

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

投影光学系と液体とを介したパターンの像によって露光された基板を搬送する基板搬送装置において、

前記基板に残留した前記液体を検出可能な液体検出器を備え、

前記液体検出器は、前記基板の露光前における基板表面に関する第 1 情報と、前記基板の露光後における基板表面に関する第 2 情報とを比較して、前記残留液体を検出する基板搬送装置。

【請求項 2】

前記液体検出器の検出結果に基づいて、前記基板に対する液体除去動作を行うか否かを判定する判定装置を有する請求項 1 記載の基板搬送装置。

10

【請求項 3】

前記基板に残留した液体を除去する除去装置を有する請求項 1 記載の基板搬送装置。

【請求項 4】

前記除去装置は、前記液体検出器の検出結果に基づいて、前記基板に残留した液体を除去する除去条件を設定する請求項 3 記載の基板搬送装置。

【請求項 5】

前記除去条件は、前記液体を除去するために必要な時間を含む請求項 4 記載の基板搬送装置。

【請求項 6】

前記液体検出器は、前記基板に液体が残留しているか否かを検出する請求項 1 ~ 5 のいずれか一項記載の基板搬送装置。

20

【請求項 7】

前記第 1 情報は、前記基板の露光前における前記基板表面を撮像した撮像情報であり、

前記第 2 情報は、前記基板の露光後における前記基板表面を撮像した撮像情報である請求項 1 ~ 6 記載の基板搬送装置。

【請求項 8】

前記第 1 情報は前記基板表面の反射率情報を含み、前記第 2 情報は前記基板表面の反射率情報と前記液体の反射率情報とを含む請求項 1 ~ 7 のいずれか一項記載の基板搬送装置。

30

【請求項 9】

前記液体検出器は、前記基板の露光後における前記基板表面に対して検出光を照射する照射部と、前記基板表面で反射した前記検出光を受光する受光部とを有する請求項 1 ~ 8 のいずれか一項記載の基板搬送装置。

【請求項 10】

投影光学系と液体とを介したパターンの像によって露光された基板を搬送する基板搬送装置において、

前記基板に残留した前記液体を検出可能な液体検出器を備え、

前記液体検出器は、前記基板の裏面の液体が付着しているか否かを検出する基板搬送装置。

40

【請求項 11】

前記検出結果に基づいて、前記基板の裏面に付着している液体の除去を行う請求項 9 記載の基板搬送装置。

【請求項 12】

投影光学系と液体とを介してパターンの像を基板に投影して、前記基板を露光する露光装置において、

請求項 1 ~ 11 のいずれか一項記載の基板搬送装置を用いて、前記露光された基板を搬送する露光装置。

【請求項 13】

投影光学系と液体とを介したパターンの像によって露光された基板を搬送する基板搬送

50

方法において、

前記露光された基板を搬送することと、

前記露光された基板上の残留液体を検出することと、を含み、

前記残留液体の検出は、前記基板の露光前における前記基板表面と前記基板の露光後における前記基板表面とを比較して行う基板搬送方法。

【請求項 14】

前記検出結果に基づいて、前記基板に対する液体除去動作を行うか否かを判定することをさらに含む請求項 13 記載の基板搬送方法。

【請求項 15】

前記基板に残留した液体を除去することをさらに含む請求項 13 記載の基板搬送方法。

10

【請求項 16】

前記検出結果に基づいて、前記基板に残留した液体を除去する除去条件を設定することをさらに含む請求項 13 記載の基板搬送方法。

【請求項 17】

前記残留液体の検出は、前記基板の露光後における前記基板表面に対して検出光を照射するとともに、前記基板表面で反射した前記検出光を受光し、前記受光結果に基づいて行う請求項 13 ~ 16 のいずれか一項記載の基板搬送方法。

【請求項 18】

投影光学系と液体とを介したパターンの像によって露光された基板を搬送する基板搬送方法において、

20

前記露光された基板を搬送することと、

前記露光された基板上の残留液体を検出することと、を含み、

前記残留液体の検出は、前記基板の裏面に付着している液体の検出を含む基板搬送方法

【請求項 19】

前記検出結果に基づいて、前記基板の裏面に付着している液体の除去を行う請求項 18 記載の基板搬送方法。

【請求項 20】

露光方法において、

投影光学系と液体とを介してパターンの像を基板に投影して、前記基板を露光することと、

30

請求項 13 ~ 19 のいずれか一項記載の基板搬送方法を用いて、前記露光された基板を搬送することと、を含む露光方法。

【請求項 21】

請求項 20 記載の露光方法を用いるデバイス製造方法。

【請求項 22】

デバイス製造に用いられる装置であって、

液浸露光後の基板を搬送する基板搬送装置と、

前記液浸露光後の前記基板の現像処理前に、前記液浸露光後の前記基板上に残留する液体を検出可能な液体検出器とを備え、

40

前記液体検出器は、前記液浸露光後の前記基板の表面情報と、前記液浸露光前の前記基板の表面情報と比較することによって、前記残留液体を検出するデバイス製造装置。

【請求項 23】

前記液体検出器の検出結果に基づいて、前記除去装置で液体除去動作を行うか否かが判定される請求項 22 記載の装置。

【請求項 24】

デバイス製造に用いられる装置であって、

液浸露光後の基板を搬送する基板搬送装置と、

前記液浸露光後の前記基板の現像処理前に、前記液浸露光後の前記基板上に残留する液体を検出可能な液体検出器とを備え、

50

前記液体検出器は、前記基板の裏面に付着している液体を検出するデバイス製造装置。

【請求項 25】

前記液体検出器の検出結果に基づいて、前記基板に対する液体除去動作を行う請求項 22 ~ 24 のいずれか一項記載の装置。

【請求項 26】

前記液体検出器は、前記液浸露光後の前記基板の表面からの光を受光可能な受光部を有する請求項 22 ~ 25 のいずれか一項記載の装置。

【請求項 27】

前記液体検出器は、前記液浸露光後の前記基板の表面を撮像する撮像装置を含む請求項 26 記載の装置。

【請求項 28】

前記液体検出器は、前記液浸露光後の前記基板の表面に検出光を照射可能な照射部を有する請求項 26 又は 27 記載の装置。

【請求項 29】

投影光学系をさらに備え、

前記投影光学系と前記基板との間の液体を介して前記基板上にパターン像を投影することによって、前記基板の液浸露光を行う請求項 22 ~ 28 のいずれか一項記載の装置。

【請求項 30】

前記基板の露光中に、前記基板上から前記液体を回収する回収機構をさらに備え、

前記基板上の残留液体は、前記回収機構で回収しきれなかった液体を含む請求項 29 記載の装置。

【請求項 31】

前記基板の露光中に、前記基板を保持するステージをさらに備え、

前記液体検出器の検出動作は、前記液浸露光後の前記基板が前記ステージからアンロードされた後に行われる請求項 29 又は 30 記載の装置。

【請求項 32】

請求項 29 ~ 31 のいずれか一項に記載のデバイス製造装置を使って、基板の液浸露光を実行することと、

前記液浸露光後の前記基板の現像処理を実行することと、

を含むデバイス製造方法。

【請求項 33】

液体を介して基板上にパターン像を投影することによって前記基板の液浸露光を実行することと、

前記液浸露光後の前記基板の現像処理前に、前記液浸露光後の前記基板上に残留する液体を検出可能な液体検出器の検出動作を実行することと、を含み、

前記液体検出器は、前記液浸露光後の前記基板の表面情報を、前記液浸露光前の前記基板の表面情報と比較することによって、前記残留液体を検出する露光方法。

【請求項 34】

前記液体検出器の検出結果に基づいて、前記基板に対する液体除去動作を行うか否かを判定する請求項 33 記載の方法。

【請求項 35】

液体を介して基板上にパターン像を投影することによって前記基板の液浸露光を実行することと、

前記液浸露光後の前記基板の現像処理前に、前記液浸露光後の前記基板上に残留する液体を検出可能な液体検出器の検出動作を実行することと、を含み、

前記液体検出器は、前記液浸露光後の前記基板の裏面に付着している液体を検出する露光方法。

【請求項 36】

前記液浸露光後の前記基板から残留液体を除去することをさらに含む請求項 33 ~ 35 のいずれか一項記載の方法。

10

20

30

40

50

【請求項 37】

前記基板の露光中に前記基板上から液体を回収することをさらに含む請求項 33 ~ 36 のいずれか一項記載の方法。

【請求項 38】

前記基板をステージ上に保持することをさらに含み、

前記検出動作は、前記ステージから前記液浸露光後の液体をアンロードした後に行われる請求項 33 ~ 37 のいずれか一項記載の方法。

【請求項 39】

請求項 33 ~ 38 のいずれか一項に記載の露光方法を用いて基板の液浸露光を実行することと、

前記液浸露光された前記基板の現像処理を実行することと、を含むデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、液浸法により露光された基板を搬送する基板搬送装置及び基板搬送方法、露光装置及び露光方法、デバイス製造装置及びデバイス製造方法に関するものである。

