

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第5136080号
(P5136080)

(45) 発行日 平成25年2月6日 (2013.2.6)

(24) 登録日 平成24年11月22日 (2012.11.22)

(51) Int.Cl.
H 0 1 L 21/027 (2006.01)

F I
H 0 1 L 21/30 5 1 5 D

請求項の数 32 (全 27 頁)

(21) 出願番号	特願2008-13034 (P2008-13034)	(73) 特許権者	000004112
(22) 出願日	平成20年1月23日 (2008.1.23)		株式会社ニコン
(65) 公開番号	特開2008-182241 (P2008-182241A)		東京都千代田区有楽町1丁目12番1号
(43) 公開日	平成20年8月7日 (2008.8.7)	(74) 代理人	100064908
審査請求日	平成22年12月21日 (2010.12.21)		弁理士 志賀 正武
(31) 優先権主張番号	60/881, 826	(74) 代理人	100108578
(32) 優先日	平成19年1月23日 (2007.1.23)		弁理士 高橋 詔男
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100107836
(31) 優先権主張番号	12/010, 162		弁理士 西 和哉
(32) 優先日	平成20年1月22日 (2008.1.22)	(72) 発明者	長坂 博之
(33) 優先権主張国	米国 (US)		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	佐野 浩樹
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 液体回収システム、液浸露光装置、液浸露光方法、及びデバイス製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光学部材から射出される露光光で基板を露光する液浸露光装置で用いられる液体回収システムであって、

前記露光光が通過する開口の周囲に形成された下面と、

前記露光光の光路に対して前記下面の外側に配置された第1開口部と、

前記第1開口部と対向する物体上の液体が前記第1開口部を介して流入可能な空隙部と

、

前記空隙部に流入した前記液体の少なくとも一部を多孔部材を介して吸引する液体回収部と、

前記第1開口部と異なる第2開口部とを備え、

前記空隙部が前記第2開口部を介して大気開放されている液体回収システム。

【請求項 2】

前記第1開口部は環状であって、

前記空隙部は、前記第1開口部に沿って環状である請求項1記載の液体回収システム。

【請求項 3】

前記液体回収部は、前記空隙部に沿って環状である請求項2記載の液体回収システム。

【請求項 4】

前記露光光が通過する前記開口を有する第1部材と、

前記第1部材とは異なる第2部材とをさらに備え、

前記第 1 開口部、前記第 2 開口部、及び前記空隙部のそれぞれが、前記第 1 部材と前記第 2 部材との間に設けられている請求項 1 ~ 3 のいずれか一項記載の液体回収システム。

【請求項 5】

前記第 1 部材は第 1 部分を有し、

前記第 2 部材は第 2 部分を有し、

前記第 1 部分と前記第 2 部分が対向するように前記第 1 部材と前記第 2 部材とが配置され、

前記空隙部は、前記第 1 部分と前記第 2 部分との間に形成され、

前記液体回収部は、前記第 2 部分に設けられている請求項 4 記載の液体回収システム。

【請求項 6】

前記多孔部材は、前記第 1 部分と対向する第 2 部分に配置されている請求項 5 記載の液体回収システム。

【請求項 7】

前記多孔部材の表面が、上方向を向くように、かつ前記光学部材の光軸と直交する平面とほぼ平行に配置される請求項 4 記載の液体回収システム。

【請求項 8】

前記第 1 部材は、液体供給口を含む請求項 4 ~ 7 のいずれか一項記載の液体回収システム。

【請求項 9】

前記第 1 部材と前記第 2 部材とは、相対的に移動可能である請求項 4 ~ 8 のいずれか一項記載の液体回収システム。

【請求項 10】

前記第 2 部材は、前記多孔部材を介して前記空隙部からの前記液体が流れる回収流路を有する請求項 4 ~ 9 のいずれか一項記載の液体回収システム。

【請求項 11】

前記空隙部内の気体の前記多孔部材の通過が抑制されている請求項 1 ~ 10 のいずれか一項記載の液体回収システム。

【請求項 12】

前記空隙部は、前記第 1 開口部と対向する前記物体上の液体が流入可能な毛管路を形成する請求項 1 ~ 11 のいずれか一項記載の液体回収システム。

【請求項 13】

基板を露光する液浸露光装置であって、

露光光を射出する射出面を有する光学部材と、

前記露光光が通過する開口の周囲に形成された下面と、前記露光光の光路に対して前記下面の外側に配置された第 1 開口部と、前記第 1 開口部と異なる第 2 開口部と、前記第 1 開口部と対向する物体上の液体が前記第 1 開口部を介して流入可能な空隙部と、前記空隙部に流入した液体の少なくとも一部を多孔部材を介して吸引する液体回収部とを有し、前記空隙部が前記第 2 開口部を介して大気開放されている液体回収システムと、を備えた液浸露光装置。

【請求項 14】

前記物体は、前記基板を含み、

前記基板上の前記液体を介して前記露光光が前記基板に照射される請求項 13 記載の露光装置。

【請求項 15】

前記液体回収システムは、前記露光光が通過する前記開口を有する第 1 部材と前記第 1 部材とは異なる第 2 部材とをさらに有し、

前記第 1 開口部、前記第 2 開口部、及び前記空隙部のそれぞれが、前記第 1 部材と前記第 2 部材との間に設けられている請求項 13 又は 14 記載の液浸露光装置。

【請求項 16】

前記第 1 部材は第 1 部分を有し、

前記第 2 部材は第 2 部分を有し、
前記第 1 部分と前記第 2 部分が対向するように前記第 1 部材と前記第 2 部材とが配置され、

前記空隙部は、前記第 1 部分と前記第 2 部分との間に形成され、

前記液体回収部は、前記第 2 部分に設けられている請求項 15 記載の液浸露光装置。

【請求項 17】

前記多孔部材は、前記第 1 部分と対向する前記第 2 部分に配置されている請求項 16 記載の液浸露光装置。

【請求項 18】

前記多孔部材の表面が、上方向を向くように、かつ前記光学部材の光軸と直交する平面とほぼ平行に配置される請求項 15 記載の液浸露光装置。

10

【請求項 19】

前記第 1 部材は、前記光学部材の近傍において、前記露光光の光路を囲むように設けられ、

前記第 2 部材は、前記露光光の光路に対して前記第 1 部材の外側に、前記空隙部を介して、前記第 1 部材を囲むように設けられている請求項 15 ~ 18 のいずれか一項記載の液浸露光装置。

【請求項 20】

前記第 1 開口部、及び前記空隙部は環状である請求項 19 記載の液浸露光装置。

【請求項 21】

20

前記液体回収部は、前記空隙部に沿って環状に設けられている請求項 20 記載の液浸露光装置。

【請求項 22】

前記第 2 部材は、前記露光光の光路に対して前記第 1 開口部の外側に液体接触面を有し、

前記物体上の液体の一部は、前記物体と前記液体接触面との間に保持される請求項 19 ~ 21 のいずれか一項記載の液浸露光装置。

【請求項 23】

前記第 1 部材は、前記露光光の光路に対して前記第 1 開口部の内側に液体接触面を有し、

30

前記物体上の液体の一部は、前記物体と前記液体接触面との間に保持される請求項 22 記載の液浸露光装置。

【請求項 24】

前記第 1 部材の液体接触面に対して、前記第 2 部材の液体接触面が傾斜している請求項 23 記載の液浸露光装置。

【請求項 25】

前記第 1 部材は、液体供給口を有する請求項 15 ~ 24 のいずれか一項記載の液浸露光装置。

【請求項 26】

前記第 2 部材は、前記多孔部材を介して前記空隙部からの前記液体が流れる回収流路を有する請求項 15 ~ 25 のいずれか一項記載の液浸露光装置。

40

【請求項 27】

前記第 1 部材と前記第 2 部材とは、相対的に移動可能である請求項 15 ~ 26 のいずれか一項記載の液浸露光装置。

【請求項 28】

前記空隙部内の気体の前記多孔部材の通過が抑制されている請求項 13 ~ 27 のいずれか一項記載の液浸露光装置。

【請求項 29】

前記空隙部は、前記第 1 開口部と対向する前記物体上の液体が流入可能な毛管路を形成する請求項 13 ~ 28 のいずれか一項記載の液浸露光装置。

50

【請求項 30】

請求項 13 ~ 請求項 29 のいずれか一項記載の液浸露光装置を用いて基板を露光することと、

前記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 31】

基板を露光する液浸露光方法であって、

前記基板上の液体を介して露光光で前記基板を露光することと、

前記基板の露光中に、請求項 1 ~ 12 のいずれか一項に記載の液体回収システムを使って前記基板上の液体を回収することと、を含む液浸露光方法。

【請求項 32】

請求項 31 の露光方法を用いて基板を露光することと、

前記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、液浸露光装置で用いられる液体回収システム、液浸露光装置、液浸露光方法、及びデバイス製造方法に関する。

【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、下記特許文献に開示されているような、液体を介して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】国際公開第 99 / 49504 号

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

露光装置においては、基板の移動速度の高速化が要求される。液浸露光装置においては、露光光の光路に液体を供給するとともに、液体を回収することが行われる。基板の移動速度を高速化した場合、液体を十分に回収しきれず、液体が漏出したり、基板上に液体が残留したりする可能性がある。そのような不具合が生じると、例えば基板に形成されるパターンに欠陥が生じる等、露光不良が発生する可能性がある。その結果、不良デバイスが製造される可能性がある。

【0004】

本発明の態様は、液体を良好に回収できる液体回収システムを提供することを目的とする。また、他の目的は、液体を良好に回収して、露光不良の発生を抑制できる液浸露光装置及び液浸露光方法を提供することである。また、他の目的は、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である。

【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、液浸露光装置で用いられる液体回収システムであって、第 1 開口部と、第 1 開口部と対向する物体上の液体が第 1 開口部を介して流入可能な空隙部と、空隙部に流入した液体の少なくとも一部を多孔部材を介して吸引する液体回収部と、第 1 開口部と異なる第 2 開口部とを備え、空隙部が第 2 開口部を介して大気開放されている液体回収システムが提供される。

【0006】

本発明の第 1 の態様によれば、液体を良好に回収できる。

【0007】

本発明の第 2 の態様に従えば、基板を露光する液浸露光装置であって、露光光を射出する射出面を有する光学部材と、第 1 開口部と、第 1 開口部と異なる第 2 開口部と、第 1 開口部と対向する物体上の液体が第 1 開口部を介して流入可能な空隙部と、空隙部に流入した液体の少なくとも一部を多孔部材を介して吸引する液体回収部とを有し、空隙部が第 2

