

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2006-19720
(P2006-19720A)

(43) 公開日 平成18年1月19日(2006.1.19)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 21/027 (2006.01)	HO 1 L 21/30 5 1 5 D	5 F O 4 6
GO 3 F 7/20 (2006.01)	GO 3 F 7/20 5 2 1	

審査請求 未請求 請求項の数 34 O L (全 33 頁)

(21) 出願番号	特願2005-164271 (P2005-164271)	(71) 出願人	000004112 株式会社ニコン
(22) 出願日	平成17年6月3日(2005.6.3)		東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
(31) 優先権主張番号	特願2004-167115 (P2004-167115)	(74) 代理人	100064908 弁理士 志賀 正武
(32) 優先日	平成16年6月4日(2004.6.4)	(74) 代理人	100108578 弁理士 高橋 詔男
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(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	西井 康文 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
		Fターム(参考)	5F046 BA04 CB01 CB12 CB26 CC01 DA01 DA07 DA12

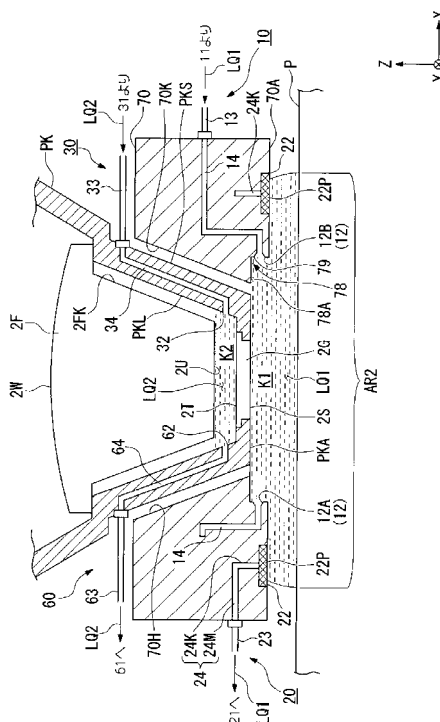
(54) 【発明の名称】 露光装置、露光方法及びデバイス製造方法

(57) 【要約】

【課題】 汚染されたエレメントによる露光精度及び計測精度の劣化を防止できる露光装置を提供する。

【解決手段】 露光装置は、投影光学系を構成する複数の光学素子のうち、投影光学系の像面に最も近い最終光学素子2Gの下面2S側に形成され、液体LQ1で満たされる第1空間K1と、最終エレメント2Gの上面2T側に、第1空間K1とは独立に形成され、液体LQ2で満たされる第2空間K2とを備え、第1空間K1の液体LQ1と第2空間K2の液体LQ2とを介して、基板P上に露光光を照射して基板Pを露光する。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

投影光学系を介して基板上に露光光を照射して前記基板を露光する露光装置において、前記投影光学系を構成する複数のエレメントのうち、前記投影光学系の像面に最も近い第 1 エレメントを、前記投影光学系の光軸に対してほぼ静止した状態で支持する支持部材と、

前記第 1 エレメントの一面側に形成され、液体で満たされる第 1 空間と、

前記第 1 エレメントの他面側に、前記第 1 空間とは独立に形成され、液体で満たされる第 2 空間とを備え、

前記第 1 空間の液体で前記基板表面の一部を覆う液浸領域を形成するとともに、前記第 1 空間の液体と前記第 2 空間の液体とを介して、前記基板上に露光光を照射して前記基板を露光することを特徴とする露光装置。 10

【請求項 2】

前記第 1 空間の液体と前記第 2 空間の液体とは異なることを特徴とする請求項 1 記載の露光装置。

【請求項 3】

前記投影光学系は、前記第 1 エレメントに次いで前記投影光学系の像面に近い第 2 エレメントを有し、

前記第 1 エレメントと前記第 2 エレメントとを支持する支持部材を備えたことを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の露光装置。 20

【請求項 4】

前記第 1 エレメントは、前記投影光学系を構成する他のエレメントとは分離して支持されていることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の露光装置。

【請求項 5】

前記第 1 空間に液体を供給する第 1 液体供給機構と、

前記第 1 空間に供給された液体を回収する第 1 液体回収機構とを備えたことを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項 6】

前記第 1 エレメントの周囲に前記基板と対向するように配置され、前記基板との間に液体を保持可能であり、前記第 1 液体回収機構によって回収される液体の流路が形成された流路形成部材をさらに備え、 30

前記流路形成部材の下面の少なくとも一部に液体を回収するための回収口が形成されていることを特徴とする請求項 5 記載の露光装置。

【請求項 7】

前記流路形成部材は、前記第 1 液体供給機構によって供給される液体の流路も形成されていることを特徴とする請求項 6 記載の露光装置。

【請求項 8】

前記流路形成部材は、前記第 1 エレメントの両側に前記第 1 液体供給機構の液体供給口が形成されていることを特徴とする請求項 7 記載の露光装置。

【請求項 9】

前記第 1 エレメントと前記基板との距離は、前記流路形成部材の下面と前記基板との距離よりも長いことを特徴とする請求項 6 ~ 8 のいずれか一項記載の露光装置。 40

【請求項 10】

前記投影光学系は、前記第 1 エレメントに次いで前記投影光学系の像面に近い第 2 エレメントを有し、

前記第 1 エレメントと前記第 2 エレメントとの距離は、前記第 1 エレメントと前記基板との距離よりも短いことを特徴とする請求項 9 記載の露光装置。

【請求項 11】

前記第 1 エレメントが、前記第 1 液体供給機構によって供給される液体の流路、及び前記第 1 液体回収機構によって回収される液体の流路のうち少なくとも一方を形成された流 50

路形成部材に保持されていることを特徴とする請求項 5 記載の露光装置。

【請求項 1 2】

前記流路形成部材には、前記第 1 空間への液体供給とは独立して、前記第 2 空間への液体供給を行うための流路も形成されていることを特徴とする請求項 1 1 記載の露光装置。

【請求項 1 3】

前記第 2 空間に液体を供給する第 2 液体供給機構を備えたことを特徴とする請求項 1 ~ 1 2 のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項 1 4】

前記第 2 空間に供給された液体を回収する第 2 液体回収機構を備えたことを特徴とする請求項 1 3 記載の露光装置。

10

【請求項 1 5】

前記第 2 空間の液体は交換可能であることを特徴とする請求項 1 4 記載の露光装置。

【請求項 1 6】

前記基板の露光中に、前記第 2 液体供給機構による液体の供給が停止されることを特徴とする請求項 1 3 ~ 1 5 のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項 1 7】

前記第 1 液体回収機構の液体回収口には、多孔部材が配置されていることを特徴とする請求項 5 ~ 1 6 のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項 1 8】

投影光学系を介して基板上に露光光を照射して前記基板を露光する露光装置において、前記投影光学系を構成する複数のエレメントのうち、前記投影光学系の像面に最も近い第 1 エレメントの一面側に形成される第 1 空間と、

20

前記第 1 エレメントの他面側に形成される第 2 空間と、

前記第 1 空間と前記第 2 空間とを連結する連結孔と、

前記第 1 空間と前記第 2 空間との一方から液体を供給し、前記連結孔を介して前記第 1 空間と前記第 2 空間とを液体で満たすための液体供給機構とを備え、

前記第 1 空間及び前記第 2 空間の液体を介して、前記基板上に露光光を照射して前記基板を露光することを特徴とする露光装置。

【請求項 1 9】

前記第 1 エレメントは平行平板であることを特徴とする請求項 1 ~ 1 8 のいずれか一項記載の露光装置。

30

【請求項 2 0】

前記第 1 空間の液体は純水であることを特徴とする請求項 1 ~ 1 9 のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項 2 1】

前記第 2 空間の液体は純水であることを特徴とする請求項 2 0 記載の露光装置。

【請求項 2 2】

前記投影光学系は、前記第 1 エレメントに次いで前記投影光学系の像面に近い第 2 エレメントを有し、

前記第 1 エレメントは、前記基板表面と対向するように配置され、前記露光光が通過する第 1 面と、前記第 2 エレメントと対向するように配置され、前記露光光が通過する第 2 面とを有し、

40

前記第 2 エレメントは、前記第 1 エレメントの第 2 面と対向するように配置され、前記露光光が通過する第 3 面を有し、

前記第 2 面の面積は、前記第 3 面の面積と同じ、もしくは前記第 3 面の面積よりも小さいことを特徴とする請求項 1 ~ 2 1 のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項 2 3】

前記第 1 エレメントは、無屈折力であることを特徴とする請求項 1 ~ 2 2 のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項 2 4】

50

請求項 1 ~ 請求項 2 3 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 2 5】

複数のエレメントを備える投影光学系を介して基板に露光光を照射して前記基板を露光する露光方法であって、

前記複数のエレメントのうち、前記投影光学系の像面に最も近い第 1 エレメントの光射出側の第 1 空間に液体をもたらすことと、

前記第 1 エレメントの光入射側で且つ前記第 1 空間とは隔離された第 2 空間に液体を供給することと、

前記第 1 空間の液体と前記第 2 空間の液体とを介して前記基板に露光光を照射して前記基板を露光することと、 10

前記基板に露光光を照射している間、前記第 2 空間を液体で満たした状態で、前記第 2 空間への液体の供給を停止することを含む露光方法。

【請求項 2 6】

前記第 1 空間及び第 2 空間に液体をそれぞれもたらす際に、第 1 空間及び第 2 空間にそれぞれ液体を独立して供給する請求項 2 5 に記載の露光方法。

【請求項 2 7】

さらに、前記第 1 空間及び第 2 空間からそれぞれ独立して液体を回収することを含む請求項 2 6 記載の露光方法。

【請求項 2 8】

前記第 1 空間に液体をもたらす際に、液体を第 1 空間に基板と平行に吹き出す請求項 2 5 ~ 2 7 のいずれか一項に記載の露光方法。

【請求項 2 9】

前記第 1 空間の液体で前記基板上の一部に液浸領域を形成する請求項 2 5 ~ 2 8 のいずれか一項に記載の露光方法。

【請求項 3 0】

前記第 1 エレメントの近傍に配置された流路形成部材及び前記第 1 エレメントと前記基板との間に液体を保持して、前記基板上の一部に液浸領域を形成する請求項 2 9 記載の露光方法。

【請求項 3 1】

前記流路形成部材の下面の少なくとも一部に形成された回収口から前記第 1 空間の液体を回収する請求項 3 0 記載の露光方法。

【請求項 3 2】

前記第 1 エレメントと前記基板との距離は、前記流路形成部材の下面と前記基板との距離よりも長い請求項 3 0 又は 3 1 記載の露光方法。

【請求項 3 3】

前記投影光学系は、前記第 1 エレメントに次いで前記投影光学系の像面に近い第 2 エレメントを有し、

前記第 1 エレメントと前記第 2 エレメントとの距離は、前記第 1 エレメントと前記基板との距離よりも短い請求項 2 5 ~ 3 2 のいずれか一項に記載の露光方法。 40

【請求項 3 4】

複数のエレメントを備える投影光学系を介して基板に露光光を照射して前記基板を露光する露光方法であって、

前記複数のエレメントのうち、前記投影光学系の像面に最も近い第 1 エレメントの一面側に形成される第 1 空間と、第 1 空間と流通され且つ他面側に形成される第 2 空間との一方の空間に液体を供給することによって第 1 空間と第 2 空間を液体で満たし、

前記第 1 空間の液体で前記基板の表面の一部を覆う液浸領域を形成し、第 1 空間及び第 2 空間の液体を介して基板に露光光を照射して前記基板を露光することを含む露光方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、基板を露光する露光装置、露光方法及び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、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。

10

【0003】

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

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

20

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、焦点深度が狭くなることが分かる。

【0004】

焦点深度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、投影光学系の像面側端面(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 $1/n$ (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。

30

【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】

【0005】

ところで、基板上に液体の液浸領域を形成したとき、その液浸領域の液体中に例えば基板上から発生した不純物等が混入して液浸領域の液体が汚染する可能性がある。すると、その汚染された液浸領域の液体により、投影光学系を構成する複数のエレメント(光学素子)のうち、その汚染された液浸領域の液体に接触する光学素子が汚染する可能性がある。光学素子が汚染されると、その光学素子の光透過率が低下したり光透過率に分布が生じる等の不都合が生じ、投影光学系を介した露光精度及び計測精度の劣化を招く。

40

【0006】

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、露光精度及び計測精度の劣化を防止できる露光装置、露光方法及びそ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】

【0007】

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9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。

50

【0008】

本発明の第1の態様に従えば、投影光学系(PL)を介して基板(P)上に露光光(EL)を照射して基板(P)を露光する露光装置において、投影光学系(PL)を構成する複数のエレメント(2A~2G)のうち、投影光学系(PL)の像面に最も近い第1エレメント(2G)を、投影光学系(PL)の光軸(AX)に対してほぼ静止した状態で支持する支持部材(PK、70)と、第1エレメント(2G)の一面側に形成され、液体(LQ1)で満たされる第1空間(K1)と、第1エレメント(2G)の他面側に、第1空間(K1)とは独立に形成され、液体(LQ2)で満たされる第2空間(K2)とを備え、第1空間(K1)の液体(LQ1)で基板(P)表面の一部を覆う液浸領域(AR2)を形成するとともに、第1空間(K1)の液体(LQ1)と第2空間(K2)の液体(LQ2)とを介して、基板(P)上に露光光(EL)を照射して基板(P)を露光する露光装置(EX)が提供される。

10

【0009】

本発明によれば、第1エレメントの一面側及び他面側それぞれの第1、第2空間に液体を満たすことで、大きな像側開口数を確保した状態で、基板を良好に露光することができる。また、例えば第1空間に満たされた液体が基板と接触する場合には、第1エレメントの一面側が汚染する可能性が高くなるが、第1エレメントを容易に交換可能な構成とすることができるので、その汚染された第1エレメントのみを清浄なエレメントと交換すればよく、その清浄な第1エレメントを備えた投影光学系及び液体を介した露光及び計測を良好に行うことができる。

