

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5158178号  
(P5158178)

(45) 発行日 平成25年3月6日(2013.3.6)

(24) 登録日 平成24年12月21日(2012.12.21)

(51) Int.Cl.

H01L 21/027 (2006.01)

F 1

H01L 21/30 515D  
H01L 21/30 516E

請求項の数 47 (全 41 頁)

(21) 出願番号 特願2010-255402 (P2010-255402)  
 (22) 出願日 平成22年11月15日 (2010.11.15)  
 (62) 分割の表示 特願2005-27377 (P2005-27377)  
     分割  
     原出願日 平成17年2月3日 (2005.2.3)  
 (65) 公開番号 特開2011-35428 (P2011-35428A)  
 (43) 公開日 平成23年2月17日 (2011.2.17)  
     審査請求日 平成22年11月15日 (2010.11.15)  
 (31) 優先権主張番号 特願2004-28092 (P2004-28092)  
 (32) 優先日 平成16年2月4日 (2004.2.4)  
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 000004112  
     株式会社ニコン  
     東京都千代田区有楽町1丁目12番1号  
 (74) 代理人 100064908  
     弁理士 志賀 正武  
 (74) 代理人 100108578  
     弁理士 高橋 詔男  
 (74) 代理人 100107836  
     弁理士 西 和哉  
 (72) 発明者 小林 直行  
     東京都千代田区有楽町一丁目12番1号  
     株式会社ニコン内  
 (72) 発明者 大和 壮一  
     東京都千代田区有楽町一丁目12番1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】

露光光で基板を露光する露光装置であって、  
投影光学系と、  
前記基板を保持する第1ホルダを有し、前記第1ホルダに前記基板を保持して移動可能な基板ステージと、

前記第1ホルダに保持される前に、前記基板を保持する第2ホルダと、  
前記第1ホルダの温度を調整する第1温調装置と、  
前記第2ホルダの温度を調整する第2温調装置と、  
液体を供給する液体供給口と、

前記液体の温度を検出する第1センサと、を備え、  
前記第1温調装置は、前記液体供給口から供給される液体の温度と前記第1ホルダに保持された前記基板とが同一温度になるように、前記第1ホルダの温度を調整し、  
前記第2温調装置は、前記液体供給口から供給される液体と前記第1ホルダに保持された前記基板とが同一温度になるように、前記第2ホルダの温度を調整し、  
前記液体供給口から供給された液体で、前記第1ホルダに保持された前記基板上的一部分に液浸領域を形成し、前記液浸領域の液体を介して前記投影光学系からの露光光で前記基板を露光する露光装置。

## 【請求項 2】

前記第2温調装置は、前記第1センサの検出結果に基づいて、前記第2ホルダの温度を

10

20

調整する請求項 1 に記載の露光装置。

**【請求項 3】**

前記第 1 センサは、前記液体供給口の近傍に配置される請求項 1 又は 2 に記載の露光装置。

**【請求項 4】**

前記基板ステージの上方において、前記投影光学系の先端の光学素子の側面を囲むように設けられた流路形成部材をさらに有し、

前記第 1 センサは、前記流路形成部材に設けられる請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の露光装置。

**【請求項 5】**

前記流路形成部材は、前記液体供給口を有する請求項 4 に記載の露光装置。

**【請求項 6】**

前記液体供給口は、前記基板の表面が対向するように前記流路形成部材に設けられ、

前記流路形成部材には、前記基板の表面が対向するように、かつ前記投影光学系の投影領域に対して前記液体供給口よりも外側に設けられた液体回収口が設けられている請求項 5 に記載の露光装置。

**【請求項 7】**

前記基板ステージの上方において、前記投影光学系の先端の光学素子の側面を囲むように設けられた流路形成部材をさらに有し、

前記流路形成部材は、前記液体供給口を有する請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の露光装置。

**【請求項 8】**

前記液体供給口は、前記基板の表面が対向するように前記流路形成部材に設けられ、

前記流路形成部材には、前記基板の表面が対向するように、かつ前記投影光学系の投影領域に対して前記液体供給口よりも外側に設けられた液体回収口が設けられている請求項 7 に記載の露光装置。

**【請求項 9】**

前記第 1 ホルダの温度を検出する第 2 センサを備える請求項 1 ~ 8 のいずれか一項に記載の露光装置。

**【請求項 10】**

前記第 2 センサは、前記基板が保持される前記第 1 ホルダの上面に配置される請求項 9 に記載の露光装置。

**【請求項 11】**

前記第 2 温調装置は、前記第 2 センサの検出結果に基づいて、前記第 2 ホルダの温度を調整する請求項 9 又は 10 に記載の露光装置。

**【請求項 12】**

前記液体供給口から供給される前記液体の温度を調整する第 3 温調装置を備え、

前記第 3 温調装置は、前記第 2 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 ~ 11 のいずれか一項に記載の露光装置。

**【請求項 13】**

前記第 2 センサの検出結果と前記基板上に供給される液体の温度との差が小さくなるように、前記液体供給口から供給される前記液体の温度が調整される請求項 12 に記載の露光装置。

**【請求項 14】**

前記液体供給口から供給される前記液体の温度を調整する第 3 温調装置を備え、

前記第 3 温調装置は、前記第 1 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 1 ~ 8 のいずれか一項に記載の露光装置。

**【請求項 15】**

前記第 3 温調装置は、前記第 1 センサの検出結果と目標温度との差が小さくなるように、前記液体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】**

前記液体供給口から前記投影光学系の像面側先端部の光学素子と同一温度の液体が供給される請求項 1 ~ 15 のいずれか一項に記載の露光装置。

**【請求項 17】**

前記光学素子の温度を調整する第4温調装置を備える請求項 1 ~ 16 のいずれか一項に記載の露光装置。

**【請求項 18】**

前記光学素子の温度を検出する第3センサを備え、

前記第4温調装置は、前記第3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 17 に記載の露光装置。

10

**【請求項 19】**

前記第1温調装置は、前記基板と前記基板上の液体との間の熱伝達が低減されるよう<sup>10</sup>に、前記第1ホルダの温度を調整する請求項 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温調装置は、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てないように、前記第1ホルダの温度を調整する請求項 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温調装置は、前記液体中に温度分布が生じないように、前記第1ホルダの温度を調整する請求項 20 に記載の露光装置。

20

**【請求項 22】**

前記第1温調装置は、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てないように、前記第1ホルダの温度を調整する請求項 1 ~ 21 のいずれか一項に記載の露光装置。

**【請求項 23】**

前記基板上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温調装置は、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、前記第1ホルダの温度を調整する請求項 22 に記載の露光装置。

30

**【請求項 24】**

前記第1温調装置は、温度調整された液体を温調流路に流すことによって前記第1ホルダの温度を調整する請求項 1 ~ 23 のいずれか一項に記載の露光装置。

**【請求項 25】**

前記温調流路は、前記基板ホルダ内部に設けられている請求項 24 に記載の露光装置。

**【請求項 26】**

前記第1温調装置は、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第1ホルダの温度を調整する請求項 24 又は 25 に記載の露光装置。

**【請求項 27】**

前記基板ステージは、前記第1ホルダ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、

40

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

**【請求項 28】**

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 27 に記載の露光装置。

**【請求項 29】**

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請求項 27 又は 28 に記載の露光装置。

**【請求項 30】**

前記基板ステージは、前記第1ホルダに保持された前記基板の周囲に平坦部を形成する

50

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同一である請求項1～26のいずれか一項に記載の露光装置。

