

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5024419号
(P5024419)

(45) 発行日 平成24年9月12日 (2012. 9. 12)

(24) 登録日 平成24年6月29日 (2012. 6. 29)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 L 21/027 (2006. 01)	HO 1 L 21/30 5 1 5 D
GO 3 F 7/20 (2006. 01)	HO 1 L 21/30 5 1 5 G
HO 1 L 21/683 (2006. 01)	GO 3 F 7/20 5 2 1
	HO 1 L 21/68 N

請求項の数 27 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2010-101430 (P2010-101430)	(73) 特許権者	000004112
(22) 出願日	平成22年4月26日 (2010. 4. 26)		株式会社ニコン
(62) 分割の表示	特願2004-226583 (P2004-226583)		東京都千代田区有楽町 1 丁目 1 2 番 1 号
原出願日	平成16年8月3日 (2004. 8. 3)	(74) 代理人	100064908
(65) 公開番号	特開2010-199606 (P2010-199606A)		弁理士 志賀 正武
(43) 公開日	平成22年9月9日 (2010. 9. 9)	(74) 代理人	100108578
審査請求日	平成22年4月26日 (2010. 4. 26)		弁理士 高橋 詔男
		(74) 代理人	100107836
			弁理士 西 和哉
		(72) 発明者	村山 正幸
			東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号 株
			式会社ニコン内
		審査官	長井 真一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 露光装置、液体供給方法、及びデバイス製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板に露光光を照射して、基板を露光する液浸露光装置において、
液体を回収する液体回収機構と、
前記液体回収機構によって回収された液体の酸性度を計測する計測装置と、
前記計測装置の計測結果に基づいて、前記基板上に供給された液体に接触する液体接触面に機能液を供給する機能液供給装置と、を備えた
露光装置。

【請求項 2】

前記液体接触面に供給された前記機能液は、前記液体接触面の酸性度を低下させる
請求項 1 に記載の露光装置。

10

【請求項 3】

前記液体接触面に供給された前記機能液は、前記液体接触面の酸性度を中和可能である
請求項 1 又は 2 に記載の露光装置。

【請求項 4】

前記基板を保持する基板ステージをさらに備え、
前記液体接触面は、前記基板ステージの上面を含む
請求項 1 から 3 のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項 5】

前記基板が対向するように配置されたノズル部材、を備え、

20

前記液体接触面は、前記基板と対向する前記ノズル部材の下面を含む
請求項 1 から 4 のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項 6】

前記機能液は、前記ノズル部材の供給流路を介して供給される
請求項 5 記載の露光装置。

【請求項 7】

前記機能液供給装置は、基板に照射される露光光が通過する液体を送出する液体供給部に前記機能液を流す
請求項 6 に記載の露光装置。

【請求項 8】

前記機能液供給部は、基板に照射される露光光が通過する液体を送出する液体供給部の下流に接続されている
請求項 6 又は 7 に記載の露光装置。

【請求項 9】

前記ノズル部材は、前記基板が対向する下面に液体供給口を有し、
前記機能液は、前記液体供給口から供給される
請求項 5 から 8 のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項 10】

前記ノズル部材は、前記基板が対向する下面に液体回収口を有し、
前記機能液は、前記液体回収口から回収される
請求項 5 から 9 のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項 11】

前記基板の露光中に、前記基板上に供給された液体が前記液体回収口から回収される
請求項 10 記載の露光装置。

【請求項 12】

前記液体回収機構は、前記液体回収口を有する
請求項 10 又は 11 に記載の露光装置。

【請求項 13】

前記液体回収機構は、前記基板の露光中に、前記基板上に供給された液体を回収する液体回収口を有する
請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 14】

前記機能液は、前記液体回収口から回収される
請求項 13 記載の露光装置。

【請求項 15】

前記液体回収機構は、回収した液体に含まれる所定物質を低減又は除去するための除去装置を有する
請求項 1 ～ 14 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 16】

前記除去装置は、前記液体回収機構によって回収された液体が流れる流路の所定位置に設けられたフィルタ部材を含む
請求項 15 に記載の露光装置。

【請求項 17】

基板を露光する液浸露光装置における液体供給方法において、
液体を回収することと、
前記回収により回収された液体の酸性度を計測することと、
前記計測の計測結果に基づいて、前記基板上に供給された液体に接触する液体接触面に機能液を供給することと、を含む
液体供給方法。

【請求項 18】

前記液体接触面に供給された前記機能液は、前記液体接触面の酸性度を低下させる
請求項 17 に記載の液体供給方法。

【請求項 19】

前記液体接触面に供給された前記機能液は、前記液体接触面の酸性度を中和可能である
請求項 17 又は 18 に記載の液体供給方法。

【請求項 20】

前記液浸露光装置は、前記基板を支持する基板ステージを備え、
前記機能液は、前記基板ステージに接触する
請求項 17 から 19 のいずれか一項に記載の液体供給方法。

【請求項 21】

前記液浸露光装置は、前記基板が対向するように配置されたノズル部材を備え、
前記機能液は、前記ノズル部材に接触する
請求項 17 から 20 のいずれか一項に記載の液体供給方法。

【請求項 22】

前記機能液は、前記ノズル部材の供給流路を介して供給される
請求項 21 に記載の液体供給方法。

【請求項 23】

前記ノズル部材は、前記基板が対向する下面に液体供給口を有し、
前記機能液は、前記液体供給口から供給される
請求項 21 又は 22 に記載の液体供給方法。

【請求項 24】

前記ノズル部材は、前記基板が対向する下面に液体回収口を有し、
前記機能液は、前記液体回収口から回収される
請求項 21 から 23 のいずれか一項に記載の液体供給方法。

【請求項 25】

前記機能液は、ダミー基板上に供給される
請求項 17 から請求項 24 のいずれか一項に液体供給方法。

【請求項 26】

請求項 1 から 16 のいずれか一項に記載の露光装置を用いるデバイス製造方法。

【請求項 27】

請求項 17 から 25 のいずれか一項に記載の液体供給方法を用いるデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、液体を介して基板を露光する露光装置、液体供給方法、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δはそれぞれ以下の式で表される。

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

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

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 δ が狭くなることが分かる。

【0003】

焦点深度 δ 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1.2～1.6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。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】国際公開第99/49504号パンフレット