10

20

30

40

50

開口部を介して大気開放されている液体回収システムと、を備えた液浸露光装置が提供される。

【 0 0 0 8 】

本発明の第 2 の態様によれば、液体を良好に回収して、露光不良の発生を抑制できる。

【 0 0 0 9 】

本発明の第 3 の態様に従えば、上記態様の液浸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。

【 0 0 1 0 】

本発明の第 3 の態様によれば、不良デバイスの発生を抑制できる。

【 0 0 1 1 】

本発明の第 4 の態様に従えば、基板を露光する液浸露光方法であって、基板上の液体を介して露光光で基板を露光することと、基板の露光中に、上記態様の液体回収システムを使って基板上の液体を回収することとを含む液浸露光方法が提供される。

【 0 0 1 2 】

本発明の第 4 の態様によれば、液体を良好に回収して、露光不良の発生を抑制できる。

【 0 0 1 3 】

本発明の第 5 の態様に従えば、上記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。

【 0 0 1 4 】

本発明の第 5 の態様によれば、不良デバイスの発生を抑制できる。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 5 】

本発明の態様によれば、液体を良好に回収して、露光不良の発生を抑制できる。したがって、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 】

【 0 0 1 6 】

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。なお、以下の説明においては、X Y Z 直交座標系を設定し、この X Y Z 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。そして、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、 θX 、 θY 、及び θZ 方向とする。

【 0 0 1 7 】

< 第 1 実施形態 >

第 1 実施形態について説明する。図 1 は、第 1 実施形態に係る露光装置 E X を示す概略構成図である。図 1 において、露光装置 E X は、マスク M を保持しながら移動可能なマスクステージ 1 と、基板 P を保持しながら移動可能な基板ステージ 2 と、マスク M を露光光 E L で照明する照明系 I L と、露光光 E L 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 P L と、露光装置 E X 全体の動作を制御する制御装置 3 とを備えている。

【 0 0 1 8 】

なお、ここでいう基板 P は、デバイスを製造するための基板であって、例えばシリコンウエハのような半導体ウエハ等の基材に感光材（フォトリソグ）等の膜が形成されたもの、あるいは感光膜に加えて保護膜（トップコート膜）などの各種の膜を塗布したものを含む。マスク M は、基板 P に投影されるデバイスパターンが形成されたレチクルを含む。また、本実施形態においては、マスクとして透過型のマスクを用いるが、反射型のマスクを用いることもできる。透過型マスク M は、遮光膜でパターンが形成されるバイナリーマスクに限られず、例えばハーフトーン型、あるいは空間周波数変調型などの位相シフトマスクも含む。

【 0 0 1 9 】

本実施形態の露光装置 E X は、液体 L Q を介して露光光 E L で基板 P を露光する液浸露光装置であって、露光光 E L の光路空間 K の少なくとも一部を液体 L Q で満たすように液浸空間 L S を形成する。なお、露光光 E L の光路空間 K は、露光光 E L が通過する光路を含む空間である。液浸空間 L S は、液体 L Q で満たされた空間である。本実施形態においては、液体 L Q として、水（純水）を用いる。

【 0 0 2 0 】

本実施形態においては、投影光学系 P L の複数の光学素子のうち、投影光学系 P L の像面に最も近い終端光学素子 4 の像面側の光路空間 K を液体 L Q で満たすように液浸空間 L S が形成される。終端光学素子 4 は、投影光学系 P L の像面に向けて露光光 E L を射出する射出面 5 を有する。液浸空間 L S は、終端光学素子 4 の射出側（像面側）の光路空間 K を液体 L Q で満たすように形成される。

10

【 0 0 2 1 】

露光装置 E X は、液浸空間 L S を形成可能な液浸部材 6 を備えている。液浸部材 6 は、終端光学素子 4 の近傍に配置されている。

【 0 0 2 2 】

液浸部材 6 は下面 7 を有する。終端光学素子 4 の射出側（像面側）で移動可能な物体は、終端光学素子 4 の射出面 5 と対向する位置に移動可能であり、かつ液浸部材 6 の下面 7 と対向する位置に移動可能である。物体が終端光学素子 4 の射出面 5 と対向する位置に配置されたとき、液浸部材 6 の下面 7 の少なくとも一部と物体の表面とが対向する。液浸部材 6 の下面 7 と物体の表面とが対向しているとき、液浸部材 6 の下面 7 と物体の表面との間に液体 L Q を保持できる。また、終端光学素子 4 の射出面 5 と物体の表面とが対向しているとき、終端光学素子 4 の射出面 5 と物体の表面との間に液体 L Q を保持できる。一方側の液浸部材 6 の下面 7 及び終端光学素子 4 の射出面 5 と他方側の物体の表面との間に液体 L Q を保持することによって、終端光学素子 4 の射出面 5 と物体の表面との間の光路空間 K を液体 L Q で満たすように液浸空間 L S を形成可能である。

20

【 0 0 2 3 】

また、露光装置 E X は、液体 L Q を供給する供給機構 8 と、液体 L Q を回収する回収機構 9 とを備えている。供給機構 8 は、液浸部材 6 の下面 7 及び終端光学素子 4 の射出面 5 と物体の表面との間に液体 L Q を供給可能である。回収機構 9 は、液浸部材 6 の下面 7 及び終端光学素子 4 の射出面 5 と物体の表面との間の液体 L Q を回収可能である。

30

【 0 0 2 4 】

本実施形態においては、液浸部材 6 の下面 7 及び終端光学素子 4 の射出面 5 と対向可能な物体は、基板ステージ 2、及びその基板ステージ 2 に保持された基板 P の少なくとも一方を含む。なお、以下においては、説明を簡単にするために、主に、液浸部材 6 の下面 7 及び終端光学素子 4 の射出面 5 と基板 P とが対向している状態を説明する。

【 0 0 2 5 】

本実施形態においては、液浸部材 6 の下面 7 及び終端光学素子 4 の射出面 5 と対向する位置に配置された物体の表面の一部の領域（局所的な領域）が液体 L Q で覆われるように液浸空間 L S が形成され、その物体の表面と液浸部材 6 の下面 7 との間に液体 L Q の界面（メニスカス、エッジ）L G が形成される。すなわち、本実施形態においては、露光装置 E X は、基板 P の露光時に、投影光学系 P L の投影領域 P R を含む基板 P 上の一部の領域が液体 L Q で覆われるように液浸空間 L S を形成する局所液浸方式を採用する。

40

【 0 0 2 6 】

照明系 I L は、マスク M 上の所定の照明領域 I R を均一な照度分布の露光光 E L で照明する。照明系 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）、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）等が用いられる。本実施形態においては、露光光 E L として、紫外光（真空紫外光）である A r F エキシマレーザ光が用いられる。

【 0 0 2 7 】

50

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 1 D により、マスク M を保持した状態で、X 軸、Y 軸、及び θ Z 方向に移動可能である。マスクステージ 1 (マスク M) の X 軸、Y 軸、及び θ Z 方向の位置情報はレーザ干渉計 1 S によって計測される。レーザ干渉計 1 S は、マスクステージ 1 に設けられた反射ミラー 1 R を用いて位置情報を計測する。制御装置 3 は、レーザ干渉計 1 S の計測結果に基づいて駆動システム 1 D を駆動し、マスクステージ 1 に保持されているマスク M の位置制御を行う。

【0028】

投影光学系 P L は、マスク M のパターンの像を所定の投影倍率で基板 P に投影する。投影光学系 P L の複数の光学素子は、鏡筒 P K に保持されている。本実施形態の投影光学系 P L 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 P L は縮小系、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 P L の光軸 A X は Z 軸方向と平行である。また、投影光学系 P L 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 P L は、倒立像と正立像とのいずれを形成してもよい。

【0029】

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 2 D により、基板 P を保持した状態で、X 軸、Y 軸、Z 軸、 θ X、 θ Y、及び θ Z 方向の 6 自由度の方向に移動可能である。基板ステージ 2 (基板 P) の X 軸、Y 軸、及び θ Z 方向の位置情報はレーザ干渉計 2 S によって計測される。レーザ干渉計 2 S は、基板ステージ 2 に設けられた反射ミラー 2 R を用いて位置情報を計測する。また、基板ステージ 2 に保持されている基板 P の表面の面位置情報 (Z 軸、 θ X、及び θ Y 方向に関する位置情報) は、不図示のフォーカス・レベリング検出システムによって検出される。制御装置 3 は、レーザ干渉計 2 S の計測結果及びフォーカス・レベリング検出システムの検出結果に基づいて駆動システム 2 D を駆動し、基板ステージ 2 に保持されている基板 P の位置制御を行う。

【0030】

基板ステージ 2 は、基板 P を保持する基板ホルダ 2 H と、基板ホルダ 2 H の周囲に配置され、末端光学素子 4 の射出面 5 と対向可能な上面 2 T とを有する。基板ホルダ 2 H は、基板ステージ 2 上に設けられた凹部 2 C に配置されている。基板ホルダ 2 H は、基板 P の表面と X Y 平面とがほぼ平行となるように、基板 P を保持する。基板ホルダ 2 H に保持された基板 P の表面は、末端光学素子 4 の射出面 5 と対向可能である。また、基板ステージ 2 の上面 2 T は、X Y 平面とほぼ平行な平坦面である。基板ホルダ 2 H に保持された基板 P の表面と基板ステージ 2 の上面 2 T とは、ほぼ同一平面内に配置され、ほぼ面一である。上面 2 T は、例えばフッ素を含む材料で形成されており、液体 L Q に対して撥液性を有する。

【0031】

露光装置 E X は、基板ステージ 2 を移動可能に支持するガイド面 1 0 を有する定盤 1 1 を備えている。本実施形態においては、ガイド面 1 0 は、X Y 平面とほぼ平行である。基板ステージ 2 は、ガイド面 1 0 に沿って、X Y 方向 (二次元方向) に移動可能である。

【0032】

本実施形態の露光装置 E X は、マスク M と基板 P とを所定の走査方向に同期移動しつつ、マスク M のパターンの像を基板 P に投影する走査型露光装置 (所謂スキャニングステッパ) である。本実施形態においては、基板 P の走査方向 (同期移動方向) を Y 軸方向とし、マスク M の走査方向 (同期移動方向) も Y 軸方向とする。露光装置 E X は、基板 P を投影光学系 P L の投影領域 P R に対して Y 軸方向に移動するとともに、その基板 P の Y 軸方向への移動と同期して、照明系 I L の照明領域 I R に対してマスク M を Y 軸方向に移動しつつ、投影光学系 P L と液体 L Q とを介して基板 P に露光光 E L を照射する。これにより、マスク M のパターンの像が基板 P に投影され、基板 P は露光光 E L で露光される。

