

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4325623号
(P4325623)

(45) 発行日 平成21年9月2日(2009.9.2)

(24) 登録日 平成21年6月19日(2009.6.19)

(51) Int.Cl. F I
H O 1 L 21/027 (2006.01) H O 1 L 21/30 5 1 5 D

請求項の数 30 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2005-514865 (P2005-514865)	(73) 特許権者	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
(86) (22) 出願日	平成16年10月21日(2004.10.21)	(74) 代理人	100064908 弁理士 志賀 正武
(86) 国際出願番号	PCT/JP2004/015619	(72) 発明者	長橋 良智 日本国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
(87) 国際公開番号	W02005/038888	審査官	多田 達也
(87) 国際公開日	平成17年4月28日(2005.4.28)	(56) 参考文献	国際公開第99/049504 (WO, A1) 特開平10-303114 (JP, A) 特開平06-168866 (JP, A) 最終頁に続く
審査請求日	平成19年9月14日(2007.9.14)		
(31) 優先権主張番号	特願2003-362279 (P2003-362279)		
(32) 優先日	平成15年10月22日(2003.10.22)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

(54) 【発明の名称】 露光装置、露光方法、液体供給機構、液体供給方法、デバイスの製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

投影光学系と基板との間に液浸領域を形成し、前記液浸領域を形成する液体と前記投影光学系とを介してパターン像を前記基板上に投影して、前記基板を露光する露光装置において、

前記基板上に液体を供給する液体供給部と、

前記液体を前記液体供給部へ導く第1配管部と、

前記第1配管部と連通し、前記第1配管部から前記液体供給部へ供給されなかった液体を回収する第2配管部とを有することを特徴とする露光装置。

【請求項2】

前記液体の少なくとも一部は、前記第1配管部と前記第2配管部とを循環することを特徴とする請求項1に記載の露光装置。

【請求項3】

前記液体の温度を略一定に調整し、前記第1配管部に前記液体を供給する恒温槽を有する請求項1に記載の露光装置。

【請求項4】

前記第1配管部と前記液体供給部との少なくとも一方に設けられ、前記基板上に供給する前記液体の温度を計測する温度検出部を備え、

前記恒温層は、前記温度検出部の検出結果に応じて前記液体の温度を制御する請求項3に記載の露光装置。

10

20

【請求項 5】

前記第 2 配管部は、前記恒温槽に連結される請求項 3 に記載の露光装置。

【請求項 6】

前記第 1 配管部に供給する前記液体を精製する精製器を有する請求項 1 に記載の露光装置。

【請求項 7】

前記第 2 配管部は、前記精製器に連結される請求項 6 に記載の露光装置。

【請求項 8】

前記第 1 配管部と前記第 2 配管部とは、前記第 1 配管部の周囲に前記第 2 配管部が一体に形成された二重管であることを特徴とする請求項 1 に記載の露光装置。

10

【請求項 9】

前記液体供給部は、前記基板上に供給する前記液体の量を調整する絞り機構を有することを特徴とする請求項 1 から請求項 7 のうちいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 10】

前記第 1 配管部と前記第 2 配管部と前記液体供給部とは、三方弁を介して連結されている請求項 1 に記載の露光装置。

【請求項 11】

投影光学系と基板との間に液体を供給して液浸領域を形成し、供給された前記液体と前記投影光学系とを介してパターン像を前記基板上に投影して、前記基板を露光する露光方法において、

20

前記液体を流動させるステップと、

流動している前記液体を分流し、分流された前記流体の一部を前記基板に供給するステップとを有する露光方法。

【請求項 12】

前記分流した前記液体の前記基板への供給量を制御するステップを有する請求項 11 に記載の露光方法。

【請求項 13】

前記液体を流動させるステップは、液体を循環させる請求項 11 に記載の露光方法。

【請求項 14】

前記液体の前記基板上への供給を停止し、前記液体の全てを循環させるステップを含む請求項 13 に記載の露光方法。

30

【請求項 15】

前記液体の循環中に前記液体の温度調整を行うステップを含む請求項 13 に記載の露光方法。

【請求項 16】

前記液体の循環中に前記液体の精製を行うステップを含む請求項 13 に記載の露光方法。

【請求項 17】

液体を介して基板にパターンを投影する液浸型露光装置に前記液体を供給する液体供給機構において、

前記基板上に液体を供給する液体供給部に前記液体を導く第 1 配管部と、

40

前記第 1 配管部と連通し、前記第 1 配管部から前記液体供給部へ供給されなかった液体を回収する第 2 配管部とを有することを特徴とする液体供給機構。

【請求項 18】

前記液体の少なくとも一部は、前記第 1 配管部と前記第 2 配管部とを循環する請求項 17 に記載の液体供給機構。

【請求項 19】

前記液体の温度を略一定に調整し、前記第 1 配管部に前記液体を供給する恒温槽を有する請求項 17 に記載の液体供給機構。

【請求項 20】

前記第 1 配管部に供給する前記液体を精製する精製器を有する請求項 17 に記載の液体供

50

給機構。

【請求項 2 1】

前記第 2 配管部は、前記恒温槽に連結される請求項 1 9 に記載の液体供給機構。

【請求項 2 2】

前記第 2 配管部は、前記精製器に連結される請求項 2 0 に記載の液体供給機構。

【請求項 2 3】

前記恒温槽は、前記液体供給部に供給される前記液体の温度に基づいて前記液体の温度を調整する請求項 1 9 に記載の液体供給機構。

【請求項 2 4】

液体を介して基板にパターンを投影する液浸型露光装置に前記液体を供給する液体供給方法において、

前記液体を循環させるステップと、

流動している前記液体を分流し、分流された前記液体の一部を前記基板に供給するステップとを有することを特徴とする液体供給方法。

【請求項 2 5】

前記分流した前記液体の前記基板への供給量を制御するステップとを有する請求項 2 4 に記載の液体供給方法。

【請求項 2 6】

前記液体を流動させるステップは、液体を循環させる請求項 2 4 に記載の液体供給方法。

【請求項 2 7】

前記液体の前記基板への供給を停止し、前記液体の全てを循環させるステップを含む請求項 2 6 に記載の液体供給方法。

【請求項 2 8】

前記液体の循環中に前記液体の温度調整を行うステップを含む請求項 2 6 に記載の液体供給方法。

【請求項 2 9】

前記液体の循環中に前記液体の精製を行うステップを含む請求項 2 6 に記載の液体供給方法。

【請求項 3 0】

リソグラフィ工程を含むデバイスの製造方法において、前記リソグラフィ工程において請求項 1 から請求項 1 0 のうちいずれか一項に記載の露光装置を用いるデバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、高集積半導体回路素子の製造のためのリソグラフィ工程のうち、転写工程で用いられる露光装置に関する技術である。

本出願は、日本国特許出願 2 0 0 3 - 3 6 2 2 7 9 号を基礎としており、その内容を本明細書に組み込む。

【背景技術】

【0 0 0 2】

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

10

20

30

40

50

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。式(1)、(2)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、焦点深度が小さくなること分かる。

【0003】

焦点深度が小さくなり過ぎると、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、且つ焦点深度を大きくする方法として、例えば下記国際公開第99/49504号パンフレット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 λ/n (n は液体の屈折率で通常 $1.2 \sim 1.6$ 程度)になることを利用して解像度を向上するとともに、焦点深度を約 n 倍に拡大するというものである。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、投影光学系の下面と基板表面との間に満たされた水や有機溶媒等の液体は、厳密に温度管理される必要がある。液体の温度が変化すると、液体の屈折率が変化し、これにより、液体中での露光光の波長が変化し露光不良が発生するからである。具体的には、液体の温度が所定の温度から約 ± 0.01 以内に収まるように温調し、温調した液体を基板上に常に供給し続ける必要がある。

しかしながら、温調装置(恒温槽)から供給ノズルまでの供給管の距離が長いと、外周の温度の影響で温度変化が生じやすい。また、ウエハ交換等を行う際には、液体の供給を停止させるので、供給管内に滞留した液体の温度が変化し、液体の供給を再開すると、液浸領域の液体の温度が上述した温度範囲に収まらず、即時に露光処理を再開することができないという問題がある。

更に、供給管内に滞留した液体には、ノズル口等から汚染物質が混入する可能性がある。特に、保守点検等のために、長時間、露光装置を停止させた場合には、液体内でバクテリアが繁殖してしまう可能性もあり、微細パターンの形成のみならず、露光装置の運転に支障を来してしまうという問題がある。

【0005】

本発明は、上述した事情に鑑みてなされたもので、液浸型露光装置において、投影光学系と基板との間に供給する液体の温度変化を抑えつつ、汚染物質の侵入等を回避することができる液体供給機構を備える露光装置、露光方法、液体供給機構、液体供給方法、デバイスの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】