**【請求項31】**

前記基板ステージとしての第1基板ステージと、  
基板を保持するホルダを有し、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温調装置は、前記計測ステーションで前記第1ホルダの温度調整を行う請求項  
1～30のいずれか一項に記載の露光装置。

10

**【請求項32】**

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請求  
項31に記載の露光装置。

**【請求項33】**

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  
む請求項31又は32に記載の露光装置。

**【請求項34】**

前記第1温調装置は、前記基板の計測を行う前に、前記第1ホルダの温度を調整する請  
求項31～33のいずれか一項記載の露光装置。

**【請求項35】**

前記液体供給口は、前記露光ステーションで前記基板上に前記液体を供給する請求項  
1～34のいずれか一項記載の露光装置。

20

**【請求項36】**

請求項1～35のいずれか一項記載の露光装置を用いるデバイス製造方法。

**【請求項37】**

液体を介して露光光で基板を露光する露光方法であって、  
投影光学系の像面側で移動可能な基板ステージの第1ホルダに基板が保持される前に、  
前記第2ホルダで基板を保持して前記第2ホルダの温度を調整することと、

前記第1ホルダの温度を調整することと、

前記第2ホルダの前記基板を前記第1ホルダに搬送して前記第1ホルダで保持すること  
と、

30

前記第1ホルダに保持された前記基板上に前記液体を液体供給口から供給することと、  
前記液体の温度を第1センサで検出すること、

前記液体供給口から供給された液体で、前記第1ホルダに保持された前記基板上的一部  
に液浸領域を形成するとともに、前記液浸領域の液体を介して前記露光光で前記基板を露  
光することと、を含み、

前記第1ホルダの温度は、前記液体の温度と同一温度になるように調整され、

前記第2ホルダの温度は、前記液体供給口から供給される液体と前記第1ホルダに保持  
された前記基板とが同一温度になるように調整される露光方法。

**【請求項38】**

前記第1センサの検出結果に基づいて、前記第2ホルダの温度が調整される請求項37  
に記載の露光方法。

40

**【請求項39】**

前記第1ホルダの温度を第2センサで検出することを含み、  
前記第2センサの検出結果に基づいて、前記第2ホルダの温度が調整される請求項37  
又は38に記載の露光方法。

**【請求項40】**

前記第1ホルダの温度を第2センサで検出することを含み、  
前記第2センサの検出結果に基づいて、前記液体供給口から供給される前記液体の温度  
が調整される請求項37又は38に記載の露光方法。

50

**【請求項 4 1】**

前記第2センサの検出結果と前記基板上に供給される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40に記載の露光方法。

**【請求項 4 2】**

前記第1センサの検出結果に基づいて、前記液体供給口から供給される前記液体の温度が調整される請求項37～41のいずれか一項に記載の露光方法。

**【請求項 4 3】**

前記第1センサの検出結果と目標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42に記載の露光方法。

**【請求項 4 4】**

前記液体供給口から前記投影光学系の像面側先端部の光学素子と同一温度の液体が供給される請求項37～43のいずれか一項に記載の露光方法。

10

**【請求項 4 5】**

前記光学素子の温度が調整される請求項44に記載の露光方法。

**【請求項 4 6】**

前記光学素子の温度を第3センサで検出することを含み、

前記第3センサの検出結果に基づいて、前記光学素子の温度が調整される請求項45に記載の露光方法。

**【請求項 4 7】**

請求項37～46のいずれか一項記載の露光装置を用い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大きいほど高くなる。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)も重要なとなる。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】**

$$R = k_1 \cdot / N A \dots (1)$$

$$= \pm k_2 \cdot / N A^2 \dots (2)$$

40

ここで、R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、露光波長を短くして、開口数NAを大きくすると、焦点深度が狭くなることが分かる。

**【0004】**

焦点深度が狭くなり過ぎると、投影光学系の像面に対して基板表面を合致させることが困難となり、露光動作時のフォーカスマージンが不足するおそれがある。そこで、実質的に露光波長を短くして、且つ焦点深度を広くする方法として、例えば下記特許文献1に開示されている液浸法が提案されている。この液浸法は、投影光学系の下面と基板表面と

50

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、液体中の露光光の波長が空気中の $1/n$  ( $n$ は液体の屈折率で通常1.2~1.6程度)になることを利用して解像度を向上するとともに、焦点深度を約 $n$ 倍に拡大するというものである。

**【先行技術文献】**

**【特許文献】**

**【0005】**

**【特許文献1】国際公開第99/49504号パンフレット**

**【発明の概要】**

**【発明が解決しようとする課題】**

**【0006】**

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。

**【0007】**

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】**

**【0008】**

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。

**【0009】**

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。

**【0010】**

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。

**【0011】**

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。

**【0012】**

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。

**【0013】**

10

20

30

40

50

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。

#### 【0014】

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。  
。

#### 【0015】

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。

#### 【0016】

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面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。

#### 【0017】

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。

#### 【0018】

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。

#### 【0019】

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できる。

#### 【0020】

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

10

20

30

40

50

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とする。

#### 【0021】

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。10

#### 【0022】

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。

#### 【0023】

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。20

#### 【0024】

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。30

#### 【0025】

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とを含む露光方法が提供される。

#### 【0026】

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。40

#### 【0027】

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とを含む露光方法が提供される。

#### 【0028】

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。50

## 【0029】

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】

## 【0030】

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。

10

## 【図面の簡単な説明】

## 【0031】

【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。

【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。

20

【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。

30

## 【発明を実施するための形態】

## 【0032】

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。

## 【0033】

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。

40

## 【0034】

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

50

一部に、投影領域 A R 1 よりも大きく且つ基板 P よりも小さい液浸領域 A R 2 を局的に形成する。具体的には、露光装置 E X は、投影光学系 P L 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 L Q を満たし、この投影光学系 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。

#### 【 0 0 3 5 】

ここで、本実施形態では、露光装置 E X としてマスク M と基板 P とを走査方向（所定方向）における互いに異なる向き（逆方向）に同期移動しつつマスク M に形成されたパターンを基板 P に露光する走査型露光装置（所謂スキャニングステッパー）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 P L の光軸 A X 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。10

#### 【 0 0 3 6 】

照明光学系 I L は、マスクステージ M S T に支持されているマスク M を露光光 E L 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 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輝線（g 線、h 線、i 線）及び K r F エキシマレーザ光（波長 248 nm）等の遠紫外光（D U V 光）や、A r F エキシマレーザ光（波長 193 nm）及び F<sub>2</sub> レーザ光（波長 157 nm）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 248 nm）等の遠紫外光（D U V 光）も透過可能である。2030

#### 【 0 0 3 7 】

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。40

#### 【 0 0 3 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、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50

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PKより露出しており、液浸領域AR2の液体LQは光学素子2に接触する。これにより、金属からなる鏡筒PKの腐蝕等が防止されている。

#### 【0039】

光学素子2は萤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2Aに親水化(親液化)処理が施されて液体LQとの親和性が高められている。萤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2Aのほぼ全面に液体LQ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2A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。

10

#### 【0040】

基板ステージPSTは、基板Pを基板ホルダPHを介して保持するZステージ52と、Zステージ52を支持するXYステージ53とを備えている。XYステージ53はベース54上に支持されている。基板ステージPSTはリニアモータ等の基板ステージ駆動装置PSTDにより駆動される。基板ステージ駆動装置PSTDは制御装置CONTにより制御される。Zステージ52は基板ホルダPH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。XYステージ53は基板ホルダPHに保持されている基板PをZステージ52を介してXY方向(投影光学系PL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XY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。

