

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4232449号
(P4232449)

(45) 発行日 平成21年3月4日(2009.3.4)

(24) 登録日 平成20年12月19日(2008.12.19)

(51) Int.Cl.		F I		
HO 1 L	21/027	(2006.01)	HO 1 L	21/30 5 1 5 D
GO 2 B	13/24	(2006.01)	GO 2 B	13/24
GO 3 F	7/20	(2006.01)	GO 3 F	7/20 5 2 1

請求項の数 11 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2002-357956 (P2002-357956)	(73) 特許権者	000004112
(22) 出願日	平成14年12月10日(2002.12.10)		株式会社ニコン
(65) 公開番号	特開2004-193252 (P2004-193252A)		東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
(43) 公開日	平成16年7月8日(2004.7.8)	(74) 代理人	100064908
審査請求日	平成17年11月11日(2005.11.11)		弁理士 志賀 正武
		(74) 代理人	100108578
			弁理士 高橋 詔男
		(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	日高 康弘
			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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 露光方法、露光装置、及びデバイス製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

投影光学系と基板との間の少なくとも一部を液体で満たし、前記液体と前記投影光学系とを介してパターンの像を前記基板上に投影することによって、前記基板を露光する露光方法において、

前記基板と前記投影光学系との間に配置されるように前記基板を支持する基板ステージに支持された、前記基板よりも大きい透明板と、前記基板との間を液体で満たすことと、

前記透明板と前記投影光学系との間で前記基板の移動方向に沿って液体が流れるように、前記透明板と前記投影光学系との間の空間への液体の供給と該空間からの液体の回収とを行いながら、前記透明板と前記投影光学系との間を液体で満たすことと、

前記透明板と前記投影光学系との間に満たされた液体と、前記透明板と前記基板との間に満たされた液体とを介して前記基板上にパターンの像を投影することと、を含む露光方法。

【請求項 2】

前記基板の露光処理中に、前記透明板と前記基板との間の空間へ液体を供給するとともに、該空間から液体を回収することによって、前記基板と前記透明板との間に液体が満たされている請求項 1 記載の露光方法。

【請求項 3】

投影光学系と基板との間の少なくとも一部を液体で満たし、前記液体と前記投影光学系とを介してパターンの像を前記基板上に投影することによって、前記基板を露光する露光

方法において、

前記投影光学系と前記基板の上面の一部との間を液体で満たすことと、
前記基板の周囲の少なくとも一部をカバー部材で覆い、前記基板の外側への前記液体の流出を抑える露光方法。

【請求項 4】

前記カバー部材は、前記基板の外径より内径が小さく、かつ前記基板より外径が大きい請求項 3 記載の露光方法。

【請求項 5】

前記カバー部材は所定幅の輪帯状に形成されている請求項 3 記載の露光方法。

【請求項 6】

請求項 1 ~ 請求項 5 のいずれか一項記載の露光方法を用いるデバイス製造方法。

【請求項 7】

投影光学系と基板との間の少なくとも一部を液体で満たし、前記液体と前記投影光学系とを介してパターンの像を前記基板上に投影することによって、前記基板を露光する露光装置において、

前記基板を支持する基板ステージと、
前記基板と前記投影光学系との間に配置されるように前記基板ステージに支持された、前記基板よりも大きい透明板と、
前記透明板と前記投影光学系との間の空間へ液体を供給する第 1 液体供給装置と、
前記透明板と前記投影光学系との間の空間から液体を回収する第 1 液体回収装置とを備え、

前記第 1 液体供給装置と前記第 1 液体回収装置とにより前記透明板と前記投影光学系との間に前記基板の移動方向に沿って液体を流すとともに、前記透明板と前記投影光学系との間に満たされた液体、及び前記透明板と前記基板との間に満たされた液体を介して前記基板上にパターンの像を投影する露光装置。

【請求項 8】

前記透明板と前記基板との間の空間へ液体を供給する第 2 液体供給装置と、
前記透明板と前記基板との間の空間から液体を回収する第 2 液体回収装置とをさらに備える請求項 7 記載の露光装置。

【請求項 9】

投影光学系と基板との間の少なくとも一部を液体で満たし、前記液体と前記投影光学系とを介してパターンの像を前記基板上に投影することによって、前記基板を露光する露光装置において、

前記基板を支持する基板ステージと、
前記基板ステージに支持された前記基板の周囲の少なくとも一部を覆って前記基板の外側への前記液体の流出を抑えるカバー部材と、を備え、
前記投影光学系と前記基板の上面の一部との間に満たされた液体を介して前記基板ステージに支持された前記基板を露光する露光装置。

【請求項 10】

前記カバー部材は、前記基板の外径より内径が小さく、かつ前記基板より外径が大きい請求項 9 記載の露光装置。

【請求項 11】

請求項 7 ~ 10 のいずれか一項記載の露光装置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を含むデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、投影光学系と基板との間に液体を満たした状態で基板にパターンを露光する露光方法、露光装置、及びデバイス製造方法に関するものである。

【0002】

10

20

30

40

50

【従来の技術】

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くなるほど、また投影光学系の開口数が高いほど高くなる。そのため、露光装置で使用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。

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

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

ここで、 λ は露光波長、NAは投影光学系の開口数、 k_1 、 k_2 はプロセス係数である。(1)式、(2)式より、解像度Rを高めるために、露光波長 λ を短くして、開口数NAを大きくすると、焦点深度DOFが狭くなることが分かる。

【0003】

焦点深度DOFが狭くなり過ぎると、投影光学系の像面に対して基板表面を合致させることが困難となり、露光動作時のマージンが不足する恐れがある。そこで、実質的に露光波長を短くして、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、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。