【0006】

本発明に係る露光装置、露光方法、デバイスの製造方法では、上記課題を解決するために以下の手段を採用した。

第1の発明は、投影光学系(PL)と基板(W)との間に液浸領域(AR2)を形成し、液浸領域(AR2)を形成する液体(L)と投影光学系(PL)とを介してパターン(PA)の像を基板(W)上に投影して、基板(W)を露光する露光装置(EX)において、基板(W)上に液体(L)を供給する液体供給部(15)と、液体(L)を液体供給部(15)へ導く第1配管部(14a, 32a)と、第1配管部(14a, 32a)と連通し、第1配管部(14a, 32a)から液体供給部(15)へ供給されなかった液体(L)を回収する第2配管部(14b, 32b)とを有するようにした。この発明によれば、基板上に供給する液体よりも多量の液体を第1配管部に導入し、残った液体が第2配管部

10

20

30

40

50

から回収されるので、例えばウエハ交換時等に、液体が配管部内で留まることがなくなり、液体の温度変化や不純物の混入が発生しづらくなる。

【0007】

また、液体(L)の少なくとも一部が、第1配管部(14a, 32a)と第2配管部(14b, 32b)とを循環するものでは、液体の消費量を最小限に抑えつつ、液体の温度変化や不純物混入等を防止することができる。

また、液体(L)の温度を略一定に調整し、第1配管部(14a, 32a)に液体(L)を供給する恒温槽(12)を有するものでは、略一定温度の液体を液体供給部から基板上に供給することができる。

また本願発明においては、第1配管部(14a, 32a)と液体供給部(15)との少なくとも一方に設けられ、基板(W)上に供給する液体(L)の温度を計測する温度検出部を備え、恒温層(12)は、温度検出部の検出結果に応じて前記液体の温度を制御する。

10

また、第2配管部(14b, 32b)が、恒温槽(12)に連結されるものでは、回収された液体が温調されて再度第1配管部に導入されるので、略一定温度の液体を基板上に供給することができ、またランニングコストを抑えることができる。

また、液体(L)を精製する精製器(11)を有するものでは、不純物の混入やバクテリアの発生のない液体を基板上に供給することができる。

また、第2配管(14b, 32b)が精製器(11)に連結されるものでは、回収された液体が精製器内で精製されるので、循環する液体から不純物やバクテリアを排除することができる。

20

また、第1配管部(32a)と第2配管部(32b)とが、第1配管部(32a)の周囲に第2配管部(32b)が一体に形成された二重管(34)であるものでは、基板上に供給される液体の外周を回収された液体が流動するので、回収された液体が断熱材として機能して、供給される液体の温度変化を抑えることができる。

また、液体供給部(15)が、基板(W)上に供給する液体(L)の量を調整する絞り機構(16, 34)を有するものでは、基板上に供給する液体の量を適切に調整することができる。

【0008】

第2の発明は、投影光学系(PL)と基板(W)との間に液体(L)を供給して液浸領域(AR2)を形成し、供給された液体(L)と投影光学系(PL)とを介してパターン(PL)の像を基板(W)上に投影して、基板(W)を露光する露光方法において、液体(L)を流動させるステップと、流動している液体(L)を分流し、分流された流体の一部を前記基板に供給するステップとを有する。

30

この発明によれば、液体が配管部内で留まることがないので、液体の温度変化や不純物の混入が発生しづらくなる。

本願発明では第1配管部(32a)と第2配管部(32b)と液体供給部とは、三方弁を介して連結されている。

また、液体(L)の基板(W)上への供給を停止し、液体(L)の全てを循環させるステップを含むものでは、例えばウエハ交換時等に基板上への液体の供給を停止しても、液体が配管部内で留まることがなく、液体の温度変化や不純物の混入が発生しづらくなる。

40

また、前記液体の循環中に前記液体の温度調整を行うステップを含むものでは、温調された液体が循環することにより、供給する液体の温度を略一定に維持しつつ、液体の使用量を最小限に抑えることができる。

【0009】

第3の発明は、液体(L)を介して基板(W)にパターン(PA)を投影する液浸型露光装置(EX)に前記液体を供給する液体供給機構(10)において、前記基板上に液体を供給する液体供給部に前記液体を導く第1配管部(32a)と、前記第1配管部と連通し、前記第1配管部から前記液体供給部へ供給されなかった液体を回収する第2配管部(32b)とを有することを特徴とする。

50

第4の発明は、液体(L)を介して基板(W)にパターン(PA)を投影する液浸型露光装置(EX)に前記液体を供給する液体供給方法において、前記液体を循環させるステップと、流動している前記液体を分流し、分流された前記液体の一部を前記基板に供給するステップとを有することを特徴とする。

【0010】

第5の発明は、リソグラフィ工程を含むデバイスの製造方法において、リソグラフィ工程において第1の発明の露光装置(EX)を用いるようにした。この発明によれば、温度が略一定に維持され、かつ不純物の混入やバクテリアの発生がない液体が用いられるので、微細パターンを備えたデバイスを安定して製造することができる。

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば以下の効果を得ることができる。

第1の発明は、投影光学系と基板との間に液浸領域を形成し、液浸領域を形成する液体と投影光学系とを介してパターン像を基板上に投影して、基板を露光する露光装置において、基板上に液体を供給する液体供給部と、液体を液体供給部へ導く第1配管部と、第1配管部と液体供給部とに連結し、第1配管部から液体供給部へ供給されなかった液体を回収する第2配管部とを有するようにした。これにより、液体が配管部内で留まることがないので、液体の温度変化を防止して、液浸領域の液体を介した微細パターンの形成を安定して行うことができる。また、液体が停滞することがないので、バクテリアの発生を抑えることができる。

【0012】

また、液体の少なくとも一部が、第1配管部と第2配管部とを循環するようにしたので、液体の消費量を最小限に抑えつつ、液体の温度変化や不純物混入等を防止することができる。液浸領域の液体を介した微細パターンの形成を安定かつ低コストで行うことができる。

また、液体の温度を略一定に調整し、第1配管部に液体を供給する恒温槽を有するようにしたので、略一定温度の液体を液体供給部から基板上に供給することができ、露光光の屈折率の変化を抑えることができる。

また、第2配管部が、恒温槽に連結されるようにしたので、ランニングコストを抑えつつ、略一定温度の液体を基板上に供給することができ、露光光の屈折率の変化防止を低コストで防止することができる。

また、液体を精製する精製器を有するようにしたので、不純物の混入やバクテリアの発生のない液体を基板上に供給することができ、液浸領域の液体を介した微細パターンの形成を安定かつ確実にを行うことができる。

また、第2配管部が精製器に連結されるものでは、回収された液体が精製器内で精製されるようにしたので、循環する液体から不純物やバクテリアを排除することができ、液浸領域の液体を介した微細パターンの形成を安定かつ確実に、しかも低コストで行うことができる。

また、第1配管部と第2配管部とが、第1配管部の周囲に第2配管部が一体に形成された二重管であるようにしたので、簡単な構造でしかも低コストで、供給される液体の温度変化を抑えることができ、

また、液体供給部が、基板上に供給する液体の量を調整する絞り機構を有するようにしたので、基板上に供給する液体の量を適切に調整することができ、液浸領域の液体を介した微細パターンの形成を安定して行うことができる。

【0013】

第2の発明は、投影光学系と基板との間に液体を供給して液浸領域を形成し、供給された液体と投影光学系とを介してパターン像を基板上に投影して、基板を露光する露光方法において、液体を流動させるステップと、流動している液体の少なくとも一部を基板に供給するステップとを有するようにした。これにより、液体が配管部内で留まることがなくなり、液体の温度変化や不純物の混入が発生しづらくなるので、液浸領域の液体を介した

10

20

30

40

50

微細パターンの安定して行うことができる。

【0014】

また、液体の基板上への供給を停止し、液体の全てを流動させるステップを含むようにしたので、例えばウエハ交換時等に基板上への液体の供給を停止しても、液体の温度変化や不純物の混入が発生しづらくなり、ウエハ交換後に、液体の温度調整や不純物の排除を行う必要がなく、即時に露光処理を再開することが可能となる。

また、基板上へ供給されなかった液体を回収し、温度調整してから再度供給するステップを含むようにしたので、供給する液体の温度を略一定に維持しつつ、液体の使用量を最小限に抑えることができ、液浸領域の液体を介した微細パターンの形成を安定かつ低コストで行うことができる。

10

【0015】

第3の発明は、リソグラフィ工程を含むデバイスの製造方法において、リソグラフィ工程において第1の発明の露光装置を用いるようにした。これにより、温度が略一定に維持され、かつ不純物の混入やバクテリアの発生がない液体が用いられるので、歩留まりが向上し、微細パターンを備えたデバイスを安定かつ低コストに製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】露光装置の概略構成を示す模式図