【0033】

次に、液浸部材 6、供給機構 8、及び回収機構 9 について、図 1 ~ 図 4 を参照して説明

10

20

30

40

50

する。図 2 は、液浸部材 6 の近傍を示す側断面図、図 3 は、液浸部材 6 を示す斜視図、図 4 は、液浸部材 6 を下面 7 側から見た図である。なお、図 3 は、分解された状態の液浸部材 6 を示す。

【 0 0 3 4 】

なお、以下の説明においては、液浸部材 6 の下面 7 及び終端光学素子 4 の射出面 5 と対向する位置に基板 P が配置されている場合を例にして説明するが、上述のように、液浸部材 6 の下面 7 及び終端光学素子 4 の射出面 5 と対向する位置には、基板ステージ 2 等、基板 P 以外の物体も配置可能である。また、以下の説明においては、終端光学素子 4 の射出面 5 を適宜、終端光学素子 4 の下面 5、と称する。

【 0 0 3 5 】

10

図 1 ~ 図 4 において、液浸部材 6 は、第 1 部材 1 2 と、第 1 部材 1 2 とは異なる第 2 部材 1 3 とを含む。第 1 部材 1 2 及び第 2 部材 1 3 のそれぞれは、環状の部材である。第 1 部材 1 2 は、終端光学素子 4 の近傍において、露光光 E L の光路を囲むように設けられている。本実施形態においては、第 1 部材 1 2 は、露光光 E L の光路に対して終端光学素子 4 の外側に、空隙 1 4 を介して、終端光学素子 4 を囲むように配置されている。第 2 部材 1 3 は、露光光 E L の光路に対して第 1 部材 1 2 の外側に、空隙 1 5 を介して、第 1 部材 1 2 を囲むように設けられている。

【 0 0 3 6 】

本実施形態において、終端光学素子 4 は、投影光学系 P L の物体面からの露光光 E L が入射する入射面 1 6 と、投影光学系 P L の像面に向けて露光光 E L を射出する射出面（下面）5 と、入射面 1 6 の外周と射出面 5 の外周とを結ぶ外周面（側面）1 7 とを有する。本実施形態においては、射出面（下面）5 は、X Y 平面とほぼ平行である。外周面 1 7 は、露光光 E L の光路から外側に離れるにつれて基板 P の表面との距離が大きくなるように傾斜している。

20

【 0 0 3 7 】

第 1 部材 1 2 は、終端光学素子 4 の外周面 1 7 と対向し、その外周面 1 7 に沿うように形成された内周面 1 8 と、終端光学素子 4 に対して内周面 1 8 の外側に配置された外周面 1 9 と、終端光学素子 4 の下面 5 の一部と対向する上面 2 0 と、基板 P の表面と対向する下面 2 1 とを有する。

【 0 0 3 8 】

30

第 1 部材 1 2 は、Z 軸方向に関して少なくとも一部が終端光学素子 4 の下面 5 と基板 P の表面との間に配置される下板部 1 2 A と、下板部 1 2 A の外周に接続され、終端光学素子 4 の外周面 1 7 を囲むように配置される側板部 1 2 B と、側板部 1 2 B の上端の外周に接続され、終端光学素子 4 の外周面 1 7 を囲むように配置される上板部 1 2 C とを含む。下板部 1 2 A の外周は、側板部 1 2 B の下端の内周と接続される。

【 0 0 3 9 】

なお、本実施形態においては、第 1 部材 1 2 は、下板部 1 2 A、側板部 1 2 B、及び上板部 1 2 C を有する 1 つの部材で形成されているが、下板部 1 2 A、側板部 1 2 B、及び上板部 1 2 C を複数の部材で形成し、それらを接続して第 1 部材 1 2 を形成してもよい。

【 0 0 4 0 】

40

第 1 部材 1 2 の内周面 1 8 は、側板部 1 2 B の一方の面を含み、終端光学素子 4 の外周面 1 7 と空隙 1 4 を介して対向するように配置される。第 1 部材 1 2 の外周面 1 9 は、側板部 1 2 B の他方の面を含み、内周面 1 8 とほぼ平行である。なお、外周面 1 9 は、内周面 1 8 と平行でなくてもよい。

【 0 0 4 1 】

第 1 部材 1 2 の上面 2 0 は、下板部 1 2 A の上面を含み、終端光学素子 4 の下面 5 と空隙 2 2 を介して対向するように配置される。第 1 部材 1 2 の上面 2 0 は、X Y 平面とほぼ平行な平坦面である。

【 0 0 4 2 】

第 1 部材 1 2 の下面 2 1 は、下板部 1 2 A の下面を含む。例えば、基板 P の露光中、基

50

板 P の表面は、空隙 23 を介して第 1 部材 12 の下面 21 と対向するように配置される。第 1 部材 12 の下面 21 は、XY 平面とほぼ平行な平坦面である。

【0043】

また、下板部 12A は、中央に開口 24 を有する。開口 24 は、終端光学素子 4 の下面 5 から射出された露光光 EL を通過可能である。例えば、基板 P の露光中、終端光学素子 4 の下面 5 から射出された露光光 EL は、開口 24 を通過して、基板 P の表面に照射される。本実施形態においては、開口 24 における露光光 EL の断面形状は X 軸方向を長手方向とする略矩形形状（スリット状）である。開口 24 は、XY 平面における露光光 EL の断面形状に応じて、XY 方向において略矩形形状（スリット状）に形成されている。また、開口 24 における露光光 EL の断面形状と、基板 P における投影光学系 PL の投影領域 PR の形状とはほぼ同じである。第 1 部材 12 の上面 20 及び下面 21 は、開口 24 の周囲に形成されている。

10

【0044】

以下の説明において、第 1 部材 12 の下面 21 を適宜、第 1 ランド面 21、と称する。

【0045】

第 2 部材 13 は、第 1 部材 12 の外周面 19 と対向し、その外周面 19 に沿うように形成された内周面 25 と、第 1 部材 12 に対して、内周面 25 の外側に配置された外周面 26 と、第 1 部材 12 の上板部 12C の下面 27 と対向する上面 28 と、基板 P の表面と対向する下面 29 とを有する。

【0046】

20

第 2 部材 13 は、基板 P の表面と対向する下板部 13A と、第 1 部材 12 の上板部 12C と対向する上板部 13C と、下板部 13A の外周と上板部 13C の外周とを結ぶように配置された側板部 13B と、下板部 13A の内周の近傍と上板部 13C の内周の近傍とを結ぶように配置された多孔部材 30 とを含む。なお、本実施形態においては、第 2 部材 13 は、下板部 13A、側板部 13B、及び上板部 13C を有する 1 つの部材で形成されていてもよいし、下板部 13A、側板部 13B、及び上板部 13C を複数の部材で形成し、それらを結合して第 2 部材 13 を形成してもよい。

【0047】

第 2 部材 13 の内周面 25 は、多孔部材 30 の表面、下板部 13A の内側面、及び上板部 13C の内側面を含み、第 1 部材 12 の外周面 19 と空隙 15 を介して対向するように配置される。本実施形態において、第 1 部材 12 の外周面 19 と第 2 部材 13 の内周面 25 とはほぼ平行である。なお、第 1 部材 12 の外周面 19 と第 2 部材 13 の内周面 25 とは平行でなくてもよい。

30

【0048】

第 2 部材 13 の上面 28 は、上板部 13C の上面を含み、第 1 部材 12 の上板部 12C の下面 27 と空隙 31 を介して対向するように配置される。第 2 部材 13 の上面 28 及び第 1 部材 12 の上板部 12C の下面 27 は、XY 平面とほぼ平行な平坦面である。

【0049】

第 2 部材 13 の下面 29 は、下板部 13A の下面を含む。例えば基板 P の露光中、基板 P の表面は空隙 32 を介して第 2 部材 13 の下面 29 と対向するように配置される。第 2 部材 13 の下面 29 は、XY 平面とほぼ平行な平坦面である。

40

【0050】

以下の説明において、第 1 ランド面 21 の周囲に配置された第 2 部材 13 の下面 29 を適宜、第 2 ランド面 29、と称する。

【0051】

本実施形態においては、第 1 部材 12 及び第 2 部材 13 のそれぞれは、不図示の支持機構によって、所定の位置関係で支持されている。本実施形態においては、第 1 部材 12 の外周面 19 と第 2 部材 13 の内周面 25 とが対向するように、第 1 部材 12 と第 2 部材 13 とが所定の位置関係で配置される。また、本実施形態においては、第 1 ランド面 21 と第 2 ランド面 29 とが、同一平面内（XY 平面内）に配置されるように（ほぼ面一となる

50

ように)、第1部材12と第2部材13とが所定の位置関係で配置される。

【0052】

第1ランド面21と第2ランド面29との間には、第1開口部33が形成されている。第1開口部33は、空隙15の下端に配置されており、基板Pの表面は、第1開口部33と対向する位置に移動可能である。第1開口部33は、スリット状であって、第1ランド面21を囲むように、環状に設けられている。本実施形態においては、第1開口部33は、円環状に設けられている。第1開口部33の幅(スリットの幅)は、空隙15のサイズに応じた大きさを有する。本実施形態において、第1部材12の外周面19と第2部材13の内周面25との間隔は、第1開口部33の幅(第1ランド面21と第2ランド面29との間隔)とほぼ等しい。また、空隙15も、第1部材12を囲むように、第1開口部33に沿って環状に設けられている。

10

【0053】

第1部材12の上板部12Cの下面27の外周と第2部材13の上面28の外周との間には、第2開口部34が形成されている。第2開口部34は、露光光ELの光路に対して空隙31の外側の端に配置されており、基板Pの表面と対向しない位置に配置されている。第2開口部34は、第1開口部33よりも+Z側に配置されている。また、本実施形態においては、第2開口部34は、露光光ELの光路に対して第1開口部33の外側に配置されている。

