

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5277731号
(P5277731)

(45) 発行日 平成25年8月28日 (2013. 8. 28)

(24) 登録日 平成25年5月31日 (2013. 5. 31)

(51) Int. Cl.		F I		
HO 1 L	21/027	(2006. 01)	HO 1 L	21/30 5 1 5 D
GO 3 F	7/20	(2006. 01)	HO 1 L	21/30 5 1 6 E
			GO 3 F	7/20 5 2 1

請求項の数 14 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2008-144995 (P2008-144995)	(73) 特許権者	000004112
(22) 出願日	平成20年6月2日 (2008. 6. 2)		株式会社ニコン
(65) 公開番号	特開2009-295629 (P2009-295629A)		東京都千代田区有楽町1丁目12番1号
(43) 公開日	平成21年12月17日 (2009. 12. 17)	(74) 代理人	100064908
審査請求日	平成23年5月25日 (2011. 5. 25)		弁理士 志賀 正武
		(74) 代理人	100108578
			弁理士 高橋 詔男
		(74) 代理人	100107836
			弁理士 西 和哉
		(72) 発明者	吉田 友之
			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、露光方法、及びデバイス製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

液体を介して露光光で基板を露光する露光装置であって、

第 1 空間に配置され、前記第 1 空間の前記液体を送出するために前記液体と接触して動く可動部材と、

前記第 1 空間の外側に配置され、電流の供給により電磁力を発生して、前記可動部材を非接触で動かす駆動装置と、

前記駆動装置を制御して、前記第 1 空間の前記液体の温度調整を実行する制御装置と、を備えた露光装置。

【請求項 2】

前記駆動装置で発生する熱の前記第 1 空間への伝達により、前記温度調整が実行される請求項 1 記載の露光装置。

【請求項 3】

前記駆動装置の制御は、前記駆動装置に供給する電流値の制御を含む請求項 1 又は 2 記載の露光装置。

【請求項 4】

前記駆動装置に供給される電流値と前記液体の温度との関係が予め記憶された記憶装置を備え、

前記制御装置は、前記記憶装置の記憶情報に基づいて、前記駆動装置を制御する請求項 3 記載の露光装置。

【請求項 5】

前記可動部材は回転し、

前記駆動装置の制御は、前記駆動装置の駆動による前記可動部材の単位時間当たりの回転数の制御を含む請求項 1 ~ 4 のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項 6】

前記可動部材の単位時間当たりの回転数と前記液体の温度との関係が予め記憶された記憶装置を備え、

前記制御装置は、前記記憶装置の記憶情報に基づいて、前記駆動装置を制御する請求項 5 記載の露光装置。

【請求項 7】

前記第 1 空間より送出される液体の温度を検出する温度センサを備え、

前記制御装置は、前記温度センサの検出結果に基づいて、前記駆動装置を制御する請求項 1 ~ 6 のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項 8】

前記駆動装置は、磁性材料を含むステータと、前記ステータの周囲に配置されたコイルとを含み、

前記コイルに電流が供給される請求項 1 ~ 7 のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項 9】

前記可動部材は、前記ステータに非接触状態で支持されて回転するロータを含む請求項 8 記載の露光装置。

【請求項 10】

前記可動部材は、インペラを含む請求項 1 ~ 9 のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項 11】

前記第 1 空間に接続され、前記第 1 空間から送出された前記液体が流れる第 1 流路と、前記第 1 流路を流れる液体の少なくとも一部を、前記露光光の光路を含む所定空間に供給するための第 2 流路と、

前記第 1 流路を流れる液体の少なくとも一部を前記第 1 空間に戻すための第 3 流路とを有する請求項 1 ~ 10 のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項 12】

請求項 1 ~ 11 のいずれか一項記載の露光装置を用いて基板を露光することと、

露光された基板を現像することと、を含むデバイス製造方法。

【請求項 13】

液体を介して露光光で基板を露光する露光方法であって、

第 1 空間に可動部材を配置することと、

前記第 1 空間の外側に配置された駆動装置に電流を供給して、前記駆動装置が発生する電磁力により前記可動部材を非接触で動かして、前記第 1 空間において前記可動部材に接触した前記液体を前記第 1 空間から送出することと、

前記駆動装置を制御して、前記第 1 空間の前記液体の温度調整を実行することと、

前記第 1 空間において温度調整された前記液体を前記露光光の光路を含む所定空間に供給することと、

前記所定空間に供給された前記液体を介して前記基板を露光することと、を含む露光方法。

【請求項 14】

請求項 13 記載の露光方法を用いて基板を露光することと、

露光された基板を現像することと、を含むデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、温度調整装置、温度調整方法、液体供給装置、液体供給方法、露光装置、露光方法、及びデバイス製造方法に関する。