【図2】液体供給機構の詳細を示す模式図

【図3A】液体供給機構及び液体回収機構の供給ノズル、回収ノズルの配置等を示す図

20

【図3B】液体供給機構及び液体回収機構の供給ノズル、回収ノズルの配置等を示す図

【図4】配管部の一部を二重管で構成した液体供給機構を示す模式図

【図5】液体供給機構の他の実施形態を示す模式図である。

【図6】半導体デバイスの製造工程を示す図である。

【符号の説明】

【0017】

11 超純水装置（精製器）

12 恒温槽

14a 往管（第1配管）

14b 復管（第2配管）

30

15 供給ノズル（液体供給部）

16 三方弁（絞り機構）

32a 内管（第1配管）

32b 外管（第2配管）

34 制御弁（絞り機構）

AR2 液浸領域

L 液体

W ウエハ（基板）

R レチクル（マスク）

PA パターン

40

PL 投影光学系

EX 露光装置

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

以下、本発明の露光装置、露光方法、デバイスの製造方法の実施形態について図を参照して説明する。

図1は本発明の露光装置の一実施形態を示す概略構成を示す模式図である。図1において、露光装置EXは、デバイスパターンPAが形成されたレチクル（マスク）Rを支持するレチクルステージRSTと、感光性材料であるフォトリソグラフィが塗布されたウエハ（基板）Wを支持するウエハステージWSTと、レチクルRを露光光ELで照明する照明光学

50

系 I L と、露光光 E L で照明されたレチクル R のパターン P A の像をウエハ W に投影露光する投影光学系 P L と、露光装置 E X 全体の動作を統括制御する制御装置 C O N T とを備える。

ここで、本実施形態では、露光装置 E X としてレチクル R とウエハ W とを走査方向における互いに異なる向き（逆方向）に同期移動しつつレチクル R に形成されたパターン P A をウエハ W に露光する走査型露光装置（所謂スキャニングステッパ）を使用する場合を例にして説明する。また、以下の説明において、投影光学系 P L の光軸 A X と一致する方向を Z 軸方向、Z 軸方向に垂直な平面内でレチクル R とウエハ W との同期移動方向（走査方向）を X 軸方向、Z 軸方向及び X 軸方向に垂直な方向（非走査方向）を Y 軸方向とする。更に、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。

【0019】

また、露光装置 E X 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大きくするために液浸法を適用した液浸型露光装置であって、ウエハ W 上に液体 L を供給する液体供給機構 10 と、ウエハ W 上の液体 L を回収する液体回収機構 40 とを備える。

そして、露光装置 E X は、少なくともレチクル R のパターン P A の像をウエハ W 上に転写している間は、液体供給機構 10 から供給した液体 L により投影光学系 P L の投影領域 A R 1（図 3 参照）を含むウエハ W 上の一部に液浸領域 A R 2 を形成する。具体的には、露光装置 E X は、投影光学系 P L の先端（下端）部の光学素子 2 とウエハ W の表面との間に液体 L を満たし、この投影光学系 P L とウエハ W との間の液体 L 及び投影光学系 P L を介してレチクル R のパターン P A の像をウエハ W 上に投影し、ウエハ W を露光する。なお、液体供給機構 10 から液浸領域 A R 2 に液体 L を供給するとともに、液体回収機構 40 により液浸領域 A R 2 の液体 L を回収することにより、液浸領域 A R 2 の液体 L は入れ替えが行われ、液体 L の汚染防止や温度管理等が厳密に行われる。

また、本実施形態において、液体 L には純水が用いられる。純水は、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）、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）、A r F エキシマレーザ光（波長 193 nm）等の真空紫外光（V U V 光）を透過可能である。

【0020】

照明光学系 I L はレチクルステージ R S T に支持されているレチクル R 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 によるレチクル R 上の照明領域をスリット状に設定する可変視野絞り等（いずれも不図示）を有している。そして、レチクル R 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 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 F₂ 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。本実施形態においては A r F エキシマレーザ光が用いられる。

【0021】

レチクルステージ R S T はレチクル R 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。レチクルステージ R S T は、制御装置 C O N T により制御されたりニアモータ等のレチクルステージ駆動部 51 により駆動される。

レチクルステージ R S T 上には移動鏡 52 が設けられる。また、移動鏡 52 に対向する位置にはレーザ干渉計 53 が設けられる。そして、レチクルステージ R S T 上のレチクル R の 2 次元方向の位置及び回転角は、レーザ干渉計 53 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。

そして、制御装置 C O N T はレーザ干渉計 53 の計測結果に基づいてレチクルステージ

10

20

30

40

50

駆動部 5 1 を駆動することでレチクルステージ R S T に支持されているレチクル R の位置決めを行う。

【 0 0 2 2 】

投影光学系 P L はレチクル R のパターン P A を所定の投影倍率 でウエハ W に投影露光するものであって、ウエハ W 側の先端部に設けられた光学素子 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 で支持される。本実施形態において、投影光学系 P L は、投影倍率 が例えば 1 / 4 あるいは 1 / 5 の縮小系である。なお、投影光学系 P L は等倍系及び拡大系のいずれでもよい。また、投影光学系 P L の先端部の光学素子 2 は鏡筒 P K に対して着脱（交換）可能に設けられており、光学素子 2 には液浸領域 A R₂ の液体 L が接触する。

10

光学素子 2 は螢石で形成される。螢石は水との親和性が高いので、光学素子 2 の液体接触面 2 a のほぼ全面に液体 L を密着させることができる。すなわち、光学素子 2 の液体接触面 2 a との親和性が高い液体（水）L を供給するようにしているので、光学素子 2 の液体接触面 2 a と液体 L との密着性が高く、光学素子 2 とウエハ W との間の光路を液体 L で確実に満たすことができる。なお、光学素子 2 は水との親和性が高い石英であってもよい。また光学素子 2 の液体接触面 2 a に親水化（親液化）処理を施して、液体 L との親和性をより高めるようにしてもよい。

【 0 0 2 3 】

ウエハステージ W S T はウエハ W を支持するものであって、ウエハ W をウエハホルダを介して保持する Z ステージ 6 2 と、Z ステージ 6 2 を支持する X Y ステージ 6 3 と、X Y ステージ 6 3 を支持するベース 6 4 とを備えている。ウエハステージ W S T は、制御装置 C O N T により制御されるリニアモータ等のウエハステージ駆動部 6 1 により駆動される。そして、ウエハステージ駆動部 6 1 は、Z ステージ 6 2 を駆動して、Z ステージ 6 2 に保持されているウエハ W の Z 軸方向における位置（フォーカス位置）、及び X、Y 方向における位置決めを行う。

20

また、ウエハステージ駆動部 6 1 は、X Y ステージ 6 3 を駆動することにより、ウエハ W 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）の位置決めを行う。なお、Z ステージと X Y ステージとを一体的に設け、6 自由度を有する X Y Z ステージとしてもよい。

ウエハステージ W S T（Z ステージ 6 2）上には移動鏡 6 5 が設けられ、移動鏡 6 5 に対向する位置にはレーザ干渉計 6 6 が設けられる。そして、ウエハステージ W S T 上のウエハ W の 2 次元方向の位置、及び回転角はレーザ干渉計 6 6 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。

30

そして、制御装置 C O N T はレーザ干渉計 6 6 の計測結果に基づいてウエハステージ駆動部 6 1 を駆動することでウエハステージ W S T に支持されているウエハ W の位置決めを行う。すなわち、制御装置 C O N T は、レーザ干渉計 6 6 の計測結果に基づいて、Z ステージ 6 2 は、ウエハ W のフォーカス位置及び傾斜角を制御してウエハ W 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 6 3 はウエハ W の X 軸方向及び Y 軸方向における位置決めを行う。

【 0 0 2 4 】

また、ウエハステージ W S T（Z ステージ 6 2）上には、ウエハ W を囲むように補助プレート 6 7 が設けられる。補助プレート 6 7 はウエハホルダに保持されたウエハ W の表面とほぼ同じ高さの平面を有している。なお、ウエハ W のエッジと補助プレート 6 7 との間には 1 ~ 2 mm 程度の間隙があるが、液体 L の表面張力によりその間隙に液体 L が流れ込むことはほとんどなく、ウエハ W の周縁近傍を露光する場合にも、補助プレート 6 7 により光学素子 2 の液体接触面 2 a の下に液体 L を保持することができる。

40

【 0 0 2 5 】

図 2 は、液体供給機構 1 0 の詳細を示す模式図である。

液体供給機構 1 0 は、所定の液体 L をウエハ W 上に供給するものであって、図 2 に示すように、液体 L を製造等する超純水装置 1 1 と、液体 L の温調を行う恒温槽 1 2、液体 L

50

を流動させるポンプ13、往管14aと復管14bを備えた配管部14、ウエハWの表面に近接して配置された複数の供給ノズル15、供給ノズル15からの液体Lの供給量を調整する三方弁16を備える。

超純水装置(精製器)11は、イオン交換装置11a、殺菌紫外線(UV)ランプ11b、ろ過装置11cを備え、液体(水)Lを製造する。恒温槽12は、超純水装置11から導入される液体Lの温度を所定の温度から約 ± 0.01 以内に収まるように温調する。ポンプ13は、恒温槽12によって所定の温度に調整された液体Lを配管部14(往管14a)に供給し、液体供給機構10全体に液体Lを流動させる。

