

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5167572号
(P5167572)

(45) 発行日 平成25年3月21日(2013.3.21)

(24) 登録日 平成25年1月11日(2013.1.11)

(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 4 E
 GO 3 F 7/20 5 2 1

請求項の数 57 (全 41 頁)

(21) 出願番号	特願2005-27377 (P2005-27377)	(73) 特許権者	000004112
(22) 出願日	平成17年2月3日(2005.2.3)		株式会社ニコン
(65) 公開番号	特開2005-252247 (P2005-252247A)		東京都千代田区有楽町1丁目12番1号
(43) 公開日	平成17年9月15日(2005.9.15)	(74) 代理人	100064908
審査請求日	平成19年12月5日(2007.12.5)		弁理士 志賀 正武
(31) 優先権主張番号	特願2004-28092 (P2004-28092)	(74) 代理人	100108578
(32) 優先日	平成16年2月4日(2004.2.4)		弁理士 高橋 詔男
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(72) 発明者	小林 直行
前置審査			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	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

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】

基板上に露光光を照射して、前記基板を露光する露光装置において、
投影光学系と、
 前記基板を保持する基板保持部材を有し、該基板保持部材に前記基板を保持して移動可能な基板ステージと、
 前記基板保持部材の温度調整を行う第1温調システムと、
 前記基板保持部材に保持された前記基板上に、液体温調装置によって温度調整された液体を供給する液体供給機構と、
 前記基板保持部材に保持される前に、前記基板の温度を調整する第2温調システムと、
前記投影光学系の先端部の光学素子を囲むように前記基板が対向可能な位置に配置された流路形成部材と、
前記流路形成部材の温度を調整する温調システムと、
 を備え、
 前記液体供給機構により前記基板保持部材に保持された前記基板上に供給される前記液体の温度は、前記基板保持部材に保持された前記基板とほぼ同一温度であり、
 前記液体供給機構により供給された前記液体により前記基板上に局所的に形成される液浸領域の液体を介して前記基板上に前記露光光を照射する露光装置。

【請求項2】

前記基板保持部材の温度を検出する第1温度センサを備え、

前記液体供給機構は、前記第 1 温度センサの検出結果に基づいて、前記基板上に供給される前記液体の温度を調整する請求項 1 に記載の露光装置。

【請求項 3】

前記第 1 温度センサの検出結果と、前記基板上に供給される前記液体の温度との差が小さくなるように、前記温度調整装置によって前記液体の温度が調整される請求項 2 に記載の露光装置。

【請求項 4】

前記第 2 温調システムは、前記第 1 温度センサの検出結果に基づいて、前記基板保持部材に保持される前の前記基板の温度を調整する請求項 2 又は 3 に記載の露光装置。

【請求項 5】

前記基板上に供給される前記液体の温度を検出する第 2 温度センサを備え、
前記第 2 温度センサの検出結果に基づいて、前記液体温調装置により、前記基板上に供給される前記液体の温度が調整される請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 6】

前記第 2 温調システムは、前記基板保持部材に保持される前の前記基板の温度を、前記液体供給機構から供給される液体とほぼ同一温度に調整する請求項 2 ~ 5 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 7】

前記第 2 温調システムは、前記基板保持部材の温度に基づいて、前記基板の温度を調整する請求項 1 に記載の露光装置。

【請求項 8】

前記基板保持部材の温度を検出する第 1 温度センサを備え、
前記第 2 温調システムは、前記第 1 温度センサの検出結果に基づいて、前記基板の温度を調整する請求項 7 に記載の露光装置。

【請求項 9】

前記第 2 温調システムは、前記基板上に供給される前記液体の温度に基づいて、前記基板の温度を調整する請求項 1、7、8 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 10】

前記基板上に供給される前記液体の温度を検出する第 2 温度センサを備え、
前記第 2 温調システムは、前記第 2 温度センサの検出結果に基づいて、前記液体の温度を調整する請求項 9 に記載の露光装置。

【請求項 11】

前記第 2 温調システムは、前記基板保持部材に保持される前の前記基板の温度を、前記液体供給機構から供給される液体とほぼ同一温度に調整する請求項 7 ~ 10 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 12】

前記第 1 温調システムは、前記液体温調装置から供給された液体を用いて、前記基板保持部材の温度を調整する請求項 1 ~ 11 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 13】

前記第 2 温調システムは、前記液体温調装置から供給された液体を用いて、前記基板の温度を調整する請求項 1 ~ 12 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 14】

前記投影光学系の先端部の光学素子の温度を調整する第 3 温調システムを備え、
前記液体と前記光学素子と前記基板とがほぼ同一温度となるように、前記液体、前記光学素子、及び前記基板保持部材の温度が調整される請求項 1 ~ 13 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 15】

前記光学素子の温度を検出する第 3 温度センサを備え、
前記第 3 温調システムは、前記第 3 温度センサの検出結果に基づいて、前記光学素子の温度を調整する請求項 14 に記載の露光装置。

10

20

30

40

50

【請求項 16】

前記流路形成部材の温度を検出する第4温度センサを備え、

前記流路形成部材の温度を調整する温調システムは、前記第4温度センサの検出結果に基づいて、前記流路形成部材の温度を調整する請求項 1 ~ 15 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 17】

前記流路形成部材は、前記基板上に前記液体を供給する供給口を有する請求項 1 ~ 16 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 18】

前記流路形成部材は、前記基板上に供給された前記液体を回収する回収口を有する請求項 1 ~ 17 のいずれか一項に記載の露光装置。

10

【請求項 19】

前記第1温調システムは、前記基板と該基板上の液体との間の熱伝達が低減されるように、前記基板保持部材の温度調整を行う請求項 1 ~ 18 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 20】

前記第1温調システムは、前記液体と前記基板との接触によって前記液体の温度変化が起きないように、前記基板保持部材の温度調整を行う請求項 1 ~ 19 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 21】

前記第1温調システムは、前記液体中に温度分布が生じないように、前記基板保持部材の温度調整を行う請求項 20 に記載の露光装置。

20

【請求項 22】

前記液体を介して前記基板上に検出光を投射するとともに前記基板からの反射光を前記液体を介して受光することによって前記基板表面の面位置情報を検出する面位置検出装置を備え、

前記第1温調システムは、前記液体の温度変化に起因する前記面位置検出装置の計測誤差を抑制するために、前記基板保持部材の温度調整を行う請求項 20 又は 21 に記載の露光装置。

【請求項 23】

前記第1温調システムは、前記液体と前記基板との接触によって前記基板の温度変化が起きないように、前記基板保持部材の温度調整を行うことを特徴とする請求項 1 ~ 22 のいずれか一項記載の露光装置。

30

【請求項 24】

前記基板上的のアライメントマークを検出するマーク検出系を備え、

前記第1温調システムは、前記マーク検出系によるマーク検出後に、前記液体と前記基板との接触に起因して前記基板の温度が変化しないように、前記基板保持部材の温度調整を行うことを特徴とする請求項 23 記載の露光装置。

【請求項 25】

前記第1温調システムは、前記基板上に供給される液体と同一の液体を使って前記基板保持部材の温度調整を行うことを特徴とする請求項 1 ~ 24 のいずれか一項記載の露光装置。

40

【請求項 26】

前記第1温調システムは、前記基板上に供給される液体の温度に応じて、前記基板保持部材の温度調整を行うことを特徴とする請求項 1 ~ 25 のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項 27】

前記基板ステージは、前記基板保持部材に保持された前記基板の周囲に平坦部を形成する部材を有し、

前記平坦部を形成する部材の温度調整を行う第5温調システムを備える請求項 1 ~ 26 のいずれか一項に記載の露光装置。

50

【請求項 2 8】

前記平坦部は、前記基板ステージに保持された基板の表面とほぼ面一であることを特徴とする請求項 2 7 に記載の露光装置。

【請求項 2 9】

前記平坦部を形成する部材は、前記基板の周囲に配置された計測部材を含むことを特徴とする請求項 2 7 又は 2 8 記載の露光装置。

【請求項 3 0】

前記第 5 温調システムは、前記平坦部を形成する部材の温度変化が起きないように、温度調整を行うことを特徴とする請求項 2 7 ~ 2 9 のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項 3 1】

前記第 5 温調システムは、前記平坦部上の液体の温度変化を抑制するために、前記平坦部を形成する部材の温度調整を行うことを特徴とする請求項 2 7 ~ 3 0 のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項 3 2】

前記基板ステージは、前記基板保持部材に保持された前記基板の周囲に平坦部を形成する部材を有し、

前記平坦部は、前記基板ステージに保持された基板の表面とほぼ面一である請求項 1 ~ 2 6 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 3 3】

第 1 基板ステージとしての前記基板ステージと、
基板を保持する基板保持部材を有し、該基板保持部材に基板を保持して移動可能な第 2 基板ステージと、

一方のステージに保持された基板の計測を行う計測ステーションと、
他方のステージに保持された基板の露光を行う露光ステーションと、を備え、
前記第 1 温調システムは、前記計測ステーションで前記基板保持部材の温度調整を行う請求項 1 ~ 3 2 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 3 4】

前記計測ステーションにおける基板の計測は、基板表面の面位置情報の計測を含むことを特徴とする請求項 3 3 記載の露光装置。

【請求項 3 5】

前記計測ステーションにおける基板の計測は、基板上のアライメントマークの検出を含むことを特徴とする請求項 3 3 又は 3 4 記載の露光装置。

【請求項 3 6】

前記第 1 温調システムは、前記基板の計測を行う前に、前記基板保持部材の温度調整を行うことを特徴とする請求項 3 3 ~ 3 5 のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項 3 7】

前記液体供給機構は、前記露光ステーションで前記基板上に前記液体の供給を行う請求項 3 3 ~ 3 6 のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項 3 8】

前記計測ステーションにおける基板の計測後に、前記露光ステーションで前記基板上に供給された液体との接触に起因する前記基板の温度変化を抑制するために、前記第 1 温調システムは、前記基板保持部材の温度調整を行うことを特徴とする請求項 3 3 ~ 3 7 のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項 3 9】

請求項 1 ~ 請求項 3 8 のいずれか一項記載の露光装置を用いることを特徴とするデバイス製造方法。

【請求項 4 0】

基板上に露光光を照射して、前記基板を露光する露光方法において、
前記基板を保持して移動可能な基板ステージの基板保持部材に前記基板をロードする前に、前記基板の温度を調整することと、

10

20

30

40

50

前記基板保持部材の温度を調整することと、
 前記基板保持部材に前記基板をロードすることと、
 前記基板上に供給される液体の温度を調整することと、
 前記基板保持部材に保持された前記基板上に、前記基板保持部材に保持された前記基板とほぼ同一温度の前記液体を供給することと、
投影光学系の先端部の光学素子を囲むように前記基板が対向可能な位置に配置された流路形成部材の温度を調整することと、

前記基板上に供給された前記液体により前記基板上に局所的に形成される液浸領域の液体と前記投影光学系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 4 1】

前記基板の露光に使われる前記液体を使って、前記基板ステージにロードされる前の前記基板の温度調整を行うことを特徴とする請求項 4 0 に記載の露光方法。

【請求項 4 2】

前記基板と前記液体とが接触したときの前記液体の温度変化が小さくなるように、前記基板ステージに前記基板をロードする前に、前記基板の温度を調整する請求項 4 0 又は 4 1 に記載の露光方法。

【請求項 4 3】

前記基板ステージに前記基板をロードしたときの前記基板の温度変化が小さくなるように、前記基板ステージに前記基板をロードする前に、前記基板の温度を調整する請求項 4 2 に記載の露光方法。

【請求項 4 4】

前記基板保持部材の温度を検出することをさらに含み、
 前記検出によって得られた前記基板保持部材の温度に基づいて、前記基板上に供給される前記液体の温度を調整する請求項 4 0 ~ 4 3 のいずれか一項に記載の露光方法。

【請求項 4 5】

前記基板上に供給される前記液体の温度との差が小さくなるように、前記液体の温度が調整される請求項 4 4 に記載の露光方法。

【請求項 4 6】

前記検出によって得られた前記基板保持部材の温度に基づいて、前記基板保持部材に保持される前の前記基板の温度が調整される請求項 4 4 又は 4 5 に記載の露光方法。

【請求項 4 7】

前記基板上に供給される前記液体の温度を検出することをさらに含み、
 前記検出によって得られた前記液体の温度に基づいて、前記基板上に供給される前記液体の温度が調整される請求項 4 0 ~ 4 6 のいずれか一項に記載の露光方法。

【請求項 4 8】

前記基板上に供給される前記液体とほぼ同一温度に、前記基板保持部材に保持される前の前記基板の温度が調整される請求項 4 4 ~ 4 7 のいずれか一項記載の露光方法。

【請求項 4 9】

前記基板保持部材の温度に基づいて、前記基板保持部材に保持される前の前記基板の温度が調整される請求項 4 0 ~ 4 8 に記載の露光方法。

【請求項 5 0】

前記基板保持部材の温度を検出することをさらに含み、
 前記検出によって得られた前記基板保持部材の温度に基づいて、前記基板保持部材に保持される前の前記基板の温度が調整される請求項 4 9 に記載の露光方法。

【請求項 5 1】

前記基板上に供給される前記液体の温度に基づいて、前記基板保持部材に保持される前の前記基板の温度が調整される請求項 4 0 ~ 4 3、4 9、5 0 のいずれか一項に記載の露光方法。

【請求項 5 2】

前記基板上に供給される前記液体の温度を検出することをさらに含み、

10

20

30

40

50

前記検出によって得られた前記液体の温度に基づいて、前記基板保持部材に保持される前の前記基板の温度が調整される請求項 5 1 に記載の露光方法。

【請求項 5 3】

前記基板上に供給される前記液体とほぼ同一温度に、前記基板保持部材に保持される前の前記基板の温度が調整される請求項 4 9 ~ 5 2 のいずれか一項に記載の露光方法。

【請求項 5 4】

前記投影光学系の先端部の光学素子の温度を調整することをさらに含み、前記液体と前記光学素子と前記基板とがほぼ同一温度となるように、前記液体、前記光学素子、及び前記基板保持部材の温度が調整される請求項 4 0 ~ 5 3 のいずれか一項に記載の露光方法。

10

【請求項 5 5】

前記光学素子の温度を検出することをさらに含み、前記検出によって得られた前記光学素子の温度に基づいて、前記光学素子の温度が調整される請求項 5 4 に記載の露光方法。

【請求項 5 6】

前記流路形成部材の温度を検出することをさらに含み、前記検出によって得られた前記流路形成部材の温度に基づいて、前記流路形成部材の温度を調整する請求項 4 0 ~ 5 5 のいずれか一項に記載の露光方法。

【請求項 5 7】

請求項 4 0 ~ 請求項 5 6 のいずれか一項記載の露光方法を用いることを特徴とするデバイス製造方法。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、液体を介して基板上に露光光を照射して基板を露光する露光装置、及びこの露光装置を用いる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、所謂フォトリソグラフィの手法により製造される。このフォトリソグラフィ工程で使用される露光装置は、マスクを支持するマスクステージと基板を支持する基板ステージとを有し、マスクステージ及び基板ステージを逐次移動しながらマスクのパターンを投影光学系を介して基板に転写するものである。近年、デバイスパターンのより一層の高集積化に対応するために投影光学系の更なる高解像度化が望まれている。投影光学系の解像度は、使用する露光波長が短いほど、また投影光学系の開口数が高いほど高くなる。そのため、露光装置で使用される露光波長は年々短波長化しており、投影光学系の開口数も増大している。そして、現在主流の露光波長は KrF エキシマレーザの 248 nm であるが、更に短波長の ArF エキシマレーザの 193 nm 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。

30

【0003】

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

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

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。

40

【0004】

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

50

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 $1.2 \sim 1.6$ 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。

【特許文献 1】国際公開第 99/49504 号パンフレット

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、液浸露光装置においては、基板の位置情報等を計測するとき、液体に検出光を照射し、その液体を介した検出光に基づいて計測する構成が考えられる。その場合、温度変化等に起因して液体の屈折率が変化すると、検出光の光路が変動するなどして計測精度が劣化する。同様に、温度変化等に起因して液体の屈折率が変化すると、液体を介した像特性（像の形成状態）が変動するなどして露光精度が劣化する。

10

【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、液体を介した露光処理及び計測処理を良好に行うことができる露光装置、及びデバイス製造方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記の課題を解決するため、本発明は実施の形態に示す図 1 ~ 図 16 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。

20

【0008】

本発明の露光装置 (EX) は、液体 (LQ) を介して基板 (P) 上に露光光 (EL) を照射して、基板 (P) を露光する露光装置において、基板 (P) を保持する基板保持部材 (PH) を有し、該基板保持部材 (PH) に基板 (P) を保持して移動可能な基板ステージ (PST) と、基板保持部材 (PH) の温度調整を行う温調システム (60) とを備えたことを特徴とする。

