】

上述した実施形態においては、吹出口 161 より気体を吹き出して、光学素子 2 や第 1、第 2 光学部材 151、152、あるいはノズル 173、177 に付着した液体 1 を移動しているが、気体を吹き付けることによって基板ステージ PST 上に残留（付着）している液体 1 を移動（除去、退ける）することも可能である。例えば吹出口 161 を基板ステージ PST の上面と対向するように配置して、図 3 等を参照して説明した基準部材 7 に対して気体を吹き付け、その基準部材 7 上に付着している液体 1 を、乾かさずに、基準部材 7 の外側（あるいは基準部材 7 上のうち検出対象領域の外側）に移動する（退かす）ことができる。同様に、図 16 等を参照して説明した照度ムラセンサ 138 の上板 138A 上に付着した液体 1 や、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モニタや、例えば特開 2002 - 14005 号公報に開示されているような空間像計測センサの上板上に付着した液体 1 を、気体を吹き付けて、乾かさずに、移動する（退かす）ことができる。

【0126】

< 第 4 液体除去装置を用いた露光装置の実施形態 >

図 22 は第 4 液体除去装置を備える露光装置の実施形態を示す図である。図 22 において、供給管 172 の途中には、例えば三方バルブ等の流路切替装置 182 を介して気体供給管 181 の一端部が接続されている。一方、気体供給管 181 の他端部は気体供給部 180 に接続されている。流路切替装置 182 は、液体供給部 171 と供給口 174 とを接続する流路を開けているとき、気体供給部 180 と供給口 174 とを接続する流路を閉じる。一方、流路切替装置 182 は、液体供給部 171 と供給口 174 とを接続する流路を閉じているとき、気体供給部 180 と供給口 174 とを接続する流路を開ける。同様に、回収管 176 の途中には、流路切替装置 185 を介して気体供給管 184 の一端部が接続されており、他端部は気体供給部 183 に接続されている。流路切替装置 185 は、液体回収部 175 と回収口 178 とを接続する流路を開けているとき、気体供給部 183 と回収口 178 とを接続する流路を閉じる。一方、流路切替装置 185 は、液体回収部 175 と回収口 178 とを接続する流路を閉じているとき、気体供給部 183 と回収口 178 とを接続する流路を開ける。

【0127】

この実施形態では、気体供給部 180、183、供給口 174 及び回収口 178、並びに流路切替装置 182 などが残留液体を除去する第 4 液体除去装置（液体機構機構）として動作する。

【0128】

例えば基板 P 上に液浸領域 A R 2 を形成するときは、制御装置 C O N T は、流路切替装置 1 8 2、1 8 5 を駆動し、液体供給部 1 7 1 と供給口 1 7 4 とを接続する流路を開けるとともに、液体回収部 1 7 5 と回収口 1 7 8 とを接続する流路を開ける。このとき、気体供給部 1 8 0 と供給口 1 7 4 とを接続する流路、及び気体供給部 1 8 3 と回収口 1 7 8 とを接続する流路は閉じられている。

【 0 1 2 9 】

基板 P の液浸露光が終了した後、制御装置 C O N T は、液体供給機構 1 0 による液体供給動作を停止するとともに、その液体供給動作の停止後の所定期間だけ液体回収機構 3 0 による液体回収動作を継続し、液浸領域 A R 2 を形成していた液体 1 を回収する。制御装置 C O N T は、液体供給機構 1 0 による液体供給動作を停止するとき、流路切替装置 1 8 2 を駆動し、液体供給部 1 7 1 と供給口 1 7 4 とを接続する流路を閉じるとともに、気体供給部 1 8 0 と供給口 1 7 4 とを接続する流路を開ける。そして、液浸領域 A R 2 の液体 1 がほぼ無くなった後、制御装置 C O N T は、気体供給部 1 8 0 を駆動して、気体の供給を開始する。気体供給部 1 8 0 より供給された気体は、気体供給管 1 8 1 及び流路切替装置 1 8 2 を介して、供給ノズル 1 7 3 の供給口 1 7 4 より吹き出す。これにより、流路切替装置 1 8 2 と供給口 1 7 4 との間の流路に残留している液体 1 を供給口 1 7 4 を介して外側に吹き出して除去することができる。なお、気体供給部 1 8 0 より供給され、供給口 1 7 4 より吹き出した気体を使って、例えば第 1、第 2 光学部材 1 5 1、1 5 2 の端面に付着している液体 1 や、基板ステージ P S T (計測部材などを含む)上に付着している液体 1 を除去することもできる。

【 0 1 3 0 】

同様に、制御装置 C O N T は、液体回収機構 3 0 による液浸領域 A R 2 の液体 1 の回収動作が終了した後、流路切替装置 1 8 5 を駆動し、液体回収部 1 7 5 と回収口 1 7 8 とを接続する流路を閉じるとともに、気体供給部 1 8 3 と回収口 1 7 8 とを接続する流路を開ける。そして、制御装置 C O N T は、気体供給部 1 8 3 より供給された気体を使って、流路切替装置 1 8 5 と回収口 1 7 8 との間の流路に残留している液体 1 を回収口 1 7 8 を介して外側に吹き出して除去する。なお、その回収口 1 7 8 から吹き出した気体を使って、第 1、第 2 光学部材 1 5 1、1 5 2 の端面に付着している液体 1 や、基板ステージ P S T (計測部材などを含む)上に付着している液体 1 を除去することも可能である。

【 0 1 3 1 】

以上説明したように、液体 1 の供給や回収を行わないときに、気体供給部 1 8 0、1 8 3 からクリーンな気体を供給することで、供給管 1 7 2 及び供給ノズル 1 7 3 の内部流路や供給口 1 7 4 近傍、あるいは回収管 1 7 6 や回収ノズル 1 7 7 の内部流路や回収口 1 7 8 近傍にウォーターマークが形成される不都合を防止することができる。