【0004】

【特許文献1】

国際公開第99/49504号パンフレット

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、上記従来技術には以下に述べる問題が存在する。

上記従来技術は、図9(a)に示す模式図のように、投影光学系PLの像面側である下面と基板(ウエハ)Pとの間を局所的に液体50で満たした状態で、照明光学系ILからの露光光ELでマスクMを照明し、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に露光する構成であり、基板Pの中央付近(中央領域)のショット領域を露光する場合には液体50の基板P外側への流出は生じない。しかしながら、図9(b)に示す模式図のように、基板Pの周辺領域(エッジ領域)Eに露光光ELを照射してこの基板Pのエッジ領域Eを露光しようとする、基板Pと基板ステージPSTとの段差部分Dで表面張力を維持できなくなり液体50は基板Pの外側や周辺装置に流出してしまう。この場合、液体50なしでは、マスクMのパターンの像が基板P上で結像しないという問題が生じるばかりでなく、この流出した液体50を放置しておく、基板Pがおかれている環境(湿度など)の変動をもたらす、各種光学的検出装置の検出光の光路上の屈折率の変化を引き起こすなど、所望のパターン転写精度を得られなくなるおそれが生じる。更に、流出した液体により、基板Pを支持する基板ステージ周辺の機械部品などに錆びを生じさせるなどの不都合も生じる。基板Pのエッジ領域Eを露光しないことで液体を流出させないようにすることも考えられるが、エッジ領域Eにも露光処理を施してパターンを形成しておかないと、後工程である例えばCMP(化学的機械的研磨)処理時において、CMP装置の研磨面に対してウエハである基板Pが片当たりして良好に研磨できないという可能性がある。

10

20

30

40

50

【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、投影光学系と基板との間を液体で満たした状態で露光処理する場合において、例えば基板のエッジ領域を露光する際にも基板の外側への液体の流出を防ぎつつ露光処理できる露光方法、露光装置、及びこの露光方法、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。

【0007】

【課題を解決するための手段】

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8に対応付けした以下の構成を採用している。

本発明の露光方法は、投影光学系（PL）と基板（P）との間の少なくとも一部を液体（50）で満たし、液体（50）と投影光学系（PL）とを介してパターンの像を基板（P）上に投影することによって、基板（P）を露光する露光方法において、基板（P）と投影光学系（PL）との間に配置されるように基板（P）を支持する基板ステージ（PST）に支持された、基板（P）よりも大きい透明板（8）と、基板（P）との間を液体（50B）で満たすことと、基板（P）の移動方向に沿って液体（50A）が流れるように、透明板（8）と投影光学系（PL）との間の空間（56）への液体（50A）の供給と該空間（56）からの液体（50A）の回収とを行いながら、透明板（8）と投影光学系（PL）との間を液体（50A）で満たすことと、透明板（8）と投影光学系（PL）との間に満たされた液体（50A）と、透明板（8）と基板（P）との間に満たされた液体（50B）とを介して基板（P）上にパターンの像を投影することと、を含む。

本発明の露光装置は、投影光学系（PL）と基板（P）との間の少なくとも一部を液体（50）で満たし、液体（50）と投影光学系（PL）とを介してパターンの像を基板（P）上に投影することによって、基板（P）を露光する露光装置において、基板（P）を支持する基板ステージ（PST）と、基板（P）と投影光学系（PL）との間に配置されるように基板ステージ（PST）に支持された、基板（P）よりも大きい透明板（8）と、透明板（8）と投影光学系（PL）との間の空間（56）へ液体（50A）を供給する第1液体供給装置（1）と、透明板（8）と投影光学系（PL）との間の空間（56）から液体（50A）を回収する第1液体回収装置（2）とを備え、第1液体供給装置（1）と第1液体回収装置（2）とにより透明板（8）と投影光学系（PL）との間に基板（P）の移動方向に沿って液体（50A）を流すとともに、透明板（8）と投影光学系（PL）との間に満たされた液体（50A）、及び透明板（8）と基板（P）との間に満たされた液体（50B）を介して基板（P）上にパターンの像を投影する。

【0008】

本発明によれば、基板と投影光学系との間に透明板を設けることにより、例えば投影光学系と透明板との間に液体を配置する際、透明板の大きさを基板より十分に大きくしておけば、液体が配置される空間において基板のエッジ領域に対応する部分に段差は形成されない。したがって、基板のエッジ領域を露光する際にも段差による基板外側への液体の流出を抑えることができる。

【0009】

本発明の露光方法は、投影光学系（PL）と基板（P）との間の少なくとも一部を液体（50）で満たし、液体（50）と投影光学系（PL）とを介してパターンの像を基板（P）上に投影することによって、基板（P）を露光する露光方法において、基板（P）と投影光学系（PL）との間に配置された、基板（P）より大きい透明板（8、14、15）と液体（50）とを介して基板（P）上にパターンの像を投影することを特徴とする。

【0010】

本発明によれば、投影光学系と基板との間に基板より大きい透明板を設けたことにより、液体が配置される空間において透明板により基板のエッジ領域に対応する部分に段差は形成されない。したがって、基板のエッジ領域を露光する際にも段差による基板外側への液体の流出を抑えることができる。

【0011】

10

20

30

40

50

本発明の露光方法は、投影光学系（PL）と基板（P）との間の少なくとも一部を液体（50）で満たし、液体（50）と投影光学系（PL）とを介してパターンの像を基板（P）上に投影することによって、基板（P）を露光する露光方法において、投影光学系（PL）と基板（P）の上面の一部との間を液体（50）で満たすことと、基板（P）の周囲の少なくとも一部をカバー部材（15）で覆い、基板（P）の外側への液体（50）の流出を抑える。

本発明の露光装置は、投影光学系（PL）と基板（P）との間の少なくとも一部を液体（50）で満たし、液体（50）と投影光学系（PL）とを介してパターンの像を基板（P）上に投影することによって、基板（P）を露光する露光装置において、基板（P）を支持する基板ステージ（PST）と、基板ステージ（PST）に支持された基板（P）の周囲の少なくとも一部を覆って基板（P）の外側への液体（50）の流出を抑えるカバー部材（15）と、を備え、投影光学系（PL）と基板（P）の上面の一部との間に満たされた液体（50）を介して基板ステージ（PST）に支持された基板（P）を露光する。

