

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-207696
(P2004-207696A)

(43) 公開日 平成16年7月22日(2004.7.22)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 21/027	HO 1 L 21/30 5 1 5 D	2 GO 5 1
GO 1 N 21/85	GO 1 N 21/85 B	2 GO 5 9
GO 3 F 7/20	GO 3 F 7/20 5 2 1	5 FO 4 6
// GO 1 N 21/53	HO 1 L 21/30 5 1 6 Z	
	GO 1 N 21/53 Z	
審査請求 未請求 請求項の数 27 O L (全 26 頁)		

(21) 出願番号 特願2003-393858 (P2003-393858)
 (22) 出願日 平成15年11月25日 (2003.11.25)
 (31) 優先権主張番号 特願2002-357960 (P2002-357960)
 (32) 優先日 平成14年12月10日 (2002.12.10)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(71) 出願人 000004112
 株式会社ニコン
 東京都千代田区丸の内3丁目2番3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 100101465
 弁理士 青山 正和
 (74) 代理人 100107836
 弁理士 西 和哉
 (72) 発明者 水谷 英夫
 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

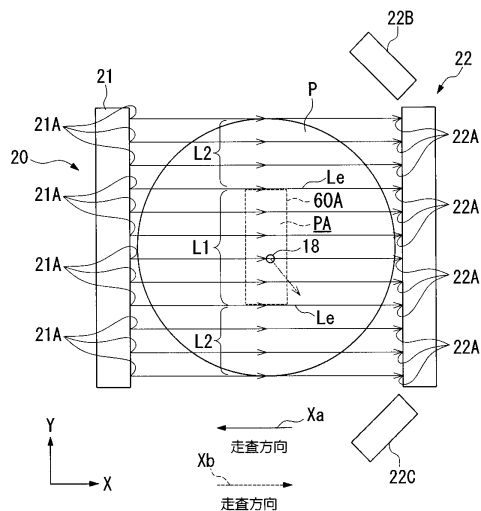
(54) 【発明の名称】 露光装置及びデバイス製造方法

(57) 【要約】

【課題】 投影光学系と基板との間に液体を満たして露光処理する際、液体中の気泡に起因するパターン像の劣化を抑えることができる露光装置を提供する。

【解決手段】 露光装置は、投影光学系と基板 P との間の少なくとも一部を液体で満たし、投影光学系と液体とを介してパターン像を基板 P 上に投影することによって基板 P を露光するものであって、投影光学系と基板 P との間の液体中の気泡を検出する気泡検出器 20 を備えている。

【選択図】 図 4



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

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

前記投影光学系と前記基板との間の液体中の気泡を検出する気泡検出器を備えたことを特徴とする露光装置。

【請求項 2】

前記気泡検出器は、前記気泡を光学的に検出することを特徴とする請求項 1 記載の露光装置。

【請求項 3】

前記気泡検出器は、前記液体に光を投射する投射系と、前記液体からの光を受光する受光系とを有することを特徴とする請求項 2 記載の露光装置。

【請求項 4】

前記基板は所定の走査方向に移動しながら走査露光され、
前記投射系は、前記投影光学系の光軸に対して前記走査方向に離れた位置から光を投射することを特徴とする請求項 3 記載の露光装置。

【請求項 5】

前記液体を供給する供給装置を備え、
前記液体は、前記走査露光中に、前記投影光学系と前記基板との間を前記走査方向と平行に流れることを特徴とする請求項 4 記載の露光装置。

【請求項 6】

前記気泡検出器は、前記受光系で検出される光の強度に基づいて、前記気泡の量を検知することを特徴とする請求項 3 ~ 5 のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項 7】

前記気泡検出器の検出結果に基づいて、前記基板の露光が適切に行われたか否かが判断されることを特徴とする請求項 1 ~ 6 のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項 8】

前記基板上の複数のショット領域のそれぞれの露光中に前記気泡検出器による気泡の検出を行い、

該検出結果に基づき、前記気泡により前記パターンの像の結像が適切に行われなかったショット領域を記憶することを特徴とする請求項 7 記載の露光装置。

【請求項 9】

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

前記投影光学系と前記基板との間の少なくとも一部の液体が切れるのを検出する液切検出装置を備えることを特徴とする露光装置。

【請求項 10】

前記液切検出装置は、前記投影光学系と前記基板との間の液体が切れるのを光学的に検出することを特徴とする請求項 9 記載の露光装置。

【請求項 11】

前記液切検出装置は、前記液体に光を投射する投射系と、前記液体からの光を受光する受光系とを有することを特徴とする請求項 10 記載の露光装置。

【請求項 12】

前記液切検出装置は、前記液体からの光の前記受光系への非入射により前記液体が切れるのを検出することを特徴とする請求項 11 記載の露光装置。

【請求項 13】

投影光学系と液体とを介して露光光を基板に照射して前記基板を露光する露光装置において、

10

20

30

40

50

前記露光光の光路中における気体部分の有無を検出する気体検出系を備えたことを特徴とする露光装置。

【請求項 14】

前記気体検出系は、前記露光光の光路中の気泡を検出することを特徴とする請求項 13 記載の露光装置。

【請求項 15】

前記気体検出系は、前記露光光の光路が液体で満たされているか否かを検出することを特徴とする請求項 13 又は 14 記載の露光装置。

【請求項 16】

前記気体検出系の出力に基づいて、前記基板の露光開始の適否を判断することを特徴とする請求項 13 ~ 15 のいずれか一項記載の露光装置。 10

【請求項 17】

前記気体検出系は、前記基板の露光中に前記露光光の光路中の気体の有無を検出することを特徴とする請求項 13 ~ 16 のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項 18】

前記気体検出系は、前記気体部分を光学的に検出することを特徴とする請求項 13 ~ 17 のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項 19】

前記気体検出系は、前記基板上の液体を介して検出光を前記基板上に投射するとともに、その反射光を受光することによって、前記基板の面位置を検出する面位置検出機能を備えていることを特徴とする請求項 18 記載の露光装置。 20

【請求項 20】

投影光学系と液体とを介して露光光を基板に照射して前記基板を露光する露光装置において、

前記基板上の液体を介して前記基板上に検出光を投射するとともに、前記基板上で反射した検出光を受光して、前記基板の面位置を検出する面位置検出系を備え、

前記面位置検出系の出力に基づいて、前記検出光の光路中における気体部分の有無を検出することを特徴とする露光装置。

【請求項 21】

前記検出光は、前記露光光の光路を通過することを特徴とする請求項 20 記載の露光装置。 30

【請求項 22】

前記面位置検出系の出力に基づいて、前記検出光の光路中の気泡を検出することを特徴とする請求項 20 又は 21 記載の露光装置。

【請求項 23】

前記面位置検出系の出力に基づいて、前記基板の露光開始の適否を判断することを特徴とする請求項 20 ~ 22 のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項 24】

前記面位置検出系の出力に基づいて、前記基板の露光中に、前記検出光の光路中の気体の有無を検出することを特徴とする請求項 20 ~ 23 のいずれか一項記載の露光装置。 40

【請求項 25】

前記面位置検出系は、前記基板上に複数の検出光を投射することを特徴とする請求項 20 ~ 24 のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項 26】

前記面位置検出系は、前記投影光学系の一部の光学部材を介して前記検出光を前記基板上に投射することを特徴とする請求項 20 ~ 25 のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項 27】

請求項 1 ~ 請求項 26 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。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、投影光学系と基板との間の少なくとも一部を液体で満たした状態で投影光学系を介して基板にパターン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、いわゆるフォトリソグラフィの手法により製造される。このフォトリソグラフィ工程で使用される露光装置は、マスクを支持するマスクステージと基板を支持する基板ステージとを有し、マスクステージ及び基板ステージを逐次移動しながらマスクのパターンを投影光学系を介して基板に転写するものである。近年、デバイスパターンのより一層の高集積化に対応するために投影光学系の更なる高解像度化が望まれている。投影光学系の解像度は、使用する露光波長が短くなるほど、また投影光学系の開口数が高いほど高くなる。そのため、露光装置で使用される露光波長は年々短波長化しており、投影光学系の開口数も増大している。そして、現在主流の露光波長は、KrFエキシマレーザの248nmであるが、更に短波長のArFエキシマレーザの193nmも実用化されつつある。また、露光を行う際には、解像度と同様に焦点深度(DOF)も重要となる。解像度R、及び焦点深度はそれぞれ以下の式で表される。

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

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

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、焦点深度が狭くなることが分かる。

【0003】

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、露光動作時のマージンが不足する恐れがある。そこで、実質的に露光波長を短くして、且つ焦点深度を広くする方法として、例えば下記特許文献1に開示されている液浸法が提案されている。この液浸法は、投影光学系の下面と基板表面との間を水や有機溶媒等の液体で満たし、液体中での露光光の波長が、空気中の $1/n$ (n は液体の屈折率で通常1.2~1.6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】

【0004】

液浸法により露光処理を行う場合、投影光学系と基板との間の液体中(特に、基板の表面)に気泡などの気体部分が存在すると、この気泡(気体部分)により基板上に形成されるパターン像が劣化する恐れがある。例えば、気泡は、供給されている液体に含まれている場合だけでなく、その供給後に液体中で発生する可能性もある。そのようなパターンの像の結像不良を放置しておく、最終的なデバイスになってから不良品として発見することになり、デバイス生産性の低下を招く恐れがある。

【0005】

また、液浸法に基づく露光処理を行う際、投影光学系と基板との間に液体を供給する液体供給装置が動作不能となる等、なんらかの原因で投影光学系と基板との間の少なくとも一部に液体が満たされない状態が生じて気体部分が形成される場合が考えられる。すなわち、パターンの像のすべて、あるいは一部が液体を介さずに基板上に投影されてしまう恐れがある。この場合、パターンの像が基板上で結像しない可能性があり、放置しておく、最終的なデバイスになるまで不良であることが発見できず、生産性の低下を招く恐れがある。

10

20

30

40

50

【0006】

また、液浸法を用いる場合には、投影光学系の像面側の液体を介して各種の計測を行う場合があるが、投影光学系の像面側に気体部分が存在し、十分に液体で満たされていないと、計測誤差が発生したり、計測不能状態に陥る可能性もある。