【0054】

本実施形態においては、第1開口部33、第2開口部34、及び空隙15のそれぞれが、第1部材12と第2部材13との間に設けられている。

20

【0055】

本実施形態において、液浸部材6の下面7は、露光光ELの光路に対して第1開口部33の内側に配置された第1ランド面21、及び露光光ELの光路に対して第1開口部33の外側に配置された第2ランド面29を含む。液浸部材6と基板Pとが対向しているとき、第1ランド面21と基板Pの表面との間、及び第2ランド面29と基板Pの表面との間には、それぞれ液体LQを保持できる。例えば、図2においては、基板P上の液体LQの一部は、基板Pの表面と第1ランド面21との間に保持され、かつ基板Pの表面と第2ランド面29との間に保持されている。例えば基板Pの露光中、第1ランド面21及び第2ランド面29を含む液浸部材6の下面7と基板Pの表面との間に液体LQを保持することによって、液浸空間LSが形成される。

30

【0056】

本実施形態においては、第1部材12及び第2部材13のうち、第1ランド面21及び第2ランド面29は、例えばチタンで形成されており、液体LQに対して親液性を有する。例えば、第1ランド面21と液体LQとの接触角CA1、及び第2ランド面29と液体LQとの接触角CA2は、それぞれ40度以下であり、好ましくは20度以下である。なお、接触角CA1と接触角CA2が異なってもよい。

【0057】

図2に示すように、第1開口部33は、基板P上の液体LQ(液浸空間LSの液体LQ)と接触可能である。すなわち、第1開口部33は、基板P上の液体LQが流入可能な位置に設けられている。

40

【0058】

一方、本実施形態において、第2開口部34は、基板Pの表面と対向しない位置に配置されている。第2開口部34は、第1開口部33よりも高い位置に配置されている。第2開口部34は、第1開口部33よりも基板Pの表面から離れている。また本実施形態において、第2開口部34は、基板P上の液体LQ(液浸空間LSの液体LQ)と接触不能である。すなわち、第2開口部34は、第1開口部33と対向する基板P上の液体LQが流入しない位置に設けられている。

【0059】

第2開口部34は、液浸部材6(液浸空間LS)の周囲の外部空間(周囲環境)の気体

50

と接触可能な位置に配置されている。すなわち、第２開口部３４は、外部空間の気体が流入可能な位置に設けられている。

【００６０】

外部空間の気体は、第２開口部３４を介して、空隙１５、３１に流入可能であるとともに、空隙１５、３１の気体は、第２開口部３４を介して、外部空間に流出可能である。なお、空隙１５と空隙３１とは接続されている（一体である）。以下の説明において、空隙１５と空隙３１とを合わせて適宜、空隙３５、と称する。

【００６１】

本実施形態においては、空隙３５とその空隙３５の外側の外部空間（大気空間）との間において、第２開口部３４を介して、常に気体が入り出可能となっている。すなわち、空隙３５は、第２開口部３４を介して、大気開放されている。

10

【００６２】

空隙３５が大気開放されている状態とは、空隙３５が液浸部材６の周囲（液浸空間ＬＳの周囲）の気体空間と常に連通している状態を含む。例えば、空隙３５が大気開放されている状態では、第１開口部３３の全域が液浸空間ＬＳの液体ＬＱに覆われている場合であっても、空隙３５と外部空間（周囲環境）との間において、第２開口部３４を介して、気体が入り出可能である。なお、露光装置ＥＸは、通常、環境制御されたチャンバ内に配置されており、上述の「大気開放」は、空隙３５がチャンバ内の気体空間と連通している状態も含む。また、外部空間の気体は、必ずしも空気でなくてもよく、例えば窒素であってもよい。

20

【００６３】

供給機構８は、清浄で温度調整された液体ＬＱを送出可能な液体供給装置３６と、光路空間Ｋの近傍に配置された供給口３７と、液体供給装置３６と供給口３７とを接続する流路３８とを含む。

【００６４】

本実施形態においては、供給口３７は、第１部材１２に形成されている。流路３８は、第１部材１２の内部に形成された供給流路３８Ａ、及びその供給流路３８Ａと液体供給装置３６とを接続する供給管で形成される流路３８Ｂを含む。液体供給装置３６から送出された液体ＬＱは、流路３８を介して、供給口３７に供給される。供給口３７は、液体供給装置３６からの液体ＬＱを光路空間Ｋに供給する。

30

【００６５】

本実施形態においては、供給口３７は、終端光学素子４の下面５と第１部材１２の上面２０との間の空隙２２に接続されており、その空隙２２に液体ＬＱを供給可能である。また、本実施形態においては、２つの供給口３７が、光路空間Ｋに対してＹ軸方向両側のそれぞれに設けられている。なお、２つの供給口３７は、光路空間Ｋに対してＸ軸方向の両側に設けられていてもよい。供給口３７の数は２に限らず、任意に設定可能である。

【００６６】

本実施形態においては、供給口３７は、露光光ＥＬの光路に対して、第１開口部３３の内側に配置されている。

【００６７】

40

回収機構９は、真空システムを含み、液体ＬＱを吸引して回収可能な液体回収装置３９と、液体ＬＱを回収可能な回収部４０と、液体回収装置３９と回収部４０とを接続する流路４１とを含む。なお、回収機構９の真空システムは、真空ポンプを備えていなくてもよく、露光装置ＥＸが設置される工場などの真空ポンプを用いてもよい。

【００６８】

本実施形態においては、空隙１５は、第１開口部３３と対向する基板Ｐ上の液体ＬＱが第１開口部３３を介して流入可能に設けられている。すなわち、液浸部材６の下面７（第１ランド面２１、第２ランド面２９）と基板Ｐの表面との間の液体ＬＱの少なくとも一部は、第１開口部３３を介して、空隙１５に流入可能である。回収部４０は、第１開口部３３を介して空隙１５に流入した液体ＬＱを吸引可能な位置に配置されている。換言すれば

50

、回収部４０は、第１開口部３３を介して空隙１５に流入した液体ＬＱと接触可能な位置に配置されている。回収部４０は、空隙１５の内側において、第１開口部３３の上方に配置されている。

【００６９】

回収部４０は、液浸部材６の下面７（第１ランド面２１、第２ランド面２９）とは異なる方向に向く面に配置され、液体ＬＱを吸引して回収可能な吸引口を含む。本実施形態においては、回収部４０は、第１部材１２の外周面１９と対向する第２部材１３の一部に配置されている。

【００７０】

本実施形態においては、第２部材１３には、下板部１３Ａ、上板部１３Ｃ、及び側板部１３Ｂによって、第１部材１２の外周面１９と対向する開口を有する吸引流路（空間部）４１Ａが形成されており、その空間部４１Ａの開口に、回収部４０が配置されている。本実施形態においては、回収部４０は、空隙１５に沿って環状に設けられている。

【００７１】

回収部４０は、吸引口を覆うように配置された多孔部材（メッシュ部材）３０を有する。本実施形態において、多孔部材３０は、プレートに複数の孔（貫通孔）を形成したものを有しているが、複数の孔（pore）が形成された焼結部材（例えば、焼結金属）、発泡部材（例えば、発泡金属）などを用いてもよい。多孔部材３０の表面は、第１部材１２の外周面１９と対向する第２部材１３の内周面２５の少なくとも一部を形成する。

【００７２】

本実施形態においては、回収部４０は、第１開口部３３を介して空隙１５に流入した液体ＬＱの少なくとも一部を多孔部材３０を介して吸引する。

【００７３】

本実施形態においては、流路４１は、第２部材１３の内部に形成された吸引流路４１Ａ、及びその吸引流路４１Ａと液体回収装置３９とを接続する回収管で形成される流路４１Ｂを含む。液体回収装置３９によって、吸引流路４１Ａの負圧が調整され、空隙１５内の液体ＬＱの少なくとも一部は回収部４０より吸引される。回収部４０から吸引された液体ＬＱは、流路４１を介して、液体回収装置３９に回収される。すなわち、多孔部材３０は、第１部材１２に面する第１面と、吸引流路４１Ａに面する第２面と、第１面と第２面とに連通する（第１面と第２面とを流体的につなぐ）複数の孔とを有する。液体回収装置３９は、多孔部材３０の第１面側と第２面側との圧力差を発生させる。その結果、空隙１５内の液体ＬＱの少なくとも一部が多孔部材３０を介して吸引流路４１Ａ内に引き込まれ、液体回収装置３９に回収される。

【００７４】

多孔部材３０の表面（第１面）は、第１部材１２の外周面１９との間で空隙１５を形成する。多孔部材３０の表面は、第１開口部３３の上方において、第１開口部３３を介して空隙１５に流入した液体ＬＱが接触可能な位置に配置されている。

【００７５】

本実施形態においては、空隙１５は、露光光ＥＬの光路から外側に離れるにつれて基板Ｐの表面との距離が大きくなるように傾斜している。多孔部材３０の表面は、第１部材１２の外周面１９と対向しており、液浸部材６の下面７（第１ランド面２１、第２ランド面２９）とは異なる方向に向いている。すなわち、回収部４０（多孔部材３０の表面）は、基板Ｐの表面と対向しないように配置されている。具体的には、多孔部材３０の表面は、露光光ＥＬの光路から外側に離れるにつれて基板Ｐの表面との距離が大きくなるように、上方（＋Ｚ方向）を向くように傾斜している。

【００７６】

このように、空隙１５が、傾斜しているので、液体ＬＱは、第１開口部３３を介して、空隙１５内に円滑に流入可能である。

【００７７】

また、空隙１５は、第２開口部３４を介して大気開放されているので、液体ＬＱは、第

10

20

30

40

50

1 開口部 33 を介して、空隙 15 内に円滑に流入可能である。

【0078】

また、空隙 15 は、第 1 開口部 33 の近傍の空隙 15 M を含む。空隙 15 M は、第 2 部材 13 の下板部 13 A の内側面と第 1 部材 12 の外周面 19 との間に形成されている。本実施形態においては、第 1 開口部 33 の近傍の空隙 15 M は、毛管現象によって液体 LQ を保持可能である。すなわち空隙 15 M は、毛管現象によって液体 LQ を保持可能な大きさ（幅）を有する。例えば、第 2 部材 13 の下板部 13 A の内側面と第 1 部材 12 の外周面 19 との間隔は、0.5 ~ 2.0 mm である。空隙 15 M は、毛管力によって液体 LQ を引き込むことができる。すなわち、空隙 15 M は、液体 LQ が毛管現象によって流入可能な毛管路 15 M を形成している。