10

【0012】

本発明によれば、基板の周囲をカバー部材で覆うことにより、基板外側への液体の流出を防止することができる。したがって、周辺装置に錆びを生じさせるなどの不都合の発生を抑えることができる。

【0013】

本発明のデバイス製造方法は、上記いずれか記載の露光方法を用いることを特徴とする。本発明のデバイス製造方法は、上記いずれかの露光装置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を含む。本発明によれば、基板のエッジ領域を露光処理する際にも基板外側への液体の流出を抑えた状態で液浸法により露光処理できるので、基板の中央領域とエッジ領域との双方に対して良好にパターンを転写することができる。したがって、後工程の例えばCMP処理における基板とCMP装置の研磨面との片当たりといった不都合の発生を防ぐことができるので、所望の性能を有するデバイスを製造することができる。

20

【0014】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の露光方法及びデバイス製造方法について図面を参照しながら説明する。図1は本発明の露光方法が適用される露光装置の一実施形態を示す概略構成図である。図1において、露光装置EXは、マスクMを支持するマスクステージMSTと、基板Pを支持する基板ステージPSTと、マスクステージMSTに支持されているマスクMを露光光ELで照明する照明光学系ILと、露光光ELで照明されたマスクMのパターンの像を基板ステージPSTに支持されている基板Pに投影露光する投影光学系PLと、露光装置EX全体の動作を統括制御する制御装置CONTとを備えている。基板Pと投影光学系PLとの間には透明板8が配置されている。透明板8は支持部材9を介して基板ステージPST上に設けられている。

30

【0015】

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（所謂スキヤニングステッパ）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、投影光学系PLの光軸AX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Y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軸まわり方向をそれぞれ、X、Y、及びZ方向とする。なお、ここでいう「基板」は半導体ウエハ上にレジストを塗布したものを含み、「マスク」は基板上に縮小投影されるデバイスパターンを形成されたレチクルを含む。

40

【0016】

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

50

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紫外域の輝線 (g 線、 h 線、 i 線) 及び Kr 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、 Ar 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。本実施形態では、 Ar F エキシマレーザ光を用いる。

【 0 0 1 7 】

マスクステージ M S T は、マスク M を支持するものであって、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。マスクステージ M S T はリニアモータ等のマスクステージ駆動装置 M S T D により駆動される。マスクステージ駆動装置 M S T D は制御装置 C O N T により制御される。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、及び回転角はレーザ干渉計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 の位置決めを行う。

10

【 0 0 1 8 】

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、複数の光学素子 (レンズ) で構成されており、これら光学素子は金属部材としての鏡筒 P K で支持されている。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 あるいは 1 / 5 の縮小系である。なお、投影光学系 P L は等倍系及び拡大系のいずれでもよい。また、投影光学系 P L は光学特性 (結像特性) の補正を行う結像特性調整装置 P L C を有している。この結像特性調整装置 P L C は、例えば投影光学系 P L を構成する一部のレンズ群の間隔調整機構や一部のレンズ群のレンズ室内の気体圧力調整機構を有しており、これら調整を行うことにより、投影光学系 P L の投影倍率、歪曲収差等の光学特性の補正を行う。結像特性調整装置 P L C は制御装置 C O N T により制御される。

20

【 0 0 1 9 】

基板ステージ P S T は、基板 P を支持するものであって、基板 P を基板ホルダを介して保持する Z ステージ 5 1 と、Z ステージ 5 1 を支持する X Y ステージ 5 2 と、X Y ステージ 5 2 を支持するベース 5 3 とを備えている。基板ステージ P S T はリニアモータ等の基板ステージ駆動装置 P S T D により駆動される。基板ステージ駆動装置 P S T D は制御装置 C O N T により制御される。Z ステージ 5 1 を駆動することにより、Z ステージ 5 1 に保持されている基板 P の Z 軸方向における位置 (フォーカス位置) 、及び X 、 Y 方向における位置が制御される。また、X Y ステージ 5 2 を駆動することにより、基板 P の X Y 方向における位置 (投影光学系 P L の像面と実質的に平行な方向の位置) が制御される。すなわち、Z ステージ 5 1 は、基板 P のフォーカス位置及び傾斜角を制御して基板 P の表面をオートフォーカス方式、及びオートレベリング方式で投影光学系 P L の像面に合わせ込み、X Y ステージ 5 2 は基板 P の X 軸方向及び Y 軸方向における位置決めを行う。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。

30

40

【 0 0 2 0 】

基板ステージ P S T (Z ステージ 5 1) 上には移動鏡 5 4 が設けられている。また、移動鏡 5 4 に対向する位置にはレーザ干渉計 5 5 が設けられている。基板ステージ P S T 上の基板 P の 2 次元方向の位置、及び回転角はレーザ干渉計 5 5 によりリアルタイムで計測され、計測結果は制御装置 C O N T に出力される。制御装置 C O N T はレーザ干渉計 5 5 の計測結果に基づいて基板ステージ駆動装置 P S T D を駆動することで基板ステージ P S T に支持されている基板 P の位置決めを行う。

【 0 0 2 1 】

基板ステージ P S T に支持されている基板 P と投影光学系 P L の下面 7 との間には透明板

50

8 が設けられている。透明板 8 は支持部材 9 を介して基板ステージ P S T の Z ステージ 5 1 に支持されている。透明板 8 は露光光 E L を透過可能な材料により構成されており、本実施形態ではガラスプレートにより構成されている。なお、透明板 8 は露光光 E L に対して透過性を有していればよく、透明板 8 としてガラスプレート以外のものを採用可能である。透明板 8 は平行平板であって上下両面は平坦面である。そして、透明板 8 は平面視略円形状に設けられ、同じく略円形状に形成されている基板（ウエハ）P より大きく形成されている。すなわち、透明板 8 の径は基板 P より大きく（基板 P の径以上に）設定されている。透明板 8 を支持する支持部材 9 は略円環状に形成されており、基板 P の周囲に配置されている。