20

#### 【0041】

基板ステージPST(Zステージ52)上には凹部55が設けられており、基板ホルダPHは凹部55に配置されている。そして、基板ステージPSTのうち凹部55以外の上面51は、基板ホルダPH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PST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PLの像面側に液体LQを保持して液浸領域AR2を良好に形成することができる。ただし、液浸領域AR2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とに段差があつてもよい。例えば、プレート部材50の上面51が基板ホルダPH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LQの表面張力によりその隙間に液体LQ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PLの下に液体LQ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PST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PSTの上面51とほぼ同じ高さ(面一)にするほうが望ましい。

30

#### 【0042】

基板ステージPST(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PST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CONTに出力される。制御装置CONT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PSTDを介してXYステージ53を駆動することで基板ステージPST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。

40

#### 【0043】

また、露光装置EX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LQ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

50

、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。

#### 【 0044】

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。10

#### 【 0045】

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。20

#### 【 0046】

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 52 上に設けられた基準部材 300 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 350 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 52 上に設けられた基準部材 300 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 360 が設けられている。なお、基板アライメント系 350 の構成としては、例えば特開平 4 - 65603 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 360 の構成としては、例えば特開平 7 - 176468 号公報に開示されているものを用いることができる。30

#### 【 0047】

液体供給機構 10 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 11 と、液体供給部 11 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 61 と、液体温調装置 61 にその一端部を接続する供給管 13 (13A、13B) とを備えている。液体供給部 11 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 11 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 61 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 10 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 11 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。40

#### 【 0048】

供給管 13A、13B の途中には、供給管 13A、13B の流路を開閉するバルブ 15 がそれぞれ設けられている。バルブ 15 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 15 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 13A、13B 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。

#### 【 0049】

液体回収機構 20 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 21 と、液体回収部 21 にその一端部を接続する回50

収管 23 (23A、23B)とを備えている。液体回収部 21 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 LQ と気体とを分離する気液分離器、及び回収した液体 LQ 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 EX に真空ポンプを設けずに、露光装置 EX が配置される工場の真空系を用いるようにしてもよい。液体回収部 21 の液体回収動作は制御装置 CONT により制御される。基板 P 上に液浸領域 AR 2 を形成するために、液体回収機構 20 は液体供給機構 10 より供給された基板 P 上の液体 LQ を所定量回収する。

#### 【0050】

投影光学系 PL を構成する複数の光学素子のうち、液体 LQ に接する光学素子 2 の近傍には流路形成部材 70 が配置されている。流路形成部材 70 は、基板 P (基板ステージ PST) の上方において、光学素子 2 の側面を囲むように設けられた環状部材である。流路形成部材 70 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 70 は光学素子 2 に対して振動的に分離されるように所定の支持機構で支持されている。10

#### 【0051】

流路形成部材 70 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 70 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。

#### 【0052】

流路形成部材 70 は、基板 P (基板ステージ PST) 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 12 (12A、12B)を備えている。本実施形態において、流路形成部材 70 は 2 つの液体供給口 12A、12B を有している。液体供給口 12A、12B は流路形成部材 70 の下面 70A に設けられている。20

#### 【0053】

また、流路形成部材 70 は、その内部に液体供給口 12A、12B に対応した供給流路を有している。また、液体供給口 12A、12B 及び供給流路に対応するよう複数(2つ)の供給管 13A、13B が設けられている。そして、流路形成部材 70 の供給流路の一端部は供給管 13A、13B を介して液体供給部 11 にそれぞれ接続され、他端部は液体供給口 12A、12B にそれぞれ接続されている。

#### 【0054】

また、2つの供給管 13A、13B のそれぞれの途中には、液体供給部 11 から送出され、液体供給口 12A、12B 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 16 (16A、16B) が設けられている。流量制御器 16A、16B 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。30

#### 【0055】

更に、流路形成部材 70 は、基板 P (基板ステージ PST) 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 22 (22A、22B)を備えている。本実施形態において、流路形成部材 70 は 2 つの液体回収口 22A、22B を有している。液体回収口 22A、22B は流路形成部材 70 の下面 70A に設けられている。

#### 【0056】

また、流路形成部材 70 は、その内部に液体回収口 22A、22B に対応した回収流路を有している。また、液体回収口 22A、22B 及び回収流路に対応するよう複数(2つ)の回収管 23A、23B が設けられている。そして、流路形成部材 70 の回収流路の一端部は回収管 23A、23B を介して液体回収部 21 にそれぞれ接続され、他端部は液体回収口 22A、22B にそれぞれ接続されている。40

#### 【0057】

本実施形態において、流路形成部材 70 は、液体供給機構 10 及び液体回収機構 20 それぞれの一部を構成している。そして、液体供給機構 10 を構成する液体供給口 12A、12B は、投影光学系 PL の投影領域 AR 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 20 を構成する液体回収口 22A、22B は、投影光学系 PL

10

20

30

40

50

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。

#### 【0058】

液体供給部1 1及び流量制御器1 6の動作は制御装置C O N Tにより制御される。基板P上に液体L Qを供給する際、制御装置C O N T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。10

#### 【0059】

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。制御装置C O N T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。

#### 【0060】

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い。また、回収管2 3 A、2 3 Bは、1つの液体回収部2 1に接続されているが、回収管の数に対応した液体回収部2 1を複数（例えば2つ）設け、回収管2 3 A、2 3 Bのそれぞれを前記複数の液体回収部2 1のそれぞれに接続するようにしてもよい。20

#### 【0061】

投影光学系P Lの光学素子2の液体接触面2 A、及び流路形成部材7 0の下面（液体接触面）7 0 A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7 0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7 0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P S T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L Q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7 0の液体接触面に親水性を付与する。すなわち、液体L Qとして水を用いる場合にはO H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、M g F<sub>2</sub>、A l<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、S i O<sub>2</sub>などの親液性材料を前記液体接触面に設けてもよい。30

#### 【0062】

流路形成部材7 0の下面（基板P側を向く面）7 0 Aはほぼ平坦面であり、光学素子2の下面（液体接触面）2 Aも平坦面となっており、流路形成部材7 0の下面7 0 Aと光学素子2の下面2 Aとはほぼ面一となっている。これにより、広い範囲で液浸領域A R 2を良好に形成することができる。なお、流路形成部材7 0の下面7 0 Aと光学素子2の下面2 A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P Lと対向する物体（例えば、基板P）上に液浸領域A R 2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2 0 0 4 / 0 2 0 7 8 2 4号公報に開示されている機構を用いることができる。40

#### 【0063】

なお、投影光学系P Lや流路形成部材7 0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L Qとの接触などに起因して生じ得る投影光学系P Lの振動や液体L Qを回収するときに生じ得る流路形成部材7 0の振動をモニタできるようになっている。50

## 【0064】

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 $23 \pm 0.01$ 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。

## 【0065】

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。

## 【0066】

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。

## 【0067】

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の移動に伴って弹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。