10

【0079】

本実施形態において、多孔部材 30 の表面は、第 1 開口部 33 の上方において、第 1 開口部 33 を介して毛管路 15 M に流入し、その毛管路 15 M の毛管現象によって上昇（移送）する液体 LQ と接触可能な位置に配置されている。換言すれば、第 1 開口部 33 から流入した液体 LQ が毛管現象によって多孔部材 30 の表面に到達するように、毛管路 15 M の長さ（多孔部材 30 の下端と第 1 開口部 33 との距離）が設定されている。第 1 開口部 33 に接触した液体 LQ は、毛管現象によって毛管路 15 M 内に引き込まれ、多孔部材 30 の表面と接触する。

【0080】

また、本実施形態の回収機構 9 においては、例えば国際公開第 2005/024517 号パンフレット、米国特許出願公開第 2007/0222959 号公報等に掲載されているように、空隙 15 内の気体の多孔部材 30 の通過が抑制されるように、多孔部材 30 の孔の大きさ、多孔部材 30 の液体 LQ との表面張力、空隙 15（35）の圧力（外部空間の圧力）に対する吸引流路 41 A の圧力（多孔部材 30 の第 1 面と第 2 面の圧力差）等を含む液体回収条件が設定されている。すなわち、本実施形態においては、空隙 35 内の液体 LQ のみが、多孔部材 30 を通過して吸引流路 41 A に流入するように液体回収条件が設定されており、空隙 35 内の気体は、多孔部材 30 をほぼ通過しない。換言すれば、本実施形態の回収部 40 は、液体 LQ のみを吸引（回収）し、気体は吸引しない。

20

【0081】

回収部 40 が液体 LQ と気体とを一緒に吸引した場合、振動が発生する可能性がある。本実施形態においては、回収部 40 は、多孔部材 30 を介して、液体 LQ のみを吸引するので、振動の発生を抑制できる。

30

【0082】

次に、上述の構成を有する露光装置 EX を用いて基板 P を液浸露光する方法について説明する。

【0083】

液浸空間 LS を形成するために、制御装置 3 は、供給機構 8 を用いて、露光光 EL の光路空間 K に液体 LQ を供給する。液体 LQ を供給するときには、制御装置 3 は、液浸部材 6 の下面 7 及び終端光学素子 4 の下面 5 と対向する位置に、基板 P（基板ステージ 2）等の物体を配置する。液体供給装置 36 から送出された液体 LQ は、流路 38 を介して供給口 37 に供給される。供給口 37 は、終端光学素子 4 の下面 5 と第 1 部材 12 の上面 20 との間の空隙 22 に液体 LQ を供給する。液体 LQ は、終端光学素子 4 の下面 5 と第 1 部材 12 の上面 20 との間の空隙 22 を流れ、開口 24 を介して、第 1 部材 12 の第 1 ランド面 21 と基板 P の表面との間の空隙 23 に流入し、その第 1 部材 12 の第 1 ランド面 21 と基板 P の表面との間に保持される。また、液体 LQ の少なくとも一部は、第 2 部材 13 の第 2 ランド面 29 と基板 P の表面との間の空隙 32 に流入し、その第 2 部材 13 の第 2 ランド面 29 と基板 P の表面との間に保持される。こうして、空隙 22 及び空隙 23 が液体 LQ で満たされ、終端光学素子 4 の下面 5 と基板 P の表面との間の光路空間 K を液体 LQ で満たすように液浸空間 LS が形成される。

40

【0084】

50

また、本実施形態においては、制御装置 3 は、供給機構 8 による液体供給動作と並行して、回収機構 9 による液体回収動作を行う。基板 P 上の液体 L Q の少なくとも一部は、第 1 開口部 3 3 を介して空隙 1 5 に流入する。基板 P 上の液体 L Q は、例えば毛管現象によって空隙 1 5 内（毛管路 1 5 M 内）を上昇する。空隙 1 5 内において、多孔部材 3 0 の表面に接触した液体 L Q を、回収部 4 0 の多孔部材 3 0 を介して吸引される。回収部 4 0 より吸引された液体 L Q は、流路 4 1 を介して、液体回収装置 3 9 に回収される。

【 0 0 8 5 】

制御装置 3 は、供給機構 8 による液体供給動作と回収機構 9 による液体回収動作とを並行して行うことで、常に所望状態（温度、クリーン度等）の液体 L Q で、基板 P 上に液浸領域を局所的に形成できる。

10

【 0 0 8 6 】

液浸空間 L S が形成された後、制御装置 3 は、基板 P の露光を開始する。上述のように、本実施形態の露光装置 E X は走査型露光装置である。制御装置 3 は、液浸部材 6 の下面 7 と基板 P の表面との間に液体 L Q を保持して液浸空間 L S を形成した状態で、露光光 E L の光路及び液浸空間 L S に対して、基板 P の表面を Y 軸方向に移動しつつ、投影光学系 P L と基板 P 上の液体 L Q とを介して露光光 E L を基板 P に照射する。これにより、マスク M のパターンの像が基板 P に投影され、基板 P は露光光 E L で露光される。

【 0 0 8 7 】

また、制御装置 3 は、例えば基板 P 上の第 1 のショット領域の露光が終了した後、第 2 のショット領域の露光を開始するために、液浸空間 L S を形成した状態で、基板 P の表面を X 軸方向（あるいは X Y 平面内において X 軸方向に対して傾斜する方向）に移動する動作を実行する。

20

【 0 0 8 8 】

本実施形態においては、基板 P の表面を X Y 方向に移動した場合においても、液浸部材 6 の下面 7 と基板 P の表面との間の液体 L Q が、その液浸部材 6 の下面 7 と基板 P の表面との間の空間（空隙 3 2 ）の外側に漏出しない。

【 0 0 8 9 】

図 5 A 及び 5 B は、露光光 E L の光路及び液浸空間 L S に対して、基板 P の表面を Y 軸方向に移動している状態を示す模式図であって、図 5 A は側断面図、図 5 B は液浸部材 6 を下方から見た図である。図 5 A 及び 5 B に示すように、本実施形態においては、基板 P の停止中のみならず、基板 P の移動中においても、液浸空間 L S の液体 L Q の界面（メニスカス、エッジ）L G が、基板 P の表面と第 2 ランド面 2 9 との間に形成されるように、露光条件が設定されている。本実施形態においては、基板 P の移動中においても、液体 L Q の界面 L G が、第 2 ランド面 2 9 と接するように、露光条件が設定されている。露光条件は、基板 P の移動条件、及び液浸空間 L S を形成する液浸条件を含む。基板 P の移動条件は、基板 P の移動速度、加速度、減速度、所定方向の一方向（例えば + Y 方向）に移動するときの距離、及び移動方向を含む。液浸条件は、供給口 3 7 の単位時間当たりの液体 L Q の供給量などを含む。したがって、基板 P の移動中においても、第 1 開口部 3 3 の全部が液浸空間 L S の液体 L Q で常に覆われる。第 1 開口部 3 3 を常に液体 L Q で覆うことによって、例えば空隙 1 5 の気体が液浸空間 L S の液体 L Q に混入したり、液体 L Q 中に気泡が生成されたりすることを抑制できる。また、第 1 開口部 3 3 を常に液体 L Q で覆うことによって、第 1 開口部 3 3 が液体 L Q の界面 L G の内側に配置されているので、液体 L Q の界面 L G の状態が乱されることも抑制できる。また、第 1 開口部 3 3 を液体 L Q で常に覆うことによって、液浸空間 L S の液体 L Q は、第 1 開口部 3 3 を介して空隙 1 5 に円滑に流入し、回収部 4 0 で回収することができる。

30

40

【 0 0 9 0 】

また、本実施形態においては、回収部 4 0 は、基板 P の表面と対向しない面（本実施形態では第 2 部材 1 3 の内周面 2 5 ）に配置されており、第 1 開口部 3 3 を介して空隙 1 5 に流入した液体 L Q を多孔部材 3 0 を介して吸引する。これにより、液浸空間 L S に対して基板 P を X Y 方向に移動した場合でも、液体 L Q が漏出したり、基板 P の表面に液体 L

50

Q（液体LQの膜、滴など）が残留したりすることを抑制できる。

【0091】

このように、回収部40（多孔部材30）を基板Pの表面と対向しない位置に設けたのは、以下のような発明者の知見による。

【0092】

図6Aは、液浸空間LSの液体LQを回収する回収部40Jが、基板Pの表面と対向する液浸部材6Jの下面7Jに配置されている状態を示す模式図である。このような液浸部材6Jを用いて、液浸空間LS（液浸部材6J）に対して基板PをXY平面内の一方向（ここでは-Y方向）に高速で移動すると、回収部40Jと基板Pとの間において液体LQが基板P上で薄い膜となり、基板P上の液体LQが回収部40Jの外側、具体的には、基板Pの移動方向の前方側（-Y側）において、回収部40Jの外側に漏出する場合がある。この現象は、液浸部材6Jの下面7Jと基板Pの表面との間において、液浸部材6Jの下面7J近傍、すなわち回収部40J近傍の液体LQが、回収部40Jの吸引動作によって上方（+Z方向）に流れ、その回収部40Jに回収されるが、基板Pの表面近傍の液体LQは、基板Pとの表面張力等により、回収部40Jから回収されずに、基板P上で薄い膜となり、基板Pの移動とともに、基板Pの移動方向の前方側において回収部40Jの外側へ引き出されることによって生じる。このような現象が生じると、回収部40Jの外側に引き出された液体LQが、例えば滴となって基板P上に残留し、パターンの欠陥等を引き起こす原因となる。そして、このような現象は、基板Pの移動速度の高速化に伴って発生しやすくなることが、発明者の知見により明らかになった。

【0093】

図6Bは、本実施形態に係る液浸部材6を示す模式図である。本実施形態においては、基板Pの表面と対向する液浸部材6の下面7には回収部40が設けられていないので、液浸部材6の下面7近傍（第1ランド面21及び第2ランド面29近傍）において、上方（+Z方向）への液体LQの強い流れが生じない。また、空隙15は大気開放状態であり、第1開口部33から空隙15への液体LQの流入は専ら空隙15の毛管力に依存しているので、第1開口部33の近傍においても、液体LQの上方（+Z方向）への強い流れが生じない。したがって、液浸空間LS（液浸部材6）に対して基板PをXY平面内の一方向（-Y方向）に高速で移動した場合でも、本実施形態に係る液浸部材6を用いることによって、基板Pの移動方向の前方側（-Y側）において基板P上の液体LQが薄膜になる現象が抑制され、第2ランド面29と基板Pの表面との間において所望状態に維持される。すなわち、基板Pを移動した場合でも、第2ランド面29と基板Pの表面との間の液体LQが第2ランド面29から剥離することが抑制される。このように、本実施形態においては、第2ランド面29と基板Pの表面との間において液体LQが第2ランド面29と接しているので、基板Pの移動方向の前方側（-Y側）においても、液体LQの界面LGの状態は所望状態に維持される。したがって、液体LQが、液浸部材6と基板Pとの間の空間の外側へ漏出したり、基板P上に液体LQ（滴など）が残留したりすることが抑制される。