本願は、2003年10月8日出願された特願2003-349550号に対し優先権を主張し、その内容をここに援用する。

【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、露光装置で使用す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、露光動作時のフォーカス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。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】国際公開第99/49504号パンフレット

【発明の概要】

10

20

30

40

50

【発明が解決しようとする課題】**【0005】**

ところで、液浸露光後の基板上に液体が残留していると、種々の不都合が発生する可能性がある。例えば液体を付着した状態のまま基板を現像処理すると現像むらを引き起こしたり、残留していた液体が気化した後に基板上に残存する付着跡（所謂ウォーターマーク）によって現像むらを引き起こす。このように液浸露光後の基板上に残留する液体を放置しておくでデバイスの欠陥を招くが、このような欠陥は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。

【0006】

本発明はこのような事情に鑑みてなされたものであって、液浸露光された基板上に残留する液体に起因するデバイスの劣化を防止できる基板搬送装置及び基板搬送方法、露光装置及び露光方法、デバイス製造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。

10

【課題を解決するための手段】**【0007】**

本発明の第1の態様に従えば、投影光学系と液体とを介したパターンの像によって露光された基板を搬送する基板搬送装置において、前記基板に残留した前記液体を検出可能な液体検出器を備え、前記液体検出器は、前記基板の露光前における基板表面に関する第1情報と、前記基板の露光後における基板表面に関する第2情報とを比較して、前記残留液体を検出する基板搬送装置が提供される。

【0008】

本発明の第2の態様に従えば、投影光学系と液体とを介したパターンの像によって露光された基板を搬送する基板搬送装置において、前記基板に残留した前記液体を検出可能な液体検出器を備え、前記液体検出器は、前記基板の裏面の液体が付着しているか否かを検出する基板搬送装置が提供される。

20

【0009】

本発明の第3の態様に従えば、投影光学系と液体とを介してパターンの像を基板に投影して、前記基板を露光する露光装置において、第1、第2の態様の基板搬送装置を用いて、前記露光された基板を搬送する露光装置が提供される。

【0010】

本発明の第4の態様に従えば、投影光学系と液体とを介したパターンの像によって露光された基板を搬送する基板搬送方法において、前記露光された基板を搬送することと、前記露光された基板上の残留液体を検出することと、を含み、前記残留液体の検出は、前記基板の露光前における前記基板表面と前記基板の露光後における前記基板表面とを比較して行う基板搬送方法が提供される。

30

【0011】

本発明の第5の態様に従えば、投影光学系と液体とを介したパターンの像によって露光された基板を搬送する基板搬送方法において、前記露光された基板を搬送することと、前記露光された基板上の残留液体を検出することと、を含み、前記残留液体の検出は、前記基板の裏面に付着している液体の検出を含む基板搬送方法が提供される。

【0012】

本発明の第6の態様に従えば、露光方法において、投影光学系と液体とを介してパターンの像を基板に投影して、前記基板を露光することと、請求項13～19のいずれか一項記載の基板搬送方法を用いて、前記露光された基板を搬送することと、を含む露光方法が提供される。

40

【0013】

本発明の第7の態様に従えば、第5の態様の露光方法を用いるデバイス製造方法が提供される。

【0014】

本発明の第8の態様に従えば、デバイス製造に用いられる装置であって、液浸露光後の基板を搬送する基板搬送装置と、前記液浸露光後の前記基板の現像処理前に、前記液浸露

50

光後の前記基板上に残留する液体を検出可能な液体検出器とを備え、前記液体検出器は、前記液浸露光後の前記基板の表面情報と、前記液浸露光前の前記基板の表面情報と比較することによって、前記残留液体を検出するデバイス製造装置が提供される。

【0015】

本発明の第9の態様に従えば、デバイス製造に用いられる装置であって、液浸露光後の基板を搬送する基板搬送装置と、前記液浸露光後の前記基板の現像処理前に、前記液浸露光後の前記基板上に残留する液体を検出可能な液体検出器とを備え、前記液体検出器は、前記基板の裏面に付着している液体を検出するデバイス製造装置が提供される。

【0016】

本発明の第10の態様に従えば、第8、第9の態様のデバイス製造装置を使って、基板の液浸露光を実行することと、前記液浸露光後の前記基板の現像処理を実行することと、を含むデバイス製造方法が提供される。

【0017】

本発明の第11の態様に従えば、液体を介して基板上にパターン像を投影することによって前記基板の液浸露光を実行することと、前記液浸露光後の前記基板の現像処理前に、前記液浸露光後の前記基板上に残留する液体を検出可能な液体検出器の検出動作を実行することと、を含み、前記液体検出器は、前記液浸露光後の前記基板の表面情報を、前記液浸露光前の前記基板の表面情報と比較することによって、前記残留液体を検出する露光方法が提供される。

【0018】

本発明の第12の態様に従えば、液体を介して基板上にパターン像を投影することによって前記基板の液浸露光を実行することと、前記液浸露光後の前記基板の現像処理前に、前記液浸露光後の前記基板上に残留する液体を検出可能な液体検出器の検出動作を実行することと、を含み、前記液体検出器は、前記液浸露光後の前記基板の裏面に付着している液体を検出する露光方法が提供される。

【0019】

本発明の第13の態様に従えば、第11、第12の態様の露光方法を用いて基板の液浸露光を実行することと、前記液浸露光された前記基板の現像処理を実行することと、を含むデバイス製造方法が提供される。

【発明の効果】

【0020】

本発明によれば、液体検出器の検出結果に基づいて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、所望の性能を有するデバイスを製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】本発明の露光装置としてのデバイス製造システムの一実施形態を示す概略構成図である。