## 【0068】

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ます。

## 【0069】

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

10

20

30

40

50

テージ 5 2 内部には温調流路 6 5 が設けられており、液体温調装置 6 1 から供給された温度調整されている液体 L Q はその温調流路 6 5 を流れる。これにより、プレート部材 5 0 の温度が調整される。なお、温調流路 6 5 はプレート部材 5 0 の内部や周囲に設けられていてもよい。更に、基準部材 3 0 0 の内部あるいはその周囲（あるいは下）にも温調流路 6 6 が設けられており、温調流路 6 6 を流れる液体温調装置 6 1 から供給された液体 L Q によって基準部材 3 0 0 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 6 5 、 6 6 は部材 5 0 、 3 0 0 の上に設けられてもよい。このように、プレート部材 5 0 及び基準部材 3 0 0 の温度を制御することによって、プレート部材 5 0 や基準部材 3 0 0 上に液浸領域 A R 2 が形成される場合にも、プレート部材 5 0 、基準部材 3 0 0 、及び液体 L Q のそれぞれの温度変化が抑えられる。また、プレート部材 5 0 と液体 L Q の温度、あるいは基準部材 3 0 0 と液体 L Q の温度をほぼ同一にすることができる。10

#### 【 0 0 7 0 】

また、基板ホルダ P H の上面の複数の所定位置には、この基板ホルダ P H の温度を計測する温度センサ 8 0 がそれぞれ設けられている。上述したように、基板ホルダ P H と基板 P とはほぼ同じ温度と見なすことができる。基板ホルダ P H の上面に設けられた温度センサ 8 0 は、基板ホルダ P H 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 8 0 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 0 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。この際、制御装置 C O N T は、例えば、温度センサ 8 0 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 6 1 を制御することができる。20

#### 【 0 0 7 1 】

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 2 】

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 3 】

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。3040

#### 【 0 0 7 4 】

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 が形成されるときの液体温調装置 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50

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 5 】

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 6 】

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 7 】

基板ステージ P S T の上面 5 1 は撥液化処理されて撥液性を有している。10 上面 5 1 の撥液化処理としては、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 8 】

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 とほぼ同じ高さ（面一）に設けられている。基準部材 3 0 0 の上面 3 0 1 A は、フォーカス検出系 3 0 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 P F M と基準マーク M F M とを別々の部材に設けて、基板ステージ P S T に配置するようにしてもよい。

【 0 0 7 9 】

また、基板アライメント系 3 5 0 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 S 1 ~ S 2 4 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 S 1 ~ S 2 4 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ライブライン上に設けられている。

【 0 0 8 0 】

また、基板ステージ P S T 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 5 7 - 1 1 7 2 3 8 号公報に開示されているような照度ムラセンサ 4 0 0 が配置されている。照度ムラセンサ 4 0 0 は平面視矩形状の上板 4 0 1 を備えている。上板 4 0 1 の上面 4 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 とほぼ同じ高さ（面一）に設けられている。上板 4 0 1 の上面 4 0 1 A には、光を通過可能なピンホール部 4 7 0 が設けられている。上面 4 0 1 A のうち、ピンホール部 4 7 0 以外はクロムなどの遮光性材料で覆われている。40

【 0 0 8 1 】

また、基板ステージ P S T 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 2 0 0 2 - 1 4 0 0 5 号公報に開示されているような空間像計測センサ 5 0 0 が設けられている。空間像計測センサ 5 0 0 は平面視矩形状の上板 5 0 1 を備えている。上板 5 0 1 の上面 5 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 とほぼ同じ高さ（面一）に設けられている。上板 5 0 1 の上面 5 0 1 A には、光を通過可能なスリット部 5 7 0 が設けられている。上面 5 0 1 A のうち、スリット部 5 7 0 以外はクロムなどの遮光性材料で覆われている。

【 0 0 8 2 】

50

20

30

40

50

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。

#### 【0083】

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。

#### 【0084】

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。

#### 【0085】

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。

#### 【0086】

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402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。

#### 【0087】

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。

#### 【0088】

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。

#### 【0089】

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。

#### 【0090】

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

10

20

30

40

50

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。

#### 【0091】

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。

#### 【0092】

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。

#### 【0093】

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を設けずにも、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。

#### 【0094】

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。

#### 【0095】

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。

#### 【0096】

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

10

20

30

40

50

とができる。また、光学素子 2 と液体 L Q との温度をほぼ同一にすることができる。

#### 【0097】

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 C O N T に出力され、液体温調装置 61 による液体 L Q の温度調整に用いられる。

#### 【0098】

以上のように、本実施形態においては、液体 L Q の温度、及び液体 L Q 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 L Q に接触する物体(基板 P, 基準部材 300, 光学素子 2 等)と液体 L Q との温度をほぼ同一にすることができる。また液体 L Q の温度変化ばかりでなく、液体 L Q 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。10

#### 【0099】

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 L Q 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 L Q 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 L Q と基板ホルダ PH を温度調整する液体 L Q 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 L Q、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が可能となる。この場合、投影光学系 PL 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 PH)、液体 L Q、基準部材 300、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 300、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 300、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 PH)、基準部材 300、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。20

#### 【0100】

次に、上述した構成を有する露光装置 EX 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。

#### 【0101】

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)。

#### 【0102】

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 60 の一部を構成する温調用ホルダ 90 上に搬送される。温調用ホルダ 90 は上記コーター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 90 の内部には液体温調装置 61 より供給された液体 L Q が流れる温調流路 69 が形成されている。温調用ホルダ 90 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 PH)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 PH も液体温調装置 61 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 PH 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 90 で使われる液体は液体温調装置 61 とは別の温調装置4050

から供給してもよいし、液体を使わない別的方式によって基板 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良い。この場合、温度調整された気体を温調用ホルダ 90 の内部の温調流路 69 に供給してもよく、あるいは温調用ホルダ 90 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良い。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 90 の温度調整をしてよい。

#### 【0103】

温調ホルダ 90 で液体温調装置 61 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 LQ の温度や基板ホルダ PH の温度を考慮して、温調ホルダ 90 での基板 P の温度調整が行われる。例えば、液体 LQ の温度を計測する温度センサ 81 や基板ホルダ PH の温度を計測する温度センサ 80 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 90 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 LQ 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。

10

#### 【0104】

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 90 で温度調整した後、制御装置 CONT は所定の搬送系を使って、基板 P を温調用ホルダ 90 から搬出するとともに、その基板 P を基板ステージ PST に搬入（ロード）する（ステップ SA2）。

#### 【0105】

基板 P が基板ステージ PST 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 SA3）。

20

#### 【0106】

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。

#### 【0107】

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。

30

#### 【0108】

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。

#### 【0109】

40

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。

#### 【0110】

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

50

置 C O N T は、これら温度センサの計測結果に基づいて、上板 4 0 1 や光学素子 2 、あるいは液体 L Q の温度変化を抑制するために、これら液体 L Q と光学素子 2 と上板 4 0 1 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 C O N T は、温度センサの計測結果に基づいて、液体温調装置 6 1 から上板 4 0 1 を温度調整するための温調流路 6 7 及び光学素子 2 を温度調整するための温調流路 6 8 のそれぞれに供給する液体 L Q 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。

#### 【 0 1 1 1 】

液体 L Q と接触する上板 4 0 1 の温度と光学素子 2 の温度とに差が生じたり、上板 4 0 1 あるいは光学素子 2 の温度と液体 L Q 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 4 0 1 と光学素子 2 との間に満たされた液体 L Q に温度変化が生じたり、温度分布が生じる。また上板 4 0 1 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 E L 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 6 0 によって、これら光学素子 2 や上板 4 0 1 や液体 L Q 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。10

#### 【 0 1 1 2 】

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上板 4 0 1 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。そこで、温調システム 6 0 は、上板 4 0 1 上に供給される液体 L Q 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 4 0 1 の温度調整を行うことにより、液体 L Q に温度分布が生じる不都合を防止することができる。20