【 0 0 2 2 】

透明板 8 の上面と投影光学系 P L の下面 7 とは離間しており、投影光学系 P L と透明板 8 との間に空間 5 6 が形成されている。また、支持部材 9 に支持されている透明板 8 と基板 P とも離間しており、透明板 8、支持部材 9 及び Z ステージ 5 1 の上面との間に空間 5 7 が形成されている。空間 5 7 は略密閉空間である。

【 0 0 2 3 】

本実施形態では、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、液浸法を適用する。そのため、少なくともマスク M のパターンの像を基板 P 上に転写している間は、基板 P の表面と投影光学系 P L の基板 P 側の光学素子の先端面（下面）7 との間に所定の液体 5 0（5 0 A、5 0 B）が満たされる。本実施形態において、液体 5 0 には純水が用いられる。純水は、A r F エキシマレーザ光のみならず、露光光 E L を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 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）とした場合、この露光光 E L を透過可能である。また、投影光学系 P L の先端面 7 には露光光 E L を透過可能な平行平板が設けられている。この平行平板は投影光学系 P L の一部を構成する。

【 0 0 2 4 】

露光装置 E X は、投影光学系 P L の先端面 7 と透明板 8 との間の空間 5 6 に所定の液体 5 0 A を供給する液体供給装置 1 と、空間 5 6 の液体 5 0 A を回収する液体回収装置 2 とを備えている。液体供給装置 1 は、液体 5 0 A を収容するタンク、加圧ポンプ、及び空間 5 6 に対して供給する液体 5 0 A を所定の温度に調整する温度調整装置などを備えている。液体供給装置 1 には供給管 3 の一端部が接続され、供給管 3 の他端部には供給ノズル 4 が接続されている。液体供給装置 1 は供給管 3 及び供給ノズル 4 を介して空間 5 6 に液体 5 0 A を供給する。ここで、液体供給装置 1 に設けられている温度調整装置は、空間 5 6 に供給する液体 5 0 A の温度を、例えば露光装置 E X が収容されているチャンバ内の温度と同程度に設定する。

【 0 0 2 5 】

液体回収装置 2 は、吸引ポンプ、回収した液体 5 0 A を収容するタンクなどを備えている。液体回収装置 2 には回収管 6 の一端部が接続され、回収管 6 の他端部には回収ノズル 5 が接続されている。液体回収装置 2 は回収ノズル 5 及び回収管 6 を介して空間 5 6 の液体 5 0 A を回収する。空間 5 6 に液体 5 0 A を満たす際、制御装置 C O N T は液体供給装置 1 を駆動し、供給管 3 及び供給ノズル 4 を介して空間 5 6 に対して単位時間当たり所定量の液体 5 0 A を供給するとともに、液体回収装置 2 を駆動し、回収ノズル 5 及び回収管 6 を介して単位時間当たり所定量の液体 5 0 A を空間 5 6 より回収する。これにより、投影光学系 P L の先端面 7 と基板 P との間の空間 5 6 に所定量の液体 5 0 A が配置される。

【 0 0 2 6 】

また、基板 P と透明板 8 との間、すなわち空間 5 7 にも液体 5 0 B が満たされている。空間 5 7 に液体 5 0 B を満たす際には、例えば、露光処理前において基板ステージ P S T（Z ステージ 5 1）上の円環状支持部材 9 の円環内部に液体 5 0 B を投入し、次いで、支持部材 9 の上端を透明板 8 で覆うことにより空間 5 7 に液体 5 0 B が満たされる。ここで、空間 5 7 は略密閉空間であり、空間 5 7 に満たされた液体 5 0 B は空間外部に流出しない

10

20

30

40

50

【 0 0 2 7 】

次に、上述した露光装置 E X を用いてマスク M のパターンを基板 P に露光する方法について図 2 を参照しながら説明する。

基板ステージ P S T に対して基板 P がロードされると、制御装置 C O N T は、円環状部材である支持部材 9 の円環内部に液体 5 0 B を投入した後、支持部材 9 の上端を透明板 8 で覆う。これにより、基板 P と透明板 8 との間の空間 5 7 に液体 5 0 B が満たされた状態となる。次いで、制御装置 C O N T は、液体供給装置 1 及び液体回収装置 2 それぞれを駆動し、投影光学系 P L と透明板 8 との間に液体 5 0 A の液浸部分を形成する。そして、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、マスク M のパターンの像を投影光学系 P L、透明板 8、及び液体 5 0 A、5 0 B を介して基板 P に投影する。ここで、図 2 (a) の模式図に示すように、基板 P の中央付近 (中央領域) のショット領域を露光している間は、液体供給装置 1 から供給された液体 5 0 は液体回収装置 2 により回収されることで、基板 P の外側に流出しない。

10

【 0 0 2 8 】

一方、図 2 (b) に示すように、基板 P のエッジ領域 (基板 P の周縁近傍領域) E を露光処理する際にも、基板 P と投影光学系 P L との間には基板 P より十分に大きい透明板 8 が配置されているので、基板 P のエッジの外側にも透明板 8 の平坦部分が十分に確保される。すなわち、基板 P の中央付近とエッジ付近とのいずれを露光する場合にも、液体 5 0 が供給される空間 5 6 を、投影光学系 P L と透明板 8 との間に維持することができる。したがって、基板 P のエッジ領域 E を露光する際にも、液体 5 0 A は投影光学系 P L と透明板 8 との間から外部に流出することがなく、基板 P の中央領域に対する露光条件と同等の条件でエッジ領域 E を露光することができる。