20

【0010】

なお、本発明における第1エレメントは、無屈折力の透明部材(例えば、平行平板)であってもよく、例えば最も像面側に配置された透明部材が投影光学系の結像性能に全く寄与しない場合にも、その透明部材を第1エレメントとみなす。

【0011】

また、本発明における第1エレメントは投影光学系の光軸に対してほぼ静止状態で支持されているが、その位置や姿勢を調整するために微小移動可能に支持されている場合にも、“ほぼ静止した状態に支持されている”とみなす。

【0012】

本発明の第2の態様に従えば、投影光学系(PL)を介して基板(P)上に露光光(EL)を照射して基板(P)を露光する露光装置において、投影光学系(PL)を構成する複数のエレメント(2A~2G)のうち、投影光学系(PL)の像面に最も近い第1エレメント(2G)の一面(2S)側に形成される第1空間(K1)と、第1エレメント(2G)の他面(2T)側に形成される第2空間(K1)と、第1空間(K1)と第2空間(K2)とを連結する連結孔(74)と、第1空間(K1)と第2空間(K2)との一方から液体(LQ)を供給し、連結孔(74)を介して第1空間(K1)と第2空間(K2)とを液体(LQ)で満たすための液体供給機構(30)とを備え、第1空間(K1)及び第2空間(K2)の液体(LQ)を介して、基板(P)上に露光光(EL)を照射して基板(P)を露光する露光装置(EX)が提供される。

30

【0013】

本発明によれば、液体供給機構は、第1エレメントの一面側の第1空間及び他面側の第2空間の一方に液体を供給することで、連結孔を介して第1、第2空間のそれぞれを液体で容易に満たすことができる。そして、第1エレメントの一面側及び他面側それぞれの第1、第2空間に液体を満たすことで、大きな像側開口数を確保した状態で、基板を良好に露光することができる。また、例えば第1空間に満たされた液体が基板と接触する場合には、第1エレメントの一面側が汚染する可能性が高くなるが、第1エレメントを容易に交換可能な構成とすることができるので、その汚染された第1エレメントのみを清浄なエレメントと交換すればよく、その清浄な第1エレメントを備えた投影光学系及び液体を介した露光及び計測を良好に行うことができる。

40

【0014】

50

なお、本発明における第1エレメントは、無屈折力の透明部材（例えば、平行平板）であってもよく、例えば最も像面側に配置された透明部材が投影光学系の結像性能に全く寄与しない場合にも、その透明部材を第1エレメントとみなす。

【0015】

本発明によれば、第1及び第2の態様に従う露光装置を用いるデバイス製造方法が提供される。

【0016】

本発明によれば、良好な露光精度及び計測精度を維持できるので、所望の性能を有するデバイスを製造することができる。

【0017】

本発明の第3の態様に従えば、複数のエレメント（2A～2G）を備える投影光学系（PL）を介して基板（P）に露光光（EL）を照射して前記基板を露光する露光方法であって、前記複数のエレメントのうち、前記投影光学系（PL）の像面に最も近い第1エレメント（2G）の光射出側の第1空間（K1）に液体（LQ1）をもたらすことと、第1エレメントの光入射側で且つ第1空間（K1）とは隔離された第2空間（K2）に液体（LQ2）を供給することと、第1空間の液体（LQ1）と第2空間の液体（LQ2）とを介して前記基板に露光光を照射して前記基板を露光することと、前記基板に露光光を照射している間、第2空間（K2）を液体で満たした状態で、第2空間への液体（LQ2）の供給を停止することを含む露光方法が提供される。

10

【0018】

本発明の第3の態様の露光方法によれば、第1エレメントの光射出側の第1空間及び光入射側の第2空間に液体をもたらし、それらの空間の液体を介して露光光を照射して基板を露光しているので、大きな像側開口数を確保した状態で、基板を露光することができる。また、第1エレメントを着脱可能なエレメントとすることにより、第1空間の液体により第1エレメントが汚染された場合でも容易に洗浄または交換が可能となる。また、基板を露光している間、第2空間への液体の供給を停止するので、第2空間への液体の供給に起因する振動が抑制され、所望の精度で基板を露光することができる。

20

【0019】

本発明の第4の態様に従えば、複数のエレメント（2A～2G）を備える投影光学系（PL）を介して基板（P）に露光光（EL）を照射して前記基板を露光する露光方法であって、前記複数のエレメント（2A～2G）のうち、前記投影光学系の像面に最も近い第1エレメント（2G）の一面側に形成される第1空間（K1）と、第1空間と流通され且つ他面側に形成される第2空間（K2）との一方の空間に液体を供給することによって第1空間と第2空間を液体（LQ）で満たすとともに、第1空間（K1）の液体（LQ1）で基板（P）表面の一部を覆う液浸領域（AR2）を形成し、第1空間及び第2空間の液体（LQ）を介して基板に露光光を照射して前記基板を露光することを含む露光方法が提供される。

30

【0020】

本発明の第4の態様の露光方法によれば、第1空間と第2空間が流通されているので、いずれか一方の空間だけに液体を供給し、いずれか一方の空間だけから液体を回収すればよい。それゆえ、液体供給及び液体回収に必要な設備を簡略化することができる。露光動作に影響を与える可能性のある振動を抑制することができる。

40

【発明の効果】**【0021】**

本発明によれば、良好な露光精度及び計測精度を維持することができる。

【発明を実施するための最良の形態】**【0022】**

以下、本発明の露光装置及び露光方法について図面を参照しながら説明するが、本発明はこれに限定されない。

【0023】

50

< 第 1 実施形態 >

図 1 は第 1 実施形態に係る露光装置を示す概略構成図である。

【 0 0 2 4 】

図 1 において、露光装置 E X は、マスク M を支持するマスクステージ M S T と、基板 P を支持する基板ステージ P S T と、マスクステージ M S T に支持されているマスク M を露光光 E L で照明する照明光学系 I L と、露光光 E L で照明されたマスク M のパターン像を基板ステージ P S T に支持されている基板 P に投影露光する投影光学系 P L と、露光装置 E X 全体の動作を統括制御する制御装置 C O N T とを備えている。

【 0 0 2 5 】

本実施形態の露光装置 E X 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、投影光学系 P L の像面側に液体 L Q 1 を供給する第 1 液体供給機構 1 0 と、投影光学系 P L の像面側の液体 L Q 1 を回収する第 1 液体回収機構 2 0 とを備えている。第 1 液体供給機構 1 0 は、投影光学系 P L を構成する複数の光学素子 2 (2 A ~ 2 G) のうち、投影光学系 P L の像面に最も近い最終光学素子 2 G の下面 2 S と基板 P との間に形成された第 1 空間 K 1 に液体 L Q 1 を供給する。第 1 液体回収機構 2 0 は、第 1 空間 K 1 に供給された液体 L Q 1 を回収する。

10

【 0 0 2 6 】

また、露光装置 E X は、最終光学素子 2 G の上面 2 T とその上方に設けられた光学素子 2 F との間に形成された第 2 空間 K 2 に液体 L Q 2 を供給する第 2 液体供給機構 3 0 と、第 2 空間 K 2 に供給された液体 L Q 2 を回収する第 2 液体回収機構 6 0 とを備えている。第 1 空間 K 1 と第 2 空間 K 2 とは独立した空間であり、第 2 液体供給機構 3 0 は、第 1 液体供給機構 1 0 とは独立して第 2 空間 K 2 へ液体を供給可能である。また、第 2 液体回収機構 6 0 は、第 1 液体回収機構 2 0 とは独立して第 2 空間 K 2 内の液体を回収可能である。

20

【 0 0 2 7 】

露光装置 E X 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（基板 P 上に露光光 E L を照射している間）、第 2 液体供給機構 3 0 から供給した液体 L Q 2 により第 2 空間 K 2 を満たした状態で、第 1 液体供給機構 1 0 から供給した液体 L Q 1 により投影光学系 P L の投影領域 A R 1 を含む基板 P 上の一部に、投影領域 A R 1 よりも大きく且つ基板 P よりも小さい液浸領域 A R 2 を局所的に形成する。具体的には、露光装置 E X は、投影光学系 P L の像面に最も近い最終光学素子 2 G とその像面側に配置された基板 P 表面との間の第 1 空間 K 1 に液体 L Q 1 を満たし、基板 P 表面の一部を液浸領域 A R 2 で覆う局所液浸方式を採用し、投影光学系 P L 、最終光学素子 2 G の上面 2 T 側の第 2 空間 K 2 の液体 L Q 2 、及び最終光学素子 2 G の下面 2 S 側の第 1 空間 K 1 の液体 L Q 1 を介して、マスク M を通過した露光光 E L を基板 P に照射することによってマスク M のパターンを基板 P に投影露光する。

30

【 0 0 2 8 】

また、投影光学系 P L の像面近傍には、第 1、第 2 液体供給機構 1 0、2 0、及び第 1、第 2 液体回収機構 3 0、6 0 の一部を構成するノズル部材（流路形成部材）7 0 が配置されている。ノズル部材 7 0 は、基板 P（基板ステージ P S T）の上方において鏡筒 P K の下部の周りを囲むように設けられた環状部材である。

40

【 0 0 2 9 】

本実施形態では、露光装置 E X 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（所謂スキニングステップ）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 P L の光軸 A X 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 軸まわりの回転（傾斜）方向をそれぞれ、X、Y、及び Z 方向とする。

50

【0030】

照明光学系 I L は、マスクステージ M S T に支持されているマスク M を露光光 E L 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露光光 E L 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 E L を集光するコンデンサレンズ、リレーレンズ系、露光光 E L 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 I L により均一な照度分布の露光光 E L で照明される。照明光学系 I L から射出される露光光 E L としては、例えば水銀ランプから射出される輝線 (g 線、 h 線、 i 線) 及び K r F エキシマレーザ光 (波長 2 4 8 n m) 等の遠紫外光 (D U V 光) や、 A r F エキシマレーザ光 (波長 1 9 3 n m) 及び F₂ レーザ光 (波長 1 5 7 n m) 等の真空紫外光 (V U V 光) などが用いられる。本実施形態においては A r F エキシマレーザ光が用いられる。

10

【0031】

本実施形態において、第 1 空間 K 1 に満たされる液体 L Q 1、及び第 2 空間 K 2 に満たされる液体 L Q 2 には同じ純水が用いられる。純水は A r F エキシマレーザ光のみならず、例えば水銀ランプから射出される輝線 (g 線、 h 線、 i 線) 及び K r F エキシマレーザ光 (波長 2 4 8 n m) 等の遠紫外光 (D U V 光) も透過可能である。

【0032】

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、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、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。

20

【0033】

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。

30

【0034】

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最終光学素子 2 G 及び最終光学素子 2 G に次いで像面に近い光学素子 2 F を含む複数の光学素子 2 (2 A ~ 2 G) で構成されている。複数の光学素子 2 A ~ 2 G は、光軸 A X に対してほぼ静止した状態で鏡筒 P K に支持されている。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、1 / 5、あるいは 1 / 8 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、投影光学系 P L は、屈折素子と反射素子とを含む反射屈折系、反射素子を含まない屈折系、屈折素子を含まない反射系のいずれであってもよい。

40

【0035】

基板ステージ P S T は、基板 P を基板ホルダ P H を介して保持して移動可能であって、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。更に基板ステージ P S T は、Z 軸方向、X 方向、及び Y 方向にも移動可能である。基板 P は基板ホルダ P H に例えば真空吸着等により保持されている。基板ステージ P S T は、制御装置 C O N T によって制御される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。

【0036】

基板ステージ P S T 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

50

方向の位置、及び回転角はレーザ干渉計 44 によりリアルタイムで計測される。また、不図示ではあるが、露光装置 EX は、例えば特開平 8 - 37149 号公報に開示されているような、基板ステージ PST に支持されている基板 P の表面の位置情報を検出するフォーカス・レベリング検出系を備えている。フォーカス・レベリング検出系は、第 1 空間 K1 の液体 LQ1 を介して、又は介さずに、基板 P 表面の Z 軸方向の位置情報、及び基板 P の X 及び Y 方向の傾斜情報を検出する。液体 LQ1 を介さずに基板 P 表面の面情報を検出するフォーカス・レベリング検出系の場合、投影光学系 PL から離れた位置で基板 P 表面の面情報を検出するものであってもよい。投影光学系 PL から離れた位置で基板 P 表面の面情報を検出する露光装置は、例えば米国特許第 6,674,510 号に開示されている。

10

【0037】

レーザ干渉計 44 の計測結果は制御装置 CONT に出力される。フォーカス・レベリング検出系の受光結果も制御装置 CONT に出力される。制御装置 CONT は、フォーカス・レベリング検出系の検出結果に基づいて、基板ステージ駆動装置 PSTD を駆動し、基板 P のフォーカス位置及び傾斜角を制御して基板 P の表面を投影光学系 PL の像面に合わせ込むとともに、レーザ干渉計 44 の計測結果に基づいて、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。

【0038】

基板ステージ PST 上には凹部 50 が設けられており、基板 P を保持するための基板ホルダ PH は凹部 50 に配置されている。そして、基板ステージ PST のうち凹部 50 以外の上面 51 は、基板ホルダ PH に保持された基板 P の表面とほぼ同じ高さ（面一）になるような平坦面（平坦部）となっている。また本実施形態においては、移動鏡 43 の上面も、基板ステージ PST の上面 51 とほぼ面一に設けられている。基板 P の周囲に基板 P 表面とほぼ面一の上面 51 を設けたので、基板 P のエッジ領域を液浸露光するときにおいても、基板 P のエッジ部の外側には段差部がほぼ無いので、投影光学系 PL の像面側に液体 LQ を保持して液浸領域 AR2 を良好に形成することができる。なお、第 1 空間 K1 に液体 LQ1 を保持可能であれば、基板 P 表面と基板ステージ PST の上面 51 との間に段差があってもよい。また、基板 P のエッジ部とその基板 P の周囲に設けられた平坦面（上面）51 との間には 0.1 ~ 2 mm 程度の隙間があるが、液体 LQ の表面張力によりその隙間に液体 LQ 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、上面 51 により投影光学系 PL の下に液体 LQ を保持することができる。