10

20

30

40

50

【背景技術】

【0002】

フォトリソグラフィ工程で用いられる露光装置において、例えば特許文献1に開示されているような、液体を介して露光光で基板を露光する液浸露光装置が知られている。

【特許文献1】米国特許出願公開第2005/0219490号明細書

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

露光光の光路に供給される液体が所望の温度でないと、例えば基板に対する露光光の照射状態が変化したり、基板が熱変形したりする可能性がある。その結果、露光不良が発生し、不良デバイスが発生する可能性がある。

10

【0004】

本発明の態様は、液体を所望の温度に調整できる温度調整装置及び温度調整方法を提供することを目的とする。また本発明の態様は、所望の温度の液体を供給できる液体供給装置及び液体供給方法を提供することを目的とする。また本発明の態様は、露光不良の発生を抑制できる露光装置及び露光方法を提供することを目的とする。また本発明の態様は、不良デバイスの発生を抑制でき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】

【0005】

本発明の第1の態様に従えば、第1空間に配置され、第1空間の液体を送出するために動く可動部材と、第1空間の外側に配置され、電流の供給により電磁力を発生して、可動部材を動かす駆動装置と、駆動装置を制御して、第1空間の液体の温度調整を実行する制御装置と、を備えた温度調整装置が提供される。

20

【0006】

本発明の第2の態様に従えば、第1の態様の温度調整装置を備え、その温度調整装置で温度調整された液体を第2空間に供給する液体供給装置が提供される。

【0007】

本発明の第3の態様に従えば、露光光で基板を露光する露光装置であって、第2の態様の液体供給装置を備えた露光装置が提供される。

【0008】

本発明の第4の態様に従えば、第3の態様の露光装置を用いて基板を露光することと、露光された基板を現像することと、を含むデバイス製造方法が提供される。

30

【0009】

本発明の第5の態様に従えば、第1空間に可動部材を配置することと、第1空間の外側に配置された駆動装置に電流を供給して、駆動装置が発生する電磁力により可動部材を動かして、第1空間の液体を第1空間から送出的ることと、駆動装置を制御して、第1空間の液体の温度調整を実行することと、を含む温度調整方法が提供される。

【0010】

本発明の第6の態様に従えば、第5の態様の温度調整方法を用いて液体の温度調整を実行することと、温度調整された液体を第2空間に供給することと、を含む液体供給方法が提供される。

40

【0011】

本発明の第7の態様に従えば、露光光で基板を露光する露光方法であって、第6の態様の液体供給方法により、露光光の光路を含む所定空間が液体で満たされるように液体を供給することと、液体を介して基板を露光することと、を含む露光方法が提供される。

【0012】

本発明の第8の態様に従えば、第7の態様の露光方法を用いて基板を露光することと、露光された基板を現像することと、を含むデバイス製造方法が提供される。

【発明の効果】

【0013】

50

本発明によれば、液体を所望の温度に調整できる。また本発明によれば、所望の温度の液体を供給できる。また本発明によれば、露光不良の発生を抑制でき、不良デバイスの発生を抑制できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0014】

以下、本発明の実施形態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。以下の説明においては、XYZ直交座標系を設定し、このXYZ直交座標系を参照しつつ各部材の位置関係について説明する。水平面内の所定方向を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、X軸方向及びY軸方向のそれぞれと直交する方向（すなわち鉛直方向）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、X、Y、及びZ方向とする。

10

【0015】

図1は、本実施形態に係る露光装置EXの一例を示す概略構成図、図2は、図1の一部を拡大した側断面図である。本実施形態の露光装置EXは、液体LQを介して露光光ELで基板Pを露光する液浸露光装置である。本実施形態においては、液体LQとして、水（純水）を用いる。

【0016】

図1及び図2において、露光装置EXは、マスクMを保持して移動可能なマスクステージ1と、基板Pを保持して移動可能な基板ステージ2と、マスクステージ1に保持されているマスクMを露光光ELで照明する照明系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Pに投影する投影光学系PLと、露光光ELの光路の少なくとも一部が液体LQで満たされるように液浸空間LSを形成する液浸部材3と、露光装置EX全体の動作を制御する制御装置4と、制御装置4に接続され、露光処理に関する各種情報を記憶した記憶装置5とを備えている。液浸空間LSは、液体LQで満たされた部分（空間、領域）である。また、露光装置EXは、液体LQを供給する液体供給装置6と、液体LQを回収する液体回収装置7とを備えている。