【 0 1 3 2 】

< 第 3 液体除去装置を用いた露光装置の別の実施形態 >

図 2 3 は第 3 液体除去装置を用いた露光装置の別の実施形態を示す図である。図 2 3 において、吹出口 1 6 1 を有する気体ノズル 1 6 0 は液体受け部材 1 9 0 に取り付けられている。液体受け部材 1 9 0 は皿状の部材であって、光学素子 2、ノズル 1 7 3、1 7 7、及び第 1、第 2 光学部材 1 5 1、1 5 2 の占有面積よりも大きく形成されており、これら各部材から滴り落ちた液体 1 を受けることができるようになっている。また、液体受け部材 1 9 0 の底部には、多孔質体やスポンジ状部材からなる液体吸収部材 1 9 9 が交換可能に設けられている。液体吸収部材 1 9 9 により液体 1 を良好に補集・保持することができる。また、液体受け部材 1 9 0 は周壁部 1 9 1 を有しており、補集された液体 1 の流出は周壁部 1 9 1 によって防止されている。

【 0 1 3 3 】

液体受け部材 1 9 0 は、駆動機構 1 9 3 によって移動可能に設けられている。駆動機構 1 9 3 は、アーム部 1 9 4、アクチュエータ部 1 9 5 及び軸部 1 9 6 で構成されている。アーム部 1 9 4 の一方の端部は液体受け部材 1 9 0 の側面に接続されており、他方の端部はアクチュエータ部 1 9 5 に接続されている。また、アクチュエータ部 1 9 5 は、軸部 1

96を介して、例えば露光装置EXのボディや投影光学系PLを支持するコラム等の所定の支持部CLに吊り下げられるように取り付けられている。アクチュエータ部195が駆動することで、アーム部194の一端部に取り付けられている液体受け部材190は、軸部196を旋回中心としてZ方向に旋回する。制御装置CONTは、駆動機構193のアクチュエータ部195を駆動して液体受け部材190を旋回することで、投影光学系PLの下方領域に対して液体受け部材190を進退することができる。また、アクチュエータ部195はアーム部194を介して液体受け部材190をZ軸方向に移動可能であるとともに、XY方向にも移動することができる。

【0134】

また、液体受け部材190には、例えばCCDなどからなる撮像装置198が設けられている。撮像装置198は光学素子2や第1、第2光学部材151、152の表面情報を画像として出力することができる。

10

【0135】

制御装置CONTは、光学素子2や第1、第2光学部材151、152などに付着した液体1を移動（除去）するとき、アクチュエータ部195を駆動して、光学素子2と液体受け部材190とを対向し、光学素子2に対して液体受け部材190とともに気体ノズル160を移動しながら、光学素子2に対して気体を吹き付ける。光学素子2のうち露光光ELの光路上に対応する領域に付着している液体1は、吹き付けられた液体1によって移動し、やがて落下する。光学素子2より落下した液体1は液体受け部材190に保持される。こうすることにより、例えば投影光学系PL及び液体受け部材190の下に基板ステージPSTが配置されている場合においても、液体受け部材190で液体1を受けることで、光学素子2などから除去された液体1が基板ステージPSTに付着する不都合を防止できる。

20

【0136】

また、制御装置CONTは、撮像装置198の撮像結果に基づいて、気体ノズル160の気体吹き付け動作を制御する。例えば、制御装置CONTは、撮像装置198の撮像結果に基づいて液体1が付着している位置を求め、その液体1が付着している位置と気体ノズル160とを位置合わせして気体の吹き付けを行うといったことができる。こうすることにより、液体1をより確実に除去することができる。そして、液体1が光学素子2より除去されたと判断したとき、制御装置CONTは、気体ノズル160による気体吹き付け動作を終了する。

30

【0137】

なお、液体受け部材190と、例えば第1、第2光学部材151、152とを位置決めする位置決め機構を設けてもよい。位置決め機構としては、図23に破線で示す板バネ部材192を用いることができる。図23に示す例では、板バネ部材192は液体受け部材190の周壁部191の上面191Aに設けられている。アクチュエータ部195の駆動によって液体受け部材190が+Z方向に移動し、第1、第2光学部材151、152に接近すると、板バネ部材（位置決め機構）192は第1、第2光学部材151、152の外側を挟む。これにより、第1、第2光学部材151、152と液体受け部材190とが位置決めされる。この場合、光学素子2（第1、第2光学部材151、152）に対して液体受け部材190に取り付けられた気体ノズル160を相対移動することは困難であるが、気体ノズル160より吹き出した気体を光学素子2の所望領域（この場合、投影領域AR1に対応する領域）に吹き付けてその領域に付着した液体1を良好に退かすことができる。

40

【0138】

<第3液体除去装置を用いた露光装置のさらに別の実施形態>

図24は第3液体除去装置を用いた露光装置の別の実施形態を示す側面図である。図24において、基板ステージPSTは、基板ステージPSTの平面視ほぼ中央部に設けられ、Z軸方向に移動可能なセンターテーブル250を備えている。センターテーブル250は、不図示の駆動機構によりZ軸方向に移動可能であって、基板ステージPST（Zステ

50

ージ５２）の上面より出沒可能に設けられている。またセンターテーブル２５０の上面２５０Ａには吸着孔２５１が設けられている。吸着孔２５１は基板ステージＰＳＴ内部に設けられた流路２５２の一端部に接続されている。一方、流路２５２の他端部は流路切替装置２５３を介して第１流路２５４の一端部及び第２流路２５５の一端部のいずれか一方に接続可能となっている。第１流路２５４の他端部は真空系２５６に接続され、第２流路２５５の他端部は気体供給部２５７に接続されている。流路切替装置２５３は、流路２５２と第１流路２５４とを接続して真空系２５６と吸着孔２５１とを接続する流路を開けているとき、気体供給部２５７と吸着孔２５１とを接続する流路を閉じる。一方、流路切替装置２５３は、流路２５２と第２流路２５５とを接続して気体供給部２５７と吸着孔２５１とを接続する流路を開けているとき、真空系２５６と吸着孔２５１とを接続する流路を閉じる。