【0094】

以上説明したように、本実施形態によれば、液体LQを良好に回収でき、液浸空間LSに対する基板Pの移動に伴う基板Pの表面における、液体LQの漏出、残留等の不具合の発生を抑制できるので、露光不良の発生を抑制できる。また、露光不良の発生を抑制しつつ、基板Pの移動速度を高速化できる。したがって、良好なデバイスを生産性良く製造できる。

【0095】

<第2実施形態>

次に、第2実施形態について説明する。以下の説明において、上述の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、その説明を簡略若しくは省略する。

【0096】

図7A及び7Bは、第2実施形態を示す図であって、露光光ELの光路及び液浸空間L

S に対して、基板 P の表面を - Y 方向に移動している状態を示す模式図であって、図 7 A は側断面図、図 7 B は液浸部材 6 を下方から見た図である。液浸部材 6 等の構成は、上述の第 1 実施形態と同等である。上述の第 1 実施形態においては、基板 P の移動中においても、第 1 開口部 3 3 の全部が液体 L Q で覆われている場合を例にして説明したが、図 7 A 及び 7 B に示すように、第 1 開口部 3 3 の一部 (+ Y 側の一部分) は、液体 L Q で覆われていなくてもよい。図 7 A 及び 7 B に示す状態は、例えば図 5 A 及び 5 B の実施形態よりも基板 P の - Y 方向への移動速度を更に高速にすることによって発現する。

【 0 0 9 7 】

図 7 A 及び 7 B に示す状態であっても、基板 P の移動方向の前方側 (- Y 側) において液体 L Q の界面 L G の状態 (形状など) は、第 2 ランド面 2 9 と基板 P の表面との間において所望状態に維持される。したがって、基板 P の移動方向の前方側において、液体 L Q の漏出等の不具合の発生を抑制しつつ、液体 L Q を良好に回収できる。

10

【 0 0 9 8 】

上述の第 1 実施形態で説明したように、第 1 開口部 3 3 の近傍の空隙 1 5 M は、本実施形態においても毛管路を形成している。したがって、基板 P の移動に伴って、第 1 開口部 3 3 が液浸空間 L S の液体 L Q と接触していない部分が発生しても、その第 1 開口部 3 3 の近傍の空隙 (毛管路) 1 5 M には毛管現象によって液体 L Q が保持されている可能性が高く、その第 1 開口部 3 3 が再び液浸空間 L S の液体 L Q と接触したときに、空隙 1 5 の気体が液浸空間 L S の液体 L Q に混入することが抑制され、液浸空間 L S の液体 L Q を空隙 1 5 に円滑に流入させることができる。

20

【 0 0 9 9 】

また、図 7 A 及び 7 B に示すように、第 1 開口部 3 3 の近傍の空隙 (毛管路) 1 5 M の一部に液体 L Q が保持されない状況が発生する可能性もあるが、本実施形態においては、第 1 開口部 3 3 (空隙 1 5) が環状に設けられているため、基板 P の移動方向を変更した場合にも、空隙 1 5 M の毛管力を利用して、空隙 1 5 内に液体 L Q を円滑に流入させることができる。例えば基板 P を - Y 方向に移動した後、+ Y 方向に移動する場合にも、液浸空間 L S の液体 L Q への気体の混入を抑制しつつ、第 1 開口部 3 3 の + Y 側の一部分の近傍の空隙 (毛管路) 1 5 M に液体 L Q を円滑に流入させることができる。

【 0 1 0 0 】

また、図 7 A 及び 7 B においては、基板 P を - Y 方向に移動する場合を説明したが、基板 P を X Y 平面内のいずれの方向に移動した場合でも、基板 P の移動方向の前方側において、基板 P 上の液体 L Q は、薄膜にならず、常に第 2 ランド面 2 9 と接する。したがって、液体 L Q への気体の混入、液体 L Q の漏出等の不具合の発生を抑制しつつ、液体 L Q を良好に回収できる。

30

【 0 1 0 1 】

< 第 3 実施形態 >

次に、第 3 実施形態について説明する。上述の実施形態においては、第 1 ランド面 2 1 と第 2 ランド面 2 9 とがほぼ面一である場合を例にして説明したが、第 1 ランド面 2 1 と第 2 ランド面 2 9 とが互いに平行でなくてもよい。

【 0 1 0 2 】

40

図 8 は、第 3 実施形態に係る液浸部材 6 B を示す側断面図、図 9 は下方から見た図である。図 8 及び図 9 に示すように、本実施形態においては、第 2 ランド面 2 9 は、基板 P の表面に対して第 1 ランド面 2 1 よりも離れた位置に配置される。本実施形態においては、第 1 部材 1 2 の第 1 ランド面 2 1 に対して、第 2 部材 1 3 の第 2 ランド面 2 9 が傾斜している。具体的には、第 2 ランド面 2 9 は、露光光 E L の光路から外側に離れるにつれて基板 P の表面との間隔が大きくなるように傾斜している。第 1 ランド面 2 1 は、X Y 平面 (基板 P の表面) とほぼ平行である。

【 0 1 0 3 】

本実施形態においては、第 2 ランド面 2 9 は、互いに異なる 4 つの方向を向く 4 つの平面 2 9 A ~ 2 9 D で形成されている。図 9 に示すように、平面 2 9 A ~ 2 9 D のそれぞれ

50

は、平面視において、露光光 E L の光路から外側に離れるにつれて拡がるように、ほぼ台形状に形成されている。

【 0 1 0 4 】

図 1 0 は、第 3 実施形態に係る液浸部材 6 B を用いて形成された液浸空間 L S に対して基板 P を - Y 方向に移動させたときの液浸空間 L S の状態を示す図である。本実施形態においても、液浸部材 6 B の下面 7 B には回収部 4 0 が無いので、液体 L Q の界面 L G は所望状態に維持される。また、第 2 ランド面 2 9 は傾斜しているため、液浸空間 L S の液体 L Q には、第 2 ランド面 2 9 に沿って斜め上方に移動する成分 F 1 と、水平方向に移動する成分 F 2 とが生成される。また、基板 P と第 2 ランド面 2 9 との間の空間の体積を大きくすることができる。したがって、液浸空間 L S の拡大（大型化）を抑制できる。なお、第 2 ランド面 2 9 と基板 P との間の液体 L Q が、第 2 ランド面 2 9 から剥離しないように第 2 ランド面 2 9 の X Y 平面（第 1 ランド面 2 1）に対する傾斜角度が調整されることは言うまでもなく、例えばその傾斜角度は 2 ~ 1 0 ° 以下である。

10

【 0 1 0 5 】

以上説明したように、本実施形態によれば、液浸空間 L S の拡大を抑制しつつ、液体 L Q を良好に回収できる。

【 0 1 0 6 】

なお、本実施形態においては、第 2 ランド面 2 9 は、互いに異なる方向を向く 4 つの平面 2 9 A ~ 2 9 D によって形成されているが、曲面でもよい。あるいは、5 つ以上の複数の平面を組み合わせることによって第 2 ランド面 2 9 を形成してもよい。

20

【 0 1 0 7 】

< 第 4 実施形態 >

次に、第 4 実施形態について説明する。図 1 1 は、第 4 実施形態に係る液浸部材 6 C を示す側断面図である。本実施形態においては、液浸部材 6 C の下面 7 C の第 1 ランド面 2 1 と第 2 ランド面 2 9 とは、互いに平行であるが、基板 P の表面の法線方向（Z 軸方向）に関して互いに異なる位置に配置されている。本実施形態においては、第 1 ランド面 2 1 及び第 2 ランド面 2 9 のそれぞれは、X Y 平面とほぼ平行であり、第 2 ランド面 2 9 は、基板 P の表面に対して第 1 ランド面 2 1 よりも離れた位置に配置される。本実施形態においても、液浸空間 L S の拡大を抑制しつつ、液体 L Q を良好に回収できる。なお、第 2 ランド面 2 9 が、第 1 ランド面 2 1 より基板 P の表面に近くてもよい。

30

【 0 1 0 8 】

< 第 5 実施形態 >

次に、第 5 実施形態について説明する。図 1 2 は、第 5 実施形態に係る液浸部材 6 D を示す側断面図である。本実施形態においては、液浸部材 6 D の下面 7 D の第 2 ランド面 2 9 に段差 4 2 が形成されている。第 1 ランド面 2 1 は、X Y 平面とほぼ平行である。第 2 ランド面 2 9 のうち、露光光 E L の光路に対して段差 4 2 の内側の第 1 領域 4 2 A は、第 1 ランド面 2 1 とほぼ面一であり、露光光 E L の光路に対して段差 4 2 の外側の第 2 領域 4 2 B は、基板 P の表面に対して第 1 領域 4 2 A よりも離れた位置に配置される。本実施形態においても、液浸空間 L S の拡大を抑制しつつ、液体 L Q を良好に回収できる。なお、第 1 領域 4 2 A が第 1 ランド面 2 1 と面一でなくてもよい。また、第 2 ランド面 2 9 の第 2 領域 4 2 B が第 1 領域 4 2 A よりも基板 P の表面に近くてもよい。その場合、第 2 領域 4 2 B が第 1 ランド面 2 1 より基板 P の表面に近くてもよい。

40

【 0 1 0 9 】

< 第 6 実施形態 >

次に、第 6 実施形態について説明する。図 1 3 は、第 6 実施形態に係る露光装置 E X を示す側断面図である。本実施形態においては、第 1 部材 1 2 と第 2 部材 1 3 とは、相対的に移動可能である。また、本実施形態においては、露光装置 E X は、第 1 部材 1 2 と第 2 部材 1 3 とを相対的に移動する駆動機構 4 3 を有する。本実施形態においては、第 1 部材 1 2 は、不図示の支持機構で支持されており、第 1 部材 1 2 の位置は支持機構によって固定されている。本実施形態においては、駆動機構 4 3 は、第 2 部材 1 3 を移動する。駆動