20

【0017】

照明系ILは、所定の照明領域IRを均一な照度分布の露光光ELで照明する。照明系ILは、照明領域IRに配置されたマスクMの少なくとも一部を均一な照度分布の露光光ELで照明する。照明系ILから射出される露光光ELとして、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KrFエキシマレーザ光（波長248nm）等の遠紫外光（DUV光）、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）等が用いられる。本実施形態においては、露光光ELとして、紫外光（真空紫外光）であるArFエキシマレーザ光を用いる。

30

【0018】

マスクステージ1は、マスクMを保持した状態で、照明領域IRを含むベース部材8のガイド面8G上を移動可能である。マスクステージ1は、リニアモータ等のアクチュエータを含む駆動システム9の作動により、X軸、Y軸、及びZ方向の3つの方向に移動可能である。

【0019】

投影光学系PLは、所定の投影領域PRに露光光ELを照射する。投影光学系PLは、投影領域PRに配置された基板Pの少なくとも一部に、マスクMのパターンの像を所定の投影倍率で投影する。本実施形態の投影光学系PLは、その投影倍率が例えば1/4、1/5、又は1/8等の縮小系である。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。本実施形態においては、投影光学系PLの光軸はZ軸と平行である。また、投影光学系PLは、反射光学素子を含まない屈折系、屈折光学素子を含まない反射系、反射光学素子と屈折光学素子とを含む反射屈折系のいずれであってもよい。また、投影光学系PLは、倒立像と正立像とのいずれを形成してもよい。

40

【0020】

基板ステージ2は、基板Pを保持した状態で、投影領域PRを含むベース部材10のガ

50

イド面 10G 上を移動可能である。基板ステージ 2 は、リニアモータ等のアクチュエータを含む駆動システム 11 の作動により、X 軸、Y 軸、Z 軸、X、Y、及び Z 方向の 6 つの方向に移動可能である。

【0021】

本実施形態において、マスクステージ 1 及び基板ステージ 2 の位置情報は、レーザ干渉計を含む干渉計システム（不図示）によって計測される。基板 P の露光処理を実行するとき、あるいは所定の計測処理を実行するとき、制御装置 4 は、干渉計システムの計測結果に基づいて、駆動システム 9、11 を作動し、マスクステージ 1（マスク M）及び基板ステージ 2（基板 P）の位置制御を実行する。

【0022】

液浸部材 3 は、投影光学系 PL の複数の光学素子のうち、投影光学系 PL の像面に最も近い終端光学素子 12 の近傍に配置される。液浸部材 3 は、環状の部材である。液浸部材 3 は、露光光 EL の光路の周囲に配置される。終端光学素子 12 は、投影光学系 PL の像面に向けて露光光 EL を射出する射出面 13 を有する。本実施形態において、液浸部材 3 は、終端光学素子 12 から射出される露光光 EL の光路が液体 LQ で満たされるように液浸空間 LS を形成可能である。

【0023】

本実施形態において、液浸部材 3 は、終端光学素子 12 と、射出面 13 から射出される露光光 EL の照射位置（投影領域 PR）に配置された所定部材との間の露光光 EL の光路を含む所定空間が液体 LQ で満たされるように液浸空間 LS を形成する。本実施形態において、露光光 EL の照射位置に配置可能な所定部材は、照射位置に移動可能な物体を含む。本実施形態において、その所定部材は、基板ステージ 1、及びその基板ステージ 1 に保持された基板 P の少なくとも一方を含む。

【0024】

少なくとも基板 P の露光時、終端光学素子 12 の射出面 13 から射出される露光光 EL の光路が液体 LQ で満たされるように、一方側の終端光学素子 12 及び液浸部材 3 と他方側の基板 P との間に液体 LQ が保持され、液浸空間 LS が形成される。本実施形態においては、基板 P に露光光 EL が照射されているとき、投影光学系 PL の投影領域 PR を含む基板 P の表面の一部の領域が液体 LQ で覆われるように液浸空間 LS が形成される。液浸空間 LS の液体 LQ の界面（メニスカス、エッジ）の少なくとも一部は、液浸部材 3 の下面と基板 P の表面との間に形成される。すなわち、本実施形態の露光装置 EX は、局所液浸方式を採用する。

【0025】

図 2 に示すように、液浸部材 3 は、液体 LQ を供給する供給口 14 と、液体 LQ を回収する回収口 15 とを備えている。供給口 14 は、流路 16 を介して、液体供給装置 6 と接続されている。流路 16 は、液浸部材 3 の内部に形成された供給流路、及びその供給流路と液体供給装置 6 とを接続する供給管で形成される流路を含む。液体供給装置 6 から送出された液体 LQ は、流路 16 を介して供給口 14 に供給される。供給口 14 は、露光光 EL の光路の近傍において、その光路に面するように液浸部材 3 の所定位置に配置されている。供給口 14 は、液体供給装置 6 からの液体 LQ を露光光 EL の光路に供給する。