【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、液浸法を用いる場合にも、生産性の低下を抑えることができる露光装置、及びこの露光装置を用いるデバイス製造方法を提供することを目的とする。また、投影光学系と基板との間に液体を満たして露光処理する際、液体中の気泡に起因するパターン像の劣化などを検知できる露光装置、及びこの露光装置を用いるデバイス製造方法を提供することを目的とする。また、投影光学系と基板との間に液体が満たされないことに起因する生産性の低下を抑えることができる露光装置、及びこの露光装置を用いるデバイス製造方法を提供することを目的とする。また、本発明は、液浸法を用いる場合にも、露光不良や計測不良などの発生を抑えることのできる露光装置、及びこの露光装置を用いるデバイス製造方法を提供することを目的とする。

10

【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。

本発明の露光装置(EX)は、投影光学系(PL)と基板(P)との間の少なくとも一部を液体(50)で満たし、投影光学系(PL)と液体(50)とを介してパターンの像を基板(P)上に投影することによって、基板(P)を露光する露光装置において、投影光学系(PL)と基板(P)との間の液体(50)中の気泡を検出する気泡検出器(20)を備えたことを特徴とする。

20

また、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。

【0009】

本発明によれば、液浸法に基づいて露光処理する際、気泡検出器により投影光学系と基板との間の液体中の気泡を検出することで、パターン転写精度に大きく係わる部分である投影光学系と基板との間の液体中の気泡に関する情報を検出することができる。したがって、この検出結果に基づいて露光不良(不良ショット)を把握できるため、高いデバイス生産性を維持するための適切な処置を施すことができる。

30

【0010】

本発明の露光装置(EX)は、投影光学系(PL)と基板(P)との間の少なくとも一部を液体(50)で満たし、投影光学系(PL)と液体(50)とを介してパターンの像を基板(P)上に投影することによって、基板(P)を露光する露光装置において、投影光学系(PL)と基板(P)との間の少なくとも一部の液体(50)が切れるのを検出する液切検出装置(20)を備えることを特徴とする。

【0011】

本発明によれば、液浸法に基づいて露光処理する際、液切検出装置により投影光学系と基板との間の液体が切れたかどうかを検出することができる。したがって、この検出結果に基づいて露光不良や不良ショットの発生を早期に把握することができ、液切れに起因する不良デバイスを発生させないための適切な処置を施すことができる。例えば、水切れが検出された場合には、その水切れが解消してから露光を行うようにすることで、露光不良や不良ショットの発生を抑えることができる。

40

【0012】

本発明の露光装置は、投影光学系と液体とを介して露光光を基板に照射して前記基板を露光する露光装置において、前記露光光の光路中における気体部分の有無を検出する気体検出系を備えたことを特徴とする。

【0013】

本発明によれば、気体検出系で露光光の光路中における気体部分の有無を検出すること

50

で、例えば、基板の露光中に、その気体部分に起因してパターン像の結像不良や不良ショットが生じたか否かを把握することができ、高いデバイス生産性を維持するための適切な処置を施すことができる。また、露光光の光路中に、気体部分が無いことを確認してから、基板の露光を開始できるため、不良デバイスの発生を抑えることもできる。

【0014】

本発明の露光装置は、投影光学系と液体とを介して露光光を基板に照射して前記基板を露光する露光装置において、前記基板上の液体を介して前記基板上に検出光を投射するとともに、前記基板上で反射した検出光を受光して、前記基板の面位置を検出する面位置検出系を備え、前記面位置検出系の出力に基づいて、前記検出光の光路中における気体部分の有無を検出することを特徴とする。

10

【0015】

本発明によれば、液体を介して基板の面位置情報を検出する面位置検出系を使って、その検出光の光路中における気体部分の有無を検出することで、例えば、基板の露光中に、その気体部分に起因してパターン像の結像不良や不良ショットが生じたか否かを把握することができ、高いデバイス生産性を維持するための適切な処置を施すことができる。また、面位置検出系を気体部分の有無を検出する気体検出系と兼用することで、装置構成を複雑化することなく気体部分の有無を検出することができる。

【発明の効果】

【0016】

本発明によれば、液浸法に基づいて露光処理する際、気泡検出器や気体検出系によりパターン転写精度に大きく係わる部分である投影光学系と基板との間の液体中の気泡を含む気体部分を検出することができる。また、投影光学系と基板との間の液体が切れたかどうか、また、投影光学系の像面側が露光や計測に十分な液体で満たされているかを検出することもできる。したがって、この検出結果に基づいて良好な生産性を維持するための適切な処置を施すことができる。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

以下、本発明の露光装置及びデバイス製造方法について図面を参照しながら説明する。

図1は本発明の露光装置の一実施形態を示す概略構成図である。

図1において、露光装置EXは、マスクMを支持するマスクステージMSTと、基板Pを支持する基板ステージPSTと、マスクステージMSTに支持されているマスクMを露光光ELで照明する照明光学系ILと、露光光ELで照明されたマスクMのパターンの像を基板ステージPSTに支持されている基板Pに投影露光する投影光学系PLと、露光装置EX全体の動作を統括制御する制御装置CONTと、制御装置CONTに接続され、露光処理に関する情報を記憶する記憶装置MRYと、露光処理に関する情報を表示する表示装置DSとを備えている。

30

【0018】

ここで、本実施形態では、露光装置EXとしてマスクMと基板Pとを走査方向における互いに異なる向き（逆方向）に同期移動しつつマスクMに形成されたパターンを基板Pに露光する走査型露光装置（所謂スキニングステッパ）を使用する場合を例にして説明する。以下の説明において、投影光学系PLの光軸AXと一致する方向をZ軸方向、Z軸方向に垂直な平面内でマスクMと基板Pとの同期移動方向（走査方向）をX軸方向、Z軸方向及びY軸方向に垂直な方向（非走査方向）をY軸方向とする。また、X軸、Y軸、及びZ軸まわり方向をそれぞれ、X、Y、及びZ方向とする。なお、ここでいう「基板」は半導体ウエハ上にレジストを塗布したものを含み、「マスク」は基板上に縮小投影されるデバイスパターンを形成されたレチクルを含む。

40

【0019】

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

50

デンサレンズ、リレーレンズ系、露光光 E L によるマスク M 上の照明領域をスリット状に設定する可変視野絞り等を有している。マスク M 上の所定の照明領域は照明光学系 I L により均一な照度分布の露光光 E L で照明される。照明光学系 I L から射出される露光光 E L としては、例えば水銀ランプから射出される紫外域の輝線 (g 線、 h 線、 i 線) 及び 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 F₂ レーザ光 (波長 1 5 7 n m) 等の真空紫外光 (V U V 光) などが用いられる。本実施形態では、 A r F エキシマレーザ光を用いる。

【 0 0 2 0 】

マスクステージ M S T は、マスク M を支持するものであって、投影光学系 P L の光軸 A X に垂直な平面内、すなわち X Y 平面内で 2 次元移動可能及び Z 方向に微小回転可能である。マスクステージ M S T はリニアモータ等のマスクステージ駆動装置 M S T D により駆動される。マスクステージ駆動装置 M S T D は制御装置 C O N T により制御される。マスクステージ M S T 上のマスク M の 2 次元方向の位置、及び回転角はレーザ干渉計によりリアルタイムで計測され、計測結果は制御装置 C O N T に出力される。制御装置 C O N T はレーザ干渉計の計測結果に基づいてマスクステージ駆動装置 M S T D を駆動することでマスクステージ M S T に支持されているマスク M の位置決めを行う。

10

【 0 0 2 1 】

投影光学系 P L は、マスク M のパターンを所定の投影倍率 で基板 P に投影露光するものであって、複数の光学素子 (レンズ) で構成されており、これら光学素子は金属部材としての鏡筒 P K で支持されている。本実施形態において、投影光学系 P L は、投影倍率が例えば 1 / 4 あるいは 1 / 5 の縮小系である。なお、投影光学系 P L は等倍系及び拡大系のいずれでもよい。また、本実施形態の投影光学系 P L の先端側 (基板 P 側) には、光学素子 (レンズ) 6 0 が鏡筒 P K より露出している。この光学素子 6 0 は鏡筒 P K に対して着脱 (交換) 可能に設けられている。

20

【 0 0 2 2 】

基板ステージ P S T は、基板 P を支持するものであって、基板 P を基板ホルダを介して保持する Z ステージ 5 1 と、Z ステージ 5 1 を支持する X Y ステージ 5 2 と、X Y ステージ 5 2 を支持するベース 5 3 とを備えている。基板ステージ P S T はリニアモータ等の基板ステージ駆動装置 P S T D により駆動される。基板ステージ駆動装置 P S T D は制御装置 C O N T により制御される。Z ステージ 5 1 を駆動することにより、Z ステージ 5 1 に保持されている基板 P の Z 軸方向における位置 (フォーカス位置)、及び X、Y 方向における位置が制御される。また、X Y ステージ 5 2 を駆動することにより、基板 P の X Y 方向における位置 (投影光学系 P L の像面と実質的に平行な方向の位置) が制御される。すなわち、Z ステージ 5 1 は、基板 P のフォーカス位置及び傾斜角を制御して基板 P の表面をオートフォーカス方式、及びオートレベリング方式で投影光学系 P L の像面に合わせ込み、X Y ステージ 5 2 は基板 P の X 軸方向及び Y 軸方向における位置決めを行う。なお、Z ステージと X Y ステージとを一体的に設けてよいことは言うまでもない。

30

【 0 0 2 3 】

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

40

【 0 0 2 4 】

本実施形態では、露光波長を実質的に短くして解像度を向上するとともに、焦点深度を実質的に広くするために、液浸法を適用する。そのため、少なくともマスク M のパターンの像を基板 P 上に転写している間は、基板 P の表面と投影光学系 P L の基板 P 側の光学素子 (レンズ) 6 0 の先端面 (下面) 7 との間に所定の液体 5 0 が満たされる。上述したように、投影光学系 P L の先端側にはレンズ 6 0 が露出しており、液体 5 0 はレンズ 6 0 の

50

みに接触するように構成されている。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。本実施形態において、液体 5 0 には純水が用いられる。純水は、A r F エキシマレーザ光のみならず、露光光 E L を例えば水銀ランプから射出される紫外域の輝線 (g 線、h 線、i 線) 及び K r F エキシマレーザ光 (波長 2 4 8 n m) 等の遠紫外光 (D U V 光) とした場合、この露光光 E L を透過可能である。