【0009】

本発明によれば、基板を保持する基板保持部材を温調システムを使って温度調整することで、その基板保持部材に保持されている基板を所望の温度に調整することができる。したがって、基板に接触している液体の温度変化が抑えられ、液体を所望の温度状態に維持することができる。それゆえ、例えば液体に検出光を照射し、その液体を介した検出光に基づいて計測処理を行う構成であっても、良好な計測精度を維持することができる。また、所望の温度状態の液体を介して基板上に露光光を照射することができるので、良好な露光精度を維持することができる。

30

【0010】

また本発明の露光装置 (EX) は、液体 (LQ) を介して基板 (P) 上に露光光 (EL) を照射して、基板 (P) を露光する露光装置において、液体 (LQ) と接触した状態で露光光 (EL) が通過する光学部材 (2、401、501 など) の温度調整を行う温調システム (60) を備えたことを特徴とする。

40

【0011】

本発明によれば、液体と接触した状態で露光光が通過する光学部材を温調システムを使って温度調整することで、その光学部材に接触している液体の温度変化が抑えられ、液体を所望の温度状態に維持することができる。したがって、例えば液体を介して基板上に露光光を照射して基板を露光するときの露光精度や、液体及び光学部材を介した露光光に関する計測精度を良好な状態に維持することができる。

【0012】

ここで、液体と接触した状態で露光光が通過する光学部材としては、例えばパターン像を投影する投影光学系を備えている場合には、投影光学系と基板との間に液体を満たした

50

状態における投影光学系の像面側先端部の光学部材が挙げられる。また、例えばパターン像を投影する投影光学系、及びその投影光学系の像面側に配置される計測用センサを備えている場合には、投影光学系とその像面側に配置された計測用センサとの間に液体を満たした状態における投影光学系の像面側先端部の光学部材及び計測用センサを構成する各種光学部材のうち液体に接触する光学部材（上板）などが挙げられる。

【0013】

また本発明の露光装置（EX）は、液体（LQ）を介して基板（P）上に露光光（EL）を照射して、基板（P）を露光する露光装置において、基板（P）を保持して移動可能であって、基板（P）の周囲に平坦部（51、301A、401A、501Aなど）を形成する部材（50、300、401、501など）を有する基板ステージ（PST）と、平坦部（51、301A、401A、501Aなど）を形成する部材（50、300、401、501など）の温度調整を行う温調システム（60）とを備えたことを特徴とする。

10

【0014】

本発明によれば、基板の周囲に平坦部を形成する部材を温調システムを使って温度調整することで、その平坦部に接触している液体の温度変化が抑えられ、液体を所望の温度状態に維持することができる。

【0015】

ここで、基板の周囲に平坦部を形成する部材としては、基板ステージの上面のうち少なくとも一部の上を形成する部材であって、例えば基板を囲むように設けられた部材や、マスクや基板をアライメントするときに使われる基準部材の上面、あるいは投影光学系の像面側に配置された計測用センサのうち液体に接触する部材（上板）などが挙げられる。

20

【0016】

また本発明の露光装置（EX）は、液体（LQ）を介して基板（P）上に露光光（EL）を照射して、基板（P）を露光する露光装置において、基板（P）を保持する基板保持部材（PH1）を有し、該基板保持部材（PH1）に基板（P）を保持して移動可能な第1基板ステージ（PST1）と、基板（P）を保持する基板保持部材（PH2）を有し、該基板保持部材（PH2）に基板（P）を保持して移動可能な第2基板ステージ（PST2）と、一方のステージ（PST1又はPST2）に保持された基板（P）の計測を行う計測ステーション（ST1）と、他方のステージ（PST2又はPST1）に保持された基板（P）の露光を行う露光ステーション（ST2）と、第1基板ステージ（PST1）と第2基板ステージ（PST2）とのそれぞれに設けられ、計測ステーション（ST1）で基板保持部材（PH1、PH2）の温度調整を行う温調システム（60）とを備えたことを特徴とする。

30

【0017】

本発明によれば、第1基板ステージ及び第2基板ステージを有する所謂ツインステージ型露光装置において、基板に関する計測処理を行う計測ステーションで基板を保持する基板保持部材を温調システムを使って温度調整することで、その基板保持部材に保持されている基板を所望の温度に調整することができる。

【0018】

したがって、露光ステーションで基板上に液体が供給された場合にも、基板の温度変化や熱変形が防止され、その基板と接触する液体の温度変化も抑制することができ、良好な露光精度を維持することができる。

40

【0019】

また本発明の露光装置（EX）は、投影光学系（PL）と液体（LQ）とを介して基板（P）上に露光光を照射して、基板（P）を露光する露光装置において、液体（LQ）を供給する液体供給機構（10）と、液体供給機構（10）から供給された液体（LQ）と接触する物体（P、2、50、300、401、501など）の温度を計測する温度センサ（80、82、83、84）とを備え、液体供給機構（10）は、温度センサ（80、82、83、84）の計測結果に基づいて、供給される液体の温度を調整することを特徴

50

とする。

【0020】

本発明によれば、液体と接触する基板などの物体の温度を測定し、その測定結果に基づいて供給される液体の温度を調整するようにしているので、その物体の温度変化を抑制できるばかりでなく、その物体上に供給される液体の温度変化も抑えられ、液体の温度を所望状態に維持することができる。したがって、良好な計測精度や露光精度を得ることができる。なお、液体と接触する物体の温度計測は、その物体の温度を直接計測する場合だけでなく、液体と接触する物体の温度とほぼ同一温度とみなせる物体の温度、あるいは液体と接触する物体の温度が予測、推定可能な物体の温度を計測する場合も含む。

【0021】

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、液体を介した露光処理及び計測処理を良好に行うことができる露光装置を使って、所望の性能を発揮するデバイスを製造することができる。

【0022】

本発明の露光方法は、投影光学系（PL）と液体（LQ）とを介して基板（P）上に露光光（EL）を照射して、基板（P）を露光する露光方法において、基板（P）の露光を開始する前に、基板（P）の温度を液体（LQ）の温度に基づいて調整することを特徴とする。

【0023】

本発明によれば、液体の温度に基づいて基板の温度を調整することで、基板と液体とが接触したとき、液体の温度が所望温度に対して変化したり温度分布が生じることを防止することができる。したがって、例えば基板に接触している液体も所望の温度に維持することができる。したがって、液体に検出光を照射し、その液体を介した検出光に基づいて計測処理を行う構成であっても、良好な計測精度を維持することができる。また、所望の温度状態の液体を介して基板上に露光光を照射することができるので、良好な露光精度を維持することができる。また液体と接触したときの基板の温度変化や熱変形も防止することができ、良好な位置合わせ精度や重ね合わせ精度を維持したまま高精度の露光が可能となる。

【0024】

本発明の第7の態様に従えば、液体（LQ）を介して基板（P）を露光する方法であって：前記基板を含む、液体が接触する物体（P, 2, 50, 300, 401, 501など）の温度を予定温度に基づいて調整することと：前記予定温度の液体を介して基板を露光することを含む露光方法が提供される。

【0025】

この露光方法では、液浸露光が行われるときの液体の温度（予定温度）に基づいて前記物体の温度が調整されるために、液体が物体と接触することによる液体の温度や屈折率等の結像特性に影響する因子の変動が防止される。それゆえ、液浸露光前の計測精度及び液浸露光の露光精度が保証される。

【0026】

本発明の第8の態様に従えば、液体（LQ）を介して基板（P）上に露光光（EL）を照射して前記基板を露光する露光方法であって：液体（LQ）を供給することと；供給された液体（LQ）と接触する物体（P, 2, 50, 300, 401, 501など）の温度に基づいて、供給される液体（LQ）の温度を調整することを含む露光方法が提供される。

【0027】

この露光方法によれば、液体と接触する基板などの物体の温度に基づいて供給される液体の温度を調整するようにしているので、その物体の温度変化を抑制して、その物体上に供給される液体の温度を所望状態に維持することができる。

【0028】

本発明のデバイス製造方法は、上記記載の露光方法を用いることを特徴とする。本発明

10

20

30

40

50

によれば、液体を介した露光処理及び計測処理を良好に行うことができる露光方法によって、所望の性能を発揮するデバイスを製造することができる。

【発明の効果】

【0029】

本発明によれば、液体や液体と接触する物体の温度を所望の状態に維持することができる。したがって、液体を介して露光光を照射したときの露光精度や液体を介して検出光を照射したときの計測精度を良好な状態に維持することができる。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。

【発明を実施するための最良の形態】

【0030】

以下、本発明の露光装置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。

【0031】

図1は本発明の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、基板ホルダPHの温度調整を行う温調システム60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。

【0032】

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とを備えている。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、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(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。

【0033】

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、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。

【0034】

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ILに

10

20

30

40

50

より均一な照度分布の露光光 E L で照明される。照明光学系 I L から射出される露光光 E L としては、例えば水銀ランプから射出される輝線 (g 線、 h 線、 i 線) 及び K r F エキシマレーザ光 (波長 2 4 8 n m) 等の遠紫外光 (D U V 光) や、 A r F エキシマレーザ光 (波長 1 9 3 n m) 及び F ₂ 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、 A r F 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 L Q は純水であって、露光光 E L が A r F エキシマレーザ光であっても透過可能である。また、純水は輝線 (g 線、 h 線、 i 線) 及び K r F エキシマレーザ光 (波長 2 4 8 n m) 等の遠紫外光 (D U V 光) も透過可能である。

【 0 0 3 5 】

マスクステージ M S T は、マスク M を保持して移動可能であって、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 上には移動鏡 4 0 が設けられている。また、移動鏡 4 0 に対向する位置にはレーザ干渉計 4 1 が設けられている。マスクステージ M S T 上のマスク M の 2 次元方向の位置、及び回転角はレーザ干渉計 4 1 によりリアルタイムで計測され、計測結果は制御装置 C O N T に出力される。制御装置 C O N T はレーザ干渉計 4 1 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。

【 0 0 3 6 】

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 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、1 / 5、あるいは 1 / 8 の縮小系である。なお、投影光学系 P L は等倍系及び拡大系のいずれでもよい。また、投影光学系 P L は、反射素子のみを含む反射型の投影光学系であってもよく、屈折素子のみからなる屈折型の投影光学系であってもよいし、屈折素子と反射素子とからなる反射屈折型の投影光学系であってもよい。また、本実施形態の投影光学系 P L の先端部の光学素子 2 は鏡筒 P K に対して着脱 (交換) 可能に設けられている。また、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。これにより、金属からなる鏡筒 P K の腐蝕等が防止されている。

【 0 0 3 7 】

光学素子 2 は蛍石で形成されている。後述するように、光学素子 2 の液体接触面 2 A に親水化 (親液化) 処理が施されて液体 L Q との親和性が高められている。蛍石は純水との親和性が高いので、親水化 (親液化) 処理なしでも、光学素子 2 の液体接触面 2 A のほぼ全面に液体 L Q を密着させることができる。よって、光学素子 2 の液体接触面 2 A に施す親水化 (親液化) 処理を省略してもよい。また、光学素子 2 は水との親和性が高い石英であってもよい。

【 0 0 3 8 】

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 5 4 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 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 X、Y 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) 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。

【 0 0 3 9 】

基板ステージ P S T (Z ステージ 5 2) 上には凹部 5 5 が設けられており、基板ホルダ

10

20

30

40

50

P Hは凹部55に配置されている。そして、基板ステージP S Tのうち凹部55以外の上面51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)になるような平坦面(平坦部)となっている。本実施形態では、上面51を有するプレート部材50が基板ステージP S T上に対して交換可能に配置されている。基板Pの周囲に基板P表面とほぼ面一の上面51を設けたので、基板Pのエッジ領域Eを液浸露光するときにおいても、投影光学系P Lの像面側に液体L Qを保持して液浸領域A R 2を良好に形成することができる。ただし、液浸領域A R 2を良好に維持することができるれば、基板Pの表面とプレート部材50の上面51とに段差があってもよい。例えば、プレート部材50の上面51が基板ホルダP Hに保持された基板Pの表面よりも低くてもよい。また、基板Pのエッジ部とその基板Pの周囲に設けられた平坦面(上面)51を有するプレート部材50との間には0.1~2mm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く、基板Pの周縁近傍を露光する場合にも、プレート部材50により投影光学系P Lの下に液体L Qを保持することができる。なお、図1の露光装置においては、後述の移動鏡42の上部が基板ステージP S Tの上面51よりも高くなっているが、移動鏡42の上部も基板ステージP S Tの上面51とほぼ同じ高さ(面一)にするほうが望ましい。

10

【0040】

基板ステージP S T(Zステージ52)上には移動鏡42が設けられている。また、移動鏡42に対向する位置にはレーザ干渉計43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43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43の計測結果に基づいて、レーザ干渉計43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53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X軸方向及びY軸方向における位置決めを行う。

20

【0041】

また、露光装置E Xは、基板P表面の面位置情報を検出するフォーカス検出系30を有している。フォーカス検出系30は、投射部30Aと受光部30Bとを有し、投射部30Aから液体L Qを介して基板P表面(露光面)に斜め方向から検出光を投射するとともに、その基板Pからの反射光を液体L Qを介して受光部30Bで受光することによって、基板P表面の面位置情報を検出する。制御装置C O N Tは、フォーカス検出系30の動作を制御するとともに、受光部30Bの受光結果に基づいて、所定基準面(像面)に対する基板P表面のZ軸方向における位置(フォーカス位置)を検出する。また、基板P表面における複数の各点での各フォーカス位置を求めることにより、フォーカス検出系30は基板Pの傾斜方向の姿勢を求めることもできる。なお、フォーカス検出系30の構成としては、例えば特開平8-37149号公報に開示されているものを用いることができる。

30

【0042】

またフォーカス検出系は、液体L Qを介さずに基板P表面の面情報を検出するものであってもよい。その場合、投影光学系P Lから離れた位置で基板P表面の面情報を検出するものであってもよい。投影光学系P Lから離れた位置で基板P表面の面情報を検出する露光装置は、例えば米国特許第6,674,510号に開示されており、本国際出願で指定または選択された国の法令で許容される限りにおいて、この文献の記載内容を援用して本文の記載の一部とする。

40

【0043】

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52を駆動することにより、Zステージ52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方向における位置を制御する。すなわち、Zステージ52は、フォーカス検出系30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。

【0044】

50

投影光学系 P L の先端近傍には、基板 P 上のアライメントマーク 1 あるいは Z ステージ 5 2 上に設けられた基準部材 3 0 0 上の基板側基準マーク P F M を検出する基板アライメント系 3 5 0 が設けられている。また、マスクステージ M S T の近傍には、マスク M と投影光学系 P L とを介して Z ステージ 5 2 上に設けられた基準部材 3 0 0 上のマスク側基準マーク M F M を検出するマスクアライメント系 3 6 0 が設けられている。なお、基板アライメント系 3 5 0 の構成としては、例えば特開平 4 - 6 5 6 0 3 号公報に開示されているものを用いることができ、マスクアライメント系 3 6 0 の構成としては、例えば特開平 7 - 1 7 6 4 6 8 号公報に開示されているものを用いることができる。

【 0 0 4 5 】

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 より供給された液体 L Q の温度を調整する液体温調装置 6 1 と、液体温調装置 6 1 にその一端部を接続する供給管 1 3 (1 3 A 、 1 3 B) とを備えている。液体供給部 1 1 は、液体 L Q を収容するタンク、及び加圧ポンプ等を備えている。液体供給部 1 1 の液体供給動作は制御装置 C O N T により制御される。また、液体温調装置 6 1 の動作も制御装置 C O N T に制御される。基板 P 上に液浸領域 A R 2 を形成する際、液体供給機構 1 0 は所望温度に制御した液体 L Q を基板 P 上に供給する。なお、液体供給部 1 1 のタンク、加圧ポンプは、必ずしも露光装置 E X が備えている必要はなく、露光装置 E X が設置される工場などの設備を代用することもできる。

【 0 0 4 6 】

供給管 1 3 A 、 1 3 B の途中には、供給管 1 3 A 、 1 3 B の流路を開閉するバルブ 1 5 がそれぞれ設けられている。バルブ 1 5 の開閉動作は制御装置 C O N T により制御されるようになっている。なお、本実施形態におけるバルブ 1 5 は、例えば停電等により露光装置 E X (制御装置 C O N T) の駆動源 (電源) が停止した場合に供給管 1 3 A 、 1 3 B の流路を機械的に閉塞する所謂ノーマルクローズ方式となっている。

【 0 0 4 7 】

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って、液体 L Q を回収可能な液体回収部 2 1 と、液体回収部 2 1 にその一端部を接続する回収管 2 3 (2 3 A 、 2 3 B) とを備えている。液体回収部 2 1 は例えば真空ポンプ等の真空系 (吸引装置) 、回収された液体 L Q と気体とを分離する気液分離器、及び回収した液体 L Q を収容するタンク等を備えている。なお真空系として、露光装置 E X に真空ポンプを設けずに、露光装置 E X が配置される工場の真空系を用いるようにしてもよい。液体回収部 2 1 の液体回収動作は制御装置 C O N T により制御される。基板 P 上に液浸領域 A R 2 を形成するために、液体回収機構 2 0 は液体供給機構 1 0 より供給された基板 P 上の液体 L Q を所定量回収する。