20

【 0 0 2 9 】

また、空間 5 7 は略密閉空間であり、露光処理中において空間 5 7 内部の液体 5 0 B は大きく流動しない。したがって、液体の流動による基板 P 表面に対する影響を抑えることができる。

【 0 0 3 0 】

なお、本実施形態の露光装置 E X は所謂スキヤニングステッパである。 - X 方向に基板 P を移動させて走査露光を行う場合、制御装置 C O N T は - X 方向に液体 5 0 A を流す。一方、 + X 方向に基板 P を移動させて走査露光を行う場合、制御装置 C O N T は + X 方向に液体 5 0 を流す。このように、制御装置 C O N T は、液体供給装置 1 及び液体回収装置 2 を用いて、基板 P の移動方向に沿って液体 5 0 を流す。この場合、例えば液体供給装置 1 から供給ノズル 4 を介して供給される液体 5 0 は基板 P の - X 方向への移動に伴って空間 5 6 に引き込まれるようにして流れるので、液体供給装置 1 の供給エネルギーが小さくても液体 5 0 を空間 5 6 に容易に供給できる。そして、走査方向に応じて液体 5 0 を流す方向を切り替えることにより、 + X 方向、又は - X 方向のどちらの方向に基板 P を走査する場合にも、レンズ 6 0 の先端面 7 と基板 P との間を液体 5 0 で満たすことができ、高い解像度及び広い焦点深度を得ることができる。

30

【 0 0 3 1 】

露光処理を行うに際し、例えば空間 5 7 の液体 5 0 B は流動 (交換) していないため温度変化することが考えられ、この場合、温度変化により液体 5 0 A の屈折率が変動する。すると、マスク M のパターンを投影光学系 P L 及び液体 5 0 を介して基板 P に転写する際、基板 P に転写されるパターンの像に誤差が生じる場合がある。例えば、液体 5 0 の屈折率変化に伴い、屈折率変化前に比べて基板 P に転写されるパターン像のスケージングが変動したり、あるいは結像面位置が変動する場合が考えられる。制御装置 C O N T は、予め求めた液体 5 0 B の温度変化量 (屈折率変化量) と基板 P 上でのパターンの結像特性とに基づいて、基板 P に転写されるパターンの像に誤差が生じないように、結像特性調整装置 P L C を用いてパターン像の像調整を行う。例えば、液体 5 0 の屈折率変化に伴って、投影光学系 P L の像面位置が Z 軸方向にシフトした場合には、結像特性調整装置 P L C は、投

40

50

影光学系 P L 内に設けられている光学素子の一部を駆動することで、投影光学系 P L 及び液体 5 0 を介したパターンの結像面位置と基板 P の表面とを合致させることができる。あるいは、像調整として、マスク M を Z 軸方向あるいは傾斜方向へ移動したり、あるいは露光光 E L の波長を調整することによっても液体 5 0 の屈折率変化によってパターンの像に誤差が生じないように像調整を行うことができる。

【 0 0 3 2 】

以上説明したように、投影光学系 P L と基板 P との間に基板 P より大きい透明板 8 を設けたので、基板 P のエッジ領域 E を露光する際にも液体 5 0 A の外部への流出を抑えることができ、液浸露光を行う際、基板 P の中央領域とエッジ領域とのそれぞれに対して液体配置に関して同一条件で露光することができる。

10

【 0 0 3 3 】

上述したように、本実施形態における液体 5 0 は純水により構成されている。純水は、半導体製造工場等で容易に大量に入手できるとともに、基板 P 上のフォトリソトや光学素子（レンズ）等に対する悪影響がない利点がある。また、純水は環境に対する悪影響がないとともに、不純物の含有量が極めて低いため、基板 P の表面、及び投影光学系 P L 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。

【 0 0 3 4 】

そして、波長が 1 9 3 n m 程度の露光光 E L に対する純水（水）の屈折率 n はほぼ 1 . 4 7 であるため、露光光 E L の光源として A r F エキシマレーザ光（波長 1 9 3 n m ）を用いた場合、基板 P 上では $1 / n$ 、すなわち約 1 3 1 n m 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 . 4 7 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 P L 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。

20

【 0 0 3 5 】

本実施形態では、投影光学系 P L の先端面 7 には露光光 E L を透過可能な平行平板が設けられている。この平行平板は投影光学系 P L の先端面に着脱（交換）自在に取り付けられている。液体 5 0 と接触する光学素子を、レンズより安価な平行平板とすることにより、露光装置 E X の運搬、組立、調整時等において投影光学系 P L の透過率、基板 P 上での露光光 E L の照度、及び照度分布の均一性を低下させる物質（例えばシリコン系有機物等）がその平行平板に付着しても、液体 5 0 を供給する直前にその平行平板を交換するだけでよく、液体 5 0 と接触する光学素子をレンズとする場合に比べてその交換コストが低くなるという利点がある。すなわち、露光光 E L の照射によりレジストから発生する飛散粒子、または液体 5 0 中の不純物の付着などに起因して液体 5 0 に接触する光学素子の表面が汚れるため、その光学素子を定期的に交換する必要があるが、この光学素子を安価な平行平板とすることにより、レンズに比べて交換部品のコストが低く、且つ交換に要する時間を短くすることができる。もちろん、投影光学系 P L の先端面に取り付けられる光学素子がレンズであってもよい。また、投影光学系 P L の先端面に取り付けられる光学素子としては、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）の調整に用いる光学プレートであってもよい。また、投影光学系 P L の先端部において、光学素子（平行平板やレンズ）のみを液体 5 0 に接触させ、鏡筒 P K を接触させない構成とすることにより、金属からなる鏡筒 P K の腐蝕等が防止される。

30

40

【 0 0 3 6 】

なお、液体 5 0 A 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 との間に大きな圧力が生じる場合には、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。