20

30

【0039】

また、上面 51 を撥液性にするることにより、液浸露光中における基板 P 外側（上面 51 外側）への液体 LQ の流出を抑え、また液浸露光後においても液体 LQ を円滑に回収できて上面 51 に液体 LQ が残留する不都合を防止できる。基板ステージ PST の上面 51 を、例えばポリ四フッ化エチレン（テフロン（登録商標））などの撥液性を有する材料によって形成することで、上面 51 を撥液性にするることができる。あるいは、上面 51 に対して、例えば、ポリ四フッ化エチレン等のフッ素系樹脂材料、アクリル系樹脂材料、シリコン系樹脂材料等の撥液性材料を塗布、あるいは前記撥液性材料からなる薄膜を貼付する等の撥液化処理を行ってもよい。また、撥液性材料の領域（撥液化処理領域）としては、上面 51 全域であってもよいし、撥液性を必要とする一部の領域のみであってもよい。

40

【0040】

露光装置 EX は、投影光学系 PL を支持する鏡筒定盤 5 と、鏡筒定盤 5 及びマスクステージ MST を支持するメインコラム 1 とを備えている。メインコラム 1 は、床面上に設けられたベース 9 上に設置されている。基板ステージ PST はベース 9 上に支持されている。メインコラム 1 には、内側に向けて突出する上側段部 7 及び下側段部 8 が形成されている。

【0041】

照明光学系 IL は、メインコラム 1 の上部に固定された支持フレーム 3 により支持されている。メインコラム 1 の上側段部 7 には、防振装置 46 を介してマスク定盤 4 が支持

50

されている。マスクステージMST及びマスク定盤4の中央部にはマスクMのパターン像を通過させる開口部MK1、MK2がそれぞれ形成されている。マスクステージMSTの下面には非接触軸受である気体軸受(エアベアリング)45が複数設けられている。マスクステージMSTはエアベアリング45によりマスク定盤4の上面(ガイド面)に対して非接触支持されており、マスクステージ駆動装置MSTDにより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。

【0042】

投影光学系PLを保持する鏡筒PKの外周にはフランジPFが設けられており、投影光学系PLはこのフランジPFを介して鏡筒定盤5に支持されている。鏡筒定盤5とメインコラム1の下側段部8との間にはエアマウントなどを含む防振装置47が配置されており、投影光学系PLを支持する鏡筒定盤5はメインコラム1の下側段部8に防振装置47を介して支持されている。この防振装置47によって、メインコラム1の振動が、投影光学系PLを支持する鏡筒定盤5に伝わらないように、鏡筒定盤5とメインコラム1とが振動的に分離されている。

10

【0043】

基板ステージPSTの下面には複数の非接触軸受である気体軸受(エアベアリング)48が設けられている。また、ベース9上には、エアマウント等を含む防振装置49を介して基板定盤6が支持されている。基板ステージPSTはエアベアリング48により基板定盤6の上面(ガイド面)に対して非接触支持されており、基板ステージ駆動装置PSTDにより、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。この防振装置49によって、ベース9(床面)やメインコラム1の振動が、基板ステージPSTを非接触支持する基板定盤6に伝わらないように、基板定盤6とメインコラム1及びベース9(床面)とが振動的に分離されている。

20

【0044】

ノズル部材70は、メインコラム1の下側段部8に連結部材52を介して支持されている。連結部材52はメインコラム1の下側段部8に固定されており、その連結部材52にノズル部材70が固定されている。メインコラム1の下側段部8は、防振装置47及び鏡筒定盤5を介して投影光学系PLを支持しており、ノズル部材70は、投影光学系PLを支持する下側段部8に支持されている構成となっている。

【0045】

そして、ノズル部材70を連結部材52を介して支持しているメインコラム1と、投影光学系PLの鏡筒PKをフランジPFを介して支持している鏡筒定盤5とは、防振装置47を介して振動的に分離されている。したがって、ノズル部材70で発生した振動が投影光学系PLに伝達されることは防止されている。また、ノズル部材70を連結部材52を介して支持しているメインコラム1と、基板ステージPSTを支持している基板定盤6とは、防振装置49を介して振動的に分離している。したがって、ノズル部材70で発生した振動が、メインコラム1及びベース9を介して基板ステージPSTに伝達されることが防止されている。また、ノズル部材70を連結部材52を介して支持しているメインコラム1と、マスクステージMSTを支持しているマスク定盤4とは、防振装置46を介して振動的に分離されている。したがって、ノズル部材70で発生した振動がメインコラム1を介してマスクステージMSTに伝達されることが防止されている。

30

40

【0046】

第1液体供給機構10は、液体LQ1を投影光学系PLの最終光学素子2Gの下面2S側(光射出側)に形成された第1空間K1に供給するためのものであって、液体LQ1を送出可能な第1液体供給部11と、第1液体供給部11にその一端部を接続する供給管13とを備えている。第1液体供給部11は、液体LQ1を収容するタンク、供給する液体LQ1の温度を調整する温調装置、液体LQ1中の異物を除去するフィルタ装置、及び加圧ポンプ等を備えている。基板P上に液浸領域AR2を形成する際、液体供給機構10は液体LQ1を基板P上に供給する。

【0047】

50

第1液体回収機構20は、最終光学素子2Gの下面2S側に形成された第1空間K1に供給された液体LQ1を回収するためのものであって、液体LQ1を回収可能な第1液体回収部21と、第1液体回収部21にその一端部を接続する回収管23とを備えている。第1液体回収部21は例えば真空ポンプ等の真空系（吸引装置）、回収された液体LQ1と気体とを分離する気液分離器、及び回収した液体LQ1を収容するタンク等を備えている。なお、真空系、気液分離器、タンクなどの少なくとも一部を露光装置EXに設けずに、露光装置EXが配置される工場などの設備を用いてもよい。基板P上に液浸領域AR2を形成するために、第1液体回収機構20は第1液体供給機構10より供給された基板P上の液体LQ1を所定量回収する。

【0048】

10

第2液体供給機構30は、液体LQ2を投影光学系PLの最終光学素子2Gの上面2T側に形成された第2空間K2に供給するためのものであって、液体LQ2を送出可能な第2液体供給部31と、第2液体供給部31にその一端部を接続する供給管33とを備えている。第2液体供給部31は、液体LQ2を収容するタンク、供給する液体LQ2の温度を調整する温調装置、液体LQ2中の異物を除去するフィルタ装置、及び加圧ポンプ等を備えている。なお、第1液体供給部11及び第2液体供給部31のタンク、加圧ポンプの少なくとも一部は、必ずしも露光装置EXが備えている必要はなく、露光装置EXが設置される工場などの設備を代用することもできる。

【0049】

第2液体回収機構60は、最終光学素子2Gの上面2S側に形成された第2空間K2に供給された液体LQ2を回収するためのものであって、液体LQ2を回収可能な第2液体回収部61と、第2液体回収部61にその一端部を接続する回収管63とを備えている。第2液体回収部61は例えば真空ポンプ等の真空系（吸引装置）、回収された液体LQ2と気体とを分離する気液分離器、及び回収した液体LQ2を収容するタンク等を備えている。なお、真空系、気液分離器、タンクなどの少なくとも一部を露光装置EXに設けずに、露光装置EXが配置される工場などの設備を用いるようにしてもよい。

20

【0050】

図2は投影光学系PLの像面側及びノズル部材70近傍を示す断面図、図3はノズル部材70を下から見た図である。

【0051】

30

図2及び図3において、最終光学素子2G及びその上方に配置された光学素子2Fは、鏡筒PKに支持されている。最終光学素子2Gは平行平板であって、鏡筒PKの下面PKAとその鏡筒PKに保持された最終光学素子2Gの下面2Sとはほぼ面一となっている。鏡筒PKに支持された最終光学素子2Gの上面2T及び下面2SはXY平面とほぼ平行となっている。また、最終光学素子（平行平板）2Gはほぼ水平に支持されており、無屈折力である。また、鏡筒PKと最終光学素子2Gとの接続部などはシールされている。すなわち、最終光学素子2Gの下面2S側の第1空間K1と上面2T側の第2空間K2とは互いに独立した空間であり、第1空間K1と第2空間K2との間での液体の流通が阻止されている。上述したように、第1空間K1は、最終光学素子2Gと基板Pとの間の空間であって、その第1空間K1に液体LQ1の液浸領域AR2が形成される。一方、第2空間K2は、鏡筒PKの内部空間の一部であって、最終光学素子2Gの上面2Tとその上方に配置された光学素子2Fの下面2Uとの間の空間である。

40

【0052】

なお、最終光学素子2Gの上面2Tの面積は、その上面2Tと対向する光学素子2Fの下面2Uの面積とほぼ同一、もしくは下面2Uの面積よりも小さく、第2空間K2を液体LQで満たした場合、最終光学素子2Gの上面2Tのほぼ全面が液体LQで覆われる。

【0053】

また、最終光学素子2Gは、鏡筒PKに対して容易に取り付け・外しが可能となっている。すなわち、最終光学素子2Gは交換可能に設けられている。特に、最終光学素子2Gの取り付け及び取り外しに際して、鏡筒PK内の他の光学素子を離脱することなく、また

50

、他の光学素子または投影光学系の光学特性に影響を与えないように最終光学素子 2 G が鏡筒 P K に取り付けることができる。例えば、鏡筒 P K を、光学素子 2 F を保持する第 1 保持部材と、最終光学素子 2 G を保持する第 2 保持部材とに分離し、第 2 保持部材を第 1 保持部材にネジなどを用いて固定する構造とすることによって、第 2 保持部材を取り外して、最終光学素子 2 G を容易に交換することができる。

【 0 0 5 4 】

ノズル部材 7 0 は、投影光学系 P L の下端部の近傍に配置されており、基板 P (基板ステージ P S T) の上方において鏡筒 P K の周りを囲むように設けられた環状部材である。ノズル部材 7 0 は、第 1 液体供給機構 1 0 及び第 1 液体回収機構 2 0 それぞれの一部を構成するものである。ノズル部材 7 0 は、その中央部に投影光学系 P L (鏡筒 P K) を配置可能な穴部 7 0 H を有している。本実施形態において、投影光学系 P L の投影領域 A R 1 は Y 軸方向 (非走査方向) を長手方向とする矩形状に設定されている。

10

【 0 0 5 5 】

基板 P に対向するノズル部材 7 0 の下面 7 0 A には、Y 軸方向を長手方向とする凹部 7 8 が形成されている。投影光学系 P L (鏡筒 P K) を配置可能な穴部 7 0 H は凹部 7 8 の内側に形成されている。凹部 7 8 の内側には、X Y 平面と略平行であり、基板ステージ P S T に支持された基板 P に対向する面 7 8 A (以下、キャビティ面 7 8 A と称する) が設けられている。また、凹部 7 8 は、内側面 7 9 を有している。内側面 7 9 は、基板ステージ P S T に支持された基板 P 表面に対してほぼ直交するように設けられている。ここで、基板ステージ P S T は、基板 P 表面と X Y 平面とが略平行となるように基板 P を支持している。最終光学素子 2 G と基板 P との距離は、ノズル部材 7 0 の下面 7 0 A と基板 P との距離よりも長くなっている。

20

【 0 0 5 6 】

ノズル部材 7 0 の下面 7 0 A のうち、凹部 7 8 の内側面 7 9 には、第 1 液体供給機構 1 0 の一部を構成する第 1 供給口 1 2 (1 2 A、1 2 B) が設けられている。本実施形態においては、第 1 供給口 1 2 (1 2 A、1 2 B) は 2 つ設けられており、投影光学系 P L の光学素子 2 (投影領域 A R 1) を挟んで X 軸方向両側のそれぞれに設けられている。第 1 供給口 1 2 A、1 2 B のそれぞれは、第 1 液体供給部 1 1 から送出された液体 L Q 1 を、投影光学系 P L の像面側に配置された基板 P 表面と略平行、すなわち X Y 平面と略平行に (横方向に) 吹き出す。

30

【 0 0 5 7 】

なお、本実施形態における第 1 供給口 1 2 A、1 2 B は略円形状に形成されているが、楕円形状、矩形状、スリット状など任意の形状に形成されていてもよい。また、本実施形態においては、第 1 供給口 1 2 A、1 2 B は互いにほぼ同じ大きさを有しているが、互いに異なる大きさであってもよい。また、第 1 供給口は 1 箇所であってもよい。また、第 1 供給口 1 2 A、1 2 B を、投影光学系 P L の光学素子 2 (投影領域 A R 1) に対して Y 軸方向両側にそれぞれ設けても良い。

【 0 0 5 8 】

ノズル部材 7 0 の下面 7 0 A において、投影光学系 P L の投影領域 A R 1 を基準として凹部 7 8 の外側には第 1 液体回収機構 2 0 の一部を構成する第 1 回収口 2 2 が設けられている。第 1 回収口 2 2 は、基板 P に対向するノズル部材 7 0 の下面 7 0 A において投影光学系 P L の投影領域 A R 1 に対して第 1 液体供給機構 1 0 の第 1 供給口 1 2 A、1 2 B の外側に、投影領域 A R 1 に対して第 1 供給口 1 2 A、1 2 B よりも離れて設けられており、投影領域 A R 1、及び第 1 供給口 1 2 A、1 2 B を囲むように環状に形成されている。また、第 1 回収口 2 2 には多孔体 2 2 P が設けられている。なお第 1 回収口 2 2 は、投影領域 A R 1、及び第 1 供給口 1 2 A、1 2 B を囲むように環状に設けなくてもよく、例えば離散的に設けても良い。すなわち、第 1 回収口 2 2 の数、配置、及び形状などは、上述のものに限られず、液体 L Q 1 が漏れ出さないように液体 L Q 1 を回収できる構造であればよい。