【 0 0 4 8 】

投影光学系 P L を構成する複数の光学素子のうち、液体 L Q に接する光学素子 2 の近傍には流路形成部材 7 0 が配置されている。流路形成部材 7 0 は、基板 P (基板ステージ P S T) 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。流路形成部材 7 0 と光学素子 2 との間には隙間が設けられており、流路形成部材 7 0 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。

【 0 0 4 9 】

流路形成部材 7 0 は、例えばアルミニウム、チタン、ステンレス鋼、ジュラルミン、及びこれらを含む合金によって形成可能である。あるいは、流路形成部材 7 0 は、ガラス (石英) 等の光透過性を有する透明部材 (光学部材) によって構成されてもよい。

【 0 0 5 0 】

流路形成部材 7 0 は、基板 P (基板ステージ P S T) の上方に設けられ、その基板 P 表面に対向するように配置された液体供給口 1 2 (1 2 A 、 1 2 B) を備えている。本実施形態において、流路形成部材 7 0 は 2 つの液体供給口 1 2 A 、 1 2 B を有している。液体供給口 1 2 A 、 1 2 B は流路形成部材 7 0 の下面 7 0 A に設けられている。

【 0 0 5 1 】

また、流路形成部材 7 0 は、その内部に液体供給口 1 2 A、1 2 B に対応した供給流路を有している。また、液体供給口 1 2 A、1 2 B 及び供給流路に対応するように複数（2 つ）の供給管 1 3 A、1 3 B が設けられている。そして、流路形成部材 7 0 の供給流路の一端部は供給管 1 3 A、1 3 B を介して液体供給部 1 1 にそれぞれ接続され、他端部は液体供給口 1 2 A、1 2 B にそれぞれ接続されている。

【 0 0 5 2 】

また、2 つの供給管 1 3 A、1 3 B のそれぞれの途中には、液体供給部 1 1 から送られ、液体供給口 1 2 A、1 2 B のそれぞれに対する単位時間あたりの液体供給量を制御するマスフローコントローラと呼ばれる流量制御器 1 6（1 6 A、1 6 B）が設けられている。流量制御器 1 6 A、1 6 B による液体供給量の制御は制御装置 CONT の指令信号の下で行われる。

10

【 0 0 5 3 】

更に、流路形成部材 7 0 は、基板 P（基板ステージ P S T）の上方に設けられ、その基板 P 表面に対向するように配置された液体回収口 2 2（2 2 A、2 2 B）を備えている。本実施形態において、流路形成部材 7 0 は 2 つの液体回収口 2 2 A、2 2 B を有している。液体回収口 2 2 A、2 2 B は流路形成部材 7 0 の下面 7 0 A に設けられている。

【 0 0 5 4 】

また、流路形成部材 7 0 は、その内部に液体回収口 2 2 A、2 2 B に対応した回収流路を有している。また、液体回収口 2 2 A、2 2 B 及び回収流路に対応するように複数（2 つ）の回収管 2 3 A、2 3 B が設けられている。そして、流路形成部材 7 0 の回収流路の一端部は回収管 2 3 A、2 3 B を介して液体回収部 2 1 にそれぞれ接続され、他端部は液体回収口 2 2 A、2 2 B にそれぞれ接続されている。

20

【 0 0 5 5 】

本実施形態において、流路形成部材 7 0 は、液体供給機構 1 0 及び液体回収機構 2 0 それぞれの一部を構成している。そして、液体供給機構 1 0 を構成する液体供給口 1 2 A、1 2 B は、投影光学系 P L の投影領域 A R 1 を挟んだ X 軸方向両側のそれぞれの位置に設けられており、液体回収機構 2 0 を構成する液体回収口 2 2 A、2 2 B は、投影光学系 P L の投影領域 A R 1 に対して液体供給機構 1 0 の液体供給口 1 2 A、1 2 B の外側に設けられている。なお、本実施形態における投影光学系 P L の投影領域 A R 1 は、Y 軸方向を長手方向とし、X 軸方向を短手方向とした平面視矩形状に設定されている。

30

【 0 0 5 6 】

液体供給部 1 1 及び流量制御器 1 6 の動作は制御装置 CONT により制御される。基板 P 上に液体 L Q を供給する際、制御装置 CONT は、液体供給部 1 1 より液体 L Q を送出し、供給管 1 3 A、1 3 B、及び供給流路を介して、基板 P の上方に設けられている液体供給口 1 2 A、1 2 B より基板 P 上に液体 L Q を供給する。このとき、液体供給口 1 2 A、1 2 B は投影光学系 P L の投影領域 A R 1 を挟んだ両側のそれぞれに配置されており、その液体供給口 1 2 A、1 2 B を介して、投影領域 A R 1 の両側から液体 L Q を供給可能である。また、液体供給口 1 2 A、1 2 B のそれぞれから基板 P 上に供給される液体 L Q の単位時間あたりの量は、供給管 1 3 A、1 3 B のそれぞれに設けられた流量制御器 1 6 A、1 6 B により個別に制御可能である。

40

【 0 0 5 7 】

液体回収部 2 1 の液体回収動作は制御装置 CONT により制御される。制御装置 CONT は液体回収部 2 1 による単位時間あたりの液体回収量を制御可能である。基板 P の上方に設けられた液体回収口 2 2 A、2 2 B から回収された基板 P 上の液体 L Q は、流路形成部材 7 0 の回収流路、及び回収管 2 3 A、2 3 B を介して液体回収部 2 1 に回収される。

【 0 0 5 8 】

なお、本実施形態において、供給管 1 3 A、1 3 B は 1 つの液体供給部 1 1 に接続されているが、供給管の数に対応した液体供給部 1 1 を複数（例えば 2 つ）設け、供給管 1 3 A、1 3 B のそれぞれを前記複数の液体供給部 1 1 のそれぞれに接続するようにしてもよ

50

い。また、回収管 23A、23Bは、1つの液体回収部 21 に接続されているが、回収管の数に対応した液体回収部 21 を複数（例えば 2 つ）設け、回収管 23A、23B のそれぞれを前記複数の液体回収部 21 のそれぞれに接続するようにしてもよい。

【0059】

投影光学系 PL の光学素子 2 の液体接触面 2A、及び流路形成部材 70 の下面（液体接触面）70A は親液性（親水性）を有している。本実施形態においては、光学素子 2 及び流路形成部材 70 の液体接触面に対して親液処理が施されており、その親液処理によって光学素子 2 及び流路形成部材 70 の液体接触面が親液性となっている。換言すれば、基板ステージ PST に保持された基板 P の被露光面（表面）と対向する部材の表面のうち少なくとも液体接触面は親液性となっている。本実施形態における液体 LQ は極性の大きい水であるため、親液処理（親水処理）としては、例えばアルコールなど極性の大きい分子構造の物質で薄膜を形成することで、この光学素子 2 や流路形成部材 70 の液体接触面に親水性を付与する。すなわち、液体 LQ として水を用いる場合には OH 基など極性の大きい分子構造を持ったものを前記液体接触面に設ける処理が望ましい。あるいは、MgF₂、Al₂O₃、SiO₂ などの親液性材料を前記液体接触面に設けてもよい。

【0060】

流路形成部材 70 の下面（基板 P 側を向く面）70A はほぼ平坦面であり、光学素子 2 の下面（液体接触面）2A も平坦面となっており、流路形成部材 70 の下面 70A と光学素子 2 の下面 2A とはほぼ面一となっている。これにより、広い範囲で液浸領域 AR2 を良好に形成することができる。なお、流路形成部材 70 の下面 70A と光学素子 2 の下面 2A とがほぼ面一でなくともよく、所望の範囲に液浸領域が良好に形成されればよい。また、投影光学系 PL と対向する物体（例えば、基板 P）上に液浸領域 AR2 を形成する機構は、上述のものに限られず、例えば米国特許公開第 2004/0207824 号公報に開示されている機構を用いることができる。

【0061】

なお、投影光学系 PL や流路形成部材 70 には振動センサ（例えば加速度センサ）が設けられており、液体 LQ との接触などに起因して生じ得る投影光学系 PL の振動や液体 LQ を回収するときに生じ得る流路形成部材 70 の振動をモニタできるようになっている。

【0062】

図 2 は基板ホルダ PH の温度調整を行う温調システム 60 を示す図である。図 2 において、温調システム 60 は、液体供給部 11 より供給された液体 LQ の温度を所定の温度に調整する液体温調装置 61 と、基板ホルダ PH 内部に形成され、液体温調装置 61 より供給された液体 LQ が流れる温調流路 62 とを備えている。そして、温調流路 62 の一端部と液体温調装置 61 とは、供給流路 63 及び Z ステージ 52 内部に形成された内部流路 63' を介して接続されている。また、温調流路 62 の他端部は、回収流路 64 及び Z ステージ 52 内部に形成された内部流路 64' を介して液体回収部 21 に接続されている。液体温調装置 61 によって温度調整された液体 LQ は、供給流路 63 及び内部流路 63' を介して温調流路 62 に供給され、温調流路 62 の内部を流れる。液体温調装置 61 は内部に加熱ヒータと温度センサを備え、制御装置からの制御信号に基づいて制御される。液体 LQ の温度は、特に限定されないが、投影光学系 PL や基板ステージ PST などが収容されるチャンバ内の温度とほぼ同じ 23 ± 0.01 程度に調整される。基板ホルダ PH は、温調流路 62 を流れる液体 LQ により、所望の温度、例えば、上記調整された液体 LQ と同温度に調整される。

【0063】

温調流路 62 は平面視において螺旋状あるいは波形状に設けられており、基板ホルダ PH をほぼ均一な温度に調整することができるようになっている。なおここでは、温調流路 62 は 1 本であるように説明したが、複数の温調流路 62 を基板ホルダ PH に設けてもよい。また本実施形態では、温調流路 62 は基板ホルダ PH の内部に形成されているように説明したが、温調流路 62 を基板ホルダ PH の下（基板ホルダ PH と Z ステージ 52 との接触面）や、Z ステージ 52 内部に設けてもよい。あるいは、温調流路 62 を形成する管

10

20

30

40

50

部材を基板ホルダPHの側面の周囲に設けてもよいし、基板Pの保持を妨げない位置であれば、基板ホルダPHの上面に設けてもよい。基板ホルダPHは、温調流路62を流れる液体の温度により温度制御されるように、熱伝導度の高い材料から形成されるのが好ましい。例えば、アルミニウム、チタン、ステンレス鋼、ジュラルミン、及びこれらを含む合金で形成され得る。基板ホルダPHは、その上面に基板Pを保持するために複数のピン状の突起部が形成されている。

【0064】

なお、本実施形態においては、基板Pの熱伝導率が高い炭化シリコン(SiC)から形成されているため、基板ホルダPHに保持されている基板Pの温度と基板ホルダPHの温度はほぼ同一とみなすことができ、基板ホルダPHの温度調整を行うことによって基板Pの温度調整を行うことができる。

10

【0065】

液体温調装置61と内部流路63'を接続する供給流路63は、例えば、基板ステージPSTの移動に伴って弾性変形可能なフレキシブルチューブを用いて構成することができる。液体回収部21と内部流路64'を接続する回収流路64もまたフレキシブルチューブを用いて構成することができる。

【0066】

また本実施形態においては、温調システム60は、基板P上に供給される液体LQと同一の液体LQを使って、基板ホルダPHの温度調整を行っている。そして、温調システム60は、温度調整された液体LQを使って基板ホルダPHの温度調整を行うとともに、基板P上に供給される液浸露光用の液体LQの温度調整も行っている。これにより、装置構成が簡略化されるとともに、液体LQと接触する基板P、及び基板Pと接触する液体LQの温度変化をそれぞれ抑制することができる。また、基板ホルダPHと、その基板ホルダPHに保持された基板Pと、その基板Pに接触する液体LQとをほぼ同一温度にすることができる。

20

【0067】

また、温調システム60は、基板Pの周囲に平坦面(上面)51を形成するプレート部材50の温度調整も行うことができる。図2に示すように、プレート部材50の下のZステージ52内部には温調流路65が設けられており、液体温調装置61から供給された温度調整されている液体LQはその温調流路65を流れる。これにより、プレート部材50の温度が調整される。なお、温調流路65はプレート部材50の内部や周囲に設けられていてもよい。更に、基準部材300の内部あるいはその周囲(あるいは下)にも温調流路66が設けられており、温調流路66を流れる液体温調装置61から供給された液体LQによって基準部材300が温度調整されるようになっている。なお、計測処理や露光処理を妨げない位置であれば、温調流路65、66は部材50、300の上に設けられてもよい。このように、プレート部材50及び基準部材300の温度を制御することによって、プレート部材50や基準部材300上に液浸領域AR2が形成される場合にも、プレート部材50、基準部材300、及び液体LQのそれぞれの温度変化が抑えられる。また、プレート部材50と液体LQの温度、あるいは基準部材300と液体LQの温度をほぼ同一にすることができる。

30

40

【0068】

また、基板ホルダPHの上面の複数の所定位置には、この基板ホルダPHの温度を計測する温度センサ80がそれぞれ設けられている。上述したように、基板ホルダPHと基板Pとはほぼ同じ温度と見なすことができるので、基板ホルダPHの上面に設けられた温度センサ80は、基板ホルダPHに保持された基板Pの温度も計測可能である。温度センサ80の温度計測結果は制御装置CONTに出力される。温度センサ80の計測結果は、例えば液体温調装置61による液体LQの温度制御に用いられる。この際、制御装置CONTは、例えば、温度センサ80の測定結果と、基板P上に供給される液体の温度との差が小さくなるように液体温調装置61を制御することができる。

【0069】

50

なお、基板ホルダ P H の温度と基板 P との温度が同一とみなすことが出来ない場合には、温度センサ 8 0 で基板ホルダ P H の温度を計測し、その計測結果に基づいて液体 L Q と接触する基板 P の温度を予測するようにしてもよい。もちろん、温度センサ 8 0 を直接基板 P の温度が計測できる位置に配置してもよい。

【 0 0 7 0 】

また、温度センサ 8 0 を設けずに、実験やシミュレーションなどに基づいて基板ホルダ P H の温度を予測するようにしてもよい。

【 0 0 7 1 】

また、流路形成部材 7 0 のうち、液体供給口 1 2 A、1 2 B それぞれの近傍には、液体供給口 1 2 A、1 2 B より投影光学系 P L の像面側に供給された液体 L Q の温度を計測する温度センサ 8 1 がそれぞれ設けられている。温度センサ 8 1 の温度計測結果は制御装置 C O N T に出力される。温度センサ 8 1 の計測結果は、例えば液体温調装置 6 1 による液体 L Q の温度制御に用いられる。この場合、制御装置 C O N T は、例えば、温度センサ 8 1 の測定結果と、予め設定している液体の温度とを比較し、その差が小さくなるように液体温調装置 6 1 を制御することができる。なお温度センサ 8 1 は、投影光学系 P L の像面側に供給された液体 L Q の温度を計測可能な位置に配置されていればよく、例えば液体 L Q に接する位置であれば流路形成部材 7 0 や光学素子 2 の任意の位置に設けることが可能である。また、温度センサ 8 1 を流路形成部材 7 0 内の流路や供給管や回収管の途中に設けても良い。

【 0 0 7 2 】

更に、基準部材 3 0 0 の所定位置には、この基準部材 3 0 0 の温度を計測する温度センサ 8 2 が設けられている。本実施形態においては、温度センサ 8 2 は基準部材 3 0 0 の上面 3 0 1 A のうち基準マーク M F M、P F M などの計測動作を妨げない位置に設けられている。なお、基準部材 3 0 0 の温度を計測可能であれば、温度センサ 8 2 を任意の位置に設けることができる。温度センサ 8 2 の温度計測結果も制御装置 C O N T に出力される。温度センサ 8 2 の計測結果は、例えば基準部材 3 0 0 上に液浸領域 A R 2 が形成されるときに液体温調装置 6 1 による液体 L Q の温度制御に用いられる。この場合、制御装置 C O N T は、例えば温度センサ 8 2 の測定値と基準部材 3 0 0 上に供給される液体 L Q の温度との差が小さくなるように液体温調装置 6 1 を制御することができる。

【 0 0 7 3 】

なお、温度センサ 8 2 を設けずに、実験やシミュレーションなどに基づいて基準部材 3 0 0 の温度を予測するようにしてもよい。

【 0 0 7 4 】

図 3 は基板 P を保持して移動可能な基板ステージ P S T を上方から見た平面図である。図 3 において、平面視矩形形状の基板ステージ P S T の互いに垂直な 2 つの縁部に移動鏡 4 2 が配置されている。