#### 【 0 1 1 3 】

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 4 】

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。30

#### 【 0 1 1 5 】

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 6 】

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。40

#### 【 0 1 1 7 】

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 の位置情報を探し出す。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50

イメント系 350 の検出基準位置が基準マーク PFM を使って検出されたことになる。

#### 【0118】

なお、基板アライメント系 350 による検出動作中においても、温調システム 60 は、基準部材 300 の温度変化が起きないように、温調流路 65 や温調流路 66 などに液体 LQ を流して基準部材 300 の温度調整を行うようにしてもよい。

#### 【0119】

次に、制御装置 CONT は、マスクアライメント系 360 により基準部材 300 上の基準マーク MFM を検出する。基準マーク MFM を検出するとき、制御装置 CONT は、XY ステージ 53 を移動して投影光学系 PL の先端部と基準部材 300 とを対向させる。そして、制御装置 CONT は、液体供給機構 10 及び液体回収機構 20 による液体 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 と基準部材 300 の上面 301Aとの間を液体 LQ で満たして液浸領域を形成する。  
10

#### 【0120】

温調システム 60 は、マスクアライメント系 360 が基準部材 300 上の基準マーク MFM を検出する前に、温調流路 66 や温調流路 65 などに液体 LQ を流して基準部材 300 を含む基板ステージ PST 上面の温度調整を行う。同様に、温調システム 60 は、温調流路 68 に液体 LQ を流して投影光学系 PL の光学素子 2 の温度調整を行う。

#### 【0121】

そしてマスクアライメント系 360 を使って基準部材 300 上の基準マーク MFM を検出するとき、図 9 に示すように、制御装置 CONT は、マスクアライメント系 360 によりマスク M、投影光学系 PL、及び液体 LQ を介して（ウェット状態で）基準部材 300 上の基準マーク MFM の検出、すなわちマスク M のマークと基準部材 300 上の基準マーク MFM との位置関係の検出を行う。これによりレーザ干渉計 43 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 MFM を使って検出される。  
20

#### 【0122】

ここで、マスクアライメント系 360 による検出動作中においても、温調システム 60 は、光学素子 2 や基準部材 300 、あるいは液体 LQ 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 360 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 60 は温度センサ 81、82、84 などの計測結果に基づいて、液体 LQ と基準部材 300 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 300 、及び液体 LQ 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 300 の熱変形、及び液体 LQ の温度変化が防止され、基準マーク PFM , MFM の検出を精度よく行うことができる。  
30

#### 【0123】

基準マーク MFM の検出が終了した後、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、基準部材 300 の上面 301A 上に形成された液浸領域 AR2 の液体 LQ を回収する。

#### 【0124】

次に制御装置 CONT はアライメント処理を開始する。制御装置 CONT は、基板アライメント系 350 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 350 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 PFM と基準マーク MFM との位置関係から、レーザ干渉計 43 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 350 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。  
40

#### 【0125】

そして、制御装置 CONT 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 S1 ~ S24 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 350 で液体 LQ を介さずに（ドライ状態で）検出する。基板アライメント系 350 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 PST  
50

の位置はレーザ干渉計 43 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 350 の検出基準位置に対するショット領域 S1 ~ S24 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 43 で規定される座標系内でのショット領域 S1 ~ S24 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 S1 ~ S24 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 61-44429 号公報 (USP4,780,617) に開示されているようにショット領域 S1 ~ S24 のアライメント情報を求めるようにしてもよい。

#### 【 0 1 2 6 】

また、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 の検出と並行して、フォーカス検出系 30 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 30 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。10

#### 【 0 1 2 7 】

そして、基板アライメント系 350 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 60 は温調流路 62 や温調流路 65 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 60 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 350 により検出される。20

#### 【 0 1 2 8 】

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 60 は基板 P や基準部材 300、上板 401、501 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 12 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 350 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 20 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 350 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 350 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 60 により温度調整されているので、基板アライメント系 350 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。3040

#### 【 0 1 2 9 】

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 350 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 10 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 20 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 3 0 】

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 350 によるアラ50

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 350 によるアライメントマーク 1 の検出後に、液体供給機構 10 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 60 は、基板アライメント系 350 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 PH の温度調整を継続的に行う。温調システム 60 は、例えば基板ホルダ PH の上面に設けられた温度センサ 80 による基板 P の温度計測結果に基づいて、温調流路 62 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 PH を介して温度調整する。

## 【 0131】

10

また、制御装置 CONT 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 PH 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。

## 【 0132】

そして、制御装置 CONT は、液体供給機構 10 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 20 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 PST 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 PL と基板 P との間の液体 L Q 及び投影光学系 PL を介して基板 P 上に投影露光する（ステップ SA4）。

20

## 【 0133】

液浸領域 AR2 を形成するために液体供給機構 10 の液体供給部 11 から供給された液体 L Q は、供給管 13A、13B を流通した後、流路形成部材 70 内部に形成された供給流路を介して液体供給口 12A、12B より基板 P 上に供給される。液体供給口 12A、12B から基板 P 上に供給された液体 L Q は、投影光学系 PL の先端部（光学素子 2）の下端面と基板 P との間に濡れ拡がるように供給され、投影領域 AR1 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 AR1 よりも大きい液浸領域 AR2 を局所的に形成する。このとき、制御装置 CONT は、液体供給機構 10 のうち投影領域 AR1 の X 軸方向（走査方向）両側に配置された液体供給口 12A、12B のそれぞれより、走査方向に関して投影領域 AR1 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 AR2 は均一且つ良好に形成されている。

30

## 【 0134】

本実施形態における露光装置 EX 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 AR2 の液体 L Q 及び投影光学系 PL を介してマスク M の一部のパターン像が投影領域 AR1 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 AR1 に対して +X 方向（又は -X 方向）に速度 -V（V 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 S1～S24 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 のステッピング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 S1～S24 に対する走査露光処理が順次行われる。

40

## 【 0135】

基板 P 上の複数のショット領域 S1～S24 のそれぞれを順次露光する際、ステップ SA3 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、XY ステージ 53 を移動し、基板 P 上の各ショット領域 S1～S24 とパターン像とを位置合わせしながら、各ショット領域 S1～S24 の液浸露光処理を行う。

## 【 0136】

また、制御装置 CONT は、ショット領域 S1～S24 の露光中に、フォーカス検出系 30 を使って基板 P 表面の面位置情報を検出し、投影光学系 PL 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 PST を介して基板 P を Z 軸方向あ

50

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。

#### 【 0 1 3 7 】

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。10

#### 【 0 1 3 8 】

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 、20  
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 9 】

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 ( 热伝達 ) 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。30

#### 【 0 1 4 0 】

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。40

#### 【 0 1 4 1 】

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。

#### 【 0 1 4 2 】

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50

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 中に温度变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 3 】

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 が温度变化や熱変形を起こしたり、液体 L Q 中に温度变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 4 】

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。

#### 【 0 1 4 5 】

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 6 】

基板 P の液浸露光が終了した後、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、基板 P 上に形成された液浸領域 A R 2 の液体 L Q を回収する(ステップ S A 5)。

#### 【 0 1 4 7 】

基板 P 上及び基板ステージ P S T 上の液体 L Q を回収した後、制御装置 C O N T は、露光済みの基板 P を基板ステージ P S T より搬出(アンロード)する(ステップ S A 6)。