往管14aは、一端をポンプ13に、他端を三方弁16に連結され、ポンプ13から供給された液体Lを三方弁16まで導く。三方弁16には、更に復管14bと供給ノズル15とが連結されており、往管14aによって導かれた液体Lを復管14bと供給ノズル15とに分配する。復管14bは超純水装置11に連結されており、供給ノズル15に供給されなかった液体Lを超純水装置11まで導く。以上説明した超純水装置11、恒温槽12、ポンプ13、往管14a、三方弁16、復管14bを含んで液体供給機構10の循環流路が形成されている。

一方、三方弁16により供給ノズル15に供給された液体Lは、供給ノズル15によりウエハW上に供給される。三方弁16は、内蔵する弁の開放度を制御装置CONTの指令に基づいて変更し、供給ノズル15への液体Lの供給量を調整する。これによってウエハW上への液体Lの供給量を露光シーケンスに応じて変更し、あるいはウエハW交換中には供給を停止することもできる。

往管14aの三方弁16近傍には温度センサ17が設けられており、その温度センサ17はウエハW上へ供給直前の液体Lの温度を検出する。温度センサ17の検出結果は恒温槽12に送られ、恒温槽12は温度センサ17の検出結果に基づいてウエハW上への供給時における液体Lの温度が所定の温度になるように恒温槽12内の液体Lの温度を制御する。また、三方弁16によって往管14aを流れる液体Lの全てが復管14bに流され、供給ノズル15への供給が停止される場合であっても、温度センサ17によって流動する液体Lの温度を検出し恒温槽12によって温度調整を行っているので、供給ノズル15への供給を再開した場合に、所定の温度に調整された液体Lを直ちにウエハW上へ供給することができる。また配管部14のうち、少なくとも往管14aは断熱材に包まれる構成とされている。これによってウエハW上へ供給される液体Lの温度を高精度に調整することができる。

【0026】

図3Aおよび3Bは、液体供給機構10及び液体回収機構40の供給ノズル15、回収ノズル42の配置等を示す図であって、図3Aは側面図、図3Bは投影光学系PLの下端部をウエハW側から見た図である。

ウエハWの表面に近接して配置される供給ノズル15は、ウエハWの面方向において互いに異なる位置に設けられる。具体的には、図3Bに示すように、4つの供給ノズル15が液浸領域AR2に対して走査方向の両側(+X方向、-X方向)と非走査方向の両側(+Y方向、-Y方向)とにそれぞれ1つずつ配置される。

なお、液体供給機構10を構成する各部材のうち少なくとも液体Lが流通する部材には、例えばポリ四フッ化エチレン等の合成樹脂により形成される。これにより、液体Lに不純物が含まれることを抑制できる。

そして、液体供給機構10の液体供給動作は制御装置CONTにより制御され、制御装置CONTは超純水装置11、恒温層12、ポンプ13、三方弁16をそれぞれ制御することにより、液体供給機構10による液体Lの製造量、温度、ウエハW上に対する単位時間あたりの液体供給量等を制御可能である(図1参照)。

【0027】

図1に戻って、液体回収機構40はウエハW上の液体Lを回収するものであって、液体Lを回収可能な吸引装置41と、ウエハWの表面に近接して配置された複数の回収ノズル42、吸引装置41と複数の回収ノズル42を連結する配管部43等を備える。また、液

体回収機構40は、回収した液体Lを収容するタンク等を備えており、ウエハW上の液体Lを回収ノズル42を介して回収する。

ウエハWの表面に近接して配置された回収ノズル42は、供給ノズル15と同様に、ウエハWの面方向において互いに異なる位置に設けられる。具体的には、図3Bに示すように、回収ノズル42は液浸領域AR2に対して走査方向の両側(+X方向、-X方向)と非走査方向の両側(+Y方向、-Y方向)とにそれぞれ2つずつ配置され、それぞれの方向に配置される供給ノズル15を2つの回収ノズル42で挟むように配置される。供給ノズル15に比べて回収ノズル42の数を多くすることにより、液浸領域AR2の外側への液漏れを防止し、露光装置EXの不具合発生の防止を図っている。

なお、液体供給機構10と同様に、液体Lに不純物が含まれることを抑制するために、液体回収機構40を構成する各部材のうち少なくとも液体Lが流通する部材は、例えばポリ四フッ化エチレン等の合成樹脂により形成される。

そして、液体回収機構40の液体回収動作は制御装置CONTにより制御され、制御装置CONTは液体回収機構40による単位時間あたりの液体回収量が制御可能である。

【0028】

次に、上述した露光装置EXを用いてレチクルRのパターンPAの像をウエハWに露光する方法について説明する。

まず、レチクルRがレチクルステージRSTにロードされるとともに、ウエハWがウエハステージWSTにロードされると、走査露光処理を行うに際し、制御装置CONTは液体供給機構10を駆動し、ウエハW上に対する液体供給動作を開始する。

液体供給動作では、液体供給機構10の超純水装置11、恒温槽12、ポンプ13及び三方弁16を動作させて、液体Lを循環流路(配管部14)で流動(循環)させる。すなわち、超純水装置11により液体Lを製造し、恒温槽12により温度センサ17の検出結果に基づいて液体Lの温調を行い、更にポンプ13により所定の流速で液体Lを流動させる。そして、三方弁16により、液体Lの全てを配管部14の往管14aから復管14bに流通させる。これにより液体Lは、高度に温調された状態で循環流路(配管部14)を流動(循環)する。超純水装置11に還流した液体Lは、イオン交換装置11a、殺菌紫外線(UV)ランプ11b、ろ過装置11cを通過する際に再度精製されて、液体L内に混入した不純物やバクテリアが除去される。そして、恒温槽12によって再度温調され、再びポンプ13により往管14aに供給される。

次に、三方弁16を動作させて、供給ノズル15からウエハW上に液体Lを供給する。

これにより、投影光学系PLの下端部に配置された光学素子2の液体接触面2aの下に液浸領域AR2が形成される。なお、液浸領域AR2に供給する液体は、循環流路(配管部14)を流動する液体Lの全てであってもよいし、液体Lの一部であってもよい。そして、超純水装置11において新たな液体Lを製造して、ウエハW上に供給した分を補い、配管部14の往管14aに液体Lを導入し続ける。

更に、液浸領域AR2が形成された後も供給ノズル15からウエハW上に液体Lを供給し続ける。また、同時に液体回収機構40を動作させて、液浸領域AR2から液体Lが溢れ出さないように回収して、その状態を維持する。

このようにして、露光開始前に、液浸領域AR2が液体Lで満たされ、しかも常に温調され、かつ不純物等が排除された液体Lが供給、回収される。

【0029】

次に、各種の露光条件が設定された後に、制御装置CONTの管理の下で、レチクル顕微鏡及びオフアクシス・アライメントセンサ等(ともに不図示)を用いたレチクルアライメント、アライメントセンサのベースライン計測等の所定の準備作業が行われる。その後、アライメントセンサを用いたウエハWのファインアライメント(エンハンスト・グローバル・アライメント(EGA)等)が終了し、ウエハW上の複数のショット領域の配列座標が求められる。

ウエハWの露光のための準備作業が終了すると、制御装置CONTはアライメント結果に基づいてウエハW側のレーザ干渉計66の計測値をモニタしつつ、ウエハWのファース

10

20

30

40

50

トショット（第1番目のショット領域）の露光のための加速開始位置（走査開始位置）にウエハステージ駆動部61を駆動してウエハステージWSTを移動させる。

次いで、制御装置CONTはレチクルステージ駆動部51及びウエハステージ駆動部61を駆動して、レチクルステージRST及びウエハステージWSTとのX軸方向の走査を開始し、レチクルステージRST、ウエハステージWSTがそれぞれの目標走査速度に達すると、照明光学系ILから照射された露光光ELによってレチクルRのパターン領域を照射して、走査露光を開始する。

そして、レチクルRのパターン領域の異なる領域が露光光ELで逐次照明され、パターン領域全面に対する照明が完了することにより、ウエハW上のファーストショット領域に対する走査露光が終了する。これにより、レチクルRのパターンPAが投影光学系PL及び液体Lを介してウエハW上のファーストショット領域のレジスト層に縮小転写される。

このファーストショット領域に対する走査露光が終了すると、制御装置CONTにより、ウエハステージWSTがX、Y軸方向にステップ移動し、セカンドショット領域の露光のための加速開始位置に移動する。すなわち、ショット間ステップ動作が行われる。そして、セカンドショット領域に対して上述したような走査露光を行う。

このようにして、ウエハWのショット領域の走査露光と次ショット領域の露光のためのステップ動作とが繰り返し行われ、ウエハW上の全ての露光対象ショット領域にレチクルRのパターンPAが順次転写される。