【 0 0 7 5 】

基板ステージ P S T の上面 5 1 は撥液化处理されて撥液性を有している。上面 5 1 の撥液化处理としては、例えばフッ素系樹脂材料あるいはアクリル系樹脂材料等の撥液性材料を塗布、あるいは前記撥液性材料からなる薄膜を貼付する。撥液性にするための撥液性材料としては液体 L Q に対して非溶解性の材料が用いられる。なお、基板ステージ P S T 全体又は一部を例えばポリ四フッ化エチレン（テフロン（登録商標））等のフッ素系樹脂をはじめとする撥液性を有する材料で形成してもよい。また、プレート部材 5 0 を上記ポリ四フッ化エチレンなどからなる撥液性を有する材料によって形成してもよい。

【 0 0 7 6 】

また、基板ステージ P S T 上において、基板 P の外側の所定位置には、基準部材 3 0 0 が配置されている。基準部材 3 0 0 には、基板アライメント系 3 5 0 により検出される基準マーク P F M と、マスクアライメント系 3 6 0 により検出される基準マーク M F M とが所定の位置関係で設けられている。基準部材 3 0 0 の上面 3 0 1 A はほぼ平坦面となっており、基板ステージ P S T に保持された基板 P 表面、及びプレート部材 5 0 の上面 5 1 と

10

20

30

40

50

ほぼ同じ高さ（面一）に設けられている。基準部材 300 の上面 301A は、フォーカス検出系 30 の基準面としての役割も果たすことができる。なお、基準マーク PFM と基準マーク MFM とを別々の部材に設けて、基板ステージ PST に配置するようにしてもよい。

【0077】

また、基板アライメント系 350 は、基板 P 上に形成されたアライメントマーク 1 も検出する。図 3 に示すように、基板 P 上には複数のショット領域 S1 ~ S24 が形成されており、アライメントマーク 1 は複数のショット領域 S1 ~ S24 に対応して基板 P 上に複数設けられている。なお図 3 では、各ショット領域は互いに隣接するように図示されているが、実際には互いに離間しており、アライメントマーク 1 はその離間領域であるスクライプライン上に設けられている。

10

【0078】

また、基板ステージ PST 上には、基板 P の外側の所定位置に、計測用センサとして例えば特開昭 57 - 117238 号公報に開示されているような照度ムラセンサ 400 が配置されている。照度ムラセンサ 400 は平面視矩形形状の上板 401 を備えている。上板 401 の上面 401A はほぼ平坦面となっており、基板ステージ PST に保持された基板 P 表面、及びプレート部材 50 の上面 51 とほぼ同じ高さ（面一）に設けられている。上板 401 の上面 401A には、光を通過可能なピンホール部 470 が設けられている。上面 401A のうち、ピンホール部 470 以外はクロムなどの遮光性材料で覆われている。

20

【0079】

また、基板ステージ PST 上には、基板 P の外側の所定位置に、計測用センサとして例えば特開 2002 - 14005 号公報に開示されているような空間像計測センサ 500 が設けられている。空間像計測センサ 500 は平面視矩形形状の上板 501 を備えている。上板 501 の上面 501A はほぼ平坦面となっており、基板ステージ PST に保持された基板 P 表面、及びプレート部材 50 の上面 51 とほぼ同じ高さ（面一）に設けられている。上板 501 の上面 501A には、光を通過可能なスリット部 570 が設けられている。上面 501A のうち、スリット部 570 以外はクロムなどの遮光性材料で覆われている。

【0080】

また、不図示ではあるが、基板ステージ PST 上には、例えば特開平 11 - 16816 号公報に開示されているような照射量センサ（照度センサ）も設けられており、その照射量センサの上板の上面は基板ステージ PST に保持された基板 P 表面やプレート部材 50 の上面 51 とほぼ同じ高さ（面一）に設けられている。

30

【0081】

以上のように、基準部材 300 の上面 301A、照度ムラセンサ 400 の上面 401A、空間像計測センサ 500 の上面 501A は、基板ステージ PST の上面の一部を成し、基板 P を保持した基板ステージ PST の上面はほぼ同じ高さ（面一）となっている。

【0082】

そして、基準部材 300、及び上板 401、501 などは基板ステージ PST に対して脱着可能（交換可能）となっているとともに、上板 401、501 の温度も温調システム 60 で調整されるようになっている。

40

【0083】

なお、基板ステージ PST には上述の基準部材 300 やセンサ 400、500 などの計測部材をすべて搭載する必要はなく、それらの少なくとも一部を省いてもよい。また基板ステージ PST 上に搭載する計測部材は、上述したものに限られず、投影光学系 PL の波面収差を計測するセンサなどを必要に応じて搭載することができる。もちろん、基板ステージ PST 上に計測部材を何も搭載しなくてもよい。

【0084】

図 4 (a) は照度ムラセンサ 400 を示す断面図、図 4 (b) は照度ムラセンサ 400 を上方から見た平面図である。図 4 において、照度ムラセンサ 400 は、石英ガラスなどからなる上板 401 と、上板 401 の下に設けられた石英ガラスなどからなる光学素子 4

50

02とを備えている。本実施形態において、上板401と光学素子402とは一体で設けられている。以下の説明においては、上板401及び光学素子402を合わせて適宜「光学部材404」と称する。また、上板401及び光学素子402は、支持部403を介してZステージ52上に支持されている。支持部403は、光学部材404を囲む連続した壁部を有している。照度ムラセンサ400は、プレート部材50に設けられた開口部50Lに配置され、上面401Aを露出している。そして、上板401及び光学素子402を含む光学部材404は、Zステージ52に対して脱着可能となっており、交換可能となっている。

【0085】

上板401上には、光を通過可能なピンホール部470が設けられている。また、上板401上のうち、ピンホール部470以外の部分は、クロムなどの遮光性材料を含む薄膜460が設けられている。本実施形態において、ピンホール部470内部にも石英ガラスからなる光学部材が設けられており、これにより、薄膜460とピンホール部470とが面一となっており、上面401Aは平坦面となる。また、上面401A及び支持部403の一部には撥液性材料からなる膜401Bが設けられている。

10

【0086】

なお、膜401Bの表面がほぼ面一になるならば、ピンホール部470内部に光学部材の一部が設けられていなくともよい。また上板401を省いて、光学素子402に薄膜460を直接形成してもよい。

【0087】

20

光学部材404の下方には、ピンホール部470を通過した光を受光する光センサ450が配置されている。光センサ450はZステージ52上に取り付けられている。光センサ450は、受光信号を制御装置CONTに出力する。ここで、支持部403とZステージ52と光学部材404とで囲まれた空間405は略密閉空間であり、液体LQは空間405に浸入しない。なお、光学部材404と光センサ450との間に光学系（光学素子）を配置してもよい。

【0088】

光学部材404及び支持部403を含む照度ムラセンサ400と開口部50Lとの間には所定のギャップが設けられている。照度ムラセンサ400の上面401Aはほぼ平坦面となっており、基板P表面及びプレート部材50の上面51とほぼ同じ高さ（面一）に設けられている。

30

【0089】

プレート部材50のうち照度ムラセンサ400近傍は薄肉化されており、その薄肉化された薄肉部50Sのうち照度ムラセンサ400側の端部は下方に曲げられて曲げ部50Tを形成している。また、Zステージ52には、上方に突出する壁部310が形成されている。壁部310は、照度ムラセンサ400に対して曲げ部50Tより外側に設けられ、照度ムラセンサ400（曲げ部50T）を囲むように連続して形成されている。

【0090】

そして、温調流路67を構成する管部材が光学部材404の側面に巻きつけられるように設けられている。液体温調装置61から供給された温度調整された液体LQが温調流路67を流れることにより、光学部材404の温度が調整される。このように、光学部材404の温度を制御することによって、光学部材404上に液浸領域AR2が形成されている場合にも、光学部材404と液体LQの温度をほぼ同一にすることができる。

40

【0091】

また、光学部材404の所定位置には、この光学部材404の温度を計測する温度センサ83が設けられている。本実施形態においては、温度センサ83は光学部材404の側面に設けられているが、温度計測可能な位置であれば任意の位置でよい。温度センサ83の温度計測結果は制御装置CONTに出力される。温度センサ83の計測結果は、例えば光学部材404上に液浸領域AR2を形成するときの液体温調装置61による液体LQの温度制御に用いられる。この場合、制御装置CONTは、温度センサ83の計測結果と光

50

学部材 404 上に供給される液体 LQ の温度との差が小さくなるように、液体温調装置 61 による液体 LQ の温度調整を制御することができる。なお、温度センサ 83 を設けずに、実験やシミュレーションの結果に基づいて光学部材 404 の温度を予測するようにしてもよい。

【0092】

なお、空間像計測センサ 500 は照度ムラセンサ 400 とほぼ同等の基本構成を有するため、その詳細な説明は省略するが、空間像計測センサ 500 を構成する上板（光学部材）501 の側面にも温調流路が設けられており、その温調流路の内部に温度調整された液体 LQ が流れることにより、空間像計測センサを構成する上板 501 の温度が調整される。同様に、上記照度センサを構成する上板の温度も、温調流路を流れる液体 LQ によって温度調整される。なお、照度ムラセンサ 400 同様、上記基準部材 300 の側面に温調流路を形成する管部材を巻きつけて、基準部材 300 の温度を調整するようにしてもよい。また同様にして、空間像計測センサ 500 及び不図示の照度センサにも、それぞれの光学部材の温度を計測する温度センサが配置されており、その計測結果は制御装置 CONT に出力される。その温度センサの計測結果は、例えば液体温調装置 61 による液体の温度制御に用いられる。

10

【0093】

なお、以上の説明においては、基板ステージ PST に搭載されている計測部材（基準部材 300，照度ムラセンサ 400，空間像計測センサ 500）のすべてを温度調整する構成になっているが、少なくとも一部の計測部材の温度調整を省いても良い。

20

【0094】

また、温調システム 60 は、投影光学系 PL を構成する複数の光学素子のうち液体 LQ が接触する光学素子 2 の温度調整を行うこともできる。図 5 に示すように、温調システム 60 は、光学素子 2 の側面に巻きつけられるように設けられた温調流路 68 を形成する管部材を備えている。液体温調装置 61 より供給された温度調整された液体 LQ は温調流路 68 を流れる。光学素子 2 は温調流路 68 を流れる液体 LQ により温度調整される。このように、光学素子 2 の温度を制御することによって、投影光学系 PL の像面側に液浸領域 AR2 が形成されている場合に、光学素子 2 と液体 LQ のそれぞれの温度変化を抑えることができる。また、光学素子 2 と液体 LQ との温度をほぼ同一にすることができる。

【0095】

また、光学素子 2 の所定位置には、この光学素子 2 の温度を計測する温度センサ 84 が設けられている。本実施形態においては温度センサ 84 は光学素子 2 の側面に設けられているが、光学素子 2 の温度を計測可能であれば任意の位置に設けることができる。温度センサ 84 の温度計測結果も制御装置 CONT に出力され、液体温調装置 61 による液体 LQ の温度調整に用いられる。

30

【0096】

以上のように、本実施形態においては、液体 LQ の温度、及び液体 LQ と接触する物体（基板 P，基準部材 300，光学素子 2 等）の温度調整を行うようにすることで、液体 LQ に接触する物体（基板 P，基準部材 300，光学素子 2 等）と液体 LQ との温度をほぼ同一にすることができる。また液体 LQ の温度変化ばかりでなく、液体 LQ と接触する物体（基板 P，基準部材 300，光学素子 2 等）の温度変化や熱変形を抑制することもできる。

40

【0097】

なお本実施形態においては、温調システム 60 は 1 つの液体温調装置 61 から供給した液体 LQ を使って基板ホルダ PH や基準部材 300 あるいは光学素子 2 の温度調整を行っているが、投影光学系 PL の像面側に供給される液体 LQ の温度調整を行う液体温調装置 61 とは別に液体温調装置を少なくとも一つ設け、例えば光学素子 2 を温度調整する液体 LQ と基板ホルダ PH を温度調整する液体 LQ とのそれぞれが互いに別の液体温調装置から供給されるようにしてもよい。すなわち、基板 P（基板ホルダ PH）、液体 LQ、基準部材 300、光学素子 2 などの温度を、個別の液体温調装置を用いて独立に制御すること

50

が可能となる。この場合、投影光学系 P L の像面側に供給される液体 L Q の温度に応じて、基板 P (基板ホルダ P H)、液体 L Q、基準部材 3 0 0、光学素子 2 などの温度をそれぞれ調整することができ、これにより、基板 P、基準部材 3 0 0、光学素子 2 などとの接触によって液体 L Q に温度変化や温度分布が起きるのが防止されるばかりでなく、液体 L Q との接触による基板 P、基準部材 3 0 0、光学素子 2 などの温度変化や熱変形を防止できる。また、基板 P (基板ホルダ P H)、基準部材 3 0 0、光学素子 2 などの温度調整は液体 L Q を使う方式に限られず、液体 L Q を使う構成以外の所定の温調手段 (ヒーターやペルチェ素子など) を使って温度調整するようにしてもよい。

【 0 0 9 8 】

次に、上述した構成を有する露光装置 E X を用いてマスク M のパターン像を基板 P に露光する方法について、図 6 に示すフローチャート図を参照しながら説明する。

10

【 0 0 9 9 】

まず、基板を保持して移動可能な基板ステージ P S T に、基板 P をロードする前に、基板 P の温度調整が行われる (ステップ S A 1)。

【 0 1 0 0 】

具体的には、図 7 に示すように、露光処理対象である基板 P が、レジストを塗布するコータ装置等の前処理装置から搬送系 H によって、温調システム 6 0 の一部を構成する温調用ホルダ 9 0 上に搬送される。温調用ホルダ 9 0 は上記コータ装置等の前処理装置と基板ステージ P S T との間に設けられており、保持した基板 P の温度を調整する。本実施形態においては、温調用ホルダ 9 0 の内部には液体温調装置 6 1 より供給された液体 L Q が流れる温調流路 6 9 が形成されている。温調用ホルダ 9 0 に保持された基板 P は、液浸露光時に基板 P 上に供給される液体 L Q の温度に応じた温度、具体的には液体 L Q とほぼ同一温度に調整される。これにより、基板 P を基板ステージ P S T (基板ホルダ P H) 上に載せた後に、液体 L Q を供給しても液体 L Q と基板 P との間の熱交換が抑制され、液体 L Q の温度変化、及び基板 P の温度変化や熱変形を防止することができる。また本実施形態においては、基板ホルダ P H も液体温調装置 6 1 からの液体 L Q で温度制御されているので、基板 P を基板ホルダ P H 上に載せたときの基板 P の温度変化や熱変形も防止することができる。なお、温調用ホルダ 9 0 で使われる液体は液体温調装置 6 1 とは別の温調装置から供給してもよいし、液体を使わない別の方式によって基板 P の温度調整をするようにしてもよい。例えば、液体の代わりに、温度調整された気体を用いて温度調整してもよい。この場合、温度調整された気体を温調用ホルダ 9 0 の内部の温調流路 6 9 に供給してもよく、あるいは温調用ホルダ 9 0 または基板 P に温度調整された気体を直接吹き付けてもよい。別の温度調整方式として、伝熱式の接触型のヒータまたは輻射熱を利用した非接触型のヒータを用いて温調用ホルダ 9 0 の温度調整をしてもよい。

20

30

【 0 1 0 1 】

温調ホルダ 9 0 で液体温調装置 6 1 とは別の温調装置や液体を使わない温調機構を使用する場合にも、基板 P 上に供給される液体 L Q の温度や基板ホルダ P H の温度を考慮して、温調ホルダ 9 0 での基板 P の温度調整が行われる。例えば、液体 L Q の温度を計測する温度センサ 8 1 や基板ホルダ P H の温度を計測する温度センサ 8 0 が搭載されている場合には、これらの計測結果に基づいて温調ホルダ 9 0 での基板 P の温度調整を制御することができる。これにより、基板 P と接触する液体 L Q の温度変化、及び基板 P の温度変化や熱変形を抑えることができる。

40

【 0 1 0 2 】

基板 P の露光を開始する前に、基板 P の温度を温調用ホルダ 9 0 で温度調整した後、制御装置 C O N T は所定の搬送系を使って、基板 P を温調用ホルダ 9 0 から搬出するとともに、その基板 P を基板ステージ P S T に搬入 (ロード) する (ステップ S A 2)。

【 0 1 0 3 】

基板 P が基板ステージ P S T にロードされた後、計測処理及び基板 P に対するアライメント処理が行われる (ステップ S A 3)。

【 0 1 0 4 】

50

計測処理時及びアライメント処理時においても、温調システム60による液体LQの温度調整が行われる。

【0105】

計測処理においては、制御装置CONTは、例えば投影光学系PLと照度ムラセンサ400の上板401とを対向させた状態で、液体供給機構10及び液体回収機構20を使って、液体LQの供給及び回収を行い、投影光学系PLの先端部の光学素子2と上板401の上面401A上との間に液体LQの液浸領域を形成する。