【図2】図1を上方から見た図である。

【図3】露光処理を行う露光装置本体の一実施形態を示す概略構成図である。

【図4】供給ノズル及び回収ノズルの配置例を示す図である。

【図5】液体除去システムの一実施形態を示す概略構成図である。

【図6】本発明の露光方法の一実施形態を示すフローチャート図である。

【図7】本発明に係る液体検出器の別の実施形態を示す側面図である。

【図8】図7の平面図である。

【図9】基板上に液体検出用の検出光が照射されている様子を示す図である。

【図10】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。

【発明を実施するための形態】

【0022】

以下、本発明の実施形態について図面を参照しながら説明する。図1は本実施形態の露光装置を備えたデバイス製造システムの一実施形態を示す図であって側方から見た概略構

10

20

30

40

50

成図、図 2 は図 1 を上方から見た図である。

【 0 0 2 3 】

図 1、図 2 において、デバイス製造システム S Y S は、露光装置 E X - S Y S と、コータ・デベロッパ装置 C / D - S Y S (図 2 参照) とを備えている。露光装置 E X - S Y S は、コータ・デベロッパ装置 C / D - S Y S との接続部を形成するインターフェース部 I F (図 2 参照) と、投影光学系 P L と基板 P との間を液体 L Q で満たし、投影光学系 P L と液体 L Q とを介して、マスクに形成されたパターンを基板 P 上に投影して基板 P を露光する露光装置本体 E X と、インターフェース部 I F と露光装置本体 E X との間で基板 P を搬送する搬送システム H と、搬送システム H の搬送経路の途中に設けられ、基板 P の表面に付着した液体 L Q を除去する液体除去システム 1 0 0 と、搬送システム H の搬送経路の途中に設けられ、基板 P に付着した液体 L Q を検出する液体検出器を構成する撮像装置 8 0 と、露光装置 E X - S Y S 全体の動作を統括制御する制御装置 C O N T とを備えている。コータ・デベロッパ装置 C / D - S Y S は、露光処理される前の基板 P の基材に対してフォトレジスト (感光剤) を塗布する塗布装置 C と、露光装置本体 E X において露光処理された後の基板 P を現像処理する現像装置 (処理装置) D とを備えている。露光装置本体 E X はクリーン度が管理された第 1 チャンバ装置 C H 1 内部に配置されている。一方、塗布装置 C 及び現像装置 D は第 1 チャンバ装置 C H 1 とは別の第 2 チャンバ装置 C H 2 内部に配置されている。そして、露光装置本体 E X を収容する第 1 チャンバ装置 C H 1 と、塗布装置 C 及び現像装置 D を収容する第 2 チャンバ装置 C H 2 とは、インターフェース部 I F を介して接続されている。ここで、以下の説明において、第 2 チャンバ装置 C H 2 内部に収容されている塗布装置 C 及び現像装置 D を合わせて「コータ・デベロッパ本体 C / D」と適宜称する。

10

20

【 0 0 2 4 】

図 1 に示すように、露光装置本体 E X は、露光光 E L でマスクステージ M S T に支持されているマスク M を照明する照明光学系 I L と、露光光 E L で照明されたマスク M のパターンの像を基板 P 上に投影する投影光学系 P L と、基板 P を支持する基板ステージ P S T とを備えている。また、本実施形態における露光装置本体 E X は、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 (所謂スキャニングステッパ) である。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) 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。

30

【 0 0 2 5 】

搬送システム H は、露光処理される前の基板 P を基板ステージ P S T に搬入 (ロード) する第 1 アーム部材 H 1 と、露光処理された後の基板 P を基板ステージ P S T から搬出 (アンロード) する第 2 アーム部材 H 2 とを備えている。塗布装置 C から搬送された露光処理前の基板 P はインターフェース部 I F を介して第 3 アーム部材 H 3 に渡される。第 3 アーム部材 H 3 は、基板 P をプリアライメント部 P A L に渡す。プリアライメント部 P A L は、基板ステージ P S T に対して基板 P の大まかな位置合わせを行う。撮像装置 8 0 はプリアライメント部 P A L の上方に設けられており、プリアライメント部 P A L は撮像装置 8 0 の撮像領域 (撮像視野) 内に配置される。また、撮像装置 8 0 ' は、基板ステージ P S T と保持テーブル H T との間における露光処理後の基板 P の搬送経路の上方に設けられる。プリアライメント部 P A L で位置合わせされた基板 P は第 1 アーム部材 H 1 によって基板ステージ P S T にロードされる。露光処理を終えた基板 P は第 2 アーム部材 H 2 によって基板ステージ P S T よりアンロードされる。第 2 アーム部材 H 2 は露光処理後の基板 P を、その基板 P の搬送経路の途中に設けられた保持テーブル H T に渡す。保持テーブル H T は、液体除去システム 1 0 0 の一部を構成するものであって、渡された基板 P を一時

40

50

保持する。保持テーブル H T はカバー部材 7 0 内部に配置されており、カバー部材 7 0 には、搬送される基板 P を通過させるための開口部 7 1、7 2 が設けられている。開口部 7 1、7 2 にはシャッタ部 7 1 A、7 2 A が設けられており、開口部 7 1、7 2 を開閉する。保持テーブル H T は基板 P を保持して回転可能であって、その保持テーブル H T の回転によって向きを変えられた基板 P は、第 4 アーム部材 H 4 に保持され、インターフェース部 I F まで搬送される。インターフェース部 I F に搬送された基板 P は現像装置 D に渡される。現像装置 D は渡された基板 P に対して現像処理を施す。

【0026】

そして、第 1 ~ 第 4 アーム部材 H 1 ~ H 4、プリアライメント部 P A L、撮像装置 8 0、及び保持テーブル H T も第 1 チャンバ装置 C H 1 内部に配置されている。ここで、第 1、第 2 チャンバ装置 C H 1、C H 2 それぞれのインターフェース部 I F と対面する部分には開口部及びこの開口部を開閉するシャッタが設けられている。基板 P のインターフェース部 I F に対する搬送動作中にはシャッタが開放される。

【0027】

撮像装置 8 0 は、プリアライメント部 P A L に保持された基板 P の表面を撮像するものである。撮像装置 8 0 の撮像結果は制御装置 C O N T に出力され、制御装置 C O N T は撮像装置 8 0 の撮像結果に基づいて基板 P の表面情報を求める。

【0028】

撮像装置 8 0 ' は、保持テーブル H T に搬送される前に、露光処理後の基板 P の表面を撮像するものである。撮像装置 8 0 ' の撮像結果は制御装置 C O N T に出力され、制御装置 C O N T は撮像装置 8 0 ' の撮像結果に基づいて基板 P の表面情報を求める。

【0029】

第 1 アーム部材 H 1 は露光処理される前の液体 L Q が付着していない基板 P を保持して基板ステージ P S T にロードする。一方、第 2 アーム部材 H 2 は液浸露光処理された後の液体 L Q が付着している可能性のある基板 P を保持して基板ステージ P S T よりアンロードする。このように、液体 L Q が付着していない基板 P を搬送する第 1 アーム部材 H 1 と、液体 L Q が付着している可能性のある基板 P を搬送する第 2 アーム部材 H 2 とを使い分けているので、第 1 アーム部材 H 1 には液体 L Q が付着することなく、基板ステージ P S T にロードされる基板 P の裏面などへの液体 L Q の付着を防止することができる。したがって、基板ステージ P S T の基板ホルダが基板 P を真空吸着保持する構成であっても、基板ホルダの吸着穴を介して真空ポンプなどの真空系に液体 L Q が浸入する不都合の発生を防止することができる。図 1 に示すように、第 2 アーム部材 H 2 の搬送経路は、第 1 アーム部材 H 1 の搬送経路の下方に設けられているため、基板 P の表面や裏面に付着した液体 L Q が、第 1 アーム部材 H 1 が保持する露光前の基板 P に付着する可能性が少ない。

【0030】

図 3 は、露光装置本体 E X の概略構成図である。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 F ₂ レーザ光 (波長 1 5 7 n m) 等の真空紫外光 (V U V 光) などが用いられる。本実施形態では、A r F エキシマレーザ光を用いた場合を例に挙げて説明する。

【0031】

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 上には移動鏡 5 6 が設けられ、移動鏡 5 6 に対向する位置にはレーザ干渉計 5 7 が設けられている。マスク M を保持したマスクステージ M S T 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。

【 0 0 3 2 】

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（レンズやミラー）で構成されており、これら光学素子は鏡筒 P K 内に收容されている。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）2 が鏡筒 P K より露出している。この光学素子 2 は鏡筒 P K に対して着脱（交換）可能に設けられている。

10

【 0 0 3 3 】

光学素子 2 は蛍石で形成されている。蛍石は純水との親和性が高いので、光学素子 2 の先端面（液体接触面）2 a のほぼ全面に液体 L Q を密着させることができる。すなわち、本実施形態においては光学素子 2 の液体接触面 2 a との親和性が高い液体（水）L Q 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 Q との密着性が高い。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 Q との親和性をより高めるようにしてもよい。