#### 【 0 1 4 8 】

以上説明したように、基板 P を保持する基板ホルダ P H を温調システム 6 0 を使って温度調整することで、液体 L Q に接触する基板 P を基板ホルダ P H を介して所望の温度に調整できる。また、液体 L Q と接触した状態で露光光 E L が通過する光学素子 2 や上板 4 0 1 なども温調システム 6 0 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 L Q 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 L Q 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 L Q に検出光 L a を照射し、その液体 L Q を介した検出光 L a 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 L Q を介して基板 P 上に露光光 E L 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 L Q と接触する基板 P (基板ホルダ P H )、光学素子 2 、基準部材 3 0 0 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 3 0 0 などの温度変化や熱変形を防止することもできる。

#### 【 0 1 4 9 】

また、例えば図 9 に示すように、基準部材 3 0 0 上に形成した液体 L Q の液浸領域の一部が平坦面 5 1 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 L Q の液浸領域 A R 2 の一部が平坦面 5 1 上に配置される場合があるが、基板 P の周囲に平坦面 5 1 を形成するプレート部材 5 0 も温度調整することで、その平坦面 5 1 に液体 L Q が接触した場合でも、液体 L Q 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。

#### 【 0 1 5 0 】

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

10

20

30

40

50

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 L Q を基板 P 上に一定時間流することで、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 L Q 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。

#### 【 0 1 5 1 】

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 S A 3)と液浸露光時(ステップ S A 4)との基板 P(あるいは液体 L Q 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もよい。10

#### 【 0 1 5 2 】

なお、上述の実施形態においては、基板 P を基板ステージ P S T 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 S A 3 でアライメント処理だけ行うようにしてもよい。

#### 【 0 1 5 3 】

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 P S T 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 5 2 の凹部 5 5 に液体 L Q が浸入することを防止しているが、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 が浸入する事がない場合には、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。20

#### 【 0 1 5 4 】

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、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 と交換するようにもよい。30

#### 【 0 1 5 5 】

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 6 】

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。40

#### 【 0 1 5 7 】

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 8 】

50

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 9 】

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してもよい。10

#### 【 0 1 6 0 】

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 6 1 】

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 より遠くになるように、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 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。20

#### 【 0 1 6 2 】

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。30

#### 【 0 1 6 3 】

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 に沿って層流となつ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。40

#### 【 0 1 6 4 】

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50

られており、回転機構 152 の駆動によって、投影光学系 PL の下方領域に対して進退可能となっている。なお、軸部 151 の上端部は、例えば投影光学系 PL の鏡筒 PK 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 152 は、プレート部材 150 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 PL の光学素子 2 とプレート部材 150との距離を調整可能である。このようなプレート部材 150 を設けることにより、基板ステージ PST 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 PL 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 150 とを対向させた状態で液体供給口 12 より液体 LQ を供給することにより、光学素子 2 の温度調整を液体 LQ を使って行うことができるばかりでなく、投影光学系 PL の液体接触面 2A を常時濡らしておくことも可能となるので、投影光学系 PL の液体接触面 2A が乾いて、その液体接触面 2A 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 PL の下方に基板ステージ PST が位置していない場合であっても、投影光学系 PL（光学素子 2）や流路形成部材 70 から液体が不都合な場所へ落下するのをプレート部材 150 で防止することができる。  
10

#### 【0165】

ところで、液体温調装置 61 は液体 LQ の温度を精密に調整可能ではあるが、図 13(a) に模式的に示したグラフ図のように、液体温調装置 61 から供給される液体 LQ の温度が僅かながら経時に変化する可能性がある。なお図 13(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。このような経時に温度変化する液体 LQ 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 AR2 の液体 LQ 中に温度分布が生じることとなる。  
20

#### 【0166】

そこで、図 14 に示すように、供給流路 13 のうち液体温調装置 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 の経時の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。あるいは中空糸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。  
30

#### 【0167】

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。

#### 【0168】

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 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。  
40

#### 【0169】

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  
50

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。

#### 【0170】

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調システム60が設けられている。

#### 【0171】

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。

10

#### 【0172】

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基板ステージPST1と第2基板ステージPST2との交換作業が行われ、図15に示すように、第1基板ステージPST1の基準部材300と投影光学系PLとが対向するように、第1基板ステージPST1の位置決めがされる。この状態で、制御装置CONTは液体LQの供給を開始し、投影光学系PLと基準部材300との間を液体LQで満たし、液体LQを介したマスクアライメント系360による基準部材300の基準マークMFMの計測処理及び露光処理を行う。なお、計測ステーションＳＴ1で一旦求められた各ショット領域S1～S24のアライメント情報は基準部材300の基準マークPFM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ＳＴ2において液浸露光が実行される際には、基準部材300の基準マークPFMに対して所定の位置関係で形成されている基準マークMFMとマスクMとの位置関係に基づいて各ショット領域S1～S24の位置決めがされるように第1基板ステージPST1の移動が制御される。すなわち、計測ステーションＳＴ1で求められた各ショット領域S1～S24のアライメント情報（配列情報）は、基準マークPFM、MFMを用いて露光ステーションＳＴ2に有効に受け渡される。

20

#### 【0173】

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。

30

#### 【0174】

そして、温調システム60は、計測ステーションＳＴ1において、基板Pの計測を行う前に、基板ホルダPH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PH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60は、基板Pの計測処理中においても、基板ホルダPHを介して基板Pの温度調整を継続する。

40

#### 【0175】

また、計測ステーションＳＴ1において基板ホルダPH1の温度調整を行う際、温調システム60は、露光ステーションＳＴ2に設けられた液体供給機構10から供給される液体LQの温度に応じて、基板ホルダPH1の温度調整を行う。具体的には、液体供給機構10から供給される液体LQ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

50

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。

#### 【 0 1 7 6 】

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。

#### 【 0 1 7 7 】

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 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。

#### 【 0 1 7 8 】

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。

#### 【 0 1 7 9 】

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。

10

20

30

40

50

## 【0180】

そして、波長が193nm程度の露光光ELに対する純水(水)の屈折率nはほぼ1.44と言われており、露光光ELの光源としてArFエキシマレーザ光(波長193nm)を用いた場合、基板P上では $1/n$ 、すなわち約134nmに短波長化されて高い解像度が得られる。更に、焦点深度は空気中に比べて約n倍、すなわち約1.44倍に拡大されるため、空气中で使用する場合と同程度の焦点深度が確保できればよい場合には、投影光学系PLの開口数をより増加させることができ、この点でも解像度が向上する。

## 【0181】

なお、上述したように液浸法を用いた場合には、投影光学系の開口数NAが0.9~1.3になることもある。このように投影光学系の開口数NAが大きくなる場合には、従来から露光光として用いられているランダム偏光光では偏光効果によって結像性能が悪化することもあるので、偏光照明を用いるのが望ましい。その場合、マスク(レチクル)のライン・アンド・スペースパターンのラインパターンの長手方向に合わせた直線偏光照明を行い、マスク(レチクル)のパターンからは、S偏光成分(TE偏光成分)、すなわちラインパターンの長手方向に沿った偏光方向成分の回折光が多く射出されるようになるとよい。投影光学系PLと基板P表面に塗布されたレジストとの間が液体で満たされている場合、投影光学系PL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(TM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NA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6-188169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。

## 【0182】

また、例えばArF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PLを使って、微細なライン・アンド・スペースパターン(例えば25~50nm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(TM偏光成分)の回折光よりS偏光成分(TE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PLの開口数NA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(TM偏光成分)がS偏光成分(TE偏光成分)よりも大きくなる可能性もあるが、例えばArF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PLを使って、25nm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(TE偏光成分)の回折光がP偏光成分(TM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PLの開口数NA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。