10

【０１３９】

制御装置ＣＯＮＴは、基板Ｐを基板ステージＰＳＴにロードするとき、センターテーブル２５０を上昇し、センターテーブル２５０上に基板Ｐを載置し、真空系２５６を駆動して吸着孔２５１を介して基板Ｐの裏面を吸着保持する。そして、制御装置ＣＯＮＴは、基板Ｐを吸着保持した状態でセンターテーブル２５０を下降し、基板ＰをＺステージ５２上の基板ホルダに保持させる。基板ホルダには例えばピンチャック機構が設けられており、基板ホルダはピンチャック機構によって基板Ｐを吸着保持する。一方、基板ステージＰＳＴより基板Ｐをアンロードするときは、制御装置ＣＯＮＴは、基板ホルダによる基板Ｐの吸着保持を解除するとともに、センターテーブル２５０で基板Ｐを吸着保持して上昇する。センターテーブル２５０が基板Ｐを吸着保持した状態で上昇することにより、基板ＰはＺステージより離れ、アンロード可能となる。

20

【０１４０】

本実施形態においては、センターテーブル２５０に設けられた吸着孔２５１より気体を吹き出し、その吹き出した気体を使って、光学素子２の下面２ａや第１、第２光学部材１５１、１５２に付着した液体１を移動する（退かす）。すなわち、制御装置ＣＯＮＴは、光学素子２や第１、第２光学部材１５１、１５２に付着した液体１を除去するとき、流路切替装置２５３を駆動し、気体供給部２５７と吸着孔２５１とを接続する流路を開ける。そして、制御装置ＣＯＮＴは、基板ステージＰＳＴをＸＹ平面に沿って移動しつつ、吸着孔２５１より気体を吹き出す。気体を吹き付けられることによって、例えば光学素子２の下面２ａうち露光光ＥＬの光路上に対応する領域に付着していた液体１は移動され、やがて落下する。

30

【０１４１】

本実施形態において、Ｚステージ５２（基板ホルダ）上には、液体１を補集可能な液体受け部材ＤＰが保持されている。液体受け部材ＤＰは基板Ｐとほぼ同等の大きさを有しており、基板ホルダに保持可能である。光学素子２より落下した液体１は基板ホルダに保持された液体受け部材ＤＰに保持される。液体受け部材ＤＰの底部には液体保持部材２６１が設けられており、液体１は液体保持部材２６１によって保持される。また、液体受け部材ＤＰは周壁部２６２を有しており、保持した液体１の流出を防止している。

40

【０１４２】

図２５は基板ホルダに保持されている液体受け部材ＤＰを上方から見た図である。図２５において、吸着孔２５１はセンターテーブル２５０の上面２５０Ａにおいて複数設けられており、本実施形態においては３つ設けられている。また、液体受け部材ＤＰには複数の吸着孔２５１に対応した開口部２６４が複数（３つ）設けられている。すなわち、吸着孔２５１は、基板ホルダに液体受け部材ＤＰが保持された状態においても露出している。したがって、吸着孔２５１から吹き出した気体を光学素子２等に吹き付けることができる。また、センターテーブル２５０の上面２５０Ａには、上面２５０Ａの中央部から放射方向に延びる複数（３つ）の溝部２５８が形成されており、これら複数の溝部２５８は上面２５０Ａの中央部で連続している。そして、溝部２５８の内側に吸着孔２５１が配置されている。露光処理対象である基板Ｐの裏面をセンターテーブル２５０の上面２５０Ａで吸

50

着保持するときは、基板 P の裏面と上面 250 A とを当接した状態で真空系 256 を駆動し、基板 P の裏面と溝部 258 とで形成される空間を負圧にすることで、基板 P をセンターテーブル 250 で吸着保持することができる。一方、液体受け部材 DP をセンターテーブル 250 で保持するときも、開口部 264 や溝部 258 の形状や大きさ、あるいは吸着孔 251 の大きさや位置などを最適に設定することで、液体受け部材 DP をセンターテーブル 250 で保持することができる。あるいは、吸着孔 251 とは別の液体受け部材 DP を吸着保持するための専用の吸着孔及びこれに対応する溝部をセンターテーブル 250 の上面 250 A に設けておき（図 25 の符号 251' 及び 258' 参照）、この吸着孔 251' を使って液体受け部材 DP を上面 250 A に対して吸着保持するようにしてもよい。そして、このセンターテーブル 250 を使って、液体受け部材 DP を、露光処理対象である基板 P と同様に、基板ステージ PST に対してロード・アンロードすることができる。そして、光学素子 2 等の液体除去作業を行うときは、基板ステージ PST 上に液体受け部材 DP がロードされ、液体除去作業が終了したときは、基板ステージ PST 上の液体受け部材 DP がアンロードされる。また、液体受け部材 DP を基板ホルダのピンチャック機構で吸着保持するときも、液体受け部材 DP のうち開口部 264 以外の裏面との間において略密閉空間を形成できるように、例えばピンチャック機構において負圧化される領域を複数に分割しておき、前記開口部 264 に対応する領域以外の領域において選択的に負圧化を行うことで、液体受け部材 DP を基板ホルダに吸着保持することができる。

10

【0143】

なお、液体受け部材 DP に保持された液体 1 は、開口部 264 を介して液体受け部材 DP の裏面とセンターテーブル 250 の上面 250 A（ひいては基板ホルダの上面）との間に浸入する可能性があるため、その液体 1 の浸入を防止するためのシール部材を、例えば液体受け部材 DP の裏面や開口部 264 近傍に設けることが好ましい。