また、ウエハWの露光にあたり、制御装置CONTは目標走査速度に応じて三方弁16の開放度を調整し、目標走査速度に応じた必要量だけ液体LをウエハW上に供給する。更に、ウエハWの走査方向およびステップ方向に応じて複数の三方弁16の中から適当な弁を選択して開閉を行う。

【0030】

ウエハWの露光処理が完了したら、液体供給機構10の三方弁16を動作して、ウエハW上への液体Lの供給を停止する。一方、超純水装置11、恒温槽12及びポンプ13の動作は維持する。したがって、液体供給機構10内の液体Lは、上述した循環流路（配管部14）内を流動（循環）し続ける。

また、液体回収機構40を動作させて、液浸領域AR2の全ての液体Lを回収する。

そして、液体Lの回収が完了した後は、ウエハWの交換が行われ、新たなウエハW上に液浸領域AR2を形成し、露光処理を開始する。

このような処理を繰り返すことにより、複数枚のウエハWの露光が行われる。

【0031】

ところで、上述したように、ウエハWの交換を行う際には、液体供給機構10からのウエハW上への液体Lの供給を停止する。このため、従来の露光装置の液体供給機構においては、恒温槽から供給ノズルまでの配管内に液体Lが滞留することになる。液体Lが滞留すると、外部からの影響を受け、温度が変化、不純物の混入、バクテリアの繁殖が生じる可能性がある。特に、保守点検のために、数時間に亘って、液体供給機構10からのウエハW上への液体Lの供給を停止した場合には、確実に温度変化等が生じる。

そのため、従来の露光装置では、液体供給機構10からのウエハW上への液体Lの供給を停止した後に、再度、液体Lの供給を再開して、新たなウエハW上に液浸領域AR2を形成する際には、恒温槽から供給ノズルまでの配管内に滞留した液体Lを処分する作業を行う必要が生じる。特に液体Lの汚染が激しい場合には、その処分に要する時間が長くなってしまい、露光装置の動作不能時間を長引かせてしまう。

【0032】

しかしながら、本実施形態の露光装置EXでは、液体供給機構10からのウエハW上への液体Lの供給を停止した際であっても、液体供給機構10内の液体Lが常に流動して、循環しており、しかも、その流路上に超純水装置11及び恒温槽12が配置されているので、液体Lが超純水装置11のイオン交換装置11a、殺菌紫外線（UV）ランプ11b、ろ過装置11cを通過する際に精製されて、液体L内に含有する不純物やバクテリアが除去される。更に、恒温槽12を複数回に亘って通過するので、均等に温調される。

このように、本実施形態の露光装置 E X によれば、液体供給機構 1 0 からのウエハ W 上への液体 L の供給を停止した際における、液体 L の温度変化や汚染が防止される。したがって、ウエハ交換等の後に、汚染された液体 L を処分する作業等を行うことなく、即時に液浸領域 A R 2 に形成を行い、露光処理を再開することができる。

【 0 0 3 3 】

以上説明したように、本実施形態の露光装置 E X によれば、投影光学系 P L の下端部に配置された光学素子 2 の液体接触面 2 a の下を常に温調された液体 L で満たすことができる。そして、液体 L が超純水であることから、ウエハ W 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、超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、ウエハ W の表面、及び光学素子 2 の液体接触面 2 a を洗浄する作用も期待できる。そして、波長が 1 9 3 n m 程度の露光光 E L に対する純水（水）の屈折率 n はほぼ 1 . 4 7 であるため、露光光 E L の光源として A r F エキシマレーザ光（波長 1 9 3 n m）を用いた場合には、ウエハ W 上では $1 / n$ 、すなわち約 1 3 1 n m に短波長化されて高い解像度が得られる。更に、焦点深度は空気中に比べて約 n 倍、すなわち約 1 . 4 7 倍に拡大されるため、空気中で使用する場合と同程度の焦点深度が確保できればよい場合には、投影光学系 P L の開口数をより増加させることができ、この点でも解像度が向上する。

【 0 0 3 4 】

図 4 は、配管部の一部を二重管で構成した液体供給機構 3 0 を示す模式図である。なお、液体供給機構 1 0 と同一の部材には、同一の符号を付し、説明を省略する。

図 4 に示すように、液体供給機構 3 0 の配管部 3 2 の一部は、内管 3 2 a と外管 3 2 b とを有する二重管で構成される。

そして、超純水装置 1 1 において製造された液体 L が、恒温槽 1 2 及びポンプ 1 3 を経て配管部 3 2 の内管 3 2 a に導入され、配管部 3 2 の先端部に至る流路（往路）と、配管部 3 2 の先端部から配管部 3 2 の外管 3 2 b に導入されて超純水装置 1 1 に戻る流路（復路）とからなる液体 L の循環流路が形成される。

また、配管部 3 2 の先端部には、制御弁（二方弁）3 4 を介して供給ノズル 1 5 が設けられ、制御弁 3 4 を開放することにより、循環流路（配管部 3 2）を流れる液体 L の一部或いは全てが供給ノズル 1 5 からウエハ W 上に放出（供給）される。

このように、本実施形態の液体供給機構 3 0 は、配管部 3 2 の一部を内管 3 2 a と外管 3 2 b とを有する二重管で構成し、しかも、内管 3 2 a を往路、外管 3 2 b を復路とする液体 L の循環流路を形成しているため、外管 3 2 b を流動する液体 L が断熱材として機能して、内管 3 2 a を流動する液体 L の温度変化を抑えることができる。特に、断熱材として機能する液体 L が流動しているため、断熱効果が高く、しかも、特に液体 L に水を用いた場合には、比熱が高いので更に断熱効果が高くなる。なお、配管部 3 2 のうち二重管で構成されていない部分には、断熱材を巻き付ける等の処理を施すことが望ましい。

これにより、精製及び温調された液体 L を安定してウエハ W 上に供給することができ、液浸領域 A R 2 露光光 E L の波長変化が抑制され、微細なパターン P A をウエハ W 上に投影露光することが可能となる。

図 5 は、液体供給機構 3 0 の他の実施形態である液体供給機構 7 0 を示す模式図である。なお、液体供給機構 3 0 と同一の部材には同一の符号を付し、説明を省略する。

液体供給機構 7 0 は、供給ノズル 1 5 に第 2 温度センサ 1 8 が設けられており、この点で液体供給機構 3 0 と相違する。第 2 温度センサ 1 8 は、制御弁 3 4 通過後の液体 L の温度を、供給ノズル 1 5 からウエハ W 上に供給する直前に計測する。そして、第 2 温度センサ 1 8 の検出結果は恒温槽 1 2 に送られ、恒温槽 1 2 は温度センサ 1 7 と温度センサ 1 8 の何れか一方または両方の検出結果に基づいて恒温槽 1 2 内の液体 L の温度を制御する。

本実施形態における液体 L の温度制御について詳細に説明する。まず、制御弁 3 4 が開放され、内管 3 2 a を流れる液体 L の全部または一部がウエハ W 上に供給されている場合、恒温槽 1 2 は、第 2 温度センサ 1 8 の検出結果が所定の目標温度になるように液体 L の温度を制御する。このとき、同時に温度センサ 1 7 の検出結果を記憶しておく。あるいは

、第2温度センサ18の検出結果と温度センサ17の検出結果との差分を記憶してもよい。

次に、液体LのウエハW上への供給を停止するために制御弁34が閉じられ、内管32aを流れる液体Lの全部が外管32bに流れる場合、液体Lは供給ノズル15を通過せず、第2温度センサ18は流動中の液体Lの温度を検出できないので、第2温度センサ18の検出結果は液体Lの温度制御に適さない。そこで、恒温槽12は液体Lの温度制御に用いる温度センサを温度センサ17に切り換え、温度センサ17のみを用いて液体Lの温度を所定の目標温度に制御する。このとき、恒温槽12は、制御弁34を開放し第2温度センサ18を用いて液体Lの温度制御を行っていたときに温度センサ17で検出し記憶した温度を目標温度として用いる。または、液体Lの最終的な目標温度に記憶しておいた第2温度センサ18の検出結果と温度センサ17の検出結果との差分だけオフセットを乗せ、そのオフセットを加えた温度を目標温度としてもよい。

本実施形態の液体供給機構70は、第2温度センサ18を備えることにより、制御弁34を通過した後の液体Lの温度を検出することができるので、ウエハW上に供給する液体Lの温度をより厳密に制御することができる。また、液体供給機構70は制御弁34を挟んで2つの温度センサ（温度センサ17および第2温度センサ18）を有するので、制御弁34を閉じた場合であっても液体Lの温度を最適な温度に制御し続けることができ、その結果、次に制御弁34を開放したときに速やかに液体Lの温度を目標温度に制御することができる。

【0035】

なお、上述した実施の形態において示した動作手順、あるいは各構成部材の諸形状や組み合わせ等は一例であって、本発明の主旨から逸脱しない範囲においてプロセス条件や設計要求等に基づき種々変更可能である。本発明は、例えば以下のような変更をも含むものとする。