20

【 0 0 3 4 】

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 3 5 】

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 3 6 】

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 の光学素子 2 の先端面 2 a との間に所定の液体 L Q が満たされる。上述したように、投影光学系 P L の先端側には光学素子 2 が露出しており、液体 L Q は光学素子 2 の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

50

て、液体 L Q 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 248 nm）等の遠紫外光（D U V 光）とした場合にも、この露光光 E L を透過可能である。

【0037】

露光装置本体 E X は、投影光学系 P L の光学素子 2 の先端面 2 a と基板 P との間に液体 L Q を供給する液体供給機構 10 と、基板 P 上の液体 L Q を回収する液体回収機構 20 とを備えている。液体供給機構 10 は、基板 P 上に液浸領域 A R 2 を形成するために所定の液体 L Q を供給するものであって、液体 L Q を送出可能な液体供給装置 11 と、液体供給装置 11 に供給管 12 を介して接続され、この液体供給装置 11 から送出された液体 L Q を基板 P 上に供給する供給口を有する供給ノズル 13 とを備えている。供給ノズル 13 は基板 P の表面に近接して配置されている。

10

【0038】

液体供給装置 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おり、供給管 12 及び供給ノズル 13 を介して基板 P 上に液体 L Q を供給する。また、液体供給装置 11 の液体供給動作は制御装置 C O N T により制御され、制御装置 C O N T は液体供給装置 11 による基板 P 上に対する単位時間あたりの液体供給量を制御可能である。また、液体供給装置 11 は液体 L Q の温度調整機構を有しており、装置が収容されるチャンバ内の温度とほぼ同じ温度（例えば 23℃）の液体 L Q を基板 P 上に供給するようになっている。

20

【0039】

液体回収機構 20 は基板 P 上の液体 L Q を回収するものであって、基板 P の表面に接触することなく、近接して配置された回収ノズル 23 と、この回収ノズル 23 に回収管 22 を介して接続された液体回収装置 21 とを備えている。液体回収装置 21 は例えば真空ポンプ等の真空系（吸引装置）及び回収した液体 L Q を収容するタンク等を備えており、基板 P 上の液体 L Q を回収ノズル 23 及び回収管 22 を介して回収する。液体回収装置 21 の液体回収動作は制御装置 C O N T により制御され、制御装置 C O N T は液体回収装置 21 による単位時間あたりの液体回収量を制御可能である。

【0040】

走査露光時には、投影光学系 P L の先端の光学素子 2 の直下の投影領域 A R 1 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 $\frac{1}{M}$ ・ V（ $\frac{1}{M}$ 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 のステッピ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 の移動方向に沿って液体 L Q を流すように設定されている。

30

【0041】

図 4 は、投影光学系 P L の投影領域 A R 1 と、液体 L Q を X 軸方向に供給する供給ノズル 13（13 A ~ 13 C）と、液体 L Q を回収する回収ノズル 23（23 A、23 B）との位置関係を示す図である。図 4 において、投影光学系 P L の投影領域 A R 1 の形状は Y 軸方向に細長い矩形状となっており、その投影領域 A R 1 を X 軸方向に挟むように、+ X 方向側に 3 つの供給ノズル 13 A ~ 13 C が配置され、- X 方向側に 2 つの回収ノズル 23 A、23 B が配置されている。そして、供給ノズル 13 A ~ 13 C は供給管 12 を介して液体供給装置 11 に接続され、回収ノズル 23 A、23 B は回収管 22 を介して液体回収装置 21 に接続されている。また、供給ノズル 13 A ~ 13 C と回収ノズル 23 A、23 B とをほぼ 180° 回転した位置関係で、供給ノズル 15 A ~ 15 C と、回収ノズル 25 A、25 B とが配置されている。供給ノズル 13 A ~ 13 C と回収ノズル 25 A、25 B とは Y 軸方向に交互に配列され、供給ノズル 15 A ~ 15 C と回収ノズル 23 A、23 B とは Y 軸方向に交互に配列され、供給ノズル 15 A ~ 15 C は供給管 14 を介して液体

40

50

供給装置 11 に接続され、回収ノズル 25A、25B は回収管 24 を介して液体回収装置 21 に接続されている。

【0042】

そして、矢印 Xa 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 12、供給ノズル 13A ~ 13C、回収管 22、及び回収ノズル 23A、23B を用いて、液体供給装置 11 及び液体回収装置 21 により液体 LQ 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 12 及び供給ノズル 13（13A ~ 13C）を介して液体供給装置 11 から液体 LQ が基板 P 上に供給されるとともに、回収ノズル 23（23A、23B）及び回収管 22 を介して液体 LQ が液体回収装置 21 に回収され、投影光学系 PL と基板 P との間を満たすように -X 方向に液体 LQ が流れる。一方、矢印 Xb 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 14、供給ノズル 15A ~ 15C、回収管 24、及び回収ノズル 25A、25B を用いて、液体供給装置 11 及び液体回収装置 21 により液体 LQ 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 14 及び供給ノズル 15（15A ~ 15C）を介して液体供給装置 11 から液体 LQ が基板 P 上に供給されるとともに、回収ノズル 25（25A、25B）及び回収管 24 を介して液体 LQ が液体回収装置 21 に回収され、投影光学系 PL と基板 P との間を満たすように +X 方向に液体 LQ が流れる。このように、制御装置 CONT は、液体供給装置 11 及び液体回収装置 21 を用いて、基板 P の移動方向に沿って基板 P の移動方向と同一方向へ液体 LQ を流す。この場合、例えば液体供給装置 11 から供給ノズル 13 を介して供給される液体 LQ は基板 P の -X 方向への移動に伴って投影光学系 PL と基板 P との間に引き込まれるようにして流れるので、液体供給装置 11 の供給エネルギーが小さくても液体 LQ を投影光学系 PL と基板 P との間に容易に供給できる。そして、走査方向に応じて液体 LQ 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、投影光学系 PL と基板 P との間を液体 LQ 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。

【0043】

図 5 は、液体除去システム 100 を示す図である。液浸露光後の基板 P を保持した第 2 アーム部材 H2 は、保持テーブル HT を収容したカバー部材 70 の内部に開口部 71 より進入する。このとき制御装置 CONT はシャッタ部 71A を駆動して開口部 71 を開放している。一方、開口部 72 はシャッタ部 72A により閉じられている。そして、保持テーブル HT に基板 P を渡す前に、不図示の吹付ノズルが基板 P の裏面に気体を吹き付けて、その基板 P の裏面に付着している液体を除去する。次いで、第 2 アーム部材 H2 は基板 P を保持テーブル HT に渡す。保持テーブル HT は渡された基板 P を真空吸着保持する。

【0044】

カバー部材 70 内部には、液体除去システム 100 の一部を構成する吹付ノズル 103 が配置されており、吹付ノズル 103 には流路 105 を介して気体供給系 104 が接続されている。流路 105 には、基板 P に対して吹き付ける気体中の異物（ゴミやオイルミスト）を除去するフィルタが設けられている。そして、気体供給系 104 が駆動することにより、流路 105 を介して吹付ノズル 103 より所定の気体が基板 P の表面に吹き付けられ、基板 P の表面に付着している液体 LQ は吹き付けられた気体によって飛ばされて除去される。

【0045】

カバー部材 70 には、液体回収部 80 が回収管 81 を介して接続されている。回収管 81 にはその回収管 81 の流路を開閉するバルブ 82 が設けられている。基板 P から飛ばされた液体 LQ はカバー部材 70 に接続されている液体回収部 80 により回収される。液体回収部 80 はカバー部材 70 内部の気体を飛散した液体 LQ とともに吸引することで、基板 P から飛ばされた液体 LQ を回収する。ここで、液体回収部 80 は、カバー部材 70 内部の気体及び飛散した液体 LQ の吸引動作を継続的に行う。これにより、カバー部材 70 の内壁や底などカバー部材 70 内部に液体 LQ が留まらないので、カバー部材 70 内部の