40

【 0 0 5 9 】

50

連結部材 52 を介してメインコラム 1 の下側段部 8 に支持されたノズル部材 70 は、投影光学系 PL (鏡筒 PK) とは離れている。すなわち、ノズル部材 70 の穴部 70H の内側面 70K と鏡筒 PK の側面 PKS との間には間隙が設けられている。この間隙は、投影光学系 PL とノズル部材 70 とを振動的に分離するために設けられたものである。これにより、ノズル部材 70 で発生した振動が、投影光学系 PL 側に伝達することが防止されている。また、上述したように、メインコラム 1 (下側段部 8) と鏡筒定盤 5 とは、防振装置 47 を介して振動的に分離している。したがって、ノズル部材 70 で発生した振動が、メインコラム 1 及び鏡筒定盤 5 を介して投影光学系 PL に伝達されることは防止されている。

【0060】

図 2 に示すように、供給管 13 の他端部は、ノズル部材 70 の内部に形成された第 1 供給流路 14 の一端部に接続している。一方、ノズル部材 70 の第 1 供給流路 14 の他端部は、ノズル部材 70 の凹部 78 の内側面 79 に形成された第 1 供給口 12 に接続されている。ここで、ノズル部材 70 の内部に形成された第 1 供給流路 14 は、複数 (2 つ) の供給口 12 (12A、12B) のそれぞれにその他端部を接続可能なように途中から分岐している。また、図 2 に示すように、第 1 供給口 12 に接続された第 1 供給流路 14 のうち第 1 供給口 12 近傍は、第 1 供給口 12 に向かって漸次広がる傾斜面となっており、供給口 12 はラッパ状に形成されている。

【0061】

第 1 液体供給部 11 の液体供給動作は制御装置 CONT により制御される。液浸領域 AR2 を形成するために、制御装置 CONT は、第 1 液体供給機構 10 の第 1 液体供給部 11 より液体 LQ1 を送出する。第 1 液体供給部 11 より送出された液体 LQ1 は、供給管 13 を流れた後、ノズル部材 70 の内部に形成された第 1 供給流路 14 の一端部に流入する。そして、第 1 供給流路 14 の一端部に流入した液体 LQ1 は途中で分岐した後、ノズル部材 70 の内側面 79 に形成された複数 (2 つ) の第 1 供給口 12A、12B より、最終光学素子 2G と基板 P との間の第 1 空間 K1 に供給される。ここで、本実施形態においては、第 1 供給口 12 から供給される液体 LQ1 は、基板 P 表面とほぼ平行に吹き出されるため、例えば基板 P 表面の上方よりその基板 P 表面に対して下向きに液体 LQ1 を供給する構成に比べて、供給された液体 LQ1 が基板 P に及ぼす力を低減できる。したがって、液体 LQ1 の供給に起因して基板 P や基板ステージ PST が変形する等といった不都合の発生を防止することができる。もちろん、基板 P や基板ステージ PST へ及ぼす圧力を考慮して、下向きに液体 LQ1 が供給されるように第 1 供給口を形成してもよい。

【0062】

図 2 に示すように、回収管 23 の他端部は、ノズル部材 70 の内部に形成された第 1 回収流路 24 の一部を構成するマニホールド流路 24M の一端部に接続している。一方、マニホールド流路 24M の他端部は、第 1 回収口 22 に対応するように平面視環状に形成され、その第 1 回収口 22 に接続する第 1 回収流路 24 の一部を構成する環状流路 24K の一部に接続している。

【0063】

第 1 液体回収部 21 の液体回収動作は制御装置 CONT に制御される。制御装置 CONT は、液体 LQ1 を回収するために、第 1 液体回収機構 20 の第 1 液体回収部 21 を駆動する。真空系を有する第 1 液体回収部 21 の駆動により、基板 P 上の液体 LQ1 は、その基板 P の上方に設けられている第 1 回収口 22 を介して環状流路 24K に鉛直上向き (+Z 方向) に流入する。環状流路 24K に +Z 方向に流入した液体 LQ1 は、マニホールド流路 24M で集合された後、マニホールド流路 24M を流れる。その後、回収管 23 を介して第 1 液体回収部 21 に吸引回収される。

【0064】

鏡筒 PK の内側面 PKL には、第 2 液体供給機構 30 の一部を構成する第 2 供給口 32 が設けられている。第 2 供給口 32 は、鏡筒 PK の内側面 PKL において第 2 空間 K2 の近傍に形成されており、投影光学系 PL の光軸 AX に対して +X 側に設けられている。第

10

20

30

40

50

2供給口32は、第2液体供給部31から送出された液体LQ2を、最終光学素子2Gの上面2Tと略平行、すなわちXY平面と略平行に（横方向に）吹き出す。第2供給口32は、最終光学素子2Gの上面2Tとほぼ平行に液体LQ2を吹き出すので、供給された液体LQ2が光学素子2G、2F等に及ぼす力を低減できる。したがって、液体LQ2の供給に起因して光学素子2G、2F等が変形したり変位する等といった不都合の発生を防止することができる。

【0065】

また、鏡筒PKの内側面PKLにおいて、第2供給口32に対して所定位置には、第2液体回収機構60の一部を構成する第2回収口62が設けられている。第2回収口62は、鏡筒PKの内側面PKLにおいて第2空間K2の近傍に形成されており、投影光学系PLの光軸AXに対して-X側に設けられている。すなわち、第2供給口32及び第2回収口62は対向している。本実施形態においては、第2供給口32及び第2回収口62はそれぞれスリット状に形成されている。なお、第2供給口32及び第2回収口62は、略円形状、楕円形状、矩形状など任意の形状に形成されていてもよい。また、本実施形態においては、第2供給口32、第2回収口62のそれぞれは互いにほぼ同じ大きさを有しているが、互いに異なる大きさであってもよい。また、第2供給口32を、上記第1供給口12と同様、ラッパ状に形成してもよい。

10

【0066】

図2に示すように、供給管33の他端部は、鏡筒PKの内部に形成された第2供給流路34の一端部に接続している。一方、鏡筒PKの第2供給流路34の他端部は、鏡筒PKの内側面PKLに形成された第2供給口32に接続されている。

20

【0067】

第2液体供給部31の液体供給動作は制御装置CONTにより制御される。制御装置CONTが、第2液体供給機構30の第2液体供給部31より液体LQ2を送出すると、その第2液体供給部31より送出された液体LQ2は、供給管33を流れた後、鏡筒PKの内部に形成された第2供給流路34の一端部に流入する。そして、第2供給流路34の一端部に流入した液体LQ2は、鏡筒PKの内側面PKLに形成された第2供給口32より、光学素子2Fと最終光学素子2Gとの間の第2空間K2に供給される。

【0068】

図2に示すように、回収管63の他端部は、鏡筒PKの内部に形成された第2回収流路64の一端部に接続している。一方、第2回収流路64の他端部は、鏡筒PKの内側面PKLに形成された第2回収口62に接続されている。

30

【0069】

第2液体回収部61の液体回収動作は制御装置CONTに制御される。制御装置CONTは、液体LQ2を回収するために、第2液体回収機構60の第2液体回収部61を駆動する。真空系を有する第2液体回収部61の駆動により、第2空間K2の液体LQ2は、第2回収口62を介して第2回収流路64に流入し、その後、回収管63を介して第2液体回収部61に吸引回収される。なお、第2供給口32および第2回収口の数や配置など、上述のものに限られず、光学素子2Fと光学素子2Gとの間の露光光ELの光路が第2液体LQ2で満たされる構造であればよい。

40

【0070】

なお、本実施形態においては、鏡筒PKの内部に流路34、64が形成されているが、鏡筒PKの一部に貫通孔を設けておき、そこに流路となる配管を通すようにしてもよい。また、本実施形態においては、供給管33及び回収管63は、ノズル部材70とは別に設けられているが、供給管33及び回収管63のかわりにノズル部材70の内部に供給路及び回収路を設けて、鏡筒PK内部に形成された流路34、64のそれぞれと接続するようにしてもよい。

【0071】

鏡筒PKに保持されている光学素子2Fの下面2Uは平面状に形成されており、最終光学素子2Gの上面2Tとほぼ平行となっている。一方、光学素子2Fの上面2Wは、物体

50

面側（マスクM側）に向かって凸状に形成されており、正の屈折率を有している。これにより、上面2Wに入射する光（露光光EL）の反射損失が低減されており、ひいては投影光学系PLの大きい像側開口数が確保されている。また、屈折率（レンズ作用）を有する光学素子2Fは、良好に位置決めされた状態で鏡筒PKに堅固に固定されている。

【0072】

光学素子2Fの下面2U及び最終光学素子2Gの上面2Tには第2空間K2に満たされた液体LQ2が接触し、最終光学素子2Gの下面2Sには第1空間K1の液体LQ1が接触する。本実施形態においては、少なくとも光学素子2F、2Gは石英によって形成されている。石英は、水である液体LQ1、LQ2との親和性が高いので、液体接触面である光学素子2Fの下面2U、最終光学素子2Gの上面2T及び下面2Sのほぼ全面に液体LQ1、LQ2を密着させることができる。したがって、光学素子2F、2Gの液体接触面2S、2T、2Uに液体LQ1、LQ2を密着させて、光学素子2Fと最終光学素子2Gとの間の光路、及び最終光学素子2Gと基板Pとの間の光路を液体LQ1、LQ2で確実に満たすことができる。

10

【0073】

また、石英は屈折率の大きい材料であるため、光学素子2Fなどの大きさを小さくすることができ、投影光学系PL全体や露光装置EX全体をコンパクト化できる。また、石英は耐水性があるので、例えば液体接触面2S、2T、2U等に保護膜を設ける必要がないなどの利点がある。

【0074】

なお、光学素子2F、2Gの少なくとも一方は、水との親和性が高い蛍石であってもよい。この場合は、蛍石の液体接触面には水への溶解を防止するための保護膜を形成しておくことが望ましい。また、例えば光学素子2A～2Eを蛍石で形成し、光学素子2F、2Gを石英で形成してもよいし、光学素子2A～2Gの全てを石英（あるいは蛍石）で形成してもよい。

20

【0075】

また、光学素子2F、2Gの液体接触面2S、2T、2Uに、 MgF_2 、 Al_2O_3 、 SiO_2 等を付着させる等の親水化（親液化）処理を施して、液体LQ1、LQ2との親和性をより高めるようにしてもよい。あるいは、本実施形態における液体LQ1、LQ2は極性の大きい水であるため、親液化処理（親水化処理）としては、例えばアルコールなど極性の大きい分子構造の物質で薄膜を形成することで、この光学素子2F、2Gの液体接触面2S、2T、2Uに親水性を付与することもできる。すなわち、液体LQ1、LQ2として水を用いる場合にはOH基など極性の大きい分子構造を持ったものを前記液体接触面2S、2T、2Uに設ける処理が望ましい。

30

【0076】

また、本実施形態においては、鏡筒PKの内側面PKL、及び光学素子2Fの側面2FKのそれぞれは、撥液化処理されて撥液性を有している。鏡筒PKの内側面PKL、及び光学素子2Fの側面2FKのそれぞれを撥液性にするすることで、内側面PKLと側面2FKとで形成される間隙に第2空間K2の液体LQ2が浸入することが防止されるとともに、前記間隙の気体が、第2空間K2の液体LQ2中に気泡となって混在することが防止されている。

40

【0077】

上記撥液化処理としては、例えば、ポリ四フッ化エチレン等のフッ素系樹脂材料、アクリル系樹脂材料、シリコン系樹脂材料等の撥液性材料を塗布、あるいは前記撥液性材料からなる薄膜を貼付する等の処理が挙げられる。

【0078】

また、鏡筒PKの側面PKSとノズル部材70の内側面70Kとのそれぞれに撥液処理を施してそれら側面PKS及び内側面70Kを撥液性にするにより、内側面70Kと側面PKSとで形成される間隙に第1空間K1の液体LQ1が浸入することが防止されるとともに、前記間隙の気体が、第1空間K1の液体LQ1中に気泡となって混在すること

50

が防止されている。

【0079】

なお、光学素子2Fの側面2FKと鏡筒PKの内側面PKLとの間にOリングやVリング等のシール部材を配置してもよい。また、鏡筒PKの側面PKSとノズル部材70の内側面70Kとの間にOリングやVリング等のシール部材を配置してもよい。

【0080】

次に、上述した構成を有する露光装置EXを用いてマスクMのパターン像を基板Pに露光する方法について説明する。

【0081】

基板Pの露光を行うに際し、制御装置CONTは、第2液体供給機構30より第2空間K2に液体LQ2を供給する。制御装置CONTは、第2液体供給機構30による単位時間あたりの液体LQ2の供給量及び第2液体回収機構60による単位時間あたりの液体LQ2の回収量を最適に制御しつつ、第2液体供給機構30及び第2液体回収機構60による液体LQ2の供給及び回収を行い、第2空間K2のうち、少なくとも露光光ELの光路上を液体LQ2で満たす。なお、第2空間K2へ液体LQ2の供給を開始するとき、鏡筒PKの内側面PKLと光学素子2Fの側面2FKとの間隙への液体LQ2の浸入を抑制するために、第2液体供給機構30による単位時間あたりの液体LQ2の供給量を徐々に多くしてもよい。

【0082】

また、ロード位置において基板Pが基板ステージPSTにロードされた後、制御装置CONTは、基板Pを保持した基板ステージPSTを投影光学系PLの下、すなわち露光位置に移動する。そして、基板ステージPSTと投影光学系PLの最終光学素子2Gとを対向させた状態で、制御装置CONTは、第1液体供給機構10による単位時間あたりの液体LQ1の供給量及び第1液体回収機構20による単位時間あたりの液体LQ1の回収量を最適に制御しつつ、第1液体供給機構10及び第1液体回収機構20による液体LQ1の供給及び回収を行い、第1空間K1のうち、少なくとも露光光ELの光路上に液体LQ1の液浸領域AR2を形成し、その露光光ELの光路を液体LQ1で満たす。