【0106】

そして、投影光学系PLの光学素子2と上板401の上面401Aとに液体LQを接触させた状態で、制御装置CONTは、照明光学系ILより露光光ELを射出し、投影光学系PLと液体LQとを介して、照度ムラセンサ400により投影領域AR1内における露光光ELの照度分布を検出する。すなわち、照度ムラセンサ400の上面401A上に液体LQの液浸領域を形成した状態で、露光光ELが照射される照射領域(投影領域)内の複数の位置で順次照度ムラセンサ400のピンホール部470を移動させる。制御装置CONTは、照度ムラセンサ400の検出結果に基づいて、投影光学系PLの投影領域AR1内における露光光ELの照度分布が所望状態となるように、その露光光ELの照度分布を適宜補正する。

【0107】

このとき、温調システム60は、液体LQが接触した状態で露光光ELが通過する光学素子2や上板401の温度調整を行う。具体的には、温調システム60は、光学素子2や平坦面401Aを形成する上板401の温度変化が起きないように、温度調整を行う。更に、温調システム60は、平坦面401A上の液体LQの温度変化を抑制するために、上板401の温度調整を行う。

【0108】

液体LQを介した照度ムラセンサ400の計測中、光学素子2の温度は温度センサ84に計測され、その計測結果は制御装置CONTに出力される。同様に、上板401の温度は温度センサ83に計測され、上板401上の液体LQの温度は温度センサ81に計測される。温度センサ81、83、84の計測結果は制御装置CONTに出力される。制御装置CONTは、これら温度センサの計測結果に基づいて、上板401や光学素子2、あるいは液体LQの温度変化を抑制するために、これら液体LQと光学素子2と上板401とがほぼ同一温度となるように温度調整を行う。例えば制御装置CONTは、温度センサの計測結果に基づいて、液体温調装置61から上板401を温度調整するための温調流路67及び光学素子2を温度調整するための温調流路68のそれぞれに供給する液体LQの温度あるいは単位時間当たりの液体供給量をそれぞれ調整する。

【0109】

液体LQと接触する上板401の温度と光学素子2の温度とに差が生じたり、上板401あるいは光学素子2の温度と液体LQの温度とに差が生じると、それらの間で熱交換(熱伝達)が行われ、上板401と光学素子2との間に満たされた液体LQに温度変化が生じたり、温度分布が生じる。また上板401や光学素子2が温度変化を起こす可能性もある。この場合、これら温度変化によって露光光ELの照度分布を計測するときの計測精度が劣化する可能性がある。そこで、温調システム60によって、これら光学素子2や上板401や液体LQの温度変化が生じないように温度調整することで、計測精度の劣化を防止することができる。

【0110】

また、液体温調装置61から供給される液体LQの温度も、僅かながら経時的に変化する可能性があり、その場合においても上板401と光学素子2との間に満たされた液体LQに温度分布や温度変化が生じる。そこで、温調システム60は、上板401上に供給される液体LQの温度に応じて(温度センサの計測結果に基づいて)、光学素子2や上板401の温度調整を行うことにより、液体LQに温度分布が生じる不都合を防止することができる。

10

20

30

40

50

【 0 1 1 1 】

露光光 E L の照度分布の検出が終了した後、制御装置 C O N T は、液体回収機構 2 0 を使って、照度ムラセンサ 4 0 0 の上板 4 0 1 の上面 4 0 1 A 上に形成された液浸領域 A R 2 の液体 L Q を回収する。

【 0 1 1 2 】

なおここでは、照度ムラセンサ 4 0 0 による液体 L Q を介した計測中に、温調システム 6 0 による温度調整を行うように説明したが、照度ムラセンサ 4 0 0 による液体 L Q を介した計測処理前に、光学素子 2 や上板 4 0 1 の温度を調整することはもちろん可能である。そして、光学素子 2 や上板 4 0 1、あるいは液体 L Q が所望の温度になるのを待ってから、照度ムラセンサ 4 0 0 による液体 L Q を介した計測処理を行えばよい。

10

【 0 1 1 3 】

以上、照度ムラセンサ 4 0 0 による計測動作について説明したが、空間像計測センサ 5 0 0 や照度センサを使った液体 L Q を介した計測動作前や計測動作中においても、上述同様、温調システム 6 0 による温度調整が行われる。

【 0 1 1 4 】

次に計測処理の一つとして、ベースライン量の計測を行う。ベースライン量とは、レーザ干渉計で規定される座標系内でのパターン像の投影位置と基板アライメント系 3 5 0 の検出基準位置との位置関係を示すものである。まず制御装置 C O N T は、基板アライメント系 3 5 0 の検出領域が基準部材 3 0 0 上に位置決めされるように、X Y ステージ 5 3 を移動する。そして、基板アライメント系 3 5 0 が基準部材 3 0 0 上の基準マーク P F M を検出する前に、温調システム 6 0 は温調流路 6 6 や温調流路 6 5 などに液体 L Q を流して基準部材 3 0 0 を含む基板ステージ P S T 上面の温度調整を行う。

20

【 0 1 1 5 】

基板アライメント系 3 5 0 によって基準部材 3 0 0 上の基準マーク P F M を検出するとき、図 8 に示すように、制御装置 C O N T は、基板アライメント系 3 5 0 によって温度調整が行われた基準部材 3 0 0 上の基準マーク P F M を液体 L Q を介さずに（ドライ状態で）検出し、レーザ干渉計 4 3 によって規定される座標系内での基準マーク P F M の位置情報を検出する。これにより、レーザ干渉計 4 3 によって規定される座標系内での基板アライメント系 3 5 0 の検出基準位置が基準マーク P F M を使って検出されたことになる。

【 0 1 1 6 】

なお、基板アライメント系 3 5 0 による検出動作中においても、温調システム 6 0 は、基準部材 3 0 0 の温度変化が起きないように、温調流路 6 5 や温調流路 6 6 などに液体 L Q を流して基準部材 3 0 0 の温度調整を行うようにしてもよい。

30

【 0 1 1 7 】

次に、制御装置 C O N T は、マスクアライメント系 3 6 0 により基準部材 3 0 0 上の基準マーク M F M を検出する。基準マーク M F M を検出するとき、制御装置 C O N T は、X Y ステージ 5 3 を移動して投影光学系 P L の先端部と基準部材 3 0 0 とを対向させる。そして、制御装置 C O N T は、液体供給機構 1 0 及び液体回収機構 2 0 による液体 L Q の供給及び回収を行い、投影光学系 P L の先端部の光学素子 2 と基準部材 3 0 0 の上面 3 0 1 A との間を液体 L Q で満たして液浸領域を形成する。

40

【 0 1 1 8 】

温調システム 6 0 は、マスクアライメント系 3 6 0 が基準部材 3 0 0 上の基準マーク M F M を検出する前に、温調流路 6 6 や温調流路 6 5 などに液体 L Q を流して基準部材 3 0 0 を含む基板ステージ P S T 上面の温度調整を行う。同様に、温調システム 6 0 は、温調流路 6 8 に液体 L Q を流して投影光学系 P L の光学素子 2 の温度調整を行う。

【 0 1 1 9 】

そしてマスクアライメント系 3 6 0 を使って基準部材 3 0 0 上の基準マーク M F M を検出するとき、図 9 に示すように、制御装置 C O N T は、マスクアライメント系 3 6 0 によりマスク M、投影光学系 P L、及び液体 L Q を介して（ウエット状態で）基準部材 3 0 0 上の基準マーク M F M の検出、すなわちマスク M のマークと基準部材 3 0 0 上の基準マー

50

ク M F M との位置関係の検出を行う。これによりレーザ干渉計 4 3 で規定される座標系内でのマスク M のパターン像の投影位置情報が基準マーク M F M を使って検出される。

【 0 1 2 0 】

ここで、マスクアライメント系 3 6 0 による検出動作中においても、温調システム 6 0 は、光学素子 2 や基準部材 3 0 0、あるいは液体 L Q の温度変化が起きないように温度調整を行う。マスクアライメント系 3 6 0 の計測動作前や計測動作中において温度調整を行う場合においても、温調システム 6 0 は温度センサ 8 1、8 2、8 4 などの計測結果に基づいて、液体 L Q と基準部材 3 0 0 と光学素子 2 とがほぼ同じ温度になるように温度調整を行う。このように、光学素子 2、基準部材 3 0 0、及び液体 L Q の温度制御を行うことによって、光学素子 2 の温度変化による光学特性の変化や熱変形、基準部材 3 0 0 の熱変形、及び液体 L Q の温度変化が防止され、基準マーク P F M、M F M の検出を精度よく行うことができる。

10

【 0 1 2 1 】

基準マーク M F M の検出が終了した後、制御装置 C O N T は、液体回収機構 2 0 あるいは液体回収機構 2 0 とは別に設けられた所定の液体回収機構を使って、基準部材 3 0 0 の上面 3 0 1 A 上に形成された液浸領域 A R 2 の液体 L Q を回収する。

【 0 1 2 2 】

次に制御装置 C O N T はアライメント処理を開始する。制御装置 C O N T は、基板アライメント系 3 5 0 の検出基準位置とパターンの像の投影位置との間隔（位置関係）であるベースライン量を求める。具体的には、基板アライメント系 3 5 0 の検出基準位置、パターン像の投影位置、及び予め定められている基準マーク P F M と基準マーク M F M との位置関係から、レーザ干渉計 4 3 で規定される座標系内でのパターン像の投影位置と基板アライメント系 3 5 0 の検出基準位置との位置関係（ベースライン量）が決定される。

20

【 0 1 2 3 】

そして、制御装置 C O N T は、基板 P に対して重ね合わせ露光を行うために、基板 P 上の露光対象領域であるショット領域 S 1 ~ S 2 4 に形成されているアライメントマーク 1 を基板アライメント系 3 5 0 で液体 L Q を介さずに（ドライ状態で）検出する。基板アライメント系 3 5 0 がアライメントマーク 1 の検出を行っているときの基板ステージ P S T の位置はレーザ干渉計 4 3 で計測されており、その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、基板アライメント系 3 5 0 の検出基準位置に対するショット領域 S 1 ~ S 2 4 の位置情報（ずれ）を求め、そのときの基板ステージ P S T の位置からレーザ干渉計 4 3 で規定される座標系内でのショット領域 S 1 ~ S 2 4 のアライメント情報（配列情報）を求める。なお、ショット領域 S 1 ~ S 2 4 に付随して形成されているすべてのアライメントマークを検出する必要はなく、一部のアライメントマークを検出して、例えば特開昭 6 1 - 4 4 4 2 9 号公報（USP4,780,617）に開示されているようにショット領域 S 1 ~ S 2 4 のアライメント情報を求めるようにしてもよい。

30

【 0 1 2 4 】

また、基板アライメント系 3 5 0 による基板 P 上のアライメントマーク 1 の検出と並行して、フォーカス検出系 3 0 によって液体 L Q を介さずに（ドライ状態で）基板 P 表面の面位置情報を検出するようにしてもよい。この場合、フォーカス検出系 3 0 の検出結果は、基板 P 上の位置に対応させて制御装置 C O N T に記憶される。

40

【 0 1 2 5 】

そして、基板アライメント系 3 5 0 が基板 P 上のアライメントマーク 1 を液体 L Q を介さずに検出する前や検出中においても、温調システム 6 0 は温調流路 6 2 や温調流路 6 5 などに液体 L Q を流して基板ホルダ P H を含む基板ステージ P S T の温度調整を行う。温調システム 6 0 は、基板ホルダ P H を温度調整することで、この基板ホルダ P H に保持されている基板 P の温度変化を抑制する。そして、温度調整が行われた基板ホルダ P H に保持されている基板 P 上のアライメントマーク 1 が基板アライメント系 3 5 0 により検出される。

【 0 1 2 6 】

50

このように、基板ステージ P S T に基板 P をロードした後、上記アライメント処理や計測処理と並行して、温調システム 6 0 は基板 P や基準部材 3 0 0、上板 4 0 1、5 0 1 等の計測部材や光学素子 2 の温度調整を行うことができる。また、例えば基板 P を温度調整するには、上述したように、基板ホルダ P H を温度調整し、その温度調整された基板ホルダ P H を介して基板 P を温度調整することもできるし、基板ホルダ P H の温度調整なしに、あるいは基板ホルダの温度調整と並行して、基板 P 上に液体供給口 1 2 より温度調整された基板 P の露光に使用される液体 L Q を供給することによって基板 P を温度調整することも可能である。そして、基板アライメント系 3 5 0 が基板ステージ P S T 上に保持された基板 P 上のアライメントマーク 1 などを検出する前に基板 P の温度調整を行うことにより、基板 P の熱変形、ひいてはアライメントマーク 1 の位置ずれを防止でき、マーク検出精度を向上することができる。なお、基板 P に液体 L Q を供給することによって温度調整したときは、液体回収機構 2 0 により基板 P 上の液体 L Q を回収した後、基板アライメント系 3 5 0 が液体 L Q を介さずにアライメントマーク 1 の検出を行う。なお、基板ステージ P S T の上面が十分に広ければ、投影光学系 P L の像面側に液体 L Q を保持したまま、基板アライメント系 3 5 0 で液体 L Q を介さずに基板 P 上のアライメントマークを検出するようにしてもよい。この場合も、基板 P (基板ホルダ P H) 及び液体 L Q は、温調システム 6 0 により温度調整されているので、基板アライメント系 3 5 0 によるアライメントマークの検出中に、基板 P 上に液浸領域の一部または全部が形成されていたとしても、基板 P が熱変形(熱伸縮)を起こすことがなく、基板 P 上のアライメントマークの位置情報を精度よく検出することができる。

10

20

【 0 1 2 7 】

基板 P 上のアライメントマーク 1 を基板アライメントマーク 3 5 0 で検出した後、制御装置 C O N T は、基板 P の液浸露光を行うために、液体供給機構 1 0 を駆動して基板 P 上に液体 L Q を供給するとともに液体回収機構 2 0 を駆動して基板 P 上の液体 L Q を所定量回収する。これにより、投影光学系 P L の先端部の光学素子 2 と基板 P との間に液体 L Q の液浸領域 A R 2 が形成される。

【 0 1 2 8 】

ここで上述したように、本実施形態においては、基板アライメント系 3 5 0 によるアライメントマーク 1 の検出時においては基板 P 上には液体 L Q が無く、基板アライメント系 3 5 0 によるアライメントマーク 1 の検出後に、液体供給機構 1 0 より基板 P 上に液体 L Q が供給されることになる。そのため、温調システム 6 0 は、基板アライメント系 3 5 0 によるアライメントマーク 1 の検出後に、液体 L Q と基板 P との接触に起因して基板 P の温度変化や熱変形が起きないように、基板 P を保持する基板ホルダ P H の温度調整を継続的に行う。温調システム 6 0 は、例えば基板ホルダ P H の上面に設けられた温度センサ 8 0 による基板 P の温度計測結果に基づいて、温調流路 6 2 に供給する液体 L Q の温度や単位時間当たりの液体供給量を調整することで、基板 P を基板ホルダ P H を介して温度調整する。

30

【 0 1 2 9 】

また、制御装置 C O N T は、基板 P の露光を開始する前に、液体 L Q の温度を温度センサを使って計測し、液体 L Q の温度に応じて、基板 P 上に露光に使われる液体 L Q を流したり、基板ホルダ P H や光学素子 2 の温度調整を行うことで、液体 L Q や基板 P の温度を所望状態にする。

40

【 0 1 3 0 】

そして、制御装置 C O N T は、液体供給機構 1 0 による基板 P 上に対する液体 L Q の供給と並行して、液体回収機構 2 0 による基板 P 上の液体 L Q の回収を行いつつ、基板 P を支持する基板ステージ P S T を X 軸方向(走査方向)に移動しながら、マスク M のパターン像を投影光学系 P L と基板 P との間の液体 L Q 及び投影光学系 P L を介して基板 P 上に投影露光する(ステップ S A 4)。

【 0 1 3 1 】

液浸領域 A R 2 を形成するために液体供給機構 1 0 の液体供給部 1 1 から供給された液

50

液体 L Q は、供給管 1 3 A、1 3 B を流通した後、流路形成部材 7 0 内部に形成された供給流路を介して液体供給口 1 2 A、1 2 B より基板 P 上に供給される。液体供給口 1 2 A、1 2 B から基板 P 上に供給された液体 L Q は、投影光学系 P L の先端部（光学素子 2）の下端と基板 P との間に濡れ拡がるように供給され、投影領域 A R 1 を含む基板 P 上の一部に、基板 P よりも小さく且つ投影領域 A R 1 よりも大きい液浸領域 A R 2 を局所的に形成する。このとき、制御装置 C O N T は、液体供給機構 1 0 のうち投影領域 A R 1 の X 軸方向（走査方向）両側に配置された液体供給口 1 2 A、1 2 B のそれぞれより、走査方向に関して投影領域 A R 1 の両側から基板 P 上への液体 L Q の供給を同時に行う。これにより、液浸領域 A R 2 は均一且つ良好に形成されている。