## 【0183】

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6-53120号公報に開示されているように、光軸を中心とした円の接線(周)方向に直線偏光する偏光照明法と斜入射照明法との組み合わせも効果的である。特に、マスク(レチクル)のパターンが所定の一方向に延びるラインパターンだけでなく、複数の異なる方向に延びるラインパターンが混在する場合には、同じく特開平6-53120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NAが大きい場合でも高い結像性能を得ることができる。

## 【0184】

上記実施形態では、基板ホルダPH、投影光学系PLの先端光学素子2、基準部材30

10

20

30

40

50

0などの液体LQ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。

#### 【0185】

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

#### 【0186】

なお、液体LQの流れによって生じる投影光学系PL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。

#### 【0187】

なお、本実施形態では、投影光学系PLと基板P表面との間は液体LQで満たされている構成であるが、例えば基板Pの表面に平行平面板からなるカバーガラスを取り付けた状態で液体LQを満たす構成であってもよい。

#### 【0188】

また、上述の液浸法を適用した露光装置は、投影光学系PL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2004/019128号に開示されているように、投影光学系PL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PLの終端光学素子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。

#### 【0189】

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F<sub>2</sub>レーザである場合、このF<sub>2</sub>レーザ光は水を透過しないので、液体LQとしてはF<sub>2</sub>レーザ光を透過可能な例えは、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つてでき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の極性に応じて行われる。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。

#### 【0190】

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。

#### 【0191】

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ー）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（ステッパー）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

10

20

30

40

50

、その後に、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。

#### 【0192】

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A R 2を形成するときに、上述の基板ステージP S Tのプレート部材500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。

10

#### 【0193】

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。

#### 【0194】

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。

20

#### 【0195】

露光装置EXの種類としては、基板Pに半導体素子パターンを露光する半導体素子製造用の露光装置に限らず、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。

#### 【0196】

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イプであってもよい。

30

#### 【0197】

各ステージP S T、M S T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P S T、M S T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P S T、M S T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P S T、M S Tの移動面側に設ければよい。

#### 【0198】

基板ステージP S T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。

40

#### 【0199】

マスクステージM S T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。

#### 【0200】

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

50

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。

#### 【0201】

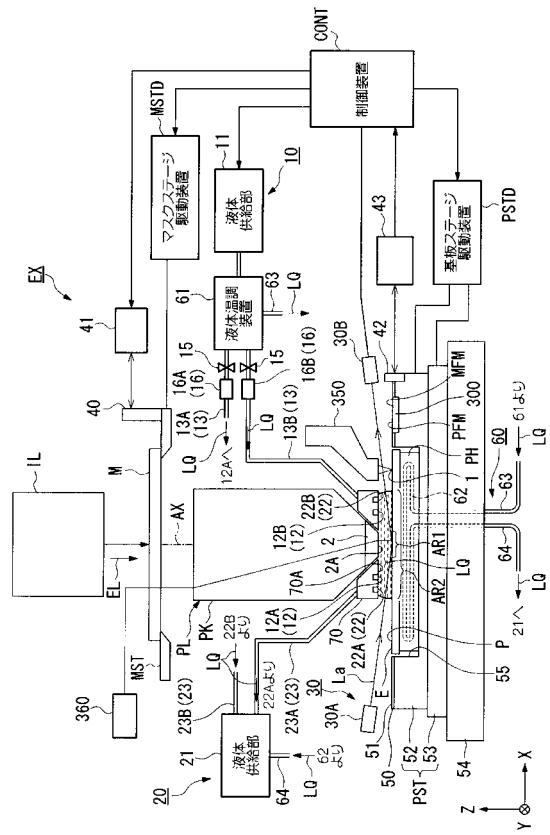
半導体デバイス等のマイクロデバイスは、図16に示すように、マイクロデバイスの機能・性能設計を行うステップ201、この設計ステップに基づいたマスク（レチクル）を作成するステップ202、デバイスの基材である基板を製造するステップ203、前述した実施形態の露光装置EXによりマスクのパターンを基板に露光する露光処理ステップ204、デバイス組み立てステップ（ダイシング工程、ボンディング工程、パッケージ工程を含む）205、検査ステップ206等を経て製造される。10

#### 【符号の説明】

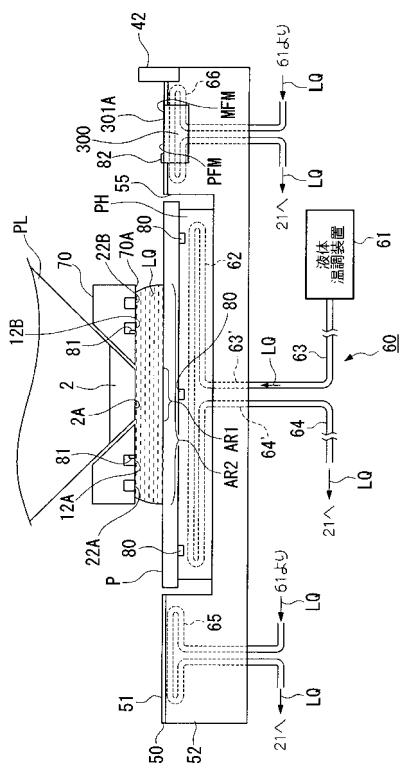
#### 【0202】

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...温調用ホルダ、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20