【 0 0 2 5 】

露光装置 E X は、投影光学系 P L の先端面 (レンズ 6 0 の先端面) 7 と基板 P との間の空間 5 6 に所定の液体 5 0 を供給する液体供給装置 1 と、空間 5 6 の液体 5 0 を回収する液体回収装置 2 とを備えている。液体供給装置 1 は、投影光学系 P L と基板 P との間の少なくとも一部を液体 5 0 で満たすためのものであって、液体 5 0 を収容するタンク、加圧ポンプなどを備えている。液体供給装置 1 には供給管 3 の一端部が接続され、供給管 3 の他端部には供給ノズル 4 が接続されている。液体供給装置 1 は供給管 3 及び供給ノズル 4 を介して空間 5 6 に液体 5 0 を供給する。液体供給装置 1 は、空間 5 6 に供給する液体 5 0 の温度を、例えば露光装置 E X が収容されているチャンバ内の温度 (例えば 2 3) と同程度に設定する。

10

【 0 0 2 6 】

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

20

【 0 0 2 7 】

露光装置 E X は、投影光学系 P L と基板 P との間の空間 5 6 の液体 5 0 中の気泡を検出する気泡検出器 2 0 を備えている。気泡検出器 2 0 は液体 5 0 中の気泡を光学的に検出するものであって、空間 5 6 の液体 5 0 に検出光を投射する投射系 2 1 と、空間 5 6 の液体 5 0 からの検出光を受光する受光系 2 2 とを備えている。投射系 2 1 は検出光を基板 P の表面に対して傾斜方向から投射することにより、空間 5 6 の液体 5 0 に検出光を投射する。投射系 2 1 は、投影光学系 P L の光軸 A X に対して基板 P の走査方向である X 軸方向に離れた位置から検出光を基板 P の表面に対して投射する。本実施形態では、投射系 2 1 は投影光学系 P L の光軸 A X に対して - X 方向に離れた位置に設けられ、受光系 2 2 は投影光学系 P L の光軸 A X に対して + X 方向に離れた位置に設けられている。

30

【 0 0 2 8 】

図 2 は、露光装置 E X の投影光学系 P L の下部、液体供給装置 1、及び液体回収装置 2 などを示す正面図である。図 2 において、投影光学系 P L の最下端のレンズ 6 0 は、先端部 6 0 A が走査方向に必要な部分だけを残して Y 軸方向 (非走査方向) に細長い矩形状に形成されている。走査露光時には、先端部 6 0 A の直下の矩形の投影領域 P A にマスク M の一部のパターン像が投影され、投影光学系 P L に対して、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、X Y ステージ 5 2 を介して基板 P が + X 方向 (又は - X 方向) に速度 $\cdot V$ (\cdot は投影倍率) で移動する。そして、1つのショット領域への露光終了後に、基板 P のステップング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・スキャン方式で各ショット領域に対する露光処理が順次行われる。本実施形態では、基板 P の走査方向と平行に液体 5 0 を流すように設定されている。

40

【 0 0 2 9 】

図 3 は、投影光学系 P L のレンズ 6 0 の先端部 6 0 A と、液体 5 0 を X 軸方向に供給する供給ノズル 4 (4 A ~ 4 C) と、液体 5 0 を回収する回収ノズル 5 (5 A、5 B) との位置関係を示す図である。図 3 において、レンズ 6 0 の先端部 6 0 A の形状は Y 軸方向に

50

細長い矩形形状となっており、投影光学系 P L のレンズ 6 0 の先端部 6 0 A を X 軸方向に挟むように、+ X 方向側に 3 つの供給ノズル 4 A ~ 4 C が配置され、- X 方向側に 2 つの回収ノズル 5 A、5 B が配置されている。そして、供給ノズル 4 A ~ 4 C は供給管 3 を介して液体供給装置 1 に接続され、回収ノズル 5 A、5 B は回収管 4 を介して液体回収装置 2 に接続されている。また、供給ノズル 4 A ~ 4 C と回収ノズル 5 A、5 B とをほぼ 180° 回転した配置に、供給ノズル 8 A ~ 8 C と、回収ノズル 9 A、9 B とが配置されている。供給ノズル 4 A ~ 4 C と回収ノズル 9 A、9 B とは Y 軸方向に交互に配列され、供給ノズル 8 A ~ 8 C と回収ノズル 5 A、5 B とは Y 軸方向に交互に配列され、供給ノズル 8 A ~ 8 C は供給管 10 を介して液体供給装置 1 に接続され、回収ノズル 9 A、9 B は回収管 11 を介して液体回収装置 2 に接続されている。

10

【0030】

なお、矢印 X a (図 3 参照) で示す走査方向 (- X 方向) に基板 P を移動させて走査露光を行う場合には、供給管 3、供給ノズル 4 A ~ 4 C、回収管 4、及び回収ノズル 5 A、5 B を用いて、液体供給装置 1 及び液体回収装置 2 により液体 5 0 の供給及び回収が行われる。すなわち、基板 P が - X 方向に移動する際には、供給管 3 及び供給ノズル 4 (4 A ~ 4 C) を介して液体供給装置 1 から液体 5 0 が投影光学系 P L と基板 P との間に供給されるとともに、回収ノズル 5 (5 A、5 B)、及び回収管 6 を介して液体 5 0 が液体回収装置 2 に回収され、レンズ 6 0 と基板 P との間を満たすように - X 方向に液体 5 0 が流れる。一方、矢印 X b で示す走査方向 (+ X 方向) に基板 P を移動させて走査露光を行う場合には、供給管 10、供給ノズル 8 A ~ 8 C、回収管 11、及び回収ノズル 9 A、9 B を用いて、液体供給装置 1 及び液体回収装置 2 により液体 5 0 の供給及び回収が行われる。すなわち、基板 P が + X 方向に移動する際には、供給管 10 及び供給ノズル 8 (8 A ~ 8 C) を介して液体供給装置 1 から液体 5 0 が投影光学系 P L と基板 P との間に供給されるとともに、回収ノズル 9 (9 A、9 B)、及び回収管 11 を介して液体 5 0 が液体回収装置 2 に回収され、レンズ 6 0 と基板 P との間を満たすように + X 方向に液体 5 0 が流れる。このように、制御装置 C O N T は、液体供給装置 1 及び液体回収装置 2 を用いて、基板 P の移動方向に沿って基板の移動方向と同一方向に液体 5 0 を流す。この場合、例えば液体供給装置 1 から供給ノズル 4 を介して供給される液体 5 0 は基板 P の - X 方向への移動に伴って空間 5 6 に引き込まれるようにして流れるので、液体供給装置 1 の供給エネルギーが小さくても液体 5 0 を空間 5 6 に容易に供給できる。そして、走査方向に応じて液体 5 0 を流す方向を切り替えることにより、+ X 方向、又は - X 方向のどちらの方向に基板 P を走査する場合にも、レンズ 6 0 の先端面 7 と基板 P との間を液体 5 0 で満たすことができ、高い解像度及び広い焦点深度を得ることができる。

20

30

【0031】

図 4 は、気泡検出器 2 0 の概略構成を示す平面図である。投射系 2 1 及び受光系 2 2 は投影光学系 P L のレンズ 6 0 の先端部 6 0 A、すなわち投影光学系 P L の基板 P 上における投影領域 P A を X 軸方向に挟むように設けられている。投射系 2 1 は、Y 軸方向に並ぶ複数の投射部 2 1 A を有しており、投射部 2 1 A のそれぞれから基板 P に対して検出光が投射される。複数の投射部 2 1 A から投射される検出光の基板 P 表面に対する入射角度はそれぞれ同じ角度に設定されている。受光系 2 2 は、投射系 2 1 の投射部 2 1 A に対応する複数の受光部 2 2 A を有している。投射部 2 1 A のそれぞれから投射された検出光は、液体中に気泡がなければ液体 5 0 を通過して基板 P の表面で反射し、受光部 2 2 A に受光される。

40

【0032】

また、受光系 2 2 は、投射系 2 1 からの検出光が直接入射しない位置に配置された受光部 2 2 B、2 2 C を有しており、投射系 2 1 からの検出光が液体中の気泡に当たって反射する散乱光は、その受光部 2 2 B、2 2 C で受光 (暗視野検出) される。

【0033】

投射系 2 1 から投射される複数の検出光のうち、一部の検出光 L 1 は基板 P 上のうちレンズ 6 0 の先端部 6 0 A に対応する領域 (投影光学系 P L の投影領域 P A) に投射される

50

ようになっており、残りの一部の検出光 L 2 は投影領域 P A の Y 軸方向両外側の領域に投射されるようになっていいる。そして、投射系 2 1 は、複数の検出光のうち少なくとも一部の検出光 L e を投影領域 P A の Y 軸方向における境界部近傍に対して投射する。ここで、レンズ 6 0 の先端部 6 0 A と基板 P との間、すなわち基板 P 上の投影領域 P A に対応する部分に液体供給装置 1 より液体 5 0 が供給されるため、この投影領域 P A に対応する部分が液浸部分となっている。

【 0 0 3 4 】

図 7 (a) は、基板 P の表面に付着している気泡 1 8 に対して検出光が照射される状態を側方から見た模式図、図 7 (b) は図 7 (a) の平面図である。

図 7 (a) に示すように、例えば検出光がスポット光であってその光束の径が D 1 である場合、検出光を基板 P に対して傾斜方向から投射することにより、基板 P 上における検出光は図 7 (b) に示すように X 軸方向 (走査方向) を長手方向とする楕円状となる。検出光の基板 P 上における楕円状の検出領域の長手方向の大きさ D 2 は上記径 D 1 より大きい。すなわち、例えば検出光を基板 P の表面に対して垂直方向から照射した場合は検出光の検出領域の X 軸方向における大きさは D 1 となるが、傾斜方向から検出光を照射することで、X 軸方向において D 1 より大きい D 2 の検出領域で気泡 1 8 を検出することができる。したがって、X 軸方向に走査する基板 P 上の気泡 1 8 を検出する際、気泡 1 8 は径 D 1 の検出領域に比べてより広い検出領域で検出されることになり、気泡検出器 2 0 は気泡 1 8 の検出精度を向上することができる。なお、ここでは検出光をスポット光として説明したが、検出光がスリット光であっても同様の効果が得られる。

【 0 0 3 5 】

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 のパターンを投影光学系 P L 及び液体 5 0 を介して基板 P に露光する手順について図 5 のフローチャート図を参照しながら説明する。