【0083】

ここで、基板ステージPST上の所定位置には、例えば特開平4-65603号公報に開示されているような基板アライメント系、及び特開平7-176468号公報に開示されているようなマスクアライメント系によって計測される基準マークを備えた基準部材(計測部材)が設けられている。更に、基板ステージPST上の所定位置には、光計測部として例えば特開昭57-117238号公報に開示されているような照度ムラセンサ、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、及び例えば特開平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)などが設けられている。制御装置CONTは、基板Pの露光処理を行う前に、基準部材上のマーク計測や、光計測部を使った各種計測動作、基板アライメント系を用いた基板P上のマークの検出動作を行い、その計測結果に基づいて、基板Pのアライメント処理や、投影光学系PLの結像特性調整(キャリブレーション)処理を行う。例えば光計測部を使った計測動作を行う場合には、制御装置CONTは、基板ステージPSTをXY方向に移動することで液体LQ1の液浸領域AR2に対して基板ステージPSTを相対的に移動し、光計測部上に液体LQ1の液浸領域AR2を配置し、その状態で液体LQ1及び液体LQ2を介した計測動作を行う。なお、基準部材や光計測部を用いた各種の計測動作は、露光対象の基板Pを基板ステージPST上にロードする前に行っても良い。また、基板アライメント系による基板P上のアライメントマークの検出は、投影光学系PLの像面側に液体LQ1の液浸領域AR2を形成する前に行っても良い。

【0084】

上記アライメント処理及びキャリブレーション処理を行った後、制御装置CONTは、第1液体供給機構10による基板P上に対する液体LQ1の供給と並行して、第1液体回収機構20による基板P上の液体LQ1の回収を行いつつ、基板Pを支持する基板ステー

ジ P S T を X 軸方向（走査方向）に移動しながら、マスク M のパターン像を、投影光学系 P L、第 2 空間 K 2 の液体 L Q 2、及び第 1 空間 K 1 の液体 L Q 1（すなわち液浸領域 A R 2 の液体）を介して基板 P 上に投影露光する。

【 0 0 8 5 】

本実施形態における露光装置 E X は、マスク M と基板 P とを X 軸方向（走査方向）に移動しながらマスク M のパターン像を基板 P に投影露光するものであって、走査露光時には、投影光学系 P L、及び第 1、第 2 空間 K 1、K 2 の液体 L Q 1、L Q 2 を介してマスク M の一部のパターン像が投影領域 A R 1 内に投影され、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 P が投影領域 A R 1 に対して + X 方向（又は - X 方向）に速度 $\cdot V$ （ \cdot は投影倍率）で移動する。基板 P 上には複数のショット領域が設定されており、1 つのショット領域への露光終了後に、基板 P のステップ移動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・スキャン方式で基板 P を移動しながら各ショット領域に対する走査露光処理が順次行われる。

10

【 0 0 8 6 】

本実施形態においては、レンズ作用を有する光学素子 2 F の下に、平行平板からなる最終光学素子 2 G が配置されているが、最終光学素子 2 G の下面 2 S 側及び上面 2 T 側の第 1、第 2 空間 K 1、K 2 のそれぞれに液体 L Q 1、L Q 2 を満たすことで、光学素子 2 F の下面 2 U や最終光学素子 2 G の上面 2 T での反射損失が低減され、投影光学系 P L の大きな像側開口数を確保した状態で、基板 P を良好に露光することができる。

【 0 0 8 7 】

基板 P の露光中においても、第 2 液体供給機構 3 0 及び第 2 液体回収機構 6 0 による液体 L Q 2 の供給及び回収は継続される。更に、基板 P の露光前後においても、第 2 液体供給機構 3 0 及び第 2 液体回収機構 6 0 による液体 L Q 2 の供給及び回収は継続される。第 2 液体供給機構 3 0 及び第 2 液体回収機構 6 0 による液体 L Q 2 の供給及び回収を継続することで、第 2 空間 K 2 の液体 L Q 2 は常に新鮮な（清浄な）液体 L Q 2 と交換される。第 2 空間 K 2 に対する液体 L Q 2 の供給及び回収を行わずに、第 2 空間 K 2 に液体 L Q 2 を溜めた状態で露光を行ってもよいが、露光光 E L の照射により液体 L Q 2 の温度が変化し、投影光学系 P L の液体を介した結像特性が変動する可能性がある。したがって、第 2 液体供給機構 3 0 より温度調整された液体 L Q 2 を常時供給するとともに、その液体 L Q 2 を第 2 液体回収機構 6 0 により回収することで、第 2 空間 K 2 の液体 L Q 2 の温度変化を抑えることができる。同様に、露光光 E L の照射中において、第 1 液体供給機構 1 0 及び第 1 液体回収機構 2 0 による液体 L Q 1 の供給及び回収を常時行うことにより、第 1 空間 K 1 の液体 L Q 1 は常に新鮮な（清浄な）液体 L Q 1 と交換される。第 1 空間 K 1 の液体 L Q 1（すなわち基板 P 上の液浸領域 A R 2 の液体 L Q 1）の温度変化を抑えることができる。また、液体 L Q 1、L Q 2 の供給及び回収を常時行って、清浄な液体 L Q 1、L Q 2 を流し続けることにより、第 1、第 2 空間 K 1、K 2 に細菌（バクテリア等）が発生し、清浄度が劣化するといった不都合の発生を防止することもできる。

20

30

【 0 0 8 8 】

なお、第 2 空間 K 2 の液体 L Q 2 の温度変化等が露光精度に影響を与えない程度であれば、第 2 空間 K 2 に液体 L Q 2 を溜めた状態で露光を行い、所定時間間隔毎や所定処理基板枚数毎に、第 2 空間 K 2 の液体 L Q 2 を交換するようにしてもよい。この場合、露光光 E L の照射中（例えば、基板 P の露光中）に、第 2 液体供給機構 3 0 及び第 2 液体回収機構 6 0 による液体 L Q 2 の供給及び回収が停止されるので、液体 L Q 2 の供給（液体 L Q 2 の流れ）に起因する光学素子 2 F の振動や変位が防止され、基板 P の露光及び上述の光計測部を用いた各種の計測動作を精度良く実行することができる。

40

【 0 0 8 9 】

基板 P の露光が終了すると、制御装置 C O N T は、第 1 液体供給機構 1 0 による液体 L Q 1 の供給を停止し、第 1 液体回収機構 2 0 等を使って、液浸領域 A R 2 の液体 L Q 1（第 1 空間 K 1 の液体 L Q 1）をすべて回収する。更に、制御装置 C O N T は、第 1 液体回収機構 2 0 の第 1 回収口 2 2 等を使って基板 P 上や基板ステージ P S T 上に残留している

50

液体 L Q 1 の滴などを回収する。一方、制御装置 C O N T は、基板 P の露光が終了した後も、第 2 液体供給機構 3 0 及び第 2 液体回収機構 6 0 の液体 L Q 2 の供給及び回収を継続し、第 2 空間 K 2 に液体 L Q 2 を流し続ける。こうすることにより、上述同様、第 2 空間 K 2 の清浄度が劣化したり、液体 L Q 2 の気化（乾燥）に起因して光学素子 2 F、2 G の液体接触面 2 U、2 T 等に付着痕（所謂ウォーターマーク）が形成される等といった不都合の発生を防止することができる。そして、基板 P 上の液体 L Q 1 が回収された後、制御装置 C O N T は、その基板 P を支持した基板ステージ P S T をアンロード位置まで移動し、アンロードする。なお、基板ステージ P S T が投影光学系 P L から離れた位置（例えば、ロード位置、アンロード位置）へ移動している場合、投影光学系 P L の像面側に平坦面を有する所定部材を配置して、その所定部材と投影光学系 P L との間の空間（第 1 空間）

10

【 0 0 9 0 】

ところで、液浸領域 A R 2（第 1 空間 K 1）の液体 L Q 1 中に、例えば感光剤（フォトレジスト）に起因する異物など、基板 P 上から発生した不純物等が混入することによって、その液体 L Q 1 が汚染する可能性がある。液浸領域 A R 2 の液体 L Q 1 は最終光学素子 2 G の下面 2 S にも接触するため、その汚染された液体 L Q 1 によって、最終光学素子 2 G の下面 2 S が汚染する可能性がある。また、空中を浮遊している不純物が、投影光学系 P L の像面側に露出している最終光学素子 2 G の下面 2 S に付着する可能性もある。

【 0 0 9 1 】

本実施形態においては、最終光学素子 2 G は、鏡筒 P K に対して容易に取り付け及び取り外し可能（交換可能）となっているため、その汚染された最終光学素子 2 G のみを清浄な最終光学素子 2 G と交換することで、光学素子の汚染に起因する露光精度及び投影光学系 P L を介した計測精度の劣化を防止できる。一方、第 2 空間 K 2 には常に清浄な液体 L Q 2 が流し続けられており、第 2 空間 K 2 の液体 L Q 2 は基板 P に接触しないようになっている。また、第 2 空間 K 2 は、光学素子 2 F、2 G、及び鏡筒 P K で囲まれたほぼ閉空間であるため、空中を浮遊している不純物は第 2 空間 K 2 の液体 L Q 2 に混入し難く、光学素子 2 F には不純物が付着し難い。したがって、光学素子 2 F の下面 2 U や最終光学素子 2 G の上面 2 T の清浄度は維持されている。したがって、最終光学素子 2 G を交換するのみで、投影光学系 P L の透過率の低下等を防止して露光精度及び計測精度を維持することができる。

20

30

【 0 0 9 2 】

以上説明したように、最終光学素子 2 G の下面 2 T 側の第 1 空間 K 1 と上面 2 S 側の第 2 空間 K 2 とを独立した空間とし、第 1 空間 K 1 及び第 2 空間 K 2 のそれぞれに液体 L Q 1、L Q 2 を満たして露光するようにしたので、マスク M を通過した露光光 E L を、光学素子 2 F の下面 2 U の一部、最終光学素子 2 G の上面 2 T の一部、及び最終光学素子 2 G の下面 2 S の一部を介して、基板 P まで良好に到達させることができる。

【 0 0 9 3 】

そして、汚染する可能性の高い最終光学素子 2 G を容易に交換可能とすることで、清浄な最終光学素子 2 G を備えた投影光学系 P L を使って良好に露光することができる。平行平板からなる最終光学素子 2 G を設けずに、光学素子 2 F に液浸領域 A R 2 の液体を接

40

50

上面 2 T 側の第 2 空間 K 2 のそれぞれに対して液体 L Q 1、L Q 2 を独立して供給及び回収可能な第 1、第 2 液体供給機構 1 0、3 0、及び第 1、第 2 液体回収機構 2 0、6 0 を設けたことにより、液体 L Q 1、L Q 2 の清浄度を維持しつつ、照明光学系 I L から射出された露光光 E L を投影光学系 P L の像面側に配置された基板 P まで良好に到達させることができる。

【0094】

なお、本実施形態においては、液体 L Q 2 は光学素子 2 F の下面 2 U 及び最終光学素子 2 G の上面 2 T のそれぞれのほぼ全域を濡らすように第 2 空間 K 2 に満たされているが、液体 L Q 2 は露光光 E L の光路上に配置されるように第 2 空間 K 2 の一部を満たしていればよい。換言すれば、第 2 空間 K 2 はその必要な一部が液体 L Q 2 で十分に満たしていればよい。同様に、第 1 空間 K 1 もその必要な一部が液体 L Q 1 で十分に満たしていればよい。

10

【0095】

なお、図 1 ~ 図 3 で説明した実施形態において、基板 P 上に局所的に液浸領域 A R 2 を形成するための機構は、第 1 液体供給機構 1 0 及び第 1 液体回収機構 2 0 (ノズル部材 7 0) に限られず、各種形態の機構を使うことができる。例えば、欧州特許出願公開 E P 1 4 2 0 2 9 8 (A 2) 公報に開示されている機構を用いることもできる。

【0096】

< 第 2 実施形態 >

次に、第 2 実施形態について図 4 を参照しながら説明する。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。

20

【0097】

本実施形態の特徴的な部分は、第 1 空間 K 1 と第 2 空間 K 2 とを連結する連結孔 7 4 が設けられている点にある。連結孔 7 4 は鏡筒 P K の下面に周方向に所定間隔で複数設けられている。また、連結孔 7 4 のそれぞれには多孔体 7 4 P が設けられている。

【0098】

また、本実施形態においては、第 1 空間 K 1 に直接的に液体を供給する第 1 供給口を含む第 1 液体供給機構 (1 0) は設けられていない。また、第 2 空間 K 2 の液体を直接的に回収する第 2 回収口を含む第 2 液体回収機構 (6 0) も設けられていない。本実施形態における露光装置 E X は、第 2 空間 K 2 に液体 L Q を供給する第 2 液体供給機構 3 0、及び第 1 空間 K 1 (液浸領域 A R 2) の液体 L Q を回収する第 1 液体回収機構 2 0 を備えている。

30

【0099】

また、本実施形態においては、鏡筒 P K の側面とノズル部材 7 0 との間隙に対して、第 1 空間 K 1 の液体 L Q が浸入することを阻止するシール部材 1 0 0 が設けられている。シール部材 1 0 0 は、ノズル部材 7 0 の振動が鏡筒 P K に伝達するのを防止する見地から柔軟なゴムやシリコンなどの部材から形成されるのが望ましい。なお、シール部材 1 0 0 は無くてもよく、第 1 の実施形態で述べたように、例えば鏡筒 P K の側面及びノズル部材 7 0 の内側面 7 0 T を撥液性にするすることで、前記間隙への第 1 空間 K 1 の液体 L Q 1 の浸入、及び第 1 空間 K 1 の液体 L Q への気体の混入を阻止することができる。

40

【0100】

制御装置 C O N T は、第 1 空間 K 1 及び第 2 空間 K 2 に液体 L Q を満たすとき、第 2 液体供給機構 3 0 を使って、第 2 空間 K 2 に液体 L Q を供給する。第 2 空間 K 2 に供給された液体 L Q は、連結孔 7 4 を介して第 1 空間 K 1 にも供給される。第 2 液体供給機構 3 0 は、第 2 空間 K 2 から液体 L Q を供給し、連結孔 7 4 を介して第 1 空間 K 1 にも液体 L Q を流入させることで、第 1 空間 K 1 と第 2 空間 K 2 とを液体 L Q で満たす。連結孔 7 4 を介して第 1 空間 K 1 に供給された液体 L Q は基板 P 上に液浸領域 A R 2 を形成し、その液浸領域 A R 2 の液体 L Q は、第 1 液体供給機構 2 0 の第 1 回収口 2 2 より回収される。そして、第 1 空間 K 1 と第 2 空間 K 2 とが液体 L Q で満たされた後、制御装置 C O N T は、