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

20

ところで、上記特許文献1に開示されているように、基板上に形成された液浸領域の液体は液体回収機構によって回収されるが、基板上には感光材が被覆されているため、液体回収機構は感光材に接触した液体を回収することとなる。その場合、液体が基板上から発生した物質を含むと、その物質を含んだ液体によって液体回収機構の液体接触面が腐食する等の影響を受ける可能性があり、ひいては装置寿命が劣化するおそれがある。

【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、回収した液体から受ける影響が抑えられた液体回収機構を備える液浸露光装置、及びその露光装置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】

30

【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7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。

【0008】

本発明の露光装置(EX)は、液体(LQ)を介して基板(P)を露光する露光装置において、液体(LQ)を回収する液体回収機構(20、40、80)を備え、液体回収機構(20、40、80)のうち、回収された液体(LQ)に接触する液体接触面(23A等)の少なくとも一部は、液体(LQ)に対して耐腐食性を有することを特徴とする。

【0009】

40

基板上に被覆された感光材には酸が含有されている場合が多く、その感光材に液体が接触すると液体中に酸が含まれる可能性がある。そして、その酸を含んだ液体を液体回収機構が回収すると、液体回収機構の液体接触面が腐食する(錆びる)可能性が高くなるが、本発明によれば、液体回収機構のうち、回収された液体に接触する液体接触面は液体に対して耐腐食性を有しているので、酸を含んだ液体による腐食を防止することができる。したがって、装置寿命を向上することができる。

【0010】

また本発明の露光装置(EX)は、液体(LQ)を介して基板(P)を露光する露光装置において、液体(LQ)を回収する液体回収機構(20、40、80)を備え、液体回収機構(20、40、80)は、回収した液体(LQ)中に含まれる所定物質を低減又は

50

除去するための除去装置（２９）を有することを特徴とする。

【００１１】

本発明によれば、除去装置によって、回収した液体に含まれる所定物質を低減又は除去することができるので、液体中に酸等の腐食性物質が含まれていても、その物質を除去装置で除去することができる。したがって、液体回収機構が所定物質を含んだ液体から受ける影響を抑えることができ、装置寿命を向上することができる。

【００１２】

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、装置寿命を向上された液体回収機構を有する液浸露光装置を使って、10

【発明の効果】

【００１３】

本発明によれば、回収した液体から受ける影響を抑え、液体回収機構の寿命を向上することができる。

【図面の簡単な説明】

【００１４】

【図１】露光装置の一実施形態を示す概略構成図である。

【図２】液浸機構を説明するための図１の拡大図である。

【図３】配管系の一実施形態を示す模式図である。

【図４】配管系の一実施形態を示す模式図である。20

【図５】液体回収機構の別の例を示す図である。

【図６】露光装置の別の実施形態を示す概略構成図である。

【図７】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。

【発明を実施するための形態】

【００１５】

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は露光装置ＥＸの一実施形態を示す概略構成図である。

【００１６】

図１において、露光装置ＥＸは、マスクＭを支持して移動可能なマスクステージＭＳＴと、基板Ｐを保持する基板ホルダＰＨを有し、基板ホルダＰＨに基板Ｐを保持して移動可能な基板ステージ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。制御装置ＣＯＮＴには、露光処理に関する各種情報を記憶した記憶装置ＭＲＹが接続されている。また、制御装置ＣＯＮＴには、露光処理に関する情報を報知する報知装置ＩＮＦが接続されている。報知装置ＩＮＦは、ディスプレイ装置（表示装置）、音又は光を使って警報（警告）を発する警報装置等を含んで構成されている。30

【００１７】

本実施形態の露光装置ＥＸは、露光波長を実質的に短くして解像度を向上するとともに焦点深度を実質的に広くするために液浸法を適用した液浸露光装置であって、基板Ｐ上に液体ＬＱの液浸領域ＡＲ２を形成するための液浸機構１を備えている。液浸機構１は、基板Ｐ上に液体ＬＱを供給する液体供給機構１０と、基板Ｐ上の液体ＬＱを回収する液体回収機構２０と、投影光学系ＰＬの像面側近傍に配置されたノズル部材７０とを備えている。ノズル部材７０の下面７０Ａには、液体供給機構１０の一部を構成する液体供給口１２と、液体回収機構２０の一部を構成する液体回収口２２とが設けられている。また、露光装置ＥＸは、液体回収機構２０で回収した液体ＬＱの酸性度を計測する計測装置６０を備えている。また、液体供給機構１０は、液浸領域ＡＲ２を形成するための液体ＬＱとは別の所定の機能を有する機能液を供給可能な機能液供給装置９０を含んで構成されている。40

【００１８】

本実施形態において、液体LQ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LQ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、投影領域AR1よりも大きく且つ基板Pよりも小さい液浸領域AR2を局所的に形成する。具体的には、露光装置EXは、液浸機構1を使って、投影光学系PLの像面側先端部の光学素子2と基板Pの表面（被露光面）との間に液体LQを満たし、この投影光学系PLと基板Pとの間の液体LQ及び投影光学系PLを介してマスクMのパターン像を基板P上に投影することによって、基板Pを露光する。

【0019】

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軸まわりの回転（傾斜）方向をそれぞれ、 θX 、 θY 、及び θZ 方向とする。なお、ここでいう「基板」は半導体ウエハ等の基材上に感光材（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。

【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上の照明領域を設定する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248nm）等の遠紫外光（DUV光）や、ArFエキシマレーザ光（波長193nm）及びF₂レーザ光（波長157nm）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LQ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248nm）等の遠紫外光（DUV光）も透過可能である。

【0021】

マスクステージMSTは、マスクMを保持して移動可能であって、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 θZ 方向に微小回転可能である。マスクステージMSTはリニアモータ等を含んで構成されるマスクステージ駆動装置MSTDにより駆動される。マスクステージ駆動装置MSTD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31が設けられている。また、移動鏡31に対向する位置にはレーザ干渉計32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32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32の計測結果に基づいてマスクステージ駆動装置MSTD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。

【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 β 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、投影光学系PLは、投影倍率 β 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PLは等倍系及び拡大系のいずれでもよい。投影光学系PLの先端部

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 L Q は光学素子 2 に接触する。

【0023】

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 とを備えている。X Y ステージ 5 3 はベース B P 上に支持されている。基板ステージ P S T はリニアモータ等を含んで構成される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。Z ステージ 5 2 は基板ホルダ P H に保持されている基板 P を Z 軸方向、及び θX 、 θY 方向（傾斜方向）に移動可能である。X Y ステージ 5 3 は基板ホルダ P H に保持されている基板 P を Z ステージ 5 2 を介して X Y 方向（投影光学系 P L の像面と実質的に平行な方向）、及び θZ 方向に移動可能である。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。