20

【0144】

なお、吸着孔 251 より吹き出した気体を光学素子 2 等に吹き付ける前に、例えばロード・アンロード位置 B（図 9 参照）など投影光学系 PL とは離れた位置に基板ステージ PST を移動し、その位置において吸着孔 251 より気体を吹き出しておくことが好ましい。吸着孔 251 の内部や近傍に異物（ゴミ）が存在している可能性があるが、投影光学系 PL とは離れた位置において気体吹き出し動作を予め行って異物を除去した後、光学素子 2 等に気体を吹き付けるようにすることで、光学素子 2 等が汚染する不都合を防止できる。

30

【0145】

また、上述の実施形態においては、第 1 ～ 第 4 液体除去装置を説明したが、これらの除去装置は単独で露光装置 EX に搭載されていてもよいし、これらの除去装置を適宜組み合わせる露光装置 EX に搭載するようにしてもよい。

【0146】

なお、図 24 に示す実施形態においても、基板ステージ PST 上のうち基板 P を保持する基板ホルダ以外の位置に、図 8 などを参照して説明した吹き出し口 64 A を設け、その吹き出し口 64 A より吹き出した気体を使って、光学素子 2 などに付着している液体 1 を移動することができる。

40

【0147】

上述したように、本実施形態における液体 1 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 上のフォトリソトや光学素子（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。

【0148】

そして、波長が 193 nm 程度の露光光 EL に対する純水（水）の屈折率 n はほぼ 1.44 とされており、露光光 EL の光源として ArF エキシマレーザ光（波長 193 nm）を用いた場合、基板 P 上では $1/n$ 、すなわち約 134 nm に短波長化されて高い解像

50

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。

【0149】

本実施形態では、投影光学系 PL の先端に光学素子 2 が取り付けられており、このレンズにより投影光学系 PL の光学特性、例えば収差（球面収差、コマ収差等）の調整を行うことができる。なお、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。

【0150】

なお、液体 1 の流れによって生じる投影光学系 PL の先端の光学素子と基板 P との間の圧力が大きい場合には、その光学素子を交換可能とするのではなく、その圧力によって光学素子が動かないように堅固に固定してもよい。

【0151】

なお、本実施形態では、投影光学系 PL と基板 P 表面との間は液体 1 で満たされている構成であるが、例えば基板 P の表面に平行平板からなるカバーガラスを取り付けた状態で液体 1 を満たす構成であってもよい。

【0152】

なお、本実施形態の液体 1 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 F_2 レーザである場合、この F_2 レーザ光は水を透過しないので、液体 1 としては F_2 レーザ光を透過可能な例えば、過フッ化ポリエーテル（PFPE）やフッ素系オイル等のフッ素系流体であってもよい。この場合、液体 1 と接触する部分には、例えばフッ素を含む極性の小さい分子構造の物質で薄膜を形成することで親液化処理する。また、液体 1 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リソ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。この場合も表面処理は用いる液体 1 の極性に依って行われる。

【0153】

なお、上述したように液浸法を用いた場合には、投影光学系の開口数 NA が 0.9 ~ 1.3 になることもある。このように投影光学系の開口数 NA が大きくなる場合には、従来から露光光として用いられているランダム偏光光では偏光効果によって結像性能が悪化することもあるので、偏光照明を用いるのが望ましい。その場合、マスク（レチクル）のライン・アンド・スペースパターンのラインパターンの長手方向に合わせた直線偏光照明を行い、マスク（レチクル）のパターンからは、S 偏光成分（TE 偏光成分）、すなわちラインパターンの長手方向に沿った偏光方向成分の回折光が多く射出されるようにするとよい。投影光学系 PL と基板 P 表面に塗布されたレジストとの間が液体で満たされている場合、投影光学系 PL と基板 P 表面に塗布されたレジストとの間が空気（気体）で満たされている場合に比べて、コントラストの向上に寄与する S 偏光成分（TE 偏光成分）の回折光のレジスト表面での透過率が高くなるため、投影光学系の開口数 NA が 1.0 を越えるような場合でも高い結像性能を得ることができる。また、位相シフトマスクや特開平 6 - 188169 号公報に開示されているようなラインパターンの長手方向に合わせた斜入射照明法（特にダイボール照明法）等を適宜組み合わせると更に効果的である。例えば、透過率 6% のハーフトーン型の位相シフトマスク（ハーフピッチ 45 nm 程度のパターン）を、直線偏光照明法とダイボール照明法とを併用して照明する場合、照明系の瞳面においてダイボールを形成する二光束の外接円で規定される照明を 0.95、その瞳面における各光束の半径を 0.125、投影光学系 PL の開口数を $NA = 1.2$ とすると、ランダム偏光光を用いるよりも、焦点深度（DOF）を 150 nm 程度増加させることができる。

【0154】

また、例えば ArF エキシマレーザを露光光とし、1/4 程度の縮小倍率の投影光学系

10

20

30

40

50

P Lを使って、微細なライン・アンド・スペースパターン（例えば25～50 nm程度のライン・アンド・スペース）を基板P上に露光するような場合、マスクMの構造（例えばパターンの微細度やクロムの厚み）によっては、Wave guide効果によりマスクMが偏光板として作用し、コントラストを低下させるP偏光成分（TM偏光成分）の回折光よりS偏光成分（TE偏光成分）の回折光が多くマスクMから射出されるようになる。この場合、上述の直線偏光照明を用いることが望ましいが、ランダム偏光光でマスクMを照明しても、投影光学系P Lの開口数NAが0.9～1.3のように大きい場合でも高い解像性能を得ることができる。