マスク M がマスクステージ M S T にロードされるとともに、基板 P が基板ステージ P S T にロードされたら、制御装置 C O N T は液体供給装置 1 及び液体回収装置 2 を駆動し、空間 5 6 に対する液体供給動作を開始する。これにより、投影光学系 P L の下面 7 (先端部 6 0 A) と基板 P の投影領域 P A との間に液体 5 0 が満たされる (ステップ S 1) 。

【 0 0 3 6 】

次いで、制御装置 C O N T は、基板ステージ P S T を駆動して基板 P を X 軸方向に走査しつつ、照明光学系 I L からの露光光 E L でマスク M を照明し、マスク M のパターンを投影光学系 P L 及び液体 5 0 を介して基板 P に投影する。これと同時に、制御装置 C O N T は投射系 2 1 より検出光を基板 P に対して傾斜方向から投射する (ステップ S 2) 。

制御装置 C O N T は基板 P 表面の Z 軸方向における位置を検出しつつ基板 P に対して露光処理する。

【 0 0 3 7 】

投射系 2 1 から基板 P に投射された検出光は空間 5 6 に満たされている液体 5 0 中を通過し、基板 P 上の投影領域に投射される。ここで、図 4 に示すように、投影領域内の基板 P の表面に気泡 1 8 が存在 (付着) している場合、気泡 1 8 に投射された検出光は散乱する。気泡 1 8 に投射された検出光の一部が散乱することで、通常では検出されない強い光が受光部 2 2 B、2 2 C に入射し、この検出光に対応する受光部 2 2 A に受光される光強度が低下する。受光部 2 2 A、2 2 B、2 2 C の検出結果は制御装置 C O N T に出力され、制御装置 C O N T はこの受光系 2 2 で検出される光の強度に基づいて、基板 P 上に気泡が存在するか否かを検出する (ステップ S 3) 。

【 0 0 3 8 】

ここで、制御装置 C O N T は、受光部 2 2 B、2 2 C で検出される光の強度に基づいて気泡 1 8 の大きさや量を求めることができる。例えば、小さい気泡はより大きな角度で光を散乱するので、制御装置 C O N T は、受光部 2 2 B、2 2 C の検出結果に基づいて、気泡 1 8 からの散乱光の方向を求めることにより、気泡 1 8 の大きさを求めることができる。更に、受光した光の強度を検出することで基板 P 上の単位面積当たりの気泡 1 8 の量を

求めることもできる。

【0039】

このとき、基板PのXY方向の位置はレーザ干渉計55の計測結果より特定されるとともに、気泡18に投射された検出光を受光した受光部22AのY軸方向における設置位置も設計値に基づいて特定される。したがって、制御装置CONTは、レーザ干渉計55の計測結果及び受光する光の強度が低下した受光部22Aの設置位置に関する情報に基づいて、基板P上において気泡18が存在する位置を特定することができる。気泡18が存在する位置を特定したら、制御装置CONTはこの気泡18の位置情報を記憶装置MRYに記憶する(ステップS4)。

【0040】

そして、制御装置CONTは基板PをX軸方向に走査しつつ基板Pに対して検出光を投射することで、気泡18の存在の有無や気泡の量など、ショット領域のそれぞれについての気泡18に関する情報を検出することができる。

【0041】

ここで、記憶装置MRYには、基板Pに対して所望のパターン転写精度でパターンが転写されるかどうかの気泡18に関するしきい値情報が記憶されている。このしきい値は、気泡18の大きさに関するしきい値、あるいは1つのショット領域についての気泡18の量(数)に関するしきい値を含む。制御装置CONTは、記憶装置MRYに記憶されているしきい値情報と、気泡検出器20による気泡検出結果とを比較する(ステップS5)。

【0042】

制御装置CONTは、気泡検出器20による気泡検出結果が前記しきい値以上であるかどうかを判別する(ステップS6)。

例えば、径の小さい気泡18が液体50中を僅かに浮遊している場合など、気泡18が液体中に存在していても所望のパターン転写精度を得られる場合がある。そこで、気泡18の量及び大きさに関するしきい値を予め求めておき、気泡検出結果が前記しきい値以下であれば基板Pの露光を適切に行うことができると判断できる。すなわち、制御装置CONTは、記憶装置MRYに記憶されている気泡に関するしきい値情報を参照し、気泡検出器20の検出結果に基づいて、基板Pの露光が適切に行われたか否かを判断する。なお、前記しきい値は例えば予め実験的に求めることができ、記憶装置MRYに記憶されている。

【0043】

気泡18が上記しきい値以下であると判断したら、つまり基板Pの露光が適切に行われると判断したら、制御装置CONTは露光処理を継続する。一方、気泡18が上記しきい値以上であると判断したら、つまり、気泡18の存在により基板Pの露光が適切に行われないと判断したら、制御装置CONTは、例えば露光処理動作を中断したり、あるいは表示装置DSや不図示の警報装置を駆動して、許容範囲以上(しきい値以上)の気泡が存在する旨を通知したり、あるいは基板P上における気泡18の位置情報を表示装置DSで表示する等の処置を施す(ステップS7)。

【0044】

ここで、図6に示すように、基板P上の複数のショット領域SHのそれぞれについて露光する場合について考える。この場合、ステップS6において気泡18が上記しきい値以上であると判断した場合でも、制御装置CONTは露光処理を継続する。このとき、制御装置CONTは、基板P上の複数のショット領域SHのそれぞれの露光中に気泡検出器20による気泡18の検出を行い、上記しきい値情報とレーザ干渉計による気泡の位置情報とを参照し、複数のショット領域SHのうち気泡18によりパターンの像の結像が適切に行われなかったショット領域SH'を記憶装置MRYに記憶する(ステップS8)。

そして、露光処理終了後において、記憶装置MRYに記憶した情報に基づいて、複数のショット領域SHのうちパターンの像の結像が適切に行われなかったショット領域SH'は、その後続く、別のレイヤの露光処理から除外されたり、レジストをつけ直して再露光される。

10

20

30

40

50

【0045】

本実施形態においては、複数の検出光のうち、基板 P 上の投影領域 P A には検出光 L 1 が投射され、Y 軸方向の両側境界部に対して検出光 L e が投射されている。したがって、この検出光 L 1 や L e の受光系 2 2 での受光結果に基づいて、空間 5 6 に液体 5 0 が満たされているかどうかを判断することができる。例えば、基板 P 上の投影領域 P A の境界部付近で液体 5 0 の剥離などの不都合が生じて空間 5 6 の一部に液体 5 0 が配置されていない状態が生じると、検出光 L e の光路が変化して受光系 2 2 に受光されず、非入射状態となる。したがって、制御装置 C O N T は、検出光 L e を受光した受光部 2 2 A の受光結果に基づいて、空間 5 6 に液体 5 0 が満たされているかどうかを判断することができる。また、例えば、液体供給装置 1 が何らかの原因で動作不能となり、投影光学系 P L と基板 P との間の液体 5 0 が切れてしまう（無くなってしまう）場合も考えられる。この場合においても、検出光 L 1 の光路が変化して受光部 2 2 A に対して非入射状態となる。制御装置 C O N T は、受光部 2 2 A の受光結果に基づいて、空間 5 6 の液体が切れるのを検出することができる。このように、気泡検出器 2 0 は、投影光学系 P L と基板 P との間の液体 5 0 が切れるのを検出する液切検出装置としての機能も有する。

10

【0046】

この場合においても、制御装置 C O N T は、基板 P 上の複数のショット領域 S H のそれぞれの露光中に液切検出装置 2 0 による液切れの検出を行い、レーザ干渉計の位置計測結果に基づいて、複数のショット領域 S H のうち露光中に液切れが生じたショット領域（不良ショット領域）S H ' を記憶装置 M R Y に記憶する。そして、露光処理終了後において、記憶装置 M R Y に記憶した情報に基づいて、複数のショット領域 S H のうち液切れに起因してパターンの像の結像が適切に行われなかったショット領域 S H ' を、その後に行われる別レイヤの露光処理から除外したり、レジストをつけ直して再露光を行う。

20

【0047】

なお、上述した液切検出装置は、液切れが生じているかどうかを光学的に検出する構成であるが、例えば、液体供給装置 1 の供給管 3 や供給ノズル 4 に設けた流量計（流量検出装置）により液切検出装置を構成してもよい。流量検出装置は、空間 5 6 に供給される液体 5 0 の単位時間当たりの液体流量を検出し、制御装置 C O N T に検出結果を出力する。制御装置 C O N T は流量検出装置の検出結果に基づいて、液体の流量が所定値以下である場合、液切れが生じていると判断する。

30

【0048】

また、気泡のような小さい気体部分だけでなく、比較的大きな気体の空間（気体部分）が液体中に発生してしまう場合や、液体供給装置 1 から液体の供給を開始したときに、投影光学系 P L の像面側に気体が残ってしまう場合も考えられる。こうした場合にも、検出光 L 1 が受光部 2 2 A に対して非入射状態となるため、受光部 2 2 A の受光結果に基づいて、投影光学系 P L の像面側の気体部分の有無を検出することができる。このように、気泡検出器 2 0 は、液体中の気泡の検出だけでなく、投影光学系 P L と基板 P との間の気体部分の有無を検出する機能も有する。

【0049】

以上説明したように、投影光学系 P L と基板 P との間の空間 5 6 に満たされた液体 5 0 中の気泡 1 8 を検出する気泡検出器 2 0 を設けたので、パターン転写精度に大きく影響するこの空間 5 6 での気泡 1 8 の情報を検出することで良好な生産性を維持するための適切な処置を施すことができる。そして、気泡が存在した場合には、気泡検出結果に基づいてパターンが適切に転写されたかどうかを判断することで、例えばパターンが適切に転写されたショット領域に対応するデバイスのみを製品として用いたり、あるいは露光処理を一旦中断して気泡を除去するための処置を施すといった処置を施すことができる。

40

【0050】

なお、本実施形態では、基板 P の表面に付着している気泡 1 8 を検出する場合について説明したが、液体 5 0 中に気泡が浮遊している場合においても、この浮遊している気泡に検出光が照射されることにより受光系 2 2 で受光される光の強度が変化するので、液体 5