【0026】

回収口 15 は、流路 17 を介して、液体回収装置 7 と接続されている。流路 17 は、液浸部材 3 の内部に形成された回収流路、及びその回収流路と液体回収装置 7 とを接続する回収管で形成される流路を含む。液体回収装置 7 は、真空システムを含み、液体 LQ を吸引して回収可能である。回収口 15 は、液浸部材 3 と対向する基板 P（所定部材）上の液体 LQ を回収可能である。回収口 15 は、基板 P の表面と対向するように液浸部材 3 の所定位置に配置されている。本実施形態において、回収口 15 には多孔部材 18 が配置され、回収口 15 は、多孔部材 18 の孔を介して液体 LQ を回収する。回収口 15 から回収された液体 LQ は、流路 17 を介して、液体回収装置 7 に回収される。

【0027】

10

20

30

40

50

制御装置 4 は、供給口 1 4 を用いる液体 L Q の供給動作と並行して、回収口 1 5 を用いる液体 L Q の回収動作を実行することによって、一方側の終端光学素子 1 2 及び液浸部材 3 と他方側の所定部材との間に、液体 L Q で液浸空間 L S を形成可能である。

【 0 0 2 8 】

次に、液体供給装置 6 について、図 3 及び図 4 を参照して説明する。図 3 は、本実施形態に係る液体供給装置 6 の一例を示す構成図、図 4 は、液体供給装置 6 のポンプ 2 0 の一例を示す図である。

【 0 0 2 9 】

液体供給装置 6 は、液体 L Q を送出するためのポンプ 2 0 と、ポンプ 2 0 から送出された液体 L Q が流れる第 1 流路 2 1 を形成する第 1 チューブ 2 1 T と、第 1 流路 2 1 を流れる液体 L Q の少なくとも一部を流路 1 6 に供給するための第 2 流路 2 2 を形成する第 2 チューブ 2 2 T と、第 1 流路 2 1 を流れる液体 L Q の少なくとも一部をポンプ 2 0 に戻すための第 3 流路 2 3 を形成する第 3 チューブ 2 3 T とを備えている。本実施系形態においては、第 1 流路 2 1、第 3 流路 2 3、及びポンプ 2 0 により循環システム 2 5 が構成され、循環システム 2 5 を循環する液体 L Q の一部が、第 2 流路 2 2 を介して流路 1 6 に供給される。本実施形態においては、ポンプ 2 0 から第 1 流路 2 1 に送出された液体 L Q のうち、第 3 流路 2 3 に流れる液体 L Q の量が、第 2 流路 2 2 に流れる液体 L Q の量より多い。換言すれば、循環システム 2 5 で循環する液体 L Q の量が、供給口 1 4 に供給される液体 L Q の量に比べて多い。

【 0 0 3 0 】

また、本実施形態においては、循環システム 2 5 に、液体製造装置（純水製造装置）1 0 0 からフレッシュな液体 L Q が第 4 チューブ 2 4 T の第 4 流路 2 4 を介して適宜供給（補充）される。本実施形態においては、第 3 流路 2 3 に第 4 流路 2 4 が接続されている。液体製造装置 1 0 0 からの液体 L Q は、第 4 流路 2 4 を介して、第 3 流路 2 3 に供給される。また、本実施形態においては、第 4 流路 2 4 にフィルタユニット 1 0 1 が配置されている。フィルタユニット 1 0 1 は、第 3 流路 2 3 に供給される前に、液体 L Q 中の異物を除去する。

【 0 0 3 1 】

図 4 に示すように、ポンプ 2 0 は、ケーシング 3 0 と、ケーシング 3 0 の内部に形成され、第 1 流路 2 1 及び第 3 流路 2 3 に接続された空間 3 1 と、空間 3 1 に配置され、空間 3 1 の液体 L Q を送出するために動くことができる可動部材 3 2 と、空間 3 1 の外側に配置され、電流の供給により電磁力を発生して、可動部材 3 2 を動かす駆動装置 3 3 とを備えている。駆動装置 3 3 は、ケーシング 3 0 の外側で、ケーシング 3 0 に接続されたボディ 3 4 に保持されている。駆動装置 3 3 と空間 3 1 との間には、ケーシング 3 0 の一部が配置される。ケーシング 3 0 は、例えば P F A (Tetra fluoro ethylene-perfluoro alkyl vinyl ether copolymer) で形成されている。