【 0 0 3 7 】

なお、本実施形態の液体 5 0 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、この場合、液体 5 0 としては F₂ レーザ光を透過可能な例えばフッ素系オイルであってもよい。

50

また、液体50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。

【0038】

また、上記実施形態において、空間56と空間57とのそれぞれには同じ種類の液体が満たされるように説明したが、投影光学系PLと透明板8との間を第1の液体で満たし、基板Pと透明板8との間を前記第1の液体とは別の第2の液体で満たすこともできる。

【0039】

なお、上記実施形態では、空間57は略密閉空間であり、空間57の液体50Bはほぼ流動しないように説明したが、図3に示すように、支持部材9の一部で第2液体供給装置の一部を構成する供給ノズル10を支持し、支持部材9の他の一部で第2液体回収装置の一部を構成する回収ノズル11を支持し、これら供給ノズル10及び回収ノズル11のそれぞれを空間57に接続し、露光処理中において、空間57に対する液体50Bの供給及び回収動作を行うようにしてもよい。これにより、空間57の液体50Bは常時交換され、温度調整された液体50Bが供給されるので、空間57における液体50Bの温度変化を抑制できる。

【0040】

なお、上記実施形態では、基板ステージPST上に基板Pを配置した後、基板Pの周囲の支持部材9の内部に液体50Bを投入してから透明板8で覆うことにより液体50Bを満たした空間57を形成するように説明したが、図4に示すように、内部空間12Aを有する容器12を用意し、この容器12の内部空間12Aに液体50B及び基板Pを予め配置しておき、露光処理する際に搬送装置Hにより基板Pを容器12ごと基板ステージPSTにロードするようにしてもよい。なお、容器12はガラスなどの透明部材により形成され、内部空間12Aは略密閉空間である。露光処理する際には投影光学系PLと容器12の上面12Bとの間に液体50Aが液体供給装置1より供給される。

【0041】

また、上記実施形態では、透明板8を支持部材9で支持しているが、支持部材9なしに、液体50Bを介して透明板8と基板Pとを密着させるようにしてもよい。すなわち、基板ステージPST上に基板Pを配置した後、1～2mmの厚さで基板Pの全面を覆える程度の液体50Bを基板P上に供給する。そして、そこに透明板8を載せて、表面張力により透明板8と基板Pとの間に液体50Bを保持する。この場合、基板ステージPSTの移動により透明板8が動く恐れがある場合には、透明板8を載せた後に、その透明板8を固定してやればよい。

【0042】

次に、図5を参照しながら本発明の第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。

本実施形態の特徴的な部分は、投影光学系PLと基板Pとの間に配置される透明板として、投影光学系PLの先端面に設けられた大きな光学素子である平行平板14が用いられている点である。本実施形態において、平行平板（透明板）14の大きさは基板Pより大きく設定されている。また、上述したように、平行平板14は投影光学系PL（鏡筒PK）に対して着脱可能である。そして、平行平板14は投影光学系PLの下面に密着あるいは僅かに離間しており、水平方向に移動可能（スライド可能）に設けられている。平行平板14の一部は支持部材13を介して基板ステージPST（Zステージ51）の上面に接続されている。ここで、支持部材13は平行平板14の複数の所定位置と基板ステージPSTとを接続する棒部材により構成されている。図5（a）に示すように、基板Pを露光する際には、制御装置CONTは、第1供給装置1に接続している供給ノズル4より平行平板14と基板Pとの間に液体50を供給するとともに第2回収装置2に接続している回収ノズル5より液体50を回収しつつ、平行平板14及び液体50を介してマスクMのパターンの像を基板Pに露光する。そして、図5（b）に示すように基板P

10

20

30

40

50

のエッジ領域 E に対してパターンの像を露光する際にも、基板 P より大きい平行平板 14 が基板 P と投影光学系 P L との間に配置されているので、基板 P と平行平板 14 との間に液体 50 を満たした状態でエッジ領域 E を露光することができる。

【0043】

次に、図 6 を参照しながら本発明の第 3 実施形態について説明する。本実施形態の特徴的部分は、基板 P の周囲に基板 P 外側への液体 50 の流出を抑えるカバー部材 15 を設けた点である。

図 6 において、基板 P の周囲には支持部材 9 が設けられており、支持部材 9 の上端にはカバー部材 15 が接続されている。カバー部材 15 は、図 7 に示す平面図のように所定幅 15 D を有する輪帯状に形成されている。このカバー部材 15 の幅 15 D は例えば投影光学系 P L の下面 7 の半径以上に設定されている。カバー部材 15 は例えばガラス等の透明部材により形成されている。そして、図 6 (a) に示すように、カバー部材 15 の上面は基板 P の上面より高く設定されているとともに、カバー部材 15 と基板 P とは離間している。また、カバー部材 15 の内側領域 15 A と基板 P のエッジ領域 E とは水平方向において重複するように設定されている。すなわち、カバー部材 15 の内径は基板 P の外径より小さく設定されている。一方、カバー部材 15 の外径は基板 P より十分大きく設定されている。

10

【0044】

基板 P の中央付近のショット領域を露光する際には、図 6 (a) に示すように投影光学系 P L と基板 P との間に液体 50 が満たされる。一方、基板 P のエッジ領域 E を露光する際には、図 6 (b) に示すように液体 50 はカバー部材 15 及びこれを支持する支持部材 9 により外側への流出が抑えられる。特に、カバー部材 15 の外径が基板 P より大きく設定されており、カバー部材 15 の上面は基板 P の上面より高く設定されているので、エッジ領域 E を露光する際の液体 50 の流出を確実に抑えることができる。

20

【0045】

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。

【0046】

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（スキニングステッパ）の他に、マスク M と基板 P とを静止した状態でマスク M のパターンを一括露光し、基板 P を順次ステップ移動させるステップ・アンド・リピート方式の投影露光装置（ステッパ）にも適用することができる。また、本発明は基板 P 上で少なくとも 2 つのパターンを部分的に重ねて転写するステップ・アンド・スティッチ方式の露光装置にも適用できる。