10

【0024】

Z ステージ 5 2（基板ステージ P S T）上には凹部 5 0 が設けられており、基板ホルダ P H は凹部 5 0 に配置されている。また、Z ステージ 5 2 は、基板ホルダ P H に保持された基板 P の周囲に配置された上面 5 1 を有している。Z ステージ 5 2（基板ステージ P S T）の上面 5 1 は、基板ホルダ P H に保持された基板 P の表面とほぼ同じ高さ（面一）となる平坦面となっている。基板 P のエッジ部とその基板 P の周囲に設けられた上面 5 1 との間には 0.1 ~ 1 mm 程度の隙間があるが、液体 L Q の表面張力によりその隙間に液体 L Q が流れ込むことはほとんどない。

20

【0025】

Z ステージ 5 2（基板ステージ P S T）の側面には移動鏡 3 3 が設けられている。また、移動鏡 3 3 に対向する位置にはレーザ干渉計 3 4 が設けられている。基板ステージ P S T 上の基板 P の 2 次元方向の位置、及び回転角はレーザ干渉計 3 4 によりリアルタイムで計測され、計測結果は制御装置 C O N T に出力される。制御装置 C O N T はレーザ干渉計 3 4 の計測結果に基づいて、レーザ干渉計 3 4 で規定される 2 次元座標系内で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ホルダ P H に保持されている基板 P の X 軸方向及び Y 軸方向における位置決めを行う。

【0026】

また、露光装置 E X は、不図示ではあるが、例えば特開平 8-37149 号公報に開示されているような、斜入射方式のフォーカス検出系を備えている。フォーカス検出系は、基板 P の表面の面位置情報を検出するものであって、投影光学系 P L 及び液体 L Q を介した像面に対する基板 P の表面の Z 軸方向における位置（フォーカス位置）、及び基板 P の傾斜方向（ θX 、 θY 方向）の姿勢を求める。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 θX 、 θY 方向における位置を制御する。Z ステージ 5 2 は、フォーカス検出系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 L Q を介して形成される像面に合わせ込む。

30

40

【0027】

次に、図 2 を参照しながら液浸機構 1 について説明する。液浸機構 1 の液体供給機構 1 0 は、所定の液体 L Q を投影光学系 P L の像面側に供給するためのものであって、液体 L Q を送出可能な液体供給部 1 1 と、液体供給部 1 1 にその一端部を接続する供給管 1 3 とを備えている。供給管 1 3 の他端部はノズル部材 7 0 に接続されている。液体供給部 1 1 は、液体 L Q を収容するタンク、加圧ポンプ、液体 L Q 中に含まれる気泡や異物を取り除くフィルタユニット、及び供給する液体 L Q の温度を調整する温調装置等を備えている。また本実施形態においては、液体供給部 1 1 は純水製造装置を含んで構成されている。

【0028】

液体回収機構 2 0 は、投影光学系 P L の像面側の液体 L Q を回収するためのものであ

50

て、真空系 26 と、真空系 26 にその一端部を接続する回収管 23 とを備えている。回収管 23 の他端部はノズル部材 70 に接続されている。なお真空系として、露光装置 EX に真空ポンプ等を設けずに、露光装置 EX が配置される工場の真空系を用いるようにしてもよい。また、回収管 23 の途中には気液分離器 25 が設けられており、気液分離器 25 には、第 2 回収管 27 を介して液体回収部 21 が接続されている。液体回収部 21 は、回収された液体 LQ を収容するタンク等を備えている。

【0029】

ノズル部材 70 は、基板 P（基板ステージ PST）の上方において、光学素子 2 の側面を囲むように設けられた環状部材である。ノズル部材 70 と光学素子 2 との間には隙間が設けられており、ノズル部材 70 は光学素子 2 に対して振動的に分離されるように所定の支持機構で支持されている。ノズル部材 70 の下面 70A は、基板 P の表面（基板ステージ PST の上面 51）と対向している。

【0030】

ノズル部材 70 の下面 70A には、基板 P 上（基板ステージ PST 上）に液体 LQ を供給する液体供給口 12 が設けられている。液体供給口 12 はノズル部材 70 の下面 70A に複数設けられている。また、ノズル部材 70 の内部には、供給管 13 と液体供給口 12 のそれぞれとを接続する供給流路 14 が形成されている。供給流路 14 の一端部は継手 13T を介して供給管 13 の他端部に接続されており、他端部は複数の液体供給口 12 のそれぞれに接続可能なように途中から分岐している。

【0031】

更に、ノズル部材 70 の下面 70A には、基板 P 上（基板ステージ PST 上）の液体 LQ を回収する液体回収口 22 が設けられている。液体回収口 22 は、ノズル部材 70 の下面 70A において、複数の液体供給口 12 を囲むように、光学素子 2 に対して外側に環状に設けられている。また、液体回収口 22 には多孔体 22P が設けられている。また、ノズル部材 70 の内部には、回収管 23 と液体回収口 22 とを接続する回収流路 24 が形成されている。回収流路 24 の一端部は継手 23T を介して回収管 23 の他端部に接続されており、他端部は環状の液体回収口 22 に対応するように形成されている。すなわち、回収流路 24 は、液体回収口 22 に対応するように環状に形成された環状流路 24K と、環状流路 24K の一部と回収管 23 の他端部とを接続するマニホールド流路 24M とを備えた構成となっている。

【0032】

液体供給機構 10 及び液体回収機構 20 の動作は制御装置 CONT に制御される。基板 P 上に液体 LQ を供給する際、制御装置 CONT は、液体供給機構 10 の液体供給部 11 を駆動して液体 LQ を送出し、供給管 13、及びノズル部材 70 の供給流路 14 を介して、基板 P の上方に設けられている液体供給口 12 より基板 P 上に液体 LQ を供給する。ここで、上述したように、液体供給部 11 は純水製造装置を含んで構成されており、純水製造装置でクリーン化した液体 LQ を基板 P 上に供給する。上記純水製造装置は、例えば水道水や液体回収機構 20 より戻された液体 LQ をクリーン化する。なお純水製造装置として、露光装置 EX に純水製造装置を設けずに、露光装置 EX が配置される工場の純水製造装置を用いるようにしてもよい。