【 0 1 3 2 】

10

本実施形態における露光装置 E X は、マスク M と基板 P とを X 軸方向（走査方向）に移動しながらマスク M のパターン像を基板 P に投影露光するものであって、走査露光時には、液浸領域 A R 2 の液体 L Q 及び投影光学系 P L を介してマスク M の一部のパターン像が投影領域 A R 1 内に投影され、マスク M が - X 方向（又は + X 方向）に速度 V で移動するのに同期して、基板 P が投影領域 A R 1 に対して + X 方向（又は - X 方向）に速度 $\cdot V$ （ \cdot は投影倍率）で移動する。基板 P 上には複数のショット領域 S 1 ~ S 2 4 が設定されており、1 つのショット領域への露光終了後に、基板 P のステップ移動によって次のショット領域が走査開始位置に移動し、以下、ステップ・アンド・スキャン方式で基板 P を移動しながら各ショット領域 S 1 ~ S 2 4 に対する走査露光処理が順次行われる。

【 0 1 3 3 】

20

基板 P 上の複数のショット領域 S 1 ~ S 2 4 のそれぞれを順次露光する際、ステップ S A 3 で求めた各ショット領域の位置情報（配列情報）、及びベースライン量に基づいて、X Y ステージ 5 3 を移動し、基板 P 上の各ショット領域 S 1 ~ S 2 4 とパターン像とを位置合わせしながら、各ショット領域 S 1 ~ S 2 4 の液浸露光処理を行う。

【 0 1 3 4 】

また、制御装置 C O N T は、ショット領域 S 1 ~ S 2 4 の露光中に、フォーカス検出系 3 0 を使って基板 P 表面の面位置情報を検出し、投影光学系 P L 及び液体 L Q を介した像面と基板 P 表面とを合致させるように、基板ステージ P S T を介して基板 P を Z 軸方向あるいは傾斜方向に移動したり、あるいは投影光学系 P L の像特性を変化させつつ、液浸露光処理を行う。フォーカス検出系 3 0 は、各ショット領域の露光中に、投射部 3 0 A より液体 L Q を介して基板 P 上に検出光 L a を投射するとともに基板 P からの反射光を液体 L Q を介して受光することによって基板 P 表面の面位置情報を検出する。

30

【 0 1 3 5 】

なお、各ショット領域 S 1 ~ S 2 4 に対する走査露光中は、液体 L Q の供給前に求めた基板 P の表面情報に基づいて、フォーカス検出系 3 0 を使うことなしに、基板 P 表面と液体 L Q を介して形成される像面との位置関係を調整するようにしてもよい。あるいは、液体 L Q の供給前に求めた基板 P の表面位置情報と、走査露光中に液体 L Q を介して検出した基板 P の表面位置情報との双方を考慮して、基板 P 表面の位置制御を行うようにしてもよい。

【 0 1 3 6 】

40

また、制御装置 C O N T は、基板 P に対する液浸露光処理と、温調システム 6 0 による温度調整とを並行して行う。温調システム 6 0 は、液浸領域 A R 2 の液体 L Q の温度が変化したり、液体 L Q 中に温度分布が生じないように、更には光学素子 2 及び基板 P に温度変化や熱変形が生じないように、基板 P 上に供給される液体 L Q の温度調整及び基板ホルダ P H や光学素子 2 の温度調整を行う。このとき温調システム 6 0 は、温度センサ 8 0、8 1、8 4 などを使って、基板 P（基板ホルダ P H）、供給される液体 L Q、及び光学素子 2 の温度を計測し、その計測結果に基づいて、基板ホルダ P H や光学素子 2 の温度調整や基板 P 上に供給される液体 L Q の温度調整を行う。

【 0 1 3 7 】

ここで、液体 L Q に温度変化や温度分布が生じる要因としては、例えば液体 L Q に接触

50

する基板 P や光学素子 2 の温度変化が挙げられる。基板 P や光学素子 2 の温度変化の要因としては、照射される露光光 E L の熱エネルギーを光学素子 2 や基板 P (基板 P 上のレジストを含む) が吸収したり、あるいは発熱源であるモータやアクチュエータ (基板ステージ駆動装置 P S T D) を有する基板ステージ P S T から基板 P への熱の伝達などが挙げられる。あるいは、露光光 E L が照射されることにより液体 L Q 自体が温度変化することも考えられる。これらの要因により、液体 L Q の温度と液体 L Q と接触する基板 P の温度と光学素子 2 の温度とに差が生じると、それらの間で熱交換 (熱伝達) が行われ、基板 P と光学素子 2 との間に満たされた液体 L Q に温度変化や温度分布が生じたり、基板 P や光学素子 2 の温度変化や熱変形を引き起こす可能性がある。この場合、これら温度変化によって露光光 E L の光路が変動したり、基板 P が熱変形したり、光学素子 2 が熱変形して投影光学系 P L 及び液体 L Q を介した像特性が変動したり、パターン像の位置合わせや重ね合わせ精度が劣化する不都合が発生する可能性がある。あるいは、液体 L Q の温度変化 (温度分布) に起因して、液体 L Q の屈折率変動や屈折率分布が生じ、フォーカス検出系 3 0 の検出光 L a の光路が変動するなどして、フォーカス検出系 3 0 に計測誤差が生じる可能性もある。

10

【 0 1 3 8 】

また、液体温調装置 6 1 から供給される液体 L Q の温度も、僅かながら経時的に変化する可能性があり、その場合においても基板 P と光学素子 2 との間に満たされた液体 L Q に温度分布や温度変化が生じる。

【 0 1 3 9 】

そこで、温調システム 6 0 は、液体 L Q と基板 P との接触、あるいは液体 L Q と光学素子 2 との接触によって、これら光学素子 2 や基板 P や液体 L Q の温度変化が生じないように、液体 L Q と光学素子 2 と基板 P とがほぼ同一温度となるように、液体 L Q と光学素子 2 や基板ホルダ P H (ひいては基板 P) の温度調整を行うことで、計測精度や露光精度の劣化する不都合を防止することができる。

20

【 0 1 4 0 】

特に温調システム 6 0 が、基板 P とその基板 P 上の液体 L Q との間の熱伝達が低減されるように、基板ホルダ P H の温度調整を行うので、発熱源であるモータやアクチュエータを有する基板ステージ P S T から基板 P へ伝達される熱エネルギーによって、基板 P が熱変形したり、液体 L Q 中に温度変化や温度分布が生じる不都合を効果的に防止することができる。

30

【 0 1 4 1 】

また、温調システム 6 0 は、光学素子 2 とその光学素子 2 に接触する液体 L Q との間での熱伝達が低減されるように、光学素子 2 を温度調整するので、露光光 E L の熱エネルギーを吸収して発熱する光学素子 2 からその光学素子 2 に接触する液体 L Q へ伝達される熱エネルギーによって、光学素子 2 が温度変化や熱変形を起こしたり、液体 L Q 中に温度変化や温度分布が生じる不都合を効果的に防止することができる。

【 0 1 4 2 】

また液体 L Q 中に温度分布が生じて屈折率分布が生じると、検出光 L a を基板 P に対して斜め方向から投射する構成であるフォーカス検出系 3 0 の計測精度が著しく劣化する可能性があるが、温調システム 6 0 が、液体 L Q 中に温度分布が生じないように、基板ホルダ P H の温度調整を行ったり、光学素子 2 の温度調整を行うことで、フォーカス検出系 3 0 の計測精度の劣化を防止できる。

40

【 0 1 4 3 】

なお液浸領域 A R 2 の液体 L Q の温度調整を行うとき、供給管 1 3 A、1 3 B の途中に、光学素子 2 や基板ホルダ P H の温度調整に使用される液体温調装置 6 1 とは別の液体温調装置を設け、温度センサの計測結果に基づいて、液体供給口 1 2 A、1 2 B から供給する液体 L Q の温度を調整したり、あるいは単位時間当たりの液体供給量を調整するようにしてもよい。

【 0 1 4 4 】

50

基板 P の液浸露光が終了した後、制御装置 CONT は、液体回収機構 20、あるいは液体回収機構 20 とは別に設けられた所定の液体回収機構を使って、基板 P 上に形成された液浸領域 AR2 の液体 LQ を回収する (ステップ SA5)。

【0145】

基板 P 上及び基板ステージ PST 上の液体 LQ を回収した後、制御装置 CONT は、露光済みの基板 P を基板ステージ PST より搬出 (アンロード) する (ステップ SA6)。

【0146】

以上説明したように、基板 P を保持する基板ホルダ PH を温調システム 60 を使って温度調整することで、液体 LQ に接触する基板 P を基板ホルダ PH を介して所望の温度に調整できる。また、液体 LQ と接触した状態で露光光 EL が通過する光学素子 2 や上板 401 なども温調システム 60 を使って温度調整することができる。したがって、基板 P や光学素子 2 に接触している液体 LQ も所望の温度に維持することができるばかりでなく、液体 LQ と接する基板 P や光学素子 2 の温度変化や熱変形も防止できる。したがって、液体 LQ に検出光 La を照射し、その液体 LQ を介した検出光 La に基づいて計測処理を行う構成であっても、良好な計測精度を維持することができる。また、所望の温度に維持された液体 LQ を介して基板 P 上に露光光 EL を照射することができるので、良好な露光精度を維持することができる。また液体 LQ と接触する基板 P (基板ホルダ PH)、光学素子 2、基準部材 300 などの温度調整を行うようにしているので、液体の気化に起因する基板 P、光学素子 2、基準部材 300 などの温度変化や熱変形を防止することもできる。

【0147】

また、例えば図 9 に示すように、基準部材 300 上に形成した液体 LQ の液浸領域の一部が平坦面 51 上に配置されたり、あるいは基板 P 上のエッジ領域 E を露光するときに、液体 LQ の液浸領域 AR2 の一部が平坦面 51 上に配置される場合があるが、基板 P の周囲に平坦面 51 を形成するプレート部材 50 も温度調整することで、その平坦面 51 に液体 LQ が接触した場合でも、液体 LQ に温度変化 (温度分布) が生じる不都合を防止することができる。

【0148】

なお、例えば基板 P 上のアライメントマーク 1 の検出を行う前に基板 P の温度調整を行う場合や基板 P の露光を開始する前に基板 P の温度調整を行うとき、露光に使われる液体 LQ を基板 P 上に一定時間流すことで、その基板 P の温度調整を行うこともできる。そのとき、温度調整時における単位時間当たりの液体供給量を、液浸露光時における液体供給量より多くすることで、より効果的に短時間で基板 P を所望の温度に調整することができる。なお液体供給量を多くしたときは、液体 LQ の流出を防止するために、液体供給量に応じて液体回収量を多くすればよい。

【0149】

また、基板 P 上でのパターンの重ね合わせ精度を向上するために、アライメント処理時 (ステップ SA3) と液浸露光時 (ステップ SA4) とでの基板 P (あるいは液体 LQ や光学素子 2) の温度差を可能な限り小さくするように温度調整することが好ましいが、光照射条件やアクチュエータの駆動条件などによって温度差が生じる可能性がある。その場合、例えばアライメント処理時と液浸露光時との温度差に起因する基板 P の熱変形量 (線膨張の変動量) を予め求め、その変動量を補正するための補正量を求めておき、その補正量に基づいて、重ね合わせ露光するときの基板 P とパターン像との位置関係を補正するようにしてもよい。

【0150】

なお、上述の実施形態においては、基板 P を基板ステージ PST 上にロードした後に、計測処理を行うようにしているが、この計測処理は複数枚の基板の処理毎に行い、その間はステップ SA3 でアライメント処理だけ行うようにしてもよい。

【0151】

また計測処理を行う際に、露光対象として基板 P を基板ステージ PST 上にロードすることによって、各計測処理中に、Z ステージ 52 の凹部 55 に液体 LQ が浸入することを

10

20

30

40

50

防止しているが、液浸領域 A R 2 の大きさに対して基板ステージ P S T の上面に十分な面積があり、計測処理を行うときに、Z ステージ 5 2 の凹部 5 5 に液体 L Q が浸入することがない場合には、計測処理が完了してから基板ステージ上に基板 P をロードするようにしてもよい。

【 0 1 5 2 】

また計測処理を行う際に Z ステージ 5 2 の凹部 5 5 へ液体 L Q が浸入することを防止するために、露光対象としての基板 P ではなく、基板 P と同一形状のダミー基板を基板ステージ P S T 上にロードし、計測処理が完了した後に、露光対象の基板 P と交換するようによい。

【 0 1 5 3 】

また上述の実施形態においては、基板ステージ P S T 上に基板 P をロードする前に、温調用ホルダ 9 0 で基板 P の温度調整をしているが、基板ステージ P S T 上に基板 P をロードした後に基板 P 上に温度調整された液体 L Q を流したり、基板ホルダ P H の温度調整をすることで十分であれば、温調用ホルダ 9 0 を設けなくてもよい。

【 0 1 5 4 】

また上述の実施形態においては、光学素子 2、基板ホルダ P H、基準部材 3 0 0 などの温度調整を行っているが、それらをすべての温度調整は必ずしも必要なく、液体 L Q との熱交換による影響が懸念される部材だけに温度調整を行うようにしてもよい。

【 0 1 5 5 】

また上述の実施形態においては、光学素子 2、基板 P (基板ホルダ P H)、基準部材 3 0 0 などの液体 L Q に接触する物体の温度調整を行うようにしているが、投影光学系 P L の像面側に供給された液体 L Q と接触する物体の温度調整を行わずに、その物体の温度に応じて、供給される液体 L Q の温度を調整するだけでもよい。その場合、各物体の温度を、例えば温度センサを使って測定し、その測定結果に基づいて液体 L Q の温度調整を行うのが望ましい。この場合も、液体 L Q とその液体 L Q に接触する物体との間の熱交換が抑制され、液体 L Q の温度変化 (温度分布の発生) や液体 L Q と接触する物体の温度変化や熱変形を防止することができる。

【 0 1 5 6 】

さらに液体 L Q と流路形成部材 7 0 との間の熱交換 (熱伝達) も懸念される場合には、流路形成部材 7 0 を温調システム 6 0 によって温度調整するようにしてもよい。この場合、流路形成部材 7 0 内にヒータを埋め込んだり、液体供給機構 1 0 及び液体回収機構 2 0 と連通する流路以外の温調用流路を流路形成部材 7 0 内に設けて温調用流路に温調用の流体を流通させても良い。また、流路形成部材 7 0 に温度センサを配置して、流路形成部材 7 0 の温度を計測し、その結果に基づいて流路形成部材 7 0 の温度を調整するようにしてもよい。

【 0 1 5 7 】

またさらに、上述の実施形態においては、基板 P の温度調整を行うために、基板ホルダ P H 内に温度流路 6 2 を形成して、その温調流路 6 2 に温度調整された液体 L Q を流すことによって、基板ホルダ P H の温度調整を行うようにしているが、基板ステージ P S T に搭載されているモータやアクチュエータの温度調整機構を基板ホルダ P H の温度調整に兼用するようによい。

【 0 1 5 8 】

以下、本発明の別の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。

【 0 1 5 9 】

図 1 0 において、流路形成部材 7 0 の下面 7 0 A において、液体供給口 1 2 A、1 2 B が設けられている領域が液体回収口 2 2 A、2 2 B が設けられている領域に対して基板 P より遠くなるように、段部 7 1 が形成されている。そして、段部 7 1 のうち、投影光学系 P L の光軸 A X に向く面 7 1 A には、液浸領域 A R 2 の液体 L Q を攪拌する攪拌装置 7

10

20

30

40

50

2 が設けられている。攪拌装置 7 2 A は液体供給口 1 2 A、1 2 B のそれぞれの近傍に設けられており、液体供給口 1 2 A、1 2 B を介して基板 P 上に供給された液体 L Q を攪拌する。攪拌装置 7 2 は、基板 P の液浸露光中又はその前後、あるいは基準部材 3 0 0 や上板 4 0 1、5 0 1 上に液体 L Q を配置した状態での計測中又はその前後において、液体 L Q を攪拌することができる。攪拌装置 7 2 で液体 L Q を攪拌することで、液体 L Q 中に温度分布が生じる不都合を防止することができる。

【 0 1 6 0 】

また、図 1 1 に示すように、例えば流路形成部材 7 0 の内側面 7 0 A に、光学素子 2 に対して液体 L Q の噴流を吹き付ける第 2 液体供給口 1 8 A、1 8 B を設けるようにしてもよい。すなわち、第 2 液体供給口 1 8 A、1 8 B を光学素子 2 の液体接触面 2 A の方を向くように形成することもできる。このように第 2 液体供給口 1 8 A、1 8 B より液体 L Q を光学素子 2 に当てるように供給することで、露光光 E L の照射による光学素子 2 の温度変化（温度上昇）を抑制し、光学素子 2 を所望の温度に維持して液体 L Q に温度分布が生じる不都合を防止できる。