30

【0047】

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（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。

40

【0048】

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。

【0049】

基板ステージ P S T やマスクステージ M S T にリニアモータ（USP5,623,853 または USP5,528,118 参照）を用いる場合は、エアベアリングを用いたエア浮上型およびローレンツ力またはリアクタンス力を用いた磁気浮上型のどちらを用いてもよい。また、各ステージ P S T、M S T は、ガイドに沿って移動するタイプでもよく、ガイドを設けないガイドレスタ

50

イブであってもよい。

【0050】

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。

【0051】

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。

10

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。

【0052】

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、この組み立ての前には、各種光学系については光学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。

20

【0053】

半導体デバイス等のマイクロデバイスは、図8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。

30

【0054】

【発明の効果】

本発明によれば、液浸法により基板を露光する場合において、基板のエッジ領域を露光する際にも基板外側への液体の流出を抑えることができる。したがって、流出した液体による周辺装置の錆びの発生や露光処理環境の変化といった不都合の発生を抑えることができる。また、基板の中央領域とエッジ領域との双方に対して良好にパターンを転写することができるので、後工程のCMP処理において基板とCMP装置の研磨面との片当たりといった不都合の発生を防ぐことができる。したがって、所望の性能を有するデバイスを製造することができる。

40

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の露光方法に用いる露光装置の一実施形態を示す概略構成図である。

【図2】本発明の露光方法の第1実施形態を説明するための模式図である。

【図3】本発明の露光方法の変形例を説明するための模式図である。

【図4】本発明の露光方法の変形例を説明するための模式図である。

【図5】本発明の露光方法の第2実施形態を説明するための模式図である。

【図6】本発明の露光方法の第3実施形態を説明するための模式図である。

【図7】カバー部材を示す平面図である。

50

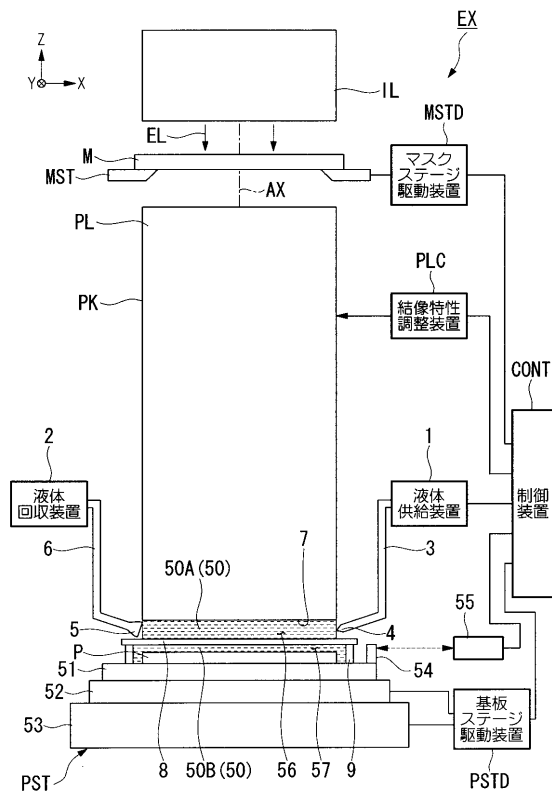
【図 8】半導体デバイスの製造工程の一例を示すフローチャート図である。

【図 9】従来の課題を説明するための模式図である。

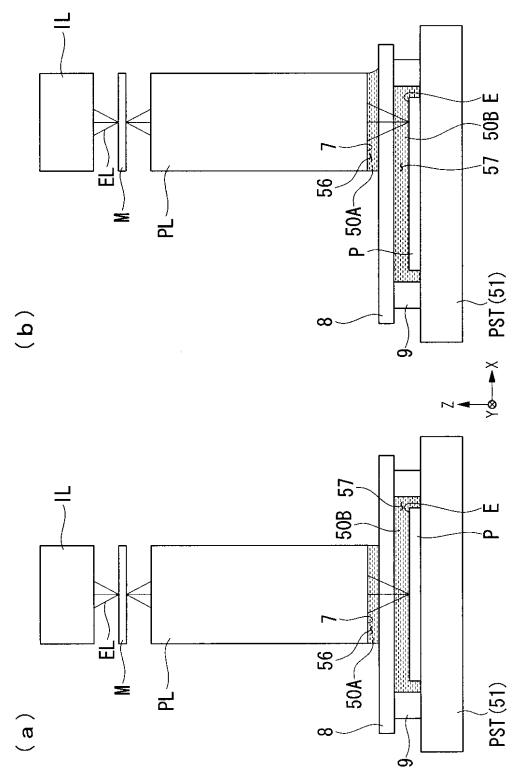
【符号の説明】

8 ... 透明板、14 ... 平行平板（透明板、光学素子）、15 ... カバー部材、
50（50A、50B）... 液体、EX ... 露光装置、M ... マスク、P ... 基板、
PL ... 投影光学系