50

0中に浮遊している気泡の量を検出することも可能である。また、浮遊している気泡を検出した検出光と、基板Pに付着している気泡を検出した検出光とでは受光部22B、22Cに受光される光の強度が異なるので、検出した気泡が浮遊しているものか基板Pに付着しているものかを受光部22B、22Cの受光結果に基づいて判別することも可能である。また、検出光を投影光学系PLの下面7に対して照射することにより、この投影光学系PLの下面7に付着している気泡に関する情報を検出することもできる。また、投射系21からの検出光の一部を基板Pの表面位置の検出に用いてもよい。

【0051】

なお、本実施形態では、投射系21は基板Pの走査方向と離れた方向から基板Pに対してXZ平面と平行に検出光を投射することにより、検出精度の向上を図っているが、基板Pに対してYZ平面と平行に検出光を投射する構成とすることもできる。また、本実施形態では、基板Pに対してY軸方向に複数並んだスポット光(検出光)を照射するように説明したが、例えば1つのスポット光をY軸方向に走査しつつ、このスポット光に対して基板PをX軸方向に走査するようにしてもよい。あるいは、Y軸方向に延びるスポット光を基板Pに投射するようにしてもよい。このような構成であっても、基板P表面の所定の領域に対する気泡検出動作を行うことができる。

【0052】

また、上述の実施形態においては、基板P上に液浸領域を形成する場合について説明したが、特開2002-14005号公報、特開平11-16816号公報、特開昭57-117238号公報、特開平11-238680号公報、特開2000-97916号公報、特開平4-324923号公報などに開示されているような、基板ステージPST(Zステージ51)上の各種計測部材やセンサを用いる場合にも、投影光学系PLの像面側を液体で満たすことが考えられる。こうした計測部材やセンサで液体を介して計測を行うときに、投影光学系PLの像面側に気体部分(液中の気泡など)が存在すると計測誤差となってしまうおそれがある場合には、気泡検出器20を使って気体部分の有無などを検出するようにしてもよい。

【0053】

次に、本発明の別の実施形態について図8を参照しながら説明する。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。

図8は、投影光学系PLの先端部近傍を示す側面図である。図8において、投影光学系PLの先端部の光学素子60と基板Pとの間には液体50が満たされており、基板P上には液体50の液浸領域ARが形成されている。なお図8には、基板P上に液体50を供給する供給ノズル4及び基板P上の液体50を回収する回収ノズル5は図示されていない。

【0054】

なお、本実施形態の以下の説明においては、基板Pが投影光学系PLの光学素子60と対向している場合について説明するが、特開2002-14005号公報、特開平11-16816号公報、特開昭57-117238号公報、特開平11-238680号公報、特開2000-97916号公報、特開平4-324923号公報などに開示されているような、基板ステージPST(Zステージ51)上の各種計測部材やセンサが投影光学系PLの光学素子60に対向している場合も同様である。

【0055】

露光装置EXは、基板Pの面位置情報を検出するフォーカス検出系70を備えている。フォーカス検出系70は、投影光学系PLの投影領域PAを挟んでその両側にそれぞれ設けられている投射系71と受光系72とを有し、投射系71から基板P上の液体50を介して基板P表面(露光面)に斜め方向から検出光Laを投射し、基板P上で反射した検出光(反射光)Laを受光系72で受光する。制御装置CONTは、フォーカス検出系70の動作を制御するとともに、受光系72の受光結果に基づいて、所定基準面に対する基板P表面のZ軸方向における位置(フォーカス位置)及び傾きを検出する。なお図8に示す例では、投射系71及び受光系72は投影領域PAを挟んで±X側のそれぞれにおいて投

10

20

30

40

50

影領域 P A に対して離れた位置に設けられているが、投射系 7 1 及び受光系 7 2 は投影領域 P A を挟んで ± Y 側のそれぞれに設けられてもよい。

【 0 0 5 6 】

フォーカス検出系 7 0 の投射系 7 1 は複数の投射部を有し、図 9 に示す模式図のように、基板 P 上に複数の検出光 L a を投射する。また受光系 7 2 は前記複数の投射部に応じた複数の受光部を有している。これにより、フォーカス検出系 7 0 は、基板 P 表面における例えばマトリクス状の複数の各点（各位置）での各フォーカス位置を求めることができ、求めた複数の各点でのフォーカス位置に基づいて、基板 P の傾斜方向の姿勢を求めることができる。なお、フォーカス検出系 7 0 の構成としては、例えば特開平 8 - 3 7 1 4 9 号公報に開示されているものを用いることができる。制御装置 C O N T は、フォーカス検出系 7 0 の検出結果に基づいて、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 5 1（図 1 参照）を駆動することにより、Z ステージ 5 1 に保持されている基板 P の Z 軸方向における位置（フォーカス位置）、及び X、Y 方向における位置を制御する。すなわち、Z ステージ 5 1 は、フォーカス検出系 7 0 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 5 0 を介して形成される像面に合わせ込む。

10

【 0 0 5 7 】

図 8 に戻って、投影光学系 P L の先端部近傍には、フォーカス検出系 7 0 の投射系 7 1 から射出された検出光 L a を透過可能な第 1 光学部材 8 1 と、基板 P 上で反射した検出光 L a を透過可能な第 2 光学部材 8 2 とが設けられている。第 1 光学部材 8 1 及び第 2 光学部材 8 2 は、投影光学系 P L 先端の光学素子 6 0 とは分離した状態で支持されており、第 1 光学部材 8 1 は光学素子 6 0 の - X 側に配置され、第 2 光学部材 8 2 は光学素子 6 0 の + X 側に配置されており、露光光 E L の光路及び基板 P の移動を妨げない位置において、液浸領域 A R の液体 5 0 に接触可能な位置に設けられている。

20

【 0 0 5 8 】

そして、図 8 に示すように、基板 P の露光処理中においては、投影光学系 P L を通過した露光光 E L の光路、つまり光学素子 6 0 と基板 P（基板 P 上の投影領域 P A）との間の露光光 E L の光路が全て液体 5 0 で満たされるように、液体供給装置 1（図 1 参照）から液体 5 0 が基板 P 上に供給される。また、光学素子 6 0 と基板 P との間の露光光 E L の光路の全てが液体 5 0 で満たされ、基板 P 上において液浸領域 A R が投影領域 P A の全てを覆うように所望状態に形成されたとき、その液浸領域 A R を形成する液体 5 0 は第 1 光学部材 8 1 及び第 2 光学部材 8 2 の端面のそれぞれに密着（接触）するようになっている。基板 P 上に液浸領域 A R が形成され、液体 5 0 が第 1 光学部材 8 1 及び第 2 光学部材 8 2 の端面のそれぞれに密着している状態においては、フォーカス検出系 7 0 の投射系 7 1 から射出された検出光 L a 及びその基板 P 上での反射光 L a の光路のうち第 1 光学部材 8 1 と第 2 光学部材 8 2 との間の光路は全て液体 5 0 で満たされる。また、検出光 L a の光路の全てが液体 5 0 で満たされた状態のとき、フォーカス検出系 7 0 の投射系 7 1 から射出された検出光 L a は、基板 P 上の投影光学系 P L の投影領域 P A に照射されるように設定されている。

30

40

なお、投影領域 P A の外側、特に投影領域 P A に対して基板 P の走査方向（X 軸方向）に離れた位置に照射される検出光があってもよい。

【 0 0 5 9 】

液浸領域 A R が所望状態で形成され、第 1 光学部材 8 1 と第 2 光学部材 8 2 との間における検出光 L a の光路の全てが液体 5 0 で満たされた状態においては、フォーカス検出系 7 0 の投射系 7 1 から射出された検出光 L a は、散乱や屈折などを生じることなく、第 1 光学部材 8 1 及び液浸領域 A R の液体 5 0 を通過して基板 P（投影領域 P A）に所望状態で照射され、その反射光 L a は、液浸領域 A R の液体 5 0 及び第 2 光学部材 8 2 を通過して受光系 7 2 に所望状態で受光される。換言すれば、フォーカス検出系 7 0 の投射系 7 1 から射出された検出光 L a が受光系 7 2 に受光されるとき、液浸領域 A R は所望状態に形

50

成されている。このように、フォーカス検出系 70 の受光系 72 の出力に基づいて、検出光 L a の光路中の全てが液体 50 で満たされているか否かを光学的に検出することができる。

【0060】

また上述したように、液浸領域 A R が所望状態で形成されている状態においては、フォーカス検出系 70 の投射系 71 から射出された検出光 L a は、投影光学系 P L の投影領域 P A に照射されるようになっており、投影領域 P A を含む露光光 E L の光路の少なくとも一部を通過するようになっており、したがって、フォーカス検出系 70 は、受光系 72 の出力に基づいて、露光光 E L の光路が液体 50 で満たされているか否かを光学的に検出することができる。

10

【0061】

なおここでは、第 1 光学部材 81 と第 2 光学部材 82 とは互いに独立した部材であるように説明したが、例えば投影光学系 P L の先端部の光学素子 60 を囲むように環状の光学部材を配置し、その環状の光学部材の一部に検出光を照射し、液浸領域 A R 及び基板 P 表面を通過した検出光を、環状の光学部材を介して受光するようにしてもよい。光学部材を環状に設けて液浸領域 A R の液体 50 を環状の光学部材の内側面に密着させることにより液浸領域 A R の形状を良好に維持することができる。また本実施形態においては、第 1 光学部材 81 及び第 2 光学部材 82 は投影光学系 P L に対して分離しているが、投影光学系 P L の光学素子 60 と一体で設けられていてもよい。

【0062】

なお、上記第 1、第 2 光学部材 81、82 の端面である液体接触面や、上記環状の光学部材の液体接触面を例えば親液化処理して親液性とすることにより、液浸領域 A R の液体 50 は光学部材の液体接触面に密着し易くなるため、液浸領域 A R の形状を維持し易くなる。