湿度が大きく変動することはない。また、シャッタ部 71A、72A が開放されたときにも、カバー部材 70 内の湿った気体がカバー部材 70 の外へ流れ出ることもない。

【0046】

なお、本実施形態において、液体除去システム 100 は基板 P に対して気体を吹き付けることで液体 LQ を除去するが、例えば基板 P に付着している液体 LQ を吸引したり、乾燥気体（ドライエア）を供給することで液体 LQ を乾燥したり、基板 P を回転して付着している液体 LQ を飛ばすことによっても、基板 P に付着した液体 LQ を除去することができる。あるいは基板 P に吸湿材を当てて付着している液体 LQ を吸湿することによっても除去することができる。

【0047】

次に、上述した露光装置本体 EX 及び搬送システム H の動作について図 6 のフローチャート図を参照しながら説明する。塗布装置 C から露光前の基板 P が第 3 アーム部材 H3 によってプリアライメント部 PAL に渡される。プリアライメント部 PAL は露光前の基板 P の大まかな位置合わせを行う。次いで、撮像装置 80 が位置合わせをされた露光前の基板 P の表面を撮像する。こうして、露光前の基板 P の表面に関する第 1 情報（撮像情報）が取得される（ステップ S1）。取得された基板 P の表面に関する第 1 情報は制御装置 CONT に記憶される。

【0048】

次いで、プリアライメント部 PAL で位置合わせされた基板 P は第 1 アーム部材 H1 によって露光装置本体 EX の基板ステージ PST にロードされる。基板ステージ PST に保持された基板 P は、液浸法により露光処理される（ステップ S2）。

【0049】

基板 P 上に設定された複数のショット領域のそれぞれに対する液浸露光処理が終了した後、制御装置 CONT は液体供給機構 10 による基板 P 上への液体供給を停止する。一方で、制御装置 CONT は、液体供給機構 10 による液体供給動作を停止した後も所定時間だけ液体回収機構 20 の駆動を継続する。これにより、基板 P 上の液体 LQ は十分に回収される。

【0050】

露光後の基板 P は第 2 アーム部材 H2 によって基板ステージ PST よりアンロードされる。第 2 アーム部材 H2 は保持した基板 P を液体除去システム 100 の保持テーブル HT に向けて搬送する。

【0051】

ここで、基板 P の表面や、基板 P の裏面のうち第 2 アーム部材 H2 に支持されている以外の領域に液体 LQ が付着している可能性がある。ところが、図 1 に示すように、基板 P の搬送経路のうち、基板ステージ PST と保持テーブル HT との間には、露光後の基板 P から落下した液体 LQ を回収する回収機構 60 が配置されているので、たとえ液体 LQ が付着した状態で基板 P を搬送しても、搬送経路上の周辺装置・部材への基板 P からの液体 LQ の付着・飛散を防止することができる。ここで、回収機構 60 は、図 1 に示すように、第 2 アーム部材 H2 の搬送経路の下に配置された樋部材 61 と、樋部材 61 を介して回収された液体 LQ を樋部材 61 より排出する液体吸引装置 62 とを備えている。樋部材 61 は第 1 チャンバ装置 CH1 内部に設けられ、液体吸引装置 62 は第 1 チャンバ装置 CH1 外部に設けられている。樋部材 61 と液体吸引装置 62 とは管路 63 を介して接続されており、管路 63 には、この管路 63 の流路を開閉するバルブ 63A が設けられている。

【0052】

露光後の液体 LQ が付着している基板 P を第 2 アーム部材 H2 で搬送している最中、基板 P から液体 LQ が落下する可能性があるが、その落下した液体 LQ は樋部材 61 で回収することができる。落下した液体 LQ を樋部材 61 で回収することで、搬送経路の周囲に液体 LQ が飛散する等の不都合を防止できる。そして、液体吸引装置 62 はチャンバ装置 CH1 内部に設けられた樋部材 61 上の液体 LQ を吸引することでチャンバ装置 CH1 外部に排出し、チャンバ装置 CH1 内部の樋部材 61 に液体 LQ が留まらないようにするこ

10

20

30

40

50

とができ、チャンバ装置 C H 1 内部に湿度変動（環境変動）が生じる不都合を防止することができる。ここで、液体吸引装置 6 2 は、樋部材 6 1 に回収された液体 L Q の吸引動作を連続的に行うことができるし、予め設定された所定期間においてのみ吸引動作を断続的に行うこともできる。吸引動作を連続的に行うことにより、樋部材 6 1 には液体 L Q が留まらないので、チャンバ装置 C H 1 内部の湿度変動をより一層防止することができる。一方、例えば露光装置本体 E X での基板 P の露光中には、液体吸引装置 6 2 による吸引動作（排出動作）を行わず、露光以外の期間においてのみ吸引動作を行うことにより、吸引動作によって発生する振動が露光精度に影響を与えるといった不都合を防止することができる。

【 0 0 5 3 】

露光処理後の基板 P が液体除去システム 1 0 0 の保持テーブル H T に搬送される前に、撮像装置 8 0 ' の下に配置される。そして、撮像装置 8 0 ' は、露光処理後の基板 P の表面に関する第 2 情報（撮像情報）を取得する（ステップ S 3）。露光処理後の基板 P の表面に関する第 2 情報を取得した後、露光処理後の基板 P を保持した第 2 アーム部材 H 2 は、カバー部材 7 0 の内部に開口部 7 1 より進入し、露光処理後の基板 P を保持テーブル H T に搬送する。

【 0 0 5 4 】

制御装置 C O N T は、ステップ S 1 で取得した撮像情報と、ステップ S 3 で取得した撮像情報とを比較し、露光後の基板 P に液体が付着しているか否かを検出する（ステップ S 4）。基板 P の表面に液体 L Q が付着しているときの撮像状態と付着していないときの撮像状態とは互いに異なるので、制御装置 C O N T は露光前の基板 P 表面の撮像情報と露光後の基板 P 表面の撮像情報とを比較することにより、液体 L Q が付着しているか否かを検出することができる。また、ステップ S 1 の撮像時の基板 P の位置とステップ S 3 の撮像時の基板 P の位置とが合致していれば、制御装置 C O N T は、基板 P に付着している液体（液滴）の位置に関する情報や、その液滴の大きさに関する情報も求めることができる。

【 0 0 5 5 】

なお、ステップ S 1 の撮像時の基板 P の位置とステップ S 3 の撮像時の基板 P の位置とが合致していなくとも、基板 P の周縁部には、基板 P の位置を検出するための切欠（オリエンテーションフラット又はノッチ）が形成されているため、制御装置 C O N T は、この切欠を基準にして、ステップ S 1 の撮像情報とステップ S 3 の撮像情報とをデータの上で一致させることが可能である。

【 0 0 5 6 】

制御装置 C O N T は、検出した基板 P 上の液体 L Q の量が、予め設定されているしきい値以上かどうかを判断する。そして、制御装置 C O N T はその判断結果に基づいて、基板 P に付着した液体 L Q の除去動作を行うか否かを判定する（ステップ S 5）。ステップ S 5 においてしきい値以下であると判断した場合、制御装置 C O N T は液体除去動作は不要であると判断し、第 4 アーム部材 H 4 などを使って保持テーブル H T から基板 P をインターフェース部 I F を介して現像装置 D に搬送する。つまり、基板 P 上に付着している液体 L Q の量が僅か（しきい値以下）であってデバイス性能やプロセス処理（現像処理）に影響を与えない程度であれば、制御装置 C O N T は液体除去動作は不要であると判断する。これにより、基板 P に液体 L Q が付着していないにもかかわらず液体除去システム 1 0 0 を使って再び液体除去動作を行うことを防止し、作業効率を向上することができる。なお上記しきい値は予め実験などによって求められ、制御装置 C O N T に記憶されている。