10

【 0 1 6 1 】

なお、液体 L Q を光学素子 2 に当てるようにして流す構成の代わりに、第 2 液体供給口 1 8 A、1 8 B より供給された液体 L Q が、光学素子 2 の液体接触面 2 A に沿って層流となって流れるようにしてもよい。この場合、第 2 液体供給口 1 8 A、1 8 B を液体接触面 2 A の近傍に且つ光学素子 2 の光軸と直交する方向を向くように形成すればよい。こうすることにより、光学素子 2 に与える影響（摩耗や溶解など）を抑制できる。

20

【 0 1 6 2 】

また、上述した実施形態においては、投影光学系 P L の像面側に露光用の液体 L Q を供給して光学素子 2 の温度調整を行う場合、光学素子 2 と基板 P あるいは基板ステージ P S T 上の所定の平坦面とを対向させた状態で液体 L Q の供給を行っているが、図 1 2 に示すように、投影光学系 P L の下方領域に対して進退可能に設けられたプレート部材 1 5 0 を設けるようにしてもよい。プレート部材 1 5 0 は、投影光学系 P L の下方領域に配置されたとき、投影光学系 P L の光学素子 2 に対して所定の距離をあけて対向可能となっている。プレート部材 1 5 0 には、軸部 1 5 1 を回動中心として回動する回転機構 1 5 2 が設けられており、回転機構 1 5 2 の駆動によって、投影光学系 P L の下方領域に対して進退可能となっている。なお、軸部 1 5 1 の上端部は、例えば投影光学系 P L の鏡筒 P K を保持する定盤やコラム（ボディ）など、所定の部材に取り付けることができる。また、回転機構 1 5 2 は、プレート部材 1 5 0 を Z 軸方向に移動する Z 駆動機構の機能も有しており、投影光学系 P L の光学素子 2 とプレート部材 1 5 0 との距離を調整可能である。このようなプレート部材 1 5 0 を設けることにより、基板ステージ P S T が例えば基板 P のロード・アンロードを行うために投影光学系 P L の下方領域に配置されていない場合においても、光学素子 2 とプレート部材 1 5 0 とを対向させた状態で液体供給口 1 2 より液体 L Q を供給することにより、光学素子 2 の温度調整を液体 L Q を使って行うことができるだけでなく、投影光学系 P L の液体接触面 2 A を常時濡らしておくことも可能となるので、投影光学系 P L の液体接触面 2 A が乾いて、その液体接触面 2 A に異物などが付着するのを防止することもできる。また投影光学系 P L の下方に基板ステージ P S T が位置していない場合であっても、投影光学系 P L（光学素子 2）や流路形成部材 7 0 から液体が不都合な場所へ落下するのをプレート部材 1 5 0 で防止することができる。

30

40

【 0 1 6 3 】

ところで、液体温調装置 6 1 は液体 L Q の温度を精密に調整可能ではあるが、図 1 3（a）に模式的に示したグラフ図のように、液体温調装置 6 1 から供給される液体 L Q の温度が僅かながら経時的に変化する可能性がある。なお図 1 3（a）のグラフ図において、横軸は時間 t 、縦軸は温度（温度変動量） T である。このような経時的に温度変化する液体 L Q が基板 P 上に連続的に供給された場合、基板 P 上に形成された液浸領域 A R 2 の液体 L Q 中に温度分布が生じることとなる。

【 0 1 6 4 】

50

そこで、図14に示すように、供給流路13のうち液体温度調整装置61と液体供給口12との間に、通過する液体LQの温度変動を減衰する減衰部材100を設けることで、図13(b)に模式的に示したグラフ図のように、液体供給口12を介して供給される液体LQの経時的な温度変動を減衰することができる。減衰部材100は断熱材によって周囲と断熱されている。減衰部材100としては、例えば金属製焼結体や金属製メッシュをはじめとする多孔質体が挙げられる。あるいは中空系膜などからなるインラインフィルタであってもよい。このような多孔質体などは、通過する液体LQに対する接触面積が大きく、また液体LQに対する熱容量も大きいいため、通過する液体LQの温度変動を十分に減衰することができる。なお減衰部材100として金属を用いる場合には、ステンレス鋼であることが好ましい。

10

【0165】

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。

【0166】

図15はツインステージ型露光装置の一例を示す概略構成図である。図15に示すツイン型露光装置EX2は、基板Pを保持する基板ホルダPH1を有し、基板ホルダPH1に基板Pを保持して移動可能な第1基板ステージPST1と、基板Pを保持する基板ホルダPH2を有し、基板ホルダPH2に基板Pを保持して移動可能な第2基板ステージPST2とを有している。第1、第2基板ステージPST1、PST2は、共通のベース54上をそれぞれ独立に移動可能である。第1、第2基板ステージPST1、PST2はそれぞれ上述した実施形態と同様、基準部材300やセンサ400、500を備えている。

20

【0167】

また、ツインステージ型露光装置EX2は、一方の基板ステージPST1(PST2)に保持された基板Pの計測を行う計測ステーションST1と、投影光学系PLを備え、他方の基板ステージPST2(PST1)に保持された基板Pの露光を行う露光ステーションST2とを備えている。露光ステーションST2には基板アライメント系350を除いて、図1のシステム(フォーカス検出系30を含む)が全て搭載されている。また、計測ステーションST1には、基板アライメント系350、投射部30A及び受光部30Bを有するフォーカス検出系30が搭載されている。

30

【0168】

そして、第1基板ステージPST1と第2基板ステージPST2とのそれぞれには、計測ステーションST1で基板ホルダPH1、PH2の温度調整を行う温度調整システム60が設けられている。

【0169】

このようなツインステージ型露光装置の基本的な動作としては、例えば露光ステーションST2において第2基板ステージPST2上の基板Pの露光処理中に、計測ステーションST1において、第1基板ステージPST1上の基板Pの交換及び計測処理が行われる。そして、それぞれの作業が終了すると、第2基板ステージPST2が計測ステーションST1に移動し、それと並行して第1基板ステージPST1が露光ステーションST2に移動し、今度は第2基板ステージPST2において計測及び交換処理が行われ、第1基板ステージPST1上の基板Pに対して露光処理が行われる。

40

【0170】

本実施形態において、計測ステーションST1における基板Pの計測は、フォーカス検出系30による基板P表面の面位置情報の計測、及び基板アライメント系350による基板P上のアライメントマーク1及び基準部材300上の基準マークPFMの検出を含む。例えば第2基板ステージPST2上の基板Pに対して露光ステーションST2において液浸露光処理が行われている最中、第1基板ステージPST1上の基板Pに対して計測ステーションST1において基板アライメント系350、フォーカス検出系30、及び基準部材300を用いて計測処理が行われる。そして、計測処理が完了すると、第1基板ステー

50

ジ P S T 1 と第 2 基板ステージ P S T 2 との交換作業が行われ、図 1 5 に示すように、第 1 基板ステージ P S T 1 の基準部材 3 0 0 と投影光学系 P L とが対向するように、第 1 基板ステージ P S T 1 の位置決めがされる。この状態で、制御装置 C O N T は液体 L Q の供給を開始し、投影光学系 P L と基準部材 3 0 0 との間を液体 L Q で満たし、液体 L Q を介したマスクアライメント系 3 6 0 による基準部材 3 0 0 の基準マーク M F M の計測処理及び露光処理を行う。なお、計測ステーション S T 1 で一旦求められた各ショット領域 S 1 ~ S 2 4 のアライメント情報は基準部材 3 0 0 の基準マーク P F M を基準として定められており（記憶されており）、露光ステーション S T 2 において液浸露光が実行される際には、基準部材 3 0 0 の基準マーク P F M に対して所定の位置関係で形成されている基準マーク M F M とマスク M との位置関係に基づいて各ショット領域 S 1 ~ S 2 4 の位置決めがされるように第 1 基板ステージ P S T 1 の移動が制御される。すなわち、計測ステーション S T 1 で求められた各ショット領域 S 1 ~ S 2 4 のアライメント情報（配列情報）は、基準マーク P F M、M F M を用いて露光ステーション S T 2 に有効に受け渡される。

10

【 0 1 7 1 】

このように、ツインステージ型露光装置の場合には、一方のステージで液浸露光処理中に、他方のステージで液体を介さない計測処理を行うことができるので、露光処理のスループットを向上することができる。

【 0 1 7 2 】

そして、温調システム 6 0 は、計測ステーション S T 1 において、基板 P の計測を行う前に、基板ホルダ P H の温度調整を行って基板 P を所定温度に調整する。そして、基板ホルダ P H を介して基板 P を所定温度に調整した後、基板 P に対する計測処理が行われる。温調システム 6 0 は、基板 P の計測処理中においても、基板ホルダ P H を介して基板 P の温度調整を継続する。

20

【 0 1 7 3 】

また、計測ステーション S T 1 において基板ホルダ P H 1 の温度調整を行う際、温調システム 6 0 は、露光ステーション S T 2 に設けられた液体供給機構 1 0 から供給される液体 L Q の温度に応じて、基板ホルダ P H 1 の温度調整を行う。具体的には、液体供給機構 1 0 から供給される液体 L Q の温度と基板 P の温度とがほぼ同一になるように、温調システム 6 0 は計測ステーション S T 1 において基板ホルダ P H 1 の温度調整を行う。そして、計測ステーション S T 1 における基板 P の計測処理が終了した後、制御装置 C O N T は、第 1 基板ステージ P S T 1 を計測ステーション S T 1 から露光ステーション S T 2 に移動する。

30

【 0 1 7 4 】

ここで、露光ステーション S T 2 においては、第 2 基板ステージ P S T 2 上に支持されている基板 P に対する露光処理が行われている。制御装置 C O N T は、露光ステーション S T 2 における第 2 基板ステージ P S T 2 上の基板 P の露光処理が終了した後、計測ステーション S T 1 で計測処理を完了した基板 P を支持した第 1 基板ステージ P S T 1 を露光ステーション S T 2 に移動する。このとき、第 1 基板ステージ P S T 1 上の基板 P に対する計測処理が完了した後、露光ステーション S T 2 における第 2 基板ステージ P S T 2 上の基板 P に対する露光処理が継続中の場合には、制御装置 C O N T は、露光ステーション S T 2 における基板 P の露光が終了するまで、計測ステーション S T 1 において第 1 基板ステージ P S T 1 上の基板 P の温調システム 6 0 による温度調整を継続する。つまり、制御装置 C O N T は、計測ステーション S T 1 において第 1 基板ステージ P S T 1 上の基板 P に対する温度調整を開始した後は、露光ステーション S T 2 における第 2 基板ステージ P S T 2 上の基板 P の露光処理が終了するまで、計測ステーション S T 1 での温度調整を継続する。

40

【 0 1 7 5 】

そして制御装置 C O N T は、計測処理を終え、露光ステーション S T 2 に移動された第 1 基板ステージ P S T 1 上の基板 P を液浸露光するために、液体供給機構 1 0 より基板 P 上に液体 L Q を供給する。ここで、第 1 基板ステージ P S T 1 上に保持されている基板 P

50

は、計測ステーション S T 2 において温調システム 6 0 によって、液体 L Q とほぼ同じ温度に調整されているため、基板 P 上に液体 L Q が供給されても基板 P の温度変化や熱変形が生じることがない。なお、供給された液体 L Q との接触に起因する基板 P の温度変化を抑制するために、露光ステーション S T 2 においても温調システム 6 0 によって基板ホルダ P H 1 を温度調整を継続した方がよいことは言うまでもない。そして、制御装置 C O N T は、露光ステーション S T 2 において、基板 P に液体 L Q を介して露光光 E L を照射して基板 P を露光する。基板 P の露光中においても、制御装置 C O N T は、温調システム 6 0 によって基板ホルダ P H や光学素子 2 の温度調整を行いつつ、基板 P を露光する。計測ステーション S T 1 での計測後に、基板ホルダ P H 1 の温度調整の継続が難しい場合には、基板ホルダ P H 1 の基板 P の露光を開始する前に、例えば基板 P 上に露光用の液体 L Q を液体供給口 1 2 より供給して基板 P の温度調整を行い、基板 P が液体 L Q とほぼ同一温度になってから露光を開始するようにしてもよい。

10

【 0 1 7 6 】

以上説明したように、第 1 基板ステージ P S T 1 及び第 2 基板ステージ P S T 2 を有するツインステージ型露光装置において、基板 P に関する計測処理を行う計測ステーション S T 1 で基板 P を保持する基板ホルダ P H 1 を温調システム 6 0 を使って温度調整することで、その基板ホルダ P H に保持されている基板 P を所望の温度に調整することができる。したがって、計測ステーション S T 1 での計測処理後に基板 P が温度変化や熱変形を起こすのが防止され、計測ステーション S T 1 で計測された情報（基板 P の表面情報、基板 P 上のショット領域の位置情報など）に基づいて、露光ステーション S T 2 において精度良く基板 P を露光することができる。

20

【 0 1 7 7 】

上述したように、本実施形態における液体 L Q 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 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。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。

【 0 1 7 8 】

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 4 とされており、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 4 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 4 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。

30

【 0 1 7 9 】

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 N A 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 N A 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（T E 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 P L 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。

40

50

【 0 1 8 0 】

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ので、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。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。

10

【 0 1 8 1 】

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。

20

【 0 1 8 2 】

上記実施形態では、基板ホルダ P H、投影光学系 P L の先端光学素子 2、基準部材 3 0 0 などの液体 L Q に接触する物体の温度を、それらの物体の内部または周囲に設けられた流路に温調された液体を流すことによって調整しているが、それらの流路に液体の代わりに温度制御された気体を流通させても良い。

30

【 0 1 8 3 】

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。

【 0 1 8 4 】

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。

40

【 0 1 8 5 】

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。

【 0 1 8 6 】

また、上述の液浸法を適用した露光装置は、投影光学系 P L の終端光学素子 2 の射出側の光路空間を液体（純水）で満たして基板 P を露光する構成になっているが、国際公開第 2 0 0 4 / 0 1 9 1 2 8 号に開示されているように、投影光学系 P L の終端光学素子 2 の入射側の光路空間も液体（純水）で満たすようにしてもよい。この場合、投影光学系 P L の

50

終端光学素子2の入射側の光路空間の液体の圧力を調整するようにしてもよい。また、投影光学系PLの終端光学素子2の入射側の光路空間の気体を排気しながら液体の供給を開始することによって、その光路空間を速やかに、且つ良好に液体で満たすことができる。

【0187】

なお、本実施形態の液体LQは水であるが、水以外の液体であってもよい、例えば、露光光EL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LQ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。また、液体LQとしては、その他にも、露光光ELに対する透過性があるだけ屈折率が高く、投影光学系PLや基板P表面に塗布されているフォトレジストに対して安定なもの(例えばセダー油)を用いることも可能である。この場合も表面処理は用いる液体LQの極性に依拠して行われる。また、液体LQの純水の代わりに、所望の屈折率を有する種々の流体、例えば、超臨界流体や高屈折率の気体を用いることも可能である。

10

【0188】

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。

【0189】

20

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。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。また第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上に一括露光し、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。

30

【0190】

また、基板Pを保持するステージとは別に測定用の部材やセンサを搭載した測定ステージを備えた露光装置にも本発明を適用することはできる。この場合、投影光学系と測定ステージとを対向させて、測定ステージ上に液浸領域AR2を形成するとき、上述の基板ステージPSTのプレート部材50や基準部材300、空間像センサ500などと同様に、測定ステージ上の部材を温度調整するようにしてもよい。なお測定ステージを備えた露光装置は、例えば欧州特許公開第1,041,357号公報に記載されている。

【0191】

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

40

【0192】

また露光装置に搭載した投影光学系として、前述のように種々のタイプの投影光学系を用いることもできるが、投影光学系を持たないタイプの露光装置、例えば、プロキシミティ型露光装置に本発明を適用することもできる。

【0193】

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

50

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。

【0194】

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

【0195】

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。

【0196】

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。

【0197】

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。

【0198】

以上のように、本願実施形態の露光装置EXは、本願特許請求の範囲に挙げられた各構成要素を含む各種サブシステムを、所定の機械的精度、電気的精度、光学的精度を保つように、組み立てることで製造される。これら各種精度を確保するために、この組み立ての前後には、各種光学系については光学的精度を達成するための調整、各種機械系については機械的精度を達成するための調整、各種電気系については電気的精度を達成するための調整が行われる。各種サブシステムから露光装置への組み立て工程は、各種サブシステム相互の、機械的接続、電気回路の配線接続、気圧回路の配管接続等が含まれる。この各種サブシステムから露光装置への組み立て工程の前に、各サブシステム個々の組み立て工程があることはいうまでもない。各種サブシステムの露光装置への組み立て工程が終了したら、総合調整が行われ、露光装置全体としての各種精度が確保される。なお、露光装置の製造は温度およびクリーン度等が管理されたクリーンルームで行うことが望ましい。

【0199】

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、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。