【 0 0 3 2 】

可動部材 3 2 は、永久磁石 3 5 が内蔵されたロータ 3 6 と、ロータ 3 6 に接続されたインペラ 3 7 とを含む。駆動装置 3 3 は、磁性材料を含むステータ 3 8 と、ステータ 3 8 の周囲に配置されたコイル 3 9 とを有する。本実施形態において、ステータ 3 8 は、鉄製である。ステータ 3 8 は、ロータ 3 6 の周囲に複数配置されている。本実施形態において、ステータ 3 8 は、ロータ 3 6 の周囲の 8 箇所に配置されている。ステータ 3 8 のそれぞれには、コイル 3 9 が巻かれている。コイル 3 9 のそれぞれは、ドライバ 4 0 と接続されている。ドライバ 4 0 は、制御装置 4 に制御される。ドライバ 4 0 は、コイル 3 9 のそれぞれに電流を供給可能である。

【 0 0 3 3 】

コイル 3 9 に電流が供給されていないとき、ロータ 3 6 は、永久磁石 3 5 の磁力により、ステータ 3 9 に引きつけられ、ケーシング 3 0 の内面と接触する。すなわち、コイル 3 9 に電流が供給されていないとき、可動部材 3 2 の位置は固定される。

【 0 0 3 4 】

10

20

30

40

50

コイル 39 に電流が供給されると、ステータ 38 が磁化される。ステータ 38 の磁力によって、永久磁石 35 を含むロータ 36 がケーシング 30 の内面に対して浮上する。複数のステータ 38 のそれぞれは、コイル 39 に供給される電流に応じた磁力を発生する。ロータ 36 は、複数のステータ 38 の磁力（磁界移動）によって、ステータ 38 及びケーシング 30 に対して非接触支持されて回転する。本実施形態においては、ステータ 38 の磁力により、ロータ 36 とケーシング 30 の内面との間に磁気軸受が形成される。

【0035】

制御装置 4 は、コイル 39 のそれぞれに供給する電流を調整して、ロータ 36 及びインペラ 37 を含む可動部材 32 の単位時間当たりの回転数を制御する。本実施形態においては、ポンプ 20 は、可動部材 32 の回転数を検出するセンサ 41 を備えている。センサ 41 の検出信号は、制御装置 4 に出力される。制御装置 4 は、センサ 41 の検出信号に基づいて、可動部材 32 が目標回転数で回転するように、ドライバ 40 を制御して、各コイル 39 に供給する電流を調整する。

10

【0036】

インペラ 37 を含む可動部材 32 が回転することによって、液体 LQ が第 3 流路 23 から空間 31 へ流入し、空間 31 から第 1 流路 21 へ流出する。これにより、空間 31 の液体 LQ が第 1 流路 21 に送出され、循環システム 25 で循環する。空間 31 から送出された液体 LQ は、第 1 流路 21 を流れる。第 1 流路 21 を流れる液体 LQ の少なくとも一部は、第 2 流路 22 を流れ、流路 16 及び供給口 14 を介して、露光光 EL の光路を含む所定空間に供給され、液浸空間 LS を形成する。また、第 1 流路 21 を流れる液体 LQ の少なくとも一部は、第 3 流路 23 を流れて、空間 31 に戻される。

20

【0037】

また、図 3 に示すように、本実施形態の液体供給装置 6 は、第 2 流路 22 に配置された流量制御装置（マスフローコントローラ）26 と、第 2 流路 22 に配置された温度センサ 27 とを備えている。流量制御装置 26 は、第 2 流路 22 を流れる単位時間当たりの液体 LQ の流量を調整して、流路 16（供給口 14）に対する液体 LQ の単位時間当たりの供給量を調整する。温度センサ 27 は、ポンプ 20 の空間 31 より送出され、第 2 流路 22 を流れる液体 LQ の温度を検出する。流量制御装置 26 は、制御装置 4 に制御される。温度センサ 27 の検出信号は、制御装置 4 に出力される。

【0038】

30

本実施形態において、制御装置 4 は、ポンプ 20 の駆動装置 33 を制御して、空間 31 の液体 LQ の温度調整を実行可能である。駆動装置 33 は、コイル 39 に供給される電流に応じて、発熱する。駆動装置 33 で発生した熱は、ケーシング 30 を介して、空間 31 の液体 LQ に伝達される。駆動装置 33 で発生する熱の空間 31 への伝達により、空間 31 の液体 LQ の温度調整が実行される。

【0039】

駆動装置 33 の発熱量は、コイル 39 に供給される電流値に応じて変化する。駆動装置 33 のコイル 39 に供給される電流値を制御して、駆動装置 33 の発熱量を調整することによって、空間 31 の液体 LQ の温度に調整される。