【0155】

また、マスクM上の極微細なライン・アンド・スペースパターンを基板P上に露光するような場合、Wire Grid効果によりP偏光成分（TM偏光成分）がS偏光成分（TE偏光成分）よりも大きくなる可能性もあるが、例えばArFエキシマレーザを露光光とし、1/4程度の縮小倍率の投影光学系P Lを使って、25 nmより大きいライン・アンド・スペースパターンを基板P上に露光するような場合には、S偏光成分（TE偏光成分）の回折光がP偏光成分（TM偏光成分）の回折光よりも多くマスクMから射出されるので、投影光学系P Lの開口数NAが0.9～1.3のように大きい場合でも高い解像性能を得ることができる。

【0156】

更に、マスク（レチクル）のラインパターンの長手方向に合わせた直線偏光照明（S偏光照明）だけでなく、特開平6-53120号公報に開示されているように、光軸を中心とした円の接線（周）方向に直線偏光する偏光照明法と斜入射照明法との組み合わせも効果的である。特に、マスク（レチクル）のパターンが所定の一方方向に延びるラインパターンだけでなく、複数の異なる方向に延びるラインパターンが混在する場合には、同じく特開平6-53120号公報に開示されているように、光軸を中心とした円の接線方向に直線偏光する偏光照明法と輪帯照明法とを併用することによって、投影光学系の開口数NAが大きい場合でも高い結像性能を得ることができる。例えば、透過率6%のハーフトーン型の位相シフトマスク（ハーフピッチ63 nm程度のパターン）を、光軸を中心とした円の接線方向に直線偏光する偏光照明法と輪帯照明法（輪帯比3/4）とを併用して照明する場合、照明を0.95、投影光学系P Lの開口数をNA=1.00とすると、ランダム偏光光を用いるよりも、焦点深度（DOF）を250 nm程度増加させることができ、ハーフピッチ55 nm程度のパターンで投影光学系の開口数NA=1.2では、焦点深度を100 nm程度増加させることができる。

【0157】

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。

【0158】

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。

【0159】

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号公報などに開示されているツインステージ型の露光装置にも適用できる。

【0160】

また、上述の実施形態においては、投影光学系P Lと基板Pとの間に局所的に液体を満

10

20

30

40

50

たす露光装置を採用しているが、本発明は、特開平 6 - 1 2 4 8 7 3 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にも適用可能である。

【 0 1 6 1 】

露光装置 E X 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 (C C D) あるいはレチクル又はマスクなどを製造するための露光装置などにも広く適用できる。

【 0 1 6 2 】

基板ステージ P S T やマスクステージ M S T 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、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を用いてもよい。また、各ステージ P S T、M S T 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。

【 0 1 6 3 】

各ステージ P S T、M S T 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 P S T、M S T 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 P S T、M S T 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 P S T、M S T の移動面側に設ければよい。

【 0 1 6 4 】

基板ステージ P S T の移動により発生する反力は、投影光学系 P L に伝わらないように、特開平 8 - 1 6 6 4 7 5 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。

【 0 1 6 5 】

マスクステージ M S T の移動により発生する反力は、投影光学系 P L に伝わらないように、特開平 8 - 3 3 0 2 2 4 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。

【 0 1 6 6 】

以上のように、本願実施形態の露光装置 E X 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。

【 0 1 6 7 】

半導体デバイス等のマイクロデバイスは、図 2 7 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 2 0 1、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 2 0 2、デバイスの基材である基板を製造するステップ 2 0 3、前述した実施形態の露光装置 E X によりマスクのパターンを基板に露光する露光処理ステップ 2 0 4、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) 2 0 5、検査ステップ 2 0 6 等を経て製造される。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 1 6 8 】

【 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。

10

20

30

40

50

【図 2】液浸領域を形成するための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】基板ステージの平面図である。