【0033】

また、基板 P 上の液体 LQ を回収する際、制御装置 CONT は、液体回収機構 20 の真空系 26 を駆動する。真空系 26 が駆動することにより、基板 P 上の液体 LQ は液体回収口 22 を介して回収され、回収流路 24 及び回収管 23 を流れる。回収管 23 の途中には気液分離器 25 が設けられており、気液分離器 25 で分離された気体成分は真空系 26 に吸引され、液体成分は第 2 回収管 27 を介して液体回収部 21 に回収される。このように、気液分離器 25 を設けたことにより、真空系 26 に液体成分が流入する不都合を防止できる。また、液体回収部 21 に回収された液体 LQ は、配管 28 を介して、例えば廃棄されたり、液体供給機構 10（液体供給部 11 の純水製造装置）に戻されて再利用される。本実施形態においては、液体回収機構 20 の液体回収部 21 と液体供給機構 10 の液体供

10

20

30

40

50

給部 11 とは配管 28 によって接続されており、液体回収部 21 に回収された液体 LQ は、配管 28 を流れて液体供給部 11 の純水製造装置に戻される。

【0034】

ところで、液体回収機構 20 は、ノズル部材 70 の液体回収口 22 を介して基板 P に接触した液体 LQ を回収するが、図 2 に示すように、基板 P を構成する基材 P_b の上面には感光材 P_g が被覆されている。そのため、液体回収機構 20 は感光材 P_g に接触した液体 LQ を回収することとなる。液体 LQ と感光材 P_g とが接触することにより、その液体 LQ 中に感光材 P_g の一部が溶出する可能性がある。感光材 P_g には硫酸やカルボン酸をはじめとする酸が含有されているため、液体 LQ と感光材 P_g とが接触することにより、その液体 LQ 中に酸が含まれる可能性がある。そのため、基板 P に接触し、酸を含んだ液体 LQ が液体回収機構 20 に回収されると、液体回収機構 20 のうち、例えば回収管 23 の内壁面など、回収された液体 LQ に接触する液体接触面が酸によって腐食する可能性がある。

10

【0035】

本実施形態においては、図 3 に示すように、基板 P に接触した液体 LQ と接触する内壁面 23A を有する回収管 23 は、液体 LQ に対して耐腐食性を有する材料 S で形成されている。耐腐食性を有する材料 S としては、例えばポリ四フッ化エチレン（テフロン（登録商標））等のフッ素系樹脂、あるいはステンレス鋼等が挙げられる。具体的には、回収管 23 は、例えばフッ素系樹脂製のチューブ、あるいはステンレス製の管部材によって構成可能である。回収管 23 をフッ素系樹脂あるいはステンレス鋼を含む材料 S で形成することにより、酸を含んだ液体 LQ と回収管 23 の内壁面 23A とが接触しても、回収管 23 が腐食したり錆びたりする不都合を防止できる。したがって、回収管 23 の耐腐食性を向上でき、長寿命化を図ることができる。

20

【0036】

あるいは、図 4 に示すように、回収管 23 を構成する母材の内壁面 23A' に、上記材料 S を被覆するようにしてもよい。こうすることによっても、回収管 23 が腐食する不都合を防止できる。

【0037】

図 2 に戻って、回収管 23 の途中から分岐した分岐管 23K には、液体 LQ の酸性度を計測可能な計測装置 60 が接続されている。計測装置 60 は、例えば pH（ペーハー）モニタを含んで構成されている。液体回収口 22 から回収された液体 LQ は、回収管 23 を流れ、その殆どは液体回収部 21 に回収されるが、残りの一部は分岐管 23K を介して計測装置 60 に流入する。計測装置 60 は、液体回収口 22 より回収されて回収管 23 及び分岐管 23K を流れた液体 LQ の酸性度を計測する。

30

【0038】

本実施形態においては、計測装置 60 は、回収管 23 の途中から分岐する分岐管 23K を流れる液体 LQ の酸性度を計測するようになっている。このような計測を採用することにより、計測装置 60 には液体 LQ が常時供給されるため、計測装置 60 は液体 LQ の酸性度を露光中及び露光前後において常時計測することが可能な構成となっている。すなわち、計測装置 60 は、基板 P に対する液浸露光動作と並行して、液体 LQ を計測可能である。計測装置 60 の計測結果は制御装置 CONT に出力される。制御装置 CONT は、計測装置 60 の計測結果に基づいて、基板 P 上より液体回収口 22 を介して回収された液体 LQ の酸性度を常時モニタ可能である。計測装置 60 の計測結果は報知装置 INF で報知（表示）される。なお、計測装置 60 の設置位置としては、例えば液体回収口 22 の近傍であってもよい。

40

【0039】

機能液供給装置 90 は、液浸領域 AR2 を形成するための液体 LQ とは別の所定の機能を有する機能液 LK を供給するものであって、供給管 15 を介して液体供給部 11 に接続されている。本実施形態においては、機能液供給装置 90 は、液体 LQ が流れる配管系の内壁の酸性度（pH）を調整可能な（中和可能な）機能を有するアルカリ性の液体（機能

50

液) L Kを供給する。供給管 1 5 には、その供給管 1 5 の流路を開閉するバルブ 1 5 B が設けられている。制御装置 C O N T は、計測装置 6 0 の計測結果に基づいて、機能液供給装置 9 0 の動作を制御する。

【0040】

次に、上述した構成を有する露光装置 E X を用いて基板 P を露光する手順について説明する。

【0041】

露光処理対象である基板 P が基板ステージ P S T にロードされると、制御装置 C O N T は液浸機構 1 を駆動し、基板 P 上に液体 L Q の液浸領域 A R 2 を形成する。制御装置 C O N T は、照明光学系 I L によりマスク M を露光光 E L で照明し、その露光光 E L で照明されたマスク M のパターン像を投影光学系 P L 及び液体 L Q を介して基板 P 上に形成する。

10

【0042】

液体回収口 2 2 を介して回収された液体 L Q は回収管 2 3 を流れるが、図 3 や図 4 を参照して説明したように、回収管 2 3 のうち液体 L Q と接触する内壁面 2 3 A は、液体 L Q に対して耐腐食性を有する材料 S で形成されているので、液体 L Q に酸が含有している場合であっても、回収管 2 3 の腐食を防止することができる。

【0043】

また、液体回収機構 2 0 を構成する配管系のうち、回収管 2 3 の他に、分岐管 2 3 K や第 2 回収管 2 7 を材料 S で形成したり、あるいは分岐管 2 3 K や第 2 回収管 2 7 の内壁面に材料 S を被覆することができる。あるいは、液体回収機構 2 0 と液体回収機構 1 0 とを接続する配管 2 8 を材料 S で形成したり、その内壁面を材料 S で被覆することができる。