【0040】

40

次に、上述の構成を有する露光装置 EX の動作の一例について説明する。液浸空間 LS を形成するために、制御装置 4 は、終端光学素子 12 及び液浸部材 3 と対向する位置に基板ステージ 2 等の所定部材を配置した状態で、液体供給装置 6 を用いる液体供給動作を開始する。液体供給装置 6 は、終端光学素子 13 と所定部材との間の露光光 EL の光路を含む所定空間が液体 LQ で満たされるように液体 LQ を供給する。

【0041】

制御装置 4 は、コイル 39 に電流を供給して、ステータ 38 が発生する電磁力により、可動部材 36 を回転させる。これにより、空間 31 の液体 LQ が空間 31 から第 1 流路 21 に送出され、液体 LQ が循環システム 25 で循環するとともに、循環システム 25 を循環する液体 LQ の一部が、第 2 流路 22 及び流路 16 を介して、供給口 14 に供給される

50

。また、制御装置 4 は、液体回収装置 7 を用いる液体回収動作を実行する。制御装置 4 は、供給口 1 4 を用いる液体 L Q の供給動作と並行して、回収口 1 5 を用いる液体 L Q の回収動作を実行する。これにより、終端光学素子 1 2 の射出面 1 3 と所定部材との間の露光光 E L の光路を含む所定空間が液体 L Q で満たされるように、液浸空間 L S が形成される。

【 0 0 4 2 】

制御装置 4 は、液体供給装置 6 から供給口 1 4 を介して露光光 E L の光路へ供給される液体 L Q が所望の温度になるように、空間 3 1 の液体 L Q の温度調整を実行する。制御装置 4 は、空間 3 1 の液体 L Q が目標温度になるように、駆動装置 3 3 のコイル 3 9 に供給する電流値を制御する。

10

【 0 0 4 3 】

本実施形態において、記憶装置 5 には、駆動装置 3 3 のコイル 3 9 に供給される電流値と、空間 3 1 の液体 L Q の温度との関係が予め記憶されている。その関係は、例えば事前に行われる実験によって求めることができる。すなわち、コイル 3 9 にどれくらいの値の電流が供給されると、空間 3 1 の液体 L Q がどれくらいの温度になるのかが、記憶装置 5 に予め記憶されている。なお、上述の関係は、シミュレーションによって求めることもできる。

【 0 0 4 4 】

制御装置 4 は、記憶装置 5 の記憶情報に基づいて、空間 3 1 の液体 L Q が目標温度になるように、駆動装置 3 3 のコイル 3 9 に供給する電流値を制御する。これにより、制御装置 4 は、供給口 1 4 から所定空間に供給される液体 L Q が所望の温度になるように、空間 3 1 の液体 L Q を目標温度に調整することができる。

20

【 0 0 4 5 】

また、本実施形態においては、空間 3 1 より送出される液体 L Q の温度を検出する温度センサ 2 7 が設けられている。制御装置 4 は、温度センサ 2 7 の検出結果に基づいて、駆動装置 3 3 のコイル 3 9 に供給する電流値を制御することができる。したがって、制御装置 4 は、記憶装置 5 の記憶情報に基づく駆動装置 3 3 の制御（フィードフォワード制御）と、温度センサ 2 7 の検出結果に基づく駆動装置 3 3 の制御（フィードバック制御）との少なくとも一方を用いることができる。

【 0 0 4 6 】

こうして、所望の温度の液体 L Q で液浸空間 L S が形成される。制御装置 4 は、終端光学素子 1 2 及び液浸部材 3 と、基板ステージ 2 に保持された基板 P との間に液浸空間 L S を形成した状態で、照明系 I L より露光光 E L を射出して、マスク M を露光光 E L で照明する。マスク M からの露光光 E L は、投影光学系 P L 及び液体 L Q を介して基板 P に照射される。これにより、基板 P が露光光 E L で露光され、マスク M のパターンの像が基板 P に投影される。

30

【 0 0 4 7 】

なお、上述の実施形態においては、コイル 3 9 に供給する電流値を制御して、空間 L Q の温度を調整することとしたが、駆動装置 3 3 の駆動による可動部材 3 2 の単位時間当たりの回転数を制御して、空間 3 1 の液体 L Q の温度を調整することもできる。この場合、例えば可動部材 3 2 の単位時間当たりの回転数と空間 3 1 の液体 L Q の温度との関係を、実験又はシミュレーションによって予め求めて記憶装置 5 に記憶させておくことにより、制御装置 4 は、その記憶装置 5 の記憶情報に基づいて、駆動装置 3 3 を制御して、空間 3 1 の液体 L Q を目標温度に調整することができる。