20

【0063】

図 10 は、液浸領域 A R の液体 50 中に気泡 18 が存在している状態を示す図である。図 10 に示すように、フォーカス検出系 70 の投射系 71 から射出された複数の検出光 L a のうち、気泡 18 に当たった検出光 L a は散乱や屈折などを生じる。したがって、気泡 18 に当たった検出光 L a は、受光系 72 に光量を低下した状態で受光されるか、あるいはその光路を変化させるため受光されない。つまり、液体 50 中に気泡（気体部分）18 がある場合、受光系 72 に受光される光強度が変化（低下）する。したがって、フォーカス検出系 70 は、受光系 72 の出力に基づいて、露光光 E L の光路上に形成された液浸領域 A R の液体 50 中に存在する気泡（気体部分）18 を光学的に検出することができる。そして、液浸領域 A R は露光光 E L の光路上に形成されるものであり、検出光 L a は露光光 E L の光路の一部である投影領域 P A を照射する構成であるため、フォーカス検出系 70 は、受光系 72 の出力に基づいて、露光光 E L の光路中における気泡（気体部分）の有無、すなわち露光光 E L の光路が液体 50 で満たされているか否かを検出することができる。更に、フォーカス検出系 70 は、液体 50 のうち検出光 L a の光路中の気泡（気体部分）を検出することができる。

30

【0064】

ここで、気泡 18 とは、図 10 中、液体 50 中を浮遊している気泡 18 A、第 1 光学部材 81 の端面（液体接触面）に付着している気泡 18 B、第 2 光学部材 82 の端面（液体接触面）に付着している気泡 18 C、及び基板 P 上に付着している気泡（不図示）を含む。このように、液浸領域 A R の液体 50 中に気泡 18 が存在する場合、フォーカス検出系 70 の投射系 71 から射出された検出光 L a は、散乱や屈折などを生じ、受光系 72 に対する光量（受光量）を変化させるか、あるいはその光路を変化させて受光系 72 に受光されない（符号 L b 参照）、フォーカス検出系 70 は、受光系 72 の出力に基づいて、露光光 E L の光路上に設けられている液浸領域 A R の液体 50 中の気体部分（気泡）の有無を検出することができる。

40

【0065】

50

そして、本実施形態においては、フォーカス検出系70は、受光系72の出力に基づいて、検出光Laの光路中の気泡18を検出する構成であるため、基板P上に付着している気泡や第1、第2光学部材81、82に付着している気泡18(18B、18C)はもちろん、液浸領域ARを形成する液体50中を浮遊している気泡18(18A)も検出することができる。そのため、検出光Laの光路上であれば、液浸領域ARの液体50のうち露光光ELの光路以外の位置に存在する気泡18も検出することができる。そして、制御装置CONTは、フォーカス検出系70を使って基板Pの面位置情報を検出しつつ露光処理を行うため、フォーカス検出系70は、基板Pの露光処理中に検出光Laを投射し、露光光ELの光路上の液体50中の気体部分の有無や、検出光Laの光路中の気体部分の有無を検出することができる。もちろん、フォーカス検出系70は、露光処理以外のタイミングにおいても液浸領域ARの液体50中の気体部分の有無を検出することもできる。

【0066】

また、フォーカス検出系70は、検出光Laの光路上であれば、液浸領域ARの液体50のうち露光光ELの光路以外の位置に存在する気泡18も検出することができるため、例えば走査露光中において露光光ELの光路以外の位置に存在する気泡18が基板Pの移動に伴って液体50中を移動して露光光ELの光路上に配置されたり基板Pや光学素子60に付着する可能性があっても、フォーカス検出系70によって、露光光ELの光路以外の位置に存在する気泡18が露光光ELの光路上に配置されたり、基板Pや光学素子60に付着する前に、その気泡18を検出することができる。したがって、露光処理中において、例えば液体50中を浮遊していた気泡18が露光光ELの光路上や基板P上に配置される前に、フォーカス検出系70の出力に基づいて、気泡18が露光光ELの光路上や基板P上に配置されることを予測し、例えば露光処理を停止したり、警報装置を駆動するなどの適切な処置を行うことができ、露光不良や不良ショットが発生する不都合を回避することができる。

【0067】

また、フォーカス検出系70の投射系71は複数の検出光Laを基板P上のマトリクス状の各点に照射するため、受光系72に受光される複数の検出光Laそれぞれの光強度(受光量)に基づいて、フォーカス検出系70は気泡18の位置情報を求めることができる。ここで、複数の検出光Laそれぞれの照射位置情報は設計値に基づいて特定される。したがって、制御装置CONTは、複数の検出光Laのうち受光系72の各受光部に入射する光強度を低下させた検出光Laの照射位置情報、あるいはその検出光Laに対応する受光系72の受光部の設置位置に関する情報に基づいて、気泡18の位置(気泡18が存在した検出光の光路)を特定することができる。

【0068】

また、図11の模式図に示すように、投影光学系PLの光学素子60と基板Pとの間に液体50が十分に満たされずに液体50の一部が切れて液浸領域ARが所望状態で形成されない状況が発生し、露光光ELの光路中に気体領域AGが生成される可能性があるが、フォーカス検出系70は、その気体領域AGの有無を検出することもできる。なお気体領域AGは、例えば基板Pの移動に伴う液体50の剥離や液体供給装置1の動作不良などによって生じる。図11に示す例では、気体領域AGは第2光学部材82近傍に形成されており、液浸領域ARの液体50は第2光学部材82の端面に密着(接触)していない。この場合においても、フォーカス検出系70の投射系71から射出された検出光Laは、液浸領域ARの液体50と気体領域AGとの界面で散乱や屈折などを生じ、受光系72に光量を低下した状態で受光されるか、あるいは受光されない。フォーカス検出系70は、受光系72の出力に基づいて、液浸領域ARのうち露光光ELの光路中の気体領域AGの有無、すなわち露光光ELの光路が液体50で満たされているか否かを検出することができる。また、この場合においても、制御装置CONTは、フォーカス検出系70を使って基板Pの面位置情報を検出しつつ露光処理を行うため、そのフォーカス検出系70(受光系72)の出力に基づいて、基板Pの露光中に露光光ELの光路中の気体部分の有無や検出光Laの光路中の気体部分の有無を検出することができる。そして、露光処理中に気体領

域 A G をフォーカス検出系 7 0 で検出した場合には、制御装置 C O N T は、そのフォーカス検出系 7 0 の出力に基づいて、例えば露光動作を停止したり、液体供給装置 1 による液体供給量や液体回収装置 2 による液体回収量を調整して液浸領域 A R を所望状態に形成する等の適切な処置を施すことができる。

【 0 0 6 9 】

ところで、基板 P を液浸露光処理する際には、図 1 2 (a) の模式図に示すように、基板 P を基板ステージ P S T にロードした後、露光処理を開始する前に、液体供給装置 1 及び液体回収装置 2 を駆動することで基板 P 上に液浸領域 A R を形成する液浸領域形成動作が行われる。このとき、制御装置 C O N T は、フォーカス検出系 7 0 の投射系 7 1 より検出光 L a を基板 P に照射しつつ露光処理前の液浸領域形成動作を行うことにより、そのフォーカス検出系 7 0 (受光系 7 2) の出力に基づいて、基板 P の露光開始の適否を判断することができる。すなわち、露光処理前の液浸領域形成動作において、図 1 2 (b) に示すように、液浸領域 A R が未だ十分に形成されずに気体領域 A G がある場合、受光系 7 2 に達する検出光 L a の光強度は低下するので、制御装置 C O N T は、フォーカス検出系 7 0 の受光系 7 2 の出力に基づいて、液浸領域 A R は未だ十分に形成されていないと判断し、液浸露光処理を開始することは不適切であると判断する。そして、制御装置 C O N T は、液浸領域 A R が所望状態に形成されるまで液浸領域形成動作を継続し、場合によっては液体供給装置 1 の液体供給量や液体回収装置 2 の液体回収量を変更したり基板 P の位置を動かす等の液浸領域形成動作条件を変更する。そして、図 1 2 (c) に示すように、液浸領域 A R が十分に形成されて、第 1 光学部材 8 1 と第 2 光学部材 8 2 との間の検出光 L a の光路が液体 5 0 で満たされた状態となると、投影光学系 P L の光学素子 6 0 と基板 P との間の露光光 E L の光路も液体 5 0 で満たされたことになる。この状態においては、投射系 7 1 から射出された検出光 L a は受光系 7 2 に所定の光強度で入射するので、制御装置 C O N T は、フォーカス検出系 7 0 の受光系 7 2 の出力に基づいて、液浸領域 A R が形成されたと判断し、液浸露光処理を開始することは適切であると判断する。液浸露光処理を開始することは適切であると判断した制御装置 C O N T は、露光光 E L の照射を開始して露光処理を行う。

【 0 0 7 0 】

ところで、上述したように、基板 P の露光中において、フォーカス検出系 7 0 によって露光光 E L の光路を含む液浸領域 A R 中に気泡 1 8 や気体領域 A G 等の気体部分が検出された場合、制御装置 C O N T はその基板 P の露光処理を停止する等の処置を行うが、露光光 E L の光路上に液体 5 0 が満たされているにも係わらず、検出光 L a が受光系 7 2 に所定の光強度で受光されない状況が発生することが考えられ、その場合、液浸露光処理可能であるにも係わらず、露光処理を停止してしまう不都合が生じる。例えば図 1 3 の模式図に示すように、フォーカス検出系 7 0 の投射系 7 1 から投射された複数の検出光 L a 1 ~ L a 5 のうち、基板 P のエッジ部 E と基板 P の周りに設けられたプレート部材 5 7 との間の隙間 5 8 に照射された検出光 L a 3 は、散乱や屈折などを生じて受光系 7 2 に所定の光強度で受光されない可能性がある。ここで、プレート部材 5 7 は基板 P に同心状に設けられた環状部材であって、プレート部材 5 7 の上面と基板 P の上面とはほぼ面一となっており、このプレート部材 5 7 によって、基板 P のエッジ部 E 近傍を液浸露光する際にも投影光学系 P L の光学素子 6 0 の下に液体 5 0 を保持して液浸領域 A R の形状を維持できるようになっている。そして、基板 P とプレート部材 5 7 との間に隙間 5 8 が形成されているが、その隙間 5 8 に照射された検出光 L a 3 は、液浸領域 A R が良好に形成されているにも係わらず、受光系 7 2 に所定の光強度で受光されない可能性があり、制御装置 C O N T は、受光系 7 2 の出力に基づいて露光処理を停止してしまう不都合が生じる。また、プレート部材 5 7 が設けられていない構成も考えられるが、その場合、基板 P と基板ステージ P S T (Z ステージ 5 1) との間に段差が形成され、エッジ部 E 近傍の基板 P 上には液浸領域 A R が形成されているにも係わらず、基板 P の外側に照射される検出光 L a 3 、 L a 4 、 L a 5 などが受光系 7 2 に所定の光強度で受光されない可能性がある。