20

【0044】

また、本実施形態においては、基板ステージ P S T は、基板ステージ P S T (基板ホルダ P H) に保持された基板 P の周囲に、基板 P 表面とほぼ面一となる平坦面 (上面) 5 1 を有している。また、ノズル部材 7 0 の下面 7 0 A 及び光学素子 2 の下面 2 A のそれぞれはほぼ平坦面であって、ノズル部材 7 0 の下面 7 0 A と光学素子 2 の下面 2 A とはほぼ面一となっている。これにより、ノズル部材 7 0 の下面 7 0 A 及び光学素子 2 の下面 2 A と、基板 P (基板ステージ P S T) との間の所望の範囲内で液浸領域 A R 2 を良好に形成することができる。そして、これらノズル部材 7 0 の下面 7 0 A や基板ステージ P S T の上面 5 1、あるいはノズル部材 7 0 のうち液体回収口 2 2 に接続する回収流路 2 4 の内壁面にも、基板 P に接触した液体 L Q が接触するが、ノズル部材 7 0 をステンレス鋼で形成したり、あるいは基板ステージ P S T の上面 5 1 にフッ素系樹脂を被覆することで、これらノズル部材 7 0 の下面 7 0 A や回収流路 2 4 の内壁面、基板ステージ P S T の上面 5 1 も液体 L Q に対して耐腐食性にすることができる。なお本実施形態においては、ノズル部材 7 0 A の下面 7 0 A は平坦面であって光学素子 2 の下面 2 A とほぼ面一であるが、液浸領域 A R 2 が良好に形成できれば、ノズル部材 7 0 の下面 7 0 A に段差が存在してもよいし、ノズル部材 7 0 の下面 7 0 A と光学素子 2 の下面 2 A との間に段差が存在してもよい。

30

【0045】

なお、液体回収機構 2 0 のうち、上述したような液体 L Q に接触する液体接触面に材料 S を被覆するための処理としては、例えば材料 S を液体接触面に塗布する処理や、材料 S からなる薄膜を貼付する処理等が挙げられる。

40

【0046】

以上説明したように、液体回収機構 2 0 のうち、回収された液体 L Q に接触する液体接触面を液体 L Q に対して耐腐食性することで、酸を含んだ液体 L Q による腐食を防止して耐久性を向上し、装置寿命を向上することができる。

【0047】

なお、上述した実施形態においては、液体回収機構 2 0 の液体接触面を材料 S で形成しているが、液体供給機構 1 0 の液体接触面を材料 S で形成してもよい。

【0048】

なお、上述した実施形態においては、感光材 P g からは液体 L Q 中に酸が溶出するよう

50

に説明したが、上述した酸以外の物質（例えばアミン系物質）が液体中に溶出する可能性もあり、その物質が液体回収機構 20 の液体接触面に影響を及ぼす可能性もある。そのような場合には、液体回収機構 20 の液体接触面を形成する材料 S を、感光材 P g に応じて（感光材 P g から液体 L Q 中に溶出する材料に応じて）適宜選定すればよい。

【0049】

また、上述した実施形態において、基材 P b 上に被覆された感光材 P g を更に覆うように感光材 P g とは別の材料からなる膜（トップコート膜）を設け、感光材 P g と液体 L Q との接触を防止するようにしてもよい。そのような場合には、液体回収機構 20 の液体接触面を形成する材料 S を、前記トップコート膜に応じて適宜選定すればよい。

【0050】

上述した実施形態においては、基板 P の上方から液体 L Q を回収する液体回収機構 20 の液体接触面を液体 L Q に対して耐腐食性に行っているが、図 5 に示すような、基板 P の下方において液体 L Q を回収する第 2、第 3 液体回収機構 40、80 の液体接触面を、液体 L Q に対して耐腐食性に行ってもよい。ここで、第 2、第 3 液体回収機構 40、80 は、上記液体回収機構 20 同様、基板 P に接触した液体 L Q を回収する。

【0051】

図 5 において、基板ホルダ P H は、基材 49 と、その基材 49 上に設けられ、基板 P の裏面 P c のエッジ領域に対向するように環状に形成された上面 42 A を有する周壁部 42 と、基材 49 上において周壁部 42 の内側に配置された複数のピン状部材からなる支持部 43 とを備えている。また、基材 49 上において周壁部 42 の内側には、基材 49 と周壁部 42 と基板 P とで囲まれた空間 41 の気体を吸引する複数の吸引口 44 が設けられている。吸引口 44 のそれぞれは流路 48 を介して真空系 46 に接続されている。真空系 46 が駆動することにより、吸引口 44 を介して空間 41 の気体が吸引され、その空間 41 が負圧化され、これにより基板 P が支持部 43 に吸着保持される。すなわち、基板ホルダ P H は所謂ピンチャック機構を有した構成となっている。

【0052】

そして、第 2 液体回収機構 40 は、流路 48 を介して吸引口 44 に接続された上記真空系 46 と、流路 45 の途中に設けられた気液分離器 45 と、気液分離器 45 に接続された液体回収部 47 とを含んで構成されている。

【0053】

例えば基板 P 上のエッジ領域などを液浸露光するとき、液体 L Q の液浸領域 A R 2 が、基板ホルダ P H に保持された基板 P 表面のエッジ部とその周囲の基板ステージ P S T（Z ステージ 52）の上面 51 との間に形成されたギャップ A 上に配置される場合がある。その場合、ギャップ A から浸入した液体 L Q が、基板 P の裏面 P c と周壁部 42 の上面 42 A との間のギャップを介して、基板 P の裏面 P c 側に回り込む可能性がある。第 2 液体回収機構 40 は、そのギャップ A から浸入し、基板 P の裏面 P c 側に回り込んだ液体 L Q を回収するものであって、基板 P の裏面側に回り込んだ液体 L Q は、吸引口 44 より回収され、流路 48 を流れて気液分離器 45 に流入する。気液分離器 45 で分離された気体成分は真空系 46 に吸引され、液体成分は液体回収部 47 に回収される。

【0054】

そして、図 5 に示した実施形態においては、基板 P に接触した液体 L Q に接触する基板ステージ P S T の凹部 50 の内側の内壁面 56 や、周壁部 42 の上面 42 A、支持部 43 の表面、基材 49 の上面、吸引口 44 近傍、流路 48 の内壁面などが、液体 L Q に対して耐腐食性を有している。