【図面の簡単な説明】

【0200】

【図1】本発明の露光装置の一実施形態を示す概略構成図である。

【図2】基板ステージ及び温調システムを示す要部拡大側面図である。

【図3】基板ステージを上方から見た平面図である。

【図4】計測部材を温度調整する温調システムを示す図である。

【図5】露光光が通過する光学素子を温度調整する温調システムを示す図である。

【図6】本発明に係る露光方法の一例を示すフローチャート図である。

10

20

30

40

50

【図7】基板ホルダにロードされる前の基板を温度調整する温調システムを示す図である。

【図8】マーク検出系の計測動作を説明するための図である。

【図9】マーク検出系の計測動作を説明するための図である。

【図10】本発明に係る温調システムの別の実施形態を示す図である。

【図11】本発明に係る温調システムの別の実施形態を示す図である。

【図12】本発明に係る温調システムの別の実施形態を示す図である。

【図13】液体供給機構から供給される液体の温度変化の様子を説明するための模式図である。

【図14】液体の温度変動を減衰する部材を示す図である。

【図15】本発明の露光装置の一実施形態を示す概略構成図である。

【図16】半導体デバイスの製造工程の一例を示すフローチャート図である。

【符号の説明】

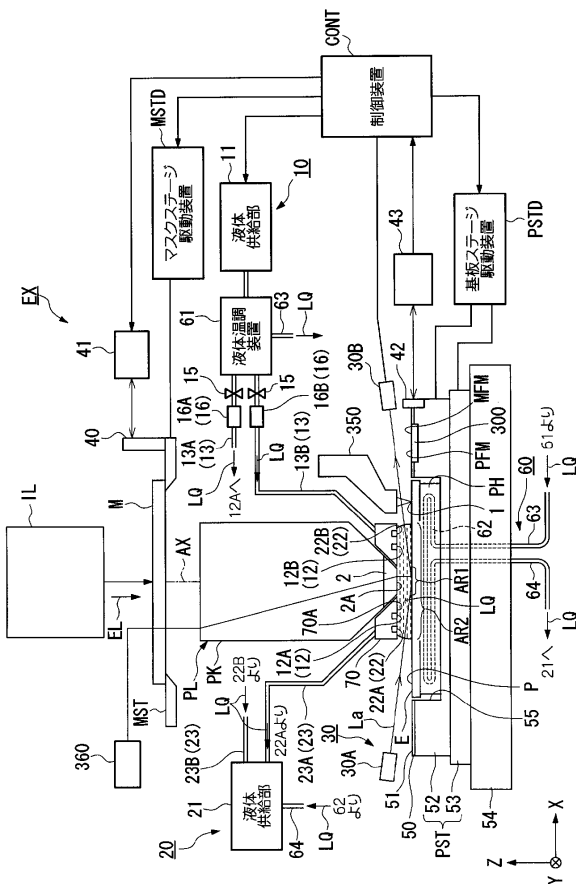
【0201】

1 ... アライメントマーク、2 ... 光学素子（光学部材）、10 ... 液体供給機構、20 ... 液体回収機構、30 ... フォーカス検出系（面位置検出装置）、50 ... プレート部材、51 ... 上面（平坦部）、60 ... 温調システム、80、81、82、83、84 ... 温度センサ、90 ... 温调用ホルダ、300 ... 基準部材（計測部材）、301A ... 上面（平坦面）、350 ... 基板アライメント系（マーク検出系）、360 ... マスクアライメント系（マーク検出系）、400 ... 照度ムラセンサ、401 ... 上板（計測部材）、401A ... 上面（平坦面）、500 ... 空間像計測センサ、501 ... 上板（計測部材）、501A ... 上面（平坦面）、EL ... 露光光、EX ... 露光装置、LQ ... 液体、P ... 基板、PL ... 投影光学系、PH ... 基板ホルダ（基板保持部材）、PST ... 基板ステージ、ST1 ... 計測ステーション、ST2 ... 露光ステーション

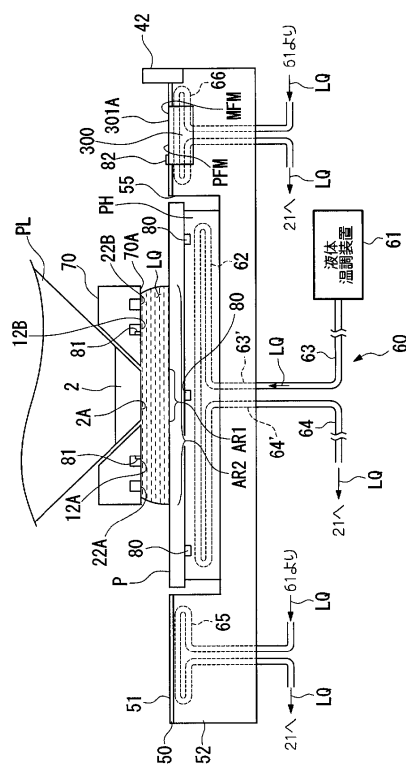
10

20

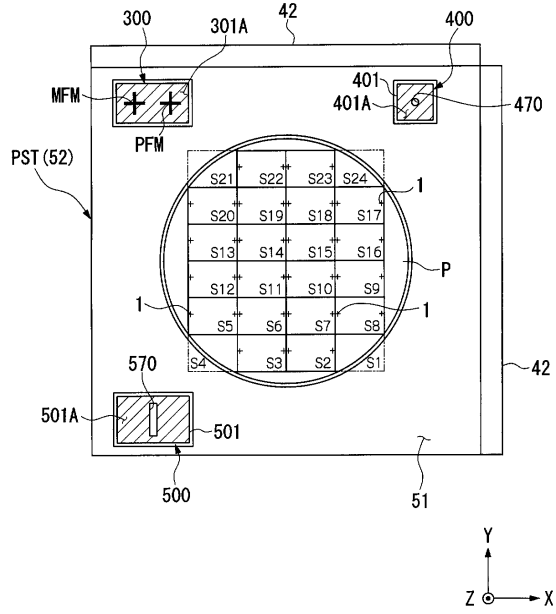
【図1】



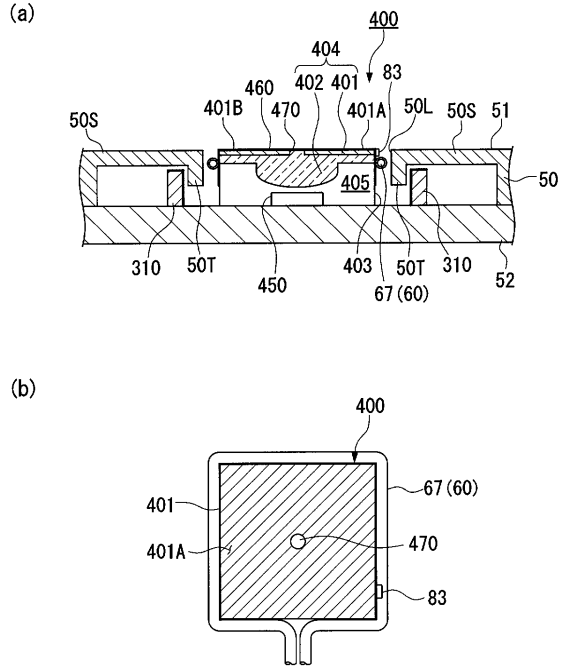
【図2】



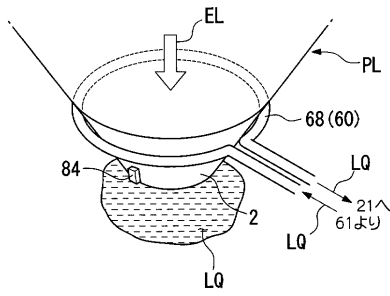
【図3】



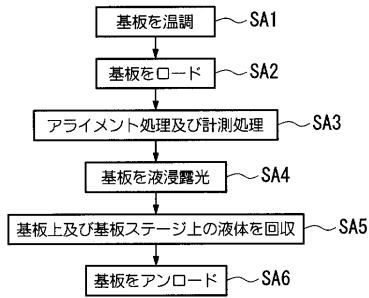
【図4】



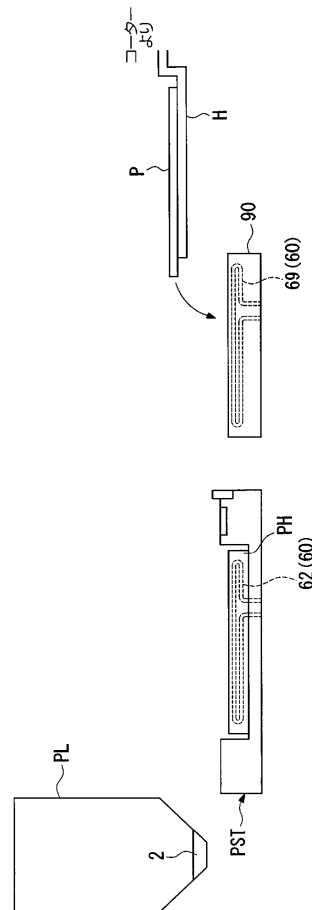
【図5】



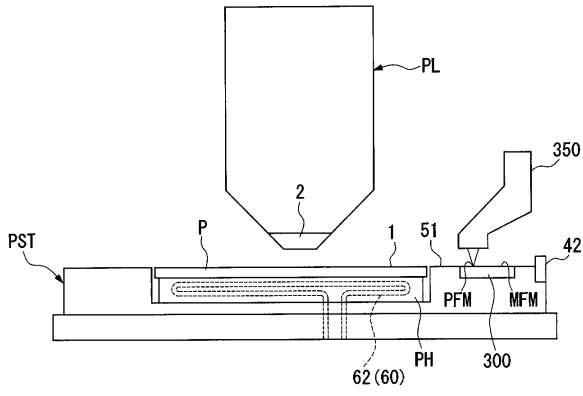
【図6】



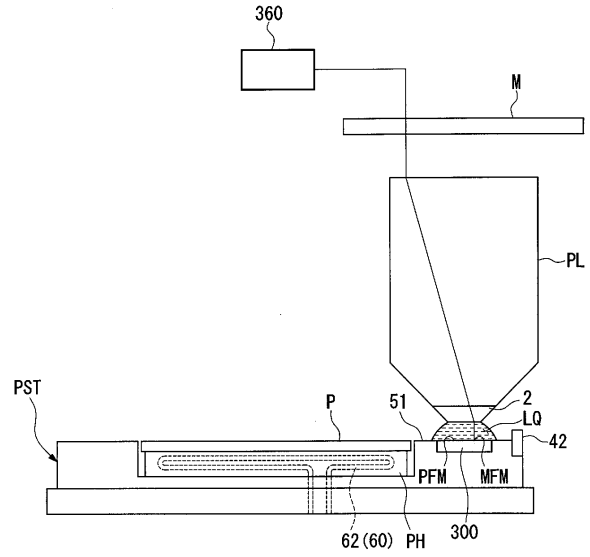
【図7】



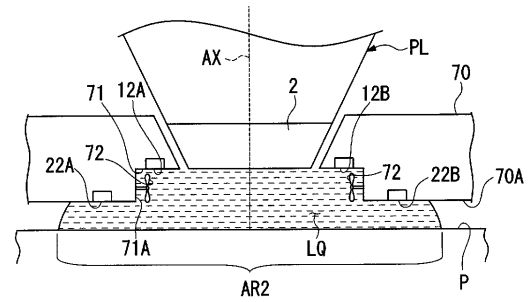
【図8】



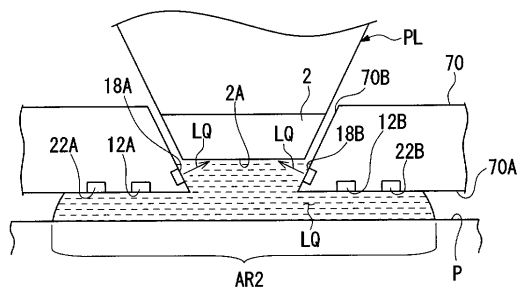
【図9】



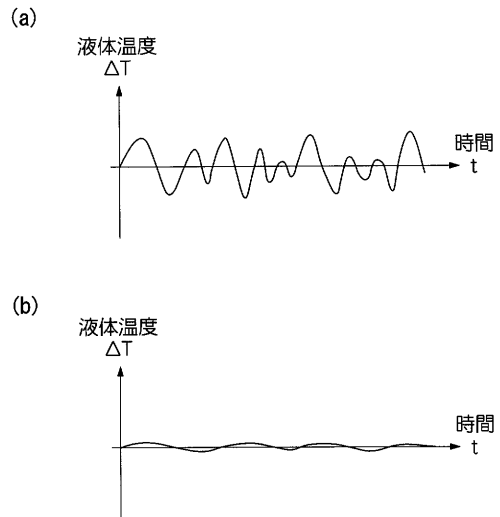
【図10】



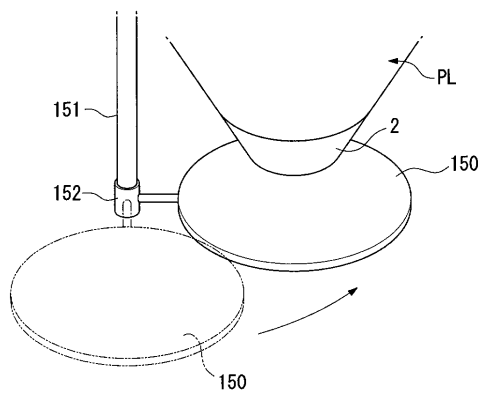
【図11】



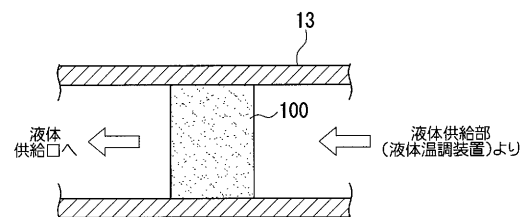
【図13】



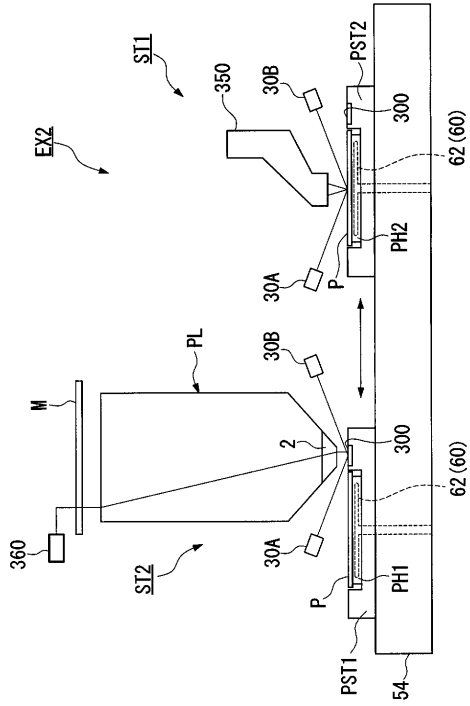
【図12】



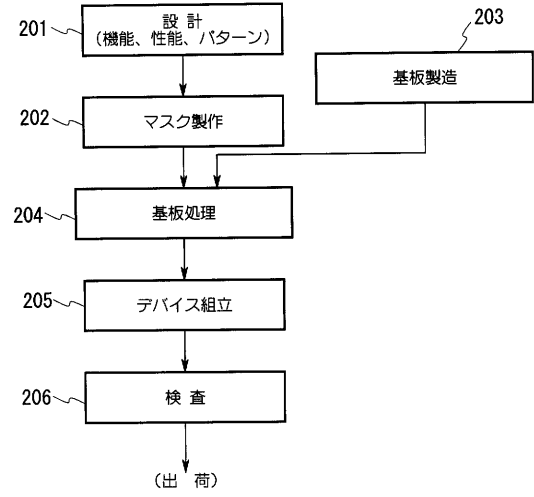
【図14】



【図15】



【図16】



フロントページの続き

- (72)発明者 蛭川 茂
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 大村 泰弘
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

審査官 秋田 将行

- (56)参考文献 特開昭62-065326(JP,A)
特開平04-096314(JP,A)
特公平05-042804(JP,B2)
特開平05-129181(JP,A)
特開平05-234839(JP,A)
特開平06-124873(JP,A)
特開平06-168866(JP,A)
特開平09-186071(JP,A)
特開平09-232213(JP,A)
特開平09-260262(JP,A)
特開平10-050588(JP,A)
特開平10-154659(JP,A)
特開平10-284405(JP,A)
特開平10-303114(JP,A)
特開平10-340846(JP,A)
特開平11-135407(JP,A)
特開2000-323406(JP,A)
特開2001-110722(JP,A)
特開2002-231622(JP,A)
特開2005-019864(JP,A)
特開2005-051231(JP,A)
特開2005-197384(JP,A)
特開2005-197447(JP,A)
特開2005-202375(JP,A)
特表2007-527549(JP,A)
国際公開第99/049504(WO,A1)
国際公開第2005/071717(WO,A1)
米国特許第04346164(US,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/027
G03F 7/20 - 7/24
G03F 9/00 - 9/02