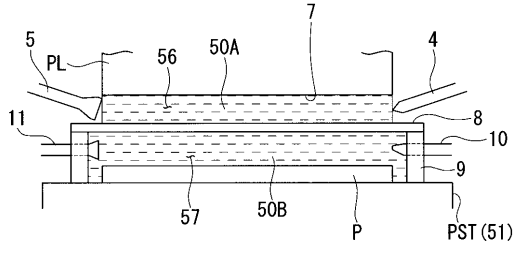
【図 1】



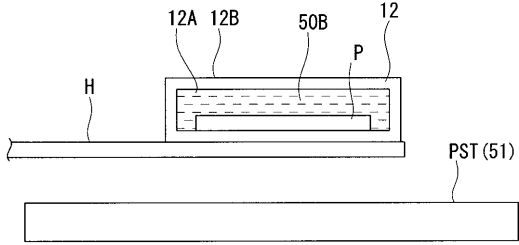
【図 2】



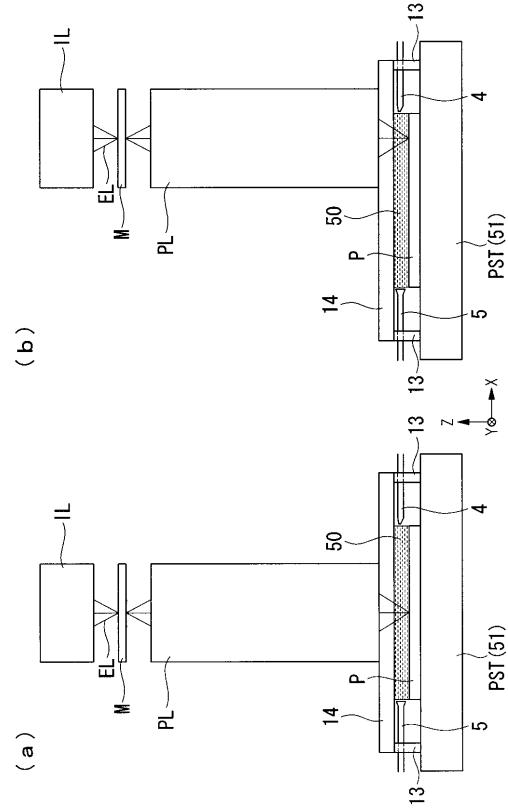
【図3】



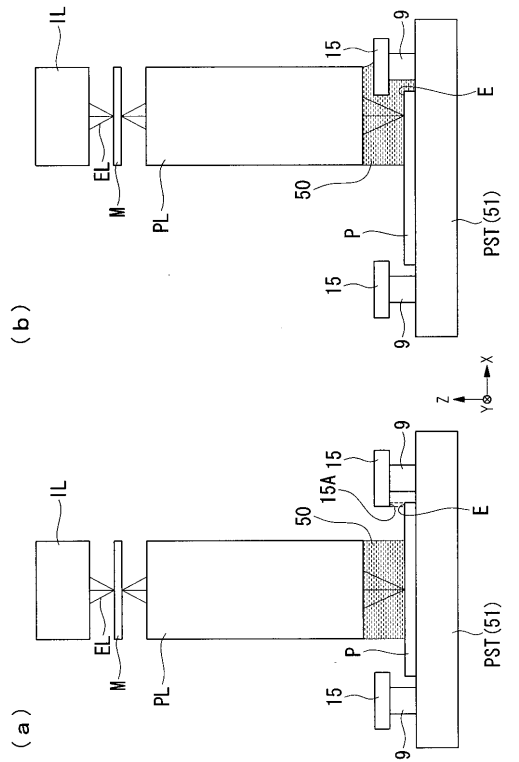
【図4】



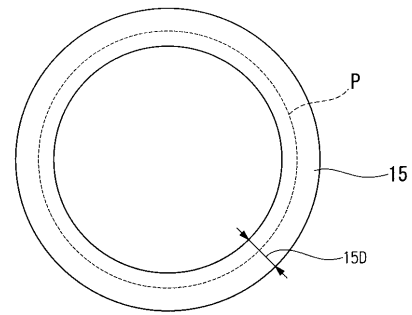
【図5】



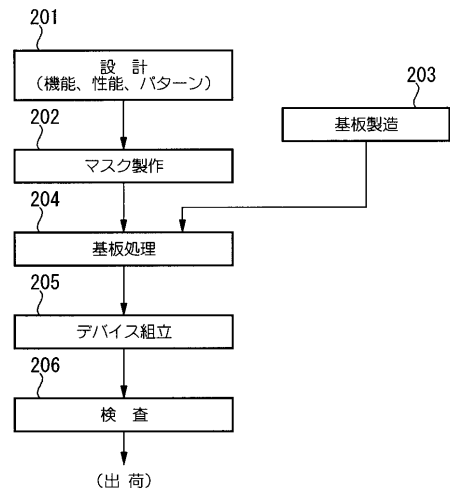
【図6】



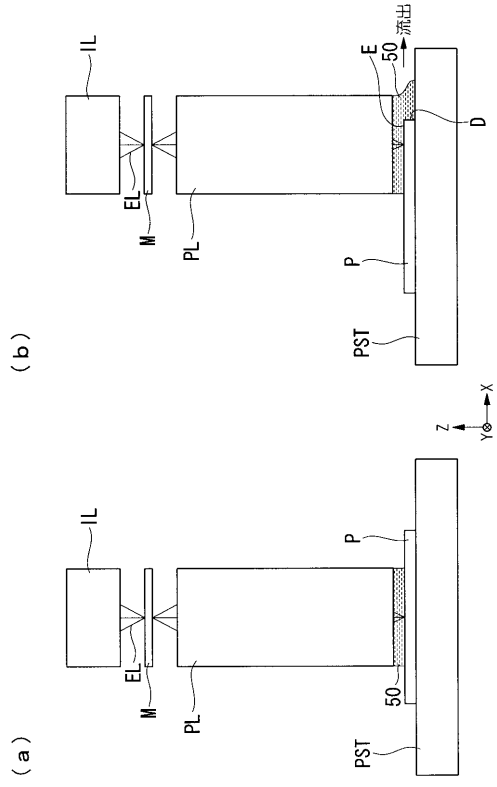
【図7】



【図8】



【 図 9 】



フロントページの続き

- (72)発明者 大和 壮一
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内
- (72)発明者 内川 清
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 多田 達也

- (56)参考文献 国際公開第99/049504(WO, A1)
特開平10-340846(JP, A)
特開平10-303114(JP, A)
特開平07-220990(JP, A)
特開平06-168866(JP, A)
特開2004-172621(JP, A)

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