【図 4】第 2 液体回収装置の一例を示す図である。

【図 5】液体除去機構である第 1 液体除去装置の一例を示す概略図である。

【図 6】液体除去機構である第 1 液体除去装置の一例を示す概略図である。

【図 7】液体除去機構である第 1 液体除去装置の一例を示す概略図である。

【図 8】液体除去機構である第 2 液体除去装置の一例を示す概略図である。

【図 9】基板ステージが移動する様子を説明するための模式図である。

【図 10】液体除去機構である第 2 液体除去装置の一例を示す概略図である。

10

【図 11】液体除去機構である第 2 液体除去装置の一例を示す概略図である。

【図 12】液体除去機構である第 2 液体除去装置の一例を示す概略図である。

【図 13】洗浄機構の一例を示す概略図である。

【図 14】洗浄機構の一例を示す概略図である。

【図 15】異物検出系の一例を示す概略図である。

【図 16】基板ステージの別の実施形態を示す平面図である。

【図 17】第 1 液体除去装置の一例を示す概略図である。

【図 18】本発明の露光装置の別の実施形態を示す模式図である。

【図 19】本発明に係る液体除去動作の別の実施形態を示す模式図である。

【図 20】気体ノズルと光学素子との関係を示す図である。

20

【図 21】本発明の露光装置の別の実施形態を示す模式図である。

【図 22】本発明の露光装置の別の実施形態を示す模式図である。

【図 23】本発明の露光装置の別の実施形態を示す模式図である。

【図 24】本発明の露光装置の別の実施形態を示す模式図である。

【図 25】図 24 の基板ステージの要部を上方から見た平面図である。

【図 26】本発明の露光装置の動作手順の一例を示すフローチャート図である。

【図 27】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。

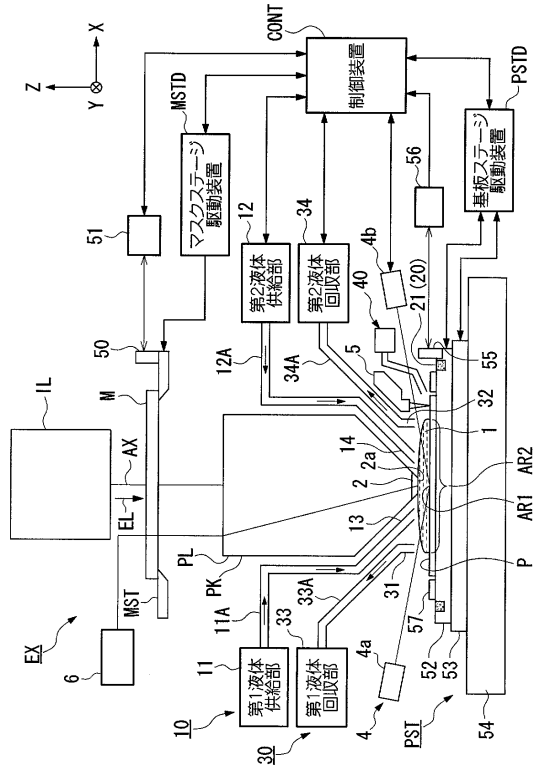
【符号の説明】

【0169】

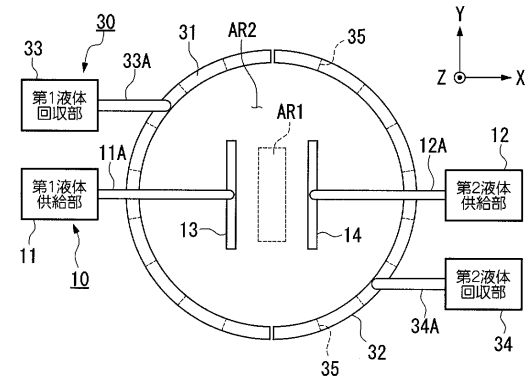
1 ... 液体、2 ... 光学素子（部品）、7 ... 基準部材、10 ... 液体供給機構、13、14 ... 供給ノズル（部品）、20 ... 第 2 液体回収装置、30 ... 液体回収機構（第 1 液体回収装置）、31、32 ... 回収ノズル（部品）、40 ... 第 1 液体除去装置、41 ... 吹き付け装置、60 ... 第 2 液体除去装置、61 ... 吹き付け装置、62 ... 吸引装置、65 ... 回収口、81 ... 吸引装置、AR1 ... 投影領域、AR2 ... 液浸領域、EX ... 露光装置、P ... 基板、PL ... 投影光学系、PST ... 基板ステージ