【0036】

上述した実施形態では、配管部14, 32の復管（外管）14b, 32b流動する液体Lを超純水装置11に戻す場合について説明したが、これに限らない。例えば、ウエハW上に供給されなかった液体Lを液体回収機構40或いは露光装置EXの外部に排出してもよい。

また、ウエハW上に供給されなかった液体Lを液体供給機構10, 30に戻す場合であっても、超純水装置11ではなく恒温槽12に戻してもよい。

なお、恒温槽12に戻す場合には、配管部14, 32の復管（外管）14b, 32bに液体L内の不純物を排除するフィルタや殺菌装置を設けた後に、恒温槽12に連結することが望ましい。

更に、ウエハW上に供給されなかった液体Lを超純水装置11や恒温槽12に戻す場合であっても、液体Lの所定量を液体回収機構40或いは露光装置EXの外部に排出してもよい。

また、上述した実施形態では露光装置EXが超純水装置11を備える例について説明したが、これに限られるものではなく、露光装置EXは半導体工場から超純水（液体L）の供給を受ける構成としてもよい。この場合であっても復管14b（外管32b）を流動する液体Lを超純水装置11に戻す構成とすることができる。あるいは復管14b（外管32b）を流動する液体Lを液体回収機構40に合流させる構成、または露光装置EX外に排出する構成とすることもできる。

また、上述した実施形態では恒温槽12のみで液体Lの温度調整を行う構成としたがこれに限られるものではなく、供給ノズル15近傍に別の温度調整装置を設けても構わない。この場合において、温度調整装置はヒーターとペルチェ素子とを供給ノズル15に配置し温度センサを組み合わせた構成とすることができる。

【0037】

また、供給ノズル15及び回収ノズル42の形状は、図3に示したように、先細り型の供給ノズル、扇型の回収ノズルの他、例えば、スリット状のノズル形状としてもよい。ま

10

20

30

40

50

た、供給ノズル15及び回収ノズル42の配置、数も適宜変更可能である。

【0038】

上述した実施形態では、投影光学系PLの先端に光学素子2としてレンズ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が、光学素子2としてはレンズより安価な平行平板とすることも可能である。

光学素子2を平行平板とすることにより、露光装置EXの運搬、組立、調整時等において投影光学系PLの透過率、ウエハW上での露光光EL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L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L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EL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L中の不純物の付着などに起因して液体L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

【0039】

また、液体Lの流れによって生じる投影光学系PLの先端の光学素子2とウエハWとの間の圧力が大きい場合には、その光学素子2を交換可能とするのではなく、光学素子2がその圧力によって動かないように堅固に固定してもよい。

20

【0040】

また、上述した実施形態では、液体Lとして水を用いた場合について説明したが、水以外の液体であってもよい、例えば、露光光ELの光源がF₂レーザである場合には、F₂レーザ光は水を透過しないので、液体LとしてはF₂レーザ光を透過可能な例えばフッ素系オイルや過フッ化ポリエーテル（PFPE）等のフッ素系流体であってもよい。この場合、液体L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ことが望ましい。

また、液体Lとしては、その他にも、露光光EL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PLやウエハW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Lの極性に依りて行われる。

30

【0041】

また、ウエハW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等が適用される。

【0042】

露光装置EXとしては、レチクルとウエハとを同期移動してレチクルのパターンを走査露光するステップ・アンド・スキャン方式の走査型露光装置（スキャニングステッパ）の他に、レチクルとウエハとを静止した状態でレチクルのパターンを一括露光し、ウエハ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、本発明はウエハ上で少なくとも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。

40

【0043】

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。

【0044】

露光装置EXの種類としては、ウエハ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。

50

【 0 0 4 5 】

また、ウエハステージやレチクルステージにリニアモータを用いる場合は、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いい。また、ステージは、ガイドに沿って移動するタイプでもいいし、ガイドを設けないガイドレスタイプでもよい。さらに、ステージの駆動装置として平面モータを用いる場合、磁石ユニット（永久磁石）と電機子ユニットのいずれか一方をステージに接続し、磁石ユニットと電機子ユニットの他方をステージの移動面側（ベース）に設ければよい。

【 0 0 4 6 】

ウエハステージの移動により発生する反力は、特開平 8 - 1 6 6 4 7 5 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。

【 0 0 4 7 】

レチクルステージの移動により発生する反力は、特開平 8 - 3 3 0 2 2 4 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。

【 0 0 4 8 】

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、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、レチクルのパターンからは、 S 偏光成分（ラインパターンの長手方向に沿った偏光方向成分）の回折光が多く射出されるようにするとよい。投影光学系とウエハ W 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、投影光学系とウエハ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 を超えるような場合でも高い結像性能を得ることができる。また、位相シフトマスクや特開平 6 - 1 8 8 1 6 9 号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（特にダイポール照明法）などを適宜組み合わせるとより効果的である。

また、レチクルのラインパターンの長手方向に合わせた直線偏光照明（ S 偏光照明）だけでなく、特開平 6 - 5 3 1 2 0 号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、レチクルのパターンが所定の一方方向に延びるラインパターンだけでなく、複数の異なる方向に延びるラインパターンが混在する場合には、同じく特開平 6 - 5 3 1 2 0 号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。

【 0 0 4 9 】

また、本発明が適用される露光装置は、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。

【 0 0 5 0 】

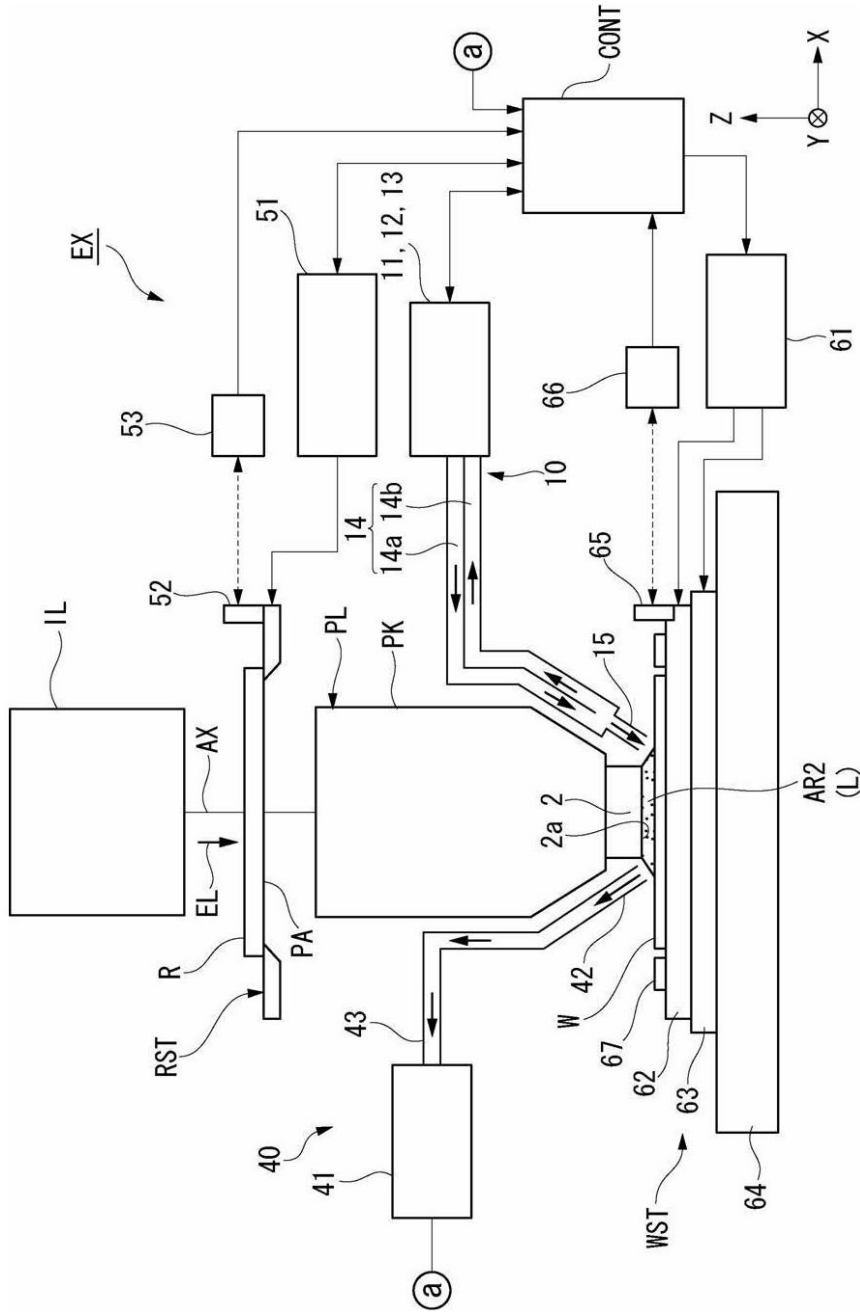
また、半導体デバイスは、図 6 に示すように、デバイスの機能・性能設計を行う工程 201、この設計ステップに基づいたマスク（レチクル）を製作する工程 202、シリコン材料からウエハを製造する工程 203、前述した実施形態の露光装置によりレチクルのパターンをウエハに露光リソグラフィ工程を含むウエハ処理工程 204、デバイス組み立て工程（ダイシング工程、ボンディング工程、パッケージ工程を含む）205、検査工程 206 等を経て製造される。