50

機構 4 3 は、第 2 部材 1 3 に接続された接続部材 4 4 と、その接続部材 4 4 を移動することによって第 2 部材 1 3 を移動するアクチュエータ 4 5 と、アクチュエータ 4 5 を露光装置 E X のボディ等の支持部材 B D に連結する連結部材 4 6 とを含む。制御装置 3 は、駆動機構 4 3 を用いて、第 1 部材 1 2 に対して第 2 部材 1 3 を移動する。

【 0 1 1 0 】

制御装置 3 は、駆動機構 4 3 を用いて第 2 部材 1 3 の第 2 ランド面 2 9 の位置を移動することができる。例えば、図 8 などに示したように、第 2 ランド面 2 9 に傾斜させたり、図 1 1 で説明したように、第 1 ランド面 2 1 と第 2 ランド面 2 9 の Z 方向に位置を異ならせたりすることができる。

【 0 1 1 1 】

10

また、第 1 部材 1 2 と第 2 部材 1 3 との間の空隙 1 5 (1 5 M) の間隔を調整するようにしてもよい。空隙 1 5 (1 5 M) の間隔を調整することによって、空隙 1 5 (1 5 M) の毛管力を調整したり、空隙 1 5 内における液体 L Q の界面の位置を調整したりすることができ、空隙 1 5 への液体 L Q の流入を円滑に行うことができる。この場合、第 2 部材 1 3 が複数に分割されていてもよい。

【 0 1 1 2 】

制御装置 3 は、例えば基板 P の移動条件 (移動速度、移動方向等)、液体 L Q の物性、基板 P と液体 L Q との接触状態 (接触角) などに応じて、基板 P の表面と第 2 ランド面 2 9 との位置関係を調整するように、第 2 部材 1 3 を移動することができる。本実施形態においても、基板 P の表面における、液体 L Q の漏洩、残留などを防止することができる。

20

【 0 1 1 3 】

なお、本実施形態においては、第 2 部材 1 3 のみを動かしているが、第 1 部材 1 2 のみを動かしてもよいし、両方を動かしてもよい。

【 0 1 1 4 】

< 第 7 実施形態 >

次に、第 7 実施形態について説明する。図 1 4 は、第 7 実施形態に係る液浸部材 6 E を示す側断面図である。上述の各実施形態においては、第 1 部材 1 2 の下板部 1 2 A の少なくとも一部が終端光学素子 4 の下面 5 と基板 P の表面との間に配置されている場合を例にして説明したが、図 1 4 に示すように、第 1 部材 1 2 の下板部を省略してもよい。また、図 1 4 において、終端光学素子 4 の下面 5 と、第 1 部材 1 2 の第 1 ランド面 2 1 と、第 2 部材 1 3 の第 2 ランド面 2 9 とは、ほぼ面一である。供給口 3 7 は、終端光学素子 4 の外周面 1 7 と対向する位置に配置されており、外周面 1 7 に向けて液体 L Q を供給する。本実施形態においても、液体 L Q を良好に回収できる。なお、終端光学素子 4 の下面 5 と、第 1 部材 1 2 の第 1 ランド面 2 1 と、第 2 部材 1 3 の第 2 ランド面 2 9 とは、面一でなくともよい。

30

【 0 1 1 5 】

なお、上述の各実施形態においては、液浸部材 6 が第 1 部材 1 2 と第 1 部材 1 2 とは異なる第 2 部材 1 3 とを含む場合を例にして説明したが、液浸部材 6 が、1 つの部材で形成されていてもよい。その場合、一つの部材で形成された液浸部材 6 が、第 1 開口部 3 3、第 2 開口部 3 4、空隙 3 5、第 1 ランド面 2 1、及び第 2 ランド面 2 9 を有する。

40

【 0 1 1 6 】

また、図 1 5 に示すように、液浸部材 6 F の環状の第 1 開口部 3 3 が複数に分割されていてもよい。この場合、図 1 5 に示すように、複数の第 1 開口部 3 3 が周方向に離散的に設けられていてもよい。図 1 5 に示す第 1 開口部 3 3 は、X Y 平面内において円弧状に形成された 4 つのスリット 3 3 A ~ 3 3 D で形成されている。スリット 3 3 A ~ 3 3 D は、露光光 E L の光路に対して基板 P の走査方向 (Y 軸方向) の両側、及び非走査方向 (X 軸方向) の両側に配置されている。

【 0 1 1 7 】

また、上述の第 1 ~ 第 7 実施形態において、第 2 部材 1 3 の回収部 4 0 は環状に設けられているが、環状の回収部 4 0 が複数に分割されていてもよい。この場合、複数の回収部

50

40が周方向に離散的に配置されていてもよい。

また、上述の各実施形態において、供給口37を-Z方向を向くように(すなわち-Z方向に沿うように)設けてもよい。すなわち、第1部材12の下面21に供給口37を設けてもよい。

また、上述の各実施形態において、多孔部材30の表面(第1面)は、+Z方向を向くように斜めに(すなわち斜め上向きに)配置されている。他の実施形態において、多孔部材30の表面(第1面)が、露光光ELの光路を向くように、かつZ方向とほぼ平行に配置してもよい。また多孔部材30の表面(第1面)が、+Z方向を向くように、かつXY平面とほぼ平行に配置してもよい。この場合、第1部材12の上板部12cと第2部材13との間の空隙31まで毛管力によって引きこまれた液体LQを多孔部材30を介して回収すればよい。

10

【0118】

なお、上述の第1～第7実施形態において、投影光学系PLは、終端光学素子4の射出側(像面側)の光路空間を液体LQで満たしているが、国際公開第2004/019128号パンフレットに開示されているように、終端光学素子4の入射側(物体面側)の光路空間も液体LQで満たす投影光学系を採用することもできる。

【0119】

なお、上述の実施形態の液体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に対する透過性があるだけ屈折率が高く、投影光学系PL、あるいは基板Pの表面を形成する感光材(フォトリソグ)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、セダー油等を用いることも可能である。また、液体LQとして、屈折率が1.6～1.8程度のものを使用してもよい。液体LQと接触する投影光学系PLの光学素子(終端光学素子4など)は、例えば石英(シリカ)、あるいは、フッ化カルシウム(蛍石)、フッ化バリウム、フッ化ストロンチウム、フッ化リチウム、及びフッ化ナトリウム等のフッ化化合物の単結晶材料で形成してもよい。更に、終端光学素子4は、石英及び蛍石よりも屈折率が高い(例えば1.6以上)材料で形成してもよい。屈折率が1.6以上の材料としては、例えば、国際公開第2005/059617号パンフレットに開示されるサファイア、二酸化ゲルマニウム等、あるいは、国際公開第2005/059618号パンフレットに開示される塩化カリウム(屈折率は約1.75)等を用いることができる。さらに、終端光学素子の表面の一部(少なくとも液体との接触面を含む)又は全部に、親液性及び/又は溶解防止機能を有する薄膜を形成してもよい。なお、石英は液体との親和性が高く、かつ溶解防止膜も不要であるが、蛍石は少なくとも溶解防止膜を形成することができる。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。純水よりも屈折率が高い(例えば1.5以上)の液体としては、例えば、屈折率が約1.50のイソプロパノール、屈折率が約1.61のグリセロール(グリセリン)といったC-H結合あるいはO-H結合を持つ所定液体、ヘキサン、ヘプタン、デカン等の所定液体(有機溶剤)、あるいは屈折率が約1.60のデカリン(Decalin: Decahydronaphthalene)などが挙げられる。また、液体は、これら液体のうち任意の2種類以上の液体を混合したものでもよいし、純水にこれら液体の少なくとも1つを添加(混合)したものでもよい。さらに、液体は、純水に H^+ 、 CS^+ 、 K^+ 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 PO_4^{2-} 等の塩基又は酸を添加(混合)したものでもよいし、純水にAl酸化物等の微粒子を添加(混合)したものでもよい。なお、液体としては、光の吸収係数が小さく、温度依存性が少なく、投影光学系、及び/又は基板の表面に塗布されている感光材(又はトップコート膜あるいは反射防止膜など)に対して安定なものであることが好ましい。基板には、液体から感光材や基材を保護するトップコート膜などを設けることができる。

20

30

40

【0120】

また、例えば露光光ELが F_2 レーザ光である場合、この F_2 レーザ光は水を透過しないので、液体LQとしては F_2 レーザ光を透過可能なもの、例えば、過フッ化ポリエーテ

50

ル(PFPE)、フッ素系オイル等のフッ素系流体を用いることができる。この場合、液体LQ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。

【0121】

なお、上述の各実施形態の基板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、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)、またはフィルム部材等が適用される。また、基板はその形状が円形に限られるものでなく、矩形など他の形状でもよい。

【0122】

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。

【0123】

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上に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。

【0124】

また、例えば特表2004-519850号公報(対応米国特許第6,611,316号)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。

【0125】

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、米国特許6,341,007号、米国特許6,400,441号、米国特許6,549,269号、及び米国特許6,590,634号、米国特許6,208,407号、米国特許6,262,796号など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。

【0126】

更に、例えば特開平11-135400号公報、特開2000-164504号公報(対応米国特許第6,897,963号)等を開示されているように、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にも適用することができる。

【0127】

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)、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。

【0128】

なお、上述の各実施形態においては、レーザ干渉計1S、2Sを含む干渉計システムを用いてマスクステージ1及び基板ステージ2の各位置情報を計測するものとしたが、これに限らず、例えば各ステージ1、2に設けられるスケール(回折格子)を検出するエンコ

10

20

30

40

50

ーダシステムを用いてもよい。この場合、干渉計システムとエンコーダシステムとの両方を備えるハイブリッドシステムとし、干渉計システムの計測結果を用いてエンコーダシステムの計測結果の較正（キャリブレーション）を行うことが好ましい。また、干渉計システムとエンコーダシステムとを切り換えて用いる、あるいはその両方を用いて、ステージの位置制御を行うようにしてもよい。

【0129】

また、上述の各実施形態では、露光光ELとしてArFエキシマレーザ光を発生する光源装置として、ArFエキシマレーザを用いてもよいが、例えば、国際公開第1999/46835号パンフレット（対応米国特許7,023,610号）に開示されているように、DFB半導体レーザ又はファイバーレーザなどの固体レーザ光源、ファイバーアンプなど