30

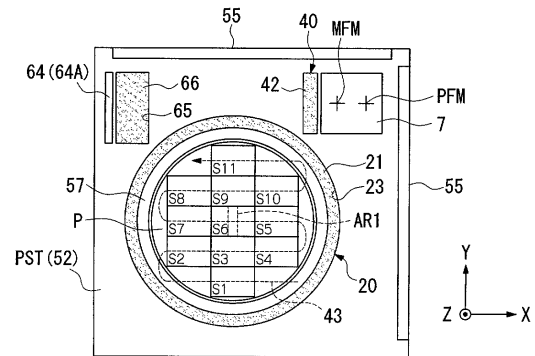
【図 1】



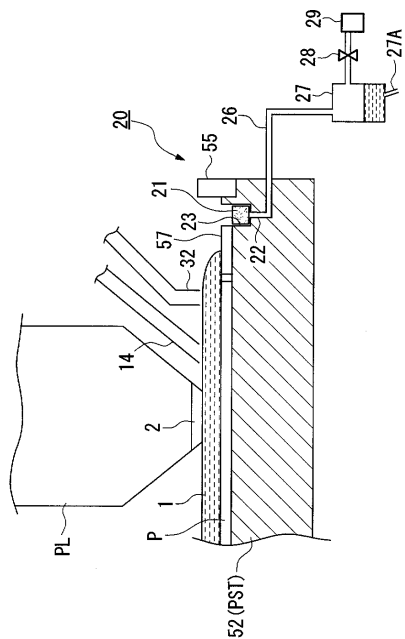
【図 2】



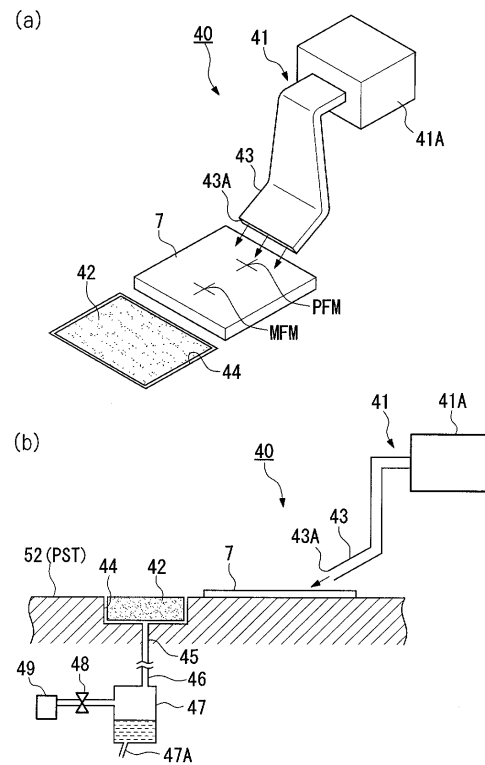
【図 3】



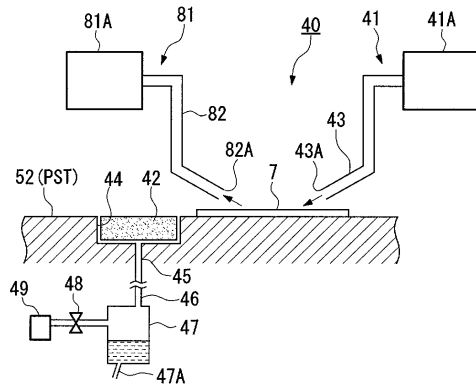
【図 4】



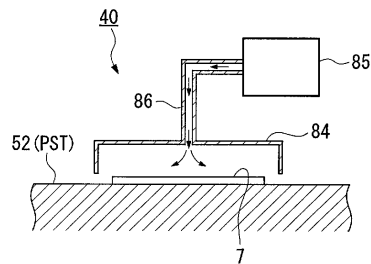
【図 5】



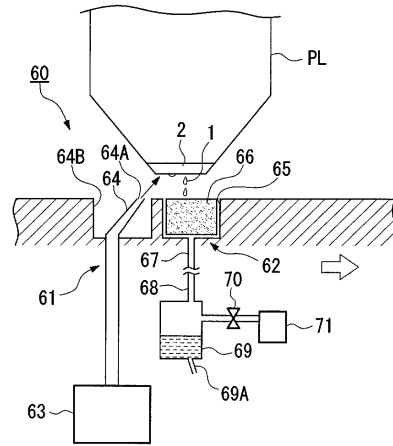
【図 6】



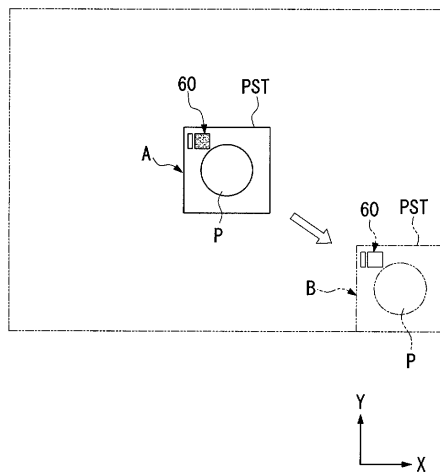
【図 7】



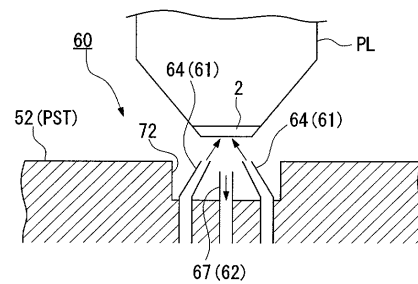
【図 8】



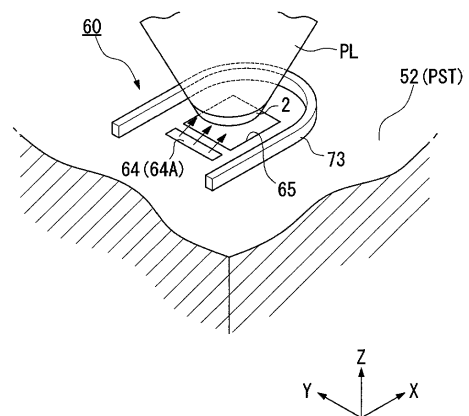
【図 9】



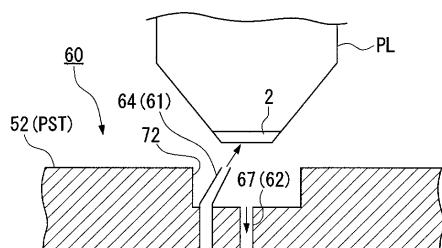
【図 11】



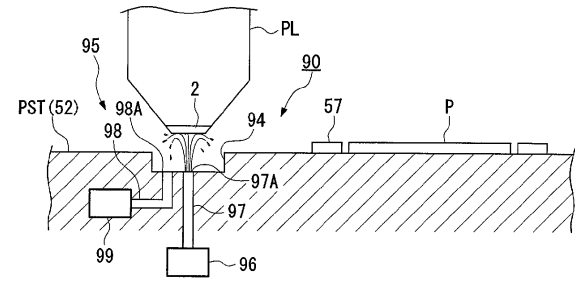
【図 12】



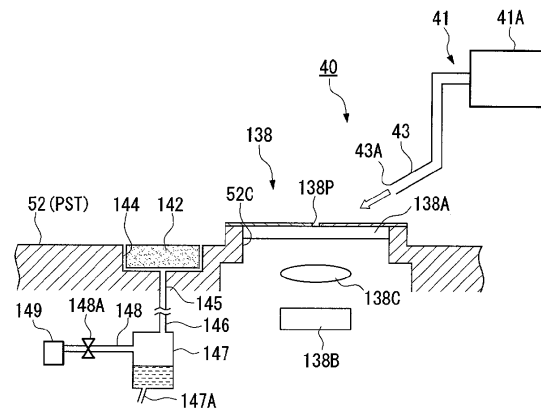
【図 10】



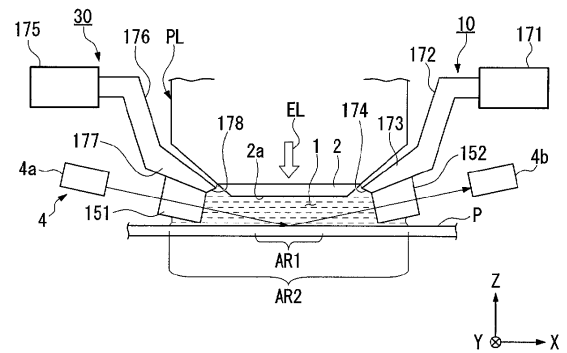
【 図 1 4 】



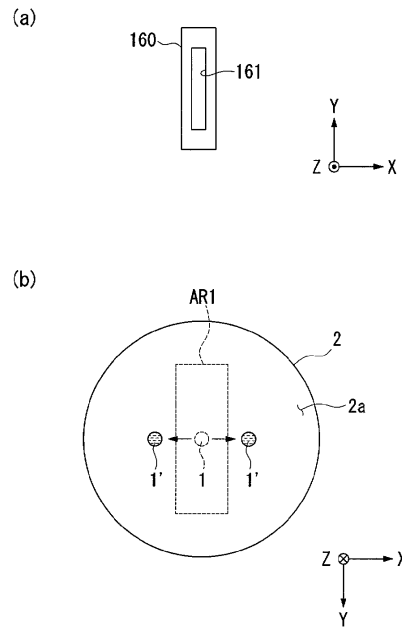
【 図 1 7 】



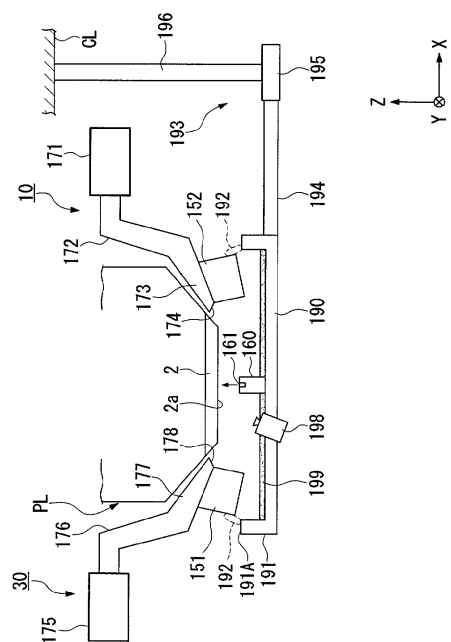
【 図 1 8 】



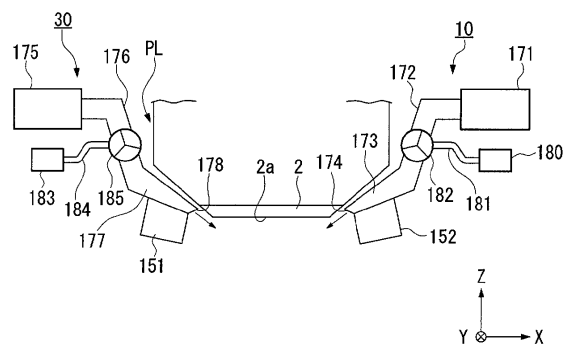
【 図 2 0 】



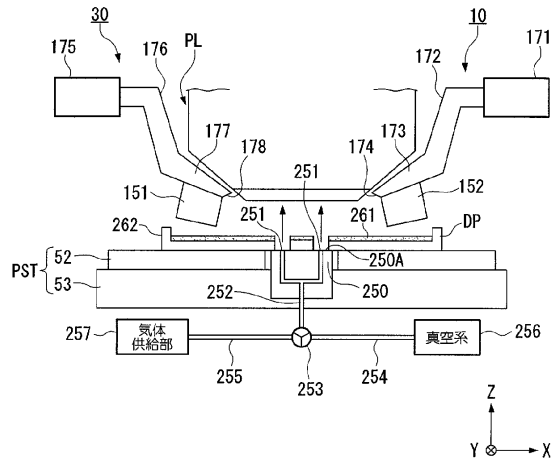