40

【 0 0 4 8 】

また、本実施形態においては、可動部材 3 2 の単位時間当たりの回転数を検出可能なセンサ 4 1 が設けられている。制御装置 4 は、センサ 4 1 の検出結果に基づいて、空間 3 1 の液体 L Q が所望の温度になるように、駆動装置 3 3 を制御することができる。したがって、制御装置 4 は、記憶装置 5 の記憶情報に基づく駆動装置 3 3 の制御（フィードフォワード制御）と、センサ 4 1 の検出結果に基づく駆動装置 3 3 の制御（フィードバック制御

50

)との少なくとも一方を用いることができる。

【0049】

以上説明したように、本実施形態によれば、液体を所望の温度に調整でき、その温度調整された液体を露光光ELの光路に供給できる。したがって、露光不良の発生を抑制し、不良デバイスの発生を抑制できる。

【0050】

また、本実施形態によれば、ポンプ20の少なくとも一部を熱交換器として機能させており、ポンプ20の駆動装置33で発生する熱を制御することによって、液体LQの温度を調整しているので、熱交換器において液体LQに酸素等の気体が溶解する現象をなくすることができる。したがって、溶存する気体(例えば酸素)の濃度が所望状態に維持され、
10 所望温度に調整された液体LQを液体供給装置6から送出することができる。

【0051】

なお、上述の実施形態においては、露光光ELの光路を含む所定空間が液体LQで満たされるように、液体供給装置6から液体LQを供給する場合を例にして説明したが、例えば米国特許出願公開第2005/0057102号明細書に開示されているような、ステージを移動するためのコイルを収容する内部空間を形成するハウジングを有するアクチュエータ装置が設けられている場合、上述の実施形態で説明した液体供給装置を用いて、そのハウジングの内部空間に温度調整された液体を供給することができる。

【0052】

なお、上述の実施形態における投影光学系PLにおいて、終端光学素子13の射出側(像面側)の光路が液体LQで満たされているが、投影光学系PLとして、国際公開第2004/019128号パンフレットに開示されているような、終端光学素子13の入射側(物体面側)の光路も液体で満たされる投影光学系を採用することもできる。
20

【0053】

なお、上述の各実施形態の液体LQは水であるが、水以外の液体であってもよい。液体LQとしては、露光光ELに対して透過性であり、露光光ELに対して高い屈折率を有し、投影光学系PLあるいは基板Pの表面を形成する感光材(フォトレジスト)などの膜に対して安定なものが好ましい。例えば、液体LQとして、ハイドロフロロエーテル(HFE)、過フッ化ポリエーテル(PFPE)、フロンブリンオイル等を用いることも可能である。また、液体LQとして、種々の流体、例えば、超臨界流体を用いることも可能である。
30

【0054】

なお、本実施形態の基板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、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。

【0055】

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。
40

【0056】

さらに、ステップ・アンド・リピート方式の露光において、第1パターンと基板Pとをほぼ静止した状態で、投影光学系を用いて第1パターンの縮小像を基板P上に転写した後、第2パターンと基板Pとをほぼ静止した状態で、投影光学系を用いて第2パターンの縮小像を第1パターンと部分的に重ねて基板P上一括露光してもよい(スティッチ方式の一括露光装置)。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。
50

【 0 0 5 7 】

また、例えば米国特許第 6 6 1 1 3 1 6 号明細書に開示されているように、2つのマスクのパターンを、投影光学系を介して基板上で合成し、1回の走査露光によって基板上の1つのショット領域をほぼ同時に二重露光する露光装置などにも本発明を適用することができる。また、プロキシミティ方式の露光装置、ミラープロジェクション・アライナーなどにも本発明を適用することができる。

【 0 0 5 8 】

また、露光装置 E X として、米国特許第 6 3 4 1 0 0 7 号明細書、米国特許第 6 2 0 8 4 0 7 号明細書、及び米国特許第 6 2 6 2 7 9 6 号明細書等に開示されているような、複数の基板ステージを備えたツインステージ型の露光装置にも適用できる。

10

【 0 0 5 9 】

更に、米国特許第 6 8 9 7 9 6 3 号明細書、欧州特許出願公開第 1 7 1 3 1 1 3 号明細書等に開示されているような、基板を保持する基板ステージと、基準マークが形成された基準部材及び/又は各種の光電センサを搭載した計測ステージとを備えた露光装置にも本発明を適用することができる。また、複数の基板ステージと計測ステージとを備えた露光装置を採用することができる。

【 0 0 6 0 】

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)、マイクロマシン、MEMS、DNAチップ、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。

20

【 0 0 6 1 】

なお、上述の実施形態においては、光透過性の基板上に所定の遮光パターン (又は位相パターン・減光パターン) を形成した光透過型マスクを用いたが、このマスクに代えて、例えば米国特許第 6 7 7 8 2 5 7 号明細書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可変成形マスク (電子マスク、アクティブマスク、あるいはイメージジェネレータとも呼ばれる) を用いてもよい。また、非発光型画像表示素子を備える可変成形マスクに代えて、自発光型画像表示素子を含むパターン形成装置を備えるようにしても良い。