【0055】

また、図 5 においては、基板ステージ P S T の上面 51 よりも外側に流出した液体 L Q を保持するための保持部材 81 が、基板ステージ P S T（Z ステージ 52）の側面に設けられている。保持部材 81 は Z ステージ 52 の周りを囲むように形成された樋部材である。また、その保持部材 81 には吸引口 84 が形成されており、その吸引口 84 は流路 88 を介して真空系 86 が接続されている。

10

20

30

40

50

【0056】

第3液体回収機構80は、上記保持部材81、この保持部材81に形成された吸引口84に流路88を介して接続された真空系86、流路88の途中に設けられた気液分離器85、及び気液分離器85に接続された液体回収部87等を含んで構成されており、基板ステージPSTの外側に流出した液体LQを回収する。基板ステージPSTの外側に流出し、重力作用によって保持部材81に捕集された液体LQは、真空系86の駆動により、吸引口84を介して回収される。吸引口84を介して回収された液体LQは流路88を流れて気液分離器85に流入する。気液分離器85で分離された気体成分は真空系86に吸引され、液体成分は液体回収部87に回収される。

【0057】

そして、図5に示した実施形態においては、液体LQに接触する基板ステージPSTの上面51や、保持部材81の吸引口84近傍を含む液体接触面、流路88の内壁面などが、液体LQに対して耐腐食性を有している。

【0058】

ところで、上述したように、露光装置EXは、液体回収口22を介して回収された液体LQの酸性度を計測する計測装置60を備えており、計測装置60は、基板Pの露光中及び露光前後において液体LQの酸性度を常時モニタ可能である。そこで、計測装置60の計測値が予め定められた許容値以上になったときに、制御装置CONTは、液体供給機構10による液浸露光用の液体LQの供給を停止し、バルブ28Bを駆動して配管28の流路を閉じるとともに、バルブ15Bを駆動して供給管15の流路を開け、機能液供給装置90より機能液LKを供給する。上記許容値に関する情報は記憶装置MRYに予め記憶されており、制御装置CONTは、計測装置60の計測結果と、記憶装置MRYに記憶されている許容値に関する情報とに基づいて、機能液供給装置90を制御する。

【0059】

本実施形態においては、回収管23の内壁面23Aなど液体回収機構20の液体LQとの接触面の酸性度を低下して中和するために、機能液供給装置90は、アルカリ性の液体からなる機能液LKを供給する。

【0060】

制御装置CONTは、機能液LKを供給するために、機能液供給装置90と液体供給部11とを接続する供給管15に設けられたバルブ15Bを駆動して供給管15の流路を開けるとともに、配管28の流路をバルブ28Bを使って閉じる。こうすることにより、機能液供給装置90から液体供給部11に対して機能液LKが供給される。機能液供給装置90から供給された機能液LKは、液体供給部11を介して供給管13に供給され、ノズル部材70の供給流路14を流れた後、液体供給口12より投影光学系PLの像面側に供給される。

【0061】

なお、機能液供給装置90が機能液LKを投影光学系PLの像面側に供給しているときには、基板ステージPST（基板ホルダPH）上には、ダミー基板を保持しておくことが好ましい。ダミー基板は、デバイス製造のための基板Pとほぼ同じ大きさ及び形状を有している。機能液供給装置90から送出された機能液LKは、液体供給口12よりダミー基板上に供給され、投影光学系PLの像面側に液浸領域を形成する。また、機能液供給装置90から機能液LKが供給されているとき、液浸露光動作時と同様、液体回収機構20は液体回収動作を行っている。したがって、投影光学系PLの像面側に形成された液浸領域の機能液LKは、液体回収口22を介して回収され、回収流路24及び回収管23、第2回収管27を流れた後、液体回収部21に回収される。回収流路24や回収管23などを機能液LKが流れることにより、回収管23の内壁面23Aなどの酸性度を調整（中和）することができる。したがって、酸に起因する回収管23の腐食を更に確実に防止することができる。また、機能液LKの液浸領域を形成しているときに、基板ステージPSTをXY方向に移動し、機能液LKと基板ステージPSTの上面51とを接触させることにより、上面51の酸性度も調整（中和）することができる。また、機能液LKとノズル部材

10

20

30

40

50

70の下面70Aとが接触することにより、その下面70Aの酸性度も調整（中和）することができる。そして、上述した実施形態においては、液浸露光動作時と同様の手順で、機能液LKの液浸領域形成動作を行っているので、液体回収機構20の液体接触面の酸性度を効率良く調整することができる。

【0062】

また、機能液LKを流すことによる中和処理が完了した後、計測装置60を使って液体LQを計測することで、中和処理が良好に行われたか否かを確認することができる。

【0063】

なお、上述した実施形態においては、計測装置60の計測結果に基づいて、機能液供給装置90を含む液体供給機構10の動作を制御して中和処理を行うように説明したが、計測装置60の計測結果によらずに、例えば所定時間間隔毎（例えば1ヶ月毎、1年毎）に中和処理を行う構成とすることももちろん可能である。

【0064】

また、制御装置CONTは、計測装置60の計測値が予め定められた許容値を超えたとき、その旨を報知装置INFで報知するようにしてもよい。報知装置INFの報知によって、オペレータが、例えば回収管23を含む配管系の中和作業を行ったり、あるいは配管系の交換作業を行うことができる。

【0065】

なお、上述した実施形態においては、機能液LKを流す処理（中和処理）と、液浸露光処理とは別々に行われているが、機能液LKが、液浸露光用の液体として使用可能であれば、液浸露光するための液浸領域AR2を機能液LKで形成してもよい。この場合、中和処理と液浸露光処理とは一緒に行われる構成となる。

【0066】

また、上述した実施形態においては、機能液供給装置90は液体供給部11にも機能液LKを流す構成であるが、供給管13の途中と機能液供給装置90とを接続し、その接続部よりも下流に機能液LKを供給する構成とすることもできる。

【0067】

図6は別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。

【0068】

図6において、液体回収機構20は、回収した液体LQに含まれる所定物質を低減又は除去する除去装置を構成するフィルタ部材29を備えている。フィルタ部材29は、液体回収口22より回収された液体LQが流れる流路の所定位置に設けられている。図6の実施形態では、フィルタ部材29は、液体回収口22より回収された液体LQが流れる回収管23の途中に設けられているが、例えばノズル部材70の回収流路24の途中や、液体回収口22の近傍に設けられていてもよい。