【 0 0 5 7 】

一方、ステップ S 5 においてしきい値以上であると判断した場合、制御装置 C O N T は液体除去システム 1 0 0 を作動させる。その際、制御装置 C O N T は、検出した液体情報に基づいて、液体 L Q が付着した基板 P に対する液体除去を行うための液体除去動作条件を設定する（ステップ S 6）。ステップ S 4 において、基板 P 上に付着している液体 L Q の量（液滴の大きさ）や位置情報が検出されているため、制御装置 C O N T は、例えば付着している液体 L Q の量（液滴の大きさ）に基づいて、吹付ノズル 1 0 3 より吹き付ける

10

20

30

40

50

気体の流速（単位時間あたり吹き付ける気体量）や吹き付け時間を設定する。あるいは、基板 P に付着している液体 L Q の位置情報に基づいて、吹付ノズル 103 で気体を吹き付ける基板 P 上の位置を設定する。こうすることにより、例えば付着している液体量が少ない場合には、液体除去動作時間（気体吹き付け時間）を短時間に設定して作業時間を短縮でき、一方、付着している液体量が多い場合には、液体除去動作時間（気体吹き付け時間）を長時間に設定して液体 L Q を確実に除去することができる。

【0058】

あるいは、基板 P のレジスト条件や液体 L Q の物性などを含む液体条件に応じて液体除去動作条件を設定してもよい。つまり、レジストや液体 L Q の物性に応じて、その液体 L Q を基板 P 上から吹き飛ばす容易さが変わる可能性があるため、例えば吹き飛ばしやすい条件の場合には気体を吹き付ける時間を短縮し、一方吹き飛ばし難い条件の場合には気体を吹き付ける時間を長くしたり吹き付ける気体の流速を高めたりするといったことが可能である。

10

【0059】

また、複数の基板 P に関する液体検出結果の履歴を求め、その履歴情報に基づいて、液体除去動作条件を設定してもよい。すなわち、上述したように、レジスト条件や液体条件に応じて液体 L Q を除去する容易さが変わる可能性があるため、レジスト条件や液体条件に対応して基板 P 上に残存する液体量の履歴を求めることにより、その求めた結果に基づいて最適は液体除去動作条件を設定することができる。

20

【0060】

制御装置 CONT は、液体除去動作条件を設定した後、基板 P に吹付ノズル 103 より気体を吹き付けて付着している液体 L Q を除去する（ステップ S7）。

【0061】

そして、液体除去動作を行った後、制御装置 CONT は、第 4 アーム部材 H4 などを使って基板 P を再び撮像装置 80' の撮像領域内に搬送し、撮像装置 80' によって基板 P の表面を撮像する。そして、付着している液体 L Q がしきい値以下となるまで上記処理を繰り返す。

【0062】

以上説明したように、液浸露光後の基板 P を搬送するときに、基板 P に付着した液体 L Q を撮像装置 80' を使って検出することで、例えば基板 P に液体 L Q が付着している場合には液体除去システム 100 で液体除去を行った後、その基板 P を現像装置 D などの所定のプロセス装置に送ることができる。したがって、その現像処理などを液体 L Q の影響を受けずに行うことができ、所望の性能を有するデバイスを製造することができる。また、液体検出結果に基づいて、基板 P に液体 L Q が付着していないと検出された場合には液体除去動作を省略することができ、作業効率を向上できる。また、液体除去動作を行った後に再度基板 P 上の液体検出を行うことで、液体除去が良好に行われたかどうかを検出することができる。また、液体検出結果に基づいて液体除去動作を行うことにより、搬送される基板 P から液体 L Q が搬送経路上に落下する等の不都合の発生を防止することができる。また、搬送システム H のアーム部材が基板 P を真空吸着保持する構成である場合、基板 P に付着した液体 L Q を除去することで、真空系に液体 L Q が浸入してその真空系が故障するなどの不都合の発生を防止することができる。

30

40

【0063】

また、本実施形態では 1 つの基板 P に対して露光前の表面情報と、露光後且つ現像前の表面情報とを比較する構成であるため、基板 P に付着した液体情報を精度良く求めることができる。

【0064】

なお、撮像装置 80' は、基板ステージ P S T と保持テーブル H T との間における露光処理後の基板 P の搬送経路の上方であれば、基板ステージ P S T 近傍、あるいは液体除去システム 100 の近傍に設けてもよい。また、基板ステージ P S T と保持テーブル H T との間の搬送経路上に、撮像装置 80 を移動可能に設けることによって、撮像装置 80' を

50

省くことも可能である。更に、撮像装置 80' をカバー部材 70 の内部に設ける構成であってもよい。

【0065】

なお、基板 P 表面に付着した液体 L Q を検出するために、露光前の基板 P 表面に検出光を照射してその基板 P 表面で反射した検出光を撮像装置や所定の受光器で受光して基板 P 表面の第 1 の光反射率情報を求め、露光後の基板 P 表面に前記検出光を照射してその基板 P 表面で反射した検出光を受光して基板 P 表面の第 2 の光反射率情報を求め、第 1、第 2 の光反射率情報に基づいて、基板 P に液体 L Q が付着しているかどうかを検出することもできる。液体 L Q の光反射率と基板 P 表面（レジスト）の光反射率とは互いに異なるため、液体 L Q が付着している場合と付着していない場合とでは基板 P 表面の光反射率は互いに異なる。したがって、前記第 1、第 2 の光反射率情報を求めることで、液体 L Q を検出することができる。なお、第 2 の光反射率情報は、露光後の基板 P 表面の光反射率情報と液体 L Q の光反射率情報とを含む。

10

【0066】

なお、1つの基板 P の露光前の基板 P 表面の光反射率情報を検出した後、露光後の基板 P 表面の光反射率情報を検出する構成の他に、例えば液体 L Q が付着した状態での基板 P 表面の光反射率情報と、付着していない状態での基板 P の光反射率情報とを例えば実験やシミュレーションによって予め求めて制御装置 CONT に記憶しておき、露光後の基板 P 表面の光反射率を検出した検出結果と、前記記憶情報とに基づいて、液体 L Q が付着しているかどうかを判定してもよい。

20

【0067】

なお、基板 P の表面を撮像装置で撮像し、その撮像結果をモニタに出力してオペレータにより液体 L Q が付着しているかどうかを判断するようにしてもよい。あるいは、基板 P に光（単色光）を照射し、その基板 P を撮像して得られた画像を画像処理し、その画像処理結果に基づいて液体 L Q が付着しているかどうかを判断してもよい。また、撮像装置で撮像する前に、基板 P を傾斜させたり、回転させたりしてもよい。

【0068】

なお本実施形態では、基板 P の表面（露光面）に液体 L Q が付着しているかどうかを検出しているが、アーム部材等の所定の支持部材に対する被支持面である基板 P の裏面に液体が付着しているかどうかを検出することもできる。そして、その検出結果に基づいて、基板 P の裏面に付着している液体除去作業を行うことができる。

30

【0069】

図 7 及び図 8 は液体検出器の別の実施形態を示す図であって、図 7 は側面図、図 8 は平面図である。液体検出器 90 は、基板 P の表面に付着している液体 L Q を光学的に検出するものであって、露光後の基板 P の表面に対して検出光を照射する照射系 91 と、基板 P の表面で反射した検出光を受光する受光系 92 とを備えている。なおここでは、基板 P をプリアライメント部 P A L で保持した状態でその基板 P に検出光を照射するが、基板 P の搬送経路のうちプリアライメント部 P A L とは別の位置に設けられた所定の保持部材に保持した状態で検出光を照射してもよい。

【0070】

照射系 91 は検出光を基板 P の表面に対して傾斜方向から照射する。照射系 91 は、所定方向（ここでは Y 軸方向）に並ぶ複数の照射部 91 A を有しており、照射部 91 A のそれぞれから基板 P に対して検出光が照射される。複数の照射部 91 A から照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 92 は、照射系 91 の照射部 91 A に対応する複数の受光部 92 A を有している。照射部 91 A のそれぞれから投射された検出光は、基板 P 上に液体 L Q がなければ基板 P の表面で反射し、受光部 92 A に受光される。