50

第1空間K1及び第2空間K2の液体LQを介して、基板P上に露光光ELを照射して基板Pを露光する。なお本実施形態において、第1液体供給機構10を併用して第1空間K1に液体LQを供給してもよい。

【0101】

このように、第1空間K1と第2空間K2とを連結孔74を介して連結することで、装置構成を簡略化することができる。

【0102】

なお、第1空間K1に液体LQを満たした後、第1空間K1に満たされた液体LQを、連結孔74を介して第2空間K2に流入させることで、第1空間K1と第2空間K2とを液体LQで満たすようにしてもよい。この場合、基板Pに接触した液体LQが第2空間K2に満たされることとなるので、例えば連結孔74にケミカルフィルタ等を配置しておけば、第2空間K2には、基板P上などから発生した不純物を混入した液体LQが満たされることがない。

10

【0103】

<第3実施形態>

次に、第3実施形態について図5を参照しながら説明する。

【0104】

本実施形態の特徴的な部分は、最終光学素子2Gがノズル部材70に支持されている点にある。つまり、最終光学素子2Gが、投影光学系PLを構成する他の光学素子2A~2Fとは分離して支持されている点にある。

20

【0105】

図5において、光学素子2Fは鏡筒PKより露出している。投影光学系PLを構成する複数の光学素子2A~2Gのうち、光学素子2A~2Fは鏡筒PKで支持されている。一方、最終光学素子2Gは、連結部材72を介してノズル部材70に支持されている。環状部材であるノズル部材70は、投影光学系PLの先端部の光学素子2F、2Gの近傍に配置されており、基板P(基板ステージPST)の上方において光学素子2F、2Gの周りを囲むように設けられている。すなわち、光学素子2F、2Gは、ノズル部材70の穴部70Hの内側に配置されている。穴部70Hは凹部78の内側に形成されている。

【0106】

最終光学素子2Gは、ノズル部材70のキャビティ面78Aに連結部材72を介して保持されている。連結部材72はノズル部材70のキャビティ面78Aに固定されており、その連結部材72に最終光学素子2Gが固定されている。ノズル部材70に連結部材72を介して保持された最終光学素子2Gと、鏡筒PKに保持された光学素子2A~2Fとは離れており、最終光学素子2Gの上面2Tと光学素子2Fの下面2Uとの間に第2空間2Kが形成されている。最終光学素子2Gは、鏡筒PKに保持された他の光学素子2A~2Fとは分離した状態で、ノズル部材70に連結部材72を介して支持された構成となっている。

30

【0107】

連結部材72の下面72Aとその連結部材72に保持された平行平板からなる最終光学素子2Gの下面2Sとはほぼ面一となっている。連結部材72に支持された最終光学素子2Gの上面2T及び下面2SはXY平面とほぼ平行となっている。また、連結部材72とキャビティ面78Aとの接続部、及び最終光学素子2Gと連結部材72との接続部などはシールされている。また、連結部材72はほぼ板状部材であって、孔などは設けられていない。すなわち、最終光学素子2Gの下面2S側の第1空間K1と上面2T側の第2空間K2とは互いに独立した空間であり、第1空間K1と第2空間2Kとの間での液体の流通が阻止されている。

40

【0108】

また、最終光学素子2Gは、連結部材72に対して容易に取り付け及び取り外しが可能となっている。すなわち、最終光学素子2Gは交換可能に設けられている。なお、最終光学素子2Gを交換するために、連結部材72をノズル部材70(キャビティ面78A)

50

に対して取り付け・外し可能（交換可能）に設けてもよいし、ノズル部材 70 を交換可能にしてもよい。

【0109】

ノズル部材 70 の下面 70 A のうち、凹部 78 の内側の内側面 79 には、第 1 実施形態と同様に、第 1 液体供給機構 10 の一部を構成する第 1 供給口 12（12 A、12 B）が設けられている。また、ノズル部材 70 の下面 70 A において、投影光学系 P L の投影領域 A R 1 を基準として凹部 78 の外側には、第 1 実施形態と同様に、第 1 液体回収機構 20 の一部を構成する第 1 回収口 22 が設けられている。

【0110】

連結部材 52 を介してメインコラム 1 の下側段部 8 に支持されたノズル部材 70 は、投影光学系 P L（光学素子 2 F）とは離れている。すなわち、ノズル部材 70 の穴部 70 H の内側面 70 K と光学素子 2 F の側面 2 F K との間には間隙が設けられており、光学素子 2 F を保持する鏡筒 P K とノズル部材 70 との間にも間隙が設けられている。これら間隙は、投影光学系 P L（光学素子 2 A ~ 2 F）とノズル部材 70 とを振動的に分離するために設けられたものである。これにより、ノズル部材 70 で発生した振動が、投影光学系 P L 側に伝達することが防止されている。また、上述したように、メインコラム 1（下側段部 8）と鏡筒定盤 5 とは、防振装置 47 を介して振動的に分離している。したがって、ノズル部材 70 で発生した振動がメインコラム 1 及び鏡筒定盤 5 を介して投影光学系 P L に伝達されることは防止されている。

10

【0111】

ノズル部材 70 の内側面 70 K には、第 2 液体供給機構 30 の一部を構成する第 2 供給口 32 が設けられている。第 2 供給口 32 は、第 2 液体供給部 31 から送出された液体 L Q 2 を、最終光学素子 2 G の上面 2 T と略平行、すなわち X Y 平面と略平行に（横方向に）吹き出す。第 2 供給口 32 は、最終光学素子 2 G の上面 2 T とほぼ平行に液体 L Q 2 を吹き出すので、供給された液体 L Q 2 が光学素子 2 G 等に及ぼす力を低減できる。したがって、液体 L Q 2 の供給に起因して光学素子 2 G や連結部材 72、あるいは光学素子 2 F が変形したり変位する等といった不都合の発生を防止することができる。

20

【0112】

また、ノズル部材 70 の内側面 70 K において、第 2 供給口 32 に対して所定位置には、第 2 液体回収機構 60 の一部を構成する第 2 回収口 62 が設けられている。本実施形態においては、第 2 回収口 62 は第 2 供給口 32 の上方に設けられている。

30

【0113】

図 6 はノズル部材 70 を示す概略斜視図である。図 6 に示すように、第 2 供給口 32 はノズル部材 70 の内側面 70 K に複数設けられている。本実施形態においては、第 2 供給口 32 は、内側面 70 K において周方向にほぼ等間隔で設けられている。同様に、第 2 回収口 62 はノズル部材 70 の内側面 70 K に複数設けられており、本実施形態においては、第 2 回収口 62 は、第 2 供給口 32 の上方において周方向にほぼ等間隔で設けられている。

【0114】

なお、図 6 においては、第 2 供給口 32 及び第 2 回収口 62 は略円形状に形成されているが、楕円形状、矩形状、スリット状など任意の形状に形成されていてもよい。また、本実施形態においては、第 2 供給口 32、第 2 回収口 62 のそれぞれは互いにほぼ同じ大きさを有しているが、互いに異なる大きさであってもよい。また、第 2 供給口 32 を第 2 回収口 62 の上方に配置するようにしてもよい。また、第 2 供給口 32 及び第 2 回収口 62 のそれぞれを内側面 70 K において周方向に並べて設ける構成の他に、例えば内側面 70 K において投影光学系 P L の光軸 A X を挟んで + X 側に第 2 供給口 32 を設け、- X 側に第 2 回収口 62 を設ける等、その配置は任意に設定可能である。すなわち、本実施形態においても、第 2 供給口 32、および第 2 回収口 62 の数、配置、形状などは、図 5、6 に示した構造に限られず、光学素子 2 F と光学素子 2 G との間の露光光 E L の光路が第 2 液体 L Q で満たされる構造であればよい。

40

50

【 0 1 1 5 】

なお、図 2 を参照して説明した実施形態において、鏡筒 P K の内側面 P K L に、図 6 に示すような配置で第 2 供給口 3 2 及び第 2 回収口 6 2 を形成してもよい。

【 0 1 1 6 】

図 5 に示すように、供給管 3 3 の他端部は、ノズル部材 7 0 の内部に形成された第 2 供給流路 3 4 の一端部に接続している。一方、ノズル部材 7 0 の第 2 供給流路 3 4 の他端部は、ノズル部材 7 0 の内側面 7 0 K に形成された第 2 供給口 3 2 に接続されている。ここで、ノズル部材 7 0 の内部に形成された第 2 供給流路 3 4 は、複数の第 2 供給口 3 2 のそれぞれにその他端部を接続可能なように途中から分岐している。なお、第 2 供給口 3 2 を、上記第 1 供給口 1 2 と同様、ラッパ状に形成してもよい。

10

【 0 1 1 7 】

第 2 液体供給部 3 1 の液体供給動作は制御装置 C O N T により制御される。制御装置 C O N T が、第 2 液体供給機構 3 0 の第 2 液体供給部 3 1 より液体 L Q 2 を送出すると、その第 2 液体供給部 3 1 より送出された液体 L Q 2 は、供給管 3 3 を流れた後、ノズル部材 7 0 の内部に形成された第 2 供給流路 3 4 の一端部に流入する。そして、第 2 供給流路 3 4 の一端部に流入した液体 L Q 2 は途中で分岐した後、ノズル部材 7 0 の内側面 7 0 K に形成された複数の第 2 供給口 3 2 より、光学素子 2 F と最終光学素子 2 G との間の第 2 空間 K 2 に供給される。

【 0 1 1 8 】

図 5 に示すように、回収管 6 3 の他端部は、ノズル部材 7 0 の内部に形成された第 2 回収流路 4 4 の一部に接続している。一方、第 2 回収流路 4 4 の他端部は、ノズル部材 7 0 の内側面 7 0 K に形成された第 2 回収口 6 2 に接続されている。ここで、ノズル部材 7 0 の内部に形成された第 2 回収流路 6 4 は、複数の第 2 回収口 6 2 のそれぞれにその他端部を接続可能なように途中から分岐している。

20

【 0 1 1 9 】

第 2 液体回収部 6 1 の液体回収動作は制御装置 C O N T に制御される。制御装置 C O N T は、液体 L Q 2 を回収するために、第 2 液体回収機構 6 0 の第 2 液体回収部 6 1 を駆動する。真空系を有する第 2 液体回収部 6 1 の駆動により、第 2 空間 K 2 の液体 L Q 2 は、第 2 回収口 6 2 を介して第 2 回収流路 6 4 に流入し、その後、回収管 6 3 を介して第 2 液体回収部 6 1 に吸引回収される。

30

【 0 1 2 0 】

また、本実施形態においては、ノズル部材 7 0 の内側面 7 0 K、及び光学素子 2 F の側面 2 F K のそれぞれは、撥液化処理されて撥液性を有している。ノズル部材 7 0 の内側面 7 0 K、及び光学素子 2 F の側面 2 F K のそれぞれを撥液性にするすることで、内側面 7 0 K と側面 2 F K とで形成される間隙に第 2 空間 K 2 の液体 L Q 2 が浸入することが防止されるとともに、前記間隙の気体が、第 2 空間 K 2 の液体 L Q 2 中に気泡となって混在することが防止されている。

【 0 1 2 1 】

以上のように、最終光学素子 2 G と他の光学素子 2 A ~ 2 F とを分離して支持し、最終光学素子 2 G の下面 2 T 側の第 1 空間 K 1 と上面 2 S 側の第 2 空間 K 2 とを独立した空間とし、第 1 空間 K 1 及び第 2 空間 K 2 のそれぞれに液体 L Q 1、L Q 2 を満たして露光するようにしたので、マスク M を通過した露光光 E L を基板 P まで良好に到達させることができる。

40

【 0 1 2 2 】

また、最終光学素子 2 G をノズル部材 7 0 で支持することにより、光学素子 2 F、2 G とノズル部材 7 0 との間に鏡筒 P K を配置しない構成とすることができる。したがって、光学素子 2 F、2 G に対してノズル部材 7 0 を近づけることができ、装置のコンパクト化を図ることができる等、装置の設計の自由度を向上することができる。また、ノズル部材 7 0 に形成された第 1 供給口 1 2 および第 1 回収口 2 2 を投影領域 A R 1 に近づけることができる。そのため、液浸領域 A R 2 の大きさを小さくすることができる。したがって

50

、液浸領域 A R 2 の大きさに伴って基板ステージ P S T を大型化したり、基板ステージ P S T の移動ストロークを大きくする必要がなくなるので、装置をコンパクト化できる。

【 0 1 2 3 】

なお、ノズル部材 7 0 は液浸領域 A R 2 (第 1 空間 K 1) の液体の供給及び回収を行う供給口 1 2 及び回収口 2 2 を有する部材であり、また基板 P (基板ステージ P S T) の移動に伴って液浸領域 A R 2 の液体の剪断力を受けるので、ノズル部材 7 0 には振動が生じやすい。しかしながら、本実施形態においては、ノズル部材 7 0 に保持されている光学素子 2 G が平行平板なので、ノズル部材 7 0 の振動が露光や計測の精度に与える影響を抑えることができる。一方、上述したように、防振装置 4 7 などによって鏡筒 P K には振動が生じ難いため、図 2 や図 5 を参照して説明した第 1、第 2 実施形態のように、鏡筒 P K で最終光学素子 2 G を支持することで、投影光学系 P L の結像特性に与える影響を抑えることができる。

10

【 0 1 2 4 】

なお、ノズル部材 7 0 で最終光学素子 2 G を支持する場合には、ノズル部材 7 0 と最終光学素子 2 G との間に防振機構を設けることで、ノズル部材 7 0 で発生した振動が、最終光学素子 2 G に伝わることを防止することができる。液体 L Q 2 の供給 (液体 L Q 2 の流れ) に起因する光学素子 2 F の振動や変位が防止され、基板 P の露光及び上述の光計測部を用いた各種の計測動作を精度良く実行することができる。