【0069】

上述したように、基板P（感光材Pg）に接触した液体LQ中には酸が含まれている可能性があるが、フィルタ部材29は、その液体LQ中に含まれる酸を除去可能（捕集可能）なケミカルフィルタによって構成されている。これにより、回収された液体LQ中に酸等の腐食性物質が含まれていても、その物質を除去することができる。したがって、フィルタ部材29よりも下流側における回収管23や第2回収管27等を含む配管系は、酸の影響を受けることがない。そして、フィルタ部材29で液体LQ中の酸を除去又は低減できるので、そのフィルタ部材29よりも下流側の配管系の液体接触面を、耐腐食性を有する材料Sで形成しなくてもよいので、配管系として使用できる材料の選択の自由度が増し、それに起因して装置を設計する上での設計の自由度が向上し、装置コストの低減も図ることができる。また、液体回収機構20に対して酸を含んだ液体LQが与える影響を抑えることができるので、液体回収機構20の寿命を向上することができる。したがって、腐食（錆び）等に起因して配管系を頻繁に交換しなければならない等といった不都合を防止することができる。

10

20

30

40

50

【0070】

また、上述したように、液体回収機構20（液体回収部21）で回収した液体LQを配管29を介して液体供給機構10（液体供給部11）に戻す場合、フィルタ部材29によって酸性度を低下させた液体LQを液体供給機構10に戻すことができる。したがって、液体供給機構10においては、液体回収機構20から戻された液体LQをクリーン化して再利用する場合、クリーン化するための処理の負荷が低減される。

【0071】

本実施形態においては、回収管23のうち、分岐管23Kはフィルタ部材29よりも下流側に設けられている。すなわち、計測装置60は、フィルタ部材29を通過した液体LQの酸性度を計測するようになっている。したがって、計測装置60の計測結果に基づいて、制御装置CONTは、フィルタ部材29の性能、及び経時的な劣化を求めることができる。すなわち、フィルタ部材29の性能（酸を除去する性能）が低かったり、あるいはフィルタ部材29が経時的に劣化したときには、液体回収口22から回収された液体LQ中に含まれる酸は十分に除去されない。したがって、制御装置CONTは、フィルタ部材29を通過した液体LQを計測装置60で計測したときの計測結果に基づいて、フィルタ部材29の性能、及び経時的な劣化を求めることができる。そして、制御装置CONTは、計測装置60の計測結果を報知装置INFで報知したり、あるいは計測装置60の計測結果に基づいてフィルタ部材29が劣化した旨やフィルタ部材29の交換を促す旨を報知装置INFで報知することができる。これにより、例えばオペレータは、報知装置INFの報知結果に基づいて、フィルタ部材29を新たなものと交換することができる。

【0072】

また、計測装置60の計測値やフィルタ部材29の交換周期などをログ情報として記憶装置MRYに記憶しておくことにより、制御装置CONTは、そのログ情報に基づいて、例えば報知装置INFを使って、フィルタ部材29の交換時期を報知することができる。

【0073】

なお、フィルタ部材29を、図5を参照して説明した第2、第3液体回収機構40、80のうち、液体LQが流れる流路の所定位置に設けることももちろん可能である。

【0074】

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

【0075】

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。

【0076】

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 P L 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（T E 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 N A 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 - 1 8 8 1 6 9 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。特に、直線偏光照明法とダイボ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向に限られている場合や、所定の一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 4 5 n m 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 σ を 0. 9 5、その瞳面における各光束の半径を 0. 1 2 5 σ 、投影光学系 P L の開口数を N A = 1. 2 とすると、ランダム偏光光を用いるよりも、焦点深度（D O F）を 1 5 0 n m 程度増加させることができる。

【0077】

また、例えば A r F 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、微細なライン・アンド・スペースパターン（例えば 2 5 ~ 5 0 n m 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（T M 偏光成分）の回折光より S 偏光成分（T E 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 N A 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。

【0078】

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（T M 偏光成分）が S 偏光成分（T E 偏光成分）よりも大きくなる可能性もあるが、例えば A r F 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、2 5 n m 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（T E 偏光成分）の回折光が P 偏光成分（T M 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 N A 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。

【0079】

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 - 5 3 1 2 0 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 - 5 3 1 2 0 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 N A 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 6 3 n m 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 σ を 0. 9 5、投影光学系 P L の開口数を N A = 1. 0 0 とすると、ランダム偏光光を用いるよりも、焦点深度（D O F）を 2 5 0 n m 程度増加させることができ、ハーフピッチ 5 5 n m 程度のパターンで投影光学系の開口数 N A = 1. 2 では、焦点深度を 1 0 0 n m 程度増加させることができる。

【0080】

本実施形態では、投影光学系 P L 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 P L 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 P L の先端に取り付ける光学素子としては、投影光学系 P L 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 E L を透過可能な平行平板であってもよい。

【0081】

なお、液体 L Q の流れによって生じる投影光学系 P L 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。

【0082】

なお、本実施形態では、投影光学系 P L と基板 P 表面との間は液体 L Q 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 L Q を満たす構成であってもよい。

【0083】

なお、本実施形態の液体 L Q 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 E L の光源が F₂ レーザである場合、この F₂ レーザ光は水を透過しないので、液体 L Q としては F₂ 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 L Q 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 L Q としては、その他にも、露光光 E L に対する透過性があるだけ屈折率が高く、投影光学系 P L や基板 P 表面に塗布されているフォトリソグレイ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 L Q の極性に依拠して行われる。

【0084】

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。

【0085】

露光装置 E X 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。

【0086】

また、露光装置 E X 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 上に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 上に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。

【0087】

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。

【0088】

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たす露光装置を採用しているが、本発明は、特開平 6-124873 号公報に開示されて

10

20

30

40

50

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。

【0089】

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。

【0090】

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、光学の精度を保つように、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の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。