【 0 0 7 1 】

その場合、制御装置CONTは、基板Pを支持する基板ステージPSTの位置を計測するレーザ干渉計55（図1参照）の計測結果と、レーザ干渉計55で規定されるステージ座標系での基板Pのエッジ部E（隙間58）の位置情報とに基づいて、露光動作を制御する。具体的には、例えば露光処理前のアライメント処理時などにおいて、制御装置CONTは前記ステージ座標系での基板Pのエッジ部E（隙間58）の位置情報を予め求めて記憶装置MRYに記憶しておく。そして、制御装置CONTは、レーザ干渉計55により基板Pの位置情報を計測しつつ露光処理する。露光処理中において、制御装置CONTは、隙間58を含む基板Pのエッジ部E近傍に検出光Laが照射されているか否かを、記憶装置MRYに記憶されている基板Pのエッジ部Eの位置情報を参照することで判断する。そして、例えば隙間58に検出光Laが照射されていると判断したときに、受光系72に受光される検出光Laの光量が低下したりあるいは受光されない状況が生じてても、制御装置CONTは、受光系72の出力を無視し、露光処理を継続する。こうすることにより、液浸露光処理が良好に行われているにも係わらず露光処理を停止してしまうといった不都合を回避できる。

【0072】

図14は、本発明の別の実施形態を示す図である。本実施形態の特徴的な部分は、フォーカス検出系70の検出光Laを透過可能な光学部材81、82が投影光学系PLの光学素子60と一体で設けられている点である。そして、フォーカス検出系70の投射系71から射出される複数の検出光Laのうち一部又は全部の検出光Laは、投影光学系PLを構成する複数の光学素子のうち一部（先端部）の光学素子60を通過するように設けられており、フォーカス検出系70は、その光学素子60を介して検出光Laを基板P上に投射する。このような構成によっても、フォーカス検出系70は、露光光ELの光路中の気体部分の有無を検出することができる。また、図14に示す例では、光学部材81、82の下端面（液体接触面）のそれぞれは、XY平面に略平行な平坦面となっており、光学素子60の先端面（下端面）とほぼ面一となっている。そして、液浸領域ARの液体50は、光学部材81、82の下端面及び光学素子60の下端面に密着するように設けられ、投影光学系PLと基板Pとの間において、広い領域に液浸領域ARが形成される。

【0073】

そして、図15に示すように液浸領域ARの液体50中に気泡18が存在する場合には、上記実施形態同様、投射系71から射出された検出光Laは気泡18に当たって散乱などするため、光強度を低下した状態で受光系72に受光される。したがって、フォーカス検出系70は、受光系72の出力に基づいて、液浸領域ARのうち露光光ELの光路中や検出光Laの光路中における気泡（気体部分）18の有無を検出することができる。

【0074】

なおこの場合においても、光学部材81、82のそれぞれは互いに独立した部材であってもよいし、投影光学系PLの先端部の光学素子60を囲むように環状に一体で形成されてもよい。

【0075】

上述したように、本実施形態における液体50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PL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。

【0076】

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。

【0077】

本実施形態では、投影光学系 P L の先端にレンズ 6 0 が取り付けられているが、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、例えば収差（球面収差、コマ収差等）の調整に用いる光学プレートであってもよい。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。液体 5 0 と接触する光学素子を、レンズより安価な平行平板とすることにより、露光装置 E X の運搬、組立、調整時等において投影光学系 P L の透過率、基板 P 上での露光光 E L の照度、及び照度分布の均一性を低下させる物質（例えばシリコン系有機物等）がその平行平板に付着しても、液体 5 0 を供給する直前にその平行平板を交換するだけでよく、液体 5 0 と接触する光学素子をレンズとする場合に比べてその交換コストが低くなるという利点がある。すなわち、露光光 E L の照射によりレジストから発生する飛散粒子、または液体 5 0 中の不純物の付着などに起因して液体 5 0 に接触する光学素子の表面が汚れるため、その光学素子を定期的に交換する必要があるが、この光学素子を安価な平行平板とすることにより、レンズに比べて交換部品のコストが低く、且つ交換に要する時間を短くすることができ、メンテナンスコスト（ランニングコスト）の上昇やスループットの低下を抑えることができる。

10

【0078】

また、液体 5 0 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。

【0079】

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 5 0 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 5 0 を満たす構成であってもよい。そして、本実施形態では、このカバーガラスも投影光学系 P L の一部を構成する。すなわち、本実施形態において、マスク M と基板 P との間における露光光 E L の光路上に存在する全ての光学素子を投影光学系とする。

20

【0080】

なお、本実施形態の液体 5 0 は水であるが、水以外の液体であってもよい、例えば、露光光 E L の光源が F₂ レーザである場合、この F₂ レーザ光は水を透過しないので、この場合、液体 5 0 としては F₂ レーザ光を透過可能な例えば過フッ化ポリエーテル（PFPE）やフッ素系オイルであってもよい。また、液体 5 0 としては、その他にも、露光光 E L に対する透過性があってできるだけ屈折率が高く、投影光学系 P L 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。

30

【0081】

なお、上記各実施形態において、上述したノズルの形状は特に限定されるものでなく、例えば先端部 6 0 A の長辺について 2 対のノズルで液体 5 0 の供給又は回収を行うようにしてもよい。なお、この場合には、+ X 方向、又は - X 方向のどちらの方向からも液体 5 0 の供給及び回収を行うことができるようにするため、供給ノズルと回収ノズルと上下に並べて配置してもよい。

【0082】

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。

40

【0083】

また、上述の実施形態においては、投影光学系 P L と基板 P との間を局所的に液体で満たす露光装置を採用しているが、特開平 6 - 1 2 4 8 7 3 号公報に開示されているような露光対象の基板を保持したステージを液槽の中で移動させる液浸露光装置や、特開平 1 0 - 3 0 3 1 1 4 号公報に開示されているようなステージ上に所定深さの液体槽を形成し、その中に基板を保持する液浸露光装置にも本発明を適用可能である。

50

【0084】

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。

【0085】

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。

10

【0086】

露光装置EXの種類としては、基板Pに半導体素子パターンを露光する半導体素子製造用の露光装置に限られず、液晶表示素子製造用又はディスプレイ製造用の露光装置や、薄膜磁気ヘッド、撮像素子（CCD）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。

【0087】

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。

20

【0088】

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。

【0089】

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。

30

マスクステージMSTの移動により発生する反力は、投影光学系PLに伝わらないように、特開平8-330224号公報（US S/N 08/416,558）に記載されているように、フレーム部材を用いて機械的に床（大地）に逃がしてもよい。

【0090】

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。

40

【0091】

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

50

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】

【0092】

【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】投影光学系の先端部と液体供給装置及び液体回収装置との位置関係を示す図である。

【図 3】供給ノズル及び回収ノズルの配置例を示す図である。

10

【図 4】気泡検出器を示す平面図である。

【図 5】気泡検出手順の一例を示すフローチャート図である。

【図 6】基板上のショット領域を示す平面図である。

【図 7】気泡検出器の検出光を説明するための図である。

【図 8】本発明に係る気体検出系の一実施形態を示す図である。

【図 9】本発明に係る気体検出系を説明するための模式図である。

【図 10】本発明に係る気体検出系による気体部分検出動作を示す図である。

【図 11】本発明に係る気体検出系による気体部分検出動作を示す図である。

【図 12】本発明に係る気体検出系による気体部分検出動作を示す図である。

【図 13】本発明に係る気体検出系を説明するための模式図である。

20

【図 14】本発明に係る気体検出系の一実施形態を示す図である。

【図 15】本発明に係る気体検出系による気体部分検出動作を示す図である。

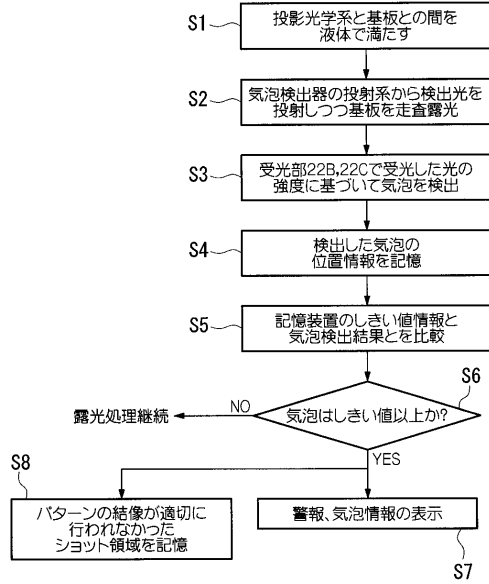
【図 16】半導体デバイスの製造工程の一例を示すフローチャート図である。

【符号の説明】

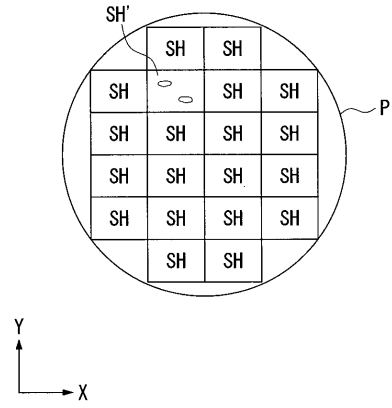
【0093】

1 ... 液体供給装置、 2 ... 液体回収装置、 20 ... 気泡検出器（液切検出装置）、
21 ... 投射系、 22 ... 受光系、 50 ... 液体、 56 ... 空間、 CONT ... 制御装置、
EX ... 露光装置、 PL ... 投影光学系、 P ... 基板