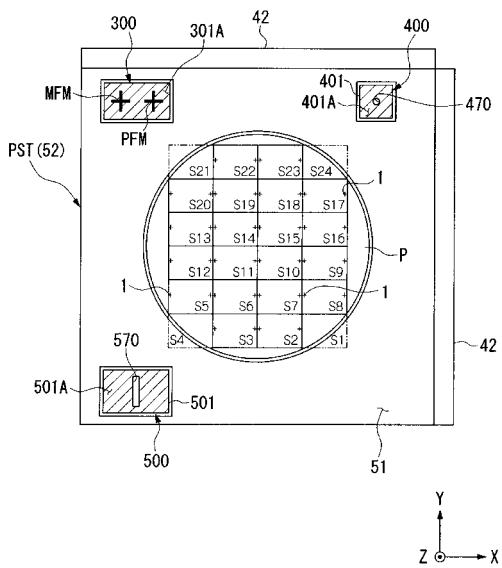
【 図 1 】



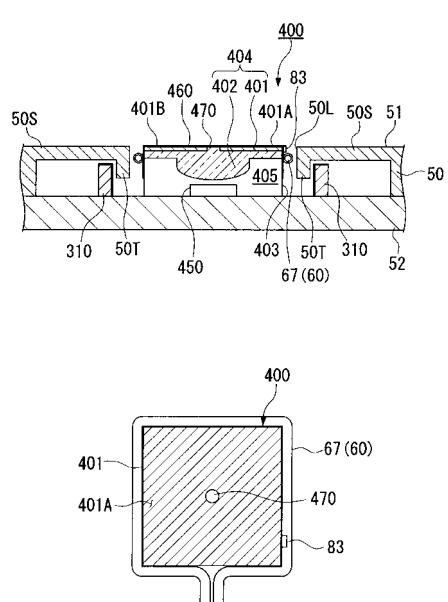
【 図 2 】



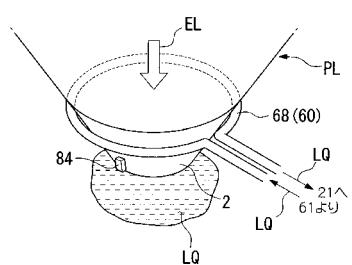
【 3 】



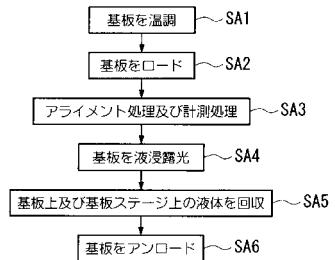
【 四 4 】



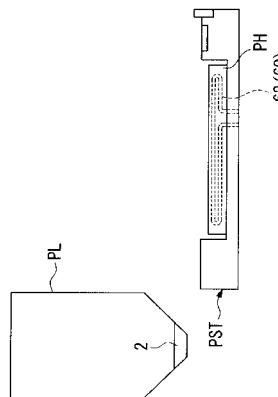
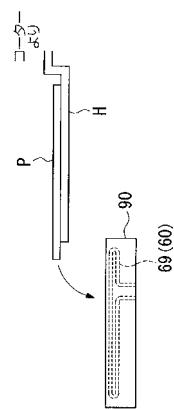
【図5】



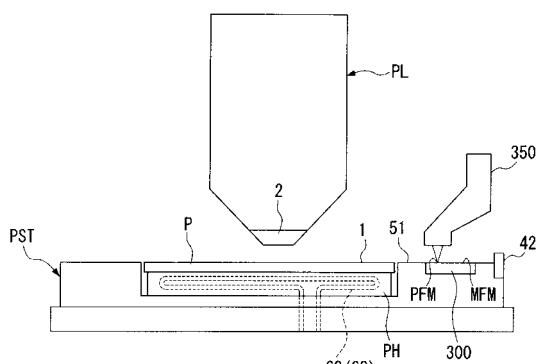
【図6】



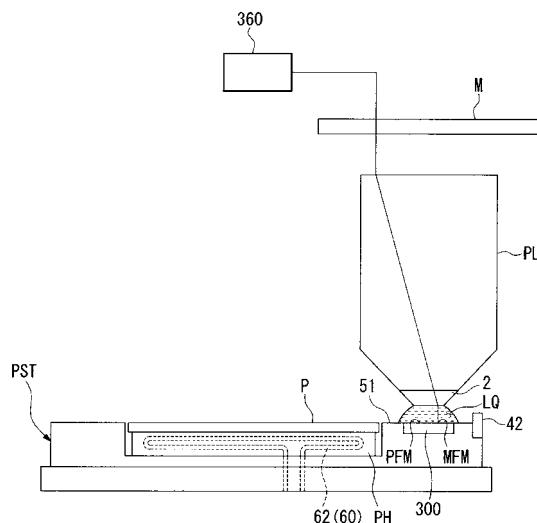
【図7】



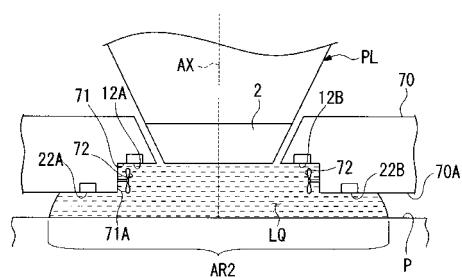
【図8】



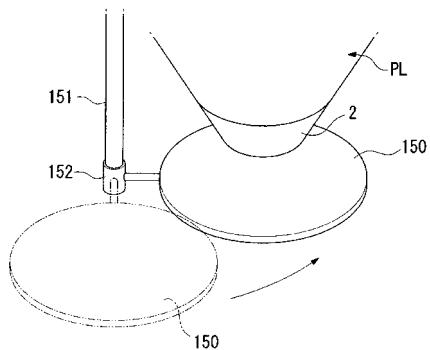
【図9】



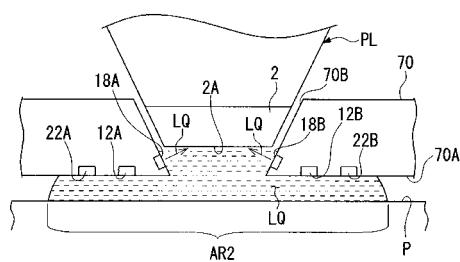
【図10】



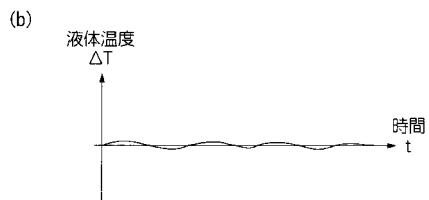
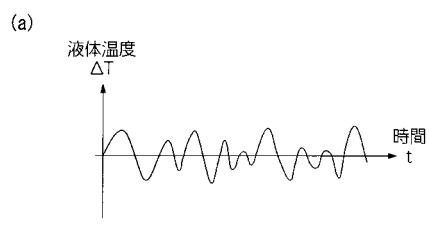
【図12】



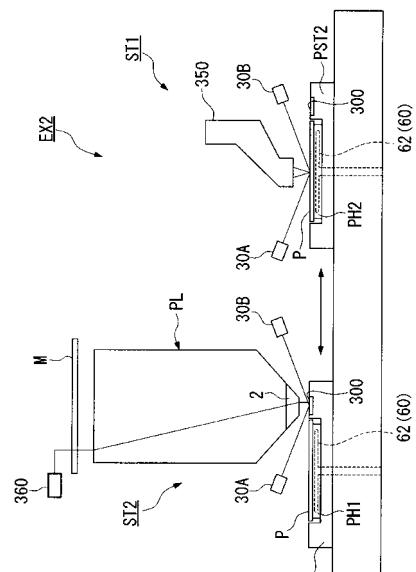
【図11】



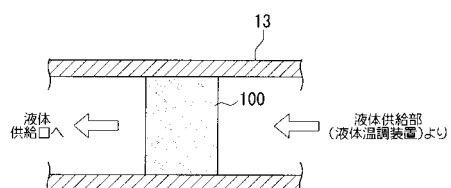
【図13】



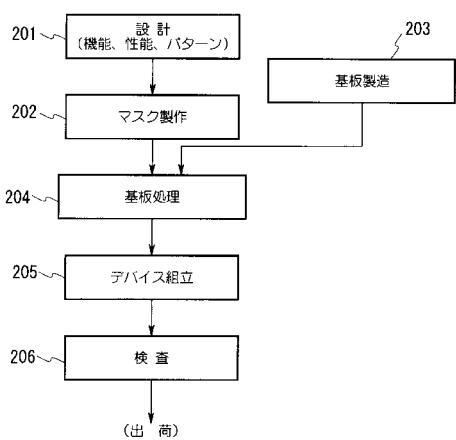
【図15】



【図14】



【図16】



---

フロントページの続き

(72)発明者 蝶川 茂

東京都千代田区有楽町一丁目12番1号 株式会社ニコン内

(72)発明者 大村 泰弘

東京都千代田区有楽町一丁目12番1号 株式会社ニコン内

審査官 秋田 将行

(56)参考文献 特公平05-042804 (JP, B2)

特開平05-129181 (JP, A)

特開平09-232213 (JP, A)

特開平09-260262 (JP, A)

特開平10-154659 (JP, A)

特開平10-303114 (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2005-197384 (JP, A)

国際公開第99/049504 (WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/027

G03F 7/20 - 7/24

G03F 9/00 - 9/02