40

【0071】

また、受光系 92 は、照射系 91 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 92 B、92 C を有しており、照射系 91 からの検出光が基板 P 表面の液体 L Q に当た

50

って反射する散乱光は、その受光部 9 2 B、9 2 C で受光される。なお、液体検出器 9 0 を用いて、基板 P の表面の液体 L Q を検出する場合には、液体検出器 9 0 と基板 P とを相対的に移動させて基板 P の表面に検出光を照射してもよい。

【0072】

例えば、図 9 (A) に示すように、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 9 (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 の検出領域で液体 L Q の液滴を検出することができる。したがって、液体検出器 9 0 と基板 P とを相対的に移動させて、基板 P 上の液体 L Q の液滴を検出する際、液滴は径 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、液体検出器 9 0 は液滴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。

10

【0073】

照射系 9 1 から基板 P に照射された検出光は基板 P 表面に照射される。ここで、基板 P の表面に液体 L Q が存在 (付着) している場合、液体 L Q に照射された検出光は散乱する。液体 L Q に照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 9 2 B、9 2 C に入射し、この検出光に対応する受光部 9 2 A に受光される光強度が低下する。受光部 9 2 A、9 2 B、9 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 9 2 で検出される光の強度に基づいて、基板 P 表面に液体 L Q が付着しているかどうかを検出することができる。

20

【0074】

ここで、制御装置 C O N T は、受光部 9 2 B、9 2 C で検出される光の強度に基づいて液体 L Q (液滴) の大きさや量を求めることができる。例えば、液滴の大きさに応じて散乱する光の角度が変化するので、制御装置 C O N T は、受光部 9 2 B、9 2 C の検出結果に基づいて、液体 L Q (液滴) からの散乱光の方向を求めることにより、液体 L Q (液滴) 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 表面の単位面積当たりの液体 L Q (液滴) の量を求めることもできる。

30

【0075】

このとき、基板 P を保持するブリアライメント部 P A L の保持部材と、液体検出器 9 0 との X Y 方向の相対位置を検出する位置検出装置を設けることにより、前記位置検出装置の検出結果に基づいて、その基板 P の位置が特定される。また、液体 L Q (液滴) に照射された検出光を受光した受光部 9 2 A の Y 軸方向における位置関係が設計値に基づいて特定される。したがって、制御装置 C O N T は、前記位置検出装置の検出結果及び受光する光の強度が低下した受光部 9 2 A の設置位置に関する情報に基づいて、基板 P 上において液体 L Q (液滴) が存在する位置を特定することができる。

【0076】

なお基板 P に照射する検出光としては、レジストを感光させない波長を有する光であって、紫外光、可視光、及び赤外光などを使用することができる。赤外光を使用する場合、液体 (水) は赤外光を吸収するため、赤外光を用いることにより、受光系 9 2 での受光状態が大きく変化するため、液体 L Q が付着しているかどうかを高精度に検出することができる。

40

【0077】

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 上のフォトリソトや光学素子 (レンズ) 等に対する悪影響がない利点がある。また、純水は環境に対する悪影響がないとともに、不純物の含有量が極めて低いため、基板 P の表面、及び投影光学系 P L の

50

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。

【0078】

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。

【0079】

本実施形態では、投影光学系PLの先端にレンズ2が取り付けられているが、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、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ELを透過可能な平行平板であってもよい。

10

【0080】

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。

【0081】

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。

20

【0082】

なお、本実施形態の液体LQは水であるが、水以外の液体であってもよい。例えば、露光光ELの光源がF₂レーザである場合、このF₂レーザ光は水を透過しないので、液体LQとしてはF₂レーザ光を透過可能な例えば、過フッ化ポリエーテル（PFPE）やフッ素系オイル等のフッ素系流体であってもよい。また、液体LQとしては、その他にも、露光光ELに対する透過性があるだけ屈折率が高く、投影光学系PLや基板P表面に塗布されているフォトリソ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。

【0083】

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。

30

【0084】

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6-124873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10-303114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。

40

【0085】

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

【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

50

用の露光装置に限られず、液晶表示素子製造用又はディスプレイ製造用の露光装置や、薄膜磁気ヘッド、撮像素子（ＣＣＤ）あるいはレチクル又はマスクなどを製造するための露光装置などにも広く適用できる。

【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。

【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。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

10

20

【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、光学の精度を保つように、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の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。

30

【００９１】

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

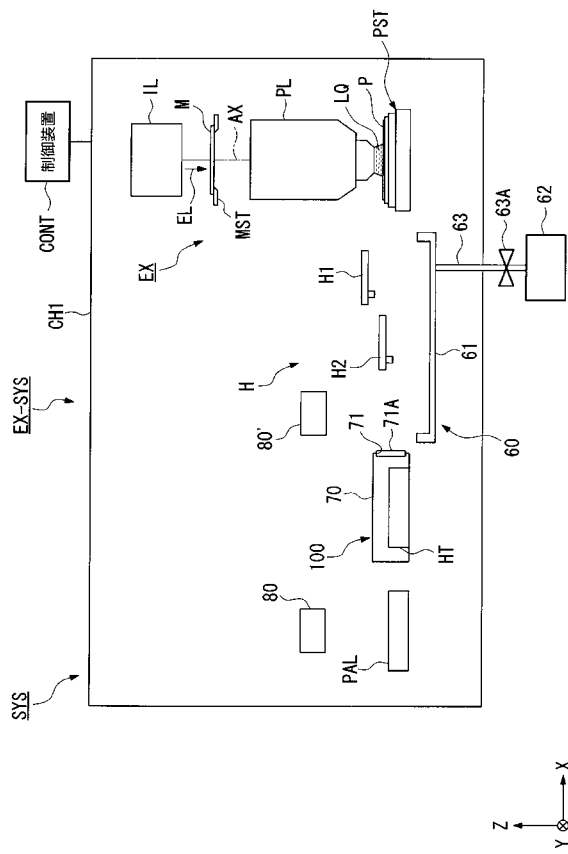
40

【符号の説明】

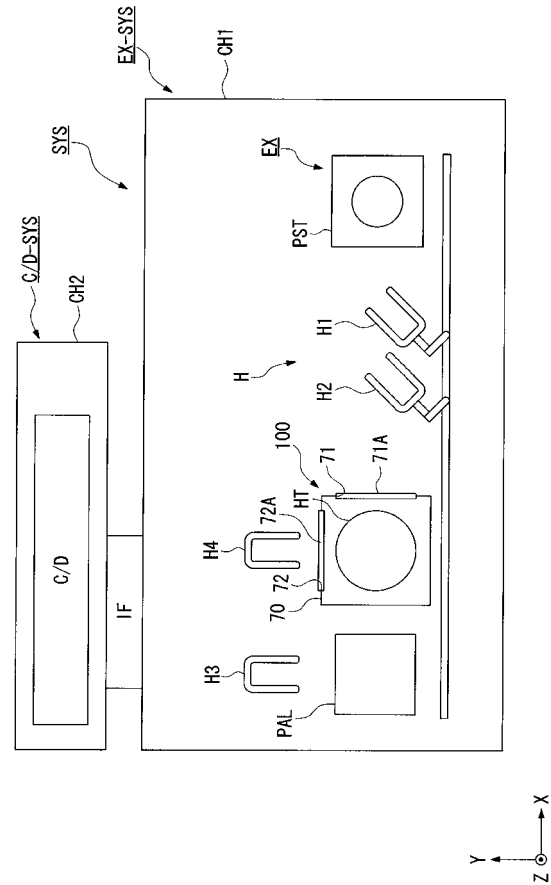
【００９２】

８０、８０'...液体検出器（撮像装置）、９０...液体検出器、９１...照射系（照射部）、９２...受光系（受光部）、ＣＯＮＴ...制御装置（判定装置）、ＥＸ...露光装置本体、ＥＸ－ＳＹＳ...露光装置、Ｈ...搬送システム、ＬＱ...液体、Ｐ...基板、ＰＬ...投影光学系、ＰＳＴ...基板ステージ