【0091】

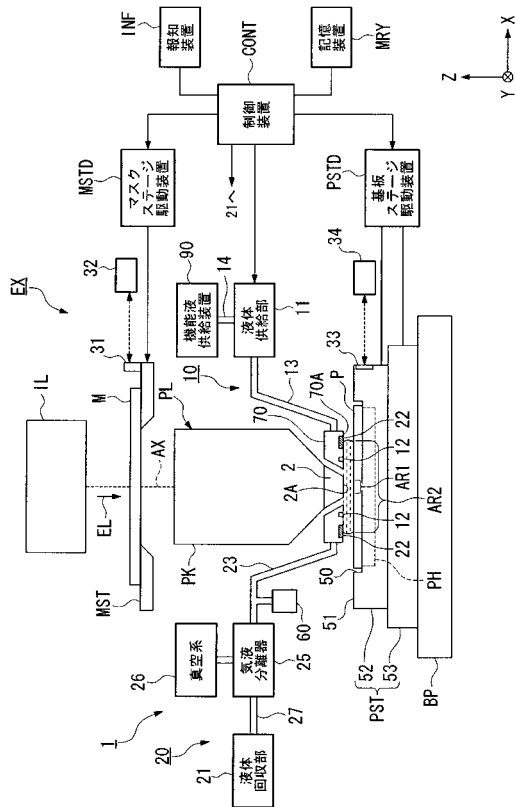
半導体デバイス等のマイクロデバイスは、図7に示すように、マイクロデバイスの機能・性能設計を行うステップ201、この設計ステップに基づいたマスク(レチクル)を製作するステップ202、デバイスの基材である基板を製造するステップ203、前述した実施形態の露光装置EXによりマスクのパターンを基板に露光する露光処理ステップ204、デバイス組み立てステップ(ダイシング工程、ボンディング工程、パッケージ工程を含む)205、検査ステップ206等を経て製造される。

【符号の説明】

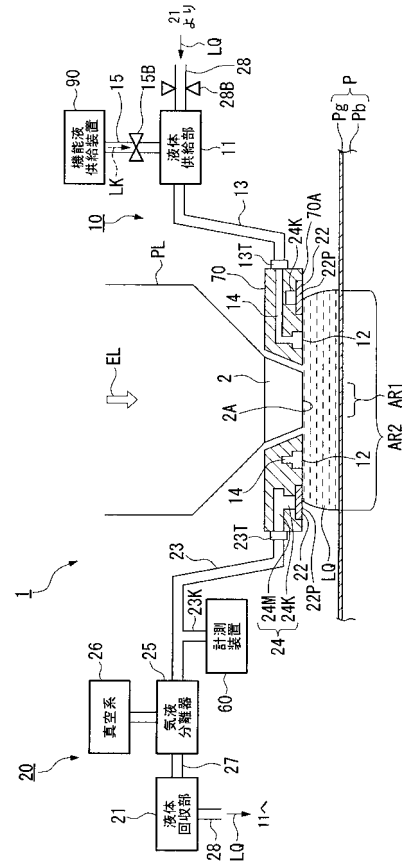
【0092】

1…液浸機構、10…液体供給機構、12…液体供給口、20…液体回収機構、22…液体回収口、23…回収管(配管系)、29…フィルタ部材(除去装置)、40…第2液体回収機構、51…上面、60…計測装置、70…ノズル部材、80…第3液体回収機構、90…機能液供給装置、EX…露光装置、INF…報知装置、LQ…液体、P…基板、PST…基板ステージ、Pg…感光材、S…耐腐食性を有する材料

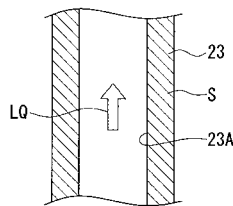
【図 1】



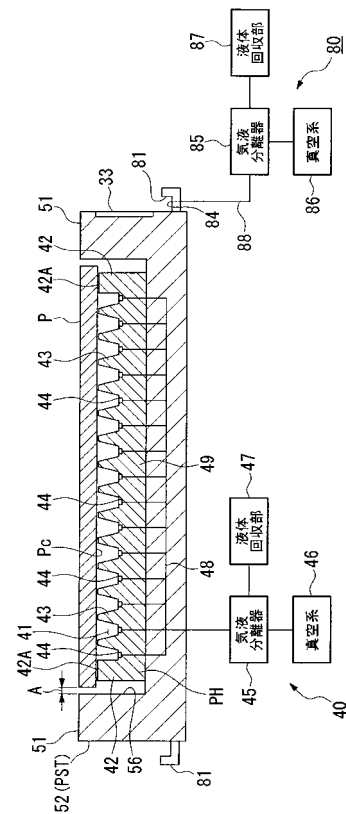
【図 2】



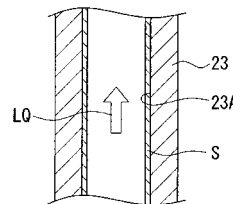
【図 3】



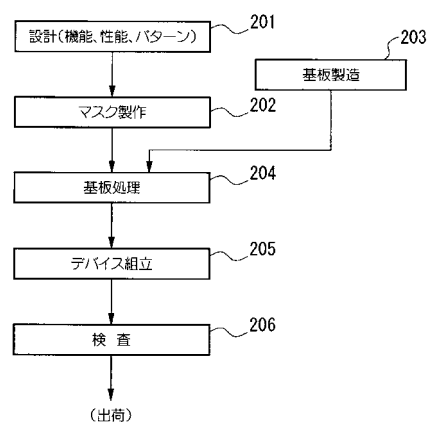
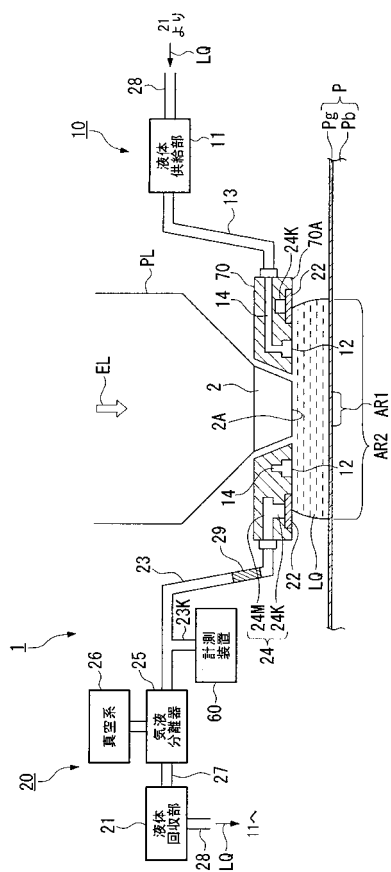
【図 5】



【図 4】



【図 7】



フロントページの続き

- (56)参考文献 国際公開第99/49504 (WO, A1)
国際公開第2004/050266 (WO, A1)
国際公開第2004/053955 (WO, A1)
特開2006-005122 (JP, A)
特開2005-303317 (JP, A)
特開2005-019433 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 21/027
G03F 7/20
H01L 21/683