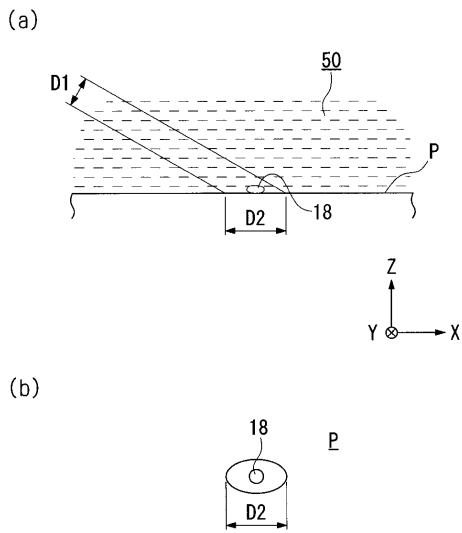
【 図 5 】



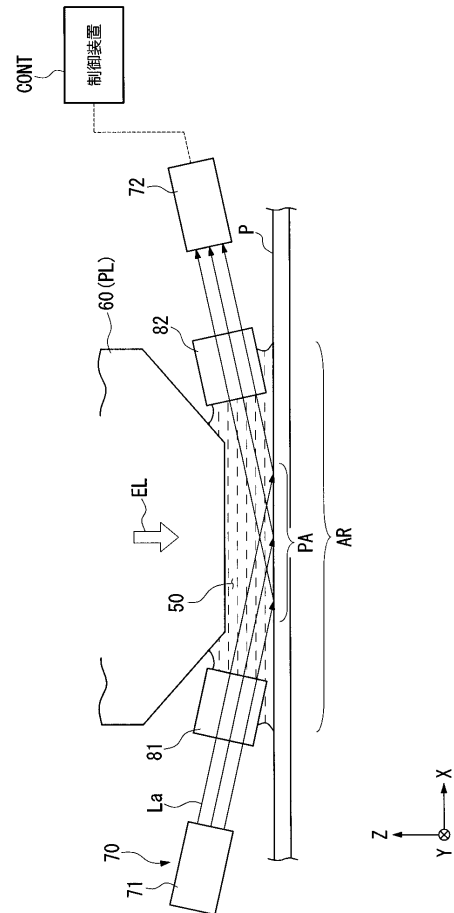
【 図 6 】



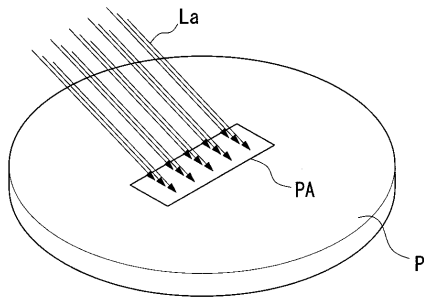
【 図 7 】



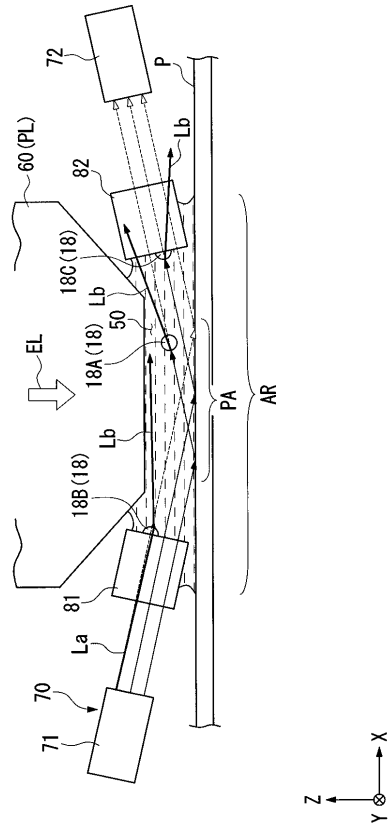
【 図 8 】



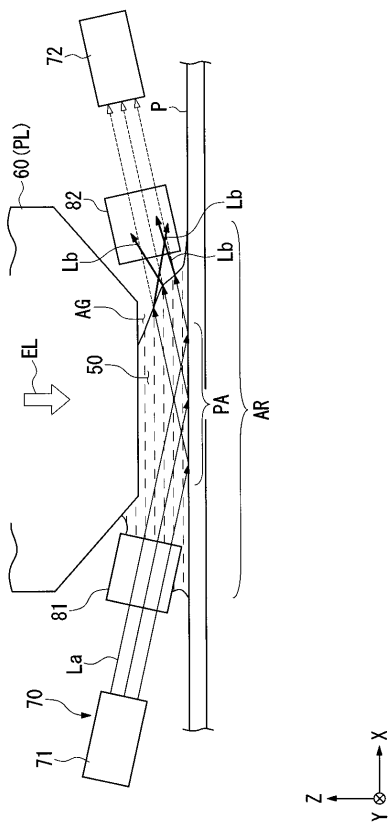
【 図 9 】



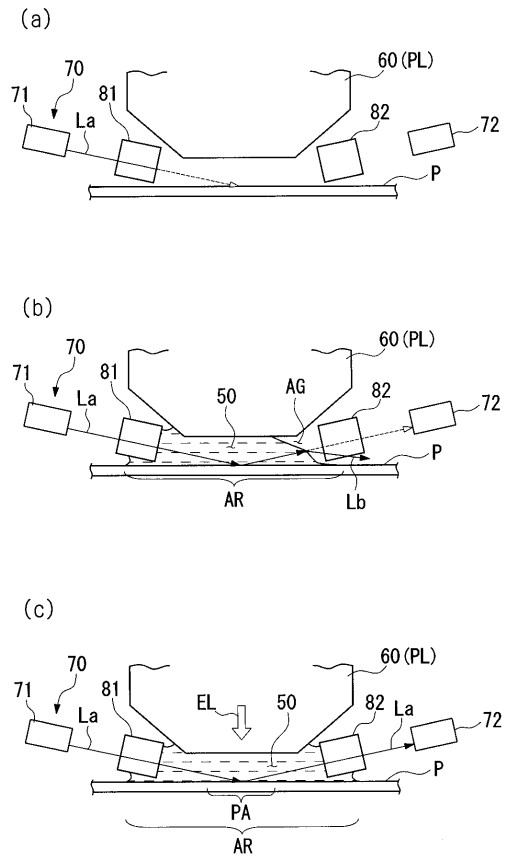
【 図 10 】



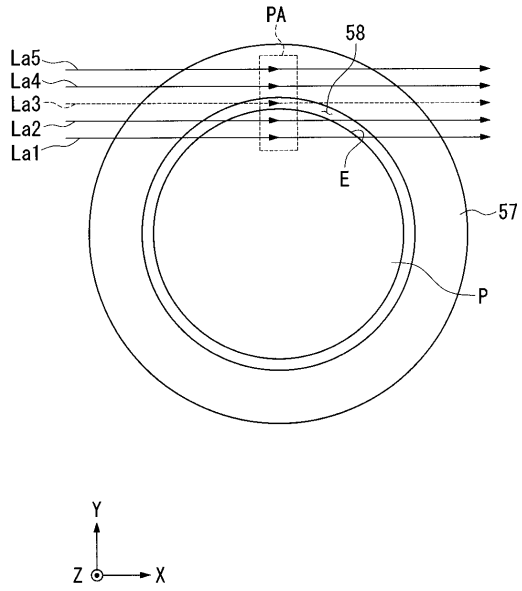
【 図 11 】



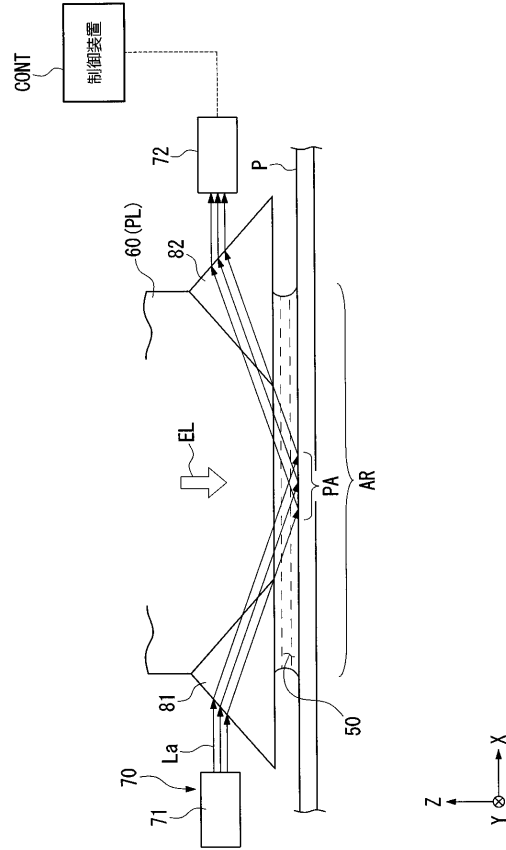
【 図 12 】



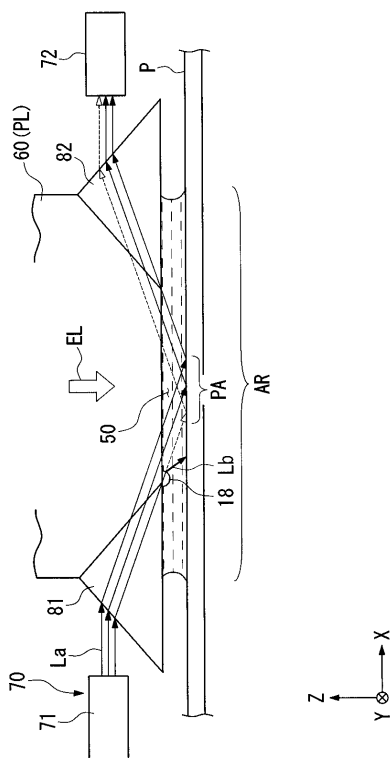
【図 13】



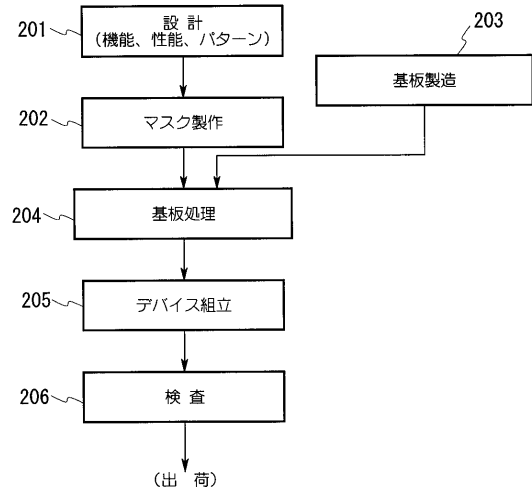
【図 14】



【図 15】



【図 16】



フロントページの続き

(72)発明者 馬込 伸貴

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

Fターム(参考) 2G051 AA48 AB02 AB06 AB20 BA20 BB05 CA03 CA04 CB05 EA14
2G059 AA05 BB04 CC20 EE02 EE09 GG10 KK01 MM10
5F046 AA17 BA03 CB01 CB25 DB14