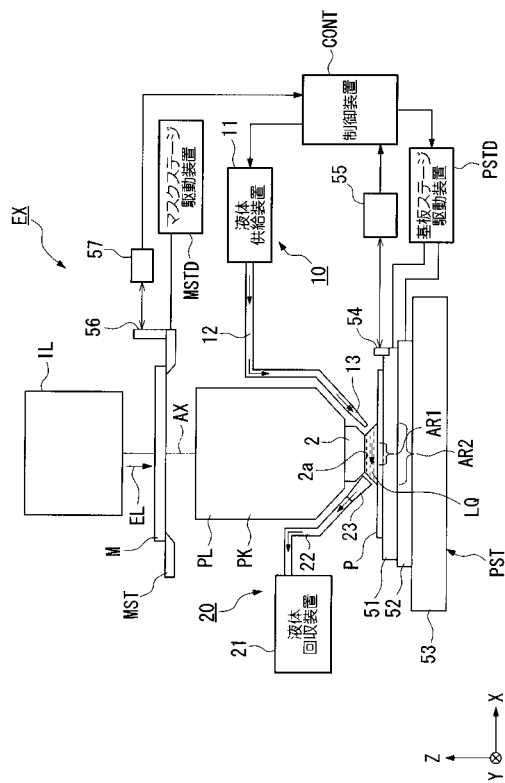
【図 1】



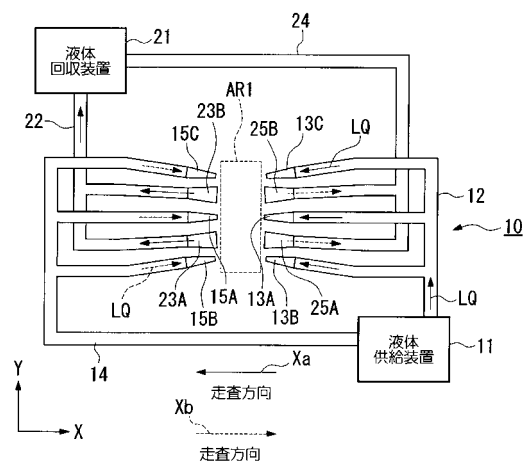
【図 2】



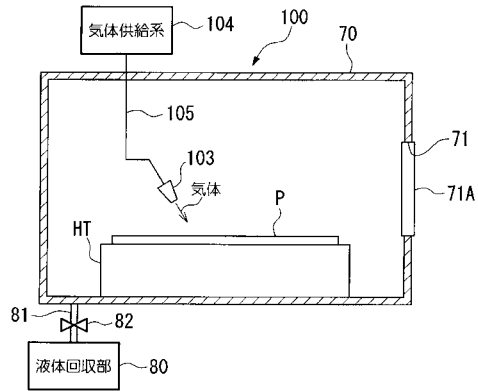
【図 3】



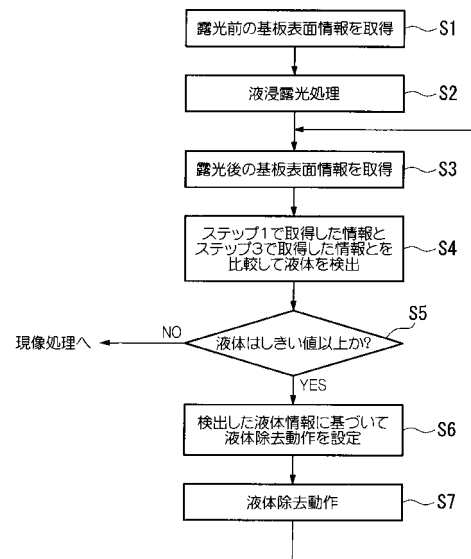
【図 4】



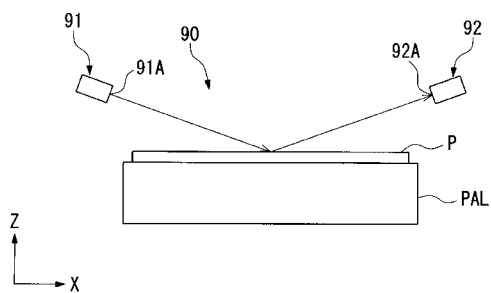
【図 5】



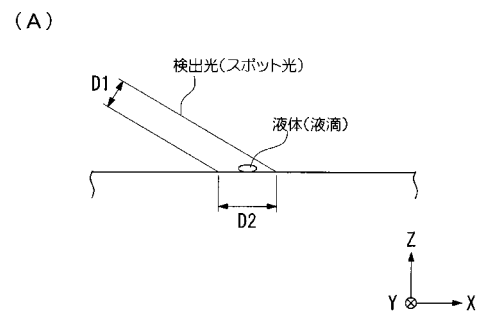
【図 6】



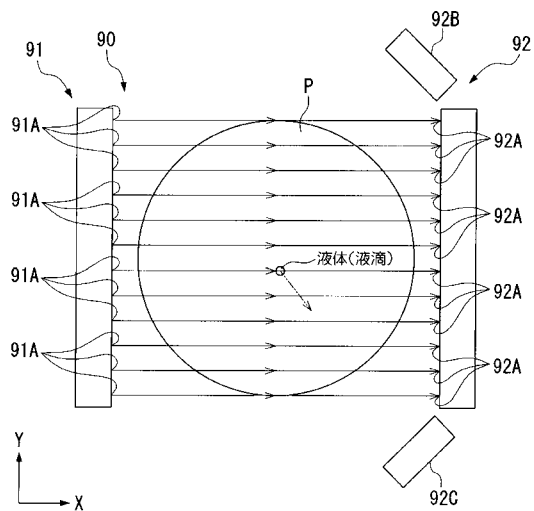
【図 7】



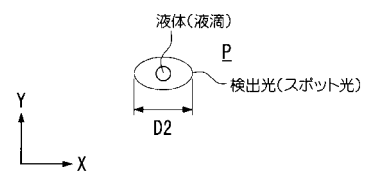
【図 9】



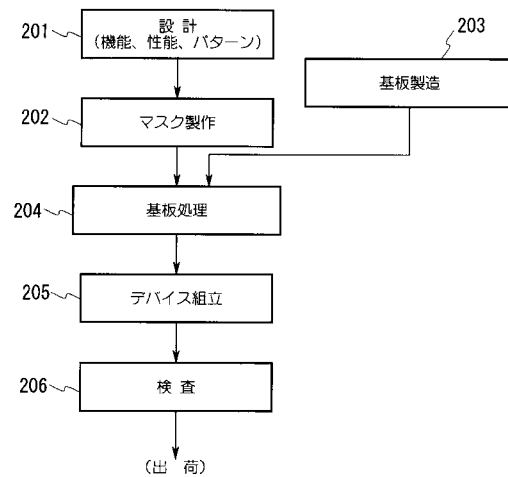
【図 8】



(B)



【図 10】



【手続補正書】

【提出日】平成23年6月6日(2011.6.6)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

投影光学系と液体とを介したパターンの像によって露光された基板を搬送する基板搬送装置において、

前記基板に残留した前記液体を検出可能な液体検出器を備え、

前記液体検出器は、前記基板の露光前における基板表面に関する第1情報と、前記基板の露光後における基板表面に関する第2情報とを比較して、前記残留液体を検出する基板搬送装置。

フロントページの続き

(72)発明者 堀内 貴史

東京都千代田区有楽町一丁目 1 2 番 1 号 株式会社ニコン内

F ターム(参考) 5F031 CA02 CA05 CA07 FA01 FA02 FA07 FA12 FA15 GA02 GA43
HA53 HA57 HA58 HA59 JA03 JA04 JA06 JA14 JA22 JA32
JA40 LA08 MA27 NA02 PA25
5F146 AA17 BA11 CB31 CD01 CD03 CD05 DA31