【 0 1 2 5 】

< 第 4 実施形態 >

次に、第 4 実施形態について図 7 を参照しながら説明する。本実施形態の特徴的な部分は、連結部材 7 2 に、第 1 空間 K 1 と第 2 空間 K 2 とを連結する連結孔 7 4 が設けられている点にある。連結孔 7 4 は連結部材 7 2 に周方向に所定間隔で複数設けられている。連結孔 7 4 のそれぞれには多孔体 7 4 P が設けられている。

20

【 0 1 2 6 】

また、本実施形態においては、第 1 空間 K 1 に直接的に液体を供給する第 1 供給口を含む第 1 液体供給機構 (1 0) は設けられていない。また、第 2 空間 K 2 の液体を直接的に回収する第 2 回収口を含む第 2 液体回収機構 (6 0) も設けられていない。一方、本実施形態における露光装置 E X は、第 2 空間 K 2 に液体 L Q を供給する第 2 液体供給機構 3 0 、及び第 1 空間 K 1 (液浸領域 A R 2) の液体 L Q を回収する第 1 液体回収機構 2 0 を備えている。

30

【 0 1 2 7 】

制御装置 C O N T は、第 1 空間 K 1 及び第 2 空間 K 2 に液体 L Q を満たすとき、第 2 液体供給機構 2 0 を使って、第 2 空間 K 2 に液体 L Q を供給する。第 2 空間 K 2 に供給された液体 L Q は、連結孔 7 4 を介して第 1 空間 K 1 にも供給される。このように、第 2 液体供給機構 3 0 は、第 2 空間 K 2 から液体 L Q を供給し、連結孔 7 4 を介して第 1 空間 K 1 にも液体 L Q を流入させることで、第 1 空間 K 1 と第 2 空間 K 2 とを液体 L Q で満たす。連結孔 7 4 を介して第 1 空間 K 1 に供給された液体 L Q は基板 P 上に液浸領域 A R 2 を形成し、その液浸領域 A R 2 の液体 L Q は、第 1 液体供給機構 2 0 の第 1 回収口 2 2 より回収される。そして、第 1 空間 K 1 と第 2 空間 K 2 とが液体 L Q で満たされた後、制御装置 C O N T は、第 1 空間 K 1 及び第 2 空間 K 2 の液体 L Q を介して、基板 P 上に露光光 E L を照射して基板 P を露光する。

40

【 0 1 2 8 】

このように、第 1 空間 K 1 と第 2 空間 K 2 とを連結孔 7 4 を介して連結することで、装置構成を簡略化することができる。なお、本実施形態においても、第 1 空間 K 1 に液体 L Q を満たした後、第 1 空間 K 1 に満たされた液体 L Q を、連結孔 7 4 を介して第 2 空間 K 2 に流入させることで、第 1 空間 K 1 と第 2 空間 K 2 とを液体 L Q で満たすようにしてもよい。

【 0 1 2 9 】

なお、上述の第 3 及び第 4 の実施形態においては、第 1 空間 K 1 、及び第 2 空間 K 2 用

50

の液体流路を有するノズル部材70で最終光学素子2Gを支持しているが、第1空間K1、及び第2空間K2のどちらか一方のための液体流路を有するノズル部材70で最終光学素子2Gを支持してもよい。

【0130】

また、第1空間K1と第2空間の少なくとも一方に液体を供給する供給口だけを有するノズル部材で最終光学素子2Gを支持してもよいし、第1空間K1と第2空間の少なくとも一方の液体を回収する回収口だけを有するノズル部材で最終光学素子2Gを支持してもよい。

【0131】

また、上述の第3及び第4の実施形態においては、最終光学素子2Gをノズル部材70で支持しているが、これに限られず、鏡筒PK及びノズル部材70とは異なる部材で最終光学素子2Gを支持するようにしてもよい。

10

【0132】

また、上述の第3及び第4の実施形態で採用されている最終光学素子2Gをノズル部材70で支持する構成は、第1空間K1のみを液体で満たす液浸露光方式にも採用することができる。

【0133】

また、上述の第1～第4の実施形態において、投影光学系PLは、無屈折力の平行平板である最終光学素子2Gを含めて所定の結像特性となるように調整されているが、最終光学素子2Gが結像特性にまったく影響を及ぼさない場合には、最終光学素子2Gを除いて、投影光学系PLの結像特性が所定の結像特性となるように調整してもよい。

20

【0134】

また、上述の第1～第4の実施形態において、最終光学素子2Gは、無屈折力の平行平板であるが、屈折力を有する光学素子であってもよい。すなわち、最終光学素子2Gの上面2Tが曲率を持っていてもよい。この場合、最終光学素子2Gの交換を容易とするために、最終光学素子2Gの上面2Tの曲率は極力小さいほうが望ましい。

【0135】

また、上述の第1～第4の実施形態においては、投影光学系PLの光軸AX上において、第1空間K1の液体LQ1は、第2空間K2の液体LQ2よりも厚くなっているが、すなわち最終光学素子2Gと光学素子2Fとの距離は、最終光学素子2Gと基板Pとの距離よりも短い、第2空間K2の液体LQ2を第1空間K1の液体LQ1よりも厚くしてもよいし、同じ厚さにしてもよい。更に、上述の第1～第4の実施形態においては、Z軸方向に関して、最終光学素子2Gの厚さは、第1空間K1の液体LQ1及び第2空間K2の液体LQ2よりも薄くなっているが、最終光学素子2Gを最も厚くしてもよい。すなわち、第1空間K1の液体LQ1、第2空間K2の液体LQ2、及び最終光学素子2GのZ軸方向の厚さは、液体LQ1、LQ2、及び最終光学素子2Gを介して基板P上に投影されるパターンの結像状態が最適化されるように適宜決めてやればよい。なお、一例としては、光軸AX上における液体LQ1及び液体LQ2の厚さを5mm以下、最終光学素子2Gの厚さを3～12mmとすることができる。

30

【0136】

また、上述の第1～第4の実施形態においては、最終光学素子2Gは投影光学系PLの光軸AXに対してほぼ静止した状態で支持されているが、その位置、傾きを調整するために、微小移動可能に支持されていてもよい。例えば、最終光学素子2Gの支持部にアクチュエータを配置して、最終光学素子2Gの位置(X軸方向、Y軸方向、Z軸方向)や傾き(X方向、Y方向)を自動的に調整できるようにしてもよい。この場合、第3、第4実施形態のように、ノズル部材70で、最終光学素子2Gを保持する場合には、ノズル部材の位置や傾きを調整することによって、最終光学素子2Gの位置及び/又は傾きを調整してもよい。

40

【0137】

また、上述の第1～第4の実施形態において、最終光学素子2Gの位置(X軸方向、

50

Y軸方向、Z軸方向)や、傾き(X方向、Y方向)を計測する干渉計等の計測器を更に設けてもよい。この計測器は、光学素子2A~2Fに対する位置や傾きを計測できることが望ましい。このような計測器を搭載することで、最終光学素子2Gの位置や傾きのずれを容易に知ることができ、上述したアクチュエータと併用すれば、最終光学素子2Gの位置や傾きを高精度に調整することができる。

【0138】

また、第3及び第4の実施形態に記載されているように、最終光学素子2Gを、光学素子2Fとは分離して支持する場合、最終光学素子2Gが液体LQ1から受ける圧力や振動が直接光学素子2A~2Fに伝導しないので、投影光学系PLの結像特性の劣化を抑制することができる。この場合、最終光学素子2Gを軟らかく保持したり、基板Pの傾き(基板ステージPSTの傾き)に応じて最終光学素子2Gの位置や傾きを調整すれば、より効果的に光学素子2A~2Fへの圧力や振動を抑えることができる。

10

【0139】

<第5実施形態>

次に、上述の第1~第4の実施形態における第1液体回収機構20の回収方法の別の実施形態について説明する。なお、本実施形態においては、第1回収口22から液体LQだけを回収するようにしており、これによって液体回収に起因する振動の発生を抑制するようにしている。

【0140】

以下、図8の模式図を参照しながら、本実施形態における第1液体回収機構20による液体回収動作の原理について説明する。図1~5及び7との関係で説明した第1液体回収機構20の第1回収口22には、多孔部材25として、例えば多数の孔が形成された薄板状の多孔部材(メッシュ部材)を使用することができる。本実施形態においては、多孔部材はチタンで形成されている。また本実施形態においては、多孔部材25が濡れた状態で、多孔部材25の上面と下面との圧力差を後述の所定条件を満足するように制御することで、多孔部材25の孔から液体LQだけを回収するものである。上述の所定条件に係るパラメータとしては、多孔部材25の孔径、多孔部材25の液体LQとの接触角(親和性)、及び第1液体回収部21の吸引力(多孔部材25の上面に圧力)等が挙げられる。

20

【0141】

図8は、多孔部材25の部分断面の拡大図であって、多孔部材25を介して行われる液体回収の一具体例を示す。多孔部材25の下には、基板Pが配置されており、多孔部材25と基板Pの間には、気体空間及び液体空間が形成されている。より具体的には、多孔部材25の第1孔25Haと基板Pの間には気体空間が形成され、多孔部材25の第2孔25Hbと基板Pの間には液体空間が形成されている。このような状況は、例えば、図2に示した液浸領域AR2の端部で、あるいは何らかの原因で液浸領域AR2内に気体空間が生じたときに起こりえる。また、多孔部材25の上には、第1回収流路24の一部を形成する流路空間が形成されている。

30

【0142】

図8において、多孔部材25の第1孔25Haと基板Pの間の空間の圧力(多孔部材25Hの下面の圧力)をPa、多孔部材25の上の流路空間の圧力(多孔部材25の上面での圧力)をPb、第1及び第2孔25Ha, 25Hbの孔径(直径)をd、多孔部材25(孔25Hの内側)の液体LQとの接触角を θ 、液体LQの表面張力を γ として、

40

$$(4 \times \gamma \times \cos \theta) / d < (P_a - P_b) \dots (3)$$

の条件が成立する場合、図8に示すように、多孔部材25の第1孔25Haの下側(基板P側)に気体空間が形成されても、多孔部材25の下側の空間の気体が孔25Haを介して多孔部材25の上側の空間に移動(侵入)することを防止することができる。すなわち、上記(3)式の条件を満足するように、接触角 θ 、孔径d、液体LQの表面張力 γ 、圧力Pa、Pbを最適化することで、液体LQと気体との界面が多孔部材25の孔25Ha内に維持され、第1孔25Haからの気体の侵入を抑えることができる。一方、多孔部材25の第2孔25Hbの下側(基板P側)には液体空間が形成されているので、第2孔2

50

5 H b を介して液体 L Q のみを回収することができる。

【0143】

なお、上記(3)式の条件においては、説明を簡単にするために多孔部材25の上の液体LQの静水圧は考慮していない。

【0144】

また、本実施形態において、第1液体回収機構20は、多孔部材25の下の空間の圧力 P_a 、孔25Hの直径 d 、多孔部材25(孔25Hの内側面)の液体LQとの接触角、液体(純水)LQの表面張力は一定として、第1液体回収部21の吸引力を制御して、上記(3)式を満足するように、多孔部材25の上の流路空間の圧力を調整している。ただし、上記(3)式において、 $(P_a - P_b)$ が大きいほど、すなわち、 $(\cos \theta) / d$ が大きいほど、上記(3)式を満足するような圧力 P_b の制御が容易になるので、孔25H a、25H bの直径 d 、及び多孔部材25の液体LQとの接触角 $(0 < \theta < 90^\circ)$ は可能な限り小さくすることが望ましい。

10

【0145】

なお、上述の図1, 2, 4, 5, 7及び8などを用いた説明においては、最終光学素子2Gの下面2Sと基板Pとを対向させた状態で、最終光学素子2Gの下面2Sと基板Pとの間の第1空間K1を液体LQ1で満たしているが、投影光学系PLと他の部材(例えば、基板ステージPSTの上面51など)が対向している場合にも投影光学系PLとその他の部材との間を液体で満たすことができることはいうまでもない。

【0146】

上述したように、本実施形態における液体LQ1、LQ2として純水を用いた。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。なお工場等から供給される純水の純度が低い場合には、露光装置が超純水製造器を持つようにしてもよい。

20

【0147】

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。

30

【0148】

なお、上述した図2及び図5の実施形態においては、液体LQ1、LQ2として同じ純水を供給しているが、第1空間に供給される純水(液体LQ1)と第2空間に供給される純水(液体LQ2)との品質を異ならせてもよい。純水の品質としては、例えば温度、温度均一性、温度安定性、比抵抗値、あるいはTOC(total organic carbon)値、溶存気体濃度(溶存酸素、溶存窒素)などが挙げられる。例えば、第2空間K2に供給される純水よりも、投影光学系PLの像面に近い第1空間K1へ供給される純水の品質を高くしてもよい。また、第1空間と第2空間に互いに異なる種類の液体を供給し、第1空間K1に満たす液体LQ1と第2空間K2に満たす液体LQ2とを互いに異なる種類にしてもよい。例えば露光光ELに対する屈折率及び/又は透過率が互いに異なるものを用いることができる。また、例えば、第2空間K2にフッ素系オイルをはじめとする純水以外の所定の液体を満たすことができる。オイルは、バクテリアなどの細菌の繁殖する確率が低い液体であるため、第2空間K2や液体LQ2(フッ素系オイル)の流れる流路の清浄度を維持することができる。

40

【0149】

また、液体LQ1、LQ2の双方を水以外の液体にしてもよい。例えば、露光光EL

50

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 $LQ1$ 、 $LQ2$ 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 $LQ1$ 、 $LQ2$ 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 $LQ1$ 、 $LQ2$ 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。この場合も表面処理は用いる液体 $LQ1$ 、 $LQ2$ の極性に応じて行われる。

【0150】

なお、上述したような液浸法においては、投影光学系の開口数 NA が $0.9 \sim 1.3$ 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 (特にダイポール照明法) 等を適宜組み合わせると更に効果的である。特に、直線偏光照明法とダイポール照明法との組み合わせは、ライン・アンド・スペースパターンの周期方向が所定の一方方向に限られている場合や、所定の一方方向に沿ってホールパターンが密集している場合に有効である。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ポ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ポ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。