【 0 0 6 2 】

上述の実施形態においては、投影光学系 P L を備えた露光装置を例に挙げて説明してきたが、投影光学系 P L を用いない露光装置及び露光方法に本発明を適用することができる。

30

【 0 0 6 3 】

上述の実施形態の露光装置は、本願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。

40

【 0 0 6 4 】

半導体デバイス等のマイクロデバイスは、図 5 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、上述の実施形態に従って、マスクからの露光光で基板を露光すること、及び露光された基板を現像

50

することを含む基板処理（露光処理）を含む基板処理ステップ204、デバイス組み立てステップ（ダイシング工程、ボンディング工程、パッケージ工程などの加工プロセスを含む）205、検査ステップ206等を経て製造される。

【0065】

なお、上述の各実施形態の要件は、適宜組み合わせることができる。また、上述の各実施形態及び変形例で引用した露光装置などに関する全ての公開公報及び米国特許の開示を援用して本文の記載の一部とする。

【図面の簡単な説明】

【0066】

【図1】本実施形態に係る露光装置の一例を示す概略構成図である。

10

【図2】本実施形態に係る露光装置の一部を拡大した側断面図である。

【図3】本実施形態に係る液体供給装置の一例を示す構成図である。

【図4】本実施形態に係る液体供給装置のポンプの一例を示す図である。

【図5】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である。

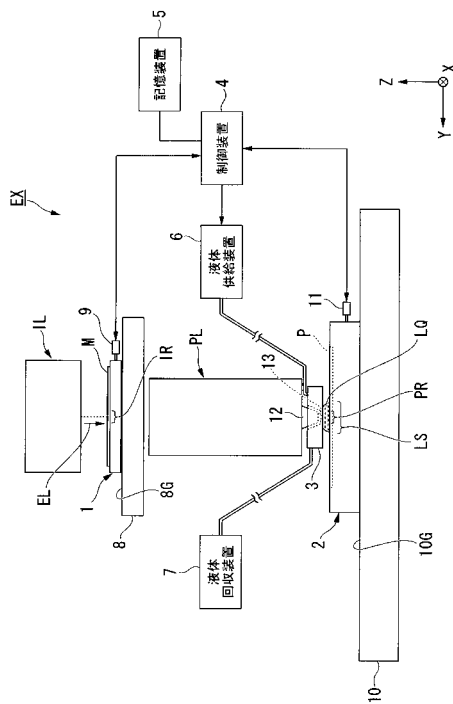
【符号の説明】

【0067】

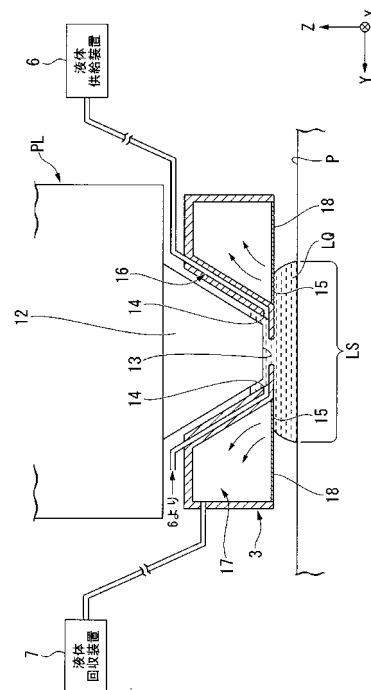
3...液浸部材、4...制御装置、5...記憶装置、6...液体供給装置、21...第1流路、22...第2流路、23...第3流路、27...温度センサ、31...空間、32...可動部材、33...駆動装置、36...ロータ、37...インペラ、38...ステータ、39...コイル、40...ドライバ、EL...露光光、EX...露光装置、LQ...液体、LS...液浸空間、M...マスク、P...基板

20

【図1】



【図2】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2006-222165(JP,A)
特開2005-106038(JP,A)
特開2007-332840(JP,A)
国際公開第2008/013706(WO,A1)
国際公開第2006/053751(WO,A1)
特開2008-131045(JP,A)
米国特許出願公開第2008/0043211(US,A1)
米国特許出願公開第2008/0036985(US,A1)
特開2007-251161(JP,A)
米国特許出願公開第2007/0046916(US,A1)
特開2005-236047(JP,A)
特開2005-057278(JP,A)
特開2005-051231(JP,A)
特開2005-005713(JP,A)
特開2004-282023(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/027
G03F 7/20