【産業上の利用可能性】

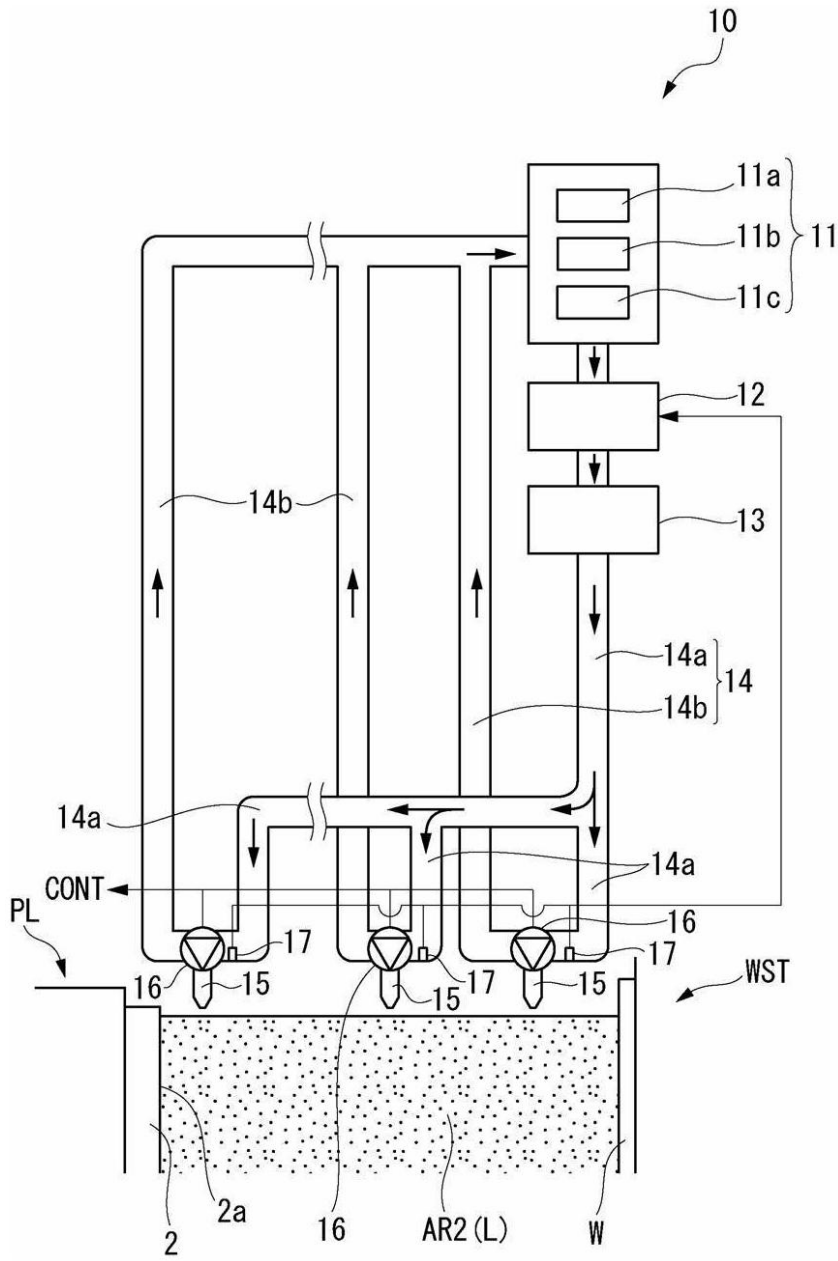
【0051】

ウエハ交換時等に、液体が配管部内で留まることがなくなり、液体の温度変化や不純物の混入が発生しづらくなる。また液体の消費量を最小限に抑えつつ、液体の温度変化や不純物混入等を防止することができる。また、略一定温度の液体を液体供給部から基板上に供給することができる。