【0151】

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 PL を使って、微細なライン・アンド・スペースパターン (例えば $25 \sim 50\text{ nm}$ 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 PL の開口数 NA が $0.9 \sim 1.3$ 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。

【0152】

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 PL 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 PL の開口数 NA が $0.9 \sim 1.3$ 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。

【0153】

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（周期方向が異なるライン・アンド・スペースパターンが混在）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63nm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PLの開口数をNA=1.00とすると、ランダム偏光を用いるよりも、焦点深度(DOF)を250nm程度増加させることができ、ハーフピッチ55nm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100nm程度増加させることができる。

10

【0154】

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。

20

【0155】

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。

【0156】

また、露光装置EXとしては、第1パターンと基板Pとをほぼ静止した状態で第1パターンの縮小像を投影光学系（例えば1/8縮小倍率で反射素子を含まない屈折型投影光学系）を用いて基板P上一括露光する方式の露光装置にも適用できる。この場合、更にその後、第2パターンと基板Pとをほぼ静止した状態で第2パターンの縮小像をその投影光学系を用いて、第1パターンと部分的に重ねて基板P上一括露光するスティッチ方式の一括露光装置にも適用できる。また、スティッチ方式の露光装置としては、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し、基板Pを順次移動させるステップ・アンド・スティッチ方式の露光装置にも適用できる。また、基板Pを保持するステージとは別に測定用の部材やセンサを搭載した測定ステージを備えた露光装置にも本発明を適用することはできる。なお、測定ステージを備えた露光装置は、例えば欧州特許公開第1,041,357号公報に記載されている。

30

【0157】

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（マルチ）ステージ型の露光装置にも適用できる。

40

【0158】

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。

【0159】

上述の実施形態においては、光透過性の基板上に所定の遮光パターン（又は位相パター

50

ン・減光パターン)を形成した光透過型マスク(レチクル)を用いたが、このレチクルに代えて、例えば米国特許第6,778,257号公報に開示されているように、露光すべきパターンの電子データに基づいて、透過パターン又は反射パターン、あるいは発光パターンを形成する電子マスクを用いても良い。

【0160】

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

【0161】

上述の実施形態においては、投影光学系PLと基板Pとの間を局部的に液体で満たす露光装置を採用しているが、例えば特開平6-124873号公報、特開平10-303114号公報、米国特許第5,825,043号などに詳細に記載されているように、露光対象の基板の表面全体が液体で覆われる液浸露光装置にも本発明を適用可能である。

【0162】

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、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トタイプであってもよい。

【0163】

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。

【0164】

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。

【0165】

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。

【0166】

以上のように、本願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。

【0167】

半導体デバイス等のマイクロデバイスは、図9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露光処理ステップ2

10

20

30

40

50

04、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】

【0168】

【図1】本発明の露光装置の第1実施形態を示す概略構成図である。

【図2】図1の要部拡大図である。

【図3】ノズル部材を下方から見た図である。

【図4】本発明の露光装置の第2実施形態を示す要部拡大図である。

【図5】本発明の露光装置の第3実施形態を示す要部拡大図である。

【図6】ノズル部材の概略斜視図である。

10

【図7】本発明の露光装置の第4実施形態を示す要部拡大図である。

【図8】本発明の第5実施形態の露光装置における第1液体回収機構における液体回収動作を説明するための図である。

【図9】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。

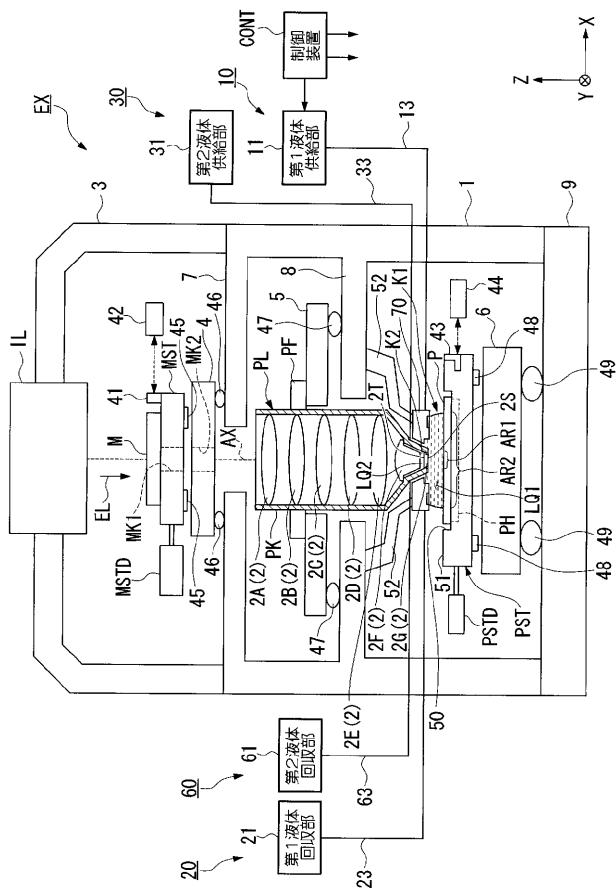
【符号の説明】

【0169】

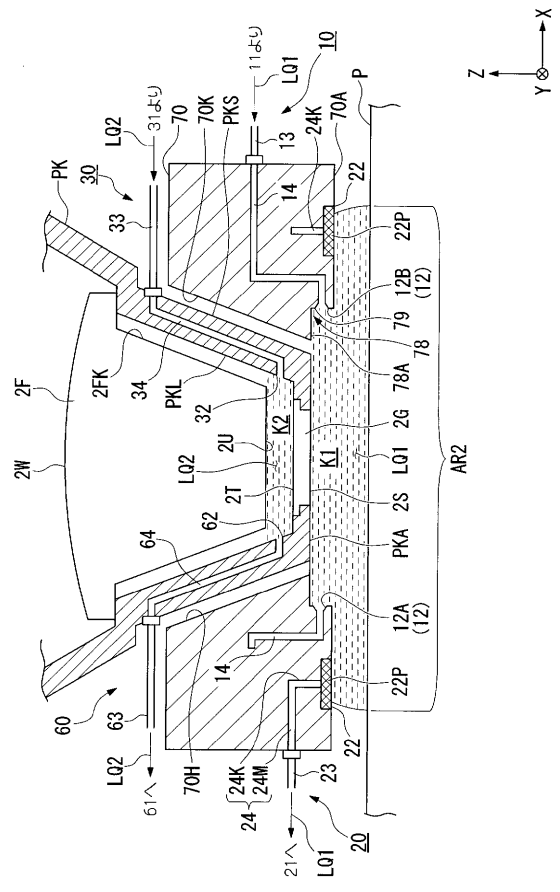
2(2A~2G)...光学素子(エレメント)、2S...下面、2T...上面、10...第1液体供給機構、20...第1液体回収機構、30...第2液体供給機構、60...第2液体回収機構、70...ノズル部材(流路形成部材)、74...連結孔、EL...露光光、EX...露光装置、K1...第1空間、K2...第2空間、LQ(LQ1、LQ2)...液体、P...基板、PL...投影光学系

20

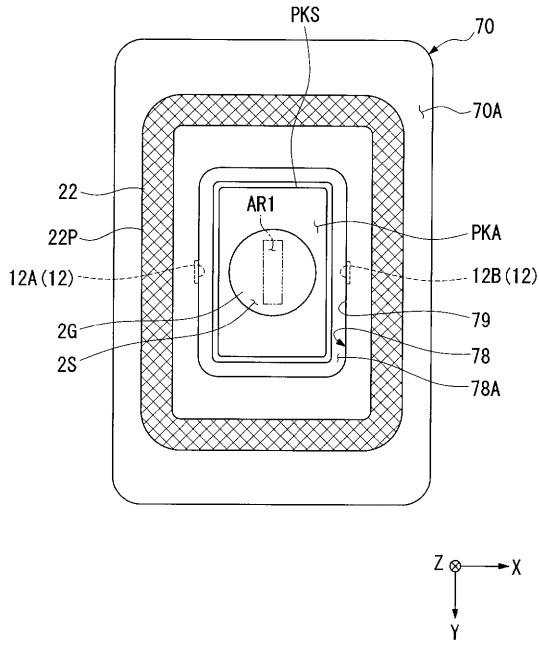
【図1】



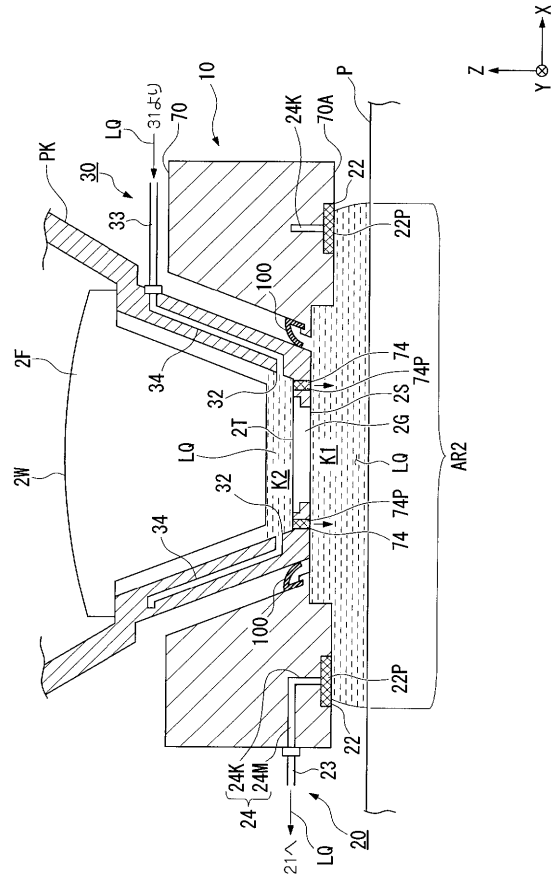
【図2】



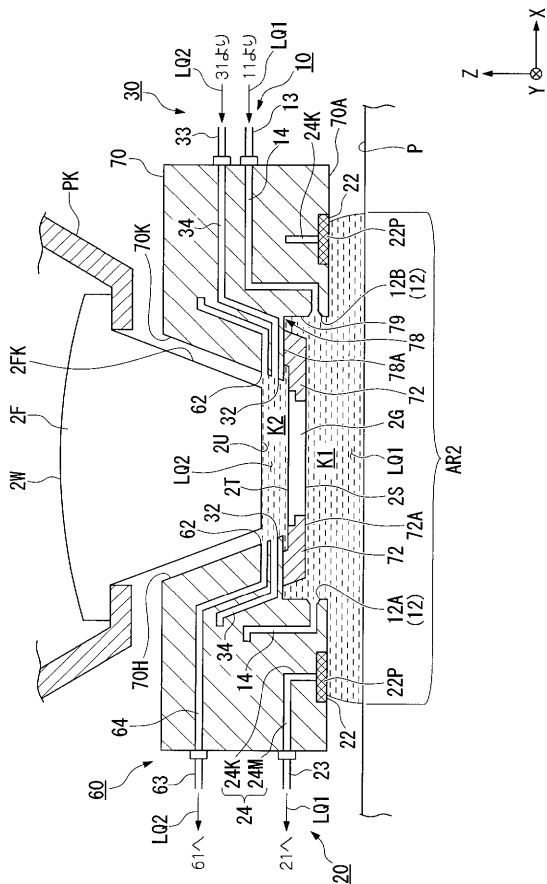
【 図 3 】



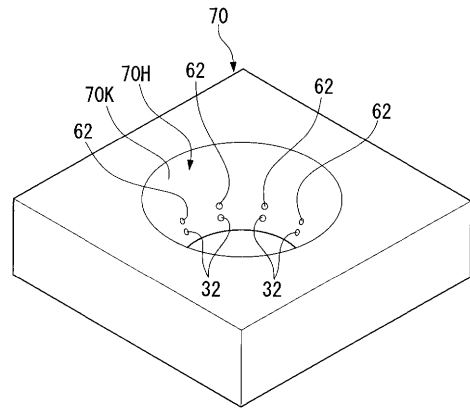
【 図 4 】



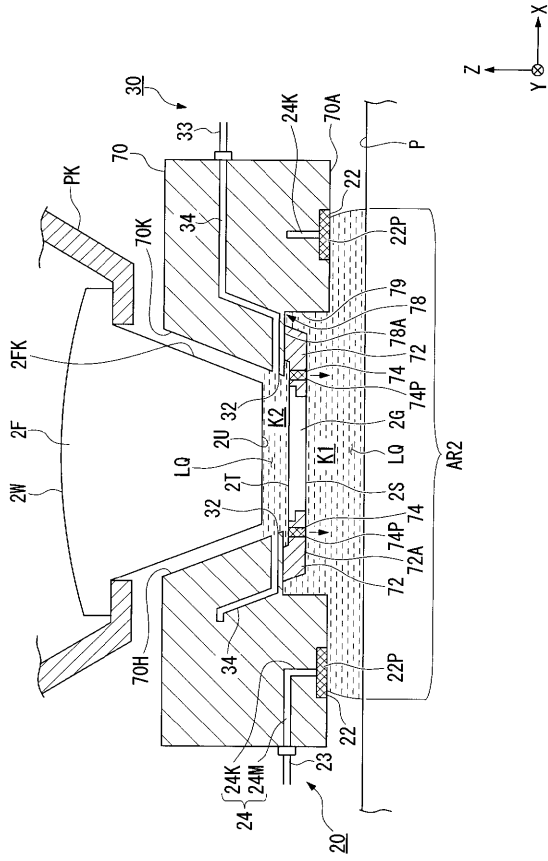
【 図 5 】



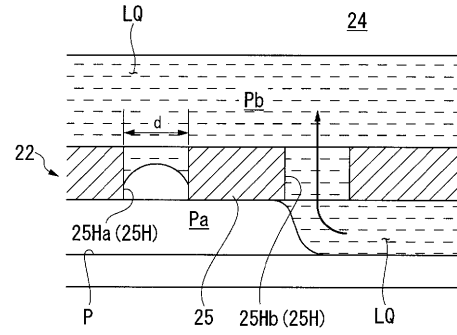
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】