【 図 2 3 】



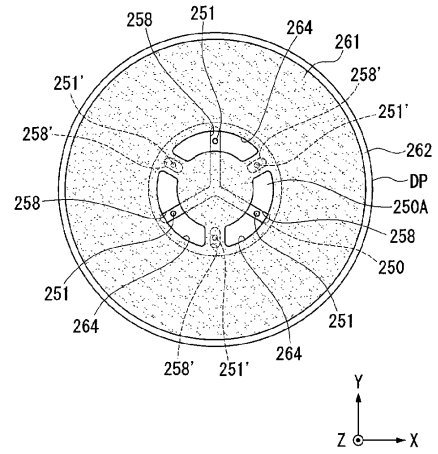
【 図 2 2 】



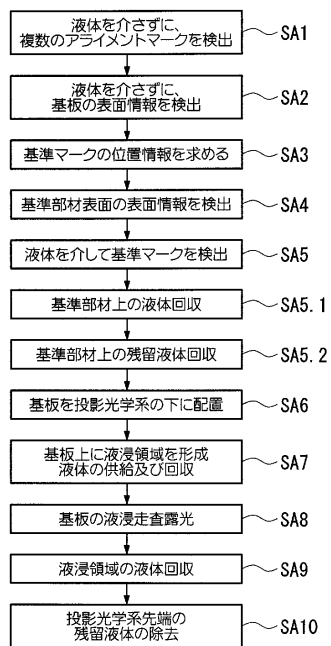
【 図 2 4 】



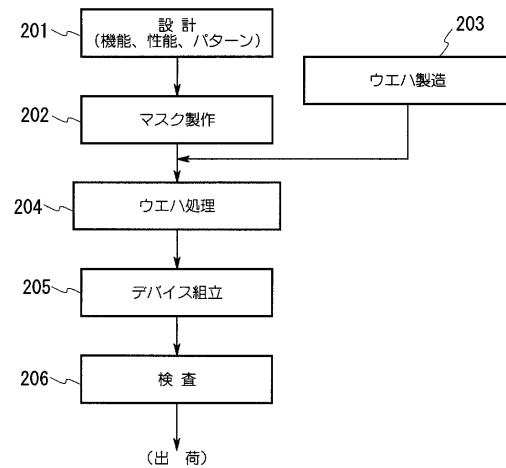
【 図 2 5 】



【 図 2 6 】



【圖 27】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H 0 1 L 21/304 6 4 8 G

(31)優先権主張番号 特願2004-49231(P2004-49231)

(32)優先日 平成16年2月25日(2004.2.25)

(33)優先権主張国 日本国(JP)

(72)発明者 水野 恭志
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

(72)発明者 白石 健一
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

(72)発明者 中野 勝志
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

(72)発明者 大和 壮一
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

合議体

審判長 森林 克郎

審判官 吉川 陽吾

審判官 神 悦彦

(56)参考文献 国際公開第99/49504(WO,A1)

特開平11-283903(JP,A)

特開平6-124873(JP,A)

特開平8-195375(JP,A)

特開昭63-73628(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)

H01L21/027