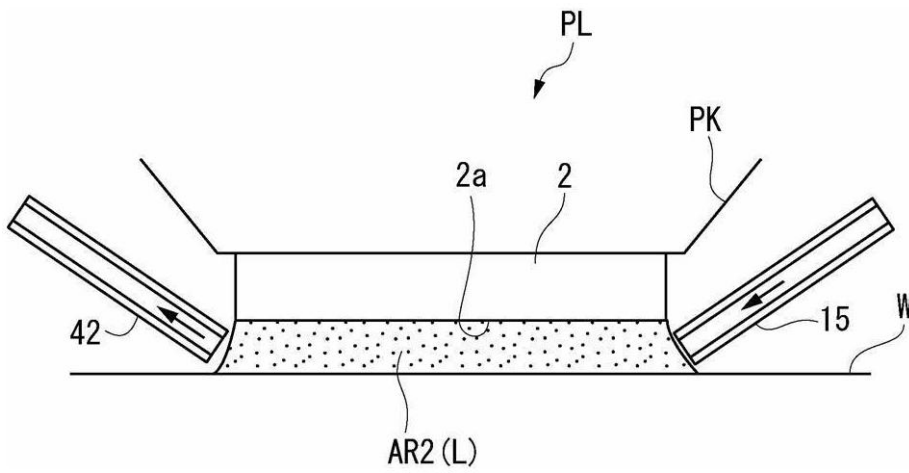
【 図 1 】



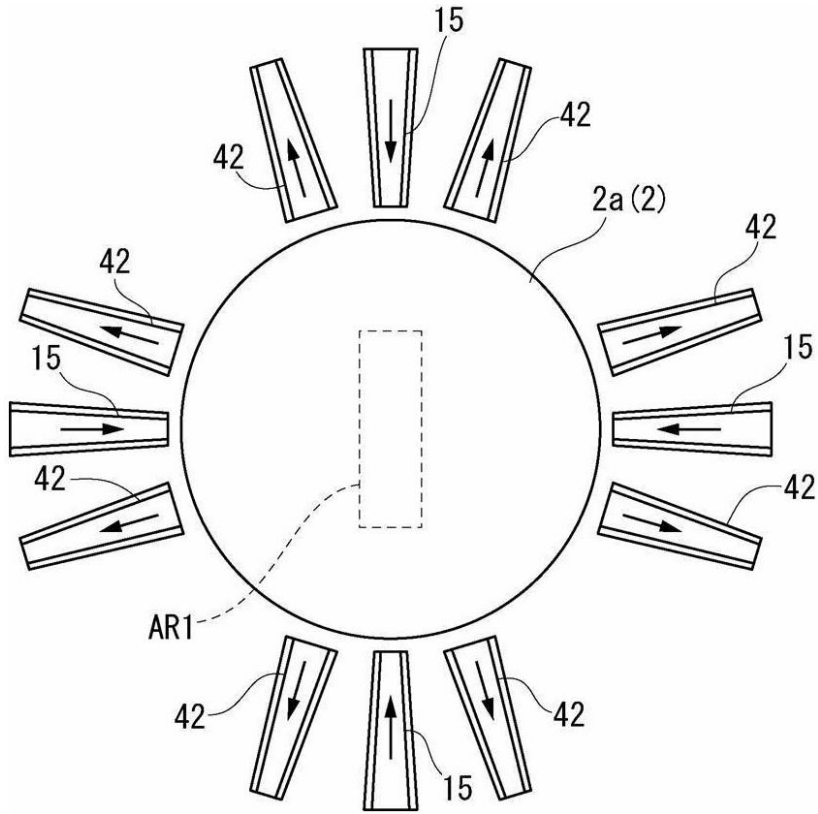
【 図 2 】



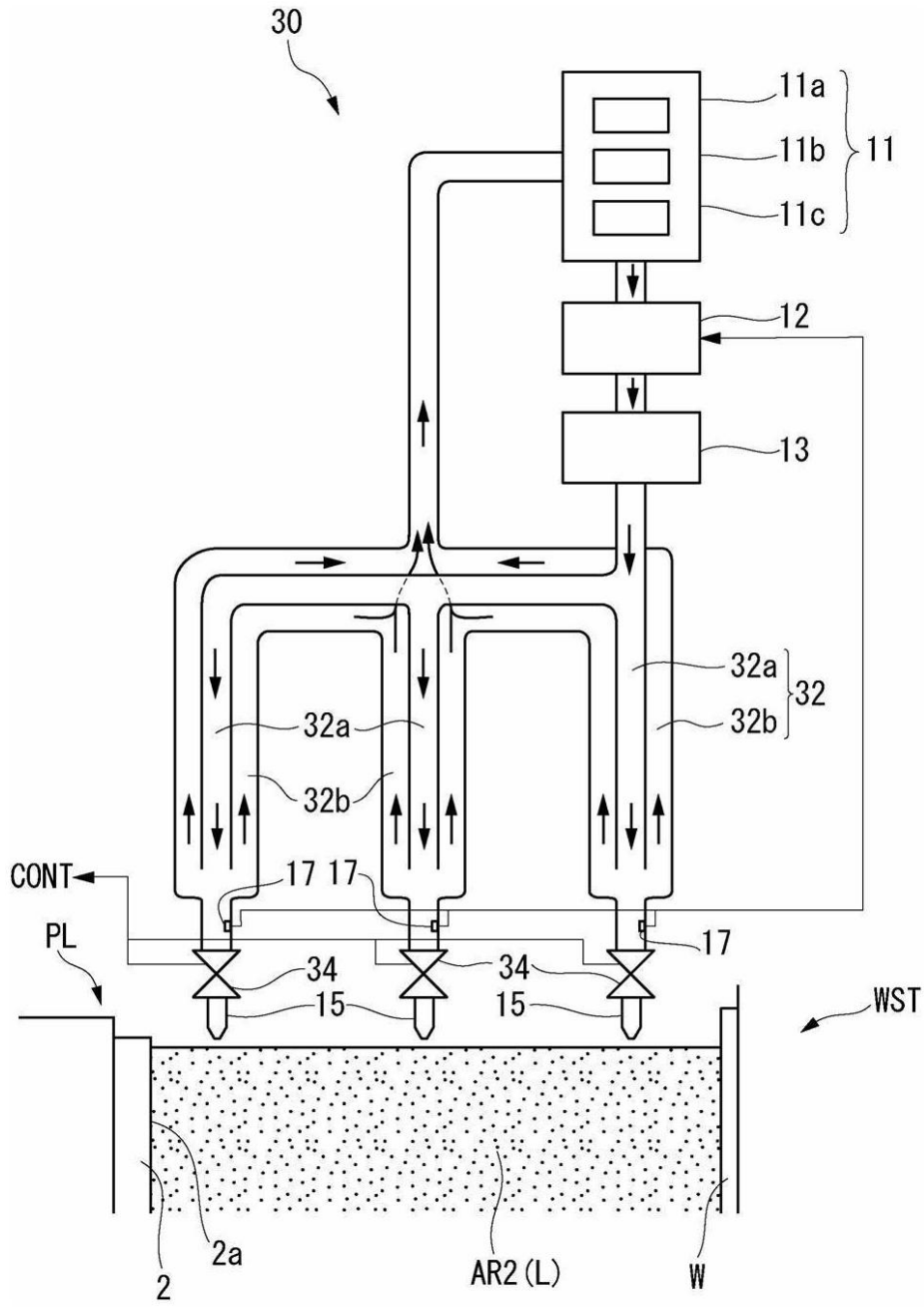
【 図 3 A 】



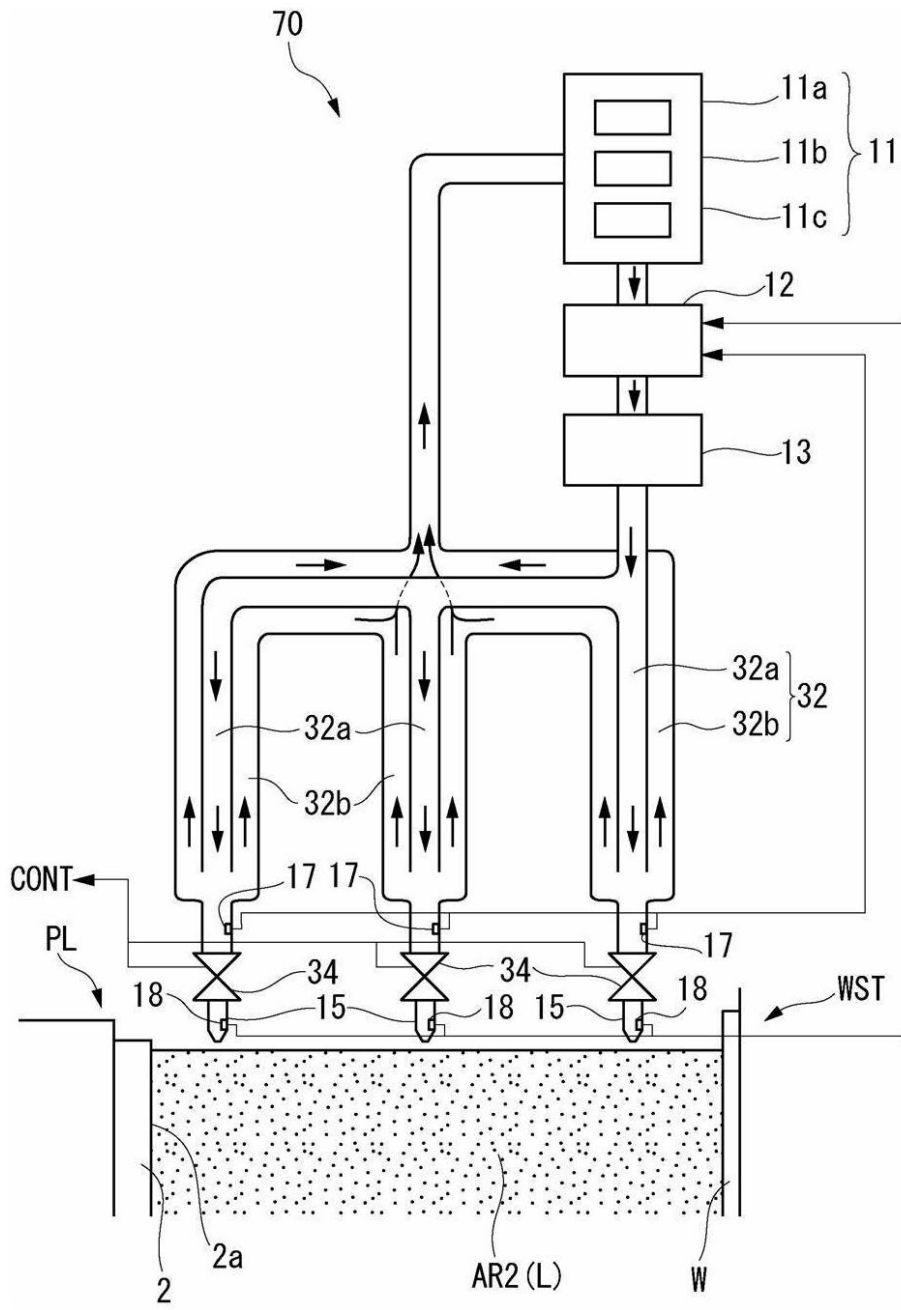
【図3B】



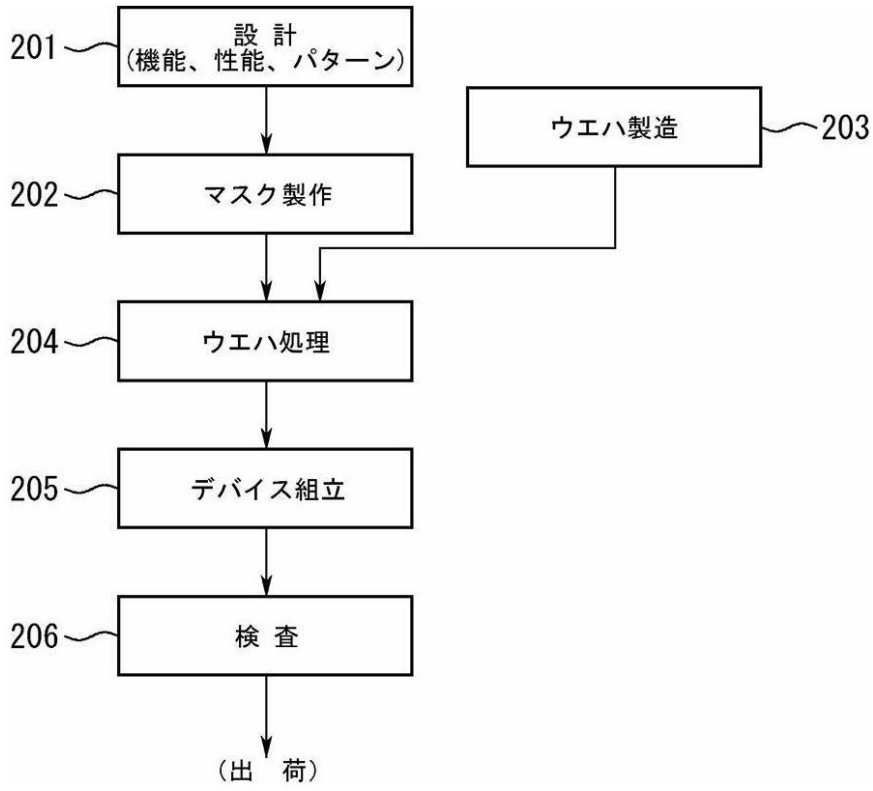
【 図 4 】



【 図 5 】



【図6】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B名)

H01L 21/027