10

【0130】

なお、上述の各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6,778,257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。可変成形マスクは、例えば非発光型画像表示素子（空間光変調器：Spatial Light Modulator（SLM）とも呼ばれる）の一種であるDMD（Digital Micro-mirror Device）等を含む。なお、DMDを用いた露光装置は、例えば米国特許第6,778,257号公報に開示されている。また、可変成形マスクとしては、DMDに限られるものでなく、DMDに代えて、以下に説明する非発光型画像表示素子を用いても良い。ここで、非発光型画像表示素子は、所定方向へ進行する光の振幅（強度）、位相あるいは偏光の状態を空間的に変調する素子であり、透過型空間光変調器としては、透過型液晶表示素子（LCD：Liquid Crystal Display）以外に、エレクトロクロミックディスプレイ（ECD）等が例として挙げられる。また、反射型空間光変調器としては、上述のDMDの他に、反射ミラーアレイ、反射型液晶表示素子、電気泳動ディスプレイ（EPD：Electro Phonic Display）、電子ペーパー（または電子インク）、光回折型ライトバルブ（Grating Light Valve）等が例として挙げられる。

20

30

【0131】

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。この場合、照明系は不要となる。ここで自発光型画像表示素子としては、例えば、CRT（Cathode Ray Tube）、無機ELディスプレイ、有機ELディスプレイ（OLED：Organic Light Emitting Diode）、LEDディスプレイ、LDディスプレイ、電界放出ディスプレイ（FED：Field Emission Display）、プラズマディスプレイ（PDP：Plasma Display Panel）等が挙げられる。また、パターン形成装置が備える自発光型画像表示素子として、複数の発光点を有する固体光源装置、チップを複数個アレイ状に配列した固体光源チップアレイ、または複数の発光点を1枚の基板に作り込んだタイプのもの等を用い、該固体光源チップを電氣的に制御してパターンを形成しても良い。なお、固体光源素子は、無機、有機を問わない。

40

【0132】

上述の各実施形態においては、投影光学系PL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PL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。このように投影光学系PLを用いない場合であっても、露光光はレンズ等の光学部材を介して基板に照射され、そのような光学部材と基板との間の所定空間に液浸空間が形成される。

【0133】

また、例えば国際公開第2001/035168号パンフレットに開示されているよう

50

に、干渉縞を基板 P 上に形成することによって、基板 P 上にライン・アンド・スペースパターンを露光する露光装置（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。

【0134】

なお、法令で許容される限りにおいて、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。

【0135】

以上のように、上記実施形態の露光装置 E X は、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 E X 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 E X 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 E X 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 E X 全体としての各種精度が確保される。なお、露光装置 E X 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。

【0136】

半導体デバイス等のマイクロデバイスは、図 16 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、上述の実施形態に従って、マスクのパターンを用いて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。

【図面の簡単な説明】

【0137】

【図 1】第 1 実施形態に係る露光装置を示す概略構成図である。

【図 2】第 1 実施形態に係る液浸部材の近傍を示す側断面図である。

【図 3】第 1 実施形態に係る液浸部材を説明するための斜視図である。

【図 4】第 1 実施形態に係る液浸部材を下方から見た図である。

【図 5 A】第 1 実施形態に係る露光装置の動作の一例を示す図である。

【図 5 B】第 1 実施形態に係る露光装置の動作の一例を示す図である。

【図 6 A】比較例の液浸部材の作用を説明するための模式図である。

【図 6 B】第 1 実施形態に係る液浸部材の作用を説明するための模式図である。

【図 7 A】第 2 実施形態に係る露光装置の動作の一例を示す図である。

【図 7 B】第 2 実施形態に係る露光装置の動作の一例を示す図である。

【図 8】第 3 実施形態に係る液浸部材の近傍を示す側断面図である。

【図 9】第 3 実施形態に係る液浸部材を下方から見た図である。

【図 10】第 3 実施形態に係る液浸部材の作用を説明するための模式図である。

【図 11】第 4 実施形態に係る液浸部材の近傍を示す側断面図である。

【図 12】第 5 実施形態に係る液浸部材の近傍を示す側断面図である。

【図 13】第 6 実施形態に係る液浸部材の近傍を示す側断面図である。

【図 14】第 7 実施形態に係る液浸部材の近傍を示す側断面図である。

【図 15】別の実施形態に係る液浸部材を下方から見た図である。

【図 16】マイクロ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】

【0138】

2 ... 基板ステージ、4 ... 終端光学素子、5 ... 射出面、6 ... 液浸部材、7 ... 下面、9 ... 液

10

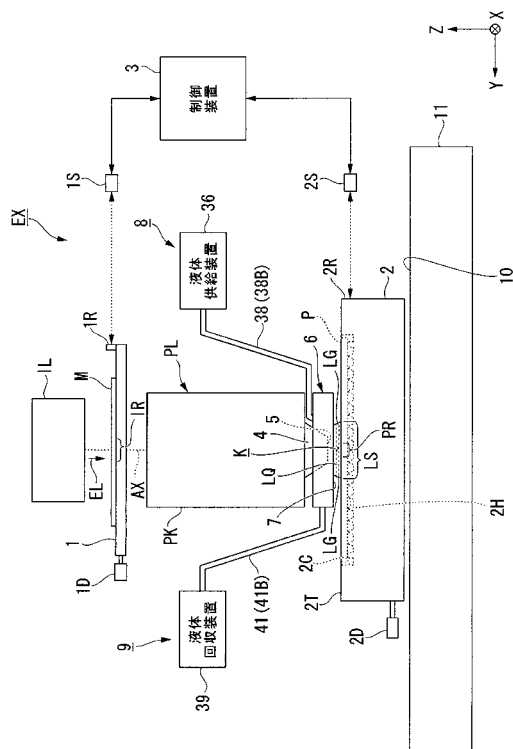
20

30

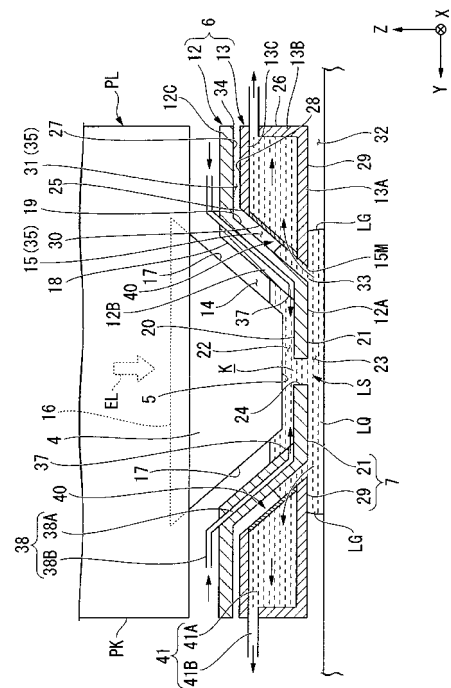
40

50

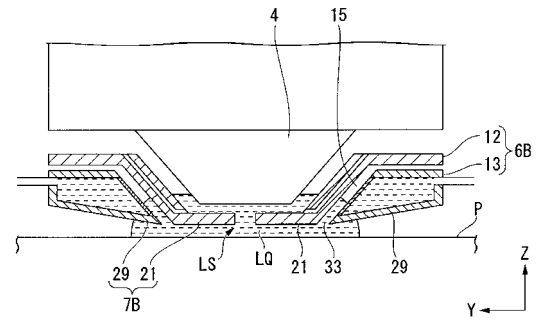
【 図 1 】



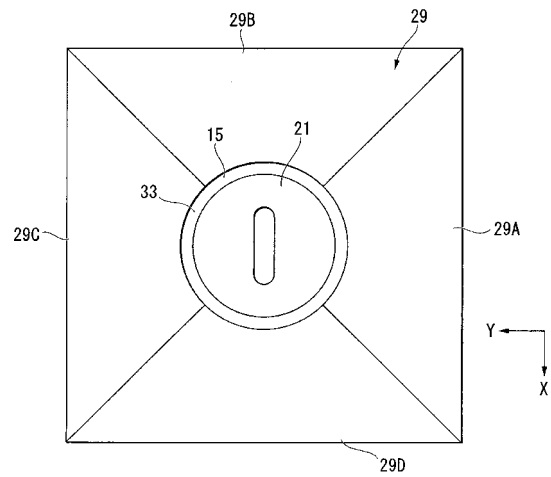
【 図 2 】



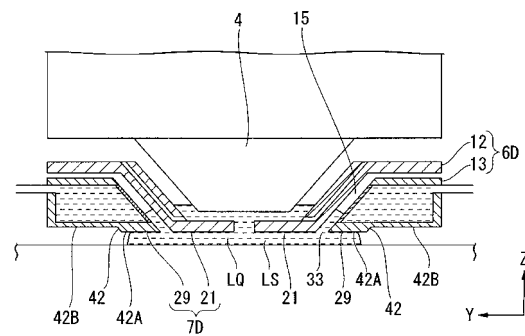
【 図 8 】



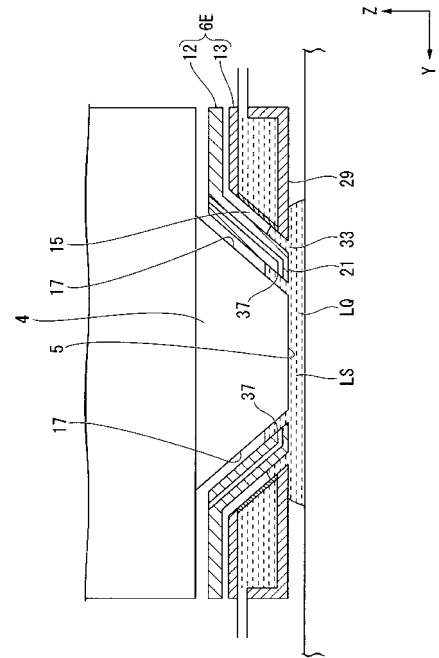
【 図 9 】



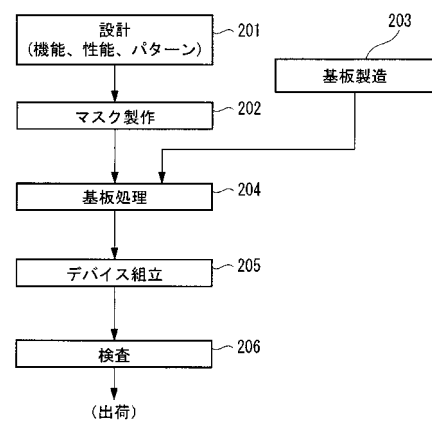
【圖 12】



【 図 1 4 】



【 図 1 6 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2007-184336(JP,A)
特開2006-024915(JP,A)
国際公開第2006/080516(WO,A1)
米国特許出願公開第2006/0231206(US,A1)
特開2005-236121(JP,A)
国際公開第2005/024517(WO,A2)
- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 21/027、21/30